

Karbantartási stratégiák

Szerző: Szegedi Attila

Nyíregyházi Egyetem

Műszaki és Agrártudományi Intézet

Műszaki Alapozó, Fizika és Gépgyártástechnológia Tanszék

2018

Készült az alábbi pályázati projekt támogatásával:
EFOP-3.5.1-16-2017-00017 „NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással
a Nyíregyházi Egyetemen, az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”

SZÉCHENYI 2020



Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Tartalomjegyzék

1. FEJEZET KARBANTARTÁSI STRATÉGIÁK ÉS FILOZÓFIÁK	2
2. FEJEZET KARBANTARTÁSI TEVÉKENYSÉG GAZDASÁGI HÁTTERE	30
3. FEJEZET KENÉSTECHNIKA, KENŐANYAGOK KIVÁLASZTÁSA, ELHASZNÁLÓDÁSA.....	44
4. FEJEZET HIBAFELVÉTELEZÉS, GÉPJAVÍTÁSI FOLYAMATOK ALAPJAI	91

1. Fejezet Karbantartási stratégiák és filozófiák

1.1. Bevezetés

Egy vállalat, vállalkozás alapvető célja a profiljának megfelelő termelési feladat maradéktalan ellátása – mind mennyiségben, mind minőségben a lehető legkisebb ráfordítás mellett.

A termelőeszközök kihasználása, az általuk végzett munka minősége jelentős mértékben függ üzemképességüktől.

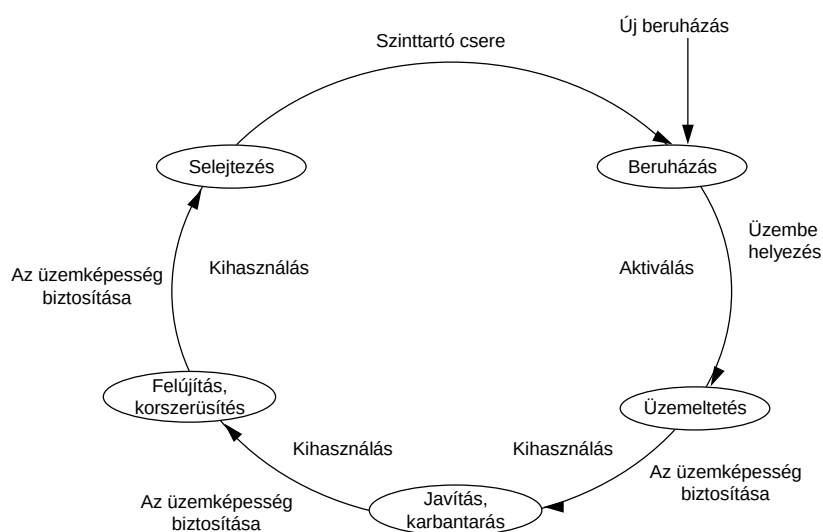
A termelési technológiák alakulása és a technika fejlődése között szoros kapcsolat van. Ez egyre nagyobb értékű, bonyolultabb berendezések alkalmazását jelenti. A következménye a nagyobb termelési költség, amiből adódik, hogy a meghibásodások, ill. a tervszerű karbantartások miatt kieső idő, jelentős veszteséget okoz. A piaci versenyben az olcsó ár mellett döntő a termék minősége. A minőségi követelményeket kielégítő termelési technológiák betartásához nélkülözhetetlen a jó állapotú, megbízható termelőeszköz.

Az üzemfenntartás célja tehát a gazdaságos, az előírt minőséget megvalósító üzemeltetés biztosítása, a váratlan meghibásodások, ill. az üzemből való kieső idők csökkentése. Az üzemfenntartás követelményeknek megfelelő feladatát csak akkor képes kielégítő színvonalon ellátni, ha azt a termelési rendszer részeként kezeli.

Az üzemeltetés minőségi és gazdasági igényeinek kielégítése szemléletváltást követel az üzemfenntartást végzőktől. A karbantartás eddig bevált, a fejlődést követő eljárásai, módszerei mellett fontos az újabb kutatási, fejlesztési eredmények mielőbbi bevezetése a gyakorlatba.

Az állóeszközök újratermelési folyamata

Vállalati szinten az állóeszközök újratermelési folyamatát szemlélteti az 1. ábra. A vállalati eredményesség érdekében fontos ennek az újratermelési folyamatnak ésszerű, helyes megszervezése és fenntartása.



1. ábra. Az állóeszközök újratermelési folyamata [1]

A beruházások során figyelembe kell venni a termelési követelményeket, az üzemeltetés sajátosságait és a termelő berendezések fenntarthatóságát. A termelési feladtból kiindulva a beruházás lehet szinttartó vagy fejlesztő beruházás.

Az aktiválás és az üzembe helyezés után biztosítani kell a szakszerű üzemeltetést, a berendezések kihasználását. Az üzemképesség a rendszeres karbantartással és javítással biztosítható.

A műszaki fejlesztés a termelő berendezések folyamatos korszerűsítését igénylik. Az üzemben lévő termelő berendezések használatával nemcsak azok műszaki állapota romlik, hanem erkölcsi elavulásuk is jelentkezik. Egy bizonyos használat után szükséges, hogy a berendezéseket a felújításuk során korszerűsítsék is.

A fenntartási műveletek során végzett tevékenységekből **rendszerek** állíthatók össze (**Ki, Mikor, Milyen kezdeményezés alapján és Milyen tartalommal fogja az adott műveleteket végrehajtani**). Az, hogy melyik gépre melyik rendszert használjuk a kitűzött céljaink elérése érdekében, az pedig a karbantartási stratégia területe. Elsőként tekintsük át az alkalmazott rendszereket és azok főbb sajátosságait:

1.2. SZABVÁNYOS KARBANTARTÁSI RENDSZER

A szabványos karbantartási rendszer esetén a gép, berendezés egyes alkatrészeinek élettartamára normatívák készülnek, pl. az üzemeltetési óra függvényében. Az előírt időpontban az alkatrészt, részegységet az elhasználódás mértékétől függetlenül ki kell cserélni. Elsősorban olyan gépekhez alkalmazzák, amelyek meghibásodása nagymértékű anyagi kárral, esetleg életveszéllyel jár. A karbantartási rendszert elsősorban a repülésben alkalmazzák. Előnye, hogy az abszolút üzembiztonságot jól megközelíti, hátránya, hogy igen költséges, nagyon gondos tervezőmunkát igényel.

1.3. EGYSZERŰ KARBANTARTÁSI RENDSZER

Az egyszerű karbantartási rendszer (hibajavítás) esetén a szükség szerinti javítást a meghibásodás bekövetkezése után végzik el. A hiba fődarabok alkatrészeit kicserélik vagy megjavítják. Hátránya, hogy a javítás előre nem tervezhető, a váratlan hiba megszakítja a termelést. A javítások átfutási ideje esetleg túlságosan hosszú a javítás műszaki előkészítésének hiánya és az esetleg raktáron nem levő alkatrészek beszerzése miatt. Ha időben nem ismerik fel a váratlanul bekövetkező meghibásodást, további károsodásokat is okozhat. A hiba gyors kijavításához nagy javítókapacitás és tartalék alkatrészkészlet kell. Ezáltal a fenntartási költségek nagymértékben növekedhetnek. Előnye viszont, hogy a gépek, berendezések alkatrészei, fődarabjai, részegységei az elhasználódás határáig kihasználhatók. Olyan gépekhez alkalmazható rendszer, amelyek átmeneti üzemképtelensége vagy hiánya nem okoz zavart a termelésben.

1.4. IDŐSZAKOS KARBANTARTÁSI RENDSZER

Az időszakos (ciklusos) karbantartási rendszer, mint tervszerű megelőző karbantartás, előírt időközökben végzett felújítás a kiesési gyakoriság statisztikai kiértékelése alapján. A gépeket, berendezéseket meghatározott időközönként, tervszerűen vizsgálják és javítják.

A felülvizsgálatokat és javításokat kidolgozott ciklusrend szerint végzik. A ciklusrend magába foglalja az elvégzendő munka módját, mértékét, sorrendjét. Az előre meghatározott időpontban elvégzett vizsgálatok és javítások alkalmával megjavítják vagy kicserélik az alkatrészeket, részegységeket, függetlenül attól, hogy milyen mértékben hibásodtak meg. Ezáltal csökken annak a valószínűsége, hogy a gépek a javítás előtt működésképtelenné válnak. A rendszer célja a szükséges biztonság mértékéig, a gazdaságosság határain belül az üzembiztonság állandó fenntartása.

A ciklusrendet hibaelemzéssel egyes meghatározott alkatrészek élettartama szerint alakítják ki. A TMK rendszerben a gépek fenntartása karbantartást és javítást jelent, amire előre mereven meghatározott időpontokban kerül sor.

A fenntartási rend lehet időtől, vagy teljesítménytől függő:

Az időtől függő ciklusrend előírásai naptári időtartamokra (hónap, év) vonatkoznak. Ennek előnye az egyszerű tervezhetőség. A gépek azonban nincsenek mindig egyformán kihasználva, emiatt egy meghatározott időtartam alatt eltérő mértékben károsodhatnak. Folyamatosan termelő üzemekben ún. "éves leállítás" alkalmával végzik el a szükséges vizsgálatokat, beállításokat és a berendezések javítását. Ide sorolhatók az idényjelleg szerint, de azon belül folyamatosan vagy szakaszosan üzemeltetett gépek, berendezések, járművek is. Ezeknél a karbantartást, javítást a termelési szünet idejében végzik.

A teljesítményarányos ciklusrend bevezetése az azonos műszaki állapot utáni javítást célozza. Ilyenkor a gép, ill. jármű üzemére leginkább jellemző és mérhető paramétert választanak.

Példa: Járműveknél ez általában a megtett út km-ben. Villamos berendezéseknél a fogyasztott áram kWh-ban, gépjárműveknél az elhasznált üzemanyag, stb. Munkagépeknél, szerszámgépeknél az üzemóra szerinti ciklusrend terjedt el.

Az üzemóra szerinti ciklus esetén a teljesített üzemóra a gépnaplóból vehető. Ez azonban nem ad hű képet a ténylegesen teljesített üzemóráról, mert a gépnaplóba többnyire az üzemkézség időtartamát írják be. Az utóbbi időben egyre több gépre szerelnek üzemóra számlálót. Az egyik megoldás szerint a gépre egy üzemóra számlálót szerelnek, amely a gép indításakor kapcsol be, vagy az indítókulcs elfordításakor kezdi el a számlálást a gép leállításáig. Más megoldás szerint, ha a gép részegységeinek a kihasználása eltérő, akkor ezekre külön üzemóra számlálót szerelnek.

Az üzemóra számláló általában nem tud különbséget tenni a terhelés alatti üzem és az üresjárat között. Hidraulikus gépeknél megoldható, hogy az üzemóra számláló csak egy meghatározott üzemi nyomás elérésekor lépjen működésbe. Ismertek más, a teljesítménytől függő üzemóra számláló szerkezetek is, amikor valamilyen teljesítményjellemző (pl. kipufogógáz hőmérséklet) érzékelése sietteteti vagy késlelteti az üzemóra számlálót.

Az időszakos – ciklus szerinti – karbantartás előnye, hogy lehetővé teszi a pontos javítási terv és a tartalék alkatrész készletigény összeállítását. Hátránya, hogy

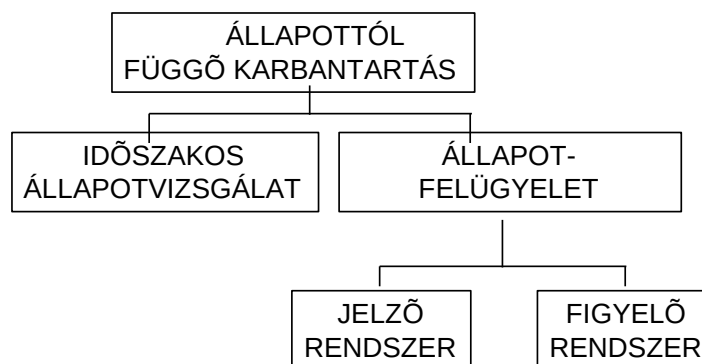
nagyok a javítás költségei, hiszen az előírányzott munkálatokat az elhasználódás mértékétől függetlenül el kell végezni. A vizsgálatok, javítások műszaki előkészítése sok munkát igényel. A rendszert megalapozó normatívák és munkaelőírások csak szűk körű gépfajtákhoz dolgozhatók ki. A rendszer hibaelemzés készítésére nem alkalmas.

Az időszakos karbantartási rendszer egyik változata a felülvizsgálattal módosított ciklusrend. A rendszer lényege azonos az időszakos karbantartási rendszerrel, azzal az eltéréssel, hogy a két javítás között egy, vagy két vizsgálatot végeznek. A felülvizsgálat eredménye alapján módosíthatják a következő javítás időpontját a tényleges elhasználódás, a várható meghibásodás figyelembevételével.

A felülvizsgálat során szerzett tapasztalatok elősegítik a javításra való felkészülést, az alkatrészek beszerzését, stb. Csökkenthetők, illetve megszüntethetők a váratlan hibák. Ez a rendszer az igénybevétel változására kevésbé érzékeny. Hátránya, hogy költségesebb, mint a felülvizsgálat nélkül végzett javítás, nagyobb a dokumentációs igénye.

1.5. ÁLLAPOTTÓL FÜGGŐ KARBANTARTÁSI RENDSZER

Az állapottól függő karbantartási rendszer esetén, a gépen, berendezésen időszakosan vagy folyamatosan műszeres műszaki állapotvizsgálatot végeznek (3. ábra). Az így kapott információkat használják fel a javítási munkákhoz. A gép, berendezés műszaki állapotának rendszeres figyelése, dokumentálása, az elhasználódás törvényszerűségeinek feltárása alapján határozzák meg a javítás várható időpontját, várható mértékét.

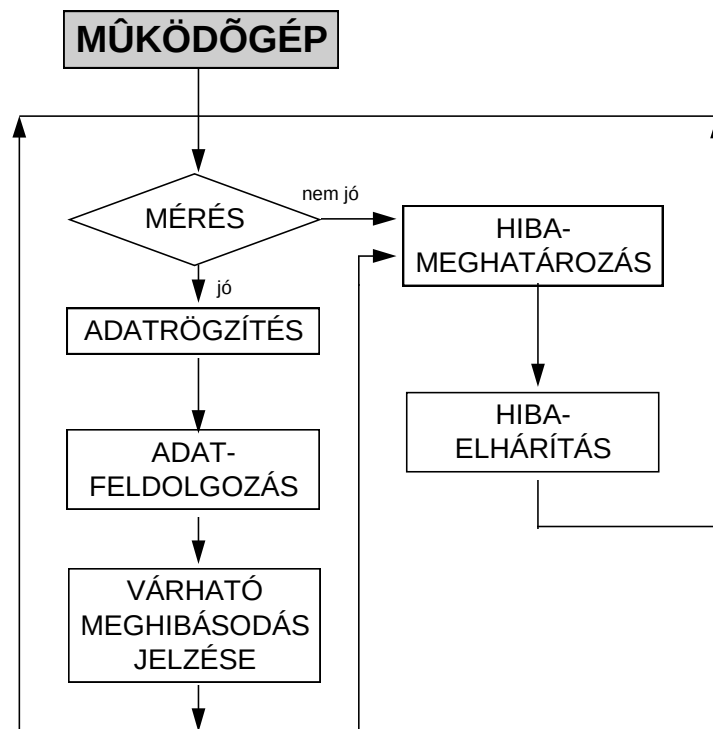


2. ábra Az állapottól függő karbantartási rendszer [1]

Az *időszakos állapotvizsgálatkor* a felülvizsgálatok időpontjait, időközzeit a gépek elhasználódási sajátosságainak figyelembevételével előre megállapítják és az éves vizsgálati tervben rögzítik. A vizsgálatok tárgyát, témáját, eszközeit mérési utasításban adják meg. Az előírt időpontban ellenőrzik az alapvető üzemi jellemzőket, rendszerint hordozható, kézi műszerekkel (4. ábra). A mért értékeket írott formában rögzítik, rendszerint táblázatba foglalva. Ezeket az adatokat értékelve előre jelezhető a várható meghibásodás ideje. Az adatok kézi adatrögzítéssel számítógépen is tárolhatók és megfelelő szoftverrel értékelhetők. Ennek segítségével meghatározható az elhasználódás trendje, a javítás várható időpontja. Ma már használatosak olyan kézi műszerek, amelyek adatgyűjtésre is alkalmasak. Ezek a műszerek fogadják és tárolják az érzékelők jeleit, a mért értéket azonnal

összehasonlítják a megadott határértékkel. Rendszerint alfa-numerikus kijelzővel vannak ellátva. Hiba esetén azonnal jelez. A műszer közvetlenül vagy közvetve kapcsolható számítógéphez. Így a tárolt adatok időszakonként (műszakonként) a számítógépbe beolvashatók. Az ilyen rendszerekhez tartozó szoftverekkel további adatfeldolgozás, trendkészítés végezhető. A várható hiba időpontját az adott mérési ponthoz rendelve a számítógép kijelzi.

A program mérési útvonalterv készítésére is alkalmas. Az adott időszakra végrehajtandó mérési feladatokat (gép, mérési pont sorrend) a számítógépből a kézi adatgyűjtőbe lehet betölteni.



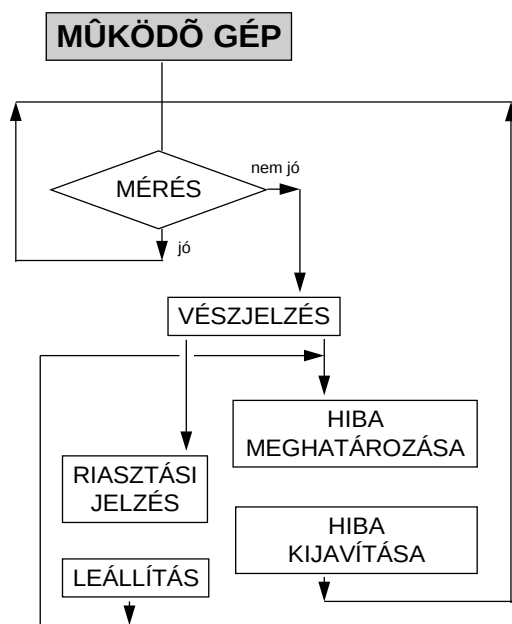
3. ábra Időszakos állapotvizsgálat [1]

Folyamatos állapotvizsgálatkor a működési és állapotellenőrzést beépített érzékelők és műszerek folyamatosan, illetve mintavételelesen végzik. Ezt a rendszert *állapotfelügyeletnek* is nevezik. A beépített készülékek jellegének megfelelően jelző és figyelőrendszereket (monitor rendszer) különböztetnek meg.

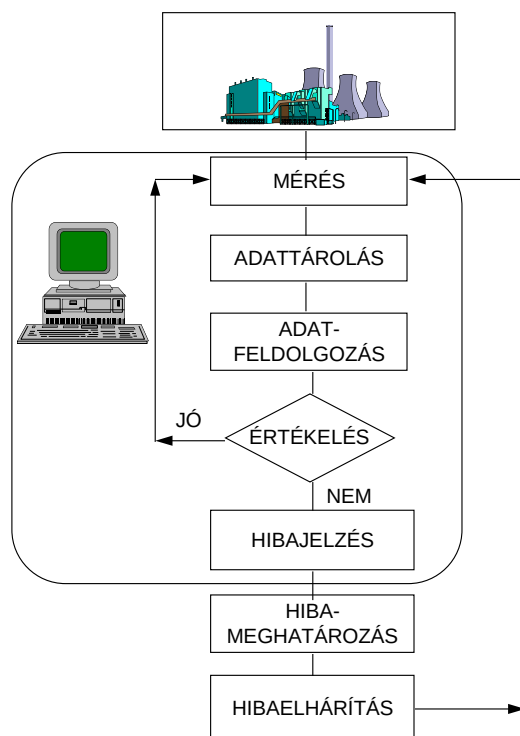
A *jelző rendszer* a gép kritikus pontjait folyamatos méréssel ellenőrzi. A rendszerben általában két jelzési szint programozható. Az alsó vészjelzési szint megszólalása a hiba kezdetét jelenti. Ha ezt követően nincs beavatkozás és a gép állapota tovább romlik, akkor a felső érték elérésekor megszólal a riasztási jelzés, és a rendszer kialakításától függően le is állíthatja a berendezést. (5. ábra).

A *figyelő rendszer* egy számítógéppel vezérelt ellenőrző rendszer, amely tárolja és feldolgozza a mérési eredményeket. Jelzi a gép várható meghibásodását.

A rendszer adatszolgáltatása felhasználható egyéb hibaelemzések, karbantartási tervek készítéséhez is. (6. ábra).



4. ábra Jelzőrendszer [1]



5. ábra Figyelő rendszer [1]

A rendszer gondos vizsgálatok alapján megfelelő információt nyújt a tervezéshez. Így a várható meghibásodások figyelembevételével megtervezhető a javításhoz szükséges kapacitás, az alkatrészek választéka, mennyisége. A fenntartás költségei könnyen figyelemmel kísérhetők, az optimális raktárkészlet megszervezése sem okoz nehézséget.

Az állapottól függő karbantartási rendszer alkalmazásával a javítások szervezettsége növelhető, korszerűbb javítási rendszerek vezethetők be (pl. fődarab cserés javítás). A rendszeres vizsgálatok eredményeként csökkenthető a váratlan meghibásodások és a nagyjavítások száma, a nagyjavítások közötti ciklusidő pedig növelhető.

Hátránya, hogy a felülvizsgálatok időközaineinek helyessége és a vizsgálatot végzők szakmai képessége nagymértékben befolyásolja hatékonyságát.

Az állapottól függő karbantartás bevezetése nagy értékű, bonyolult gépekhez indokolt, ahol a váratlan meghibásodásból adódó kiesés nagy veszteséggel jár. [1]

1.6. KARBANTARTÁSI STRATÉGIA

Egy vállalat karbantartási magatartását a termelési feladat és a gépállomány jellemzői határozzák meg. Alapvető cél a termelési feladat maradéktalan ellátása a lehető legkisebb ráfordítás mellett. A karbantartási stratégia viszont egy meghatározott időtartamon belüli karbantartási teendők és műveletek sorrendjének, tartalmának és végrehajtási módjának lerögzítése. Tartalmazza például, hogy milyen karbantartási rendszert alkalmazzanak, milyen a karbantartási ciklus, milyen időközökben és milyen időtartamra állítsák le az üzemet, illetve a berendezést.

A karbantartási stratégiával kapcsolatos döntéseket az időszerű gazdasági feltételek figyelembevételével a javítási költségek és az üzemzavarból eredő veszteségek együttes mérlegelése alapján hozzák. Ezek szerint a gazdasági optimumot keresik.

Az iparban a termelő berendezések és gépek állományának megoszlása termelékenység és korszerűség tekintetében eltérő, műszaki és gazdasági jellemzőik nagymértékben különbözőek. Eltérő a termelésben betöltött szerepük és a kiesésük hatása is. Az utóbbi években egyre bonyolultabb gépek, automatikus rendszerek jelentek meg. A vállalatok nagy részénél ugyanakkor megtalálhatók a hagyományos, rendszerint mechanikus gépek és berendezések is.

Az üzemeltetés során, ill. az üzembe helyezéstől eltelt használati idő alatt a gépek, állóeszközök állapota is változik. A karbantartási folyamatban az állóeszközöknél háromféle állapotot veszünk figyelembe: fizikai, műszaki és korszerűségi állapotot.

A fizikai állapot a berendezések használata során bekövetkező fizikai változásokat jelenti (kopás, alakváltozás, törés).

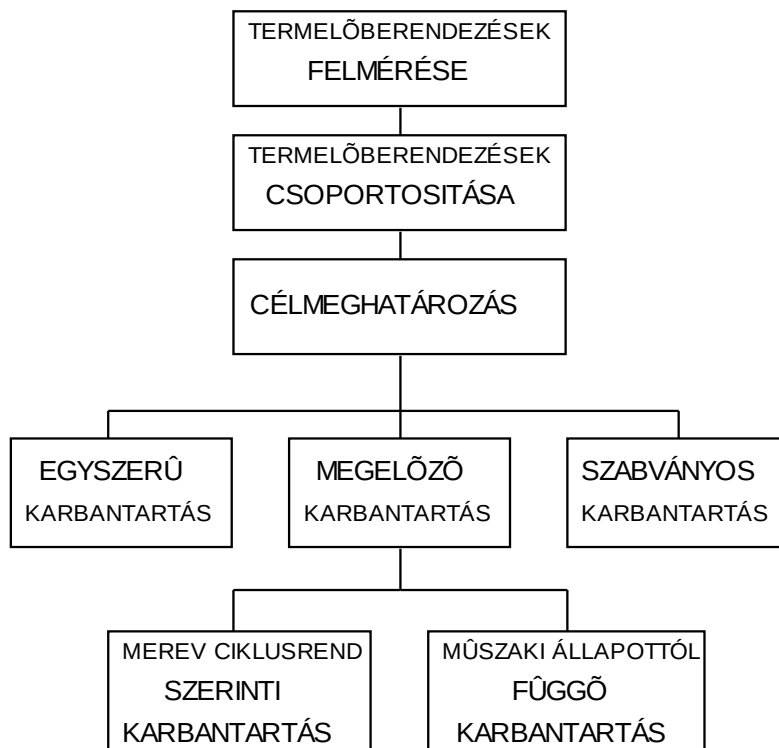
A műszaki állapot a berendezések műszaki jellemzőinek változását mutatja (méretpontosság, teljesítmény, stb.).

A korszerűségi állapot alatt az állóeszközöknek az értékelés időpontjában egy hasonló rendeltetésű, új állóeszközhöz hasonlított műszaki színvonalát értjük (műszaki és gazdasági jellemzők összehasonlítása). Ez mutatja az avulás mértékét.

