

CAPP RENDSZEREK

BELSŐ STRUKTÚRÁJA – II.

BERTA MIKLÓS CSc

A tananyag elkészítését a „NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen, az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért” az EFOP-3.5.1-16-2017-00017 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE



EFOP-3.5.1-16-2017-00017

***„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”***

Szerző:

Dr. Berta Miklós, CSc.

Lektor:

Dr. SZIGETI Ferenc, C.Sc.

**Nyíregyháza
2018**

Tartalomjegyzék

ELŐSZÓ	9
AZ ALKALMAZOTT JELÖLÉSEK, FOGALMAK ANGOL ÉS MAGYAR NYELVŰ JEGYZÉKE	13
1. MŰVELETTERVEZÉS	15
1.1. Műveletelemek generálása	16
1.1.1. A műveletelemek generálásának rendszerelméleti alapjai	16
1.2. Nagyolási műveletelemek feldolgozása	18
1.2.1. Metsző-egyenesek értelmezése	22
1.2.2. Metsző-egyenesek kanonikus alakjának meghatározása	26
1.2.3. Metszéspontok meghatározása	27
1.2.4. Nagyolási ráhagyási alakzat összeállítása	28
1.2.5. Előgyártmány kontúr módosítása	30
1.3. Fúrási műveletelemek feldolgozása	31
1.4. Nem nagyolási műveletelemek feldolgozása	35
1.4.1. Simító esztergálási műveletelemek feldolgozása	35
1.4.2. Esztergálási mellékelemek feldolgozása	38
1.4.3. Fúrási és marási mellékelemek feldolgozása	40
1.4.4. Elemi mozgásutasítások feldolgozása	40
1.4.5. Köszörülési műveletelemek feldolgozása	42
1.4.6. Felügyeleti és minőségbiztosítási funkciók tervezése, feldolgozása	42
1.5. Művelettervezési eredmények tárolása	45
1.6. Műveletelemek szimulációja	47
1.6.1. Nagyolási műveletelemek szimulációjának menete	47
1.6.2. Szimulációs futtatások tapasztalatai	48
1.7. Műveletelemek automatikus generálása	51
1.7.1. Nagyolási műveletelemek generálásának technológiai alapjai	53
1.7.2. Nagyolási műveletelemek automatikus generálása	56
1.7.3. Simító esztergálási műveletelemek generálása	62
1.7.4. Esztergálási mellékelemek generálása	67
1.7.5. Fúrási és marási mellékelemek generálása	68
1.7.6. Elemi mozgásutasítások generálása	70
1.7.7. Műveletelemek automatikus generálásának tervezési eredményei	70
1.8. Műveletelemek generálásának helye, menete, tervezési eredményei	71
1.8.1. A műveletelemek automatikus generálásának menete	71
1.8.2. Megmunkálási utasítások feldolgozásának menete	72
1.8.2.1. Nagyolási megmunkálási utasítások feldolgozása	73
1.8.2.2. Nem nagyolási megmunkálási utasítások feldolgozása	75
2. INTERAKTÍV ÉS AUTOMATIKUS SZERSZÁMVÁLASZTÁS	79
2.1. Interaktív szerszámválasztás Online termékkatalógus alapján	80
2.1.1. CoroGuide Web interaktív szerszámválasztó rendszer	80
2.1.2. GARANT ToolScout interaktív szerszámválasztó rendszer	84
2.2. Tool Data Management (TDM) rendszer	88
2.3. Automatikus szerszámválasztás CAPP rendszerekhez	90
2.3.1. Szerszámrendszerek és felépítésük	91
2.3.1.1. Forgácsoló szerszámrendszerek típusai	91

2.3.1.2. Szerszámrendszerek felépítése	95
2.3.1.3. Szerszámrendszerek főbb elemei	97
2.3.2. Szerszámelemek csatlakozási felületeinek szintjei és típusai	97
2.3.3. A szerszámok és szerszámelemek osztályozása és azonosítása	102
2.3.3.1. A VDI szerszámosztályozási rendszere	102
2.3.3.2. Az ISO szerszámosztályozási rendszere	103
2.3.3.3. Az EPR szerszámosztályozási rendszere	103
2.3.4. Szerszámjellemzők és megadási módjuk	104
2.3.5. Szerszámadatok tárolása és szervizelése	105
2.3.6. Automatizált szerszámválasztás elvi alapjai	105
2.3.6.1. Szerszámmodell kialakítása	106
2.3.6.2. Szerszámok osztályozása és kódolása	107
2.3.6.3. Műveletelem és szerszámtípus összerendelése	107
2.3.6.4. Szerszámválasztási kritériumok meghatározása	111
2.3.6.5. Műveletelemek összevonása	112
2.3.6.6. Alakos szerszámok választásának kérdése	113
2.3.6.7. Ütközésvizsgálat	113
2.3.7. A szerszámválasztás modellje	113
2.3.7.1. A modell sajátosságai	114
2.3.7.2. A szerszámválasztás helye és menete	117
2.4. Automatikus szerszámelrendezés	120
2.5. Automatikus szerszámtervezés	125
2.5.1. A szerszámtervezés alapjául szolgáló szerszámelemek	126
2.5.2. A szerszámtervezés modellje	127
2.5.3. Komplet szerszámok összeállítása forgácsoló és szerszámtartó elemekből	128
2.5.4. Szerszámtervezés a szerszámválasztási kritériumok alapján	131
2.5.5. A szerszámtervezés során elért eredmények	132
3. MŰVELETELEM TERVEZÉS	133
3.1. Forgácsolási paraméterek meghatározásának modellezése	133
3.1.1. Matematikai modellalkotás	133
3.1.2. A forgácsolási folyamat alapösszefüggései	134
3.1.3. Korlátrendszer felírása	137
3.1.3.1. Szerszámgéptől eredő korlátok	137
3.1.3.2. Szerszámtól eredő korlátok	138
3.1.3.3. Munkadarabtól eredő korlátok	139
3.1.4. A feltételrendszer megoldása, optimalás	143
3.1.5. Forgácsolási paramétereket számító modulok leírása	146
3.1.5.1. Forgácsolási paraméterek meghatározása furat-megmunkáláshoz	147
3.1.5.2. Forgácsolási paraméterek meghatározása maráshoz	147
3.1.5.3. Forgácsolási paraméterek meghatározása esztergálásra	148
3.1.5.4. Köszörülés forgácsolási paramétereinek meghatározása	148
3.2. Szerszámmozgások modellezése	149
A) Megmunkálási mozgásciklusok tervezése	149
B) Üresjáratú mozgások	151
3.2.1. Furás jellegű műveletelemek mozgásciklusai	153
3.2.2. Nagyoló esztergálás mozgásciklusai	154
3.2.3. Simító esztergálás és elemi mozgásutasítás mozgásciklusai	159
3.2.4. Beszúrási és alászúrási műveletelemek mozgásciklusai	161
3.2.4.1. Normál- és széles beszúrási műveletelemek mozgásciklusai	163
3.2.4.2. Összetett beszúrási műveletelemek mozgásciklusai	164

3.2.4.3. Alászúrási műveletelemek mozgásciklusai	166
3.2.5. Menetesztérgálás mozgásciklusai	167
3.2.6. Üresjárat elmozdulások	173
3.2.7. Cikluson kívüli elmozdulások	175
3.3. Speciális mozgásciklusokat igénylő esztérgálási műveletelemek tervezése	176
3.3.1. Bonyolult beszúrások	176
3.3.1.1. Bonyolult beszúrások geometriai leírása	176
3.3.1.2. Bonyolult beszúrási műveletelemek típusai és definíciói	178
3.3.1.3. Bonyolult beszúrások mozgásciklusai	183
3.3.2. Speciális kontúrkövető nagyoló műveletelemek	186
3.3.2.1. Kontúrkövető nagyoló műveletelemek „zárt” ráhagyási alakzattal	188
3.3.2.2. Kontúrkövető nagyoló műveletelemek „zárt” ráhagyási alakzattal	188
3.4. Marási műveletelemek szerszámpályáinak és mozgásciklusainak tervezése	189
3.4.1. A 2½ D-s megmunkálással előállítható marási műveletelemek	191
3.4.2. Marási műveletelemek technológiai sajátosságai	191
3.4.3. Síkmarási műveletelemek mozgásciklusai	195
3.4.4. Horonymarási műveletelemek mozgásciklusai	195
4. UTÓILLESZTÉS-POSZTPROCESSZÁLÁS	197
4.1. APT alapú CLDATA felépítése	197
4.1.1. A CLDATA rekordok jellegzetes típusai	198
4.1.2. Posztprocesszorokkal szemben támasztott követelmények	198
4.1.3. Posztprocesszorok felépítése.....	200
4.1.4. Posztprocesszor típusok.....	200
4.2. Nem APT alapú CLDATA felépítése	201
4.3. Nem APT alapú posztprocesszor feldolgozási eredményei	201
5. PALÁST-KÖSZÖRŰGÉPEK SZÁMÍTÓGÉPES PROGRAGOMOZÁSA.....	205
5.1. KUN250-01 HUNOR PNC 715 egytetemes palást-köszörűgép jellemzői	205
5.1.1. Gép alkalmazási területe.....	205
5.1.2. A gép pontossága	205
5.1.3. A gép konstrukciós felépítése.....	206
5.1.4. A gép műszaki leírása.....	206
5.1.5. Köszörűkorong szabályozása	207
5.1.6. CNC vezérlés	207
5.1.7. Vezérlési funkciók.....	207
5.1.8. Üzem módok	208
5.2. A programozás alapjai	208
5.2.1. Az alkatrészprogram felépítése	209
5.2.2. G funkciók értelmezése	211
5.2.2.1. G00 pozícionálás gyorsmenetben	211
5.2.2.2. G04 programozott várakozás.....	212
5.2.2.3. Korong dolgozó felületeinek felszabályozása.....	212
5.2.2.4. G70 munkadarab cserehelyzet.....	213
5.2.2.5. G72 csúcsfészkek kompenzálás.....	213
5.2.2.6. Alternáló hosszolótolású palástköszörülés	214
5.2.2.7. Beszúró köszörülés	215
5.2.2.8. Vállköszörülés	216
5.2.2.8.1. G61 vállköszörülés	218
5.2.2.8.2. G83 vállköszörülés II.....	218
5.2.3. Egyéb utasítások	219

5.3. A köszörülés előkészítő műveletei.....	219
5.4. A rendszer technológiai alapjai	220
5.4.1. A köszörülési processzorban megoldandó tervezési feladatok	222
5.4.2. Köszörülési műveletelemek technológiai adatainak meghatározása	223
IRODALOMJEGYZÉK.....	235
MELLÉKLETEK.....	241

ELŐSZÓ

A jegyzet megírását szükségessé tette az a robbanásszerű fejlődés, amely a CAPP és CAD-CAM rendszerek fejlesztése és alkalmazása területén az utóbbi évtizedekben bekövetkezett. Elegendő csupán a számítás- és CNC technika terjedését, új megmunkálási eljárások, módszerek, szerszámok megjelenését, különleges anyagok megmunkálásának igényét, a világszerte elfogadott ISO szabványok bevezetését, stb. említeni.

A számítógépes technológiai tervezés területén kialakult egy sajátos, új tervezéseméleti, metodikai, szabványosítási és technikai háttér, amelynek ismerete nélkül nem lehet a tervezőrendszerekben hatékony munkát végezni.

E jegyzet célja, hogy bemutassa, elemezze a számítógéppel támogatott technológiai tervezés átfogó módszertanát, tervezéseméleti alapjait, az automatizált technológiai tervezőrendszerek (CAPP) felépítését, működési ismérveit, a legösszetettebb nyelvi, döntési, választási, modellezési, optimalizációs, összekapcsolási feladatok megoldási módszereit.

Az összeállított tananyag **döntő többsége a hazai kutatási eredményeket ismerteti** didaktikus formában. Reményeink szerint a jegyzet jól szolgálja a műszaki felsőoktatási intézményekben folyó BSc - MSc képzés igényeit is, vagyis a jegyzet egy részét a BSc, további fejezeteit az MSc, de a PhD képzés is jól hasznosíthatja.

A „CAPP rendszerek belső struktúrája” című jegyzetet (terjedelmi okokból eredően) két kötetben adjuk ki.

A „CAPP rendszerek belső struktúrája I.” című jegyzet az alábbi főbb területeket dolgozza fel:

1. Az automatizált technológiai tervezés alapjai

Az integrált gyártás jellegzetes gyártáspolitikái. Számítógéppel integrált gyártás (CIM). A számítógéppel segített technológiai folyamattervezés (CAPP) helye és szerepe. A technológiai folyamattervezés területei, szintjei és feladatai. Az automatizált technológiai tervező rendszerekben (ATTR) alkalmazott tervezési módszerek (variáns, generatív, vario-generatív és szakértői rendszerek). ATTR-kel szemben támasztott követelmények, felépítése és jellegzetes szoftverkomponensei.

2. Automatizált gyártóberendezések konstrukciós-technológiai jellemzése

Az esztergalközpontok konstrukciós-technológiai lehetőségei és eszközei. Esztergalközpontok technológiai lehetőségeinek jellemzése. Esztergalközpontok részegységeinek hatása a művelettervezésre. NC technika általános jellemzése. Vezérlési módok. NC-CNC gépek kézi és számítógéppel támogatott programozása, fő lépései és dokumentumai. CAPP rendszerek integrációja, CAD-CAM rendszerek.

3. Alkatrészprogram felépítése, tartalma

Hagyományos bemenő nyelvű CAPP rendszerek alkatrészprogramjának felépítése és tartalma. Általános adatok, geometriai elemek definíciói, előgyártmány és alkatrész kontúrok, valamint megmunkálási utasítások leírása. Műhelyszintű programozó rendszerek (WOP) alkatrészprogramjai. CAD-CAM programozó rendszerek alkatrészprogramjainak összeállítása és azok feldolgozása. Számítógépes programozó rendszerek összehasonlító elemzése.

4. Beolvasó és dekódoló modul

Beolvasó és dekódoló modul feladatai. Az alkatrészprogramok tárolásának adatstruktúrája. A modul működésének leírása. Tűrésezett méretek feldolgozása. A rendszer közbelső adatainak struktúrája.

5. Geometriai processzor

A geometriai processzor feladatai. Geometriai definíciók értelmezése és feldolgozásuk. Zárt és nyitott kontúrok (előgyártmány-, alkatrész-, közbelső- és mozgáspályák) feldolgozása. A geometriai processzor működésének menete és tervezési eredményeinek tesztelése.

6. Alkatrészgyártás technológiai folyamatának modellezése

Az alkatrészgyártás technológiai folyamatának struktúrája és elemei. Az alkatrészgyártás technológiai tervezésének szintjei, feladatai. Gyártási szakaszok kijelölése és műveletekre (MŰV) történő bontása, befogási bázisok meghatározása, műveleti sorrend véglegesítése. Technológiai folyamat (TF) modellezése, tervezési módszerei. A TF elvi vázlatának kidolgozása, változatai. A TF-t alkotó MŰV-ek sorrendjének és tartalmának meghatározása. Forgástestek jellegzetes csoportjainak tipizált műveleti sorrendterve. Jellegzetes hazai CAPP rendszerek (TAUPROG-T, GLEDA, FLAMINGÓ, GOLYÓ) bemutatása.

A „CAPP rendszerek belső struktúrája II.” című jegyzet az alábbi főbb területeket dolgozza fel:

1. Művelettervezés

Művelettervezés feladatai. A művelettervezés generálásának rendszerelméleti alapjai. Nagyolási műveletelemek feldolgozása: metsző-egyenesek értelmezése, kanonikus alakjának meghatározása, metszéspontok meghatározása, ráhagyási alakzat összeállítása, előgyártmány kontúr módosítása. Fúrási műveletelemek feldolgozása. Simító esztergálási műveletelemek feldolgozása. Esztergálási, fúrási és marási mellékelemek feldolgozása. Felügyeleti és minőségbiztosítási funkciók tervezése és feldolgozása. Művelettervezési eredmények tárolása. Műveletelemek szimulációja. Műveletelemek automatikus generálása. Műveletelemek automatikus generálásának helye, menete, tervezési eredményei.

2. Interaktív és automatikus szerszámválasztás, szerszámelrendezés és szerszámtervezés

Interaktív szerszámválasztás Online termékkatalógus alapján (Coro Guide Web, GARANT ToolScout, Tool Data Management). Automatikus szerszámválasztás elvi alapjai. Szerszámmodell kialakítása. Szerszámok osztályozása és kódolása. Műveletelemek és szerszámtípusok összerendelése. Szerszámválasztási kritériumok meghatározása. A szerszámválasztás modellje, helye és menete.

Automatikus szerszámelrendezés feladata. A szerszámelrendezést befolyásoló körülmények, konstrukciós-technológiai kialakítások.

A szerszámtervezés alapjául szolgáló szerszámelemek. A szerszámtervezés modellje. Komplet szerszámok összeállítása forgácsoló és szerszámtartó elemekből. Szerszámtervezés a szerszámválasztási kritériumok alapján.

3. Műveletelem tervezés

Műveletelem tervezés feladatai. Forgácsolási paraméterek meghatározásának modellezése. Matematikai modellalkotás. A forgácsolási folyamatot leíró alapösszefüggések. Korlátrendszer összeállítása. A feltételrendszer megoldása, optimalás.

Forgácsolási paramétereket számító modulok leírása, eredményei.

Szerszámmozgások modellezése. Forgácsoló és üresjárat mozgások tervezése. Jellegzetes fúrási és esztergálási műveletelemek mozgásciklusai.

4. Utóillesztés-posztprocesszálás

Posztprocesszorok feladatai. Az APT alapú CLDATA felépítése. A CLDATA rekordok jellegzetes típusai. Posztprocesszorokkal szemben támasztott követelmények. Posztprocesszorok felépítése és típusai.

Nem APT alapú CLDATA felépítése. Nem APT alapú posztprocesszorok által összeállított műveletterv és egyéb gyártási dokumentációk.

5. Palást-köszörűgépek számítógépes programozása

A KUN250-01 HUNOR PNC515 egyetemes palást-köszörűgép és vezérlés általános jellemzői. Programozás alapjai, alkatrészprogram felépítése. Jellegzetes G funkciók és mozgásciklusok. A köszörülés előkészítő műveletei.

A GTIPROG/E-PK programozó rendszer felépítése. A köszörülési processzorban megoldandó tervezési feladatok. Köszörűkorong választása. Forgácsolási paraméterek meghatározásának modellezése. Tervezési eredmények.

Különösen nagyra értékeljük a jegyzet kezdeti időszakában **Dr. Dudás Illés és Dr. Kundrák János** egyetemi doktoroktól, a ME Gépgyártástechnológiai Tanszék volt tanszékvezetőitől, továbbá **Dr. Mátyási Gyula** egyetemi docenstől, a BME Gépgyártástechnológiai Tanszék volt tanszékvezetőjétől a jegyzet megírására irányuló erkölcsi biztatásokat.

E helyen mondunk köszönetet **Dr. Sikolya László főiskolai tanárnak**, a Nyíregyházi Főiskola Műszaki és Agrártudományi Intézet igazgatójának és **Dr. Szigeti Ferenc főiskolai tanárnak**, a Műszaki Alapozó, Fizikai és Gépgyártástechnológiai Intézeti Tanszék vezetőjének, hogy az Intézet szűkös anyagi lehetőségéhez képest segítették a jegyzet kiadását.

Az ábrák gondos elkészítését Jakó Lászlóné műszaki rajzolónak, míg a szöveg tördelését Kósa Péter műszaki oktatónak köszönjük.

A jegyzet lektorálását **Dr. Mátyási Gyula egyetemi docens**, a BME Gépgyártástechnológiai Tanszék volt tanszékvezetője és **Dr. Szigeti Ferenc főiskolai tanár**, a Nyíregyházi Főiskola Műszaki Alapozó, Fizikai és Gépgyártástechnológiai Intézeti Tanszék vezetője végezték, akik azt, a kötelező lektori feladatot jóval meghaladó szinten végezték, továbbá értékes tanácsaikkal emelték a jegyzet tartalmának színvonalát.

Nagy örömünkre szolgál, hogy több évtizedes szakmai pályafutásunk alatt a számítógéppel támogatott technológiai tervezés területén – a saját és munkatársaink - által elért kutatási-fejlesztési eredményeinket, tapasztalatainkat oktatóként a műszaki felsőoktatásban is megoszthattuk, kamatoztathattuk.

Végül szeretnénk megköszönni családunknak, hogy biztosították számunkra azt a nyugodt, alkotásra alkalmas hátteret, amely nélkül ez a jegyzet nem születhetett volna meg.

Nyíregyháza, 2018. április 18.

Dr. Berta Miklós
főiskolai magántanár
a műszaki tudomány kandidátusa

AZ ALKALMAZOTT JELÖLÉSEK, FOGALMAK ANGOL ÉS MAGYAR NYELVŰ JEGYZÉKE

Jelölés	Mértékegység	A fogalom megnevezése
AUTOMATIZÁLÁS:		
AC		Adaptive Control – adaptív szabályozás
AI		Artificial Intelligence – mesterséges intelligencia
APT		Automatically Programmed Tools – automatikus szerszámpálya programozó rendszer
ATTR		Automatizált Technológiai Tervezőrendszer (lásd még CAP és CAPP)
CAD		Computer Aided Design – számítógéppel segített konstrukciós tervezés
CAE		Computer Aided Engineering – számítógéppel segített mérnöki tevékenység (számítások, modellezés, fejlesztés, stb.)
CAI		Computer Aided Industrie – számítógéppel segített ipari üzem
CAM		Computer Aided Manufacturing – számítógéppel segített gyártás
CAPP, CAP		Computer Aided Process Planning – számítógéppel segített technológiai folyamattervezés
CAPE:		Computer Aided Production Engineering – számítógéppel segített gyártástervezés
CAQ(A)		Computer Aided Quality Assurance – számítógéppel segített minőségbiztosítás
CIL		Computer Integrated Logistics – számítógéppel integrált logisztika
CIM		Computer Integrated Manufacturing – számítógéppel integrált gyártás
CLDATA		Cutter Location Data – processzor-posztprocesszor közbenső nyelv (szerszámmozgás adatok)
CNC		Computer Numerical Control – számítógépes számjegyvezérlés
DFM		Design for Manufacturing – gyártás orientált konstrukciós tervezés
DFMA		Design for Manufacturing and Assembly – gyártás- és szerelésorientált konstrukciós tervezés
DNC		Distributed Numerical Control – elosztott számjegyvezérlés
Expert		Expert System – szakértői rendszer
FEM		Finite Element Method – végeselemes módszer (VEM)
FMC		Flexible Manufacturing Cell – rugalmas gyártócella
FMS		Flexible Manufacturing System – rugalmas gyártórendszer
FMU		Flexible Manufacturing Unit – rugalmas gyártóegység
IAAR		Integrált Adat- és Anyagfeldolgozó Rendszer (lásd CIM)
IGES		Initial Graphics Exchange Specification

IGYR	Integrált Gyártórendszer
IMS	Intelligent Manufacturing System – intelligens gyártás
ISO	International Standards Organization
JIT	Just in Time – „éppen a kellő időben” gyártás
LISP	Locator Identifier Separation Protokoll, Lisp programming language – programozási nyelv
MAP	Manufacturing Automation Protocol
MC	Megmunkáló központ
NC	Numerical Control – számjegyvezérlés
NCL	Numerical Control Language – NC programozás
NCP	Numerical Control Programming – numerikus vezérlési nyelv
PPS	Production Planning System – termelésirányítási rendszer
PROLOG	Programozási nyelv
ROC	Robot Controller – robotvezérlés
TQC	Total Quality Control – teljes körű minősség szabályozás
VMD	Virtual Manufacturing Device – virtuális gyártóberendezés
VMS	Virtual Manufacturing System – virtuális gyártó rendszer (VGYR)
WOP	Workshop Oriented Program – gépmelletti (műhelyszintű) programozó rendszer

MUNKADARAB:

AR	alkatrész
IT	ISO szerinti pontossági fokozat
M, MDB	Munkadarab
MKGS	M (munkadarab)-K (készülék)-G (gép)-S (szerszám) rendszer
RA, (R _a)	Felületi érdesség

TECHNOLÓGIA:

GT	Group Technology – csoporttechnológia (csoportmegmunkálás)
GYF	Gyártási folyamat
HSC	Nagysebességű megmunkálás
MM	Megmunkálási mód
MUV	Művelet
MUVE	Műveletelem
RP	Rapid Prototyping – gyors prototípus gyártás
TF	Technológiai folyamat
TFSZ	Technológiai folyamatszakasz

1. MŰVELETTERVEZÉS

A műveletek önállóan megtervezhető és végrehajtható legkisebb egységei a **műveletelemek**.

Forgácsoló műveletelemnek a forgácsolási folyamat legkisebb, önállóan tervezhető részét nevezzük. Mely egy vagy több szomszédos geometriai főelemhez (hengerpalást, sík, kúp és tóruszfelületek) tartozó logikailag összefüggő ráhagyási alakzatnak, illetve valamely főelemre ültetett mellékelemnek (beszúrás, menet, stb.), egy szerszámmal történő megmunkálását biztosítja [46], [50], [59], [62], [63], [69], [88]. Minden műveletelemhez geometriailag definiálható ráhagyási alakzat tartozik.

A **ráhagyási alakzat leírásának módja:**

- a nagyoló esztergálási műveletelemeknél az előgyártmány- és a nagyolt kontúr geometriai elemeivel (1.2. ábra);
- a simító esztergálási műveletelemeknél a nagyolt és az alkatrész kontúr geometriai elemeivel (1.17. ábra);
- az egyéb műveletelemeknél a geometriai mellékelemeket leíró paraméterekkel (1.19. ábra).

A **ráhagyási alakzat leírásának módjából következik**, hogy

- a mellékelemekhez tartozó műveletelemek felismerése viszonylag egyszerű, mert az alkatrész-programban önálló technológiai egységként kell definiálni [22], [69];
- a simító esztergálási műveletelemek meghatározása már bonyolultabb feladat az alábbi körülményekből kifolyólag:
 - az adott befogásban simítandó felületek nem minden esetben alkotnak összefüggő kontúrszakaszt:
 - bizonyos kontúrszakaszokat megmunkálatlan és/vagy nagyolt felületek alkotják;
 - nagyolt széles beszúrások helyei;
 - a simítandó felületeken levő simítási ráhagyás eltérő nagysága, mely adódhat az alkatrész-program előírásaiból vagy a nagyolt kontúr geometriai egyszerűsítéséből;
 - a simító műveletelemekhez rendelt kontúrszakaszokban levő felületeknek a megmunkálási mozgásirány szerinti átrendezéséből, stb.;
- sokkal bonyolultabb feladat a főelemekhez rendelhető műveletelemek generálása, mivel a műveletelemek felismerése elsősorban az alakcsapajátosságuk alapján történik.

A műveletelemhez tartozó ráhagyási alakzat ismerete szükséges többek közt a ráhagyási alakzat leválasztásához szükséges szerszám kiválasztásához és a ráhagyási alakzatot eltávolító szerszámmozgások megtervezéséhez.

A **művelettervezés keretében megoldandó feladatok** [11], [13], [15], [27], [49], [59], [60], [62], [63], [64], [65], [66]:

- műveletelemek generálása;
- szerszámválasztás;
- műveletelemek sorrendjének rögzítése;
- szerszámelrendezés tervezése;
- műveletterv (kibővített megmunkálási utasítások rekordjai) összeállítása, majd folyamatos bővítése.

1.1. MŰVELETELEMEK GENERÁLÁSA

A forgásszimmetrikus alkatrészek eszterga megmunkáló-központon történő gyártása során a **műveletelemek az alábbiak szerint csoportosíthatók** [72], [99], [119]:

- esztergálási műveletelemek;
- fúrási műveletelemek (az alkatrész forgástengelyébe eső és álló szerszámmal végrehajtható műveletelemek);
- fúrási műveletelemek (nem a forgástengelybe eső és meghajtott szerszámmal végrehajtható műveletelemek);
- marási műveletelemek (meghajtott szerszámmal végrehajtható műveletelemek);
- köszörülési műveletelemek, stb.

A **műveletelemek generálásának módja:**

- fél-automatikus;
- automatikus.

Műveletelemek generálása során megoldandó feladatok:

- A műveletelemek generálása
 - automatikus feldolgozás esetén:
Az esztergagépen és eszterga-központon végrehajtható megmunkálási módok figyelembe vételével megmunkálási fázisonként a felületelemek jellemzői alapján az egy művelettel megmunkálható felületelem-kombinációk felismerése és adott alkatrész teljes megmunkálásához szükséges műveletelemek, továbbá azok sorrendjének meghatározása;
 - fél-automatikus feldolgozás esetén:
Az alkatrészprogramban előírt megmunkálási utasítások feldolgozása.
- A művelet-tervezéshez szükséges adatok összeállítása:
 - a művelet-tervezéshez szükséges adatok meghatározása;
 - a megmunkálási utasításokban előírt ráhagyási alakzatok-, szerszámpályák - és megmunkálási helyek geometriai leírásának összeállítása;
 - a nagyolási műveletelemek szimulációja:
 - ráhagyási alakzatok megjelenítése;
 - előgyártmány kontúr módosítása;
 - a művelet-tervezéshez szükséges adatok meghatározása, a művelet-tervezés és a ráhagyási alakzat összerendelése, tárolása.

A **tervezés alapjául szolgáló adatok:**

- előgyártmány és kész alkatrészkontúr, valamint az egyes megmunkálási fázisoknál megfelelő nagyolási és simítási kontúrok;
- előírt megmunkálási utasítások;
- a műveletelemek kiválasztását befolyásoló technológiai konstansok és gépadatok, valamint a fúrószerszámok adatai;
- alkatrészprogramban előírt technológiai adatok (szerszámok, forgácsolási paraméterek, stb.).

Tervezési eredmények: a generált műveletelemek rekordjai (műveletterv).

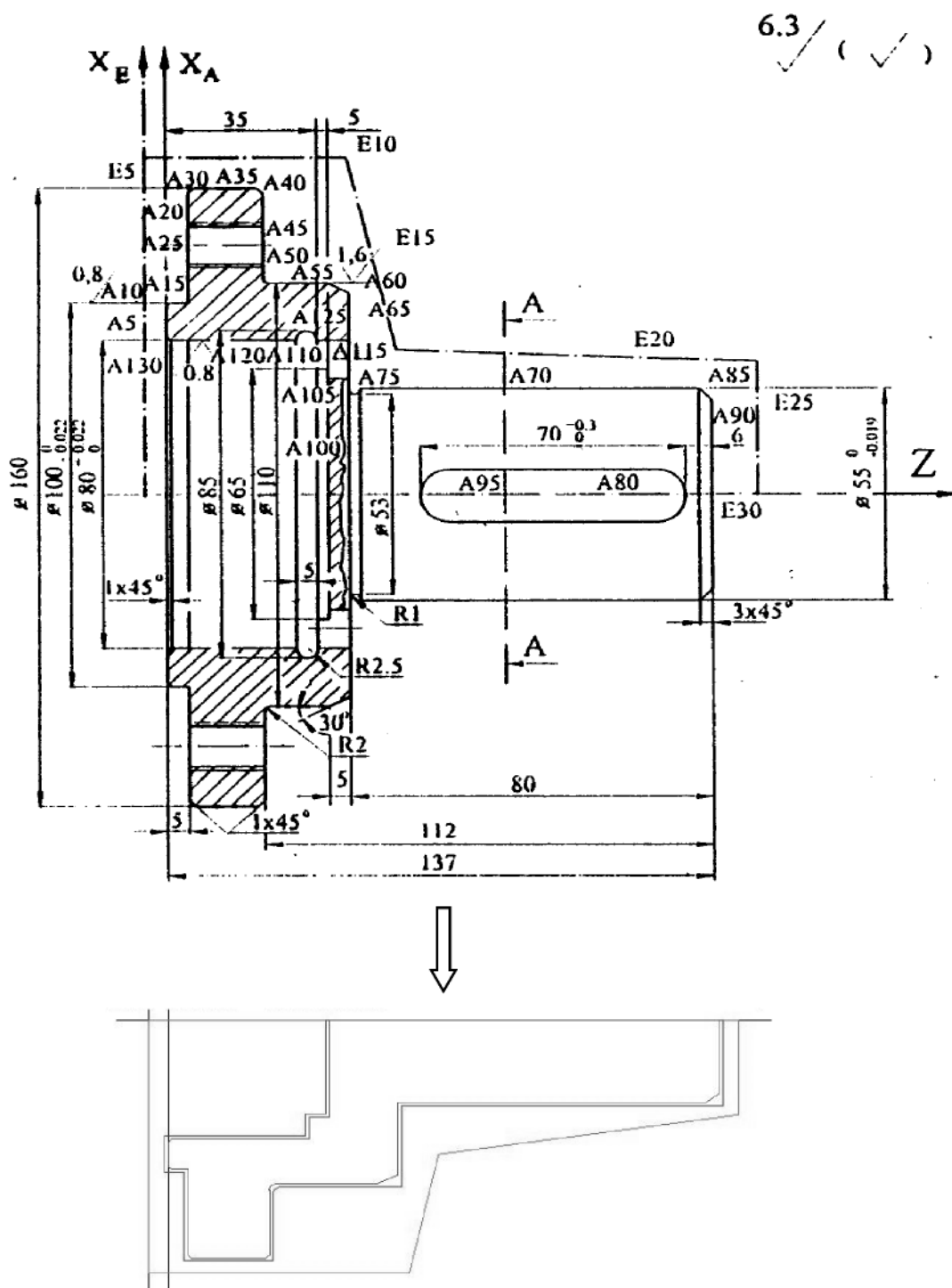
1.1.1. A MŰVELETELEMEK GENERÁLÁSÁNAK RENDSZERELMÉLETI ALAPJAI

A **műveletelemek generálása** az alábbi rendszerelméleti alapokra támaszkodik [41], [56], [59], [91]:

- Az **alkatrészek geometriai modellezése**
Az alkatrészek geometriai modellje a gyártmánymodell (alkatrészmodell) része, mely kiegészül

a tűrésekre, a felületi minőségekre, a méretláncokra, a munkadarab anyagminőségére, a hőkezelésre vonatkozó információkkal, továbbá a munkadarabbal kapcsolatos szöveges utasításokkal. Az alkatrészek geometriai modellezéséhez leginkább a forgástestestek fél tengelymetszetének kontúráját használják.

A **geometriai modell lényegében** az alkatrész kétdimenziós ábrázolását, síkbeli modellezését takarja. Az alkatrész kétdimenziós ábrázolása a forgástesteknél az alkatrészt egyértelműen meghatározó hosszmetzeti kontúrjuk (1.1. ábra) leírásával történik.



1.1. ábra. Előgyártmány, nagyolt és alkatrész hosszmetzeti kontúrjai

- **Alaksajátosság („Feature”) alapú geometriai modell**, vagy tipizált felületcsoportokra épülő modell
A „Feature” alapú geometriai modellezés arra a felismerésre épül, hogy az alkatrész a felületcsoportok rendezett halmaza, azaz a felületcsoportokból felépíthető az alkatrész. Így a tipizált felületcsoportokból a geometriai modellezés rendszereiben létrehozható olyan feature-készlet, ami eredményesen használható különböző alkatrészek geometriai modellezésére és technológiai tervezésére.
A felületcsoportok (feature) konstrukciós és/vagy technológiai egységet képező, egymáshoz csatlakozó felületekből állnak. Ilyenek a beszúrások, a menetes felületek, a rögzítő-furatok, a lelapolások, a reteshornnyok, stb.
- **A felületek hierarchiája**
Az alkatrészeket határoló felületek egymás közti viszonyát a felületek típusa (fő-, mellék- és átmeneti elemek) és azok hierarchiája határozza meg. A felületek geometriai, konstrukciós és technológiai szempontból az alábbiak szerint csoportosíthatók:
 - **Főelemnek** (hordozófelületnek) nevezzük a geometriailag tovább nem bontható és technológiailag önállóan előállítható felületeket (hengeres palást-, homlok-, kúp-, gömb- és tóruszfelület). A főelemek alapvetően határozzák meg az alkatrészek geometriai konfigurációját, és a megmunkálás során ezek készülnek először el.
 - **Mellékelemnek** (hordozott felületnek) nevezzük a főelemekre ültetett felületeket és felületcsoportokat (feature). A mellékelemek körébe tartoznak például a beszúrások, menetek, reteshornnyok, rögzítő-furatok, stb. A mellékelemek geometriailag esetleg tovább bonthatók, de technológiai szempontból önálló egységet alkotnak.
 - **Átmeneti elemek** (lekerekítés, letörés) a főelemek átmenetét határozzák meg.

A felületek hierarchiai megkülönböztetésének célja:

 - a felületek előállítási sorrendjét szabályozza;
 - az alkatrészprogram helyes összeállításának segítése;
 - a kontúrok feldolgozásának támogatása;
 - a műveletelemek felismerésének egyszerűsítése.
- **Műveletelem-készlet kialakítása**
A **rendszer építőkövei a műveletelemek**, azaz a műveletek legkisebb önálló és viszonylag merev részei. A műveletelemek generálása folyamán a rendszer e kövekből állítja össze, „szintetizálja” a gyártási folyamatot [15], [21], [41], [50], [59], [64], [69], [91].
Minél bőségebb a rendszer műveletelem-készlete, annál összetettebb műveletek építhetők fel a műveletelemből. A mai korszerű CNC vezérlések a ciklusok széles körével támogatják a programozást, amit a tervezőrendszereknek is elő kell tudni állítani. A CAPP rendszerekben (forgástervek feldolgozása esetén) általánosan használt műveletelemek készlete az 1.1. táblázatban látható.
- **Műveletelem-szintű bemenő nyelv alkalmazása**
A műveletelem-szintű bemenő nyelv a **sorrend programozását is lehetővé teszi** az alábbi szabályok betartása mellett [21]:
 - a geometriai és megmunkálási utasításokhoz azonosítót rendelünk;
 - a megmunkálási utasításban megadjuk a műveletelem típusát - azaz a műveletelem-készlet egyikét -, továbbá egy és/vagy több azonosítóval előírt megmunkálási helyet vagy útvonalat;
 - a megmunkálási utasítások megadási sorrendje egyben a műveletelem végrehajtásának sorrendje is.

1.2. NAGYOLÁSI MŰVELETELEMEK FELDOLGOZÁSA

Nagyolás során lényegében az előgyártmány - és a nagyolt kontúrok által határolt anyagot kell eltávolítani.

Ez történhet:

- nagyoló esztergálási műveletelemekkel (hossz-, kereszt- és kontúrkövető esztergálással);
- nagyoló fúrási műveletelemekkel (telibe fúrással, felfúrással és süllyesztéssel).

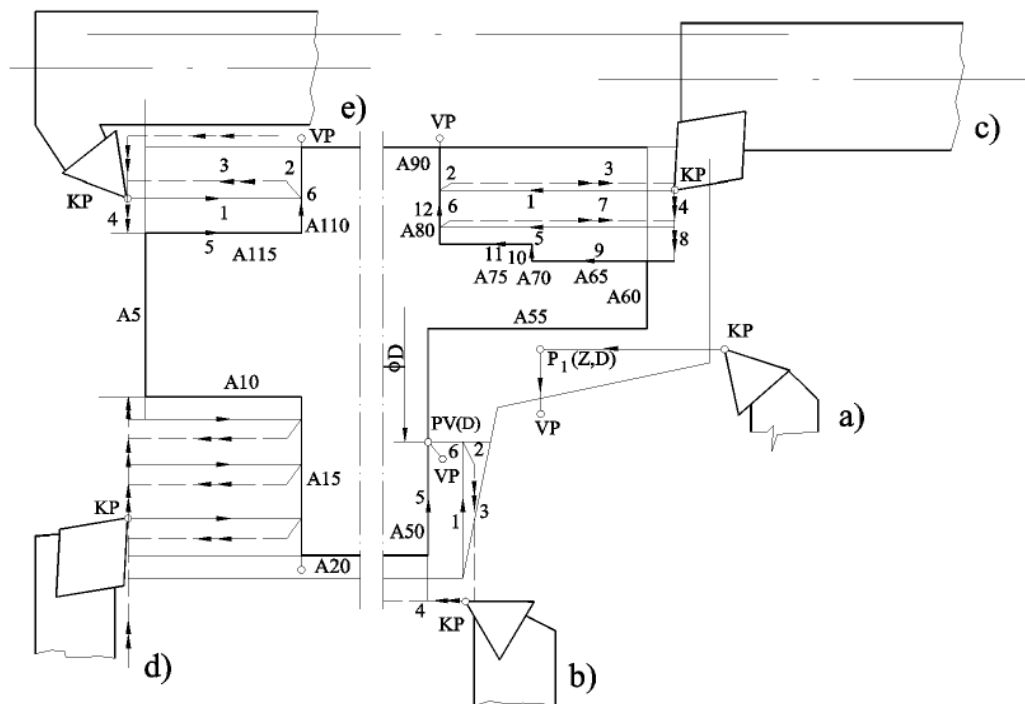
Műveletelem megnevezése	Főszó	Megjegyzés
1. Esztergálási műveletelemek		
1.1. Nagyolási műveletelemek		
hosszesztergálás	NH	
kontúrkövető hosszsztergálás	NHK	
keresztasztergálás	NK	
kontúrkövető keresztasztergálás	NKK	
1.2. Simítási műveletelemek		
kontúrkövető hosszsztergálás	SH	
kontúrkövető keresztasztergálás	SK	
egyfelületteliek esztergálása	SE	
1.3. Beszúrási és alászúrási műveletelemek		
normál hosszbeszúrá	BH	
normál keresztbeszúrá	BK	
tipizált keresztbeszúrá menetkifutáshoz	BKM	
tipizált keresztbeszúrá köszörűkorong kifutásához	BKL	
tipizált alászúrá köszörűkorong kifutásához	AJ	
alászúrá	A	
bonyolult beszúrá	BOB	
speciális bonyolult beszúrá	BBS*	
1.4. Menetesztérálási műveletelemek		
metrikus metetesztérálás	MEM	
Whitworth metetesztérálás	MEW	
trapéz metetesztérálás	MET	
speciális metetesztérálás	MES	
1.5. Elemi mozgásutasítás	EMO	
2. Fúrási műveletelemek		
központfúrá	KFUR	
fúrá	FUR	
felfúrá	FFUR	
süllyesztés	SUL	
kúpsüllyesztés	KSUL	
homloksüllyesztés	HSUL	
dörzsölés	DOR	
menetfúrá	MFUR	
3. Marási műveletelemek		
horonymarás	HOR	
síkmarás	SIK	
stb.		

1.1. táblázat. Eszterga-központok jellegzetes műveletelem választéka

Ennek a teljes alakzatnak műveletekre való bontása már a műveleti határok kijelölésével megtörtént [22]. Továbbiakban az adott műveletekhez tartozó nagyolási ráhagyási alakzatnak **műveletelemekre való bontása** vizsgálándó. A bontást az a körülmény indokolja, hogy annak leválasztása általában egy műveletelemmel technikailag nem megvalósítható ill. nem gazdaságos.

A bontást az alábbi technológiai körülmények indokolhatják (a nagyolási ráhagyási alakzatot a főor-só előtti térnegyedben ábrázoljuk, lásd a 1.2. ábrát):

- a teljes ráhagyási alakzatot külső és belső megmunkálásra kell bontani (1.2.b. és 1.2.c. ábra);
- a teli előgyártmányból készülő furatos alkatrész furást, fel-furást, esetleg süllyesztést igényel;
- a ráhagyási alakzat bizonyos részeinek gazdaságos eltávolítása más műveletelemeket, eltérő mozgásirányokat igényel, így például:
 - a fekvő téglalap (hossz/szélesség ≥ 1) alakú ráhagyási alakzat hosszesztergálást (1.2.a., d. és e. ábra);
 - az álló téglalap (hossz/szélesség < 1) alakú ráhagyási alakzat keresztesztergálást (1.2.b. ábra);
 - bizonyos geometriai elemeket (nagy méretű gömböt, tóruszt, kúpot) célszerű a felülettel, párhuzamos mozgásiránnyal megmunkálni;
 - a kontúrkövető ráhagyási alakzatot kontúrkövető mozgásiránnyal kell megmunkálni;
- öntött és/vagy kovácsolt előgyártmányok kérges, felkeményedett felületeinek
 - az előgyártmány- kontúrkövető mozgásiránnyal kell megmunkálni;
 - a válmögötti részekhez inverz megmunkálás (1.2.d. és 1.2.e. ábra) szükséges;
- befogási bázishely kialakításának szükségessége (1.2.a. ábra);
- a nagy méretű, befelé lépcsős alakzatok önálló feldolgozása egy ill. két műveletelem keretében (1.19. ábra) végezhető.



1.2. ábra. Jellegzetes nagyolási műveletelemek és megadási módjuk:

- a) bázishely esztergálása $M5 = NH; P1; Z; DD$
 b) keresztesztergálás korlátozó átmérővel $M10 = NK; PV; DD; A50$
 c) hosszesztergálás $M20 = NH; A65; A80$
 d) inverz hossz-esztergálás $M30 = NH; INV; A10; A15$
 e) válmögötti hosszesztergálás furatban $M40 = NH; INV; A115; A110$

A műveletekhez tartozó **nagyolási ráhagyási alakzat meghatározásánál alkalmazott módszerek** [15], [21]:

- ráhagyási alakzat előállítása a főelemek geometriai jellemzői alapján;
- ráhagyási alakzat előállítása a főelemek geometriai jellemzői és a ráhagyási kontúrt korlátozó (módosító) paraméterek alapján;

- ráhagyási alakzat előállítása egyéb paraméterek alapján.

A **műveletelemek automatikus generálása** során lényegében az első módszer, míg **fél-automatikus feldolgozás esetén** - a megmunkálási utasításokban előírt megmunkálási módhoz tartozó megmunkálási hely megadásánál - mind a három módszer alkalmazható.

A megmunkálási utasításokban **előírt jellemzők értelmezése és főbb esetei:**

- **Egy főelemhez rendelt azonosítóval**, például a szélső homlok- és/vagy palástfelületek megmunkálása esetén

$$MN^0 = \{NH; NK; BEFi_{BEF}; \dots; AN^0\}$$

- **Két főelemhez rendelt azonosítókkal**, ilyen esetben a ráhagyási alakzatot meghatározó kontúrszakasz első és utolsó főelem azonosítóját kell megadni

$$MN^0 = \{NH; NK; NHK; NKK; BEFi_{BEF}; \dots; AN^0; AN^0\}$$

- **Egy és/vagy két főelemhez rendelt azonosítókkal, a megmunkálásból adódó ráhagyási kontúr korlátozásával.** Ilyen esetben meg kell adni a korlátozás jellegét (PE vagy PV) és jellemző méretét (D vagy Z)

$$MN^0 = \{NH; NK; NHK; NKK; BEFi_{BEF}; \dots; PK; Dd; AN^0; AN^0\}$$

$$MN^0 = \{NH; NK; NHK; NKK; BEFi_{BEF}; \dots; PV; Zz; AN^0; AN^0\}$$

A **korlátozás jellege** a ráhagyási alakzat módosításának helyére utal, így:

- **PE – a ráhagyási alakzat elejére** (az első metszőelemre) vonatkozó korlátozás: például egy nagymértékű furatbővítés esetén a ráhagyási alakzatot célszerű felbontani egy viszonylag kis merevségű szerszámmal előállítható műveletelemre, majd a maradvány ráhagyást egy merev szerszámmal távolítjuk el. Ez esetben a korlátozást jellemző méretként a megosztási átmérőt (D) kell megadni.
- **PV - a ráhagyási alakzat végére** (az utolsó metszőelemre) vonatkozó korlátozás. Technológiai szempontból itt egy olyan felület alakul ki, amelyet a nagyolás utolsó fogása során felhúzással nem kell megmunkálni (jelölése $i_{RA} = 50$).

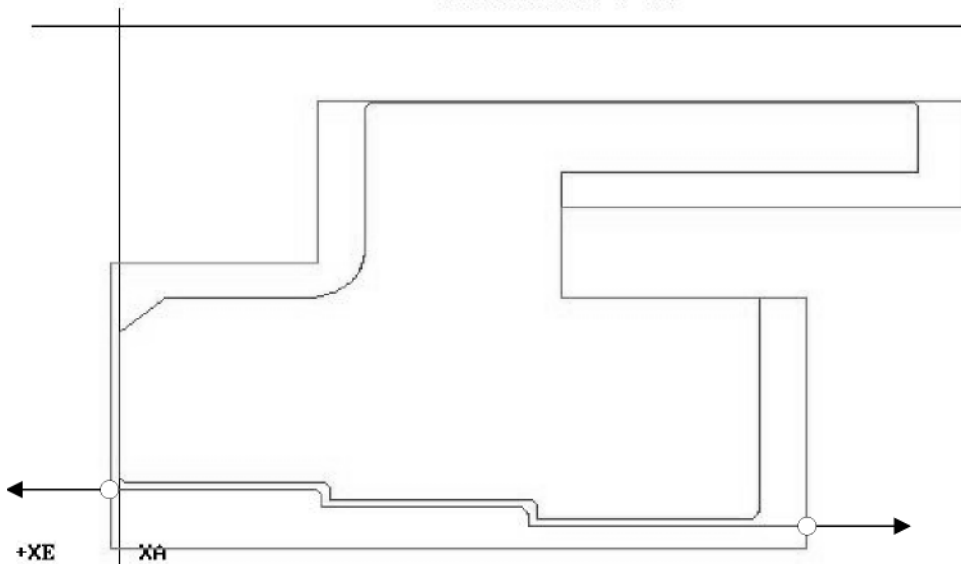
A **korlátozás értelmezése és esetei:**

- Egy közbelső homlokfelület oldalazása esetén a megmunkálást az elem sarokpontjáiig kell végezni. A szomszédos elemen levő ráhagyás miatt, azonban ez nem megvalósítható, ezért szükséges a korlátozó **oldalazási átmérő (D)** előírása.
- Ha a határ hengerpalást felületen a ráhagyást meg kell osztani - befogóeszköz rálóg a határelemre -, ekkor a befogó eszköz előtti **biztonsági sík (Z)** előírása szükséges.
- Ha a határ hengerpalást felületen a ráhagyást a határpontra túl is el kell távolítani, akkor a **megmunkálás véghelyzetét (Z)** kell megadni;
- **A metsző-egyenest (sík) meghatározó paraméterekkel**, ebbe a csoportba tartozó esetek:
 - A metsző-egyenest meghatározó sarokponttal, például bázishely esztergálásának előírása

$$MN^0 = \{NH; NK; BEFi_{BEF}; \dots; Pi; Dd; Zz\}$$
 - A metsző-egyenest meghatározó a választandó méretes szerszám fél-átmérőjének megadásával, ill. az alkalmazandó szerszámazonosító előírásával (a szerszámátmérő az adatbázisból kivehető), leírása az 1.7.2. pontban.

Nagyolási műveletelemek fél-automatikus generálásának fő lépései:

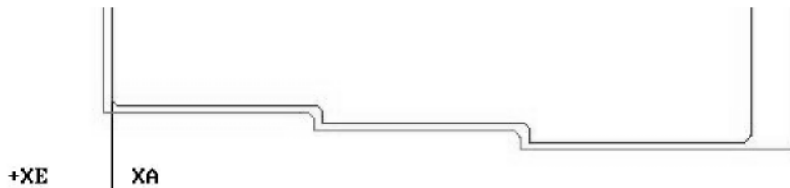
- metsző-egyenese és metszéspontok meghatározása (1.3. a. ábra);
- nagyolási ráhagyási alakzat összeállítása (1.3. b. ábra);
- előgyártmány kontúr módosítása (1.3. c. ábra);
- a műveletelem típusának véglegesítése, a műveletelem és a ráhagyási alakzat összerendelése, tárolása;
- nagyolási ráhagyási alakzat megjelenítése (szimulációja).



a)



b)



c)

1.3. ábra. Nagyolási ráhagyási alakzat generálásának folyamata

1.2.1. METSZŐ-EGYENESEK ÉRTELMEZÉSE

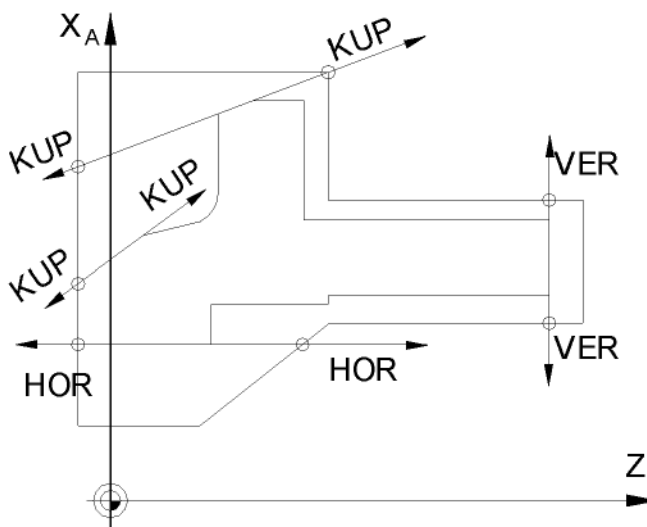
A műveletekhez tartozó nagyolási ráhagyási alakzat meghatározásához mindig két metsző-egyenes használandó [11], [15], [89].

Az egy főelemmel előírt metsző-egyenesek helyzetük szerint lehetnek (1.4. ábra):

- **HOR** – vízszintes metsző-egyenes;
- **VER** – függőleges metsző-egyenes;
- **KUP** – kúp által meghatározott metsző-egyenes.

Az adott szög alatti **KUP metsző-egyenesek alkalmazása** a nagyoló esztergálási műveletelemeknél az **alábbi indokok miatt, nem javasolható**:

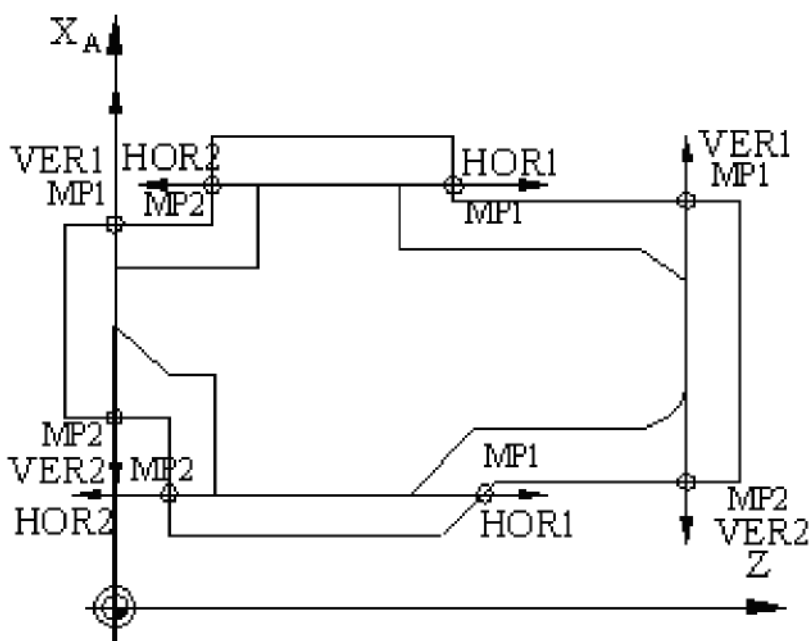
- a kis és a nagy hajlásszögű metsző-egyenesek a ráhagyási alakzatot nagyon elnyújthatják, ami forgácsolástechnikai szempont kimondottan hátrányos;
- a szög alatti metsző-egyenesek a nagyolt kontúr szomszédos elemeit metszhetik, ezért az ellenőrzést mindkét irányban el kell végezni.



1.4. ábra. Metsző-egyenesek típusai

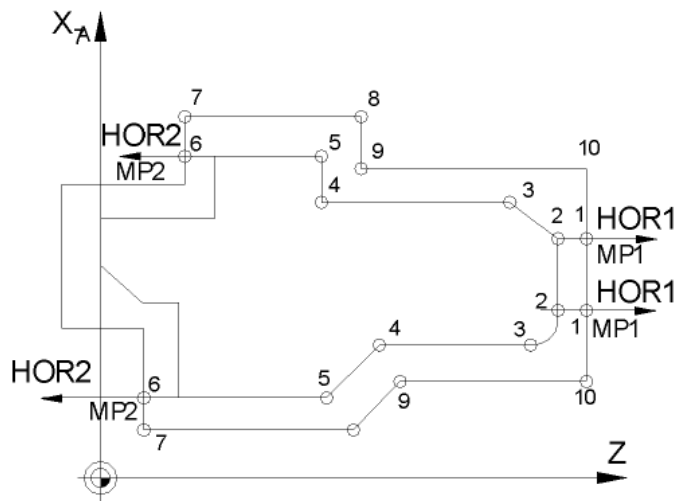
A ráhagyási alakzatot meghatározó metsző-egyenesek kombinációi:

- **HOR1HOR2** – a ráhagyási alakzat elejének (HOR1) és végének (HOR2) a meghatározása is vízszintes metsző-egyenesekkel történik, esetei:
 - szabad kifutású (szerszámtúlfutás megengedett, jelölése $i_{RA}=100$), egy hengerpalást határfelület hosszesztergálása (1.5. ábra). A külső hengerpalást határfelület hosszesztergálása jelen befogási helyzetben, míg belső megmunkálás fordított helyzetben történik;



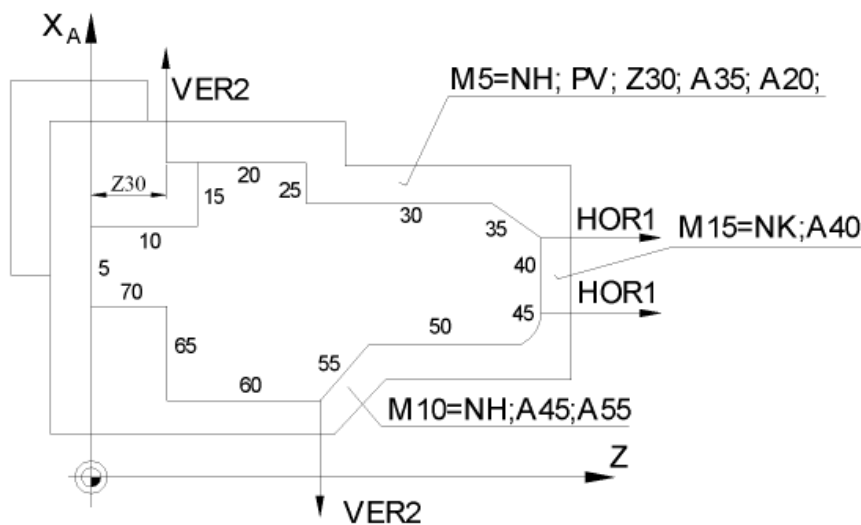
1.5. ábra. Egy főelemmel előírt HOR1HOR2 metsző-egyenesek értelmezése

- átmenő furat előállítása (szerszámtúlfutás megengedett $i_{RA}=100$) furással, felfúrással vagy sülyesztéssel (1.5. ábra).
- hengerpalást-, kúp- vagy tóruszfelülettel (az első kontúrelemmel) ill. korlátozó átmérővel megadott, továbbá szabad kifutású (szerszámtúlfutás megengedett $i_{RA}=100$), hengerpalást határfelülettel (az utolsó kontúrelemmel) előírt hosszesztergálás (1.6. ábra);



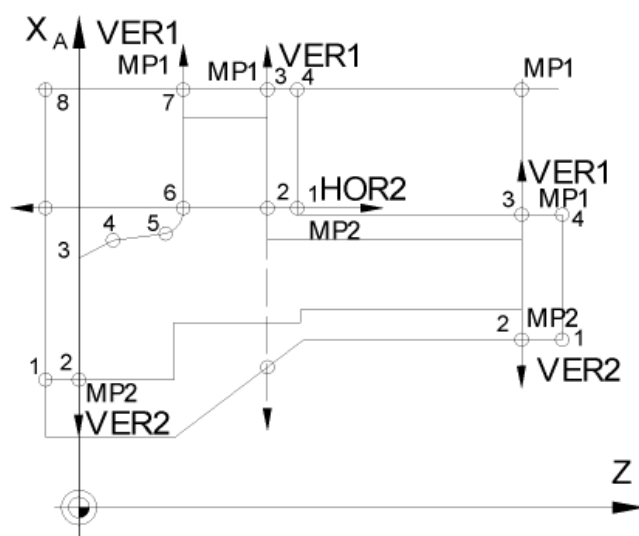
1.6. ábra. Két főelemmel előírt HOR1HOR2 metsző-egyenesek értelmezése

- **HOR1VER2** - a ráhagyási alakzat elejét vízszintes és végét függőleges metsző-egyenesek alakítják ki, esetei:
 - hengerpalást-, kúp- vagy tóruszfelülettel indított, majd homlok-, kúp- vagy tóruszfelülettel (lásd az M10 utasítást az 1.7. ábrán) ill. korlátozó hosszmérettel (Z) zárt ráhagyási alakzat hosszesztergálása (lásd az M5 utasítást az 1.7. ábrán);
 - önálló kúp- vagy tóruszfelület megmunkálása esetén (pl. M2=NH;A35 ill. M8=NH;A45) a metsző-egyenesek az adott geometriai elem kezdő- és végpontján mennek át;
 - ponttal (Z, D) előírt hosszesztergálás;
 - furatbővítés homloksülyesztéssel.



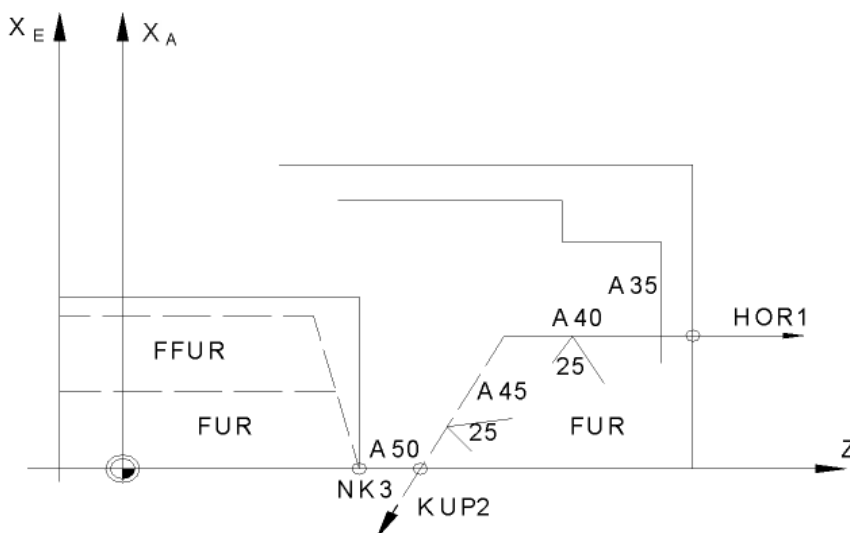
1.7. ábra. HOR1VER2 metsző-egyenesek értelmezése

- **VER1VER2** – a ráhagyási alakzat eleje és vége is függőleges metsző-egyenesekkel alakítható, esetei:
 - szabad kifutású, homlok-határfelületek keresztesztergálása (1.8. ábra);
 - homlok-, kúp- vagy tóruszfelülettel kezdő, majd szabad kifutású homlok határfelülettel előírt keresztesztergálás (1.8. ábra).
- **VER1HOR2** – a ráhagyási alakzat eleje függőleges, a vége horizontális metsző-egyenesekkel alakítható, esetei:
 - homlok-, kúp- vagy tóruszfelülettel kezdődő, majd homlok-, kúp- vagy tóruszfelülettel, ill. korlátozó átmérővel megadott keresztesztergálás (1.8. ábra);
 - ponttal (Z, D) előírt keresztesztergálás.



1.8. ábra. VER1VER2 metsző-egyenesek értelmezése

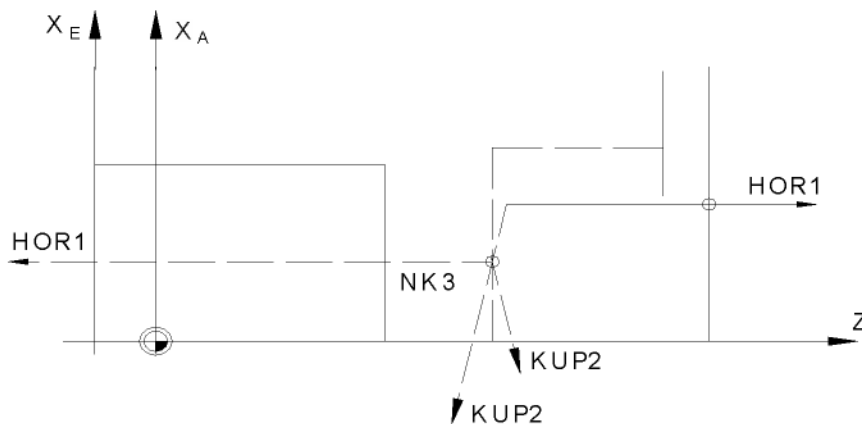
- **HOR1KUP2** – csak méretes szerszámmal előállítható műveletelemeknél, ahol a ráhagyási alakzat eleje vízszintes és vége kúpos metsző-egyenesekkel alakítható, esetei:
 - zsákfuratok telibe furásához, felfúrásához (1.9. ábra);



1.9. ábra. HOR1KUP2 metsző-egyenesek értelmezése zsákfurat esetén

- furatbővítéshez, amikor a kúpos metsző-egyenes a közbenső kontúr határelemének (NK3) kezdő vagy végpontján átmenő egyenesként képezhető (1.10. ábra);

- ez a megoldás igen gyakran, sikeresen alkalmazható a hosszú, átmenő furatok két befogásban történő megosztására, az alábbiak szerint (1.10. ábra):
 - először a munkadarabot a határeleme (NK3) átmérőjénél nagyobb fúróval ütközésig kifúrják;
 - fordítás után a munkadarabot a határelem (NK3) átmérőjével megegyező, vagy annál kisebb fúróval átfúrják.



1.10. ábra. HOR1KUP2 metsző-egyenesek értelmezése átmenőfurat esetén

1.2.2. METSZŐ-EGYENESEK KANONIKUS ALAKJÁNAK MEGHATÁROZÁSA

A geometriai főelemek metszéspontjainak meghatározása során szükség van a metsződő főelemek kanonikus alakjának felírására. A metsző elemek (HOR1,..., KUP2) kanonikus alakjába az elemek kezdő-, vagy végpontjainak jellegzetes méretei (abszcissa, vagy ordináta és/vagy hajlásszög) épülnek be.

A kontúrokat leíró elemek kezdő- és végpontjainak sorrendje megegyezik a geometriai főelemek megadási sorrendjével.

A metsző elemek (HOR1,..., KUP2) kanonikus alakjába **beépülő pont kiválasztását** az alábbi körülmények határozzák meg:

- A **metsző-egyenes jellege**:
 - az első metsző-egyenes a ráhagyási alakzat elejét határozza meg;
 - a második metsző-egyenes a ráhagyási alakzat végét határozza meg.
- A **műveletelem jellege**:
 - hosszesztergálás;
 - keresztesztergálás.
- A **műveletelem megmunkálási tér-negyed szerinti helyzete**, mely lehet:
 - 1 - bal külső oldalon;
 - 2 - jobb külső oldalon;
 - 3 - jobb belső oldalon;
 - 4 - bal belső oldalon.

A metsző elemek (HOR1,..., KUP2) kanonikus alakjába **beépülő pont alkalmazási esetei**:

- Az **elemek kezdőpontjával állíthatók elő**:
 - az első metsző-egyeneshez:
 - a bal külső és jobb belső oldalon történő hosszesztergálási műveletelemek;
 - a jobb külső és bal belső oldalon történő keresztesztergálási műveletelemek;
 - a második metsző-egyeneshez:
 - a bal külső és jobb belső oldalon történő keresztesztergálási műveletelemek;

- a jobb külső és bal belső oldalon történő hosszsztergálási műveletelemek.
 - Az **elemek végpontjával állíthatók elő**:
 - az első metsző-egyeneshez:
 - a bal külső és jobb belső oldalon történő keresztstergálási műveletelemek;
 - a jobb külső és bal belső oldalon történő hosszsztergálási műveletelemek;
 - a második metsző-egyeneshez:
 - a bal külső és jobb belső oldalon történő hosszsztergálási műveletelemek;
 - a jobb külső és bal belső oldalon történő keresztstergálási műveletelemek.
 - **Pontra vagy korlátozó paraméterre** való hivatkozás esetén metsző-egyenesek kanonikus alakjába az előírt értékek (Z vagy D) használhatók fel.
 - **Különleges** - például a HOR1KUP2 során ismertetett - **eseteknél**, így
 - a lapos-, zsákfuratok telibe furásához, felfúrásához;
 - a furatos munkadarabok furatbővítéséhez.
- Ilyenkor a kúpos metsző-egyenes a határelem (NK3) kezdő- vagy végpontján átmenő egyenesként képezhető (1.9., 1.10. ábra).

Az előzőekben ismertetett módon meghatározott méretek felhasználásával az alábbi formában írhatók fel a **metsző egyenesek kanonikus alakjai**:

- homlokfelület esetén (HOR1, HOR2)

$$A_i = 1 \quad B_i = \emptyset \quad C_i = Z_i$$
- hengerpalást felület esetén (VER1, VER2)

$$A_i = \emptyset \quad B_i = 1 \quad C_i = X_i \quad (X_i = D/2)$$
- kúp felület esetén (KUP2)

$$A_i = -\tan(\alpha) \quad B_i = 1 \quad C_i = X_i + A_i \cdot Z_i$$

A metsző-egyenesek kanonikus alakjainak előállítása során megjegyezendők a nagyított kontúr met-szőelemeinek sorszámai (i_k, j_k).

A metsző egyenesek kanonikus alakjainak előállítása után elkezdhető a metszéspontok meghatározása.

1.2.3. METSZÉSPONTOK MEGHATÁROZÁSA

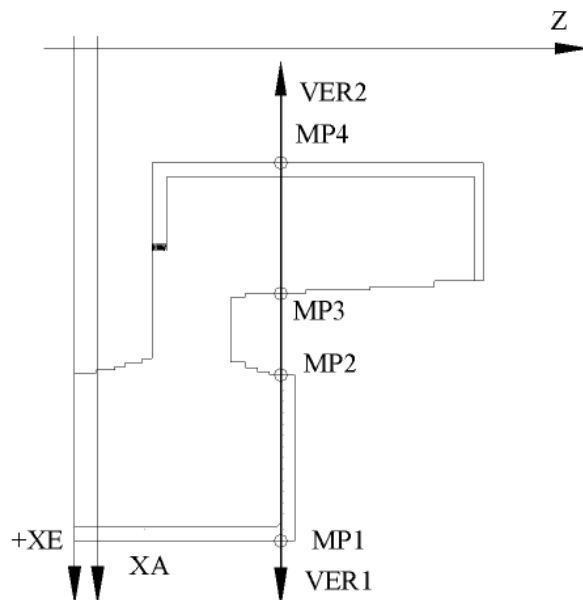
A soron következő feladat az előgyártmány kontúron levő **metszéspontok meghatározása**. Minden metsző-egyenes (VER1, VER2) az előgyártmány kontúrát legalább két - de bizonyos esetekben (1.11. ábra) több - helyen is metszheti. A metszéspontok közül mindig csak az egyik adja a jó megoldást. Az említett probléma elkerülése a metszési folyamatot irányítottságával biztosítható. A metszési folyamat irányítottságán az értendő, hogy a metszés menete úgy végzendő, hogy először mindig a jó metszéspont adódjon.

Az **alkalmazott módszer az alábbi előkészületet követeli meg**:

- Az előgyártmány kontúrának a műveletelem típusa és a megmunkálási tér-negyede szerinti szakaszolása, amely
 - az első metszéspont-hoz elvileg szóba jöhető kezdő határelem behatárolásával történjen;
 - a második metszéspont-hoz elvileg még szóba jöhető végső határelem behatárolásával lezárandó;
- Az előgyártmány kontúron való körbejárás irányának beállításával.

Az előgyártmány kontúron levő **metszéspontok meghatározásának menete**:

- Az előgyártmány kijelölt kontúrszakaszának első elemére vonatkozó kanonikus alak előállítása.



1.11. ábra. Metsző-egyenes lehetséges metszéspontjai

- A metsző-egyenes (HOR1 vagy VER1) és az előbb említett kontúr elem metszéspontjának MP1(Z_1 , D_1) meghatározása.
- A metszéspont kontúrelemre való esésének ellenőrzése, amelyhez az alábbi feltételnek kell teljesülnie:
 - homlok felület esetén:

$$(Z_E = Z_V \text{ és } D_E < D_V \text{ és } D_E < = D_1 > = D_V) \text{ vagy}$$

$$(Z_E = Z_V \text{ és } D_E > D_V \text{ és } D_E > = D_1 < = D_V)$$
 - hengerpalást felület esetén:

$$(D_E = D_V \text{ és } Z_E < Z_V \text{ és } Z_E < = Z_1 > = Z_V) \text{ vagy}$$

$$(D_E = D_V \text{ és } Z_E > Z_V \text{ és } Z_E > = Z_1 < = Z_V)$$
 - kúp- és tórusz felület esetén:

$$(Z_E < Z_V \text{ és } D_E < D_V \text{ és } D_E < = D_1 > = D_V) \text{ vagy}$$

$$(Z_E > Z_V \text{ és } D_E > D_V \text{ és } D_E > = D_1 < = D_V)$$

ahol: Z_E , D_E - az előgyártmány kontúrelem kezdőpontja;
 Z_V , D_V - az előgyártmány kontúrelem végpontja;

Ha teljesül a feltétel, akkor megjegyezendő a kontúrelem sorszáma (i_E), egyébként a kontúrelem sorszáma - az előírt körbejárási iránynak megfelelően - eggyel léptetendő (ha az homlok-, vagy hengerpalást felület), s a metszéspont keresése újra indul. Amennyiben az előgyártmány kijelölt kontúrszakaszán a metszéspont meghatározása sikertelen, akkor a feldolgozás hibaüzenettel leáll;
- az első metszéspont meghatározásához hasonlóan kiszámítandó a második metszéspont MP2(Z_2 , D_2) és rögzítendő az előgyártmány kontúr metszett elemének sorszáma (j_E).

1.2.4. NAGYOLÁSI RÁHAGYÁSI ALAKZAT ÖSSZEÁLLÍTÁSA

A műveletelemekhez tartozó **nagyolási ráhagyási alakzatot** a metszéspontok által bontva, **két kontúrszakaszra tagolhatjuk**:

- az egyiket a munkadarab kontúrszakasza határolja:
 - a méretes szerszámok alakja által;
 - a ponttal előírt metszősíkok által;
 - a nagyolt kontúrszakasz által;

- a másikat pedig, az előgyártmány kontúrszakasza határolja.

Az alakzatot a **ráhagyási alakzat normálalakja** írja le az alábbi jellemzőkkel:

- a ráhagyási pontok száma;
- az egyes pontok jellemzői:
 - Z és D koordináta értékek;
 - sugár (R) és sugár középpont (RZ, RD) koordináta értékei;
 - a geometriai elem érdekessége (RA);
- a kezdőpont és az egyes pontok megadási sorrendje.

A ráhagyási alakzat pontjainak megadási sorrendje:

A **ráhagyási alakzat kezdőpontja** (1) külső műveletelemeknél a legkisebb átmérővel (D), vagy belső műveletelemeknél legnagyobb átmérővel (1.6. ábra), továbbá a munkadarab jobb oldalán levő alakzat esetén legtávolabbi ordinátával (Z) (1.6. ábra), míg a másik oldalon a legkisebb ordinátával rendelkező ráhagyási pont (1.8. ábra).

A **ráhagyási alakzat egyes pontjai megadási sorrendjénél a szabály** az, hogy először a munkadarab oldali résszel kezdendő, majd az előgyártmányon folytatandó (pl. a 1.8. ábrán látható baloldali alakzat esetében a munkadarab oldali része $2 \div 6$ pontokból áll, míg az előgyártmányon 7-8-1). A 1.8. ábrán még két darab, négy pontból álló keresztesztergálási műveletelemhez tartozó ráhagyási alakzat látható.

Külső és belső hosszesztergálási műveletelemekhez tartozó ráhagyási alakzatok megadása az 1.6. ábrán látható.

A ráhagyási alakzat - normálalakos formában való – összeállításának fő lépései:

- A **kezdőpont meghatározása**. A kezdőpont igen gyakran egybeesik az egyik metszésponttal, így
 - hosszesztergálási műveletelemeknél (1.6. ábra) az első metszésponttal (MP1);
 - keresztesztergálási műveletelemeknél (1.8. ábra) a HOR2 metszősíkkal nyert második metszésponttal (MP2).

Ilyen esetekben a kezdőpont az előbb említett metszéspont értékeivel állítandó be.

Ha kezdőpont nem esik egybe egyik metszésponttal sem, például

- keresztesztergálási műveletelemeknél (1.8. ábra) a második metszésponttal (MP2);
- hosszesztergálási műveletelemeknél (1.6. ábra) az első metszésponttal (MP1), ha az első metszősík valamilyen okból kifolyólag VER1-gyel van előírva (pl. a jobb oldali szélsőhomlokon levő ráhagyást hosszesztergálással kedvezőbb eltávolítani).

Ekkor a kezdőpont az előgyártmány kontúr metszett eleme segítségével határozható meg.

- A **munkadarab oldali kontúrszakasz feldolgozása**, főbb esetei:
 - Átmenő furat vagy határelemek ($i_k = j_k$) megmunkálása (1.5. ábra). Ez esetben a ráhagyási alakzat következő pontjába a másik metszéspont értékeit kell lerakni.
 - Méretes szerszámokkal (telibe fúrás, felfúrás, süllyesztés) vagy ponttal határolt megmunkálás esetén először lerakandó a szerszám jellemző méretei alapján meghatározható sarokpont ill. az előírt pont koordinátái, majd a ráhagyási alakzat következő pontjába a másik metszéspont értékei teendők.
 - Nagyolt kontúrszakasz feldolgozása:
 - ha a metszősík kúp- vagy tóruszfelület, akkor a ráhagyási alakzat következő pontjába rakandó az i_k kontúrelem „szélső” pontja, amely a körbe járástól függően lehet az elem kezdő vagy végpontja;
 - majd lerakandó a kontúrelemek (i_k -tól j_{k-1} -ig) „másik” pontja. Ha a másik metszősík kúp- vagy tóruszfelület, akkor a ráhagyási alakzat következő pontjába a j_k kontúrelem pontja is áthelyezendő.

- A **második metszéspont lerakása**.
- Az **előgyártmány oldali kontúrszakasz feldolgozása** során lerakandók a kontúrelemek (i_k -tól j_{k-1} -ig) - a körbe járástól függően - a kezdő vagy végpontjai.

Ha az előgyártmány és a nagyolt kontúrszakasz tóruszfelületet is tartalmaz, akkor a ráhagyási alakzat normálalakjába a sugarat (R) és a sugár középpont (RZ, RD) koordinátáit is át kell másolni.

1.2.5. ELŐGYÁRTMÁNY KONTÚR MÓDOSÍTÁSA

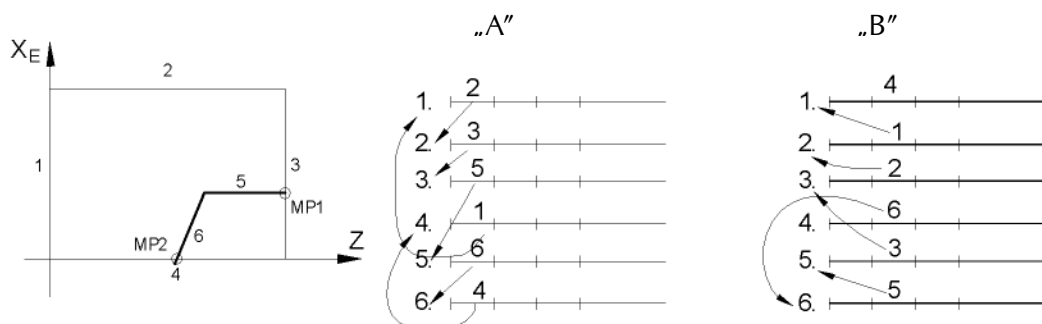
A soron következő műveletelemhez tartozó ráhagyási alakzat korrekt előállításához módosítani kell az előgyártmány kontúrt. A **kontúr módosításának lényege** az, hogy továbbiakban a két metszéspont közötti nagyolt kontúrszakasz képezi az előgyártmány kontúrt.

Az **előgyártmány kontúr módosítása** történhet:

- az eredeti kontúrelem változtatásával (egy elemből álló kontúrszakasz esetén);
- új kontúrelemek beiktatásával, az új kontúrelemek beiktatásának sorrendje megegyezik eredeti - leírási - körbejárási iránnyal.

Az **előgyártmány kontúr módosításának lépései**:

- A körbejárási iránynak megfelelő metszéspont kiválasztása és a metszet kontúrelem kezdő vagy végpontjának módosítása.
- A kontúrelemek összeláncolása. A kontúrelemek összeláncolása alatt minden egyes főelemnek a következő („A” körbejárási irány) és előző („B” körbejárási irány) elemmel való kapcsolata értendő. Esetei:
 - ha új kontúrelem beiktatására nincs szükség, akkor az elemek összeláncolása nem változik (például átmenő furat és/vagy határelemek ($i_k = j_k$) megmunkálása), továbbá a határelem kezdő- és végpontját kell a megfelelő metszéspontokkal módosítani;
 - ha új kontúrelemek (az „A” körbejárási irányú kontúrszakasz) beiktatására szükség, akkor az új elemet mindig a kontúr utolsó eleme után kell lerakni, és a metszett kontúrelemnek erre az elemre kell mutatnia (1.12. ábra).



1.12. ábra. Előgyártmány kontúr módosítása fúrési műveletelem után

- A kontúrszakasz első elemének összeállítása:
 - a főelem típusának (homlok-, hengerpalást- vagy kúpfelület) beállítása;
 - kezdőpont beállítása a metszéspont alapján;
 - végpont beállítása:
 - a méretes szerszám sarokpontja alapján;
 - a metszősíkokat meghatározó pont alapján;
 - a metsző elem megfelelő pontja alapján;

- a körbejárás szerinti előző elemre mutató, ez az előgyártmány kontúr metszet elemének sorszáma;
- a körbejárás szerinti következő elemre mutató.
- A kontúrszakasz második és utolsó előtti elemének összeállítása:
 - a kontúrszakasz második (k) és utolsó előtti (l) elemének meghatározása az i_k vagy j_k alapján;
 - a főelem típusának, kezdő- és végpontjainak, sugarának (R) és sugár középpontjának (RZ, RD) átmásolása a k+1 sorszámú nagyolt kontúr rekordjaiból;
 - a körbejárás szerinti előző elemre mutató;
 - a körbejárás szerinti következő elemre mutató.
- A kontúrszakasz utolsó elemének összeállítása;
 - a főelem típusának (homlok-, hengerpalást- vagy kúpfelület) beállítása;
 - kezdőpont beállítása az előző elem végpontja alapján;
 - végpont beállítása a metszéspont alapján;
 - a körbejárás szerinti előző elemre mutató;
 - a körbejárás szerinti következő elemre mutató, ez az előgyártmány kontúr metszet elemének sorszáma.

1.3. FÚRÁSI MŰVELETELEMEK FELDOLGOZÁSA

A méretes szerszám sajátossága, hogy a szerszám geometriája egy az egyben tükröződik a munkadarabon. Ezért ezen a szinten kell végrehajtani a szerszámválasztást, mivel a szerszám konkrét mérete, alakja (például a fő-él csúcshöge, stb.) közvetlenül meghatározza a ráhagyási alakzatot, és lényegesen befolyásolja a további fúrási műveletelemek generálásának menetét.

A **nagyoló fúrási műveletelemek** az alábbi típusú utasításokkal írhatók elő:

- átmenő furat azonosítójával előírva (bemenő nyelvi, szöveges alakban)
 $MN^0 = FUR; BEFi_{BEF}; AN^0$
- zsákfurat két azonosítójával előírva
 $MN^0 = FUR; BEFi_{BEF}; AN^0; AN^0$
- a szerszám fél-átmérőjével előírva
 $MN^0 = FUR; BEFi_{BEF}; F$
- szerszámazonosítóval előírva
 $MN^0 = FUR; BEFi_{BEF}; SZER_{SZER}$

A **fúrási műveletelemek feldolgozásának menete:**

- Szerszámválasztási kritériumok (D , D_{min} , MUKH, 2FI, stb.) beállítása, ahol:
 D – a választandó szerszám átmérője (a megmunkálandó hengerpalást felület (AN^0) átmérője, vagy az előírt szerszám fél-átmérő kétszerese, vagy a szerszámazonosító alapján kikeresett szerszám átmérője);
 D_{min} – előfurat átmérője;
MUKH – a szerszám dolgozó hossza (előgyártmány hossza, vagy a megmunkálandó hengerpalást felület (AN^0) a megmunkálandó hengerpalást felület (AN^0) Z_e és Z_v különbségének abszolút értéke);
2FI – a szerszám (fúró) csúcshöge (a második előírt geometriai elem homlok esetén 180, vagy kúp esetén a hajlásszög kétszerese, vagy a megmunkálandó anyagminőségre jellemző érték).
- Fúró-szerszámválasztás, sikertelen szerszámválasztás esetén a szerszámazonosító előírásával a feldolgozás folytatható, egyébként hiba üzenettel leáll.

- A ráhagyási alakzat meghatározása:
 - az első metsző-egyenes (HOR1) kanonikus alakjának meghatározása a szerszám (fúró) átmérője (D) alapján;
 - a második metsző-egyenes meghatározása:
 - ha átmenő furat, akkor a $HOR2=HOR1$ kanonikus alakjával;
 - zsákfurat esetén az egyenes kanonikus alakja úgy állítandó elő, hogy az menjen át a NK3 határelem kezdőpontján, a szerszám (fúró) csúcshozától (2FI) függő hajlásszöggel:
 - KUP2, ha $2FI < 180$
 - VER2, ha $2FI = 180$
 - az $MP1(Z_1, D_1)$, $MP2(Z_2, D_2)$ metszéspontok és a metszett előgyártmány-kontúr elemeinek (i_e, j_e) meghatározása;
 - zsákfurat esetén meghatározandó HOR1KUP2 vagy HOR1VER2 egyenesek metszéspontja (MP3)
 - a ráhagyási alakzat megjelenítése.
- Az előgyártmány kontúr módosítása (1.12. ábra);
- Tervezési eredmények lerakása:
 - a megmunkálási utasítások rekordjába (a műveletelem típusának (i_{TIP}) beállítása, megmunkálási kezdő (Z1)- és végpontjának (Z2), a szerszám-jellemzőknek ($SZER_{SZER}, D$):

$$R(me, 2) = i_{TIP};$$

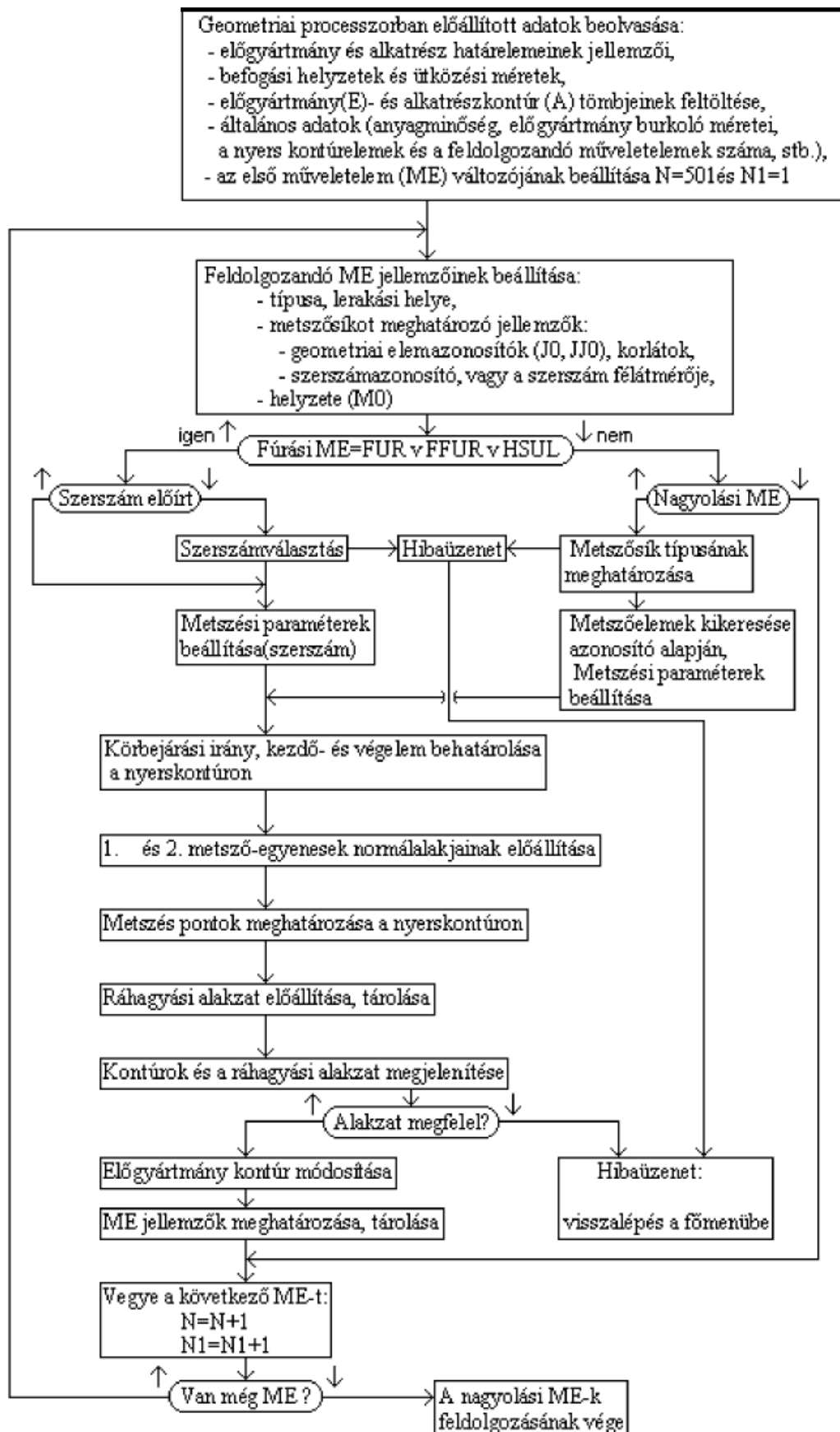
$$R(me, 5) = SZER_{SZER};$$

$$R(me, 18) = Z1;$$

$$R(me, 19) = Z2;$$

$$R(me, 30) = D;$$
 - azonosítóval, ill. azonosítókkal előírt utasítások feldolgozása esetén a nagyolt kontúrelem(-ek) érdességi jellemzőjének módosítása (pl. átmenő furat esetén $A(NK3, RA)=50$).
- Tervezési eredmények interaktív megjelenítése (műveletelem szöveges azonosítása, alkatrészkontúr, nagyolási ráhagyási alakzat, módosított előgyártmány-kontúr, stb.);

A nagyoló esztergálási és fúrási műveletelemek generálásának elvi felépítése az 1.13. ábrán látható.



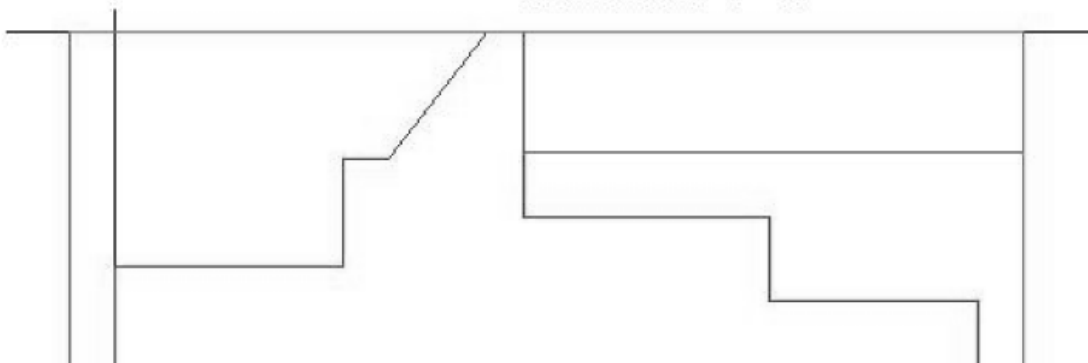
1.13. ábra. Nagyoló esztergálási és fűrési műveletelemek generálásának elvi vázlata

Fúrasi műveletelemek generálására látható néhány jellegzetes eset:

- laposfenekű zsákfurat fúrása az 1.14. ábra jobb oldalán (szerszám: SANDVIK CoroDrill 880-D3600L40-02 $\kappa_r = 88^\circ$);
- laposfenekű zsákfurat felfúrása az 1.15. ábra jobb oldalán (szerszám: SANDVIK CoroDrill 880-D5000L40-02 $\kappa_r = 88^\circ$);
- a szerszám fél-átmérőjével előírt zsákfurat az 1.16. ábra baloldalán (szerszám: HSS csigafúró DIN 345 D38 $\kappa_r = 70^\circ$);

M2=FUR;F18

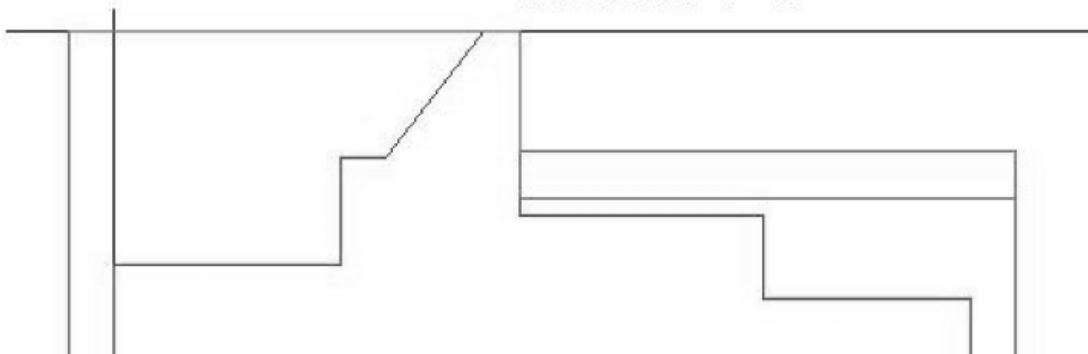
- FOLYTATHATO < /N>



1.14. ábra. Laposfenekű zsákfurat fúrása jobb oldalon

M5=FFUR;F25

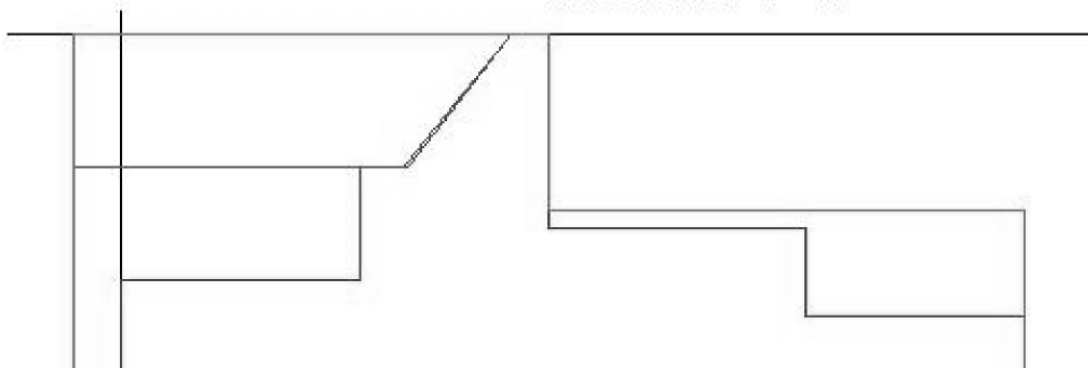
- FOLYTATHATO < /N>



1.15. ábra. Laposfenekű zsákfurat felfúrása jobb oldalon

M35=FUR;BEF2;F19

- FOLYTATHATO < /N>



1.16. ábra. Zsákfurat fúrása bal oldalon

További fúrási műveletelemek feldolgozása

A további fúrási műveletelemek keretében dolgozandók fel a felfúrára (FFUR), süllyesztésre (SUL) és homloksüllyesztésre (HSUL) vonatkozó utasítások. Az utasítások típusai megegyeznek a fúrásnál tárgyalt esetekkel.

Az említett műveletelem feldolgozásának menete (szerszámválasztási kritériumok beállítása, fúrószerszámválasztás, stb.) megegyezik a fúrási műveletelemnél ismertetekkel.

1.4. NEM NAGYOLÁSI MŰVELETELEMEK FELDOLGOZÁSA

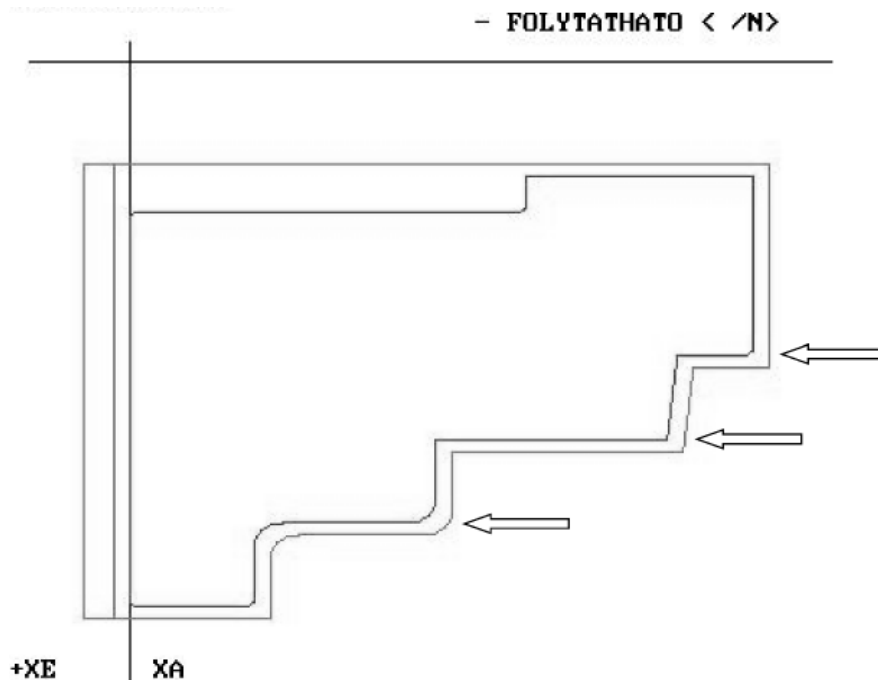
A **nem nagyolási műveletelemekre** vonatkozó megmunkálási **utasítások** feldolgozása az alábbi csoportosítás szerint történik:

- simító esztergálási műveletelemek (SH, SK, SE,);
- esztergálási mellékelemek (beszúrások: BH, BK, tipizált beszúrások: BKM, BKL, AJ, alászúrás: A, menetesztergálások: MEM,..., MES);
- forgószerszámmal történő fúrások és marások (KFUR, FUR, HOR, SIK);
- elemi mozgásutasítások (EMO);
- köszörülési műveletelemek;
- felügyeleti és minőségbiztosítási funkciók.

1.4.1. SIMÍTÓ ESZTERGÁLÁSI MŰVELETELEMEK FELDOLGOZÁSA

A **simító műveletelemekre** vonatkozó **utasítások** feldolgozása során az alábbi esetekre kell felkészülni:

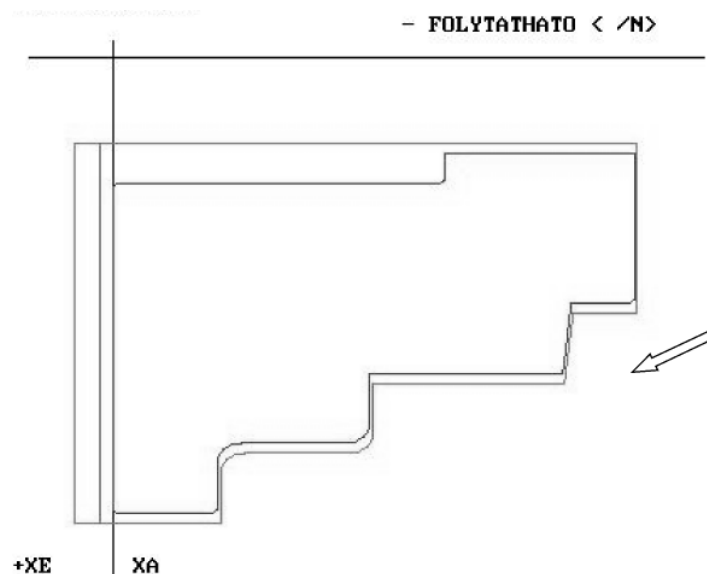
- egy főelem (D, H, K, R) azonosítóval előírva (bemenő nyelvi, szöveges alakban)
 $MN^0 = SE; BEFi_{BEF}; \dots; AN^0$
- egy főelem (D, H, K, R) azonosítóval és korlátozó mérettel (d, vagy z) előírva
 $MN^0 = SE; BEFi_{BEF}; \dots; PV; \{Dd; Zz\}; AN^0$
- simítandó elemek azonosítóinak felsorolásával előírva (1.17. ábra)
 $MN^0 = SE; BEFi_{BEF}; \dots; AN^0_E; AN^0_U$



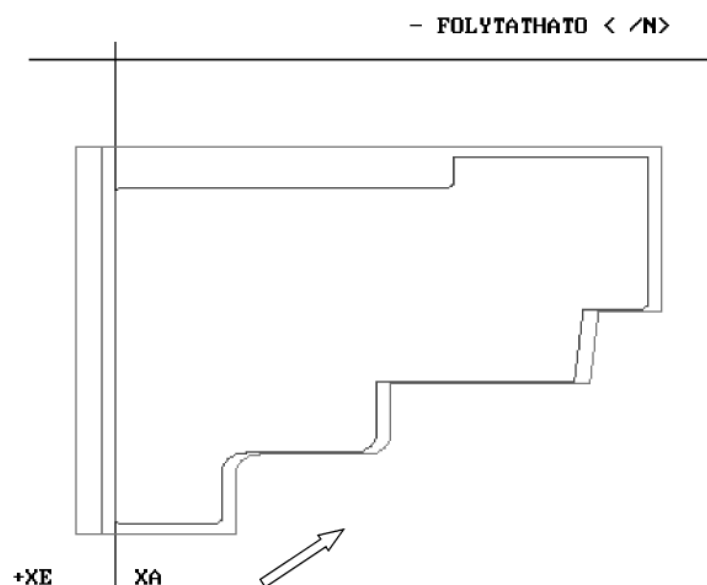
1.17. ábra. Egyedi felületek hosszsimítása

- két főelem (D, H, K, R) azonosítóval előírva
 $MN^0 = \{SK;SH\}; BEFi_{BEF}; \dots; AN^0_E; AN^0_U$
 ahol:
 AN^0_E - a simítandó kontúrszakasz első elemének azonosítója;
 AN^0_U - a simítandó kontúrszakasz utolsó elemének azonosítója;
- két főelem (D, H, K, R) azonosítóval és korlátozó mérettel (d, vagy z) előírva
 $MN^0 = \{SK;SH\}; BEFi_{BEF}; \dots; PV; \{Dd;Zz\}; AN^0_E; AN^0_U$
 A simító műveletelemekhez egy összefüggő szerszám pálya tartozik, ezért ebből az utasításból egy geometriai elem által meghatározott szerszám pályás simítási műveletelem generálása történik.

A simító műveletelemek típusa (hosszsimítás 1.18. ábra, keresztimítás 1.19. ábra) és a simítási kontúrszakasz a megmunkálni kívánt első és utolsó geometriai elem azonosítójára való hivatkozással határozható meg. Ez egyben a megmunkálási irányt is meghatározza.



1.18. ábra. Kontúrkövető hosszsimítás



1.19. ábra. Kontúrkövető keresztimítás

A szerszámpálya geometriai összeállítása nagyrészt a simítandó kontúrszakasz elemeinek geometriai adatai (kezdő- és végpont, kör esetén sugár és a kör középpontja) alapján valósul meg. Ezen kívül vizsgálni kell a szerszámpálya kezdő és végpontját befolyásoló csatlakozási és korlátozó körülményeket. A simító műveletelemek feldolgozása az alkatrész jobb oldali, külső kontúrszakaszra vonatkozó egyedi felületek hosszsimítása (SE) példáján kerül bemutatásra.

A simító műveletelemek feldolgozása során megoldandó részfeladatok:

- A szerszámpálya kezdőpontjának (KP) megállapításához vizsgálni kell a simítandó kontúrszakasz előtti geometriai elem típusát, elhelyezkedését és megmunkáltságát. Ugyanis ha ez az elem még nem lett lesimítva, akkor a simítandó kontúrszakasz kezdőpontját - a simítási ráhagyás, lekerekítés és/vagy letörés hatásának kompenzálása céljából - módosítani kell (1.17. ábra). A simítandó kontúrszakasz előtti geometriai elem vizsgálatának esetei:
 - ha a vizsgált elem már simított, akkor módosításra nincs szükség ($KP(Z, D) =$ a simítandó kontúrszakasz első pontja (Z, D));
 - új szerszámráállási pont meghatározása szükséges. A szerszámráállási pontnak a megmunkálendő elem síkjába kell esnie, ezért olyan metsző-egyenes generálandó, amely átmegy a simítandó kontúrszakasz beállított (műveletelem típusától és a megmunkálási tér-negyedről függő) pontján. Lehetséges esetek:
 - HOR1, ha az első megmunkálendő elem hengerpalást felület. A módosított kezdőpont (jelölése: o) jellegzetes esetei az előtte levő elem függvényében (1.12. ábra):
 - 1 – ha az előtte levő elem homlokfelület;
 - 2 - ha az előtte levő elem kúpfelület;
 - 3 - ha az előtte levő elem tóruszfelület;
 - 4 - ha az előtte levő elem letörés;
 - VER1, ha az első elem homlokfelület, például kontúrkövető hosszsimítás esetén (lásd az 1.13. ábrán látható „5” esetet);
 - KUP1, ha az első elem kúpfelület (1.14. ábra), vagy metsző kör esetén a körhöz húzott érintővel megegyezően;
- Keresendő a metsző egyenesnek a nagyolt kontúr N1-ik eleme előtti első elemével való metsződése. A metszéspont (MP1) lesz a szerszámpálya kezdőpontja ($KP(Z, D) = MP1(Z, D)$);
- A metszéspont (MP1), azaz a simítandó kontúrszakasz kezdőpontjának lerakása, valamint az alkatrész-kontúr adott elemében a megmunkáltságára utaló adatot ($RA=12.5$), simítottá állítandó;
 - Kiegészítő pont lerakása;
Ha a metsző körös esethez történt a metszéspont meghatározása, akkor a simítandó kontúrszakasz kezdőpontját, továbbá sugarát és a kör középpontját is le kell rakni;
 - A második és utolsó elemek közötti kontúrszakasz feldolgozása;
Lerakandó az elem kezdőpontja, továbbá kör esetén sugara és a kör középpontja, továbbá a kontúrelem megmunkáltságára utaló paraméterének beállítása;
 - Az előgyártmány kontúr módosítása (1.12. ábra);
 - A szerszámpálya végpontjának megállapításához vizsgálni kell:
 - az utolsó simítandó elemre előírt geometriai korlátozást (valamilyen technológiai okból meg kell osztani az elem simítását, vagy meg kell hosszabbítani a megmunkálást). A metsző-egyenes jellegét a korlátozó paraméter határozza meg:
 - D előírása esetén HOR1;
 - Z előírása esetén VER1;
- A szerszámpálya végpontjául szolgáló metszéspont (MP2) az utolsó simítandó elemnek a metsző-egyenessel (HOR1, vagy VER1) való metszéseként adódik ($VP(Z, D) = MP2(Z, D)$);
- ha korlátozás nincs előírva, akkor a szerszámpálya kezdőpontjához hasonlóan - a simítandó kontúrszakasz mögötti geometriai elem megmunkáltságát és helyzetét kell vizsgálni.

