

A GTIPROG művelettervező és NC/CNC programozó rendszer alkalmazási tapasztalatai, Példatár

szerző: Dr. Berta Miklós

Nyíregyházi Egyetem

Műszaki és Agrártudományi Intézet

Műszaki Alapozó, Fizika és Gépgyártástechnológia Tanszék

2022

Készült az alábbi pályázati projekt támogatásával:

EFOP-3.5.1-16-2017-00017 „NYE-DUAL- Új utakon a duális felsőoktatással
a Nyíregyházi Egyetemen, az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

GTIPROG/EC MŰVELETTERVEZŐ ÉS NC/CNC PROGRAMOZÓ RENDSZER ALKALMAZÁSI TAPASZTALATAI

Berta Miklós 

ny. egyetemi docens, Gyártástudományi Intézet, Miskolci Egyetem
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: miklos.bertha1936@gmail.com

Absztrakt

Az alkatrészek gyártási folyamatának tervezését támogató számítógépes rendszerek (CAPP Systems) egyik fő feladatkörét a műveletek tervezését és programozását segíti a GTIPROG (Geometria és Technológia Interaktív PROGramozása) rendszer család. Ennek egyik tagja a GTIPROG/EC rendszer az NC/CNC esztergához és esztergaközpontokhoz készült és IBM PC-n futtatható. A cikkben bemutatásra kerülnek a rendszerben alkalmazható esztergálási, fúrási és marási műveletelem választékai, geometriai leírásának módja, mozgásciklusai és alkalmazási lehetőségei.

Kulcsszavak: CAPP, technológiai tervezés, interaktivitás, CNC programozás

Abstract

The main objective of the GTIPROG (Geometry and Technology Interactive PROGramming) system-family is to help in solving of task planning programming of manufacturing of operations which belong to the functions of the Computer Aided Process Planning (CAPP) systems. The GTIPROG/EC prepared for NC-CNC lathe and turning centre and can be run on IBM PCs. The article presents the selections of the turning, drilling and milling operations that can be used in the system, the way of their geometrical description, their motion cycles and their application possibilities.

Keywords: CAPP, planning of manufacturing, interactivity, CNC programming

1. Bevezetés

A technológiai folyamattervezés feladata a gyártás tárgyának minőségét (alakját, méretét, pontosságát, érdességét stb.) befolyásoló állapotváltozások, folyamatok tervezése. A tervezési eredmények a gyártási dokumentációk (műveleti sorrendtervek, műveleti utasítások, NC programok stb.) formájában jelennek meg.

A számítástechnika, az NC technika és az automatizált termelésirányítás jelentik azt a húzóerőt, amelyek a számítógéppel segített technológiai tervezést (CAPP) létrehozták, és fejlődését meghatározták.

A számítógéppel segített technológiai tervezést ösztönző és megvalósítását leginkább befolyásoló hatások és területek (Erdélyi et al., 2001):

- a számítástechnika robbanásszerű fejlődése és alkalmazásának széleskörű elterjedése;
- a numerikus vezérlés és rugalmas gyártóeszközök automatizálása (NC-CNC, DNC, AC);
- integrált és intelligens gyártás (CIM, FMS, gyártó cella, Robotok, TQA, JIT, CIL);
- a numerikus és grafikus tervezés (számítógépes rajzolás, CAD, geometriai modellezés);
- a mesterséges intelligencia felhasználása (tudásszemléltetés, szakértői- és öntanuló rendszerek).

2. Az NC technika hazai fejlesztésének eredményei

Hazánkban a hatvanas évek közepén a KGM (Kohó- és Gépipari Minisztérium) és OMFB (Országos Műszaki-Fejlesztési Bizottság) támogatásával indult a számítógépes forgácsolás-technológiai tervezés és NC programozás kutatása-fejlesztése (Horváth, 1984) a BME Gépgyártástechnológiai Tanszék, MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézet, NME Gépgyártástechnológiai Tanszék, Gépipari Technológiai Intézet, Szerszám gép Fejlesztő Intézet, Csepeli Szerszámgyépgyár, Szerszámgyépipari Művek, Szerszám gép Programozás Egyesülés, stb. szakértőinek részvételével.

Az NC programozás kutatását-fejlesztését ösztönző körülmények

- egyrészt az NC szerszám gépek hazai fejlesztésének-gyártásának beindítása és azok eredményei:
 - 1962 - OMFB, KGM támogatásával fejlesztett az NC szerszám gépek és vezérlőberendezések:
 - Csepeli Szerszámgyépgyár, Vilati, Sztaki, EMG:
 - ERS-200, ERI-250 rövid esztergák
 - FS-320, MFI-400, RFS-22 maró és fúró gépek
 - az MFS-320 konzolos marógépet az 1964 – es BNV-n mutatják be
 - Szerszámgyépipari Művek, Vilati, Sztaki, EMG:
 - EEN-400, EPA-320 esztergagépek
 - Megmunkáló központok
 - KU-250 palást köszörűgép
 - másrészt e korszerű szerszám gépek gazdaságos alkalmazása igényt támasztott az NC gépek számítógépes programozásának kutatására-fejlesztésére, melynek keretében az alábbi jelentősebb technológiai tervezőrendszerek (CAPP) születtek (Berta et al., 2016):

- APT alapú programozási rendszerek

Az első, nemzetközileg is jelentős eredmények az NC gépek programozása területén az APT (Automatically Programmed Tools) rendszer létrehozásához kapcsolódnak (Ross, 1955). Az APT elsődleges alkalmazási területe a nagybonyolultságú, 3 és ennél több D-s megmunkálást igénylő alkatrészek NC programozása.

Az APT programozó rendszer lényegében nem más (Berta et al., 2016), mint egy problémaorientált fordítóprogram, amely átalakítja, valamint részletesen kifejti az egyezményes, szabad formátumú nyelven írott definíciókat és technológiai utasításokat, majd előállítja a szerszámközpont koordinátáit egy közbenső nyelvi formában, a CLDATA (Cutter Location Data) alakjában. A mindenkor CLDATA adatkészletet egy-egy – szerszámgépenként és vezérlésként változó – illesztő-programmal feldolgozva állítható elő az NC gépek vezérlőprogramja. E kétszintes tervezési/programozási struktúra tette lehetővé, hogy a konkrét szerszámgéptől és vezérléstől független feladatrészeket egyetlen komplex programban, az ún. processzorban történő feldolgozását. Az utó-feldolgozási (illesztési, adaptálási, kódolási) feladatokat posztprocesszorban oldják meg.

Ross és munkatársai az APT kifejlesztése során iskolát teremtettek a leírónyelvek szintaxisa, a horizontális és vertikális nyelvstruktúra, az alapszintű geometriai modellezés, a processzor-posztprocesszor elvvel és CLDATA-val jelzett rendszerstruktúra megalkotásával.

Az APT az ún. APT-szerű rendszerek (NELAPT, EXAPT, IFAPT, stb.) egész családját indította útjára.