Mindezek figyelembevételével nem helyes a gépeket és berendezéseket – a régi, ún. merev karbantartási rendszer (TMK) szerint – azonos fontosságúként kezelni. A termelő berendezéseket ezért csoportosítani, osztályozni kell és a karbantartási rendszerüket is ennek megfelelően kell kiválasztani.

A karbantartási stratégia kialakításának feladatai (6. ábra):

- a gépállomány felmérése, csoportosítása, osztályba sorolása
- a termelési feladatok és az abból következő műszaki feltételek meghatározása,
- a karbantartási cél meghatározása,
- a gépek meghibásodásainak rangsorolása, a hibák bekövetkezése várható időpontjának és hatásának vizsgálata,
- a gépek osztályba sorolásának megfelelő – műszaki és gazdasági szempontból optimális – karbantartási rendszer kiválasztása.



6. ábra Karbantartási stratégia

1.6.1. TERMELŐESZKÖZÖK FELMÉRÉSE

A karbantartási stratégiával kapcsolatos elsődleges információ a termelő berendezésekre vonatkozik. Az összehasonlítás érdekében az adatbázist egységes modell szerint kell létrehozni. Ennek tartalmaznia kell a termelőeszköz állomány jellegzetességét, mennyiségi adatokat, valamint a szükséges műszaki és gazdasági jellemzőket. Ha folyamatos termelési rendszer üzemel, akkor azt le kell bontani részrendszerekre, alrendszerekre és berendezéseikre, egyértelműen meghatározva a közöttük lévő kapcsolatot. Az automatizált gépsorok egy rendszer részének tekinthetők, amelyek egyedi gépekből, berendezésekből tevődnek össze.

Lehetnek olyan termelési rendszerek, amelyeket egyedi gépek, berendezések alkotnak, közöttük szoros kapcsolat nincs.

Az adatbázist egyedi gépenként, berendezésenként kell létrehozni, ami általában tartalmazza:

- a gép, berendezés típusát,
- a gyártó megnevezését,
- az üzembe helyezés időpontját,
- a telepítés helyét,
- van-e kapcsolat és milyen más termelő berendezésekkel,
- milyen termelési rendszerhez tartozik,
- működési rendje (folyamatos, szakaszos, rendszeres vagy rendszertelen munkarendben, ill. alkalmilag üzemelő),
- jellegzetes műszaki jellemzők,

- gazdasági adatok (érték, értékcsökkenés, stb.),
- a lehetséges működési hibák és ezek következményei.

1.6.2. A GÉPEK OSZTÁLYBA SOROLÁSA

Az osztályba sorolás egy elsődleges differenciálás, amely elősegíti a karbantartási kapacitások és költségek optimalizálását a termelési folyamat zavartalan üzemének biztosítása érdekében.

A gépek a műszaki, az üzemeltetési és a gazdasági jellemzőik szerint, valamint a megbízhatóság alapján csoportosíthatók.

A gépek osztályba sorolása műszaki, üzemeltetési és gazdasági jellemzőik szerint.

Az osztályba sorolás szempontjai:

- a gép szerkezeti kialakítása,
- bonyolultsága,
- értéke (egyedi érték, csoport érték),
- a termelésben betöltött szerepe,
- a meghibásodás következménye.

Szerkezeti kialakítás szerint megkülönböztetünk mechanikus felépítésű, hidraulikus, pneumatikus, villamos rendszerű vagy vezérlésű és elektronikus vezérlésű gépeket, szerkezeti egységeket.

A feladat ellátásához igazodó szerkezeti kialakítás függvényében a gépek az egészen egyszerűtől a bonyolult kialakításig megkülönböztethetők.

A gépek karbantartási rendszerbe való besorolásakor gyakran veszik figyelembe azok értékét. Vannak esetek, amikor a döntés alapja nem a gép egyedi értéke, hanem az ún. csoportérték (egy adott típusból üzemeltetett gépek összértéke). A típusonkénti darabszám figyelembevétele (sorozatnagyság) elsősorban a javítási rendszerek, javítási típusok kiválasztásakor, az esetleges szakosított javítás megszervezésekor fontos jellemző.

Igen lényeges a gépek termelésben betöltött szerepének meghatározása. Vannak gépek – bonyolultságuktól, értéküktől függetlenül – amelyek meghibásodása nagy termeléskieséssel jár. Szalagszerű folyamatban, folyamatos termelésben lévő bármilyen gép meghibásodás miatti üzemből való kiesése az egész folyamat leállítását eredményezheti. Egyes gépek meghibásodása esetén viszont a termelés más gépen folytatható, nem okoz termeléskiesést.

A meghibásodás a termeléskiesésen, a helyreállítás költségén és időtartamán túl okozhatja más géprészek, a rendszer más elemeinek tönkremenetelét, ha azt időben nem észleljük.

A gépállomány osztályozásának szempontjai és a lehetséges karbantartási rendszerek, azok előnyei és hátrányai alapján az egyes osztályok tartalma és karbantartási stratégiája az alábbiakban foglalható össze:

I. osztályba azokat a termelő berendezéseket soroljuk, amelyeknek a termelésben betöltött szerepét, fontosságát tekintve a meghibásodás miatti kiesése – mivel pótlásukra nincs lehetőség – a termelés folytatását lehetetlenné teszi. A váratlan meghibásodás nagy anyagi kárral, a gépnek a termelésből való hosszabb kiesésével jár. Ide sorolhatók a bonyolult, a nagy értékű megmunkáló gépek, a különleges célgépek és berendezések, a nagy pontosságú gépek. Ebbe az osztályba sorolják azokat a gépeket is, amelyeknek az üzemét mindenáron biztosítani kell (pl. életveszély, hatósági előírások, nyomástartók, stb.). Az ebbe a csoportba tartozó gépekre a *felülvizsgálat alapján végzett karbantartást* ajánlják, főleg akkor, amikor a hiba hagyományos eljárásokkal nehezen határozható meg (pl. elektronikus rendszerek). A rendszer alkalmazásának feltétele, hogy a megfelelő diagnosztikai műszerek, berendezések rendelkezésre álljanak, az elhasználódásra utaló üzemi jellemzők érzékelésére kialakítsák a szükséges csatlakozási pontokat, beépítsék az érzékelőket, valamint a kapott jelekből az elhasználódás mértékére következtetni lehessen. Ez elsősorban a folyamatos állapotfelügyeletnél követelmény. Egyes diagnosztikai eljárásoknál tapintószondás mérések is végezhetők.

Mechanikus felépítésű gépeknél a *ciklusos karbantartási rendszer* is alkalmazható, ha az alkatrészek, részegységek élettartama jó közelítéssel meghatározható. A javításhoz szükséges munkaerőt és eszközöket – a többi munkák háttérbe szorítása árán is – koncentráltan biztosítják, hogy a termelésekiesést elkerüljék. Fő szempont az üzem folyamatosságának biztosítása.

II. osztályba azok a termelő berendezések sorolhatók, amelyeknek a termelésből való kiesése nem okoz pótolhatatlan veszteségeket, de nagy termékmennyiség, ill. nagy termelési érték kiesést eredményeznek. Ide sorolják azokat a berendezéseket is, amelyek szűk keresztmetszetet jelentenek. Ezeknél a gépeknél fontos szempont a kiesési idők csökkentése, de gondot kell fordítani a javítási költségek minimálására is. Ezekre a *ciklusos karbantartást* alkalmazzák, de a szervizellenőrzés és a diagnosztikai vizsgálatok alapján ütemezett karbantartás is lehetséges, ha a vizsgálatok feltételei adottak.

III. osztályba kerül a termelő berendezések jelentős hányada. Itt a javítás miatti kiesés nem pótolhatatlan. Meghibásodás esetén, a gépen dolgozó munkás műszakmódosítással, vagy a nélkül más gépen folytathatja a termelést. Ide tartoznak az egyetemes gépek és gépi berendezések. Az ebbe az osztályba tartozó gépekre elsősorban a *ciklusos karbantartás* javasolt. Fő szempont a javítási költségek minimumának elérése, de gondot kell fordítani a kieső idők csökkentésére is.

IV. osztályba sorolják az egyszerű, nem bonyolult, kis értékű gépeket, berendezéseket, az alárendelt szerepet játszó kiszolgáló és segédberendezéseket, valamint azokat a korszerűtlen (leállításra tervezett) gépeket, amelyeknél a megelőző karbantartás nem gazdaságos. Ezekre a gépeken tervszerű javítást nem végeznek, csak a váratlan hibákat javítják ki (esetszerű karbantartás). A javítási ráfordításokat limitálják a gazdaságtalan javítások megakadályozása érdekében. Ebbe az osztályba tartoznak azok a gépek is, amelyeknél meghibásodás miatt nincs jelentős termelésekiesés, a hiba gyorsan elhárítható és további károsodást sem okoz.

A gépek osztályozása megbízhatóság alapján.

Az osztályozás alapja a gépek megbízhatóságának, ill. meghibásodásának valószínűsége és a meghibásodások következménye. Eszerint az osztályozás a megbízhatóság két fontos mutatója a hibamentesség és a tartósság alapján lehetséges.

Az $R(t)$ műszaki megbízhatósági mutatót fel lehet használni akár egyetlen gép hibamentességének értékelésére is. Az $R(t)$ hibamentes működés valószínűségének értékét az üzemi gyakorlatban többnyire a gépmeghibásodás veszélyességétől függően választják meg, ill. írják elő. A gépek meghibásodásának következménye alapján való osztályozást és az egyes osztályoknak megfelelő $R(t)$ megengedett megbízhatóságot az 1. táblázat foglalja össze.

1. táblázat Az egyes osztályoknak megfelelő megengedett megbízhatóság

Gép-osztály	A meghibásodás következménye	A hibamentes működés valószínűsége	Géptípus
I.	KATASZTRÓFA -baleset, -fő üzemi jellemzők teljesíthetatlensége	$R(t) \sim 1$	Repülőgépek Emelő és szállító berendezések. Haditechnika gépei és berendezései
II.	GAZDASÁGI VESZTESÉG -javítási idők növekedése -üzemelés csökkent terheléssel -működés nem megfelelő jellemzőkkel	Jelentős veszteség esetén: $R(t) = 0,99$, Jelentéktelen veszteség esetén: $R(t) = 0,9$	Technológiai gépek és berendezések Mezőgazdaság gépei és berendezései Közhasználatú berendezések
III.	NINCS KÖVETKEZMÉNY a javítási költségek a megengedett normán belül	$R(t) = 0,9$	Gépek szerkezeti részegységei és elemei

A tartósság alapján való osztályozáskor elsősorban a gép működését meghatározó jellemzőket vesszük figyelembe (6. táblázat).

2. táblázat A géposztályok működését meghatározó jellemzők

Géposztály	Rendeltetés	Géptípusok	Működőképesség jellemzői
1. Technológiai	A munkatárgy alakjának és tulajdonságának megváltozása	Szerszámgépek, Sajtológépek, Hegesztő berendezések, Mezőgazdasági gépek, Útépítőgépek.	Termékminőség Termelékenység
2. Kémiai-technológiai	Új anyagok előállítása	Vegyipari gépek, Kohászati gépek és berendezések	Termékminőség, Termelékenység, Biztonság
3. Szállító	Tárgyak, ill. személyek helyváltoztatása	Autók, Repülőgépek, Vasúti és víziszállítás eszközei, Emelő- és szállítógépek	Sebesség, Biztonság, Teherbírás
4. Energetikai	Energiafajták átalakítása	Villamosmotorok, Belsőégésű motorok, Sugárhajtóművek, Turbinák	Hatásfok, Teljesítmény
5. Ellenőrző és mérő	Tárgyak méreteinek, üzemi jellemzőinek ellenőrzése	Mérőgépek és mérőműszerek, Osztályzó automaták, Próbapadok	Mérés pontosság
6. Számítástechnikai	Matematikai feladatok megoldása	Elektronikus digitális és analóg számítógépek	Megoldás
7. Haditechnikai Hadi, repüléstechnikai	Objektumok megsemmisítése	Lövegek, Rakéták, Harckocsik, Hadi repüléstechnika	Harci feladat teljesítése
8. Orvosi	Ember és állat egészségének helyreállítása	Mesterséges szervek (művese, műsziv). Sebészeti berendezések	Működéspontosság, Biztonság

A gép alapvető minőségi mutatóinak elvesztése meghatározza egyrészt a gép átlagos üzemi működését a főjavításig, másrészt azokat az idő- és eszközráfordításokat, amelyek a gép működőképességének helyreállításához szükségesek.

A *tartósság* értékelésének mutatói:

a K_T műszaki kihasználási tényező és a K_d tartóssági tényező.

A gép tartósságát kifejező K_T műszaki kihasználási tényező:

$$K_T = \frac{T}{1 + \sum_{j=1}^n T_j}$$

ahol:

- T a gép tényleges működési ideje t üzemeltetési ciklus alatt,
- T_j a javítások időtartama t üzemeltetési ciklus alatt.

A műszaki kihasználási tényező ($0 < K_T < 1$) megadja annak valószínűségét, hogy adott, tetszőleges időpontban a gép működik és nincs javítás alatt.

A K_d tartóssági tényező az egész üzemeltetési időszakra vonatkozó műszaki kihasználási tényezővel egyenlő:

$$K_d = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n \frac{\tau}{T_i}}$$

ahol:

- T_i a gép i -edik alkatrészének (szerkezeti egységének) élettartama a meghibásodásig,
- a gép i -edik alkatrészének (szerkezeti egységének) javítási munkaidő ráfordítása, beleértve a szét- és összeszerelést, valamint a beállítást.

A karbantartások és javítások időszükséglete nemcsak a javítás technológiájától, szervezettségétől függ, hanem a gép szerkezeti kialakításától, annak karbantarthatóságától, javíthatóságától is. (Karbantartáshelyes konstrukció). A javíthatóság tehát a gépnek olyan tulajdonsága, amely kifejezi annak alkalmasságát a meghibásodások megelőzésére, feltárására, elhárítására.

A gép tartósság növelésének alapvető módszere: a karbantartás és javítás helyes konstrukció kialakítása, az alkatrészek élettartamának növelése valamint a javításukra fordított idő csökkentése.

1.7. A KARBANTARTÁSI STRATÉGIA MÓDSZERE

A karbantartási cél meghatározása

A karbantartási stratégia kiválasztásakor abból kell kiindulni, hogy a gépfenntartás célja a termelési feladatok maradéktalan, meghatározott időre és az előírt minőségben való elvégzésének biztosítása, általában minimális fenntartási költségráfordítás mellett. További cél lehet többek között a javítószázalék, a veszteségidők, a kiesőidők és a véletlenszerű meghibásodások minimálása, valamint a megbízhatóság és a nyereség maximálása.

PI. Erőmű karbantartási cél: fenntartani az erőmű maximális üzemkésztségét és optimális hatékonyságát, megteremteni a berendezések működésének biztonságos feltételeit.

Döntéskészítési számítások, célfüggvény

Az adott célnak megfelelően meghatározható a karbantartás célfüggvénye. Optimáláskor csak egy célfüggvény lehet, amelynek keressük a szélsőértékét a többi korlátozó feltételek mellett.

Gyakran alkalmazott célfüggvény a karbantartási költségek vagy a fajlagos karbantartási költségek minimálása.

Ebben az esetben a célfüggvény:

$$K = n_v \times K_v + n_m \times K_m \Rightarrow \min$$

ahol:

- n_v a váratlan meghibásodások száma,
- n_m a megelőző tevékenységek száma,
- K_v a váratlan meghibásodások helyreállításának átlagos költsége,
- K_m a megelőző tevékenységek átlagos költsége.

Meghatározhatjuk a célfüggvényt úgy is, hogy az egyes váratlan meghibásodások helyreállításának és az egyes megelőző tevékenységeknek a költségeit összegezzük.

$$K = \sum K_{iv} + \sum K_{im} \Rightarrow \min$$

Az optimálás alapja annak a valószínűsége, hogy a j alkatrész vagy fődarab váratlan meghibásodását követő javításának (cseréjének) költsége legtöbbször meghaladja ugyanazon j alkatrész vagy fődarab tervszerű megelőző karbantartás során végzett javításának (cseréjének) költségeit.

A javítás költségösszetevői váratlan meghibásodás esetén:

- az alkatrész ára (anyagköltség),
- a javítási munka ráfordítás költsége (bérköltség),

- a javításra várakozás és a javítás alatti termelésekiesés költségei (leállással kapcsolatos költségek). Figyelembe kell venni a termelésekiesésből származó egyéb veszteségeket, járulékokat is.
- az esetleges további szerkezeti károsodás költségei,
- egyes gépek (pl. mobil gépek, járművek) esetleges mentési költségei,
- a műszaki hibás balesetekből eredő károk költségei.

A javítás költségösszetevői tervszerű megelőző karbantartás esetén:

- az alkatrész ára (anyagköltség),
- a munkaráfordítás költsége (bérköltség),
- a javítás miatti termelés kiesés költsége.

A költségek minimálásakor más egyéb módszerek is alkalmazhatók, mint pl. az átlagos ill. fajlagos költségekkel, részben egyedi költségekkel való számítás. Ilyen lehet többek között a teljesítmény egységre vagy más jellemzőre vetített fajlagos költségek minimálása.

A karbantartási stratégia a gépkihasználati mutató, a karbantartási költségek és a bevételek összehasonlításával is meghatározható.

A megbízhatóság maximálására akkor írnak fel célfüggvényt, ha elsősorban a gép megbízhatóságát kell adott szinten biztosítani. Bonyolult és összetett gépcsoportok esetében az egyes gépek, gépcsoportok megbízhatóságának különös jelentősége van. Az ilyen gépek, gépcsoportok váratlan meghibásodása nagy károkat, balesetvesztést okozhat.

Az optimális stratégia valamely karbantartási paraméter vagy paraméterek optimalizálását jelenti. Ilyen lehet pl. az optimális felülvizsgálati ciklusidő és a megbízhatóság, a hibamentes működés átlagos időtartamához tartozó maximális nyereség.

A nyereség maximálásának célfüggvénye elvileg a karbantartás területére is felírható. Mivel a nyereséget a vállalatától független tényezők is befolyásolják, a célfüggvény alkalmazása a karbantartásra nem célszerű.

A fenntartási rendszer kiválasztása

Az előzőekben ismertetett cél és elemzések alapján gépenként, berendezésenként lehetőleg differenciáltan meghatározandó a karbantartási rendszer, a ciklusrend, a műveletek sorrendje és tartalma.

Dönteni kell a szervezeti felépítésről. Meg kell határozni a hatásköröket, kik hozhatnak döntéseket és milyen szinten. Meghatározandó az üzemeltetők és karbantartók közötti kapcsolat jellege és formája.

A szervezeti felépítést meghatározza, hogy az elvégzendő feladatokat saját vagy külső szervezetekkel végeztetik el, illetve milyen feladatot, milyen arányban végeznek saját vagy külső karbantartók.

A műszaki, üzemeltetési és gazdasági jellemzők szerinti szempontokat, ajánlásokat a karbantartási rendszerek kiválasztásához a gépek osztályba sorolása című fejezet tartalmazza.

A megbízhatóság alapján optimált karbantartás bevezetésének fő feladatai pedig :

- Kritikus helyek megkeresése – gyengepont elemzés. Ez lehet a termelési rendszer valamelyik berendezése, gépe illetve ezek részegysége vagy alkatrésze.
- A kritikus eszközök, berendezések működési hibáinak elemzése. Meghatározandó a hiba természete, súlyossága, gyakorisága, az eszköznek a rendszerben elfoglalt helye, a rendszer jellege (soros, párhuzamos, vegyes), a rendszer elemeinek ill. a teljes rendszernek a megbízhatósága.
- A karbantartási rendszer kiválasztása.
- A tapasztalatok elemzése, javaslat a módosításra.

Korszerű karbantartási módszerek fejlődése

A 2000-es évek drága és költséges fejlesztései nyomán megjelenő új járművek magas beszerzési ára új szemléletmód bevezetésére kényszerítette a közlekedési eszközöket üzemeltető társaságokat. A járművek műszaki állapota, biztonsága, megbízhatósága és ezek megfelelő színvonalú biztosításához szükséges karbantartási költségek alapvető tényezővé váltak. Mivel a járműbeszerzési költség a jármű egész életében felhasznált költségeknek csak a töredékét jelenti, ezért a várható kiadásokat elemezve egyértelmű, hogy a kezdeti nagy beruházás a későbbiekben lényegesen alacsonyabb üzemeltetési és karbantartási költségekkel jár.

Az élettartam költség analízisek alkalmazása további számos üzemeltetési és karbantartási költségcsökkentést eredményező műszaki megoldás kifejlesztését és bevezetését segítette elő. A megbízhatóság magas értékének biztosítása minél alacsonyabb karbantartási költséggel látszólag egymásnak ellentmondó, de nem kielégíthetetlen követelmény.

A korszerű karbantartási rendszereknek több fő irányzata alakult ki:

- a Megbízhatóság Alapú Karbantartás, RCM (Reliability Centred Maintenance),
- a Kockázat alapú karbantartás RBM (Risk Based Maintenance)
- a Teljeskörű Hatékony Karbantartás TPM (Total Productive Maintenance).

2.7. Megbízhatóság Alapú Karbantartás, RCM (Reliability Centred Maintenance) kialakulása

A termelési követelmények növekedése, a gépek, berendezések megbízhatóbb működését igényelte. A számítástechnika lehetővé tette a meghibásodások nyilvántartását, azok sokoldalú statisztikai elemzését. A meghibásodás, illetve a megbízhatóság valószínűsége és az előírt határértékek alapján, előre meghatározható a javítás várható igénye és időpontja. Ezt a rendszert

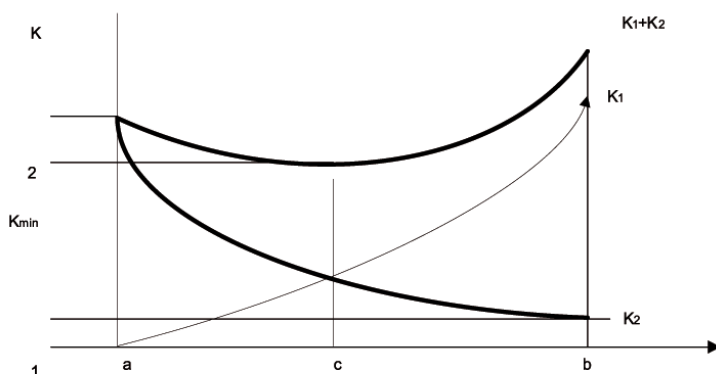
megbízhatóság alapú karbantartásnak nevezik. A megbízhatóság elméleti igényű vizsgálatára először a repüléstechnikában került sor.

Az RCM jelentős szemléletváltást hozott a karbantartásban, hiszen az eszközök állapotának megőrzéséről a funkció megőrzésére tolódik a hangsúly.

Az RCM-elemzés egy logikai rendszerértékeléssel határozza meg a termelést, illetve a szolgáltatást, a biztonságot, a veszélyeztető forrásokat és a veszély elhárítás módját.

A módszer a tervszerű megelőző karbantartási rendszereknél már sikeresen alkalmazott költség függvényekből indul ki. Az új követelményeknek megfelelően a koordináta tengelyek új értelmezést kaptak.

A költség függvények sajátossága, hogy a megbízhatóság értékének minden jármű esetében van egy alsó határértéke, amelyet akkor is produkál, ha a karbantartásra semmit sem költünk. A megbízhatóság felső határértékét pedig a megelőző jellegű karbantartások költségeinek minden határon túl történő növelésével sem lehet túllépni. Az alsó és felső határérték közötti játéktér az, ami rendelkezésre áll a karbantartási költségek célszerű felhasználására. Természetesen ebben a tartományban van az élettartam költség minimuma. Az RCM karbantartási rendszer költség függvényeit a 7. ábra mutatja.



Ahol:

- $y=1$ – A nem tervezett karbantartási költség minimuma a legnagyobb megelőző jellegű karbantartási költség mellett
- $y=2$ – A nem tervezett karbantartási költség maximuma, megelőző jellegű karbantartás nélkül.
- a – megbízhatóság alsó határértéke,
- b – a megbízhatóság felső határértéke,
- c – karbantartási költség minimumhoz tartozó megbízhatóság,
- K_{min} – Karbantartási költség minimum
- K_1 – tervezett karbantartási költség,
- K_2 – Nem tervezett karbantartási költség.

7. ábra A RCM költségfüggvényei [4]

2.8. A Kockázat alapú karbantartás RBM (Risk Based Maintenance)

A RBM alkalmas a vállalati gépállomány karbantartási prioritásának meghatározására

Hozzájárul a vállalatok rentábilis, profitot termelő módon való üzemeltetéséhez

Az optimalás kritériuma gyakran a karbantartási költségek minimálása, oly módon, hogy egy adott kockázatot vállal az üzemeltető

Tudatos kockázat vállalás arra, hogy mérlegeljük a kockázat nagyságát a megbízhatóság növelésére befektetett karbantartási költségek függvényében

Feladata:

Kockázatelemzés a potenciális kockázatok azonosítása, a hiba bekövetkezési valószínűségének becslése, a kockázatbecslés számára szolgálat módszereket.

A kockázatértékelés a döntéselemzést és a kockázat-észlelést középpontba állító szemléletmód.

A kockázatkezelés döntéshozatali folyamat.

Kockázat = meghibásodási valószínűség a megbízhatóság növelésére befektetett karbantartási költségek függvényében

Újabb filozófiák.

Az utóbbi években kiéleződött piaci verseny és a fogyasztók egyre nagyobb igényei szükségessé teszik, hogy a cégek az előállított termékekben és a szolgáltatásokban is egyre inkább alkalmazkodjanak a teljes minőség filozófiájához. Ez az igény eredményezte a teljes minőség kezelés (Total Quality Management, TQM) rendszerének kialakulását. A **TQM** egy különböző diszciplínákkal ötvözött termelési folyamat, amely biztosítja, hogy a szervezet folyamatosan megfeleljen a fogyasztók igényeinek, vagy meghaladja azokat.