Lehetséges esetek:

- ha a szomszédos elem irányítotttsági hajlásszöge kisebb, mint -90° , szerszámtúlfutás megengedett ($i_{RA}=100$);
- ha a vizsgált elem már simított, vagy nem kell simítani ($RA \geq 10$), vagy tórusz felület, akkor módosításra nincs szükség ($VP(Z, D)=a$ simítandó kontúrszakasz utolsó pontja (Z, D));
- a végpontot korrigálni kell, a szerszámpálya kezdőpontjához hasonlóan, egy újabb metszéssel lehet azt meghatározni. Ilyenkor az alábbi két esetet kell vizsgálni:
 - a simítandó kontúrszakasz utolsó eleme a megmunkálási tér-negyed utolsó elemével (jelen esetben N2) megegyezik, akkor a metsző-egyenes VER2, amely átmegy a simítandó kontúrszakasz utolsó pontján. Meghatározandó a HOR2 metsző-egyenesnek a nagyolt kontúr N2-ik eleme utáni első elemmel való metsződése ($VP(Z, D)=MP2(Z, D)$);
 - ha nem a térnegyed utolsó eleme, akkor az a kontúr megbontását (1.13. és 1.14. ábra) jelenti, HOR2 metsző-egyenessel, mely a nagyolt kontúrelem hasonló pontján megy át. Keresendő a HOR2 egyenes metsződése az alkatrész kontúrelemen ($VP(Z, D)=MP2(Z, D)$);
- Az inverz műveletelemeknél a forgácsolási kezdőpontra történő ráálláskor az akadály (DMAX, vagy DMIN kerülendő átmérő) beállítása, melynek értéke külső műveletelemeknél a munkadarab legnagyobb átmérője (DMAX);
- Végpont ($VP(Z, D)$), ráhagyási pontok száma (RP), szerszámtúlfutás lehetősége, kerülendő átmérő (DMAX, vagy DMIN) lerakása a műveletelem-rekordba.

A keresztcsimító műveletelemek feldolgozásánál alkalmazott vizsgálatok, megoldások a hosszsimító műveletelemeknél ismertettekkel analóg módon történik.

1.4.2. ESZTERGÁLÁSI MELLÉKELEMEK FELDOLGOZÁSA

Az **esztergálási mellékelemekre** vonatkozó utasítások feldolgozása során az alábbi esetekre kell felkészülni:

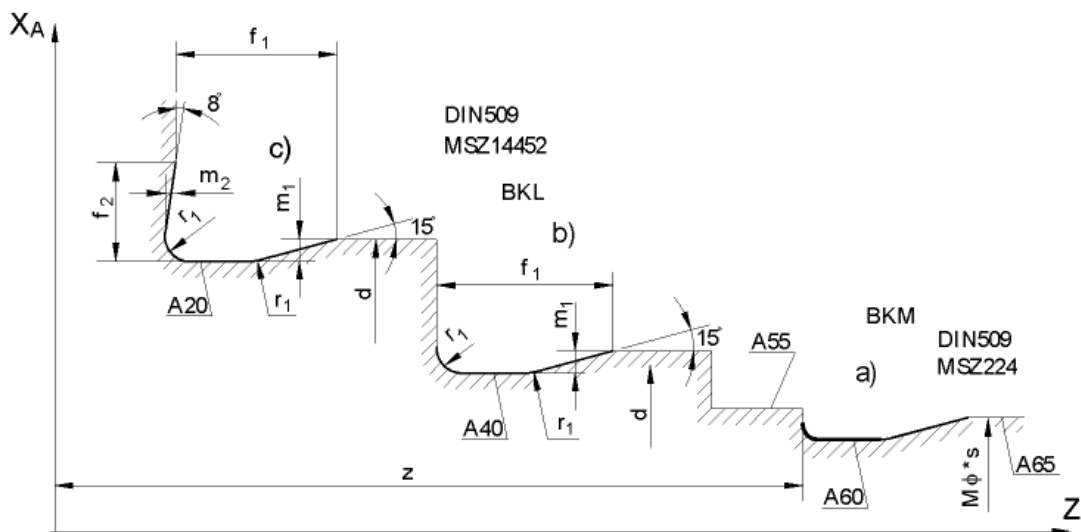
- beszúrások: BH, BK;
- tipizált (szabványos) beszúrások: BKM, BKL, AJ;
- alászúrás: A;
- bonyolult beszúrás: BOB;
- speciális bonyolult beszúrás: BBS;
- menetesztergálások: MEM,..., MES;

Az **esztergálási mellékelemekre vonatkozó utasítások** egy vagy több mellékelem azonosítóval előírva (bemenő nyelvi, szöveges alakban)

$$MN^0 = \{BH, BK, \dots, MES\}; BEFi_{BEF}; \{AN^0, \dots, AN^0\}$$

Az egyes **műveletelemek feldolgozása során megoldandó részfeladatok:**

- a műveletelem típusának meghatározása az alábbiak figyelembe vételével:
 - belső vagy külső jellegét a hordozó főelem megmunkálási térnegyedbeli elhelyezkedése alapján;
 - a vizsgált technológiai mellékelem típusa alapján;
- a műveletelem hiányzó geometriai adatainak összeállítása:
 - a tipizált (szabványos) beszúrások (1.20. ábra) esetén:

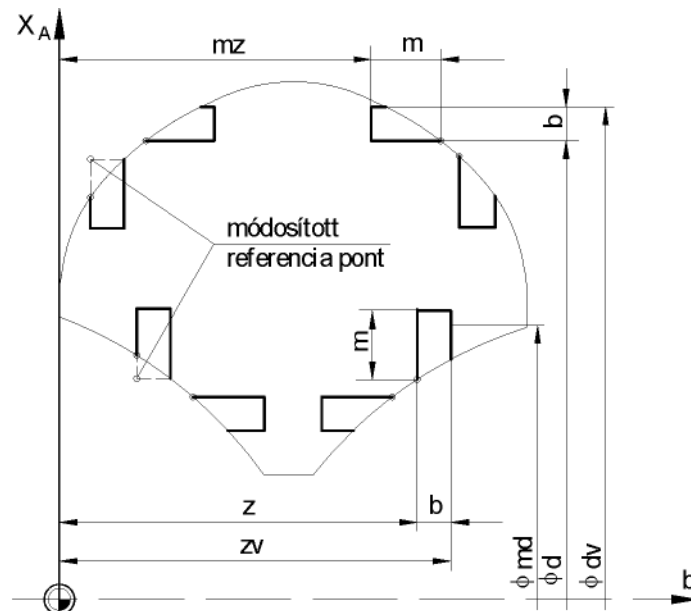


1.20. ábra. Tipizált (szabványos) beszúráások

A BKL, BKM és AJ típusú szabványos alakú és méretű beszúráások elkészítéséhez szükséges szerszámpálya geometriája (az 1.20. ábra szerinti helyzetben) a megfelelő technológiai kártyáról vehető. A kártyán levő szerszámpálya méretek egy olyan koordináta rendszerben vannak megadva, melynek X tengelye átmegy a beszúrási referencia pontján, a Z tengely pedig érinti a hordozó hengerpalást felületet. A BKL és BKM beszúráásokat sarokba, valamint az AJ típusú beszúrást a Z paraméterrel előírt beszúrási helyre építendő be.

Az egyéb megmunkálási tér-negyedben levő szerszámpályák tükrözéssel állíthatók elő. A szerszámpálya öt geometriai elemből áll és adatai az AA(1÷6, Z÷RA) segéd-tömbben található. A beszúráások általában egy fogással és hosszsimítással hajthatók végre.

- a további technológiai mellékelemek esetén:
 - ☐ a művelet helyét meghatározó méretének átvétele a hordozó főelem-ből;
 - ☐ az adott technológiai mellékelemre jellemző adatok átvétele (lásd az 1.2. táblázatot);
 - ☐ osztókörral (TIP1) adott bonyolult beszúrási jellemzőinek (B, M, Z) egységesítése;
 - ☐ az 1. és 4. térszögben kúp-, vagy tóruszfelületeken elhelyezkedő keresztbe-szúrási műveletelemek (BK) kezdőpontjának átmérőjét és mélységét módosítani kell (lásd az 1.21. ábrát);



1.21. ábra. Beszúrások referencia pontjának módosítása

1.4.3. FÚRÁSI ÉS MARÁSI MELLÉKELEMEK FELDOLGOZÁSA

A **fúrási és marási műveletelemekre** vonatkozó utasítások feldolgozásának körébe az alábbiak tartoznak:

- állószer számmal történő fúrások (KFUR, FUR, SUL, KSUL, HSUL, DOR, MFUR) egy vagy két főelem (D, H, K, R) azonosítóval előírva (bemenő nyelvi, szöveges alakban)
 $MN^0 = \{KFUR, FUR, SUL, KSUL, HSUL, DOR, MEM\}; BEFi_{BEF}; \{AN^0, AN^0\}$
- forgószer számmal történő fúrások (KFUR, FUR) és marások (HOR, SIK) egy mellékelem (KFUR, FUR, HOR, SIK) azonosítóval előírva
 $MN^0 = \{KFUR, FUR, HOR, SIK\}; BEFi_{BEF}; \{AN^0, AN^0\}$
A forgószer számmal előállítható fúrási műveletelemek (FUR, SUL, KSUL, HSUL, DOR, MEM, stb.) jellemző méretei a rögzítő furatra vonatkozó geometriai leírásból állíthatók össze.

Az **egyes műveletelemek feldolgozása során megoldandó részfeladatok:**

- a művelet elem típusának meghatározása a vizsgált fő- vagy mellékelem típusa alapján;
- az adott technológiai mellékelemre jellemző adatok átvétele (lásd az 1.2. táblázatot);
- művelet elem hiányzó geometriai adatainak meghatározása:
 - a művelet elem helyzetét meghatározó méretének átvétele a hordozó főelemből (H, D esetén) ill. kiszámítása (K esetén);
 - a megmunkálási kezdő és végpont meghatározása;
 - forgószer számmal történő fúrások esetén az ismétlések száma.

1.4.4. ELEMI MOZGÁSUTASÍTÁSOK FELDOLGOZÁSA

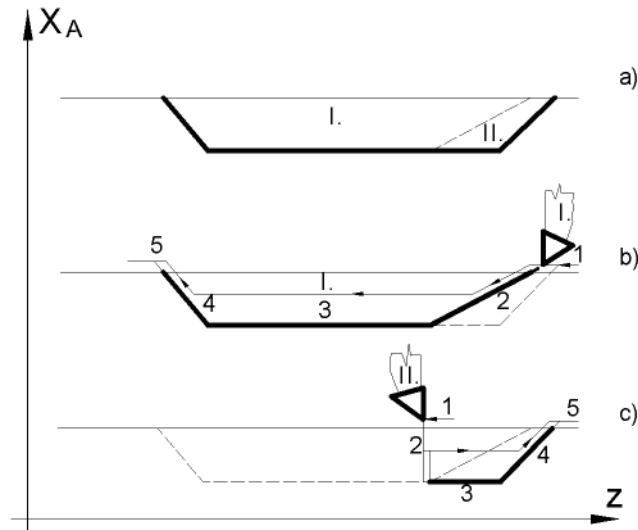
Az **elemi mozgásutasítások** (EMO) az elemi pálya-menti elmozdulásokkal leírt befelé lépcsős vagy egyéb alakzatok nagyoló - és/vagy simító megmunkálására szolgálnak.

Az elemi pálya-menti elmozdulások programozását a mozgásutasítások biztosítják. Rendeltetésük alapvetően a rendszer alkalmazási területének bővítése, rugalmasságának növelése.

A mozgásutasítások alkalmazásának szükségességét az indokolja, hogy általában a programozó rendszerek műveletelem készlete nem biztosítja a gyakorlatban igen gyakran előforduló speciális igények kielégítését [12], [14], [48].

Az **elemi mozgásutasítások az alábbi feladatok megoldására alkalmasak:**

- olyan felületek megmunkálásának tervezése, amelyek nem szerepelnek a tervezőrendszer műveletelem készletével kialakítható felületelem csoportok választékában (1.22. ábra);



1.22. ábra. Mozcásutasítások geometriai értclmezése:

- a) – befcl lépcsős elemek bontása (I. és II. részre);
 b) – I. rész geometriai leírása (vastag vonal), generált pálya (vékony vonal);
 c) – II. rész geometriai leírása (vastag vonal), generált pálya (vékony vonal).

- olyan felületek megmunkálásának tervezése, amelyek elhelyezkedésük, ill. különleges technológiai elvárások teljesítése folytán nem alakíthatók ki típus műveletelemekkel.

Az elemi mozgásutasítások feldolgozása a két főelem (D, H, K, R) azonosítóval előírt jellemzők alapján történik:

$$MN^0 = EMO; BEFi_{BEF}; TNtn; SZERsz; Vv; Ee; Ff; AN^0_E; AN^0_U$$

ahol:

AN^0_E – a megmunkálandó kontúrszakasz első elemének azonosítója;

AN^0_U – a megmunkálandó kontúrszakasz utolsó elemének azonosítója;

Az elemi mozgásutasítások alapján generált műveletelem-rekord összeállítása alapvetően a simítási műveletelemnél ismertetett módon történik. Lényeges eltérés abban mutatkozik, hogy a mozgásutasítás feldolgozása során egy vagy két műveletelemet kell összeállítani (lásd az 1.22. b és c ábrát):

- az első rekordba kerül a szerszám mozgáspályájának nagyolása (egy kontúrkövető fogással végrehajtva). A nagyolási szerszám-pálya a geometriai elemekre előírt ráhagyás (SRsr) figyelembe vételével generálódik a geometriai processzorban. Kis mélységű kikönnyítés esetén a nagyolási műveletelem el is maradhat.
- a második rekordba épül be a szerszám mozgáspályájának simítása.

Mivel az alkatrészprogramban a programozó technológus írja elő a szerszám mozgáspályájának geometriáját, itt nincs szükség a megmunkálandó kontúrszakasz kezdő- és végpontjának módosítási vizsgálatára.

1.4.5. KÖSZÖRÜLÉSI MŰVELETELEMEK FELDOLGOZÁSA

A köszörülési műveletelemek generálásának és feldolgozásának részletes leírása az 5. fejezetben található.

1.4.6. FELÜGYELETI ÉS MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSI FUNKCIÓK TERVEZÉSE, FELDOLGOZÁSA

A művelettervezéssel szemben fokozott követelményeket támasztanak a felügyelet-szegény gyártást megvalósító rugalmas gyártórendszerek és gyártócellák. Ebből kifolyólag gondoskodni kell a felügyeleti és minőségbiztosítási funkciók tervezéséről és programozásáról. Ez azt jelenti, hogy e funkciók, megvalósításához elő kell állítani a szükséges információkat (pl. mérendő paramétert tűréssel, mérés helye, megengedett erő, nyomaték, rugalmas deformáció, éltartam, megengedett kopásintenzitás, stb.), másrészt a funkciókat elő kell írni a gyártási dokumentációban (vezérlőprogramban). Fel kell készülni a megmunkálási folyamatba történő mozdítási és a felügyeleti funkciókkal kapcsolatos segédműveletek (munkadarab átfogása vagy átfordítása, szerszám cseréje, műveletközi mérés, stb.) beépítésére [21], [40], [59], [88].

A technológiai tervezéshez kapcsolódó **felügyeleti és minőségbiztosítási funkciók tervezésének fő lépései:**

- A **stratégia (felügyeleti funkció) kiválasztása**, tulajdonképpen a felügyelet egy céljának kiválasztása, azaz döntés arról, hogy mely felügyeleti opció bekapcsolása indokolt, ill. programozása szükséges. Egy-egy stratégia kiválasztása magával vonja a felügyelet szempontjából fontos jelenségek állapotjellemzőinek rögzítését, minősítését (normális, deviáns, kritikus és veszélyes állapot), melyet az állapotszintek határértékeinek beállításával tudunk elvégezni.
- A **taktika kiválasztása**, vagyis a stratégia finomítása, ezen belül:
 - döntés a szükséges konfigurálási módról;
 - sorrendi beiktatása:
 - a konfigurálásnak;
 - az aktiválásnak;
 - adatnyerési mód rögzítése;
 - döntés arról, hogy szükséges-e CNC mozgási utasítás vagy alprogram.

A stratégia finomítása során kell határozni egy-egy kiválasztott stratégia érvényesítésének és érvénytelenítésének helyéről.

- **Paraméterezés**, ezen belül:
 - a konfigurálás paraméterezése;
 - az aktiválás paraméterezése;
 - a szükséges mozgási utasítások paraméterezése.

Ekkor képezendő az aktiváláshoz szükséges paraméterek, határértékek, továbbá a felügyelet-programozáshoz szükséges további mozgások, mozgásciklusok utasításai.

Felügyeleti- és minőségbiztosítási funkciók (opciók) típusválasztéka:

Vizsgálandó a CNC vezérlőprogramokból programozható felügyeleti funkciók (opciók) típusválasztékának és alkalmazásának körülményei az előző pontban ismertetett szempontok (a stratégia kiválasztása, a stratégia finomítása, paraméterezés és mozgási utasítás igénye) alapján:

1. opció: Nyersdarab azonosítás

- Az opció konfigurálást valószínűleg nem igényel. A felügyelet negatív azonosítási eredmény esetén figyelmeztetéssel leállítja a végrehajtást.
- Az opció aktiválása az első forgácsolási művelet elem elé kerüljön.

- Az aktiváláshoz szükséges paraméteradatok:
 - az azonosítási mód (pl. optikai, elektronikus, stb.) kódja;
 - a nyersdarab azonosítója;
 - az azonosítás elvégzéséhez mozgási utasításokat kell programozni.
2. opció: **A nyersdarabon méretellenőrzés**
- A méretellenőrzés célja a kiinduló munkadarabon egy vagy több méret felvétele. A felügyelet adott tűrésmezőn kívül eső méret (-k) esetén figyelmeztetéssel leállítja a végrehajtást. Cél lehet valamely felületen levő ráhagyás meghatározása. A felügyelet a mért (számított) ráhagyásértéket továbbítja a CNC vezérlésnek (valamely forgácsolási ciklusparaméter pontosítása céljából). A méretellenőrzés céljától függően konfigurálás szükséges lehet.
 - Többféle mérés is elképzelhető és így több finomított stratégiai adatrekord beiktatása is szükséges lehet.
 - Konfiguráláskor megadandó a mérés és adatkezelés módja, a felügyeleti akció kódja. Az azonosítás elvégzéséhez mozgási utasításokat kell programozni.
3. opció: **Befogás ellenőrzés**
- Konfigurálás nem szükséges. A felügyeleti cél a megfelelő szorítóerő tűrések közötti tartása, és ezzel a munkadarab biztonságos rögzítése.
 - Lásd az 1. opcióban írtakat, de értelemszerűen ez legyen a legelső aktiválandó opció.
 - Amennyiben szükséges paraméterezés, az a munkadarab biztonságos nyomatékátadáshoz szükséges szorításából eredő és a deformáció számításból adódó szorítóerő tűrésértékeinek meghatározásából nyerhető. Mozgás utasítások képzése nem szükséges.
4. opció: **Automatikus 0-pontfelvétel**
- Az ellenőrzés célját az opció neve megadja. A továbbiakra a 2. opciónál írtak értelemszerűen alkalmazandók.
5. opció: **Szerszám méretfelvétel, ellenőrzés**
- Ez a pre-processz opció több szerszám egymás utáni ellenőrzésére is vonatkoztatható. A cél valamely szerszám méreteinek (méreteinek), geometriájának megállapítása, s nem megfelelő geometriájú szerszám esetén figyelmeztetés, program felfüggesztés vagy tartalékszerszám kezeléssel szerszám-helyettesítés lehet. A konfigurálás, amennyiben lehetséges, a mérési mód kijelölését jelenthet.
 - Mint pre-processz opció, a művelet kezdetére kerüljön, szükség szerint ismétlődéssel, szerszám-váltás programozással.
 - Az aktiváláshoz szükséges paraméterek közül a mérési mód (-ok) kódja a felügyeleti rendszer dokumentációiból (adatbázisból) nyerhető, míg a mérendő szerszámok és befogási helyek azonosító adatai a szerszámozási tervből vehetők. Ezeken felül azonban minden, a felügyeletbe bevont szerszám lényeges méretadatát is továbbítani kell a felügyelő rendszerhez. A lényeges szerszám-adatok forrása és megadási módja kétféle lehet:
 - az adatok a szerszámozási tervből vehetők és programozással előírhatók;
 - úgynevezett „0. méréssel” felvehető a lényeges adatértékek (a felügyelő rendszer „megtanulja” a szerszámot).
 A méréshez szerszámváltást követően mozgási utasításokat kell programozni, esetleg meglévő CNC rutint paraméterezni.
6. opció: **Szerszámkopás ellenőrzés**
- Ennek a pre-processz felügyeleti stratégiának a célja a szerszámkopás pre-processzbeli ellenőrzésével a szerszámméret korrekciózás megvalósítása, esetleg tartalékszerszám kezelés aktivizálása. Kivitelezésben teljesen megegyezik az 5. opcióban leírtakkal.
7. opció: **Szerszámcsorbulás, törés ellenőrzés**
- A cél annak megakadályozása, hogy csorbult, törött szerszámmal megmunkálásokat végezzenek. Tartalék szerszám kezelése vagy figyelmeztetéses programfelfüggesztés lehet a beavatkozás. A felügyeleti opció programozása teljes egészében megegyezik az 5. opciónál leírtakkal.

8. opció: **Szerszám éltartam ellenőrzés**

- A pre-processz szerszám éltartam felügyelet célja a szerszám normális elhasználódásának nyomon követése, az elhasznált szerszám helyett tartalékszerszám beváltás vagy jelzés az elhasznált szerszámok lecserélésére.
- Az opció aktiválásának „helye” a művelet kezdete. Az éltartam-hossz módszerre alapozott ellenőrzés aktív a teljes műveleten át. Több szerszámmra is alkalmazható.
- A konfigurálási adatok a felügyeleti rendszer dokumentációból (adattárból) vehetők. A szerszám azonosító adatai a szerszámozási tervből, az éltartam határértékei pedig a technológiai adatszámításból származtathatók. Mozgatási utasítások nem szükségesek.

9. opció: **Szerszám méretellenőrzés**

- Az in-processz intermittens ellenőrzési funkció célja az 5., a 6. vagy a 7. opció céljaival egyező (szerszám csere vagy kopás korrekciózása), konfigurálása hasonló ezekhez.
- Mint in-processz funkció, a felügyelt szerszám beváltása után konfigurálandó, aktiválása a jelentősnek ítélt műveletelem végrehajtása előtt vagy után történhet. Az aktiválás többször is előfordulhat. Kopás ellenőrzési, korrekciózási cél esetén a műveletelem előtt aktivizálandó. Csorbulás, törés ellenőrzési célból nagy teljesítményű szerszámokhoz a műveletelem előtt, kis teljesítményűeknél a műveletelem utáni aktiválás ajánlható. A csorbulás, törésellenőrzésre főleg a kisteljesítményű szerszámokhoz javasolt az opció.
- A paraméterezés adatforrásai az 5. opcióban kerültek ismertetésre.

10 opció: **Hajtásterhelés felügyelet**

- A hajtásterhelés felügyelő alrendszer a szerszámgép fő- és mellékhatásainak terhelésellenőrzésén (áram, azaz teljesítmény-mérés) alapszik. Ez a felügyelet általában az előidejű tervezéssel nem is befolyásolható szerszámgép, gépszerkezeti egységek általános védelmére, az ütközésvédelemre alkalmas. Ez gyakorlatilag a hajtásterhelések további korlátozása. Ekkor konfigurálása - ha lehetséges - a jel kiválasztását (hajtás kiválasztás), a jellemző számítás módját (nyomaték v. erő) adja meg.
- Programozása és aktiválása a várhatólag veszélyes terhelést adó műveletelem elé helyezendő, de lehet az egész műveletre is érvényesíttetni.
- A felügyelet mindig ismeri a hajtások fordulatszámát, így a nyomatékot az áramfelvételtől és a fordulatszámból tudja számolni. A terheléskorlátokat a technológus állapítja meg a védeni kívánt objektum (munkadarab, gépszerkezet, készülék) mechanikai analízisével. Az így adott határérték és az általános túlterhelési védelemből adódó határérték közül a mértékadót használja fel a felügyeleti rendszer. Mozgási utasítások programozása nem szükséges.

11 opció: **Nyomaték-, erő felügyelet**

- A szerszámgép különböző gépelemeire elhelyezett erőmérő szenzorok által szolgáltatott jelekre, ezektől származtatott jellemzőkre alapozott, real-time felügyeleti opció egyedi kialakítású; konfigurálása a jel, jellemző kiválasztásra szorítkozhat.
- Programozásának, aktiválásának helye a műveletben az előző opció hasonló pontjában leírtak szerint történik.
- Paraméter számításának forrása itt is a védeni kívánt objektum analíziséből adódik. Mozgatási utasításokat nem kell programozni.

12. opció: **Hő-felügyelet**

- Ahhoz, hogy az előidejű tervezés során a hő-jelenségekkel kapcsolatos deviáns állapotok definiálhatók legyenek, igen magas technológiai tapasztalat (expertise) birtokában kell lenni. Ezért nem javasolható a CNC programokból a hő-felügyelet konfigurálása.
- Aktiválása a veszélyesnek ítélt műveletelem előtt történjen meg, de javasolható, hogy az egész műveletet átfogja.
- Programozása sem javasolható, mivel adatforrása nincs. CNC rutinok, mozgatási utasítások készítését nem igényli.

13. opció: **Rezgésfelügyelet**

- Kezeléséhez igen magas technológiai tapasztalat és a felügyeleti rendszer alapos ismerete szükséges.
- A rezgésfelügyelet konfigurálása és aktiválása a veszélyesnek ítélt műveletelem előtt történjen meg. A felügyelet több műveletelemre is kiterjedhet, ezért már művelet elején indíthatják.
- A konfigurálás és paraméterezés adatait elsősorban kísérletezéssel, adatgyűjtéssel szerezhetjük meg. Ezért sokszor csak a felügyeleti rendszer fejlesztői tudják a rendszert konfigurálni.

14. opció: **Adaptív szabályozás**

- Az adaptív határérték szabályozási alrendszer forgácsolási üzemmódban az előtolás és/vagy fordulatszám értékét szabályozza megadott határértékek között. Konfigurálandó.
- Csak szükség esetén működtetendő (pl. simítás esetén kerülendő, mert a munkadarab felületén nyomot hagy). Külön gond, hogy adott esetben nem is műveletelemre, hanem a műveletelemen belül egyetlen forgácsolásra (fogásra) kell csak aktiválni.
- Konfigurálása a szabályozási algoritmus-választásra (pl.: előtolás módosítás; előtolás és fordulatszám módosítás állandó arányra, stb.) terjed ki. E döntéshez technológiai tapasztalat szükséges. Programozásához az adatok forrása a technológusi tapasztalat, a technológiai adatbank lehet, vagy „tanulással” veheti fel a felügyelő rendszer a paramétereket. Külön mozgatói utasításokat nem igényel.

15. opció: **Forgácsolak felügyelet**

- Egyedi megoldású real-time felügyeleti opció, nem valószínű, hogy konfigurálható a CNC programból.
- Az opció érvényesítése több műveletelemre is, akár a teljes műveletre kiterjedhet.
- Programozásához technológiai szakértői és/vagy technológiai adatbank adatai szükségesek. Külön mozgatói utasításokat nem kell programozni.

16. opció: **Kész-darab méretellenőrzések**

- A kész munkadarab méretellenőrzése a produktumkritikus méretértékek felvétele a darabon. A felügyelet az adott tűréseken kívül eső méretek észlelése esetén figyelmeztethet, szerszámkorrekciózásra tehet javaslatot.
- Mint post-processz opció, a műveletben az utolsó műveletelem után kell beilleszteni, a művelet végére.
- Konfigurálása, programozása a 2. opcióban írtakhoz hasonlít.

A **felügyeleti és minőségbiztosítási funkciók feldolgozása** a jegyzet I. részében [22] megadott definíciók alapján végezhető.

Feladat az alkatrészprogramban előírt felügyeleti és minőségbiztosítási funkciók művelettervbe történő beépítése.

1.5. MŰVELETTERVEZÉSI EREDMÉNYEK TÁROLÁSA

A művelettervezés során előállított **tervezési eredményeket**, a műveletelem tervezés számára kényelmes formában, a **műveletterv** (kibővített műveleti utasítások rekordjai) **tartalmazza**. Így a **műveletterv a műveletelemek rekordjainak sorozata**, azok végrehajtási sorrendjében, befogásokra bontott formában.

A műveletelemi rekordok tartalmi felépítése:

- rekordazonosító (1. szó), műveletelem típusa (2. szó) és technológiai jellemzői (3÷16. szó, átörökítve az alkatrészprogramban előírt műveleti utasításokat);
- az egyes műveletelemek geometriai jellemzői:
 - nagyolási műveletelemek esetén a ráhagyási pontok száma (18. szó) és az alakzat geometriai leírása (pontonként: Z_i , D_i , R_i , RZ_i , RD_i , RA_i);

- simítási műveletelemek esetén a ráhagyási pontok száma (18. szó) és a szerszámpálya geometriai leírása (pontonként: Z_i , D_i , R_i , RZ_i , RD_i , RA_i), továbbá a végpont (Z_v , D_v);
- további műveletelemek esetén, az adott művelet végrehajtásához szükséges geometriai jellemzők (18÷33. szó);
- a művelet tervezést segítő jellemzők (szerszámtúlfutás lehetősége és mértéke, akadálykerülés, stb.).

A jellegzetes műveletelemi rekordok tartalma az 1.2. táblázatban látható. A táblázatban alkalmazott szavak jelentésének leírására az alkatrészprogram részletes ismertetésekor került sor (lásd a CAPP-I jegyzet [22] 3.1. pontját).

A nagyolási és simítási műveletelemek esetén legtöbbször az adatok egy rekordban nem férnek el. A művelettervi rekordba nem férő geometriai elemek jellemzői az úgynevezett követő rekord (-ok)-ba kerülnek. A követő rekord azonosítója mínusz egyre (AZON=-1) állítandó.

A műveletelemi rekordok tartalmi feltöltése mindig az aktuális tervezési eredmények beépítésével történik. Jelen esetben ez a ráhagyási alakzat lerakását jelenti.

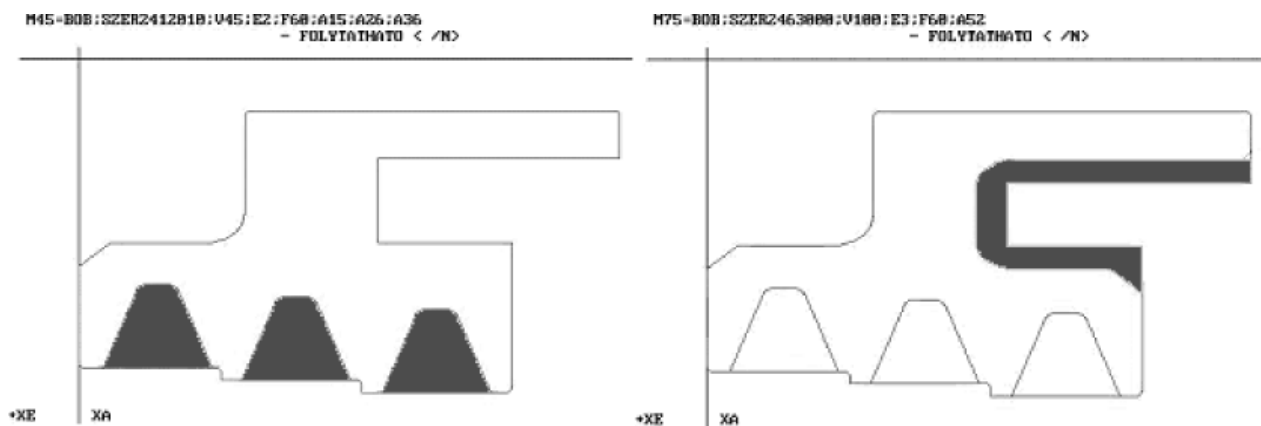
Szó tartalma	Hely N ⁰	Nagyolás	Simítás	Menet	Beszúrás	Bony. besz.	Fúrás	Fúrás XZ	Marás XZ
AZON	1	+	+	+	+	+	+	+	+
ME	2	+	+	+	+	+	+	+	+
BEF	3	+	+	+	+	+	+	+	+
TN	4	+	+	+	+	+	+	+	+
SZER	5	+	+	+	+	+	+	+	+
SZAN	6	+	+	+	+	+	+	+	+
FI	7	+	+	+	+	+	+	+	+
KZKX	8	+	+	+	+	+	+	+	+
KR	9	+	+		+	+	+	+	+
TIBK	10			+					
V	11	+	+	+	+	+	+	+	+
E	12	+	+	+	+	+	+	+	+
F	13	+	+		+	+	+	+	+
HUT	14	+	+	+	+	+	+	+	+
	15	CIK			VAR	VAR	+		
DKRT	16	+	+	+	+	+			
	17					NR		L	L
	18	RP	RP	Z	Z	Z	ZE	ZE	
	19	Z ₁	Z ₁	D	D	D	ZV	ZV	
	20	D ₁	D ₁	M	M	M		N	M
	21	R ₁	R ₁	L	B	B			B
	22	RZ ₁	RZ ₁		EL	ELE		YE	ZR
	23	RD ₁	RD ₁		SR	SR		SZ	XR
	24	RA ₁	RA ₁	SZJ		SZJ		YV	
	25	Z ₂	Z ₂	SZB		SZB			
	26	D ₂	D ₂			ELV			
	27	R ₂	R ₂			RE			
	28	RZ ₂	RZ ₂			RV			
	29	RD ₂	RD ₂			SZER			
	30	RA ₂	RA ₂			NVZ	DSZ	DSZ	DSZ
	31	Z ₃	ZV			NVR			

1.2. táblázat. Jellegzetes műveletelemek rekordjainak tartalma

1.6. MŰVELETELEMEK SZIMULÁCIÓJA

A nagyolási műveletelemek szimulációja segíti a ráhagyási alakzat kialakulásának, a bonyolult beszúrások alakjának és a mozgásutasításokban előírt szerszámpályák helyességének ellenőrzését. A vizuális ellenőrzést az alábbiak figyelembevételével kell végrehajtani:

- A vizsgált művelet elem azonosítása. A művelet elem azonosítására a tervezés alapjául szolgáló megmunkálási utasítás szolgál, mely az ábra bal felső sarkában látható.
- A szimulációs ábrák (a 1.22. ábra és a 1.3. táblázat képei) C, továbbá a főorsó előtti térnegyedben és színtkiemeléssel jelenítettünk meg.
- A nagyolt kontúr változásának lépései (nagyolási műveletelemek esetén):
 - az előgyártmány kontúr a művelet elem kialakulása előtti állapotban (1.3.a. ábra);
 - a művelet elemhez tartozó nagyolási ráhagyási alakzat kialakítása és eltávolítása (1.3.b. ábra);
 - az előgyártmány módosított kontúrja (1.3.c. ábra);
- A speciális műveletelemek szimulációs ábrái az alábbiakat tükrözik:
 - a bonyolult beszúrások esetén a beszúrások alakját jeleníti meg (1.23. ábra);
 - elemi mozgásutasítások esetén a leírt és generált szerszámpályákat rajzolja meg.



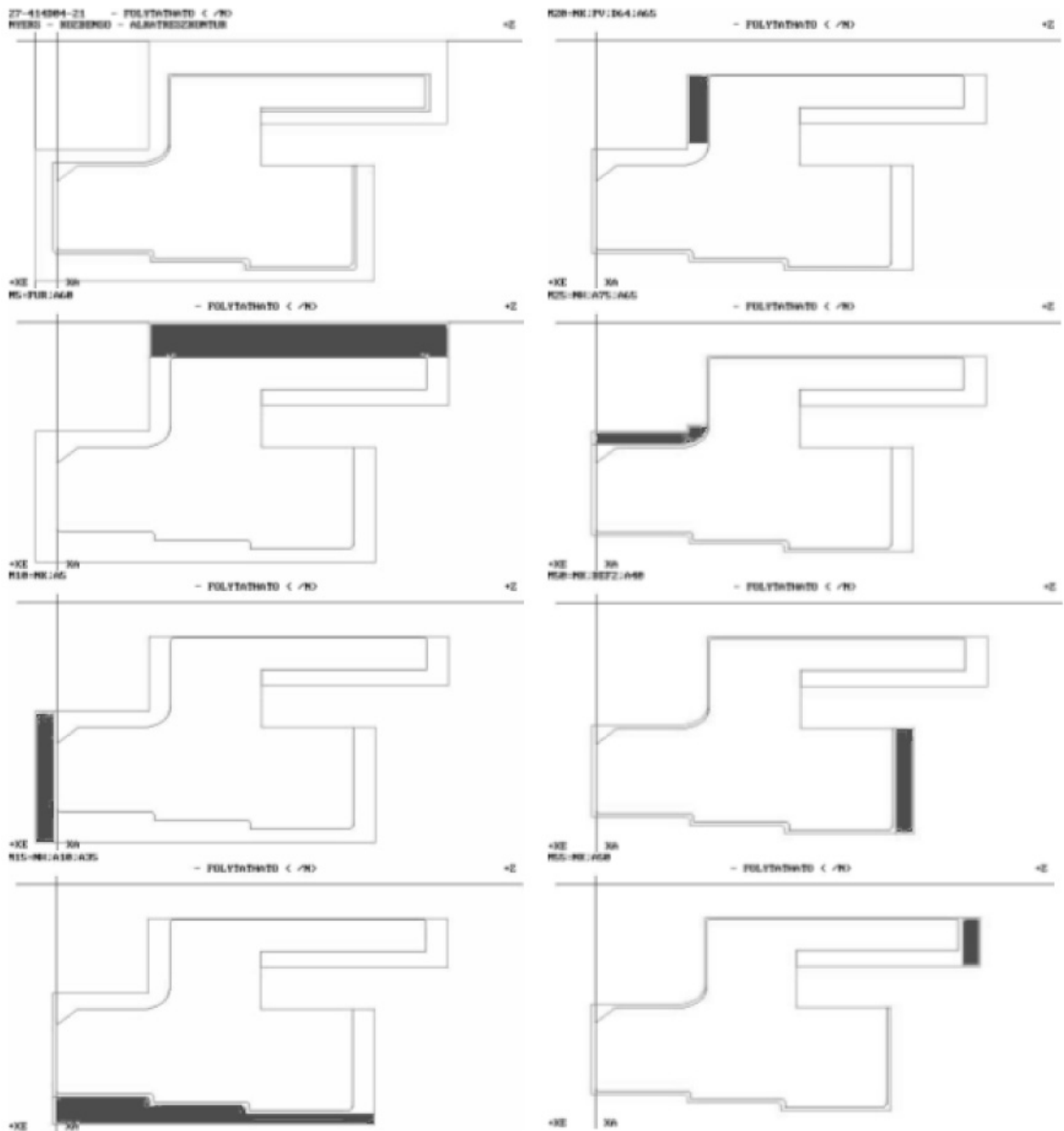
1.23. ábra. Bonyolult beszúrási műveletelemek ráhagyási alakzatának szimulációja

1.6.1. NAGYOLÁSI MŰVELETELEMEK SZIMULÁCIÓJÁNAK MENETE

A nagyolási műveletelemek szimulációja a 27-414D04-21 rajkszámú szíjtárcsa példáján kerül bemutatásra (lásd az 1.3. táblázatot). A szíjtárcsa nagyoló megmunkálása két befogásban történik az alábbiak szerint:

- a nyers – közbenső – alkatrészkontúr megjelenítése a főorsó előtti térnegyedben (az 1.3. táblázat baloldali oszlopában levő 1. ábra)
- első befogásban végrehajtandó nagyolási műveletelemek ráhagyási alakzatainak megjelenítése (az 1.3. táblázat baloldali oszlopában levő 2.- 4. ábra és a jobboldali 1.-2. ábra)
 - furás M5=FUR;A60
 - szélső homlok nagyoló keresztesztergálása M10=NK;A5
 - külső nagyoló hosszesztergálása M15=NH;A10;A35
 - belső homlok nagyoló keresztesztergálása M20=NK; PV;D64;A65
 - belső nagyoló hosszesztergálása M25=NH;A80;A65
- második befogás (az 1.3. táblázat 2. oszlopában levő két utolsó ábrája)
 - közbenső homlok nagyoló keresztesztergálása M50=NK;BEF2;A40
 - szélső homlok nagyoló keresztesztergálása M55=NK;A50

A munkarab nagyoló megmunkálásához szükséges műveletelemek szimulációs ábrái az 1.3. táblázatban láthatók. Az egyes műveletelemekhez tartozó ráhagyási alakzat kiemelése színtelítéssel történt. A szimulációs ábrák jelentősen megkönnyítik a nagyolt kontúr feldolgozási folyamatának ellenőrzését.



1.3. táblázat. Nagyolási műveletelemek ráhagyási alakzatának szimulációja

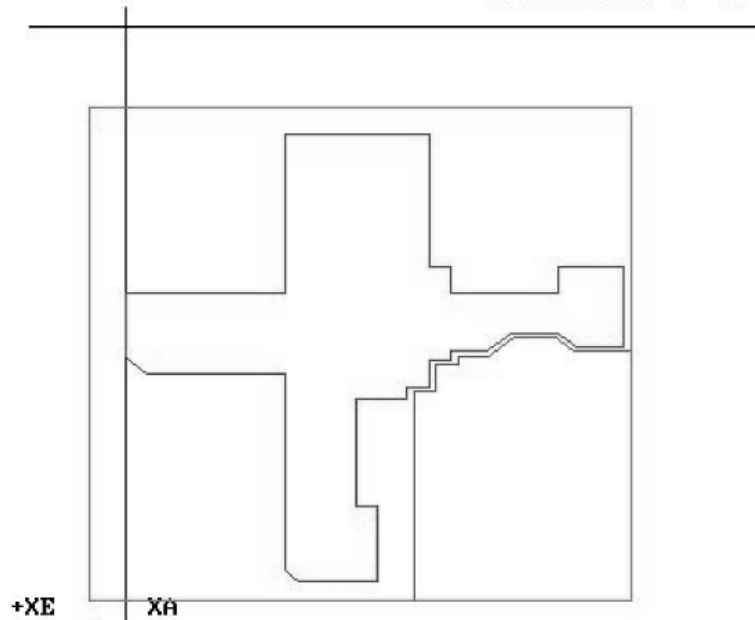
1.6.2. SZIMULÁCIÓS FUTTATÁSOK TAPASZTALATAI

A fél-automatikus generálással előállított nagyolási műveletelemek szimulációja során szerzett tapasztalatok azt mutatták, hogy a műveletelemek optimális kialakítására a műveletelemek végrehajtási sorrendje, a ráhagyási alakzat célszerű behatárolása és vezérlőberendezés technológiai szolgáltatásai (ciklusai) hatnak leginkább.

A nagyolási műveletelemek kialakítását leginkább befolyásoló körülmények:

- **A műveletelemek végrehajtási sorrendjét** befolyásoló tényezők:
 - **A furatos alkatrészek nagyolása fúrással, felfúrással kezdődjön** az alábbi indokok miatt
 - A fúrást követő oldalazás esetén nem kell nulla átmérőig forgácsolni. E megoldás alkalmazása kúpos határfelületeknél (öntvényeknél, kovácsdaraboknál, stb.) kerülendő.
 - Oldalazás, fúrás és külső hossznagyolás megmunkálási sorrend felesleges szerszám-váltást eredményez, ez a helyzet elkerülhető, ha az oldalazáshoz és a külső hossznagyoláshoz ugyanaz a szerszám (például egy 80°-s rombusz lapkás kés) lesz előírva.
 - **Az optimális ráhagyási alakzatot biztosító sorrend meghatározása:**
 - Nem a legjobb megoldás az 1.7. ábrán látható sorrend – külső hossznagyolás (M5), belső hossznagyolás (M10) és külső oldalazás (M15) -, egyrészt kisebb merevségű fúratszerszámmal távolítjuk el a külső megmunkálási sík negyedbe tartozó a ráhagyás egy részét (1.7. ábra), másrészt felesleges szerszámváltást eredményez.
 - Jobb megoldást eredményez az alábbi sorrend - oldalazás (M2=NK;A40), külső hossznagyolás (M5) és belső hossznagyolás (M10), mert a külső, nagyobb merevségű szerszámmal távolítjuk el a külső megmunkálási sík negyedbe tartozó teljes ráhagyást (1.7. ábra);
- **A ráhagyási alakzat célszerű behatárolása** révén az alábbi előnyök származhatnak:
 - Merevebb (rövidebb működő hosszal rendelkező) szerszám alkalmazását teszi lehetővé
 - jó megoldás (1.7. ábra) M10=NH;A45;A55
 - kevésbé jó megoldás (1.7. ábra) M10=NH;A45;A60
 - A műveleti fűidők kiegyenlítődnek.
- **A nagyoló ciklus műveletelemekhez tartozó ráhagyási alakzatok** kialakításának lehetőségei:
 - **Egyszerű ciklusok**, amelyekhez egyenesek által határolt, s három ill. négy pontból álló alakzat (1.4. ábra) tartozik. Típusai:
 - hosszesztergáló ciklusok;
 - keresztesztergáló;
 - **Kontúresztergáló ciklusok**, ezekhez egyenesekkel és körívvel leírt kontúrszakaszhoz tartozó alakzat rendelhető, a ráhagyási pontok korlátozása nélkül (1.5. ábra);
 - **Kontúresztergáló ciklusok befelé lépcsős elemekkel**. Ezek olyan kontúresztergáló ciklusok (1.24. ábra), amelyekbe egy szerszámmal kialakítható befelé lépcsős elemek épülnek be (pl. SINUMERIK, FANUC, GRUNDIG, NCT, stb. vezérlések). A befelé lépcsős alakzatok száma korlátozott, például a SINUMERIK vezérlésnél maximum négy, míg az NCT-nél tíz. Néhány tipikus alkalmazási hiba:

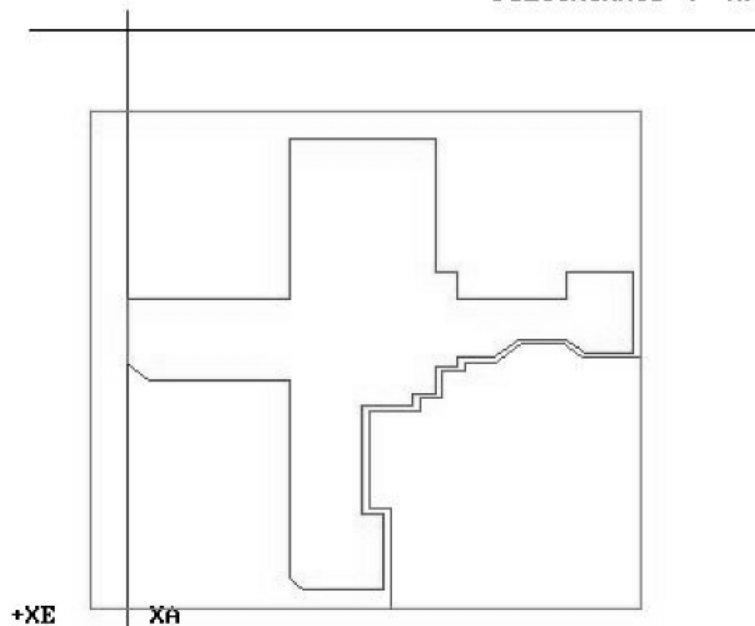
- FOLYTATHATO < /N>



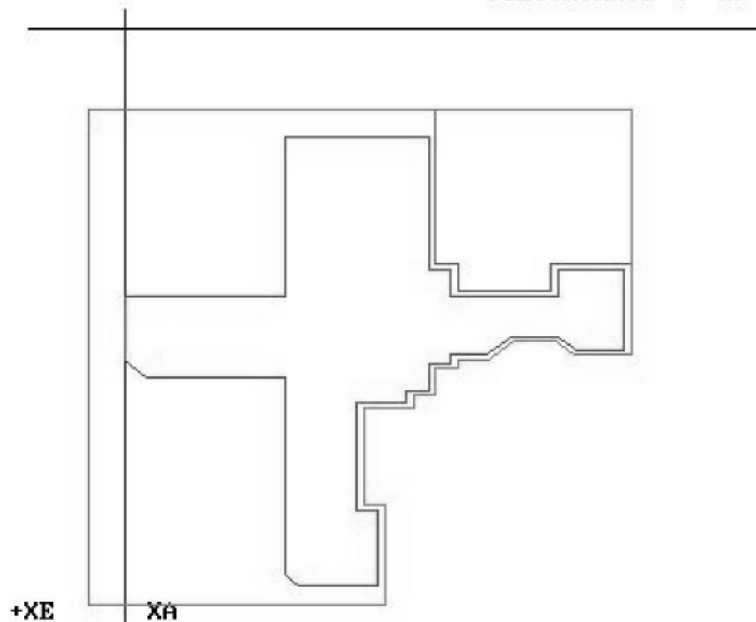
1.24. ábra. Kontúresztergáló hossz ciklus befelé lépcsős elemmel

- Hosszesztergálási ciklus esetén, a homlokon levő befelé lépcsős kialakítás nem megengedett (1.25. ábra).
- A szögletes befelé lépcsős kialakítás (1.26. ábra) egy százzal általában gazdaságosan nem állítható elő. Az ilyen alakzatokat beszúrásként (BK, BH) célszerű előírni az alkatrészprogramban.

- FOLYTATHATO < /N>



1.25. ábra. Kontúresztergáló hossz ciklus nem megengedett befelé lépcsős elemmel



1.26. ábra. Hossz ciklus egy szerszámmal nem előállítható befelé lépcsős elemmel

1.7. MŰVELETELEMEK AUTOMATIKUS GENERÁLÁSA

A műveletelemek automatikus generálásának elvét először Horváth Mátyás fogalmazta meg, és a FORTAP rendszerben valósította meg [58], [59], [62], [63], [64], [65], [66]. Ezt az elvet sikerült az Egységes Forgácsolástechnológiai Tervezőrendszerben is megvalósítani [15], [60], [89].

A műveletelemek automatikus generálása az említett fejlesztések és alkalmazások során nyert tapasztalatokra alapozva, az alábbi megszorításokkal került kidolgozásra [15], [21], [89]:

- **A befogások számának korlátozása**

A műveletelemek fél-automatikus generálása során a befogások számát nyolcban célszerű maximalni. Erre azért van lehetőség, mert a programozó-technológus az alkatrészprogramban írja elő a befogások számát és ütközési bázishelyeket, továbbá az egyes befogásokban végrehajtandó műveletelemek típusait, a műveletelemekhez tartozó ráhagyási alakzat helyét kijelölő paramétereket, stb.. A befogások számának négyre való csökkentése lényegében úgy érhető el, hogy elhagyható a bázishely(-ek) esztergálása, ill. a nagyolás utáni hőkezelésből eredő bázishely(-ek) felszabályozását végző műveletek. Ilyen esetekben az előgyártmány és az alkatrész geometriai leírása úgy történik, hogy az már tartalmazza a bázishely (-ek), ill. a tengelyvég megmunkálását, amit legtöbbször nem CNC vezérlésű gépen hajtanak végre.

A technológiai mellékelemek (beszúrások, menetek, nem tengelybe eső furatok, hornyok, síkok, stb.) megmunkálása mindig a simítási műveletelemek után történik.

- **A befogások számától függően az alábbi tipizált megmunkálási sorrend generálható automatikusan:**

- egy befogás előírásakor ($ii_{BEF1}=1$) az egyik és/vagy másik oldal nagyolása és simítása
- két befogás előírásakor ($ii_{BEF1}=2$):
 - az egyik oldal nagyolása és simítása;
 - a másik oldal nagyolása és simítása;
- három befogás előírásakor ($ii_{BEF1}=3$):
 - az egyik oldal nagyolása;
 - a másik oldal nagyolása és simítása;

- az első oldal simítása;
- négy befogás előírásakor ($i_{BEF1} = 4$):
 - az egyik oldal nagyolása;
 - a másik oldal nagyolása;
 - az első oldal simítása;
 - a másik oldal simítása.
- **A műveletelemek automatikus generálása irányított folyamat.** A műveletelemek generálásának elvi alapjai azonosak a műveleti sorrend megtervezésének elvi alapjaival, azaz az alkatrészt alkotó tipizált felületelemekhez és elemcsoportokhoz a kiindulási nyers állapot és a kívánt kész állapot figyelembevételével a műveletelemek tipizált sorozatai. Az adott befogáson belüli megmunkálás műveletelemeinek meghatározását és a műveletelemek végrehajtási sorrendjének megállapítását az alábbi legfontosabb általános szabályok betartása révén biztosítható (részletes leírásuk az egyes műveletelem csoportok generálása során kerül ismertetésre):
 - a befogáson belül az alkatrész valamennyi felületének nagyolása megelőzi a simítást;
 - a főelem megmunkálása megelőzi a mellékelemét, hordozó felület a hordozottét;
 - törekedni kell a szerszámok- és szerszámváltások számának csökkentésére, továbbá a rá- és átállási mellékidők minimalizálására.
- **Az automatikus generálás során nem megengedett a megmunkálási utasítások előírása,** így
 - az egyes nagyolási és/vagy simítási feladatok megmunkálási utasításokban való előírása;
 - a befelé lépcsős alakzatoknak az alkatrész zárt kontúrjába való beépítése.

A **műveletelemek automatikus generálásának megvalósítására több megoldás kínálkozik**, melyek közül az alábbi két megoldás látszik járhatónak:

- a műveletelemek automatikus generálása önálló modul (-ok) keretében;
- a műveletelemek generálása fél-automatikus generálásra épülő fejlesztéssel.

Az első megoldás az előzőekben említett kötöttségek ellenére is igen nagy volumenű, összetett tervezési feladatot (felületelem-kombinációk vizsgálata, ráhagyási alakzat meghatározása, előgyártmány kontúr módosítása, a nagyolási műveletelemek szimulációja, a műveletelem és a ráhagyási alakzat összerendelése, tárolása, stb.) jelent.

A második megoldás mellett szól az a körülmény, hogy az egyszerűbbnek és rugalmasabbnak tűnik, továbbá a korábbi rendszerverziók felhasználására épül.

Ez esetben a **műveletelemek automatikus generálásának feladata** lényegében a programozó-technológus által az alkatrészprogramban az alkatrész megmunkálásához szükséges megmunkálási utasítások megadásának automatikus kiváltása.

A **megmunkálási utasítások tartalma és formája** megegyezik az alkatrészprogramban előírt megmunkálási utasítások beolvasás utáni, dekódolt formájával.

Az **automatikusan generált megmunkálási utasítások feldolgozása** a továbbiakban a műveletelemek fél-automatikus generálása szerinti módon történik.

A tervezés alapjául szolgáló adatok:

- az alkatrészprogramban előírt befogások száma és az egyes befogások ütközési bázisfelületeinek azonosítói;
- a rendszer előző moduljai által előállított alapadatok (határelemek sorszámai, határpontok méretei, az egyes befogásokra vonatkozó befogási helyzetkód, stb.);
- előgyártmány kontúr;
- alkatrész kontúr;
- nagyolt kontúr;
- a befelé lépcsős alakzatokat leíró mozgásutasítások nyitott kontúrszakaszai;
- a befelé lépcsős alakzatokat leíró megmunkálási utasítások.

A generált műveletelemek körébe tartoznak:

- álló és/vagy forgó szerszámos **furat megmunkálási műveletelemek**:
 - központfúrás (csak forgó szerszámmal);
 - fúrás;
 - felfúrás;
 - süllyesztés:
 - hengeres süllyesztés;
 - homloksüllyesztés;
 - kúpsüllyesztés;
 - menetfúrás;
 - dörzsölés.
- külső és/vagy belső **nagyoló esztergálási műveletelemek**:
 - hosszesztergálás:
 - egyszerű alakzattal;
 - összetett alakzattal;
 - keresztresztergálás:
 - egyszerű alakzattal;
 - összetett alakzattal;
- külső és/vagy belső **simító esztergálási műveletelemek**:
 - hosszesztergálás:
 - egyes felületek simítása;
 - kontúrkövető simítás;
 - keresztresztergálás:
 - egyes felületek simítása;
 - kontúrkövető simítás;
- külső és/vagy belső **esztergálási mellékelemek** (beszúrások, alászúrások, menetek, stb.);
- **fúrási műveletelemek** (nem tengelybe eső furatok, süllyesztések, stb. meghajtott szerszámmal);
- **marási műveletelemek** (horony-, síkmarások, stb. meghajtott szerszámmal);
- **elemi mozgásutasításokkal** megadott nyitott kontúrú, befelé lépcsős alakzatok nagyolása és/vagy simítása.

A modul tervezési eredményei:

- az egyes befogásokban végrehajtandó műveletelemek típusai és azok megmunkálási sorrendje;
- az egyes műveletelemekhez tartozó ráhagyási alakzat, ill. megmunkálási helyek geometriai leírása;

1.7.1. NAGYOLÁSI MŰVELETELEMEK GENERÁLÁSÁNAK TECHNOLÓGIAI ALAPJAI

A nagyolási műveletelemek automatikus generálásának technológiai alapjait az alábbiak biztosítják:

- **Műveleti (befogási) határok kijelölése:**

A **műveleti határok kijelölésének célja** az azonos befogásban nagyolandó kontúrszakasz meghatározása, mely az N1 és N3 határelemek alapján végezhető (lásd a jegyzet [22] 5.4. ábráját).

A határelemek (N1, N3) alapján a teljes nagyolási kontúr két kontúrszakaszra bontható:

- $N1+1 \div N3$ jobb oldali kontúrszakaszra;
- $N1 \div N4 \div N3+1$ bal oldali kontúrszakaszra.

A műveleti határokat a gyárthatósági vizsgálatokból, ill. bizonyos technológiai körülményekből eredően módosítani kell. A határelem korrekcióját kiváltó jellegzetes esetek:

- zsákfuratos alkatrész megmunkálása (1.8. ábra);
- a munkadarab befogása a határelemen történik;
- helyzetpontossági előírások (pl. egytengelyűség, párhuzamosság, stb.) hatására;

- közel azonos működő hosszúságú furatos szerszámok alkalmazhatósága céljából;
- a darabidők nagy mértékű szóródásának csökkentése céljából, stb.

A kontúrszakaszok kialakulása után el kell dönteni, hogy a megmunkálás melyik oldalról kezdődik. Ez a döntés az adott befogásra előírt ütközési bázis alapján hozható meg.

Alaphelyzet, ha az első befogásra (az első esztergálási műveletre) vonatkozó ütközési bázis az $N1 \div N4 \div N3+1$ bal oldali kontúrszakaszon van, akkor a megmunkálás az alkatrész geometriai leírásának helyzetében, $N1+1 \div N3$ jobb oldali kontúrszakaszon történik.

Ellenkező esetben **fordított helyzetről** van szó, és munkadarab megfordítása után az $N1 \div N4 \div N3+1$ bal oldali kontúrszakasz megmunkálásával indul a nagyolás.

- **A műveleti ráhagyás bontása megmunkálási tér-negyedekre**

Az adott műveletben leválasztandó teljes ráhagyási **alakzat bontásának célja** az egyes megmunkálási tér-negyedekben előállítható kontúrszakaszok meghatározása. A határelemek ($N2$, vagy $N4$) ismerete alapján végezhető műveleti ráhagyás bontása:

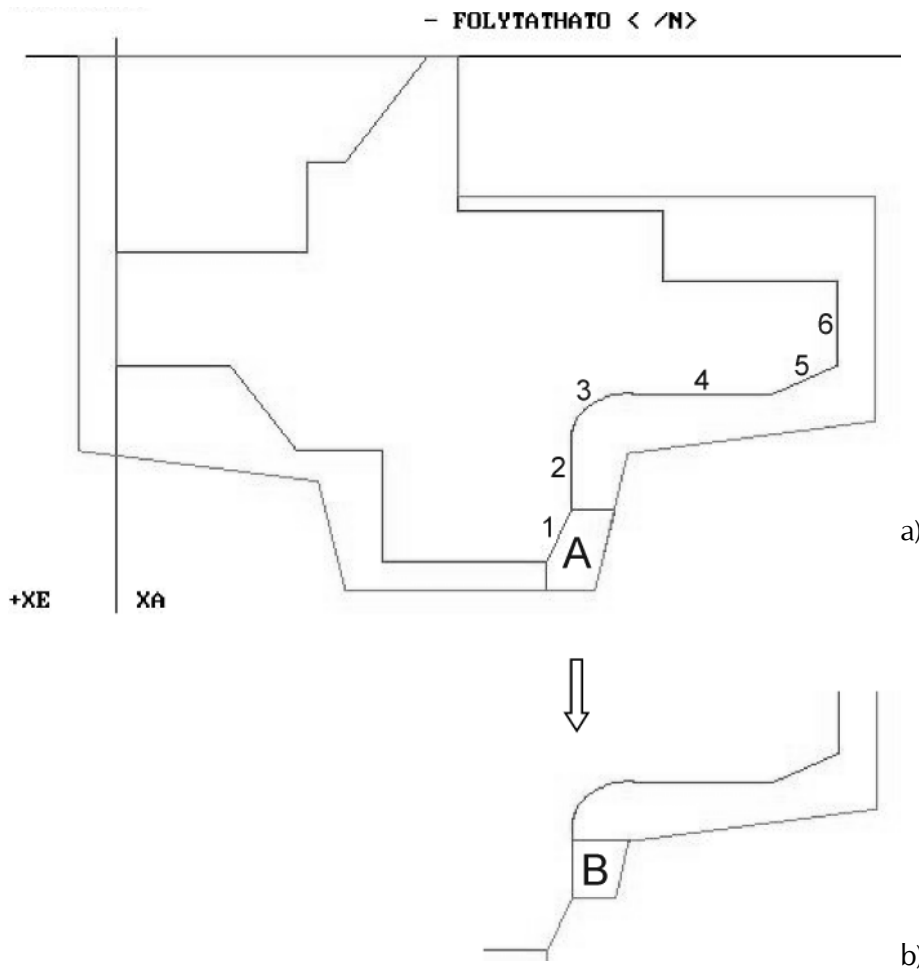
- **külső megmunkálási kontúrszakaszra**; mely vonatkozhat
 - az $N1+1 \div N2$ jobb oldali külső kontúrszakaszra, ill.
 - az $1 \div N1$ bal oldali külső kontúrszakaszra;
- **belső megmunkálási kontúrszakaszra**:
 - az $N2+1 \div N3$ jobb oldali belső kontúrszakaszra, ill.
 - az $N4 \div N3+1$ bal oldali belső kontúrszakaszra.
- Minden egyes megmunkálási tér-negyedhez tartozó **ráhagyási kontúrszakasz bontása műveletelemekre**:

A **bontás célja** műveletelemekhez tartozó **nagyolási ráhagyási alakzat és a műveletelem típusának meghatározása**.

Az egyes ráhagyási kontúrszakaszok bontása műveletelemekre a megmunkálási tér-negyedtől függően történhet:

- külső tér-negyed esetén (lásd az 1.27.a. ábrán $1 \div 6$ sorszámmal jelölt kontúrszakasz):
 - külső keresztesztergálási műveletelemekre;
 - külső hosszesztergálási műveletelemekre;
- belső tér-negyed esetén:
 - fúrási műveletelemekre;
 - belső keresztesztergálási műveletelemekre;
 - belső hosszesztergálási műveletelemekre.

Az adott **ráhagyási alakzat leválasztási irányának (kereszt- ill. hosszesztergálás) meghatározása** a nagyolt kontúrszakaszt alkotó geometriai elemeihez tartozó **elemi ráhagyási alakzat elemzése (RAE szubrutin segítségével) történik**. A ráhagyási alakzat jellege az alakzat magassági (D) és hossz (Z) méreteinek viszonya alapján dönthető el.



1.27. ábra. Az elemi ráhagyási alakzat elemzésének eredménye ($k_e=2$)

Az elemzés lépései:

- Az első metsző-egyenes (VER1) kanonikus alakjának meghatározása. A vizsgált nagyolt kontúrszakasz első geometriai eleméhez (i_N) mindig a VER1-HOR2 metsző-egyenesek használhatók (1.27.a. ábra).
- A második metsző-egyenes (HOR2) meghatározó elem sorszáma ($j_N = i_N$) és kanonikus alakjának meghatározása.
- Az MP1(Z_1, D_1), MP2(Z_2, D_2) metszéspontok és a metszett előgyártmány kontúr elemeinek (i_E, j_E) meghatározása.
- A kereszttesztgálás alkalmazhatóságának vizsgálata (lásd az 1.27.a ábrán az „A” alakzatot). Az elemzés az MP1(Z_1, D_1), MP2(Z_2, D_2) metszéspontok koordinátáinak felhasználásával történik. A **kereszttesztgálás feltétele**:

$$\frac{(D_1 - D_2)}{(Z_1 - Z_2)} > 2 \text{ és } ((D_1 - D_2) > 2 \cdot a_{\text{meg}}, \text{ vagy } (Z_1 - Z_2) > 2 \cdot a_{\text{meg}} \quad (1.1)$$
- Ha kereszttesztgálás feltétele nem teljesül, akkor megvizsgálendő a metszett előgyártmány kontúrszakasz elemei (i_E között j_E), hogy azok tartalmazznak-e olyan sarokpontot, melyre az előzőekben említett MP2 metszéspont áthelyezhető (1.27.b. ábra). Ebben az esetben a D_2 korlátozó paraméterként alkalmazható a megmunkálási utasításban ($MN^0 = NK; PV; DD_2; \dots$).

Az alkalmas sarokpont vizsgálatának lépései:

- ha a metszéspontok ugyanazon előgyártmány kontúrelemen vannak ($i_E = j_E$), akkor a vizsgálat eredménytelenül befejeződik,
- ha az előző feltétel nem teljesül, akkor beállítandó az MP2 értéke a metszett elem (j_E) kezdő- vagy végpontjának (megmunkálási tér-negyedtől függően) értékével;

- az (1.1) összefüggés alapján elvégezhető a keresztesztergálás alkalmazhatóságának vizsgálata:
 - ha a vizsgálat pozitív ($ke=2$; PV; DD_2), akkor szubrutinból kiléphető;
 - ha a vizsgálat negatív, akkor vizsgálandó az előgyártmány kontúr soron következő eleme (ha van még ilyen elem), az alapján beállítandó az MP2 új értéke, és az (1.1) összefüggés alapján ismét elvégezhető a keresztesztergálás alkalmazhatóságának vizsgálata:
 - ha a vizsgálat pozitív, akkor módosítandó a j_E a vizsgált előgyártmány kontúrelem sorszáma, majd kiléphető a szubrutinból;
 - ha a vizsgálat negatív, akkor az előzőekben leírt módon vizsgálandó az előgyártmány kontúr soron következő eleme az i_E -ig.
 - Ha keresztesztergálás feltétele teljesül, akkor az előzőekben ismertetett módon vizsgálandó a nagyolt kontúrszakasz soron következő geometriai eleme. A vizsgálatot addig folytatandó, amíg az alakelemzés pozitív eredménnyel jár - azaz az előzőekben ismertetett módon minden egyes vizsgálat keresztesztergálást eredményez -, ill. a nagyolt kontúrszakasz megszakad (azaz az elem megmunkálatlan marad), vagy a vizsgálat a kontúrszakasz végére ért (1.27.b. ábra).
 - A **szubrutin kijövő adatai**:
 - ke - elemzés eredményét tükröző változó, értékei:
 - 0 - ha, keresztesztergálásra nincs szükség;
 - 1 - ha, keresztesztergálás;
 - 2 - ha, keresztesztergálás korlátozó mérettel (...;PV;DD₂;...);
 - nagyolt-kontúrszakasz metsző első (i_N) és utolsó (j_N) elemének sorszáma;
 - előgyártmány kontúrszakasz metszett első (i_E) és utolsó (j_E) elemének sorszáma.
- Ha a teljes kontúrszakaszra vonatkozó alakzat vizsgálat negatív eredménnyel zárul, akkor ez azt jelenti, hogy keresztesztergálási műveletelemre nincs szükség (például belső felületek megmunkálása esetén ez helyzet igen gyakran előfordulhat).
- A nagyolási műveletelemek **generálásának sorrendje**:
A nagyolási műveletelemek generálásának menete irányított folyamat, mely alatt következők értendők:
 - A műveletelemek meghatározása során törekedni kell a műveletelem csoportok alábbi előzetes végrehajtási sorrendjének betartására:
 - fúrási műveletelemek (teli darabolt előgyártmány esetén);
 - külső keresztesztergálás;
 - külső hosszesztergálás;
 - fúrási műveletelemek (öntött vagy kovácsolt előgyártmány esetén);
 - belső keresztesztergálás;
 - belső hosszesztergálás.
 - A fúrási műveletelemek generálásának szakaszában a lehetőségek, és a technológiai célszerűségek figyelembevételével törekedni kell a furatbővítő műveletelemek (felfúrás, súlylyesztés) generálására.

1.7.2. NAGYOLÁSI MŰVELETELEMEK AUTOMATIKUS GENERÁLÁSA

A **nagyolási műveletelemek generálásának célja** az előgyártmány- és nagyolt kontúr által határolt ráhagyási alakzat optimális eltávolítása megfelelő műveletelemekkel és végrehajtási sorrendben. A ráhagyási alakzat vizsgálata során a gyártási feltételektől függően az egyes műveletelem csoportoknál az alábbi végrehajtási sorrend betartására kell törekedni:

- fúrási műveletelemek (teli darabolt előgyártmány esetén);
- külső keresztesztergálás;

- külső hosszesztergálás;
- fúrási műveletelemek (öntött vagy kovácsolt előgyártmány esetén);
- belső keresztesztergálás;
- belső hosszesztergálás.

A fúrási műveletelemek generálásának szakaszában a lehetőség és a technológiai célszerűség figyelembevételével törekedni kell a furatbővítő műveletelemek (felfúrás, süllyesztés) generálására is.

A **nagyolási műveletelemek generálását** mindig az adott ráhagyási kontúrszakaszok vizsgálata alapján kell végezni. A nagyolási műveletelemek generálásának menete az alaphelyzetben (az első befogás az alkatrész geometriai leírása szerinti jobb oldalon) értelmezve kerül bemutatásra.

Nagyolási műveletelemek automatikus generálásának főbb lépései:

• Fúrási műveletelemek generálása

A fúrási műveletelemek generálása során az alábbi tervezési lépések elvégzése szükséges:

- Fúrási műveletlem (-ek) szükségességének vizsgálata:

- Az adott megmunkálási térségben megmunkálási feladat nincs (belső elem nincs, $j_i=0$), így furás sincs, ha

$$D_{\min}^A = 0 \quad \text{és} \quad N3 - N2 = 1$$

A feltétel teljesülése után az adott megmunkálási térségben a feldolgozás befejeződik.

- Fúrássra ($j_i=0$) akkor sincs szükség, ha az előgyártmányban levő átmenő furat ($D_{\min}^E$) nagyobb az adott gépen végrehajtható telibe furás átmérőjénél ($TT_{D_{\max}}$), azaz

$$D_{\min}^E > TT_{D_{\max}}$$

A feltétel teljesülése után az adott megmunkálási térségben a fúrási műveletelemek generálása befejeződik.

Egyéb esetekben fúrni kell, fúrási műveletelemek jellegzetes esetei az 1.8. és az 1.9. ábrán láthatók ($m=m+5$):

- Az átmenő furat azonosítóval előírva ($j_i=NK3$), ha

$$D_{\min}^A > 0 \quad \text{és} \quad (H_{\max}^E / D_{\min}^K < TT_{L/D} \quad \text{vagy} \quad NK3 - NK2 = 1) \quad \text{és} \quad D_{\min}^K < TT_{D_{\max}}$$

ahol:

$D_{\min}^K$ - a közbenső kontúr NK3 elemének átmérője;

$TT_{L/D}$ - a járatos fúrók esetében használatos L/D viszonyérték;

Megmunkálási utasítás bemenő nyelvi (szöveges) alakban:

$$MU\$ = "MN^0 = FUR; BEFi_{BEF}; AN^0"$$

ahol:

MU\$ - a megmunkálási utasítás szövegváltozója;

MN^0 - a megmunkálási utasítás azonosítója;

FUR - a fúrási műveletlem típusa;

i_{BEF} - az aktuális befogás változója;

N^0 - az alkatrész kontúr fúrandó elemének (NK3) azonosítója

$$N^0 = A(NK3, 1);$$

Megmunkálási utasítás szöveggént való tárolása ($me=me+1$) az MR\$(me) tömbben

$$MR\$ (me) = MU\$$$

Műveletlem rekord a megmunkálási utasítások beolvasás utáni, dekódolt formában:

$$R(me, 1) = MN^0;$$

$$R(me, 2) = FUR \text{ (dekódolva 22);}$$

$$R(me, 3) = i_{BEF};$$

$$R(me, 22) = N^0;$$

- Az átmenő furat szerszámtérővel előírva ($j_i=1$), ha

$$D_{\min}^A > 0 \quad \text{és} \quad (H_{\max}^E / D_{\min}^K < TT_{L/D} \quad \text{vagy} \quad NK3 - NK2 = 1) \quad \text{és} \quad D_{\min}^K > TT_{D_{\max}}$$

Megmunkálási utasítás bemenő nyelvi (szöveges) alakban:

$$MU\$ = "MN^0 = FUR; BEFi_{BEF}; F"$$

ahol:

F – a fúró fél-átmérője;

Megmunkálási utasítás szöveggént való tárolása ($me=me+1$) az $MR\$(me)$ tömbben

$$MR\$(me)=MU\$$$

Műveletelem rekord a megmunkálási utasítások beolvasás utáni, dekódolt formában:

$$R(me, 1) = MN^0;$$

$$R(me, 2) = FUR \text{ (dekódolva 22);}$$

$$R(me, 3) = i_{BEF};$$

$$R(me, 13) = F;$$

- A zsákfurat két azonosítóval előírva ($j_f=NK3-1$), ha

$$D_{min}^A > 0 \text{ és } A(NK3-1, RA)=25 \text{ és } A(NK3-2, RA)=25 \text{ és } A(NK3-1, D_E) < TT_{Dmax}$$

Megmunkálási utasítás bemenő nyelvi (szöveges) alakban:

$$MU\$ = " MN^0 = FUR; BEFi_{BEF}; AN^0; AN^0 "$$

ahol:

N^0 - az alkatrész kontúr fúrandó első elemének (NK3-2) azonosítója

$$N^0 = A(NK3-2, 1)$$

N^0 - az alkatrész kontúr fúrandó második elemének (NK3-1) azonosítója

$$N^0 = A(NK3-1, 1)$$

Megmunkálási utasítás szöveggént való tárolása ($me=me+1$) az $MR\$(me)$ tömbben

$$MR\$(me)=MU\$$$

Műveletelem rekord a megmunkálási utasítások beolvasás utáni, dekódolt formában:

$$R(me, 1) = MN^0;$$

$$R(me, 2) = FUR \text{ (dekódolva 22);}$$

$$R(me, 3) = i_{BEF};$$

$$R(me, 22) = N^0;$$

$$R(me, 23) = N^0;$$

- Az előző feltételeket nem kielégítő zsák furat szerszámtátmérővel előírva ($j_f=2$)

Megmunkálási utasítás bemenő nyelvi (szöveges) alakban:

$$MU\$ = " MN^0 = FUR; BEFi_{BEF}; F "$$

Megmunkálási utasítás szöveggént való tárolása ($me=me+1$) az $MR\$(me)$ tömbben

$$MR\$(me)=MU\$$$

Műveletelem rekord a megmunkálási utasítások beolvasás utáni, dekódolt formában:

$$R(me, 1) = MN^0;$$

$$R(me, 2) = FUR \text{ (dekódolva 22);}$$

$$R(me, 3) = i_{BEF};$$

$$R(me, 13) = F;$$

- A fúrási műveletelem generálása befejeződött.

- **További fúrási műveletelemek generálása.**

A megváltozott ráhagyási alakzat vizsgálata alapján dönteni kell a felfúrási és/vagy homlok-súlylyesztési műveletelemek generálásának szükségességéről és célszerűségéről.

A fúrás után vizsgálandó a gépen megengedhető legnagyobb felfúrási átmérő (TT_{FFDmax}) és a furatátmérő (D_f) viszonya, ha

$$D_f > TT_{FFDmax}, \text{ akkor módosítandó a } D_f = TT_{FFDmax}.$$

Felfúrás alkalmazásának feltétele, hogy az elérendő furatátmérő (D_f) és választott fúróátmérő (D) különbsége a technológiailag előírt értéket (TT_{FFmax}) meghaladja, azaz

$$D_f - D > TT_{FFmax}$$

Ha az előző feltétel teljesül, akkor folytatandó a felfúrási műveletelem generálása, egyébként át kell térni a süllyesztési műveletelem generálásának vizsgálatára.

A fúrási műveletelemek jellegzetes eseteinek megfelelően egy felfúrási műveletelem (FFUR) generálandó ($m=m+5$), vagyis az alábbi esetek egyike:

$$MN^0 = FFUR; BEFi_{BEF'}; AN^0$$

$$MN^0 = FFUR; BEFi_{BEF'}; AN^0; AN^0$$

$$MN^0 = FFUR; BEFi_{BEF'}; F$$

A felfúrási műveletelem feldolgozásának további menete (megmunkálási utasítás MU\$ tárolása, műveletelem rekord $R(me, i)$ feltöltése, stb.) megegyezik a fúrási műveletelemnél ismertetekkel.

A süllyesztési műveletelemek generálása lényegében a felfúrási műveleteleméhez hasonlóan történik.

- **Külső keresztesztergálási műveletelem generálása** (szélső homlok)

Az alkatrészprogramban megadott anyagállapot kódja alapján megállapítható, hogy az előgyártmány öntött vagy kovácsolt, továbbá ha az adott befogásban fúrni is kell, akkor első nagyolási műveletelemként célszerű a szélső homlok felületet oldalazni, azaz külső keresztesztergálást generálni.

Megmunkálási utasítás bemenő nyelvi (szöveges) alakban ($m=m+5$):

$$MU\$ = " MN^0 = NK; BEFi_{BEF'}; AN^{0''}$$

ahol:

MN^0 - a megmunkálási utasítás azonosítója;

NK – nagyol keresztesztergálási műveletelem típusa;

N^0 - az alkatrész kontúr nagyolandó elemének (NK2) azonosítója

$$N^0 = A(NK2, 1)$$

Megmunkálási utasítás szöveggént való tárolása ($me=me+1$) az $MR\$(me)$ tömbben

$$MR\$(me) = MU\$$$

Összeállítandó a műveletelem rekord a megmunkálási utasítások beolvasás utáni, dekódolt formában (a 3.1. sz. táblázattal összhangban) és tartalommal:

$$R(me, 1) = MN^0;$$

$$R(me, 2) = NK \text{ (dekódolva 37);}$$

$$R(me, 3) = i_{BEF'};$$

$$R(me, 22) = N^0$$

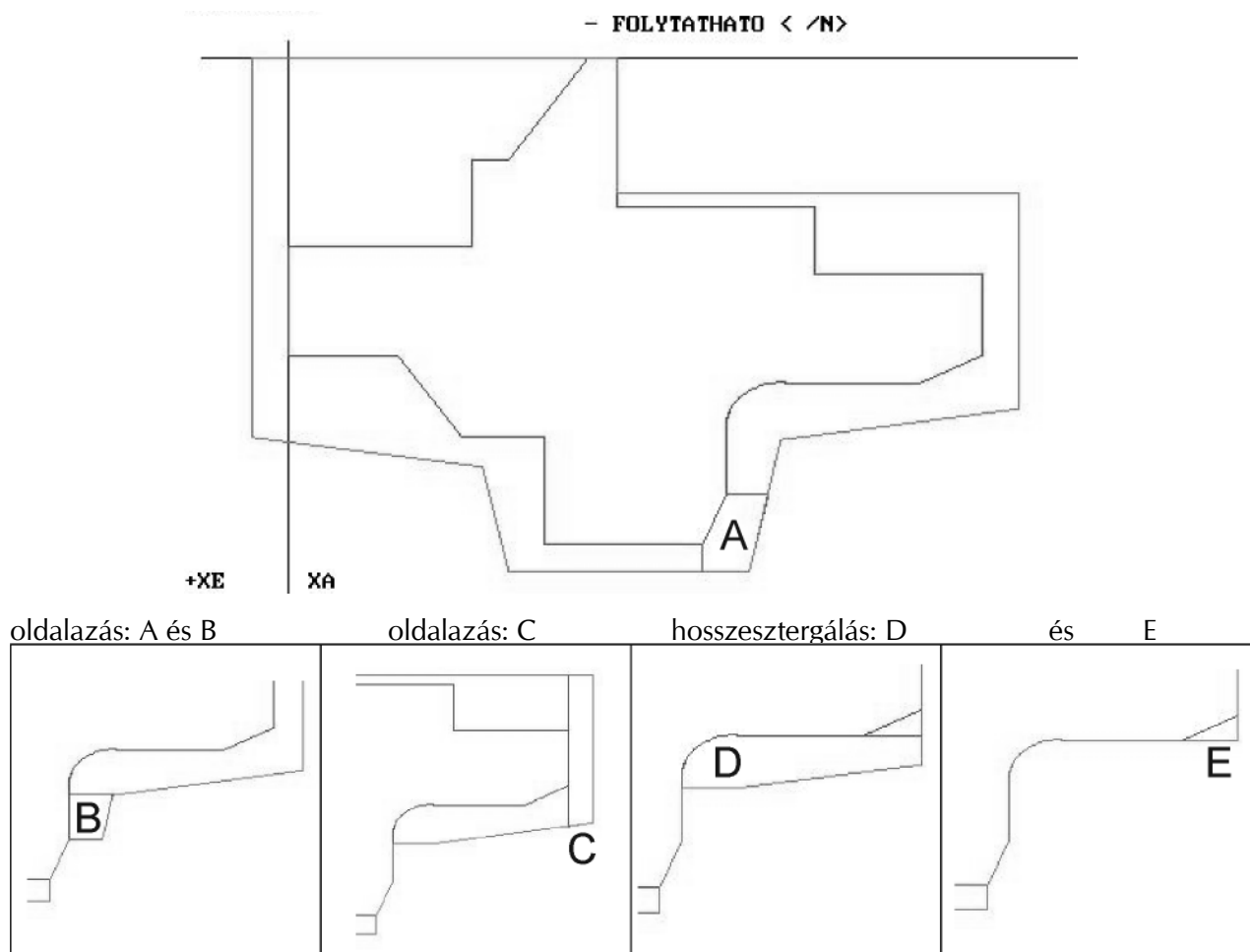
Módosítandó a nagyolt kontúr NK2 elemének érdekességi adata RA50-re jelezve, hogy a felület már nagyolt ($A(NK2, RA) = 50$).

- **Külső kontúrszakasz feldolgozása**

A külső ráhagyási kontúrszakasz általában egy nagyolási műveletelemmel nem választható le, ezért azt tovább kell bontani kereszt- és hosszesztergálási műveletelemekre. A ráhagyási kontúrszakasz bontásának menete a munkadarab jobb oldalának feldolgozási példáján kerül bemutatásra (1.27. ábra). A teljes kontúrszakaszra vonatkozó alakzat vizsgálat a keresztesztergálási műveletelem (-ek) generálásával kezdődik és a maradék zárt ráhagyási kontúrszakasz (-ok)-ból hosszesztergálási műveletelem (-ek) generálásával fejeződik be.

A RAE szubrutin működésével kapott eredmény alapján generált műveletelemek (1.28 ábra):

- Keresztesztergálás: A+B elemi alakzattal;
- Keresztesztergálás: C elemi alakzattal;
- Hosszesztergálás: E+D elemi alakzattal;



1.28. ábra. Külső kontúrszakasz bontása és műveletelemei

Feladat az $N1+1 \div N2$ határelemek által határolt, jobb oldali külső kontúrszakasz feldolgozása, mely az alábbi lépések sorozataként oldható meg:

- A ráhagyási alakzat elemzését végző RAE szubrutin bemenő adatainak beállítása ($ke=0$, $i_N=j_N=N1+1$).
- RAE szubrutin meghívása:
 - ha a vizsgálat pozitív ($ke>0$), akkor a keresztesztergálási műveletelem generálásának befejezése:

□ **Tervezési eredmények feldolgozása**

Megmunkálási utasítás bemenő nyelvi (szöveges) alakban, ennek esetei

- ha $ke=1$ és $i_N=j_N$, akkor $MU\$="MN^0=NK;AN^0"$
- ha $ke=2$ és $i_N=j_N$, akkor $MU\$="MN^0=NK;PV;DD_2;AN^0"$
- ha $ke=1$ és $i_N<>j_N$, akkor $MU\$="MN^0=NK;AN^0;AN^0"$;
- ha $ke=2$ és $i_N<>j_N$, akkor
 $MU\$="MN^0=NK;BEFi_{BEF};PV;DD_2;AN^0;AN^0"$;

ahol:

N^0 - az alkatrész kontúr nagyolandó első (i_N) elemének azonosítója
 $N^0=A(i_N,1)$;

N^0 - az alkatrész kontúr nagyolandó utolsó (j_N) elemének azonosítója
 $N^0=A(j_N,1)$;

PV - az elemvége korlátozással;

D - korlátozás D_2 átmérővel.

Megmunkálási utasítás szöveggént való tárolása ($me = me + 1$) az $MR\$ (me)$ tömbben

$$MR\$ (me) = MU\$$$

Műveletelem rekord a megmunkálási utasítások beolvasás utáni, dekódolt formában.

Például $MN^0 = NK; PV; DD_2; AN^0; AN^0$ esetén:

$$R(me, 1) = MN^0;$$

$$R(me, 2) = NK \text{ (dekódolva 37);}$$

$$R(me, 3) = i_{BEF};$$

$$R(me, 19) = PV \text{ (dekódolva 16);}$$

$$R(me, 21) = D_2;$$

$$R(me, 22) = N^0;$$

$$R(me, 23) = N^0;$$

- a vizsgált ($i_N \div j_N$) nagyolt kontúrszakasz eleinek $A(i_N \div j_N, RA) = 50$ megjelölése (már nagyolt);
- RAE szubrutin bemenő adatainak beállítása a nagyolt kontúrszakasz soron következő elemére ($ke = 0$, $i_N = j_N = N1 + 1$), visszatérés a RAE szubrutin meghívására;
- ha a vizsgálat negatív ($ke = 0$):
 - az MP2 metszéspont a NE2- határelemen van, akkor ez azt jelenti, hogy a további kontúrszakasz már csak hosszesztergálással állítható elő és így át kell térni az utolsó ($ke = 0$, $i_N = j_N = N2$), egyébként, pedig a soron következő ($ke = 0$, $i_N = j_N = N1 + 1$) elem vizsgálatára.
- Az előzőekben ismertetett módon kell vizsgálni a nagyolt kontúrszakasz előírt elemét.
- A vizsgálat addig folytatódik, amíg az alakelemzés pozitív eredménnyel jár, ill. a nagyolt kontúrszakasz megszakad, vagy a kontúrszakasz elfogy.
- Ha a teljes kontúrszakaszra vonatkozó alakzat vizsgálat negatív eredménnyel zárul, akkor ez azt jelenti, hogy kereszesztergálási műveletelemre nincs szükség (például belső felületek megmunkálása esetén ez helyzet igen gyakran előfordulhat).
- A maradék ráhagyási kontúrszakasz(-ok)-ból hosszesztergálási műveleteleme(-k) állítandó elő. A külső kontúrszakasz feldolgozását a hosszesztergálás szabályai szerint az N2 elemtől az N1+1 vizsgálandó. Beállítandó a vizsgálandó kontúrszakasz első eleme ($i_N = j_N = N2$).
- A megmunkálandó nagyolt kontúr első elemének meghatározása, feltétele $A(i_N, RA) > 12.5$, akkor vegye a szomszédos elemet ($i_N = j_N = i_N - 1$).
- A megmunkálandó nagyolt kontúr utolsó elemének ($j_N = i_N - 1$) meghatározása, majd a vizsgálat addig folytatandó, míg a nagyolt kontúrszakasz tart $A(j_N, RA) < 25$, akkor vegye a szomszédos elemet ($j_N = j_N - 1$).
- Az első (HOR1) és második (VER2) metsző-egyenes kanonikus alakjának beállítása.
- Az MP1(Z_1, D_1), MP2(Z_2, D_2) metszéspontok és a metszett előgyártmány-kontúr elemeinek (i_E, j_E) meghatározása.
- A hosszesztergálási műveletelem generálásának befejezése:
 - **Tervezési eredmények feldolgozása**
Megmunkálási utasítás bemenő nyelvi (szöveges) alakban ($m = m + 5$), estei
 - ha $i_N = j_N$ és $i_{INV} = 0$, akkor $MU\$ = "MN^0 = NH; BEFi_{BEF}; AN^0";$
 - ha $i_N = j_N$ és $i_{INV} = 1$, akkor $MU\$ = "MN^0 = NH; BEFi_{BEF}; INV; AN^0";$
 - ha $i_N < j_N$ és $i_{INV} = 0$, akkor $MU\$ = "MN^0 = NH; BEFi_{BEF}; AN^0; AN^0";$

- ha $i_N < j_N$ és $i_{INV}=1$, akkor
 $MU\$ = " MN^0 = NH; BEFi_{BEF}; INV; AN^0; AN^0 "$
 ahol:

N^0 - az alkatrész kontúr nagyolandó első (i_N) elemének azonosítója

$N^0 = A(i_N, 1)$;

N^0 - az alkatrész kontúr nagyolandó utolsó (j_N) elemének azonosítója $N^0 = A(j_N, 1)$;

Megmunkálási utasítás szöveggént való tárolása ($me=me+1$) az $MR\$(me)$ tömbben

$MR\$(me) = MU\$$

Műveletelem rekord a megmunkálási utasítások beolvasás utáni, dekódolt formában.

Például $MN^0 = NH; AN^0; AN^0$ esetén:

$R(me, 1) = MN^0$;

$R(me, 2) = NH$ (dekódolva 31);

$R(me, 3) = i_{BEF}$;

ha $i_{INV}=1$, akkor $R(me, 16) = 16$;

$R(me, 22) = N^0$;

$R(me, 23) = N^0$.

- Aa vizsgált ($i_N \div j_N$) nagyolt kontúrszakasz eleinek $A(i_N \div j_N, RA) = 50$ megjelölése (már nagyolt).
- A nagyolt kontúrszakasz végére érve a nagyoló hosszesztergálási műveletelem generálása befejeződik, egyébként beállítandó a maradék kontúrszakasz első eleme ($i_N = j_N = j_N + 1$). Ezt követően vissza kell térni a megmunkálandó nagyolt kontúr első elemének meghatározási szintjére, ahonnan fentiekben ismertetett módon generálandó egy újabb nagyoló hosszesztergálási műveletelem.
- Belső kontúrszakaszra feldolgozása
 A belső ráhagyási kontúrszakasz feldolgozása a fúrési műveletelemek (fúrás, felfúrás, homloksúlylyesztés) generálása után következik. **Feladat** az $N2+1 \div N3$ határelemek által határolt, jobb oldali belső kontúrszakasz feldolgozása, mely elmaradhat, ha az adott megmunkálási térnegyedben megmunkálási feladat nincs (például ha megmunkálandó belső elem nincs)

$$D_{min}^A = 0 \quad \text{és} \quad N3 - N2 = 1$$

A feltétel teljesülése után az adott megmunkálási térnegyedben a feldolgozás befejeződik.

A belső ráhagyási kontúrszakasz feldolgozásának logikája teljes mértékben megegyezik az előző pontban ismertetett külső ráhagyási kontúrszakasznak kereszt- és hosszesztergálási műveletelekre történő bontásának menetével.

1.7.3. SIMÍTÓ ESZTERGÁLÁSI MŰVELETELEMEK GENERÁLÁSA

Az adott műveletben vizsgálandó alkatrész kontúrszakaszt a határelemek ($N1$ és $N3$) határozzák meg, amelyet tovább bonthatunk:

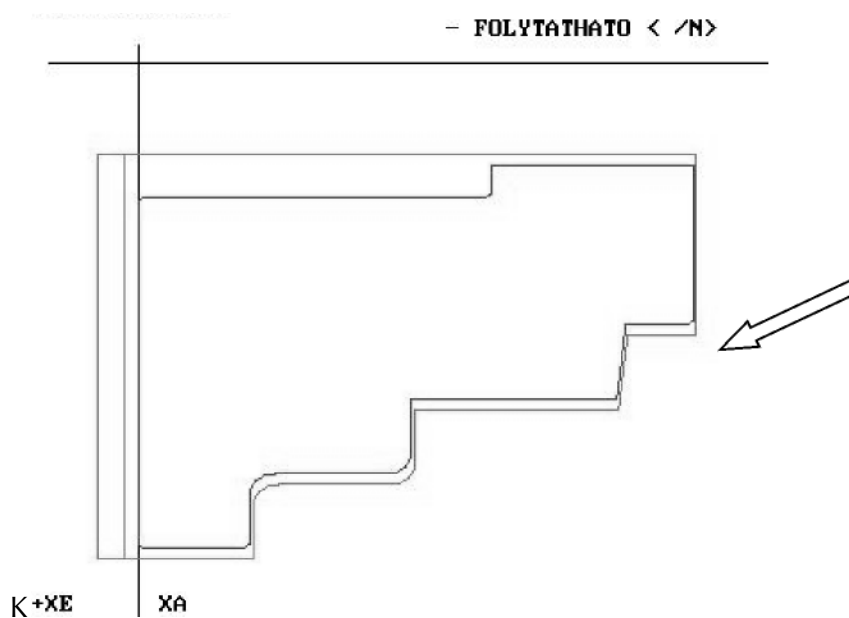
- $N1+1$ és $N2$ elem által határolt külső kontúrszakaszra;
- $N2+1$ és $N3$ (vagy $N3-1$) elem által határolt belső kontúrszakaszra.

A simító esztergálási műveletelemek generálása az alkatrész jobb oldali külső kontúrszakasz példáján kerül bemutatásra.

Az **egyes kontúrszakaszok tovább bonthatók** az alábbiak szerint:

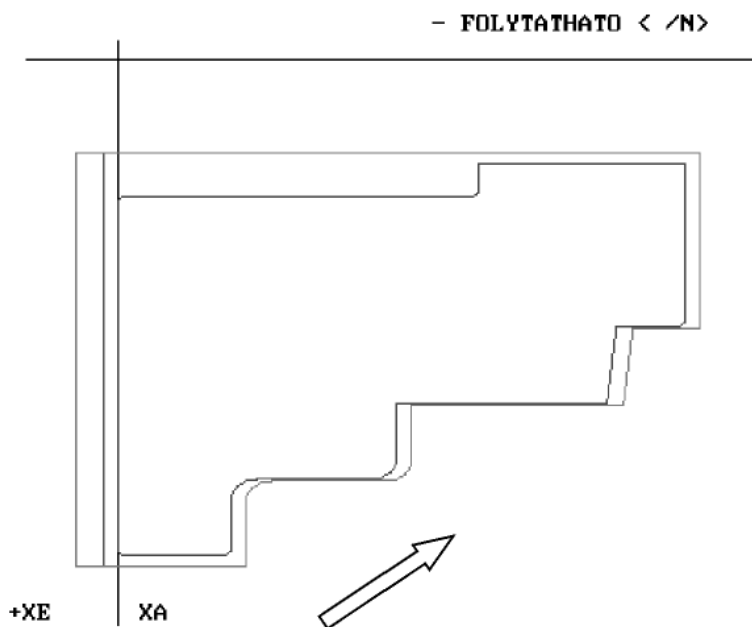
- Hosszesztergálás esetén:
 - kontúrkövető simítás (1.29. ábra);

- egyes felületek simítása (1.31. ábra);

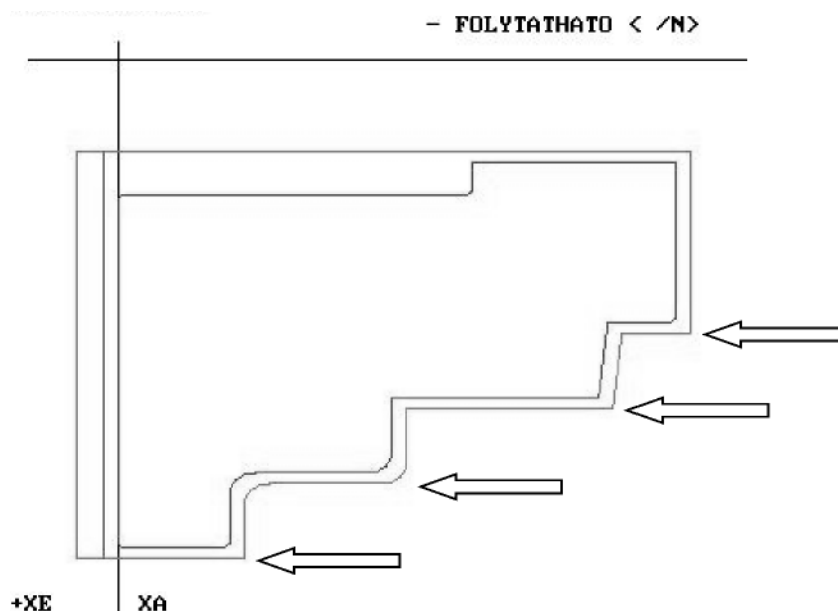


1.29. ábra. Kontúrkövető hosszsimítás

- Kereszttesztgálás esetén:
 - kontúrkövető simítás (1.29. ábra);
 - egyes felületek simítása (1.30. ábra).



1.30. ábra. Kontúrkövető keresztmetszsimítás



1.31. ábra. Egyes felületek hosszsimítása

A **kontúrkövető hossz- vagy keresztmítás jellegét** az alkatrészprogramban a kritikus elemekre megadott simítási ráhagyás értékének előírásával a programozó-technológus meghatározza. Így az alkatrészprogram összeállítása során törekedni kell a kontúrkövető hossz- vagy keresztmítás alkalmazására, mivel ez a megmunkálási mód termelékenyebb és egyszerűbb mozgásokkal hajtható végre (elmaradhatnak a felesleges szerszámváltások, továbbá az egyes geometriai elemekre való ráállási és elállási mozgások, a végpont esetleges felhúzása, stb.).

A külső kontúrszakasz feldolgozásával kezdődik a **simítási műveletelemek generálása**, melynek **főbb lépései** a következők:

- **A simítandó kontúrszakasz első (i_a) és utolsó (j_a) elemének meghatározása**

A kontúrszakasz egyes geometriai elemei a megmunkálás szempontjából lehetnek:

- megmunkálatlanok ($RA=100$);
- nagyolandók ($RA \geq 10$);
- simítandók ($RA < 10$);

Vizsgálendő a simítandó kontúrszakasz ($N1+1 \leq i \leq N2$; $i_a=0$; $j_a=i$)

- ha $A(i_a, RA) \geq 10$, akkor vegye a következő elemre (i_k) mutató kulcsot ($i=A(i, i_k)$, egyébként $j_a=i$;
- ha $i_a=0$, akkor $i_a=i$;

- **A kontúrkövető simítás feltételének vizsgálata:**

A kontúrkövető simítás technológiai feltétele az, hogy a megmunkálási iránynak megfelelően a simítandó kontúrszakasz bármely pontjában levő simítási ráhagyás legrosszabb esetben sem lóghat le a lapkáról. A gyakorlatban általában a lapka él-hosszának max. 50 %-s leterhelését ajánlják.

Általános esetben a simítandó kontúrszakasz hengerpalást-, homlok-, kúp- és tóruszfelületekből állhat (1.29. ábra). A tóruszfelületek lehetnek érintő és/vagy metszőkörök, továbbá alakjuk szerint konkáv (homorú, azaz belső $-R > 0$ - lekerekítés) és konvex (domború, azaz külső $-R < 0$ - lekerekítés) felületek.

A ráhagyási vizsgálatot a kritikus geometriai elemek metszéspontjaiban célszerű végrehajtani.

Kritikus geometriai elemek és helyek:

- kontúrkövető hosszsimítás esetén (1.29. ábra)
 - homlok-, meredek ($-90 < A(i, SZ) < -87$) kúp- vagy konkáv tóruszfelület végpontjában;

- konvex tóruszfelület kezdőpontjában;
 - kontúrkövető keresztcsimítás esetén (1.29. ábra)
 - hengerpalást-, lapos ($0 > A(i, SZ) > -3$) kúp- vagy konvex tóruszfelület kezdőpontjában;
 - konkáv tóruszfelület végpontjában;

Mivel a simítandó tóruszfelületeken levő ráhagyást a csatlakozó elemek simítási ráhagyásai (1.29. ábra) határozzák meg, ezért elegendő ezeket az elemeket vizsgálni. A simítandó kontúrszakasz ($i_a \leq i \leq j_a$) elemein levő ráhagyás mellett a megmunkálási hossz is vizsgálendő, az elem típusának függvényében ($k_1 = k_2 = 0$):
 - homlok-, vagy meredek kúpfelület esetén ($k=1$):
 $A(i, SR) < TTa_{max}$, vagy $0.5 \cdot (A(i_a, D_1) - A(i_a, D_2)) < TTL_{Dmax}$, esetén $kk=1$, $k_1 = k_1 + 1$ egyébként $kk=3$
 ahol:
 k – kritikus elem típusa;
 kk – kontúrkövető simítás típusa;
 k_1 – kontúrkövető hosszsimítások száma,
 TTL_{Dmax} – kritikus elem megengedhető megmunkálási hossza sugár irányban;
 - hengerpalást-, vagy lapos kúpfelület esetén ($k=2$):
 $A(i, SR) < TTa_{max}$, vagy $(A(i_a, Z_2) - A(i_a, Z_1)) < TTL_{Zmax}$, esetén $kk=2$, $k_2 = k_2 + 1$ egyébként $kk=4$
 ahol:
 k_2 – kontúrkövető keresztcsimítások száma,
 TTL_{Zmax} – kritikus elem megengedhető megmunkálási hossza axiális irányban;
 - egyéb elem esetén $k=3$.
 A kontúrkövető simítás alkalmazhatóságának vizsgálata az alábbi eseteket eredményezheti:
 - a kritikus elem ($k=1$)
 - kontúrkövető hosszsimításra (SH) alkalmas ($kk=1$);
 - egyes felületként (SE) simítandó ($kk=3$);
 - a kritikus elem ($k=2$)
 - kontúrkövető keresztcsimításra (SK) alkalmas ($kk=2$);
 - egyes felületként (SE) simítandó ($kk=4$);
 - közömbös (nem kritikus) elem ($k=3$) simításának jellegét a szomszédos elem(-ek) határozza meg;
- A simítási műveletelemek generálásának menete
 A simítási műveletelemek generálásának sorrendje a vizsgált kontúrszakasz jellemzői alapján:
 - kritikus felületelemek SE keresztcsimítása az elemek növekvő Z értékei mellett
 $(k_1=0$ és $k_2=0$ és $A(j_a, Z_E) - A(i_a, Z_E) < 0.5 \cdot (A(i_a, D_E) - A(j_a, D_E))$ vagy $(k_1 > 0$ és $k_2=0$ és $kk=3$) esetén ($ii=0$; $i=i_a$) (1.1)
 - a simítandó kontúrszakaszból ($i_a \leq i \leq j_a$) kigyűjtendő a $K(ii)$ tömbbe az SE keresztcsimítással készülő felületelemek azonosítói
 $A(i, kk)=3$, akkor
 $ii=ii+1$; $K(ii)=A(i, N^0)$; $A(i, RA)=12.5$; $i=A(i, i_k)$;
 - megmunkálási utasítás bemenő nyelvi (szöveges) alakban ($m=m+5$), esetei
 - ha $ii=1$, akkor $MU\$="MN^0=SE;BEFi_{BEF};AN^0_1"$;
 - egyébként $MU\$="MN^0=SE;BEFi_{BEF};AN^0_1; AN^0_{ii}"$;
 ahol:
 N^0_1 – simítandó első felületelem azonosítója $N^0_1=K(1)$;
 N^0_{ii} – simítandó utolsó (ii) felületelem azonosítója $N^0_{ii}=K(ii)$;
 Megmunkálási utasítás szöveggént való tárolása ($me=me+1$) az $MR\$(me)$ tömbben
 $MR\$(me)=MU\$$

Műveletelem rekord a megmunkálási utasítások beolvasás utáni, dekódolt formában.

Például (ii=3) esetén $MN^0 = SE; BEFi_{BEF'}; AN^0_1; AN^0_2; AN^0_3;$

$R(me, 1) = MN^0;$

$R(me, 2) = SE$ (dekódolva 42);

$R(me, 3) = i_{BEF'};$

$R(me, 22) = N^0_1;$

$R(me, 23) = N^0_2;$

$R(me, 24) = N^0_3;$

- A maradék elemek hosszsimítása (SE, vagy SH) az elemek növekvő D értékei mellett. Ennek érdekében a vizsgált kontúrszakasz körbejárási iránya ($i = A(i, i_E)$ és határelemei ($j_a > i > i_a$) felcserélendő, első vizsgálandó elem ($i = j_a$; $ii = 0$);

- a simítandó kontúrszakaszból kigyűjtendő a K(ii) tömbbe az SE vagy SH hosszsimítással készülő felületelemek azonosítói

$A(i, RA) < 10$ $i < i_a$, akkor

$ii = ii + 1$; $K(ii) = A(i, N^0)$; $A(i, RA) = 12.5$; $i = A(i, i_E)$ (1.2)

- megmunkálási utasítás bemenő nyelvi (szöveges) alakban ($m = m + 5$), esetei

□ ha $ii = 1$, akkor $MU\$ = "MN^0 = SE; BEFi_{BEF'}; AN^0_1";$

□ ha $ii > 1$ és $i_{INV} = 0$, akkor

$MU\$ = "MN^0 = SH; BEFi_{BEF'}; AN^0_1; AN^0_{ii}";$

□ ha $ii > 1$ és $i_{INV} = 1$, akkor

$MU\$ = "MN^0 = SH; BEFi_{BEF'}; INV; AN^0_1; AN^0_{ii}";$

ahol:

N^0_1 – simítandó első felületelem azonosítója $N^0_1 = K(1)$;

N^0_{ii} – simítandó utolsó (ii) felületelem azonosítója $N^0_{ii} = K(ii)$;

Megmunkálási utasítás szöveggént való tárolása ($me = me + 1$) az $MR\$ (me)$ tömbben

$MR\$ (me) = MU\$$

Műveletelem rekord a megmunkálási utasítások beolvasás utáni, dekódolt formában.

Például ($ii > 1$) esetén $Mm = SH; AN^0_1; AN^0_{ii}$

$R(me, 1) = MN^0;$

$R(me, 2) = SH$ (dekódolva 40);

$R(me, 3) = i_{BEF'};$

ha $i_{INV} = 1$, akkor $R(me, 16) = 16$

$R(me, 22) = N^0_1;$

$R(me, 23) = N^0_{ii};$

- veendő a maradék kontúrszakasz következő ($i = A(i, i_k)$; $ii = 0$) simítandó eleme,

ha $A(i, RA) > 10$ és $i < i_a$, akkor vizsgálandó a következő

elem ($i = A(i, i_k)$), egyébként vissza kell térni az (1.2) összefüggés szintjére.

- Abban az esetben, ha az (1.1) összefüggés nem teljesül, akkor az előzőekben leírt módon kell eljárni, azzal a különbséggel, hogy először a kritikus felületelemek SE hosszsimítással, majd a maradék felületelemek SE és/vagy SK keresztimítással állítandók elő.

A teljes külső kontúrszakasz feldolgozása után a tervezés a belső kontúrszakasz vizsgálatával folytatódik, a simítási műveletelemeket generálása az előzőekben leírtak szerint történik.