Honosított APT alapú programozási rendszerek (1968):

- EXAPT-1 rendszer pont és szakasz vezérlésű fúró-marógépek programozására (honosítási

- munkákat vezette Pikler Gy., Kovács M.);
- 2CL rendszer a vezértárcsa tervező és 2.5 D-s fúró-marógépek programozására (honosítási munkákat vezette Márkus T.).
 - Hazai fejlesztésű, generatív elven működő rendszerek (1969- 1970)
 - A forgásteztellegű alkatrészek hagyományos gyártóeszközökön történő, teljes megmunkálási folyamatának automatikus tervezésére szolgáló TAUPROG-T rendszert Tóth Tibor (Tóth, 1988) és Vadász Dénes irányításával a GTI és a ME Gépgyártástechnológiai Tanszék kutatói dolgozták ki.
 - A rendszer hatékony algoritmusokkal támogatja a generatív sorrendszintézist, a homogén szerszámgépcsoport kiválasztását, a munkadarab felfogási módját, a ráhagyások és műveletközi méretek meghatározását, az optimális ráhagyás leválasztási (fogásfelosztási) tervek készítését, az optimális forgácsolási paraméterek meghatározását, a teljes normaidő számítását, a technológiai dokumentációk létrehozását.
 - Horváth Mátyás irányítása alatt álló kutatócsoport (Pál J., Krancler M., Juhász M., Berta M., Futó B., Szilágyi L.) közreműködésével a Gépipari Technológiai Intézetben fejlesztették ki a szakasz és pályavezérlésű NC esztergák programozására szolgáló FORTAP rendszert.
 - A generatív elvre épülő rendszer a technológiai szempontból egységet képező ún. elemi megmunkálási felületekből, ill. felületelem-csoportból szintetizálja a technológiai folyamatot. A rendszer külföldön is nagy elismerésre tett szert a technológiai feladatok automatizált megoldása, a magasabb szintű alakzatok bevezetése, a modularitás és a tervezési elvek alkalmazása révén (Horváth, 1984).
 - A további hazai rendszerek fejlesztése a FORTAP rendszer kidolgozása és alkalmazása során szerzett tapasztalatokra alapozva valósult meg.
 - 1973 – nagygépes (R-32, IBM) technológiai tervezőrendszerek

Horváth Mátyás és Cser István irányítása mellett került sor az Automatikus Technológiai Tervezőrendszer (ATTR $\equiv$ CAPP), továbbá az Egységes Forgácsolástechnológiai Tervezőrendszer (EFR) kidolgozására (Berta et al., 2016). Az ipari bevezetésig eljutott nagyszámítógépes rendszer széleskörű alkalmazását egy sor negatív tényező gátolta, így a korlátozott számítógép-hozzáférés, ill. a terminálokon keresztüli üzemeltetés megoldatlansága, a magas bérleti díj, az alkatrész-programozás hosszú átfutási ideje stb.
 - 1980 – mikroszámítógépes (PC) technológiai tervezőrendszerek
 - Technológiai folyamat tervezőrendszerek
 - A variogeneratív szintézis módszerét elsőként Horváth Mátyás (Horváth, 1984) javasolta a sorrendtervezési feladatok általános automatizált megoldására. A módszer lényege és célja a variáns és a generatív módszer előnyeinek ötvözése hátrányaik egyidejű kiküszöbölése mellett.
 - Jellegzetes variogeneratív sorrendtervező rendszerek (Berta et al., 2016):
 - A BME variogeneratív kísérleti sorrendtervező rendszere, amelyet Horváth Mátyás irányításával fejlesztettek ki szekrényszerű alkatrészekhez.
 - A BME sorrendtervező rendszere szolgált elvi alapul a GTI-ben Horváth László vezetésével létrehozott GLEDA mikroszámítógépes műveleti sorrend – és művelettervező rendszerhez, amelyet forgástestekhez és prizmatikus alkatrészekhez fejlesztettek ki.
 - A FLAMINGÓ típus- és csoporttechnológiai tervezőrendszert a GTI-ben Zitás

István vezetésével alkották meg.

- A golyósorsó-anya szerelési és forgácsolási folyamatainak tervezésére szolgáló GOLYÓ rendszert Berta Miklós irányításával a GTI-ben dolgozták ki.
- Művelettervező és NC programozó rendszerek

Cser István vezetése alatt a Gépipari Technológiai Intézetben lett kifejlesztve a Videoton VT20 ill. a Vilati Uniprogram típusú mikroszámítógépén, majd az IBM PC XT/AT gépekkel kompatibilis professzionális személyi számítógépen futtatható GTIPROG (Geometria és Technológia Interaktív PROGramozása) rendszer család (Berta et al., 1988), melybe az alábbi alrendszerek tartoznak:

- Berta Miklós és Juhász Miklós irányításával az intézet kutatócsoportja (Futó B., Horváth II. L. és Voloncs Gy.) dolgozta ki esztergagépek, esztergaközpontok és CNC palást-köszörűgépek programozására:
 - a GTIPROG/E mikroszámítógépes programozási és művelettervezési rendszert NC-CNC esztergagépekhez;
 - a GTIPROG/EC mikroszámítógépes programozási és művelettervezési rendszert NC-CNC esztergagépekhez és CNC esztergaközpontokhoz;
 - a GTIPROG/PK mikroszámítógépes programozási és művelettervezési rendszert CNC palásköszörű-gépekhez;
 - a GTIPROG/E-PK mikroszámítógépes programozási és művelettervezési rendszert CNC esztergagépekhez és CNC palásköszörű-gépekhez.
- Olajos István és Bencsik László irányítása mellett az intézet kutatócsoportja (Füzi Cs., Halász S-né, ...) dolgozta ki a 2.5 D-s fúró-marógépek, megmunkáló-központok, valamint lemezmegmunkáló központok programozására:
 - a GTIPROG/FM alrendszert a 2.5 D-s fúró-marógépek, megmunkáló-központok programozására, művelettervezésére;
 - a GTIPROG/LM alrendszert az NC-CNC lyukasztó-kivágógépek, lemezmegmunkáló központok programozására, művelettervezésére.

A nem APT-szerű programozási rendszerek igazi polgárjogot csak a miniszámítógépek, s még inkább a mikroszámítógépek tömeges elterjedésével kaptak. E tényt erősíti meg az a körülmény, hogy a GTIPROG/E és GTIPROG/EC rendszert 16, a GTIPROG/FM rendszert pedig 22 hazai iparvállalatnál (pl. a Csepeli Szerszámgépgyár, Szerszámgépipari Művek, Digép, Csepel Autógyár, Videoton stb.) helyezték üzembe 1985-ig.

A programozási rendszerek fejlesztése során elért megoldások, részeredmények több CNC vezérlőberendezésbe (pl. VILATI UNIPROG, DIALOG CNC-S, SzTAKI stb.) is beépültek.

Az említett műveleti sorrendtervező, művelettervező és NC programozó rendszerek részletes leírása az alábbi jegyzetekben található.

Hazánkban 1964-1989 között fejlesztett technológiai tervezőrendszerek rendszerterveinek leírásai-, kutatási-fejlesztési eredmények jelentései-, a rendszer alkalmazási leírásai mellett, a tudományos szaklapokban és hazai-külföldi konferenciák kiadványaiban több száz cikk jelent meg.

A számítógéppel támogatott technológiai tervezés területén az alábbi jelentősebb tudományos munkák születtek:

- akadémiai doktori értekezések: Horváth Mátyás, Tóth Tibor;
- kandidátusi és PhD értekezések: Berta Miklós, Cser István, Mátyási Gyula, Szegh Imre, Vadász Dénes, Váncza József;
- egyetemi doktori értekezések: Futó Borbála, Horváth László, Nagy Sándor;

- szakmérnöki diplomaterv: Voloncs György.

Ezen ismeretek elsajátítását kívántuk segíteni a BSc, MSc és/vagy PhD képzésben résztvevő gépészmérnök hallgatók számára a számítógépes technológiai tervező rendszerek (GLÉDA, GOLYÓ, GTIPROG, TAUPROG stb.) oktatása révén. A rendszereket különböző szakirányokon (gépgyártástechnológia, gyártás-automatizálás, minőségbiztosítás, szakfordító, logisztika, menedzser, informatika nappali és levelező tagozatán oktattuk a Gyártás- és gyártórendszerek tervezése, Számítógéppel integrált gyártás, Számítógépes gyártástervezés, Számítógépes technológiai folyamattervezés, Termelésirányítás és minőségbiztosítás című tantárgyak keretében.