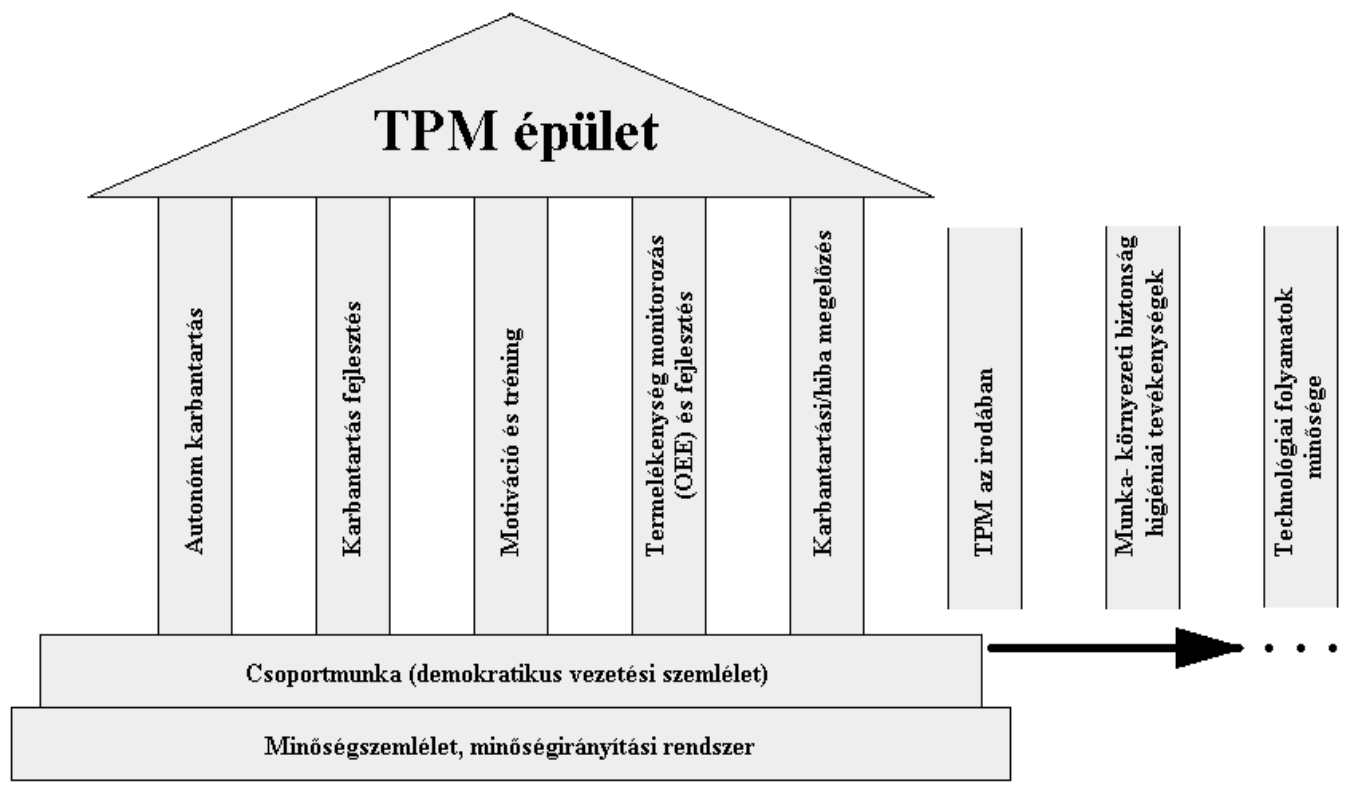
A termék minőségbiztosítása többek között megköveteli, hogy az üzemfenntartás, a termelőeszközök karbantartása területén is létrehozzák azokat a feltételeket, amelyek megfelelnek a szabványok követelményeinek és aktívan befolyásolják a termék minőségét. Ennek érdekében:

- új karbantartás irányítási (menedzsment) módszert kell bevezetni. Ebbe tartozik a célnak megfelelő karbantartási stratégia, a számítógéppel támogatott karbantartásirányítás,
- korszerű, differenciált megelőző karbantartási rendszert kell bevezetni a termelőeszközöknek a gyártmány előírt minőségét teljesítő állandó műszaki állapotának biztosítására,
- a karbantartást a konkrét gyártástechnológiai műveletek figyelembevételével kell megszervezni, hogy a termelőeszközök állapota is megfelelő legyen,
- a diagnosztikai és felügyeleti tevékenységet ki kell szélesíteni úgy, hogy az objektíven biztosítsa a döntő termelőeszközök termelőképességét,
- a karbantartást végző dolgozóknál is ki kell alakítani azt a tudatot, hogy ők is tevékeny részesei a termék minőség-biztosításának.

1.9. A TPM

A karbantartás területére kidolgozott új filozófia a **TPM** (Total Productiv Maintenance). Eszerint a karbantartás is része a termelésnek, amelyben a vállalat minden dolgozója részt vesz. A termelő berendezés kezelője is felelős annak állapotáért, feladatai közé tartozik a gép szakszerű üzemeltetése, a napi karbantartás, az egyszerű hibák elhárítása. A karbantartó szervezet munkatársai végzik a rendszeres karbantartást (ápolás, vizsgálat, diagnosztika) és a megelőző javításokat. Ez utóbbi feladatokat, a feladatok egy részét külső szolgáltató szervezetek is végezhetik, a termelés követelményeinek megfelelően.

A minőségbiztosítási rendszer értelemszerűen vonatkozik a szolgáltató, a karbantartást, javítást, felújítást végző vállalatokra, vállalkozásokra is. Ebben az esetben a *termék* a javítandó, felújítandó termelő eszköz. Cél a termelékenység folyamatos növelése a vállalat valamennyi érintett dolgozójának bevonásával. Ezt elsősorban a berendezésekhez köthető veszteségek visszaszorításával éri el. A hagyományos TPM megközelítés a '60-'70-es években alakult ki Japánban. Azóta a rendszer számos elemét tekintve továbbfejlődött, napjainkban már harmadik generációját éli.



8. ábra a TPM felépítése [1]

A rendszer alapját képező minőségyszemlélet alapvetően alkalmazza az 5 S szemléletet is.

Az 5S célja a tiszta és jól szervezett munkakörnyezet megteremtése.
Bevezetése öt lépésből áll [4]:

- Válogatás (mindazon eszközök eltávolítása, amelyek nem igazán szükségesek a munkaterületen)
- Rendszerezés (a szükséges eszközök logikus és ergonomikus elhelyezése)
- Tisztítás
- Szabványosítás (munkautasítások készítése az előző három pontról)
- Fenntartás, fejlesztés, kiterjesztés

A tiszta, jól szervezett munkakörnyezetben sokkal egyszerűbb az egyes eszközöket megtalálni, illetve a rendellenességeket is könnyebb észrevenni, mint pl. egy olajfolyás, vagy egy hajszáltrepedés.

Amire fel kell hívni a figyelmet: az 5S egyszerűnek tűnő, „legyen egy kis rend” jellegű megközelítése általában rövid távú, látványos eredményt ad, ami hamar erodálódik és a rendszer formálissá, üressé válik. Az 5S bevezetés talán legfontosabb eleme egy logikus műszaki rendszer felépítése, amely egyben önfenntartóvá és önfejlesztővé is válik.

2.9.1. A TPM nyolc pillére

Az oszlop neve	Mi ez?	Miben segít?
Autonóm karbantartás	A gépkezelők bevonása az olyan rutin jellegű karbantartási feladatok végrehajtásába, mint például a tisztítás, kenés és érzékszervi vizsgálatok. Magasabb szinten egyszerűbb karbantartási beavatkozások is a termeléshez kerülhetnek.	• Jelentősen javítja a berendezések hibamentes üzemelését • Segít kialakítani a gépkezelőkben a tulajdonosi érzetet, erősíti a jó gazda szemléletet • A gépkezelők jobban megismerik a berendezésük működését • A berendezések tisztábbá, jobb állapotúvá, ápoltabbá (pl. kenés) válnak • A hibaelőjelek keresése és jelzése tudatosan történik, még a váratlan meghibásodások kialakulása előtt • Egyszerűbb problémák, feladatok miatt nem ugrasztják azonnal a karbantartást (pl. egy tömlő cseréje) • Tehermentesíti a karbantartást, így több kapacitás marad a magasabb szakmai tudást igénylő feladatok elvégzésére
Karbantartás fejlesztés	Állapotvizsgálatokkal támogatott előrejelzéseken és mérőszámrendszerekre épített elemzéseken alapuló világszínvonalú karbantartási tevékenység kialakítása.	• Jelentősen javítja a berendezések hibamentes üzemelését • Jelentős mértékben csökkenti a váratlan meghibásodások miatti kieső idők arányát • Tervezhetővé válik a

		karbantartási tevékenység - Eltűnnek a gépkönyv alapú ütemezett javítások, és helyüket az ERCM¹elemzés alapján készült állapot alapú karbantartás veszi át - Megjelenik a karbantartási adatbázis és mérőszám alapú elemzés, fejlesztés - A műszaki diagnosztika eszközeinek alkalmazásával lehetővé válik az előrejelző karbantartás kialakítása - Csökken a szükséges alkatrészek készlet szintje
Motiváció és tréning	A gépkezelők, a karbantartók és a vezetők megfelelő képzése, tájékoztatása, motiválása a célok elérésének érdekében. A pillér tevékenysége azért kulcs fontosságú, mert a TPM bevezetéséhez kulturális változás szükséges, központi eleme az ember.	- A gépkezelők tudásszintjének és motiváltságának emelkedik (pl. rendellenességek felismerése, rutin karbantartási feladatok elvégzése, gyorsabb átállások, stb.) - A karbantartók képességeinek fejlesztése, pl. a megelőző jellegű karbantartási feladatok végrehajtásának és a műszeres diagnosztikák alkalmazási módjának elsajátításával - A TPM alapelveinek, eszközeinek, céljainak megismertetése a vezetéssel, hogy ők maguk is példát mutathassanak - A többi TPM oszlop munkájának támogatása, eredményeinek bemutatása - A TPM által elért eredmények kommunikálása, TPM „PR” tevékenység folytatása – a folyamatban közvetlenül részt nem vevők meggyőzése, támogatásuk megszerzése céljából.
Veszteségforrások mérése és visszaszorítása (OEE)	A fő veszteségforrások (berendezés, forrás, ember) mérése, elemzése és visszaszorítása.	- Pontosan mérhetővé válnak a főbb veszteségforrások - Láthatóvá válik a veszteségforrások pontos összetétele, szerkezete, ami alapot nyújt a súlyponti veszteségforrások kiválasztásához - A probléma megoldás eszközeinek segítségével támogatja a fő

		veszteségforrások okainak megszüntetését (PDCA stílusban, azaz Tervezés – Kivitelezés – Ellenőrzés - Kiterjesztés) • Biztosítja a folyamatos fejlődést
Karbantartási megelőzés és berendezés fejlesztés	Valójában két pillér: 1. A napi munka és a TPM akciók során szerzett gyakorlati tapasztalatok visszacsatolása a gépgyártók felé, segítve az új berendezések megtervezését és üzembe helyezését. 2. A meglevő berendezések fejlesztése a házon belül összegyűlt tapasztalatok felhasználásával, a gépkezelők bevonásával.	• Az új berendezések hamarabb elérhetik a kívánt teljesítményszintet az előzetes támogatásnak köszönhetően • Javul az új gépek karbantarthatósága és megbízhatósága • A termelést hátráltató, zavaró kisebb-nagyobb problémák visszaszorulnak • A folyamatos fejlődés egyik motorjává válhat a kreatív emberek ezen közössége az állandó gép- és technológiafejlesztéseknek köszönhetően
TPM az irodában	A TPM eszközeinek alkalmazása az adminisztratív feladatokra	• Kiterjeszti a TPM elveket az irodai területre • Fejlesztett adminisztrációs folyamatokkal támogatja a termelést (pl. kevesebb dokumentáció, megrendelési folyamatok, ütemezés, stb.)
Munkakörnyezet, biztonság, higiénia	Biztonságos és egészséges munkakörnyezet kialakítása	• Visszaszorítja az egészségre és a biztonságra kockázatos tényezőket, így biztonságosabbá, átláthatóbbá válik a munkahely • Célja, hogy „nulla” baleset következzen be • Csökkenti a környezetszennyezés mértékét és kockázatát
Technológiai folyamatok minősége	Tervezési hibák feltárása és megelőzése a termelési folyamat során. Gyökér ok elemzés alkalmazása, hogy megszüntessük a visszatérő minőségi problémák okait.	• Célja a minőségi problémák okainak megszüntetése fejlesztési projekteken keresztül • Csökken a selejtes termékek száma • Költségcsökkentő hatású, mivel a hibákat a keletkezésük helyén orvosoljuk (A minőséget gyártani kell, nem ellenőrizni!)

1.9.2. Az OEE és a 7 fő veszteségforrás

Az OEE (Overall Equipment Effectiveness, vagyis Általános Berendezés Hatékonyság) egy olyan mérőszám, amely azt mutatja meg, hogy a tervezett termelési időnek hány százaléka volt ténylegesen értékteremtő. Az OEE a TPM tevékenységek támogatására jött létre, célja a termelési folyamatok követése és tökéletesítése.

- A 100 %-os OEE érték tökéletes termelési folyamatokat jelent.
- A 85 %-os OEE-t szokás világszínvonalnak nevezni, de ez erősen függ a berendezések bonyolultságától, és az átlagos sorozat nagyságától is.
- Az 50-60 %-os OEE nagyjából a keményen és szervezetten dolgozó, de a TPM-et nem alkalmazó cégeket jellemzi.
- A 30-40 %-os OEE sem ritka a TPM-et és Leant egyáltalán nem használó cégek körében.

Mit jelent ez? Számos kiaknázatlan lehetőséget!

Az OEE három tényezőből áll össze, amely a termelésben jelenlevő veszteségforrások három nagy csoportját fedi le, és összhangban áll a korábban megfogalmazott célokkal.

Tényező	Cél	A kezelt veszteségforrások leírása
Rendelkezésre állási mutató	Ne következzen be előre nem tervezett okokra visszavezethető gépi állásidő	A Rendelkezésre állási mutató az összes előre nem tervezett, mérhető gépi állásidőt magába foglalja.
Teljesítménymutató	Ne következzenek be mikro leállások, üresjáratok, vagy sebességvesztés	A Teljesítménymutató magába foglal minden olyan tényezőt, amely miatt a termelés a maximális elvárt sebességnél alacsonyabb szinten teljesít a tényleges futási idő alatt.
Minőségi mutató	Hibátlan minőségű termékek	A Minőségi mutató magába foglal minden olyan tevékenységet, amely során a minőségi elvárásoknak nem megfelelő terméket gyártunk. Ide tartozik a termékek újramunkálása is.
OEE	Veszteségmentes termelés	Minden fő veszteséget magába foglal, a ténylegesen értékteremtő idő arányát mutatja meg a tervezett termelési időhöz képest.

Az OEE mérése rendkívül fontos a termelést érintő veszteségforrások szerkezetének és mértékének megismeréséhez. Támogatja a TPM akciók eredményességének követését, értékelését.

A TPM hatékonyság képlete:

$OEE = T/M$;

a jó mdb.-ra elszámolt műveleti idő osztva a munkarend szerinti időalappal

4. táblázat A TPM hét fő veszteségforrása

A hét fő veszteségforrás	OEE kategória	Példák	Megjegyzés
(Hiányzó feltétel)	(Szervezési hatékonyság)	• (Nincs anyag • Nincs ember • Nincs szerszám)	(Nem része a klasszikus OEE számításnak, de gyakran az egyik legnagyobb veszteségforrást jelenti, ne hagyjuk figyelmen kívül!)
Meghibásodások	Rendelkezésreállási mutató	• Elektromos probléma • Csapágyhiba • Hajtómotor meghibásodás	Meg kell húzni a határt a Meghibásodások és a Mikroleállások közt
Átállások	Rendelkezésreállási mutató	• Átállás A termékről B termékre • Beigazítási idő • Eszközök keresgélése álló gép mellett az átállás során	E veszteségforrás visszaszorításának legfőbb eszköze a SMED és a termelés optimalizálása.
Szerszámcserek	Rendelkezésreállási mutató	• Késcsere • Termelés közbeni állítgatás	Tartósabb anyagokkal, precízebb beállítással befolyásolható
Mikroleállás	Teljesítménymutató	• Alkatrészek összekeveredése • Szenzor elkoszolódása • Termék elakadás	Jellemzően öt percnél rövidebb, karbantartói beavatkozást nem igénylő állásidők
Csökkent sebesség	Teljesítménymutató	• Kopás • Túlmelegedés • Helytelen beállítás miatti termelési sebességvesztés	Minden, ami hátráltatja a berendezést abban, hogy az elvárt maximális teljesítménnyel működjön.
Indítási veszteség	Minőségi mutató	• Selejt • Újramunkálás • (Előmelegítés • gyártási paraméterek beállítása)	Előkészítésnél, indulásnál, a termelés korai szakasza során jelentkező problémák. Nem csak minőségi problémák formájában jelentkezhet, hanem egyéb módokon (idő, sebességvesztés) is.
Selejt, újramunkálás	Minőségi mutató	• Selejt • Újramunkálás	A folytonos termelés során jelentkező minőségi problémák

1.10. CMMS (Computerised Maintenance Management System)

A CMMS elsősorban a karbantartási vezetők munkáját segíti a naprakész adatokon alapuló döntések meghozatalában. A szoftver csupán egy eszköz, amely hihetetlen mértékben segíti, de nem javítja meg a karbantartást. Bevezetése előtt át kell gondolni, és rendbe kell tenni a karbantartási rendszert, mert ennek hiányában csak a rossz információk áramoltatása történik.

A CMMS alapmoduljai:

- Berendezés nyilvántartás
- Munkaerő nyilvántartás
- Raktárkészlet nyilvántartás
- Beszerzés
- Szerződések
- Karbantartási feladatok, munkautasítások
- Teljesítmények
- Költségelemzés

A CMMS története 25-30 évre nyúlik vissza. A kezdeti változatok célja a karbantartási munkák jobb szervezése és követése volt. Napjainkra a CMMS feladata jelentősen megváltozott és sokoldalúbbá vált. A CMMS végtelennek tűnő céljai közül néhány:

- a karbantartási rendszer egységesítése
- a folyamatok automatizálása
- a források optimalizálása
- a szerződések kezelése
- a kézzel írott anyagok gépesítése
- pontos esemény-nyilvántartás készítése
- a költségek folyamatos ellenőrzése és elemzése
- maximális rendelkezésre állás elérése minimális ráfordítással
- hatékonyságnövelés elérése a munka előkészítésével
- a fő kiadások optimalizálása és a fő kiadások kiszűrése
- a berendezés élettartamának és megbízhatóságának növelése
- az energiafelhasználás csökkentése
- mérhető termelékenységnövekedés elérése stb.

A CMMS megfelelő alkalmazása bizonyítottan jelentős megtakarításokat, előnyöket eredményez a vállalatnak, ebből néhány:

- csökkentett üzemi karbantartási, üzemeltetési és termelési költségek
- csökkentett hosszú távú karbantartási költségek
- csökkentett raktárkészlet
- minőségi javulás (a gépek egyenletes működése javítja a termékminőséget, a gépek beüzemelése és üzemeltetése pontosabb),
- meghosszabbított berendezés-élettartam
- fejlett munkaellenőrzés
- fokozott megelőző karbantartás
- nagyobb biztonság
- javított rendelkezésre állás (megfelelő darab a megfelelő időben,

hatékonyságnövelés az állásidő csökkentésével)

- javított megbízhatósági analízis
- teljesítménynövekedés
- növekvő képesség a teljesítmény mérésére:
- munkatermelékenység
- megelőző karbantartás-teljesítés
- leállás
- raktárkészlet-ellenőrzés
- elvégzésre váró munka
- szolgáltatási szint és megbízhatóság
- kisebb alkalmazotti leterheltség

A CMMS bevezetése általában több céllal történik. Alapvetően a fent megfogalmazott előnyöket kell megteremtenie a cégnek, többek között azzal, hogy a karbantartási adatok tengerét könnyen átlátható és használható információvá alakítja. Fontos, hogy a CMMS csak egy eszköz, melynek hasznossága teljes mértékben a felhasználókon múlik, azaz hogy használják-e, vagy sem a rendszert, ha igen, akkor jól vagy rosszul alkalmazzák-e.

1.10.1. CMMS-kiválasztása

Nem okvetlenül a legdrágább és legtöbbet tudó rendszert kell megvásárolni, hanem azt, amelyik a legjobban illeszkedik az igényekhez. Mindazonáltal érdemes olyan szoftvert választani, amely a jelenlegi kívánalmaknál többet tud, mivel a rendszert több évre vásárolják, és az igények a külső elvárásoknak, illetve a belső fejlődésnek köszönhetően növekedni fognak. Figyelembe kell venni azt is, hogy minden plusz funkció többletkiadást jelent. Időt kell biztosítani a megfelelő rendszer kiválasztásához, ami akár 6-12 hónap is lehet. Az elemzést azonban nem kell túlzásba vinni.

A választás három fő kritériuma:

- funkcionális (megfelel-e az üzleti kívánalmaknak),
- technikai (megfelel-e az információtechnológiai (IT) kívánalmaknak),
- üzleti (az ár és a költségek elfogadhatók-e).

Alapvető fontosságú, hogy a rendszer alkalmazkodjon a különböző felhasználói igényekhez, és hogy interfészekkel kapcsolódjon a már meglévő rendszerekhez, valamint megfeleljen az IT kívánalmainak.

1.10.2. A CMMS bevezetésének stratégiai szintű elemei:

- vezetői támogatás
- karbantartási stratégia
- megfelelő team kialakítás
- team tagok támogatása
- oktatás

Amennyiben a vezetőség nem kötelezte el magát a szoftver bevezetése mellett, az egész rendszer a kezdeteknél megbukhat. A vezetőség az, akinek meg kell hoznia a végleges döntést a rendszer megvásárlásáról, az oktatás mennyiségéről,

minőségéről, a képzésen résztvevőkről, az engedélyezett felhasznált időmennyiségekről stb.

Ha nincs a vállalatnak karbantartási stratégiája, akkor rögtön a rendszer megvásárlásának első kérdését sem tudják megválaszolni: mire is kell nekik a CMMS, mit is szeretnének vele elérni, miben kell a segítségükre lennie?

A teamek azok, akik a bevezetést, és később az alkalmazást végzik. Ha nem megfelelő szaktudású, affinitású embereket válogatnak ki, illetve ha ők nem kapják meg a megfelelő képzéseket, az együttműködés és tudás hiányában hamarosan kudarcot vall a rendszer használata.

Meg kell tervezni az oktatás idejét és tartalmát. Meg kell tervezni a keresztműködési tréninget, amelyen több terület dolgozói vesznek részt. Az oktatás a bevezetés után sem szabad elfelejteni, mivel új dolgozó kerülhet a céghez, vagy átirányítások történhetnek, illetve új modulok is beszerzésre kerülhetnek.

Technológiai audit

- jelenlegi rendszerek vizsgálata
- munkaleállások, hálózatok, PC-k, nyomtatók, modemek, vonalkódos rendszerek, mainframek stb.
- telekommunikációs rendszer: telefon, e-mail, fax és videokonferencia

Munkafolyamat-audit

Olyan feladatokat tartalmaz, amelyek automatizálhatók és leírhatók. Minden feladatra munkafolyamat-diagramot kell készíteni: meghatározni a feladatokat, részfeladatokat, beosztásokat, képzettséget, szükséges információkat stb.

Papírfolyamat-audit

Egyszerű jelentések, leírások példáját adja formátummal, adatokkal. Számításokkal segít csökkenteni a papírmennyiséget, mivel sok minden a rendszerbe tevődik át.[2]

1.10.3.A CMMS haszna és jelentősége [2]

A tervezés és az ütemezés javul. A megelőző karbantartási feladatok munkaletterheltségének egyenletes elosztása gondot okozhat, amikor olyan feladatok tömegét kell figyelemmel kísérni, mint például az éves, szezonális, heti, napi javítás vagy a hatósági ellenőrzésre való felkészülés. A nem kimondottan időhöz kötött karbantartási feladatok sokszor átütemezhetők olyan időszakokra, amikor a dolgozók munkaletterheltsége kisebb.

Növelhető a megelőző- és diagnosztikán alapuló karbantartási feladatok száma. Az ismétlődő megelőző (TMK-jellegű) karbantartási feladatok, vizsgálatok, automatikus ütemezése igen egyszerűen végrehajtható a szoftver segítségével, és kiemeli a géptönkremenetek és nem tervezett javítások fő okait.

Javul az alkatrész rendelkezésre állása. A jól szervezett raktárak a pontos nyilvántartással nemcsak a könnyű és gyors elérhetőséget/megtalálhatóságot

biztosítják, hanem jelentős idő- és pénzmegtakarítást is eredményeznek. A CMMS raktári költségmegtakarítása abból adódik, hogy a raktárkészlet minimum-maximum szintjének folyamatos vizsgálatával mindig időben, és annyi alkatrész áll rendelkezésre, amennyi a munkalapok alapján szükséges. A megfelelő egységek megfelelő időben lévő megléte a hatékony karbantartás egyik kulcseleme.

Növelt megbízhatósági analízis: a CMMS a javítások típusa, gyakorisága és a hiba oka alapján követi az elvégzett munkákat és a berendezések történeti adatait, ezáltal lehetővé válik a hibatrendek megállapítása, illetve a hiba okainak eliminálása.

A karbantartási költségkeret elszámolási rendje javul. A hatékony CMMS pontosan nyomon követi a munkamegrendelések munkaerő-, eszköz-, anyagfelhasználását, ami segíti az egyes berendezésekre vonatkoztatott karbantartási büdzsé ellenőrzését.