1.7.4. ESZTERGÁLÁSI MELLÉKELEMEK GENERÁLÁSA.

A **technológiai** (esztergálási-, fúrási-, marási-, köszörülési-, stb.) **mellékelemek jellemző tulajdonsága**, hogy az elemek típusa meghatározza a műveletelemek típusát, és az alkatrész geometriai leírásában az elem megadása mindig a hordozó főelem után következik.

A **műveletelemek külső vagy belső jellegét** a főelemek megmunkálási sík-negyede határozza meg (például a munkadarab jobb oldalának megmunkálása esetén)

- külső műveletelemek lesznek az N1+1 és N2 kontúrszakasz főelemein levő mellékelemek;
- belső műveletelemek lesznek az N2-t követőtől az N3-ig bezárólag tartó kontúrszakasz főelemein levő mellékelemek;

Az előbb említett kontúrszakaszok főelemein levő mellékelemek jelenlétét vizsgáljuk.

A **feldolgozandó mellékelemek típusa** (dekódolva) és **azok sorrendje** az ME(11) tömbben tárolandó, az alábbi sorrendben:

- szabványos beszúrások (BKM, BKL, AJ);
- hossz- és keresztbeszúrások (BH, BK);
- alászúrások (A,AJ);
- menetesztergálások (MEM, MEW,MET,MES);
- bonyolult beszúrások (BOB).

Az egyes **műveletelemek generálásának menete**:

- vizsgálandó kontúrszakasz első eleme $i_a = A(N1, i_k)$, utolsó $j_a = A(N2, i_k)$ -és körbejárási iránya ($i_a < i \leq j_a$);
- generálandó műveletelemek típusai (dekódolva) és sorrendje az ME(mi) tömbben ($1 \leq mi \leq 11$), az első elem típusa $mi=1$;
- $ki=0$; $i=i_a$; a vizsgálandó kontúrszakaszon ($i_a < i \leq j_a$) található, adott típusú mellékelem rekordok kulcsainak lerakása a K(ki) tömbbe

$A(i, Tip) = ME(mi)$ és $i \leq j_a$, akkor $ki=ki+1$; $K(ki)=1$, egyébként $i=i+1$ (1.3)

- ha az előző feltétel nem teljesül, esetei
 - $ki=0$ és $mi=11$, akkor befejeződött a mellékelemek generálása;
 - $ki=0$ és $mi < 11$, akkor vegye a következő generálandó műveletelem típusát $mi=mi+1$, $i=i_a$ és visszatérendő az (1.3) összefüggés vizsgálatára;
- a K(ki) tömbbe gyűjtött mellékelemek feldolgozása ($1 \leq i1 \leq ki$), $i1=1$;
 - a megmunkálási utasítás típusának (Tip\$) beállítása, esetei
 - ha $ME(mi)=7$, akkor Tip="BH"$
 - ha $ME(mi)=8$, akkor Tip="BKM"$
 - ha $ME(mi)=9$, akkor Tip="BK"$
 - ha $ME(mi)=10$, akkor Tip="BKL"$
 - ha $ME(mi)=11$, akkor Tip="BOB"$
 - ha $ME(mi)=12$, akkor Tip="A"$
 - ha $ME(mi)=13$, akkor Tip="AJ"$
 - ha $ME(mi)=14$, akkor Tip="MEM"$
 - ha $ME(mi)=15$, akkor Tip="MEW"$
 - ha $ME(mi)=16$, akkor Tip="MET"$
 - ha $ME(mi)=17$, akkor Tip="MES"$
 - adott típusú (Tip\$) megmunkálási utasítások ($1 \leq i1 \leq ki$) képzése bemenő nyelvi (szöveges) alakban, továbbiakban szubrutinkban (GOSUB megut) feldolgozva
GOSUB megut szubrutin eleje: (1.4)

$(m=m+5), N^0=A(K(i1),N^0), MU\$="MN^0=Tip\$;BEFi_{BEF};AN^0";$
 megmunkálási utasítás szöveggént való tárolása ($me=me+1$) az $MR\$(me)$ tömbben:
 $MR\$(me)=MU\$$
 a műveletelem rekord a megmunkálási utasítások beolvasás utáni, dekódolt formában:

$R(me, 1)=MN^0;$
 $R(me, 2)=ME(mi), (Tip\$ dekódolva);$
 $R(me, 3)=i_{BEF};$
 $R(me, 22)=N^0;$

az előírt megmunkálási utasításokban megadott technológiai adatok átöröklítése (i_{MU} – az előírt megmunkálási utasítások száma):

- ☐ ha az előírt megmunkálási utasítások száma $i_{MU}=0$, akkor a vizsgálat (szubrutin) vége;
- ☐ megmunkálási utasítások ($1 \leq ii_{MU} \leq i_{MU}$) vizsgálata a mellékelem típusa alapján
- ☐ $R(ii_{MU}, 2) < > ME(mi)$ és $ii_{MU} < i_{MU}$, akkor $ii_{MU} = ii_{MU} + 1$
- ☐ ha van ilyen típusú elem
- ☐ $R(ii_{MU}, 2) < > ME(mi)$, akkor a vizsgálat (szubrutin) vége;
- ☐ mellékelem azonosítója (N^0) szerinti keresés ($j_{MU}=22$);
- ☐ ha $R(ii_{MU}, j_{MU}) < > N^0$ vagy $R(ii_{MU}, j_{MU}) < > 0$, akkor $j_{MU} = j_{MU} + 1$
- ☐ ha $R(ii_{MU}, j_{MU}) = 0$, akkor nincs az N^0 azonosítójú elemre előírás, vizsgálat (szubrutin) vége;
- ☐ ha $R(ii_{MU}, j_{MU}) = N^0$, akkor az előírt technológiai adatok $R(ii_{MU}, 4 \div 16)$ átöröklítése
- ☐ $R(me, 4 \div 16) = R(ii_{MU}, 4 \div 16);$

szubrutin vége

- vegye a következő feldolgozandó mellékelemet
 $i1=i1+1$ és $i1 \leq ki$, akkor menjen vissza az (1.4) szintre;
 - a $K(ki)$ tömbbe gyűjtött mellékelemek feldolgozva
 - vegye a következő generálandó műveletelem típusát $mi=mi+1$, $i=i_a$ és menjen vissza az (1.3) összefüggés vizsgálatára;
- az esztorgálási mellékelemek feldolgozása befejeződött.

1.7.5. FÚRÁSI ÉS MARÁSI MELLÉKELEMEK GENERÁLÁSA

A **meghajtott szerszámmal előállítható műveletelemek generálása** a fúrási és marási mellékelemek alapján végezhető.

A **feldolgozandó mellékelemek típusai** (dekódolva) és azok sorrendje az $ME(4)$ tömbben tárolandó, az alábbi sorrendben:

- központfuratok (KFUR);
- rögzítő furatok (FUR);
- horonymarások (HOR);
- síkmarások (SIK).

Ha a rögzítő furatok helyzetpontossága csak központfúrási révén tartható, akkor ez az alkatrészprogramban a rögzítő furatok elé előírt központfuratok megadásával biztosítható.

Az adott befogásban (például a munkadarab jobb oldalának megmunkálása esetén) **azon műveletelemek generálandók, amelyek az $N1+1$ -től az $N3$ -ig bezárólag tartó kontúrszakasz főelemein helyezkednek el.**

Az előbb említett kontúrszakaszok főelemein levő mellékelemek jelenléte vizsgálandó.

A fúrási és marási **mellékelemeket leíró adatok alapján az alábbi műveletelemek generálhatók**, amelyek sorrendje egyben a műveletelemek végrehajtási sorrendje is:

- központfúrás (KFUR);
- fúrás (FUR);
- homloksüllyesztés (HSUL);
- kúpsüllyesztés (KSUL);
- kúpsüllyesztés (KSUL);
- menetfúrás (MFUR);
- dörzsölés (DOR);
- horonymarások (HOR);
- síkmarások (SIK).

Az egyes **műveletelemek generálásának menete:**

- vizsgálandó kontúrszakasz első eleme $i_a = A(N1, i_k) + 1$, utolsó $j_a = A(N3, i_k) - 1$ és körbejárási iránya ($i_a < i \leq j_a$);
- generálandó műveletelemek választéka, típusai (dekódolva) és sorrendje az $ME(mi)$ tömbben ($1 \leq mi \leq 4$), az első elem típusa $mi = 1$;

- $kki = 0$; $i = i_a$; a vizsgálandó kontúrszakaszon ($i_a < i \leq j_a$) található, $ME(mi)$ típusú mellékelem rekordok kulcsainak lerakása a $K(ki)$ tömbbe
 $A(i, Tip) = ME(mi)$ és $i \leq j_a$, akkor $ki = ki + 1$; $K(ki) = i$,
egyébként $i = i + 1$ (1.5)

- ha az előző feltétel nem teljesül, esetei:

- $ki = 0$ és $mi = 4$, akkor befejeződött a mellékelemek generálása;
 - $ki = 0$ és $mi < 4$, akkor vegye a következő generálandó műveletelem típusát
 $mi = mi + 1$, $i = i_a$ és menjen vissza az (1.5) összefüggés vizsgálatára;

- a $K(ki)$ tömbbe gyűjtött mellékelemek feldolgozása ($1 \leq i1 \leq ki$), $i1 = 1$;

- a megmunkálási utasítás típusának (Tip\$) beállítása, esetei (1.6)
 - ha $ME(mi) = 21$, akkor $Tip\$ = "KFUR"$
 - ha $ME(mi) = 22$, akkor $Tip\$ = "FUR"$
 - ha $ME(mi) = 18$, akkor $Tip\$ = "HOR"$
 - ha $ME(mi) = 19$, akkor $Tip\$ = "SIK"$
 - adott típusú (Tip\$) megmunkálási utasítások ($1 \leq i1 \leq ki$) képzése bemenő nyelvi (szöveges) alakban, továbbiakban szubrutinként (GOSUB megut) feldolgozva

GOSUB megut

- a rögzítő furat feldolgozása esetén, a jellegzetes méretek előírása révén az alábbi műveletelemek generálandók:
 - ha a süllyesztési átmérő (SD)
 $A(K(i1), SD) > 0$, akkor $Tip\$ = "HSUL"$; **GOSUB megut**
 - ha a süllyesztési átmérőn letörés van (SED) $A(K(i1), SED) > 0$, akkor
 $Tip\$ = "HSUL"$; **GOSUB megut**
 - ha a furatátmérőn letörés van (ELD) $A(K(i1), ELD) > 0$, akkor $Tip\$ = "KSUL"$,
GOSUB megut
 - ha a furat érdessége (RA)
 $A(K(i1), ELD) < 2.5$, akkor $Tip\$ = "DOR"$, **GOSUB megut**
ha a furatban menet van (MEM) $A(K(i1), MEM) > 0$, akkor $Tip\$ = "MFUR"$,
GOSUB megut

- vegye a következő feldolgozandó mellékelemet
 $i1 = i1 + 1$ és $i1 \leq ki$, akkor visszamegyünk az (1.6) összefüggés vizsgálatára;

- vegye a következő generálandó mellékelem típusát $m_i = m_i + 1$, $i = i_a$ és visszamegyünk az (1.5) összefüggés vizsgálatára;
- a mellékelemek feldolgozása befejeződött.

1.7.6. ELEMI MOZGÁSUTASÍTÁSOK GENERÁLÁSA

A műveletelemek automatikus generálása keretében a nyitott kontúrú elemi mozgásutasításoknak (EMO) az eddig automatikusan generált műveleti sorrend végére való besorolása történik.

Feladat az adott befogásban végrehajtandó EMO mozgásutasítások felkutatása és adatainak átmen-tése.

EMO műveletelemek generálásának menete:

- vizsgálandó mozgásutasítások száma (i_{MU} – az előírt megmunkálási utasítások száma)
ha $i_{MU} = 0$, akkor a vizsgálat befejeződött;
- keresendő az adott befogásban (i_{BEF}) feldolgozandó EMO utasítások ($1 \leq ii_{MU} \leq i_{MU}$)
 $R(ii_{MU}, 2) < 30$ és $R(ii_{MU}, 2) < i_{BEF}$ és $ii_{MU} < i_{MU}$, akkor $ii_{MU} = ii_{MU} + 1$ (1.7)
- van ilyen típusú utasítás
 $R(ii_{MU}, 2) < 30$ és $R(ii_{MU}, 2) < i_{BEF}$ akkor a vizsgálat befejeződött;
- a mozgásutasítási adatok $R(ii_{MU}, 4 \div 16)$ átörökítése ($m = m + 1$; $m = m + 5$)
 $R(m, 1) = MN^0$
 $R(m, 2 \div 23) = R(ii_{MU}, 2 \div 23)$;
- a megmunkálási utasítás bemenő nyelvi (szöveges) alakban való összeállítása az $R(m, 1 \div 23)$ adatai alapján $MU\$ = "MN^0 = EMO; BEF_{BEF}; TNtn; SZERSzer; Vv; \dots; AN^0; AN^0"$
 $MR\$(m) = MU\$$
- a vegye a következő feldolgozandó mellékelemet, ha
 $ii_{MU} < i_{MU}$, akkor $ii_{MU} = ii_{MU} + 1$, akkor menjen vissza az (1.7) összefüggés vizsgálatára;
- az EMO utasítások feldolgozása befejeződött.

1.7.7. MŰVELETELEMEK AUTOMATIKUS GENERÁLÁSÁNAK TERVEZÉSI EREDMÉNYEI

A műveletelemek automatikus generálása során az alkatrész megmunkálásához szükséges megmunká-lási utasítások lettek előállítva, két formában:

- megmunkálási utasítások beolvasás előtti, szöveges formában, $MR\$(m)$ tömbben tárolva (kiíra-tás céljából);
- a megmunkálási utasítások beolvasás utáni, dekódolt formában.

A tervezési eredmények - dokumentálási és ellenőrzési célból- az alábbi szöveges formában kerülnek kinyomtatásra (1.32. ábra):

MUVELETELEMEK SORRENDJE ES LEIRASA

M5=NK;BEF1;PV;D122;A45

M10=NK;A65

M15=NH;A50;A45

M20=NH;A35;A25

M25=NH;A75;A115

M30=NK;BEF2;A25;A5

M35=SH;A10;A35

M40=SH;BEF3;A55;A40

M45=SH;A70;A115

M50=BK;A60

.

1.32. ábra. A generált műveletelemek sorrendje és megmunkálási utasításai

1.8. MŰVELETELEMEK GENERÁLÁSÁNAK HELYE, MENETE, TERVEZÉSI EREDMÉNYEI

A műveletelemek generálására a művelettervezés keretében a geometriai processzor után kerül sor.

A **műveletelemek generálása** során az alábbi feladatok oldandók meg:

- A műveletelemek és azok végrehajtási sorrendjének meghatározása (az úgynevezett megmunkálási utasítások formájában), mely történhet:
 - a műveletelemek automatikus generálása révén;
 - a programozó-technológus által az alkatrészprogramban történő megadása révén.
- A megmunkálási utasítások feldolgozása (a műveletelemek típusának véglegesítése, a ráhagyási alakzatok -, szerszámpályák - és megmunkálási helyek meghatározása, az alkatrészprogramban előírt technológiai adatok átöröklése, a műveletlem hiányzó adatainak pótlása, a műveletlem tervezést segítő adatok beállítása, stb.).
- A műveletterv összeállítása, tárolása.

1.8.1. A MŰVELETELEMEK AUTOMATIKUS GENERÁLÁSÁNAK MENETE

A műveletelemek automatikus generálására akkor kerül sor, ha az adott alkatrész megmunkálásához szükséges műveletelemek és azok végrehajtási sorrendjét leíró megmunkálási utasítások nem lettek megadva.

Műveletelemek automatikus generálásának főlépései:

- A bemenő adatok beállítása:
 - i_U - az alkatrész leírásának utolsó geometriai eleme;
 - i_{MU} - az előírt megmunkálási utasítások száma;
 - m_e - az utolsó megmunkálási utasítás kulcsa ($m_e = i_{MU}$);
 - i_{BEF} - befogások száma;
 - i_{BEF} - az aktuális befogás változója ($i_{BEF} = 1$).
- A vizsgálandó a műveletelemek automatikus generálásának szükségessége:
 - ha $i_{MU} = 0$ vagy $(1 \div i_{MU})$ megmunkálási utasítások nem nagyolási-, simítási és felügyeleti-minőségbiztosítási műveletelemekre vonatkoznak
 - ha a feltétel nem teljesül, akkor a feldolgozás a műveletelemek fél-automatikus generálásának szintjén folytatódik.
- A műveletelemek automatikus generálása. Az aktuális befogáshoz ($i_{BEF} = 1$) tartozó megmunkálási térnegyed (-ek) behatárolása az alkatrész normál, vagy fordított állásának függvényében:
 - i_a - a vizsgálandó kontúrszakasz első eleme;
 - j_a - a vizsgálandó kontúrszakasz utolsó eleme.
- A nagyolási műveletelemekhez tartozó megmunkálási utasítások automatikus generálása az 1.3.2. pontban leírtak szerint (a megmunkálási utasítás azonosítója $m = 0$).
- Ha $i_{BEF} < 3$, akkor ugyan ebben a befogásban generálandó a további (nem nagyolási) műveletelemekhez tartozó megmunkálási utasítások, így:
 - a simítási műveletelemeket (az 1.3.3. pontban leírtak szerint);
 - az esztergálási mellékelemeket (az 1.3.4. pontban leírtak szerint);

- a fúrási- és marási mellékelemeket (az 1.3.5. pontban leírtak szerint);
- elemi mozgásutasításokat (az 1.3.6. pontban leírtak szerint).
- Ha $ii_{BEF}=1$, akkor az inverz megmunkálást figyelő változó beállítása ($i_{INV}=1$).
- Ha $ii_{BEF}>1$, akkor menjen a soron következő befogás feldolgozására ($i_{BEF}=i_{BEF}+1$).
- Az aktuális befogáshoz ($i_{BEF}=2$, vagy ($ii_{BEF}=1$ és $i_{BEF}=1$)) tartozó megmunkálási ténegyed(-ek) behatárolása az alkatrész normál, vagy fordított állásának függvényében:
 - ia – a vizsgálandó kontúrszakasz első eleme;
 - ja – a vizsgálandó kontúrszakasz utolsó eleme.
- A nagyolási műveletelemekhez tartozó megmunkálási utasítások automatikus generálása a 1.3.2. pontban leírtak szerint.
- Ha $ii_{BEF}=2$ vagy $ii_{BEF}=3$, akkor ugyanebben a befogásban generálandók a további (nem nagyolási) műveletelemekhez tartozó megmunkálási utasítások, így
 - a simítási műveletelemek (az 1.3.3. pontban leírtak szerint);
 - az esztergálási mellékelemek (az 1.3.4. pontban leírtak szerint);
 - a fúrási- és marási mellékelemek (az 1.3.5. pontban leírtak szerint);
 - az elemi mozgásutasítások (az 1.3.6. pontban leírtak szerint).
- Ha $ii_{BEF}>2$, akkor térjen át a soron következő befogás feldolgozására ($i_{BEF}=i_{BEF}+1$).
- Az aktuális befogáshoz ($i_{BEF}=3$) tartozó megmunkálási ténegyed(-ek) behatárolása az alkatrész normál, vagy fordított állásának függvényében
 - ia – a vizsgálandó kontúrszakasz első eleme;
 - ja – a vizsgálandó kontúrszakasz utolsó eleme.
- Ha $ii_{BEF}>2$, akkor ugyanebben a befogásban generáljuk a további (nem nagyolási) műveletelemekhez tartozó megmunkálási utasításokat, így:
 - a simítási műveletelemeket (az 1.3.3. pontban leírtak szerint);
 - az esztergálási mellékelemeket (az 1.3.4. pontban leírtak szerint);
 - a fúrási- és marási mellékelemeket (az 1.3.5. pontban leírtak szerint);
 - az elemi mozgásutasításokat (az 1.3.6. pontban leírtak szerint).
- Ha $ii_{BEF}=4$, akkor áttérünk a soron következő befogás feldolgozására ($i_{BEF}=i_{BEF}+1$).
- Az aktuális befogáshoz ($i_{BEF}=4$) tartozó megmunkálási ténegyed(-ek) behatárolása az alkatrész normál, vagy fordított állásának függvényében:
 - ia – a vizsgálandó kontúrszakasz első eleme;
 - ja – a vizsgálandó kontúrszakasz utolsó eleme.
- Ha $ii_{BEF}=4$, akkor ugyanebben a befogásban generálandók a további (nem nagyolási) műveletelemekhez tartozó megmunkálási utasítások, így:
 - a simítási műveletelemek (az 1.3.3. pontban leírtak szerint);
 - az esztergálási mellékelemek (az 1.3.4. pontban leírtak szerint);
 - a fúrási- és marási mellékelemek (az 1.3.5. pontban leírtak szerint);
 - az elemi mozgásutasítások (az 1.3.6. pontban leírtak szerint).
- A műveletelemek automatikus generálása befejeződött.

1.8.2. MEGMUNKÁLÁSI UTASÍTÁSOK FELDOLGOZÁSÁNAK MENETE

A megmunkálási utasítások feldolgozása alapjául a műveletelemek automatikus generálása során előállított, vagy a programozó-technológus által az alkatrészprogramban előírt megmunkálási utasítások szolgálnak.

A program terjedelmi korlátai miatt **a feldolgozás két modulban történik:**

- **Nagyolási megmunkálási utasítások feldolgozása** (részletes leírás az 1.1.2.-+1.1.9. pontokban található), amely az alábbi csoportosításban történik:
 - Álló szerszámossal nagyoló fúrás jellegű műveletelemek (telibe fúrás, felfúrás, homloksúly-

lyesztés). Eme műveletelemek esetén érvényesül az egy utasítás egy műveletelem-rekord elv.

- A nagyoló esztergálási műveletelemek. A legtöbb nagyolási műveletelemhez rendelt ráhagyási alakzat már nem fér el egy rekordban. E körülményből eredően megszervezendő a nagyolási műveletelemhez tartozó rekordok ideiglenes tárolása. Ennek során megjegyzendő az első és utolsó rekord kulcsa, melyek az aktuális megmunkálási utasításba helyezendők.

- **Nem nagyolási megmunkálási utasítások feldolgozása.**

A nem nagyolási megmunkálási utasítások feldolgozása során állítandó össze a műveletterv a megmunkálási utasítások sorrendjében.

Ebben a modulban a nagyolási megmunkálási utasításokban tárolt kulcsok alapján a nagyolási műveletelemhez tartozó rekordok a végleges helyükre másolandók.

A nem nagyolási megmunkálási utasítások feldolgozása során állítandó össze a műveletterv, azaz a műveletelemi rekordok a megmunkálási sorrendben, továbbá tartalmazza a műveletelemek generálása során elért tervezési eredményeket is.

A **nem nagyolási megmunkálási utasítások feldolgozása** programtechnikai szempontból az alábbi két csoportban történik:

- A **szerszám-pálya kontúrszakaszt tartalmazó rekordok**, melyek az esetek többségében két vagy több rekordban férnek el. A szerszám-pálya geometriai elemeinek leírása hat jellemző (Z, D, R, RZ, RD, RA) ciklikus megadásával biztosítható. Ebbe a csoportba tartoznak ($i_{NN}=1$):
 - a simító esztergálási műveletelemek (SH, SK);
 - a tipizált beszúrások (BKM, BKL, AJ);
 - az elemi mozgásutasítások (EMO).
- A **műveletelemre jellemző paramétereket tartalmazó rekordok**. Ezekre a műveletelemek-re érvényesül az egy utasítás egy rekord elv, idetartoznak ($i_{NN}=2$):
 - egyes felületek simítása (SE);
 - az esztergálási mellékelemek (beszúrások: BH,..., alászúrások: A,..., menetesztorgálások: MEM,..., MES);
 - az állószerszámú nem nagyoló fúrési mellékelemek (KFUR, KSUL, DOR, MFUR);
 - a forgószerszámú fúrési (KFUR, FUR) és marási (HOR, SIK) mellékelemek;
 - a köszörülési műveletelemek;
 - felügyeleti és minőségbiztosítási funkciók.

1.8.2.1. NAGYOLÁSI MEGMUNKÁLÁSI UTASÍTÁSOK FELDOLGOZÁSA

A nagyolási megmunkálási utasítások feldolgozásának fő lépései:

- A bemenő adatok beállítása:
 - i_U - az alkatrész leírásának utolsó geometriai eleme;
 - ii_U - az előgyártmány leírás utolsó geometriai eleme
 - i_{MU} - az első megmunkálási utasítás kulcsa;
 - ii_{MU} - az utolsó megmunkálási utasítás kulcsa;
 - mei - nagyolási műveletelem-rekord RM(mei, 1÷36) ideiglenes tárolási kulcsa (mei=700);
 - i_{BEF} - az aktuális befogás változója ($i_{BEF}=1$).
- A feldolgozandó megmunkálási utasítások ($i_{MU} \leq i \leq ii_{MU}$), $i=i_{MU}$:
 - fúrásra vonatkozó utasítás kikeresése, melynek feltétele

$$N0=R(i, 22), k=0: \quad (1.8)$$

$$\text{ha } 22 \leq R(i, 2) \leq 27, \text{ akkor } k=1$$

$$\text{▪ ha } k=0 \text{ és } i=ii_{MU}, \text{ akkor feldolgozás befejeződött;} \quad (1.9)$$

- ha $k=0$, akkor vegye a következőt $i=i+1$ és menjen vissza az (1.8) összefüggés vizsgálatára;
- forgó szerszámos fúrási utasítások kizárása;
- ha $N^0 > 0$ és az N^0 azonosítóval rendelkező alkatrész-kontúr elemnél ($A(ii, 1) = N^0$) teljesül a $A(ii, \text{Típus}) > 20$, akkor $k=0$, és menjen vissza az (1.9) összefüggés vizsgálatára.
- Fúrási utasítás feldolgozása (részletes leírás az 1.1.7. pontban), $k=0$, és menjen vissza az (1.9) összefüggés vizsgálatára.
- Nagyoló esztergálásra vonatkozó utasítás kikeresése, melynek feltétele: ha $31 \leq R(i, 2) \leq 39$, akkor $k=1$
 - ha $k=0$ és $i=i_{MU}$, akkor feldolgozás befejeződött;
 - ha $k=0$, akkor vegye a következőt a $i=i+1$ és menjen vissza az (1.8) összefüggés vizsgálatára.
- A műveletelem típusa a megmunkálási utasítás típusából állítható elő. Az esztergálási műveletelem belső vagy külső jellegét a felületazonosító megmunkálási térnegyedbeli helyzete határozza meg. A műveletelem típus (i_{TIP}) lerakása $R(i, 2) = i_{TIP}$.
- A megmunkálási utasítás típusa $R(i, 2)$ és a megmunkálási helyekre vonatkozó előírásai $R(i, 19 \div 23)$ alapján meghatározandók a metsző-egyenesek típusai (HOR1,..., KUP2). A metsző elemek kanonikus alakjába az előírt, vagy egyéb úton meghatározott geometriai elemek jellegzetes méretei (abszcissza, vagy ordináta és/vagy hajlásszög) épülnek be (részletes leírása az 1.1.2.÷1.1.4. pontokban).
- A metszéspontok meghatározásának előkészítése. Az előgyártmány kontúrszakasz első és utolsó határelemének, továbbá a kontúron való körbejárás irányának beállítása a műveletelem típusa és a megmunkálási térnegyede alapján.
- A metszéspontok meghatározása (lásd az 1.1.5. pontban leírtakat):
 - az első metszéspont $MP1(Z_1, D_1)$ az első metsző-egyenes és a vizsgált kontúrelem metszódéseként határozható meg (ha az rajta van geometriai elemen), egyébként folytatandó a következő kontúrelem vizsgálatával. Sikeres metsződés esetén rögzítendő a kontúrelem sorszáma (i_E), egyébként a feldolgozás hibaüzenettel leáll.
 - az első metszésponthoz hasonlóan meghatározandó a második metszéspont $MP2(Z_2, D_2)$, továbbá rögzítendő a metszett kontúrelem sorszáma (j_E).
- A nagyolási műveletelem-rekord $RM(mei, 1 \div 36)$ összeállítása és tárolása (a ráhagyási alakzat összeállításának részletes leírása az 1.1.6. pontban található):
 - nagyolási műveletelem-rekord generálása ($mei=mei+1$), első rekord kulcsa ($me_E=me1$), a megmunkálási utasítások átmentése $RM(mei, 1 \div 16) = R(i, 1 \div 16)$, ráhagyási pontok számának változója ($i_{RP}=1$)
 - ráhagyási alakzat kezdőpontjának (Z, D) meghatározása, lerakási hely ($i_H=19$), lerakása $RM(mei, i_H)=Z, RM(mei, i_H+1)=D$;
 - ha $i_{RA}=0$ és $A(i_A, 2)=3$ vagy 4, akkor $i_{RA}=50$ (elem felhúzása szükségtelen);
 - szerszámtúlfutást megengedő, vagy a felhúzást tiltó változó lerakása $RM(mei, i_H+5)=i_{RA}$.
 - a munkadarab oldali kontúrszakasz elemeiből (i_A -tól (j_A)-ig), adott körbejárási irány ($ii=i_E$ vagy $ii=i_V$) szerint:
 - az $A(j, \dots)$ tömb megfelelő oszlopaiból az alábbi geometriai jellemzők (Z, D, R, RZ, RD, RA) beállítása;
 - a ráhagyási pontok száma ($i_{RP}=i_{RP}+1$), lerakási hely ($i_H=i_H+6$) változójának a léptetése; (1.10)
 - ha $i_{RP}=4$ vagy $\text{mod}((i_{RP}-4)/6)=0$, akkor egy követő rekord generálása $mei=mei+1, me_V=mei, RM(mei, 1)=-1, i_H=2$;
 - a geometriai jellemzők lerakása a műveletelem-rekordba $RM(mei, i_H \div i_H+5)=(Z, D, R, RZ, RD, RA)$;

- ha $j < j_A$, akkor vegye következő elemet $j = A(j, ii)$ és menjen vissza a (3) szintre;
- a másik metszéspont (Z, D) beállítása,
 - ráhagyási pontok száma ($i_{RP} = i_{RP} + 1$)-, lerakási hely ($i_H = i_H + 6$) változójának a léptetése;
 - ha $i_{RP} = 4$ vagy $\text{mod}((i_{RP} - 4)/6) = 0$, akkor egy követő rekord generálása $mei = mei + 1$, $me_V = mei$, $RM(mei, 1) = -1$, $i_H = 2$;
 - a geometriai jellemzők lerakása a műveletelem-rekordba $RM(mei, i_H) = Z$, $RM(mei, i_H + 1) = D$;
 - ha $i_{ra} = 0$ és $A(j_A, 2) = 3$ vagy 4 , akkor $i_{RA} = 50$ (elem felhúzása szükségtelen);
 - szerszámtúlfutást megengedő, vagy a felhúzást tiltó változó lerakása $RM(mei, i_H + 5) = i_{RA}$;
- az előgyártmány oldali kontúrszakasz elemeiből (i_E -től (j) j_E -ig), adott körbejárási irány ($ii = i_E$ vagy $ii = i_V$) szerint:
 - az $E(j, \dots)$ tömb megfelelő oszlopaiból az alábbi geometriai jellemzők (Z, D, R, RZ, RD, RA) beállítása;
 - a ráhagyási pontok száma ($i_{RP} = i_{RP} + 1$)-, lerakási hely ($i_H = i_H + 6$) változójának a léptetése; (1.11)
 - ha $i_{RP} = 4$ vagy $\text{mod}((i_{RP} - 4)/6) = 0$, akkor egy követő rekord generálása $mei = mei + 1$, $me_V = mei$, $RM(mei, 1) = -1$, $i_H = 2$;
 - a geometriai jellemzők lerakása a műveletelem-rekordba $RM(mei, i_H + i_H + 5) = (Z, D, R, RZ, RD, RA)$;
 - ha $j < j_E$, akkor vegye következő elemet $j = E(j, ii)$ és visszamegyünk az (4) szintre;
- az adott nagyolási műveletelem első és utolsó rekordkulcsának lerakása az aktuális megmunkálási utasítás rekordjába $R(i, 4) = me_E$, $R(i, 5) = me_V$.
- Az aktuális megmunkálási utasítás feldolgozása befejeződött.
- Az előgyártmány kontúr módosítása (részletes leírását lásd az 1.1.8.pontban):
 - körbejárási iránynak megfelelő metszéspont kiválasztása és metszet előgyártmány kontúrelem kezdő vagy végpontjának módosítása;
 - a metszett nagyolt kontúrszakasz ($i_A + j_A$) beépítése az előgyártmány kontúrba, kontúrelemek összeláncolásával, továbbá az első (i_A) és utolsó (j_A) kontúrelem megfelelő pontjának módosítása a megfelelő metszéspont értékeivel.
- A tervezési eredmények interaktív megjelenítése (lásd az 1.2. pontot):
 - az aktuális műveletelem szöveges azonosítása;
 - alkatrészkontúr;
 - nagyolási ráhagyási alakzat;
 - módosított előgyártmány kontúr;
 - vizuális ellenőrzés után a feldolgozás folytatásának engedélyeztetése (negatív válasz esetén a feldolgozás leáll, és a rendszer visszatér a főmenübe).
- Ha $i \leq ii_{MU}$, akkor $i = i + 1$ és menjen vissza az (1.8) összefüggés vizsgálatára.
- A nagyolási megmunkálási utasítások feldolgozása befejeződött.

1.8.2.2. NEM NAGYOLÁSI MEGMUNKÁLÁSI UTASÍTÁSOK FELDOLGOZÁSA

A nem nagyolási megmunkálási utasítások feldolgozásának fő lépései:

- A bemenő adatok beállítása:
 - i_U - az alkatrész leírásának utolsó geometriai eleme;
 - ii_U - az előgyártmány leírás utolsó geometriai eleme
 - i_{MU} - az első megmunkálási utasítás kulcsa;

- ii_{MU} – az utolsó megmunkálási utasítás kulcsa;
 - mei –műveletelem-rekord $RM(me_i, 1 \div 36)$ tárolási kulcsa ($me_i=600$);
 - ii_{BEF} – az aktuális befogás változója ($i_{BEF}=1$).
- A feldolgozandó megmunkálási utasítások ($i_{MU} \leq i \leq ii_{MU}$), $i=i_{MU}$.
 - Az adott megmunkálási utasítás (i) feldolgozása a műveletelem típusa ($i_{TIP}=R(i, 2)$) szerint: (1.12)
 - álló szerszamos nagyoló fúrás jellegű műveletelem (telibe fúrás, felfúrás, homloksúlylyesztés) esetén:
Ha $i_{TIP}>300$, akkor , a megmunkálási utasításrekord $R(i, 1 \div 36)$ lerakása az $me_i=me_i+1$ kulcs alatt, majd a következő utasítás vizsgálata az (1.12) szinten;
 - nagyoló műveletelem esetén:
Ha $i_{TIP}>100$, akkor az adott nagyolási műveletelem első és utolsó rekordkulcsának beállítása az aktuális megmunkálási utasítás rekordjából $me_E=R(i, 4)$, $me_V=R(i, 5)$. Az $me_E \leq jj \leq me_V$ kulcsok alatt tárolt rekordok átmásolása a műveletelem rekordjai közé az $me_i=me_i+1$ kulccsal kezdve és minden további rekordnál újabb léptetéssel, majd a következő utasítás vizsgálata az (1.12) szinten.
 - A nem nagyolási megmunkálási utasítások feldolgozása. a műveletelem típusa (i_{TIP}) a megmunkálási utasítás típusából ($ii_{TIP}=R(i, 2)$) állítható elő az alábbiak szerint:
 - a műveletelemek típusa (belső vagy külső jellege)
 - esztergálási műveletelemek (simítások, beszúrások, menetesesztergálások) esetében a felületazonosító megmunkálás térnegyedbeli helyzete határozza meg;
 - elemi mozgásutasítások (EMO) esetében a kötelezően megadott megmunkálási tér-negyede határozza meg;
 - a fúrási és marási műveletelemek típusába az álló-, ill. forgószerszám jellege építendő be.
 - a felügyeleti és minőségbiztosítási funkciók esetén a megmunkálási utasítás típuskódja változatlanul marad.
A műveletelem típus (i_{TIP}) lerakása $R(i, 2)=i_{TIP}$.
A nem nagyolási megmunkálási utasítások feldolgozása az alábbi csoportosítás szerint történik:
 - simító esztergálási műveletelemek (SH, SK, SE,);
 - elemi mozgásutasítások (EMO);
 - tipizált beszúrások (BKM, BKL, AJ);
 - esztergálási mellékelemek (beszúrások: BH, BK, alászúrás A, menetesesztergálások: MEM,..., MES);
 - beszúrások, alászúrások, menetesesztergálások (BH,..., A, AJ,...,MEM,..., MES);
 - forgószerszámmal történő fúrások és marások (KFUR, FUR, HOR, SIK);
 - köszörülési műveletelemek;
 - felügyeleti és minőségbiztosítási funkciók.
 - A simító esztergálási műveletelemek (SH, SK,) és elemi mozgásutasítások (EMO) feldolgozása:
 - ha $ii_{TIP}=40$, vagy $ii_{TIP} \leq 41$ vagy $ii_{TIP}=30$, akkor
a simítási kontúrszakasz első (iA) és utolsó (jA) geometriai elem sorszámának meghatározása az elem azonosító alapján. A körbejárési irány és a geometriai elem jellemző méretei (kezdő- vagy végpontja) a műveletelem típusa és a megmunkálási tér-negyed alapján állítható be.
 - A tipizált beszúrások (BKM, BKL, AJ) feldolgozása
 - ha $ii_{TIP}=8$, vagy $ii_{TIP} \leq 10$ vagy $ii_{TIP}=13$, akkor
a simítási kontúrszakasz első (iA=1) és utolsó (jA=5) geometriai elem az AA(6,6) segéd tömbben. Kezdőpont KP(Z, D) és végpont VP(Z, D) beállítása (j=2).

- a simítási műveletelem-rekord $RM(me_i, 1 \div 36)$ összeállítása és tárolása (a simítási szerszám pálya összeállításának részletes leírása az 1.3.1. pontban található):
 - simítási műveletelem-rekord összeállítása ($me_i = me_i + 1$), első rekord kulcsa ($me_e = me_i$), a megmunkálási utasítások átmentése $RM(me_i, 1 \div 16) = R(i, 1 \div 16)$, ráhagyási pontok számának meghatározása (változója $i_{RP} = 1$);
 - kezdőpont $KP(Z, D)$ meghatározása, lerakási hely ($i_H = 19$), a simítási művelet-elem-rekordba történő elhelyezése $RM(me_i, i_H) = Z$, $RM(me_i, i_H + 1) = D$.
- A kontúrszakasz elemeiből (i_A -tól (j) j_A -ig), adott körbejárási irány ($ii = i_e$ vagy $ii = i_v$) szerint:
 - az $A(j, \dots)$ ill. $AA(j, \dots)$ tömb megfelelő oszlopaiból az alábbi geometriai jellemzők (Z, D, R, RZ, RD, RA) beállítása;
 - a ráhagyási pontok száma ($i_{RP} = i_{RP} + 1$), lerakási hely ($i_H = i_H + 6$) változójának a léptetése az (1.3) szintre;
 - ha $i_{RP} = 4$ vagy $\text{mod}((i_{RP} - 4)/6) = 0$, akkor egy követő rekord generálása $me_i = me_i + 1$, $meV = me_i$, $RM(me_i, 1) = -1$, $i_H = 2$;
 - ha $j = j_A$, akkor szerszámtúlfutás beállítása $RA = i_{RA}$;
 - a geometriai jellemzők lerakása a műveletelem-rekordba $RM(me_i, i_H \div i_H + 5) = (Z, D, R, RZ, RD, RA)$;
 - ha $j < j_A$, akkor vegye következő elemet $j = A(j, ii)$, ill. tipizált beszúrások esetén $j = j + 1$ és visszamegyünk az (1.3) szintre.
- A végpont $VP(Z, D)$ beállítása, lerakása
 - ráhagyási pontok száma ($i_{RP} = i_{RP} + 1$), lerakási hely ($i_H = i_H + 6$) változójának a léptetése;
 - ha $i_{RP} = 4$ vagy $\text{mod}((i_{RP} - 4)/6) = 0$, akkor egy követő rekord generálása $me_i = me_i + 1$, $meV = me_i$, $RM(me_i, 1) = -1$, $i_H = 2$;
 - a geometriai jellemzők lerakása a műveletelem-rekordba $RM(me_i, i_H) = Z$, $RM(me_i, i_H + 1) = D$.
- A simító esztergálási műveletelemek (SH, SK), az elemi mozgásutasítások (EMO), a tipizált beszúrások (BKM, BKL, AJ) feldolgozása befejeződött, majd a következő utasítás vizsgálata az (1.10) szinten.
- Az összes többi utasítás ($i_{NN} = 2$) feldolgozása:
 - ha $ii_{TIP} \geq 43$, akkor a felügyeleti és minőségbiztosítási műveletelem-rekord összeállítása ($me_i = me_i + 1$), a megmunkálási utasítások átmentése $RM(me_i, 1 \div 16) = R(i, 1 \div 16)$, majd a következő utasítás vizsgálata az (1.13) szinten;
 - ha $18 \geq ii_{TIP} \geq 29$, akkor álló- és forgószerszám fúrás, továbbá marás (HOR, SIK) mellékelemekhez tartozó műveletelem-rekordok összeállítása ($me_i = me_i + 1$), a megmunkálási utasítások átmentése $RM(me_i, 1 \div 16) = R(i, 1 \div 16)$, műveletelem jellemzők (megmunkálási hely, forgácsolás kezdő és végpontja, műveletelem ismétlésének száma, stb.) meghatározása, majd áttérés a következő utasítás vizsgálatára az (1.13) szinten;
 - egyes felületek simítása (SE) és az esztergálási mellékelemek (beszúrások: $BH, \dots$, alászúrások: $A, \dots$, menetesztergálások: $MEM, \dots$, MES) feldolgozása. Vegye az első előírt azonosítót $jj = 22$; $N^0 = R(i, jj)$;
 - a feldolgozandó elem sorszámának (j) meghatározása az utasításban előírt elem azonosító alapján (ahol $A(j, 1) = N^0$) (2)
 - műveletelem-rekord összeállítása ($me_i = me_i + 1$), a megmunkálási utasítások átmentése $RM(me_i, 1 \div 16) = R(i, 1 \div 16)$. Műveletelem jellemzők (lásd az 1.2. táblázat megfelelő oszlopában levő feltüntetett adatokat, így a forgácsolás kezdő és végpontját, beszúrás mélységét és szélességét, menetemelkedést, művelet-

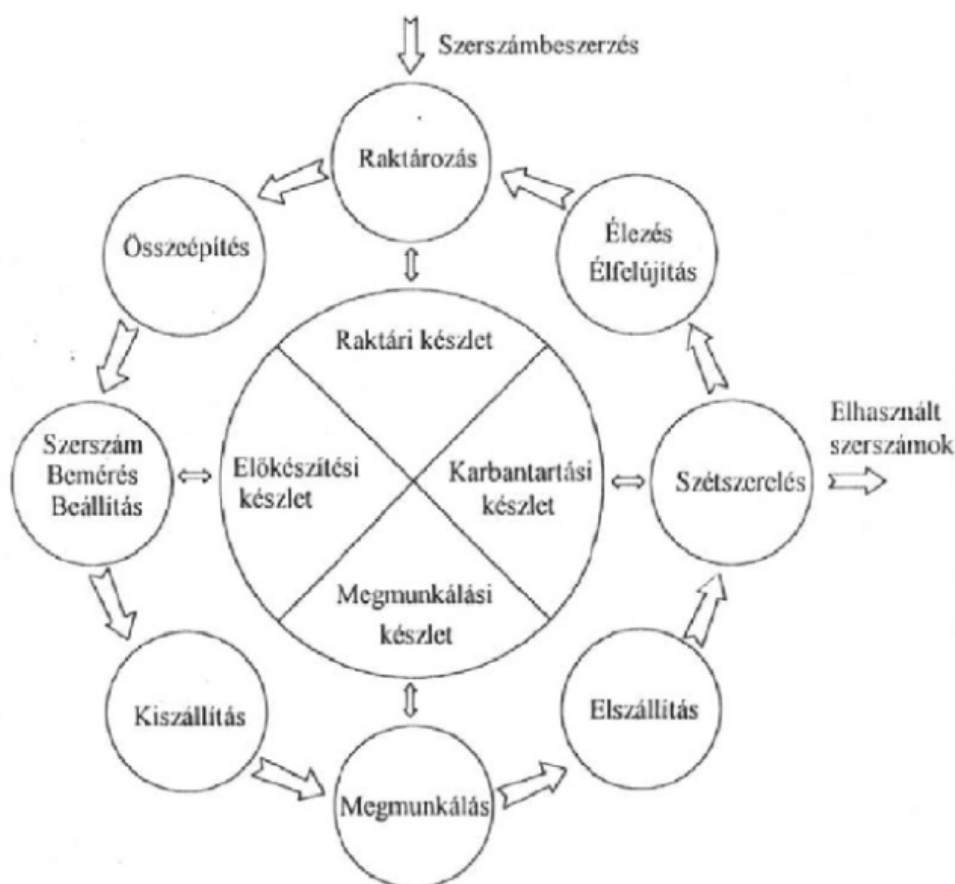
- elem ismétlésének számát, stb.) meghatározása az alkatrész kontúrban található fő ill. mellékelem adatai alapján $A(j, 1 \div 21)$.
- vegye a soron következő azonosító vizsgálatát $j=j+1$, $N^0=R(i, jj)$; ha $N^0>0$, akkor menjen vissza az (1.2) vizsgálati szintre.
 - Az adott SE vagy esztergálási mellékelem feldolgozása befejeződött.
 - Ha $i < i_{MU}$, akkor vegye a következő feldolgozandó utasítást $i=i+1$ és menjen vissza az (1.1) összefüggés vizsgálatára (1.13)
 - A megmunkálási utasítások feldolgozása befejeződött

2. INTERAKTÍV ÉS AUTOMATIKUS SZERSZÁMVÁLASZTÁS

A magasan automatizált CNC gépek, megmunkáló központok, gyártórendszerek gazdaságosan nem működhetnek jól szervezet szerszámellátás nélkül [4], [10], [42], [76], [78].

A forgácsoló üzemek szerszámgazdálkodásának szervezése, a szerszámok felhasználásának, alkalmazhatóságuk sokrétűségének figyelemmel kísérése speciális szoftvermegoldásokat (TMS - Tool Management System, TDM - Tool Data Management, stb.) igényelnek.

A szerszámellátási folyamat főbb területei a 2.1. ábrán láthatók [61]. A szerszámválasztás, szerszámtervezés információi alapján történhet a szerszámbeszerzés, szerszámraktárból kivett elemekből történik a szerszámok összeszerelése, beállítása és bemérése, kiszállítása, majd a szerszámgép szerszámtárába való fogása. A szerszám elhasználódása után a szerszámot szétszerelik, a hibás szerszámokat selejtezik, míg a kopottakat újraéleztik, s a felújított szerszámok visszakerülnek a szerszámellátás folyamatába.



2.1. ábra. A szerszámellátási folyamat főbb területei [61]

A számítógéppel segített szerszámválasztás (CA Tool Selection) szükségességét indokolja:

- egyrészt a CAD, CAPP, CAM, CAQA, stb. alrendszerek gyors terjedése és azok széles körű integrációja;
- másrészt a szerszámválaszték hihetetlen gyors bővülése, a felhasználható szerszámanyagok körének növekedése, továbbá az új bevonattalási módszerek robbanásszerű térhódítása.

A szerszámválasztás során használt módszerek és alkalmazási jellemzőjük:

- kézi szerszámválasztás szerszámkatalógusok, kézikönyvek alapján gyakorlati tapasztalatokra épülő heurisztikák (ököl szabályok) alkalmazása révén;
- CAPP rendszerekben alkalmazott szoftverek esetén:
 - szerszámválasztás a rendszer adatbázisából történik;
 - szerszámválasztás a szerszámazonosító előírásával;
 - automatikus szerszámválasztás generatív módszerrel (a gyártási feladat végrehajtásához legjobban megfelelő szerszám meghatározása);
 - tudásreprezentációs technikák felhasználása (döntési fa, döntési táblázat, táblázatos algoritmus, alkalmazói nyelv beállítása, stb.)
- CAD-CAM ill. szerszámgyártók önálló rendszereiben alkalmazott szoftverek esetén:
 - A szerszámválasztás az intelligens elektronikus katalógus (IEC) használatával történik;
 - A szerszámválasztás interaktív, tudásreprezentációs technikák felhasználásával:
 - párbeszéd a felhasználóval:
 - a technológiai feladat tisztázása;
 - a megmunkálási körülmények megadása;
 - tudásreprezentációs technikák felhasználása (döntési fa, strukturált szemantikus háló, döntési táblázat, stb.);
 - szabályalapú megoldáskeresés.
 - A választott szerszámhoz ún. induló forgácsolási adatok felajánlása.

A számítógéppel segített szerszámválasztás (CA Tool Selection) jellegzetes rendszerei:

- szerszámválasztás Online termékkatalógus alapján (pl. CoroGuide Web, GARANT ToolScout, stb.);
- interaktív szerszámválasztás CAD-CAM rendszerekhez (pl. Edge-Cam, SURFCAM, stb.);
- automatikus szerszámválasztás CAPP rendszerekhez.

2.1. INTERAKTÍV SZERSZÁMVÁLASZTÁS ONLINE TERMÉKKATALÓGUS ALAPJÁN

A szerszámválasztás a [8] jegyzetben leírt manuális módszernél ismertetett módszerre épül. A szerszámkeresés történhet:

- az alkalmazási terület szerint, azaz egy adott technológiai feladat (pl. műveletelem) teljesítéséhez szükséges komplett (kés, lapka és szerszámtartó) szerszám meghatározása céljából (későbbiekben részletesen e módszert ismertetjük);
- a szerszámelemek megrendeléséhez szükséges azonosítók meghatározásához.

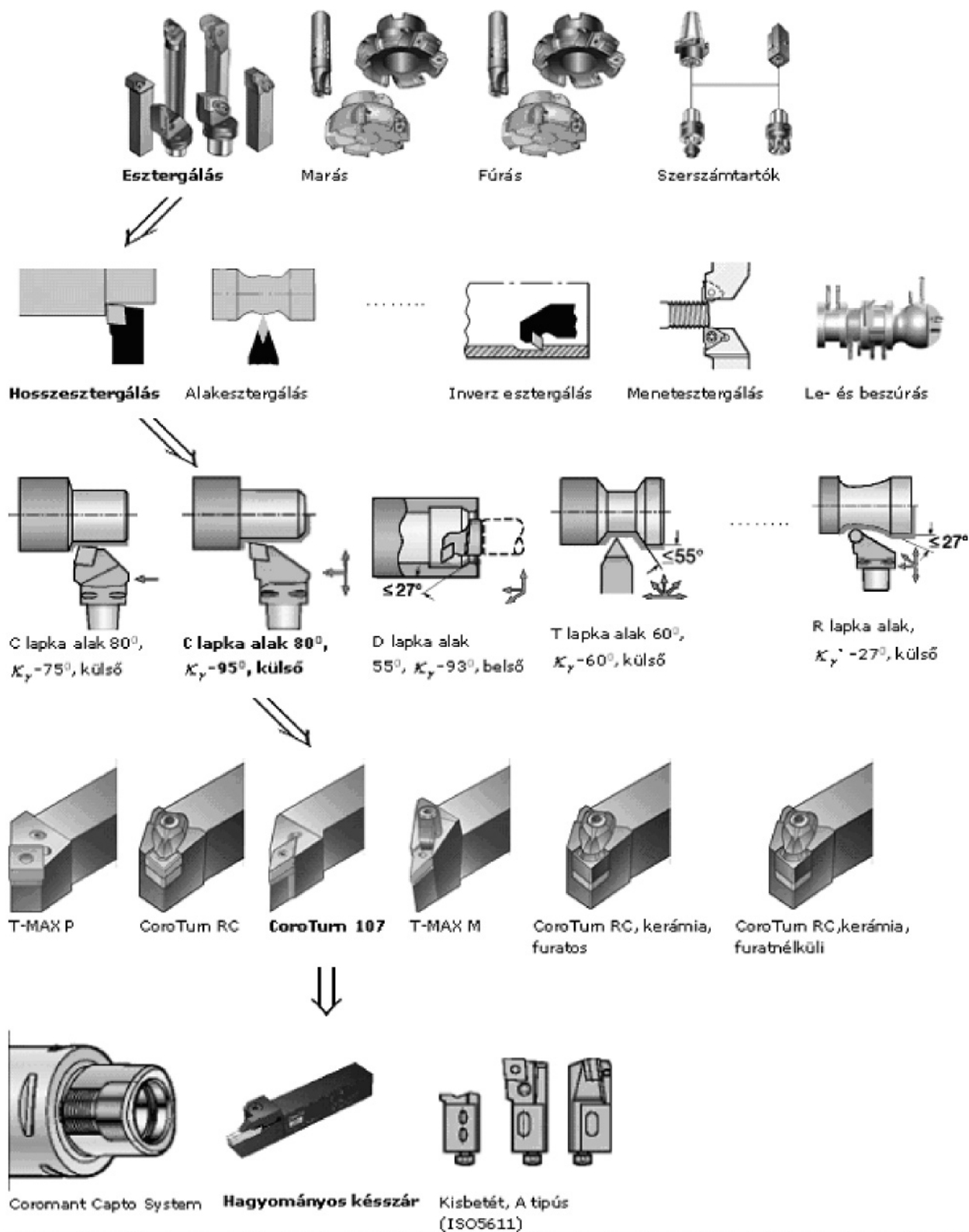
A szoftver vezérli a szerszámválasztás menetét, előkészíti a szoba jöhető alkalmazási eseteket (választási lehetőségeket kínál), a felhasználó dönt (kiválasztja, szűkíti a szerszámelemek választékát). Továbbiakban a Sandvik Coromant és a Hoffmann Group cégek szerszámválasztást, támogató rendszereit mutatjuk be.

2.1.1. CORO GUIDE WEB INTERAKTÍV SZERSZÁMVÁLASZTÓ RENDSZER

A szerszámválasztás menetének lépései [29]:

- A szerszámkeresés tárgyának kijelölése (lásd a vastag betűkkel szedett kiemelést ill. a megfelelő képre klikkelve): **(az alkalmazási terület szerint; termék szerint)**.
- A megmunkálási eljárás területének kijelölése (lásd a 2.2. ábrát: **esztergálás**; furás; marás; alapszerszámtartó rendszer). A **felhasználó feladata** a szerszám alapvető alkalmazási területének kiválasztása.

- A kés alkalmazási területének kiválasztása: (**külső hosszsztergáláshoz**; külső alakos hosszsztergáláshoz; külső letöréshez, beszúráshoz, oldalazáshoz; furat hosszsztergáláshoz; stb.), melyet a felhasználó végez.



2.2. ábra. Esztergálás választásának fő lépései [29]

- A késtípus választása a lapkaalak, a főél- és mellékél elhelyezési szöge szerint (C alakú, 80°-s rombuszlapka, 75°-s főél elhelyezési szöggel; **C alakú, 80°-s rombuszlapka, 95°-s főél elhelyezési szöggel**; D alakú, 55°-s rombuszlapka, 93°-s főél elhelyezési szöggel; stb.). A **felhasználó feladata** az adott műveletlem kialakításához szükséges főél- és mellékél elhelyezési szöggel bíró szerszámtípus kijelölése.
- Késválasztás a lapka rögzítési rendszere szerint (pl. T-MAX P, Coro Turn RC, **Coro Turn 107**, T-MAX M, stb.).
A **felhasználó feladata** az adott gyártási körülményekhez (a munkadarab alakjának, befogásának merev-labilis jellegéhez, a műveletlem külső-belső elhelyezkedéséhez, a műveletlem típusához – hosszesztergáláshoz, beszúráshoz, menetesztergáláshoz -, valamint a lapka pozitív-negatív voltához, stb.) alkalmazandó legkedvezőbb rögzítési módnak (C, D, M, P, S) a kiválasztása.
- Késválasztás a késszár befogásának módja szerint (pl. Coromant Capto rendszer, **négyszög keresztmetszetű**, ISO5611 A típusú kisbetét). A szerszámgépen alkalmazott szerszámhordozók konstrukciós kialakításától, felszerszámozási rendszertől függően kell az esztergakés befogásának módját meghatározni.
- Az előzőekben ismertetett szerszámválasztási feltételeknek megfelelő kések választéka (74 db, melyek a kések jellemzői alapján csökendők).

A kések jellemzésére szolgáló adatok specifikációja:

- késszár azonosító kódja (pl. SCLCR 1616K 12);
- kés kivitele (jobbos, balos, semleges);
- súly (információs adat);
- késszár szélessége b ;
- kés keresztirányú mérete f_1 ;
- homlokszög γ_n ;
- lapka azonosító kódja (pl. CNMG 120408);
- késszár magassága h ;
- vezérelt méret magassága h_1 ;
- f_1 méret növelt értéke h_{5r} ;
- lapka él-hossza;
- főél elhelyezési szöge κ ;
- kés teljes hossza l_1 ;
- kés bázis hossza l_3 ;
- terelő szög λ .

A késszárok adatai rendezett formában - azaz először a jobbos kivitelű kések növekvő szárkeresztmetszettel és lapka él-hosszal - következnek.

Az **adott késválasztékból a szerszámválasztás** az alábbi szempontok szerint hajtható végre:

- A kés kivitelét (jobbos, balos, semleges) a megmunkálási pozícióban elfoglalt (főorsó előtti vagy mögötti) helyzete, továbbá az előtolás iránya (pl. hosszesztergálás esetén normál vagy inverz megmunkálás) határozza meg.
- A késszár befogási méreteit (szélesség, magasság, hossz) a gépre fogható szerszám ill. szerszámtartó csatlakozási jellemzői határozzák meg. Törekedjünk az adott megmunkálási feltételeknek megfelelő legmerevebb szerszám kiválasztására.
- A lapka homlokszögét elsősorban a munkadarab anyagminősége és merevsége határozza meg.
- Ha az adott szárkeresztmetszetű késbe több él-hosszúságú lapka is fogható, akkor válasszuk a nagyobb lapkához tartozó késszárat.
- A lapka csúcscsugara legyen egyenlő vagy kisebb, mint a műveletlem-kontúrban előírt legkisebb (belső sarokban levő) lekerekítés.

Az adott késválasztékból válasszuk a **SCLCR 1616K 12** azonosítójú esztergaszerszámot.

- A forgácsoló típusának és a lapka anyagminőségének kiválasztása elsődlegesen a megmunkálendő anyag ISO szerinti főcsoportja (P, M, K, N, S, H) és a megmunkálási eljárás (**esztergálás**) alapján történik, e feltételeknek 475 lapka felel meg.

A lapkák adatai rendezett formában következnek, azaz adott lapka anyagminőséghez tartozó lapkák növekvő él-hosszúsággal, lapkavastagsággal, csúcscsúgaral, majd a szabványos csúcscsúgarú, ezt követően a Wiper kialakítású lapkák, továbbá a forgácsoló típusa finom, simító, nagyoló sorrendben követik egymást.

Az adott lapkaválasztékból a lapkaválasztás az alábbiak szerint hajtható végre:

A lapkaválasztékban megkeressük a korábban meghatározott **CNMG 120408** lapkát, majd a simító megmunkáláshoz **PF forgácsoló típust** és **4215** lapka anyagminőséget választunk.

- A szerszámválasztás után kerül sor az adott szerszámhoz ajánlott forgácsolási adatok meghatározására. Az ajánlott forgácsolási adatok meghatározásához simító esztergálás esetén az alábbi adatok megadása szükséges (lásd a 2.1. táblázatot):

National standard			Cutting data recommendation		
DIN			Cutting speed (vc): 377 m/min		
Denomination		Hardness	Spindle speed (n): 2000 rpm		
C45_N		190 HB	Metal removal rate (Q): 38 cm³/min		
Insert grade/geometry			Time per pass (Tc): 0.28 min		
4215 Conventional			Net power (Pc): 2.2 kW		
Parameters (choose either fn, hex or hm)					
Entering angle: (α _r)		95°	Maximum profile height (Rt): 1.6 μm		
Nose radius (re):		.8 mm	Average roughness (Ra): 0.32 μm		
Feed (fn):		0.10 mm/r	Root mean square roughness (RMS): 0.35 μm		
Maximum chip thickness (hex):		0.10 mm			
Average chip thickness (hm):		0.07 mm			
Cutting depth (ap):		1 mm			
Machined diameters (Dm1,Dm2):		60 mm			
Axial length of cut (lz):		56 mm			
Max RPM:	Toollife:	Number of passes (nap):			
2000	15.0	54			

2.1. táblázat. Ajánlott forgácsolási adatok

- **Bemenő adatok** (a táblázat bal oldalán):
 - A megmunkálendő anyaggal kapcsolatos jellemzők:
 - a nemzeti anyagszabvány kiválasztása (pl. **DIN**);
 - az anyagminőség típusjele (pl. **C45 N**);
 - lapka anyagminősége (pl. **4215**);
 - A megmunkálási feltételek leírása:
 - főél elhelyezési szöge (pl. **95°**);
 - lapka csúcscsúgar (pl. **0.8 mm**);
 - előtolás (pl. **0.1 mm/ford.**) és fogásmélység (pl. **1 mm**);
 - megmunkálási átmérők (pl. **60 mm**);

- ☐ megmunkálási hossz (pl. **56 mm**);
- ☐ max. fordulatszám (pl. **2000 ford./perc**);
- **Kijövő adatok** (ajánlott forgácsolási adatok a táblázat jobb oldalán):

Az adott szerszámhoz és megmunkálási körülményekhez ajánlott forgácsolási adatok:

 - ☐ forgácsolósebesség;
 - ☐ fordulatszám;
 - ☐ anyagleválasztási sebesség ;
 - ☐ max. profil magasság;
 - ☐ átlagos érdesség, stb.

Az esztergakések választásához hasonlóan történik a **fúró- és marószerszámok meghatározása** is, melynek fő lépései:

- fúró (mélyfúró, fúrófej, keményfém lapkás fúró, stb.) ill. maró (általános, speciális, stb.) alkalmazási területének kiválasztása;
- fúró (sima fúrat, lépcsős fúrat, stb.) ill. maró (homlokmarás, horonymarás, fúratmarás, menetmarás, stb.) választás műveletelemhez;
- fúró- ill. marótípus szerinti választás;
- fúró- ill. maróválasztás a szerszámcsatlakoztatás szerint;
- az előzőekben rögzített elvárásoknak megfelelő szerszámválasztékból való keresés a szerszám főméretei szerint (átmérő, hossz, főél elhelyezési szöge, stb.);
- az adott szerszám alkalmazásához ajánlott forgácsolási paraméterek meghatározása.

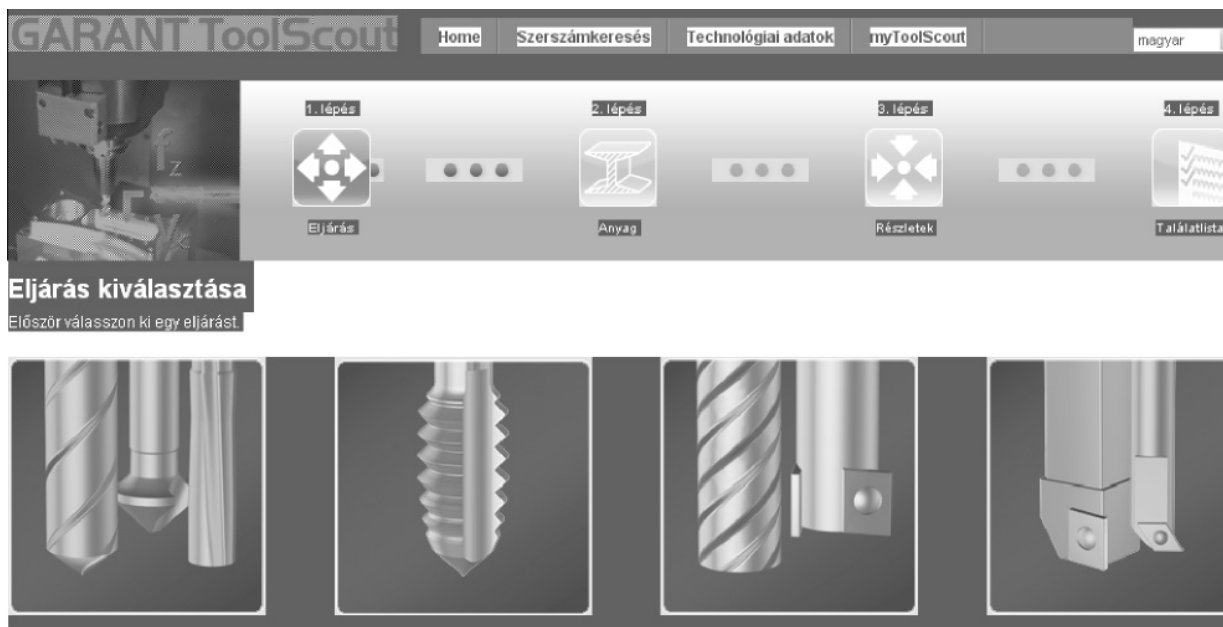
Szerszámtartók választásának menete:

- a szerszámtartó típusának kijelölése a géphez történő csatlakoztatás (ISO, DIN, MAS, VDI, stb.) szerint;
- a szerszámtartó típusának kijelölése a szerszámhoz történő csatlakoztatás szerint;
- az előzőekben rögzített elvárásoknak megfelelő szerszámválasztékból való keresés a csatlakoztató méretek szerint (átmérő, hossz, stb.).

2.1.2. GARANT TOOLSCOUT INTERAKTÍV SZERSZÁMVÁLASZTÓ RENDSZER

A szerszámválasztás menetének lépései [51]:

- 1. lépés** (2.3. ábra): forgácsoló eljárás kiválasztása (fúrás, menetmegmunkálás, marás, **esztergálás**);
- 2. lépés** (2.4. ábra): megmunkálandó anyag beazonosítása:
 - GARANT anyagfőcsoport megjelölése;
 - P – ötvözetlen, nemesíthető acélok $< 700 \text{ N/mm}^2$;
 - **P – ötvözetlen, nemesíthető acélok $700\text{-}850 \text{ N/mm}^2$;**
 - P – ötvözetlen, nemesíthető acélok $850\text{-}1000 \text{ N/mm}^2$;
 - anyagminőség megjelölésének szabványa (pl. **DIN**);
 - anyagminőség kiválasztása (...C40, **C45**, C50, C55, ..,stb);
 - anyagminőséghez tartozó keménység (a rendszer szolgáltatja);



2.3. ábra. Választható forgácsoló eljárások [51]

Anyagkiválasztás

Válasszon ki először egy anyagcsoportot, majd a szabvány vagy a gyártói jelölés alapján egy konkrét anyagot. Szabad szöveges keresést is alkalmazhat egy anyag kiválasztásához. Kérjük, vegye figyelembe, hogy néhány anyagcsoporthoz nem léteznek szabvány szerinti anyagok. Ekkor kattintson a „Gyártó megnevezése” pontra.



2.4. ábra. Megmunkálendő anyag azonosítása [51]

3. lépés (2.5. ábra): alkalmazás és megmunkálási feladat megadása:

- alkalmazás területe (oldalazás, **hosszesztergálás**, furatesztergálás, be- és leszúrás);
- megmunkálási feladat leírása (D_a - megmunkálási átmérő, a_p - fogásmélység, l-megmunkálási hossz, kés kivitele: jobbos);
- a lapka ISO szerinti jellemzői (2.6. ábra):
 - lapkaalak (C, **D**, K, S, T, V, W);
 - hátszög (C, **N**);
 - tűrés (**G**, M);
 - rögzítési mód (D, M, P, **S**);
 - él-hossz (9, **12**, 16);
 - vastagság (**04**, 06);
 - csúcsgár (04, **08**, 12);

Alkalmazás és megmunkálási feladat

Kérjük, válasszon egy alkalmazást, és adja meg a szükséges értékeket



Megmunkálási feladat

Da maróátmérő (Dc) [mm]*:

100

ap fogásmélység [mm]*:

4

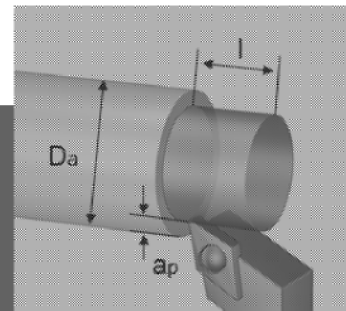
l hosszúság [mm]*:

40

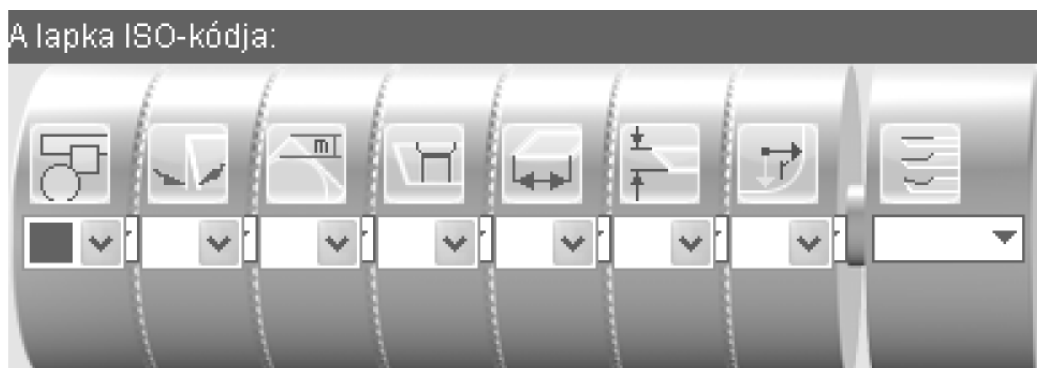
Kivitel*:



A lapka ISO-kódja:



2.5. ábra. Alkalmazás és megmunkálási feladat megadása [51]



2.6. ábra. Lapka ISO szerinti jellemzői [51]

- a forgácstörő kiválasztása (2.7. ábra):
 - homlokszög (10°);
 - megmunkálási mód (simítás, könnyű nagyolás);
 - forgácstörő (3F);

Forgácstörő kiválasztása

Kérjük, válasszon ki először egy szöget, majd egy megmunkálást és végül a kívánt forgácstörőt. Kiválasztásának törléséhez kattintson a „Kiválasztás törlése”, utána pedig a „tovább” gombra.



2.7. ábra. Forgácstörő kiválasztása [51]

- az előzőekben megfogalmazott feltételeknek 13 szerszám felel meg. A szerszámválasztékot tovább csökkenthetjük különböző szűrők előírásával. A készár típusának és méretének előírásával (pl. 16*16, **20*20**, 25*25) a találati lista két szerszámmra szűkül (2.8. ábra);

- a kiválasztott szerszám főadatai, rajza és ahhoz ajánlott forgácsolási adatai (2.9. ábra).

Cikkszám és méret Megnevezés	Link	Szerszámanyag Bevonat A forgácsolólapka Tajtája	Tartó beállítási szöge	Teljes hossz Kinyúlási hossz
256002 20/12 GARANT Esztergákés jobbos		HM Nano TIALN SP0819	K [mm]=95	lges (teljes) [mm]=125 l1 [mm]=-
283548 3F CNGG 120408 SP0819				

Szár mérete
18x18
20x20
25x25
30x30
40x40
50x50

2.8. ábra. Leszűkített késválaszték [51]

Technológiai adatok megjelenítése

A szerszám technológiai adatai kerülnek megjelenítésre.

Cikkszám Méret	256002 16/12 GARANT Esztergákés jobbos 283548 3F CNGG 120408 SP0819
Link	
Anyag/anyagcsoport	Ck 45
Vc indítási forgácsolósebesség [m/perc]	140
n fordulatszám [1/perc]	446
f előtolás [mm/ford.]	0,35
Md forgatónyomaték [Nm]	180
Pc forgácsolási teljesítmény [kW]	8,4

2.9. ábra. Futtatási eredmények megjelenítése [51]

2.2. TOOL DATA MANAGEMENT (TDM) RENDSZER

A Tool Data Management (TDM) rendszer és ehhez hasonló egyéb rendszerek speciális igények kielégítésére készültek. Felölelik a szerszámhasználat, a szerszám- és technológiai tervezés területét, így komplett megoldást nyújtanak a forgácsoló üzem technológiai életének megszervezéséhez [108], [127].

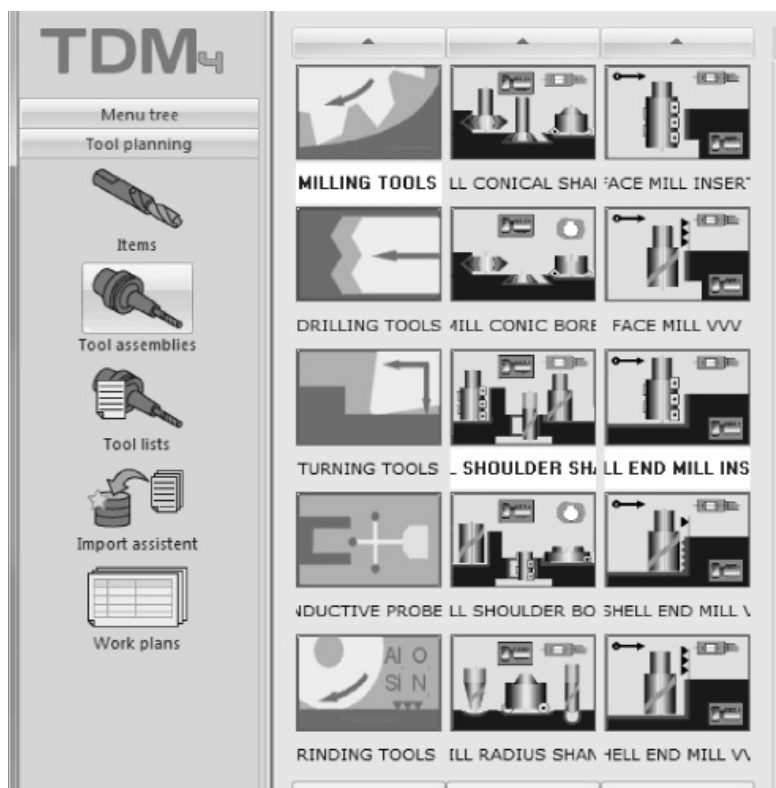
A TDM rendszer segítségével nyilvántartható és nyomon követhető a forgácsoló szerszámok, a készülékek, a mérőeszközök, a munkadarab befogó- és szerelő eszközök adatai, valamint a gyártóeszközök mozgása. A szerszámok jellemzői a különböző szerszámgyártók katalógusaiból átvett adatokkal tetszőlegesen bővíthetők. Az egyes jellegzetes gyártóeszközhöz kapcsolható adatbázisok (adatok) egyaránt szolgálják az előállítói-, forgalmazói-, logisztikai- és felhasználói igények kielégítését.

A TDM moduláris felépítése jól szolgálja mind a programozást, a szerszámraktár-kezelést, mind az egész üzemet átfogó komplett rendszert.

A siker alapja a központi, minden szerszám- és gyártóeszköz adatot tároló adatbank alkalmazása, amely minden felhasználási területről elérhető.

A TDM rendszer szolgáltatásának szintjei és fontosabb menüi:

- **Forgácsoló szerszám tervezése (Tool planing, a 2.10. ábra baloldali oszlopának első szintje)**
Szerszámelemek (lapkák, szerszámtestek, alap-szerszámtartók) **szintje**. Az adatbankba – az elemek törzs adatainak felhasználásával - bármely szerszámelem felvihető, továbbá technológiai ajánlás (a munkadarab anyagától és a megmunkálási módtól függő forgácsoló sebesség, előtolás, fogásmélység, stb.) adható, valamint a szerszám 2D vagy 3D-s rajzdokumentációja is bevihető.
- **Komplett szerszám összeállítása (Tool assembly, a 2.10. ábra baloldali oszlopának második szintje).**

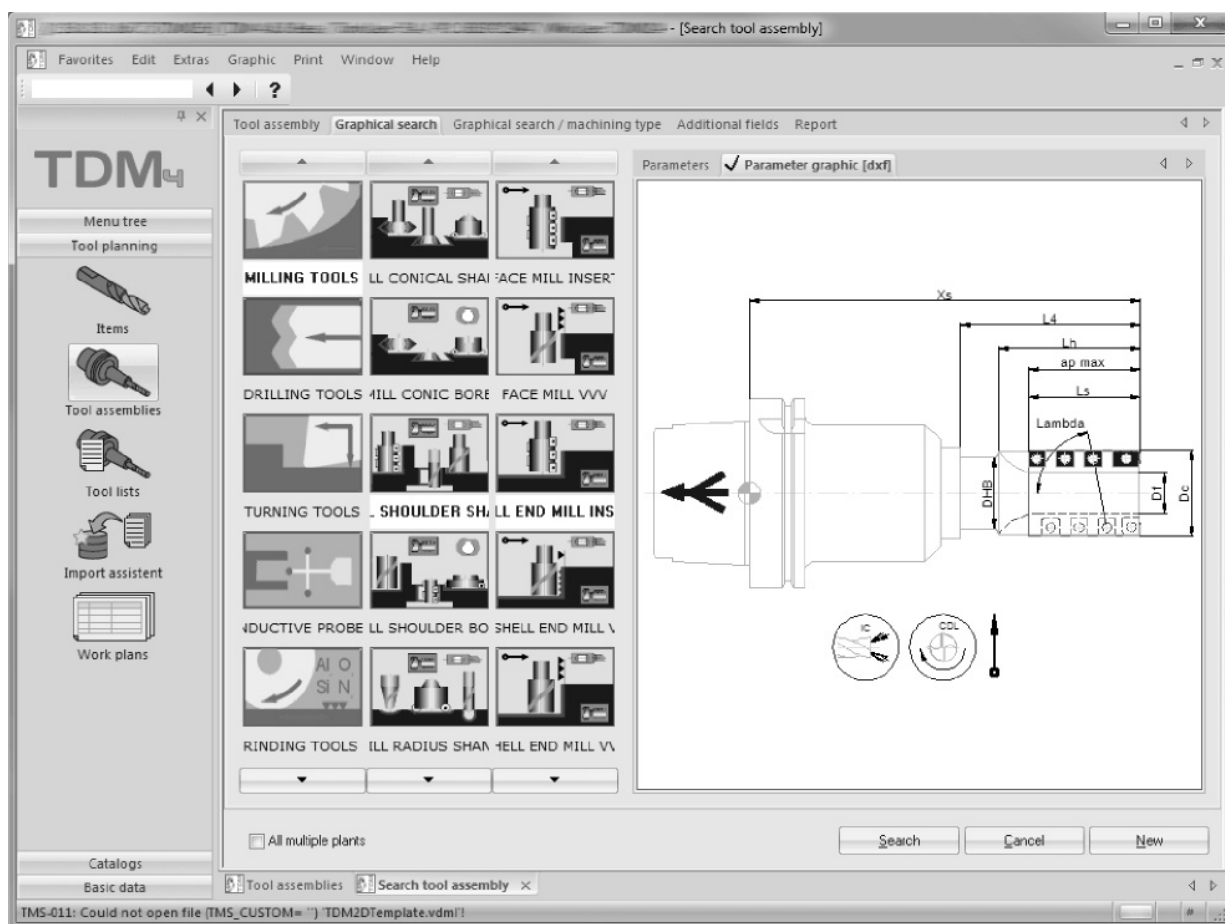


2.10. ábra. Tool Data Management (TDM) rendszer szintjei és szolgáltatásai [127]

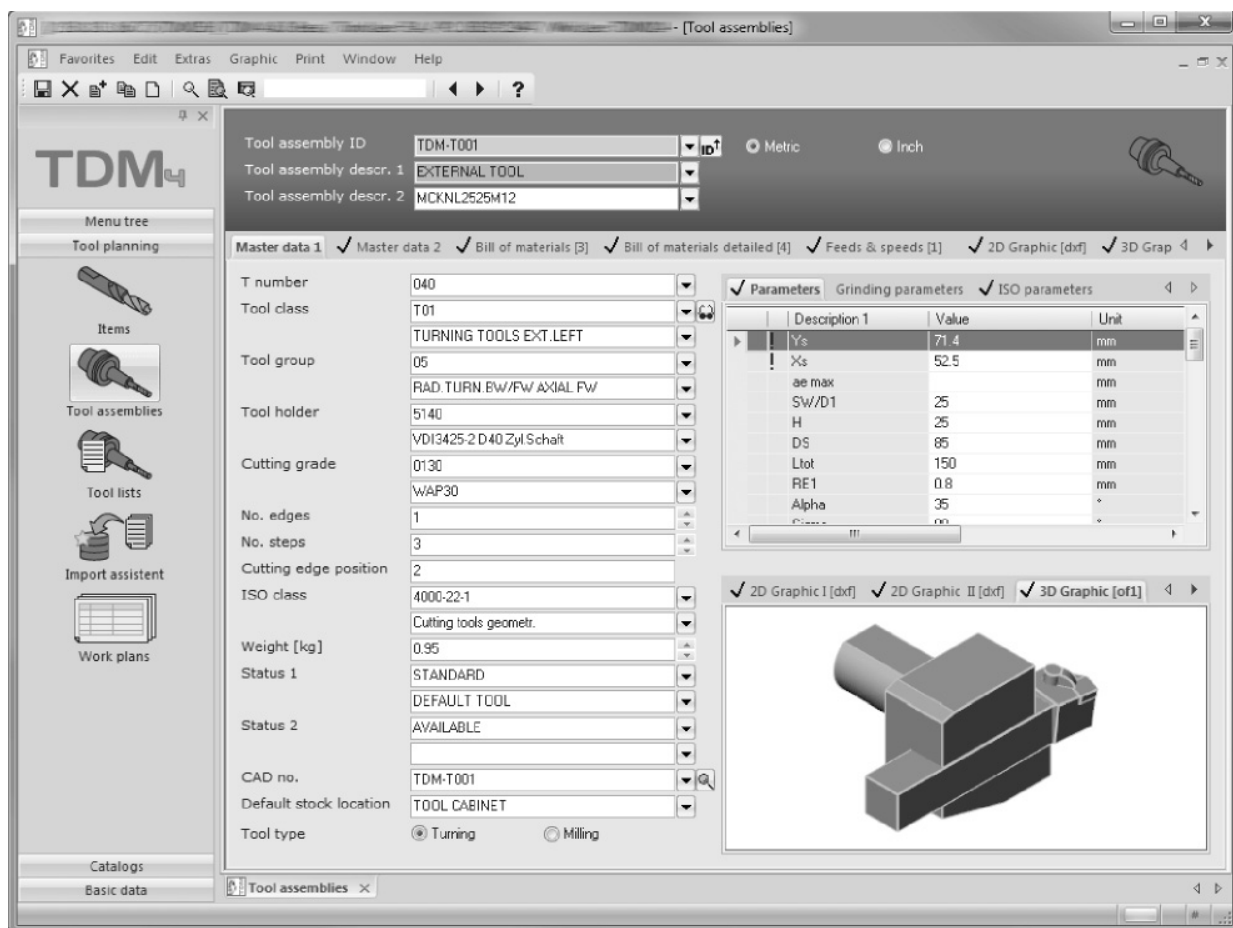
Komplett szerszámok szintje (lapkából, szerszámtestből és szerszámtartókból összeszerelt szerszámok). A fontosabb forgácsoló eljárások menüje (a 2.10. ábra 2. oszlopa) és az adott eljáráshoz tartozó szerszámtípusok választéka (a 2.10. ábra 3. és 4. oszlopa).

A szerszámelemek rajzai alapján elkészíthető a komplett szerszám összeállítási rajza 2D- (2.11. ábra) vagy 3D-s változatban (2.12. ábra).

- **Szerszámlisták (Tool lists) szintje.** A különböző komplett szerszámokból állítható össze és tárolható az adott gyártási feladat végrehajtásához szükséges szerszámok listája.
- **Műveleti utasítások (Work plans) szintje.** Az adott gyártási feladatok végrehajtásához szükséges műveleti utasítások összeállítása és tárolása.



2.11. ábra. Komplett szerszám jellegzetes méretei és 2D- megjelenítése [127]



2.12. ábra. Komplettszerszám szerelése és 3D- megjelenítése [127]

2.3. AUTOMATIKUS SZERSZÁMVÁLASZTÁS CAPP RENDSZEREKHEZ

Az automatikus szerszámválasztást is megvalósító CAPP rendszerekkel szemben leggyakrabban az alábbi **elvárásokat** támasztják:

- A technológiai tervezéshez szükséges és egy adott felhasználói környezetet, leíró adatokat (szerszám-, gép-, anyagadatok, stb.), rendezett formában, **technológiai adat és tudásbázisban** kell tárolni.
- Az **adatbázis-kezelő szervizprogram biztosítsa** az adatbázis önálló feltöltését és folyamatos karbantartását.
- A szerszámválasztás különböző automatizáltság szinten legyen végrehajtható, így
 - alkatrészprogramban vagy futtatás alatt azonosítóval előírt szerszám megkeresése;
 - komplett szerszámok kiválasztása a szerszámválasztási kritériumok alapján (generatív tervezési módszerrel);
 - komplett szerszámok összeállítása a szerszámválasztási kritériumok alapján szerszámtartó- és forgácsoló szerszámelemekből (generatív tervezési módszerrel);
 - a rendszer törekedjen a legmerekvebb szerszám kiválasztására, továbbá a minimális számú szerszám alkalmazására;
 - sikertelen szerszámválasztás esetén a szerszámválasztási kritériumok alapján szerszámké- rőlapot állítson össze az új szerszám tervezéséhez.

A fenti elvárások teljesítéséhez az alábbi részfeladatok előkészítése vált szükségessé:

- a szerszámrendszerek értelmezése és felépítésük;

- a szerszámok osztályozása és azonosítása;
- a szerszámjellemzők és megadási módjuk;
- a szerszámadatok tárolása;
- az automatikus szerszámválasztás elvi alapjainak megfogalmazása.

2.3.1. SZERSZÁMRENDSZEREK ÉS FELÉPÍTÉSÜK

A forgácsolószerszám alatt a szerszámgép és a munkadarab között helyet foglaló egy vagy több elem-ből álló forgácsoló-él és a hozzá tartozó befogószerkezet együttes értendő. A szerszám fogalmára sok esetben a szerszámrendszer, a kombinált vagy komplett szerszám kifejezést is használják [8], [24], [27], [43], [78], [81].

A hagyományos és az NC-CNC szerszámgépeken, továbbá a megmunkáló központokon és gyártó-cellákon előállítandó alkatrészek széles skálája igen kiterjedt szerszámválasztékot igényel. Ezt a helyzetet csak bonyolítja az a körülmény, hogy a forgácsolást végző szerszámelemek közvetlenül, vagy a hagyományos szerszámrögzítő és befogó elemekkel nem mindig foghatók fel a szerszámgépre.

Az **NC-CNC gépek szerszámrendszere** az alábbiakban tér el a hagyományos forgácsoló-gépek szer-számozásától [3], [4,] [7], [8], [78], [80], [98], [122]:

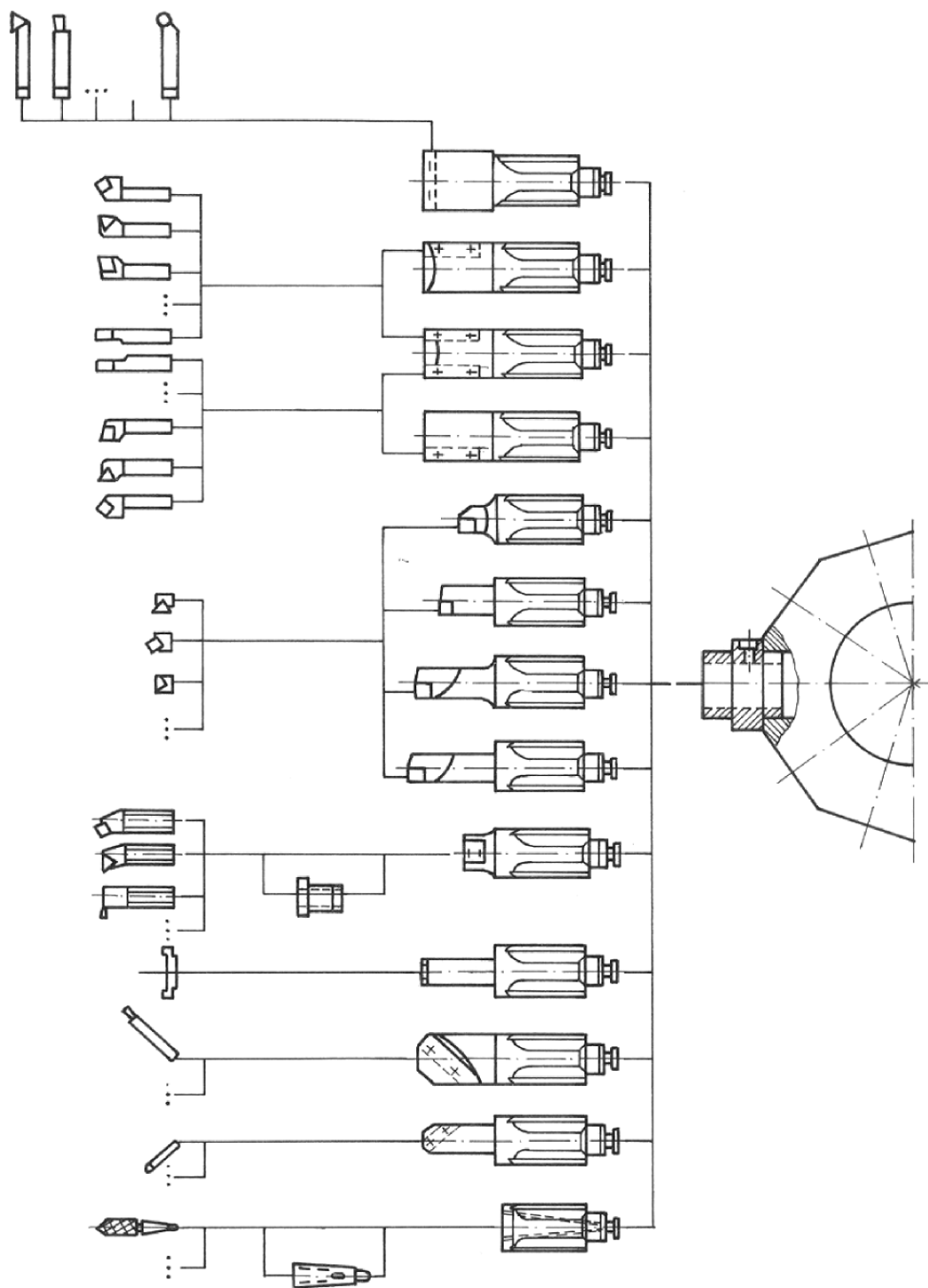
- komplett szerszámok alatt a szerszámtartóba fogott forgácsolószerszám együttese értendő;
- a komplett szerszám elsősorban szabványos szerszámelemekből épül fel;
- a szerszámozási rendszerben leginkább a nagy teljesítményű, korszerű, váltólapkás szerszámok találhatók, amelyek az NC-CNC gépek maximális kihasználását biztosítják;
- garantálja a csereszabados szerszámcserét;
- biztosítja a gépen belüli és/vagy kívüli szerszámbeállítást, méretellenőrzést;
- a vezérlés által nyújtott lehetőségek révén csökken az alakos szerszámok (pl. gömb- és/vagy kú-pos felületek előállítása, stb.) alkalmazásának igénye.

Az NC-CNC forgácsoló szerszámgépeken alkalmazható fúró-maró és eszterga szerszámok műszaki jellemzőinek és adatainak részletes leírása a „CNC szerszámgépek szerszámrendszerei” című jegyzet-ben [8] található.

2.3.1.1. FORGÁCSOLÓ SZERSZÁMRENDSZEREK TÍPUSAI

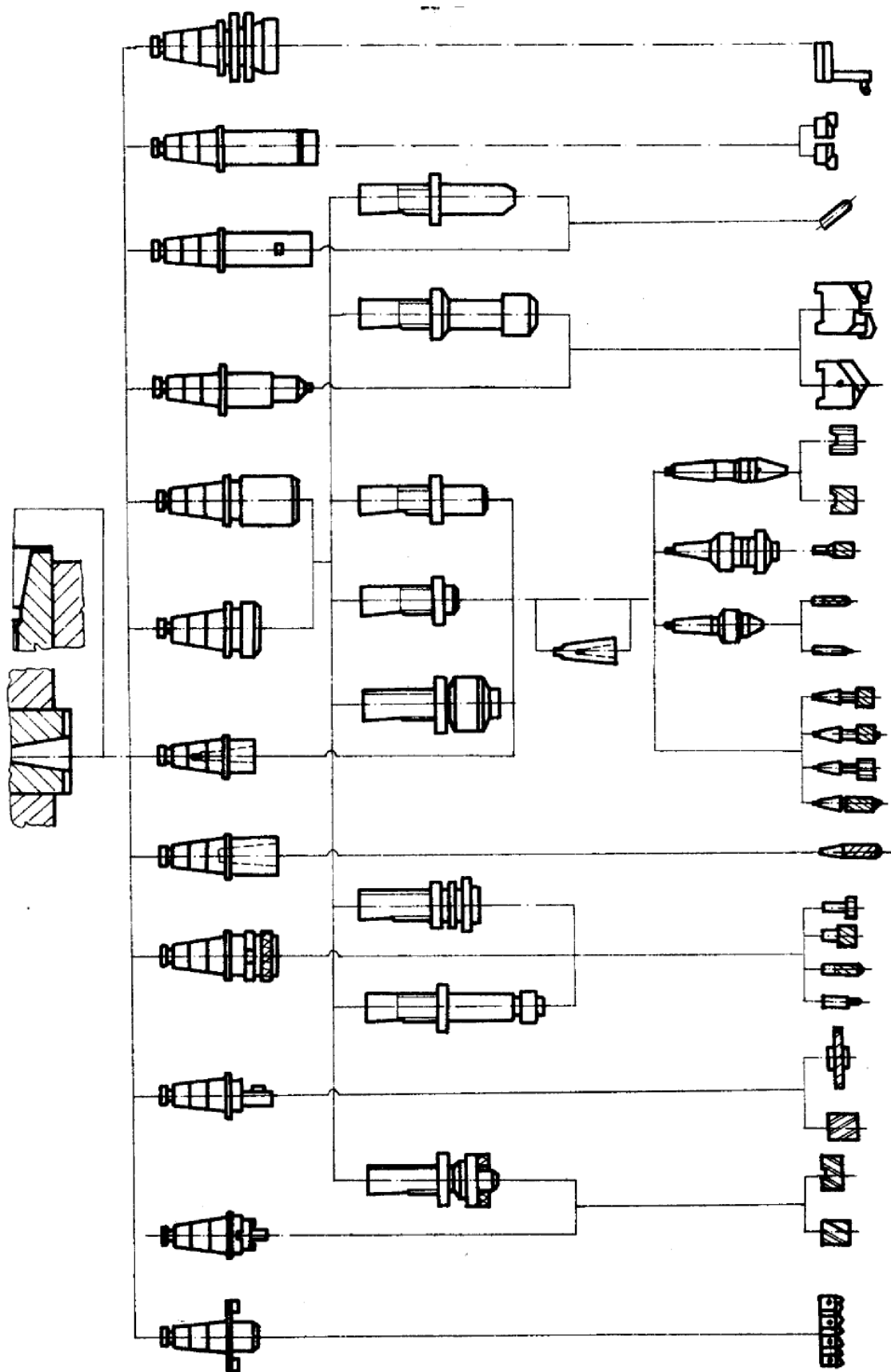
A **szerszámrendszerek osztályozása** a forgácsoló fő- és előtoló mozgás megvalósítása szerint az aláb-biak szerint végezhető [7], [8], [17]:

- **Álló szerszámrendszerek.** A munkadarab a forgó főmozgást és a szerszám az előtoló mellék-mozgást végzi. Ebbe a csoportba tartoznak a hagyományos – és az NC-CNC esztergagépeken alkalmazott szerszámok. Az egyes gépeken alkalmazható szerszámrendszer típusát a szerszám-hordozó egység jellegzetessége (egy-, négyállású késtartó, síkasztalos, torony- és dob revolverfej, stb.) határozza meg (2.13. ábra).



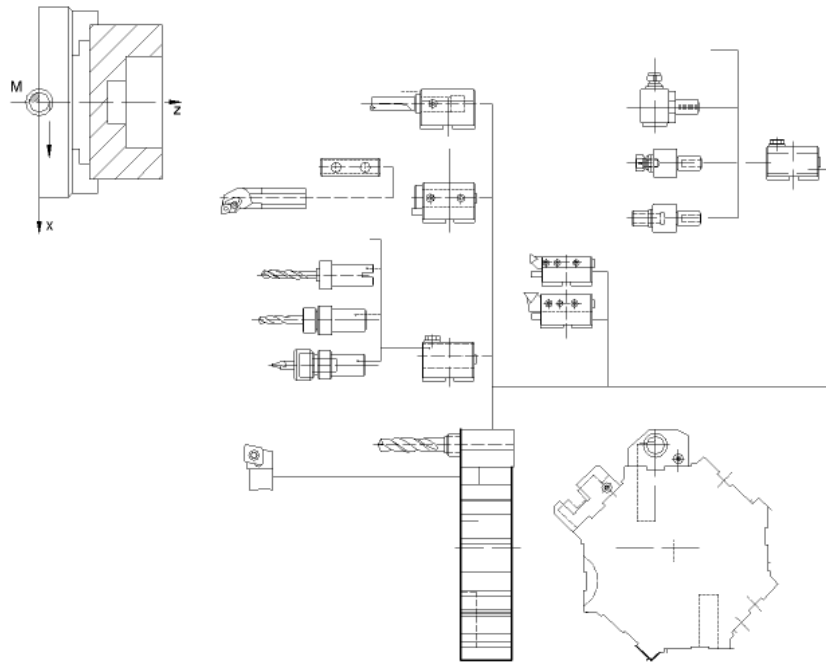
2.13. ábra. Álló szerszámrendszer torony-revolverfejes esztergagépekhez

- **Forgó szerszámrendszerek** (2.14. ábra). A szerszám a forgó főmozgást, míg a munkadarab és/ vagy a szerszám az előtoló mellékmozgást végzi. A fúró- marógépeken, megmunkáló központokon alkalmazott szerszámok.



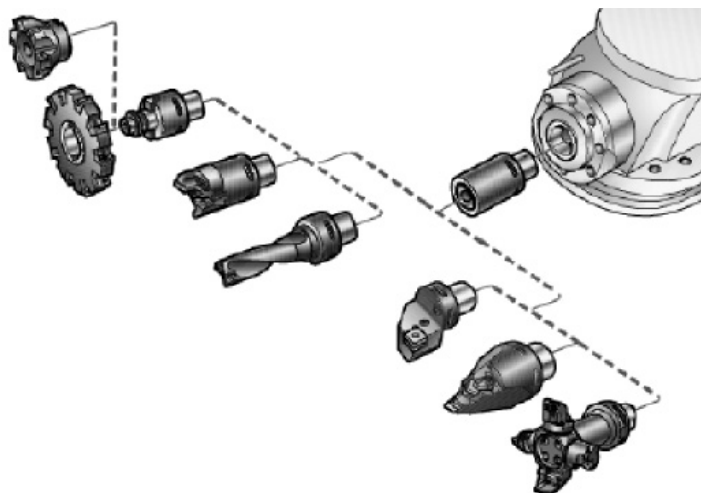
2.14. ábra. Forgó szerszámrendszer megmunkáló központokhoz

- **Álló és meghajtott (forgó) szerszámrendszerek** (2.15. ábra). Az esztergaközpontokon, gyártócellákon alkalmazzák az alábbiak szerint:
 - álló szerszámok az esztergálási műveletek végrehajtására;
 - meghajtott (forgó) szerszámok a nem tengelybe eső fúrási műveletek, továbbá a marási műveletek végrehajtására.



2.15. ábra. Álló és meghajtott szerszámrendszer esztergaközpontokhoz

- **Moduláris szerszámrendszerek.** A moduláris szerszámrendszerekbe tartozó forgácsoló fejek (2.16. ábra) egyaránt használhatók eszterga-, fúró-marógépeken, megmunkáló központokon, míg a géphez csatlakoztatás módja igazodik a szerszámgépen kialakított szerszámhordozó konstrukciójához [8], [33], [41], [43], [104], [123].



2.16. ábra. Moduláris szerszámrendszer [104]

Az NC-CNC szerszámgépek, megmunkáló központok és gyártócellák folyamatos, gazdaságos üzemeltetése a szerszámrendszerekkel szemben a következő követelményeket támasztja [8], [26], [78], [80], [85], [122]:

- a szerszámelemek szerkezeti kialakítása legyen egyszerű és szabványos;
- a szerszámelemek típus és méretválasztéka biztosítsa a szerszámgép maximális kihasználását és a gyártási feladat technológiai teljesíthetőségét;
- gyors – gépen belüli és/vagy kívüli – szerszámbeállítás, méretellenőrzés;
- könnyű, gyors kézi vagy automatikus szerszámcsere
- csúcsmagasság állandó értéken tartása lapka - ill. esztergakés csere esetén;
- a szerszámok hossz- és/vagy sugárirányú állíthatósága;
- a forgácsoló él több irányú elhelyezése (befogása):
 - X, Y, Z koordináta irányban;
 - jobbos, balos forgásirány (mozgásirány);
 - kések normál és fordított befogása;
- a hűtő-kenőközeg kedvező hozzávezetése;
- szerszámazonosítás, jelátvitel biztosítása.

Az előzőekben megfogalmazott követelmények kielégítését komplett szerszámba beépülő szerszám-elemek konstrukciós és technológiai tulajdonságai biztosítják [8].

Az NC-CNC gépeken alkalmazott forgácsoló **szerszámrendszerek úgy jellemezhetők**, hogy azok az **azonos gépi csatlakozó részt** és sok változatot felmutató, közös elv szerint kialakított eszközökkel összekapcsolt **szerszámelemek összessége** [75], [76].

2.3.1.2. SZERSZÁMRENDSZEREK FELÉPÍTÉSE

Az NC-CNC gépek szerszámozása esetében szerszámrendszerekről beszélünk, mivel a komplett szerszám több szerszámelemből, de minimum két elemből, azaz a **szerszámtartóból és forgácsolószerszámból áll**.

Így a komplett szerszámok funkcionális szempontból két fő szerszámegységből [8], [76], mégpedig **szerszámtartóból és forgácsolószerszámból állnak** (2.13., 2.14., 2.17. ábra).

A **szerszámtartó egységen** belül az alábbi jellegzetes szerszámtartó-elemek különböztethetők meg:

- alap-szerszámtartó (gép-csatlakozó);
- szerszámtartó;
- szerszámbefogó (szerszám-csatlakozó);
- átalakító közdarab;
- átalakító hüvely;

A **forgácsolószerszám egységnél** pedig:

- szerszámtest;
- forgácsoló-betét (lapka-tartó);
- forgácsoló-él (lapka);
- forgácstörő.

A **szerszámrendszerek felépítésük** szerint lehetnek [8], [43], [78], [104]:

- **Merev vagy tömör (monoblokk) felépítésű szerszámrendszerek** (2.17. ábra), melyeknél a monolit forgácsolószerszámot közvetlenül a monoblokk alap szerszámtartóba fogják.

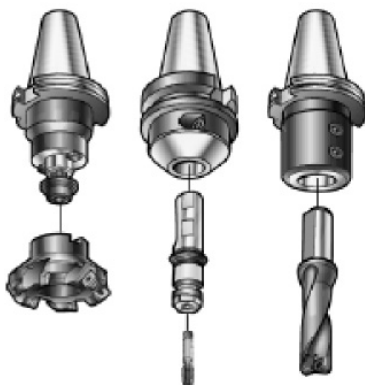
Alkalmazásának előnyei:

- a kevés szerszámelem révén a szerszám merevsége jobb;
- a szerszámelemek szabványosak;
- a szerszámbeállítás, csere gyors.

Alkalmazásának hátrányai:

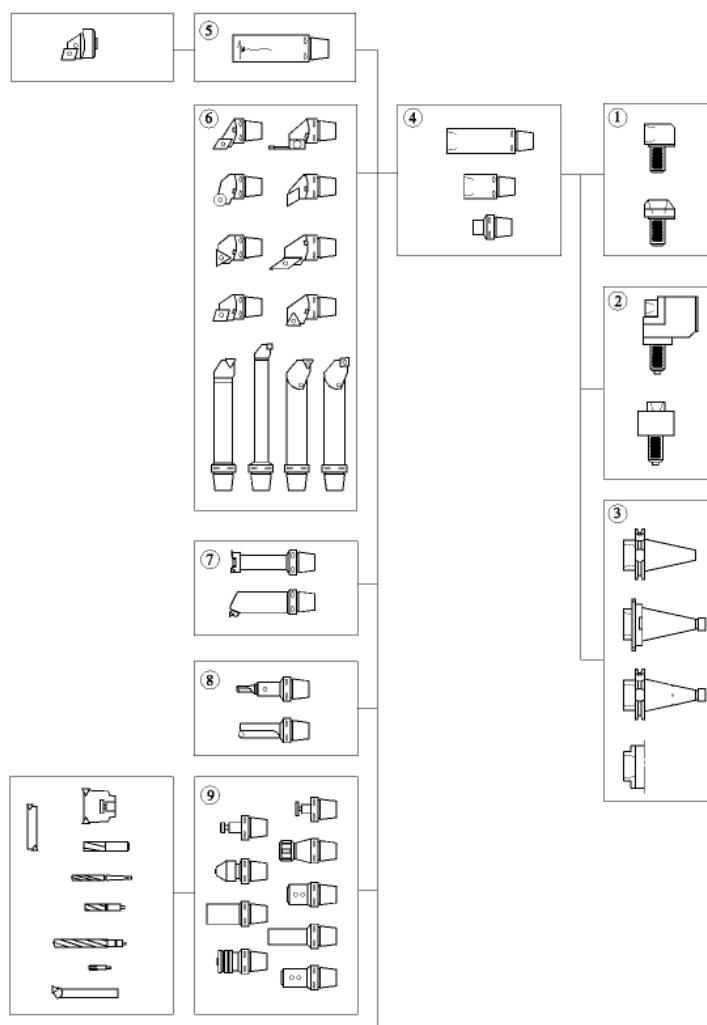
- a szerszám rugalmatlan, méretre nem állítható;

- a szerszámkészlet nagy és költséges, mivel nem patronos befogás esetén minden szerszámszárhoz saját méretű szerszámtartó szükséges.



2.17. ábra. Monolit felépítésű szerszámrendszer [104]

- **Állítható elemes (moduláris) szerszámrendszer** (2.18. ábra), az egységes elven csatlakozó szerszámelemekből és szerszámtartókból álló és forgószerszámok egyaránt összeállíthatók.
Előnye, hogy univerzális szerszámrendszer, merev és gyors csatlakozást, továbbá rugalmas méretállítást biztosít, kis szerszámkészlet és költség mellett.



2.18. ábra. Elemes (moduláris) felépítésű szerszámrendszer

2.3.1.3. SZERSZÁMRENDSZEREK FŐBB ELEMEI

A szerszámgép azon részét, amelyhez a szerszám csatlakozik, **szerszámhordozónak** nevezzük. Így ezt a szerepet forgószerszámos gépeknél maga a **főorsó végződése**, ill. az állószerszámoknál a kereszt és/vagy hossz-szánra erősített **szerszámhordozók-revolverfejek** látják el.