A számítógépes technológiai tervező rendszereinkkel (GLÉDA, GTIPROG, TAUPROG stb.) az elmúlt időszakban több felsőoktatási intézményben, így

- 1992 – 1997 között a BME Gépgyártástechnológiai Tanszéken orosz nyelvű robot képzésben, Dr. Horváth Mátyás tanszékvezetése alatt,
- 1992 – 2008 között a ME Gépgyártástechnológiai Tanszéken BSc és MSc képzésben, Dr. Dudás Illés és Kundrák János tanszékvezetése alatt,
- 2005 – 2016 között a Nyíregyházi Főiskola, majd 2006-tól Egyetem Műszaki Alapozó, Fizikai és Gépgyártástechnológiai Tanszéken BSc képzésben Péter László és Szigeti Ferenc tanszékvezetése alatt,

kb. 2600 gépészmérnök hallgató ismerkedett meg. A rendszerek alkalmazása révén a hallgatók megismerkedtek a műveleti sorrend-, művelet- és műveletelem tervezés kérdéseivel.

A hallgatók többsége a számítógépes technológiai tervező rendszereket elsősorban az évközi feladataik megoldásához használták, de sikeresen alkalmazták a végzős hallgatók a szakdolgozataik, vagy diplomamunkáik kidolgozásához is.

Jelen összeállításban röviden ismertetjük a GTIPROG-EC művelettervező NC-CNC programozó rendszer egyes speciális szolgáltatásait, az interaktív beavatkozás lehetőségeit, a szimulációs tevékenység céljait és a technológiai feldolgozás néhány különleges esetét, továbbá szeretnénk a figyelmet felhívni a rendszer technológiai alkalmazhatóságának sokrétűségeire.

3. GTIPROG rendszer felépítése, szolgáltatásai

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 a (Berta et al., 2016; Berta et al., 2017) jegyzetekben foglaljuk össze.

A GTIPROG művelettervező NC-CNC programozó rendszer család az elmúlt, több mint három évtizedes alkalmazása során nyert futtatási eredményeinek átfogó elemzése és a rendszer technológiai alkalmazhatósági sokrétűségének részletes leírása a (Berta, 2018) jegyzetben található.

A rendszer processzor-posztprocesszor felépítésű. A processzor a technológiai tervezés és programozás általános feladatait oldja meg, míg a tervezési eredmények illesztését a konkrét szerszámgép-vezérlés kombinációihoz az adott posztprocesszor végzi (Berta et al., 1988).

A rendszer elvi felépítése az 1. ábrán látható és fő egységei a következők:

- az alkatrészprogramokat feldolgozó processzor;
- a vezérlőprogramokat előállító posztprocesszorok;
- az adatbázis-kezelő funkciókat ellátó szervizprogram.

Az általános feldolgozást végző processzor az alábbi fő tervezési szinteknek megfelelő szegmensekből áll:

- beolvasás-dekódolás;
- geometriai feldolgozás;
- műveletterv összeállítása;
- műveletelemek mozgásciklusainak tervezése;
- processzor-posztprocesszor közbenső adatok előállítása.

Az egyes szinteken (szegmensekben) megoldandó feladatok összetétele függ a felhasználó által igényelt szolgáltatásoktól. Ezzel összhangban a processzornak van egy – alapszolgáltatásokat nyújtó – alapverziója, amely opcionálisan bővíthető a felhasználó kívánsága szerinti funkciókkal a következő készletből:

- alapverzió NC-CNC szakasz-pálya vezérlésű esztergák programozásához;
- opció NC-CNC esztergaközpontok programozásához;
- opció speciális megmunkáláshoz (pl. speciális beszúrásokhoz).

3.1. A rendszer főmoduljainak feladata

Az alkatrészprogram (a rendszer bemenő adatai) a technológiai tervezéshez szükséges alkatrészfüggő, bemenő adatok összességét alkotja, melyet a bemenő nyelv szabályai alapján kell megadni.

A bemenő nyelv széles definíció választékkal rendelkezik az alábbi információféleségek megadására:

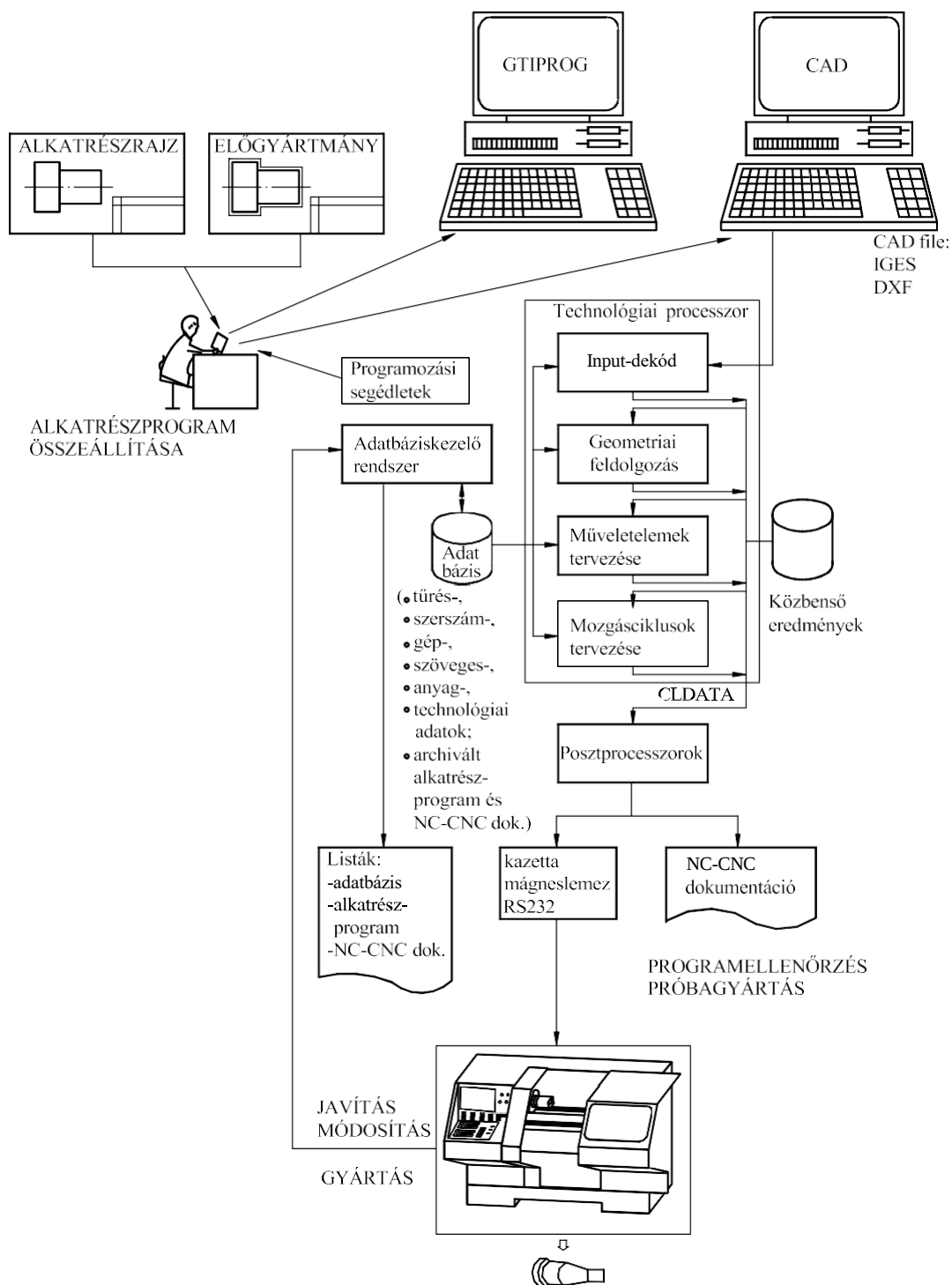
- az általános adatok a programozóra, a munkadarabra, a szerszámgépre, a teljes megmunkálásra és az egyes műveletekre vonatkozó általános jellemzőket tartalmazza;
- az előgyártmány és az alkatrész geometriai leírása során az előgyártmány és alkatrész fél tengelymetszeti zárt kontúrjai, továbbá a nyitott kontúrú pozicionáló és pályamenti elemi mozgások (EMO) adandók;
- a megmunkálási utasítások a gyártási folyamat (forgácsolási – fúrási, marási, esztergálási, köszörülési – műveletelemek és felügyeleti-minőségbiztosítási funkciók) leírására szolgálnak.