A CMMS segítségével javul a teljesítmény mérése is. Az adatbázis olyan sok karbantartási információval rendelkezik, amely lehetővé teszi a karbantartási teljesítmény mérését a munkaerő hatékonyságára, a leállásra, a visszamaradt munkákra, megbízhatóságra stb. vonatkozóan.

Növekszik a karbantartási információk szintje. Ez leginkább a berendezések történeti adatainak feljegyzéséből adódik, amelyek könnyen rendelkezésre állnak kritikus esetekben is.

A rendszerek hosszú távú haszna

A szabályozottabb megelőző karbantartási feladatok növelik a berendezések élettartamát, amelynek a következménye a sürgősségi hívások csökkenése. A termelés a nem tervezett leállások idejével fordítottan arányos módon növekszik, a beszerzési költségek és a külsős szerződések csökkennek.

Felhasznált irodalom

[1] Dr. Sólyomvári Károly: Járműfenntartás BME jegyzet 2007.

[2] Dr. Szántó Jenő: Karbantartásszervezés és ökonómiája Elektronikus tankönyvtár 2013.

[3] www.shutterstock.com

[4] www.tpm3.hu

[5] www.delta3n.hu

2. Fejezet Karbantartási tevékenység gazdasági háttere

Bevezetés:

A piacon való megmaradás legfontosabb feltétele a jó és állandó minőségű, gazdaságosan előállított termék. Ennek a használat szempontjait kielégítő konstrukción, gyártástechnológián, gyártásszervezésen túl meghatározója az üzemfenntartás színvonala is. Az előírt minőség tartósan csak jó állapotú, megbízhatóan üzemelő termelőeszközökkel érhető el.

Maga a karbantartási, javítási tevékenység sem képzelhető el megfelelő gazdasági háttér nélkül.

A termelési folyamatban az összes döntés során figyelembe kell venni a gazdasági szempontokat.

A gazdasági háttér megvilágító fejezetünkben így helyet kell, hogy kapjon a gépfenntartási döntéseket gazdaságilag megalapozó elemzés. Ennek aprólékos és magas technikai rálátással való elvégzésének készsége elengedhetetlen kompetencia a karbantartás területén dolgozó mérnököknél.

- Az utóbbi két évtized „használd és dobd el” szemlélete mára oda vezetett, hogy rendkívül lerövidült egyes eszközök (tervezett) élettartama, aminek szerves velejárója az exponenciálisan növekedő mennyiségű hulladék.

2.1. AZ ÜZEMFENNTARTÁS GAZDASÁGOSSÁGÁNAK, HATÉKONYSÁGÁNAK JELLEMZŐI

A fenntartás gazdaságosságát, eredményességét a következő tényezők befolyásolják:

- a gépek, berendezések szerkezeti jellemzői,
- az állóeszköz állomány összetétele,
- a karbantartási rendszer megválasztása,
- az üzem és munkaszervezés,
- a személyi és tárgyi feltételek.

2.2. A GÉPEK, BERENDEZÉSEK SZERKEZETI JELLEMZŐINEK HATÁSA AZ ÜZEMBIZTONSÁGRA, ÉS A FENNTARTÁSRA

A fenntartás feladata az üzemképes állapot biztosítása és meghibásodás esetén annak helyreállítása. Ezért a szerkezeti kialakítás hatása mind az üzembiztonságra, mind a fenntarthatóságra (karbantarthatóság, javíthatóság) együttesen kezelendő. A gyártmány tervezésekor, sőt a gyártástervezéskor is figyelembe kell venni az üzembiztonság és a fenntarthatóság szempontjait, illetve a jármű, gép karbantartási igényességét.

Üzembiztonság

A gépek megbízható működésének alapja az igénybevételnek megfelelő gyártmánytervezés. A megbízhatóságot jelentősen befolyásolja az alkatrészek élettartama, meghibásodásuk valószínűsége, gyakorisága, mennyi az üzemképesség megőrzése érdekében végzett karbantartási és a meghibásodások helyreállítása miatti üzemből való kieső idő illetve annak költsége.

Fontos jellemzői: fajlagos költség- és munkaráfordítás, a fajlagos állásidő.

A tapasztalatok szerint a berendezések fizikai elhasználódásának ütemét, valamint a javítások közötti időt a berendezések tervezési és kivitelezési sajátosságai befolyásolják. Pl. ha a kopási sebesség csökkentésével a fizikai élettartam növekszik, nyilvánvaló a kopásálló konstrukciónak a javítás időközére gyakorolt növelő hatása.

Az alkatrészek méretezése, a felhasznált anyagok minősége, valamint az élettartam és az elhasználódás sebessége közötti összefüggések közismertek. A gyártás pontossága, a szerelés és illesztés szakszerűsége ugyancsak fontos tényezője az alkatrészek, a szerkezeti egységek élettartamának, megbízható működésének.

Az élettartamra való méretezés alapja a valóságos igénybevétel meghatározása, az ennek megfelelő anyagmegválasztás, szerkezeti kialakítás és gyártástechnológia.

A megbízhatóság

Kezdetben a megbízhatóság fogalmát a hibamentes működés valószínűségével azonosították. Az 1970-es évektől a rendszerek megbízhatóságának elemzése közben a hibamentesség mellett a tartósságot, javíthatóságot és tárolhatóságot is vizsgálták mint a megbízhatóság fogalmi elemeit. Az előírászerű üzemeltetés, karbantartások és javítások eredményeként a tartós használhatóság is fontos a hibamentesség mellett. [2]

A megbízhatóság mérőszámai

A megbízhatóság elmélet módszerei a hibák felismerésére, előrejelzésére egyaránt töreksenek kísérletek, matematikai módszerek alkalmazásával. Az MSZ IEC 50 (191): 1992 szabvány alapján a megbízhatóságot jellemző képességekhez és az azokat leíró időfogalmakhoz mérőszámok segítségével mennyiségi értékek rendelkezhetők. A mérőszámok a matematikai statisztika és a valószínűség számítás módszereivel határozhatóak meg. A mérőszámok meghatározása azonban még így sem egyszerű a gyakorlatban, hiszen a valószínűség-eloszlások paraméterei és gyakran az eloszlás típusa sem ismert.

Ideális esetben nagyszámú előzetes vizsgálati anyag áll a karbantartó rendelkezésére, melyből a mérőszámok átlagértékei és az egyes események relatív gyakoriságai számolhatók. Homogén és nagyszámú mintából nagy pontossággal becsülhetőek meg a feltételezett eloszlás paraméterei. Nagyszámú minta esetén ellenőrizhető az eloszlás típusa. [2]

2.3. AZ ÁLLÓESZKÖZÁLLOMÁNY ÖSSZETÉTELÉNEK HATÁSA A FENNTARTÁSRA

A különféle állóeszközök típusonkénti összetétele, a típusok száma, valamint az ezzel összefüggő azonos típuson belüli darabszám – sorozatnagyság – a javítóipar fejlesztését illetően más-más döntést igényel.

A sok típus a gazdaságos fenntartás szempontjából kedvezőtlen. Akadályozza a korszerű javítási módszerek, javítási rendszerek kifejlődését, a korszerű üzem- és munkaszervezést. Növeli a fenntartáshoz szükséges anyag- és alkatrész készletet.

A többféle típus részben a termelési, szállítási követelményekből adódóan szükségszerű. Ebben az esetben azonban számolni kell az egyedi- illetve a kis sorozattal együtt járó hátrányokkal. Mérlegelni kell, hogy az üzemeltetési előnyök arányban vannak-e a fenntartásnál jelentkező hátrányokkal, többletköltségekkel.

Egy gyár által gyártott gépek, járművek típusai és altípusai között (pl. a különféle Lada típusok, vagy GANZ-MÁVAG dízel-villamos mozdonyok) általában azonos vagy hasonló szerkezeti megoldások találhatók. Ezért elkerülendő, hogy azonos feladatra több gyártó cégtől szerezzenek be azonos paraméterű gépet.

A nagy darabszám lehetővé teszi, sőt igényli a korszerű technológiákat alkalmazó javító szervezeteket.

2.4. A KARBANTARTÁSI RENDSZER HATÁSA A GAZDASÁGOS ÜZEMELTETÉSRE

A járművek üzemeltetése során váratlanul bekövetkező hibák elhárításakor a javítás költségein kívül jelentősek a termelés kiesési veszteségek is. Ezért szükségessé vált olyan fenntartási rendszer kialakítása, amely csökkenti a váratlan meghibásodásokat, illetve megelőzi a hibák keletkezését és ezzel csökkenti az üzemből való kieső időt, valamint a fenntartás költségeit. Ilyen fenntartási forma a Tervszerű Megelőző Karbantartás (TMK).

A technikai fejlődés azonban igényli olyan fenntartási rendszer alkalmazását, amely a nagy értékű, nagy bonyolultsági fokú berendezések esetén is hatásos.

A gépeket, járműveket üzemeltető vállalatok jelenleg többféle fenntartási rendszer közül választhatnak. Azt, hogy az adott helyzetben melyik fenntartási rendszer a legmegfelelőbb, gazdasági megfontolás alapján kell eldönteni.

A különböző fenntartási rendszereket és azok jellemzőit részletesebben a 4. fejezet tartalmazza.

2.5. ÜZEM- ÉS MUNKASZERVEZÉS HATÁSA A HATÉKONY FENNTARTÁSRA

A javító iparban az elvégzendő munka jellegének megfelelően – az állandó technológiai fejlesztés ellenére is – nagy az élőmunka aránya. Ezért a gazdaságos javítás egyik feltétele a jól szervezett, az optimális kapacitáskihasználást eredményező javítási folyamat. A megfelelő folyamat kialakításakor figyelembe kell venni a javítandó gépek, járművek típusainak számát és az egy-egy típuson belüli mennyiséget. Ennek függvényében kell eldönteni, hogy alkalmazzuk-e a szakosított javítást, illetve melyik javítási módszer és javítási rendszer a legkedvezőbb.

Az üzemfenntartás szervezete

Az üzemfenntartás (karbantartás, javítás) feladatai végezhetőek saját vagy külső karbantartó, javító szervezettel.

Saját karbantartás az a karbantartási tevékenység, amelyet az üzemeltető saját maga végez.

A külső karbantartás az a karbantartási tevékenység, amelyet egy, a vállalaton kívüli önálló szervezet, vállalkozás végez.

A vállalati üzemfenntartás szervezeti felépítésének jellemzője annak a vállalati (termelési) rendszerben elfoglalt helye és aránya (pl. az üzemfenntartás létszámának aránya az összes foglalkoztatotthoz).

Az üzemfenntartási szervezet helyét (ki kinek az irányítása alatt), szerepét, szervezeti felépítését döntően a vállalat adottságai határozzák meg: nagysága, műszaki színvonala, felépítése (telephelyek száma, azok távolsága), termelési profilja és termelési rendszere.

Nagy vállalatoknál az üzemfenntartás önálló gyáregység, az egyes tevékenységi körök általában külön szervezeti egységet alkotnak.

Kisebb vállalatoknál több tevékenységi kör alkot együtt egy-egy szervezeti egységet.

Az üzemfenntartás szervezete lehet központosított, gyáranként önálló vagy vándor jellegű. A decentralizált szervezeti formában az irányítást összevontan, a részletes feladatokat decentralizáltan valósítják meg.

Az utóbbi évek gazdasági átalakulása magával hozta az üzemfenntartási szervezetek önállósítását, azaz vállalaton belüli önelszámoló egységet alkottak (pl. szolgáltató gyár, szolgáltató üzem megnevezéssel). Ezek az önelszámoló egységek, ha kapacitásuk lehetővé teszi, akkor vállalaton kívüli megrendeléseket is fogadhatnak.

A nagy vállalatok kisebb egységekre való szétválásával egyre inkább felvetődik, hogy érdemesebb külső szervezeteknél megrendelni mind a karbantartási, mind a javítási feladatokat. Napjainkban élénk vita van arról, hogy a saját karbantartás vagy a külső szolgáltatás a gazdaságosabb. Feltehetően ebben az esetben is a gazdasági megfontolás alapján lehet dönteni. A gyors piaci reagálás egyik feltétele, hogy a vállalat megfelelő arányban vegye igénybe a saját és külső közreműködést. Amit a külső szervezetek hatékonyabban képesek távlatilag megoldani, azt nem szabad megtartani a vállalat szervezetében. Az ilyen külső megbízások szigorú előfeltételhez kötöttek, különösen a helyismeretet illetően. Azokra a műveletekre előnyös külső megbízást adni, amelyek nagyrészt szabványosítható lépéseket igényelnek, nem kötődnek a termelés sajátos ismereteihez.

2.6. A GÉP ÉLETCIKLUS KÖLTSÉGEINEK ELEMZÉSE

A termelési folyamatban az összes döntés során figyelembe kell venni a gazdasági szempontokat. A gazdasági hátteret megvilágító fejezetünkben így helyet kell, hogy kapjon a gépfenntartási döntéseket gazdaságilag megalapozó elemzés. Ennek aprólékos és magas technikai rálátással való elvégzésének készsége elengedhetetlen kompetencia a karbantartás területén dolgozó mérnököknél.

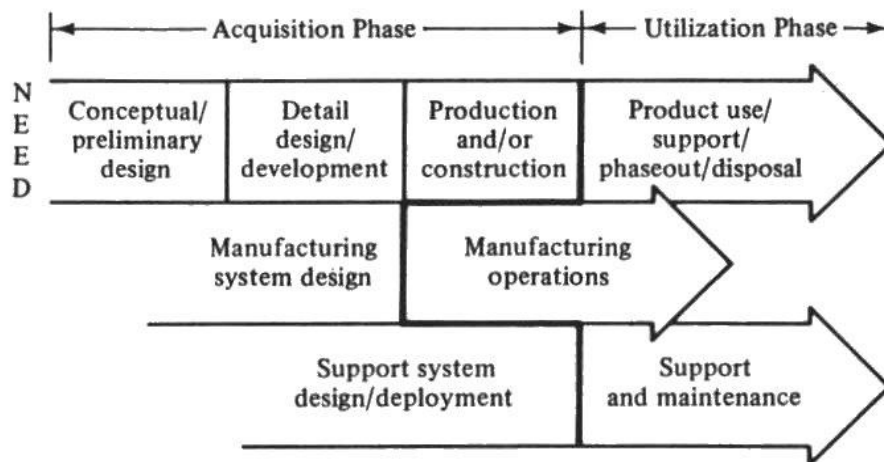


1. ábra az életciklus tervezése; termelőeszközök körforgása [3]

3.6.1.LCC: (Life-Cycle Costs) elemzés

Egy módszer, ami segít a pontos pénzügyi döntéseket előkészíteni,

Az LCC elemzéssel kimutatható a megbízhatóság, az üzemkésztség növekedése, a karbantarthatóság



2. ábra. A termék életciklusának fázisai [1]

Arra a kérdésre, hogy „Meddig érdemes egy gépet üzemeltetni?” csak az összes költség (üzemeltetési, karbantartás, beruházási) ismeretében lehet egzakt választ adni. Az optimális gépműködési időtartamot a halmozott fajlagos költségmutató (egységnyi munkamennyiségre jutó összes költség) minimuma alapján jelöli ki. [2]

Az életciklus költségek főbb csoportjai:

- ***A beruházási költségeket, beleértve az üzembe helyezést is,***
- ***Az üzemeltetési költségeket***
- ***A fenntartási költségeket,***
- ***Egyéb különleges költségeket***

Részletesen:

2.6.2. Beruházási költségek

- Járművek, gépek, berendezések ára
- A fenntartáshoz szükséges eszközök, berendezések beszerzése
- Dokumentáció
- Kiképzés
- Tartalék alkatrészek
- Üzembe helyezési költségek
- Egyéb, a projekthez kapcsolódó költségek
- Szállítási költségek,
- Vám és egyéb járulék költségek

2.6.3. Az üzemeltetési költségek

- Gépkezelők munkabére a járulékokkal
- Napi karbantartás, tisztítás
- Energia, üzemanyag



3. ábra Üzemanyag utántöltés [3]

2.6.4. Fenntartási költségek

- A rendszeres karbantartás, javítás költségei
- A főjavítás, korszerűsítés költségei
- A rendkívüli meghibásodások elhárításának költségei,
- a meghibásodás következményeiként felmerült kapcsolódó költségek



4. ábra. Szervizelés költségei

2.6.5. Egyéb, különleges költségek

- A termelés kiesésből adódó üzemeltetési költségek, veszteségek
- Konstruktív fejlesztésekkel növelhető az alkatrészek élettartama, csökken a meghibásodásuk valószínűsége, gyakorisága,
- Ezáltal növekszik a karbantartási, javítási ciklusidő

2.6.5.1. Fontos tisztázni, hogy mi is az állásidő

A gépek/berendezések élettartama alatt különbség tehető állásidő és üzemidő között. Karbantartás a gépek/berendezések élettartama alatt nem minden szakaszban végezhető.

Az állásidő az az idő, amely alatt a működőképes berendezés a meghatározott feladatát nem teljesíti. Állásidő pihenési idő és tervezett karbantartás miatt következhet be. A pihenési idő előre meghatározott leállást jelent.

Pihenési idő bekövetkezhet *jogszabály alapján*, hétvégén vagy ünnepnapokon, de lehetnek *egyéb okai*, mint feladathiány, humánerőforrás-hiány, szervezési hiányosságok, megelőző vagy követő berendezések karbantartása. Az egyéb okokból bekövetkezett pihenési időt lehet karbantartásra fordítani. *Feladathiány* esetén nincs megrendelés, nem kell termelni. *Humánerőforrás-hiány* esetén megrendelés lenne, de nincs elég munkaező a gép üzemeltetéséhez. A *megelőző és a követő berendezések karbantartása* a gép számára munkadarabot biztosító, vagy a gép által készített terméket felhasználó berendezések karbantartását jelenti.

Az állásidő másik nagy csoportja a karbantartási idő, az az idő, amely alatt karbantartást végeznek vagy végezhetnének. Tervezett karbantartás esetén a karbantartási időt előre rögzítik és végrehajtják. A tervezett karbantartásnak a karbantartási stratégiák esetén van fontos szerepe.[2]

2.7. A funkcióképesség és elhasználódási tartalék

A gépeket/berendezéseket funkciók ellátására hozzák létre. A gépek az üzemeltetés során elhasználódnak, funkcióképességüket elvesztik.

Az elhasználódás három módon következhet be. Általában hosszabb ideig tart, az idővel egyenes arányban romlik az állapota, de elfordulhat, hogy ugyan hosszabb ideig tart, de az amortizáció nem egyenletes lefutású. A másik, hogy rövid idő alatt, a harmadik pedig, hogy hirtelen, minden előjel nélkül használódik el. A gépek általában az üzemeltetés során használódnak el, de előfordulhat, hogy használat nélkül is erodálódnak.

A gépek előállításánál figyelemmel kell lenni az elhasználódásra, s a funkcióképesség fenntartása érdekében elengedhetetlen, hogy a megfelelő tartalékkal, tűréssel hozzák létre őket. Az EHT azt jelenti, hogy a gép a tűrésmező alsó határáig javítás nélkül működőképes. Az EHT egy géprészre egy jellemzővel határozható meg – szerencsés esetben, azonban a valóságban ez ritka –, így a

mértékét általában a gyártás befejezésének időpontjához tartozó értékhez képest százalékban határozzák meg.

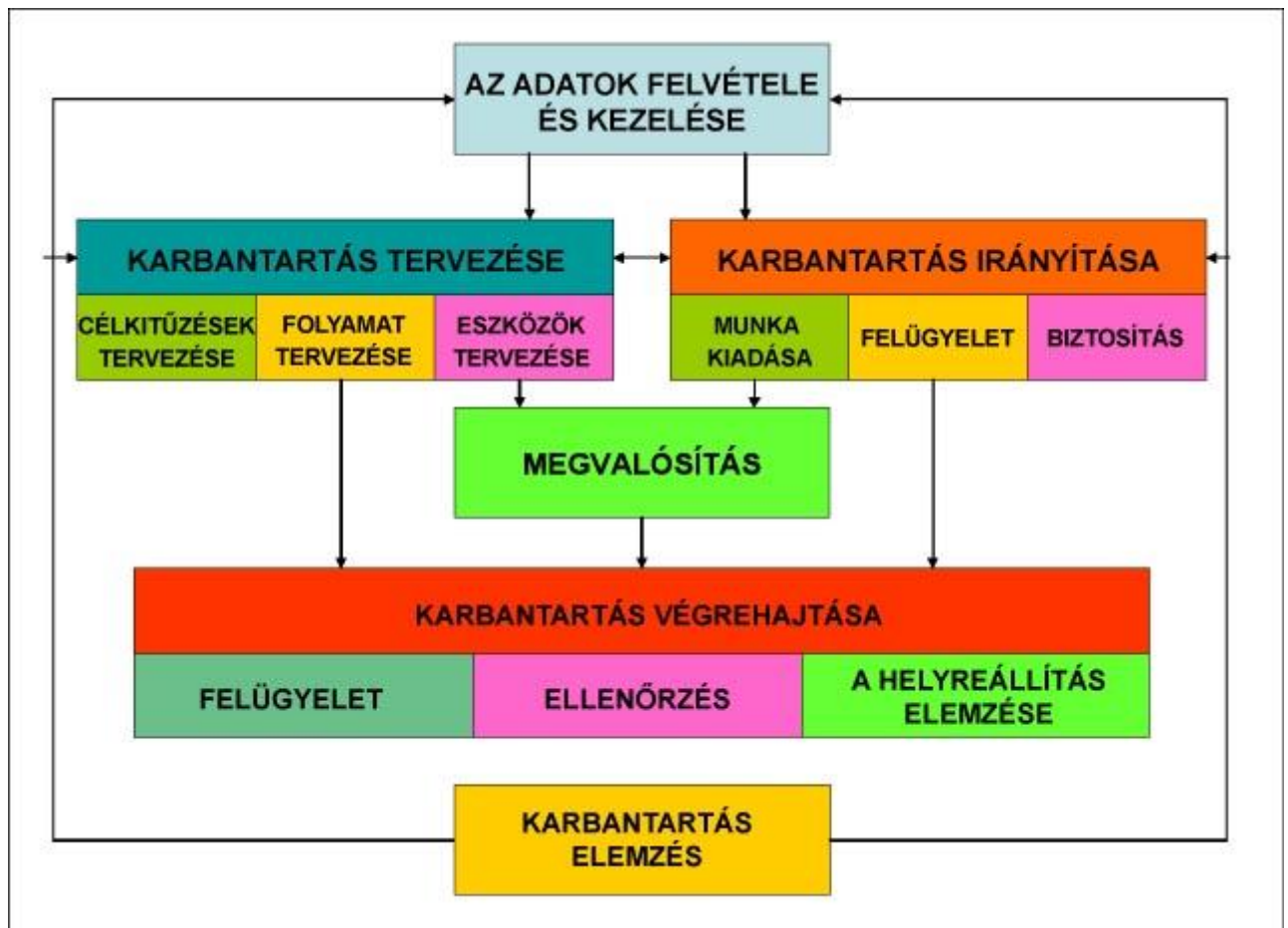
Az EHT görbét általában kísérleti úton, néhány speciális esetben szimulációs programok segítségével lehet megállapítani, például a kifáradás vizsgálat. Az elhasználódott alkatrészt vagy pótolják, vagy helyreállítják. Pótlás esetén az eredeti alkatrészt selejtezik, s újat építenek a helyére. Helyreállítás javítható eszközök esetén lehetséges csupán, s a gép élettartama alatt többször is bekövetkezhet. [2]

2.8. Karbantartás-tervezés és -irányítás

A karbantartás tervezése az üzemeltetési adatok felvételével és kezelésével indul. A karbantartás tervezése a karbantartás irányításától függ. Az irányítás szabja meg a karbantartás irányait, felügyeli a folyamatot, biztosítja az eszközöket (pénzügyi, anyagi) és a humánerőforrást. A karbantartás tervezése három lépésben történik. Először a célokat kell kitűzni. A célkitűzés és karbantartási folyamattervezés egyik módszere az RCM. A célok után a folyamatot kell megtervezni, majd az eszközöket.

A gyakorlatban ez úgy történik, hogy az irányítás által meghatározott kereteken belül lehet kitűzni a célokat és meghatározni a folyamatot. Az irányításnak határozott elképzelése van az eszközökre fordítandó költségekről. Az eszköztervezésnek az irányítás által biztosítani tudott lehetőségekkel kell találkozni és kompromisszumra jutnia.

A tervezési folyamatot követi a megvalósítás, a karbantartás végrehajtása. A végrehajtás alatt az irányító szervezet felügyeli a tevékenységet, utána pedig a karbantartás belső szervei és az irányítás ellenőrzik az eredményeket, elemzik a helyreállítás hatását. Az elemzés eredménye a következő karbantartás alapköve.



5 ábra: A karbantartás tervezés folyamata. [2]

2.9. Összefoglalás

Az előzőekben láthattuk, hogy a karbantartási, javítási tevékenység nem képzelhető el megfelelő gazdasági háttér nélkül. A termelési folyamatban az összes döntés során figyelembe kell venni a gazdasági szempontokat. A gazdasági háttér megvilágító fejezetünkben így helyet kell, hogy kapjon a gépfenntartási döntéseket gazdaságilag megalapozó elemzés. Ennek aprólékos és magas technikai rálátással való elvégzésének készsége elengedhetetlen kompetencia a karbantartás területén dolgozó mérnököknél.

Az ebben a fejezetben bemutatott elemzési módszerek támpontot nyújtanak ahhoz, hogy bármely műszaki, üzemeltetési területen (gépgyártás, feldolgozóipar, járműüzemeltetés, mezőgazdasági gépek, géprendszerek üzemeltetése), a kurzust elvégző hallgatók pontos számításokat végezzenek az üzemeltetés és a fenntartás költségeire vonatkozóan

Felhasznált irodalom

[1] Dr. Sólyomvári Károly: Járműfenntartás BME jegyzet 2007.