Továbbiakban röviden ismertetjük a szerszámrendszereket alkotó főbb **szerszámelemek jellemzőit**:

Az **alap-szerszámtartó feladata** szerszámnak a szerszámhordozóba tájolt befogása-rögzítése, szükség szerinti menesztése és cseréje-váltása, stb.

Az alap-szerszámtartók alapvetően kettős funkciót látnak el:

- Biztosítják a forgácsolószerszámok és szerszámelemek befogását. A forgácsolószerszámok kapcsolódó felületeit az ISO szabványok rögzítik (lásd a 1. mellékletet).
- Megteremtik a szerszámoknak a gépre történő felfogását:
 - forgószerszámokhoz (ISO 7/24, HSK, KM, Coromant Capto, stb.);
 - állószerszámokhoz (DIN 69880, DIN 69881, VDMA, ISO meredekkúp, stb.).

A **szerszámtartók** az alapszerszám-tartóhoz hosszirányban állíthatóan vagy fixen kapcsolódnak.

A **szerszámbefogók** a különböző szabványos végződésű forgácsolószerszámok csatlakozó felületeinek megfelelően vannak kialakítva.

Az **átalakító közdarabok és hüvelyek** a csatlakozó felületek méret- és alakeltéréseit oldják fel.

A **szerszámtest** rögzíti a forgácsoló élt (lapkát), tartalmazza a forgács elvezetésére szolgáló hornyokat, hűtőfolyadék odavezetését és biztosítja forgácsolószerszám tájolását, rögzítését, menesztését.

A **forgácsoló-betét (lapka-tartó)** hordozza forgácsoló élt ill. éleket forgácstörő horonnyal vagy lapkával.

2.3.2. SZERSZÁMELEMEK CSATLAKOZÁSI FELÜLETEINEK SZINTJEI ÉS TÍPUSAI

A forgácsolást végző szerszám- és befogóelemek együttese alkotja az NC-CNC gépek szerszámrendszerét.

A kialakított szerszámrendszer tagjainak minden lényeges jellemzőjét érinti az egységesítés, szabványosítás. Az egységesítés legfontosabb területei:

- az alap- szerszámtartók gépoldali végződése;
- az alap- szerszámtartók és az átalakító szerszámtartók csatlakoztatása;
- a szerszámtartók szerszámoldali végződése;
- a szerszámtestek (késtestek, fúrószárok, marófejek, stb.) és a váltóélű lapkák csatlakoztatása,
- az azonos rendeltetésű, kézi és gépi cserélésű szerszámtartók tipizálása, stb.

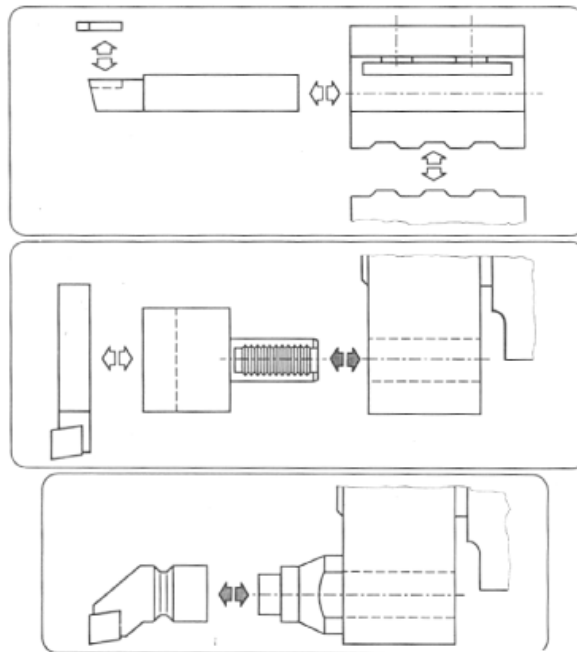
A komplett szerszámok adatainak összeállítása, a szerszámválasztás és elrendezés, továbbá a szerszámtervezés során fontos szerepe van a szerszámelemek kapcsolódása egyértelmű megfogalmazásának [17], [26], [42], [78], [118], [120].

A **szerszámelemek** csatlakozási felületeinek jellegzetes szintjei szolgálnak alapul az elhasználandó, ill. a további megmunkáláshoz nem szükséges szerszámok cseréjéhez.

A **szerszámelemek csatlakozási felületeinek jellegzetes szintjei** (2.19. ábra):

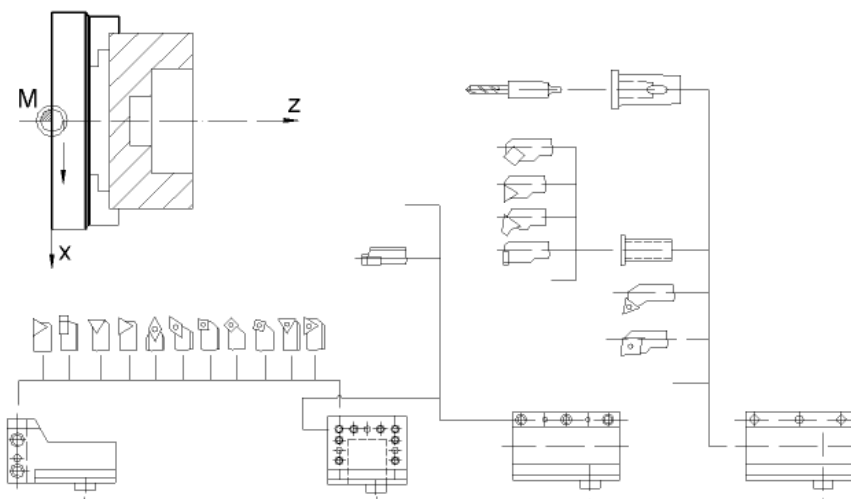
- **Lapka és forgácsolószerszám (késtest)** közötti kapcsolódás (lásd a 2.19. felső ábrát). Ebbe a csoportba a váltóélű szerelt forgácsolószerszámok (esztergakések, fúrók, marók) tartoznak. A kapcsolódás jellegét, méreteit, lapkaalakokat, stb. az ISO 1832 szabvány rögzíti (1.1. melléklet). Az automatikus váltólapka-csere a nagyszámú lapkageometria és rögzítési rendszer sokfélesége miatt nem terjedt el.

- **Forgácsolószerszám (késtest) és szerszámtartó, továbbá a szerszámelemek közötti kapcsolódás** (ez a szerszámtartó szerszám oldali csatlakozó felülete). A csatlakozó felület jellegét (a befogott szerszám szárkeresztmetszetét, állását, irányítottságát) és méreteit szabványok rögzítik.



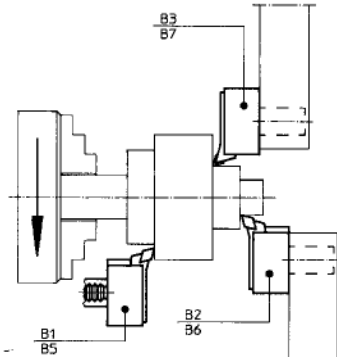
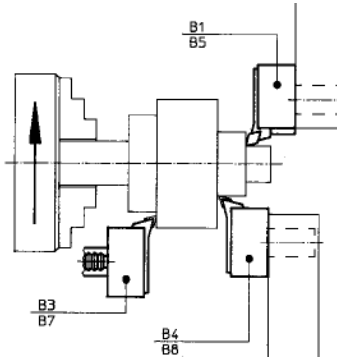
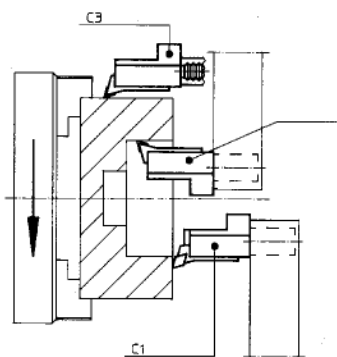
2.19. ábra. Szerszámelemek csatlakozó felületeinek szintjei [42]

- Az eszterga szerszámtartók konstrukciós kialakítása (pl. lásd a DIN 69880 szabvány szerinti változatokat a 2. mellékletben) a szerszámok (a külső és belső kések ISO jelölési rendszere a 1.2. és 1.3. mellékletben látható) különböző módon történő befogását teszi lehetővé az alábbi szempontok szerint [8], [42], [43], [49]:
 - A befogott szárkeresztmetszet alakja és mérete szerint:
 - kör keresztmetszetű (E2 típus);
 - négyzet és téglalap keresztmetszetű (B, C típusok);
 - trapéz keresztmetszetű (leszúró-kések: E2 típus), stb..
 - A befogott szerszám elhelyezkedése szerint (2.20. ábra):



2.20. ábra. Befogott szerszámok elhelyezkedése a szerszámtartóban

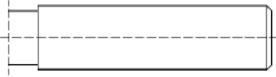
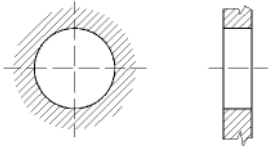
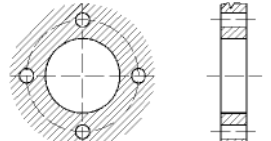
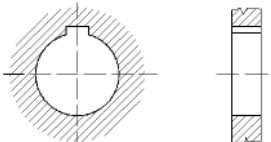
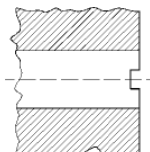
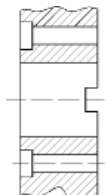
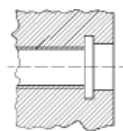
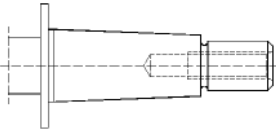
- ☐ tengelybe esően (furatkések: E2 típus);
- ☐ egy kés befogása axiálisan (B1, B2, B3, B4, AR, AL típusok) vagy radiálisan (C1, C2, C3, C4 típusok);
- ☐ egy kés szög-alatti befogással;
- ☐ két kés befogása axiálisan és/vagy radiálisan.
- A befogott szerszám forgácsolási iránya (a forgácsoló kések azonosítójának 5. jellemzője) szerint (2.21.a. ábra):
 - ☐ jobbos, a főorsó irányába (normál megmunkálás: (B2, B3, B6, B7 típusok);
 - ☐ balos, a főorsótól távolodó irányába (inverz megmunkálás: B1,

a. Hagyományos (B2) és inverz (B1) forgácsolási irányú szerszámok befogására szolgáló szerszámtartók	
b. Normál (B1) és fordított (B4) állású szerszámok befogására szolgáló szerszámtartók	
c. Furat (C1, C4), palást (C3) szerszámok befogására szolgáló szerszámtartók	

2.21. ábra. Szerszámtartó típusok a szerszámok forgácsolási iránya, állása, furat-palást és a megmunkálási síknegyed jellege szerint [118]

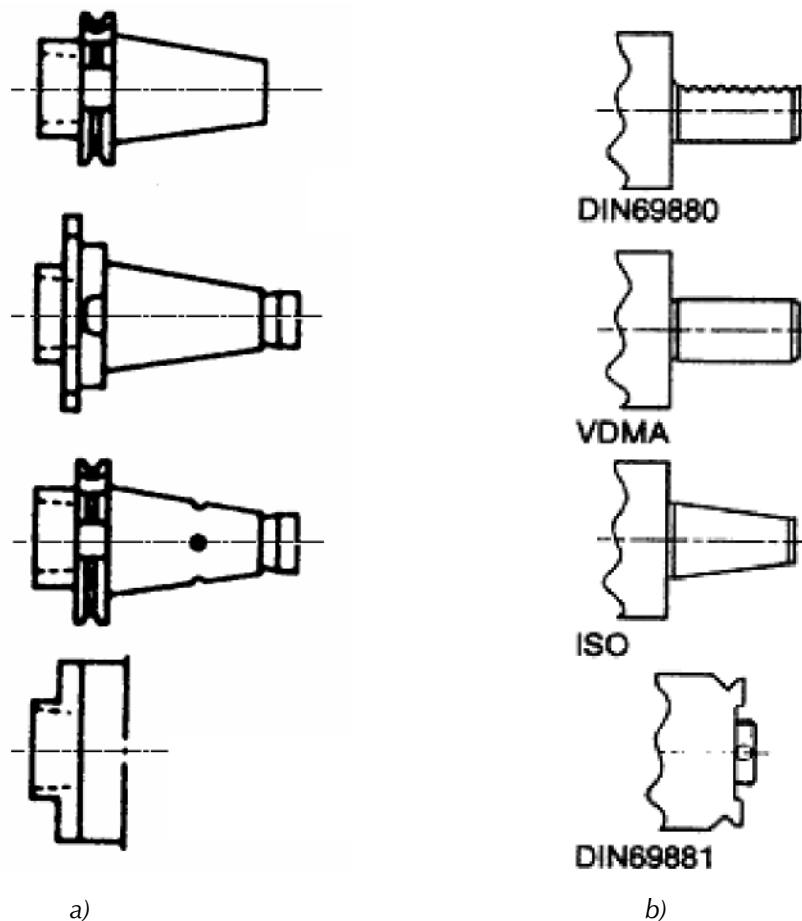
- ☐ B3, B5, B7 típusok));
- ☐ semleges (normál és inverz megmunkálás);
- A befogott szerszám állása szerint (2.21.b.. ábra):
 - ☐ normál késállású (B1, C1, D1, stb. típusok);

- fordított késállású (B2, C2, D2, stb. típusok);
- A befogott szerszám (forgácsoló-fej) alkalmazási területe szerint (2.21.c. ábra):
 - furatszerszám (E2 típus);
 - palástszerszám (B1, ... D2, stb. típusok);
- A fúró-marószerszámokat tengelybe esően fogják a szerszámtartókba. A fúró-maró szerszámok kivitele és a csatlakozó felületeinek főbb típusai szerint az alábbiak lehetnek (2.2. táblázat):

A) Hengeres szár ISO 3338/1		Hengeres furat	
B) Hengeres szár lelapolással ISO 3338/2		Hengeres furat menesztő furatokkal	
D) Hengeres szár behúzó menettel		Hengeres furat Palást retesszel	
E) Morse-kúpos szár ISO 296 behúzó menettel		Hengeres furat homlok retesszel	
F) Morse-kúpos szár ISO 5413 behúzó menettel lelapolással		Hengeres furat homlok retesszel rögzítő furatokkal	
Morse-kúpos szár forgató lappal		Menetes furat közponosító felülettel	
Morse-kúpos szár forgató lappal keresztékkel		Kúpos furat	
G) 7:24 kúpos szár ISO 297 behúzó menettel			

2.2. táblázat. Száras és feltűzhető fúró-maró szerszámok csatlakozó felületeinek főbb típusai

- Száras kivitelű szerszámok (ISO 7848 jelölési rendszere az 1.4. mellékletben látható). Ezen szerszámok csatlakozó felületeinek főbb típusai a 2.4. táblázat 1. és 2. oszlopában láthatók;
- Feltűzhető (furatos) szerszámok (ISO 7406 jelölési rendszere az 1.5. mellékletben látható) és csatlakozó felületeinek főbb típusai a 2.4. táblázat 3. és 4. oszlopában láthatók
- **A szerszámtartó és szerszámgép** (szerszámhordozó-revolverfej ill. főorsó) közötti kapcsolódás, ez a szerszámtartó gép oldali csatlakozó felülete (a 2.19. ábrán a középső kép). A szerszámtartók gépoldali csatlakozó felületeinek két jellegzetes csoportja (2.22. ábra) különböztethető meg [8], [33], [34], [35], [104]:
 - Forgó szerszámrendszereknél (2.22.a. ábra) az alábbi típusú csatlakozó felületeket alkalmazták [19]:
 - rövid meredek szerszámkúp (DIN 69893);
 - a leggyakrabban alkalmazott típus a 7:24 szerszámkúp (ISO 297, ISO 7388, DIN 69871, DIN 2080, MAS 403, CAT/ANSI, stb.);
 - DIN 2079 szerinti főorsó végződés.



2.22. ábra. Fúró-maró és eszterga szerszámtartók gép oldali csatlakozási felületei [104]

- Álló szerszámrendszereknél (2.22.b. ábra) a következő típusú csatlakozó felületeket alkalmazták [104]:
 - hengeres (VDI 3425, DIN 69880);
 - VDMA hengeres;
 - ISO meredekkúpos;
 - prizmás (DIN 69881);

- gyorsváltó késtartó (Multifix);
- hengeres csap, rögzítő furatokkal;
- hengeres furat, rögzítő furatokkal;
- forgácsoló-fejek közvetlen befogása.

2.3.3. A SZERSZÁMOK ÉS SZERSZÁMELEMEK OSZTÁLYOZÁSA ÉS AZONOSÍTÁSA

Az IAAR (CIM)-ben működő technológiai tervező rendszerek, a szerszám készletgazdálkodása, beállítása, raktározása, stb. megkövetelik, hogy a szerszámok osztályozását, és így valamilyen egységes elv alkalmazása alapján azok azonosítását elvégezzék [42], [44], [55], [74].

A szakirodalomban fellelhető különböző **osztályozó és kódoló rendszerek** elvileg az alábbi csoportokba sorolhatók:

- **Sorszámon alapuló kódolás**
A sorszám lehet egy országos ipari termékjegyzék tételszáma.
- **Kódszámok alkalmazása**
A szerszámok osztályozása valamilyen elvre épülő kódszámok alapján történik.
A kódszám egyes helyértékeiben levő számok utalnak a szerszám valamelyik jellemzőjére (pl. EXAPT, FORTAP, GTIPROG –EC, stb. programozási rendszerekben alkalmazott szerszámtípusok kódolása).
- **Betűs kódolás**
A szerszám csoportosítása csak betű alapján történik.
- **Mnemomikus kódolás**
Egy betűből és számokból álló osztályozó rendszer.
- **Alfa-numerikus kódolás**
Betűk és számok kombinációján alapuló kódolás. Például az ISO/DIS 5608-1978 szabvány a forgácsoló-kések kódolására szolgál.
- **Kulcsos kódolás**
A szerszám kódolása zárkombináció alapján mechanikusan történik.
- **Elektronikus kódolás (vonalkódolás)**
Újabban a szerszám elektronikusan írható-olvasható adathordozóval van ellátva [84]. Az adatokat speciális szerkezet olvassa le és dekódolja. A szerszámon levő adathordozó az azonosító számon kívül tartalmazza még a főméreteket, tárolási helyet, csatlakozási és ellenőrzési adatokat (például így kerülhet sor az előírt éltartamot elérő kopott szerszámok cseréjére).

Az NC-CNC gépek tömeges elterjedése felgyorsította a felszerszámozás területén folyó egységesítési, szabványosítási munkákat. Ezen a területen jelentős eredményeket értek el a VDI és az ISO TC29 számú műszaki bizottságai. Célszerű meg vizsgálni a rendelkezésre álló szerszámosztályozási rendszerek sajátosságait [71], [74], [98].

2.3.3.1. A VDI SZERSZÁMOSZTÁLYOZÁSI RENDSZERE

A **VDI** szabványban alapvető célként egy olyan egységes szerszámosztályozási rendszer kidolgozását tűzték célul, amely több és különböző szerszámgépeken használt szerszámok azonosítását is megoldja. A VDI 3320 sz. dokumentum tartalmazza a felszerszámozás területén használt legfontosabb fogalmi meghatározásokat, a szerszámok öt karakteres osztályozási rendszerét.

A szerszámosztályozás felépítése:

1. karakter: a szerszám alkalmazási területe;
2. karakter: a szerszám felhasználási területe:
 - 4 – állószerszámok;
 - 5 - forgószerszámok;
3. karakter: szerszám-főcsoport
pl. a „4”-es állószerszámokon belül:
 - 1 - külső esztergaszerszámok;
 - 2 - belső esztergaszerszámok;
 - 3 - gyalu-, vésőszerszámok;
4. karakter: szerszámcsoporthoz
pl.: az „51”-es fúró szerszámokon belül:
 - 0 - rövid csigafúrók fémek furásához;
 - 1 - hosszú csigafúrók fémek furásához;
5. karakter: szerszámalcsoport
pl.: az „511”-es hosszú csigafúró szerszámokon belül:
 - 0 - hengeres szárú, hosszú csigafúró fémek furásához;
 - 1 - Morse kúpos, hosszú csigafúró fémek furásához;

A szerszámosztályozási rendszer hiányossága, hogy a szerszámelemek és a szerszámtartók csoportosításával nem foglalkozik.

2.3.3.2. Az ISO SZERSZÁMOSZTÁLYOZÁSI RENDSZERE

Az ISO szervezeten belül az egységes szerszámosztályozási rendszer kidolgozásával nem foglalkoztak. A szabványosítási munkák a szerszámok főbb típusainak tárgykörében a méretek- és tűrések szabványainak, továbbá egyes járatos **forgácsolószerszámok egységes elvre épülő jelölési rendszerének kidolgozására irányultak** [33], [34], [35], [36], [126].

Ez ideig az alábbi lapkákra ill. szerszám-(kés)-típusokra dolgoztak ki szabványokat (2.1. melléklet) [92]:

- váltóélű lapkák esztergakésekhez;
- váltóélű lapkák marószerszámokhoz;
- váltóélű forgácsoló-kések és forgácsoló-betétek jelölési rendszere (ISO/DIS 5608-1978, ill. MSZ 1232/1-78);
- váltóélű lapkás furatkések jelölési rendszere (MSZ 1241-78);
- váltólapkás száras marók jelölési rendszere (ISO 7848);
- váltólapkás feltűzhető marók kód-rendszere (ISO 7406).

Az ISO szerszámosztályozási rendszer széleskörű elterjedését a szabványosított forgácsoló szerszám-típusok teljes körének hiánya akadályozza. Ennek ellenére az utóbbi időben sikeres softverek születtek az eszterga-, fúró- és marószerszámok elemekből történő összeállítása területén [130].

2.3.3.3. Az EPR SZERSZÁMOSZTÁLYOZÁSI RENDSZERE

Sikeres kísérletnek tekinthető az **IAAR** keretében 1973-78 között fejlesztett, moduláris felépítésű, **egységes programozási rendszerben (EPR) alkalmazott szerszámosztályozási rendszer** [23], [24], [89].

Az EPR szerszámosztályozási rendszerének felépítése:

1. karakter: a szerszám jellege:
 - 1 - komplett szerszám;
 - 2 - forgácsolószerszám;
 - 3 - szerszámtartó;
2. karakter: a szerszám fő alkalmazási területe:
 - 1 - forgó szerszámrendszerhez;
 - 2 – álló szerszámrendszerhez;
 - 3 - forgó és álló szerszámrendszerhez, stb.;
3. karakter: megmunkálási mód:
 - 1 – esztergálás;
 - 2 – fúrás;
 - 3 – marás, stb.;
4. karakter: forgácsolószerszám jellege:
 - 1 – belső;
 - 2 – külső;
 - 3 – kétképes (szimmetrikus), stb.;
- 5.-6. karakter: szerszámtípus:
 - 11 - nagyoló hosszesztergáló-kés;
 - 21 - nagyoló oldalazó-kés;
 - 46 – homlokbeszűrő esztergakés, stb.;
7. karakter: szerszám altípus (sorszám például 0-9), az adott szerszámtípuson belül az **e l t é r ő** geometriájú szerszámokra utal.

2.3.4. SZERSZÁMJELLEMZŐK ÉS MEGADÁSI MÓDJUK

A szerszámok és szerszámelemek jellemzői geometriai, alkalmazhatósági és ügyviteli adatok. Ezen adatok állományai mindenesetben a művelettervező és programozó rendszerek igényei alapján állítandók össze.

Az automatikus szerszámválasztáshoz és szerszámtervezéshez minden szerszámot és szerszámelemet saját, de egységesen értelmezett és definiált koordinátarendszerben kell leírni és megadni a csatlakozási jellemzőivel (koordinátaival, orientáltságával, stb.). A koordinátarendszerhez kötött geometriai definíciók, valamint a csatlakoztatások egységesített leírása teszi lehetővé, hogy egy adott logikájú rendszer is képes a szerszámelemek adatbázisából komplett szerszámot felépíteni, adatait meghatározni.

A szerszámadatok összeállítását az adott szerszámokra és szerszámelemekre kialakított **formanyomtatványok (adatkártyák)** segítik. Az egyes adatkártyák konkrét kialakítását a szerszám típusa és a megoldandó feladat jellege határozza meg. A FORTAP rendszerben alkalmazott szerszámkártyák minta példányai a 3.1. mellékletben láthatók.

Az **adatkártyák kialakítását** oly módon kell megválasztani, hogy általában **az alábbi adat-csoportok megadását biztosítsa:**

- komplett szerszámok, ill. szerszámelemek választásához és beállításához szükséges geometriai adatok;
- komplett szerszám elemeire és azok kapcsolatára vonatkozó adatok;
- komplett szerszámok, ill. elemek technológiai alkalmazhatóságának feltételei és állapot jellemzői;
- komplett szerszámok, ill. elemek fellelhetőségét és beépítési helyét azonosító adatok;
- adminisztrációs és ügyviteli jellemzők;
- a szerszámok grafikus megjelenítését szolgáló jellemzők.

A szerszámadatok ismétlődésének elkerülése végett fő- és követőkártya felépítés lett bevezetve:

- a **főkártyák**, a komplett szerszámok (3.2. melléklet), ill. forgácsoló-szerszámok azon adatait tartalmazzák, amelyek közősek lehetnek több azonos típusú szerszám esetében;
- a **követőkártyák** (3.2. melléklet), a főkártyán leírt szerszám egyedi paramétereit tartalmazzák.

A **moduláris NC programozási rendszerben** alkalmazott szerszámkártya jellegzetes típusai:

- EPR fő- és követőkártya komplett fúró-marószerszámokhoz (3.2. melléklet),
- EPR fő- és követőkártya komplett esztergaszerszámokhoz (3.3. melléklet),
- EPR szerszámkártya fúró-maró szerszámtartókhoz (3.4. melléklet),
- EPR főkártya esztergakésekhez (3.5. melléklet).

2.3.5. SZERSZÁMADATOK TÁROLÁSA ÉS SZERVIZELÉSE

A szerszámkártyákon levő adatok összessége képezi a szerszámadatbázist. Egy adott szerszámgéphez (szerszámgép-típushoz) tartozó szerszámokból, gazdaságossági okokból, célszerű részhalmazt képezni.

A szerszámkártyán levő adatok bevitele a felhasznált számítógép típusától függően történhet lyukkártyáról, lyukszalagról vagy közvetlenül a számítógép billentyűzetéről [23], [24], [31], [98].

A szerszámok dokumentálása a szerszámkártyák tartalmának printeren történő kinyomtatásával és plotteren történő kirajzolásával valósítható meg.

A szerszámadatok szervizelését a technológiai adatbázis végzi.

2.3.6. AUTOMATIZÁLT SZERSZÁMVÁLASZTÁS ELVI ALAPJAI

A hagyományos és NC-CNC esztergagépeken, továbbá esztergaközpontokon kialakítható felületkombinációk sokfélesége, a szerszámok és a megmunkálandó anyagok széles választéka, továbbá a szánok, a szerszámhordozók (revolverfejek) számának és rendeltetésének eltérő **jellege összetett feladattá teszi az automatikus szerszámválasztást és elrendezést** [7],[17],[24],[26], [27], [44], [45], [59], [93], [98].

A **szerszámválasztást leginkább befolyásoló tényezők** a következők:

- műveletlem típusa, geometriai-, felület érdességi és pontossági jellemzői;
- az alkatrész anyaga, anyagállapota, geometriai és pontossági jellemzői;
- szerszámbefogás módja;
- szerszámhordozók konstrukciós kialakítása.

A **szerszámválasztó modul alapvető feladata** a műveletlemek végrehajtásához szükséges, maximális termelékenységet biztosító **komplett szerszámok meghatározása**.

A **szerszámválasztás** automatikus tervezésének algoritmizálása átfogó, elemző munkát igényelt, mely feltételezi az alábbi részfeladatok megoldását:

- szerszámmodell kialakítása;
- szerszámok osztályozása és kódolása
- műveletlem és szerszámtípus összerendelése;
- szerszámválasztási kritériumok meghatározása;
- műveletlemek összevonása;
- alakos szerszámok választásának kérdése;
- ütközésvizsgálat.

2.3.6.1. SZERSZÁMMODELL KIALAKÍTÁSA

A szerszámmodell, mint általában egy összetett gyártmánymodell, a következő adatcsoportokkal írható le:

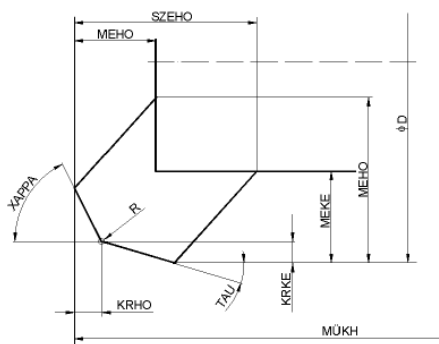
- geometriai és beállítási adatokkal;
- felépítési struktúrát leíró adatokkal;
- alkalmazási jellemzőkkel.

Az alkalmazási jellemzők körébe tartoznak a szerszámanyag minősége, továbbá a technológiai tervezés során a szerszám egyedi tulajdonságait behatóró jellemzők, korlátok.

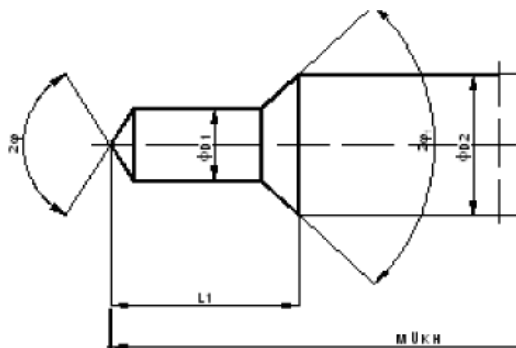
A szerszámmodell azzal az igénnyel alakult ki, hogy az bármilyen NC-CNC esztergagépre és/vagy eszterga megmunkáló-központtra felfogható szerszám leírására alkalmas legyen. Így a **szerszámmodell az alábbi szerszámféleségek leírására alkalmas** [23], [36], [41], [49], [59], [91]:

- **Álló esztergaszerszámokra**, amely bármilyen esztergakések leírására alkalmas. Ennek az elvárásnak a bonyolult alakú (kettős fő- és kettős mellék éllel jellemzett) alászűrő szerszám felel meg (2.23.a. ábra);

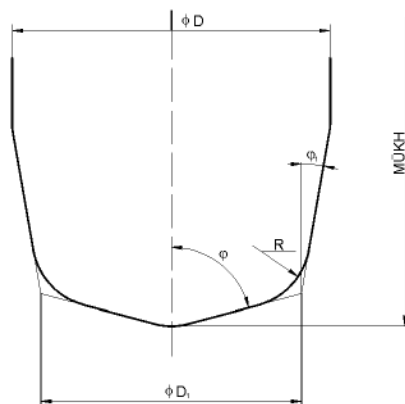
a). Esztergaszerszám



b). Fúrószerszám



c). Marószerszám



2.23.ábra. Szerszámmodell típusok

- **Álló és meghajtott fúrószerszámokra** (2.23.b. ábra), amely a lépcsős fúrókat is magába foglaló bármilyen fúrószerszámok leírására alkalmas;
- **Meghajtott marószerszámokra** (2.23.c. ábra), amely hengeres, kúpos és gömb végződésű marószerszámok leírására alkalmas. A szerszámvezérléséhez szükséges legfontosabb szerszámjellemzőket rögzítették, majd szabványosították [36].

2.3.6.2. SZERSZÁMOK OSZTÁLYOZÁSA ÉS KÓDOLÁSA

A GTIPROG-EC rendszerbe is a FORTAP [27], [49], [59] és az EPR [7], [8], [9], [23] rendszerekben alkalmazott szerszámosztályozási rendszer lényeges vonásai kerültek beépítésre. A rendszerben alkalmazott **szerszámosztályozási rendszer** (4. melléklet) struktúrája [23], [89]:

1. karakter: a komplett szerszám jellege (4.1. melléklet):

- 1 – mellső élű egykéses esztergaszerszám;
- 2 – hátsó élű egykéses esztergaszerszám;
- 3 – álló fúrószerszám;
- 4. – kétkéses szimmetrikus esztergaszerszám;
- 5. – meghajtott fúrószerszám;
- 6 – meghajtott marószerszám;

2.-3. karakter: forgácsoló szerszámok típuskódjai:

- 10 ÷ 67 esztergakések ((4.2. melléklet)
- 11 ÷ 62 fúrószerszámok (4.3. melléklet);
- 21 ÷ 53 marószerszámok (4.4. melléklet).

A szerszámok geometriai és technológiai jellemzőinek leírására továbbra is az NC programozási rendszereknél használatos szerszámkártya megoldás került alkalmazásra. Továbbra is célszerű megtartani a komplett szerszámok, továbbá a forgácsoló szerszámok és szerszámtartók önálló leírására szolgáló szerszámkártya rendszert (2.3. melléklet). Eltérés az adatbevitel módjában van, ugyanis a PC kategóriájú számítógépeken nem lyukkártyákról, hanem billentyűzetről viendők be - általában párbeszédés formában - a szerszámadatok, amelyek számszerű adatokat, kódokat és szöveges azonosítókat is tartalmazhatnak.

2.3.6.3. MŰVELETELEM ÉS SZERSZÁMTÍPUS ÖSSZERENDELÉSE

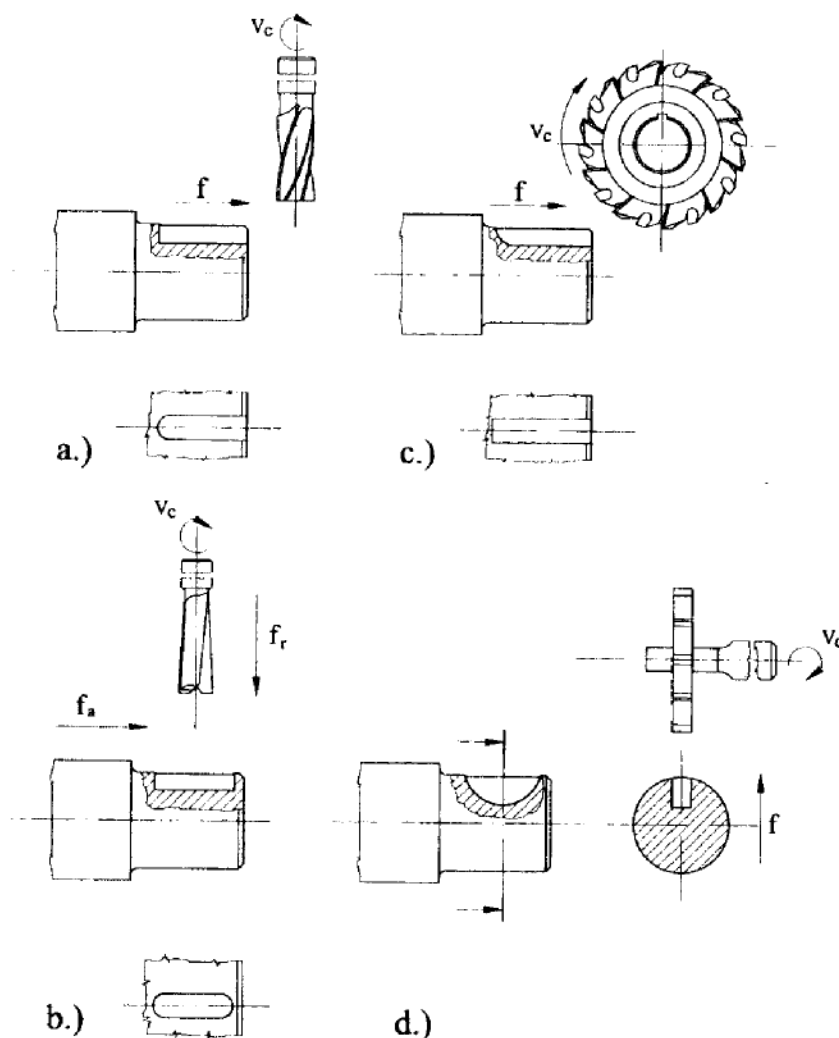
Az esztergagépeken és megmunkáló-központokon végrehajtható **műveletelemek** technológiai szempontból két egymástól lényegesen **eltérő csoportba sorolhatók**:

- **Egy adott szerszámtípussal előállítható műveletelemek**

Ebbe a csoportba tartoznak a méretes szerszámokat igénylő alábbi műveletelemek:

- A fúrási műveletelemek (központfúrás, fúrás, süllyesztés, dörzsölés, menetfúrás, stb.), továbbá az alakos marási műveletelemek (lásd a 2.24. ábrán az íves-, orros-, zárt reteszhornyot, stb.). A szerszám típusa nem változik a szerszám befogási helyzetétől függően [38].
- Az esztergálási mellékelemek (kereszt- és hosszbeszúrások, alászúrások, esztergált menetek, stb.). Az adott művelet kialakítására alkalmas szerszám csak a konstrukciós-technológiai kialakításnak megfelelő befogási helyzetben használható (pl. hosszbeszúró-kés 90°-s elfordítással keresztbeszúrássra nem alkalmas, stb.).

E műveletelemek sajátosságai és jellemző méretei határozzák meg a szerszám típusát.



2.24. ábra. Hornyok és marószerszámok összerendelése [38]

• Különböző szerszámtípusokkal előállítható műveletelemek

Az esztergakésekkel kialakítható műveletelemek jellegzetessége, azok széles skálája és lényegesen eltérő munkaciklusai.

Néhány jellegzetes eset:

- külső keresztesztergálás végrehajtható homlok-élű -, vagy 80° -os élszögű rombusz mellső-élű esztergakéssel is;
- menetkifutást könnyítő beszurás és/vagy köszörűkorong sarkát kímélő alászurás előállítható a kontúrkövető simító hosszesztergáláshoz rendelt szerszámmal is;
- lelapolás és/vagy nyitott síkfelület marása végrehajtható újmaróval, homlokmaróval vagy marófejjel;
- telibe-fúrás (118° -s vagy 180° -s csúcshögű fúróval, míg felfúrás csigafúróval vagy süllyesztőfúróval is előállítható.

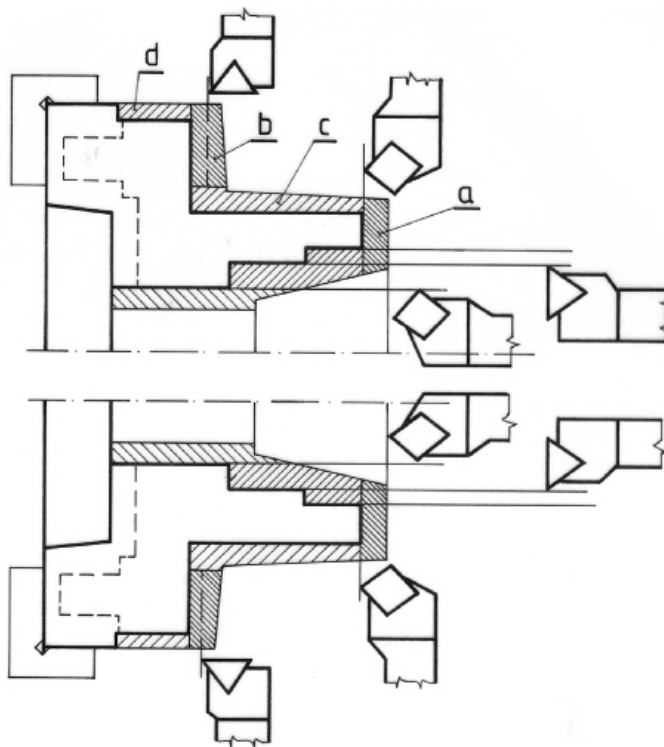
A továbbiakban vizsgálandó az egyes műveletelem csoporton belül a **műveletelem és a szerszámtípus összerendelésének feltételei és ehhez kapcsolódó részfeladatok**:

• Nagyoló esztergalási műveletelemek esetén

A nagyolási kontúr vizsgálata azt sugallja, hogy a nagyolási kontúrt - a gazdaságos gyártás érdekében - célszerű kereszt- (a 2.25. ábrán látható a és b elem) és hosszirányú (c és d elemek) nagyolási műveletelemekre (NK, NH) bontani. A pályavezérlésű esztergagépeken elterjedt még a kontúr

mentén történő nagyító esztergálás is. A késtípus műveletelemhez történő hozzárendelése a műveletelem jellegének megfelelően végezhető el. A ráhagyási alakzatnak (mely lehet négyszög és/vagy sokszög) a munkadarabon elfoglalt helyzete lehetővé teszi, hogy

- az „a” alakzat leválasztható legyen a $KAPPA < 90^\circ$ -os fő-él elhelyezkedésű késsel;
- a „b” ráhagyási alakzat jellemzője viszont az, hogy annak eltávolításához $KAPPA \geq 90^\circ$ -os kés alkalmazása szükséges.



2.25. ábra. Nagyolási műveletelemek és szerszámtípusok összerendelése

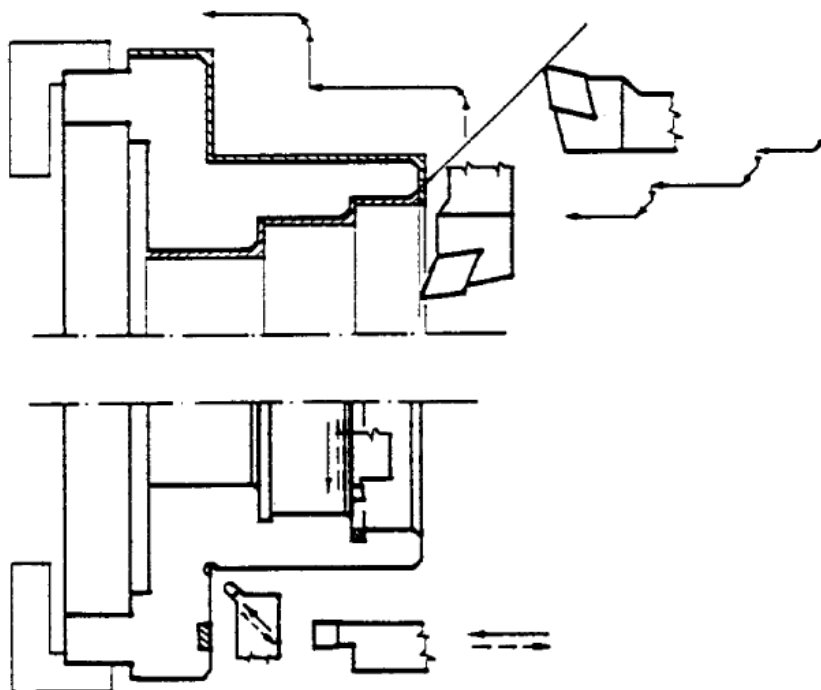
- **Simítási esztergálási műveletelemek esetén**

Simító esztergálásnál lényegében két módszer használatos:

- kontúrsimítás, melynél a kés főél-elhelyezési szöge úgy választandó meg (például $KAPPA = 95^\circ$), hogy az alkalmas legyen homlok-, hengerpalást-, kúp- és/vagy tórusz felületekből álló kontúrszakasz megmunkálására. (a 2.26. ábra forgástengely feletti része);
- különálló, egyedi felületek simítása, melyhez $KAPPA \geq 90^\circ$ -os kések alkalmasabbak.

- **Technológiai mellékelemek esetén**

Technológiai mellékelemek megmunkálása esetén a műveletelem (beszúrás, alászúrás, menetvágás stb.) kialakítására alkalmas kés rendelendő a műveletelemhez (a 2.26. ábra forgástengely alatti része). E csoportba tartoznak a fúrási-marási műveletelemek is.



2.26. ábra. Simítási műveletelemek, valamint technológiai mellékelemek és szerszámtípusok összerendelése

- **Esztergagépek konstrukciós sajátosságainak** - szánok számának, egyes szánok helyzetének és programozhatóságának - vizsgálata azt mutatta, hogy
 - egy és ugyanazon ráhagyásnak a leválasztásához az egyik sík-negyedben - a munkadarab forgástengelye előtt - jobbos kés, míg a másik sík-negyedben balos kés szükséges (2.25. ábra);
 - a műveletlem és a szerszám összerendelésénél további figyelmet kell fordítani arra a körülményre, hogy bizonyos szerszámok (pl. SANDVIK forgácsoló betétek, fejek) külső és belső felületek megmunkálására egyaránt alkalmasak a megmunkálási sík-negyed és forgásirány váltása mellett.

Összefoglalva a műveletlem és a szerszámtípus összerendelésén az adott műveletlem előállítására alkalmas szerszámtípus (-ok) kijelölése értendő, melyet az összerendelési táblázat (2.3. táblázat) alapján írható elő.

szerszámtípus (TIPi)	TIP1	TIP2	TIP3	TIP4	TIP5
Műveletlem csoport (MMi)					
Hossznagyolás	10	13	12	11	
Keresztnagyolás	10	23	22	21	
...					
Métermenet esztergálás	66				
...					
Felfúrás	21	42	43		
...					
Horonymarás	31	41	51	53	
...					

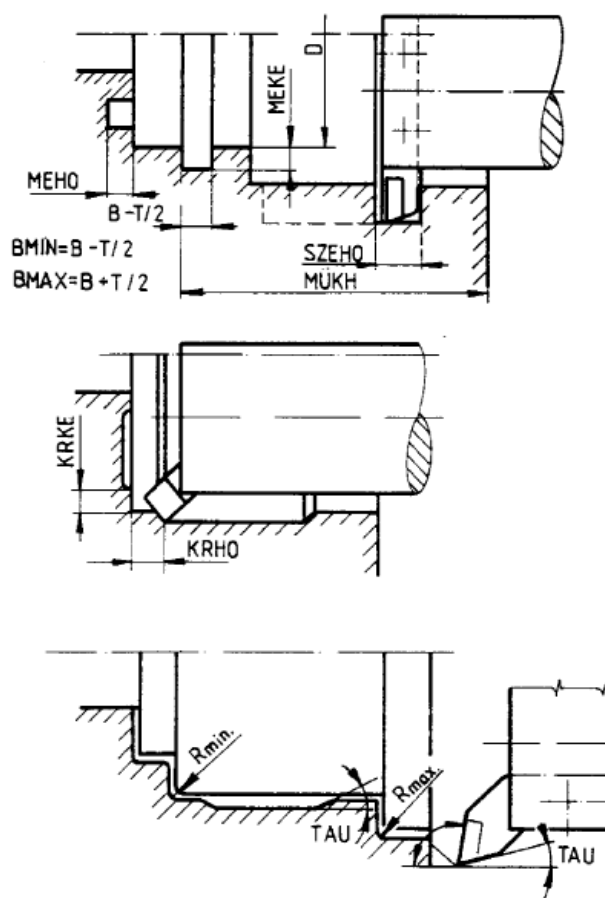
2.3. táblázat. Műveletlemek és szerszámtípusok összerendelése (részlet)

A szerszámtípusok kódjai a 4.2 ÷ 4.4. mellékletben láthatók. Az összerendelési táblázat tartalma a technológiai adatbázisban található. Az összerendelési táblázatban a sorok a különböző műveletelemcsoportok kódjait, az oszlopok, pedig az alkalmazandó és a helyettesítő szerszámtípusokat (maximum négy típust) tartalmazza. A szerszámtípusok sorrendje az elsődlegesen alkalmazandó szerszámtípusok felhasználási sorrendjére is utal.

Előzőekben ismertetett módon oldható meg a **fúrási-marási műveletelemek és a szerszámtípusok összerendelése is.**

2.3.6.4. SZERSZÁMVÁLASZTÁSI KRITÉRIUMOK MEGHATÁROZÁSA

A szerszámválasztási kritériumok alatt az adott művelet végrehajtására alkalmas szerszámot meghatározó szerszámjellemzők (minimálisan szükséges működő hossz, készlelenség minimális és maximális értéke, stb.) összessége értendő. A szerszámválasztási kritériumok értelmezését esztergaszerszámmodell ábráján mutatjuk be (2.23.a. ábra). A szerszámválasztási kritériumok értékei az adott művelet elem geometriai adatai (2.27. ábra) alapján állíthatók be.



2.27. ábra. Műveletelemek szerszámválasztási kritériumai

A **szerszámválasztási kritériumok körébe tartozó jellemzők:**

- művelet elem típusa;
- szerszám típusa;
- a készlelenség minimális és maximális értékei (BMIN, BMAX);
- a szerszám minimális működési hossza (MÜKH);

- a kés minimális ütközésmentes hossza hossz- és keresztirányban (MEHO, MEKE);
- a kés minimális mérete hossz- és keresztirányban (SZEHO, SZEKE);
- a kés kritikus mérete hossz- és keresztirányban (KRHO, KRKE),
- minimális szerszámtér (D);
- a fő- és mellékél minimális elhelyezkedési szöge (KAPPA, TAU);
- a kés lekerekítési sugarának minimális és maximális értékei (RMIN, RMAX);
- a kés homlokszöge (GAMMA),
- a menetkés menetemelkedése (S).

2.3.6.5. MŰVELETELEMEK ÖSSZEVONÁSA

Az a körülmény, hogy egy-egy szerszám általában több - azonos jellegű - műveletelemhez alkalmazható, indokoltá teszi e műveletelemek kigyűjtését, csoportosítását.

Azonos jellegű műveletelemek összevonásának célja, hogy adott alkatrész megmunkálása **minimális mennyiségű szerszámmal legyen megoldható**.

Ezzel együtt a szerszámválasztási kritériumokat oly módon kell szigorítani, hogy a választott szerszámmal az egy csoportba összevont műveletelemek végrehajthatók legyenek.

A **szerszámválasztási kritériumok** körébe tartozó jellemzők **szigorításán az alábbiak értendők**:

- a különböző működési hosszak közül leghosszabb veendő

$$MÜKH = \max (MÜKH_1; MÜKH_2; \dots; MÜKH_i)$$
- a különböző átmérők közül legkisebb választandó

$$D = \min (D_1; D_2; \dots; D_i)$$
- a különböző készlelésségek maximális értékei közül a legkisebb állítandó be

$$BMAX = \min (BMAX_1; BMAX_2; \dots; BMAX_i)$$
- a különböző készlelésségek minimális értékei közül a legnagyobb használandó

$$BMIN = \max (BMIN_1; BMIN_2; \dots; BMIN_i)$$

A **műveletelemek összevonási lehetőségei**:

- Azonos jellegű műveletelemek összevonása (pl. több hossz- és keresztirányú műveletelem, a 2.25. ábrán látható c és d ráhagyási alakzat egy szerszámmal történő előállítás).
- A hossz- és keresztirányú műveletelemek összevonása. Az összevonás feltétele, hogy álljon rendelkezésünkre olyan szerszám, mely alkalmas annak elvégzésére (például legyen KAPPA=95°-os rombuszkés).
- Külső és belső azonos jellegű műveletelemek összevonása. Az összevonás feltétele, hogy
 - álljon rendelkezésünkre olyan szerszámmal, amely alkalmas külső és belső, nagy átmérőjű felületek megmunkálására (például a Block Tool szerszámrendszere);
 - a szerszám (szán) képes legyen tér-negyed (főorsó előtti és mögötti) váltásra;
 - a főorsó forgása kétirányú legyen;
- Külső és belső azonos jellegű műveletelemek összevonása. Az összevonás feltétele, hogy legyenek kétképes szerszámok.

A **műveletelemek összevonásának hatásterülete**:

- az összevonás az alkatrész - adott gépen több befogásban végzett - teljes megmunkálására vonatkozik;
- az összevonás csak az adott befogáson belüli megmunkálásra vonatkozik;
- az összevonás csak a szomszédos műveletelemekre vonatkozik.

2.3.6.6. ALAKOS SZERSZÁMOK VÁLASZTÁSÁNAK KÉRDÉSE

Alakos szerszámot igénylő műveletelem geometriai leírása, továbbá a szerszám azonosítása igen bonyolult folyamat.

Ilyen esetekben sokkal ésszerűbb és egyszerűbb megoldásnak mutatkozik, az alakos szerszámoknak a programozó-technológus által az alkatrészprogram összeállítása során történő előírása.

2.3.6.7. ÜTKÖZÉSVIZSGÁLAT

Az ütközések (szerszám és munkadarab, szerszám és készülék vagy gépegység között) elkerülése nemcsak szerszámválasztási probléma, hanem érintheti a szerszámelrendezést és mozgástervezést is.

Alapvetően két fő esetre kell figyelni:

- a forgácsolás közbeni ütközésekre;
- az üresjáratú mozgások alatti ütközésekre.

Forgácsolás közben a szerszám és a munkadarab befogó eszköze közötti ütközés az adott befogásban eltávolítandó ráhagyási alakzatok helyes kijelölésével kerülhető el.

A működő szerszám és a munkadarab közötti ütközés során a szerszám nem kívánatos része kerül érintkezésbe a munkadarabbal. Ezen ütközésfajtának kiküszöbölése a szerszámválasztás feladata, mikor teljes mértékben ismeretes az előállítandó műveletelem és a választandó szerszám összes geometriai jellemzője.

Az ütközés az üresjáratú mozgások alatt, a szerszámváltási helyzet elérése és a váltás közben jelentkezhet. Elkerülése a szerszámelrendezés és a szerszámváltási helyek helyes meghatározása révén lehetséges.

2.3.7. A SZERSZÁMVÁLASZTÁS MODELLJE

A szerszámválasztás és elrendezés problémáinak elemzése megerősítette azt az elképzelést, hogy ezt a problémakört csak általánosan szabad megoldani. Az általános modell alatt az értendő, hogy a modell egyaránt alkalmas legyen tengely- és tárcsa jellegű alkatrészek megmunkálására, továbbá esztergák ill. eszterga megmunkáló központok felszerszámozásának automatikus tervezésére. A **szerszámválasztás logikai elvét** a műveletelem és a szerszám típus összerendelése, adatháttérét, pedig a műveletelem jellemzői és a szerszámkártyák összességét képező szerszámadatbázis adja.

A magasan automatizált művelettervező és NC programozási rendszerekben (EXAPT, FORTAP, Egyeséges moduláris programozási rendszer – EPR -, GTIPROG, stb.) [7], [27], [49], [59], [91] alkalmazott **szerszámválasztó-tervező programok közös vonása**, hogy

- a szerszámot komplett egységként (a szerszámtartóba fogott forgácsoló szerszám együtteseként) kezelik;
- a szerszámválasztás az adott gép, ill. gépcsalád választékát tükröző adatbázisból történik;
- a szerszámjellemzők megadása táblázatos formában (úgynevezett szerszámkártyák segítségével) történik;
- ha a rendelkezésre álló szerszámválaszték nem elégíti ki a szerszámválasztási kritériumokban rögzített követelményeket, akkor az alkatrészprogram feldolgozása leáll és csak az adatbázis szükséges szerszámokkal történő bővítése után futtatható újra.

2.3.7.1. A MODELL SAJÁTOSSÁGAI

A szerszámválasztás általános modelljének kialakítása során rögzítendő a kívánt cél és az elérésére szolgáló szempontok, melyek egyben az alkalmazott módszer sajátosságait is tükrözik:

- **Szerszámválasztás megvalósításának módszerei**

A szerszámválasztás általános megoldásának elvileg két módja lehetséges:

- **Komplett szerszámok összeállítása (szerelése) szerszámelemekből.** A módszer lényege, hogy a szerszámválasztási kritériumok alapján a rendelkezésre álló szerszámelemekből (lapka, késtest, késtartó stb.) a szerszámválasztó modul határozza meg az optimális kombinációt. Ez az elv került megvalósításra az EPR rendszerben a szerszámtervezésnél (részletes leírása a 2.5. pontban található).
- **Szerszámválasztás a rendelkezésre álló komplett szerszámok halmazából.** Ez esetben a szerszám komplett egészként, azaz szerszámelemekből (lapka, késtest, átalakító elem, szerszámtartó, stb.) előzetesen összeszerelt egységként értelmezendő. A számítógépi program jelen esetben nem „szereli” a szerszámot, hanem a komplett szerszám készletből választ a szerszámválasztási kritériumok alapján.

- **A szerszámválasztás irányított folyamat**

A szerszámválasztás elvileg két módon valósítható meg:

- **Szerszámválasztás a szerszámok rendezetlen halmazából.** Ezen módszer lényege, hogy a szerszámválasztási kritériumokat először kielégítő szerszámot választják, majd a szerszámkeresést továbbfolytatják, és ha találnak a szerszámválasztási kritériumokat kielégítő újabb szerszámot, akkor a két szerszám közül a szerszámválasztási kritériumoknak jobban megfelelő szerszámot tartják meg. E vizsgálatot az adott szerszámtípus teljes állományára kiterjesztik.
- **Szerszámválasztás a szerszámok rendezett halmazából.** Ezen módszer alkalmazása során a szerszámválasztási kritériumokat először kielégítő szerszám az optimális. A módszer alkalmazásának feltétele a szerszámok rendezettsége. A FORTAP-, EPR- és GTIPROG rendszerekben is a szerszámválasztás irányított folyamatának módszerét alkalmazták

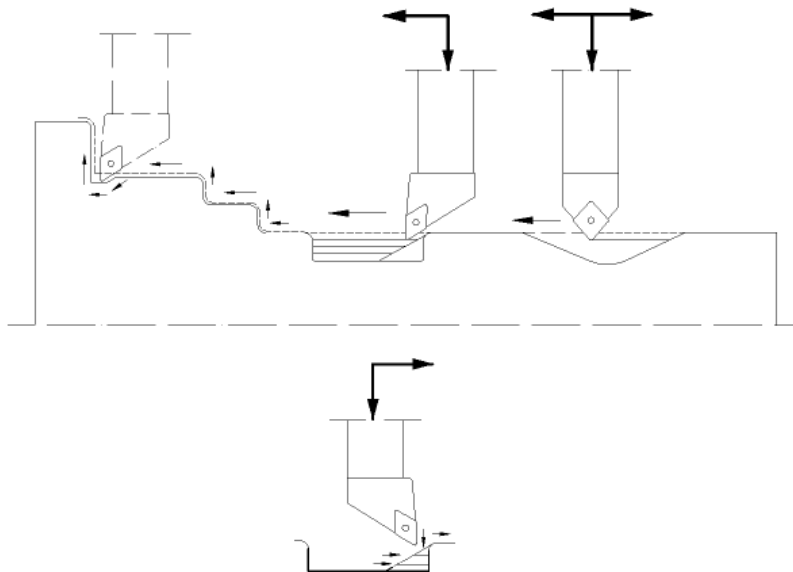
A szerszámválasztás irányított folyamata alatt az alábbiak értendők:

- **A szerszámválasztás a műveletelem, ill. elemcsoporthoz rendelhető szerszámtípusok rangsorolása.** Így a szerszámválasztás minden esetben az adott műveletelemnek optimálisan megfelelő szerszámtípus csoportból indul.
 - **Egy adott szerszámtípus csoporton belül a szerszámok meghatározott sorrendben követik egymást.** Ezzel a módszerrel biztosítható a legkedvezőbb (legmerekvebb, legjobb forgácsolási tulajdonságokkal rendelkező, stb.) szerszám gyors megtalálása. A szerszámok sorrendjét leginkább befolyásoló jellemzők és azok hatását érvényesítő rendező elv:
 - átmérők csökkenjenek;
 - adott átmérőn belül a működési hosszak növekedjenek;
 - adott átmérőn, működési hosszon belül a főél elhelyezkedési szögei és a homlok-szögek csökkenjenek, a készsélességek, a csúcsgugarak, pedig növekedjenek, stb.;
 - **A szerszámgép-modell egyedi tulajdonságait tükröző jellemzők** (szerszámok szánonkénti és szerszámhelyenkénti befoghatósága, szánonk programozhatósága, stb.) **táblázatos megadása** nagyban megkönnyíti, s egyben kívülről irányíthatóvá teszi a szerszámválasztás és a szerszámelrendezés menetét.
- A rendszer további sajátossága az, hogy - a rendszer magasan automatizált szintje mellett - **a programozó technológus a technológiai utasítások keretében előírhatja az alkalmazandó szerszámot** és/vagy forgácsolási paramétereket, stb.
 - **A szerszám adatainak megadási módja**

A szerszám adatainak megadása az ismert programozási rendszereknél alkalmazott szerszámkártya megoldással történik.

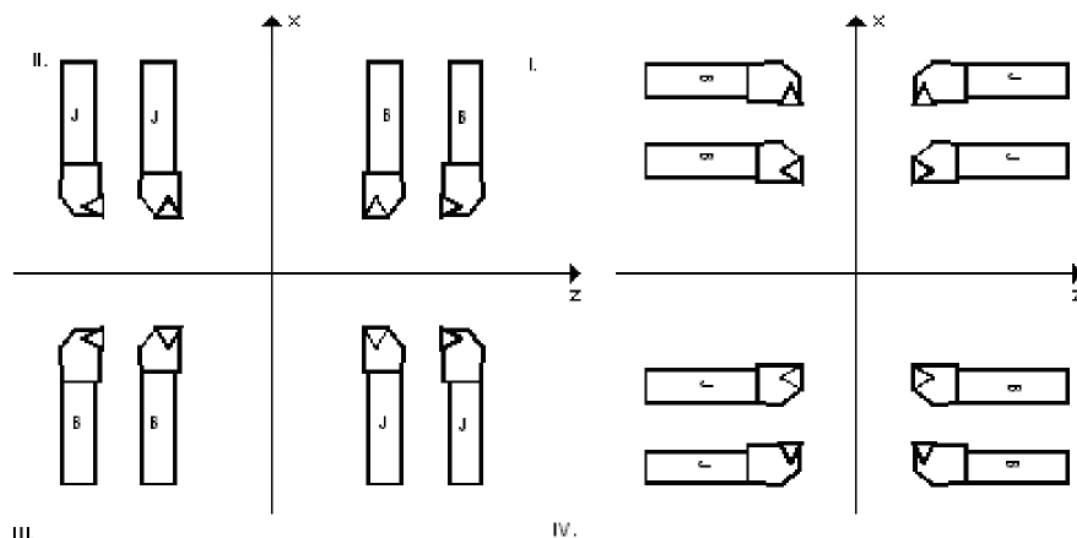
Az alkalmazott egyszerűsített **szerszámkártya sajátosságai:**

- **Egységes szerszámkártyával** történik a komplett szerszámok különböző típusainak leírása. A szerszámkártyákkal leírható szerszámcsoporthoz (4.1. melléklet) és a csoporton belüli szerszám típusok kódolása:
 - esztergaszerszámok;
 - fúrószerszámok;
 - marószerszámok.
- **A szerszám összes jellemző adata az összeszerelt szerszámnak a forgácsoláskor felvett helyzetében értendő.** Az eszterga szerszám típusát befolyásoló körülmények (kés kivitele, befogási helyzete, megmunkálási tér-negyede, stb.) és hatásaik:
 - **A szerszám típusát nem befolyásolják a következők:**
 - A kések befogási módja (normál -, vagy fordított állású befogás) a befogandó kés kivitelét (jobbos, vagy balos) határozza meg. A késállásnak megfelelő kés-tartót kell választani, továbbá a forgásirány helyes beállítására kell figyelni.
 - Egy adott szerszámnak a megmunkálási tér-negyed váltása a forgácsolható felület jellegében tükröződik (pl. a főorsó előtti furatszerszám –SANDVIK forgácsoló-fej, ISKAR kések, stb.- a főorsó mögötti tér-negyedben külső felület megmunkálására alkalmas, ha egyéb technológiai körülmény azt nem zárja ki).
 - **A szerszám típusát befolyásoló tényezők:**
 - Adott megmunkálási tér-negyedben a befogási helyzet és a kés kivitele határozza meg a forgácsolási irányt (2.28. ábra).
Például álló helyzetű kések, a főorsó feletti megmunkálási tér-negyedben alkalmasak:
 - balos kivitelben a normál megmunkáláshoz;
 - jobbos kivitelben az inverz megmunkáláshoz;
 - semleges kivitelben a normál és inverz megmunkáláshoz.



2.28. ábra. Kések befogási helyzetének és kivitelének kölcsönhatása

- Adott befogási helyzetű (álló, vagy fekvő) és kivitelű kések alkalmazhatósága különböző tér-negyedekben (2.29. ábra).
- Az álló helyzetű kések befogási helyzetének változásából eredő alkalmazási terület módosulása is jól látható a 2.29. ábrán. Ez esetben a homlok élű oldalazó kés hosszsztergálásra válik alkalmassá, míg mellő élű hosszsztergáló oldalazásra használható.



2.29. ábra. Álló és fekvő helyzetű, jobbos és balos kivitelű kések alkalmazhatósága különböző tér-negyedekben

- Megszűnt a szerszámkártyára felviendő szöveges információk (szerszám-és szerszámtartó megnevezése, szerszámanyag-minőségek szabványos jelölése, pl. P20 vagy DA20, stb.) korlátozása.
- Minimális szintre csökkent az adatkártyák száma és az azon levő adatok ismétlődése.
- Az adatkártyák jelentős száma és a kártyákon levő adatismétlődés abból a helyzetből adódott, hogy a szerszámkártyán szereplő bármely szerszámjellemző megváltozása egy új szerszám megjelenését eredményezte, s így ezen egy adat kivételével a szerszám összes adatának ismétlődését okozta.

Az **adatismétlés csökkentése** a következő adatmegadási mód alkalmazására révén biztosítható:

- A szerszámjellemzők összetett formában való megadási lehetőséget (például a referenciahossz minimális és maximális értékei, ha a szerszám hosszirányban nem állítható, a második adat elmarad).
- A gyakran ismétlődő szerszámadatok (max. 3 adatcsoport) önálló táblázatos formában (max. 10 adattal) történő leírási lehetősége.

Ezen adatmegadási móddal az alábbi adatcsoportok írhatók le:

1. a szerszámanyag-minőségek választéka (pl., P10, P20, stb.);
 2. az adott szerszámtípusra jellemző elsődleges méretek választéka:
 - késeknél a készsélességek értékei;
 - menetkéseknél a menetemelkedések értékei;
 - fúró-maró szerszámoknál az átmérők értékei;
 - tárcsamaróknál a marószélességek értékei;
 3. az adott szerszámtípusra jellemző másodlagos méretek választéka:
 - késeknél a csúcsgugár értékei;
 - süllyesztőknél és dörzsárainál a szerszámméretre vonatkozó ISO szerinti tűrésének értékei;
 - maróknál a fogság értékei.
- A hét karakteres szerszámazonosító felépítése:
 - 1÷4. pozíció: szerszám típusa (a 4. mellékletben leírtak szerint);

- 5. pozíció: az előző pontban leírt 1. adatcsoportban felsorolt jellemzők közül szükséges adat helysorszáma. A sorszám megállapításánál ügyeljünk arra, hogy a sorszám 0-val indul.
- 6. pozíció: az előző pontban leírt 2. adatcsoportban felsorolt jellemzők közül szükséges adat helysorszáma.
- 7. pozíció: az előző pontban leírt 3. adatcsoportban felsorolt jellemzők közül szükséges adat helysorszáma.

2.3.7.2. A SZERSZÁMVÁLASZTÁS HELYE ÉS MENETE

A fentiekben vázolt elvek gyakorlati megvalósítására többek közt az NC-CNC esztergák és esztergaközpontok programozására szolgáló GTIPROG-EC rendszerben került sor [17], [20], [24].

A rendszer képes a forgátest jellegű alkatrészek több befogásból álló teljes megmunkálási folyamatot megtervezni. Az automatizált szerszámválasztás és - elrendezés hatásköre kiterjed mind a forgásimmetrikus felületek megmunkálásához használt esztergakések és fúrószerszámok (állószerszámok), mind, pedig az egyéb felületek (hornyok, síkok, osztókoronán lévő furatok stb.) előállításához szükséges meghajtott szerszámok körére.

A művelettervező rendszerekben a szerszámválasztásra a műveletelemek generálása után kerül sor. Az automatikus szerszámválasztási modul felépítésének elvi vázlata a 2.30. ábrán látható.

A szerszámválasztási kritériumok összeállításának helye:

- Közvetlen **az egyes műveletelemek kialakulása után**. A megoldás előnye a műveletelem-adatok közvetlen elérése, hátránya a műveletelem generáló modul memória igényének növekedése, különösen akkor, ha a tervezőrendszer egyik legnagyobb moduljáról van szó.
- Az alkatrész teljes megmunkálását biztosító **összes műveletelem kialakulása után**. Ez a módszer előnyösebb, mivel a műveletelemekhez tartozó szerszámválasztási kritériumok összeállítására önálló modulban, a szerszámválasztási modulban kerül sor.

A szerszámválasztási feltételeket nem egy-egy szerszámtípusra, hanem az általánosan értelmezett szerszámmoddellre határozzák meg. Az aktuális szerszámtípusra vonatkozóan ezek részben valós feltételek, részben fiktívek. Az utóbbiakat úgy állítják be, hogy a követelményeket az éppen igényelt szerszámtípus bármelyik reprezentánsa kielégítse.

A szerszámválasztási kritériumok tárolása táblázatos formában az alábbiak szerint történik:

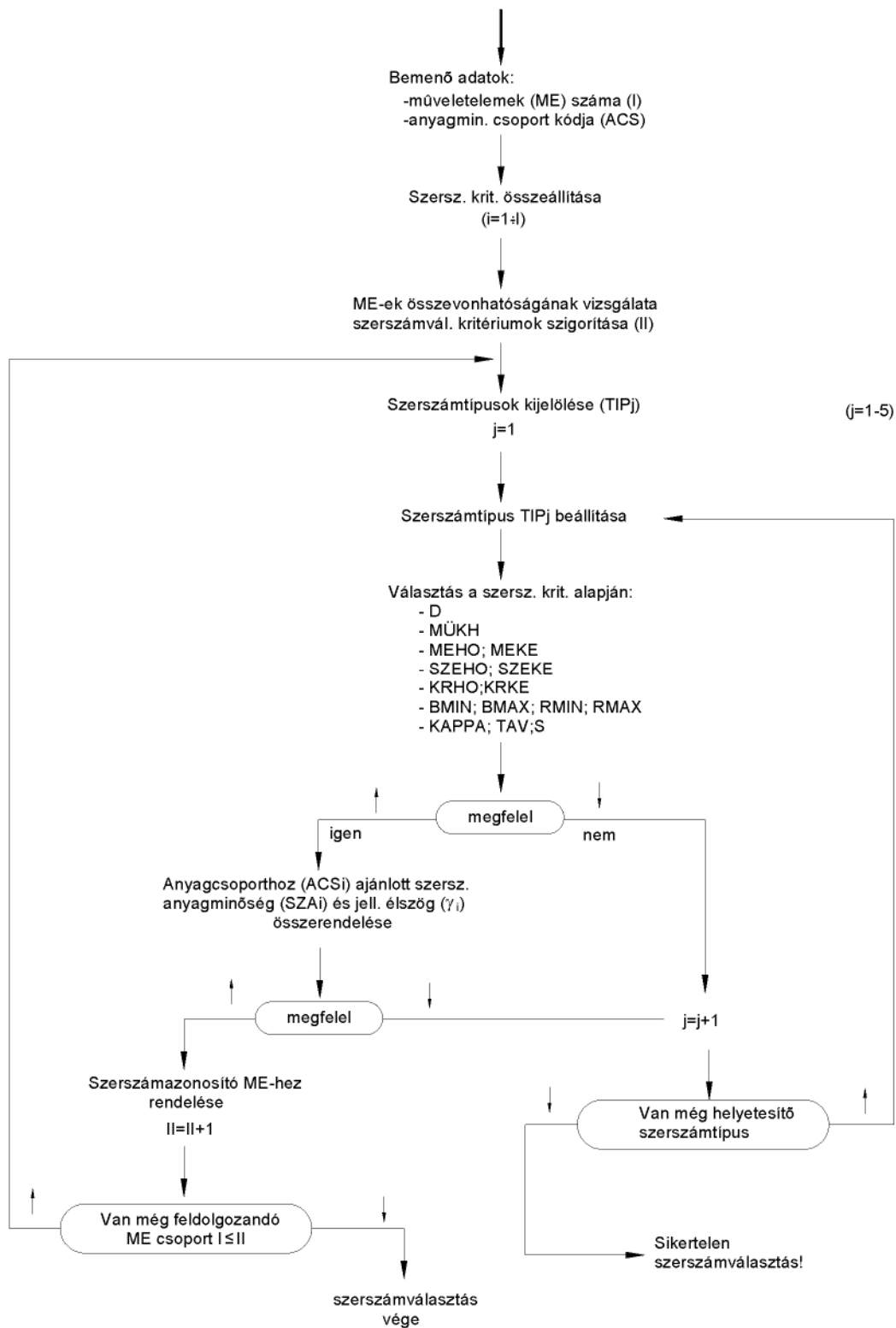
- az oszlopok tartalmazzák a 2.3.6.4. pontban ismertetett szerszámválasztási kritériumok körébe tartozó jellemzőket;
- a sorok, pedig az adott alkatrész megmunkálásához szükséges műveletelemek típuskódjait mutatják be.

Ezt követően végezhető el az azonos szerszámot igénylő műveletelemek összevonása (műveletelem-csoport képzése) és a szerszámválasztási kritériumok szigorítása a 2.3.6.5. pontban ismertetett módszer szerint.

A szerszámkeresés a szerszámválasztási kritériumok alapján a műveletelemhez vagy műveletelem-csoporthoz rendelt – az adott feladatnak legjobban megfelelő - szerszámtípus körében indul. Ez a megfeleltetés a műveletelem-csoport (megmunkálási mód) és késtípusok összerendelése révén érhető el, melynek értelmezése a 2.3.6.3. pontban található. A késtípusok besorolását sokszor egymásnak ellentmondó hatások mérlegelése alapján kell végezni.

A besorolást befolyásoló körülmények:

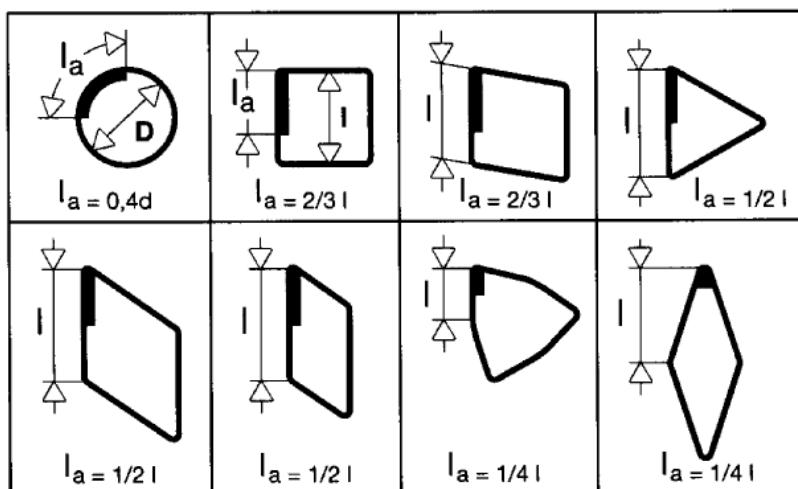
- A szerszámtípus lehetőleg legyen több célú:



2.30. ábra. Szerszámválasztás elvi vázlata

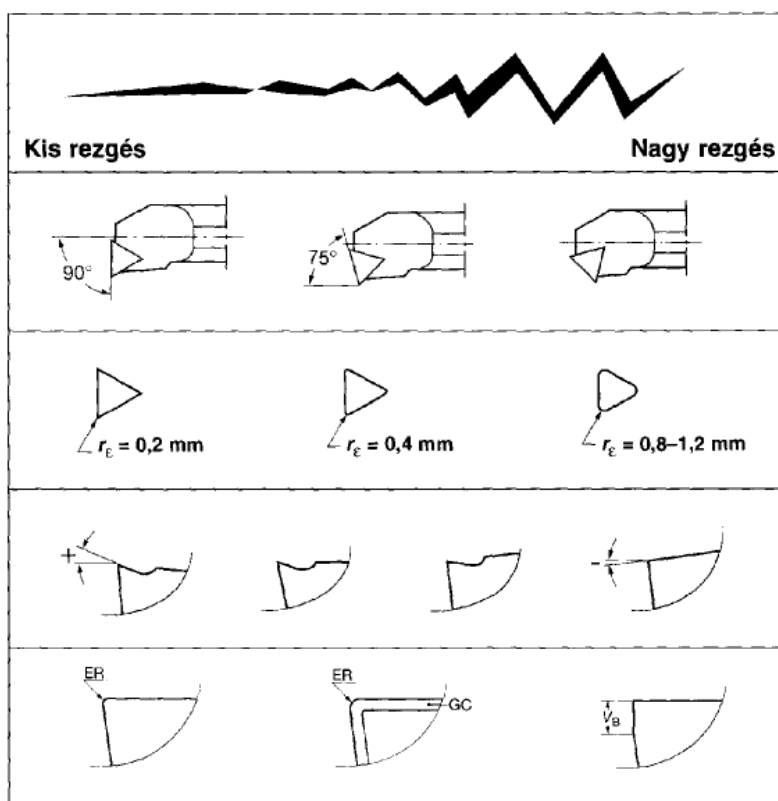
- esztergálás esetén a 80° élszögű rombusz lapkás kés egyaránt alkalmas hossz- és kereszt-esztergálásra;
- fúrás esetén a 180° csúcshézagú fúró alkalmas lapos zsákfurat és a névleges fúróátmérőhöz, közeli furat bővítésére.
- A lapka alakzatok ajánlott kihasználásának mértéke alapján (2.31. ábra).

- A forgácsolás során minimális erő és ennek következtében legkisebb deformáció keletkezzen.



2.31. ábra. Lapka alakzatok ajánlott kihasználásának mértéke [107]

- Minimális rezgést eredményező él-geometria jellemzők megválasztása. Így a főél elhelyezkedési szöge lehetőleg 90° körüli legyen, vagy csökkenjen 75° , 45° , stb., a csúcsgörbület lehetőleg minél kisebb, továbbá homlokszög lehetőleg minél nagyobb és pozitív legyen (2.32. ábra).



2.32. ábra. Él-geometria jellemzők hatása a szerszám rezgésére [107]

A beállított szerszámtípuson belül a szerszámválasztási kritériumnak leginkább megfelelő és legmerevebb szerszám kiválasztás valósul meg szerszámok rendezett formában történő tárolása révén.

A szerszámkereséssel egy időben valósul meg a szerszám és a munkadarab között fellépő ütközés vizsgálata is.

Ezt követően határozandó meg a megmunkálandó anyagminőséghez és az adott megmunkálási módhoz tartozó optimális szerszámanyag-minőség és él-geometria. Ez a feladat az anyagcsoport és megmunkálási mód függvényében a szerszámanyag-minőségeknek az összerendelése (2.4. táblázat) alapján oldható meg.

Az összerendelési táblázatból kiveendő az adott anyagcsoport és szerszámanyag minőséghez ajánlott homlokszög – furás esetén a csúcshézag – és ehhez az értékhez keresendő szerszám.

megmunkálási módhoz (MM) ajánlott szerszámanyag (SZAi) és jellemző élshög (γ_i) Anyagcsoport (ACSi)	MM ₁ (nagyoló esztergálás)						...	MMi
	SZA	γ_1	SZA	γ_2	SZA	γ_3	...	
ACS ₁ (1001)	P20	15	P30	15	P10	15	...	
ACS ₂							...	
⋮								
ACS _n								

2.4. táblázat. Megmunkálandó anyagcsoport és szerszámanyag-minőség összerendelése

Eredménytelen szerszámválasztás esetén a helyettesítő szerszámtípusok körében folytatódik a keresés, az összes szerszámválasztási lehetőség kimerülése esetén az adatbázis bővítésével, vagy a szerzámtervezési igény kielégítése után folytatódhat a feldolgozás.

A sikeres szerszámválasztás után kerül sor a választott szerszámnak a műveletelemhez történő hozzárendelésére. A szerszámválasztás a soron következő műveletelem-csoport szerszámválasztási kritériumainak feldolgozásával folytatódik. Az összes műveletelem-csoport sikeres feldolgozásával fejeződik be a szerszámválasztás.

2.4. AUTOMATIKUS SZERSZÁMELRENDEZÉS

A **szerszámelrendezés feladata** az NC-CNC esztergagépeken, eszterga megmunkáló-központokon végrehajtandó műveletelemek megmunkálási sorrendjének és a szerszám gép felszerszámozási technológiai-konstrukciós lehetőségeinek figyelembevételével, a szerszámok optimális elrendezése a gép szerzámhordozóin és tárhelyein. Optimálisnak tekintendő az a szerszámelrendezés, ha a szerszámváltások és szerszámcserek összegzett ideje a legkisebb. Ennek az elvárásnak akkor lehet legjobban megfelelni, ha szerszámok a szerzámhordozókon (revolverfejek, szerzám tartókon, szerzám táraikon, stb.) a végrehajtandó műveletelemek megmunkálási sorrendjének megfelelően kerülnek felfogásra [7], [8], [27], [49], [59].

Ezek a gépeken alkalmazott orsók – szánok - szerzámhordozók (revolverfejek) kialakításait tekintve, igen sok változat született [96]. Egy **orsós gépek** esetén mutatjuk be a **szánok - szerzámhordozók elrendezéseinek jellegzetes változatait** (2.33. ábra).

Az NC-CNC esztergagépeken, eszterga megmunkáló-központokon, gyártócellákon alkalmazott jellegzetes felszerszámozási kialakítások jellemzése és részletes leírásuk a „CNC szerzám gépek szerzámrendszerei” című jegyzetben [8] található.

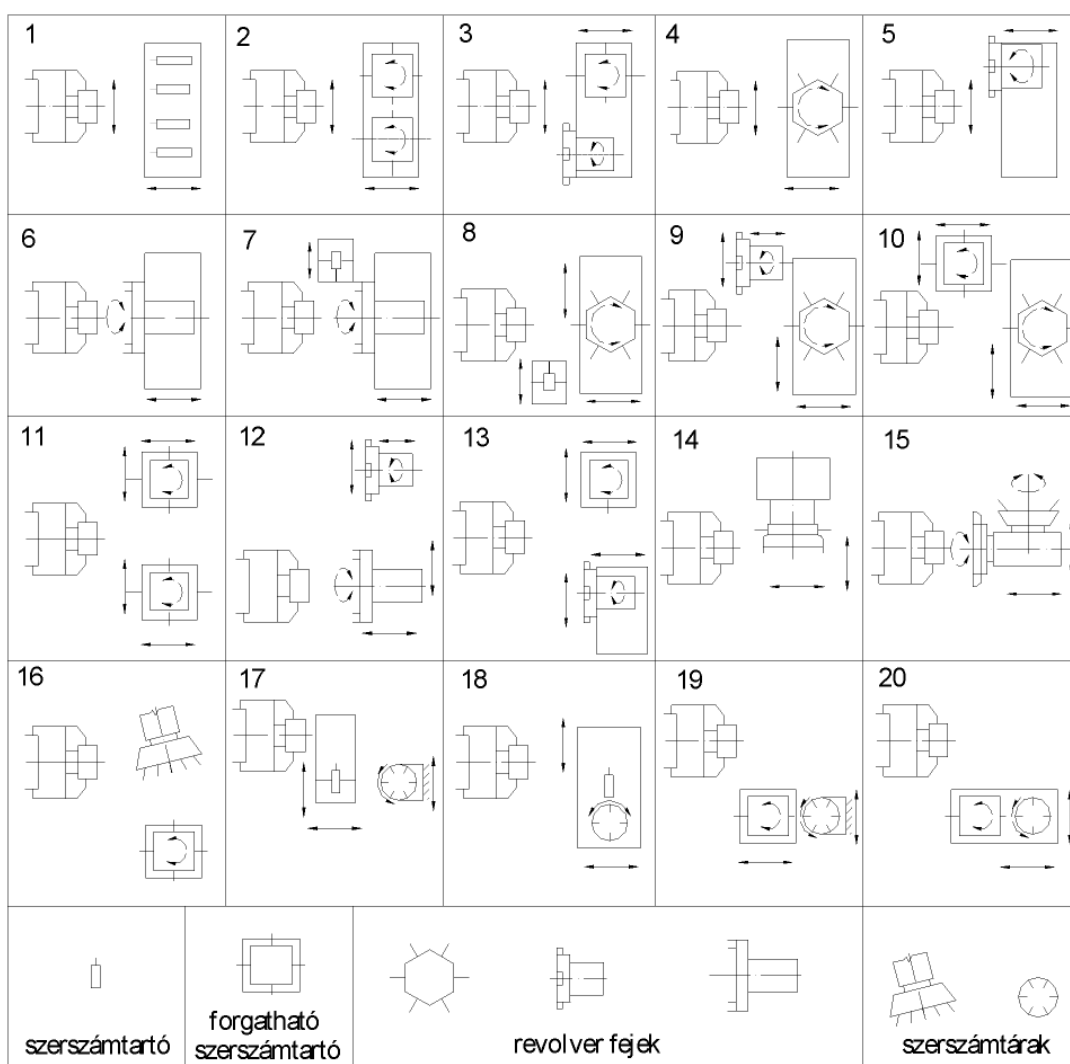
Az adott műveletelem végrehajtásához szükséges szerzám a megmunkálási helyzetbe történő vitelét **szerzámváltással, azaz a revolverfej megfelelő pozícióba való forgatásával, ill. a szerzámhordozó elmozdításával** valósítják meg.

Szerszámcseré, akkor iktatandó be, ha

- a szerszámhordozóra felfogható szerszámhelyek száma kevesebb az adott művelet, ill. alkatrész teljes megmunkálásához szükséges szerszámok számánál;
- sérült, vagy kopott szerszámok cseréje szükséges;
- szerszámtáras gépeknél;
- forgácsoló-fejek automatikus cseréjénél.

A szerszámok azonosításának-, váltásának-, vagy cseréjének rendszerei:

- Rögzített szerszámhely-címes rendszerben** az egyes szerszámhelyeket kódolják, és e kód-nak a CNC vezérlőprogramból történő lehívásával valósítják meg a szerszámváltás végrehajtását. A helycímes rendszerben működő szerszámtár esetén a **szerszámot mindig arra a helyre kell visszatenni, ahonnan a szerszámcserélő berendezés kivette.**
- Szerszámcímes rendszerben** az egyes szerszámokat olvasható kóddal látják el és ezen a kóddal hajtható végre a szerszámcseré. A szerszámcímes rendszer a szerszámtárral működő gépeknél terjedt el.



2.33. ábra. Szánok-szerszámhordozók elrendezéseinek főbb változatai egy orsós esztergák esetén [96]

A főorsók száma, elrendezése, a szánok száma, rendeltetése és mozgás lehetőségei, az egyes szerszámhelyek befogathatósági, korrekciósági lehetőségeinek sokfélesége (2.33. ábra) a **szerszámelrendezési feladat általános igényű megoldását követelte meg.**

A szerszámelrendezés általános megoldását befolyásoló körülmények:

- a. egyrészt **nehezítette**, hogy az NC-CNC gépek egy részénél:
- a revolverfejek (több állású késtartók, stb.) csak egy irányban forognak;
 - a szerszámfészkek különböző rendeltetésűek lehetnek:
 - bizonyos helyeken csak fúrni, nagyolni vagy simítani lehet;
 - álló vagy meghajtott szerszámok felfogására alkalmasak;
 - szerszámtartók rögzítése eltérő;
 - az azonos rendeltetésű fészkek különböző konstrukciós kialakításban készülhetnek (például furat- vagy külső műveletelemek előállítására), ennek megfelelően más a befogható szerszámok csatlakozó részének konstrukciója is;
 - a szerszámcsere végrehajtásának eltérő szintjei:
 - kézi szerszámcsere során minden csereművelet kézi úton történik;
 - fél-automatikus szerszámcsere esetén a csereművelet kézi, míg a rögzítés gépesített;
 - automatikus szerszámcsere során a csereművelet gépesített az alábbi módon:
 - ☐ egykaros berendezéssel;
 - ☐ kétkaros berendezéssel;
 - ☐ szerszámpaletta, ill. szerszámhordozó cseréjére alkalmas berendezéssel.
- b. másrészt **könnyítették** az NC-CNC gépek területén tapasztalt **egységesítési és szabványosítási törekvések**, melynek révén:
- a revolverfejek forgatása mindkét irányban programozhatóvá vált;
 - csökkentek a befogási és korrekciós kötöttségek;
 - terjed az eltérő típusú szerszámok befogására alkalmas szerszámtárcák használata, stb.

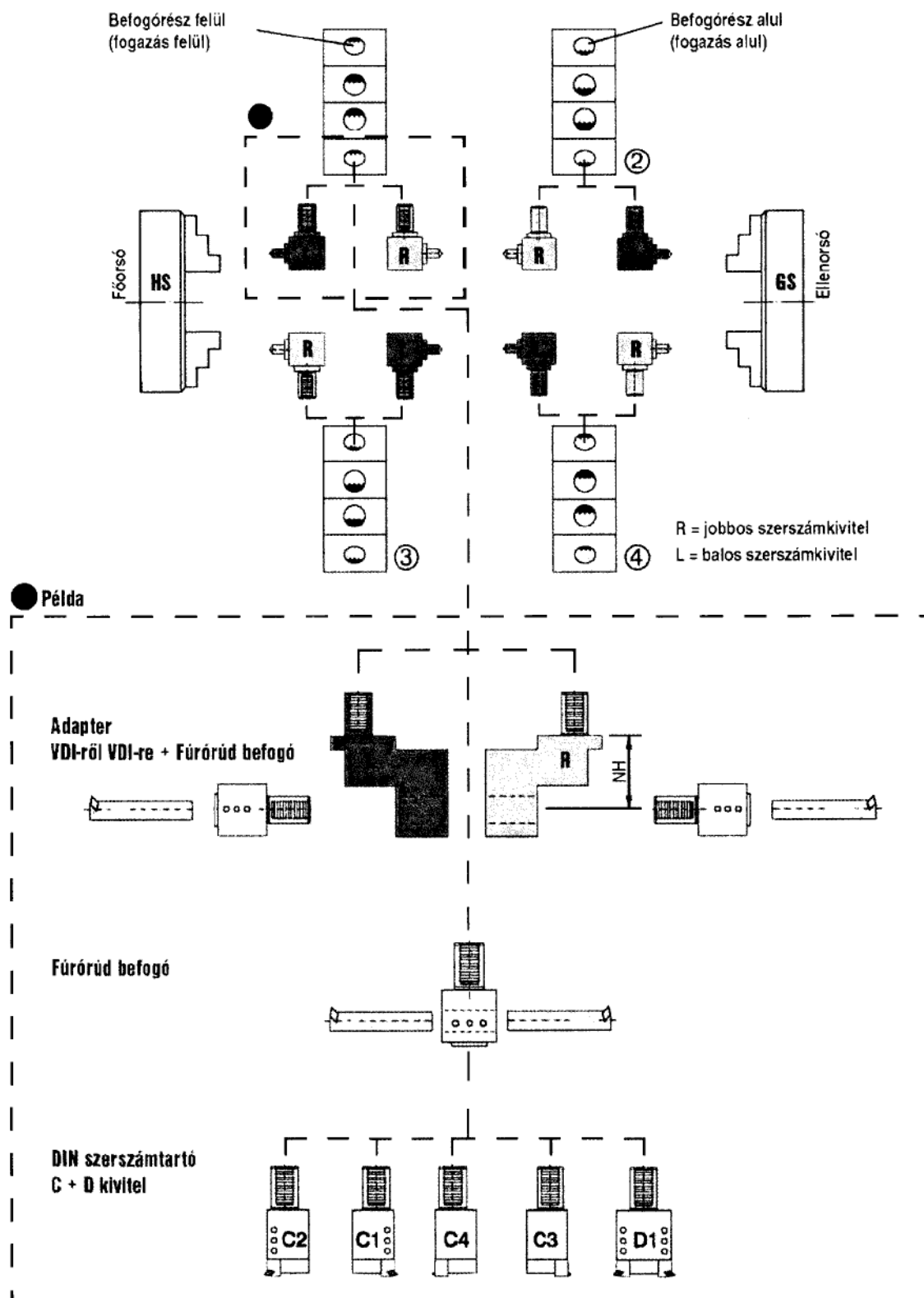
Az **automatikus szerszámelrendezés megoldása során figyelembeveendő** legfontosabb konstrukciós-technológiai kialakítások:

● **Főorsók száma és elrendezése:**

- egy főorsós gépek (a forgácsoló mozgás hagyományos irányban –például hosszesztergálás esetén az előtoló mozgás jobbról balra- történik);
- két orsós gépek (az ellen-, ill. a segédorsóba fogott munkadaraboknál a forgácsoló mozgás hagyományos iránnyal ellentétes - azaz inverz, vagyis jobbra – történik) fő típusai (2.34. ábra):
 - fő-és ellenorsós kivitelben;
 - fő-és segédorsós kivitelben. A segédorsó egy olyan vezérelhető munkadarab befogószerkezet, amely a szerszámhordozó meghajtott szerszámbe fogási helyére van befogva;

● **Szánok száma és elrendezése:**

- mellső vagy hátsó sík-negyedben működő, egy szános kivitelben, mely lehet
 - egy szerszámhordozóval;
 - két szerszámhordozóval (eltérő sík-negyedben elhelyezkedő kivitelben);
- mellső és hátsó sík-negyedben működő egy-egy szánnal. Az egyes szánok –az előző pontban ismertetett- egy és két szerszámhordozós kivitelben készülhetnek (2.34. ábra)



2.34. ábra. Kétorsós, két revolverfejes és kétszános esztergaközpont felszerszámozása [135]

- Szerszámhordozók konstrukciós kialakításai:
 - egy szerszámhelyes gyorsváltó (MULTIFIX);
 - 4, 6, 8, 10, stb. férőhelyes toronyrevolver
 - rudas kivitelű felszerszámozáshoz;

- tömbös kivitelű felszerszámozáshoz;
- 6, 8, 12, stb. férőhelyes dobrevolver (csillag-, koronafejes, stb.);
- 4, 6, 8, 10, stb. férőhelyes, síkasztalos kivitelben;
- 24÷120 férőhelyes szerszámtár (egy vagy két karos szerszámcserélő berendezéssel);
- Szerszámbefogó helyek alkalmazási kötöttségei:
A szerszámhordozók és tartók egységesítésére való törekvés ellenére, az egyes befogóhelyek az alábbi típusú kötöttségekkel bírhatnak:
 - kések befogására alkalmasak;
 - álló szerszámok befogására alkalmasak;
 - meghajtott szerszámok befogására alkalmasak;
 - álló és meghajtott szerszámok befogására alkalmasak;
 - speciális eszközök (pl. segédorsó, köszörű orsó, mérőeszköz, lézerfej, hegesztőfej, stb.) befogására alkalmas.

A szerszámelrendezési modell az alábbi felépítésű szerszámgépekhez alkalmas:

- mellső és/vagy hátsó sík-negyedben működő szánnal
 - egy (mellső vagy hátsó) torony- vagy dob-revolverfejes szerszámhordozóval;
 - mellső és hátsó torony- vagy dob-revolverfejes szerszámhordozóval;
 - szerszámtárral.
- mellső és hátsó sík-negyedben működő egy-egy szánnal
 - a mellső szánon levő torony- vagy dob-revolverfejes szerszámhordozóval;
 - a hátsó szánon torony- vagy dob-revolverfejes szerszámhordozóval.

A **szerszámhelyek csoportosítása** olyan egy vagy két orsós gép modelljén kerül bemutatásra (2.34. ábra), amely mellső és/vagy hátsó sík-negyedben működő egy-egy szánnal rendelkezik, továbbá az egyes szánon levő szerszámhordozó típusa torony- és/vagy dob-revolverfej.

A szerszámhelyek csoportosítása szerszámhordozóként végzendő a szerszámhelyek neveinek (kódjainak) felsorolásával.

Az egyes csoportok jellemző paraméterei:

- szán kódja (mellső vagy hátsó);
- megmunkálás jellege (főorsóba, ill. ellenorsóba fogott munkadarabban);
- megmunkálás tér-negyede (főorsó előtti vagy mögötti);
- főorsó forgásiránya (óramutató járásával egyező vagy ellentétes);
- a szerszámtartó gép oldali csatlakozásának jellege:
 - csatlakozó felület típusa (hengeres DIN 69880, VDMA, kúpos forgácsoló fejek, stb.);
 - szerszámhely jellege (álló és/vagy meghajtott).

A **szerszámelrendezés logikai alapját** az adott szerszámoknak az egyes szerszámhelyekhez való összerendelése képezi. Az összerendelés a szerszámhoz tartozó műveletelem sajátosságainak és a gép-jellemzőknek megfelelően történik, a gépkártya segítségével. A gépkártya jellemzőinek specifikációja az adatbázis leírásában található.

A kidolgozott modell segítségével sikerült megoldani a szerszámlehívások sorrendjének legjobban megfelelő szerszámelrendezés kialakítását.

Ekkor határozandó meg még a szerszám befogási helye (lehívási kódja), a korrekciós kapcsolók azonosítói, a megmunkálás tér-negyede és a főorsó forgási iránya.

2.5. AUTOMATIKUS SZERSZÁMTERVEZÉS

A számítógépes programozási rendszerek egy jelentős részénél figyelhető meg a technológiai tervezés teljes automatizálására való törekvés [7], [24], [74], [91], [94]. Az automatizálási szint emelkedésével az információ igény jelentős mértékben növekszik [23], [43], [117]. A programozási rendszerek egyik igen adatigényes feladata az adott alkatrész előállításához szükséges szerszámok meghatározása, technológiai tervezése (szerelése).

Az automatikus forgácsolástechnológiai tervező rendszereknél, amelyek a megmunkáláshoz szükséges szerszámok kiválasztását is automatikusan valósítják meg, a szerszámokat komplett egésként (lapka, késtest, szerszámtartó, stb.) kell megadni.

Egy adott gép vagy géppark teljes szerszámválasztékát tükröző szerszámjellemzők komplett szerszámok formájában történő megadása aránylag egyszerű, de rendkívül időigényes feladat. Ezen körülmény szükségsszerűvé tette a forgácsoló szerszámok és befogók összeállítási (szerelési) módszerének kidolgozását.

A **szerszámtervező modul alapvető célja** a rendelkezésre álló forgácsoló szerszámokból és szerszámtartókból az adott célnak megfelelő komplett szerszámok összeállítása [7], [24].

A **szerszámtervező modullal szemben támasztott követelmények** kielégítése az alábbi tervezési módszerek alkalmazásával valósítható meg:

- A **variáns elvre épülő szerszámtervezés**, melynek célja komplett szerszámok összeállítása forgácsoló és szerszámtartó elemekből a technológiai adatbázis szerszámadatokkal történő feltöltése végett. Ez esetben a rendelkezésre álló forgácsoló szerszám- és befogó elem választékból az összes - technológiailag elfogadható - kombináció állítandó össze.
- A **generáló elvre épülő szerszámtervezés**, melynek célja a művellettervező modul részéről jelentkező -az adott alkatrész legyártásához szükséges- szerszámtervezési igények kielégítése.

A **szerszámtervezési feladat variáns és generatív módszerrel történő megoldására** az alábbi megvalósítási lehetőségek kínálkoznak [90]:

- A **konjunktív összerendelési mátrix** (2.5. táblázat) lényegében úgy is értelmezhető, hogy az általános tervezés részmegoldásait takarja, vagyis az összerendelési mátrix a szerszám-elemek és a technológiailag megvalósítandó megoldások közötti kapcsolatra utal (1 – az elem és a tulajdonság között fennálló kapcsolatra utal). E módszer alkalmazása azzal az előnnyel jár, hogy a szerszámtervezés folyamatát kívülről irányíthatóvá teszi. Ilyen esetben az összerendelési mátrixot mindig az adott felhasználó igényeinek, elvárásainak, továbbá az adott gépen használatos szerszámok felépítési lehetőségeinek megfelelően kell összeállítani.

Elemek/tulajdonságok		F(a ₁)	F(a ₂)	F(a ₃)		F(a _{h-1})	F(a _h)
forgácsoló-él (lapka)	A ₁	1	1	1		1	1
forgácstörő	A ₂						1
forgácsoló-betét	A ₃			1			
szerszámtest	A ₄	1	1			1	1
szerszámbefogó	A ₅					1	1
átalakító hüvely	A ₆						
szerszámtartó	A ₇	1	1	1			1
alap-szerszámtartó	A ₈		1	1		1	1
átalakító közdarab	A ₉			1			1

2.5. táblázat. Konjunktív összerendelési mátrix

- A **dikonjunktív összerendelési mátrix** (2.6. táblázat) alkalmazása a szerszámtervezés általános megoldását eredményezi a szerszámelemek és tulajdonságaik összerendelése alapján. Az általa-

nos megoldás esetén felszínre kerül a megoldások optimalizálásának kérdése, mivel a szerszámtervezés követelményeit kielégítő elemek és azok variációi több lehetséges megoldást eredményezhetnek. Az optimális megoldás meghatározása során nehézséget jelent a gyakran egymás hatását befolyásoló optimalizáló kritériumok megfogalmazása.

Elemek/tulajdonságok		F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉
forgácsoló-él (lapka)	A ₁	1								
forgácstörő	A ₂		1							
forgácsoló-betét	A ₃			1						
szerszámtest	A ₄				1					
szerszámbe fogó	A ₅					1				
átalakító hüvely	A ₆						1			
szerszámtartó	A ₇							1		
alap-szerszámtartó	A ₈								1	
átalakító közdarab	A ₉									1

2.6. táblázat. Dikonjektív összerendelési mátrix

A szerszámtervezés feladataiból és azok megoldásának módszereiből következik, hogy az alkalmazott matematikai modellezési rendszernek igen összetett, egymásnak ellentmondó elemeket is tartalmazó követelményrendszert kell kielégítenie. Mindenek előtt biztosítani kell a különféle tervezési objektumok (szerszámok, technológiai folyamatok, alkatrészek, stb.) egymással kölcsönkapcsolatban levő modelljeinek létrehozhatóságát, a különböző tudásszinteknek és különböző teljességű adatkészletnek megfelelő modellek közötti kölcsönkapcsolat megvalósíthatóságát, más modellezési módszerek, modellek és algoritmusok adaptálhatóságát, új tervezési módszerek (pl. mesterséges intelligencia módszereinek) beépíthetőségét az adott rendszerbe [7], [24], [90].

Az előbbi követelményeket elégíti ki a tervezési objektumok különböző absztrahálási szinten történő **matematikai modellezésének hierarchikus rendszere**. Ebben a rendszerben bármely absztrahálási szinten vizsgálva az A objektumhoz matematikai szempontból mindig egy és ugyanazon, az A objektummal adekvát **A** reprezentáns tartozik. Emellett az A csak valamely meghatározott részét tartalmazza az **A** adatainak.

A modellekben az **objektumok három típusa különböztethető meg** [90]:

- az objektum elemeinek **A** halmaza;
- a kontúrok **F** halmaza;
- az elemek és a kontúrok közötti relációk **R** halmaza.

A kontúr itt általánosítása olyan fogalmaknak, mint tulajdonság, jelleg, jellemző, paraméter, stb. Bevezetésének célja a fogalmak egységesítése, a különféle gyártmányok különböző technológiai folyamatainak és gyártóeszközeinek matematikai modelljei közötti információs kompatibilitás és kapcsolat biztosítása.

2.5.1. A SZERSZÁMTERVEZÉS ALAPJÁUL SZOLGÁLÓ SZERSZÁMELEMEK

Az NC gépeken alkalmazott komplett szerszámok funkcionális szempontból két csoportra, azaz szerzámtartó (alap-szerzámtartó, szerzámtartó, szerszámbe fogó, átalakító hüvely, átalakító közdarab, stb.) és forgácsoló szerszám (szerszámtest, forgácsoló betét, forgácsoló rész (lapka), forgácstörő lapka, stb.) egységekre bonthatók (2.16. ábra). Minden szerszámelemen belül további altípusok képezhetők konstrukciós kialakításuk, alkalmazási rendeltetésük, méretválasztékuk, stb. szerint.

Az előzőekből egyenesen következik, hogy a szerszámtervezés alapjául a típus szerszámelemek szolgálnak.

A **szerszámelemek csatlakoztatása** során az alábbi műszaki követelményeket kell kielégíteni [8], [78], [120], [122]:

- tájolást;
- rögzítést;
- menesztést (erő és/vagy nyomaték átvitele);
- hűtő-kenő közeg átvitelét;
- az automatikus szerszámkezelést, biztosító kialakításokat;
- szerszámelemek azonosító és információs jellemzőinek átvitelét.

A szerszámtervezés során a szerszámok az alábbi adattípusokkal írhatók le:

- a komplett szerszám struktúráját leíró adatok;
- a komplett szerszámokat és szerszámelemeket leíró adatok.

A szerszámelemek jellemzőinek leírására szolgáló adatkártyák egységes elvre épülő kialakítását nagymértékben megkönnyítették a szerszámozás területén erőteljesen érvényesülő szabványosítási és egységesítési törekvések.

A szerszámkártyák kialakításánál célszerű megtartani a **komplett szerszámok** említett felépítését, mely tartalmazza:

- az automatikus szerszámtervezéshez és a szerszám beállításhoz szükséges adatokat;
- a szerszámelemek alkalmazhatósági feltételeit;
- a szerszámelemek közötti kapcsolatra utaló információkat.

A szerszámtervezés során az Egységes Programozási Rendszerhez kidolgozott szerszámkártya-rendszer alkalmazható (3. melléklet).

A **modul jellegzetes szerszámkártyái**:

- komplett fúró- és marószerszámok fő- és követő kártyái;
- komplett esztergaszerszámok fő- és követő kártyái;
- fúró- és marószerszámok fő- és követő kártyái;
- fúró- és marószerszám-tartók kártyái;
- esztergakések fő- és követő kártyái;
- esztergaszerszám-tartók kártyái.

2.5.2. A SZERSZÁMTERVEZÉS MODELLJE

A számítógéppel támogatott technológiai tervező rendszerekben és az IAAR -ban működtetett különböző alrendszerek matematikai modelljeinek közös vonása, hogy azok a folyamatirányítási, termelésirányítási és gyártási feltételek, továbbá a szerszámelemek konstrukciós-technológiai és készletgazdálkodási tulajdonságainak matematikai megfogalmazására épül.

Az objektum modellezése során **az absztrahálás két módon végezhető** [90]:

- a strukturálási mélység szerint;
- az objektumelemek és a kontúrok közötti relációk absztrahálási szintje (foka) szerint.

Egy **bonyolult A objektum**, strukturálási mélység szerint tekinthető:

- egy egységes egészet képező struktúra nélküli objektumnak;

- vagy az egyszintű, egymással kölcsönkapcsolatban lévő egyszintű elemek rendszerének;
- vagy többszintű hierarchikus rendszernek.

Az **absztrahálási szint szerint** az objektum modellezhető:

- halmazelméleti szinten (a halmaz- és gráfelmélet módszereivel);
- logikai szinten (a matematikai logika módszereivel);
- a mennyiségi tulajdonságok és relációk szintjén.

E szintek mindegyikén az objektum leírható különböző teljességgel és általánosítással, ami megfelel a tulajdonságok és relációk strukturális, logikai és mennyiségi absztrahálása különböző szintjeinek.

2.5.3. KOMPLETT SZERSZÁMOK ÖSSZEÁLLÍTÁSA FORGÁCSOLÓ ÉS SZERSZÁMTARTÓ ELEMKBŐL

A **szerszámtervező modul célja** a rendelkezésre álló forgácsoló- és szerszámtartó elem választékból az összes – technológiailag elfogadható- komplett szerszám összeállítása.

A szerszámtervezésnél a legnagyobb jelentőséggel a tervezőrendszer strukturális modelljei bírnak. A modellek mindegyike azon közeg modellje, mely az egyik, vagy másik objektum tervezésénél a tervezési eredményt indukálja. Az indukáló közeg magában foglalja a tervezendő objektum tárgykörének valamennyi adatát, továbbá az objektum összes lehetséges változatának adatait.

A szerszámtervezés területén, **halmazelméleti szinten modellezhető:**

- az objektum (szerszám) elemek készlete, az $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ rendezetlen-, vagy $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ rendezett halmaz alakjában,
- az objektum $F(A) = (F_1, F_2, \dots, F_n)$ kontúrkészlete;
- ezen objektum elemeinek az $F(a_i) \subseteq F(A)$ kontúrkészletei,
- az elemek és kontúrok közötti R^S halmazelméleti relációi.