A beolvasó-dekódoló feladata a futtatandó alkatrészprogram szintaktikai ellenőrzése. A bemenő nyelvi mondatok mindegyikét ellenőrzi, esetleges hiba esetén a feldolgozás a szint végén befejeződik. Itt kerül sor az alfanumerikus azonosítók átkódolására, a láncméretek, ill. a túrésezett méretek feldolgozására.

A geometriai processzor határozza meg az alkatrészprogramban „végtelen” geometriai elemekkel leírt nyers- és kész kontúrelemeinek metszéspontjait, a mellékelemek főelemtől (hordozó elemtől) függő adatait. Itt kerül sor a közbenső (nagyolt) kontúr előállítására. A közbenső kontúr a készalkatrész főelemeire előírt simítási ráhagyások figyelembevételével képződik.

A nyers- és készalkatrész-kontúr geometriai leírásának helyességéről és az előállított közbenső kontúr megfelelőségéről a kontúrok kirajzolása útján győződhetünk meg. A hibás alkatrészprogram további feldolgozása leáll, majd a szervizprogrammal a szükséges javítások elvégzése után újraindítható.

A műveletelem tervezési szint határozza meg a nagyolási műveletelemekhez tartozó ráhagyási alakzatokat, valamint a többi műveletelem geometriai jellemzőit, támaszkodva a programozó technológus által az alkatrészprogramban előírt megmunkálási utasításokra. A ráhagyási alakzatok helyessége kirajzolásuk alapján ellenőrizhető és szükség esetén kinyomtatható. A műveletterv összeállítása a műveletelemek geometriai adatainak megmunkálási pozícióba történő transzformációjával, szerszámválasztással és a forgácsolási paraméterek meghatározásával fejeződik be.



1. ábra. GTIPROG/EC rendszer elvi felépítése

A mozgásciklus tervezési szint állítja elő a szerszám mozgáspályáját a műveletelemek jellemzői alapján. A mozgáspályák ellenőrzés céljából megjelenítők. Az egyes műveletelemek mozgásciklusainak tervezését önálló alprogramok végzik, amelyek figyelembe veszik az NC és CNC vezérlőberendezések által nyújtott lehetőségeket. A műveletelemekhez tartozó út- és kapcsolási információk a vezérlőprogram-orientált processzor-posztprocesszor közbenső nyelven tárolódnak a posztprocesszor általi későbbi feldolgozáshoz.

A posztprocesszor elsődleges feladata a közbenső nyelvi mondatok alapján az NC program (vezérlőprogram) összeállítása és kiadása valamilyen programhordozón. A mozgás- és kapcsolási információk ismeretében számítható ki a gépi fő- és mellékidő. Végül kiírható a gyártási dokumentációként használható kezelési- és beállítási utasítás, valamint a programhordozó tartalma. A posztprocesszor oldja meg a végső illesztési feladatokat. Minden egyes szerszámgép-vezérlés kombinációhoz önálló posztprocesszort kell kidolgozni.

Az adatbázis kezelő szervizprogram feladata a rendszer működéséhez szükséges, mágneslemezen tárolt információk felvitele, karbantartása, visszakeresése. Az általános modell alapján felépített technológiai tervezőrendszer megköveteli, hogy a technológiai döntések a konkrét szerszámgép-, anyag-, szerszámjellemzők és technológiai körülmények figyelembevételével történjenek. Ezen információk és a működéshez szükséges egyéb adatok összessége képezi a rendszer adatbázisát. Az adatbázisban tárolhatók az alkatrészprogramok és az NC-CNC vezérlőprogramok is. Az adatbázis létrehozása és szervizelése önálló szinten, az alkatrészprogram feldolgozásától függetlenül végezhető el. Ugyancsak e modul feladata az alkatrészprogramok összeállításának és szervizelésének megoldása.

3.2. A rendszerbe beépített interaktív beavatkozási lehetőségek

A technológus és a számítógép közötti kommunikáció és célszerű munkamegosztás jelentős hatást gyakorol a technológiai tervező rendszerek nagyságára, rugalmasságára és az interaktív tervezés beavatkozási lehetőségeire.

Az interaktív tervezés során az ember-gép kapcsolatot (dialógust) az indokolja, hogy az ember érzékszervein keresztül (különösen vizuálisan) értesül a tervezés menetéről, eredményeiről-problémáiról, azt a szakmai tapasztalata, globális áttekintő és intuitív képessége révén rögtön értelmezi és arra gyors válasszal képes reagálni.

A rendszerek többsége nemcsak az alkatrészprogram összeállítására alkalmaz, hanem a tervezés különböző szintjein a megoldandó tervezési feladatok jellegétől függően interaktív (párbeszéd) beavatkozást biztosít. Így a rendszert használó programozó technológus és a számítógép közvetlen kapcsolatban van. A rendszer folyamatosan tájékoztat a tervezés menetéről, eredményeiről (megerősítést kér a részeredmények folytatásához, sikertelen feldolgozás esetén hibaüzenetet küld, helyettesítő szerszám vagy forgácsolási adatok megadását biztosítja stb.), felkínálja azokat és kezeli a felhasználó válaszait. A technológiai tervezési eredmények hatékony ellenőrzéséhez (nagyolási alakzatok, szerszámpálya megjelenítése stb.) igen gyakran szimulációs módszerek alkalmazása szükséges (Berta, 2018).

A rendszerben alkalmazott interaktív beavatkozások (dialógusok) típusai:

- Egyszerű dialógus esetén a rendszer egy alfanumerikus válaszadást (adatbevitelt) vár. Az utasítást a rendszer azonnal végrehajtja;
- Menütechnikás dialógus esetén az adandó válasz egy adott összeállításból választandó;
- Adatbeviteli dialógus esetén az adatablakban megjelenő kérdésekre alfanumerikus válasz adandó;
- Grafikus felhasználói ablak segíti a tervezési eredmények 2D-s grafikai megjelenését;

- Összetett dialógus során a fentiekben ismertetett dialógus típusokból összeállított parancssorozat lép működésbe.

A dialógus mindig az interaktív kezelő felületen jelenik meg, amely megjelenési formája szerint lehet alfanumerikus és/vagy grafikus.

A dialógus során használt adatbeviteli (INPUT) eszköz a billentyűzet, míg a megjelenítő (OUTPUT) eszköz a számítógép monitora (képernyője).

3.3. A rendszerben alkalmazott szimulációs módszerek és alkalmazások

A szimuláció fogalmát a VDI 3633 irányelvekben az alábbiak szerint határozzák meg:

„A szimuláció modellben képezi le a vizsgált objektumokat, folyamatokat, azzal a céllal, hogy azokról a valóságos viszonyokra átvethető ismereteket szerezhessenek.”

A szimuláció modell kísérletek végzésére alkalmas eljárás alkalmazásának előfeltétele, hogy a vizsgálandó objektumokról, folyamatokról modell álljon rendelkezésre. A szimuláció során grafikus modellt alkalmazunk, mely alkalmas a vizsgált objektumok-folyamatok részeredményeinek 2D-s fázisrajzok – statikus és/vagy dinamikus – formában történő megjelenítésére, mely korábban rajzgépen, jelenleg a képernyőn történik.