[2] Dr. Szántó Jenő: Karbantartás szervezés és ökonómiája Elektronikus tankönyvtár 2013.

[3] www.shutterstock.com

Ellenőrző kérdések

1. Mely tényezők nem befolyásolják A fenntartás gazdaságosságát, eredményességét a következők közül?

- a. a gép vételára
- b. a gépek, berendezések szerkezeti jellemzői,
- c. az állóeszköz állomány összetétele,
- d. a karbantartási rendszer megválasztása,

2. Az alábbi állítások közül melyik hamis?

a. A megbízhatóságot önmagában nem befolyásolja az alkatrészek élettartama, b. az üzembiztonság fontos jellemzői: fajlagos költség- és munkaráfordítás, a fajlagos állásidő.

b. A tapasztalatok szerint a berendezések fizikai elhasználódásának ütemét, valamint a javítások közötti időt a berendezések tervezési és kivitelezési sajátosságai befolyásolják

c. A gyártás pontossága, a szerelés és illesztés szakszerűsége ugyancsak fontos tényezője az alkatrészek, a szerkezeti egységek élettartamának, megbízható működésének.

d. Az élettartamra való méretezés alapja a valóságos igénybevétel meghatározása, az ennek megfelelő anyagmegválasztás, szerkezeti kialakítás és gyártástechnológia.

3. Melyik a Saját karbantartás jellemzője?

- a. A karbantartási tevékenységet az üzemeltető saját maga végzi.
- b. A karbantartást az üzemeltető saját maga fizeti.
- c. Csak a saját eszközök karbantartását végzik el.
- d. Csak az adott gép kezelője nyúlhat a berendezéshez.

4. Melyik a Külső karbantartás jellemzője?

- a. az a karbantartási tevékenység, amelyet egy, a vállalaton kívüli önálló szervezet, vállalkozás végez.
- b. A karbantartási tevékenységet az üzemeltető saját maga végzi.
- c. A gépek karbantartását soha nem a telephelyen végzik
- d. az egyes tevékenységi körök általában külön szervezeti egységet alkotnak.

5. Melyik nem az életciklus költségek főbb csoportjainak egyike?

- a. A bérleti költségek
- b. A beruházási költségek, beleértve az üzembe helyezést is,
- c. Az üzemeltetési költségek
- d. A fenntartási költségeket,

6. Melyik nem tartozik a beruházási költségek csoportjába?

- a. Gépkezelők munkabére a járulékokkal
- b. Járművek, gépek, berendezések ára
- c. A fenntartáshoz szükséges eszközök, berendezések beszerzése
- d. Dokumentáció

7. Melyik nem tartozik a beruházási költségek csoportjába?

- a. Napi karbantartás, tisztítás
- b. Kiképzés
- c. Tartalék alkatrészek
- d. Üzembe helyezési költségek

8. Melyik nem tartozik a beruházási költségek csoportjába?

- a. Energia, és üzemanyagköltség
- b. Egyéb, a projekthez kapcsolódó költségek
- c. Szállítási költségek,
- d. Vám és egyéb járulék költsége

9. Melyik nem tartozik az üzemeltetési költségek csoportjába?

- a. Szállítási költségek,
- b. Gépkezelők munkabére a járulékokkal
- c. Napi karbantartás, tisztítás
- d. Energia, , és üzemanyagköltség

10. Melyik nem tartozik a fenntartási költségek csoportjába?

- a. Napi karbantartás, tisztítás
- b. A rendszeres karbantartás, javítás költségei

- c. A főjavítás, korszerűsítés költségei
- d. A rendkívüli meghibásodások elhárításának költségei,
- e. a meghibásodás következményeiként felmerült kapcsolódó költségek

3. Fejezet Kenéstechnika, kenőanyagok kiválasztása, elhasználódása

A kenéstechnika ismerete elengedhetetlen a gépészmérnökök számára. Akár gyártóként, üzemeltetőként, netán kereskedőként találkozunk a kenőanyagokkal, hamar kiderülnek az ezzel kapcsolatos ismeretei, vagy azok hiánya. A XXI. század gépeiben egyre több, speciális kenőanyag kerül alkalmazásra, melyek alapvetően meghatározzák ezeknek a gépeknek a teljesítményét, vagy élettartamát. A kenőanyagok alapos ismeretének híján súlyos károk is keletkezhetnek, ezért az egész tananyag egyik legfontosabb fejezete ismerteti a kenőanyagok tulajdonságait, kiválasztási szempontjait, öregedésük folyamatát és az alkalmazott vizsgálati módszereket

Kenőanyagok

A kenőanyagok a tribológiai (súrlódó) rendszerekben csökkentik (módosítják) a súrlódást, csökkentik a kopást és a fejlődő hő nagyobb részét a súrlódó felületekről elvezetik, továbbá több alapvető kenéstechnikai feladatot látnak el.

A Kenőanyagok felhasználásának halmazállapotuk szerinti %-os megoszlása a következő:

%	Kenőanyag	Megjegyzés
≈ 98	Kenőolajok	Ide tartoznak a hidraulikus munkafolyadékok, a hűtő-, kenőfolyadékok és a nem kenési célú kenőanyagok mint pl. a hőközlő olajok, transzformátor olajok, stb.
≈ 1,5	Kenőzsírok	Általános kenési célú kenőzsírok, hajtóműzsírok, szóró-, tapadó kenőzsírok, tömítő zsírok és különleges kenőzsírok, pl.: műszer kenőzsírok, villamos szigetelőzsírok, stb
≈ 0,4	Szilárd kenőanyagok	Grafit, MoS ₂ , fluorozott grafit, stb.
≈ 0,1	Gázok	Levegő, bármely inert (semleges) gáz.

3.1. A kenőolajok összetétele:

Alapolaj

3.1.1 Az ásványolajok mentesek az instabil vegyületektől és savaktól, amelyek károsan befolyásolhatják a gép/gépalkatrész élettartamát. Az ásványi olajok finomított kőolajszármazékok, lehetnek paraffinosak, nafténosak vagy a kettő kombinációja. A legelterjedtebbek az erősen finomított paraffinolajok. Az

ásványolajok legtöbbször a legalkalmasabbak a kenésre a szénhidrogén származékok



1. ábra petrokémiai lepárlóberendezés [2]

Tulajdonságaik alapján az alapolajokat csoportokba sorolják. Az első három csoportba az ásványi olajok tartoznak

- Group I: ásványolajból vákuumdesztillációval, oldószeres kivonással előállított alapolajok. A kiindulási alapanyaghoz képest növelt oxidációs stabilitással és viszkozitásindexszel rendelkeznek.
- Group II: ásványolajból vákuumdesztillációval, oldószeres kivonással, kisebb mértékű hidrokrakkolással és finomítással előállított, paraffinmentesített alapolajok.
- Group III: a Group II csoportnál nagyobb hidrokrakkoláson, finomításon átesett, izomerizált, paraffinmentesített, ásványi olaj alapú alapolajok. A Group III csoporton belül a kiemelkedő mértékű hidrokrakkolással, finomítással és izomerizációval készített alapolajokat szokás Group III+ jelöléssel is illetni, jellemzőjük a nagyon magas viszkozitásindex.

3.1.2. A szintetikus olajok

A szintetikus alapolajok olyan termékek, amelyeket kémiai szintézissel állítanak elő kőolaj, földgáz, kőszén, biomassa stb. alapon abból a célból, hogy velük a kenőanyagokban vagy egyéb speciális termékekben helyettesítsék a kőolaj-eredetű alapolajokat akkor, ha azok a kenési hely által támasztott követelményeket hatékonyan, gazdaságosan és környezetbarát módon már nem tudják kielégíteni. A szintetikus alapolajok főbb általános jellemzői a következők:

- egységes, jól definiált molekulaszervezet
- molekulaszervezet szabályozhatósága a reakciófeltételekkel (katalizátor, hőmérséklet, nyomás stb.)
- kis molekulatömegű vegyületeket reagáltatnak nagyobbakká
- minőségük előre ismert
- minőségi jellemzőik azonosak, vagy jobbak a megfelelő kőolaj-eredetű alapolajokénál

- bekerülési költségük lényegesen magasabb

A járműiparban alkalmazott szintetikus motorolajok alapolajai 3 fő csoportba sorolhatók:

Poli-alfa-olefin (PAO) *alapolaj* a leginkább elterjedt szintetikus alapolaj. C10-C16 monomerekből áll, számos variánsa létezik. Használatának előnyei: nem tartalmaz paraffines összetevőket, sem kén, sem foszfort. Viskozitásindexe nagy, 130-140 körüli. Dermedéspontja alacsony (egyes PAO-k esetén eléri a -69 °C-t), lobbanáspontja magas. Hidrolitikus stabilitása kiváló, párolgási vesztesége kicsi, biológiai lebonthatósága közepes. Megfelelően elegyedik kőolaj-eredetű alapolajokkal (ellenben ásványi olajból előállított adalékokat korlátozottan oldja), mérgező hatása nem jelentős. Széles hőmérséklettartományban képes ellátni feladatát. Használata lehetővé teszi az olajcsere-periódus kitolását.

Alkalmazásának hátrányai: a többi szintetikus alapolajjal összehasonlítva nem annyira jó az oxidációval szembeni ellenálló képessége (adalékokkal jól korrigálható), az észter alapolajokkal ellentétben nem rendelkezik felületaktív tulajdonsággal (apoláris), mérsékelt az adalékoldó képessége, költséges az előállítása. [4]

Az észterolajok előállítására számos, különböző (természetes és szintetikus) eredetű és eltérő kémiai szerkezetű alkohol és karbonsav (pl. növényolaj-eredetű zsírsav) alkalmas. Ezért az észterolajok szerkezete is rendkívül változatos lehet, ez pedig nagyon eltérő tulajdonságú termékekhez vezet. A zsírsav (karbonsav) és/vagy alkohol szénláncának hosszúsága, elágazottsága és helye a szénláncban jelentősen befolyásolják az észterek különböző tulajdonságait (viszkozitás, viszkozitásindex, folyáspont). Természetesen az alapanyag minősége és a szintézis körülményei más alkalmazástechnikai jellemzőket (illékonyosság, oxidációs stabilitás, hőstabilitás, hidrolitikus stabilitás) is alapvetően meghatároznak. Az észterképzési reakciók reverzibilisek, ezért az észterek elvben vízzel reagálva kiindulási sava(ka)t és alkohol(oka)t eredményezhetnek. Ez a hidrolízis, ami a hidrolitikus stabilitás jellemzője. Ennek sebessége a normális és a tárolási körülmények között kicsi, ezért a gyakorlatban is ritka. Néhány felhasználás esetében azonban mégis lejátszódhat, ekkor korróziót okozó savak is keletkeznek. [4]

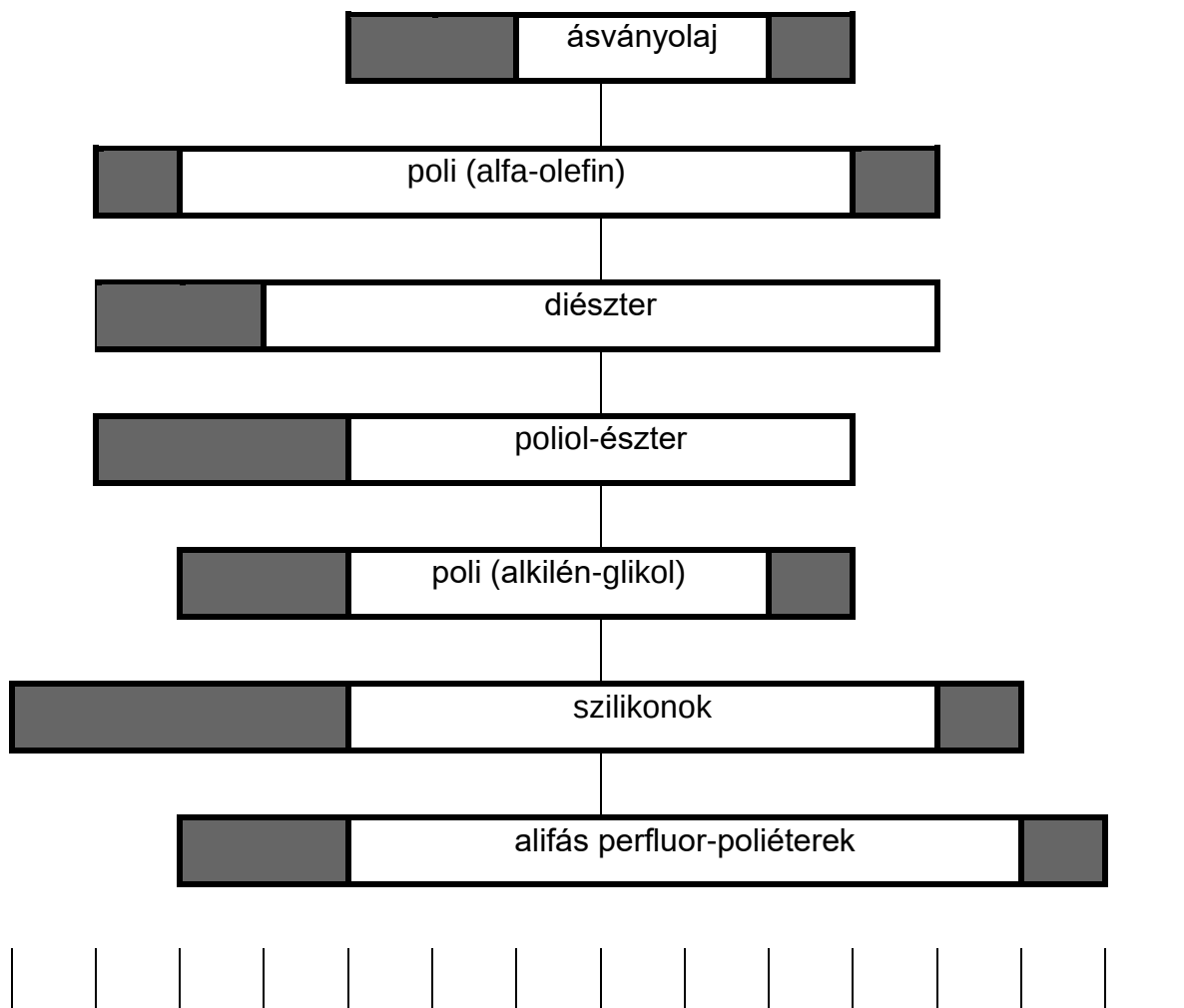
Poli-interval-olefin (PIO) 2003-ban bevezetett alapolaj, a gyakorlatban kevésbé elterjedt. Molekulaszerkezete eltér a PAO-tól. Magas viszkozitásindex, jó oxidációs és termikus ellenálló képesség, alacsony párolgási tulajdonság jellemzi. Nem felületaktív, előállítása olcsóbb, mint a PAO alapolajé. [4]

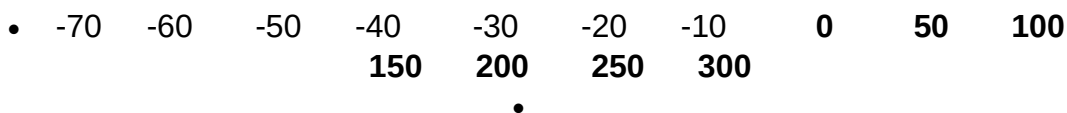
Alapolaj csoportjai:

- Group IV: a szintetikus alapolajok poli-alfa-olefin (PAO) molekulákból felépülő csoportja. Többféle PAO alapolaj létezik. Közös jellemzőjük, hogy mindegyik PAO alapolaj ásványolaj eredetű, de kémiaileg szintetizált polimer (C10-C16 monomerekből álló) molekulákat tartalmaz. Teljesen aromás-, kén- és

foszformentes alapolaj. Viskozitásindexe magas, dermedéspontja alacsony. Apoláris. Oxidációval szembeni ellenállóképessége mérsékelt, de oxidációgátló adalékokra jól reagál.

- Group V: az I-IV osztályban nem szereplő szintetikus alapolajok gyűjtőcsoportja. Főként észterolajok alkotják, de ezek mellett megtalálhatók a csoportban a nafténes alapolajok, szilikonok, poli-alkilén-glikolok, perfluor-polialkil-éterek is. Az észterolajok közül a diészter és a poliészter alkalmazása a legjellemzőbb. Az észterolajok előállításának számos módja van. Az eltérő gyártási eljárások eltérő tulajdonságú alapolajokat eredményeznek. Közös jellemzőjük a széles hőmérséklettartományban alkalmazhatóság, a kiváló viszkozitásindex, alacsony párolgási veszteség, poláros jelleg, nagy hőstabilitás. Aromásmentesek.
- Group VI: a legújabb szintetikus csoport, 2003-ban került bevezetésre. A poli-internal-olefinek (PIO-k) tartoznak ebbe az osztályba. Polimer struktúrájú, de az olefin molekulák felépítése eltér a poli-alfa-olefin felépítésétől. Magas viszkozitásindex, jó oxidációs és termikus ellenálló képesség, alacsony párolgási tulajdonság jellemzi. Apoláris. [4]
- A leggyakrabban használt szintetikus olajok alkalmazási hőmérséklet tartományai:





2. ábra. Ásvány- és szintetikus olajok alkalmazási hőmérséklet-tartománya

3.2. Az adalékok

Az adalékok - az alapolaj mellett - a kenőolaj fő összetevői. Az alapolaj egyes tulajdonságait módosítják vagy hatásukat csökkentik/növelik vagy új tulajdonsággal ruházzák fel azt. Számottevő mértékben képesek befolyásolni az alapolaj jellemzőit. Vagy önmagában vegyítenek 1-1 adalékot az alapolajjal, vagy úgynevezett adalékcsomagban (package-ben) keverik az olajhoz. [4]

Az adalékokkal szembeni követelmények:

- Jó elegyedési és oldódási tulajdonsággal rendelkezzenek. Az adalékoknak mind az alapolajban, mind egymásban oldhatónak kell lenniük, megfelelő elegyedési tulajdonsággal kell hogy rendelkezzenek. Fontos, hogy ne váljanak szét fázisokra, ne csapódjanak ki az olajból.
- Nem károsíthatja a motor tömítéseit, tömítőanyagait. Ez természetesen vonatkozik az alapolajra is. Sem egymással, sem a motor tömítéseivel nem léphetnek káros kémiai reakcióba.
- Az adalékoknak az alapolajhoz hasonlóan ki kell állniuk a mechanikai igénybevételnek (pl. a siklócsapágyaknál fellépő nyíró igénybevétel) a teljes olajcsereperiódus alatt, azaz tökéletesen el kell látniuk feladatukat az előre meghatározott élettartamuk során. A minőségi olajokat többnyire úgy méretezik, hogy a megadott csereperiódus időn túl is képes legyen egy bizonyos üzemóraig feladatát kifogástalanul ellátni.
- Az adalékok nem deaktiválhatják a katalizátort. Egyes adalékok, mint például a foszfor túlzott alkalmazása deaktiválhatja a katalizátor aktív felületét, így annak hatásfoka és élettartama csökkenhet. Ennek elkerülésére az adalékok mennyiségét ebből a szempontból is optimalizálják.
- Az adalékanyagoknak lehetőleg kevésbé környezetkárosítónak kell lenniük. Azoknak az anyagoknak, adalékoknak a mennyiségére, melyeket sem helyettesíteni, sem nélkülözni nem lehet (például klór), határértékeket írnak elő.

3.2.1. Kopásgátló adalékok (antiwear additives, AW)

A kopásgátló adalék a fémek felületén filmet képez, amely először fizikailag adszorbeálódik, majd a hőmérséklet és a nyomás növekedésével - a vegyes súrlódási tartományban - a súrlódó felületekkel kémiai reakciók révén erősen összekapcsolódik. Ezt főleg nagyon reakcióképes bomlástermékei teszik lehetővé. A kémiai kötések kialakításában döntő szerepet játszanak a fém felületén levő atomok és a szerves vegyületek közötti elektronátmenetek. Ezek egy könnyebben nyírható érintkezési felületet képeznek, és a sikló felületek közötti közvetlen fémes érintkezést (felületi csúcsok közvetlen kopását) megakadályozzák. A kopásgátló adalékok kémiai szerkezete leegyszerűsítve két fő részből áll: egy poláros fejből és egy apoláros szénhidrogéncsoportból. Az előbbi a felületaktív csoport (foszfor- és/vagy kén- és/vagy nitrogén- és/vagy oxigéntartalmú), ami a fémfelület felé orientálódik, míg az oleofil rész (szénhidrogénláncot tartalmaz) az olajban van. A leggyakoribb képviselőik lehetnek fémtartalmúak és hamumentesek is. Működési hőmérséklettartományuk alsó határa 60-80 °C. Fő feladatuk a vegyes súrlódás esetén bekövetkező kopás csökkentése. Az egyik legismertebb AW adalék a cink-dialkilditiofoszfát (ZDDP). Ezek a legjobb, legolcsóbb, leggyakrabban használt kopásgátló adalékok. Jó oxidációgátló és korróziógátlók is egyúttal, de csak enyhébb körülmények között (hidrodinamikai és vegyes kenés) hatékonyak. Ez a film csökkenti a súrlódást, megakadályozza az összehegedést (adhéziós kopás). Korlátozott nyírási ellenállása miatt a fémfelülethez csak adott mértékig képes tapadni, így a nyírás áldozatává válik. Sajnos nagy nyomáson és/vagy terhelésnél és/vagy hőmérsékleten elvesztik hatékonyságukat. Újabban - kiváló detergens-diszpergens hatásuk mellett - jó súrlódás- és kopáscsökkentőnek találták a molibdén tartalmú poliizobutilén-szukcinimideket is.

3.2.2. Súrlódáscsökkentő adalékok (Anti Friction additives)

A súrlódáscsökkentő adalékok olyan felületaktív anyagok, amelyek befolyásolják a súrlódási együttható értékét a határkenés körülményei között. Ezek az adalékok fizikai erőkkel (például adszorpcióval) vagy gyenge kemisorpcióval felületi réteget képeznek. Ennek vastagsága, erőssége kisebb, mint a kopásgátló adalékok és a fémfelület között kémiai reakció eredményeképpen kialakuló film. Ennek ellenére a súrlódáscsökkentők által kialakított réteg képes a (sikló) felületeket egymástól elválasztani, és így csökkenteni a súrlódási együtthatót. Ennek értéke 0,01-0,02, ami még egy nagyságrenddel nagyobb a hidrodinamikai kenés együtthatójánál (0,001-0,006). Egy készre formulázott motorolaj 0,12-0,18 súrlódási együtthatóját súrlódáscsökkentő adalék alkalmazásával 0,06 és 0,08 közötti értékre lehet csökkenteni. A súrlódáscsökkentő adalékok jelentősége az utóbbi 10 évben különösen megnőtt az energiatakarékos motorolajok gyártásakor. Több kutató is beszámolt a molibdénvegyületek (pl. molibdén-ditiokarbamátok) és a cink-dialkilditiofoszfátok szinergetikus hatásáról. Ennek egyik magyarázata, hogy a molibdén bediffundál az érdesség csúcsaiba és nagy terhelés hatására alakítható eutektikumot képez. A fémorganikus vegyületek súrlódó polimer képződéshez is vezethetnek, vagy a kénvegyületekből a tribokontaktusokon MoS₂ keletkezhet. Ezen adalék(ok) alkalmazásával nemcsak a motorhajtóanyag-fogyasztás csökkenthető (költségcsökkentés, energiahordozókkal való takarékoság), hanem kisebb lesz a motor általános emissziója is.

3.2.3. EP adalékok (Extreme Pressure additives)

Nagy terhelésnek kitett motorok esetén EP adalékolt olajra lehet szükség. Ezek az aktív vegyületek (CI, P tartalmúak) igen nagy nyomás - ebből származik a nevük: EP-extreme pressure -, illetve magas hőmérséklet esetén is fokozott kenőképességet biztosítanak. Használatuk kiemelt figyelmet igényel, mivel az aktív vegyületek erősen környezetszennyezőek.

3.2.4. Viskozitás-módosító, viszkozitásindexet növelő adalékok (V modifiers, VI improvers)

A szintetikus alapolaj több előnyös tulajdonsággal is rendelkezik az ásványolajjal szemben. Egyik ilyen tulajdonság a magasabb viszkozitásindex. A hőmérséklet növekedésekor a viszkozitás exponenciálisan csökken, azonban a kenőanyagnak gyakran széles hőmérsékleti tartományban kell megfelelő kenést biztosítania, emiatt a viszkozitás hőmérsékletfüggésének ismerete nagyon fontos. Az a jó kenőanyag, amelynek a viszkozitása a hőmérséklet-változás hatására kevésbé változik, viszkozitási indexe magas. A kívánt viszkozitási tulajdonságot megfelelő gyártási eljárással és gondosan megválogatott adalékolással módosítani lehet és kell. Hagyományos gyártási eljárással készült ásványi eredetű alapolajnál ehhez nagyobb mennyiségű adalékanyagra van szükség mint szintetikus alapolaj esetén. A viszkozitás-módosító adalékok működésének mechanizmusa: kis hőmérsékleten a hosszú láncú polimermolekulák gombolyagokat képeznek, amelyek a folyást nem, vagy alig akadályozzák. Nagyobb hőmérsékleten a gombolyag kötegekké (szálakká) alakul a felgyorsuló molekulamozgás következtében, amelyek a folyékonyság ellen hatnak. Tehát a polimer oldhatósága (duzzadása, gombolyagának fellazulása és felbomlása) nagyobb hőmérsékleten nagyobb, és ez akadályozza az alapolaj viszkozitás-csökkenését a hőmérséklet-emelkedés hatására. A fonalszerű molekulák a különböző lazaságú gombolyag, vagy spirális alakú molekulákhoz képest nagyobb viszkozitás-növekedést okoznak. E hatások (jelentős viszkozitásnövelés - vastagító hatás - nagy hőmérsékleten és minimális mértékű kis hőmérsékleten) kihasználása teszi lehetővé a többfokozatú motorolajok előállítását. Az ilyen kenőolajok biztosítják a könnyű indíthatóságot (és kopásvédelmet) alacsony hőmérsékleten, és a megfelelő mértékű kenést (megfelelően nagy viszkozitást) magas hőmérsékleten.