Minden komplett szerszám **véges mennyiségű, különböző szintű szerszámelem egységekből szintetizálható**, vagy **elemre bontható**.

A **komplett szerszámok strukturális modelljeinél** a szerszámelemek alábbi egységei, azaz az alábbi **sintjei (rangjai)** értelmezhetők:

- **főegység** (forgácsoló szerszámok, szerszámtartók);
- **mellékegység** (lapkák, késtestek, szerszámbefogók, stb.);
- **alegység** (pl. szerszámtípusok szerinti csoportjai).

Minden komplett szerszám az alábbi főegységek készletéből felépíthető összetett objektumnak tekinthető, mely az alábbiak szerint írható fel:

$$A = \{A_1, A_2, A_3, \dots, A_n\} \quad A_i = A \quad (2.1.)$$

ahol: A_i – a főegységekbe tartozó szerszámelemek halmaza.

Minden főegység az alábbi mellékegységek halmazából állítható össze:

$$A_i = \{A_i^M, A_i^M, A_i^M, \dots, A_i^M\} \quad A_i^M = A \quad (2.2.)$$

ahol: A_i^M – a mellékegységbe tartozó szerszámelemek halmaza.

Analóg módon állítható össze minden mellékegység szerszámelem A_i^M az al-mellék szerszámelem halmazból:

$$A_i^M = \{A_i^A, A_i^A, A_i^A, \dots, A_i^A\} \quad A_i^A = A \quad (2.3.)$$

ahol: A_i^A – az alegységbe tartozó szerszámelemek halmaza.

A **kontúr alatt olyan fogalmak összessége értendő**, mint a szerszámelem tulajdonsága, jellege, jellemző, paraméter, stb.

A **reláció teszi lehetővé** az elemek és kontúrok meghatározott halmazokhoz tartozásának-, a hierarchiai alárendeltségének-, határosságának és rendiségének (rangjának) bináris leírását.

A **halmazelméleti relációk** az R^S halmazt alkotják, az alábbi részhalmazok formájában:

- az A elemei közötti relációk $R^S(A)$ részhalmazai;
- az a_i és az A más elemei közötti relációk $R^S(A)$ részhalmazai;
- az $F(A)$ és $F(a_i)$ kontúrok közötti relációk $R^S(F(A))$ és $R^S(F(a_i))$ részhalmazai;
- az F_j és $F(A)$ más kontúrai, vagy $F(a_i)$ közötti relációk $R^S(F_j(A))$ és az $R^S(F_j(a_i))$ részhalmazai;
- az objektum elemei és kontúrai közötti relációk $R^S(A, F(A))$ részhalmazai.

A szerelt szerszám A elemei közötti $R_k^S \in R^S(F(A))$ relációk ábrázolhatók az $A \times A$ Descartes-szorzat $[A \times A]$ részhalmazaként, vagy Boole-mátrix alakjában:

$$\|c_{i(j)}\|_A = [A \times A] = \begin{matrix} & a_1, \dots, a_2, \dots, a_n \\ \begin{bmatrix} c_{1(1)} & c_{1(2)} & \dots & c_{1(n)} \\ c_{2(1)} & c_{2(2)} & \dots & c_{2(n)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{n(1)} & c_{n(2)} & \dots & c_{n(n)} \end{bmatrix} & \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{matrix} \end{matrix} \quad (2.4.)$$

ahol: A – főegységekből álló szerszámelemek halmaza;
 $c_{i(j)} = 1$, ha a_i és a_j elem közötti bináris reláció létezik;
 $= 0$, ha bináris reláció nem létezik.

A (2.5.) mátrix tekinthető a $G=(A, C)$ gráf csúcshatárosság mátrixának, amelyben a gráf ívei ekvivalensek a mátrix $c_{i(j)} = 1$ elemeivel. A Boole-mátrix elemeinek, vagy a gráf íveinek C halmaza $F(C)$ kontúrkészlettel bíró objektumként vizsgálható. A (2.4.) mátrix minden j -ik sora (oszlopa) megfelel az A_j és azon $(F_{j1}, F_{j2}, \dots, F_{jm-1})$ kontúrelemek közötti $R_k^S(F_j(A))$ bináris reláció ábrázolásának, amelyeknél a mátrix sorának (oszlopának) elemei egyenlők eggyel.

Az $a_i \in A$ elem kontúrai közötti $R^S(F(a_i))$ bináris relációk hasonló módon írhatók fel $\|c_{i(j)}\|_{F(a_i)} = [F(a_i) \times F(a_i)]$ Boole - mátrix alakjában, vagy $G=(F(a_i), C)$ gráf alakjában. Az $R^S(A, F(A))$ bináris relációk az $a_i \in A$ elemek kontúrkészletét írják le. E relációk is felírhatók Boole - mátrixal

$$\|c_{i(j)}\|_{A, F(A)} = [A \times F(A)] = \begin{matrix} & F_1 & F_2 & \dots & F_m \\ \begin{bmatrix} c_{1(1)} & c_{1(2)} & \dots & c_{1(m)} \\ c_{2(1)} & c_{2(2)} & \dots & c_{2(m)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{n(1)} & c_{n(2)} & \dots & c_{n(m)} \end{bmatrix} & \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{matrix} \end{matrix} \quad (2.5.)$$

ahol: $c_{i(j)} = 1$, ha az F_j része az a_i szerszámelem $F(a_i)$ kontúrkészletének;
 $= 0$, egyébként.

A (2.5.) mátrixszal analóg módon írhatók fel a **mellék- és alegységek közötti relációk**, továbbá a (2.6.) mátrixszal a mellék- és alegységek, valamint a kontúrok közötti relációk.

A komplett szerszámok kontúrajainak $F(a_i)$ halmaza szétbontható az $F^-(a_i)$, $F^+(a_i)$ és $F^0(a_i)$ részhalmazokra, amelyek rendre a bemenő, kimenő és saját kontúrok halmazai. A bemenő kontúrok a tervezendő objektumok azon tulajdonságait jellemzik, amelyekkel belépnek a szerszám-tervezőrendszerbe. A

kimenő kontúrok azoknak a tulajdonságoknak felelnek meg, amelyek a tervezőrendszer működésének hatására jöhetnek létre. A sajátkontúrok részhalmaza a tervezőrendszer elemeinek azon tulajdonságait jellemzi, amelyek biztosítják a tervezendő objektum tulajdonságainak átalakítását az adott kiindulási állapotból a kívánt kész állapotba.

Ezért a (2.5.) mátrix felírható bemenő, kimenő és saját mátrix együtteseként:

$$\|c_{i(j)}\|_{A,F^-(A)} = [Ax F^-(A)] \quad (2.6.)$$

$$\|c_{i(j)}\|_{A,F^+(A)} = [Ax F^+(A)] \quad (2.7.)$$

$$\|c_{i(j)}\|_{A,F^0(A)} = [Ax F^0(A)] \quad (2.8.)$$

A szerszámtervező rendszerben az objektum minden tulajdonsága és funkciója a kontúrok fogalmával íródik le. A modellezési rendszer mennyiségi szintjén az F_i kontúrt meghatározott számértékekkel bíró paraméterek halmaza jellemzi.

Minden egyes fő-, mellék- és alegység általános leírását A_i az alábbi rész-adathalmazok adják

$$A_i = \{A_1, A_2, \dots, A_l\} \quad (2.9.)$$

ahol :

$A_1 = \{A_1, A_2, \dots, A_j\}$ – fő-, mellék- és alegységek általános jellemzőinek adatai;

$A_2 = \{a_{j+1}, \dots, a_k\}$ - fő-, mellék- és alegységek geometriai és tájolási-csatlakoztatási jellemzőinek adatai;

$A_3 = \{a_{k+1}, \dots, a_l\}$ - fő-, mellék- és alegységek alkalmazhatósági jellemzőinek adatai;

$A_l = \{a_{l+1}, \dots, a_m\}$ - fő-, mellék- és alegységek szerszámgazdálkodási és egyéb jellemzőinek adatai.

Az adatcsoportok számát és azok tartalmát a szerszámtervezési feladat jellegétől függően kell meghatározni.

Tehát a szerszámelemek általános, geometriai, alkalmazhatósági, szerszámgazdálkodási $\{a_1, \dots, a_m\}$, stb. jellemzőit leíró adatcsoportok együttese képezi az adott szerszámelemek bemenő adathalmazát.

Minden egyes fő-, mellék- és alegységen belül újabb elemek alakulnak ki, valamilyen jellegzetes méret változásának következtében (például a homlok-élű esztergakés szárkeresztmetszetének méretválasztéka, jobbos vagy balos kivitele szerint, stb.). A szerszámtervezés adat-bázisát az összes szerszámelemet leíró szerszám jellemzők összessége (A) képezi, mely az alábbi módon írható le:

$$\|c_{i(j)}\|_{A,F^-(A)} = [Ax F^-(A)] \quad (2.10.)$$

A **szerszámelemből összeállított komplett szerszámok adatai** a szerszámelemekhez (A) hasonló adat-struktúrában (általános, geometriai, alkalmazhatósági, szerszámgazdálkodási, stb. jellemzőkkel) az alábbi formában áll össze:

$$\|c_{i(j)}\|_{A,F^+(A)} = [Ax F^+(A)] \quad (2.11.)$$

A komplett szerszámok összeállítására szolgáló $S(A)$ szerszámtervező modellben a szerszámok és a szerszámelemek kontúrjai közötti kölcsönkapcsolat leírásához a kapcsolatok ábrázolásának konjunktív formája került alkalmazásra (2.5. táblázat).

E modellben az objektum egy kontúrkészletéhez a szerszámelemek egyetlen változata tartozik. Éppen ezért az ilyen modelleket szabványos, vagy kész megoldások keresésére használják. **E modellt táblázatos modellnek is hívják.**

A szerszámelemek kapcsolatának konjunktív táblázattal történő leírásával analóg módon adható meg a szerszámelemek szerelési sorrendjét tükröző kapcsolat-gráf is.

2.5.4. SZERSZÁMTERVEZÉS A SZERSZÁMVÁLASZTÁSI KRITÉRIUMOK ALAPJÁN

A forgácsoló és szerszámtartó elemekből komplett szerszámok összeállítását végző modul egyik legösszetettebb problémája – mint ahogy az előző pontban láthattuk - a szerszámelemek strukturális kapcsolódásának megfogalmazása. A szerszámtervezés jelen esetben tehát úgy is értelmezhető, hogy a szerszámelemek funkcionálisan lehetséges kapcsolódásának halmazából kell kiválasztani az adott tervezési feladatnak legjobban megfelelő elemkombinációt. Jelen probléma matematikai megfogalmazását, megoldását a halmaz- és gráfelmélet szolgáltatja.

Egy szerszám gráfja azzal a rendezett párral jellemezhető, amelyet a gráf csúcsainak (szerszámelemek) A halmaza és az elemek megfeleltetését definiáló C többértékű leképezés alkot

$$G=(A,C) \quad (2.12.)$$

A szerelt szerszám A elemei közötti $R_K^S \in R^S(F(A))$ bináris relációk az $A \times A$ Descartes-szorzat részhalmazai, vagy Boole-mátrix alakjában írhatjuk fel:

$$\|c_{i(j)}\|_A = [A \times A] = \begin{matrix} & a_1 & \dots & a_2 & \dots & \dots & a_n \\ \begin{bmatrix} c_{1(1)} & c_{1(2)} & \dots & c_{1(n)} \\ c_{2(1)} & c_{2(2)} & \dots & c_{2(n)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{n(1)} & c_{n(2)} & \dots & c_{n(n)} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (2.13.)$$

ahol: A – szerszámelemek halmaza

$c_{i(j)}=1$, ha a_i és a_j elem közötti bináris reláció létezik;

$=0$, ha bináris reláció nem létezik.

A gráf ívei (kontúrijai) F_i a szerszámelemből A A_i összeállított szerszám tulajdonságait jelentik, melynek megfeleltetését az alábbi Boole-mátrix írja le

$$\|c_{i(j)}\|_{A,F(A)} = [A \times F(A)] = \begin{matrix} & F_1 & F_2 & \dots & F_m \\ \begin{bmatrix} c_{1(1)} & c_{1(2)} & \dots & c_{1(m)} \\ c_{2(1)} & c_{2(2)} & \dots & c_{2(m)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{n(1)} & c_{n(2)} & \dots & c_{n(m)} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (2.14.)$$

ahol: A – szerszámelemek halmaza

$c_{i(j)}=1$, ha F_i tulajdonság az a_j elemre vonatkozik, egyébként $c_{i(j)}=0$.

Analóg módon lehet felírni az fa_j forgácsolószerszámok és az ME_i műveletelemek összerendelését

$$\|c_{i(j)}\|_{FA,ME(A)} = [FA \times ME(FA)] = \begin{bmatrix} ME_1 & ME_2 & \dots & ME_k \\ c_{1(1)} & c_{1(2)} & \dots & c_{1(k)} \\ c_{2(1)} & c_{2(2)} & \dots & c_{2(k)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{l(1)} & c_{l(2)} & \dots & c_{l(k)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} fa_1 \\ fa_2 \\ \dots \\ fa_l \end{bmatrix} \quad (2.15.)$$

ahol: ME_i – műveletelemek típusainak halmaza;

fa_j - az egyes műveletelemek végrehajtására alkalmas forgácsoló szerszámok;

$c_{i(j)} = 1$, ha F_j és a_j elem közötti bináris reláció létezik;

$= 0$, ha bináris reláció nem létezik.

A szerszámtervezés feladatát meghatározó bemenő adatokat a TK_i szerszámtervezési kritériumok és a fm_j feldolgozandó műveletelemek összerendelése képezi

$$\|c_{i(j)}\|_{FM,TK(FM)} = [FM \times TK(FM)] = \begin{bmatrix} TK_1 & TK_2 & \dots & TK_f \\ c_{1(1)} & c_{1(2)} & \dots & c_{1(f)} \\ c_{2(1)} & c_{2(2)} & \dots & c_{2(f)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{l(1)} & c_{l(2)} & \dots & c_{l(f)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} fm_1 \\ fm_2 \\ \dots \\ fm_l \end{bmatrix} \quad (2.16.)$$

ahol: TK_i – műveletelemekhez tervezendő szerszám tervezési kritériumainak halmaza;

fm_j - feldolgozandó műveletelemek.

A fentiek alapján a **szerszámtervező modell alapjául** a megmunkálási feltételekből eredő szerszámtervezési kritériumok $[FM \times TK(FM)]$, a forgácsoló szerszámok és a műveletelemek összerendelési mátrixa $[FA \times ME(FA)]$, a szerszámelemek strukturális tulajdonságait tükröző mátrix $[A \times F(A)]$, $[F(A) \times F(A)]$ és a szerszámelemek jellemzőinek halmaza $\{A_j\}$ szolgál, mely az alábbi módon fejezhető ki:

$$S(A) = \{[FM \times TK(FM)], [FA \times ME(FA)], [A \times F(A)], [F(A) \times F(A)], \{A_j\}\}$$

2.5.5. A SZERSZÁMTERVEZÉS SORÁN ELÉRT EREDMÉNYEK.

Az előzőekben ismertetett elvek felhasználásával a **moduláris felépítésű egységes programozási rendszer (EPR) keretében, az R-10-es kisszámítógépen futtatható modulok kerültek kidolgozásra** az alábbi feladatok megoldásához:

- komplett fúró -maró szerszámok automatikus választása önállóan leírt forgácsoló szerszámokból és szerszámtartókból a szerszámválasztási kritériumok alapján;
- komplett szerszámok összeállítása önállóan leírt forgácsoló szerszámokból és szerszámtartókból;
- komplett szerszámok meghatározott rendezési elv szerinti sorba rakása.

3. MŰVELETELEM TERVEZÉS

Műveletlem definíciója:

A műveleten belül megvalósuló megmunkálási folyamat önálló része. Pl.: **egy logikailag összefüggő ráhagyási alakzat eltávolítása egy adott vagy több szerszámmal** [3], [39], [46].

Jellemzői:

- szerszám;
- technológiai adatok;
- szerszámpálya.

Műveletlem tervezés feladatai:

- forgácsolási paraméterek számítása;
- szerszámpálya tervezése, mozgásciklusok meghatározása;
- normaidők meghatározása.

3.1. FORGÁCSOLÁSI PARAMÉTEREK MEGHATÁROZÁSÁNAK MODELLEZÉSE

A **forgácsolási folyamat akkor tekinthető optimálisnak**, ha olyan forgácsolási paraméterekkel (forgácsolási sebességgel, előtolással, fogásmélységgel) megy végbe, amelyekkel a kitűzött gazdasági cél a legjobban megközelíthető [6], [27], [45], [52], [59], [67], [68], [109], [110], [111].

A gazdasági cél lehet a legkisebb önköltség, a maximális termelékenység, az előírt éltartam, stb.

A folyamat gazdaságosságának problémája, hogy a forgácsolási sebesség, előtolás, fogásmélység növelésekor a gépi főidő, valamint az azzal kapcsolatos költségek csökkennek, míg a szerszám kopása, továbbá az ezzel kapcsolatos idő veszteségek, költségek viszont növekednek.

Az **optimálás célja és feladata** olyan kompromisszum, olyan optimum-pont megkeresése, amelyben a költségek a legkisebbek, vagy az időkomponensek összege a legalacsonyabb.

3.1.1. MATEMATIKAI MODELLALKOTÁS

A bemutatásra kerülő általános modellstruktúra elvi alapul szolgál a forgácsolási paraméterek számítását végző modulok kidolgozásához az alábbi megmunkálási módokra (esztergálásra, fúrásra, marásra, köszörülésre, stb.).

E **modulok alapvető feladata** a műveletelemekhez tartozó optimális forgácsolási paraméterek - fogásmélység, forgácsolási sebesség, előtolás meghatározása.

Az optimális forgácsolási paraméterek meghatározására szolgáló általános **modell megalkotásának fő lépései** [59], [67], [109]:

- **Célok megfogalmazása:**

Az **optimálás** a műveletlem típusától függően történhet:

- a maximális termelékenységre;
- a minimális költségre;
- az előírt minimális éltartamra, stb.

- **Matematikai modellalkotás:**

A matematikai **modellalkotás során az alábbi részfeladatokat kell megoldani:**

- A **forgácsolási folyamat alapösszefüggéseinek** (leíró egyenleteinek) **összeállítása**
 - a forgácsolóerő számítása;
 - a szerszám kopása;
 - a szerszám éltartama;

- a forgácsolási zóna hőmérséklete;
- a szerkezeti anyagok forgácsolhatósága.
- A **forgácsolási folyamat korlátfüggvényeinek felállítása:**
A feltételrendszer konkretizálása az adott gyártási körülményekre a műveletelem alapadatai, szerszám-, gép-, anyag- és technológiai jellemzők alapján.
- A **feltételrendszer megoldása** (a keresési tartomány meghatározása), azaz a feltételrendszert kielégítő megoldások behatárolása.
- **Célfüggvény kiválasztása:**
Azokat az optimum-feltételeket, amelyek a forgácsolási adatok és a megmunkálás egyéb paraméterei függvényében fejezi ki az elérendő gazdasági célt, **célfüggvényeknek nevezük.**

Jellegzetes célfüggvények:

- a minimális költségek célfüggvénye

$$K = \min K(a_p, f, v_c(n))$$

$$K = \frac{C_M}{nf} \left(1 + \frac{C_T}{T} \right) \quad (3.1)$$

ahol: C_M - a gép időegységre vonatkoztatott költsége;

T - a szerszám éltartama;

n - fordulatszám, 1/ford.;

f - előtolás, mm/ford.;

$$C_T = \frac{K_{sz}}{C_M} + t_{cs} \quad (3.2)$$

K_{sz} - egy éltartamra eső szerszámköltség;

t_{cs} - egy élre vonatkoztatott szerszámcsere idő.

- a maximális termelékenység célfüggvénye, ez esetben a megmunkálási idő minimalizálása a cél. A megmunkálási idő a (9.1) összefüggésből könnyen megkapható, csupán a $C_M = 1$ és $K_{sz} = 0$ értékeket kell behelyettesíteni

$$t = \min t(a_p, f, v_c(n))$$

$$t = \frac{1}{nf} \left(1 + \frac{t_{cs}}{T} \right) \quad (3.3)$$

A fő cél az ún. optimum-kritérium biztosítása, míg a másodlagos célok korlátozó feltételekként teljesülnek.

- Az **optimális megoldás kiválasztása**, azaz az optimum-pont helyének meghatározása.
A célfüggvényben meghatározott feltételeket legjobban kielégítő megoldás kiválasztása a megoldások halmazából.
- A **tervezési eredmények** megjelenítése és kiírása:
 - egyszerűsített műveletterv formájában;
 - célfüggvény és feltételrendszer kiírása.

3.1.2. A FORGÁCSOLÁSI FOLYAMAT ALAPÖSSZEFÜGGÉSEI

A matematikai **modellezés alapvető feltétele**, hogy megbízható ismeretekkel rendelkezünk a forgácsolási folyamat meghatározó jellemzői (erők, nyomatékok, teljesítmény, érdesség, rezgések, hőmérséklet, szerszámkopások, éltartam, stb.) és a forgácsolási paraméterek közötti összefüggésekről.

Vizsgáljuk meg a megmunkálási folyamat fontosabb jellemzőinek leírására használt összefüggéseket:

• Forgácsolóerő

A forgácsolóerő számítására két módszer ismeretes:

- A kitévős erőegyenlet a főforgácsolóerőre (F_c) jellegzetes megmunkálási módok (esztergálás, marás, fúrás, felfúrás, stb.) esetén

$$F_c = C_{F_c} a_p^{x_{F_c}} f^{y_{F_c}} D^{z_{F_c}} B^u v_c^{n_{F_c}} \prod_{i=1}^i k_{Fi} \quad (3.4)$$

ahol:

C_{F_c} - a megmunkálandó anyag forgácsolhatóságát és a szerszám pillanatnyi forgácsolóképességét jellemző állandó;

a_p - a fogásmélység, mm;

f - az előtolás, mm/ford.;

D - a szerszámátmérője, mm;

B - a megmunkálási szélesség, mm;

v_c - a forgácsolási sebesség m/min;

$x_{F_c}, y_{F_c}, z_{F_c}, u^{F_c}, n^{F_c}$ - a szerszámtól, a munkadarabtól és a megmunkálás körülményeitől függő állandók (az anyagkártyáról vehető adatok);

$\prod_{i=1}^i k_{Fi}$ megmunkálás egyéb körülményeitől függő korrekciós értékek szorzata.

- A fajlagos forgácsolóerőre alapozott összefüggés

$$F_c = k_{cl,l} h^{l-z} b \quad (3.5)$$

ahol:

$k_{cl,l}$ - fajlagos forgácsolóerő $h=1$ és $b=1$ esetén;

$l-z$ - forgácsvastagság hatványkitevője;

b - forgácsszélesség.

● Nyomaték

A forgatónyomaték számítására szolgáló összefüggés fúrás jellegű megmunkálás esetén:

$$M = C_M a_p^{x_M} f^{y_M} D^{z_M} \quad (3.6)$$

ahol:

M - a forgatónyomaték, N/m;

C_M, x_M, y_M, z_M - a megmunkálási körülményekre jellemző állandók (az anyagkártyáról vehető adatok).

● Szerszámkopás

A különböző megmunkálási módokat más-más kopásmód (kráteres-, hát-, csúcs-, mellékél-kopás, stb.) jellemzi.

A szerszám kopása minden kopásmódra és megmunkálási módra az alábbi összefüggéssel írható fel:

$$\Delta = C_{\Delta} a_p^{x_{\Delta}} f^{y_{\Delta}} v^{z_{\Delta}} t^{u_{\Delta}} \quad (3.7)$$

ahol:

Δ - a kopás pillanatnyi értéke;

t - a forgácsolásban eltöltött idő;

$C_{\Delta}, x_{\Delta}, y_{\Delta}, z_{\Delta}, u_{\Delta}$ - a megmunkálási körülményekre jellemző állandók.

● Szerszáméltartam

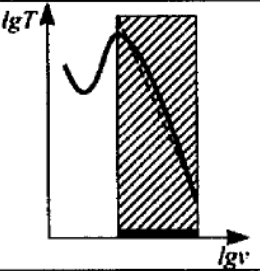
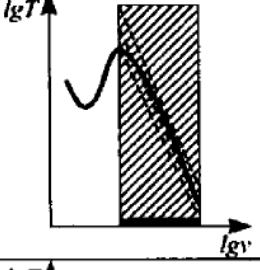
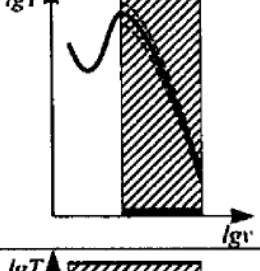
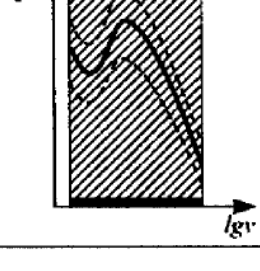
A szerszám éltartamát az a kopásmód határozza meg, amelyre a kopás mértéke a leghamarább éri el a megengedett legnagyobb értéket.

A forgácsolási paraméterek, a megengedett kopásérték és a szerszám éltartama közötti összefüggést az éltartam egyenlet írja le.

A legismertebb éltartam egyenletek értelmezését a 3.1. ábrán láthatjuk. A srafozott rész az éltartam egyenlet érvényességi tartományára utal [111].

Az éltartamegyenlet típusok közül az ipari gyakorlatban többnyire a bővített Taylor éltartam összefüggés használható, mivel viszonylag megbízható és aránylag bő adathalmaz csak ehhez áll rendelkezésünkre.

A bővített Taylor éltartam egyenletet a jellegzetes megmunkálási módokra kiterjesztve és a forgácsolási sebességre rendezve az alábbi összefüggést kapjuk:

	Egyszerű Taylor éltartam-egyenlet (a és f heurisztikusan rögzített, v változó): $vT^m = C_v; \quad T = \left(\frac{C_v}{v}\right)^{\frac{1}{m}}$	
	Bővített Taylor éltartam-egyenlet (a , f és v egyaránt változó): $vf^{y_v} a^{x_v} T^m = C_v;$ $T = \left(\frac{C_v}{vf^{y_v} a^{x_v}}\right)^{\frac{1}{m}}$	
	König-Depiereux éltartam-egyenlet (a heurisztikusan rögzített): $T = C_T \exp(a_1 v^m + a_2 f^u)$	
	Micheletti-Granovszkij-Horváth éltartamegyenlet (a fogásmélység és az előtolás heurisztikusan rögzített): $T = \frac{C_T^* (a_2 v^2 + a_1 v + a_0)}{(b_2 v^2 + b_1 v + b_0) v}$ [Megjegyzés: más közelítő függvények is használatosak].	növekvő kutatási ráfordítások nagyobb reprodukálási pontosság nagyobb szórás tartomány

3.1. ábra. Jellegzetes éltartam egyenletek [109]

$$v = \frac{C_v D^{z_v}}{T^m a_p^{x_v} f^{y_v} z^{n_v} B^{u_v}} \prod_{i=1}^9 k_{vi} \quad (3.8)$$

ahol:

v - forgácsolási sebesség, m/min;

T - a szerszám éltartama, min;

m - az ún. Taylor-kitevő;

C_v - az összefüggés állandója, amely, a munkadarab anyagától, a szerszám minőségétől és a megmunkálási módtól függő állandók;

x_v, y_v, z_v, n_v, u_v - a megmunkálás körülményeitől függő kitevők (az anyagkártyáról vehető adatok).

3.1.3. KORLÁTRENDSEZER FELÍRÁSA

A **korlátrendszer (feltételrendszer) azon összefüggések rendszere**, amelyek meghatározzák, hogy az MKGS (munkadarab – készülék – gép - szerszám) rendszer milyen feltételek (korlátok) mellett működőképes. Ezen összefüggések lényegében:

- a beállítási tartományok (a gépen kapcsolható előtolások, fordulatszámok);
- a megengedhető erők, nyomatékok, teljesítmény;
- a munkadarabra megengedhető maximális felületi érdesség;
- a munkadarabra megengedhető maximális megmunkálási hiba;
- a stabil forgácsolási folyamat (rezgésmentesség, forgácstörési képesség).

Vizsgáljuk meg az MKGS rendszer elemeitől eredő legfontosabb korlátokat.

3.1.3.1. SZERSZÁMGÉPTŐL EREDŐ KORLÁTOK

A szerszámgép konstrukciójából eredő leggyakoribb korlátok:

- **fordulatszámkorlát**, a fordulatszámnak (n) a gépen beállítható legnagyobb ($n_{gépmax}$) és legkisebb ($n_{gépmin}$) között kell lennie:

$$n_{gépmin} \leq n \leq n_{gépmax} \quad (3.9)$$

- **fogásmélység korlát**, a fogásmélységnek (a_p) a gépen beállítható, technológiailag leválasztható legnagyobb ($a_{gépmax}$) és legkisebb ($a_{gépmin}$) közé kell esnie:

$$a_{gépmin} \leq a_p \leq a_{gépmax} \quad (3.10)$$

- **előtolás korlát**, az előtolásnak (f) a gépen beállítható legnagyobb ($f_{gépmax}$) és legkisebb ($f_{gépmin}$) között kell lennie:

$$f_{gépmin} \leq f \leq f_{gépmax} \quad (3.11)$$

- **teljesítménykorlát**, a forgácsolási folyamatra fordított teljesítmény (P_F) nem lépheti túl a rendelkezésre álló gépteljesítményt ($P_{gép}$):

$$P_F = \frac{F_c v_c}{60 \times 10^2} \leq k_t \eta P_{gép} \quad (3.12)$$

ahol:

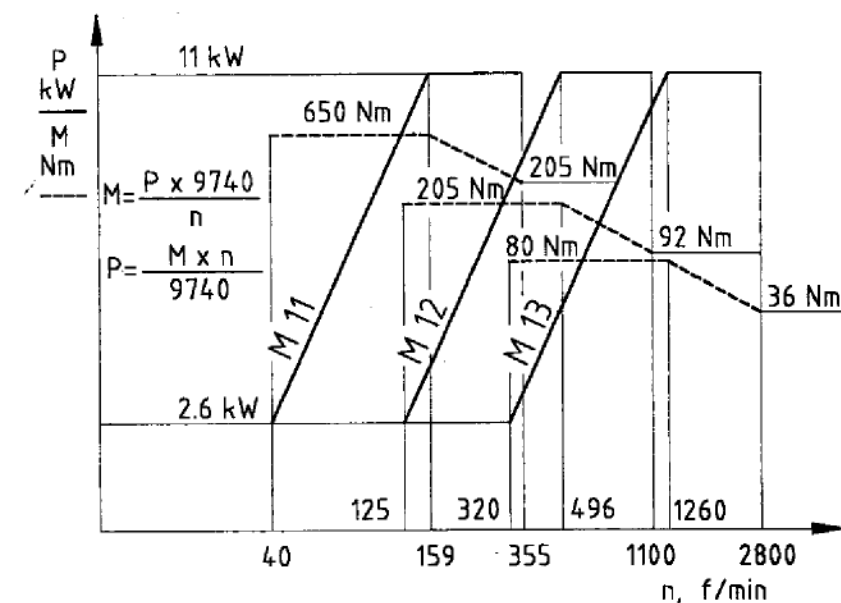
k_t – arányossági tényező, mely a többszerszamos megmunkálás során az adott művelet-elem rendelkezésére álló teljesítmény hányadát fejezi ki (egyéb esetben $k_t=1$);

η – a motor hatásfoka.

- **nyomatékkorlát**, a forgácsolás során fellépő nyomaték nem lehet nagyobb a főorsón megengedhető legnagyobb nyomatéknál ($M_{gép}$):

$$F_c d/2 \leq M_{gép} \quad (3.13)$$

- **teljesítmény- és nyomatékkorlát kölcsönhatása** (3.2. ábra);



$$M = \frac{P \times 9740}{n} \quad P = \frac{M \times n}{9740}$$

Tartomány	n f/min	M=konst. Nm	M Nm	P=konst. kW	P kW
I.	40-159	650			2.6-11
	159-355		650-290	11	
II.	125-496	205			2.6-11
	496-1100		205-92	11	
III.	320-1260	80			2.6-11
	1260-2800		80-36	11	

3.2. ábra. Teljesítmény és nyomaték a fordulatszám függvényében több fokozatú fordulatszám-tartomány esetén

- **előtoló-erőkorlát**, az előtolás irányú forgácsoló erő nem lépheti túl a hajtómű megengedhető legnagyobb terhelhetőségét ($F_{fgép}$):

$$F_f \leq F_{fgép} \quad (3.14)$$

3.1.3.2. SZERSZÁMTÓL EREDŐ KORLÁTOK

A szerszám technológiai alkalmazhatóságát befolyásoló fontosabb korlátok:

- **forgácsolási sebesség korlát**, a forgácsolási sebesség (v_c) nem lehet kisebb valamely technológiai minimumnál (v_{cmin}) és nagyobb valamely technológiai maximumnál (v_{cmax}):

$$v_{cmin} \leq v_c \leq v_{cmax} \quad (3.15)$$

A v_{cmin} , v_{cmax} korlátok a bővített Taylor éltartam egyenlet érvényességi tartományát határolja be.

- **fogásmélység korlát**, a fogásmélység (a_p) legyen kisebb a szerszám által megengedhető legnagyobbnál ($a_{szermax}$) és legyen nagyobb technológiai legkisebbnél ($a_{szermin}$):

$$a_{szermin} \leq a_p \leq a_{szermax} \quad (3.16)$$

$a_{szermin}$ –ra ható körülmények:

- o a forgácstörési diagram a_{min} értéke;

$a_{szermax}$ – ra ható körülmények:

- o a forgácstörési diagram a_{max} értéke;
- o lapka alakja és élhossz (l ill. D) kihasználására vonatkozó ajánlás (2.27. ábra) $a_p = (1/4 \div 2/3)$;
- o technológiai korlát (pl. a hőálló acélok simításánál $a_p = (R/3)$);

- **előtolás korlát**, az előtolás (f) legyen kisebb a szerszám felépítéséből maximális megengedettnél ($f_{szermax}$) és nagyobb a felépítésből eredő technológiai minimumnál ($f_{szermin}$):

$$f_{szermin} \leq f \leq f_{szermax} \quad (3.17)$$

$f_{szermin}$ –ra ható körülmények:

- o a forgácstörési diagram f_{min} értéke;

$f_{szermax}$ – ra ható körülmények:

- o a forgácstörési diagram f_{max} értéke;
- o lapka szorítás módja (legmerevebb az ISO szerinti C jelű kengyeles rögzítés);
- o a befogott lapka típusa (egyoldalas lapka jobban terhelhető, mint a kétoldalas);
- o nagyolás során az $f_{szermax}$ az R/2érték környezetében legyen;

- **előtolás korlát**, furatmegmunkáló szerszámok (fúrók, süllyesztők, stb.) esetén

$$f \leq C_e d^e \quad (3.18)$$

ahol: C_e, z_e – előtolási anyagállandó, hatványkitevő;

d – szerszámtátmérő;

- **erőkorlát**, a forgácsoló erő (F), vagy annak egyes komponensei nem léphetik túl a szerszám statikus és dinamikus merevsége által megengedhető értéket ($F_{szermeg}$)

$$F \leq F_{szermeg} \quad (3.19)$$

A stabil forgácsolási folyamatot az MKGS rendszer statikus és dinamikus jellemzői határozzák meg. A furatmegmunkálás során az MKGS rendszer kritikus eleme a viszonylag kis merevségű szerszám. A szerszám statikus és dinamikus viselkedésének modellezésével a [7] mű foglalkozik.

- **nyomatékkorlát**, a forgácsolás során a szerszáma ható forgatónyomaték (M) nem léphet túl valamely veszélyes (pl. törésveszély) értéket ($M_{szertör}$)

$$M \leq M_{szertör} \quad (3.20)$$

3.1.3.3. MUNKADARABTÓL EREDŐ KORLÁTOK

A munkadarabon lévő megmunkálási ráhagyásból, felületi érdességből és a megmunkálási pontosságból eredő korlátokat vesszük figyelembe:

- **Fogásmélység korlát**, amely nem lehet nagyobb a műveletelemhez tartozó ráhagyásnál ($a_{ráh}$):

$$a_p \leq a_{ráh} \quad (3.21)$$

a_p – re ható körülmények:

- o a konzolosan befogott munkadarabok nagyoló oldalazása esetén a megmunkálási helynek az ütközési bázistól való távolsága korlátozhatja a fogásmélységet (a_p);
- o a munkadarab instabil (kúpos felület, csökkentett befogó erővel szorított vékonyfalú hüvelyek, stb.) megfogása csökkenti az alkalmazható fogásmélységet (a_p);
- o a megszakított felületek megmunkálása esetén csökken az alkalmazható fogásmélység (a_p).

- **Előtolás korlát**, a munkadarab felületi érdessége (R_a) alapján alkalmazható legnagyobb előtolás (f_{Ramax}):

$$f \leq f_{Ramax} \quad (3.22)$$

Az előtolás korlátot (f_{Ramax}) a szerszám nyomot hagyó jellemzői (R, κ, τ), a megmunkálandó anyagjellemző (C_e) és az előírt megengedett átlagos felületi érdessége (R_a) határozza meg.

Az elméleti felületi érdesség jellemzésére az R_{max} maximális egyenetlenséget (érdesség magasságot) használják, ami közel azonos az általánosan használt R_z felületi érdesség jellemzővel. Az

átváltást az alábbi összefüggés biztosítja, $R_z = 4.5R_d/1000$, mm.

Az elméleti érdességi alakzatot meghatározó szerszám átmásolódásának három típusa különböztethető meg (3.3. ábra):

- az elméleti profilt a **szerszám csúcssugara** (r_ϵ) alakítja, melynek feltétele $R_z \leq r_\epsilon(1 - \cos\tau)$, így az előtolás korlát:

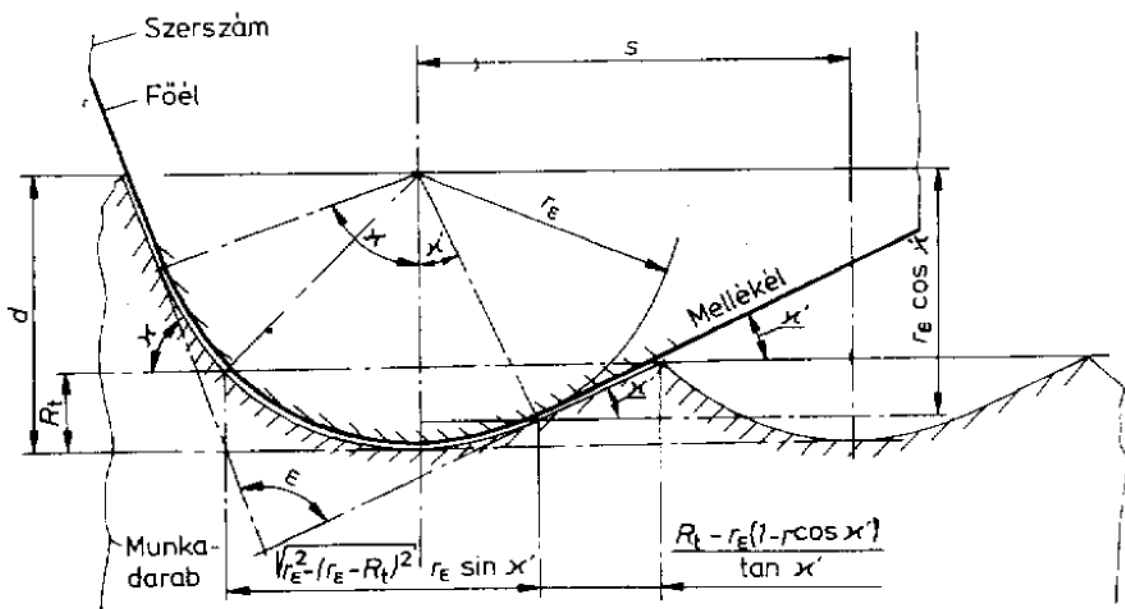
$$f \leq 2C_e(2r_\epsilon R_z - R_z^2)^{0.5} \quad (3.23)$$

- az elméleti profilt a **szerszám csúcssugara** (r_ϵ) és a **mellékél szöge** (τ) alakítja, melynek feltétele $r_\epsilon(1 - \cos\tau) < R_z \leq r_\epsilon(1 - \cos\kappa)$, így az előtolás korlát:

$$f \leq C_e \left[r_\epsilon \sin\tau + \frac{R_z - r_\epsilon(1 - \cos\tau)}{\operatorname{tg}\tau} + (2r_\epsilon R_z - R_z^2) \right] \quad (3.24)$$

- az elméleti profilt a **szerszám csúcssugara** (r_ϵ), a **főél** (κ) és a **mellékél szöge** (τ) alakítják, melynek feltétele $R_z > r_\epsilon(1 - \cos\kappa)$, így az előtolás korlát:

$$f \leq C_e \left[r_\epsilon \sin\tau + \frac{R_z - r_\epsilon(1 - \cos\tau)}{\operatorname{tg}\tau} + \frac{R_z - r_\epsilon(1 - \cos\kappa)}{\operatorname{tg}\kappa} + r_\epsilon \sin\kappa \right] \quad (3.25)$$



3.3. ábra. Elméleti érdességi profilok kialakulása

- **Erőkorlát** a megmunkálási pontosság szemszögéből

Az MKGS rendszer merevsége szempontjából equivalent forgácsoló erő (F_{equ}) maximális és minimális értéke által előidézett maximális és minimális deformáció különbségéből származó alakhiba nem lehet nagyobb a megengedhető értéknél:

$$\frac{F_{equ\max}}{j_{\min}} - \frac{F_{equ\min}}{j_{\max}} \leq \delta \quad (3.26)$$

ahol: $j_{\min}$, $j_{\max}$ - az MKGS rendszer minimális és maximális merevsége a megmunkálás mentén, N/ μm ;

δ - a megengedhető alakhiba, mm;

F_{equ} - equivalent erő ($F_{equ} = F_p + aF_c + bF_f$);

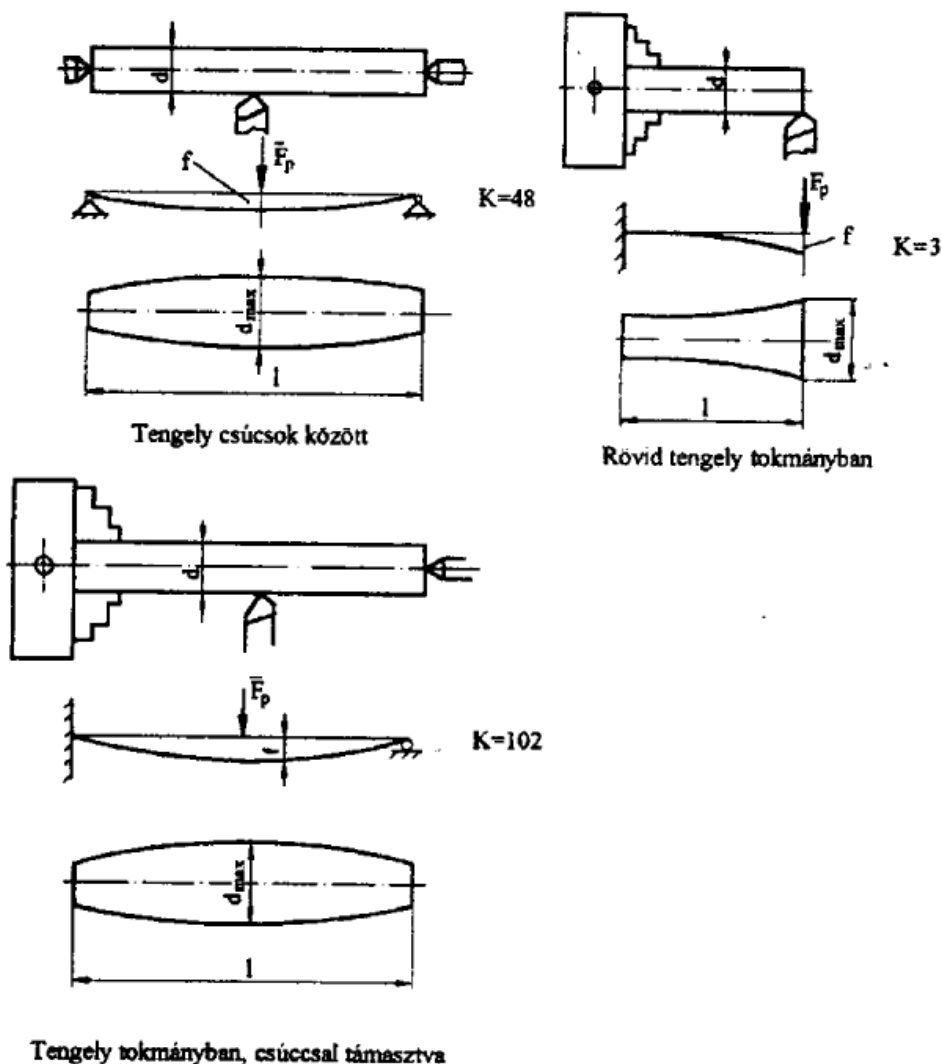
F_p, F_c, F_f – főforgácsolóerő, fogásvétel és előtolás irányú erő;
 a, b – áttételi jellemzők.

Esztergálás során a megmunkálási pontosságot meghatározó hibaforrások:

- az MKGS rendszer geometriai pontatlanságból eredő;
- az MKGS rendszer rugalmas alakváltozásából eredő;
- a szerszámkopásból eredő;
- a különféle hőforrásokból eredő, stb.

A felsorolt hibák közül az alábbiakban az MKGS rendszer rugalmas alakváltozásából származó hiba elemzését végezzük. A feladat egyszerűsítése céljából az alkalmazott helyettesítő modellnél az alábbi egyszerűsítéseket és megszorításokat vezettük be:

- Az MKGS rendszeren belül csak a munkadarab rugalmas alakváltozásával foglalkozunk (nem vizsgáljuk az érintkező felületek – kontakt – deformációból adódó elfordulást és az illesztési hézagból eredő elmozdulást).
- A vizsgálat tárgya kis merevségű tengely- és furatos munkadarabok ($l/d > 2$).
- A munkadarabok tájolása és rögzítése szerint az alábbi jellegzetes befogási módokat (3.4. ábra) modellezzük.



3.4. ábra. Forgás szimmetrikus alkatrészek jellegzetes befogási módjai

Az egyes befogási módok helyettesítése az alábbi mechanikai modellekkel történik:

- csúcsok közé fogott lépcsős tengelyek ($l/d > 6$), egy kéttámaszú tartóval helyettesíthetők;
 - tokmányba fogott, csúccsal támasztott tengelyek ($3 \leq l/d \leq 6$), egy az egyik végén befalazott, a másik végén támasztott tartóval helyettesíthetők;
 - tokmányba konzolosan befogott csapok vagy hüvelyek ($l/d < 3$), egy az egyik végén befalazott tartóval helyettesíthetők.
- A forgácsolás során keletkező forgácsoló erő komponenseiből csak a F_p fogásvétel irányú erőt vesszük figyelembe;
 - A maximum 30 lépcsőből álló tengelyt a redukált átmérővel jellemzett egy lépcsős munkadarabként vizsgáljuk

A ható erő a tartót rugalmasan deformálja, és a deformáció mértéke függ:

- a munkadarab anyagminőségétől és keresztmetszetétől;
- az erő nagyságától és támadási pontjának helyzetétől.

Az alkalmazott helyettesítő modellekre a tartó maximális lehajlása ismert mechanikai összefüggéssel számítható:

$$f_{\max} = \frac{F_p l^3}{kEI} \quad (3.27)$$

ahol: $f_{\max}$ - a tartó maximális lehajlása, mm;

F_p - a tartóra ható erő, N

l - a tartó hossza, mm;

k - modellállandó:

$k=48$, ha a befogás csúcsok között;

$k=102$, ha a befogás tokmányba, csúccsal megtámasztva;

$k=3$, a befogás tokmányba, konzolosan;

E - a munkadarab anyagának rugalmassági modulusa, N/mm²;

I - a munkadarab szelvényének másodrendű nyomatéka -mm⁴-, forgásszimmetrikus tengelyek esetén $I=0.05D_{red}^4$

D_{red} - a munkadarab redukált átmérője [mm].

A **munkadarab redukált átmérője** és így a rugalmas deformációja is fogásonként, a szerzőszámpálya mentén változik, ezért a redukált átmérő számítását két módon hajthatjuk végre:

- minden egyes nagyoló esztergálási műveletelem generálása során az aktuális előgyártmány kontúr adatai alapján meghatározzuk a redukált átmérőt, melynek értékét a műveletelem rekordjában tároljuk;
- a redukált átmérőt befogásonként a közbenső kontúr adatai alapján határozzuk meg.

A redukált átmérőt számító eljárás során bevezetett egyszerűsítések, megszorítások:

- a feldolgozandó lépcsők száma max. 30;
- kúp- és tóruszfelületek átmérőit az elem kezdő- és végátmérőinek számtani közepével számítjuk.

A redukált átmérőt számító eljárás részletes leírása a 3.1. mellékletben található.

Perselyjellegű munkadarabok feldolgozásának menete:

- a külső felületekhez tartozó D_{red} meghatározása;
- a belső felületekhez tartozó d_{red} meghatározása;
- furatos munkadarab másodrendű nyomatéka

$$I = 0.05(D_{red}^4 - d_{red}^4) \quad (3.28)$$

A pontossági egység (i) a redukált átmérő alapján, mm

$$i = \frac{0.45D_{red}^{1/3}}{1000} + 0.001D_{red} \quad (3.29)$$

Esztorgálás során elérhető átlagos méretpontosság (δ) a jellegzetes megmunkálási módok függvényében, pontossági egységben (i):

- nagyolás esetén IT13 ($\delta=250i$);
- fél-simítás esetén IT11 ($\delta=100i$);
- simítás esetén IT8 ($\delta=25i$);
- finomesztorgálás (köszörülés) esetén IT6 ($\delta=10i$).

A **munkadarab átmérőhibája**

$$\delta = \Delta d = d_{\max} - d_0 = 2f_{\max} \quad (3.30)$$

A **lehajlás** ($f_{\max}$) nem lépheti túl a megmunkálási pontosság tűrésének 25%-át, azaz

$$f_{\max} \leq 0.25 \times \frac{\delta}{2} = 0.125\delta \quad (3.31)$$

3.1.4. A FELTÉTELRENDSZER MEGOLDÁSA, OPTIMÁLÁS

A forgácsolási folyamat ismert alapösszefüggéseinek felhasználásával minden korlátra levezethető a megfelelő korlátfüggvény, azaz a független változókkal felírt egyenlőtlenség. A modell független változói az optimálandó forgácsolási paraméterek, így:

- a_p fogásmélység, mm;
- f előtolás, mm/ford;
- v_c forgácsolási sebesség, m/min.

Homogén korlátoknak azokat nevezzük, amelyek egy független változóval írhatók le. Homogén korlátok feldolgozása, így a fogásmélység korlát:

$$a_{p\min} \leq a_p \leq a_{p\max} \quad (3.32)$$

$$a_{p\min} \rightarrow \max(a_{\text{géppmin}}, a_{\text{szermmin}}, \dots)$$

$$a_{p\max} \rightarrow \max(a_{\text{géppmax}}, a_{\text{szermmax}}, \dots)$$

A fogásmélységhez hasonlóan írható le az előtolás és forgácsolási sebesség korlát:

$$f_{\min} \leq f \leq f_{\max} \quad (3.33)$$

$$v_{c\min} \leq v_c \leq v_{c\max} \quad (3.34)$$

Az **inhomogén korlátok** (teljesítmény, éltartam, forgácsoló erő, érdesség, stb.) több független változóval fejezhetők ki.

A korlátfüggvények, egy-, két- és háromváltozós függvények. Teljesítmény korlátra levezetve esztorgálás esetén:

$$P_F \leq \eta P_{\text{gép}} \quad (3.35)$$

behelyettesítve
$$P_F = \frac{F_c v_c}{60 \times 102} \quad (3.36)$$

$$F_c = C_{F_c} a_p^{x_{F_c}} f^{y_{F_c}} D^{z_{F_c}} B^{u_{F_c}} v_c^{n_{F_c}} \pi k_{Fi} \quad (3.37)$$

$$C_{F_c} a_p^{x_{F_c}} f^{y_{F_c}} v_c^{1+n_{F_c}} \pi k_{Fi} \leq 6120 \eta P_{\text{gép}} \quad (3.38)$$

egyszerűsítve
$$C_P = \frac{6120 \eta P_{\text{gép}}}{C_{F_c} \pi k_{Fi}} \quad (3.39)$$

kapjuk az alábbi összefüggést

$$a_p^{x_{F_c}} f^{y_{F_c}} v_c^{1+n_{F_c}} \leq C_P \quad (3.40)$$

A három szabadon választható paraméter (a_p, f, v_c) meghatározása szolgáló háromdimenziós modell megoldása igen számításigényes, dinamikus programozást igényel.

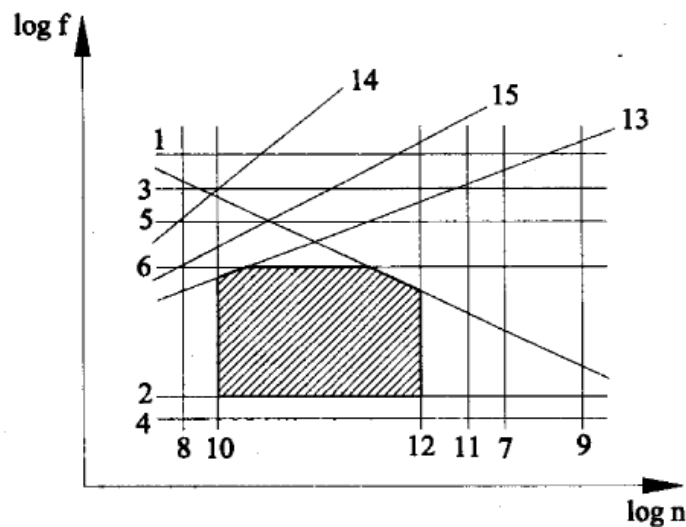
A műveletelemekhez tartozó ráhagyás (a_p) adott és igen gyakran egy fogással eltávolítható, így ezen feltételezéssel kétdimenzióssá (f, v_c) redukálható az optimalizációs feladat. Ezt a lépést erősíti az a megállapítás is, hogy az optimális fogásmélység értéke a maximális fogásmélység közelében van ($a_{popl} \approx a_{pmax}$). A (3.39) összefüggés kétdimenzióssá és egyenlőséggé alakítva:

$$f^{y_{Fc}} v_c^{1+n_{Fc}} = \frac{C_P}{a_p^{x_{Fc}}} = C_{p1} \quad (3.41)$$

A (3.40) összefüggés logaritmus alakban az alábbi egyenes egyenletét adja:

$$y_{Fc} \log f + (1+n_{Fc}) \log v_c = \log C_{p1} \quad (3.42)$$

A tárgyalt korlátozó feltételeket egyenlőségekké alakítva és a $\log n$ - $\log f$ koordináta rendszerben ábrázolva, az egyenesek által határolt terület adja a megoldási mezőt (3.5. ábra).



3.5. ábra. A feltételrendszer által határolt megoldási mező [67]

A 3.5. ábrán látható **korlátok jelöléseinek értelmezése** [67]:

1. a szerszámgépen beállítható legnagyobb előtolás;
2. a szerszámgépen beállítható legkisebb előtolás;
3. a szerszám konstrukciójából eredő legnagyobb előtolás;
4. a technológiailag megengedhető legkisebb előtolás;
5. a felületi érdesség előírt értéke által megengedett legnagyobb előtolás;
6. a technológiailag megengedhető legnagyobb előtolás;
7. a szerszámgépen beállítható legnagyobb fordulatszám;
8. a szerszámgépen beállítható legnagyobb fordulatszám;
9. az éltartam-összefüggés érvényességi tartományának felső határa;
10. az éltartam-összefüggés érvényességi tartományának alsó határa;
11. a befogás labilitás miatt szükséges fordulatszámkorlát;
12. az alkatrész kiegyensúlyozatlanságából származó fordulatszámkorlát;
13. az előtolás-irányú forgácsoló erő hatása (felső korlát);
14. a főforgácsoló erő hatása (felső korlát);
15. a fogásvétel-irányú forgácsoló erő hatása (felső korlát);
16. a leadható teljesítmény felső határa.

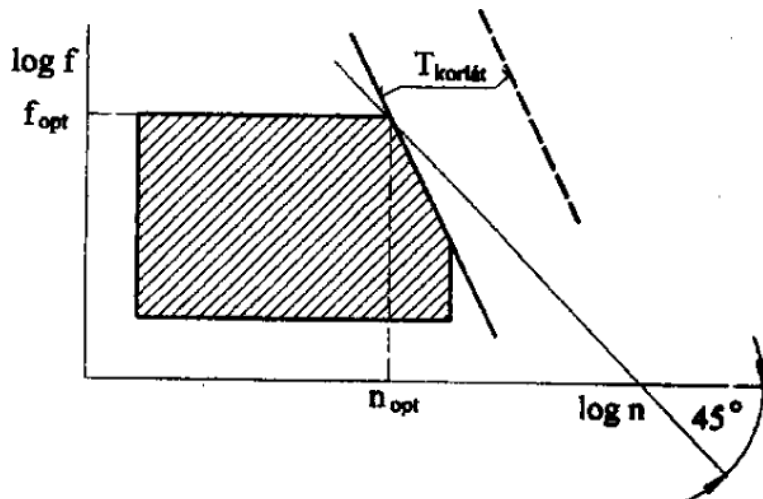
A megoldási mező meghatározásának lépései:

1. meghatározandó az $\{f, v\}$ vagy $\{f, n\}$ paraméterkombinációknak a homogén korlátozások által behatárolt keresési tartománya;
2. az inhomogén korlátozások figyelembevételével a keresési tartomány szűkítendő.

Továbbiakban a feladat az optimális megoldás kiválasztása, azaz az optimum-pont helyének meghatározása.

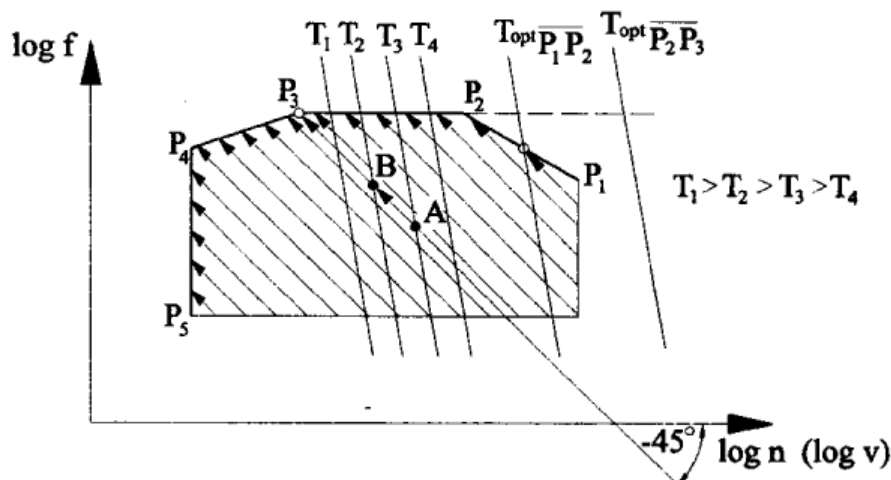
Optimum esélyes pont keresésének módszerei:

- a Goranszkij-módszer: a megoldási mező határához jobbról húzott -45° -os egyenes érintési pontja (3.6. ábra);



3.6. ábra. A Goranszkij-módszer

- a megoldási mező hálós felbontása révén kapott diszkrét pontokban kiszámítják a célfüggvény értékeit, és azok közül kiválasztják a legkedvezőbbeket (TAU-PROG modulokban alkalmazott módszer);
- a megoldási mező felső határán van (FORTAP, GTIPROG rendszerekben alkalmazott eljárás);
- a megoldási mező azon szakaszain (P_1 - P_2 - P_3 - P_4 - P_5), amelyeket a tartomány bármely pontjából felfelé induló -45° -os hajlásszögű egyenes metsz (3.7. ábra).



3.7. ábra. Az optimum esélyes határvonal értelmezése

3.1.5. FORGÁCSOLÁSI PARAMÉTEREKET SZÁMÍTÓ MODULOK LEÍRÁSA

A forgácsolási paraméterek meghatározására a műveletelemek generálása után, művelet-tervezés keretében kerül sor.

Mindegyik **modul alapvető feladata** a műveletelemekhez tartozó optimális forgácsolási paraméterek - fogásmélység, forgácsolási sebesség, előtolás - meghatározása.

A forgácsolási paraméterek mellett a moduloknak igen gyakran szolgáltatni kell olyan adatokat is, amelyek a gépek működését a forgácsolást megelőző, vagy követő pillanatokban vezérlik:

- fogásvétel módja, sebessége;
- ráfutási-, vagy túlfutási hossz;
- késleltetési idő;
- szerszámvisszahúzás módja, stb.

Az egyes **modulok bemenő adatai** (a részletes leírásuk a 3.2. mellékletben található) :

- az alkatrészprogramból nyerhető adatok:
 - az alkatrészre vonatkozó általános adatok;
 - a műveletre előírt és generált adatok;
 - nagyoló esztergálási műveletelemnél a ráhagyási alakzat geometriai adatai;
 - simítási esztergálási műveletelemnél a megmunkálandó kontúr geometriai adatai;
 - egyéb műveletelemnél az adott művelet jellemző adatai;
- a rendszer adatbázisából lehívható adatok:
 - a megmunkáló gép technológiai alkalmazhatóságával kapcsolatos adatok;
 - a forgácsolási paramétereket befolyásoló technológiai konstansok;
 - a szerszámok technológiai alkalmazhatóságával kapcsolatos adatok;
 - az anyagok megmunkálhatóságára vonatkozó adatok.

A **modulok működésének főbb lépései**:

- Az alkatrész általános adatainak (MK\$, SR, ..., TH) beolvasása.
- Gépadatok (GT, GH, ..., GF) beolvasása.
- Technológiai adatok (AK, AH) beolvasása.
- A feldolgozandó művelet adatainak beolvasása (1. szint).
- Ha az alkatrészprogramban az adott műveletre valamilyen okból kifolyólag előírták a forgácsolási paramétereket (v_c , a_p , f), akkor feldolgozás a soron következő művelettel folytatódik.
- Szerszámadatok (ST, SF, ..., FF) beállítása. A szerszám rekord behívása a szerszámazonosító (MS) alapján történik.
- Anyagállandók (HU, CM, ..., BMZ) beállítása. Az anyagadat rekord behívása az anyagcsoportot (ACS), a megmunkálási módot (MM) és a szerszám-anyagminőséget (KS\$) tükröző jellemzőkből képzett kulcs alapján végezhető.
- Ha az előző műveletre rendelt szerszám és megmunkálási mód nem változik, akkor a szerszám- és anyag-adatok beállítása elmarad, azaz az előző műveletelemből öröklődik.
- A redukált átmérő (D_{red}) szükség szerinti meghatározása (pl. fúrás, marás és köszörülés során a munkadarab merevsége a megmunkálásból eredően lényegesen nem változik, így az előző művelet során meghatározott értékkel számolunk).
- Az etalon esethez képest megváltozott munkakörülmények figyelembevételére szolgáló módosító tényezők együttes hatásának ($\prod_{i=1}^5 K_{Fi}$ és $\prod_{i=1}^9 K_{vi}$) meghatározása, így:

- a forgácsoló erő számításához:
 - K_{F1} – az előgyártmány anyagállapot hatása;
 - K_{F2} – a fő-él elhelyezkedési szögének (κ) hatása;

- K_{F3} – a homlokszög (γ) hatása;
- K_{F4} – a szerszám lekerekítési sugarának (r_e) hatása;
- K_{F5} – az alakos szerszám hatása;
- a forgácsolási sebesség számításához:
 - K_{v1} - az előgyártmány anyagállapot hatása;
 - K_{v2} - a fő-él elhelyezkedési szögének (κ) hatása;
 - K_{v3} - a mellékél elhelyezkedési szögének (τ) hatása;
 - K_{v4} - a szerszám lekerekítési sugarának (r_e) hatása;
 - K_{v5} – a megmunkálandó furatátmérő hatása;
 - K_{v6} – az oldalazási hossz ill. a beszúrási mélység hatása;
 - K_{v7} – a szerszám minőségének hatása;
 - K_{v8} – az eltérő hűtés alkalmazásának hatása;
 - K_{v9} – a munkadarab labilis megfogásából eredő korrekciós tényező;
- A korlátfüggvények felállítása.
- A feltételrendszer megoldása:
 - a homogén korlátok által behatárolt keresési tartomány meghatározása;
 - az inhomogén korlátok figyelembevételével a keresési tartomány módosítása (szűkítése).
- Az optimum esélyes pont meghatározása. Az optimalás nagyoló megmunkálás esetén maximális termelékenységre, egyéb esetben előírt éltartamra történik.
- A tervezési eredmények (v_c , a_p , f) lerakása a műveletelem rekordba.
- A soron következő a műveletelem feldolgozása (visszatérés az 1. szintre).
- Az utolsó műveletelem feldolgozása után egyszerűsített műveleti utasítás kinyomtatása.

3.1.5.1. FORGÁCSOLÁSI PARAMÉTEREK MEGHATÁROZÁSA FURAT-MEGMUNKÁLÁSHOZ

A modul hatáskörébe a következő műveletelemek tartoznak:

- központfúrás;
- fúrás és felfúrás csigafúróval;
- csigasüllyesztés;
- homloksüllyesztés;
- kúpsüllyesztés;
- dörzsölés;
- menetfúrás;
- furatesztergálás fúróruddal.

Kimenet: tartalmazza a következő eredmény információkat:

- forgácsolási sebesség;
- fordulatszám és forgásirány;
- fordulatonkénti előtolás értéke, vagy értékei, ha változik (pl. mély furatok esetén);
- fogások száma és elosztása mélyfuratok esetén;
- pozicionálás módja a munkamenet végén;
- késleltetési idő a megmunkálási mélység elérésekor;
- szerszámvisszahúzás módja (forgásirány, fordulatszám, előtolás);
- főforgácsoló-erő maximális értéke.

3.1.5.2. FORGÁCSOLÁSI PARAMÉTEREK MEGHATÁROZÁSA MARÁSHOZ

A modul hatáskörébe tartozó műveletelemek:

- marás marófejjel /homlokmaróval/,

- marás palástmaróval,
- marás ujjmaróval.

Kimenet: a műveletelemekhez tartozó:

- hosszelőtolás,
- fogás-vételirányú előtolás,
- fogásmélység,
- barázdaszélesség,
- forgácsolási sebesség,
- fordulatszám és forgásirány,
- marási mód (egyen-irányú, ellen-irányú),
- főforgácsoló erő maximális értéke.

3.1.5.3. FORGÁCSOLÁSI PARAMÉTEREK MEGHATÁROZÁSA ESZTERGÁLÁSRA

A modul hatáskörébe tartozó műveletelemek:

- nagyoló hossz-, kereszt-, adott előtolás-irányú és kontúrkövető esztergálás;
- hossz-, kereszt- és kontúrkövető simítóesztergálás;
- hossz- és keresztirányú beszúrás;
- alászúrás;
- alászúrás beszúrással;
- menetesztergálás.

Kimenet: az egyes műveletelemekhez tartozó:

- fogások száma;
- fogások megoszlása;
- az egymástól eltérő fogásokhoz tartozó forgácsolási sebességek értékei;
- a megfelelő fordulatszámok és forgásirányok, beleértve a fogások közbeni fordulatszámváltások meghatározásához szükséges adatokat is;
- az egymástól eltérő fogásokhoz tartozó előtolások értékei;
- főforgácsoló erő maximális értéke.

3.1.5.4. KÖSZÖRÜLÉS FORGÁCSOLÁSI PARAMÉTEREINEK MEGHATÁROZÁSA

A modul hatáskörébe tartozó műveletelemek:

- palást és furatköszörülés hosszelőtolással, valamint beszúró eljárással;
- síkköszörülés, korongperifériával és korong homlokkal;
- profilköszörülés.

Kimenet: a műveletelemekhez tartozó:

- korongsebesség;
- tárgysebesség;
- löketenkénti, vagy kettőslöketenkénti, vagy fordulatonkénti fogásvétel mértéke nagyoláskor és simításkor;
- tárgyfordulatonkénti hosszelőtolás mm-ben palást és furat köszörülésekor, ill. a löketenkénti előtolás síkköszörüléskor;
- irányváltási idő;
- túlfutási hossz és köszörülendő szakasz két végén;
- nagyoló fogások (löketek, kettőslöketek, fordulatok) száma;
- simító fogások száma;
- kiszikráztatási löketek száma;
- a forgácsoló erő radiális komponensének maximális értéke.

3.2. SZERSZÁMMOZGÁSOK MODELLEZÉSE

A szerszámmozgások (megmunkálási mozgásciklusok) tervezése az automatizált technológiai tervezés legalsó hierarchiai szintjén kerül végrehajtásra.

A **mozgások tervezésére szolgáló alprogramok** funkciójukat tekintve az **alábbi csoportokba sorolhatók** [50], [59], [70]:

- A műveletelemek végrehajtásához szükséges **forgácsoló és üresjárat** mozgások tervezése.
A csoportot az egyes fogások (forgácsoló munkamenetek) közötti, olyan üresjárat mozgások alkotják, amelyek célja kiemelés biztonsági távolságra, visszafutás a következő fogás kezdőpontjához környezetébe és fogásvételi beállítás a következő kezdőpontra (3.31. ábra). A forgácsoló és üresjárat mozgásokat a munkamenetekkel egy modellben kell kezelni.
- **Cikluson kívüli mozgások tervezése.**
A cikluson kívüli elmozdulások arra szolgálnak, hogy a mozgásciklus utolsó elmozdulása után, a felhasználó a processzor futtatása során, olyan kiegészítő szerszámelmozdulásokat is meg tudjon adni, amelyek a műveletelem definíciójából egyértelműen nem határozhatók meg, vagy nincsenek beépítve a mozgásciklusba (pl. beszúrás sarkainak speciális letörése).
- Az alkatrészprogramban előírt **elemi mozgásutasítások feldolgozása.**
Az elemi pálya-menti elmozdulások formai szempontból rá- és túlfutás nélküli, nyitott kontúrú esztergálási simítási műveletelemekhez hasonlóak, így azok részletes tárgyalására a 3.2.3. pontban kerül sor.
- Az egyes műveletelemek közötti **üresjárat** mozgások tervezése.
A szerszám üresjárat mozgásai, amelyek célja a megmunkálás kezdőpontjának, vagy a kezdőpont közvetlen környezetének megközelítése, akadályok kikerülése, szerszámváltási, vagy cserélési helyzet elfoglalása, mérési ciklusok megvalósítása.
A kezdőpont megközelítésének és a szerszám biztonságos helyzetbe való kiemelésének módját, pályáját a műveletelem (helyesebben azok homogén csoportjának) típusa határozza meg.

A) MEGMUNKÁLÁSI MOZGÁSCIKLUSOK TERVEZÉSE

Az automatizált technológiai tervezőrendszerek a bemenő nyelv szabályai szerint összeállított alkatrészprogrammal meghatározott gyártási feladat végrehajtásához **szükséges szerszám elmozdulások tervezését műveletelemként** hajtják végre.

Műveletelem alatt a forgácsoló művelet egy olyan része értendő, amelyhez egyetlen szerszám és egy (vagy több, de azonos jellegű) ráhagyási alakzat rendelhető, és ezen információk birtokában egyértelműen megtervezhetők a műveletelem végrehajtásához szükséges szerszámelmozdulások, valamint az azokhoz kapcsolódó egyéb szükséges adatok (előtérítés, fordulatszám, mozgásirány stb.).

Mozgásciklusnak hívjuk az egy műveletelem által meghatározott, gyakran előforduló, ismétlődő megmunkálási feladat elvégzéséhez szükséges szerszámelmozdulások összességét. A **mozgásciklus jellegét** alapvetően a műveletelem típusa, a szerszámelmozdulások számát leginkább a műveletelemhez rendelt ráhagyási alakzat geometriai méretei határozzák meg (pl. a ráhagyás nagysága nagyságánál).

A megmunkálási mozgásciklusok tervezését végző rendszerek a **szerszámpályák generálását az alábbi körülmények figyelembevételével állítják elő:**

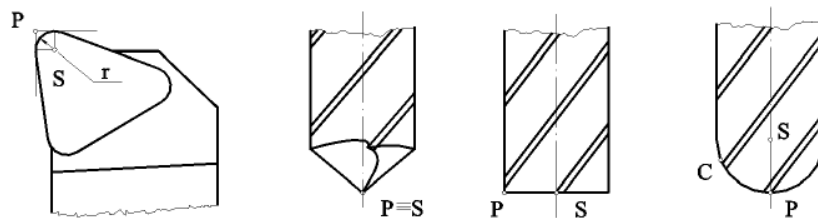
- a műveletelem geometriai jellemzői (ráhagyási alakzatok, szerszámpályák, technológiai mellékelemek paraméterei, stb.);
- a megmunkálás határai, jellege (munkadarab és előgyártmány felőli nyitott, vagy zárt kontúrszakasz, stb.);
- a megmunkálási stratégia (ciklus típusa), amely a szerszámpályák láncolatával kialakított útvonalat határozza meg (hossz-, kereszt-, kontúrkövető esztergálás, ZIGZAG síkmarás, oldal-előtölösos palástköszörülés, stb.);
- a megmunkálás kezdő- és végpontja (ráfutás- és túlfutás nagysága, iránya);

- a megmunkálás iránya (normál és inverz, jobbos-balos menet, stb.);
- biztonsági sík (pl. esztergálás során a kiemelés iránya és nagysága);
- a kikerülendő és át nem léphető akadályok geometriai alakzatának leírása (pl. inverz megmunkálás során a darab legnagyobb átmérőjének megkerülése);
- a ráhagyások értéke különböző irányban (ráállás-túlfutás);
- előírt pontosság, érdesség, amely a szerszámpályák szükséges számát határozza meg (pl. 3 és több D-s megmunkálás, menetek kalibrálása, kiszikráztatás köszörülés során, stb.);
- a szerszámpályát befolyásoló szerszámadatok (átmérő, csúcssugar, fő- és mellékél elhelyezési szög, stb.) és korrekciók;
- megmunkálási paraméterek (forgácsolási sebességek – fordulatszámok -, előtölások, fogásmélységek, várakozási idő, stb.).

A **forgácsoló mozgás (munkamenet)** - amelynek pályáját a mozgástervezés határozza meg - általában több elemi elmozdulásból (egyenes szakaszból és körívből) áll.

A mozgástervező alprogramok **a szerszám vezérelt pontjára** (3.8. ábra) **érvényes szerszámpályát állítanak össze**, az alábbiak szerint:

- Esztergálás esetén a P pont vezérlése mellett, továbbá nulla csúcssugarat feltételezve. A csúcssugarból adódó korrekciók figyelembevételére a konkrét gép-vezérlés kombinációhoz készítenő posztprocesszorokban kerül sor.
- Fúrás esetén a szerszám tengelyét vezérlik.
- Marás esetén a szerszám tengelyét vezérlik, így a szerszámpálya a szerszámsugárral eltolt kontúr.



3.8. ábra. Szerszámok vezérelt pontja

Bizonyos műveletelemek gépi vagy fix ciklusműveletként is programozhatók. Ebben az esetben a processzor nem tervezi meg a mozgásciklust, de a posztprocesszor részére átadja azokat az információkat, amelyek alapján az CNC programban megjelenik a ciklusművelet az összes szükséges jellemzővel. A műveletelemek ciklusműveletként csak akkor programozhatók, ha a feldolgozást olyan szerszámgépre megírt posztprocesszorral történik, amelynek vezérlése rendelkezik ciklusműveletet definiáló funkcióval (pl. HUNOR PNC-712, NCT/FANUC, Sinumerik, stb.).

Ciklusművelet programozásánál még az alábbi szempontokat is figyelembe kell venni:

- Törekedni kell a CNC vezérlőberendezésben rendelkezésünkre álló ciklusok maximális kihasználására.
- Nagyoló esztergálásnál a ráhagyási alakzattól függően írható elő ciklusművelet. Amennyiben a ráhagyási alakzat nem felel meg a vezérlés specifikációjában előírtaknak, a műveletelem ciklusműveletként programozva hibás futást eredményez.
- Ügyelni kell arra, hogy bizonyos műveletelemeket (pl. menetesztergálást) egyes vezérlések csak ciklusműveletként képesek végrehajtani.

A CAPP rendszerek processzorai a definiálható megmunkálási utasításoknak megfelelően az alábbi **mozgásciklusok** tervezését végzik:

- furás jellegű műveletelemek mozgásciklusa;
- nagyoló esztergálási műveletelemek mozgásciklusa;
- simító esztergálás és elemi mozgásutasítások (EMO) mozgásciklusa;

- normál beszúrások és alászúrások mozgásciklusa;
- bonyolult beszúrások mozgásciklusa;
- menetesztérgálási műveletelemek mozgásciklusa;
- cikluson kívüli elmozdulások;
- üresjárat elmozdulások.

B). ÜRESJÁRATI MOZGÁSOK

Az üresjárat mozgásokat tervező moduloknak gondoskodniuk kell az ütközésmentes gyorsjárat mozgások meghatározásáról (3.32. ábra) és minimalizálásáról. Az **üresjárat mozgások jellegzetes esetei**:

- a megmunkálási kezdőpont megközelítése:
 - alaphelyzetből;
 - szerszámváltási helyzetből;
 - előző művelet befejezésének végpontjából (ugyanazon szerszám alkalmazása esetén);
- előírt, vagy a modulban meghatározott szerszámváltási helyzetbe történő távolodáshoz;
- az alaphelyzet megközelítése:
 - új befogás szükségessége esetén;
 - programstop esetén;
 - program végén.

Az üresjárat szerszámelmozdulások végrehajtása mindig gyorsmenettel történik.

A szerszámmozgásokat tervező alprogramok

• bemenő adatai:

Az adott művelet mozgásciklusának megtervezéséhez szükséges adatokat a műveletterv egyes rekordjai tartalmazzák. A **tervezés alapjául szolgáló adatok** az alábbiak szerint csoportosíthatók:

- a művelet technológiai jellegű adatai (művelet típusa, elhelyezkedése, szerszám-adatok, forgácsolási adatok, hűtés, stb.);
- a ráhagyási alakzat geometriai jellemzői;
- a ráhagyási alakzat környezetének geometriai jellemzői (ráfutást és túlfutást befolyásoló körülmények, akadálykerülés, stb.);

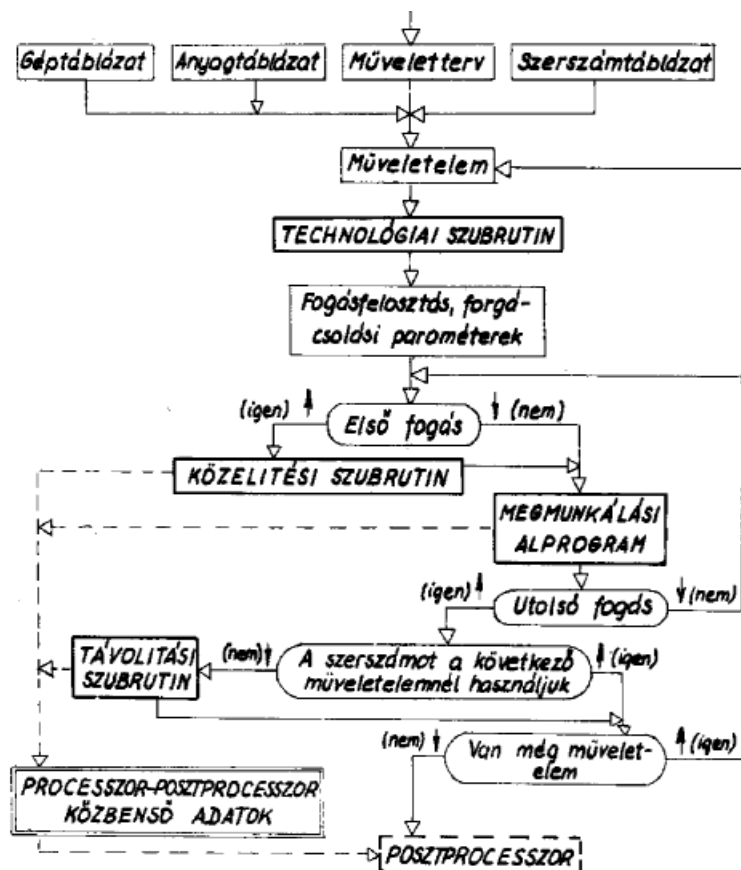
• kimenő adatai (CLDATA rekordok):

Az alprogram minden egyes elmozduláshoz a rendszer processzor-posztprocesszor közben-ső nyelven megfogalmazott CLDATA rekordot állítanak össze (részletes leírásuk a 4. pontban található). A CLDATA rekordok az elmozdulás végrehajtásához szükséges út- és kapcsolási információkat tartalmazzák. A szerszámpályák tervezése során lineáris-, kör- és sebességinterpoláció programozható.

A szerszámmozgásokat tervező alprogramok működésének menete

A technológiai processzor művelet tervező szakaszában kerül sor a forgácsolási paraméterek meghatározására és a mozgásciklusok részletes tervezésére. Az említett **feladatok végrehajtására szolgáló szubrutinok és alprogramok** (3.9. ábra):

- technológiai szubrutin;
- megmunkálási alprogramok;
- üresjárat szerszámmozgások szubrutinjai (közelítési, távolítási, stb.).



3.9. ábra. Műveletelem-tervezés elvi sémája

A technológiai szubrutin a forgácsolási paraméterek meghatározását, a megmunkálási alprogramok a műveletelemek mozgásciklusainak tervezését, míg a közelítési és távolítási szubrutin a szerszámnak a forgácsolási kezdőpontba állításához ill. váltási vagy alaphelyzetébe viteléhez szükséges szerszámmozgások tervezését végzi annak az alapelvnek megfelelően, hogy a megmunkálási ciklus általában három fő szakaszra bontható (megközelítés, forgácsolás, eltávolodás). Ezen a szinten kerül sor a műszaki normaidők meghatározására is.

A szerszámmozgásokat tervező alprogramok működésének elvi felépítése a 3.9. ábrán látható.

A feldolgozás a művelettervben rögzített műveleti sorrendnek megfelelően műveletelemként történik. A különböző programszegmensek működését egy ún. „szervezőprogram” irányítja.

E programegység működésével az alkatrészprogram processzorban történő feldolgozása befejeződik, s a további feldolgozás a posztprocesszorban folytatódik.

A mozgásciklusok működési elvének ismerete nagymértékben segíti a felhasználót az optimális alkatrészprogram összeállításában, és a cikluson kívüli elmozdulások helyes és indokolt alkalmazásában.

Az egyes jellegzetes esztergálási műveletelemekhez tartozó mozgásciklusok működési elvét bemutató ábrákon végrehajtott szerszámelmozdulások jelölése:

- folytonos vonallal ($\Rightarrow$) jelzett elmozdulás előtolással;
- a szaggatott vonallal ($\dashrightarrow$) jelzett gyorsmenettel.

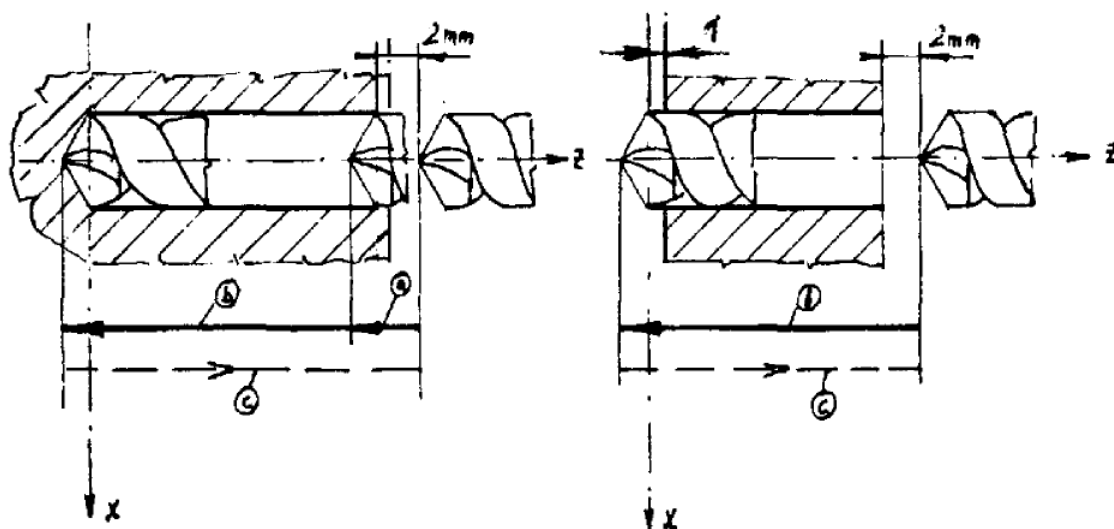
Az egyes **ráfutási** (pl. furásnál 3, nagyolásnál 2 mm), **túlfutási** (pl. simításnál 1 mm), **kiemelési** (nagyolásnál 0.5 mm) és **biztonsági** (pl. beszúrásnál, alászurásnál 1 mm) **távolságok** ajánlott adatok, amelyek a felhasználó igényei szerint az adatbázisban módosíthatók.

3.2.1. FURÁS JELLEGŰ MŰVELETELEMEK MOZGÁSCIKLUSAI

Feladat a furás elkészítéséhez szükséges mozgások tervezése (a forgácsoló elmozdulás szükség szerinti bontása, a forgácsoló elmozdulás kezdő- és végpontjának meghatározása, előtolás módosítása, hűtés be-kikapcsolása, várakozás előírása, forgásirány-váltás, stb.).

A furás jellegű műveletelemek **mozgásciklusának két típusa** különböztethető meg (3.10. ábra):

- furás **változó előtolással** (telibe fúrás: FUR), melynek célja a szerszám be- és kilépésének megkönnyítése folyóforgácsot adó anyagok megmunkálása esetén;
- furás **állandó előtolással** (felfúrás: FFUR, kúpos süllyesztés: KUPS, homloksüllyesztés: HSUL, dörzsölés: DOR, menetfúrás: MFUR).



3.10. ábra. Változó és állandó előtolású fúrési mozgásciklusok

A **mozgásciklus elmozdulásai**:

- csökkentett előtolással történő elmozdulás (a fúró biztonságos anyagba lépése céljából); Átmenő furat és folyó forgácsot adó anyagok esetén a kilépéskor is élszecsökkentett előtolást alkalmazni (ez esetben a $Z_2 = Z_2 + 1$ értékre módosul);
- előtolással való elmozdulás a végpontig;
- visszaállítás a kezdőpontba gyorsmenetben (a menetfúrás kivételével).

A **forgácsoló elmozdulás**

- kezdőpontja (Z_K): a furat kezdőpontja (Z_1) előtt egy biztonsági távolsággal (RF) növelt érték, a ráfutás értéke (RF táblázatos érték):
nyers, öntött felület estén 2-4 mm;
megmunkált felület estén 1-2 mm;
- közbenső pontja ($Z_{KÖ}$): a furat kezdőpontja mínusz a fúró-él kúpos részének hossza és 1 mm, azaz
$$Z_{KÖ} = Z_1 - (D/2 \cdot \tan \kappa_r) - 2$$

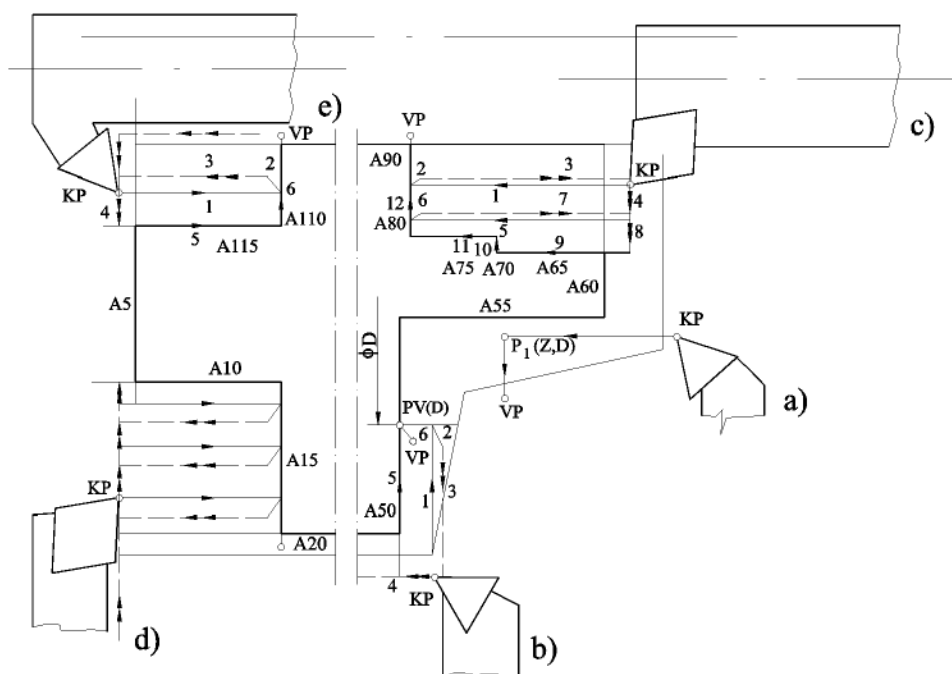
ahol D – fúróátmérő mm;
 κ_r – fúróél félszöge ($\epsilon = 2$) κ_r)
- végpontja (Z_V):
 - zsák furat esetén a furat végpontja (Z_2) $Z_V = Z_2$;
 - átmenő furat esetén a furat végpontja (Z_2) mínusz a túlfutás mértéke
$$Z_V = Z_2 - (D/2 \cdot \tan \kappa_r) - 2$$

3.2.2. NAGYOLÓ ESZTERGÁLÁS MOZGÁSCIKLUSAI

Feladat az adott nagyolási ráhagyási alakzat eltávolításához szükséges mozgások tervezése (fogások számának -, fogásvételi síkok -, fogások kezdő- és végpontjának meghatározása, előtolás beállítása az egyes fogásokhoz és az utolsó, kontúrkövető forgácsoló elmozdulásokhoz, hűtés, elállás, stb.).

A nagyoló esztergálási műveletelemek mozgásciklusát leginkább befolyásoló körülmények:

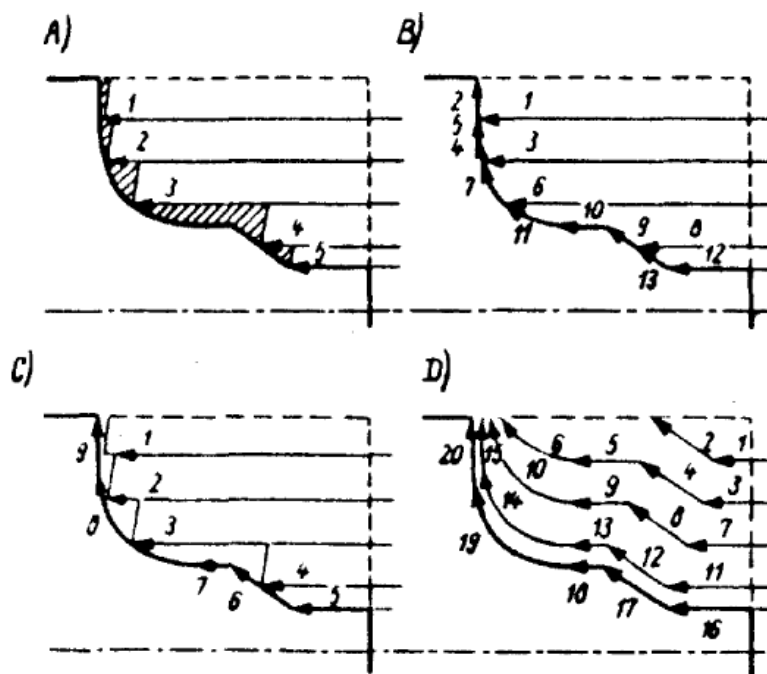
- a ráhagyás elhelyezkedése szerint:
 - külső felületen (3.11. a., b., d. ábra);
 - belső felületen (3.11. c., e. ábra);
- a ráhagyási alakzat formája szerint:
 - egyenesekkel határolt négyszög (3.11. d., e. ábra);
 - egyenesekkel és/vagy körívvel határolt összetett alakzat (3.11. e. és 3.12. ábra);
 - egyenesekkel és/vagy körívvel határolt összetett alakzat befelé lépcsősséggel;



3.11. ábra. Nagyoló műveletelemek jellegzetes elhelyezkedései
 a). bázishely hosszesztergálása; b). keresztesztergálás korlátozó átmérővel;
 c). hosszesztergálás furatban; d). inverz hosszesztergálás;
 e). inverz hosszesztergálás furatban

- a leválasztási irány szerint:
 - Z tengellyel párhuzamos (hosszesztergálás);
 - X tengellyel párhuzamos (keresztesztergálás);
 - kontúrkövető esztergálás esetén:
 - alkatrészkontúrral párhuzamosan (3.12. D ábra);
 - előgyártmány kontúrral párhuzamosan (3.46. ábra);
 - adott szög alatti irányban (3.45.B ábra);
- az előtolás főiránya szerint:
 - a főorsó irányába történő előtolással (3.12. ábra), normál esztergálás;
 - a főorsótól távolodó előtolással (3.11. d ábra), inverz esztergálás;
- a megmunkált felület kialakítása szerint:
 - előnagyolt minőségben (a szerszám főél elhelyezési szöge által hagyott maradványanyag eltávolítása nélkül (3.12. A ábra);

- a maradványanyag eltávolításával:
 - minden fogás utáni felhúzással (3.12. B ábra);
 - az utolsó fogás utáni kontúr felhúzással (3.12. C ábra);



3.12. ábra. Összetett alakzat előállításának módjai

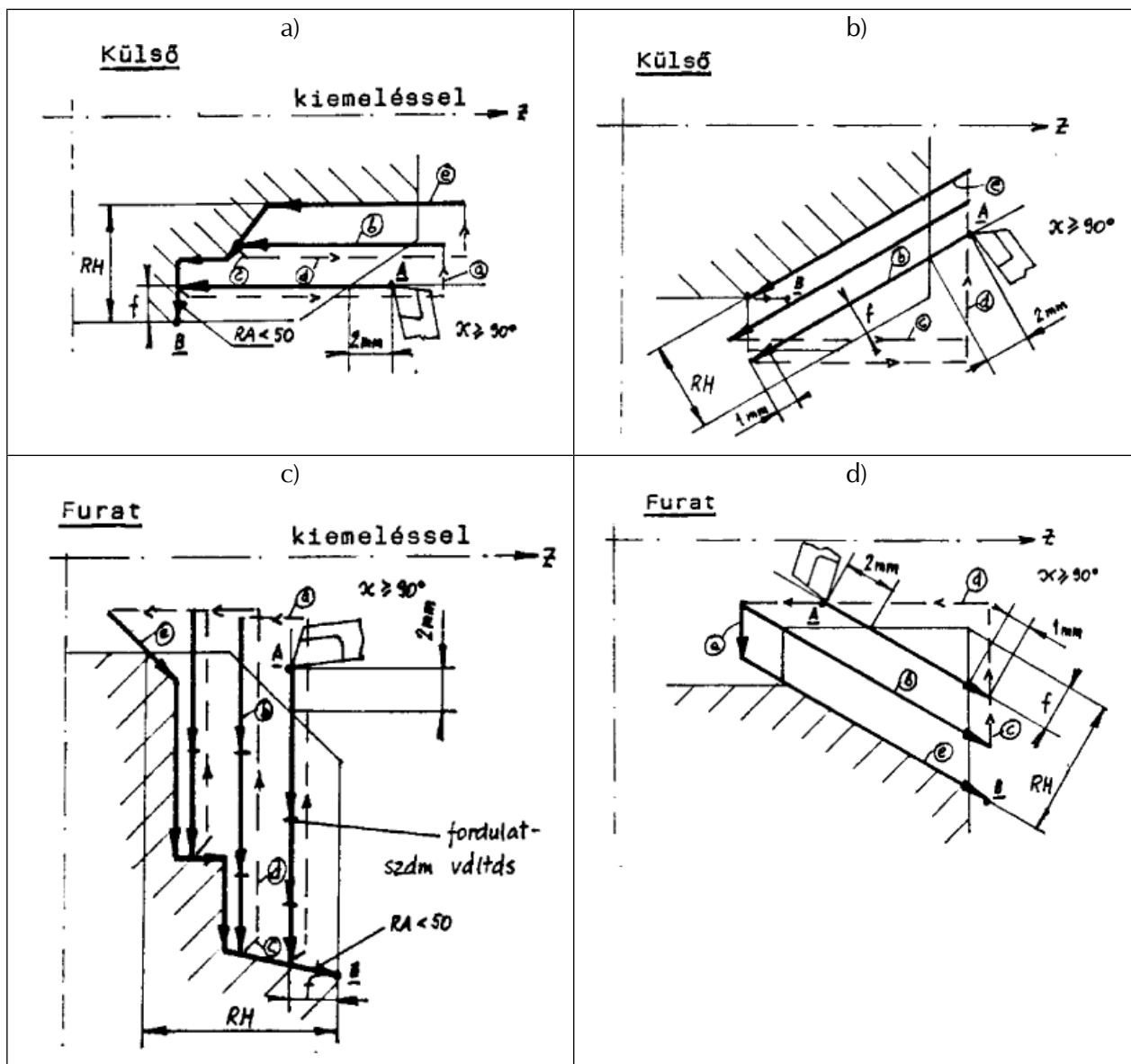
- fogásvétel módja (iránya és sebessége):
 - nyitott kontúr esetén fogásvétel gyorsmenettel és iránya X vagy Z tengellyel párhuzamosan;
 - zárt kontúr esetén fogásvétel előtolással és a szerszám mellékél elhelyezési szöge által megengedett irányban (3.45. ábra);

A nyitott kontúrú nagyoló hossz- és keresztesztergálási műveletelemeknél (3.13. ábra) a **mozgásciklus** a fogásvételek számának (i) megfelelően **az alábbi mozgáselemek ismétlődésével alakul ki:**

- fogásvétel gyorsmenettel;
- forgácsoló mozgás előtolással;
- kiemelés gyorsmenettel;
- visszaállás a következő fogás kezdőpontjára gyorsmenettel;
- utolsó, kontúrkövető forgácsoló mozgás előtolással.

Az **egyes mozgások iránya:**

- fogásvétel: hosszesztergálásnál, külső felületen $-X$, belső felületen $+X$, oldalazásnál $-Z$, míg inverz oldalazásnál $+Z$ irányú;
- forgácsolás:
 - normál hosszesztergálásnál: $-Z$ irányú, a főorsó felé (a nagyobb Z koordinátától a kisebb Z koordináta irányába);
 - inverz hosszesztergálásnál: $+Z$ irányú, a főorsótól távolodó irányába;
 - oldalazásnál: külső műveletelemnél a nagyobb átmérőtől a kisebb átmérő, belső (furatos) műveletelemnél a kisebb átmérőtől a nagyobb átmérő irányába;
 - kontúrkövető esztergálásnál: kúp irányba, a főorsó felé (normál hossz), vagy a főorsótól távolodó (normál kereszt).



3.13. ábra. Nagyoló esztergálási műveletelemek mozgásciklusai:

- a) külső nagyoló hosszsztergálás (NH);
- b) külső kontúrkövető nagyoló hosszsztergálás (NHK);
- c) belső nagyoló keresztesztergálás (NK);
- d) belső kontúrkövető nagyoló keresztesztergálás (NKK)

- kiemelés: 45° -os, a forgácsoló elmozdulással ellentétes irányban, az X és Z tengelyek mentén 0.5 mm-rel (táblázatos érték);
- fogáshoz állás: nem kontúrkövető esztergálásnál a forgácsoló mozgással ellentétes irányú, kontúrkövetésnél Z irányú;
- utolsó, kontúrkövető forgácsoló elmozdulás: a szerszám követi a nagyolt munkadarab felületeit a forgácsolási iránynak megfelelően. Amennyiben a követési irányt tekintve „utolsó” felület érdessége: $RA \geq 50$ (pl. a 1.8. ábrán látható 1-2 közötti szakasz), a felület felhúzása elmarad (ennek megfelelően változik a ciklus végpontja is).

Kontúrkövető nagyolásnál elmaradhat a fogásvételi elmozdulás a ráhagyás alakzat formájától függően (3.13.b. ábra), ha viszont szükséges (3.13.d. ábra), akkor végrehajtása előtolással történik.

A fogásvételek száma (i)

A fogásvételek száma (i) a műveletelemre jellemző ráhagyás (RH) és az előírt fogásmélység (a_{opt}) alapján kerül meghatározásra. Amennyiben egy fogás után a maradék ráhagyás nagyobb, mint a fogásmélység kétszerese, a fogásvétel azonos az előírt fogásmélységgel, amennyiben kisebb, a fogásvétel a maradék ráhagyás fele.

$$i = \text{integer} (RH / a_{opt}) + 1$$

Fogásmélység korrekciója:

- egyenletes fogásmélység az utolsó két fogásig

$$a_1 = a_2 = \dots = a_{i-2} = a_{opt}$$

- az utolsó két fogás módosítása

$$a_{i-1} = a_i = (RH - (i-2) * a_{opt}) / 2$$

A fogások kezdő- és végpontjai

A fogás-kezdőpont (A) meghatározásának lépései:

- A ráhagyási alakzat előgyártmány felőli oldalán a B pontból kiindulva az adott fogáshoz tartozó metszéspontot (A_{mp}^E) keressük.
- A metszéspontot (A_{mp}^E) módosítjuk az előtolás irányába a ráfutási távolsággal (a ráfutás mértéke táblázatos adat, pl. 2 mm). A ráfutás mértéke növekszik, ha a főél-elhelyezési szöge: $\kappa < 90^\circ$ (a növekedés a κ és a fogásmélység függvénye, azaz $a/\tan \kappa$). A $\kappa < 90^\circ$ főél-elhelyezési szögű szerszám, olyan műveletelemnél alkalmazható, ahol a ráhagyási alakzat minden fogás után a szerszám túlfutását megengedi (pl. átmenő furat hosszesztergálásakor, szélső homlok oldalazásakor, stb.).

A fogás-végpont meghatározásának lépései:

- a ráhagyási alakzat alkatrész felőli oldalán a B pontból kiindulva az adott fogáshoz tartozó metszéspontot (A_{mp}^A) keressük;
- ha szerszámnak szabad kifutása van (pl. hosszesztergálás esetén a 1.6. ábrán látható 6-7 pontok közötti szakasz, vagy a 1.8. ábrán látható szélső homlokok oldalazásánál az 1-2 pontok között), akkor a metszéspont (A_{mp}^A) módosítandó az előtolás irányába a túlfutási távolsággal (a túlfutás mértéke táblázatos adat, pl. 2 mm).

A forgácsoló mozgások bontása

Oldalazásnál, ha forgácsolás közben az átmérő csökkenés (külső) vagy növekedés (furat) miatt a forgácsolási sebesség 20%-kal csökken vagy nő, fogás közbeni fordulatszám-váltás van. A fordulatszám-váltás átmérője és az új fordulat véglegesen majd a posztprocesszorban kerül meghatározásra. Az utolsó - kontúrkövető - forgácsoló elmozdulásnál nincs fordulatszám-váltás.

A mozgásciklus kezdőpontja: az első fogás kezdőpontja.

A mozgásciklus végpontja: az utolsó fogás, vagy az azt követő kiemelés végpontja. **Kiemeléssel végződik a mozgásciklus:**

- kontúrkövető hossznagyolásnál +Z irányban (3.13.b. ábra);
- nem kontúrkövető hossznagyolásnál, ha a szerszám sarokban marad. A kiemelés 45 fokos, mértéke irányonként 2 mm (táblázatos érték).

A mozgásciklusokat szemléltető ábrákon használt jelölések:

- A - a mozgásciklus kezdőpontja;
- B - a mozgásciklus végpontja;
- a - fogásvételi elmozdulás;
- b - forgácsoló elmozdulás;

- c - kiemelés a fogások után;
- d - fogáshoz állás;
- e - utolsó, kontúrkövető forgácsoló elmozdulás;
- f - fogásmélység;
- RH - a műveletelemre jellemző ráhagyás;
- κ - a szerszám főélének-elhelyezési szöge.

Nagyolási ciklisműveletek

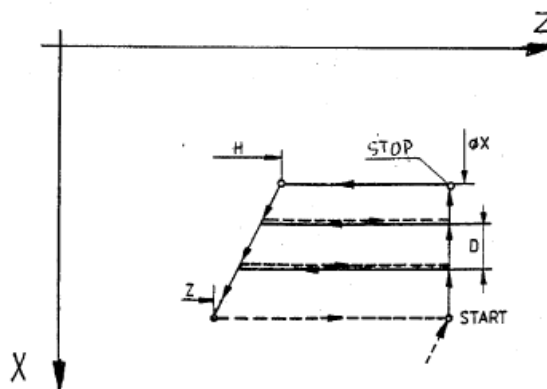
A rendszeren belül előírható **ciklisműveletek alkalmazhatósági feltételei:**

- Csak hengerelt előgyártmányt tud feldolgozni.
- Az egyszerű nagyoló ciklisműveletek (G70, G71) ráhagyási alakzata egy lépcső előállítását biztosítja. Megmunkált felületek megengedett kombinációi: hengerpalást-homlok, hengerpalást-kúp, homlok-kúp és kúp.
- A startpontot úgy kell meghatározni, hogy az tartalmazza a szerszám ráállási távolságát is.
- Összetett hosszsztergálási ciklus (G72), a simítási kontúr kikönnnyítést, befelé lépcsős alakzatot nem tartalmazhat, továbbá az első fogás végpontjának a simítási kontúron belülre kell esnie.

A rendszeren belül hívható ciklisműveletek

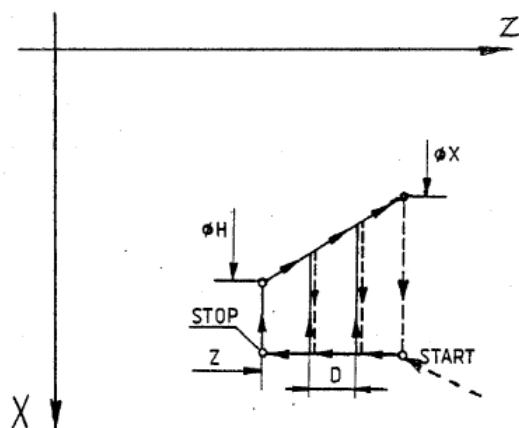
• Egyszerű nagyoló ciklisműveletek G70, G71

- G70 hosszsztergálási ciklus (3.14. ábra), hívási parancsa G70 Zz Xx Hh Dd
ahol z, x, h – a ráhagyás alakzat geometriai jellemzői;
d – fogásmélység;
- a nagyoló ciklus a fogásszámnak megfelelően az alábbi mozgások ismétlődésével hajtja végre a feladatot:
- a fogásvétel gyorsmenettel történik. (Az elmozdulás nagysága a fogásmélység (D) címre írt értékből kerül kiszámításra oly módon, hogy a vezérlés a fogásvételek összegeként megteendő utat egyenlő értékekre osztja);
- forgácsoló mozgás a záró szakaszig előtolással;
- forgácsoló mozgás a záró szakasz mentén előtolással;
- kés visszahúzása gyorsmenettel a kiindulási pontba;
- fogásvételi út megismétlése gyorsmenettel.