GTIPROG/EC rendszer és verziói az alkatrész geometriai leírására 2D-s modellt alkalmaz, melynek lényege az alkatrész kétdimenziós ábrázolása, síkbeli modellezése. Mivel a forgástestek geometriai leírása az alkatrész tengelymetszeti kontúrjának megadása révén történik, így a grafikus szimuláció során a tervezési részeredmények megjelenítését is hasonló módon kell végrehajtani.

A szimuláció célja, feladatai:

- a nyersdarab-közbenső (nagyolt)-és alkatrészkontúr ellenőrzése;
- a nagyolási műveletelemekhez tartozó ráhagyásalakzatok helyességének ellenőrzése;
- az aktuális előgyártmány és a nagyolt kontúr módosulásának ellenőrzése;
- az adott műveletben a műveletelemek végrehajtási sorrendjének ellenőrzése;
- a ráhagyás-leválasztás menetének és technológiai helyességének vizsgálata;
- a szerszám mozgáspálya korrektségének ellenőrzése;
- a szerszám – munkadarab – tokmány ütközésveszélyes helyzeteinek kiszűrése.

A szimulációs eljárással szemben alapvető követelmény, hogy az ütközésveszély és a mozgáspálya geometriai helyességének ellenőrzésén túl technológiai kérdéseket és megmunkálási sorrend ellenőrzését is támogassa.

3.4. A rendszer adatbázisa és adatbázis-kezelő program

A rendszer adatbázisa tárolja a gyártás tárgyát képező és a gyártást megvalósító objektumok modelljeinek leírását, továbbá a tervezés során előállított CNC vezérlőprogramokat, gyártási dokumentációkat (Berta et al., 1988).

Adatbázis-kezelő program feladata a rendszer működéséhez szükséges, mágneslemezen tárolt információk felvitele, karbantartása, visszakeresése. Az adatbázis létrehozása és szervizelése önálló szinten, az alkatrészprogram feldolgozásától függetlenül végezhető el. Ugyancsak a modul feladata az alkatrészprogramok összeállításának és szervizelésének megoldása.

3.4.1. Adatbázis fájlok

A rendszer index szekvenciális és szekvenciális fájl kezelést használ. Szekvenciális fájlok csak a posztprocesszor outputjaként jelennek meg.

Egy adatállományt két, csak a kiterjesztésükben különböző fájl alkot:

- a DMK kiterjesztésű kulcsterületet,
- a DMD kiterjesztésű pedig adatterületet tartalmazza.

3.4.2. Rögzített nevű adatbázis fájlok

A rendszer adatállományainak egy része rögzített névvel rendelkezik. Ilyen adatállományok a következők:

TECHNO - a technológiai adatokat tartalmazza;

ANYAG - az anyagjellemzőket tartalmazza;

Fájlok típusai:

- szabványos anyagok megnevezését, megmunkálhatóság szerinti anyagcsoport kódját, anyagjellemzőt tartalmazó rekordok készlete;
- adott anyagcsoporthoz és megmunkálási módokhoz ajánlott szerszámanyag-minőségeket tartalmazó rekordok készlete;
- anyagjellemzőket tartalmazó rekordok készlete;

TURES - a tűrésezett méretek számításaihoz szükséges értékeket tartalmazza;

SZOTAR - fix szöveges információkat és bizonyos konfigurálási értékeket tartalmazza. A SZOTAR tartalmának cseréjével magyar, angol és német nyelvű futtatás valósítható meg, továbbá a gyártási dokumentáció nyelvezete is ugyanaz lesz;

KONTUR, CLDATA - a feldolgozandó alkatrész közbenső futtatási eredményeit tartalmazzák.

3.4.3. Definiálható adatbázis fájlok

A rendszer futtatásához az alábbi definiálható fájlokra van szükség:

- alkatrészprogramokat tartalmazó fájl

Különböző alkatrészprogramok eltérő definiálható fájlokba kerülhetnek. Az alkatrészprogramok csoportosítása történhet műhelyekhez, ciklusokhoz, tankörökhöz, gépcsoportokhoz, gépekhez stb. vagy különböző programozó-technológusok által összeállított alkatrészprogramokhoz kötött formában (pl. NYF-2)

- gép- és szerszámadatokat tartalmazó fájl

Más nevű szerszámgép fájlokba kerülnek a különböző gépek (esetleg homogén gépcsoportok) adatai, valamint a hozzá rendelhető szerszámok. A csoportosítás az azonos felszerszámozási elvek (szánok, szerszámhordozók, szerszámtartók stb.) alapján végezhető (pl. EPA320MK).

Fájlok (rekord) típusai:

- adott gépadat-rekord adatai;
- adott gépadat állomány (rekordok összessége);
- egyes szerszámadat-rekord adatai;
- adott szerszámadat állomány (rekordok összessége).

4. Speciális megmunkálási utasítások feldolgozása, alkalmazási lehetőségei

Az alkatrészprogram összeállításának egyik legösszetettebb feladata az adott alkatrész megmunkálásához legjobban megfelelő műveletelemek hagyományos (esztergálási, fúrási, marási, köszörülési) és speciális típusainak meghatározása (Berta, 2018). A továbbiakban csak néhány jellegzetes megmunkálási utasítás értelmezésével, alkalmazási lehetőségeivel foglalkozunk:

- inverz esztergálási műveletelemek tervezése;
- elemi mozgásutasítások (EMO) feldolgozása és tesztelése;

- fúrás-marási műveletelemek feldolgozása.

4.1. Inverz műveletelemek művelettervezése

Az inverz (váll mögötti) esztergálási műveletelemek alkalmazásának szükségességét speciális technológiai előírások ill. helyzetek indokolhatják, így például:

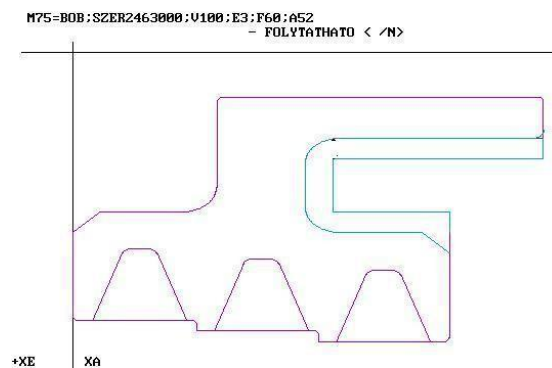
- Hagyományos esztergagépen, egy befogásban készülő tengelyek jobb- és baloldali részeinek megmunkálásánál, ahol a leoldalmazott és központfurattal ellátott munkadarabot csúcsok közé fogjuk, körmös homlokmenesztővel forgatjuk. A műveletelemre történő pozicionálást a munkadarab ütközésmentes megkerülésével hajtjuk végre.
- Ellenorsós esztergaközpontoknál a munkadarab baloldalának megmunkálásához.

4.2. Elemi mozgásutasítások (EMO) feldolgozása és tesztelése

Az EMO mozgásutasítások az elemi pályamenti elmozdulásokkal leírt, nyitott kontúrú befelé lépcsős vagy egyéb alakzatok nagyoló - és/vagy simító megmunkálására szolgálnak

4.3. Bonyolult beszúrások (BOB) típusai és feldolgozása

A bonyolult beszúrások (BOB) körébe az ékszíj profilú beszúrások, ill. tárcsa jellegű alkatrészek homlok kikönnyítései tartoznak (2. ábra) (Berta et al., 2017).