3.2.5. Fémtartalmú és hamumentes detergens, diszpergens adalékok (DD additives) Nagyon fontos szerepük van. Feladatuk a keletkező korom és egyéb, olajban oldhatatlan termékek lemosása a felületekről és diszpergálása, kolloid szuszpenzióban tartása, lebegtetése, annak céljából, hogy ezeket az olajszűrőben le lehessen választani, illetve ne tapadjanak meg a fém felületén. A fémtartalmú detergens-diszpergens adalékokat gyakran a hamutartalmú jelzővel együtt használják, mert a fémek hamuképző komponensek. A hamutartalmú DD adalékok fő feladata a kenőolaj elsavasodásának hátráltatása mellett a tükrösödés (olajeredetű, általában vízdoldható - henger, dugattyú, égéstér) és a szén- és lakkszerű (hajtóanyag-eredetű, acetonban oldódó - szelepelemelők, dugattyúgyűrűk) lerakódások csökkentése a dugattyúkon, a gyűrűbesülés stb. megelőzése szigorú, nagy hőmérsékletű üzemelési körülmények között. A lerakódások képződését peptizáló hatásukkal akadályozzák meg, azaz az idegen szilárd részecskéket (vas- és lakk-képzők, szennyezések, oxidációs termékek stb.) poláris részükkel körülveszik, és lebegésben tartják. Ezért azok nem tudnak kiüledni a fémfelületre és különböző lerakódásokat kialakítani. Ezen kívül a 0,01 és 0,1 mikrométer közötti szennyezéseket a DD adalékok apoláris részei olyan tömören veszik körül, hogy azok összekapcsolódását és összetapadását megakadályozzák. A hamumentes detergens-diszpergens adalékok jelentős mértékben hozzájárulnak a motorolajok csereperiódusának növeléséhez. Ez nemcsak felhasználói költségmegtakarítást, hanem környezetvédelmi előnyt és energiaforrásokkal való takarékosagot is jelent.

3.2.6. Habzásgátló adalékok feladata a bomlástermékek miatt megnőtt felületi feszültség csökkentése. Az olajhab keletkezését el kell kerülni, mert egyrészt kenési kimaradás léphet fel, másrészt a kenőanyag megnövekedett felületén az oxidáció könnyebben lejátszódhat. Ezek a vegyületek az olajban levő lég(gáz)buborékok felületén (a buborékokat a folyadékfázistól elválasztó felületi hártán) adszorbeálódva csökkentik a határfelületi feszültséget (a hártya stabilitását), és így megszakítják azt. A habzásgátlóknak nem szabad az olajban oldódnuk, és nagyon finoman elosztatottnak kell lenniük, mert idegen anyagként a buborékok vékony folyadékhártyáiba be kell épülniük, aminek hatására megváltozik a határszög, és a felületi feszültség csökken, az olajhártyácska összetartása megszűnik és a buborék szétpattan. A habzásgátlók hozzájárulnak az olaj öregedésének, viszkozitás-növekedésének és az összenyomhatóság-növekedés mérsékléséhez, illetőleg ezek megelőzéséhez; csökkentik az olajvesztéseket és a nem megfelelő kenés veszélyének lehetőségét. Adalékolási koncentrációjuk nagyon alacsony: 0,1-10 ppm.

3.2.7. Korróziógátló adalékok A kenőolajok jelenlétében a korrózió sajátos formái alakulnak ki. A korrózió mértéke jelentősen függ a körülményektől (hőmérséklet, nyomás, oxidáló atmoszféra, savas gázok, folyadékok, reakcióképes vegyületek). A motorok esetében főleg a súrlódási és a kenéstechnikai korrózió alakul ki, de szerepe van a külső, ún. környezeti (atmoszférikus) korrózióknak is. A korróziós inhibitorok feladata, hogy megvédjék az acélt, valamint a többi fémeket a korróziós támadásoktól, részben a fémfelület bevonásával, részben pedig az agresszív vegyületek hatástalanításával. A kellő mértékű korróziógátló hatás elérésére a motorolajokban általában mindig szükséges szintetikus korróziós inhibitorok alkalmazása, még a hagyományos kőolajeredetű alapolajok esetében is, amelyek ugyan tartalmazzak kevés korróziógátló hatású vegyületet is. A korróziós inhibitorok egy adszorpciós vagy kemisorpciós film létrehozásával meggátolják a víz, oxigénmolekula felülethez jutását, illetve a savas termékeket (SO_2 , SO_3 , NO_x) semlegesítik.

3.2.8. Illékonyság-módosító adalékok Csökkentik az olaj könnyebb összetevőinek párolgását, ezzel elősegítve a kenőanyag összetételének közel azonos szinten tartását, besűrűsödésének, folyósság-módosulásának elkerülését, a kipufogógáz károsanyag-emissziójának csökkentését.

3.2.9. Alkalmazhatósági hőmérséklettartományt kibővítő adalékok A kenőanyagok széles hőmérséklet-tartományban történő alkalmazását korlátozhatja, ha nem kellően magas a lobbanáspontjuk, illetve nem kellően alacsony a dermedéspontjuk. A dermedéspont-csökkentők hamumentes szerves vegyületek, amelyek a paraffinos alapolajokban levő paraffinkristályokat körülveszik, és így megakadályozzák azok növekedését; ezáltal gátolják a paraffinkristályok kölcsönhatásának kialakulását, olajadszorbeáló és gélképző hajlamát, másként mondva a viszkozitás túlzott növekedését. 8-10 °C dermedéspont-csökkenés érhető el pl. 0,05-1% koncentrációban alkalmazott metakrilát-polimerrel.

3.2.10. Tapadóképeséget fokozó adalékok A tapadóképeséget a polaritás határozza meg. A poláros anyag a poláros felületen tapad jól, míg az apoláros az apolároson. Mivel a fémen többnyire poláros (oxid) réteg található, amelyen az apoláros (szénhidrogén) kenőolaj nem tapad jól, ezért a szénhidrogén alapú kenőolajokhoz tapadó képeséget javító adalékokat kevernek. Ilyen adalék pl. az észter, melynek tapadóképesége kiváló.

3.2.11. Teljesítményszint-növelő adalékok A teljesítményszintet biztosító adalékokat általában adaléckpackage formájában adják az alapolajokhoz. Ezen adalékcsoomag jellemző összetétele a következő: diszpergens: 40-50%, detergens: 15-28%, kopásgátló: 8-12%, súrlódásmódosító: 1-2%, oxidációgátló: 5-15%, korróziógátló: 1-2%, tömítéseket duzzasztó adalékok: 0-0,5%, és hígítóolaj: 10-20%. Ezek az adalékcsoomagok hatékonyság szempontjából kiegyensúlyozottak, így az utóadalékolás nem ajánlott.

3.3 A kenőanyagok jellemzői

Legfontosabb kémiai és fizikai jellemzők:

- viszkozitás,
- sűrűség,
- lobbanáspont,
- dermedéspont,
- hamutartalom.

3.1.2 Viszkozitás

A kenőanyagok folyási tulajdonsága. A gépjárművekben alkalmazott olajok felhasználásának szempontjából a kenőolaj viszkozitásának hőmérsékletfüggése az egyik legfontosabb jellemző.

Kétféle viszkozitást különböztet meg a szakirodalom: dinamikai és kinematikai viszkozitást. A dinamikai viszkozitás a folyadék belső súrlódását, áramlása ellen dolgozó hatást számszerűsíti, míg a kinematikai viszkozitás a folyadék folyósságáról ad tájékoztatást.

A járműiparban többféle, a kenőanyagok adott hőmérsékleteken mérhető folyósságának jellemzésére szolgáló - dinamikai vagy kinematikai viszkozitáson alapuló - jelzőt is használnak (zárójelben az angol megnevezés és a viszkozitás dinamikai vagy kinematikai besorolása):

- **hidegindíthatósági viszkozitás** (low temperature cranking viscosity; dinamikai),
- **szivattyúzási határhőmérséklet/viszkozitás** (low temperature pumping viscosity, borderline pumping viscosity; dinamikai),
- **magas hőmérsékleten mért kinematikai viszkozitás** (high temperature kinematic viscosity; kinematikai),
- **magas hőmérsékleten mért, nagy nyírési gradiensű viszkozitás** (high temperature - high shear rate viscosity, HTHS; dinamikai).

3.2.1.1. Dinamikai viszkozitás

(η) - nyírófeszültség és a nyírési sebesség aránya. Mértékegysége: Pa·s.

(1 Pa·s annak a kenőanyagnak a viszkozitása, amellyel képzeletben megtöltenénk két, 1 m² felület közötti 1 méteres teret, majd ezeket egymáshoz viszonyítva 1 m/s sebességgel mozgatnánk, akkor ehhez 1 N erő kifejtés lenne szükséges)

A viszkozitás az olaj teherhordó képességét határozza meg. A nagy viszkozitás nagy belső súrlódást is jelent. Ismerete elengedhetetlen pl. a siklócsapágyazások méretezésénél.

3.2.1.2. Kinematikai viszkozitás (ν) az olaj kifolyási ideje adott hőmérsékleten.

Mértékegysége: mm²/s (SI), [cSt; ejtsd: centi sztók (CGS)]

1 cSt $\approx$ 1 mm²/s a dinamikai viszkozitás és a sűrűség hányadosával arányos

A gyakorlatban 40 °C-n és 100 °C-n mért értékeket adnak meg.

[3.2.1.3. Magas hőmérsékleten mért kinematikai viszkozitás \[4\]](#)

Talán ez a legismertebb viszkozitás. Az eddigiekkel ellentétben ez nem dinamikai, hanem kinematikai viszkozitást definiál. Az SAE szabvány különféle viszkozitás-intervallumokat ad meg. Ha az olaj folyóssága 100 °C-on az adott intervallumba beleesik (és teljesíti a HTHS viszkozitás kritériumát is), akkor a szabvány szerint megkapja az adott meleg/nyári osztálybesorolást.

3.2.1.4. A HTHS viszkozitás [4]

A HTHS (angolul high temperature - high shear) viszkozitás az olaj dinamikus viszkozitása 150 °C-on, magas (10⁶/s) nyírófeszültség mellett. Mérésének szabványos kivitelezését az ASTM D4683 rögzíti. A teszt az üzemi hőfokon működő motor főtengely- és hajtórúd-csapágyazásánál fellépő, az olajat ért hatásokat szimulálja (áramoltatási jellemzők, kenőfilmréteg-vastagság, mennyire könnyen nyomódik ki a kenési helyről stb.). A magasabb HTHS érték alacsonyabb csapágy-, vezérműtengely-bütyök kopást és hosszabb motortartósságot jelent, viszont rontja az üzemanyag-fogyasztást és csökkenti a leadott hasznos motorteljesítményt, visszafogja a motor pörgési hajlamát.

A szintetikus olajok HTHS viszkozitása akár többszöröse is lehet az azonos viszkozitási osztályú ásványi olajok HTHS viszkozitásánál! A viszkozusabb olajok magasabb HTHS értékkel rendelkeznek.

3.1.3 Viszkozitási index (V.I.)

A viszkozitás értéke a hőmérséklet függvényében változik.

Cél: a viszkozitás kis mértékben változzék a hőmérséklet változásával

A **VI** fogalmát a **VT** viszkozitás - hőmérséklet tulajdonság jellemzésére használják. viszkozitási index meghatározása a különböző hőmérsékleteken mért viszkozítások segítségével:

$$VI = \frac{L - U}{L - H} \cdot 100 \quad \nu_I = \frac{L - U}{L - H} \cdot 100$$

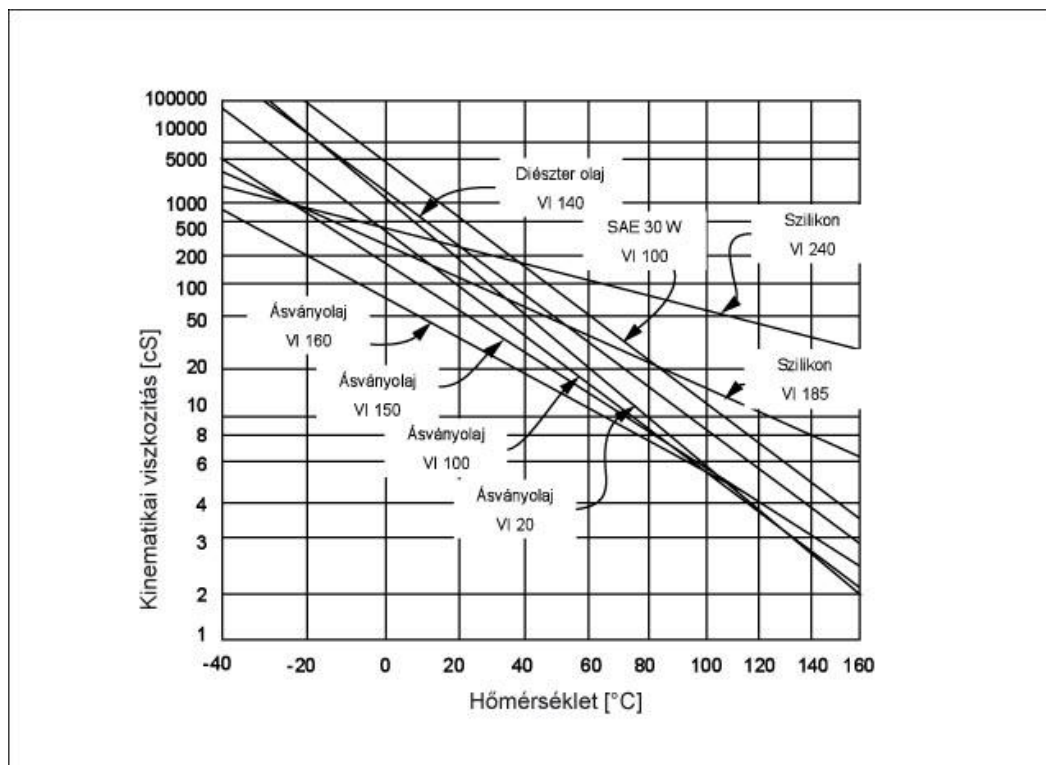
ahol:

L - a VI 100 értékű olaj kinematikai viszkozitása 40°C-on,

U - a vizsgált olaj viszkozitása 40°C-on,

H - a VI 0 értékű olaj kinematikai viszkozitása 40°C-on.

Olyan 0 és 100 viszkozitási indexű olajokhoz kell hasonlítani a vizsgálandó olajat, melynek a 100°C mért viszkozitása megegyezik a vizsgálandó olaj viszkozitásával. A 100-as viszkozitási indexű olajok általában a paraffinos alapolajok, míg a 0 viszkozitási indexűek a nafténes alapolajok. Az L és H értékeit táblázatban foglalták össze. Néhány, használatos kenőolaj viszkozitását mutatja a következő diagram.



3. ábra: A viszkozitási index hőmérsékletfüggése.[2]

3.1.4 Szivattyúzhatósági határhőmérséklet

A szivattyúzhatósági határhőmérséklet / viszkozitás (angolul low temperature pumping viscosity, a szabványosított mérési eljárása (ASTM D4684) miatt szokás MRV - Mini-Rotary Viscometer - viszkozitásnak is nevezni, illetve borderline pumping viscositynek is jelölni), azt definiálja, hogy az olaj 60000 mPas dinamikai viszkozitása legfeljebb mekkora hőmérsékleten mérhető, az olajat mekkora hőmérsékletre hűtve válik ennyire viszkózussá. Ha a motorolaj a nagy hidegben túlságosan nagy ellenállást fejt ki áramoltatása ellen (túl magas a dinamikai viszkozitása), akkor szivattyúzhatósága, pumpálhatósága, az olajszivattyú felvevőképessége problémássá válhat, a motor körülolajozásának időszükséglete irreálisan megnövekedhet, kenési gondok jelentkezhetnek.

3.1.5 Sűrűség

A tömeg és térfogat viszonya.

Mértékegysége: kg/m^3 , (g/cm^3)

A sűrűség függ a viszkozitástól és a kémiai összetételtől, valamint a hőmérséklettől (paraffin bázisú olajok sűrűsége kicsi, az aromásoké a legnagyobb).

A kenőolajok sűrűségét 15 °C-on adják meg.

3.1.6 Dermedéspont [°C]

az a hőmérséklet, amelyen az olaj elveszti folyékonyságát, azaz nehézségi erő hatására már nem folyik. *Hidegállóság*. Értéke függ a kémiai összetételtől (C_A , C_N , C_P) és a viszkozitástól. Ez az érték az ún. dermedéspont javító adalékok hozzáadásával javíthatók.

3.1.7 Lobbanáspont [°C]

Lobbanásponton azt az 1013 milibar nyomásra átszámított legkisebb hőmérsékletet értik, amelyen megszabott körülmények között a kőolajtermékből annyi gőz keletkezik, hogy a fölötte lévő levegővel elegyedve, láng közelítésére a vizsgált anyag teljes felületére kiterjedően belobban. A lobbanáspont az olaj párolgására, összetételére, a motorolaj hígulására és tűzveszélyességére jellemző érték, így ismerete egyrészt az illető olaj felhasználhatósága szempontjából, másrészt üzembiztonsági okokból szükséges. A mérés szabványos kivitelezésének leírását az ASTM D92 tartalmazza.

Kenőolajok lobbanáspontja a viszkozitástól függően: 150...280 °C

Használt kenőolaj (fáradt olaj) kis lobbanás pontjából arra lehet következtetni, hogy az olaj üzemanyaggal hígult.

3.1.8 Teljes savszám (TAN)

A teljes savszám (TAN) az olajban lévő gyenge szerves és erős szervesetlen savak mennyiségének mérőszáma. Az olaj elsavasodása a fémalkatrészek felületén korróziót, a siklócsapágyakban korróziós kopást, iszapképződést okozhat. A friss olaj savassága az adalékokból ered. A savas termékek mennyisége az üzemelés során az öregedés és a szennyezők miatt nő. Nem gyakran kerül feltüntetésre az olajok adatlapján. A kisebb TAN érték kedvezőbb. Szabványos mérését az ASTM D664 tartalmazza.

3.1.9 Teljes bázisszám (TBN)

Az olaj savsemlegesítő hatását adja meg. Mérésének menetét az ASTM D2896 rögzíti. Feltüntetett mértékegysége a mg KOH/g, ami a kenőanyag milligrammban kifejezett kálium-hidroxiddal egyenértékű savtalanító tulajdonságát jellemzi grammnyi kenőanyagra vonatkoztatva. Jellemző értéke benzinmotorba való olajok esetén 5-8, dízel erőforrásokba ajánlott olajok esetén 9-14. A magasabb érték ugyan nagyobb savasodással szembeni ellenálló képességet jelent, viszont egyúttal emeli az olaj hamutartalmát is. Az olaj használata során a TBN értéke folyamatosan csökken.

3.2.9. Foszfortartalom

A foszfortartalom nagysága az olaj kopásgátló hatásával van összefüggésben, mivel a foszfortartalmú adalékok közé tartozik a cink-dialkilditiofoszfát. Százalékos formában vagy ppm-ben adják meg. Nem túl gyakran kerül feltüntetésre az olaj adatlapján. A kopásgátló hatás mellett a kenőanyag korrózióellenes és oxidációgátló hatásáról is tájékoztat, mivel a ZDDP hatása ezekre is kiterjed. A foszfortartalom mértéke korlátozott, mivel a kipufogógázba jutva ronthatja a katalizátor hatásfokát, vagy az újabb dízelmotorok részecskeszűrőjét eltömítheti.

3.1.10 Szulfáthamu-tartalom

Mértékének nagysága fontos, mivel az olaj párolgása, esetleges égése során a motortérben hátrahagyott lerakódások mennyiségéről tájékoztat. Ennek ellenére az olajok adatlapján sok esetben nem kerül feltüntetésre. Jellemzően 1% körüli az értéke. Közvetlen összefüggésben van a fémtartalmú DD adalékok mennyiségével. Az alacsony hamutartalom kívánatos a lerakódások elkerülésének érdekében, de a túl alacsony hamutartalom egyben alacsony tisztító-lebegtető adalékarányt is jelent. *Low-SAPS és Mid-SAPS olajok* Az egyre fokozódó környezetvédelmi előírások a motorgyártók mellett a kenőanyaggyártóktól is egyre szigorúbb szabályok betartását követeli meg. Az elmúlt években leginkább a dízel motorok környezetkárosító hatása csökkent, köszönhetően az SCR katalizátorok és részecskeszűrők (DPF) megjelenésének. Ehhez azonban az is kellett, hogy olyan új motorolajokat fejlesszenek ki az olajtársaságok, melyek a régebbiekkel szemben kisebb mennyiségben tartalmaznak szulfáthamut (SA), foszfort (P), ként (S), mivel ezek az anyagok a kipufogógázba kerülve a részecskeszűrőt eltömíthetik, a

katalizátor hatásfokát leronthatják. Az ilyen olajokat szokás SAPS tartalmuk mennyiségétől függően alacsony SAPS (low-SAPS), vagy közepes SAPS (mid-SAPS) tartalmú kenőanyagoknak nevezni. Használatuk csak azokban az erőforrásokban megengedett, melyekre gyártója ACEA C minősítésű olaj alkalmazását írja elő.

Közlekedési kenőolajok fajtái

- **Motorolajok**
- **Közlekedési hajtóműolajok**
- **Automata hajtóműolajok**
- **Mezőgazdasági kenőolajok**

3.3 MOTOROLAJOK

Alkalmazásuk kritériumait meghatározza a motor fajtája:

benzinüzemű,
dízelüzemű,
gázüzemű,
4 és 2 ütemű.

keverékképzés

porlasztós,
befecskendezős.

hengerfeltöltés módja

szívómotor,
feltöltős motor.

Kenési rendszer:

- **cirkulációs** (olajszivattyú, olajhűtő, olajszűrő)
- **keverékolajozás**

Kenést igénylő gépelemek:

Forgattyús hajtómű:

főtengelycsapágyak (fő- és forgattyús csapágy)
dugattyúcsap,
dugattyú

Szelepvezérlés:

vezérműtengely,

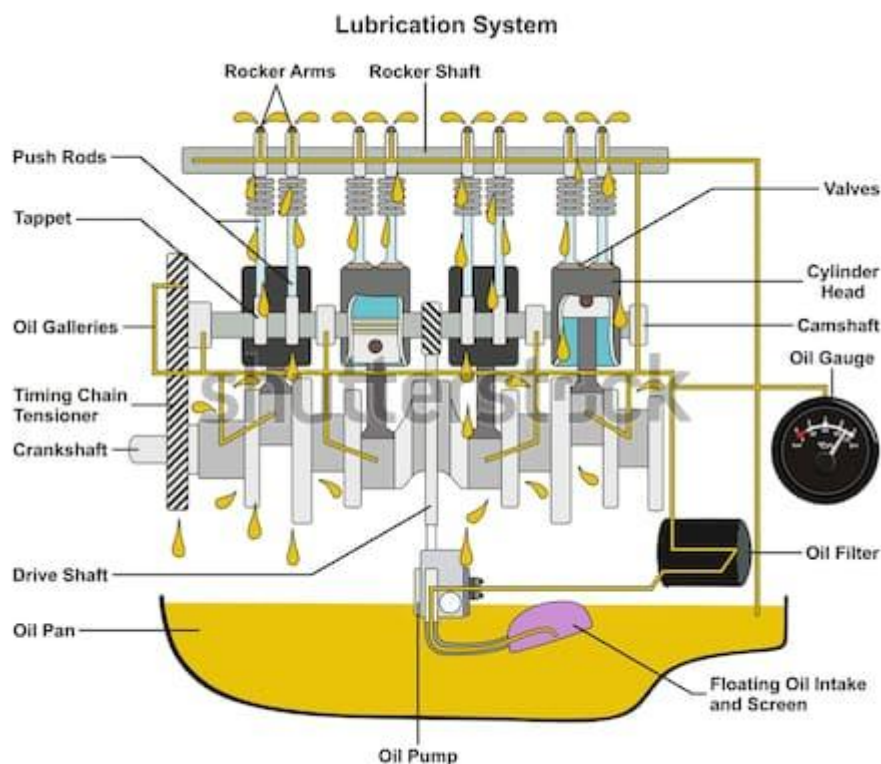
szelepemelő,
szelepvezetés,
szelepülés (nem a motorolaj keni!),
fogaskerekek (lánckerekek)

Turbófeltöltő: turbinacsapágy

Egyebek: befecskendező szivattyú, stb.

Olajhőmérsékletek:

olajteknőben: 80...150 °C
forgattyús tengely: 100...170 °C
hajtórúd: 140...180 °C
dugattyúfenék: 160...250 °C



www.shutterstock.com • 711256543

4. ábra A motor kenőrendszere [3]

3.3.1. A motorolaj legfőbb feladatai:

- 1. Súrlódás és kopáscsökkentés**
- 2. Hűtés és hőelvezetés a motor alkatrészei között**
- 3. A lerakódások feloldása, az olaj által átjárt helyek tisztán tartása**
- 4. A motor belső részeinek korrózióvédelme**
- 5. "tömítés" a henger és dugattyú között (dugattyúgyűrű tartomány)**

- optimális folyási tulajdonság, ami egyben a súrlódási veszteséget is csökkenti,
- nagy viszkozitási index (V.I.), vagyis a kinematikai viszkozitás minél kisebb hőmérséklet-érzékenysége
- súrlódás és kopáscsökkentő hatás a vegyes súrlódás és a határkenés állapotában,
- csekély habzási hajlam,
- tömítésekkel való összeférhetőség,
- olajkomponensek jó oldódása egymásban (az alkotók ne váljanak szét),
- hőstabilitás (a motorolajat alkotó molekulák magas hőmérséklet hatására se bomoljanak fel, ne következzen be degradáció),
- oxidációs stabilitás (öregedésállóság).