3.14. ábra. G70 hosszsztergálási ciklus

- G71 keresztasztergálási ciklus (3.15. ábra), hívási parancsa G71 Zz Xx Hh Dd
ahol z, x, h – a ráhagyás alakzat geometriai jellemzői;
d – fogásmélység;



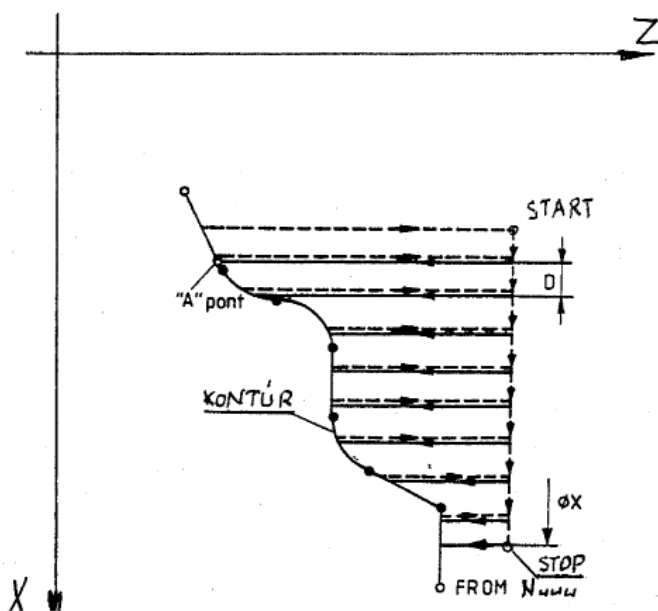
3.15. ábra. G71 keresztesztergálási ciklus

- **Összetett hosszsztergálási ciklus**

G72 összetett hosszsztergálási ciklus (3.16. ábra), hívási parancsa G72 Zz Xx Hh Dd FROMfrom ahol z, x, h – a ráhagyás alakzat geometriai jellemzői;

d – fogásmélység;

from – a simítási kontúr első elemének mondat sorszáma.



3.16. ábra. G72 hosszsztergálási ciklus

3.2.3. SIMÍTÓ ESZTERGÁLÁS ÉS ELEMI MOZGÁSUTASÍTÁS MOZGÁCIKLUSAI

Feladat a simítandó kontúrszakasz mozgáselemekre (egyenes szakaszokra, adott tér-negyedbe eső kör-ívekre) történő bontása, a ráállás, túlfutás és elállás tervezése.

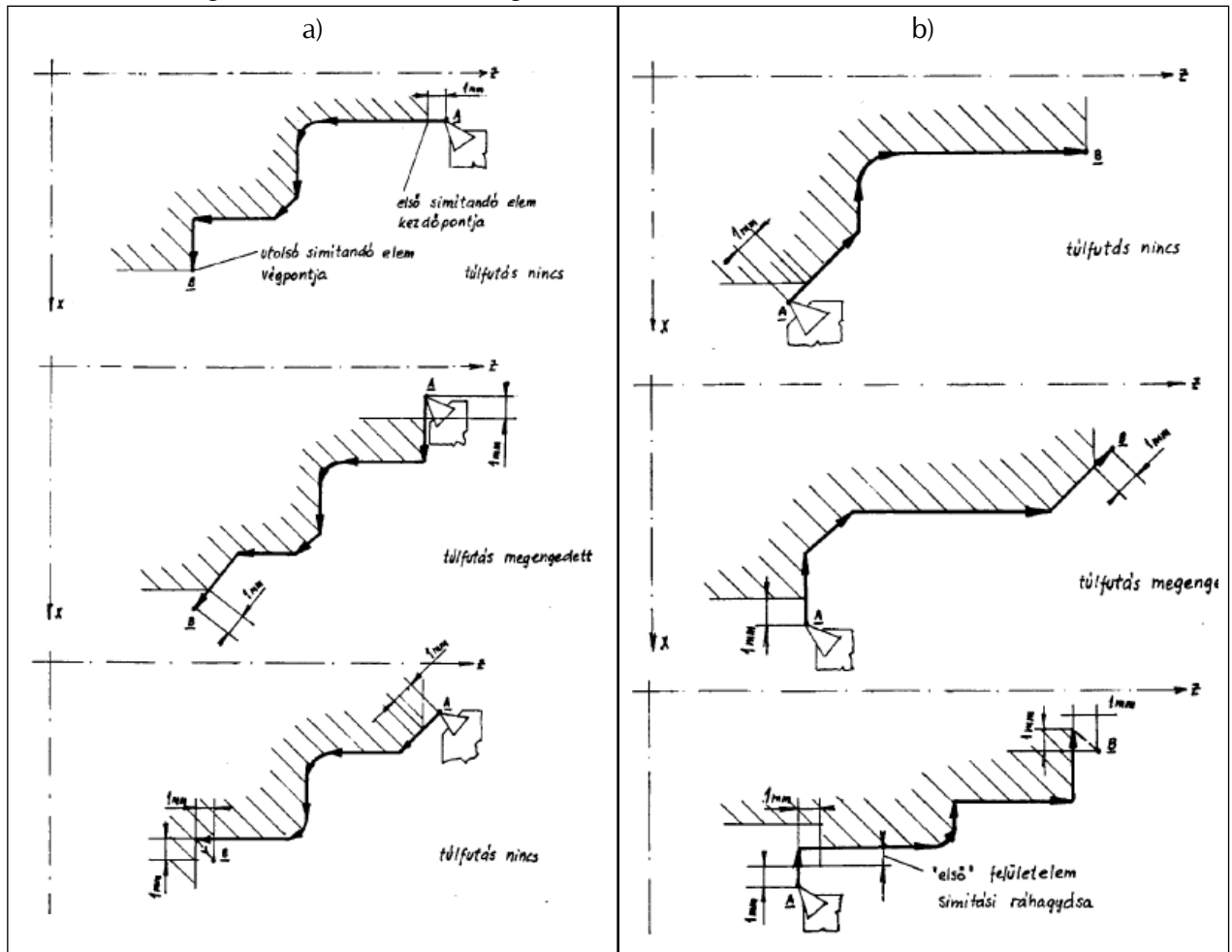
A simító esztergálási műveletelemek és az elemi mozgásutasítások (EMO) mozgásciklusai feldolgozásuk szempontjából hasonlóak, eltérés csupán a mozgásciklus kezdőpontjának meghatározásánál és az elmozdulásokhoz rendelt végrehajtási sebességben van, így [15], [48]:

- Az EMO műveletelemnél a kezdőpont azonos az elemi mozgásutasításban megadott kezdőponttal, míg simításnál a kezdőpont meghatározása függ az elmozdulás irányától.
- Simításnál a kezdőpontra való ráállás után (amelyet természetesen az üresjárat mozgásokat terve-

ző modul állít elő) minden elmozdulás forgácsoló előtolással történik (kivéve a kiemelést, ha van), míg az EMO-nál a mozgásutasításban megadott adatok szerint lehet gyorsmeneti elmozdulás is.

A **simító esztergálási és az elemi mozgásutasítások műveletelemei** körébe az alábbi típusú mozgásciklusok tartoznak:

- külső-belső kontúrkövető simító hosszesztergálás (SH) normál és inverz kivitelben (3.17. a. ábra);
- külső-belső kontúrkövető simító keresztesztergálás (SK) normál és inverz kivitelben (3.17. b. ábra);
- külső-belső felületek egyenkénti simító esztergálása (SE) normál és inverz kivitelben;
- elemi mozgásutasítások (EMO) mozgásciklusai.



3.17. ábra. Külső kontúrkövető simító esztergálás
a) hosszesztergálás (SH); b) keresztesztergálás (SK)

A mozgásciklus lényegében kontúrkövető elmozdulások sorozata a kontúr követésének irányát (főorsó felé vagy főorsótól vissza) a simítandó felületeknek a megmunkálási utasításokban megadott sorrendje határozza meg. Egyetlen felületelem esetén az **elmozdulás iránya** a felületelemnek az alkatrészen elfoglalt helyzetétől függően:

- palást- és kúpfelületnél a főorsó felé;
- homlokfelületnél: furatban a kisebb átmérőtől a nagyobb átmérő irányába, külső felületnél fordítva.

A **ráfutás** (a mozgásciklus kezdőpontjának távolsága az első kontúrponthoz, előtolás irányába számítva) és a **túlfutás** (a mozgásciklus végpontjának helyzete az utolsó kontúrponthoz, előtolás irányába

számítva) általában 1 mm (táblázatos adat). Azt, hogy túlfutás megengedhető-e, a processzor futtatása során, a simítási műveletelem feldolgozásánál kell megadni.

A mozgásciklus utolsó elmozdulása egy **kiemelés (elállás)**, amennyiben a szerszám palástfelületen (átmérőn) mozdul el utoljára, a főorsó irányába (3.17. a. ábra), vagy homlokfelületen, „vissza” (3.17. b. ábra).

EMO esetén sem ráfutás, sem túlfutás, sem kiemelés nincs a mozgásciklusban, a szerszám az elemi mozgásutasításban megadott pályán mozog kezdőponttól a végpontig, a mozgásutasításban előírt sebességekkel (azaz előtolással vagy gyorsmenettel).

Visszafelé történő simításnál a mozgásciklus kezdőpontja az első simítandó felületelem simítási ráhagyásától függően kerül meghatározásra, és ebből a szerszám egy előtoló (fogásvételi) elmozdulással áll rá az első felületelem méretére (3.17. b. ábra), amennyiben az első simítandó felületelem palást (átmérő).

3.2.4. BESZÚRÁSI ÉS ALÁSZÚRÁSI MŰVELETELEMEK MOZGÁSCIKLUSAI

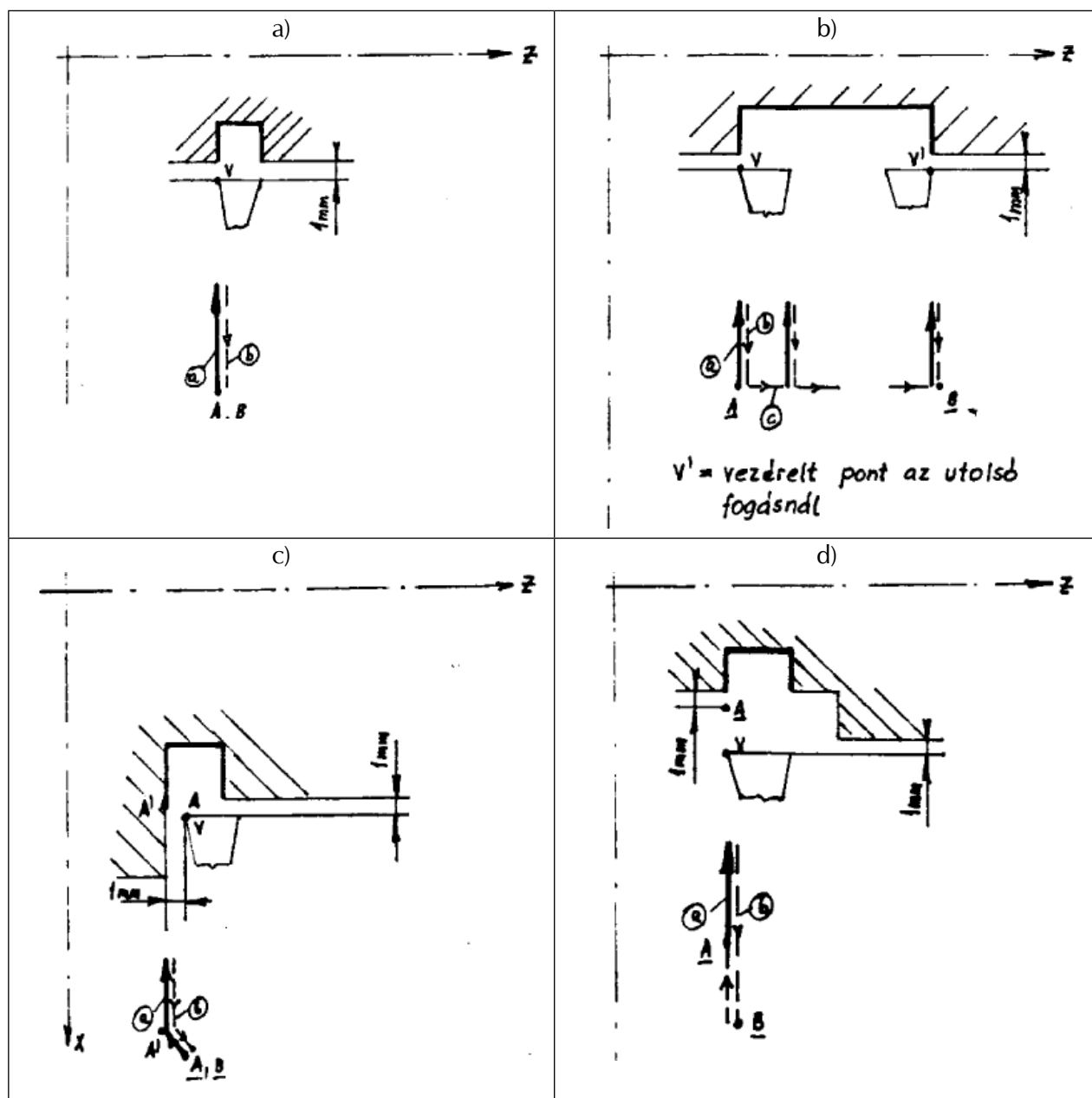
Feladat a normál-, bonyolult- és speciális beszúrási-, továbbá alászúrási műveletelemek előállításához szükséges mozgások tervezése.

A beszúrási és alászúrási műveletelemeket elhelyezkedésük és alakjuk szerint az alábbi csoportosításban célszerű feldolgozni:

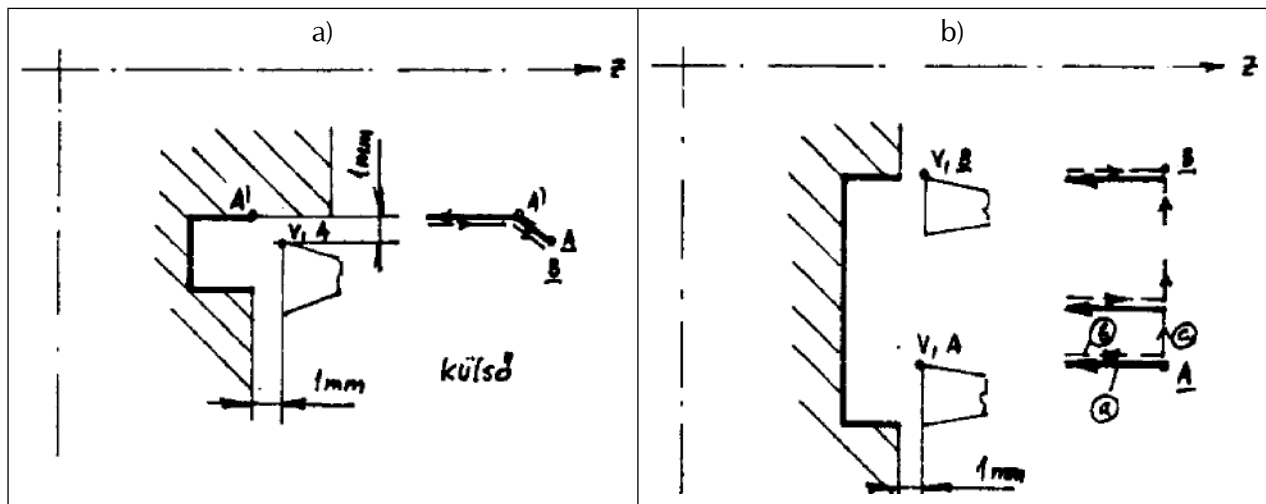
- **Keresztbeszúrási (BK) műveletelemek** (3.18. és 3.20. ábra):
 - normál (egyszerű négyszögű kereszttel, vagy alakos) beszúrási, ahol a beszúrási szélessége (b) megegyezik a beszúró-kés szélességével (B);
 - széles (egyszerű négyszögű kereszttel, előírás esetén letöréssel) beszúrási ($b > B$);
 - összetett beszúrási (beszúró-késsel történő nagyolása és simítása).
- **Hosszbeszúrási (BH) műveletelemek** (3.19. és 3.21. ábra):
 - normál (egyszerű négyszögű kereszttel, vagy alakos) beszúrási, ahol beszúrási szélessége (b) megegyezik a beszúró-kés szélességével (B);
 - széles (egyszerű négyszögű kereszttel, előírás esetén letöréssel) beszúrási ($b > B$);
 - összetett beszúrási (beszúró-késsel történő nagyolása és simítása).
- **Alászúrási (A) műveletelemek** leggyakrabban homlok és palást felületek metsződésében helyezkednek el, továbbá 45°-os szerszámmozgással állíthatók elő. A szerszám az alászúrási keresztmetszetének megfelelő alakos kivitelű.
- **Tipizált, szabvány beszúrási (BKM, BKL, AJ) műveletelemek** (3.16. ábra), általában egy fogással állíthatók elő, így a beszúrási kontúrkövető simító hosszesztergálás pályájába kerülnek beépítésre.

A BKM beszúrási előállításának egyéb lehetőségei:

- alakos szerszámmal normál keresztbeszúrásként;
 - a beszúrást alkotó felületek főelemekkel történő leírása esetén a nagyolási és simítási műveletelemekbe beiktatva.
- **Bonyolult beszúrási (BOB) műveletelemek** körébe tartoznak:
 - hengerpalást felületeken elhelyezkedő ékszíj-hornok;
 - homlokfelületeken levő alakos kikönnyítések.



3.18. ábra. Normál és széles keresztbeszúrások mozgásciklusai
a) normál beszúrás; b) széles beszúrás; c) sarokban lévő beszúrás;
d) váll mögötti beszúrás



3.19. ábra. Normál és széles hosszbeszúrássok mozgásciklusai
a) sarokban lévő beszúrás; b) széles beszúrás

- **Speciális bonyolult beszúrási (BB) műveletelemek** körébe az egy vagy több szerszámmal előállítható beszúrássok tartoznak. A speciális beszúrássokhoz rendelhető mozgásciklusok kidolgozása mindig egyedileg, az alkalmazóval történő megállapodás alapján történik.

3.2.4.1. NORMÁL- ÉS SZÉLES BESZÚRÁSI MŰVELETELEMEK MOZGÁSCIKLUSAI

A beszúrási mozgásciklusok szerszámelmozdulásai (3.18. és 3.19. ábra):

- Forgácsoló elmozdulás (előtolással) keresztirányú beszúrásnál (BK) átmérő, homlokbeszúrásnál (BH) hosszirányban (főorsó felé). A beszúrás fenekén, a munkadarab legalább egy körbe fordulási időtartamra várakozási idő programozandó.
- Kiemelés a forgácsoló elmozdulással ellentétes irányban gyorsmenettel.
- Fogáshoz állás (csak széles beszúrás estén) gyorsmenettel:
 - keresztirányú beszúrásnál növekvő Z irányban;
 - homlokbeszúrásnál csökkenő átmérő irányában.

A beszúrásnak az alkatrészen elfoglalt helyzetétől függően az első forgácsoló elmozdulás előtt, ill. az utolsó kiemelés után további elmozdulások is lehetnek:

- sarokban lévő beszúrásnál (3.18.c. és 3.19.a. ábra) a forgácsolás előtt és a kiemelés után egy 45°-os (irányonként 1-1 mm, mely táblázatos érték) elmozdulás van;
- váll mögötti beszúrásnál, az alkatrész legnagyobb átmérőjének megkerülése céljából, további plusz elmozdulás szükséges a közelítéshez, és ugyanígy változik a kiemelés mértéke is a szerszám biztonságos helyzetbe való beállításához forgácsolás után (3.18.d. ábra).

Széles beszúrássok mozgásciklusainak tervezésénél alábbiakra kell figyelni:

- a széles beszúrás során a fogásvétel maximális értékét úgy kell meghatározni, hogy a beszúrás fenekén a beszúró-kés csúcsgugara ne hagyjon nyomot ($a > B - 2 \cdot RC$);
- fogásvételek száma (i)

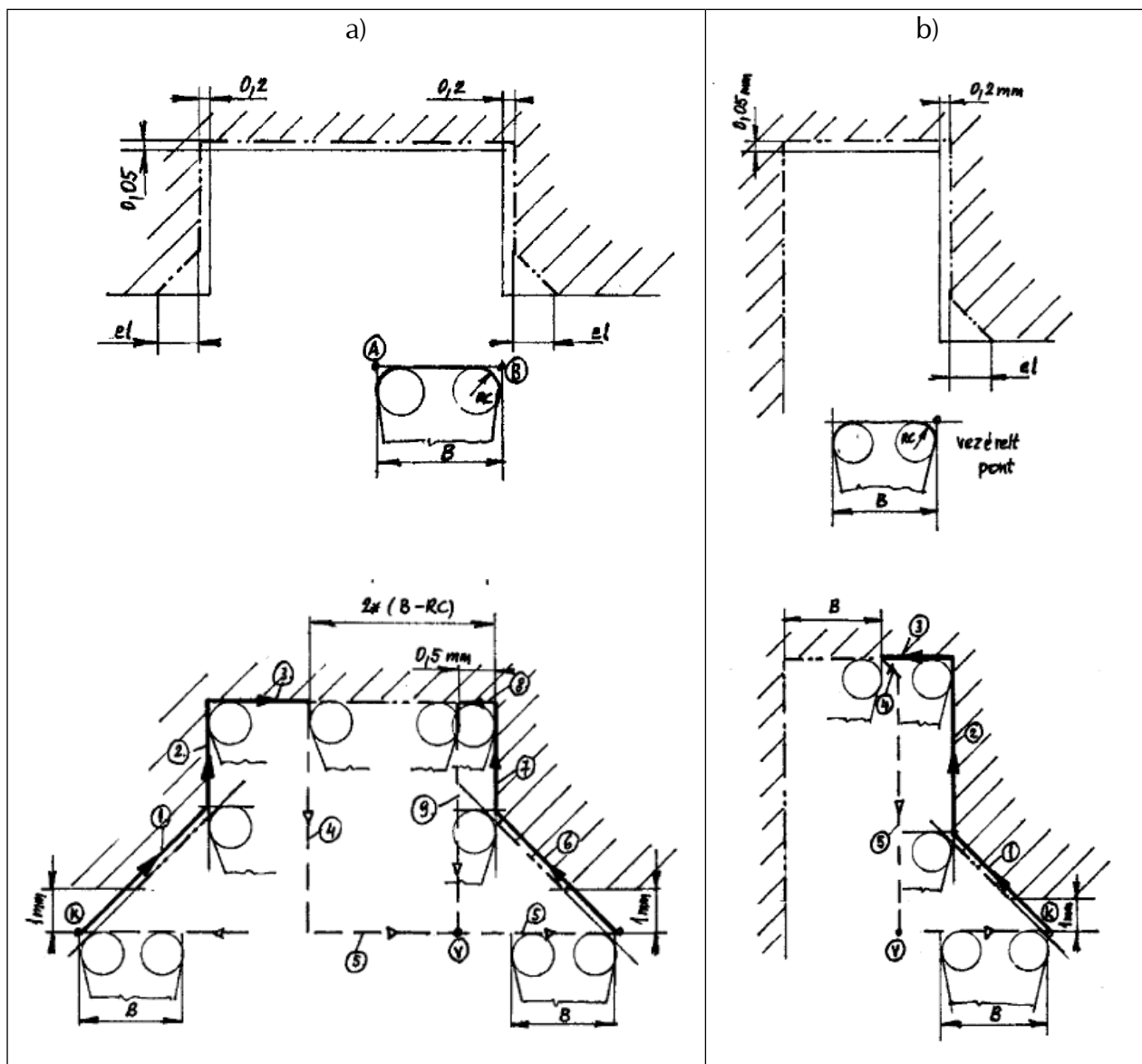
$$i = \text{integer} \left(\frac{(b-B)}{(B-2 \cdot RC)} \right) + 1$$
 ahol: b - beszúrás szélessége;
 B - beszúró-kés szélessége;
 RC - beszúró-kés csúcsgugara;
- fogásmélység
 - első fogásnál: $a_1 = b$

- a további fogásoknál: $a_2 = a_3 = \dots = a_i = (b-B) / i$
- az utolsó forgácsoló elmozdulásnál változik a korrekció és a szerszám vezérelt pontjának (V) helyzete:
 - korrekció-váltás szükséges;
 - a szerszám vezérelt pontja beszúró-kés „másik” sarokpontja (V') lesz.

3.2.4.2. ÖSSZETETT BESZÚRÁSI MŰVELETELEMEK MOZGÁSCIKLUSAI

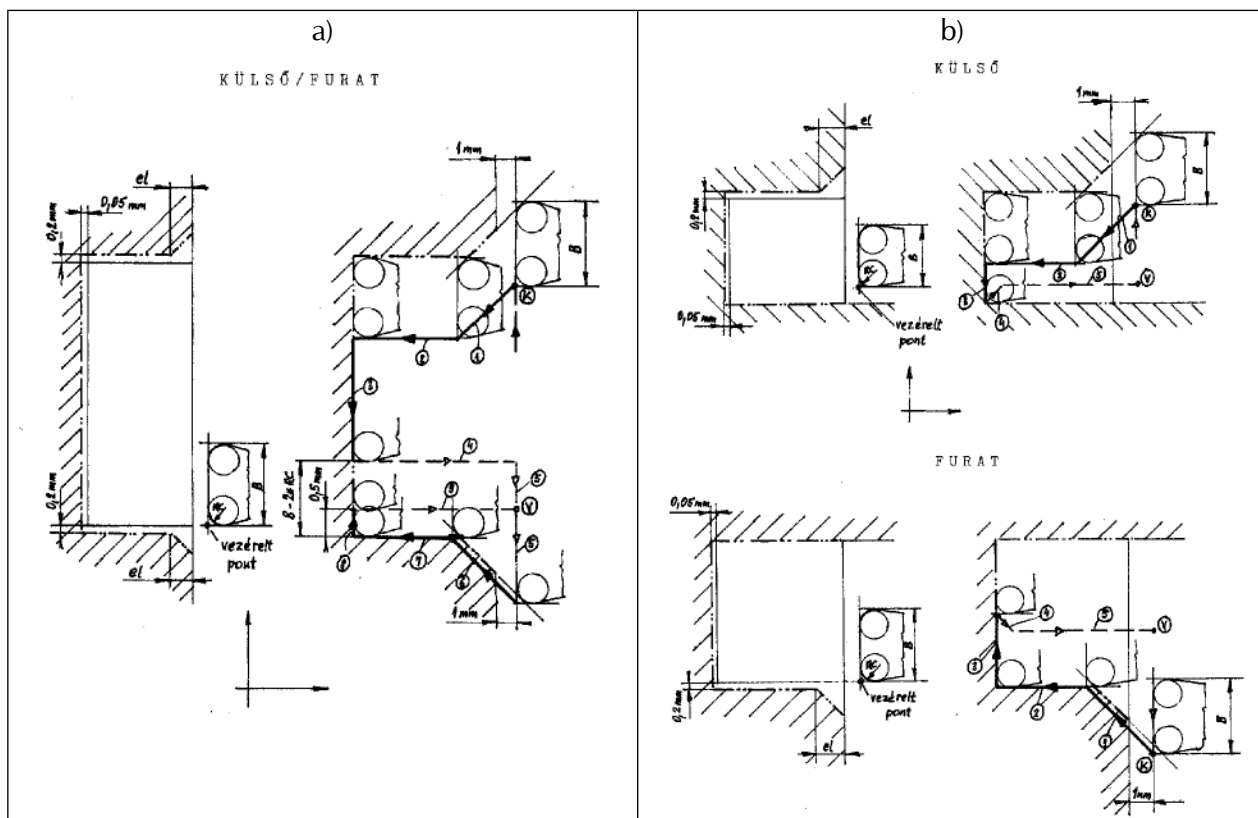
Az **összetett beszúrások** alakilag a széles beszúrásokhoz hasonlítanak, azzal a különbséggel, hogy élletöréssel ($el < B$) is rendelkezhetnek (3.20. és 3.21. ábra). **Előállításuk menete:**

- A **beszúrások nagyolása** a széles beszúrások feldolgozása szerint történik. Méretei a 3.20. és 3.21. ábrán látható simítási ráhagyások (táblázatos értékek) figyelembe vételével határozhatók meg.
- **Nem sarokban levő beszúrások simításához** szükséges mozgások (3.20a. és 3.21a. ábra):
 - a szerszám vezérelt pontjával (A) ráállás az élletörés kezdőpontjára (K) gyorsmenettel;
 - élletörés simítása (1) előtolással;
 - beszúrás oldalának simítása (2) előtolással;
 - beszúrás fenekének simítása (3) a váltási pontig előtolással;
 - kiállás (4) a második élletöréshez gyorsmenettel;
 - ráállás (5) a második élletörés kezdőpontjára gyorsmenettel;
 - élletörés simítása (6) előtolással;
 - beszúrás másik oldalának simítása (7) előtolással;
 - elállás a sarokból (8) előtolással;
 - kiállás (9) a beszúrásból (V) gyorsmenettel.
- A 4. elmozdulás után **korrekció váltás** van és megváltozik a szerszám vezérelt pontja:



3.20. ábra. Összetett külső keresztbeszúrások mozgásciklusai:
a) szimmetrikus élettöréssel; b) sarokban levő beszúrás élettöréssel

- vezérelt pont (A) az 1.÷4. elmozdulásokhoz;
- vezérelt pont (B) az 5.÷9. elmozdulásokhoz;
- sarokban levő beszúrások simításához szükséges mozgások (3.20b. és 3.21b. ábra):
 - a szerszám vezérelt pontjával (B) ráállás az élettörés kezdőpontjára (K) gyorsmenettel;
 - élettörés simítása (1) előtolással;
 - beszúrás oldalának simítása (2) előtolással;
 - beszúrás fenekének simítása (3) a váltási pontig előtolással;
 - elállás a sarokból (4) gyorsmenettel;
 - kiállás (5) a beszúrásból (V) gyorsmenettel.

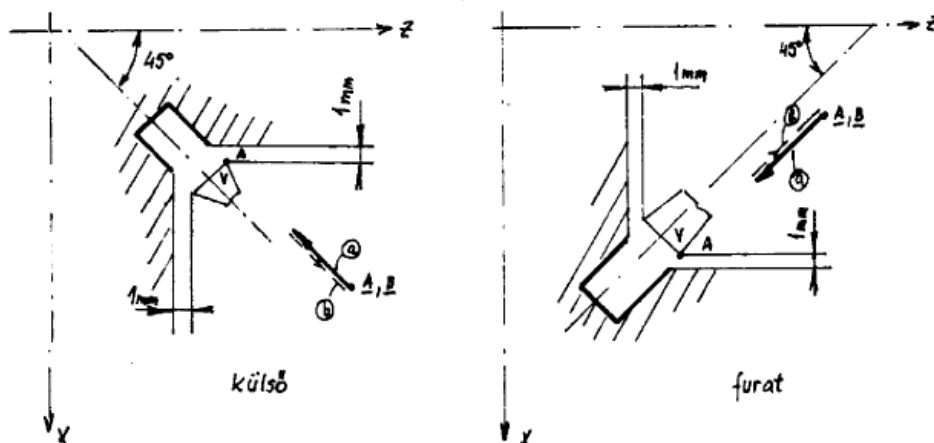


3.21. ábra. Összetett hosszbeszúrások mozgásciklusai:
a) szimmetrikus élettöréssel; b) sarokban levő besúzás élettöréssel

3.2.4.3. ALÁSZÚRÁSI MŰVELETELEMEK MOZGÁSCIKLUSAI

A szerszám az alásúzás keresztmetszetének (3.22. ábra) megfelelő alakos kivitelű. Az alásúzási műveletelemek mozgásciklusai tervezése során az alábbi körülményekre kell figyelni:

- ha előírt az alásúzás helye (Z), akkor ott és nem a főelemek metszéspontjában kell az alásúrást kialakítani;
- ha előírt az alásúzás hajlásszöge (alfa), egyébként $\alpha = 45^\circ$ alatt kell az alásúrást végrehajtani;
- az alásúzás kezdőpontja a sarokpont előtt egy biztonsági távolságra (táblázatos érték) van;
- az alásúzás végpontja a sarokpont mögött az adott hajlásszögű egyenesen „m” mélységben van.



3.22. ábra. Külső és belső alásúzás mozgásciklusa

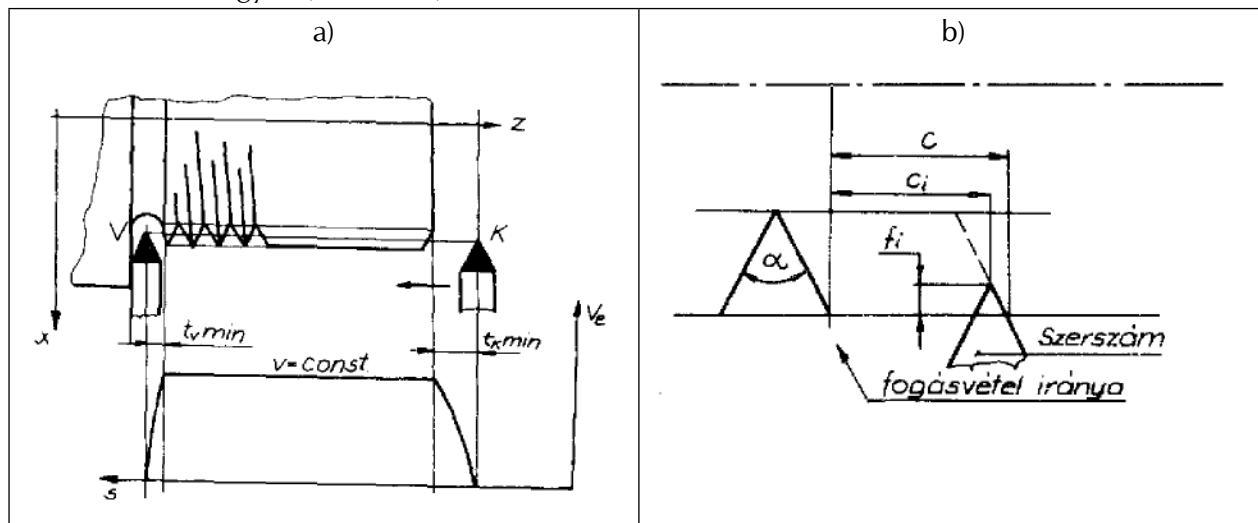
Az **alászúrási műveletelemek mozgásciklusa** az alábbi mozgásokból áll (3.22. ábra):

- Forgácsoló mozgás a kezdőpontból a végpontba előtolással. A mozgás külső műveletelemnél csökkenő átmérő és Z irányba, míg belső műveletelemnél növekvő átmérő és csökkenő Z irányba történik.
- Kiemelés a kezdőpontba a forgácsoló mozgással ellentétes irányban, gyorsmenettel kerül végrehajtásra.

3.2.5. MENETESZTERGÁLÁS MOZGÁSCIKLUSAI

Feladat az állandó menetemelkedésű metrikus-, Whithworth-, lapos-, trapéz- és speciális-, továbbá jobbos-balos-, egy és több bekezdéses kivitelben, valamint külső és/vagy belső hengerpalást-, homlok- és kúpfelületeken elhelyezkedő menetek előállításához szükséges mozgáspályák tervezése. A menetesztergáláshoz az úgynevezett egyszerű lapkás kések használhatók. A teljes menetprofilt kialakító lapkák a profil csúcsának lekerekítését is előállítják és biztosítják a menetprofil pontos mélységét.

A **menetvágás programozásánál meg kell határozni** a menetvágás kezdő (K) ill. végpontját (V). A kezdő és végpont helyzetét, úgy kell megválasztani, hogy a szán előtolási sebessége a menet teljes hosszán állandó legyen (3.23. ábra).



3.23. ábra. Menetvágás
a) kezdő- és végpontjának értelmezése;
b) fogásvétel értelmezése

A kezdőpont (K) és a menet kezdete között kell a szánnak „0” sebességről az előírt értékre felgyorsítani. A menet vége (V) és a végpont (TF – túlfutási távolság) között csökken állandó sebességről „0”-ra az előtolás.

A **menet elkészítésének gép-vezérlés oldali feltétele:**

$$n \cdot p < v_{SZÁN, MAX} < RF \cdot K_{GÉP} \quad \text{összefüggésből RF-t kifejezve:} \\ RF > n \cdot p / K_{GÉP}$$

ahol:

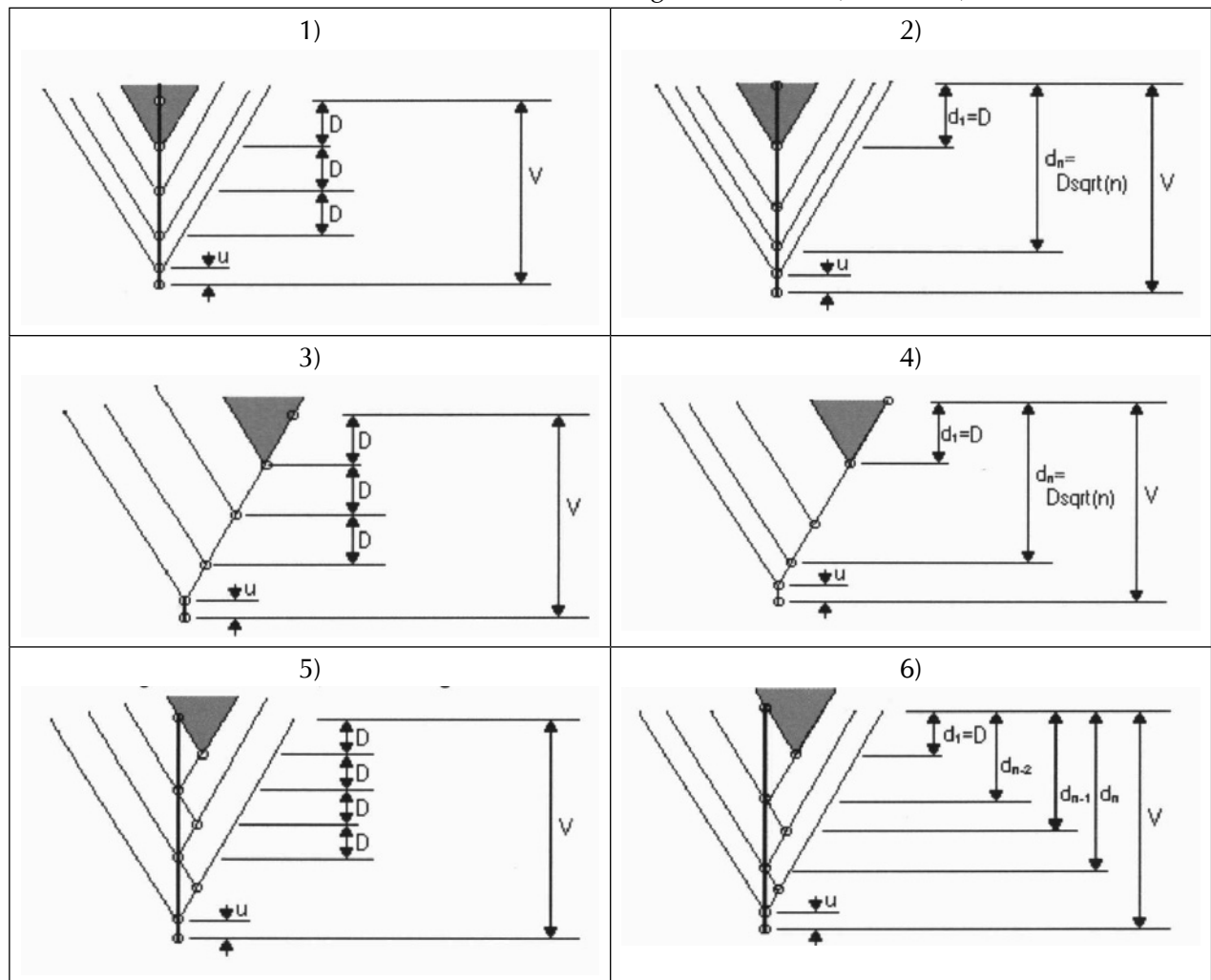
- n – fordulatszám (a $v_c = D \pi n / 1000$ összefüggésből meghatározva) ford/perc;
- v_c – forgácsolási sebesség m/perc;
- D – menetátmérő mm;
- p – menetemelkedés mm/ford;
- $v_{SZÁN, MAX}$ – programozható szán sebesség mm/perc;
- RF – ráfutási távolság;
- $K_{GÉP}$ – a gyártó cég által meghatározott menetvágási gépállandó 1/perc.

A CAPP rendszerekben alkalmazható menettípusok:

- metrikus normál és finom menetek (MEM);
- Whitworth menetek;
- lapos- és trapézmenetek (ciklusműveletként);
- speciális menetek

Fogásvétel módja és mértéke

A fogásvétel módját a fogásvétel iránya (alfa) és mértéke (d_{xi} , d_{zi}) határozza meg, s így pl. metrikus és Whitworth meneteknél az alábbi eseteket célszerű megkülönböztetni (3.24. ábra):



3.24. ábra. Fogásvételi módok és mértéke

- **fogásvétel a hordozó felületre merőleges irányban** (a menetvágás kezdőpont axiális irányban nem változik $d_{zi}=0$):
 - állandó fogásmélységgel ($d_{xi}= \text{const.}$);
 - állandó forgáskeresztmetszettel (fogásmélység csökkenő $d_{xi}>d_{xi+1}$);
- **fogásvétel a menetprofil-, vagy a módosított menetprofil mentén:**
 - jobb oldali menetprofil mentén (a), állandó fogásmélységgel ($d_{xi}= \text{const.}$), vagy állandó forgáskeresztmetszettel;
 - bal oldali menetprofil mentén (a), állandó fogásmélységgel ($d_{xi}= \text{const.}$), vagy állandó forgáskeresztmetszettel;
- **fogásvétel mindkét menetprofil mentén (a) felváltva (lépegető)**, állandó fogásmélységgel ($d_{xi}= \text{const.}$), vagy állandó forgáskeresztmetszettel (ciklusműveletként);

- **kombinált fogásvétellel**

- nagyolás során a menetprofil-mélység 80%-át a menetprofil menti, állandó fogásmélységgel állítják elő;
- simítást a hordozó felületre merőleges fogásvétellel, állandó fogásmélységgel alakítják ki. Az utolsó simító fogásnál a szerszám teljes menetmélységben van, így az azt követő tisztító fogásnál (fogásoknál), ahol fogásvétel nincs, megvalósul a menetprofil szabályozása (kalibrálása).

Fogásvétel mértéke

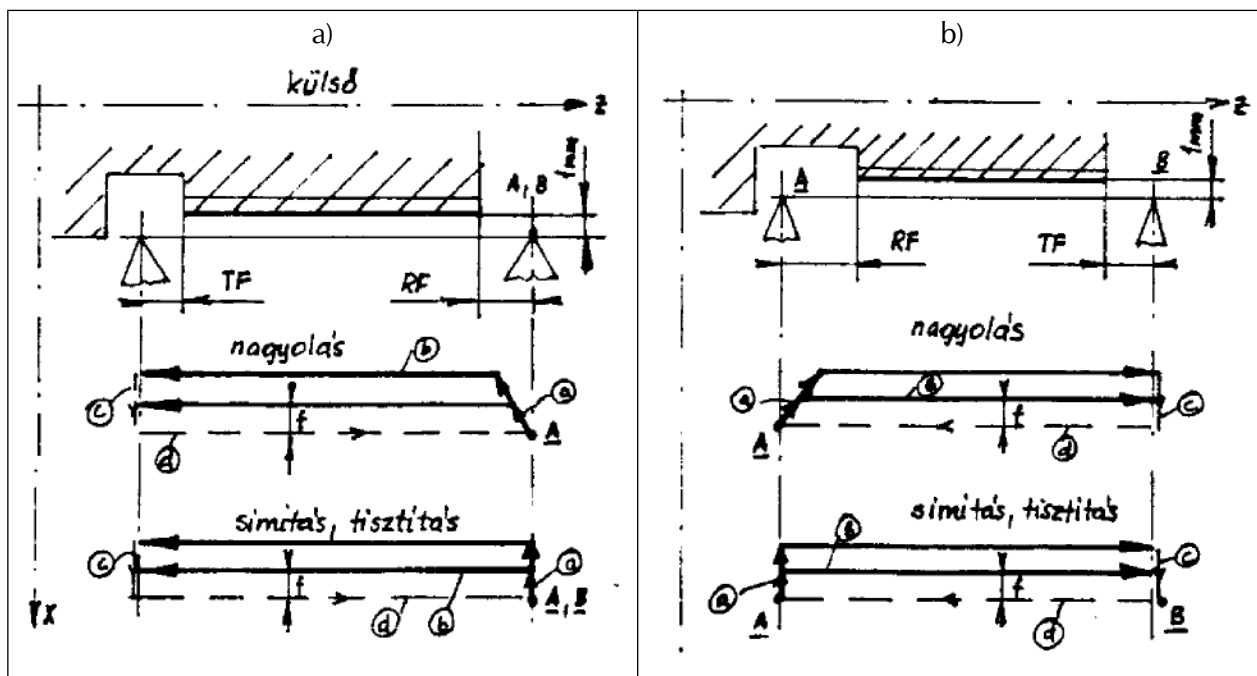
A fogásvétel mértékét (a fogásvételi mozgás komponenseit) a menetprofil mélysége, a fogásvételek száma és iránya határozza meg, az alábbiak szerint:

- A **menetprofil mélysége** a menettípus és menetemelkedés alapján állapítható meg.
- A **fogásvételek száma (n)** a szerszámgyártók által közölt táblázatokból vehető, a menettípustól és menetemelkedéstől függően (pl. SANDVIK cég ajánlása metrikus külső menethez 0.5 mm-es menetemelkedéshez 4 fogást, míg 6 mm-es menetemelkedéshez 16 fogást ajánl). Az utolsó fogást, csökkentett fogásmélység mellett simítófogásként, minden esetben radiális fogásvétel mellett tanácsolják végrehajtani.
- A **fogásmélység** meghatározása:
 - állandó fogásmélység esetén
 - nagyoláshoz d_{an}
 $d_{an1} = d_{an2} = \dots = d_{an(n-1)} = (a - d_{as}) / (n - 1)$
 - simításhoz d_{as}
 - csökkenő fogásmélység (állandó forgácskeresztmetszet) esetén irányban (d_{api})
 $d_{api} = a \cdot f_i^{0.5} / (n - i)^{0.5}$
 ahol: d_{api} – aktuális (i) radiális fogásvétel (fogásmélység);
 i - aktuális (i) radiális fogásvétel sorszáma;
 a_p - a menetprofil mélysége (pl. metrikus menethoz $a_p = 3^{0.5} \cdot P/2$)
 n - fogások száma (a menet típusától és menetemelkedéstől (P) függő táblázatos adat);
 f_i - korrekciós tényező (1. fogásnál $f_i = 0.3$, 2. és további fogásoknál $f_i = i - 1$)
- A **fogásvételi mozgások komponensei** (d_{zi} , d_{xi}):
 - radiális fogásvételnél a menetvágás kezdőpontja és a ráfutási távolság (RF) axiális irányban nem változik $d_{zi} = 0$,
 - fogásvétel a menetprofil-, vagy a módosított menetprofil mentén:
 - radiális irányban (d_{api});
 - axiális irányban (d_{zi})
 $RF = RF - d_i \cdot \tan(a/2)$

A mozgásciklus elmozdulásai kombinált fogásvétel esetén (3.25 és 3.26. ábra):

- a fogásvétel - iránya palástmenetnél a mozgásciklus típusától függően a menetprofillal párhuzamos, vagy a hordozófelületre merőleges, homlokmenetnél Z irányú (csökkenő);
- a forgácsolás - iránya jobbos palástmenetnél csökkenő (főorsó felé), vagy balos menetnél növekvő (főorsótól távolodó) Z irányú, külső homlokmenetnél a nagyobb átmérőről a kisebb, furatos homlokmenetnél a kisebb átmérőről a nagyobb felé;
- a kiemelés- a hordozó felületre merőleges, a fogásvétellel ellentétes irányú;
- beállítás fogáshoz vagy új bekezdéshez - a forgácsoló elmozdulással ellentétes irányú.

Az új bekezdéshez vagy fogáshoz való beállítás gyorsmenettel, a többi elmozdulás a menetemelkedéssel, azonos előtolással történik. A forgácsoló elmozdulás kezdő és végpontjának előtolás irányú helyzetét a menet geometriai kezdő és végpontjához képest a processzor futtatása során megadandó ráfutás és túlfutás, ill. a forgácsoló elmozdulás iránya határozza meg.



3.25. ábra. Nagyolt és simított palástmenet mozgásciklusa állandó fogásmélységgel:

- a) egy bekezdésű, jobbmenetes kivitelben;
b) egy bekezdésű, balmenetes kivitelben.

A teljes mozgásciklus alatt az első bekezdés első fogásvételi elmozdulásával kezdődő, és az utolsó bekezdés utolsófogásából történő kiemeléssel befejeződő szerszámelmozdulások összessége értendő. Palástmenetnél, ha a forgácsoló elmozdulás a főorsó felé (előre) történik, a szerszám egy plusz elmozdulással a menet szabad végére áll vissza.

Egy bekezdésen belül a forgácsoló elmozdulás kezdő és végpontjának előtolás irányú helyzete nem változik.

Több bekezdéses menetnél az új bekezdés kezdőpontja az előző bekezdés kezdőpontjától a menetemelkedés (p) és a bekezdések számának (BK) hányadosával megfelelő mértékben tér el, vagyis növeljük a ráfutási távolságot:

$$RT_i = RT + (i-1)p/BK$$

Az új bekezdésre való beállítás a fogáshoz állási elmozdulással történik, és a teljes mozgásciklus több részciklusból tevődik össze.

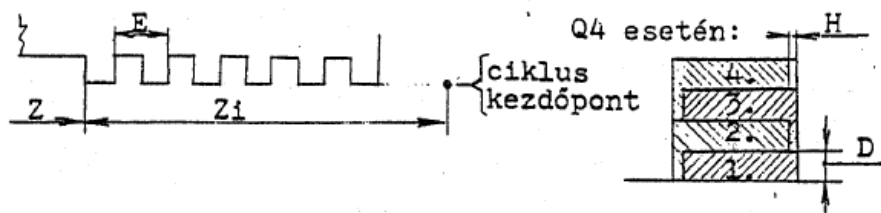
A mozgásciklusokat szemléltető ábrákon (amelyek csak egy bekezdésre vonatkoznak) használt jelölések:

- A - ciklus kezdőpontja;
- B - ciklus végpontja;
- RF - ráfutás;
- TF - túlfutás.

Menetesztergálás ciklusműveletei (HUNOR-721 vezérlés esetén):

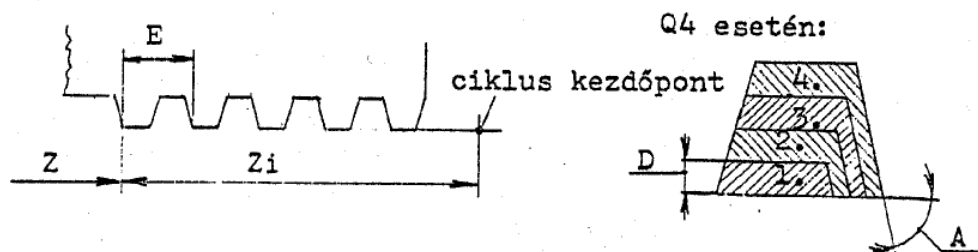
- Metrikus menet G80 (3.27. ábra)
- Withworth menet G81 (3.27. ábra)
 - Címlánc: Z Q E(A)
 - ahol: Z – menet végének Z értéke;
 - Q - fogások száma;
 - E(A) – menetemelkedés (előjeles szám + furatban és – paláston), vagy egy col-ra eső menetszám.

- Laposmenet G82 (3.28. ábra)
 - Címlánc: Z Q E D H
 - ahol: D – fogásmélység;
 - H – forgácsolás-technológiai jellemző.



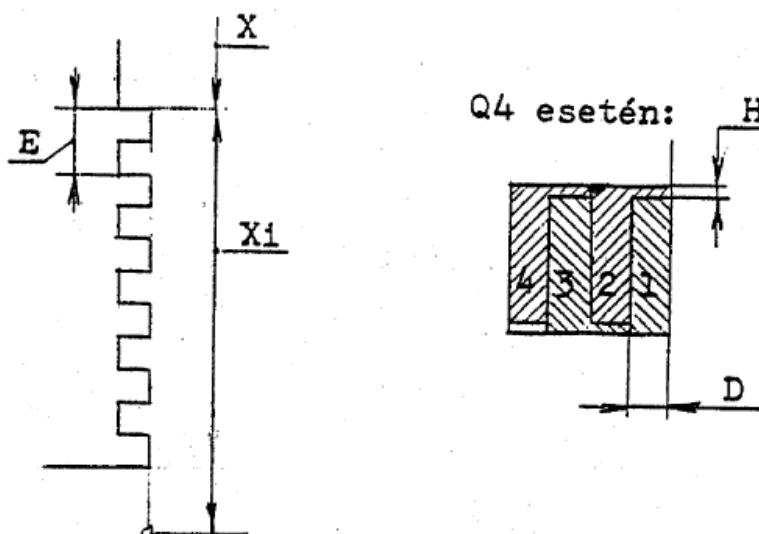
3.28. ábra. Lapos menet ciklisművelete

- Trapézmenet G83 (3.29. ábra)
 - Címlánc: Z Q E D A
 - ahol: A – menetprofil szöge.



3.29. ábra. Trapézmenet ciklisművelete

- Síkmenet G84 (3.30. ábra)
 - Címlánc: X Q E D H
 - ahol: X – menet végének X értéke

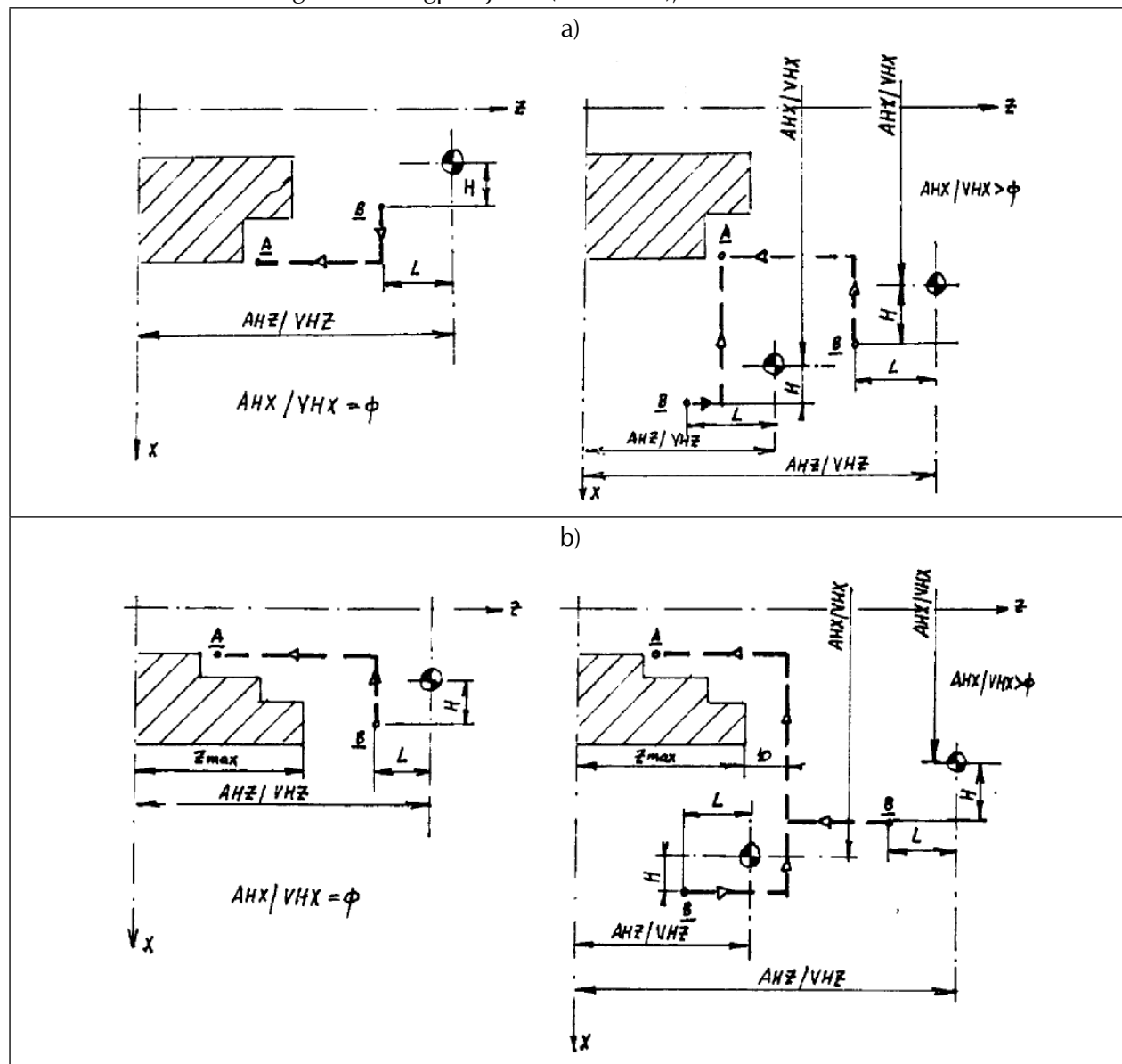


3.30. ábra Síkmenet ciklisművelete

3.2.6. ÜRESJÁRATI ELMOZDULÁSOK

Az **üresjárat elmozdulásokat tervező modul** - mint a bevezetésben már említettük - a különböző műveletelemek mozgásciklusainak összekapcsolását végzi, és az alábbi feladatok megoldásához szükséges mozgássorozatot tervezi meg:

- **A szerszám beállítása egy mozgásciklus kezdőpontjába:**
 - váltási vagy alaphelyzetből (3.31. ábra);
 - az előző mozgásciklus végpontjából (3.32. ábra);



3.31. ábra. Beállítás váltási vagy alaphelyzetből a mozgásciklus kezdőpontjába

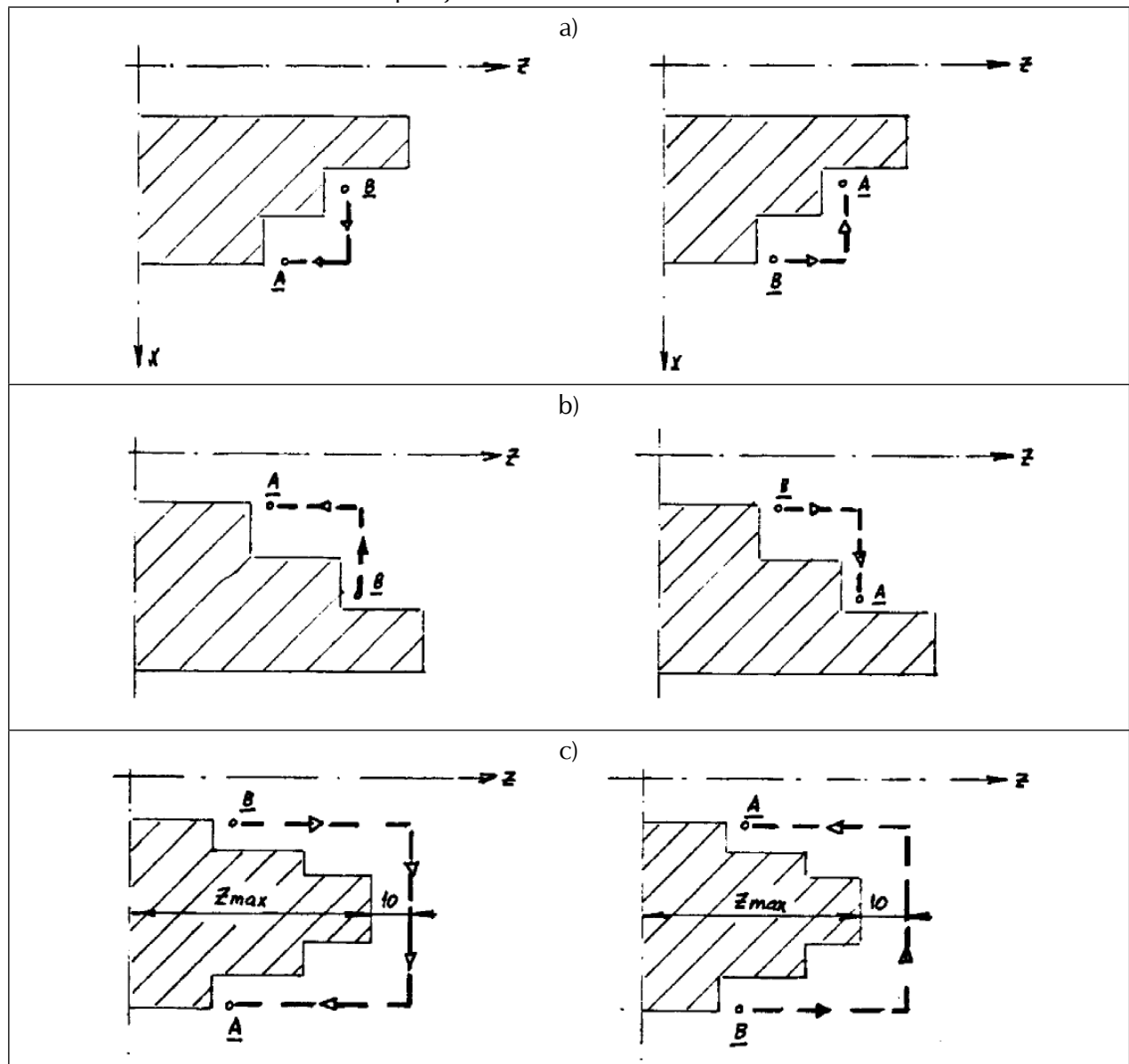
a) külső művelet;

b) belső művelet.

- **A szerszám beállítása váltási vagy alaphelyzetbe egy mozgásciklus végpontjából** (3.33. ábra)).

Az **üresjárat mozgástervező modult** ez az alprogram hívja meg, amely az aktuális művelet elem mozgásciklusát tervezi. Így az üresjárat mozgásokhoz rendelt fordulatszám azonos az aktuális művelet elem mozgás ciklusának első elmozdulásához rendelt fordulatszámmal, az elmozdulás, pedig gyors-

menettel kerül végrehajtásra. Az üresjárat elmozdulásokban szereplő koordináták az aktuális művelet-elemhez rendelt szerszám vezérelt pontjára vonatkoznak.

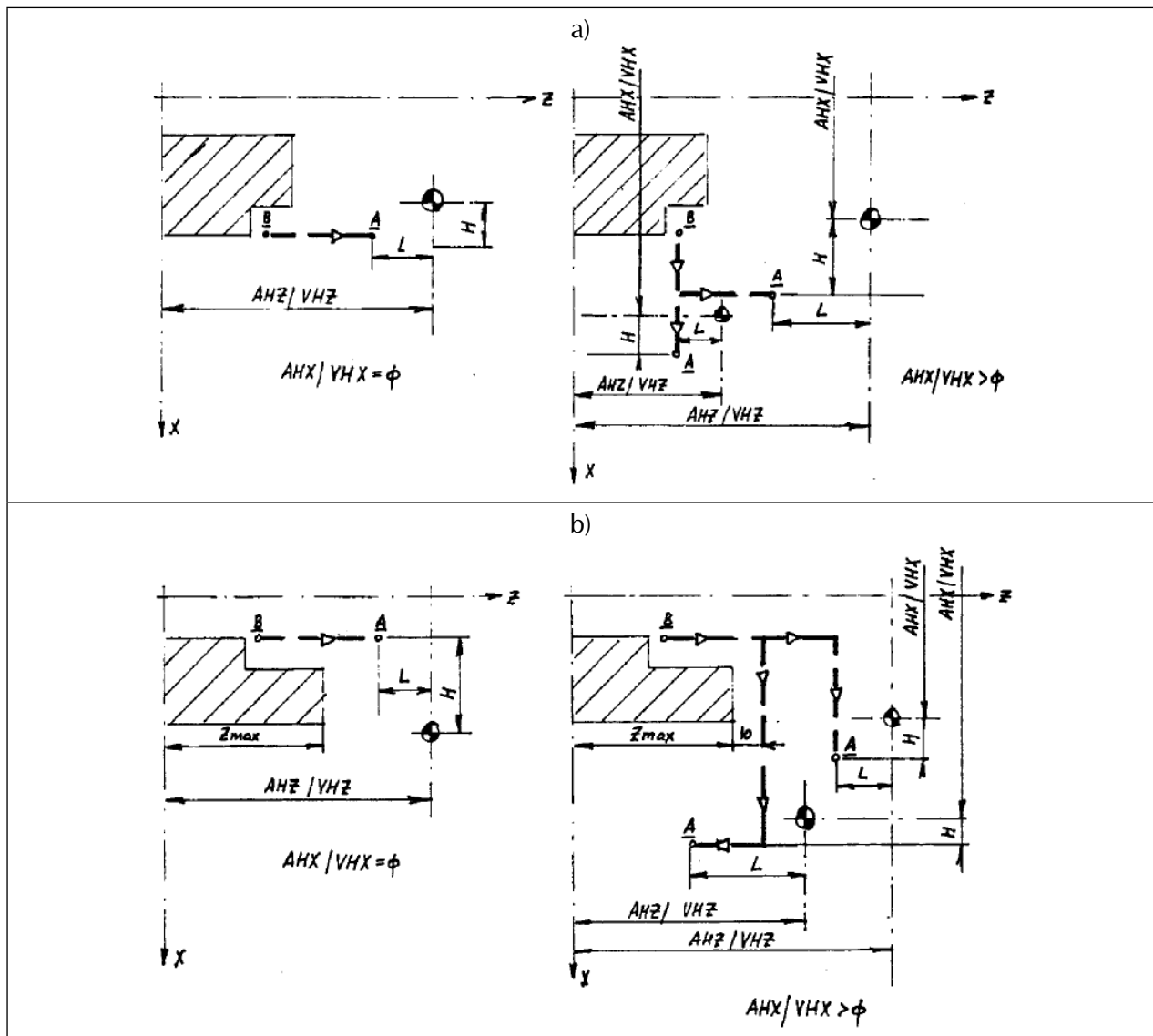


3.32. ábra. Üresjárat elmozdulás két művelet elem között

- a) mozgás külső felületeken;
- b) mozgás belső felületeken;
- c) mozgás külső és belső felületek között.

Az üresjárat elmozdulásokat szemléltető **ábrákon használt jelölések:**

- AHX - alaphelyzet átmérőben;
- AHZ - alaphelyzet Z irányban;
- VHX - váltási helyzet átmérőben;
- VHZ - váltási helyzet Z irányban;
- A - az aktuális szerszám vezérelt pontjának helyzete az üresjárat mozgások után;
- B - az aktuális szerszám vezérelt pontjának helyzete az üresjárat mozgások előtt;
- L,H - szerszámállandók;
- Z_{max} - alkatrész legnagyobb koordinátája;
- R - revolverfej vagy késtartó referenciapontja.



3.33. ábra. Váltási vagy alaphelyzetbe állás a mozgásciklus végpontjából
a) külső műveletelem;
b) belső műveletelem.

3.2.7. CIKLUSON KÍVÜLI ELMOZDULÁSOK

Cikluson kívüli szerszámelmozdulások a processzor futtatása során a műveletelemhez és a ráhagyási alakzathoz tartozó mozgásciklus megtervezése után adhatók meg (a számítógépi program csak ekkor kérdez rá), és csak simítási és beszúrási műveletelemeknél. A megadás párbeszédés formában történik.

A „Cikluson kívüli elmozdulás van?” kérdésre igenlő választ adva a program:

- kiírja a képernyőre az utolsó szerszámelmozdulás végpontjának koordinátáit;
- ezután bekéri a cikluson kívüli elmozdulás végpontjának koordinátáit;
- ezt követően megjelenik a képernyőn az érvényes fordulatszám, majd a kérdés: „Ez a fordulat megfelel?”
- „Nem” válasz esetén be kell adni egy fordulatszámot;
- amennyiben a mozgást nem gyorsmenettel kívánjuk végrehajtani, meg kell adni egy előtölést / mm / ford. - ban/;

- amennyiben a mozgás nem koordinátatengellyel párhuzamos, meg kell adni, hogy kúpon vagy köríven történik-e, és köríven való elmozdulásnál meg kell adni a sugarat is.

A beadott értékeket a program feldolgozza, majd a következő elmozdulásokra kérdez rá mindaddig, míg a „Van további elmozdulás?” kérdésre „Nem” választ adunk.

Cikluson kívüli elmozdulásoknál fokozottan ügyelni kell arra, hogy az utolsó elmozdulással olyan helyzetbe legyen a szerszám, amelyből az üresjáratú mozgásokkal ütközésmentesen beállítható legyen a következő mozgásciklus kezdőpontjába, vagy váltási-, ill. alaphelyzetbe.

3.3. SPECIÁLIS MOZGÁSCIKLUSOKAT IGÉNYLŐ ESZTERGÁLÁSI MŰVELETELEMEK TERVEZÉSE

A **speciális mozgásciklusokkal** előállítható esztergálási műveletelemek tervezését konkrét vállalati igények kielégítésére oldottuk meg. **E csoportba tartozó műveletelemek:**

- egy-három eltérő, nagyoló mozgásciklussal és szerszámmal állítható elő speciális bonyolult beszúrások;
- kontúrkövető és megosztott nagyolási alakzattal bíró műveletelemek.

3.3.1. BONYOLULT BESZÚRÁSOK

A speciális mozgásciklusokat igénylő **bonyolult beszúrások** (BB) megmunkálásának tervezése jelentős mértékben eltér a normál, az úgynevezett sarkos beszúrások kialakításához szükséges mozgásciklusoktól. A **legfontosabb eltérések** a következők:

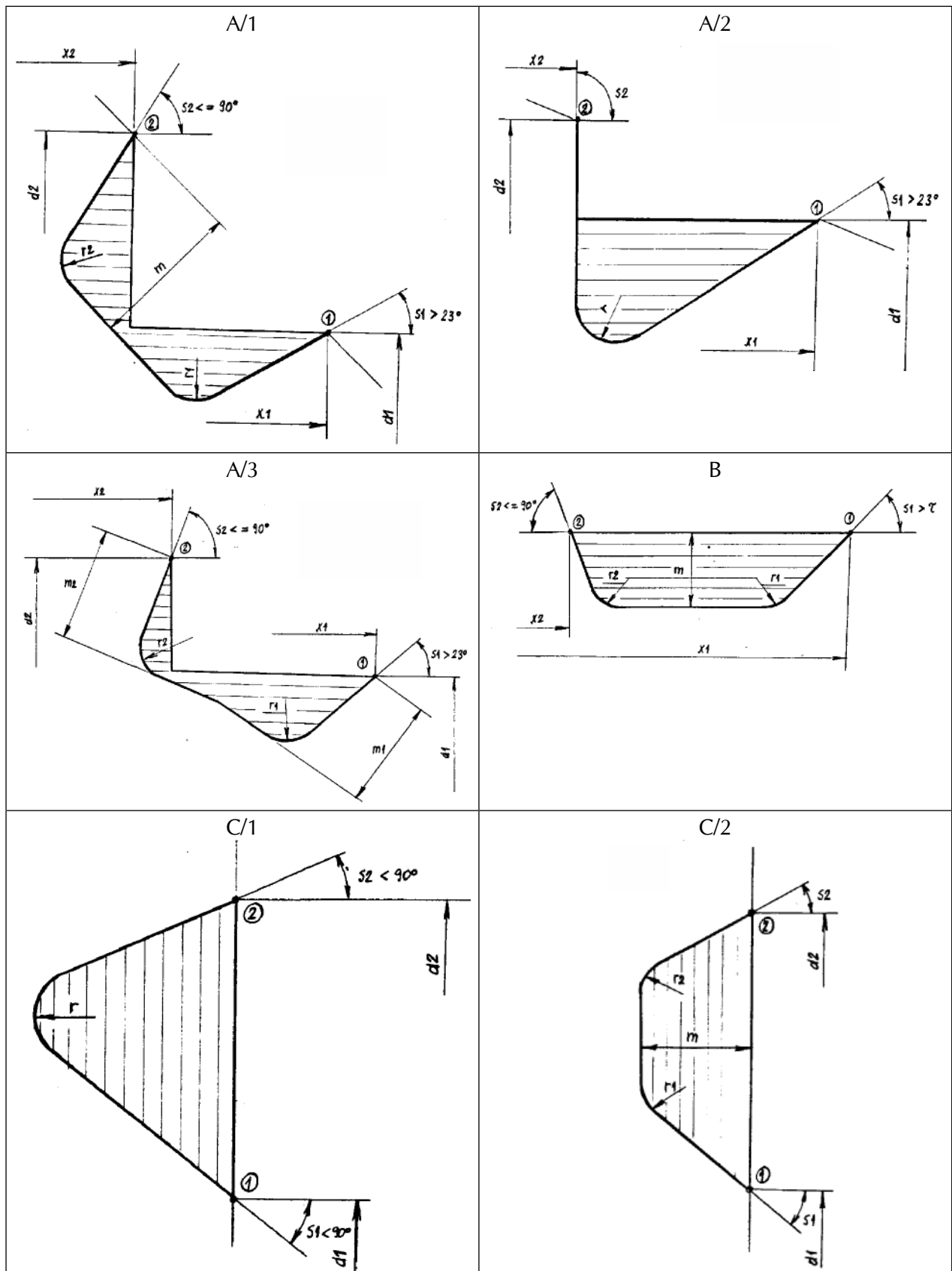
- A bonyolult beszúrások előállításához nem egy szögletes beszúró kést, hanem egy vagy több nagyoló esztergakést használunk.
- A bonyolult beszúrások geometriai leírása nem néhány fecture szerű paraméterrel (szélesség, mélység, letérés, stb.), hanem a beszúrás keresztmetszetét leíró nyitott kontúr geometriai felületelemeivel történik.
- A bonyolult beszúrások csak külső hordozó felületeken helyezkedhetnek el.
- A bonyolult beszúrásoknál a forgácsoló mozgás axiális és radiális irányú, de sohasem merőleges a beszúrást hordozó főelemre, továbbá a fogásvétel is előtolással hajtandó végre.
- A normál beszúrás mindig csak egy főelemen helyezkedik el, továbbá a beszúrás fekeke mindig a koordinátatengelyekkel párhuzamos, amíg a bonyolult beszúrásoknál a hordozó elemekkel (kúp esetén is).

A **bonyolult beszúrások megmunkálásának** tervezése az alábbi részfeladatok megoldását igényelte:

- a geometriai leírás kiterjesztése bonyolult beszúrásokra;
- a bonyolult beszúrások megmunkálásának tervezésére alkalmas műveletelemek választékának meghatározása és azok definiálása;
- a műveletelemekhez tartozó mozgásciklusok tervezése.

3.3.1.1. BONYOLULT BESZÚRÁSOK GEOMETRIAI LEÍRÁSA

A **bonyolult beszúrások geometriai alakzatát** a hordozó főelem (-ek) és a beszúrás keresztmetszetét leíró nyitott kontúr geometriai felületelemeinek jellege mennyisége határozza meg. A bonyolult beszúrások ráhagyási alakzatai a hordozó főelem szerint az alábbiak szerint csoportosíthatók (3.34. ábra):



3.34. ábra. Bonyolult beszúrások geometriai leírása és típusai

A) a hordozó főelem kúpfelület, esetei:

A/1) egy főelemmel;

A/2) lapos fenék nélküli bonyolult beszúrás;

A/3) két főelemmel.

B) a hordozó főelem hengerpalást felület.

C) a hordozó főelem homlokfelület, esetei:

C/1) lapos fenék nélküli bonyolult beszúrás;

C/2) a bonyolult beszúrás kezdőpontja nem esik a forgástengelyre;

C/3) a bonyolult beszúrás kezdőpontja a forgástengelyre esik.

A bonyolult beszúrások geometriai leírásának struktúrája:

A_{i+1} = a BBS azonosító sorszáma;

A_{i+2} = a BBS első segédeleme (pont, vagy egyenes egy jellemző értéke);

A_{i+3} = a BBS kezdőpontján (1) átmenő s1 hajlásszögű egyenes leírása,

A_{i+4} = a BBS első lekerekítése (r_1);

A_{i+j} = a BBS végpontján (2) átmenő s2 hajlásszögű egyenes leírása

A_{i+j+1} = a BBS utolsó segédeleme (pont, vagy egyenes egy jellemző értéke)

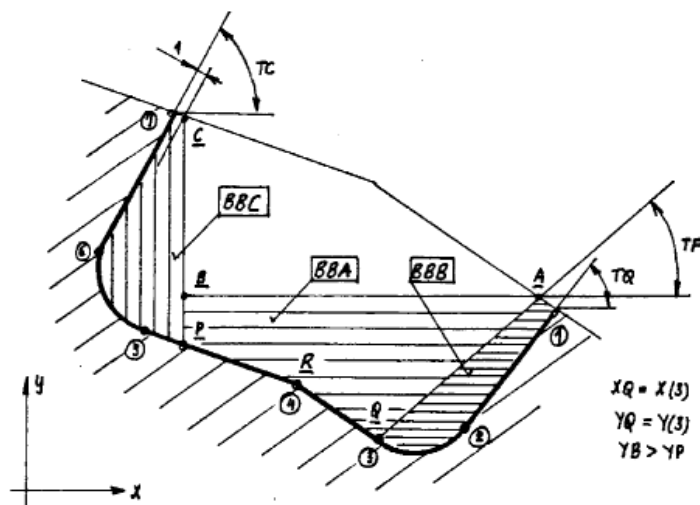
ahol: A_i – az alkatrészkontúr utolsó geometriai elemének azonosító sorszáma

A bemutatott struktúra szerint gyakorlatilag tetszőleges mennyiségű bonyolult beszúrás adható meg.

3.3.1.2. BONYOLULT BESZÚRÁSI MŰVELETELEMEK TÍPUSAI ÉS DEFINÍCIÓI

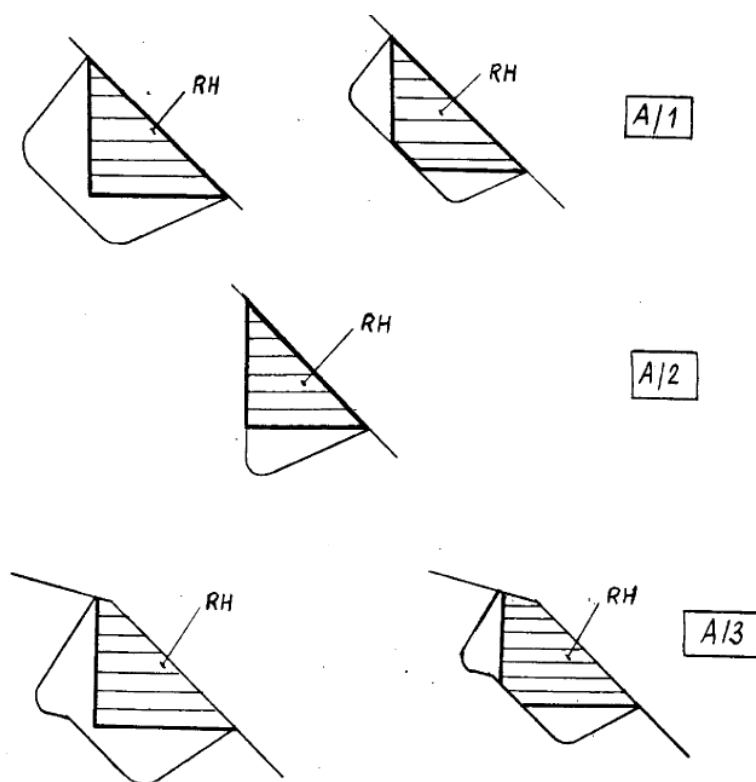
A bonyolult beszúrások ráhagyási alakzatai **az esetek többségében egy szerszámmal nem távolíthatók el**. A ráhagyási alakzat bontásának elve a műveletelemhez rendelt szerszám által leválasztható rész-ráhagyási alakzat meghatározása révén valósul meg. A bonyolult beszúrások generálható műveletelemei és azok végrehajtási sorrendje a ráhagyási alakzattól függően:

- **A típusú** (mindig bontandó) alakzatokhoz tartozó **műveletelemek** (pl. a 3.35. ábrán látható A/3 alakzat alapján):



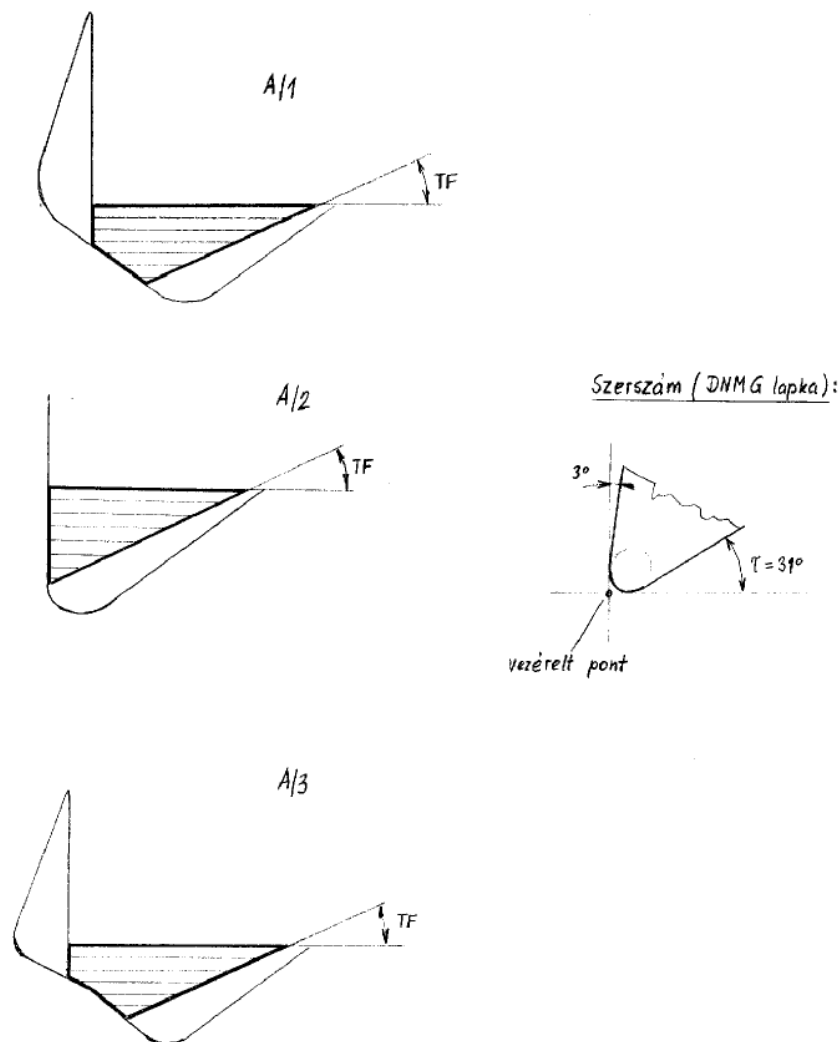
3.35. ábra. „A” alakzatú bonyolult beszúrási műveletelemek típusai

- BBE - bonyolult beszúrások előnagyolása (szerszám: nagyoló hosszesztergakés $\kappa \geq 90^\circ$). A BBE műveletelemekhez tartozó ráhagyási alakzatok lehetséges variációi (3.36. ábra). Előnagyolt előgyártmány esetén ezt a megmunkálási utasítást nem kell előírni.



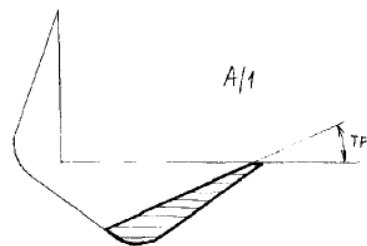
3.36. ábra. BBE műveletelemekhez tartozó ráhagyási alakzatok

- BBA - bonyolult beszúrások hossznagyolása (szerszám: DNMG lapkás nagyoló hosszesztergakés, balos, $\kappa=93^\circ$, $\tau=32^\circ$). A BBB műveletelemekhez tartozó ráhagyási alakzatok lehetséges variációi (3.37. ábra).

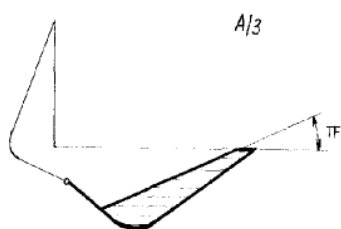
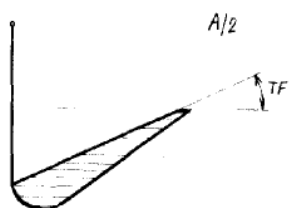
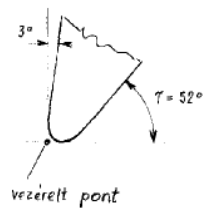


3.37. ábra. BBA műveletelemekhez tartozó ráhagyási alakzatok

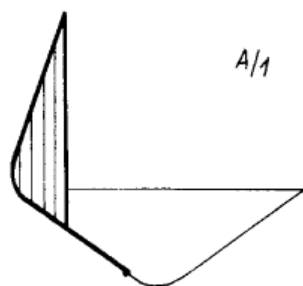
- BBB - bonyolult beszúrások hossznagyolása és simítása (szerszám: VBMM lapkás nagyoló hosszesztergakés, balos, $\kappa=93^\circ$, $\tau=52^\circ$). A BBB műveletelemekhez tartozó ráhagyási alakzatok lehetséges variációi (3.38. ábra).
- BBC - bonyolult beszúrások keresztnagyolása és simítása (szerszám: ISO2 forrasztott lapkás nagyoló esztergakés, balos, $\kappa=45^\circ$, $\tau=45^\circ$). A/2 alakzat esetén elmarad. A BBC műveletelemekhez tartozó ráhagyási alakzatok lehetséges variációi (3.39. ábra).



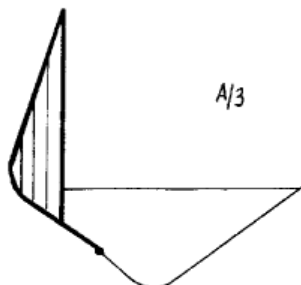
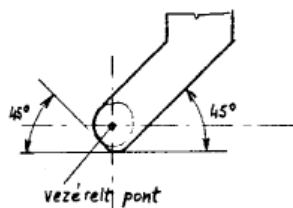
Szerszám (VBMM lapka):



3.38. ábra. BBB műveletelemekhez tartozó ráhagyási alakzatok

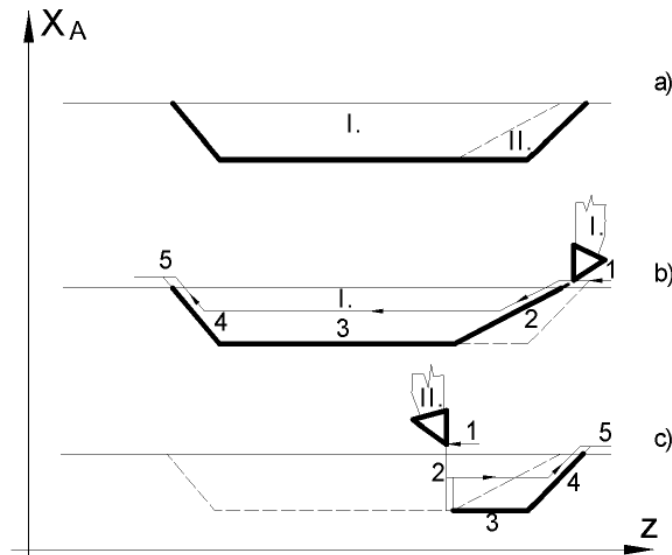


Szerszám:



3.39. ábra. BBC műveletelemekhez tartozó ráhagyási alakzatok

- **B típusú** (szükség szerint bontható) alakzat esetén (3.40. ábra):
 - BBLE – lapos bonyolult beszúrások hossznagyolása és simítása előre. A megmunkálhatóság feltétele: $\tau > TF + 2$; szerszám:
 - DNMG lapkás nagyoló hosszesztergakés, balos, $\kappa = 93^\circ$, $\tau = 32^\circ$, vagy
 - VBMM lapkás nagyoló hosszesztergakés, balos, $\kappa = 93^\circ$, $\tau = 52^\circ$;
 - BBLV – lapos bonyolult beszúrások hossznagyolása és simítása vissza. Ha nem teljesül a megmunkálhatóság feltétele: $t > TF + 2$; szerszám:
 - DNMG lapkás nagyoló hosszesztergakés, jobbos, $\kappa = 93^\circ$, $\tau = 32^\circ$, vagy
 - VBMM lapkás nagyoló hosszesztergakés, jobbos, $\kappa = 93^\circ$, $\tau = 52^\circ$;



3.40. ábra. „B” típusú beszúrási műveletelemek típusai:
 I - BBLE beszúrási hossznagyolása és simítása előre;
 II - BBLV beszúrási hossznagyolása és simítása vissza

- **C típusú** (nem bontható) alakzat esetén (8.32. ábra):
 - BBH – bonyolult beszúrások keresztnagyolása és simítása befelé (szerszám: ISO2 forrasztott lapkás nagyoló esztergakés, balos, $\kappa = 45^\circ$, $\tau = 45^\circ$).

A bonyolult beszúrásokra vonatkozó megmunkálási utasítások a normál beszúrásokhoz hasonló módon adandók meg, azaz:

- Egy adott típusú művelelemhez (pl. BBE) több bonyolult beszúrási alakzatot definiáló azonosító rendelhető (pl. a 3.36. ábrán látható beszúrásokhoz tartozó ráhagyási alakzatok előnagyolása esetén)

$M35 = BBE, \dots, A95, A105, A115, A125; A135$

Ez azt jelenti, hogy a BBE típusú művelet mind az öt beszúrási alakzaton (A95, A105, A115, A125, A135) végrehajtásra kerül, a megmunkálási utasításban rögzített sorrend szerint. A ráhagyási alakzatot a művelettervezés során határozzuk meg.
- Adott beszúrási alakzathoz (pl. A/1) rendelt műveletelemek típusát és sorrendjét a programozó technológus határozza meg (az alkatrészprogramban).
- Különböző műveletelemek esetén többször is hivatkozhatunk ugyanarra a beszúrási elemazonosítóra

$M35 = BBE, \dots, A95, A105, A115, A125; A135$

$M40 = BBA, \dots, A95, A105, A115, A125; A135$

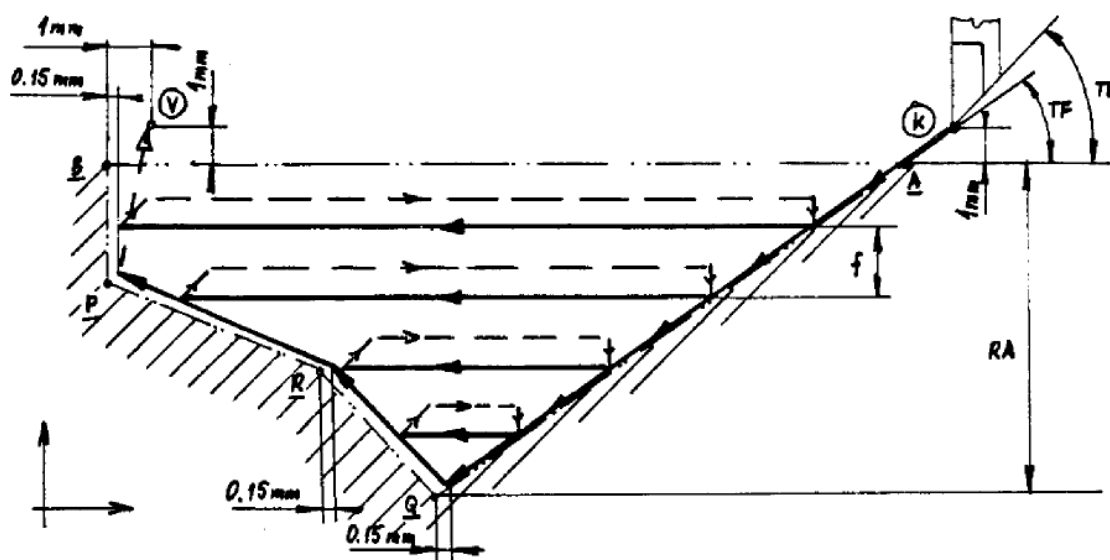
$M45 = BBB, \dots, A95, A105, A115, A125; A135$

3.3.1.3. BONYOLULT BESZÚRÁSOK MOZGÁSCIKLUSAI

Feladat az adott ráhagyással bíró műveletem előállításához szükséges szerszámelmozdulások összeállítása. A mozgásciklus jellegét alapvetően a műveletem típusa, valamint a műveletemhez rendelt ráhagyási alakzat bonyolultsága és geometriai méretei határozzák meg.

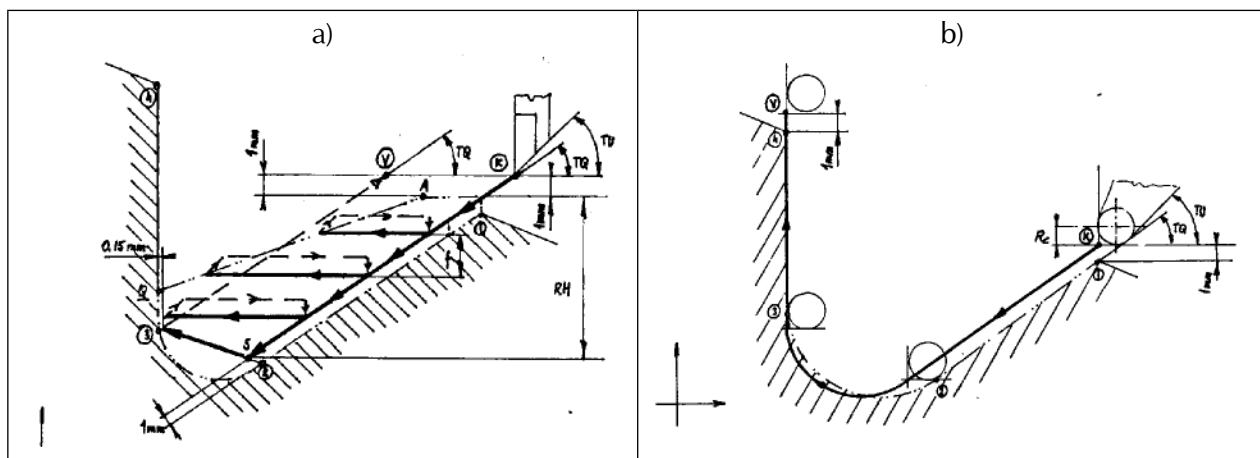
A **bonyolult beszúrásoknál a mozgásciklus** fenti általános definíciója az alábbi kiegészítésekkel érvényes:

- A bonyolult beszúrásoknál (3.35. ábra) egy beszúráshoz általában több műveletelemet lehet (kell) rendelni, az egyes műveletelemekhez (BBE, BBA, BBB, BBC) a teljes beszúrási alakzatból kialakított rész-ráhagyási alakzatok tartoznak.
- A BBE műveletelemet a rendszer alapkészletébe tartozó nagyoló hosszesztergáló (NH) művelet-elemmel állítható elő.
- Az összes többi műveletlem feldolgozását speciális alprogramok végzik.
- A BBA műveletlem csak nagyolási mozgásciklusból (3.41. ábra), míg az össze többi nagyolási és simítási mozgásciklusból tevődik össze. A mozgástervezés jellegzetességei:



3.41. ábra. BBA műveletelem nagyló mozgásciklusa

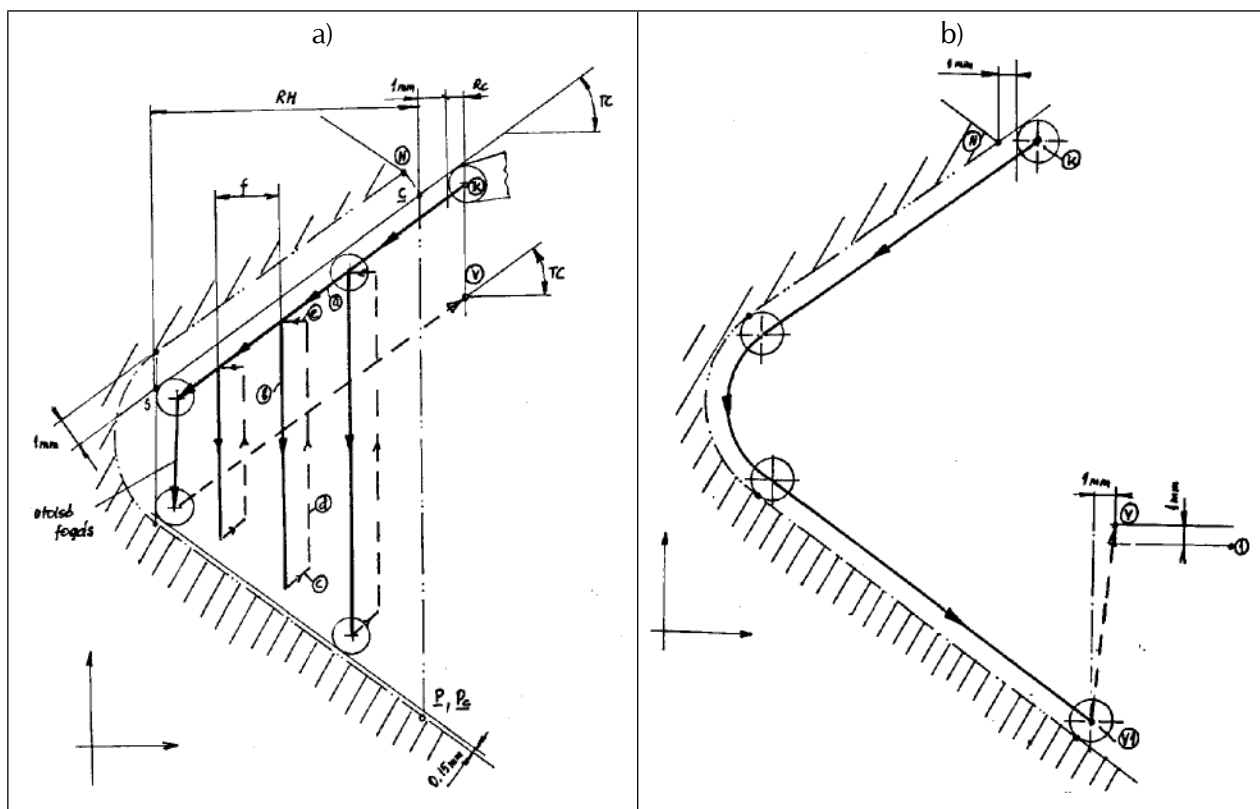
- a nagyolás során a lekerekítéseket kúppal helyettesítjük;
- a nagyolás és a simítás ugyanazon szerszámmal, egymást követően kerülnek végrehajtásra,
- a nagyolási ciklus végpontjából a simítás kezdőpontjába történő beállítás is része a mozgás-ciklusnak;
- a BBB (A/2 és A/3) és BBC (A/1 és A/3) műveletelemeknél a simítás végpontját a simítandó felület végpontja határozza meg (3.42. ábra);

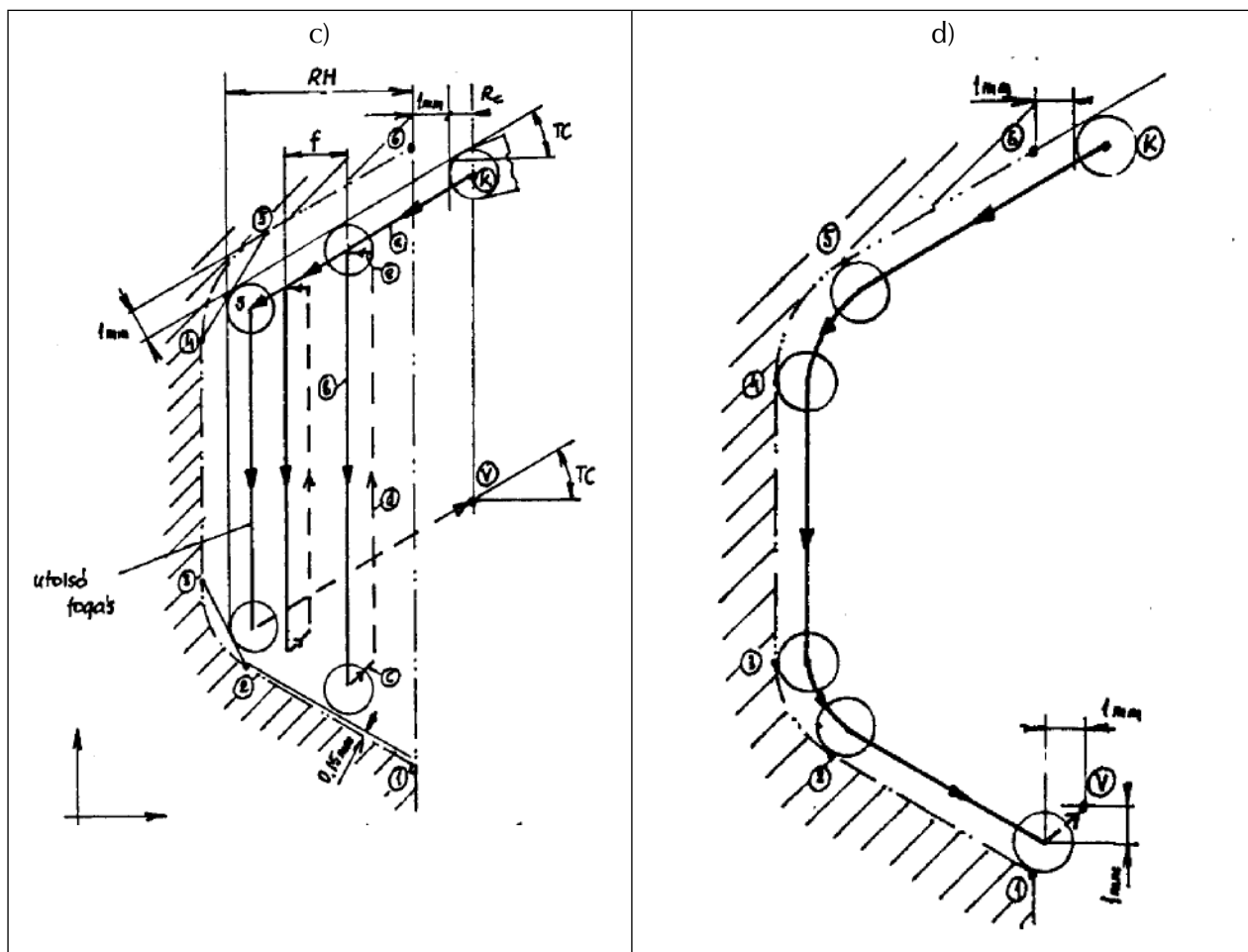


3.42. ábra. BBB művelet elem nagyoló (a) és simító (b) mozgásciklusa

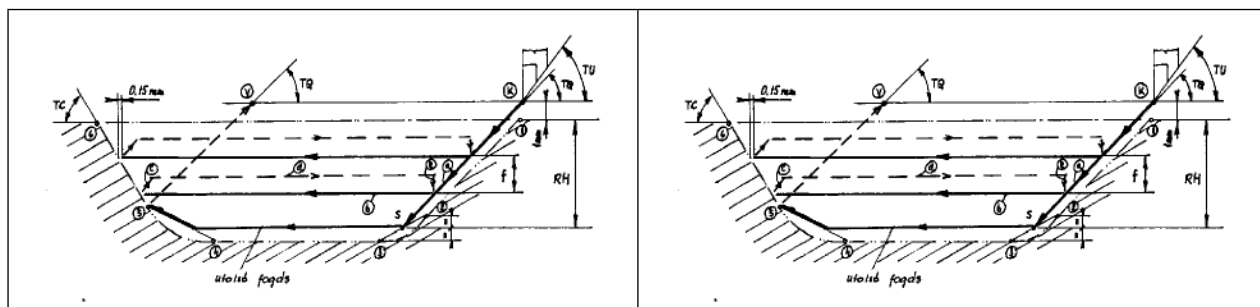
- A simítási szerszám elmozdulásoknál a szerszámpálya, a bemenő adatoknál előírt szerszám vezérelt pontjára vonatkoztatva határozandó meg a csúcssugárból adódó korrekció figyelembevételével. Ebből következik, hogy a posztprocesszorban utólagos csúcssugar korrekcióra nincs lehetőség.

A mozgásciklusok elvi működését bemutató ábrákon (3.41.÷3.44.) feltüntetett értékek (simítási ráhagyások, ráállások, túlfutások, stb.) mind táblázatos adatok.





3.43. ábra. BBC (a és b) BBH (c és d) művelet nagyló és simító mozgásciklusa



3.44. ábra. BBLE művelet nagyló és simító mozgásciklusa

Az ábrákon alkalmazott **jelölések értelmezése:**

- 1... N - a bonyolult beszúrás kontúrpointjai;
- A, B, C, Q, R, P, PA, PC - a bonyolult beszúrás jellemző pontjai;
- TQ - a beszúrás 1. pontjához tartozó szög;
- TC - a beszúrás N. pontjához tartozó szög;
- TF - a fogásvételi elmozdulás irányának szöge;
- TU - a szerszám mellékél elhelyezési szöge (T);
- Rc - a szerszám csúcsgara;
- RH - a művelettelhez tartozó ráhagyás mértéke;
- f - fogásmélység;
- a - fogásvétel;

- b - forgácsolás;
- c - kiemelés (45°-ban, irányonként 0.5 mm);
- d - fogáshoz állás;
- e - beállítás fogásvételhez;
- k - a mozgásciklus kezdőpontja;
- v - a mozgása ciklus végpontja;
- -- -- pont vonal- a ráhagyási alakzat kontúrja;
- teli vonal, nyíllal- előtolással történő (forgácsoló) szerszámelmozdulás;
- szaggatott vonal, nyíllal- gyorsmenettel történő szerszámelmozdulás.

Továbbiakban a bonyolult beszúrások mozgáspályáinak tervezését a jellegzetes beszúrási műveletelemek és azokhoz tartozó rész-ráhagyási alakzatok feldolgozására alkalmas mozgásciklusok példáin mutatjuk be:

- BBA műveletelem mozgásciklusa (3.41. ábra) a 3.37. ábrán látható alakzatokhoz;
- BBB műveletelem mozgásciklusa (3.42. ábra) a 3.38. ábrán látható alakzatokhoz;
- BBC műveletelem mozgásciklusa (3.43a. és 3.43b. ábra) a 3.39. ábrán látható alakzatokhoz;
- BBLE műveletelem mozgásciklusa (3.44. ábra);
- BBH műveletelem mozgásciklusa (3.43c. és 3.43d. ábra).