2. ábra. Bonyolult beszúrások alakzatának fő típusai

4.4. Bonyolult beszúrások (BOB) jellegzetes típusai:

4.4.1. Bonyolult keresztbeszúrások

A bonyolult keresztbeszúrások körébe a hengerpalást felületekre ültetett bonyolult beszúrások tartoznak, amelyek széles beszúró esztergakéssel, általában a munkadarab forgástengelyére merőleges irányú szerszámmozgással állíthatók elő. A bonyolult keresztbeszúrások jellegzetes alakzatait az 1. táblázatban foglaltuk össze. A táblázat középső oszlopában a beszúrások geometriai alakzatai (teli és kikönnyített kivitelben) láthatók, míg a beszúrások előállításához szükséges mozgáspályákat a táblázat jobboldali oszlopában mutatjuk be.

A tele, ékszíj profilú beszúrások nagyoló és simító megmunkálásának fő lépései:

- Simítási ráhagyással csökkentett profil nagyolása:
 - a beszúrás középső (fenék) részének nagyolása

- kereszt irányban, egy fogással (ha a beszúró kés szélessége megegyezik a fenék hosszával) és előírt fogásmélységként kiemeléssel;
- kereszt irányban, több fogással (ha a beszúró kés szélessége kisebb a fenék hosszánál) és előírt fogásmélységként kiemeléssel;
- a profil baloldalának nagyolása
 - az oldallal párhuzamosan, egy fogással (ha a beszúró kés szélessége nagyobb az oldalon levő ráhagyásnál);
 - az oldallal párhuzamosan, több fogással (ha a beszúró kés szélessége kisebb az oldalon levő ráhagyásnál);
- a profil jobboldalának nagyolása
 - az oldallal párhuzamosan, egy fogással (ha a beszúró kés szélessége nagyobb az oldalon levő ráhagyásnál);
 - az oldallal párhuzamosan, több fogással (ha a beszúró kés szélessége kisebb az oldalon levő ráhagyásnál)
- A profil jobboldalának és fenekének kontúrkövető simítása;
- A profil baloldalának kontúrkövető simítása.

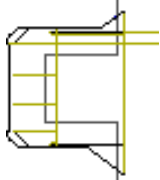
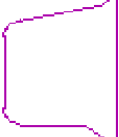
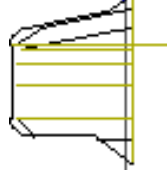
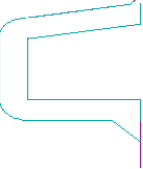
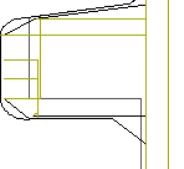
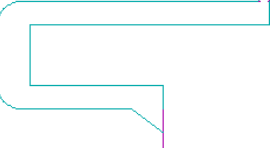
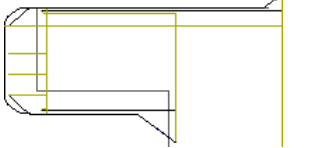
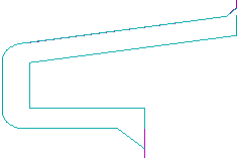
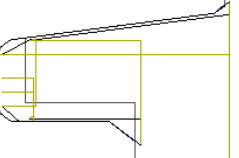
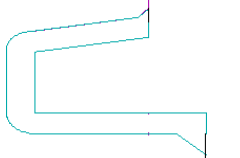
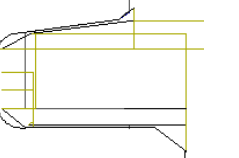
1. táblázat. Bonyolult keresztbeszúrások jellegzetes ráhagyási alakzatai és mozgáspályái

Ékszíj profilú beszúrások (telibe)		
Ékszíj profilú beszúrások (kikönnnyítéssel)		
Szimmetrikus profilú beszúrások (kikönnnyítéssel)		
Aszimmetrikus profilú Beszúrások (telibe)		

4.4.2. Bonyolult hosszbeszúrások

A bonyolult hosszbeszúrások körébe a homlokpalást felületekre ültetett bonyolult beszúrások tartoznak, amelyek széles beszúró esztergakéssel, általában a munkadarab forgástengelyével párhuzamos irányú szerszámmozgással állíthatók elő. A bonyolult hosszbeszúrások jellegzetes alakzatai a 2. táblázatban láthatók. A táblázat középső oszlopában a beszúrások geometriai alakzatait (teli és kikönnnyített kivitelben), míg a beszúrások előállításához szükséges mozgáspályákat a táblázat jobboldali oszlopában mutatjuk be.

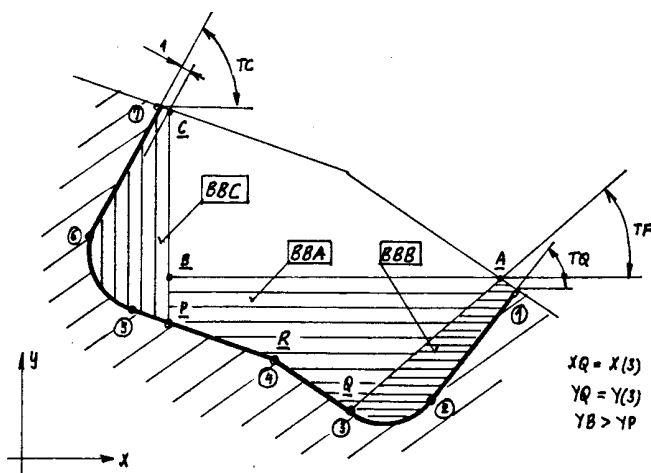
2. táblázat. Homlok kikönnnyítések jellegzetes ráhagyási alakzatai és mozgáspályái

Szimmetrikus, egy elemen levő beszúrás (kikönnnyítéses)		
Aszimmetrikus, egy elemen levő beszúrás (teli)		
Aszimmetrikus, egy elemen levő beszúrás (kikönnnyítéses)		
Aszimmetrikus, két elemen levő külső beszúrás (kikönnnyítéses)		
Aszimmetrikus, két elemen levő külső beszúrás (kikönnnyítéses)		
Aszimmetrikus, két elemen levő belső beszúrás (kikönnnyítéses)		

4.4.3. Összetett bonyolult beszúrások

Az összetett bonyolult beszúrások körébe az egy vagy két kúppalást felületekre ültetett bonyolult

beszúrások tartoznak, amelyek feneke párhuzamos a hordozó elemmel. A beszúrás ráhagyási alakzatai az esetek többségében egy szerszámmal nem távolíthatók el. Az ráhagyási alakzat bontásának elve az, hogy a rész alakzatok axiális- vagy radiális szerszámmozgással előállíthatók legyenek (3. ábra).



3. ábra. Ráhagyási alakzat bontásának típusai

Az összetett bonyolult beszúrások megmunkálásának fontosabb lépéseinek ábrái (lásd a 3. táblázatot):

- a kontúrok megjelenítése;
- a beszurás előnagyzolásának ráhagyási alakzata;
- a beszurás előnagyzolásának szerszáma és mozgáspályái;
- a beszurás egyik és másik oldalának nagyoló szerszámái és mozgáspályái;
- a beszurás simító szerszámái és mozgáspályái.

5. A rendszer speciális alkalmazásának lehetőségei

A GTIPROG/EC művelettervező és programozó rendszer keretében feldolgozott jellegzetes alkatrészek leírását a (Berta, 2018) jegyzetben foglaltuk össze. Jelen anyagban csupán a rendszer néhány speciális alkalmazási lehetőségére kívánjuk a figyelmet felhívni.