A követelmények kielégítése:

- viszkozitás beállítása az üzemi követelményeknek megfelelően,
- adalékolás.

3.3.2. Motorolajok osztályozása Viskozitás szerint

A motorolajoknál az egyik legfontosabb kiválasztási szempont a viszkozitás, mégpedig az üzemi (100 °C körüli) és alacsony hőmérsékleten mutatott viszkozitás. Mivel a viszkozitás a nem műszaki embereknek többnyire nehezen kezelhető fogalom, ezért a hétköznapi autósok számára az SAE (Society of Automotive Engineering - Autóipari Mérnökök Egyesülete) "téli" viszkozitási fokozatokat definiált az olaj alacsonyhőmérsékleten mért dinamikai viszkozitása alapján, és a 100 °C-on mérhető kinematikai viszkozitáson alapuló "nyári" viszkozitási besorolást vezetett be. A 2015 januárjában megújított SAE J300-as viszkozitási osztályok határértékei az alább láthatók [4]:

Automotive Lubricant Viscosity Grades Engine Oils - SAE J300 - Revised January 2015					
SAE	Low Temperature Viscosities		High Temperature Viscosities		
Viscosity Grade	Cranking (mPa.s) max at °C	Pumping (mPa.s) max at °C	Minimum Kinematic (mm ² /s) at 100 °C	Maximum Kinematic (mm ² /s) at 100 °C	Minimum High Shear Rate (mPa.s) at 150 °C, 10/s
0W	6200 @ -35 °C	60000 @ -40 °C	3,8	-	-
5W	6600 @ -30 °C	60000 @ -35 °C	3,8	-	-
10W	7000 @ -25 °C	60000 @ -30 °C	4,1	-	-
15W	7000 @ -20 °C	60000 @ -25 °C	5,6	-	-
20W	9500 @ -15 °C	60000 @ -20 °C	5,6	-	-
25W	13000 @ -10 °C	60000 @ -15 °C	9,3	-	-
8	-	-	4	< 6,1	1,7
12	-	-	5	< 7,1	2,0
16	-	-	6,1	< 8,2	2,3
20	-	-	6,9	< 9,3	2,6
30	-	-	9,3	< 12,5	2,9
40	-	-	12,5	< 16,3	3,5 (0W-40, 5W-40, 10W-40)
40	-	-	12,5	< 16,3	3,7 (15W-40, 20W-40, 25W-40, 40 monograde)
50	-	-	16,3	< 21,9	3,7
60	-	-	21,9	< 26,1	3,7

5. ábra – Viskozitációs osztályok [4]

(nagyobb szám, nagyobb viszkozitású olaj, rosszabb folyási tulajdonság).

Egyfokozatú (monograde): - téli-W, nyári és többfokozatú (multigrade).

Az utakon jelenleg futó járművek túlnyomó többségébe ma még 40-es vagy 30-as nyári fokozatú olaj való, azonban a korszerű, nagy tűrési pontossággal, finom illesztésekkel gyártott autókba a kisebb viszkozitású, akár 20-asnál is alacsonyabb melegoldali osztályú olaj is elegendő. 50-es és 60-as fokozatú olajat akkor használnak, ha valamilyen oknál fogva az előírt 40-es fokozat nem megfelelő. Ilyen ok lehet a szokásosnál nagyobb terhelés (motorsport) és / vagy motorikusan tuningolt, melegeedésre hajlamos autó üzemeltetése. A 60-as fokozatú olajok többnyire versenyeken használatosak, utcai járművekben történő felhasználásuk erősen indokolt esetben ajánlott. Kopott hengerű járműben az előírtnál magasabb fokozatú olaj használata általában műszerrel mérhető csökkenését okozza a kipufogógázzal távozó elégetlen szénhidrogéneknek.

2013. április 1-jén a SAE egy új melegoldali SAE viszkozitási osztályt vezetett be, a SAE 16-ot. Ennek a viszkozitási osztálynak a megjelenése egy újabb lépés volt a kedvezőbb tüzelőanyag-fogyasztást eredményező motorolajok széleskörű elterjedésének irányába. Amikor megjelentek az első SAE 16 jelölésű multigrade olajok (0W-16 és 5W-16), azok csak olyan járművekben voltak használhatók, melyek erőforrásai már kimondottan ennek megfelelő alacsony viszkozitású olajjal való működésre lettek tervezve. Csakúgy, mint az 5W-20 és 0W-20 olajok, ezek a kenőanyagok is alkalmatlanok a régebbi motormodellekben való felhasználásra, mivel nem biztosítanak elegendő kopásvédelmet üzemi hőmérsékleten. A 16-os számnak nincs különösebb jelentése, azonban azért, hogy megszakítsa a korábbi jelölések 5-tel maradék nélküli oszthatóságát, elkerülhető a 15W téli fokozattal való esetleges összecserélés, illetőleg önmagában utal arra, hogy új, korábbtól eltérő melegoldali folyóssági jellemzővel bíró motorolajról van szó. Az SAE 16 bevezetésével a SAE 20 jelölésű olajok 100 °C-os kinematikai viszkozitásának határértéke 5,6 mm²/s-ról 6,9 mm²/s-ra változott. A SAE 20 olajok korábban nem használták ezt az intervallumot. A SAE 16 határértékei részben kiterjednek erre a szegmensre. Ahhoz, hogy az olaj megkapja a SAE 16 besorolást, a 100 °C-on mért kinematikai viszkozitásának 6,1 és 8,2 mm²/s között kell lennie, valamint HTHS viszkozitásának legalább 2,3 mPa.s értéket el kell érnie. A hivatalos SAE viszkozitási osztályok jelenleg (2019): 0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W, 8, 12, 16, 20, 30, 40, 50 és 60. A SAE már korábban fontolóra vette a 16, 12, 8 mellett a 4-es viszkozitási fokozat bevezetését is, így ha igény fog mutatkozni az autógyártók részéről az extrém "vékony" melegoldali 4-es fokozatra, a jövőben az is bevezetésre kerül. Az említett új SAE fokozatok felvázolják a modern, minőségi kenőanyagok fejlődésének irányát: az olajok egyre "vékonyabbak" lesznek, de a fejlett kémia biztosítja, hogy minimum ugyanolyan vagy jobb védelmet nyújtanak, mint a korábbi fejlesztésű, viszkózusabb társaik. [4]



.6 ábra motorolajok alkalmazásának hőmérséklet-tartományai [5]

i. Motorolajok teljesítményszint szerinti osztályozása

A teljesítményszint szerinti osztályozások *laboratóriumi teszteken és fékpadi vizsgálatokon* alapulnak. Számos, kísérleti- és szériamotorral végzett szabványos vagy gyártói minősítő rendszerek ismertek. A legáltalánosabban elfogadottak: API és az ACEA.

3.3.3.1. Az API vizsgálatában a regular (tisztá ásványi olaj), premium (oxidációgátló adalékot tartalmazó olaj), és a heavy-duty (oxidációgátló, tisztító és szennyezést diszpergáló adalékot tartalmazó olaj) fokozatot különböztették meg. Később ezt több szervezet ajánlását figyelembe véve folyamatosan tökéletesítették. Jelenleg a fokozatok jelölése két betűből és egyes esetekben kiegészítő számból áll. A benzinüzemű motorokhoz használatos olajoknál az első betű "S" (a service szóból), a dízel motorok olajainál pedig "C" (commercial). A második betű az abc valamelyik, a növekvő teljesítményszinttel egyre hátrébb álló betűje. Minél hátrébb van a második betű az abc-ben, annál jobb minőségű az olaj. Pl. az SH olaj gyengébb minőségű, mint az SJ. A specifikációkat számos laboratóriumi, fékpadi vizsgálatához rendelik, melyek a kenőolaj minőségének értékelésére szolgálnak. Az osztályozást időnként aktualizálják, így egyes fokozatok visszavonásra kerülnek, újakat vezetnek be. A fokozat után kötőjellel feltüntetik az évszám utolsó számjegyét, ezzel jelezve, hogy a szabvány mikori állapota szerinti osztályt jelenti (pl.: a dízel haszongépjárművekre vonatkozó fokozatok: CF, CF-4, CG-4, CH-4, CI-4, CJ-4). A vizsgált jellemzők közül néhány: mosóhatás, diszpergáló képesség, oxidációval szembeni ellenállás, kopásállóság.

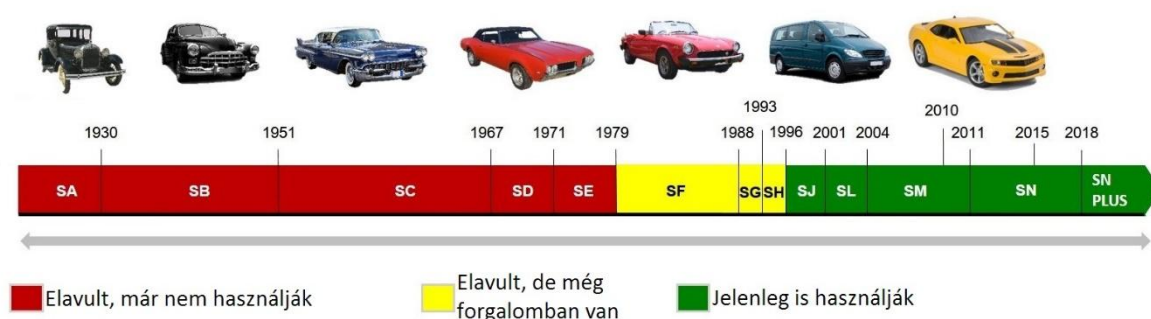
Az API szintek legutóbbi módosítására 2016. december 1-én került sor. A jelenlegi legmagasabb szintet az SN és CK-4 képviseli, illetőleg egy új szint, az FA-4 is bevezetésre került. Az utolsó változtatás óta már csak az SJ, SL, SM, SN fokozatú minősítés adható ki benzinmotorokhoz való olajok esetén és CJ-4, CI-4, CH4 dízelmotorokhoz való olajok esetében, a többi érvényét veszítette. Az API teljesítményszintek benzinmotorokba való kenőanyagokhoz:

(SG): 1989-ben bevezetett katalizátorbarát, ólommentes benzinüzemhez alkalmas teljesítménykategória.

- SH: 1994-től érvényes, az API SG jóváhagyatási folyamatának szigorításán alapuló kategória.
- SJ: 1996-ban életbe lépett, jelenleg érvényben lévő amerikai benzines teljesítményszint. Jelentős magas hőmérsékletű lerakódás csökkenés, alacsonyabb kéntartalom és illékonyság, illetve növelt üzemanyag-takarékosság jellemzi.
- SL: 2001 júliusától érvényes teljesítményszint, különösen a kopásvédelem, az öregedésállóság és az energiahatékonyság terén támaszt fokozott követelményeket.
- SM: Minden jelenleg használatban lévő gépjárműmotorhoz. Bevezetve 2004.11.30-tól. Az SM olajok fokozott öregedésállósággal, jobb lerakódás elleni védelemmel, jobb kopásvédő képességgel és kedvezőbb hidegtulajdonságokkal rendelkeznek, mint az eddigi teljesítményszintűek. Néhány SM kategóriájú motorolaj megfelel az ILSAC GF-4 specifikációnak és/vagy energiatakarékos (EC) olajnak minősíthető. Az SM olajokban alkalmazható adalékelemek foszfortartalma és kéntartalma a korábbi

telejsítményszintekhez képest korlátozott, a jobb katalizátor-kompatibilitás érdekében.

- SN: 2010 októberében kerül bevezetésre. Alapvetően az ILSAC GF-5 műszaki követelményeit veszi át, de a minősíthető SAE viszkozitás osztályok köre szélesebb, tartalmazza a 10W-XX osztályokat is. Az API SN minősítésű motorolajokat 85% bioetanolt tartalmazó E85 üzemanyag használata mellett is tesztelik. Csökken a katalizátormérgező foszfor- és kéntartalom, a hangsúly a SAE 0W-20, 5W-20 viszkozitás osztályokon van. A szigorú vizsgálati határértékek miatt az iszapképződésnek jobban ellenálló hidrokrakkolt alapolajok és a belső motortisztaságot elősegítő korszerű hamumentes antioxidáns, detergens-diszpergens és súrlódásmódosító adalékok kerülnek előtérbe.
- SN plus 2018-tól bevezetett kategória, kifejezetten a nagy literteljesítményű tubótöltős, közvetlen befecskendezéses motorok számára



7. ábra: Az API teljesítményszintek Otto erőforrásokba való motorolajokhoz:

Dízel motorolajok:

API (CC) - (CD) – CF - (CE) - CF-4 - CG-4 - CH-4 – CI-4 – CJ-4

- (CD): 1955-től érvényes nehézüzemű dízel és turbódízel kategória.
- CF: 1994-től API CD-t váltotta fel. Gyakori, közepesen magas teljesítményszint nehézüzemű dízel motorokhoz.
- (CE): 1987-ben bevezetett kategória. Az API CD-hez képest 3 új fékpadi vizsgálattal (NTC 400, Mack T-7, Mack T-6) bővítve.
- CF-4: 1991-ben az API CE-t váltotta fel. Új vizsgálat a dugattyútisztaságra: Cat 1K a Cat 1G2 helyett.
- CG-4: 1995. január 1-jétől érvényes, magasabb szintű motorvédelmet biztosító teljesítményszint.
- CH-4: 1999-től bevezetett, az API CG-4-et meghaladó, hosszú csereperiódusra alkalmas rendkívül környezetbarát motorolaj specifikáció.
- CI-4: 2002-ben bevezetett kategória, nagy fordulatszámú, négyütemű dízelmotorokhoz, amelyek megfelelnek a 2004-ben bevezetendő amerikai kipufogógáz-előírásoknak. Az ilyen minősítésű motorolajok legfeljebb 0,5 tömeg-százalékban ként tartalmazó dízel üzemanyagok alkalmazása esetén használhatók. Kifejezetten kipufogógáz-visszavezetéssel ellátott motorokhoz (EGR). Optimális védelmet nyújt korrózió ellen, a korom által okozott motorkopás ellen, véd a dugattyú lerakódással szemben, és ellenáll a korom tartalom növekedése miatt bekövetkező alacsony- és magas

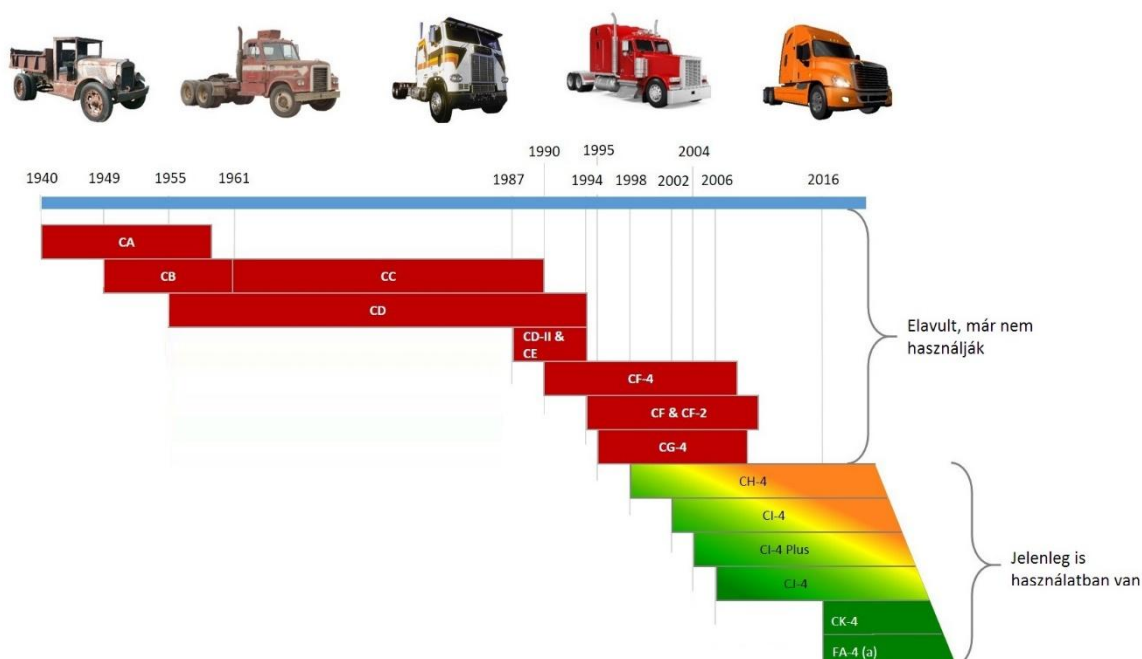
hőmérsékleti viszkozitás-változásnak. Alkalmazható az API CH-4, CG-4, CF-4 specifikációjú olajokat igénylő motorokban is.

Megjegyzés: Létezik CI-4 PLUS” minősítés is, azoknak az olajoknak a megjelölésére, amelyek magasabb szintű korom okozta viszkozitás-növekedés elleni védelemmel, valamint az SM előírásnál kedvezőbb nyírásstabilitással rendelkeznek.

CJ-4: 2006-ban bevezetett új kategória, nagy fordulatszámú, négyütemű országúti dízelmotorokhoz, amelyek megfelelnek a 2007-ben bevezetett amerikai kipufogógáz-előírásoknak. SAPS-szintje majdnem olyan alacsony, mint az ACEA E6-ra jellemző szint. Az ilyen minősítésű motorolajok legfeljebb 0,5 tömeg-százalékban ként tartalmazó dízel üzemanyagok alkalmazása esetén használhatók. Optimális védelmet nyújt a katalizátor-mérgezés, részecskeszűrő-eltömődés, motorkopás ellen, véd a dugattyú lerakódással szemben, és ellenáll a korom tartalom növekedése miatt bekövetkező alacsony- és magas hőmérsékleti viszkozitás-változásnak. Alkalmazható az API CI-4 Plus, CI-4, CH-4, CG-4, CF-4 specifikációjú olajokat igénylő motorokban is.

Az API-FA-4 az egyes XW-30 olajokat takar, amelyeket kifejezetten nagy sebességű négyütemű dízelmotorokhoz terveztek, hogy megfeleljenek a 2017-es modelléves közúti üvegházgáz (GHG) kibocsátási szabványoknak. Ezek az olajok különösen hatékonyak a kibocsátáscsökkentő rendszer tartósságának fenntartásában, ahol részecskeszűrőket és egyéb fejlett utókezelő rendszereket használnak. Az API FA-4 olajokat úgy tervezték, hogy fokozott védelmet nyújtsanak az olaj oxidációjával, a nyírással és az olajfúrással szembeni viszkozitáscsökkenéssel, valamint a katalizátor elhasználódása, a részecskeszűrő blokkolás, a motor kopása, a dugattyú lerakódása ellen.

Az API FA-4 olajok nem helyettesíthetők és nem kompatibilisek az API CK-4, CJ-4, CI-4 és CI-4 PLUS, CI-4 és CH-4 olajokkal. Az API FA-4 olajok nem javasoltak 15 ppm kéntartalmú tüzelőanyagokkal való használatra.



8. ábra: Az API teljesítményszintek dízel erőforrásokba való motorolajokhoz:

3.3.3.2. ACEA teljesítményszintek

személy- és kis-haszongépjárművekhez:

ACEA A1/B1: Ez az olajspecifikáció az alacsony belső súrlódású motorolajokra vonatkozik, amelyek HTHS viszkozitása a 2,6-3,5 mPas közötti értéktartományba tartozik. Alkalmazható személygépkocsik és könnyű haszongépjárművek benzin- és dízelmotorjaihoz. Az A1/B1 specifikációjú motorolajok bizonyos motortípusokhoz nem alkalmazhatók. Ilyen esetben a gépkönyvi ajánlásokat be kell tartani.

ACEA A3/B3: Viszkozitásstabil motorolajok nagy teljesítményű személygépkocsi és könnyű haszongépjármű benzin/dízelmotorokhoz, akár [hosszú csereperiódusra](#) is, amennyiben ezt a gépkönyvi előírások lehetővé teszik.

ACEA A3/B4: Viszkozitásstabil motorolajok nagy teljesítményű benzin- és közvetlen befecskendezésű dízelmotorokhoz, alkalmazható azokban a motorokban is, amelyekre a B3 előírás vonatkozik.

ACEA A5/B5: Viszkozitásstabil motorolajok [hosszú olajcsereperiódusra](#), nagy teljesítményű benzin- és dízelmotorokhoz (személygépkocsi+könnyű haszongépjárművek). Az ilyen motorolajokat alacsony belső súrlódás jellemzi, a HTHS viszkozitás a 2,9-3,5 mPas értéktartományban fekszik. Az A5/B5 motorolajok bizonyos motorokhoz nem alkalmazhatók, ezekben az esetekben a gépkönyvi előírásokat be kell tartani.

ACEA „Cx” □ kategória, katalizátor-kompatibilis - csökkentett hamutartalmú - univerzális (benzines és dízel) motorolajok:

ACEA C1: Viszkozitásstabil, kifejezetten alacsony hamutartalmú motorolajok részecskeszűrővel (DPF) és hármaskatódos katalizátorral (TWC) ellátott személygépkocsi és könnyű haszongépjármű motorokhoz, amelyek alacsony belső súrlódású, kis [viszkozitású](#), alacsony hamu-, kén, foszfortartalmú és 2,9 mPas-nál nagyobb HTHS viszkozitású motorolajat igényelnek. Ebbe a kategóriába tartozó motorolajok megnövelik a részecskeszűrő és a katalizátor élettartamát, és üzemanyag-megtakarítást is eredményeznek. Figyelmeztetés: ezek az olajok nagyon alacsony hamutartalmúak, ezért bizonyos motorokban nem alkalmazhatók. Ilyen esetben a gépkönyvi és gyártói előírásokat be kell tartani.

ACEA C2: Viszkozitásstabil, közepes hamutartalmú motorolajok részecskeszűrővel és hármaskatódos katalizátorral ellátott személygépkocsi és könnyű haszongépjármű motorokhoz, amelyek alacsony belső súrlódású, kis [viszkozitású](#), közepes hamu-, kén, foszfortartalmú és 2,9 mPas-nál nagyobb HTHS viszkozitású motorolajat igényelnek. Az e kategóriába tartozó motorolajok megnövelik a részecskeszűrő és a katalizátor élettartamát, és üzemanyag-megtakarítást is eredményeznek.

Figyelmeztetés: ezek az olajok bizonyos motorokban nem alkalmazhatók. Ilyen esetben a gépkönyvi és gyártói előírásokat be kell tartani.

ACEA C3: Viszkozitástabil, közepes hamutartalmú motorolajok részecskeszűrővel és hármaskatalizátorral ellátott személygépkocsi és könnyű haszongépjármű motorokhoz. Az e kategóriába tartozó termékek HTHS viszkozitása 3,5 mPas-nál nagyobb. Megnövelik a részecskeszűrő és a katalizátor élettartamát. Figyelmeztetés: ezek az olajok bizonyos motorokban nem alkalmazhatók. Ilyen esetben a gépkönyvi és gyártói előírásokat be kell tartani.

ACEA C4: Viszkozitástabil, kifejezetten alacsony hamutartalmú motorolajok részecskeszűrővel és hármaskatalizátorral ellátott személygépkocsi és könnyű haszongépjármű motorokhoz. Az e kategóriába tartozó termékek HTHS viszkozitása 3,5 mPas-nál nagyobb. Megnövelik a részecskeszűrő és a katalizátor élettartamát.

Figyelmeztetés: ezek az olajok bizonyos motorokban nem alkalmazhatók. Ilyen esetben a gépkönyvi és gyártói előírásokat be kell tartani.

ACEA „Ex” □ kategória: motorolajok dízel üzemű haszongépjárművekhez

ACEA E9: Alacsony szulfáthamú tartalmú, az API CJ-4 kémiai határértékeit és motorfékpad tesztjeire épülő teljesítményszint (Cummins ISM, Mack T12 és T11 fékpadok), kiegészítve európai fékpad teszttekkel: OM 501LA, OM 646 fékpadokkal, valamint turbófeltöltő lerakódástesztel. Az európai gyártók közül egyelőre a Scania és az MAN mutat érdeklődést az új motorolaj kategória irányát, a többiek egyelőre nem tervezik a bevezetését.

ACEA E7: Viszkozitástabil, öregedésálló motorolajok igen hatásos dugattyú-tisztító képességgel és furattükrösödés elleni védőhatással. Kiváló kopásvédelmet biztosítanak és megakadályozzák a turbófeltöltőben a lerakódások képződését; koromkezelő képességük kiemelkedő. Nagyteljesítményű, Euro 1, 2, 3 és 4 emissziós kategóriába tartozó dízelmotorokhoz ajánlott, különösen nehéz üzemi körülményekre, pl. [hosszú olajcsere-periódus](#)ra, a gépkönyvi előírások betartása mellett. Részecskeszűrő nélküli dízelmotorokhoz ajánlott, valamint a legtöbb kipufogógáz-visszavezetési (EGR), valamint szelektív NOx katalizátoros motorhoz is. Mindazonáltal, a motorgyártók ajánlásait, a kezelési utasításokat és a márkaszervizek ajánlásait figyelembe kell venni, ha kétségek merülnek fel a megfelelő motorolaj kiválasztásakor.