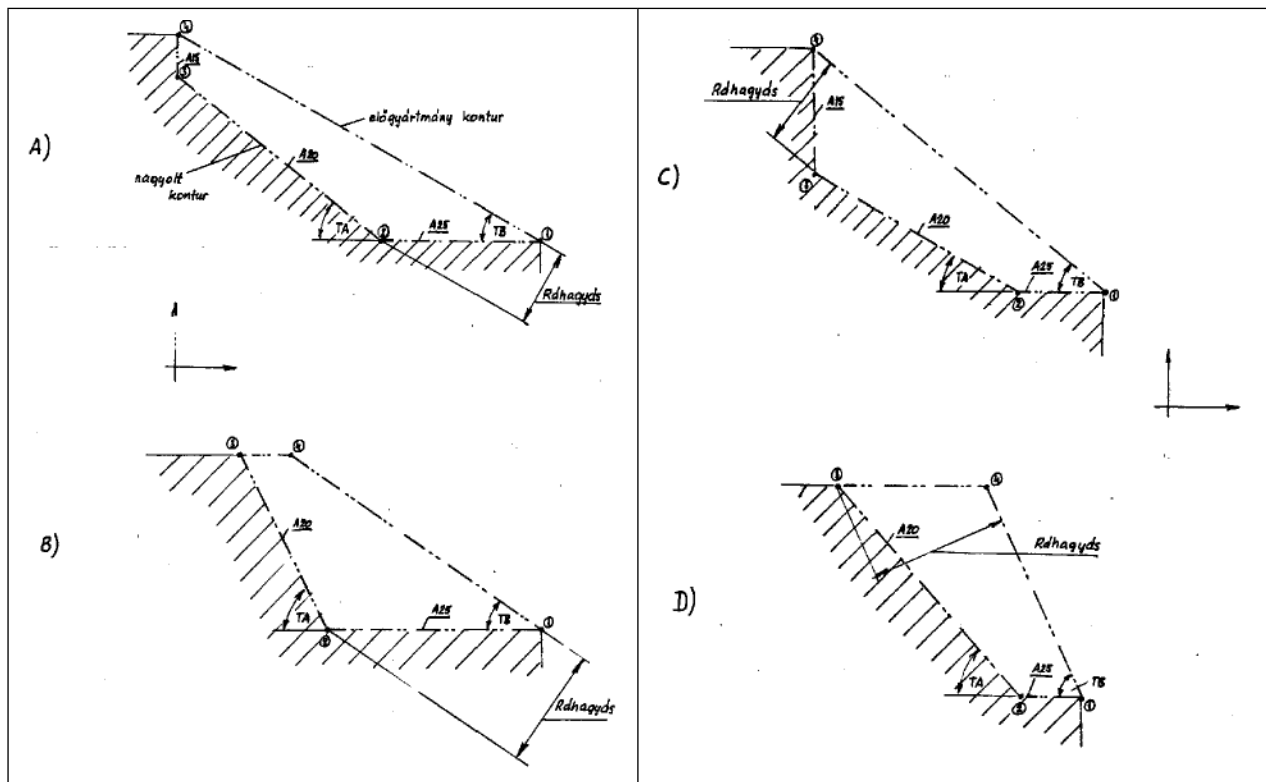
3.3.2. SPECIÁLIS KONTÚRKÖVETŐ NAGYOLÓ MŰVELETELEMEK

A **speciális kontúrkövető nagyoló** műveletelemekre az a jellemző, hogy a **kontúrkövető forgácsoló mozgás az előgyártmányon levő kúpfelülettel párhuzamos.**

A **speciális kontúrkövető nagyoló műveletelemek** körébe tartoznak:

- Kontúrkövető nagyoló műveletelemek „zárt” ráhagyási alakzattal:
„Zárt” ráhagyási alakzat esetén az alkatrész kúpfelületéhez mindkét oldalról úgy csatlakozik palást- vagy homlokfelület, hogy már a fogásvétel is csak forgácsoló mozgással történhet. A kontúrkövető nagyolás csak abban az esetben írható elő (külső műveletelemnél), ha a ráhagyási alakzat a 3.45. ábrán vázolt alakzatok valamelyikének felel meg.
A műveletelem előírására szolgáló megmunkálási utasítás:

M10=NHK,...,A25,A15



3.45. ábra. Kontúrkövető nagyoló műveletelemek „zárt” ráhagyási alakzattal

- Kontúrkövető nagyoló műveletelemek megosztott ráhagyási alakzattal:
Külső hossznagyoláshoz, a 3.46a. ábrán látható ráhagyási alakzat esetén lehetőség van a ráhagyási alakzat olyan jellegű megosztására, hogy
 - a ráhagyási alakzatra előírt megmunkálási utasítással először a ráhagyási alakzat „első” részét távolítjuk el az előírt szerszámmal ($\kappa < 90^\circ$) és az előgyártmány kontúrját követő mozgásciklussal (3.46b. ábra);
 - a ráhagyási alakzatra előírt következő megmunkálási utasítással a ráhagyási alakzat „második” részét távolítjuk el normál hosszszertergáló mozgásciklussal (NH).

A ráhagyási alakzatra érvényes kötöttségek:

- az 1. és 2. pont közötti felületelem (A25) hengerpalást legyen;
- az N-1. és N. pont közötti felületelem kúp legyen;
- a megosztási síkot (TA) az első megmunkálási utasításban előírt szerszám főél elhelyezési szöge (κ) határozza meg az alábbiak szerint $TA = \kappa - 2$;
- az N-1. ponton átmenő TA hajlásszögű egyenes és az A25 felületelem metszéspontja (Q) az 1. és 2. pont közé essen.

A műveletelemek előírására szolgáló megmunkálási utasítások megadása során az alábbi szabályokat kell betartani:

- A megosztandó műveletelemet két, egymást követő megmunkálási utasítással kell előírni, azok végrehajtási sorrendjében.
- Mindkét megmunkálási utasításhoz ugyanazon ráhagyási alakzatot kell hozzárendelni a felületelem azonosítókkal.

A műveletelem előírására szolgáló megmunkálási utasítások:

M10 = NHK, SZERSzer, ..., A25, A15

M11 = NHK, ..., A25, A15

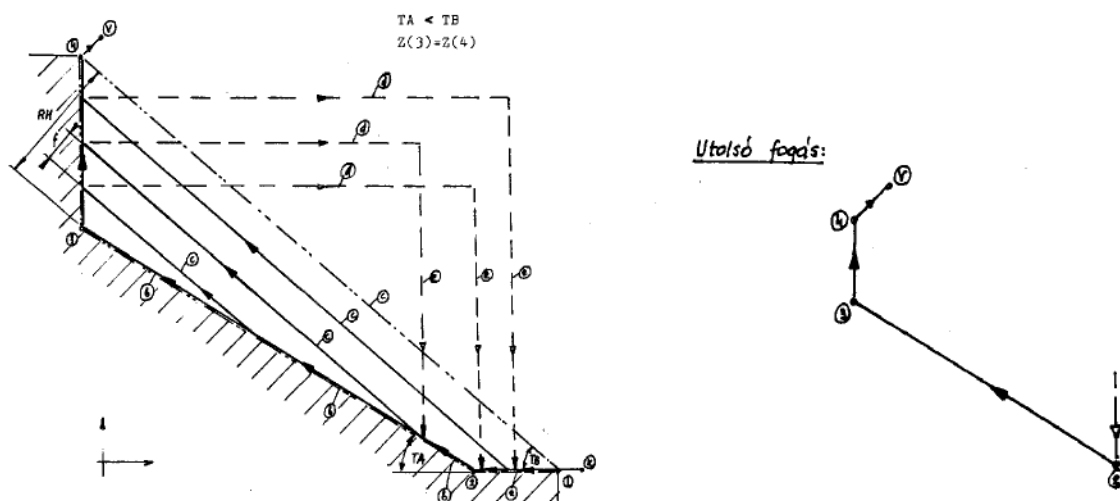
3.3.2.1. KONTÚRKÖVETŐ NAGYOLÓ MŰVELETELEMEK „ZÁRT” RÁHAGYÁSI ALAKZATTAL

A zárt ráhagyási alakzatú, kontúrkövető nagyoló műveletelemek jellegzetes esetei a 3.45. ábrán láthatók. Az ábrán látható jelölések értelemszerűen megegyeznek az eddig használt jelölésekkel, az alábbi eltérésekkel:

TA = nagyolt kontúron lévő kúpfelület hajlásszöge;

TB = előgyártmányon lévő kúpfelület hajlásszöge.

A kúpirányú forgácsoló mozgás közbeni fogásoknál az előgyártmány kontúriját, az utolsó fogásnál a nagyolt kontúrt követi (3.46. ábra). A fogáshoz állás (d elmozdulás) pozicionálással, azaz gyorsmenettel történik majd a felület előtt 1 mm-rel előtolással folytatódik az elmozdulás.

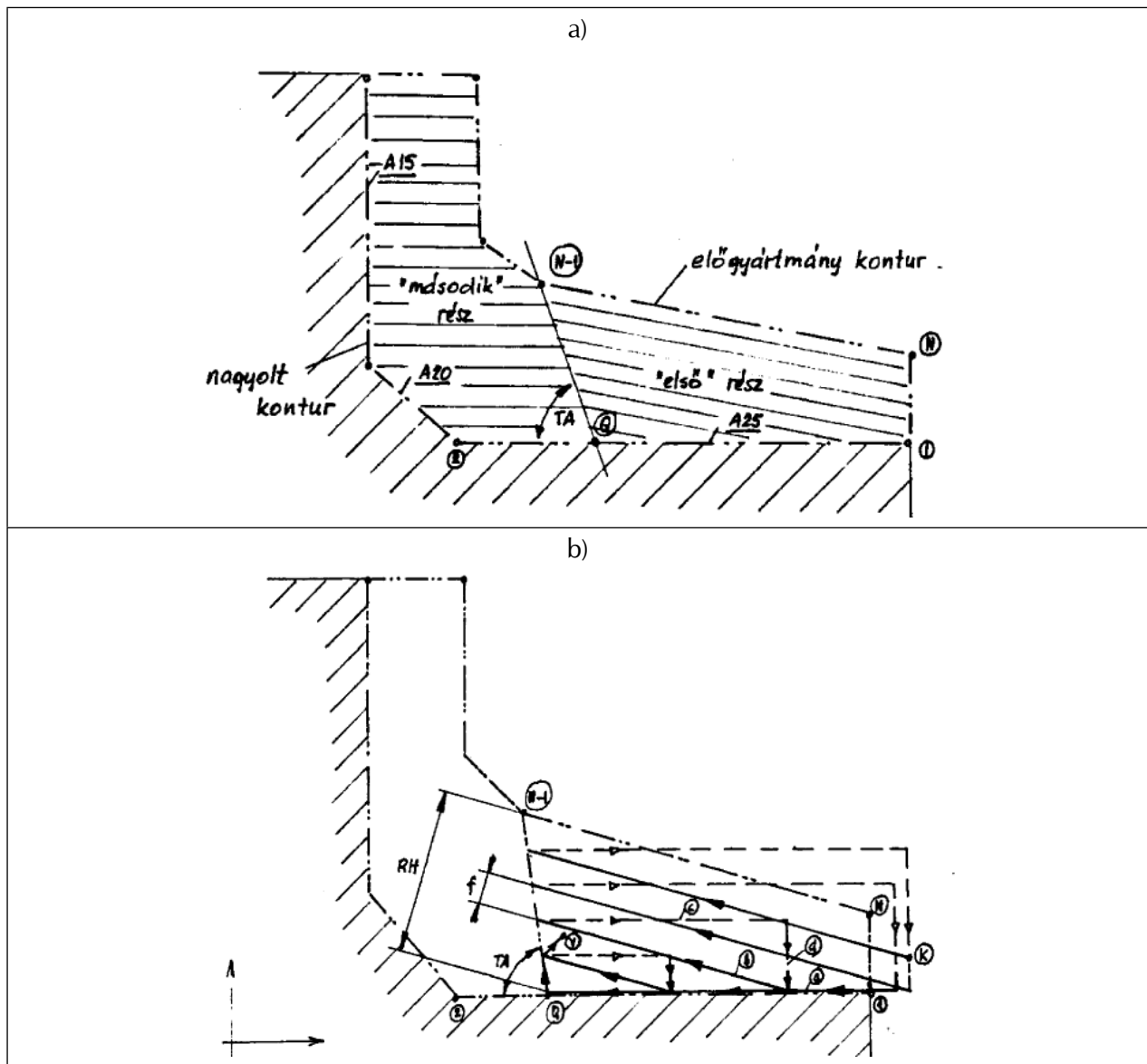


3.46. ábra. „Zárt” ráhagyási alakzatú kontúrkövető nagyoló műveletelem mozgásciklusa

3.3.2.2. KONTÚRKÖVETŐ NAGYOLÓ MŰVELETELEMEK „ZÁRT” RÁHAGYÁSI ALAKZATTAL

Ez a mozgásciklus hossznagyolási ráhagyási alakzat megosztásánál alkalmazható. A 3.47a. ábrán látható ráhagyási alakzat „első” részéhez tartozó mozgásciklus a 3.47b. ábrán látható. Ez lényegében azonos a zárt ráhagyási alakzatú, kontúrkövető nagyoló műveletelemek mozgásciklusainak valamelyikével, eltérés csak azoknál a forgácsoló mozgásoknál van, ahol a fogásvétel még nem forgácsolással történik.

A „második” rész mozgásciklusa - mint már említettük - azonos a normál hosszsztergáló mozgásciklussal (3.13a. ábra), természetesen az eredeti ráhagyási alakzat megmaradt részére vonatkoztatva.



3.47. ábra. Megosztott alakzatú kontúrkövető nagyoló műveletelem mozgásciklusa

3.4. MARÁSI MŰVELETELEMEK SZERSZÁMPÁLYÁINAK ÉS MOZGÁSCIKLUSAINAK TERVEZÉSE

Marási megmunkálási eljárással síkok vagy alakos felületek állíthatók elő forgó mozgást végző, határozott geometriájú, többélű forgácsolószerszámmal. Általában a marószerszám palástján és homlokfelületén vannak a forgácsolóélek kialakítva.

A marással előállítható alkatrészek döntő többsége, a megmunkálásukat tekintve, lényegében az alábbi két módon történhet:

- **2½ D-s megmunkálással**, amikor két tengely mentén (általában X, Y síkban), vagy azzal párhuzamos síkban, ill. a többi főtengely mentén tetszőleges pályamenti elmozdulás végezhető, míg a harmadik tengely mentén szakaszos mozgásra (fogásvételre) van lehetőség. Ez az eljárás lépcsős, nyílt, vagy zárt kontúrok által határolt teraszok megmunkálását teszi lehetővé.
- **3D-s, 4D-s, 5D-s, vagy 6D-s megmunkálással**, amikor egyidejűleg három koordinátatengely mentén pályamenti mozgás mellett, egy, két, ill. három tengely körüli egyidejű forgatás is lehetséges. melynek eredményeként bonyolult térbeli felületek, alakzatok állíthatók elő.

A marási feladatok technológiai tervezését végző rendszerek a szerszámpályák generálását általában az alábbi jellemzők figyelembevételével állítják elő [39], [60]:

- az alkatrészen kijelölt geometriai modell-entitások,
- a megmunkálási stratégia, amely a szerszámpályák láncolásával kialakított útvonalat határozza meg,
- a megmunkálás határai,
- a megmunkálás kezdő és végpontja,
- a megmunkálás iránya,
- a biztonsági sík,
- a kikerülendő és át nem léphető objektumokat leíró geometriai modell-entitások,
- a ráhagyás értéke különböző irányokban,
- az előírt pontosság, amely a geometriai modell matematikai leírása alapján való számítás pontosságát, esetenként a szerszámpályák sűrűségét határozza meg,
- a szerszám adatai, közöttük az alak, a méretek és a korrekciók, a megmunkálási paraméterek (fordulatszám, sebesség, előtolás, stb.).

A marási műveletelemek kialakításához szükséges szerszámpálya megtervezését pályamenti mozgások és mozgásciklusok feldolgozása révén állítjuk elő.

A processzor a szerszám mozgáspályájaként a szerszám referenciapontjának (a szerszám forgástengelyébe eső talppontjának) mozgás pályáját adja ki a CLDATA-ra.

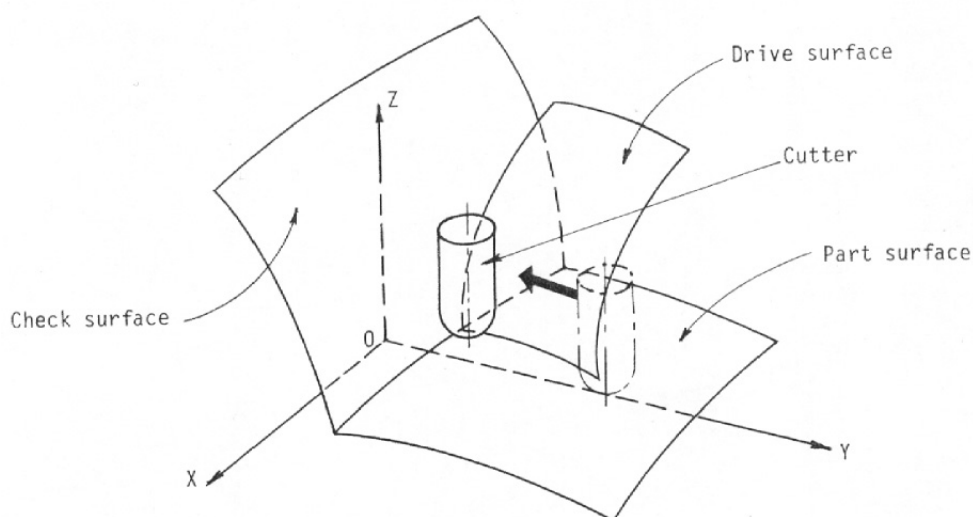
A szerszám adott felületek menti mozgása. A mozgás utasítások felépítése az APT-szerű nyelvekben elfogadottnak felel meg, azaz három felület vezérli a szerszám mozgását (3.48. ábra):

- vezetőfelület (DS – Drive Surface);
- ellenőrző felület (CS – Check Surface);
- alkatrészfelület (PS – Part Surface);

A szerszám két felületen mentén halad, mégpedig a vezetőfelületet oldalával érinti, míg az alkatrészfelületet, pedig csúcsával ill. homlokfelületével. Egy utasításban előírt mozgás az ellenőrző felületig tart, amely a következő mozgásnál vezetőfelületté válik.

A szerszám helyzete a vezetőfelülethez képest a mozgás iránya szerint:

- a szerszám a vezetőfelület baloldalán (TLLFT) halad;
- a szerszám a vezetőfelület jobboldalán (TLRGT) halad;
- a szerszám középpont a vezetőfelületen (TLON) halad.



3.48. ábra. Marási szerszámpályák jellegzetes felületei

Az ellenőrző felület felé történő mozgás befejezése a következő módon hajtható végre:

- mozgás az ellenőrző felületig (TO);
- mozgás túl az ellenőrző felületen (PAST);
- mozgás az ellenőrző felületre a szerszám középpontjával (ON).

A 3D-s és 3-nál több D-s megmunkálással előállítható bonyolult alkatrészek technológiai tervezésével a [39] irodalomban már foglalkoztunk, így továbbiakban csak a 2½ D-s megmunkálás bemutatására törekszünk.

3.4.1. A 2½ D-S MEGMUNKÁLÁSSAL ELŐÁLLÍTHATÓ MARÁSI MŰVELETELEMEK

A 2½ D-s megmunkálás során a szerszám valamely síkban pályavezérléssel, míg erre a síkra merőleges fogásvételi mozgást, szakaszvezérlési funkciókkal hajtja végre.

A 2½ D-s megmunkálással előállítható jellegzetes marási műveletelemek köre és sajátosságai:

- síkmarás, mely szabad kifutású, síkfelületek nagyoló és/vagy simító marására szolgál;
- nyitott-, vagy zárt kontúrú teraszok, lépcsők síkmarása;
- merőleges oldalfallal bíró zsebek marása,
- horonymarás;
- alakmarás, nyitott-, vagy zárt síkkontúrok letörése vagy lekerekítése alakos maróval;

A 2½ D-s megmunkálással előállítható jellegzetes marási műveletelemek mozgáspályájainak, ciklusainak felépítése:

1. Pozicionálás gyorsmenettel az X-Y síkban az A kezdőpont fölé (a rágördülés módja és ráfutás mértékének figyelembe vételével), sugárkorrekciózás;
2. Pozicionálás gyorsmenettel a Z irányban a biztonsági síkba (mely felett tetszőleges irányban gyorsmeneti mozgás megengedett) és/vagy a kiemelési síkba (megmunkálási sík plusz ráállási távolság), hosszkorrekciózás;
3. Z irányú fogásvétel gyorsmenettel vagy előtolással;
4. Rágördülés, belépés csökkentett előtolással (szükség szerint);
5. Forgácsoló mozgás előtolással egyenes vagy kontúr mentén;
6. Legördülés, kilépés csökkentett előtolással (szükség szerint);
7. Elállás, visszaállás gyorsmenettel (szükség szerint);
8. Szélességi fogásvétel előtolással vagy gyorsmenettel (szükség szerint). A 3.-7. pont szerinti mozgások megismétlése;
9. Mélységi fogásvétel előtolással vagy gyorsmenettel (szükség szerint). A 3.-8. pont szerinti mozgások megismétlése;
10. Pozicionálás gyorsmenettel a Z irányban a biztonsági síkba vagy a szerszámváltási helyzetbe.

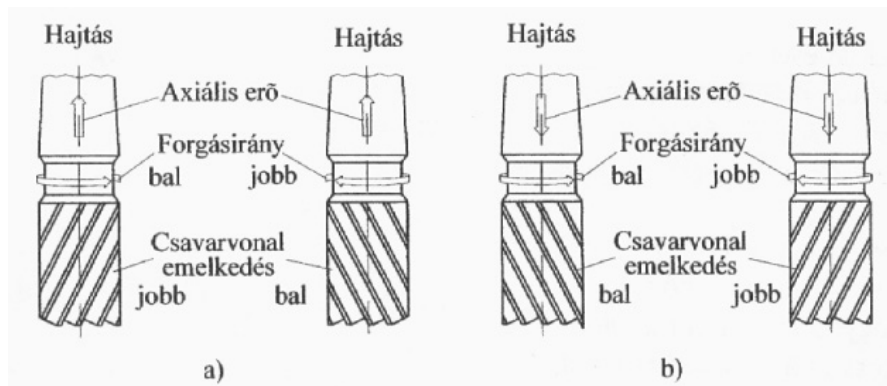
3.4.2. MARÁSI MŰVELETELEMEK TECHNOLÓGIAI SAJÁTÓSÁGAI

A szerszámpályák tervezése előtt összefoglaljuk a **marási műveletelemek technológiai sajátosságait**:

- **A marószerszám forgácsolás irányát** tekintve beszélhetünk jobbra és balra vágó marókról (3.49. ábra):
 - **jobbra vágó maróról**, akkor van szó, ha a szerszámszár, vagy a szerszámfelfogó oldal felől nézve a szerszám az óramutató járásával, megegyező irányban forgácsol, azaz a forgácselvezető horony emelkedését vizsgálva jobbra emelkedő él.
 - **balra vágó maró** az óramutató járásával ellentétes irányba forgácsol;
- **A forgácsoló-él működésének iránya** (palástmarókra és két-oldalról fogazott tárcsamarókra nem értelmezett) szerint is megkülönböztetünk jobbos és balos fogferdeségű marókat (3.49. ábra):

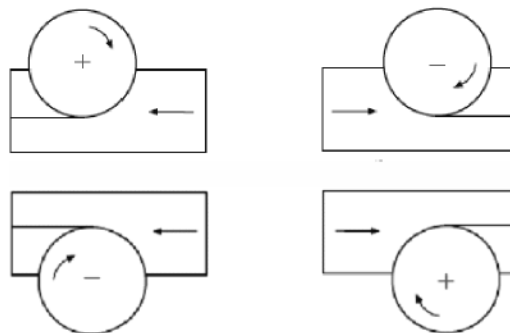
- **jobbos fogferdeségűnek** akkor tekintjük a marót, ha a hajtás felől nézve a forgácselvezető horony emelkedését vizsgálva a jobbra emelkedő;
- **balos**, ha a forgácselvezető horony balra emelkedő;

Helytelenül beállított forgásirány, rossz spirálemelkedéssel párosulva kihúzhatja a szerszámot a befogásból.



3.49. ábra . Szármarók főbb működési jellemzői []

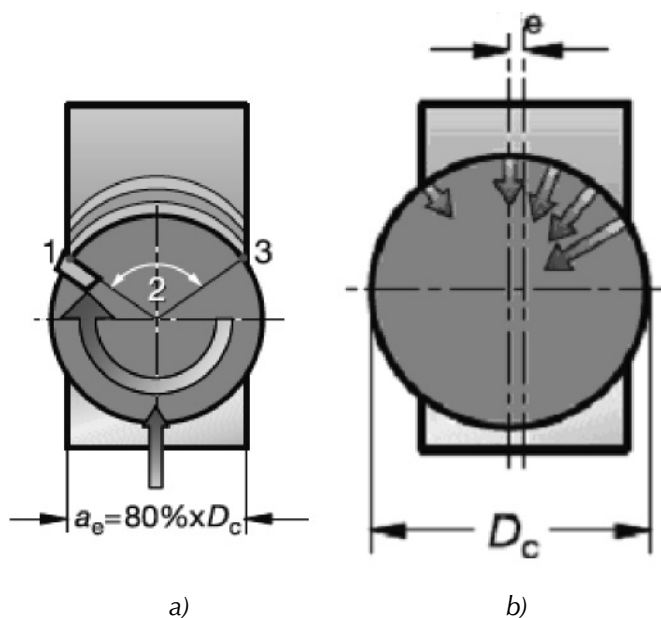
- A szerszám forgása és az előtolás iránya szerint a marás lehet (3.50. ábra):
 - **egyenirányú**, melynél az előtolásiránya egyezik a megmunkált felületen a szerszám forgásának irányával (ezt a marási módot elsősorban a CNC marógépeken alkalmazzák, mivel ezeken a gépeken biztosított a nagy merevség és a holtjáték-mentesség);
 - **ellenirányú**, melynél a munkadarab előtolásának iránya ellentétes a megmunkált felületen a szerszám forgásának irányával. A szerszám belépésekor a forgácsvastagság nulla értékről indul, ami nagy erőt, csiszolóhatást és így magas hőmérsékletet ébreszt, mely a szerszám gyors kopását eredményezi.



3.50. ábra. Egyenirányú (+) és ellenirányú (-) marás értelmezése

- A síkfelületek előállítása általában szármaróval vagy marófejvel történik. A megmunkálási stratégia kiválasztásához az alábbi körülményekre kell figyelni:
 - **egyenirányú (egyen-, vagy ellenirányú) marás** alkalmazása esetén:
 - **keskeny sík** ($0.8 \cdot D > a_e$, lásd a 3.51.a. ábrát) megmunkálása **egy főmozgással**, mely lehetőleg egyenirányú marással végzendő el (a főmozgás iránya lehet az X vagy Y tengellyel párhuzamos). A keskeny síkmarás esetén a szélességi fogásvételek száma $i_b = 1$, míg a mélységi fogásvételek számát az alábbi összefüggés alapján határozzuk meg $j_a = \text{integer}(a_w/a_p) + 1$, továbbá újraszámítjuk a mélységi fogásvétel értékét ($a_p = a_w/j_a$);

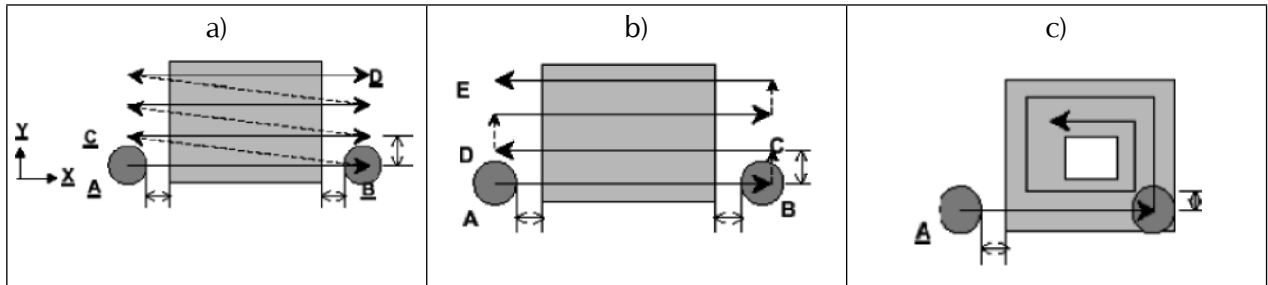
- **sík megmunkálása ($D < b_w$) több főmozgással** (a szélesség irányában több fogásvétel révén, lásd a 3.52.a. ábrát), mely lehetőleg egyenirányú marással végzendő (a főmozgás iránya lehet az X vagy Y tengellyel párhuzamos). A szélességi fogásvételek száma $i_b = \text{integer } (b_w/a_c) + 1$, továbbá azok végrehajtása gyorsmenettel az anyagon kívül történik;
- sík megmunkálása ($D < a_w$) változó, azaz **egyen- és ellenirányú (ZIG-ZAG) marással** (lásd a 3.52.b. ábrát), melynél a szélességi fogásvétel előtolással és mindig az anyagban történik. A szélességi fogásvételek száma az alábbi összefüggés alapján számítható $i_b = \text{integer } (b_w/a_c) + 1$, továbbá ujrászámítjuk a szélességi fogásvétel értékét ($a_c = b_w/i_b$). A ZIG-ZAG ciklus során a megmunkálás váltakozva egyen- és ellenirányú marásból áll.
- sík megmunkálása ($D < a_w$) **spirál marással** (Meander):
 - kívülről-befelé előtoló mozgással (lásd a 3.52.c. ábrát);
 - belülről-kifelé előtoló mozgással.
- **A megmunkálás kezdőpontjának kiválasztása során:**
 - **Pozicionálás egy fogásos síkmarás esetén:**
 - a munkadarab **szimmetria tengelyére való pozicionálás**, rezgéseket gerjeszthet (3.51.a. ábra);
 - kedvezőbb az **aszimmetrikus pozicionálás**, melynél az eltolás mértéke ($e = 0.05 \cdot D_c$) és balra javasolt (3.51.b. ábra).



3.51. ábra. Pozicionálás egy fogásos síkmarás esetén

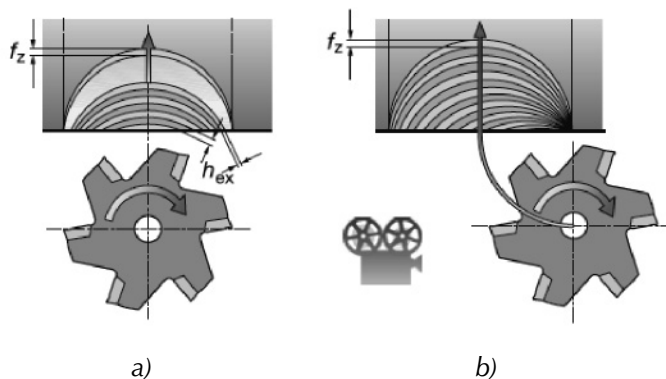
- **Pozicionálás több fogásos síkmarás esetén** a sarokpont kiválasztásánál alábbiakra kell figyelni: **esetén:**
 - a főmozgás irányára, mely az X-Y koordináta tengellyel párhuzamos lehet (3.52.a. ábra), és ezt általában a téglalap hosszabbik oldalának iránya szerint választjuk;
 - a szerszámforgásának irányára, biztosítva így az egyenirányú marás alkalmazhatóságát;
 - az „A” kezdőpont koordinátáinak meghatározására, mivel azok értékeit a választott szerszámráállás módja (aszimmetrikusan, érintő egyenesen, körív menti begömbüléssel, stb.), a megmunkálandó felület sarokpontja, a szerszámtérő, a szerszámrafutási távolság alapján kell kiszámítani.
- A sík sarkainál az első főmozgás síkjában, mely lehet:
1. a téglalap bal alsó sarka (lásd a 3.52.a. ábrán A pontot);

2. a téglalap jobb alsó sarka;
3. a téglalap jobb felső sarka;
4. a téglalap bal felső sarka.



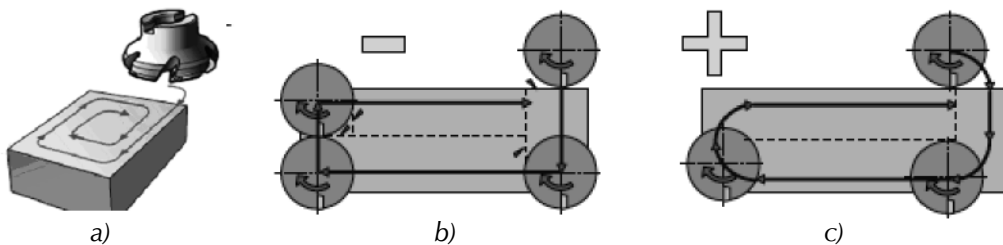
3.52. ábra. Pozicionálás több fogásos, ellenirányú síkmarás esetén [7]

- Törekedni kell a **sima és egyenletes marás** végrehajtására, melynek fontosabb eszközei:
 - A **szerszám sima belépésének** lehetőségei:
 - a munkadarab **szimmetria tengelyére való pozicionálás**, rezgéseket gerjeszthet (3.51.a. ábra);
 - **egyenesen vagy tangenciálisan csökkentett előtolással** ($0.5 \cdot f_z$) a belépés végéig (lásd a 3.53.a. ábrát);
 - **negyedíves begördüléssel** (3.53.b. ábra).



3.53. ábra. A szerszám sima belépésének lehetőségei [7]

- A **főmozgások egyenletesebb végrehajtásának lehetőségei**:
 - **kerülje** a szerszámnak az anyagból való kilépését (3.52.a. és 3.52.b. ábra);
 - **a szerszám maradjon állandóan fogásban és a fogás a_e szélessége**, legyen kisebb a D_c szerszámtátmérő 70%-kánál, sarkok teljes lemunkálása céljából (3.54.a. ábra);
 - sarkokban (egyenes-egyenes, egyenes-körív, körív-körív metszéspontjaiban) a **síkváltás a sarokpont koordinátáinak módosításával** történjen (3.54.b. ábra);
 - sarkokban (egyenes-egyenes, egyenes-körív, körív-körív metszéspontjaiban) a síkváltás a **sarokpont körül $D_c/2$ sugarú körív mentén** történjen (3.54.c. ábra);



3.54. ábra. Folyamatos fogásban történő marás (javítás)

• **A megmunkálási mód kiválasztása során:**

- csak nagyolás (a mélységi fogásvételek száma $j_a = \text{integer}(a_w/a_p) + 1$);
- csak simítás (a mélységi fogásvételek száma leginkább $j_a^s = 1$);
- nagyolás és simítás.

3.4.3. SÍKMARÁSI MŰVELETELEMEK MOZGÁSCIKLUSAI

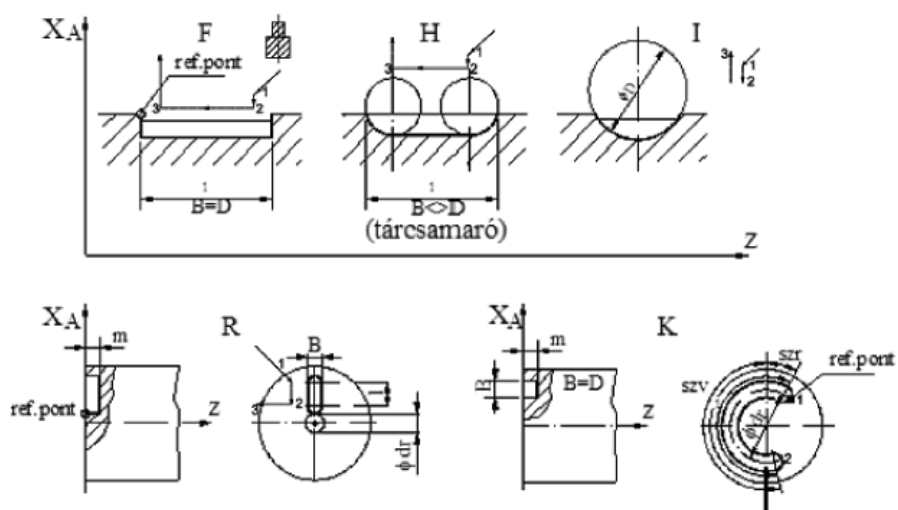
Egy és több fogásos, egyenirányú nagyoló-simító **síkmarási ciklusok mozgásának leírása** (3.52.b. ábra):

- **Keskeny egyenirányú nagyoló síkmarási ciklus** leírása ($i_b = 1$, $i = 1$ és i a szélességi mozgások ciklusváltozója, míg $j = 1$ és j a mélyítő mozgások ciklusváltozója):
 1. **Pozicionálás gyorsmenettel az X-Y síkban az A kezdőpont fölé.**
 2. **Pozicionálás gyorsmenettel a Z tengely mentén** az j . mélyítő fogás (a_p) által meghatározott forgácsolási síkig (nagyoláskor $Z(j) = Z_A^N(j)$, míg simításkor $Z(j) = Z_A^S(j)$ értékre lásd a 3.55. ábrát).
 3. **Megmunkálás a végpontig** az alábbiak szerint:
 - a. egyenes belépéskor a **belépés végéig**, az A_1 pontig (lásd a 3.55. ábrát) célszerű **csökkentett előtolással** ($0.5 \cdot f_z$) forgácsolni;
 - b. majd a **megmunkálás a végpontjáig**, azaz a B pontig ($X_B = X_3 - K_2 - 0.5 \cdot D_c$).
 4. **Kiemelés gyorsmenettel Z irányban** egy biztonsági távolsággal (mely táblázatosan változtatható és 2-3 mm körüli érték) az előgyártmány síkja fölé.
 5. **Pozicionálás gyorsmenettel az X-Y síkban** a következő szélességi fogásvételhez:
 - a. ha szélességi irányban ez az utolsó fogás ($i = i_b$) volt, akkor pozicionálás az A kezdőpont fölé és folytatás a 7. pontban;
 - b. ha szélességi irányban fogást kell még venni ($i < i_b$), akkor az új kezdőpont (C pont) megfelelő koordinátáját a fogásvétel (a_p) értékével módosítjuk.
 6. A 2.-3.-4.-5. pontokban leírtak szerinti mozgások ismétlése ($i_b - 1$ szer), az utolsó (D) pontig.
 7. Mélyítő fogásvétel szükségességének vizsgálata:
 - a. ha simítás volt, akkor befejeződött a ciklus művelet feldolgozása;
 - b. nagyolás és az utolsó mélyítő fogás volt ($j = j_a$) és kell simítani, akkor feldolgozzuk a simítást ($j = 1$, $i = 1$) és visszamegyünk a 2. pontba;
 - c. ha mélyítő fogást kell még venni ($j < j_a$), akkor az új kezdőpont megfelelő koordinátáját a fogásvétel (a_p) értékével módosítjuk. Ezt követően a 2.-3.-4.-5.-6. pontokban leírtak szerinti mozgások ismétlése ($j_a - 1$).
- 4. **Kiemelés gyorsmenettel Z irányban** egy biztonsági, vagy szerszámváltási helyzetbe

3.4.4. HORONYMARÁSI MŰVELETELEMEK MOZGÁSCIKLUSAI

A hornyok és marószerszámok összerendelését a 2.24 ábra szerint végezzük.

Az egyszerű horonymarási műveletelemek mozgásciklusai legtöbbször egyfogásos nagyoló és/vagy simító mozgással hajtható végre (3.55. ábra).



3.55. ábra. Egyszerű horonymarási ciklusok

4. UTÓILLESZTÉS-POSZTPROCESSZÁLÁS

A **posztprocesszorok feladata** a számítógépes technológiai tervező rendszerek processzoraiban előállított tervezési eredmények (vezérlés-független NC programok) végső illesztése az NC-CNC szerszámgéphez-vezérléshez, azaz a konkrét vezérléshez szükséges programhordozó elkészítése, továbbá az NC gyártás biztonságos végrehajtását segítő technológiai dokumentációk kiegészítése, összeállítása.

Így a posztprocesszorok **bemenete a CLDATA, kimenete pedig, az NC-CNC szerszámgép vezérlő-programja.**

A processzorok tervezési eredményeinek utófeldolgozása során kerül sor a használni kívánt szerszámgép-vezérlés jellegzetességeinek figyelembe vételére. E körülményből következik, hogy minden egyes szerszámgép és vezérlés kombinációra külön posztprocesszort kell készíteni.

4.1. APT ALAPÚ CLDATA FELÉPÍTÉSE

Az **APT alapú rendszerekben alkalmazott CLDATA „szó-orientált”**, azaz minden szerszámgépi funkcióhoz (vagyis NC szóhoz) önálló logikai rekord (mondat) tartozik, amelyek hatása öröklődik. A mondatok egymástól elkülönített szavakat tartalmaznak, amelyek sorrendje és értelmezése között szoros összefüggés van. Az **APT alapú CLDATA vertikális és horizontális felépítése** a 4.1. táblázatban látható [31].

1. szó (N ^o)	NÉV	2. szó (főtípus)	3. szó (altípus)	4. szó ...	5. szó ...	6. szó ...
1.	CARDNO	1000	Alkatrész	program rekord	sorszama	
2.	RAPID	2000	5			
3.	FEDRAT	2000	1009	Előtolás jellege (501-PERMIN)	értéke	
4.	MACHIN	2000	1015	Posztprocesszor	neve	
5.	TOOLNO	2000	1025	Szerszámapazonosító		
6.	COOLNT	2000	1030	Hűtőfolyadék (71 – ON, 72 - OFF)	azonosító (90 - MIST)	
7.	SPINDL	2000	1031	Orsóforgás(71,72)	fordulatszám	
8.	CLDIST	2000	1071	Biztonsági távolság	durva felület	sim felület
9.		3000		Geometria elemek	normálalakja	
10.	FROM	5000	3	Pont azonosítója	x értéke	y értéke
11.	GOTO	5000	5	Pont azonosítója	x értéke	y értéke
12.		6000	6	Szerszámméret		
13.		6000	5	Z irányú tűrés	alsó eltérés	
14.		6000	4	Z irányú tűrés	felső eltérés	
15.	FINI	14000		Utolsó rekord		
16.		15000		Görbe-vonalú	mozgás	normálalakja

4.1. táblázat. APT alapú CLDATA felépítése

4.1.1. A CLDATA REKORDOK JELLEGZETES TÍPUSAI

Egy posztprocesszor kidolgozásához ismerni kell a tervezőrendszer CLDATA teljes leírását.

A 4.1. táblázatból kiderül, hogy a CLDATA-ra a processzorok geometriai számításainak eredményén kívül általános azonosító adatok, gépi funkciók, technológiai – és szerszámadatok is kerülnek.

A CLDATA rekordok jellegzetes típusainak értelmezése:

1000-es típusú rekord:	az alkatrészprogram azon mondatának sorszáma, mely forrása a további rekordoknak.
2000-es típusú rekord:	a szerszámgép vezérlése felé továbbítandó kapcsolási információkat tartalmazza, melyek tartalmát a rekord altípusa határozza meg az alábbiak szerint: 1002 HEAD megmunkáló fej – szán működtetése; 1009 FEDRAT előtolás bekapcsolása; 1015 MACHIN szerszámgép (posztproc.) megnevezése; 1025 TOOLNO szerszám aktiválása; 1030 COOLNT hűtőfolyadék fajtája; 1031 SPINDL orsóforgás ki- bekapcsolása; 1049 COULE orsóforgás és előtolás szinkronizálása; 1071 CLDIST biztonsági távolság; stb.
3000-es típusú rekord:	geometriai elemek normálalakját tartalmazzák.
4000-es, 5000-es típusú r.:	egyenes vonalú-, vagy egyenes szakaszokkal közelített görbe pályán történő szerszámmozgás. Altípusai: 3 FROM a szerszám indulási pontjának paraméterei; 5 GOTO szerszámmozgás adott pontba;
6000-es típusú rekord:	szerszám jellemző méretei;
14000-es típusú rekord:	FINI a CLDATA végét jelzi;
15000-es típusú rekord:	görbe vonalú (pl. körív mentén) szerszámmozgás adatai.

4.1.2. POSZTPROCESSZOROKKAL SZEMBEN TÁMASZTOTT KÖVETELMÉNYEK

A processzorok által összeállított CLDATA-k feldolgozására szolgáló posztprocesszorokkal szemben támasztott általános követelmények [31] az alábbiak szerint foglalhatók össze:

- **Moduláris felépítés:** minden műveletlem külön építőkockaként (számítógépi szubrutinként legyen leírva, feldolgozva. Így áttekinthetővé és könnyen változtathatóvá válik a posztprocesszor kidolgozása.
- **Általános érvényűség:** lehetőleg olyan felépítésűnek kell lennie, hogy kis változtatásokkal alkalmas legyen hasonló vagy más típusú szerszámgéphez is.
- **Flexibilitás:** könnyen, nagyobb költség nélkül lehessen különböző feltételekhez illeszteni.
- **Megbízhatóság:** különböző diagnosztikai módszerek, rutinok alkalmazásával növelni kell a megbízhatóságot.
- **Programnyelv:** a posztprocesszor lehetőleg legyen független a számítógéptől és a szoftverjétől.
- **Dokumentáció:** a posztprocesszor működtetését és szolgáltatásait tartalmazó leírás pontos és részletes.
- **Karbantartás:** a posztprocesszor kezelését, fejlesztését, bővítését megfelelő szervizszolgálat biztosítsa.

A **posztprocesszorok kialakítását meghatározó és befolyásoló körülmények** a következők: programnyelv, processzor felépítése és szolgáltatásai, közbenső nyelv (CLDATA), számítógép, valamint szerszámgép és vezérlés.

Az APT és egyéb programozási rendszerek posztprocesszorai közötti alapvető különbség a procesz-

szorok eltérő szolgáltatásaiból erednek, mivel az APT rendszerek processzorai nem végeznek technológiai feldolgozást.

A posztprocesszorok feladataiból következik, hogy a szerszámgép-vezérlés kombináció jelenti a meghatározó tényezőt. A posztprocesszor felépítése főleg attól függ, hogy pont-, szakasz- vagy pályavezérlésről, illetve fúró-, maró- vagy esztergagépről van-e szó.

Ezen alapvető meghatározáson kívül számos más tényező is befolyásolja a felépítést, melyek az alábbiak szerint csoportosíthatók:

- **Vezérléstől függő jellemzők:**

- **Vezérlőberendezés mérőrendszerének típusa szerint:**

Az útmérő rendszer (abszolút vagy növekményes) ismeretében kell a szerszámelmozdulás pályadatait meghatározni a processzor által megadott szerszámpozíciók alapján.

Előírás lehet, hogy a vezető vagy a követő nullák a koordináta-értékek mellé kiírandók, vagy elhagyhatók.

- **Vezérlőprogram felépítése szerint:**

A vezérlőberendezések általában a vezérlési utasításoknak csak korlátozott számát tudják egyidejűleg beolvasni és feldolgozni.

A rekordok (vezérlő mondatok) formai felépítésükben lehetnek hasonlóak, de tartalmuk és a bennük szereplő utasítások (szavak) száma erősen eltérhet.

A posztprocesszor dolgozza fel a vezérlés formális tényezőit, így a vezérlő program kezdő és befejező jelét, a mondatok formátumát, az egyes szavak helyét és hosszát.

A különböző gépi műveletek (előtolás, szerszám- és asztalmozgatás ki- és bekapcsolása, fordulatszám, gyorsmenet, mozgás és segédfunkciók, stb.) címzését.

- **Mondatok tartalma szerint:**

Minden vezérlőberendezésnek előírásai vannak arra, hogy egy mondatnak mit kell minimálisan tartalmaznia és mely utasításokat nem szabad egyidejűleg szerepeltetni.

Egy mondat tartalma függ attól is, hogy vezérlőegység memóriájában milyen utasítások tárolhatók hosszabb időre (mely utasítások öröklődnek). Ezeket az utasításokat csak változáskor kell a memóriába újból bevinni.

Bizonyos mozgások és segédfunkciók csak meghatározott sorrendben kerülhetnek végrehajtásra, ezért a vezérlőegységbe az utasításszavak sorrendjén alapuló reteszelt építenek be.

A posztprocesszor készítésénél arra kell törekedni, hogy a mondatok minél több utasítással legyenek feltöltve, az olvasási idő csökkentése céljából.

- **Szerszámgép befolyásoló tényezők:**

A posztprocesszor íráskor figyelembe kell venni, hogy milyen gépi funkciókat (mozgások, előtolások, fordulatszámok, szerszámváltások, segédfunkciók, stb.) lehet a vezérlőegységgel megvalósítani.

- **Koordináta adatok:**

A posztprocesszor számítja át az alkatrészprogramban szabadon választott, a munkadarabra vonatkozó koordinátarendszert a szerszámgép koordinátarendszerére. A posztprocesszornak figyelembe kell venni, hogy mely tengelyeket lehet egyidejűleg vezérelni. Ismerni kell a koordináta mentén lehetséges elmozdulások értékeit és határait.

- **Szerszámadatok:**

Ismerni kell a szerszámtár feltöltéséhez, szerszámcserehez, szerszámváltás biztonságos helyének meghatározásához, szerszámkorrekcióhoz szükséges szerszámadatokat.

- **Fordulatszám- és előtolástartományok:**

A fordulatszám- és előtolás értékek (kódok) kiválasztásához szükséges a fordulatszám- és előtolástartományok megadása.

- **Kézi állítási lehetőségek:**

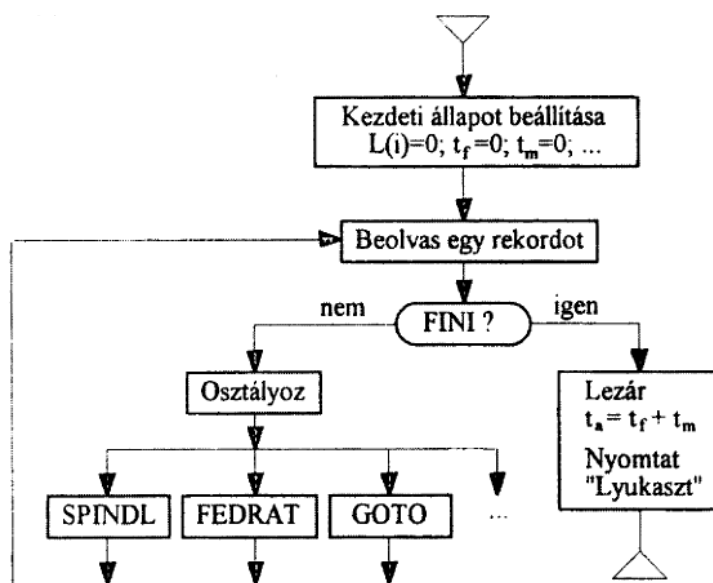
A posztprocesszornak figyelnie kell a szerszámgépen végezhető kézi állítás lehetőségeit (nullpont-eltolás, szerszámtátmérő és hossz korrekciója, stb.).

4.1.3. POSZTPROCESSZOROK FELÉPÍTÉSE

Az APT alapú CLDATA-k feldolgozását végző posztprocesszorok általában az alábbi programokból állnak [61]:

- A **beolvasó program** egyenként olvassa be a CLDATA rekordjait, osztályozza, meghatározza az egyes rekordokhoz tartozó kezelési utasításokat, megjelöli és rendezi a beolvasott információkat.
- A **vezérlő program** vezérli és ellenőrzi a posztprocesszorok teljes lefutását és behívja a beolvasott utasításnak megfelelő alprogramokat, így
 - a **mozgást meghatározó alprogramot**, amely előállítja a szerszámnak vagy az asztalnak a szerszám méretei miatt korrigált és egyéb technológiai előírásoknak eleget tevő mozgásokat;
 - a **segédfunkciókat meghatározó alprogram** állít elő minden olyan kapcsolási, vezérlési és ellenőrzési utasítást, amely nem a mozgásutasítással van összefüggésben (szerszámtár feltöltésének előírása, fordulatszám- és előtolás értékek meghatározása, hűtőfolyadék bekikapcsolása, stb.).
- A **kimenő program** állítja össze és adja ki az aktuális vezérlő rekordokat valamilyen programhordozóra (perifériára), majd újat nyit, a folyamat ismétlődik a FINI rekord beérkezéséig, amikor lezárja a vezérlőprogramot. Ezt követően számítja ki az összegezett normaadatokat (fő és mellékidő), majd megszerkeszti a megfelelő gyártási dokumentumokat.

A posztprocesszor felépítése és működésének elvi vázlata a 4.1. ábrán látható.



4.1. ábra. Posztprocesszor felépítése és működése [61]

4.1.4. POSZTPROCESSZOR TÍPUSOK

A vezérlésfüggetlen NC program átalakítása a konkrét szerszámgép és vezérlőberendezés (-ek) nyelvére az alkalmazott módszerek, feldolgozási módok, adatbázisok (szócímzéses NC mondatok szavainak és szintaktikájának kiegészítései, táblázatai, G és M kódok, stb.), szerint rendkívül sokféleképpen történhet, ezért csupán néhány jellegzetes megoldásra hívjuk fel a figyelmet. Jellegzetes posztprocesszor típusok:

- konkrét szerszámgép- és vezérlőberendezés típusra készült specifikus posztprocesszorok;
- valamely szerszámgép- és vezérlőberendezés típus-családra készült posztprocesszorok;
- felhasználó által konfigurálható posztprocesszorok, általános adatokkal vezérelhető formában;

- általános (minta) posztprocesszorok, amelyek kevés módosítással adaptálhatók;
- interaktív posztprocesszorok;
- NC kód generáló posztprocesszorok, stb.

4.2. NEM APT ALAPÚ CLDATA FELÉPÍTÉSE

Az APT alapú CLDATA modalitása csak látszólagos előny, a „szó-orientált” vertikális struktúrával párosulva, pedig kimondottan hátrányos. Ezért egyes korszerű CAPP rendszerek (FORTAP, GTIPROG, stb.) az úgynevezett **„NC mondat – orientált” közbenső nyelvet alkalmazzák** [87]. Ezen rendszerek egyébként az ISO CLDATA előállítására is képesek.

Az „NC mondat – orientált” közbenső nyelvet alkalmazó rendszerek felépítése jelentősen eltér az APT alapú programnyelvek CLDATA-itól, amennyiben nem elemi utasításokból, hanem olyan mondatokból állnak, amelyek egy fiktív szerszámgép vezérlő programjának kialakításához szükséges információkat tartalmazzák.

Az **„NC mondat – orientált” CLDATA vertikális struktúrájának főbb jellemzői** a következők:

```
< NC mondat – orientált CLDATA> :: = [blokk]8
<blokk> :: = <fejrész> <törzs> <blokkzáró rekord>
<törzs> :: = [ <szerszámváltási rekord> [ <pozicionálási rekord> ] ]
```

Az „NC mondat – orientált” CLDATA fájl soros hozzáférésű lineáris logikai rekordokból álló, blokkokból áll. Minden befogáshoz (művelethez) egy-egy blokk tartozik (a befogások száma max. 8 lehet).

A blokkok **fejrészből, törzsből és a blokkzáró „befogás vége”** (az utolsó befogásnál „program vége”) rekordokból állnak.

A **fejrész** az alkatrészprogrammal és az adott befogással kapcsolatos szöveges- és általános adatokat magába foglaló rekordokból épül fel.

A **törzs rekordjai** szigorúan a megmunkálási sorrend szerint követik egymást:

- A **törzs első rekordja minden blokknál szerszámváltás vagy csere** (T funkció és M06), mely lehet valódi és „virtuális” (pl. a kétképes szerszámoknál, vagy beszúró késeknél szerszám-élváltás esetén).
- Ezt követően **szerszámelmozdulási „mondatok” következnek**, melyek a kézi programozásból ismert egyedi elmozdulások (pozicionálások) geometriai és kapcsolási információit tartalmazzák. A szerszámelmozdulási „mondatok” a szerszámgépre vonatkozó adatokat (fordulatszám, előtolás) a konkrét gépen beállítható értékeknek megfelelően, a koordináta adatokat a szerszámgép koordinátarendszerében értelmezve tartalmazzák. A többi információnak (szerszámhely, él, forgásirány, elmozdulási irány, pozicionálás módja, szerszámkorrekció, hűtés stb.) az illesztése a konkrét vezérlés nyelvére a fiktív vezérlés nyelvén írt mondatok átkódolásával valósul meg. A módszer alkalmazása révén a posztprocesszorok kidolgozásának ideje és költsége jelentős mértékben csökken más számítógépes rendszerekhez viszonyítva.

Az előzőekben ismertetett processzor-posztprocesszor közbenső adatai a rendszer adatbázis-kezelőjével szükség (pl. új posztprocesszor írás) esetén - a posztprocesszor működtetése előtt vagy közvetlen utána – a képernyőre vagy sornyomtatóra kiíratható.

4.3. NEM APT ALAPÚ POSZTPROCESSZOR FELDOLGOZÁSI EREDMÉNYEI

A posztprocesszor a processzor-posztprocesszor közbenső adatainak feldolgozása keretében az alábbi gyártási dokumentációkat állítja elő [22]:

A posztprocesszor is képes (kérés esetén) sornyomtatón a szerszámgép beállításához és kezeléséhez szükséges összes információt és instrukciót (a szerszámgép adottságainak megfelelően) tartalmazó dokumentum kiadására, mely az alábbi dokumentum részeket foglalja magába befogásonkénti szerkesztésben:

Azonosító általános adatok (4.2. táblázat):

- rendszerverzió, számítógép típusa;
- szerszámgép és vezérlés megnevezése;
- munkadarab megnevezése és rajzszáma;
- PP dokumentumok azonosító nevei (lista-file, vezérlő program-file, NC program száma, dátum) az ismételt kiíratásához;
- befogás sorszáma;
- különleges kezelési és beállítási utasítások, közlések a gépkezelő részére, így:
 - a szükséges fordulatszám-tartomány beállítása;
 - puhapofa alkalmazásának előírása;
 - befogási hossz korlátozása (pl. alátét-gyűrű alkalmazásával), stb.

```
IBM PC & comp.      *****      GTIPROG      EC-04
*****      EPA-320/SINUMERIC SYSTEM 800/810T      *****
```

```
MUNKADARAB      : TENGELYCSONK      FC15-03-003
LISTA-FILE      : LST\FC15.DOC
LYUKSZALAG-FILE : LST\FC15.L2
NC PROGRAM SZAMA : 302
DATUM           : 01-24-2008      18:28:13
```

BEFOGAS SORSZAMA : 2

FORDULATSZAM-TARTOMANY INDULASKOR : 1

4.2. táblázat. Általános adatok

Műveletelemek (4.3. táblázat) leírása tartalmazza a műveletelemek (műveleti sorrend szerinti) megnevezését, továbbá az egyes műveletelemekhez tartozó első és utolsó program-mondatának sorszámát

M U V E L E T E L E M E K
- - - - -

```
5 - 50 : FURAS
55 - 80 : FELFURAS
85 - 160 : NAGYOLO OLDALAZAS PALASTON
165 - 185 : NAGYOLO HOSSZESZTERGALAS PALASTON
190 - 410 : NAGYOLO HOSSZESZTERGALAS FURATBAN
415 - 455 : SIMITO ESZTERGALAS PALASTON
460 - 490 : SIMITO ESZTERGALAS PALASTON
495 - 540 : SIMITO ESZTERGALAS FURATBAN
545 - 620 : BESZURAS FURATBAN
625 - 650 : FURAS
655 - 700 : FURAS
705 - 755 : MENETFURAS
```

4.3. táblázat. Műveletelemek típusai és sorrendje

Szerszámterv (4.4. táblázat) tartalmazza az alkatrész adott befogásában történő megmunkálásához szükséges összes szerszám azonosítóját (kódját), valamint főbb jellemző adatait (felfogási helyét, korrekciós kulcsot, szerszám vezérelt méreteit (szerszámhosszt és kinyúlást, ill. fúró-maró szerszám átmérőjét, továbbá a lapka csúcssugarát).

S Z E R S Z Á M T E R V
- - - - -

SZERSZAM AZOMOSITO	SZERSZAM HELY	KORREKCIO	SZERSZAM HOSSZ	SZERSZAM KINYULAS	FURO ATMERO	CSUCS SUGAR
3214070	1	1	280.00	-90.0	32.00	
3211000	2	2	310.00	-90.0	50.00	
2101100	3	3	112.00	-90.0		.8
1101100	4	4	140.00	63.0		.8
2361000	11	5	112.00	-90.0		.8
2321000	12	6	112.00	-90.0		.8
1101000	5	7	140.00	63.0		.8
1411030	6	8	110.00	73.0		
5214050	7	10	184.00	0.0	10.00	
5214040	8	11	184.00	0.0	10.2	
5512022	9	12	159.00	0.0	12.00	

4.4. táblázat. Szerszámterv

Összesített gépi idő (4.5. táblázat) megjelenítése, a posztprocesszorban kerül sor az alkatrész adott befogásában történő megmunkálásához szükséges gépi fő- és mellékidő meghatározására.

GEPI FOIDO (min) = 9.78
GEPI MELLEKIDO (min) = 11.47
OSSZES GEPI IDO (min) = 21.26

4.5. táblázat. Gépi fő- és mellékidő

NC program (4.6. táblázat), mely a posztprocesszor futás eredményeként a szerszámgép vezérlő programját tartalmazó programhordozó (lyukszalag, stb. formájában), mely az alkatrész megmunkálásához szükséges út- és kapcsolási információkat a szerszámgép vezérlő berendezésének megfelelő kódrendszerben foglalja magába, ily módon közvetlen vezérlésre alkalmas.

V E Z E R L O M O N D A T O K
- - - - -

% MPF 302
N5 G40 G53 G97 M11
:10 T1 D1 M06
N15 G00 X0 M03 M08
N20 Z150 S204
N25 G01 Z137.751 F.115
N30 G04 F.5
N35 Z103.01 F.23
N40 G04 F.5
N45 G00 Z150
N50 Z187

```
:55 T2 D2 M06  
N60 G00 X0 M03  
N65 Z140.39 S157  
N70 G01 Z103.01 F.42  
N75 G00 Z140.39  
N80 Z157
```

...

4.6 táblázat. NC program (részlet)

A posztprocesszor futás után a szerszámgép kezeléséhez és beállításához szükséges anyagok és az NC vezérlő mondatok fájl-név alapján tetszőleges példányszámban a szervizprogram segítségével nyomtathatók ki.

5. PALÁST-KÖSZÖRŰGÉPEK SZÁMÍTÓGÉPES PROGRAGOMOZÁSA

Az esztergaközpontok, tengelymegmunkáló gyártórendszerek megjelenése és terjedése szükségessé tette a különböző megmunkáló eljárások programozását támogató CAPP rendszerek kidolgozását, majd összekapcsolását, integrálását [25], [58], [59], [66], [71], [95], [100].

Ezen elvárásoknak felelt meg az NC-CNC esztergák és esztergaközpontok programozására kidolgozott GTIPROG/EC rendszer (melynek részletes leírása az előző fejezetekben és a [22] jegyzetben megtörtént);

- A GTIPROG/EC-PK integrált rendszer alkalmas esztergálási – fúrási – marási és/vagy köszörülési műveletek technológiai tervezésére.
- Jelen fejezetben kerül sor a palást-köszörűgépek programozására szolgáló GTIPROG/PK bemutatására. Mivel a rendszer technológiai szolgáltatásainak körét és a futtatási eredményeinek formáját jelentősen befolyásolja a szerszámgép konstrukciós-technológiai kialakítása és a vezérlőberendezés sajátosságai, ezért a rendszert a HUNOR PNC 715 vezérlésű KUN250-01 típusú egyetemes palást-köszörűgép példáján mutatjuk be.

A rendszer továbbra is megtartotta alapvető sajátosságait, melyek az alábbiak:

- a technológiai tervezés általános elve a tipizált műveletelemekből való építkezés;
- a processzor-posztprocesszor felépítés, modularitás;
- a posztprocesszor kidolgozásának egyszerűsítésének céljából vezérlőprogram – orientált processzor-posztprocesszor közbenső nyelv (CLDATA) alkalmazása révén, stb.;
- technológiai adatbázis alkalmazása.

5.1. KUN250-01 HUNOR PNC 715 EGYETEMES PALÁST-KÖSZÖRŰGÉP JELLEMZŐI

A KUN250-01 HUNOR PNC 715 egyetemes palást-köszörűgép egyedi- és kissorozatú munkadarabok (tengelyek, hüvelyek, stb.) oldalelőtolásos és/vagy beszűrő, nagyoló és/vagy simító fokozatban történő palást- és furatköszörülésére alkalmas [25], [95].

5.1.1. GÉP ALKALMAZÁSI TERÜLETE

A gépen előállítható jellegzetes alkatrészek típusai:

- egy és/vagy két oldalról lépcsős tengelyek;
 - hengerpalást - és/vagy homlok felülettel;
 - kúpos felülettel (max. 12°-s fél-kúpszöggel);
- persely jellegű alkatrészek külső és/vagy belső köszörülése.

5.1.2. A GÉP PONTOSSÁGA

A gépen előállítható felületek pontossága jelentősen függ az alkalmazott mérési módtól, azaz a mérés aktív mérőfejek alkalmazásával vagy anélkül történik.

Aktív mérőfejek alkalmazása nélkül:

- A munkadarab egyetlen átmérőjén végzett (kézi) mérés alkalmazásával és ennek alapján a megfelelő korrekciók, illetve nullponteltolás bevitelével: IT 6
- Minden egyes munkadarab-átmérőn végrehajtott közbenső méréssel és korrekcióval: IT 5, IT 6

- A munkadarab egyetlen átmérőjén végzett (kézi) mérés alkalmazásával és ennek alapján a megfelelő korrekciók, illetve nullponteltolás bevitelével: IT 6
- Minden egyes munkadarab-átmérőn végrehajtott közbenső méréssel és korrekcióval: IT 5, IT 6

Aktív mérőfejek alkalmazásával:

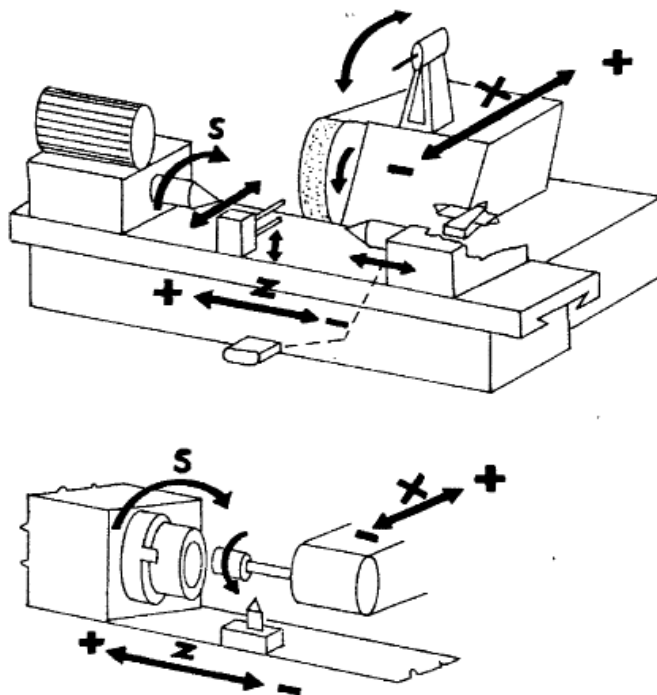
- a munkadarab egyetlen átmérőjének méretvezérelt köszörülésével és nullponteltolásával, a többi átmérő köszörülése indirekt módon IT 5
- az összes átmérő méretvezérléssel köszörülve IT 3, IT4

5.1.3. A GÉP KONSTRUKCIÓS FELÉPÍTÉSE

A gép fő szerkezeti elemei:

- gépágy, hosszasztal, szögben állítható felső asztal;
- köszörűszán, köszörű-orsóház, furatköszörű fej;
- tárgy-orsóház, szegnyereg;
- CNC vezérlés.

A gépen megvalósítható mozgások értelmezése az 5.1. ábrán látható.



5.1. ábra. Mozcásirányok értelmezése

5.1.4. A GÉP MŰSZAKI LEÍRÁSA

A gép főbb műszaki adatai:

- | | |
|--|------------|
| • csúcsmagasság [mm] | 150 |
| • csúcsávolság [mm] | 1000 |
| • max. köszörülhető átmérő [mm] | 250 |
| • köszörűkorong méretei [mm] | 500*80*203 |
| • köszörűkorong kerületi sebessége [m/s] | 45 |

• köszörűkorong fordulatszámai [f/perc]	1700/1800/2000
• köszörűkorong hajtómotor teljesítménye [kW]	4
• tárgyorsó fordulatszám tartománya [f/perc]	20 ÷ 400 (minden egész szám)
• X tengely menti elmozdulás [mm]	250
• munkaelőtolás [mm/perc]	0.01 ÷ 10
• gyorsmenet [mm/perc]	750
• felbontás [mm]	0.002
• Z tengely menti elmozdulás [mm]	1200
• munkaelőtolás [mm/perc]	0.01 ÷ 3000
• gyorsmenet [mm/perc]	3000
• felbontás [mm]	0.0025
• elfordítási lehetőség [fok]	±12
• furatköszörű fordulatszámai [f/perc]	15800/19700

5.1.5. KÖSZÖRŰKORONG SZABÁLYOZÁSA

A köszörűkorong szabályozása a szegnyeregpre, vagy a hosszasztalra rögzített szabályozó-berendezéssel történik. Külön-külön szabályozó gyémánt végzi a köszörűkorong palástfelületének, jobb-, illetve bal oldalának szabályozását. A szabályozás következtében előálló méretváltozást a vezérlés automatikusan figyelembe veszi.

5.1.6. CNC VEZÉRLÉS

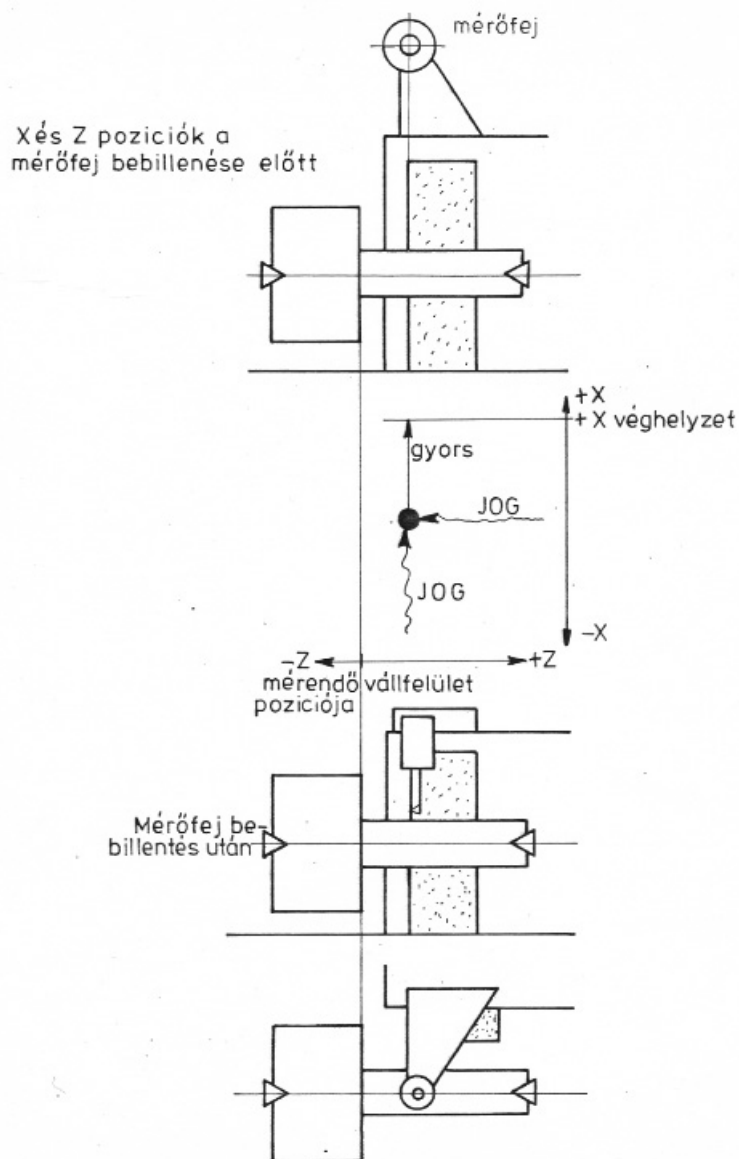
A CNC vezérlés és adatbevitel sajátosságai [95], [100]:

- A gép vezérlését a külön erre a célra kifejlesztett HUNOR 715 PNC mikroszámítógépes vezérlő-berendezés végzi, ami lehetővé teszi tengelyek és furatok köszörülését.
- A programozás és az adatbevitel közvetlenül a gépen elhelyezett vezérlés kezelőabláján végezhető.
- Az automatikus vezérlési funkciók, és a fix köszörülési ciklusokra épülő programtechnika megkönnyíti a programozást és a gép kezelését. A gép melletti programozás megakadályozza a hibás programbevitelt.
- A megírt programok mágnesszalagon archiválhatók.

5.1.7. VEZÉRLÉSI FUNKCIÓK

A gépen alkalmazható vezérlési funkciók és jelentésük:

- A programozás abszolút, vagy növekményes értékbevitellel történik.
- A köszörűkorong méreteit a vezérlés nyilvántartja és a jobb, vagy baloldali vállköszörülésnél, valamint ismételt átlapolt beszúró köszörülésnél automatikusan figyelembe veszi.
- A munkadarab csúcsfészkeinek tengelyirányú helyzetszórásából adódó felfogási helyzeteltérések egy axiális helyzetérzékelő segítségével, automatikusan kiegyenlíthetők.
- A köszörűkorong és a munkadarab érintkezésének létrejöttét akusztikai berendezés (testhang-mikrofon) jelzi a vezérlőberendezésnek.
- Nagypontosságú munkák esetén méretvezérlő berendezések alkalmazhatók, amelyek - közvetlenül érzékelve a munkadarab méretét - kiküszöbölik a köszörűkorong és a szabályozó gyémánt kopásából, a hőhatásokból, valamint a pozicionálási eltérésekből adódó méreteltéréseket. Hat mérőfej egyidejű alkalmazása lehetséges. Az adott mérőfej bebillentés előtti és utáni helyzetének értelmezése a 5.2. ábrán látható.



5.2. ábra. Mérőfej bebillentés előtti és utáni helyzetének értelmezése

5.1.8. ÜZEMMÓDOK

A vezérlés lehetséges üzemmódjai:

- kézi üzemmód;
- programszerkesztés;
- mondatonkénti programfuttatás;
- automatikus programfuttatás.

5.2. A PROGRAMOZÁS ALAPJAI

Az **alkatrészprogramnak tekintjük** a „programazonosító (PRG101)” és a „program vége (END)” utasítás közötti karaktersorozat.

Adott alkatrész megmunkálásához szükséges geometriai -, technológiai - és programtechnikai utasításokat tartalmazza.

5.2.1. AZ ALKATRÉSZPROGRAM FELÉPÍTÉSE

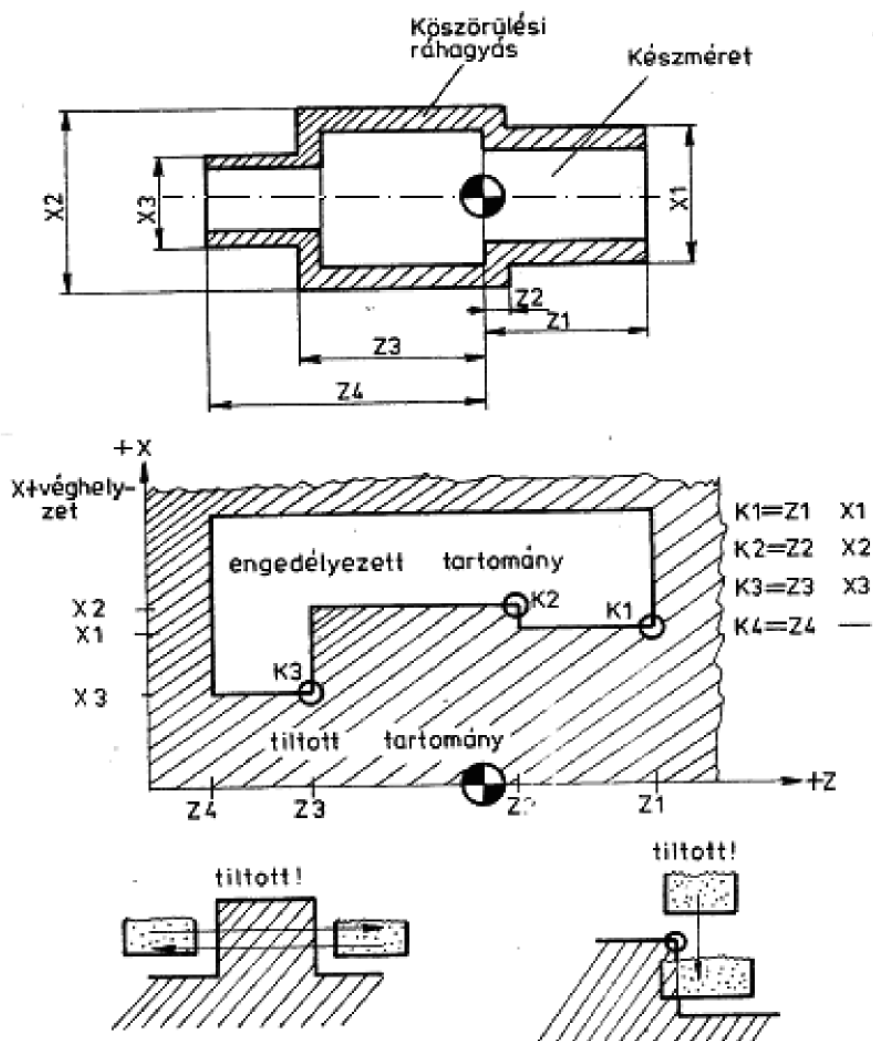
Az alkatrészprogram a következő sorrendben, az alábbi utasításokat tartalmazza:

- **Alkatrészprogram azonosítója** (pl. PRG101011)

Az azonosító az alkatrészprogram azonosítására, aktivizálására szolgál. Az azonosító max. hat számjegy hosszúságú.

- **Alkatrészkontúr (CONTUR)**

X és Z pontokkal (max. 99) meghatározott mozgási tartomány (KZ1, KX1, KZ2, KX2, stb.), amelyen belül ütközésmentes gyorsmenet lehetséges (5.3. ábra).

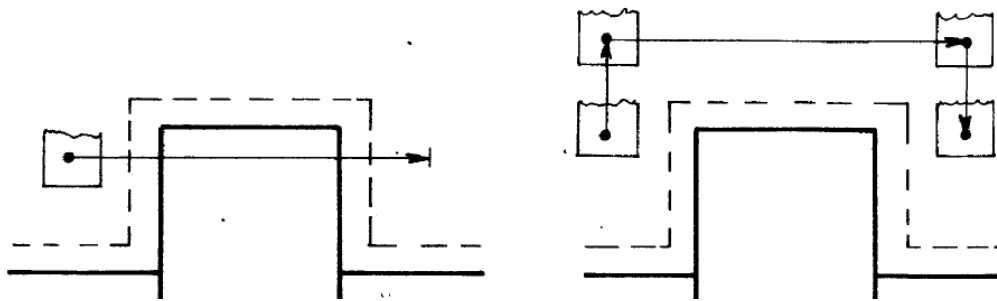


5.3. ábra. Kontúrterület értelmezése

A kontúr megadásának szabályai:

- A programnullpontot célszerű a munkadarab lehetőleg köszörült homloklapján felvenni (lásd az 5.2. ábrán a felső ábrát).
- A növekvő sorszámú Z pontokhoz csökkenő koordinátaértékek tartoznak (lásd az 5.2. ábrán a középső ábrát).
- A sorszám léptetése tetszőleges.
- A pontok értékeit mindig abszolút koordináta rendszerben kell megadni $Z_{\pm 4.4}$ ill. $X_{\pm 3.3}$ mm alakban.
- Az utolsó kontúrponthoz X_n értékét nem kell megadni.

Amennyiben a pozícionálás tiltott területet keresztez, a vezérlés kényszerpozícionálást hajt végre (5.4. ábra).



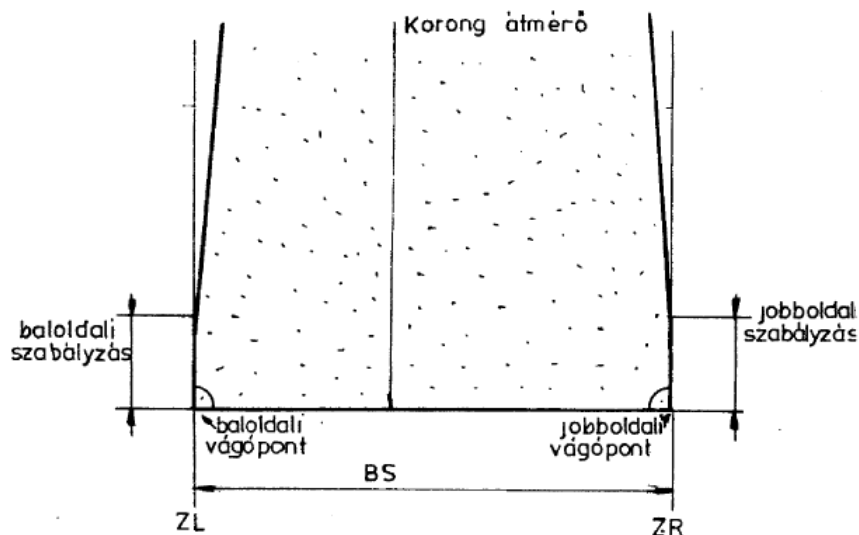
5.4. ábra. Kényszerpozícionálás értelmezése

- **Pont-definíció (POINT)**

Pont-definíció megadása többször előforduló ponthivatkozás esetén.

- **Korongjellemzők (WHEEL)**

A köszörűkorong jellemző méretei és szabályozásának értelmezése az 5.5. ábrán látható. A korong vágó-élének kijelölése a ZL vagy ZR megadásával történik. A köszörűkorong szélességi mérete az alábbi formában BS 2.4 mm adandó meg.



5.5. ábra. Köszörűkorong jellemzői

A köszörűkorong megengedhető mérettartománya:

- a korong maximális átmérője (WMA);
- a korong minimális átmérője (WMI);
- maximális korongszélesség (BMA);
- minimális korongszélesség (BMI).

- **Funkcióprogram (G funkciók)**

Az alkatrészprogram mondatokból, a mondatok pedig szavakból állnak. Az alkatrészprogram a G funkciók segítségével fix köszörülési ciklusokból állítható össze.

A G funkciók jellemzői:

- az alkatrészprogram mondat felépítésű;
- a mondat megadási sorrendje egyben a végrehajtás sorrendje is;
- a mondat tartalmát a ciklus típusa határozza meg;

- bizonyos mondatok lehetnek feltételesen végrehajtandók is.
- A vezérlés a következő **fix ciklusok** alkalmazását engedi meg:

- korongszabályozás;
- csúcsfészek kompenzálás;
- beszúró köszörülés;
- ismételt, átlapolt beszúró köszörülés;
- beszúró köszörülés vállfelület köszörülésével kombinálva;
- alternáló hosszköszörülés;
- furatköszörülés.

- **Alkatrészprogram vége (M02, END)**

5.2.2. G FUNKCIÓK ÉRTELMEZÉSE

A vezérlés a következő G funkciók alkalmazását engedi meg:

- G00 pozicionálás gyorsmenetben;
- G04 programozott várakozás;
- G50 palástfelület szabályozása;
- G54 baloldali homlokfelület szabályozása;
- G56 jobboldali homlokfelület szabályozása;
- G61 vállköszörülés;
- G65 alternáló hosszköszörülés;
- G66 furatköszörülés;
- G70 munkadarab cserehelyzet;
- G72 csúcsfészek kompenzálás;
- G81 átlapolt beszúró köszörülés;
- G82 beszúró köszörülés;
- G83 vállköszörülés II.

A G funkciók részletes leírása a következő pontokban található.

5.2.2.1. G00 POZÍCIONÁLÁS GYORSMENETBEN

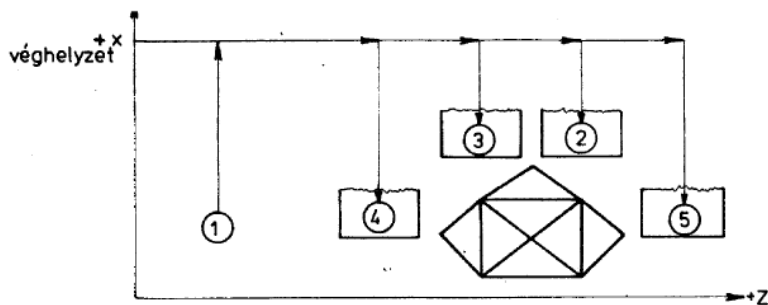
Funkció: koordinátatengelyek menti, gyorsmeneti pozicionálás (5.6. ábra)

Címlánc és formátum:

Z	± 4.4	mm	elérendő pont Z_c koordináta értéke;
X	± 3.3	mm	elérendő pont X_c koordináta értéke;

Mozgások értelmezése:

- 1 - kiindulási pozíció (szabályozás kezdőhelyzetből);
- 2 - G50 esetén, ha a programozott Z negatív;
- 3 - G50 esetén, ha a programozott Z pozitív;
- 4 - G56 esetén;
- 5 - G54 esetén



5.6. ábra. Pozicionálás gyorsmenetben

Visszapozicionálás a szabályozás elvégzése után:

- A G70, G72, G50, G54, G56 végrehajtása előtt a Z_p , X_p pozíciók tárolódnak;
- A G00, G81, G82, G83, G61, G65 után kényszerpozicionálás a +X véghelyzetig, ill. G66 esetén X 0.1 mm-re.

5.2.2.2. G04 PROGRAMOZOTT VÁRAKOZÁS

Funkció: technológiailag szükséges várakozási idő másodpercben.

Címlánc és formátum: H 2.1 sec várakozási idő

5.2.2.3. KORONG DOLGOZÓ FELÜLETEINEK FELSZABÁLYOZÁSA

A különböző köszörülési műveletelemek (hosszelőtolásos és/vagy beszűrő) végrehajtása során a köszörűkorong palást és homlokfelületei kopnak, amelyek felszabályozása a G50, G54 és G56 funkciókkal végezhető. A szabályozási funkciók mozgásciklusai az 5.1. táblázatban foglalt ábrákon láthatók.

G50 - palástfelület szabályozása	G54 - baloldali felület szabályozása	G56 - jobboldali felület szabályozása

5.1. táblázat. Korong szabályozási funkciók mozgásciklusa

- **G50 palástfelület szabályozása**

Funkció: köszörűkorong palástfelületének felszabályozása

Címlánc és formátum: PX 0.3 mm szabályozási fogásvétel;

FZ 1.3 mm/f szabályozási előtolás;

Z ± 2.4 mm szabályozási úthossz;
L 2 - szabályozási löketszám (PX, FZ, Z ismétlése).

- **G54 korong baloldali szabályozása**

Funkció: köszörűkorong baloldali oldalfelületének felszabályozása

Címlánc és formátum: PZ 0.4 mm szabályozási fogásvétel;
FX 1.3 mm/f szabályozási előtolás;
X 2.4 mm szabályozási úthossz;
L 2 - szabályozási löketszám.

- **G56 korong jobboldali szabályozása**

Funkció: köszörűkorong jobboldali szabályozása

Címlánc és formátum: PZ 0.4 mm szabályozási fogásvétel;
FX 1.3 mm/f szabályozási előtolás;
X 2.3 mm szabályozási úthossz;
L 2 - szabályozási löketszám.

5.2.2.4. G70 MUNKADARAB CSEREHELYZET

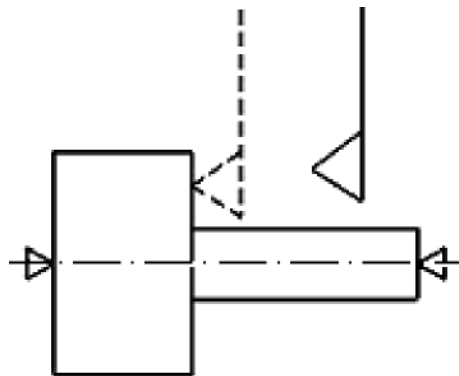
Funkció: A munkadarab cserehelyzetének felvétele a program végén

Folyamat leírása:

- gyorsmenet +X irányba +X véghelyzetig;
- gyorsmenet Z irányba a csúcsfészek kezdeti kompenzálás üzemmódban felvett Z pontig,

5.2.2.5. G72 CSÚCSFÉSZEK KOMPENZÁLÁS

Funkció: Csúcsfészek-szórás kompenzálása induktív helyzetérzékelő segítségével (5.7. ábra)



5.7. ábra. Csúcsfészek-szórás kompenzálása

Folyamat leírása:

- gyorsmenet Z irányba a csúcsfészek kompenzálási pontig (a mérendő homlokfelület előtt vagy mögött 1 mm-ig);
- csúcsfészek kompenzáló mérőfej bebillentése;
- kúszómenet 6 mm/p előtolással –Z vagy +Z irányba (a kúszómenet mozgástartománya 5 mm);
- váll (homlokfelület) mérőfejjel való érintése;
- 1 mm-es visszahúzás gyorsmenetben +Z vagy –Z irányba;
- mérőfej visszabillentése

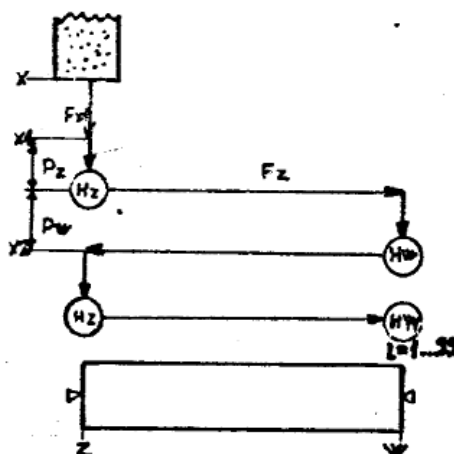
5.2.2.6. ALTERNÁLÓ HOSSZELŐTOLÁSÚ PALÁSTKÖSZÖRÜLÉS

Funkció: Hosszelőtolásos köszörülést célszerűen a köszörűkorong szélességét meghaladó palástfelületek köszörülésénél alkalmazzák. A forgó munkadarab és a köszörűkorong egymáshoz képest hosszirányú, a hengeres munkadarab tengelyével párhuzamos alternáló mozgást végez. Alternáló köszörülés során kiválasztható, hogy a fogásvétel a löket bal-, és/vagy jobb oldalán történjék. Furatköszörülésnél a fogásvétel és a visszahúzás csak a löket elején megengedett. **Típusai:**

- G65 alternáló hosszeltolású palástköszörülés (5.8. és 5.9. ábra);
- G66 furatköszörülés,

Címlánc és formátum:

S	3	f/p	tárgyhajtás fordulatszáma;
Z	± 4.4	mm	Z irányú poz. gyorsmenetben;
X	± 3.3	mm	X irányú poz. gyorsmenetben;
FX1	1.3	mm/p	előtolás X1 átmérőig;
X1 $\pm$	4.4	mm	FX1-el történő előtolás végpozíciója;
FW	4.3	mm/p	előtolás Z és W között;



5.8. ábra. G65 alternáló hosszeltolású palástköszörülés mozgásciklusa

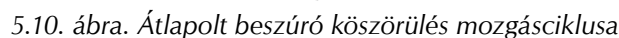
Z	± 4.4	mm	végpozíció Z-ben;
PZ	0.3	mm	-X irányú fogásvétel Z-ben;
HZ	2.1	sec	kiszikráztatás Z pozícióban (G66-ban nincs);
PW	0.3	mm	-X irányú fogásvétel W-ben (G66-ban nincs);
HW	2.1	sec	kiszikráztatás W pozícióban;
X2	± 3.3	mm	elérendő végső átmérő;
L	2	-	kiszikráztatási löketek száma;
X↑	± 3.3	mm	visszahúzás gyorsmenetben,



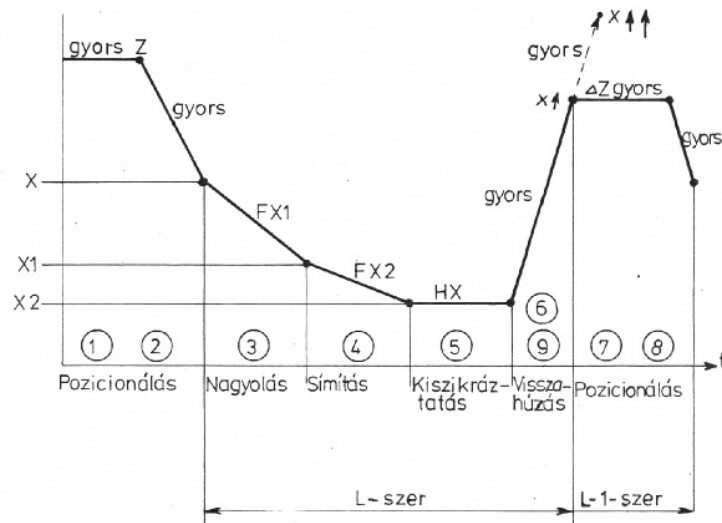
Funkció: Átlapolt beszúró köszörülést abban az esetben alkalmazják, amikor a munkadarab köszörülendő hossza szélesebb, mint a köszörűkorong. A szélesség kezdő- és végpontjának megadása után a vezérlés a beszúrások számát – egy minimális átlapolás figyelembevételével - automatikusan számolja ki. Ha a köszörülendő hossz rövidebb a köszörűkorongnál, akkor a G82 beszúró köszörülési ciklus alkalmazandó.

- G81 átlapolt beszűrő köszörülés (5.10. és 5.11. ábra);
- G82 beszűrő köszörülés

S	3	f/p	tárgyhajtás fordulatszáma;
Z	± 4.4	mm	Z irányú pozícionálás gyorsmenetben;
X	± 3.3	mm	X irányú pozícionálás gyorsmenetben;
FX1	1.3	mm/p	nagyoló előtolás X1 átmérőig, (FX1=0 esetén nincs nagyolás);

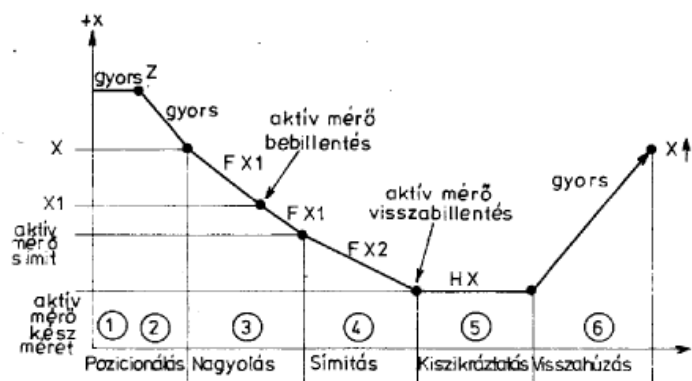
215

X↑	±3.3	mm	visszahúzás gyorsmenetben, (csak G81 funkció esetén);
W	±4.4	mm	utolsó beszúrás Z pozíciója;
MIN	1	mm	minimális átlapolás;
X↑	±3.3	mm	utolsó beszúrás utáni visszahúzás gyorsmenetben,



5.11. ábra. G82 mozgásciklus folyamata

Ha az elérendő átmérő vezérlése mérőfejjel történik (5.12. ábra), akkor a ciklus meghívása előtt M23÷M28 segédfunkciót kell programozni az aktivizálandó mérőfej sorszámának megadásával.

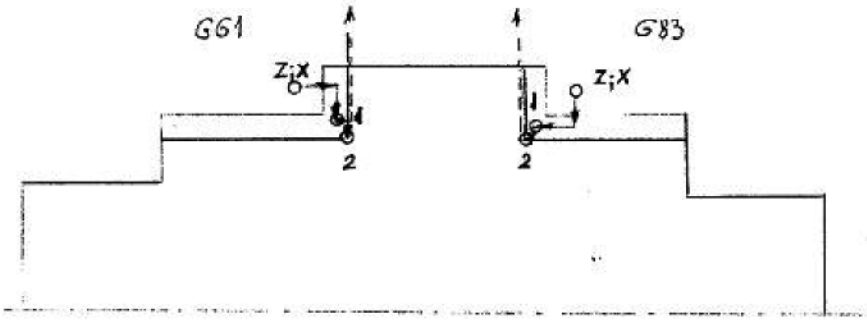
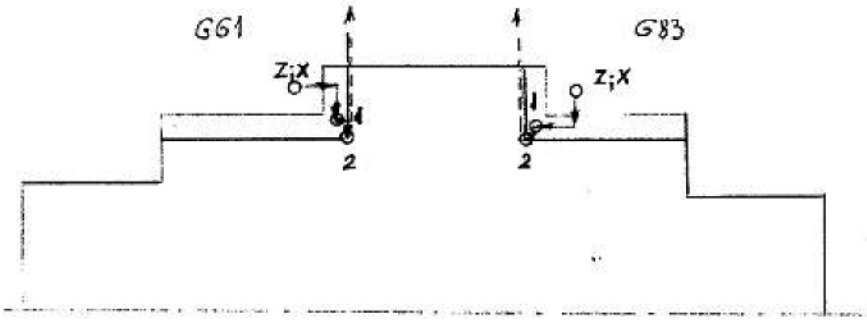
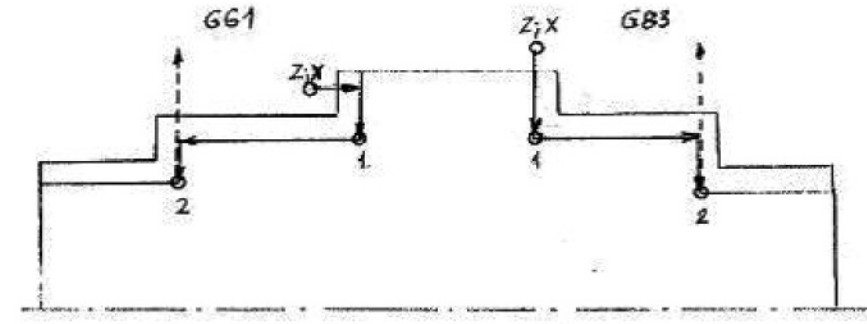
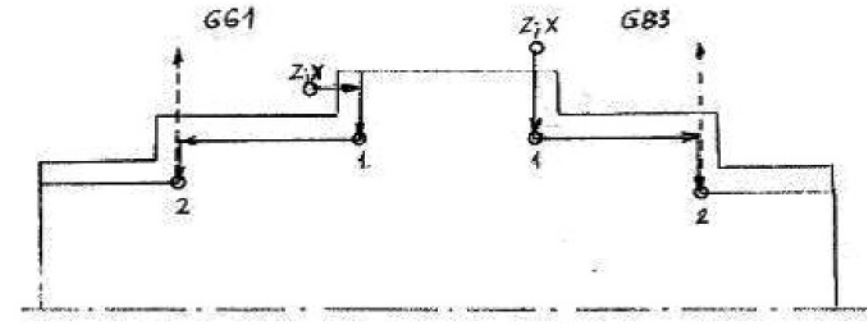
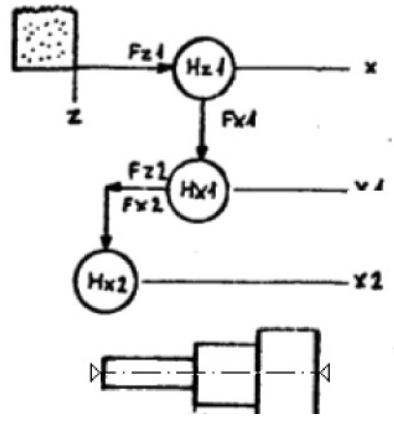
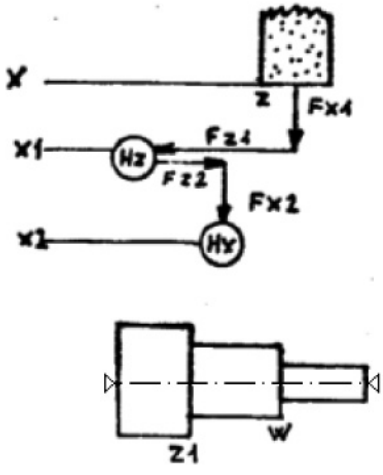


5.12. ábra. G82 mozgásciklus folyamata aktívmérővel

5.2.2.8 VÁLLKÖSZÖRÜLÉS

Funkció: Vállköszörülés olyan beszúró köszörülés, mely során a hengeres munkadarab-szakaszhoz csatlakozó jobb-, vagy baloldali vállfelület nagyoló és/vagy simító köszörülése is megtörténik. Vállköszörülés típusainak, alkalmazásának és mozgásciklusainak értelmezése az 5.2. táblázatban látható.

- G61 és G83 funkcióval történő vállköszörülés jellemzése egy lépcső megmunkálása esetén
 - Pozicionáló mozgás jellege szerint
 - pozicionálás gyorsmenettel a Z; X pontba;

	Vállköszörülés: G61 funkcióval	G83 funkcióval
Egy lépcső nagyoló és simító köszörülése		
Két lépcső nagyoló vagy simító köszörülése		
Mozgásciklus értelmezése		

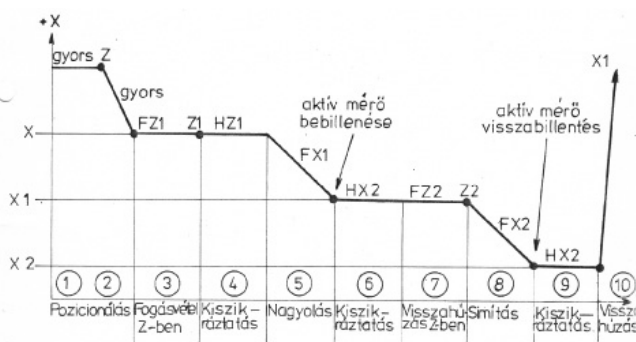
5.2. táblázat. Vállköszörülés típusai, alkalmazása és mozgásciklusai

- pozicionálás nagyoló előtolással a Z1; X1 pontba;
- pozicionálás simító előtolással a Z2; X2 pontba.
- Pozicionáló mozgás végrehajtási, azaz a felületek megmunkálási sorrendje szerint
 - G61 funkció esetén (5.13. ábra):
 - homlokfelület nagyolása;
 - palástfelület nagyolása;
 - homlokfelület simítása;
 - palástfelület simítása;
 - G83 funkció esetén (5.14. ábra):

- palástfelület nagyolása;
- homlokfelület nagyolása;
- homlokfelület simítása;
- palástfelület simítása,
- G61 és G83 funkciók speciális alkalmazását, akkor célszerű igénybe venni, ha a szomszédos lépések nagyoló vagy simító köszörüléssel állítandók elő.

5.2.2.8.1. G61 VÁLLKÖSZÖRÜLÉS

Címlánc és formátum:	S	3	f/p	tárgyhajtás fordulatszáma;
	Z	± 4.4	mm	Z irányú pozicionálás gyorsmenetben;
	X	± 3.3	mm	X irányú pozicionálás gyorsmenetben;
	FZ1	1.3	mm/p	előtolás Z1 pozícióig;
	Z1	± 4.4	mm	FZ1-el történő előtolás végpozíciója;
	HZ1	2.1	sec	kiszikráztatás Z1 pozícióban;
	FX1	1.3	mm/p	előtolás X1 átmérőig,
	X1	± 3.3	mm	FX1-el történő előtolás végpozíciója;
	HX1	2.1	sec	kiszikráztatás X1 pozícióban,
	FZ2	1.3	mm/p	előtolás Z2 pozícióig,
	Z2	± 4.4	mm	FZ2-el történő előtolás végpoz.,
	FX2	1.3	mm/p	előtolás X2 átmérőig,
	X2	± 3.3	mm	FX2-el történő előtolás végpoz.,
	HX2	2.1	sec	kiszikráztatás X2 pozícióban,
	X↑	± 3.3	mm	visszahúzás gyorsmenetben,

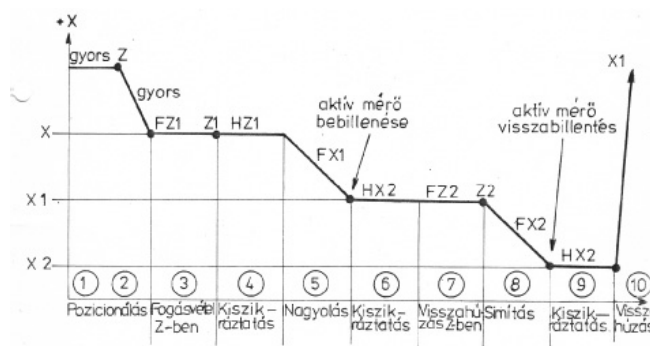


5.13. ábra. G61 mozgásciklus folyamata aktív mérővel

5.2.2.8.2. G83 VÁLLKÖSZÖRÜLÉS II

Címlánc és formátum:	S	3	f/p	tárgyhajtás fordulatszáma,
	Z	± 4.4	mm	Z irányú poz. gyorsmenetben,
	X	± 3.3	mm	X irányú poz. gyorsmenetben,
	FX1	1.3	mm/p	nagyoló előtolás X1 átmérőig,
	X1	± 3.3	mm	FX1-el történő előtolás végpoz.,
	FZ1	1.3	mm/p	előtolás Z1 pozícióig,
	Z1	± 4.4	mm	FZ1-el történő előtolás végpoz.,
	HZ	2.1	sec	kiszikráztatás Z1 pozícióban
	FZ2	1.3	mm/p	előtolás Z2 pozícióig,
	Z2	± 4.4	mm	FZ2-el történő előtolás végpoz.,

FX2	1.3	mm/p	előtolás X2 átmérőig,
X2	± 3.3	mm	FX2-el történő előtolás végpoz.,
HX	2.1	sec	kiszikráztatás X2 pozícióban,
X $\uparrow$	± 3.3	mm	visszahúzás gyorsmenetben.



5.14. ábra. G83 mozgásciklus folyamata aktív mérővel

5.2.3. EGYÉB UTASÍTÁSOK

Az egyéb utasítások körében foglalkozunk a szerszámkorrekció (T) és a segédfunkciók (M funkciók) értelmezésével.

- Szerszámkorrekció:
A kezdeti korongszabályozás értékei (T01÷T99), amelyek a 01÷99 kulcsokon beállított értékek.
Érvényes : T00-ig;
M01-ig;
M02-ig;
Új mondat végrehajtásáig.
- Segédfunkciók (M funkciók)
Legfontosabb (M funkciók):
 - M01- feltételes stop (érvényesítése a LED égő bekapcsolásával);
 - M02 – program stop;
 - M23 -1. számú aktív mérő bebillentése;
 - ...
 - M28 -6. számú aktív mérő bebillentése;
 - M29 - aktív mérő visszaállítása

5.3. A KÖSZÖRÜLÉS ELŐKÉSZÍTŐ MŰVELETEI

A köszörülés előtt bizonyos előkészítő műveleteket kell végrehajtani. Ez tulajdonképpen nem más, mint az ún. nevezetes pontok bevitele (lényegében a gép alapbeállítása). A nevezetes pontok felvételét a hálózati főkapcsoló bekapcsolását követően, vagy hálózat-kimaradást követő újra indításkor kell végrehajtani.

Ezek a nevezetes pontok a következők:

- **Gépi nullpontok**
A gép bekapcsolását követően, megfelelő nyomógomb lenyomása után, a szánok véghelyzetbe futnak, a mérőrendszerek által jelzett értékeket a memória tárolja. Ezeknek a pontoknak az ismerete a programozó, vagy a gépkezelő számára közbülső, nincs velük dolga, a vezérlés viszont minden programozott helyzetet, korrekciót ezekhez a pontokhoz viszonyít.

- **Kezdeti korongszabályozás**

A kezdeti korongszabályozás során a megfelelő szabályozó gyémánt kézi vezérlés segítségével a köszörűkorong palástfelületén, illetve oldalfelületein végig vezetendő, közben a szánok elmozdulásainak véghelyezetei gombnyomással rögzítendő. A későbbiek során a vezérlés az ily módon nyugtázott véghelyzetek között, automatikusan irányítja a köszörűkorong szabályozási műveleteit.

- **Axiális mérőhelyzet felvétele**

Tengelyirányú mérőhelyzetben érzékeli a bebillentett mérőberendezés a munkadarab kitüntetett oldalfelületének helyzetét. A későbbiekben, a ciklus indítását követően a munkadarab kúszómozgással közelíti ezt a helyzetet, majd a mérőberendezés által jelzett helyzetben áll meg. Az axiális mérőpont tehát az a helyzet, ahol munkadarab megáll, mindig állandó távolságban van program-nullponthoz viszonyítva.