5.1. A rendszer alkalmazása csoportrendszerű gyártás esetén

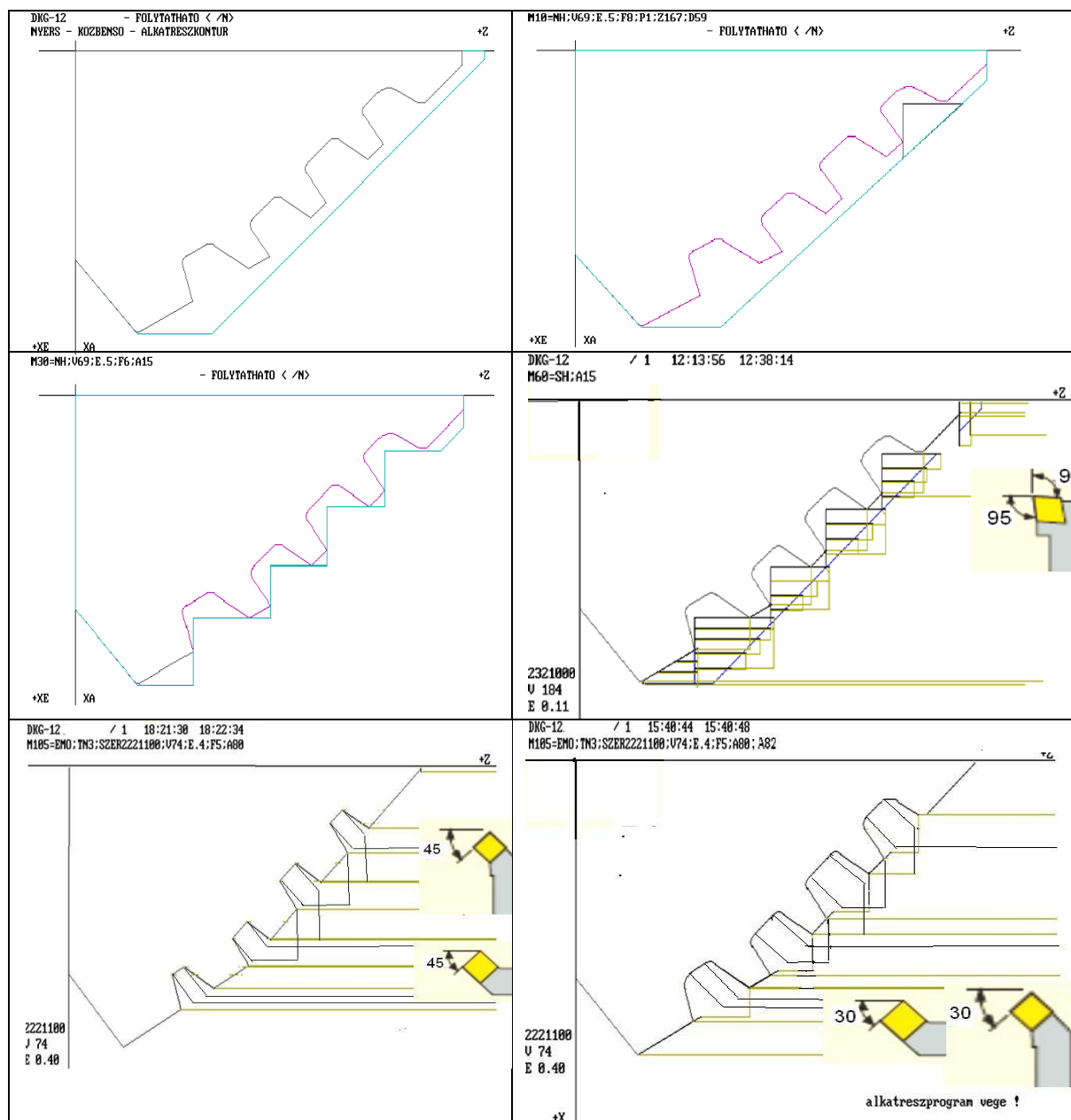
A csoportmegtűntetés lényege, hogy a gyártástechnológiájuk alapján egy csoportba sorolható munkadarabok gyártására egy gyártósort vagy gyártószigetet célszerű szervezni. Így a gyártás relatív tömegszerűsége nő, amelynek következtésképpen a gyártóberendezések a technológiai sorrend szerint telepíthetők, aminek révén csökken a műveletközi szállítás. Egységes számozás, készülékezés alkalmazása gazdaságossá válik.

A típus- és csoporttechnológiai módszerre épülő tervezést a rendszer az alábbi lépések sorozataként biztosítja:

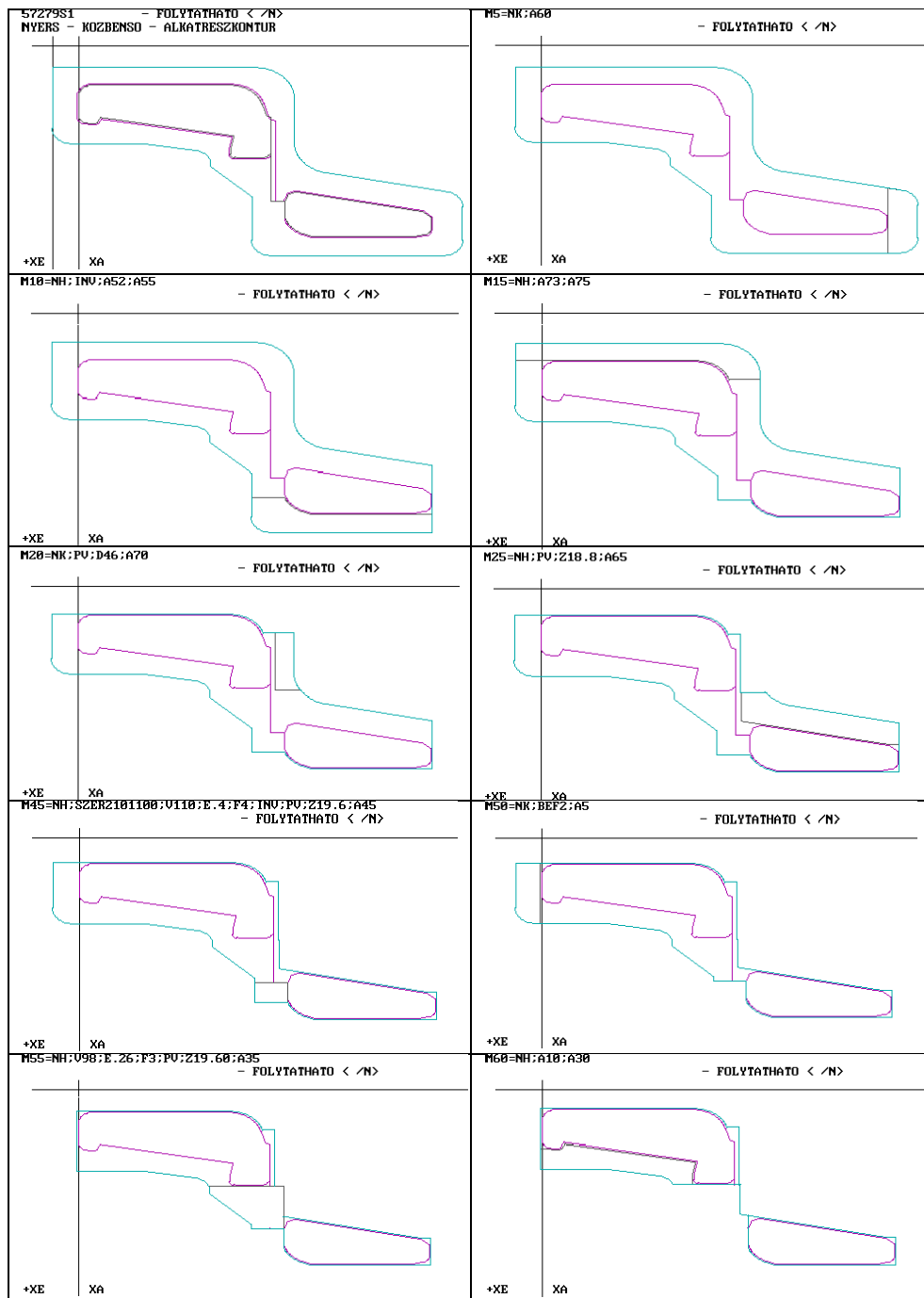
- a komplex alkatrész meghatározása, kialakítása,
- a komplex alkatrész előállítására szolgáló típus technológia kidolgozása;
- a komplex alkatrész bemenő adatainak összeállítása;

- a feldolgozandó alkatrész bemenő adatainak származtatása a komplex alkatrész adataiból;
- az adott alkatrészprogram feldolgozása;
- a futtatási eredmények kinyomtatása.