- **Program-nullpont**

A program-nullpont felvétele abból áll, hogy a munkadarab egyik, kiindulásként választott hengeres felületét és az ahhoz csatlakozó vállfelületet kézi vezérléssel, érintő fogást vesznek, majd a kapott felületeket megméri, és az értékeket a vezérlésbe beadják. Lényegében megadják a vezérlésnek, hogy a köszörűkorong a választott program- nullponthoz képest hol áll. A program-nullpont felvétele közben a vezérlés számítógépe a kezdeti korongszabályozás során rögzített pozíciókból, továbbá az érintő köszörüléssel előállított munkadarab-méretekből kiszámítja a köszörűkorong tényleges méreteit (átmérőjét és szélességét), azokat a továbbiakban nyilvántartja, figyelembe véve a korongszabályozások során bekövetkező méretváltozásokat is.

- **Cserehelyzet**

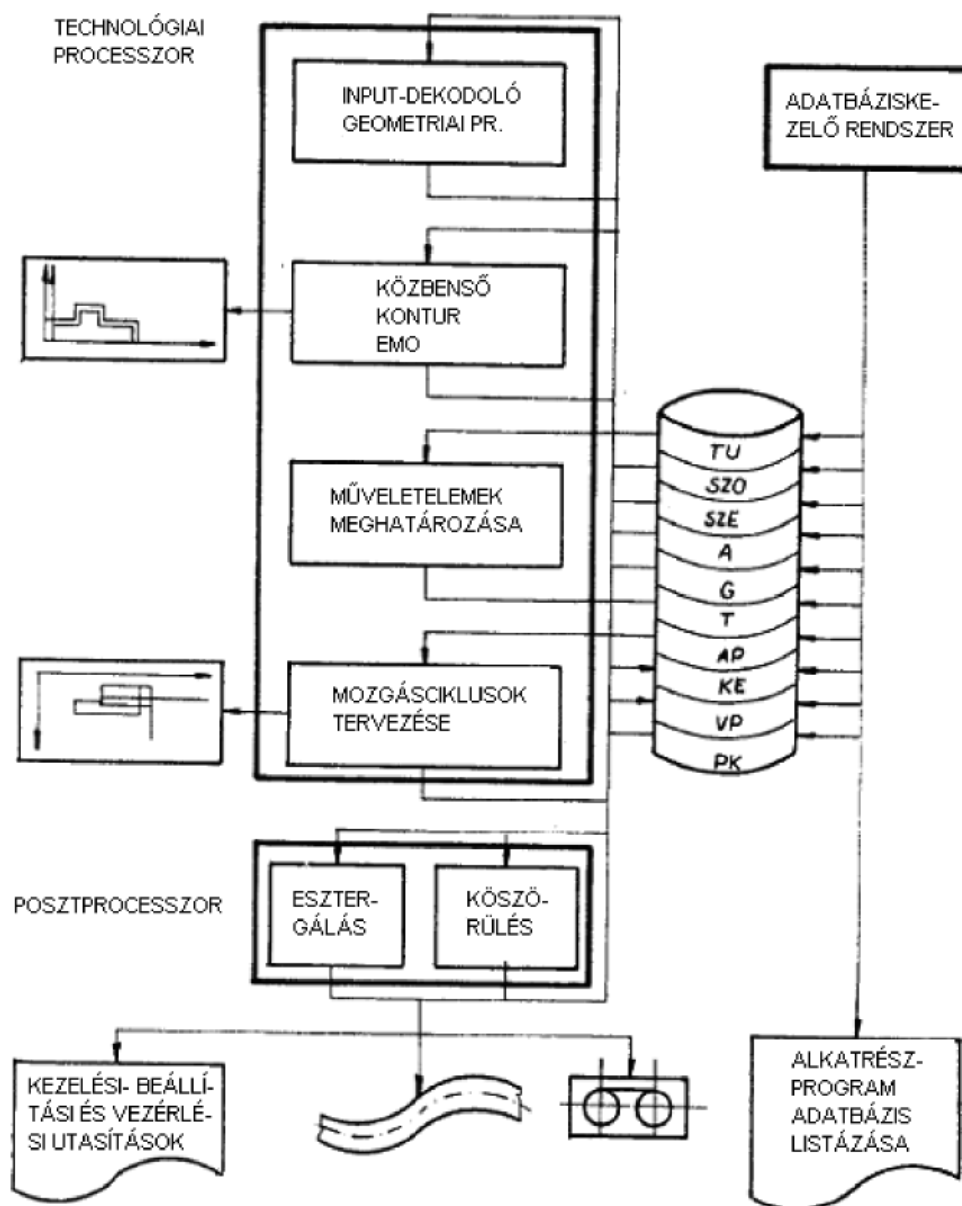
A munkadarab cseréje történik ebben a helyzetben, ez az axiális mérőponttól néhány milliméterrel balra helyezkedik el. A köszörülési ciklus utolsó mozzanataként a hosszasztal mindig ezt a helyzetet foglalja el. A következő ciklus indításakor a munkadarab (tulajdonképpen a hosszasztal) ebből a helyzetből indulva közelíti az axiális mérőberendezést.

A nevezetes pontok felvételét a leírt sorrendben kell végrehajtani, ellenkező esetben a vezérlés hibát jelez.

5.4. A RENDSZER TECHNOLÓGIAI ALAPJAI

A GTIPROG/E-PK rendszer felépítése (lásd a 5.15. ábrát) teljes mértékben megegyezik a GTIPROG/E rendszer 1985 előtti verziójának felépítésével (processzor-posztprocesszor elv, tipizált műveletelemekből történő építkezés, vezérlőprogram – orientált processzor-posztprocesszor közbenső nyelv (CLDATA), önálló technológiai adatbázis) és funkcióival (INPUT-DEKOD, GEOMETRIAI PROCESSZOR, TECHNOLÓGIAI PROCESSZOR, POSZTPROCESSZOR, stb.).

A köszörülési műveletelemek technológiai tervezése során az alábbi körülményekre kell tekintettel lenni [25], [95]: a köszörűkorong palást- és oldalfelületeinek méretszabályozása:



5.15. ábra. GTIPROG/E-PK rendszer felépítése

- a köszörűkorong szabályozás utáni méreteinek automatikus figyelése;
- a munkadarab csúcspontjainak méretszórásából eredő axiális helyzetének kiegyenlítése;
- a köszörűkorong és a munkadarab érintkezésének akusztikai figyelése (GAPCONTROLL);
- feltételes vezérlési utasítások kiadási lehetőségének biztosítása;
- különböző megmunkálási és vezérlési ciklusok alkalmazhatósága;
- adott felületek nagyoló és simító köszörülése egy cikluson belül valósul meg

A ciklusokban alkalmazott köszörülési eljárások [3], [6], [72]:

- külső palástköszörülés esetén:
 - hosszolótolásos;
 - beszúró (átlapolt, ha a megmunkálandó hossz nagyobb, mint a korong szélessége);
- beszúró vállköszörülés külső palást és homlok felületek köszörülése esetén;
- hosszolótolásos furatköszörülés.

5.4.1. A KÖSZÖRÜLÉSI PROCESSZORBAN MEGOLDANDÓ TERVEZÉSI FELADATOK

A műveletelemek (ciklusok) végrehajtási sorrendjét az alkatrészprogramban megadott műveletelemek sorrendje határozza meg.

A **műveletelemek tervezése során:**

- Elvégzendő a köszörűkorong ütközésmentes pozicionálásának behatárolása.
- Meghatározandók a műveletelemek (ciklusok) típusai.
- Ciklusok gyorsmeneti pozicionáló kezdőpontja (Z, X) és a gyorsmeneti visszahúzás értékei $X_{\uparrow}$ és $X_{\downarrow}$.
- Nagyoló és/vagy simító mozgások végrehajtásához szükséges hiányzó geometriai és technológiai adatok meghatározása, így a
 - teljes köszörülési ráhagyás (SR) bontása nagyolásra ($SRN = 0.8 \cdot SR$) és/vagy simításra ($SRS = 0.2 \cdot SR$);
 - hosszelőtolású palást- (G65) és/vagy furatköszörülés esetén:
 - nagyolási átmérő (X1), simítási átmérő (X2);
 - fogásvétel helye és mértéke a megmunkálandó felület elején (PZ) és végén (PW);
 - fogásvételi löketszám nagyoláshoz ($L = SRN / (PZ + PW)$), simításhoz ($L = 4$, ha a köszörülendő felület pontossága IT7, $L = 8$ IT6 esetén és $L = 16$ IT5 esetén);
 - HZ és HW kiszikráztatási idő Z és W pozícióban;
 - technológiai adatok beállítása:
 - ☐ tárgyajtás fordulatszámának kiszámítása (S)
 - ☐ FX1 nagyoló fogásvételi előtolás Z pozícióban;
 - ☐ FW asztalelőtolás Z és W között;
 - átlapolt- (G81) és beszűrő köszörülés (G82) esetén:
 - nagyolási átmérő (X1), simítási átmérő (X2);
 - fogásvétel helye a megmunkálandó felület elején (Z);
 - HX1 és HX2 kiszikráztatási idő X1 és X2 pozícióban;
 - technológiai adatok beállítása:
 - ☐ tárgyajtás fordulatszámának kiszámítása (S)
 - ☐ FX1 nagyoló és FX2 fogásvételi előtolás Z pozícióban;
 - ☐ az átlapolások számának meghatározásához ismerni kell az utolsó beszűrési Z pozícióját, a minimális átlapolás (MIN) mértékét és a korongszélességét (BS);
 - G61 és G83 váll köszörülés esetén:
 - a ciklus kezdőpontjának (Z,X) meghatározása általában a köszörülendő felületeken levő köszörülési ráhagyások és a korong ráfutási távolság alapján határozható meg;
 - az X1, Z1 és az X2, Z2 pontok értékeinek beállítása a történhet:
 - ☐ a köszörülendő felületeken levő ráhagyások nagyoló és simító köszörülésre való bontásával (egy lépcsős alakzat köszörülése esetén);
 - ☐ két felületazonosítóval előírt lépcsők köszörülése belső sarok pontok megadásával történik;
 - nagyoló köszörülés FX1 előtolással X1 átmérőig, majd nagyoló előtolással Z1-ig (vagy fordított sorrendben G61 esetén);
 - simító köszörülés FX2 előtolással X2 átmérőig, majd simító előtolással Z2-ig (vagy fordított sorrendben G61 esetén);
 - HZ és HW kiszikráztatási idő Z és W pozícióban
 - technológiai adatok beállítása:
 - ☐ tárgyajtás fordulatszámának kiszámítása (S)
 - ☐ FX1 nagyoló fogásvételi előtolás X1 pozícióban, FX2 simító fogásvételi előtolás X2 pozícióban;
- összeállítandók a műveletelemek normálalakjai.

A köszörülés különböző műveletelemei (beszűrő-, átlapolt beszűrő-, váll-, hosszeltolósos palást-köszörülés), szabályozási funkciói (palást-, bal- és/vagy jobb oldali homlokfelület/ és egyéb funkciói (programozott várakozás, csúcsfészek kompenzálás). Továbbá az egyes funkciókhoz tartozó forgácsolási paraméterek (munkadarab fordulatszáma, hossz- vagy sugárirányú előtolás, fogásmélység nagyolás és/vagy simítás esetén, kiszikráztatási idő, élezési adatok, stb.) automatikusan generálódnak, ha azok előírására az alkatrészprogramban utalást nem találunk.

A köszörülési processzorban megoldandó fontosabb **technológiai és programozási részfeladatok**:

- **A vezérlőprogram azonosítójának meghatározása;**

A vezérlőprogram azonosítójának meghatározása a munkadarab rajzszámának felhasználására épül.

- **Alkatrészkontúr meghatározása:**

Célja a köszörűkorong és a munkadarab érintkezésének akusztikai figyelése (GAPCONTROLL), azaz a köszörűkorong ütközésmentes mozgástartományának meghatározása. A korong használt jobb- és/vagy baloldali vágó-pontjai (ZL, ZR, X) mindvégig a kontúron belül legyenek. Ha a vágó-pontok tiltott tartományban vannak, de az elérendő pozíciók az engedélyezett tartományba esnek, nincs kontúrhiba. A kontúrpontok (Zi, Xi) értékei a kész alkatrész adataiból állíthatók be.

Kontúrellenőrzés hatálya:

- Kontúrellenőrzés szükséges a G00, G61, G65, G66, G81, G82 és G83 funkcióknál. A gyorsmeneti mozgások csak a kontúron belül hajtódnak végre, egyébként a vezérlés hiba-üzenetet ad és a pozicionálást nem hajtja végre.
- Kontúrellenőrzés nincs a G50, G54, G56, G70 és G72 funkcióknál.

- **A köszörűkorong palást- és oldalfelületeinek méretszabályozása**

Köszörülés közben a korong természetesen kopik. Meghatározott üzemidő elteltével a kopás mértéke már olyan nagy lehet, hogy veszélyezteti a kívánt pontosságot, növeli termo-hatást, csökkenti a termelékenységet. Ilyenkor alkalmazzák a szabályozó ciklust. A vezérlés a korongszabályozó ciklus során elviszi a korongot a gépen elhelyezett gyémánt csúcshoz, és meghatározott fogásmélységgel szabályozza annak vágó-élét.

Szabályozás típusai és paraméterei:

- G50 palástfelület szabályozása (PX mm szabályozási fogásvétel X irányban, FZ mm/f szabályozási előtolás Z irányban, Z mm szabályozási úthossz Z irányban, L szabályozási löketszám);
- G54 baloldali – és/vagy G56 jobboldali homlokfelület szabályozása (PZ mm szabályozási fogásvétel Z irányban, FX mm/f szabályozási előtolás X irányban, X mm szabályozási úthossz X irányban, L szabályozási löketszám);

5.4.2. KÖSZÖRÜLÉSI MŰVELETELEMEK TECHNOLÓGIAI ADATAINAK MEGHATÁROZÁSA

A köszörülési folyamat modellezése is a 2.1. fejezetben, a szabályos élgeometriájú szer számmal történő forgácsolásra bemutatott általános modellstruktúra szerint történik. Jelen fejezetben a köszörülési folyamat modellezése során csak a **folyamat jellegzetes sajátosságaira** térünk ki, melyek a következők [3], [6], [72]:

- Az abrazív megmunkálás, mint ismeretes szabálytalan él-geometriájú elemi szemcsékkel (mint éllekek) végzett forgácsolás.
- A korong szemcséinek rendezetlen halmaza nagysebességű karcolás útján végzi az anyagleválasztást (normál sebesség $v_c = 30$ m/sec, nagy sebesség $v_c = 50-80$ m/sec).
- Az egyedi szemcsék elhelyezkedése a korong kerülete mentén és radiális irányban véletlenszerű.
- A forgácsolak és méretek szabálytalan geometriájúak, így azok nehezen modellezhetők (a köszörű szemcsét leginkább egy határozatlan élgeometriájú marófogként modellezik).

- A köszörült felület pontossága és/vagy érdessége kiszikráztatással (fogásvétel nélküli löketekkel) állítható be.

A forgástest jellegű alkatrészek (tengelyek, hüvelyek, stb.) köszörülési műveletelemeinek tervezéséhez alapul szolgáló adatok:

- A technológiai tervezés változó adatait tartalmazó alkatrészprogram (bemenő adatok).
- A technológiai hátteret tükröző állandó adatok (gép-, anyag-, szerszám- és technológiai adatok).

Továbbiakban részletesebben csupán az alkatrész bemenő adatait és a gépadatokat tárgyaljuk.

Az alkatrészprogram felépítését, továbbá az általános adatokat, az alkatrész és a műveletelemek leírását, valamint azok sorrendjét kivonatossan az 5.3. táblázat tartalmazza. Az alkatrészprogramot az 1985 előtti bemenő nyelvi verzió szabályai szerint állítottuk össze. A köszörülési alrendszer önálló alkalmazása esetén az előgyártmány és az esztergálási mellékelemek ill. esztergálási műveletelemek leírása elmarad. Az 5.3. táblázatban bemutatásra kerülő alkatrészprogram az 5.16. ábrán látható alkatrész műhelyrajza alapján lett összeállítva.

* * * A L K A T R E S Z P R O G R A M A D A T A I * * *

ALTALANOS SZOVEGES ADATOK

```
Programozo neve.....:BERTA M
DATUM.....:1984.12.11
Munkadarab megnevezese .....:Nyeles fogasker
                rajzszama .....:101011-020005
Szerszamgép megnevezese .....:KUN 250-01
Vezerloberendezes megnevezese .....:HUNOR PNC 715
```

ALTALANOS ADATOK

```
Anyagminoseg szabvanyos megnevezese .....:BC3
...
```

BEFOGASONKENTI ADATOK

```
Anyagallapot kodja .....:7
...
```

ALKATRESZ-LEIRAS

```
A5=H0
A10=D20<H6,RA.4
A15=H30(+.3+.1)
A20=D39.4
A25=H30(+.3+.1)+19<H8-1
A30=D28
A35=H30(+.3+.1)+19<H8,RA.4
A40=D20<H6,RA.4
A45=H30.2+72.9,RA.4
A50=D15<H6,RA.4
A55=H130
A60=D0
```

MUVELETELEMEK SORRENDJE ES LEIRASA

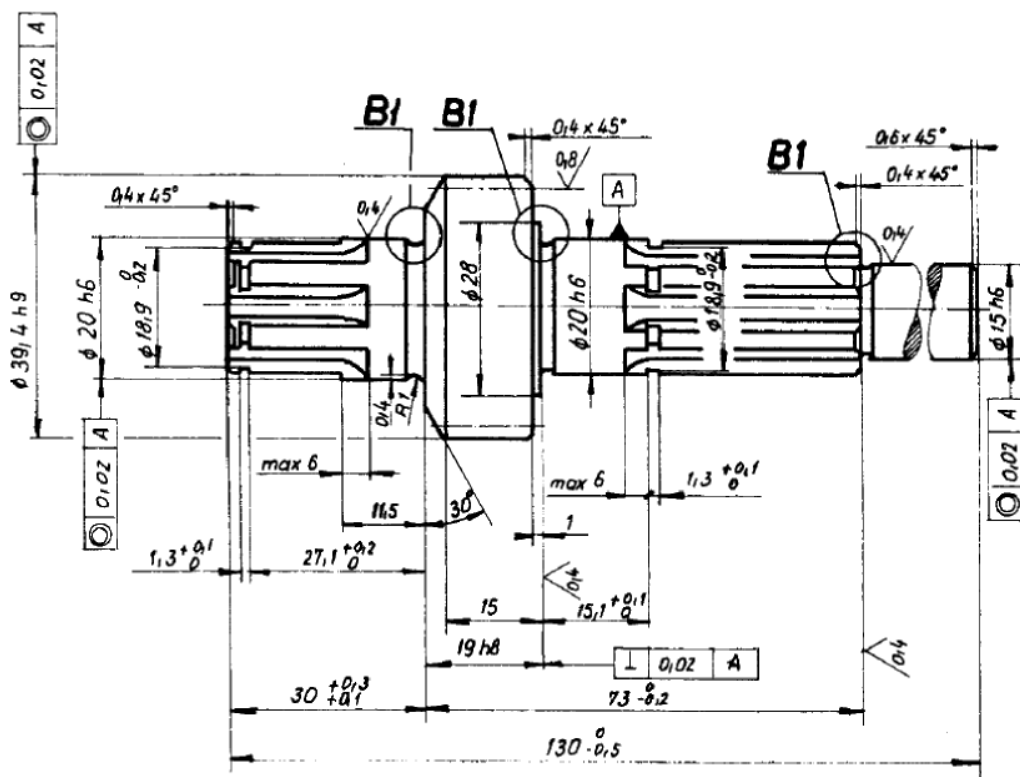
M5=CSUK

M10=SZAP,F0.2,P0.03,H15,L2

M15=VALH,FXN0.5,FZN0.5,HZ5,FZ15,FX0.15,HX5,A35,A40

M20=VALH,FXN0.5,FZN0.5,HZ5,FZ15,FX0.15,HX5,A45,A50

5.3. táblázat. Alkatrészprogram (részlet)



5.16. ábra. A feldolgozandó alkatrész műhelyrajza

Bemenő alkatrészadatok

A technológiai tervezés során felhasznált, fontosabb alkatrészadatok:

Munkadarab rajzszáma;

Szerszámgép és vezérlőberendezés megnevezése;

Anyagminőség szabványos megnevezése;

Anyagállapot kódja (normalizált, nemesített, edzett);

Munkadarab max. átmérője;

Biztonsági távolság homlokon és paláston;

Menesztési felület azonosítója;

Köszörülési műveletelemek típusai, a megmunkált felületek azonosítói;

A megmunkált felületeken levő köszörülési ráhagyások, átlagos érdességek (R_a), a tűrés pontossági osztályai, stb.

Gépadatok (részletes leírásuk az 5.1.4. pontban található).

A rendszer gépválasztásra nem lett felkészítve, így azt az alkatrészprogramban az alkalmazó írja elő. A gép előírása során arra kell törekedni, hogy a munkadarab minél jobban kitöltse a gép mozgásterét és megfeleljen a munkadarab pontossági és érdességi elvárásainak.

A KUN 250-01 palást-köszörűgépre fogható korongok jellegzetes méretei (átmérő x szélesség x fel-fogási átmérő)

- palást-köszörülés esetén:
 - 500 * 80 * 203 mm
 - 500 * 63 * 203 mm
- furat-köszörülés esetén:
 - 15 * 15 * 6 mm
 - 20 * 20 * 6 mm
 - 25 * 25 * 8 mm
 - 32 * 32 * 10 mm

Köszörűkorong választása

A köszörülési folyamat lefolyását alapvetően a megmunkálandó anyag forgácsolhatósága és a köszörűkorong forgácsoló képessége határozza meg.

A köszörűkorong forgácsoló képességét, vagyis az abrazív szerszám minőségét a szemcseanyag minősége és mérete, valamint az abrazív szerkezet keménysége, porozitása és kötőanyaga határozza meg.

A köszörűkorongok azonosítását és kiválasztását az alábbi geometriai és minőségi jellemzők segítik:

A **köszörűkorongok azonosítására** a következő főbb jellemzők szolgálnak:

1 ISO R 525 500 * 80 * 203 1A 54 M 8 V

ahol:

1 – köszörűkorong alakjának ISO kódja (pl. az egyenes korongok jellegzetes alak kódjai 1,105,106, 108, ... ,7, 705,706);

ISO R 525 – ISO szabványszám;

500 – külső átmérő (mérettartomány 10÷1060 mm);

80 – szélesség (mérettartomány 6÷250 mm);

203 – furatátmérő (mérettartomány 6÷508 mm);

1A – szemcseminőség (főbb szemcseminőségek az 5.4. táblázatban láthatók);

Jele	Elnevezése	Anyaga	Régi jelölése
1A	Normál elektrokorund	Al ₂ O ₃	KB
5A	Félnemes elektrokorund	Al ₂ O ₃	KF
6A	Nemes elektrokorund	Al ₂ O ₃	KA
67A	Kevert elektrokorund	Al ₂ O ₃	
7A	Rózsaszín elektrokorund	Al ₂ O ₃	KR
1C	Sötét szilíciumkarbid	SiC	SC
C	Zöld szilíciumkarbid	SiC	SCZ
BC	Bórkarbid	B ₄ C	BC

5.4. táblázat. Szemcseminőség

54 – szemcse méret (mérete és jele az 5.5. táblázatban látható);

M – kötéskeménység;

Elnevezése	Mérete m	Keménységi csoport	Jele
Nagyon durva	8 10 12	Nagyon lágy	D E F G
Durva	14 16 20 24	Lágy	H I J K
Közepes	30 36 46 54 60	Közepes	L M N O
Finom	70 80 90 100 120	Kemény	P Q R S
Nagyon finom	150 180 220 240	Nagyon kemény	T U V W
Porfinom	280 320 400 500	Különlegesen kemény	X Y Z

5.5. táblázat. Szemcsenagyság és kötőanyag

8 – tömörség (választéka az 5.6. táblázatban látható);

V - kötőanyag

Tömörségi csoport	Jele	Kötőanyag jele	Elnevezése	Régi jelölése
Nagyon tömör	0 1 2	V	Kerámia	Ke
Tömör	3 4	S	Szilikát	Bi
Közepes	5 6	E	Sellak	Se
Ritka	7 8 9	B	Műgyanta	
Nagyon ritka	10 11 12	R	Gumi	Gu

5.6. táblázat. Szerkezet (tömörség) és kötőanyag

A köszörűkorongokon levő egyéb jellemzők (gyártó vállalat, megengedett legnagyobb kerületi sebesség m/sec-ban és fordulatszám f/perc-ben új korong esetén).

A köszörűkorongok kiválasztásának technológiai alapja:

- **A köszörűkorong szemcseanyagának kiválasztása** a megmunkálandó anyag alapján:
A szemcseanyag minőségének kiválasztása a köszörülendő munkadarab anyagminőségétől, ridegségétől és keménységétől függően a szerszámgyártó cégek ajánlásai alapján történik. Az anyagminőségeket megmunkálhatóságuk alapján 8÷14 anyagcsoportba sorolják. Az anyag táblázat tartalmazza az egyes anyagcsoportok megnevezéseit, jellemzőit, az adott anyagcsoport megmunkálására alkalmas korongminőségeket palást-, ill. furatköszörüléshez, ajánlott sebességviszony (q) minimális és maximális értékei nagyoló és simító köszörüléshez.
A megmunkálandó anyag és szemcseanyag, valamint a korong egyéb jellemzőinek összerendelése:

- 1. anyagcsoport:** ötvözetlen és alacsonyötvöztetésű edzetlen acélok (<80 kg/mm²):
 - palástköszörüléshez normál elektrokorund 1A 54 M 8 V
 - furatköszörüléshez normál elektrokorund 6A 46 M 8 V
 - 2. anyagcsoport:** ötvözetlen és alacsonyötvöztetésű edzett acélok (pl. betét és nemesített acélok <62 HRC)
 - palástköszörüléshez normál elektrokorund 6A 46 K 8 V
 - furatköszörüléshez normál elektrokorund 6A 60 L 8 V
 - 3. anyagcsoport:** közepesen-, erősen ötvöztött szénacél és gyorsacél
 - palástköszörüléshez nemes elektrokorund 6A 46 L 8 V
 - furatköszörüléshez nemes elektrokorund 6A 54 K 8 V
- ...
- 12. anyagcsoport:** könnyű- és színesfémek, öntöttvasak (<70 Shore)
 - palástköszörüléshez normál sötét szilíciumkarbid 1C 46 K 8 V
 - furatköszörüléshez normál sötét szilíciumkarbid 1C 36 J 8 V

• **A köszörűkorongok kiválasztásának általános szabályai:**

- A lágy és edzetlen acélok köszörüléséhez normál korund, míg szívós- ill. kemény anyagokhoz fél- és nemes korund alkalmazandó. Rideg anyagok (pl. öntöttvas, keménybronz), vagy nagyon lágy anyagok (pl. színesfémek, gumi) köszörüléséhez sötét szilíciumkarbid, míg igen kemény anyagokhoz zöld szilíciumkarbid használandó.
- A szemcsenagyság annál finomabb, minél keményebb és ridegebb a munkadarab anyaga, vagy annál durvább, minél lágyabb az anyag, továbbá simításhoz finomszemcséjű, nagyoláshoz, pedig durvaszemcséjű korong választandó.
- A szemcseméret kiválasztását az elérendő felületi érdesség alapján az MSZ4724 ajánlása alapján az alábbiak szerint végezhető:
 - nagyoló köszörüléshez, $Ra \geq 0.63 [\mu m]$ mellett ajánlott szemcseméret $30 \div 46$;
 - simító köszörüléshez, $Ra \geq 0.32 [\mu m]$ mellett ajánlott szemcseméret $46 \div 60$.
- Minél nagyobb a q sebességi viszony, annál lágyabb korongot kell használni.
- Lágy, kenődő, ill. nehezen megmunkálható anyagokhoz általában a nyitottabb szerkezetű (pl. 8) korongot célszerű alkalmazni, stb.

A köszörülési folyamat alapösszefüggései

A köszörülési folyamat fontosabb jellemzőinek leírására szolgáló **összefüggéseik** [3], [5], [23], [25], [60], [67], [100], [109]:

• **A munkadarab kerületi sebességének (v_w) és fordulatszámának (S) leírása**

Köszörülésnél a v_w munkadarab kerületi sebességét az un. q sebességviszony alapján szokás megadni, mely azt mutatja, hogy hányadrésze a v_s korong kerületi sebességének a v_s munkadarab kerületi sebessége:

$$q_{\text{kor}} = \frac{60v_s}{v_w}, \text{ melyből } v_w = \frac{60v_s}{q_{\text{kor}}}$$

ahol:

v_s – a korong kerületi sebességének értéke állandónak tekintendő (lásd a géptáblázatot, mely szerint 45 m/sec). A köszörűkorong fordulatszáma nem, vagy csak néhány fokozatban változtatható a korongkopás kompenzálása céljából.

A q_{kor} sebességviszony korrigált értéke az alábbiak szerint függ a megmunkálandó anyagcsoporttól, a köszörülés módjától (nagyolás, simítás, valamint külső vagy belső palástköszörülés, stb.) és a köszörűkorongtól:

$$q_{\text{kor}} = q \cdot k_a \cdot k_D \cdot k_f$$

q – adott megmunkálandó anyagcsoportra ajánlott sebességviszony értéke (anyagtáblázatból);

k_a – köszörülési mód hatása (technológiai táblázatból) q -ra:

$$\begin{aligned} k_a &= 1 && \text{nagyoló köszörülés esetén } f=.05 \text{ mm fogásmélység mellett;} \\ k_a &= 0.6 && \text{félsimító köszörülés esetén } f=.03 \text{ mm fogásmélység mellett;} \\ k_a &= 0.4 && \text{simító köszörülés esetén } f=.015 \text{ mm fogásmélység mellett;} \end{aligned}$$

k_D – köszörűkorong átmérőjének hatása (technológiai táblázatból) q -ra palást köszörülés esetén:

D	40	100	200	300
k_D	1.65	1.25	1	0.85

k_f – hosszirányú előtolás nagyságának ($f_z=k$ BS) hatása (technológiai táblázatból) q -ra

k	0.3	0.4	0.5	0.6	0.75
k_f	0.6	0.85	1	1.2	1.4

BS – köszörűkorong szélessége [mm];

A q_{kor} sebességviszony korrigált értéke nagyoló vagy simító köszörülés esetén egy technológiai szempontból megengedett tartományban ($q_{min} \div q_{max}$) mozog, melynek adatai, a q -hoz hasonlóan, az anyagtáblázatból vehetők.

A munkadarab kerületi sebességéből (v_w) számítható a **fordulatszám** (S):

$$v_w = \frac{d\pi S}{1000}, \text{ melyből } S = \frac{1000v_w}{d\pi}$$

• **Előtolás, fogásmélység leírása hosszirányú palástköszörüléshez**

- A **hosszirányú előtolást** a korongszélességgel arányos módon (k) értelmezzük ($f_w = k \text{ BS}$ [mm/mdf. fordulat]). A k ajánlott értékét a felületi érdesség (R_a) alapján az alábbi táblázatból vehetjük:

R_a	0.16	0.32	0.63	>0.63
k	0.16	0.25	0.5	0.75

Mivel a ciklusban a percenkénti előtolást (FW) kell programozni, így az f_z -t a tárgyfordulattal (S) fel kell szorozni:

$$FW = f_z S$$

- **Fogásmélység** a_e [mm/löket] leírása hosszköszörülés esetén

$$a_e \leq \frac{C_a d^{Z_a}}{v_w f} k_{fa} k_T$$

ahol: C_a - fogásmélységi állandó nagyoló ill. simító köszörülés esetén (technológiai táblázatból),
 d - munkadarab átmérő [mm];
 Z_e - munkadarab átmérő hatványkitevője;
 v_w - munkadarab kerületi sebesség [m/min];
 f - előtolás értéke nagyoló köszörülés esetén k, míg simítás esetén f_z ;
 k_{fa} - anyagminőségtől függő korrekciós tényező (technológiai táblázatból);
 k_T - éltartamtól függő korrekciós tényező (technológiai táblázatból).

- **Fogásvételi löketszám** (L) meghatározható:
 - összefüggés alapján számítandó $L = (X1 - X2) / 2 a_e$
 ahol: $X1$ - kiinduló átmérő;
 $X2$ - köszörült átmérő;
 a_e - sugárirányú fogásmélység nagyoló vagy simító köszörüléskor;
 - ill. táblázatból határozható meg az elérendő pontossági osztály (IT) alapján:

IT	IT7	IT6	IT5
L	4	8	16

- **Kiszikráztatási idő** (HZ, HW [sec]) Z vagy W-ben
 $HZ = HW = 60/S$
 ahol: S - a munkadarab fordulatszáma;

- **Az előtolás leírása beszűrő ill. homlokköszörüléshez (v_f)**
 - **Sugár-**(FX1, FX2 [mm/perc]) **ill. hosszirányú előtolás** (FZ1, FZ2 [mm/perc]) meghatározása:

$$v_f = \frac{C_f}{d^{Z_f} b^{U_f}} k_{f_a} k_T$$

ahol: C_f - előtolási állandó nagyoló ill. simító köszörülés esetén (technológiai táblázatból);
 d - munkadarab átmérő [mm];
 Z_f - munkadarab átmérő hatványkitevője (technológiai táblázatból);
 b - beszűrési szélesség [mm];
 U_f - beszűrési szélesség hatványkitevője (technológiai táblázatból);
 f - előtolás értéke nagyoló köszörülés esetén k , míg simítás esetén f_z ;
 k_{f_a} - anyagminőségtől függő korrekciós tényező (technológiai táblázatból);
 k_T - éltartamtól függő korrekciós tényező (technológiai táblázatból).

- **Forgácsolóerő leírása (F_c) [N]**

$$F_c = k_c A v_w / v_s$$

ahol: k_c - fajlagos forgácsolási erő (energia);
 A - közepes forgácskeresztmetszet ($A = a_e a_p$) oldalelőtolásos palástköszörülés esetén
 $a_p = f_w = k BS$, míg beszűrő palástköszörülés esetén $a_p = b$, azaz a beszűrési szélességgel.

- **Forgácsolási teljesítmény leírása beszűrő-, palásthossz- és homlokköszörüléshez (P_c) [kW]**

$$P_c = C_p v_w a_e^x f^y d^q b^z$$

ahol: C_p - nyomatéki állandó beszűrő-, palásthossz- és homlokköszörüléshez
 v_w - munkadarab kerületi sebesség [m/min];
 a_e - fogásmélység [mm];
 x - fogásmélység hatványkitevője nyomaték számításához (technológiai táblázatból);
 f - előtolás (radiális vagy axiális);
 y - előtolás hatványkitevője nyomaték számításához (technológiai táblázatból);
 d - munkadarab átmérő [mm];
 q - munkadarab átmérő hatványkitevője (technológiai táblázatból);
 b - beszűrési szélesség [mm];
 z - beszűrési szélesség hatványkitevője (technológiai táblázatból);

Az optimális technológiai adatok korlátrendszere

A külső beszűrő-, palásthossz- és homlokköszörüléskor, továbbá furatköszörüléskor az alábbi általános feltételrendszer alkalmazása szükséges:

- **A köszörűkorong és a munkadarab kerületi sebességének** technológiai megengedett **viszony-számát** ($q_{mm,min}$; $q_{mm,max}$), amely a munkadarab anyagcsoportjától, a megmunkálás módjától – azaz a megmunkálás minőségi fokozatától (nagyolás, simítás) és a köszörülési eljárástól (palást beszűrő-, furat vagy palást hosszlelőtolásos köszörülés) – függ, az alábbi korlátokkal írhatjuk le:

$$q_{mm,min} \leq q_{kor} \leq q_{mm,max}$$

ahol:

$q_{mm,min}$; $q_{mm,max}$ – az adott anyagcsoportra és megmunkálási módra ajánlott sebesség viszonyszám min. és max. értéke (anyagtáblázatból).

- A q_{kor} -ból számítható a munkadarab kerületi sebessége $v_w = \frac{60v_s}{q_{\text{kor}}}$, majd ebből a **gépen beállítható tárgyfordulatszám** $S = \frac{1000v_w}{d\pi}$, melynek az alábbi korlátokat kell kielégítenie:
 $S_{\text{gég,min}} \leq S \leq S_{\text{gég,max}}$
 ahol:
 $S_{\text{gég,min}} ; S_{\text{gég,max}}$ – a gépen beállítható tárgy fordulatszám min. és max. értéke (géptáblázatból).
- A mm/percben számított **hosszirányú előtolás** (FW) elégítse ki az alábbi korlátokat:
 $FW_{\text{gég,min}} \leq FW \leq FW_{\text{gég,max}}$
 ahol:
 $FW_{\text{gég,min}} ; FW_{\text{gég,max}}$ – a gépen beállítható előtolás min. és max. értéke (géptáblázatból).
- A mm/lökétben számított **fogásmélység** (a_e) elégítse ki az alábbi korlátokat:
 $a_{\text{mm,min}} \leq a_e \leq a_{\text{mm,max}}$
 ahol:
 $a_{\text{mm,min}} ; a_{\text{mm,max}}$ – az adott anyagcsoportra és megmunkálási módra ajánlott fogásmélység min. és max. értéke (anyagtáblázatból).
- A mm/percben számított **előtolás** ($f=v_f$) beszúró köszörüléshez elégítse ki az alábbi korlátokat:
 $f_{\text{mm,min}} \leq f_e \leq f_{\text{mm,max}}$ és
 $f_{\text{gég,min}} \leq f_e \leq f_{\text{gég,max}}$
 ahol:
 $f_{\text{mm,min}} ; f_{\text{mm,max}}$ – az adott anyagcsoportra és megmunkálási módra ajánlott előtolás min. és max. értéke (anyagtáblázatból);
 $f_{\text{gég,min}} ; f_{\text{gég,max}}$ – a gépen beállítható előtolás min. és max. értéke (géptáblázatból).
- A köszörülési folyamatra fordított **teljesítmény** (P_c) nem lépheti túl a köszörűkorongot hajtó villamos motor teljesítményét ($P_{\text{gép,s}}$)

$$P_c = \frac{F_c v_s}{60 \times 102} \leq \eta P_{\text{gép,s}}$$
- A köszörülési folyamatra fordított **teljesítmény** (P_c) nem lépheti túl a munkadarabot forgató hajtómű villamos motor teljesítményét ($P_{\text{gép,w}}$)

$$P_c = \frac{F_c v_w}{60 \times 102} \leq \eta P_{\text{gép,w}}$$

Forgácsolási paraméter számító modul leírása

A forgácsolási paraméterek meghatározására a műveletelemek generálása után a műveletelem tervezés keretében kerül sor.

A köszörülés különböző műveletelei (beszúró-, átlapolt beszúró-, váll-, hosszleőtolásos palást-köszörülés), szabályozási funkciói (palást-, bal- és/vagy jobb oldali homlokfelület/ és egyéb funkciói (programozott várakozás, csúcsfészek kompenzálás). Továbbá az egyes funkciókhoz tartozó forgácsolási paraméterek (munkadarab fordulatszáma, hossz- vagy sugárirányú előtolás, fogásmélység nagyolás és/vagy simítás esetén, kiszikráztatási idő, élezési adatok, stb.) automatikusan generálódnak, ha azok előírására az alkatrészprogramban utalást nem találunk.

A modul által meghatározott technológiai adatok a műveleti utasításokba (műveletelem normálalakjába) épülnek be.

Tervezési eredmények illesztése

A technológiai processzor tervezési eredményeit a processzor-posztprocesszor közbenső adatai tartalmazzák. Ezen adatokat az adott vezérlőberendezés nyelvére a megfelelő posztprocesszor meghívása útján illesztjük.

A posztprocesszor alapvető funkciója az adott szerszámgép-vezérlőberendezés programhordozójának (vezérlőprogramjának) előállítása. Az illesztő-program szerkeszti meg a gyártási dokumentációként használható kezelési és beállítási utasításokat, továbbá a vezérlőprogramot.

A köszörülési posztprocesszor futtatási eredményeinek egy töredékét az 5.7. táblázatban mutatjuk be.

A rendszer alkalmazási lehetőségei

A GTIPROG/E-PK integrált rendszer NC-CNC eszterga- és/vagy palást-köszörűgépek programozására szolgál. A rendszer egyaránt alkalmas tengely és tárcsa jellegű alkatrészek technológiai tervezésére.

Vezérlőprogram tartalma				Vezérlőprogram értelmezése
PRG	101011			- vezérlőprogram azonosítója
KZ1		161		- az alkatrészkontúr jellegzetes pontjai
KX1		17.3945		
KZ2		104.3		
KX2		22.3935		
KZ3		50.3835		
KX3		30		
KZ4		49.1835		
KX4		41.4		
KZ5		25.2		- a köszörűkorong megengedhető mérettartománya
WMA		500		
WMI		450		
BMA		63		
BMI		58		- a csúcsfészek kompenzálása
5				- a / a feltételes utasítás jele
	G72			- a korong baloldali kompenzálásának paraméterei
10/				
	G50			
		PX	.03	
		PZ	.2	
		Z	63	- a korong palástfelületének szabályozási paraméterei
		L	2	
15/				
	G54			
		PX	.03	
		PZ	.2	- szerszámkorrekció
		X	10	- pozicionálás gyorsmenetben
		L	2	
20				
	T01			- a beszúró vállköszörülés ciklusának paraméterei
	G00			
		ZL	50.3835	
		X	22.3935	
	G61			
		S	220	
		ZL	50.3835	
		X	22.3935	
		FZ1	.5	
		Z1L	49.2335	

Vezérlőprogram tartalma			Vezérlőprogram értelmezése	
25		HZ1	5	- szerszámkorrekció, pozicionálás gyors- menetben, majd egy újabb G61-es ciklus hívása, stb. ...
		FX1	.5	
		X1	20.0935	
		HX1	0	
		FZ2	15	
		Z2	49.1835	
		FX2	.15	
		X2	19.9935	
		HX2	5	
		X↑	41.4	
	T02			
	G00			
	ZL	104.3		
	X	17.3945		

5. 7. táblázat. Futtatási eredmény (vezérlőprogram, részlet)

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Acélkalauz: acélminőségek jellemző adatai. Szabványkiadó, Budapest, 1983.
- [2] Artinger I.: Korszerű szerszámanyagok. VIII. Nemzetközi Szerszámkonferencia, Miskolc, 1993., pp. 34–40.
- [3] Bali J.: Forgácsolás. Tankönyvkiadó, Budapest, 1985.
- [4] Balic J.: Contribution to integrated manufacturing. DAAAM International Vienna, 1999.
- [5] Bálint L.: A gépgyártástechnológia alapjai. Tankönyvkiadó, Budapest, 1980.
- [6] Buchholz T. – Kuhn R.: Rechnergestützte Schnittwertoptimierung beim Frazen. VDI- Zeitschrift, 1989. N^o-1, pp. 59–62.
- [7] Berta M.: Iszlédoványie i razrabotka szisztému proektyirovanyijá technologiczeszkoj asztnászki k tokarno-revolvernüm sztankam sz CsPU sz primenyenyiem EVM (NC revolveresztergák számítógépes szerszámtervezése és vizsgálata). Kandidátusi értekezés, Leningrád, 1980.
- [8] Berta M.: CNC szerszámgépek szerszámrendszerei. Nyíregyházi Főiskola, Nyíregyháza, 2014.
- [9] Berta M. – Cser I.: Egységes programozási nyelvek és adatbázis kifejlesztése. TECHNOS ,75. Elhangzott a GTI V. Tudományos Ülésszakán, Budapest, 1975. Megjelent a GTI 47/2. sz. kiadványában, pp. 277–290.
- [10] Berta M. – Cser I.: Rechnergestützte Programmierung Qualitätssicherung, Operationsplanung von Drehzentren. VIII. Nemzetközi Szerszámkonferencia. Miskolc, 1993. pp. 627–635.
- [11] Berta M. – Cser I.: Proektirovanie operacionnüh processzov dlia tokarnüh centrov. INTERPARTNER 97, Alusta, 1997. pp. 129–136.
- [12] Berta M. – Cser I.: Programming of Elemental Displacements along Patb in the GTIPROG/EC Systems. GÉP, LI. évfolyam, 2000/9. szám, pp. 41–43.
- [13] Berta M. – Cser I.: Művelettervezés a GTIPROG/EC rendszerben. IX. Országos Gépész Találkozó, Kolozsvár, 2001., pp. 54–57.
- [14] Berta M. – Cser I.: Motion statements in GTIPROG/EC system. High technologies of machine-building, Kharkov, 2002., pp. 41–45.
- [15] Berta M. – Cser I. – Juhász M.: Az esztergálási processzor bemenő nyelve, Az egységes moduláris forgácsolástechnológiai tervezőrendszer, GTI, Budapest, 1980.
- [16] Berta M. – Cser I. – Sisári L.: Forgásszimmetrikus alkatrészek NC programozása Pro/ENGINEER rendszerrel. Oktatási segédlet, Miskolc, 1999. pp. 1–24.
- [17] Berta M. – Dudás I. – Cser I.: Lösungen zur Werkzeugauswahl in den Rechnergesstützten Systemen der Fertigungsplanung. VIII. Nemzetközi Szerszámkonferencia, Miskolc, 1993. pp. 654–662.
- [18] Berta M. – Dudás I. – Cser I.: The condition and development problems of industrial process on CAD/CAPP/CAM System. Rezanie Insztrument 47. sz., 1993. pp. 88–98.
- [19] Berta M. – Dudás I. – Cser I.: A számítógépes gyártástervezés fejlesztésének, alkalmazásának helyzete és problémái. Gépgyártástechnológia, XXIII. évf., 5–6. sz., 1993. pp.: 205–209.
- [20] Berta M. – Futó B. - Juhász M. – Voloncs Gy.: Esztergamegmunkáló központok mikroszámítógépes programozása, MECHATRONINFO '88, MATE, Eger, 1988, pp. 339–350.
- [21] Berta M. – Futó B. - Juhász M. – Voloncs Gy.: GTIPROG E/EC programozási rendszer bemenő nyelve, GTI, Budapest, 1980, 1986, 1989.
- [22] Berta M. – Horváth M.: CAPP rendszerek belső struktúrája I. Nyíregyházi Főiskola, Nyíregyháza, 2014.
- [23] Berta M. – Horváth M. – Lévárdy I.-né – Kazinczy M.: NC gépek egységes számítógépi programrendszerének kidolgozása, Technológiai elvek és módszerek egységesítése, A programozási rendszer egységes kartoték rendszere, KGM-célprogram, GTI, 1973.
- [24] Berta M. – Juhász M.: NC szerszámgépek számítógépes szerszámtervezése. IV. Szerszám- és szerszámanyag Kollokvium, Miskolc, 1978, pp.:1–14.

- [25] Berta M – Juhász M. – Voloncs Gy.: GTIPROG/E-PK microcomputerized programsystem for NC lathe and grinding machines. APMS-COMPCONTROL 85., Budapest, 27–30. august. 1985. OMIKKK Technoinform, Vol.III. p.:492–506.
- [26] Berta M. – Maros Zs. – Szabó S. Forgácsolószerszámok választásának számítógéppel segített megoldásai. microCAD'94 Informatikai Nemzetközi Konferencia, Miskolc, 1994. pp.: 90–97.
- [27] Berta, M. – Szilágyi L.: Szerszámválasztás és forgácsolási paraméterek meghatározása NC esztergák számítógépes programozási rendszerében, TECHNOS ,70. Elhangzott a GTI IV. Tudományos ülésén, Budapest, 1970. Megjelent a GTI 39/3.sz. kiadványában, pp. 318–332; Gépgyártástechnológia, XI. évf. 4.szám,1971. pp.155–157
- [28] Brankamp K.: Gyártási és szerelési kézikönyv, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980.
- [29] CoroKey guide. AB Sandvik Coromant, Sweden, 2010.
- [30] Cser I. – Tóth T.: Computer-aided Technological Process Planning: Methods, Systems and Application Experiences. In: Modelling and Design of Flexible Manufacturing Systems, edited by Andrew Kusiak. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, pp.249–285. 1986.
- [31] Czenthe Sz. – Halász S-né. – Juhász M. – Pikler Gy. – Simon V.- Szmejkál A.: Számjegyvezérlésű szerszámgépek számítógépes programozása, SPE tanfolyami jegyzet, Budapest, 1973.
- [32] DIN-Taschenbuch 6: Bohrer, Senker, Reibahlen, Gewindebohrer, Gewindeschneideisen. Beuth Verlag, Berlin, 1991.
- [33] DIN-Taschenbuch 14: Werkzeugspanner. Normen, Beuth Verlag, Berlin, 1990.
- [34] DIN-Taschenbuch 40: Drehwerkzeuge. Normen, Beuth Verlag, Berlin, 1994.
- [35] DIN-Taschenbuch 167: Fräswerkzeuge. Normen, Beuth Verlag, Berlin, 1992.
- [36] DIN-Taschenbuch 200: NC-Maschinen. Numerische Steuerrungen, Normen, Beuth Verlag, Berlin, 1994.
- [37] Dudás I.: Gépgyártástechnológia I., A gépgyártástechnológia alapjai, Egyetemi tankönyv, Miskolci Egyetemi Kiadó, 2000.
- [38] Dudás I.: Gépgyártástechnológia II., Egyetemi tankönyv, Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc, 2001.
- [39] Dudás I. – Cser I.: Gépgyártástechnológia IV., Egyetemi tankönyv. Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc, 2004.
- [40] Erdélyi F. – Horváth M. – Erdélyi F. – Horváth M. – Kulcsár B. – Monostori E. – Renner G. – Tóth T.: Számítástechnika, informatika a gépgyártás-technológiában, pp.:157–186, Prohászka J. által szerkesztett „A technológia helyzete és jövője „ című tanulmányban, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 2001.
- [41] Eversheim W. – Diels A.: Neutraler Technologiebaustein für die Drehbearbeitung, Zwf, 1988. 6. r. pp. 315–320.
- [42] Eversheim W. – Kals H. J. – König W. – von Luttervelt C. A. – Milberg J. – Storr A.: Tool Management: The Present and the Future. Annals of the CIRP, 40/2/1991. pp.: 631–639.
- [43] Eversheim W. – Wienand L.: Aufbau einer überbetrieblichen Werkzeugdatenbank. VDI-Zeitschrift, 1987. 10. sz. pp. 95–100.
- [44] Domazet D.: The Automatic Tool Selection with The Production Rules Matrix Method. Annals of the CIRP, 39/1/1990. pp.: 497–500.
- [45] Forgácsolási Műszaki Kézikönyv (Technical Guide), AB Sandvik Coromant, Sweden, 2010.
- [46] Fridrik L. – Nagy S. – Orosz L. – Vékony S.: Alkatrészgyártás és szerelés I. Egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó, Budapest, 1979.
- [47] Frischherz A., Piegler H.: Fémtechnológia 2. B+V Lap és Könyvkiadó, Budapest. 2002.
- [48] Futó B.: Elemi pályamenti elmozdulások műveletelem-szintű programozása. Egyetemi doktori értekezés, NME, 1983.
- [49] Futó B. – Berta M.: Automatikus szerszámválasztás és szerszámelrendezés számjegyes vezérlésű esztergák számítógépes programozása esetén. COMPCONTROL, 72, Sopron, 1972, III. köt. pp. 87–94.

- [50] Futó B. – Juhász M.: Forgácsolási műveletelemek, mint a művelet és a programozási rendszer építőkövei TECHNOS, 70. Elhangzott a GTI IV. Tudományos Ülésszakán, Budapest, 1970. Megjelent a GTI 39/3. sz. kiadványában, p. 333-346 Gépgyártástechnológia, XI. évf. 4. szám, 1971. pp. 158–159
- [51] GARANT ToolScont.
- [52] Goránszkij G. K.: Avtomatizirovannüje szisztjemü tyehnologicseszkoy podgotovki proizvodstva v masinosztroenyii, Moszkva, 1976.
- [53] Gyáni K.: A forgácsolás alapjai. Nemzeti I. Tankönyvkiadó, 1993.
- [54] Ham I. – Stephen C.: Computer – Aided Precess Planning. The Present and The Future. Annals of the CIRP, 1988/37. sz., pp. 591–601.
- [55] Held J.: Automatisierung von Drehmaschinen, Werkstatt und Betrieb, 120 k. 1.sz. 1987. pp. 29–36.
- [56] Horváth I.: Bevezetés a számítógépes geometriai modellezésbe. Budapest Műszaki Egyetem, Mérnöktovábbképző Intézet, 1990.
- [57] Horváth L. – Varga T.: Testmodellek és felületmodellek építése, megmunkálási ciklusok modell-alapú tervezése. Jegyzet, BDMF, Budapest, 1996.
- [58] Horváth M.: Az automatizált tervezőrendszerek fejlesztési irányai, TECHNOS, 75. Előadás a GTI V. Tudományos Ülésszakán, Budapest, 1975. Megjelent a GTI 47/2. sz. kiadványában, pp. 152–161
- [59] Horváth M.: Alkatrészgyártási folyamatok automatizált tervezése. Akadémiai doktori értekezés, Budapest, 1984.
- [60] Horváth M. – Krammer G. – Cser I. – Kovács M.: Az egységes gépi programozás moduláris rendszere, MNK javaslat, SPE Budapest, 1974.
- [61] Horváth M. – Markos S.: Számítógépek alkalmazása a gyakorlatban, LSI oktatóközpont, Budapest, 1996.
- [62] Horváth M. – Molnár B. E. – Nagy S.: An Attempt in High Level Automation of Programming of NC Lathes. The FORTAP System, Computer Languages for Numerical Control /J. Hatvany, editor/ North-Holland Publishing Company, Amsterdam-London 1973. pp. 535–547
- [63] Horváth M. – Nagy S.: NC esztergák számítógépes programozási rendszereivel szemben támasztott követelmények, COMPCONTROL, 72 konferencia előadásai, Sopron, 1972. június 19–24. III. köt. pp. 53–63
- [64] Horváth M. – Nagy S.: A FORTAP rendszer, Automatizálás, V. évf. 9.sz. 1972. pp. 22–25
- [65] Horváth M. – Nagy S.: A számítógépes alkatrész-programozás helyzete és perspektívái, VII. Szerszámgépipari Kongresszus anyagai, Budapest, 1972. október 9-14. II. köt. pp. 255–262. Gépgyártástechnológia, XII. évf. 9. szám, 1972. pp. 419–422
- [66] Horváth M. – Nagy S.: Integrált gyártórendszerek technológiai programozása, Gépgyártástechnológia, XIII. évf. 4. szám, 1973. pp. 183–188
- [67] Horváth M. – Somló J.: A forgácsoló megmunkálások optimalizálása és adaptív irányítása, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
- [68] Jakob H. J. – Jakob E. – Kochan D.: Optimális forgácsolás. Műszaki Kiadó, Budapest, 1981.
- [69] Juhász M. – Molnár B. E.: Műveletelemek felismerésének és kiválasztásának problémái a forgácsolási technológia automatikus tervezésénél, COMPCONTROL, 72 konferencia előadásai, Sopron, 1972. június 19–24. III. köt. pp. 73–78.
- [70] Juhász M.: GTIPROG/E esztergálási processzor, Felhasználói kézikönyv: II. Mozgásciklusok működési elve, III. A rendszer kibővítése a DKG bonyolult beszúrásainak és speciális nsgyolási műveletelemeinek megmunkálásához. GTI, Budapest, 1986.
- [71] Kief H. B.: NC-CNC Handbuch 2005/20006. C. Hanser Verlag, München – Wien, 2005.
- [72] König W.: Fertigungsverfahren Band 3. VDI Verlag, Düsseldorf, 1990.
- [73] Lehmann W.: Fachgebiete in Jahresübersichten, Drehverfahren und Drehmaschinen, VDI-Z, 130 (1988), Nr 10, oktober, pp. 56–68.

- [74] Leopold J.: Werkzeuge für die Hochgeschwiedigkeits-bearbeitung. Carl Hauzer Verlag, München – Wien, 1999.
- [75] Lévárdy I.: Az NC gépek felszerszámozása, SPE kiadvány, Budapest, 1975.
- [76] Lévárdy I.: Teljesen automatizált esztergák szerszámrendszerei. Minőség és Megbízhatóság 1983/1, pp.: 8–14.
- [77] Machining Navigator. Seco Tools AB, Sweden.
- [78] Maczó K. – Karza J.: Gyártóeszköz-gazdálkodás tervezése, szervezése, BME Mérnöki Továbbképző Intézet, Kézirat, Budapest, 1984.
- [79] Manual Secolor Tuning Calculator. Seco Tools AB, Sweden.
- [80] Markos S.: Felszerszámozás, szerszámellátás, BME GTT, SzMSz,
- [81] Markos S.: Szerszámozási rendszerek, szerszámtartók, BME GTT, SzMSz, www.foxitsoftware.com.
- [82] Mátyási Gy.: NC technológia és programozás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2001.
- [83] Mátyási Gy. – Sági Gy.: Számítógéppel támogatott technológiák. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2007.
- [84] Milberg J. – Peiker S.: Geometrie- und technologie-orientierte Verbindung von CAD- System mit NC-Programmiersystemen, WT. Zeitschrift für industrielle Fertigung, 77 (1987), Nr. 10. pp. 583-586.
- [85] Modern metal cutting – a practical handbook. AB Sandvik Coromant, Sweden, 1994. ISBN 91-972299-0-3
- [86] Molnár B. E.: Műveletelemek kiválasztása automatikus forgácsolási technológia-tervező rendszerekben, TECHNOS ,75. Elhangzott a GTI V. Tudományos Ülésszakán, Budapest, 1975. Megjelent a GTI 47/2. sz. kiadványában, pp. 258–268.
- [87] Nagy S.: A FORTAP rendszer illesztő programjának felépítése, TECHNOS, 70. Elhangzott a GTI IV. Tudományos Ülésszakán, Budapest, 1970. Megjelent a GTI 39/3. sz. kiadványában, pp. 230–249. Gépgyártástechnológia, XI. évf. 4. szám, 1971. pp. 171–173
- [88] Nagy S.: NC-esztergagépek automatikus programozásának tervezésméleti vizsgálata. Egyetemi doktori értekezés, NME, 1982.
- [89] NC gépek egységes számítógépi programrendszerének kidolgozása a KGST-ben, GTI tanulmány, 1973.
- [90] Novikov M. P.: Naucsnie asznovü avtomatizacii szborki masin, Masinosztroenie, Moszkva, 1976
- [91] Opitz H. Prof. Dr. Ing. Dres.h.c. : Szovremennaja tehnikaproizvodstva, Moszkva, Masinosztroenyije, 1976.
- [92] Pap J.: Váltóélű lapkák és forgácsolószerszámok ISO jelölési rendszere. Útmutató, Miskolc, 1991.
- [93] Pegels H.: Integrierte Werkzeugüberwachung für die Dreharbeit. Zeitschrift für Industrielle Fertigung, 76. k. 11. sz. 1986, pp.:649–653.
- [94] Pilland U.: Tendenzen in der NC-Technik. wt. Werkstattstechnik, 78 (1988), pp. 299–304
- [95] Pintér A.: CNC vezérlésű palástköszörű-gép fejlesztése, Halásztelek, SZIM Közlemények, 1982
- [96] Ratmirov V. A.: Osznovü programmovo upravlenija sztankami. Moszkva, Masinosztroenyije, 1978
- [97] Reihard A. – Werner R.- Weiss P.: Fertigungstechnik I. Handwerk und Technik. Hamburg, 1988.
- [98] Ryll J.: Werkzeug- und Werkzeughalterkarteien für die maschinelle Programmierung numerisch gesteuerter Drehmaschinen, Fertigungstechnik und Betrieb 11. szám, 1975.
- [99] Spur G.: Handbuch der Fertigungstechnik Bd. 5. Fügen, Handhaben und Montieren, Carl Hanser Verlag, München Wien 1986.
- [100] Stark C.: Erhöhung der flexibilitet und wirtschaftlichkeit durch numerisch gestenertes scheifen. VDI-Zeitschrift, 1983/125. N°18. pp:732–736.
- [101] Szabó S.: A forgácsolási adatok meghatározása szoftverekkel. Oktatási segédlet, Miskolc, 2004.

- [102] Szabó S.: A forgácsolás szerszámrendszerei. A „Win Tool Online” szoftver jellemzői. Oktatási segédlet, Miskolc, 2005.
- [103] Szegh I.: Gyártástervezés. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1996.
- [104] Szerszámkatalógus. Sandvik Coromant Forgácsoló Szerszámok. AB Sandvik Coromant, Sweden, 2011.
- [105] Szmejkál A.: Új kihívások a forgácsolásban. Gyártóeszközök, Szerszámok, Szerszámgépek. Budapest, 2005/2. pp.:26–28.
- [106] Szmejkál A.: Éanyagok – helyzetkép és a fejlesztés irányai. Budapest, Gépípar, 1994. 7–8. szám
- [107] Termelékeny forgácsolás. AB Sandvik Coromant, S-811 81 Sweden, 1997.
- [108] Tool Management. Maschine und Werkzeug, Fertigungstechnik 88.k. 1.sz. 1987. febr.1. pp. 23–26
- [109] Tóth T.: Matematikai modell az optimális forgácsolási paraméterek meghatározására. Gépgyártástechnológia, XI. évf., 4. szám, 1971 április, pp. 160–164.
- [110] Tóth T.: A forgácsolási paraméterek számítógépes optimalizálása esztergálás esetére a megmunkáló rendszer rugalmas deformációjából származó hiba figyelembevételével, Kandidátusi értekezés, Budapest, 1976.
- [111] Tóth T.: Optimálási feladatok megoldása a technológiai tervezés különböző hierarchiai szintjein.. Gépgyártástechnológia, XXVI. évf., 2. szám, 1986. február, pp. 62–66.
- [112] Tóth T.: Automatizált műszaki tervezés a gépgyártástechnológiában. Akadémiai doktori értekezés. Budapest, 1988.
- [113] Tóth T.: Tervezési elvek, modellek és módszerek a szerszámgéppel integrált gyártásban. Miskolci Egyetemi Kiadó, 1998.
- [114] Tóth T.: Termelési rendszerek és folyamatok. Miskolci Egyetemi Kiadó, 2004.
- [115] Vadász D.: Tengely- és tárcsaszerű alkatrészek műveleti sorrendtervezésének automatizálása. Kandidátusi értekezés. Budapest, 1982.
- [116] Voloncs Gy.: CAD/CAPP – integráció forgástest jellegű alkatrészek esetén. Diplomamunka, BME Gépészmérnöki Kar, 1988.
- [117] Vraukó L.: Forgácsológépek szerszámrendszerei, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980.
- [118] Weck M.: Werkzeugmaschinen-Fertigungssysteme Band 1. VDI Verlag, Düsseldorf, 1991. ISBN 3-18-401095-3
- [119] Weck M.: Werkzeugmaschinen Band 3. VDI Verlag, Düsseldorf, 1991. ISBN 3-18-401095-3
- [120] Weck M.: Innovative Fertigungssysteme: Chancen und Herausforderungen, Teil 1. Schweizer Maschinenmarkt, 91 k. 21. sz. 1991. május 22. pp. 30–39.
- [121] Weck M. – Lembke D.: Schnittstellenlösungen und Werkzeugsysteme. Industrie-Anzeiger, 1988. 7.sz. pp.27–31.
- [122] Wienand L.: Konzeption einer überbetrieblichen Werkzeugdatenbank. Aachen, 1988.
- [123] WNT NC – Technik: Szerszámkatalógus, Sulzberg, 2010
- [124] www.coromant.sandvik.com
- [125] www.excel-csepe.hu/.../BPW-Tengelycsok%20cella_CNC_forgacsolo
- [126] www.steptools.com/.../Sandvik_Cutting_Tool_Data_via_ISO13399.pdf
- [127] www.walter-ag.com

Váltóélű forgácsoló lapkák és szerszámok ISO jelölési rendszere:

- 1.1. melléklet: Váltóélű lapkák ISO jelölési rendszere
- 1.2. melléklet: Váltóélű forgácsolókések és forgácsolóbetétek ISO jelölési rendszere
- 1.3. melléklet: Váltóélű lapkás furatkések ISO jelölési rendszere
- 1.4. melléklet: Váltólapkás száras marók ISO jelölési rendszere
- 1.5. melléklet: Váltólapkás furatos marók ISO jelölési rendszere

Váltólélekű lapkák ISO jelölési rendszere (ISO 1832, MSZ 1986/1-74):

Rombusz		35°	V
		55°	D
		75°	E
		80°	C
		86°	M
Romboid		55°	K
		82°	B
		85°	A
△ Háromszög			T
□ Négyzet			S
□ Négyyszög			L
◇ Ötszög			P
○ Hátszög			H
○ Nyolcszög			O
○ Kör			R

			kód
m = z	s = z	s = z	kód
0,005 **	0,025	0,025	A, F, J
0,013	0,025	0,025	C, H
0,025	0,13	0,13	E
0,013 **	0,13	0,13	G
0,025	0,13	0,13	K
0,025	0,13	0,13	L
0,05 - 0,18 *	0,13	0,13	M
0,13 - 0,38 *	0,13	0,13	U

* Nagyságtól és alaktól függően.
** Csak fázettás lapkákra.

Beírási kör átmérője (d ₀)		Példák:	
mm	mm	l	kód
3,97	6,9	06	3,97 03
5,56	9,6	09	5,56 06
6,35	11,0	11	6,35 06
9,52	16,5	16	9,52 09
12,7	22,0	22	12,7 12
15,88	27,5	27	15,88 15
19,05	33,0	33	19,05 19
25,4	44,0	44	25,4 25

A ₁ Csúcsugaras lapkák esetén: (r ₀ mm-ben)	r ₀	kód
	0-0,2	00
	0,4	04
	0,8	08
	1,2	12
	1,6	16
	2,4	24
Kör(R) váltólappka:		00
B ₁ Fázettás (le- jártsúcsú) lap- kák esetén: az el- ső betű az s- a második betű az a- t jelenti (2 kód szerint)	Jel	45 A
		60 D
		75 E
		85 F
		90 P
C. Különleges kivitelezés		ZZ

1. ALAK	2. HÁTSZÖG	3. TÜRÉS	4. KIVITEL	5. ÉLHOSSZ	6. VASTAGSÁG	7. CSÚCS	ÉL	FORGÓIRÁNY
S	P	G	N	12	03	08		

Példa: négyzet alakú váltólappka 11°-os hátszöggel, G pontossággal, középfurat - és forgácstörő nélkül, 12,7 mm-es élhosszal, 3,18 mm-es vastagsággal és 0,8 mm-es csúcsugarral.

Mejegyzés: A, F és J illetve C és H tűrésű lapkák - nál különböző a beírási kör (d₀) tűrése.

0°	N	Középfurat és forgácstörő nélkül.	N		Éles	F	Jobbos	R
3°	A	Középfurattal forgácstörő nélkül.	A		Lekerekített	E	Balás	L
5°	B	Furat nélkül, kétoldali forgácstörővel.	F		Lefőrt	T	Semleges	N
7°	C	Középfurattal és egyoldali forgácstörővel.	M		Lefőrt és lekerekített	S		
11°	P	Középfurattal és kétoldali forgácstörővel.	G					
15°	D	Furat nélkül, egyik oldalon tülszéles forgácstörővel.	R					
20°	E	Különleges kivitel.	X					
25°	F							
30°	G							

Kiegészítő jelölések

Váltoélű forgácsolókések és forgácsolóbetétek ISO jelölési rendszere:

Példa: szarítójú, négyszög alakú 11° -os hátszögű és 12,7mm élhosszúságú lapka belógására alkalmas, egyenes, 75° -os, jobbas esztorgakés 20×20 szar-keresztmetszettel és 125 mm teljes hosszal.

C Szarítójú		90°	75°	90°	45°
M Szarítójú és csap		60°	90°	90°	93°
P Csap		75°	95°	50°	63°
S Csap		75°	45°	60°	93°
		72.5°	60°	80°	85°

Váltólapkás esztorgakés megnevezése:
CSBPR 20x20-12

jobbas	R		Kód	12	16	16	S/b
balas	L		b(mm)	12	16	16	S/b
semleges	N		Kód	12	16	16	S/b

1 Szarítás	2 Lapka alak	3 Szerszám alak és α_r	4 Lapka hátszög α	5 Forgácsolási irány	6 Szerszámny magasság	7 Szerszámny szélesség	8 Szerszámny ϕ	9 Szerszám hossza	10 Forgácsolási hossza	11 Különleges jelölések
C	S	B	P	R	20	20	20	—	12	

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z

* Forgácsolóbetétek esetén ide „CA” (ISO által szabványosított forgácsolóbetétek) vagy más kétbetűs kód kerül.

Váltólapkás száras marók jelölési rendszere
(ISO 7848 - MSZ 22640)

Példa. $\phi 25$ - os méretű sarokmaró Morse - kúpos szárral; a lapkák rombusz alakúak csavaros szorítással.

1 Maróátmérő

ΦD

ΦD

2 Maró típus és szerző elhelyezési szög jele

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

3 Hornok száma

25

1

A

2

R

4

043

5

E

6

S

8

C

9

C

10

09

11

4 Forgácsol. irány

R	Jobb
L	Bal

5 Maró kinyúló hossza (mindig 3 karakter, pl.000)

L

L

L

6 Szár típus jele

A	Hengeres szár ISO 3336/1 (MSZ 4465)
B	Forgácsol. heng. szár ISO 3338/2 (MSZ 4445)
C	Ferdélapos, hengeres szár (MSZ 4445)
D	Hengeres szár menetes véggel
E	Maros-kúpos szár ISO 296 (MSZ 460/1)
F	Forgácsol. Maros-kúpos ISO 5413 (MSZ 3814)
G	7-24-es kúpos szár ISO 297 (MSZ 1421)
H	7-24-es kúpos szár sz. ad. szer. szer. (MSZ 3814)
J	Bridgeport típusú (R8) szár
K	Menetes és forgácsol. hengeres szár
X	Egyedi tervezésű, különleges szár

7 Szármérlet jele

Különleges ki- alakítású szármérlet (pl. fecskefarok- horony maró)

Bármely más elhelyezési szögű ujjmaró

8 Lapka régrázási módja

L

M

P

S

W

X

Y

Z

9 Lapka alakja

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

X

Y

Z

10 Lapka normálhátazója

A	3°
B	5°
C	7°
D	15°
E	20°
F	25°
G	30°
H	0°
N	0°
P	11°
X	Különleges lapka esetén
-	Nincs simított

11 Forgácsolási hossza (mindig két karakter)

Különleges lapka esetén X

Váltólapkás furatos marók jelölési rendszere
(ISO 7406 – MSZ 22639)

Példa : 16 fogszámú $\Phi 160$ - as kétoldalas
tárcsamaró $\Phi 40$ - es furattal ;
a lapkák négyzet alakúak, csavaros
szorítással.

10 Símfőél normál-
hátzöge

A	3°
B	5°
C	7°
D	15°
E	20°
F	25°
G	30°
N	0°
P	11°
X	Különböző lapkák esetén
-	Ha nincs símfőél

5 Lapka rögzítési módja

S	
P	
M	
C	
W	
X	Különleges
K	Behelyezhető patronban
F	

4 Forgácsolási irány

	Marófelek, egy- oldalas tárcsa- marók, hom- lakmarók : R, L
	Kétpoldalas tárcsamaró és palástmaró : N

3 Hornyok száma (mindig
két karakter pl. 08)

2 Marótipus, felfogás és/vagy furat φ

9 Lapka nagysága

Egész sz; két karakter pl. 09
Különböző lapkák esetén XX

8 Lapka hátszöge

7 Lapka alakja

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

6 Szerszám elhelyezési szög jele

--	--

Körültekü lapkákandí:
a, Húvelyk méretű
lapka esetén : 00
b, Metrikus méretű
lapka esetén : M0

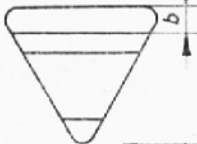
11 Forgácsolási szélesség
száma jele tárcsa és
palástmaróknál.

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Komplett- és forgácsoló szerszámelemek adatkártyái:

- 2.1. melléklet: FORTAP rendszer szerszámkártyái
- 2.2. melléklet: EPR fő- és követőkártya komplett fúró és marószerszámokhoz
- 2.3. melléklet: EPR fő- és követőkártya komplett esztergaszerszámokhoz
- 2.4. melléklet: EPR szerszámkártya fúró és marószerszám-tartókhoz
- 2.5. melléklet: EPR főkártya esztergakésekhez
- 2.6. melléklet: GTIPROG E- EC rendszer szerszámkártyái furat eszterga- és süllyesztőszerszám-hoz

Felhasználó :		Szerszámgép :				Szerszámkártya										Szerszám típusszám :			Lapszám :		
Cs. Sz. G.		ERS-200, ERI-250														222			1		



[illegible]

Felfüggesztő		Kialakítás	Dátum	EPR főkartya komplett fürg és morószerszámokhoz										Szerszám alk. terület és kódja									
--------------	--	------------	-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Technical drawing of a 2.5mm EPR main card. Dimensions shown: 2.5mm (hole diameter), L1, L2, L3, L4, L, L1, L2. The drawing shows a cross-section of the card with a central hole and a threaded section. Dimensions are given in mm.

LB = L_{max}
min

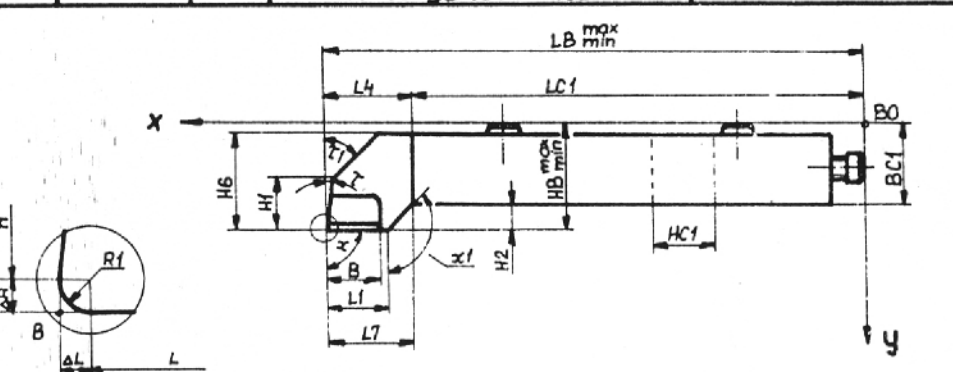
L1

[illegible]

Felhasználó	Kiadó	Dátum	EPR főkartya komplett esztergaszerszámokhoz	Szerszám alk.területe és kódja																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Tipus szám	Szerszám Tipus	Szerszám azonosító kódja	Szerszám azonosító kódja	Szerszám azonosító kódja																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td> </tr> <tr> <td colspan="15">Beállítás méret</td> <td colspan="15">Főkartya azonosító kódja</td> </tr> <tr> <td colspan="15"> ϕD mm 1/100 </td> <td colspan="15"> L mm 1/100 </td> </tr> <tr> <td colspan="15"> $\pm \Delta L$ mm 1/100 </td> <td colspan="15"> $L1$ mm 1/1 </td> </tr> <tr> <td colspan="15"> $L2$ mm 1/1 </td> <td colspan="15"> $L3$ mm 1/1 </td> </tr> <tr> <td colspan="15"> $\pm L4$ mm 1/1 </td> <td colspan="15"> $L5$ mm 1/1 </td> </tr> <tr> <td colspan="15"> $L6$ mm 1/1 </td> <td colspan="15"> $L7$ mm 1/1 </td> </tr> <tr> <td colspan="15"> $\pm H$ mm 1/100 </td> <td colspan="15"> $\pm \Delta H$ mm 1/100 </td> </tr> <tr> <td colspan="15"> $H1$ mm 1/1 </td> <td colspan="15"> $H2$ mm 1/1 </td> </tr> <tr> <td colspan="15"> $H3$ mm 1/1 </td> <td colspan="15"> $H4$ mm 1/1 </td> </tr> <tr> <td colspan="15"> $H5$ mm 1/1 </td> <td colspan="15"> $H6$ mm 1/1 </td> </tr> </table>					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Beállítás méret															Főkartya azonosító kódja															ϕD mm 1/100															L mm 1/100															$\pm \Delta L$ mm 1/100															$L1$ mm 1/1															$L2$ mm 1/1															$L3$ mm 1/1															$\pm L4$ mm 1/1															$L5$ mm 1/1															$L6$ mm 1/1															$L7$ mm 1/1															$\pm H$ mm 1/100															$\pm \Delta H$ mm 1/100															$H1$ mm 1/1															$H2$ mm 1/1															$H3$ mm 1/1															$H4$ mm 1/1															$H5$ mm 1/1															$H6$ mm 1/1														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Beállítás méret															Főkartya azonosító kódja																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
ϕD mm 1/100															L mm 1/100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
$\pm \Delta L$ mm 1/100															$L1$ mm 1/1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
$L2$ mm 1/1															$L3$ mm 1/1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
$\pm L4$ mm 1/1															$L5$ mm 1/1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
$L6$ mm 1/1															$L7$ mm 1/1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
$\pm H$ mm 1/100															$\pm \Delta H$ mm 1/100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
$H1$ mm 1/1															$H2$ mm 1/1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
$H3$ mm 1/1															$H4$ mm 1/1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
$H5$ mm 1/1															$H6$ mm 1/1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Beállítás kód- szám	Beállítás kód- szám	Beállítás kód- szám	Beállítás kód- szám	Beállítás kód- szám																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
1	2	3	4	5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										

Felhasználó	Kiadó	Dátum	EPR követőkortya esztergaszerszámokhoz	Szerszám alkalmazási területe és kódja																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Tipus szám	Szerszám Tipus	Szerszám azonosító kódja	Szerszám azonosító kódja	Szerszám azonosító kódja																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td> </tr> <tr> <td colspan="15">Beállítás méret</td> <td colspan="15">Főkartya azonosító kódja</td> </tr> <tr> <td colspan="15"> ϕD mm 1/100 </td> <td colspan="15"> L mm 1/100 </td> </tr> <tr> <td colspan="15"> $\pm \Delta L$ mm 1/100 </td> <td colspan="15"> $L1$ mm 1/1 </td> </tr> <tr> <td colspan="15"> $L2$ mm 1/1 </td> <td colspan="15"> $L3$ mm 1/1 </td> </tr> <tr> <td colspan="15"> $\pm L4$ mm 1/1 </td> <td colspan="15"> $L5$ mm 1/1 </td> </tr> <tr> <td colspan="15"> $L6$ mm 1/1 </td> <td colspan="15"> $L7$ mm 1/1 </td> </tr> <tr> <td colspan="15"> $\pm H$ mm 1/100 </td> <td colspan="15"> $\pm \Delta H$ mm 1/100 </td> </tr> <tr> <td colspan="15"> $H1$ mm 1/1 </td> <td colspan="15"> $H2$ mm 1/1 </td> </tr> <tr> <td colspan="15"> $H3$ mm 1/1 </td> <td colspan="15"> $H4$ mm 1/1 </td> </tr> <tr> <td colspan="15"> $H5$ mm 1/1 </td> <td colspan="15"> $H6$ mm 1/1 </td> </tr> </table>					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Beállítás méret															Főkartya azonosító kódja															ϕD mm 1/100															L mm 1/100															$\pm \Delta L$ mm 1/100															$L1$ mm 1/1															$L2$ mm 1/1															$L3$ mm 1/1															$\pm L4$ mm 1/1															$L5$ mm 1/1															$L6$ mm 1/1															$L7$ mm 1/1															$\pm H$ mm 1/100															$\pm \Delta H$ mm 1/100															$H1$ mm 1/1															$H2$ mm 1/1															$H3$ mm 1/1															$H4$ mm 1/1															$H5$ mm 1/1															$H6$ mm 1/1														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Beállítás méret															Főkartya azonosító kódja																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
ϕD mm 1/100															L mm 1/100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
$\pm \Delta L$ mm 1/100															$L1$ mm 1/1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
$L2$ mm 1/1															$L3$ mm 1/1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
$\pm L4$ mm 1/1															$L5$ mm 1/1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
$L6$ mm 1/1															$L7$ mm 1/1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
$\pm H$ mm 1/100															$\pm \Delta H$ mm 1/100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
$H1$ mm 1/1															$H2$ mm 1/1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
$H3$ mm 1/1															$H4$ mm 1/1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
$H5$ mm 1/1															$H6$ mm 1/1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Beállítás kód- szám	Beállítás kód- szám	Beállítás kód- szám	Beállítás kód- szám	Beállítás kód- szám																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
1	2	3	4	5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										

Felhasználó	Kiállította	Dátum	EPR szerszámkártya fúró és marószerszámtartókhoz		Szerszámtartó alk.területe és kódja										
Kártya típus	Rendszerváltozat	Szerszámtartó elemeinek azonosítói					Csatlakozás jellemzői				Azonosító kód				
		Tipus szám	alap szerszámtartó	szerszámtartó	szerszámbefogó	átalakító hüvely	átalakító közdarab	a géphez		a szerszámmal					
							kód	ϕDG_{HC1} 1/100mm	BC1 1/1	LC1 1/1	kód	ϕD_{min} LC2 1/100mm	BC2 1/1	LC2 1/1	
Szerszámtartó			Befogó kód	Alakító kód	LT min	LT max	ϕD_{max}	LC2 max	Kv1	Kv2	Azonosító kód				
jele		ϕDR 1/1	szám	szám	1/1	1/1	1/100	1/100	1/100	1/100	szám				

Felhasználó	Kiadóította	Dátum	EPR EPR főkartya esztergokésekhez										Esztergakés alk. területe és kódja															
																												
Karttyptípus	Rendszer - szám	Típus szám	Szerszámelem azonosítói						Csatlakozás jel- lemzői aszerzési kártyához ill. gépéhez										Alkat- munka- jel- lemzői aszerzési kártyához ill. gépéhez									
			szer- szám - test	forgó- csold- betét	forgó- csoldó lapka	forgács törb	Df HCl 1/100 mm	Bcl LC1 1/1 mm	Bcl LC1 1/1 mm	Bcl LC1 1/1 mm	R1 1/100 mm	R2 1/100 mm	B 1/100 mm	Azonosító szám	Kód	Főkartya azonosító kód												
1	3	6	H	11	25	28	35	H1	H2	H3	H4	H5	H6	X	X1	Z	Z1	Főkartya azonosító kód										
LB min 1/1 mm	LB max 1/1 mm	HB min 1/1 mm	HB max 1/1 mm	L 1/100 mm	± ΔL 1/100 mm	L1 1/1 mm	L4 1/1 mm	L6 1/1 mm	L7 1/1 mm	H 1/100 mm	± ΔH 1/100 mm	H1 1/1 mm	H2 1/1 mm	H3 1/1 mm	H4 1/1 mm	X 1/40 fok	X1 1/1 fok	Z 1/1 fok	Z1 1/1 fok									
1	3	6	9	12	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85									

***** ADATEBAZIS-KEZELO *****
 IBM PC & comp. ***** GTIPROG EC - 4

Datum : 06-02-2015 12:39:37

Szerszamtípus:1105

Szerszam megnevezese:FUR.NAGY.HO-KE

Kes/furo megnevezese:S20R-PCLNR09

Szerszamtarto megnevezese es tipusa:BJ40/120;3

Referencia hossz min. es max.:100;140

kinyulas min. es max.:77

Mukodo szerszamhossz min. es max.:40;80

Szerszamatmero/Forgacsolo elek szama:19

Fo-es mellekel elh. szoge/Csucsszog1 ás 2:95;5

Homlokszog; Keshossz/Masodl. atm. hossza :6

Min. megmunkalhato atmero/Masodlagos atm.:19

Forgacsolasi sebesseg modosito tenyezo ...:8

Min. es max. elotolas (mm/ford):15;.3

fogasmelyseg (mm):2;3

Max. forgacsoloero/Elotoloero (N):2200

Eltartam/Elt. acelra es egyeb anyagokra .:20

Fajlagos szerszamkoltseg:

Szerszamanyagminoseg valasztaka:P10 P20 P30 K10 K20

Kesszelesseg/Furoatmero valasztaka:9

Kescsucssugar/Atmerotures valasztaka:8 .4

IBM PC & comp.

ADATBAZIS-KEZELO

GTIPROG EC - 4

Datum : 06-02-2015 12:45:13

Szerszamtípus:5422

Szerszam megnevezese:SULLY.FURO

Kes/furo megnevezese:S.FUROMSZ14507

Szerszamtarto megnevezese es tipusa:AS601218;4

Referencia hossz min. es max.:203;230

kinyulas min. es max.:0

Mukodo szerszamhossz min. es max.:108;135

Szerszamatmero/Forgacsolo elek szama:2

Fo-es mellekel elh. szoge/Csucsszog1 as 2:118

Homlokszog; Keshossz/Masodl. atm. hossza :

Min. megmunkalhato atmero/Masodlagos atm.:0

Forgacsolasi sebesseg modosito tenyezo ...:1

Min. es max. elotolas (mm/ford):13;.38

fogasmelyseg (mm):1.8;2.4

Max. forgacsoloero/Elotoloero (N):5000;40

Eltartam/Elt. acelra es egyeb anyagokra .:12;30

Fajlagos szerszamkoltseg

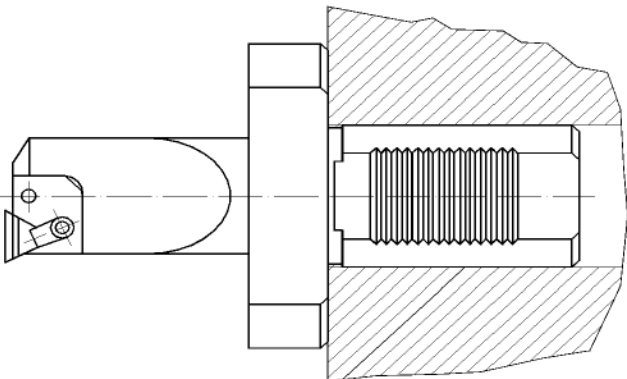
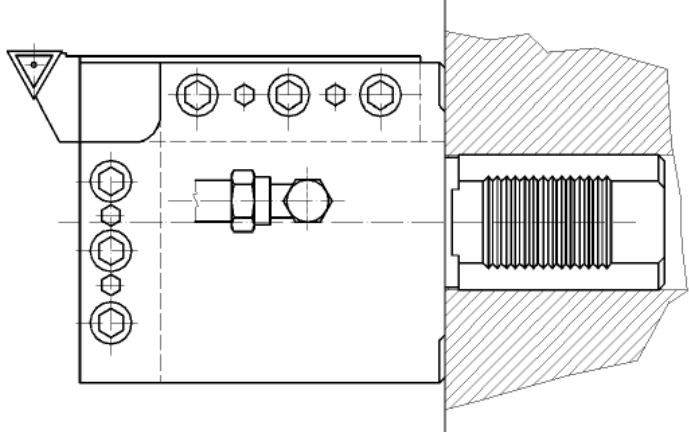
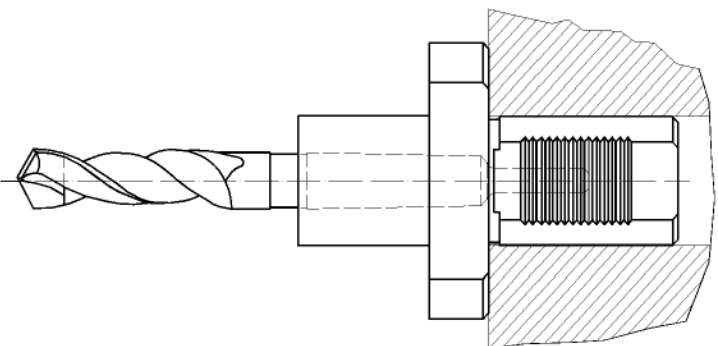
Szerszamanyagminoseg valaszteka:R6N R6H R6W

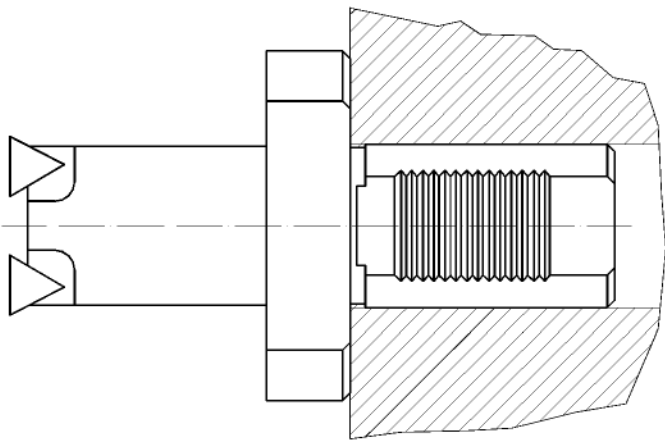
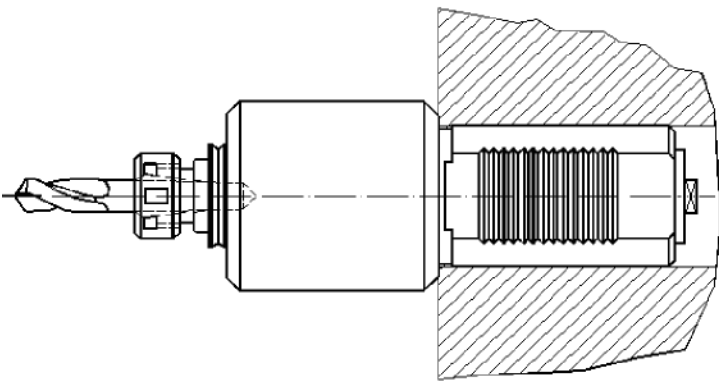
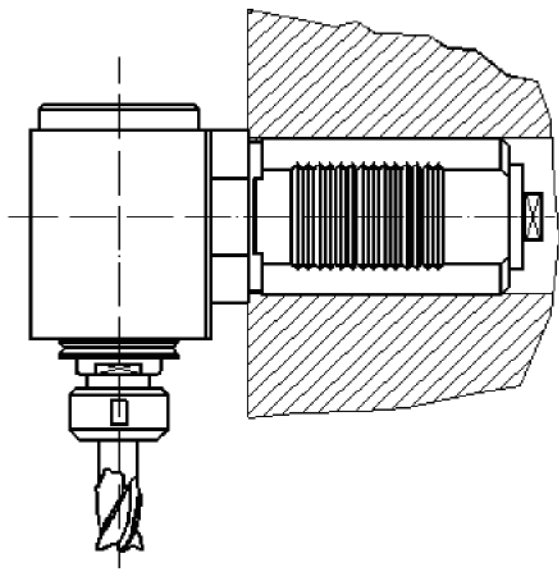
Kesszelesseg/Furoatmero valaszteka	:16	15.75	15	14.75	14
		13.75 13	12.75	12	0

Kescsucssugar/Atmerotures valaszteka	:A11	B11	B12	C11	D10
	D11	H9	H10	H11	H12

Komplett és forgácsoló szerszámok kódolása:

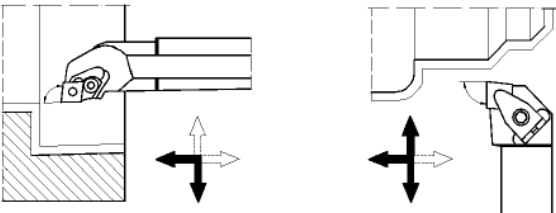
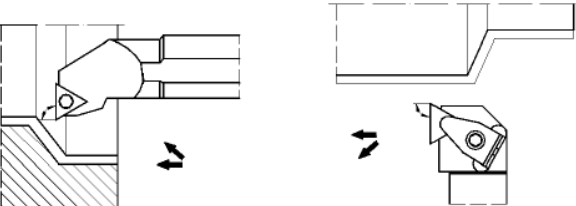
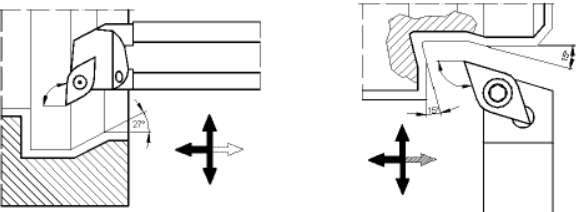
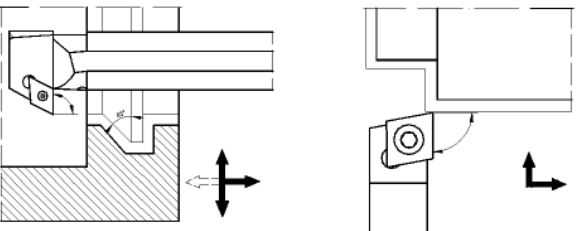
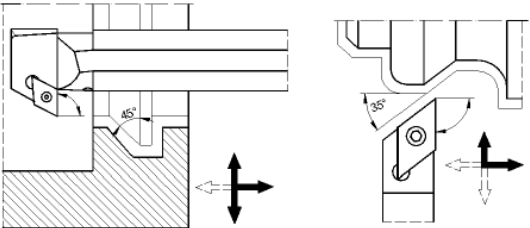
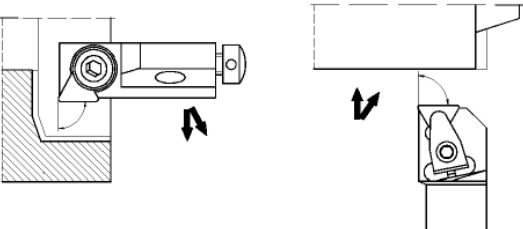
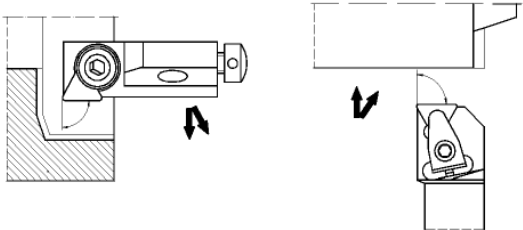
- 3.1. melléklet: Komplett és forgácsoló szerszámok kódolása
- 3.2. melléklet: Esztergakések típuskódjai
- 3.3. melléklet: Fúroszerszámok típuskódjai
- 3.4. melléklet: Marószerszámok típuskódjai

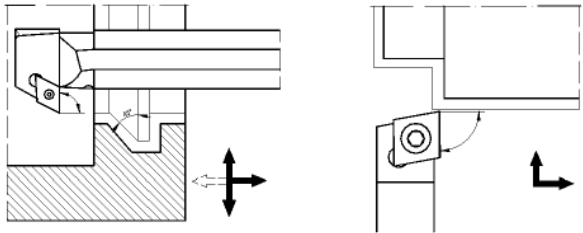
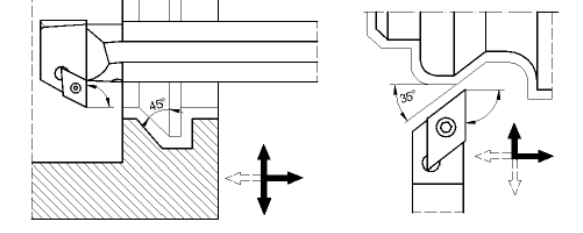
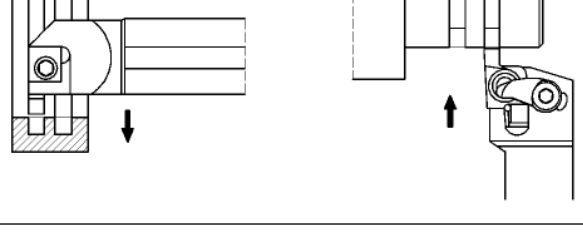
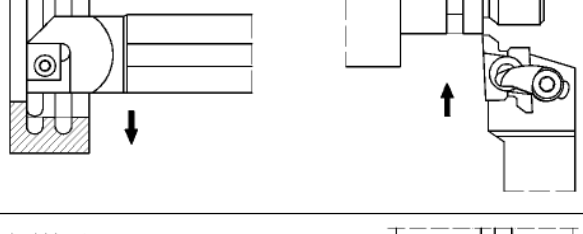
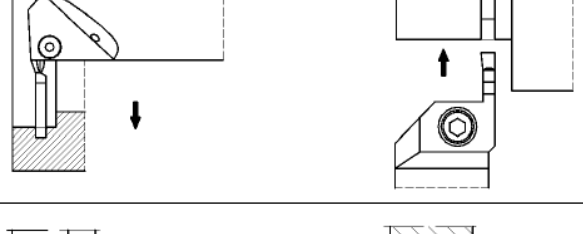
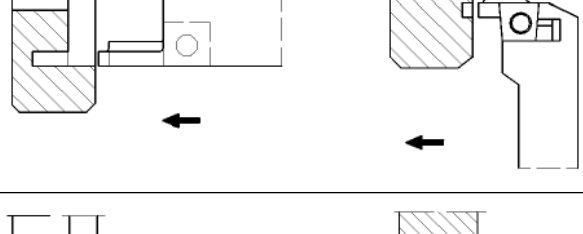
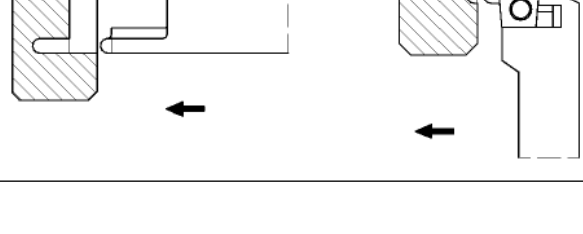
Típuszám: 1.karakter	Szerszám jellege	Ábra
1	Mellső élű egykeses szerszám	
2	Hátsó élű egykeses szerszám	
3	Fúrószerszám (álló)	

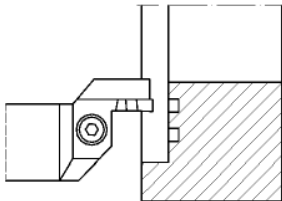
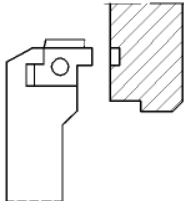
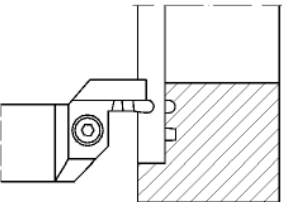
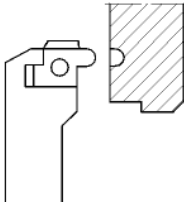
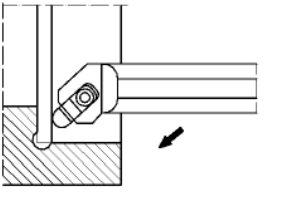
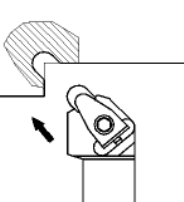
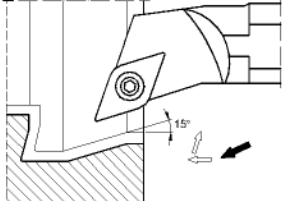
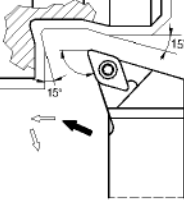
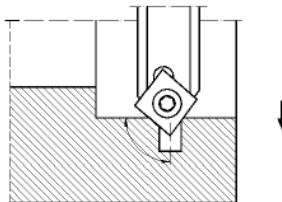
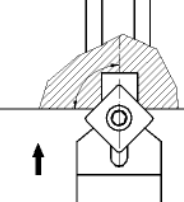
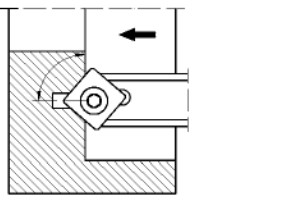
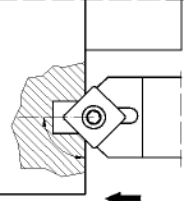
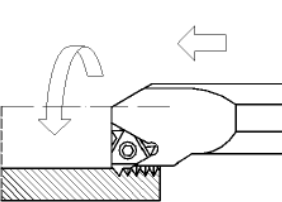
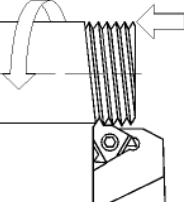
4	Kétké- szimmetrikus szerszám	
5	Meghajtott fúrószerszám	
6	Meghajtott marószerszám	
	Tartalék	

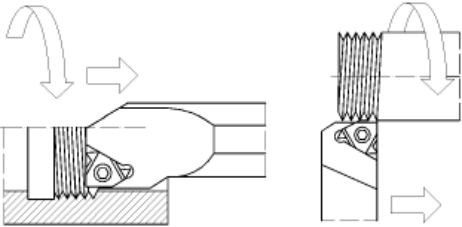
Típuszám: 2.- 3. karakter	Befogott szerszám megnevezése	Főél κ	Ábra, előtolás iránya
10	Nagyoló hossz- kereszt esz- tergáló	$\kappa \geq \kappa_{krit}$	
11	Nagyoló hossz- esztergáló	$\kappa < 90^\circ$	
12	Nagyoló hossz- esztergáló	$90^\circ \leq \kappa \leq \kappa_{krit}$	
13	Kontúrkövető nagyoló hossz- esztergáló	$\kappa \geq \kappa_{krit}$	
16	Inverz nagyoló hosszesztergáló	$\kappa < 90^\circ$	
17	Inverz nagyoló hosszesztergáló	$90^\circ \leq \kappa < \kappa_{krit}$	

18	Inverz kontúrkövető nagyoló hossz- esztergáló	$\kappa \geq \kappa_{krit}$	
21	Nagyoló oldalazó	$\kappa < 90^\circ$	
22	Nagyoló oldalazó	$90^\circ \leq \kappa < \kappa_{krit}$	
23	Kontúrkövető nagyoló old- alazó	$\kappa \geq \kappa_{krit}$	
26	Inverz nagyoló oldalazó	$\kappa < 90^\circ$	
27	Inverz nagyoló oldalazó	$90^\circ \leq \kappa < \kappa_{krit}$	
28	Inverz kontúrkövető nagyoló hossz- esztergáló	$\kappa \geq \kappa_{krit}$	

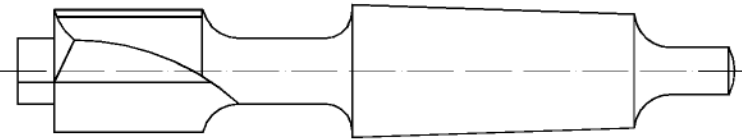
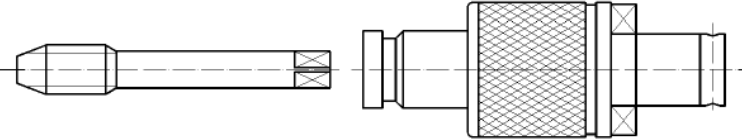
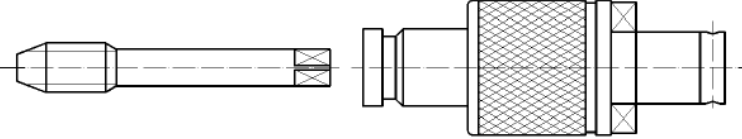
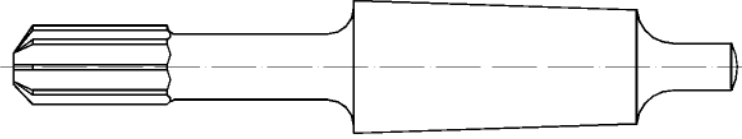
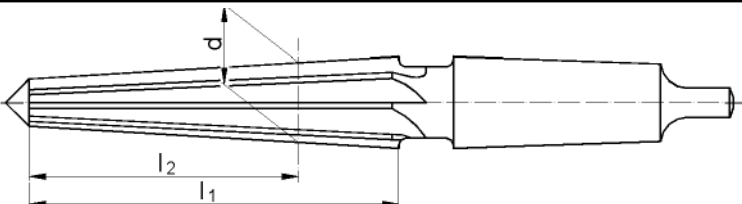
30	Simító hossz- kereszt esz- tergáló	$\kappa \geq \kappa_{krit}$	
31	Simító hossz- esztergáló	$90^\circ \leq \kappa < \kappa_{krit}$	
32	Kontúrkövető simító hossz- esztergáló	$\kappa \geq \kappa_{krit}$	
33	Inverz simító hosszesztergáló	$90^\circ \leq \kappa < \kappa_{krit}$	
34	Inverz kontúrkövető simító hossz- esztergáló	$\kappa \geq \kappa_{krit}$	
36	Simító oldalazó	$90^\circ \leq \kappa < \kappa_{krit}$	
37	Kontúrkövető simító oldalazó	$\kappa \geq \kappa_{krit}$	

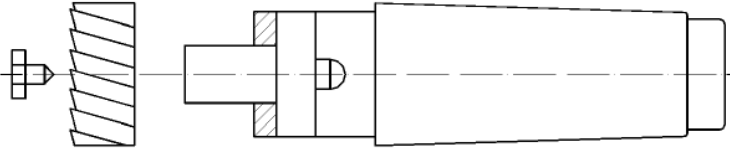
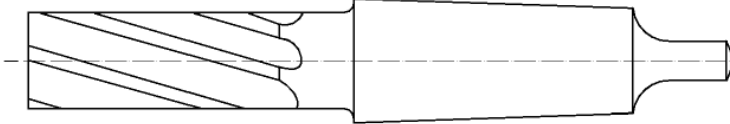
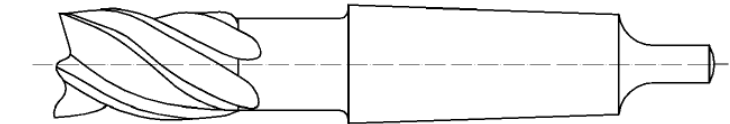
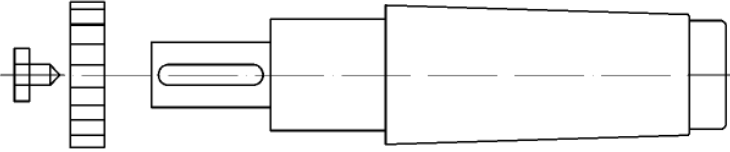
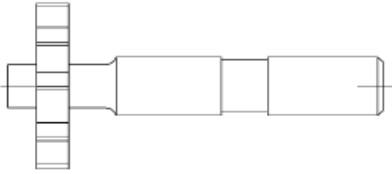
38	Inverz simító oldalazó	$90^\circ \leq \kappa < \kappa_{\text{krit}}$	
39	Inverz kontúrkövető nagyoló hossz- esztergáló	$\kappa \geq \kappa_{\text{krit}}$	
41	Keresztbeszúró	$\kappa \cong 90^\circ$	
42	Alakos keresztbeszúró		
43	Inverz keresztbeszúró	$\kappa \cong 90^\circ$	
46	Hosszbeszúró	$\kappa \cong 90^\circ$	
47	Alakos hosszbeszúró		

48	Inverz hosszbeszűrő	$\kappa \cong 90^\circ$		
49	Inverz alakos hosszbeszűrő			
51	Alászűrő			
52	Alászűrő- beszűrő			
61	Él-letörő kereszt-irány- ban			
62	Él-letörő hosszirányban			
66	Hosszmenet esztergáló			

67	Inverz hosszmenet esztergáló		
	Tartalék		

Típus-szám: 2.- 3. karakter	Befogott szerszám megnevezése	Ábra
11	Központfúró A alak	
12	Központfúró B alak	
13	Központfúró R alak	
21	Csigafúró	
22	Lépcsősfúró menet- mag-lyuk furásához	
41	Kúp-süllyesztő	
42	Süllyesztő-fúró	

43	Homlok-süllyesztő	
51	Gépi menet-fúró normál méter-menethez	
52	Gépi menet-fúró finom méter-menethez	
61	Gépi dörzsár	
62	Metrikus és Morse-kúp dörzsár	
	Tartalék	

Típus- szám: 2.-3. karakter	Befogott szerszám megnevezése	Ábra
21	Homlokmaró	
31	Ujjmaró	
41	Hosszlyuk-maró	
51	Tárcsamaró	
53	Íves-reteszmaró	
	Tartalék	