3. táblázat. Összetett bonyolult beszúrások jellegzetes ráhagyási alakzatai és mozgáspályái



4. táblázat. Kontúrok és nagyolási ráhagyásalakzatok szimulációja



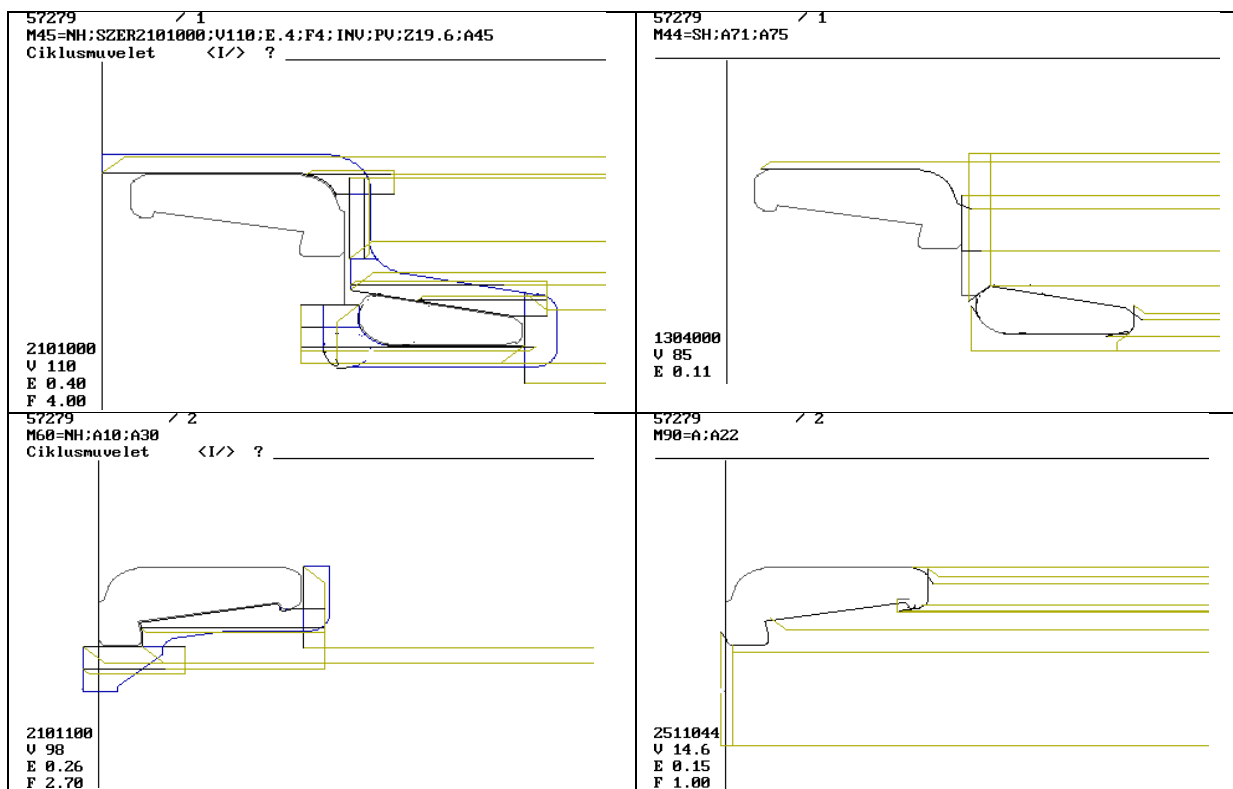
5.2. Kúpgörgős csapágó külső és belső gyűrűinek művelettervezése

Feladat egy méretű kúpgörgős csapágó külső és belső gyűrűinek művelettervezése CNC eszterga-automatára. A csapágógyűrűk gyártásához előgyártmányként, az összetartozó külső és belső gyűrűket tartalmazó, süllyesztékes kovácsdarab szolgált (lásd a 4. táblázat első ábráját).

Az esztergálási művelettervezés, alkatrészprogram összeállítása és feldolgozása során megoldandó problémák:

- egy előgyártmányból két alkatrész legyen előállítható (4. táblázat);
- a gyűrűk nagyoló és simító esztergálása két befogásban történjen;
- a műveletelemek sorrendje úgy állítandó össze, hogy az első befogásban a külső gyűrű akkor essen le, amikor az már le van nagyolva és simítva;
- gondoskodni kell a külső gyűrű elkapásáról;
- a második befogásban a belső gyűrű fordítandó és kész esztergálandó;
- az alkatrész bonyolultsága szükségessé tette nagyolási ráhagyásalakzatok részletes bemutatását (4. táblázat);
- a szerszámpályák áttekinthetőségének növelése céljából szükségessé vált a nagyoló és simító mozgások szétválasztása (5. táblázat).

5. táblázat. A gyűrűk nagyoló és simító megmunkálásának szerszámpályái



6. Összefoglalás

Az összeállított anyag röviden a hazai fejlesztésű GTIPRO/EC rendszer alkalmazási sajátosságait ismerteti.

Nagy örömmre szolgál, hogy a számítógéppel támogatott technológiai tervezés területén elért kutatási-fejlesztési eredményeinket, tapasztalatainkat oktatóként a műszaki felsőoktatásban megoszthattam.

Remélem a rendszer alkalmazása jól szolgálta a műszaki felsőoktatási intézményekben folyó BSc, MSc, PhD képzést.

Irodalom

- [1] Berta, M. (2018). *GTIPROG művelettervező és NC/CNC programozó rendszerek alkalmazási tapasztalatai*. Nyíregyházi Egyetem, Nyíregyháza, p. 262.
- [2] Berta, M., Futó, B., Juhász, M., Voloncs, Gy. (1988). Esztergamegmunkáló központok mikroszámítógépes programozása. *MECHATRONINFO '88, MATE*, 339–350.
- [3] Berta, M., Futó, B., Juhász, M., Voloncs, Gy. (1989). *GTIPROG E/EC programozási rendszer bemenő nyelve*. GTI, Budapest.
- [4] Berta, M., Horváth, M. (2016). *CAPP rendszerek belső struktúrája I*. Nyíregyházi Egyetem Könyvkiadója, Nyíregyháza, p. 216.
- [5] Berta, M., Horváth, M. (2017). *CAPP rendszerek belső struktúrája II*. Nyíregyházi Egyetem, Nyíregyháza, p. 265.
- [6] Erdélyi, F., Horváth, M., Kulcsár, B., Monostori, E., Renner, G., Tóth, T. (2001). Számítástechnika, informatika a gépgyártás-technológiában. In J. Prohászka (Ed.) *A technológia helyzete és jövője* (pp. 157-186). Magyar Tudományos Akadémia, Budapest.
- [7] Horváth, M. (1984). *Alkatrészgyártási folyamatok automatizált tervezése*. Akadémiai doktori értekezés, Budapest.
- [8] Tóth, T. (1988). *Automatizált műszaki tervezés a gépgyártástechnológiában*. Akadémiai doktori értekezés. Miskolc-Egyetemváros.