ACEA E6: Alacsony szulfáthamú, foszfor és kéntartalmú, ún. „low SAPS” □, viszkozitástabil, öregedésálló motorolajok, amelyek kitűnő dugattyútisztaságot, kopásvédelmet és furattükrösödés elleni védelmet biztosítanak. Nagyteljesítményű, Euro 1, 2, 3 és 4 emissziós kategóriába tartozó dízelmotorokhoz ajánlott, különösen nehéz üzemi körülményekre, pl. [hosszú olajcsere-periódus](#)ra, a gépkönyvi előírások betartása mellett. Alkalmazható kipufogógáz-visszavezetési (EGR) motorokhoz, amelyek részecskeszűrővel felszereltek vagy anélkül üzemelnek, valamint szelektív NOx katalizátoros motorokhoz is (SCR). Az E6 specifikációjú motorolajok kifejezetten részecskeszűrős motorokhoz ajánlottak, amelyeket alacsony kéntartalmú (max. 50 ppm) dízel gázolajjal üzemeltetnek. Mindazonáltal, a motor gyártók ajánlásait, a kezelési utasításokat és a márkaszervizek ajánlásait figyelembe kell venni, ha kétségek merülnek fel a megfelelő motorolaj kiválasztásakor.

ACEA E4: Viszkozitásstabil, öregedésálló motorolajok, amelyek kitűnő dugattyútisztaságot, kopásvédelmet és furattükrösödés elleni védelmet biztosítanak. Nagyteljesítményű, Euro 1, 2, 3 és 4 emissziós kategóriába tartozó dízelmotorokhoz ajánlott, különösen nehéz üzemi körülményekre, pl. [hosszú olajcsere-periódusra](#), a gépkönyvi előírások betartása mellett. Alkalmazható néhány, kipufogógáz-visszavezetéses (EGR) motorhoz, részecskeszűrővel és anélkül, valamint néhány, szelektív katalizátoros (SCR) motorhoz is.

ACEA E2: Általános célú motorolajok szívó- és turbófeltöltött dízelmotorokhoz, közepestől nehéz igénybevételig, átlagos olajcsere periódusra.

NORMÁL SAPS TARTALOM				ALACSONY ÉS KÖZEPES SAPS TARTALOM Részecskeszűrővel és katalizátorral szerelt autókhoz				
ACEA	A3/B3	A3/B4	A5/B5	C1	C2	C3	C4	C5
GYÁRTÓI TELJESÍTMÉNYSZINT SPECIFIKÁCIÓ SZERINT	VW 501.01/505.00	VW 508.88/509.99	Mercedes Benz MB 229.6	Ford M2C934-B	BMW Longlife-12 FE	VW 504.00/507.00	Mercedes Benz MB 226.51	VW 508.00/509.00
	Mercedes Benz MB 229.1	VW 502.00/505.00	BMW Longlife-01 FE	STJLR.03.5005 STJLR.03.5007	Volvo VCC RBSO-2AE	MB 229.31 MB 229.51/52	Renault RN 0720	Mercedes Benz MB 229.71
	Porsche A40	Mercedes Benz MB 229.3/5 MB 226.5	Renault RN 0700	PSA B71 2296	Fiat S1, GS1, DS1	Porsche A40, C30		Porsche C20
	Fiat G1, G2, D2	BMW Longlife-01	Ford M2C913-C M2C913-D		Ford M2C948-B M2C950-A	BMW Longlife-04		
	PSA B71 2294	Renault RN 0700 RN 0710	Volvo VCC95200377		PSA B71 2290 PSA B71 2312	Fiat S2, S3, GH2, T2		
		Fiat H2, M2, N2, Z2	STJLR.03.5003			GM dexos2		
		PSA B71 2296 PSA B71 2300	PSA B71 2296			PSA B71 2297		

Forrás: bardiauto.hu

9. ábra az ACEA és a gyártói jelölések összehasonlítása

A megfelelő motorolaj kiválasztása az egyre összetettebb befecskendező és katalizátor-rendszereknek köszönhetően egyre nagyobb felelősséget jelent. Egyre szigorúbban be kell tartani, hogy a gyártói ajánlással **A Z O N O S**:

1. Viszkozitású
2. Teljesítményszintű és tisztaságú motorolajat alkalmazzunk.

Az optimális alapolaj és adalékanyag-koncentrátum összeállítása hosszú kutató-fejlesztőmunka eredménye. A járműtulajdonos által utólagosan az olajba öntött további adalékanyagok a gondosan megtervezett összetétel megváltozásával jár. A "házi" utókezeléssel az olajba juttatott anyagok reakcióba léphetnek a bázisként szolgáló olajjal, annak adalékaival, ezáltal lerakódásokat, bevonatokat, viszkozitásmódosulást, teljesítőképesség-csökkenést okozva. *Ezért minden körülmény között kerüljük az olajok utólagos adalékolását!*[4]

3.4. HAJTÓMŰOLAJOK

Hajtómű fajták:

Kapcsolás szerint:

Kézi kapcsolású hajtóművek

Automatikus hajtóművek

Tengelyhajtások szerint:

Homlokfogaskerekes hajtás,

Kúpfogaskerék-hajtás,

Csigahajtás,

Hipoidhajtás

Hajtóműolajokkal szembeni követelmények

súrlódáscsökkentés,

kopáscsökkentés

hőelvezetés,

zaj, rezgéscsökkentés

korrózió megakadályozása

A korszerű hajtóműveket az egyre nagyobb átviteli teljesítmény jellemzi (nagy felületi nyomás, extrem pressure - EP), aminek kísérő jelensége a nagy hőmérséklet. Mindezek miatt még nagy kenőolaj-viszkozitás esetén sem tud hordképes kenőfilm, hidrodinamikai kenés kialakulni (pl. hipoid fogazás). Ilyen igénybevételek mellett az ún. EP-adalékolású olajok alkalmasak a hajtóművek kenésére.

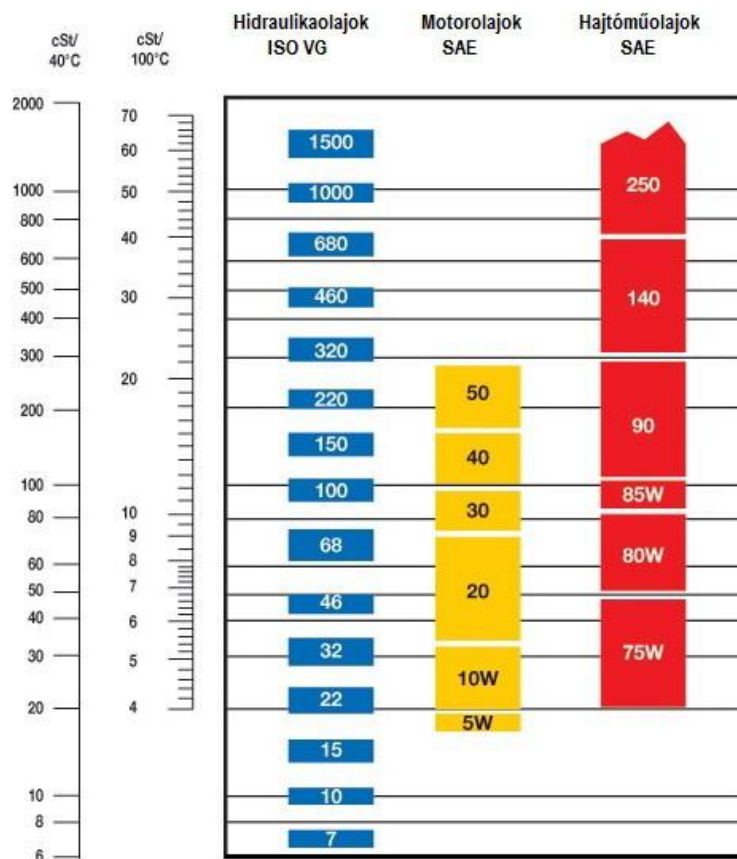
Hajtóműolaj-tulajdonságok:

- kopásgátló tulajdonság (olajfilm szilárdság, jó kenés, EP hatás),
- optimális folyási tulajdonság (kis hőmérsékletnél minél kisebb, nagy hőmérsékleten megfelelő hordképes filmet biztosító viszkozitás, elegendően alacsony folyáspont),
- korróziógátló tulajdonság (átmeneti korrózió, korróziós kopás),
- összeférhetőség a tömítőanyagokkal,
- időtállóság (öregedés, oxidáció stabilitás, mechanikai stabilitás).

A hajtóműolajok viszkozitása **nem variálható olyan szabadon mint a motorolajoké**, mert közvetlenül befolyásolja a váltás nehézségét. A szintetikus és félszintetikus hajtóműolajok általában 75W90-es viszkozitásúak, míg az ásványiakra inkább a 80W90-es jellemző. Általában speciálisabb követelményeket teljesítenek a 75W80-as, a 85W140-es, a 80W-s és a 90-es hajtóműolajok.

3.4.1. Hajóműolajok viszkozitási osztályozása (SAE J 300 szerint)
(táblázat) SAE 70W, 75W, 80W, 85W, 90, 140, 250.

	-	-	-	-	-	-		5	1	1	2	2	3	3	4	4	50	
hőmérséklet	3 5	3 0	2 5	2 0	1 5	1 0	0 5	0	0	5	0	5	0	5	0	5		
			HAJTÓMŰOLAJOK															
	SAE 75 W																	
TÉLI			SAE 80 W															
						SAE 85 W												
TÉLI-	SAE 75 W - 90																	
NYÁRI			SAE 80 W - 90															
						SAE 85 W - 140												
NYÁRI										SAE 90								
										SAE 140								



9. ábra a különböző olajok viszkozitás szerinti összehasonlítása

3.4.2. Hajtóműolajok teljesítményszint szerinti osztályozása

Az API-besorolás szerint öt csoportot különböztetnek meg:

GL 1; GL 2; GL 3; GL 4; GL 5; (GL - Gear Lubricant).

A számok emelkedő sorrendben egyre magasabb szintű kopás és berágódás elleni védelmet nyújtó hajtóműolajokat jelentenek. A GL 1-es kopásgátló adalékot nem tartalmaz, alárendeltebb szerepet játszik, korszerűtlen. A GL 5-ös nagy mennyiségű EP adalékot tartalmaz, alkalmas nagy tengelyeltolású hipoid hajtóművek kenésére is.

A hajtóműolajok esetében is nagy jelentősége van a gépgyártói előírásoknak (pl. ZF, Voith, Allison, Mercedes-Benz stb.), különösen a garanciális időszakban az adott gépgyártó jóváhagyásával is rendelkező olajtípust célszerű alkalmazni.

API jelölés	Üzemelési körülmények
GL - 3	Kézi működtetésű sebességváltók és nem hipoid fogazatú fogaskerék hajtóművek, szigorú igénybevételi körülmények. Enyhe EP-hatású kenőolajok.
GL - 4	Hipoid fogazatú hajtóművek nagy fordulatszám és kis terhelés, valamint kis fordulatszám és nagy terhelés esetén. EP-hatású kenőolajok.
GL - 5	Hipoid fogazatú hajtóművek kis fordulatszám és nagy terhelés, nagy fordulatszám és kis terhelés valamint nagy fordulatszám mellett lökésszerű terhelés esetén. Nagy EP-hatású kenőolajok.
GL-5 LS	Hasonló, mint a GL-5 de korlátozott csúszást tesz lehetővé pl.a beépített tengelykapcsoló lamellák, vagy az önzáró differenciálművek alkatrészei között
GL-6	A GL-5-nél nagyobb EP-hatású, nagyobb fordulatszám és terhelés elviselésére alkalmas, kereskedelemben még ritkán elérhető

3.4.3. Automata nyomatékvtó olajok

Az automataváltó-olajok talán a legkomplexebb közlekedési olajok. Feladatai közé tartozik a forgatónyomaték átvitele a motortól a mechanikus áttételek behajtótengelyéhez, a fogaskerekek, csapágyak és az olajfürdős kuplungok kenése, a lemezes kuplungok és fékszalagok zárása / nyitása, valamint a sebességváltó hűtése. Hogy ezen feladatoknak meg tudjanak felelni, fontos a hidegben is alacsony viszkozitás, a nyírásstabilitás, az oxidációs stabilitás, a tömítés-kompatibilitás, a jó kenőképesség, valamint az alacsony habzási mutató.

Az olaj hőmérséklete gyakorolja a legnagyobb hatást az automataváltó-olajok várható élettartamára. A tartósan magas hőmérséklet nagyon hamar tönkreteszi az ATF olajokat, mert gyorsítja az oxidációjukat. A normális tartomány 80 °C és 95 °C között van. Ideiglenesen is csak maximum 135 °C a megengedett, 150 °C fölött pedig vissza kell venni a motor teljesítményét, a váltóolaj károsodásának megelőzéséhez. Hogy a hőmérséklet mennyire befolyásolja az olaj élettartamát, jó példa, hogy 80 °C-on akár 165 ezer km is lehet az olajcsere-periódus, 135 °C-on viszont már csak 5 ezer km.

Az ATF olajat, mindig az automataváltó-gyártójának előírásai szerint kell megválasztani. A nem megfelelő ATF kapcsolási problémákat, rángatást és csúszást okozhat, valamint csökkenhet a váltó élettartama. Fontos odafigyelni az olajszintre is: sem a túl kevés, sem a túl sok nem jó.

Külön kategóriát képviselnek az ún. duplakuplungos (DCT = Dual Clutch Transmission) váltók. Ilyenre példa a Volkswagen DSG váltója. Ezeknek a komfortos, takarékos váltóknak az a működési elve, hogy az egyik váltó a páros, a másik a

páratlan fokozatokat kezel. Nagyon gyorsan váltanak, mindössze ezredmásodpercek alatt, és ennek köszönhetően jó üzemanyag-takarékosságot tudnak felmutatni. Speciális olajat igényelnek, és mivel ahány gyártó annyi féle DCT, ezért nem tehetjük az egyik gyártó DCT-jébe való olajat egy másikéba, hacsak nem ugyanaz a típus van hozzá előírva.

Szintén speciális kategóriát képeznek az ún fokozatmentes automata-váltók (CVT = Continuously Variable Transmission). Az olajjal szembeni legnagyobb kihívás a különböző súrlódó elempárok közötti elvárt súrlódási karakterisztika biztosítása. Itt is nagyon fontos a gyártói előírások betartása.

Itt az olaj egyszerre ken, hűt és hidraulikus folyadékként is működik. Ezeknek a követelményeknek az ún. **ATF olajok** felelnek meg, amelyek általában a szerint vannak osztályozva, hogy melyik GM szabványnak felelnek meg. Legjellemzőbbek a GM Dexron IID és a GM Dexron III, de terjedőben van a GM Dexron VI is.

Tulajdonságok:

- Kis viszkozitás (minél kisebb veszteségek miatt),
- nagyon nagy viszkozitási index (széles üzemi hőmérséklet-tartomány miatt),
- igen alacsony dermedéspont (alacsony hőmérsékleten is működőképes legyen a vezérlés)
- csekély habzási hajlam

[Hidraulikus kormányszervo olajok](#)

Általában az automataváltó olajok (ATF-ek) használatosak.

3.5. HIDRAULIKA OLAJOK

Hidraulika rendszerek:

- hidrosztatikus - a folyadék nyomási energiáját alakítják át mechanikai energiává,
- hirodinamikus - a folyadék mozgási energiája alakul át a turbinában mechanikai energiává.

Hidraulikaolajok összetétele:

- ásványolajfinomítványok és adalékok,
- szintetikus olajok,
- biológiailag lebontható speciális olaj,
- növényolaj.

3.5.1. ISO - viszkozitási osztályok

A hidraulika olajokat (munkafolyadékokat) viszkozitásuk alapján is osztályozzák. Viskozitási osztályba sorolást az ISO 3448 szabvány tartalmazza, jelölése ISO VG 2-től.....ISO VG 1500-ig , ahol a számérték a 40 C fokhoz tartozó kinematikai viszkozitás középértéket jelöli.

Az alkalmazott hidraulika olaj kiválasztásánál, a konstrukciós és működési tartomány kritériumain túl az éghajlati viszonyokat is figyelembe kell venni.

Magyarországon legnagyobb mennyiségben az ISO VG 32 és az ISO VG 46 viszkozitási osztályba sorolt hidraulika olajokat használják, de más ettől eltérő viszkozitási fokozat használata is indokolt lehet.

3.5.2. Hidraulika olajok jelölései és felhasználási területei

Hidraulika olajok teljesítményszint szerinti osztályozása ISO 6743/4 és DIN 51524 alapján, melyről az alábbi táblázat ad részletes magyarázatot.

2. táblázat hidraulikaolajok teljesítményszintjei

ISO	DIN	
HH	HH	Adalékolatlan ásványolaj finomítvány
HL	HL	Oxidáció, korróziógátló adalékot tartalmazó termékek
HR	-	Emelt viszkozitási indexű HL termékek
HM	HLP	Kopásgátló, oxidáció- és korróziógátló tulajdonságú
HV	HVLP	Emelt viszkozitási indexű HM termékek
HG	-	Stick-slip gátló tulajdonságú többcélú termékek
-	HLPD	Detergens-diszpergens adalékot tartalmazó termékek
HS	HS	Szintetikus alapú termékek
HETG	HETG	Növényolajalapú környezetkímélő termék
HEPG	HEPG	Poliglikolalapú környezetkímélő termék
HEES	HEES	Szintetikus észteralapú környezetkímélő termék
HFA-E	-	Olaj a vízben emulziók
HFA-S	-	Szintetikus oldatok
HFB	-	Víz az olajban emulziók
HFC	-	Vizes polimer oldatok
HFD	-	Vízmentes szintetikus folyadékok
HFD-R	-	Foszfátészterek
HFD-U	-	Egyéb szintetikus folyadékok (pl. polimerészter)

A hidraulika olaj várható élettartama a rendszer működési hőmérséklet függvénye, a fent említett hőmérséklet tartomány felett a hatásfok és az olaj élettartam felére-harmadára csökken. Általában egy optimálisan összehangolt rendszerben elérhető a 4-6000 üzemóra/töltet, akkor, ha a keringetési szám kellően magas és kielégítő a rendszer szellőztetése is. Sajnos ezt az üzemórát sok esetben túl lépik a gép üzemben tartói, mivel nem figyelnek oda. A hidraulikus gépeket is rendszeresen ellenőrizni kell.

A hidraulika tervezés egy rendkívül kényes műszaki terület, ugyanis a +5 C fokos rendszerhőmérséklet emelkedés, ennek hatására a hidraulika olaj tulajdonságainak megváltozása, 8%-os hatásfok csökkenést, azaz veszteséget jelent.

3.6. KENŐZSÍROK

A kenőzsírok nagy sűrítő hatású, gélképző anyagoknak kenőfolyadékban való diszpergálásával előállított plastikus vagy folyékony anyagok.

Kenőzsírok összetétele:

- Alapolaj (80...95 %)
 - ásványolaj (parafinos, nafténes, aromás)
 - szintetikus olaj (Poli-Alfa-Olefin, észter, polipropilén-glikoléter, szilikon)
 - növényolaj
- Sűrítőszer (3...20 %)
 - szappan
 - egyszerű (Litium, Kalcium, Nátrium, Alumínium, Bárium)
 - vegyes (Kalcium/Litium; Kalcium/Nátrium)
 - szappanmentes
 - komplex (Litium, Kalcium, Nátrium)
 - szervetlen (Bentonit)
 - szerves (Poliuretán, polimerek)
- Adalékok (0...20 %)
 - antioxidáns
 - korrózióvédő
 - EP/AP
 - tapadásnövelő
 - súrlódáscsökkentő
 - szilárd adalék
 - színezőanyag

Kenőzsírok jellemzői:

Konzisztencia

A konzisztenciával egy [külön cikk](#) is foglalkozik majd, ezért itt csak a legfontosabbakat sorolom fel. A konzisztencia a zsír ellenállása a rá ható erővel szemben. Ez a zsír legfontosabb tulajdonsága. A felhasznált alapolaj viszkozitásán és a használt szappan típusán múlik. Az ellenállás mértéke a penetráció. A konzisztencia alapján a zsírokat NLGI osztályokba sorolhatjuk. A közlekedésben a leggyakrabban használt zsír az NLGI 2. Haszongépjárművek központi zsírzóberendezéseiben általában az NLGI 00 zsírok elterjedtek.

Szennyeződések távoltartása

A zsírok igyekeznek a szilárd szennyeződéseket kívül tartani és megvédeni a kenés alatt álló felületet a kopástól. Azonban így is óvni kell a zsírozott felületet a szennyeződésektől, ugyanis túlzott szennyeződés esetén a fordítottja megy végbe:

ha a szennyeződés eljut a kenés alatt álló felületig, akkor a zsír miatt nem tud távozni és kopást okoz.

Cseppenéspont

A zsír hővel szembeni ellenállásának jellemzője. Nem a maximális használati hőmérsékletet, hanem azt a felső határt jelenti, amelyiken még a zsír megőrzi struktúráját. A maximális használati hőmérsékletnek jóval a cseppenéspont alatt kell maradnia. Néhány zsír képes visszanyerni eredeti struktúráját a cseppenésponttól való lehűlés után, mások azonban visszavonhatatlanul tönkremennek.

Nyírásstabilitás

A fizikai erőhatások miatt a zsír konzisztenciája megváltozhat. A nyírásstabilitás jelenti az ilyen változásnak való ellenállás képességét. Tixotróp az a zsír, ami nyomásra lágyul, míg reopektikus az a zsír, amely nyomásra keményedik.

Hőállóság

A nagy hőterhelés jobban károsítja a zsírokat, mint az olajokat. Ez felgyorsult oxidációt, akár karbonizációt okozhat. Más esetben az olaj kifolyhat a zsírból, így az nem tudja kenési feladatát ellátni. A hőállóságot elsősorban a felhasznált szappantípus határozza meg. De a leghőállóbb szappanok esetében már a felhasznált olaj jelenti az új korlátot. Ugyanis az ásványolajok 177 °C körüli hőmérsékletig bírják, e fölött belobbanhatnak, eléghetnek, stb. Tehát egy ásványolaj alapú zsír soha nem fog 177 °C-nál magasabb üzemi hőmérsékletet bírni. Ennél magasabb hőmérséklet tűréséhez szintetikus zsírra van szükség, ami sokkal kevésbé elterjedt, és arányaiban jóval drágább, mint a szintetikus olaj. A közlekedésben nincs szükség ilyen zsírra, de egyes ipari alkalmazásokhoz igen.

Vízállóság

A zsír azon képessége, hogy megőrizze kenőképességét vízzel való érintkezés ellenére is. A nem vízálló zsírral a víz olyan emulziót képezhet, amely miatt az olaj kimosódhat vagy, enyhébb esetben, megváltozik a zsír konzisztenciája. A vízállóságra a felhasznált szappantípus van a legnagyobb befolyással.

Konzisztencia szerinti NLGI (National Lubricating Grease Institut - Nemzetközi Kenőzsír Intézet) osztályozás:

3. táblázat konzisztenciaosztályok

Konzisztencia	A kenőzsír állaga
000	Folyós
00	Folyós
0	Nagyon lágy
1	Lágy
2	Mérsékelten lágy
3	Félfolyékony

4	Félkemény
5	Kemény
6	Nagyon kemény

4. táblázat Fontosabb kenőzsír sűrítők tulajdonságai

A sűrítő típusa	hőmérséklet max °C	mechanikai stabilitás.	vízállóság	olajtartó képesség
Alumínium-szappan	60	gyenge	jó	jó
Kalcium-szappan	60	közepes	jó	jó
Nátrium-szappan	120	közepes	gyenge	közepes
Lítium-szappan	120	jó	jó	jó
Kalcium-komplex sz.	150-200	gyenge	jó	jó
Alumínium-komplex	140-170	jó	kitűnő	jó
Lítium-komplex sz.	150-200	jó	jó	jó
Poliutetán	180	jó	jó	jó
Organofil bentonit	200-220	közepes	jó	jó

Az olajkiválást felhasználás előtt célszerű leönteni, a zsírba való visszakeverése nem ajánlott!

Zsírzás, zsírzási rendszerek:

- felkenés kézzel - spatula, ecset, kefe segítségével,
- bemártás - lágyzsíroknál,
- zsírzóprésekkel, zsírzópuskákkal,
- Központi zsírzórendszer - amely egy tartályból szivattyúval nagy számú kenési hely, adagolt, tervszerű zsírzását oldja meg csővezetéken át.
- programozott kenőanyagadagolóval 1, 3, 6, 12, 24 (hónapos).

A kenőzsírok egymással való keveredését kerülni kell. Zsír váltásakor a kenési helyet tisztára kell mosni.

3.7. SZILÁRD KENŐANYAGOK

A szilárd kenőanyagok optimális felhasználási feltétele, ha kis sebességű vagy kis terhelésű, kis hézaggal illesztett csúszófelületek között összefüggő kenőfilm és rendkívül kis súrlódási ellenállás a követelmény. A leggyakoribb szilárd kenőanyagok:

Lemezes szilárd anyagok:

MoS ₂	t _{max} , °C:	350-400
WS ₂		400
Grafit		500
TaS ₂		500
CaF ₂		1000

Polimerek:

FEP	210
PTECE	250
PTFE	275
Nylon	150
Poliuretánok	100

Egyéb anyagok:

Lágy fémek: Pb, Au, Ag, Sn, In.

Oxidok: MoO₃, PbO/SiO₂, B₂O₃/PbS

(csak nagy hőmérsékleten fejtik ki hatásukat).

Sók: Na₂WO₄, PbMoO₄.

Szilárd anyagok alkalmazása diszperzióban:

A grafit-, MoS₂- és PTFE-diszperziók széles körben használhatók vízben, alkoholban, toluolban, olajban, stb.

Kenőanyagok és kenési célok	Felhasználási terület
Adalékolt olajokhoz és zsírokhoz	A kenőolajok teljesítményének javítása, nagy terhelésű kapcsolatok kenése, szerelőpaszták, acélsodronykötelek és láncok kenése, stb.
Tapadást gátló komponens	öntödei formák, kidobó készülékek, vágók, lyukasztók, sajtolók kenése, örlőkerekek impregnálása
Berágódásgátlók	nagy hőmérsékletű menetek, fémmegmunk.

3.8. A kenőanyagok kiválasztása

A kenőanyagok kiválasztásakor mindig a gépgyártói ajánlatból kell kiindulni. Ha nincs gyári ajánlat vagy az előírásban bármi is gyanús, akkor a kenési hely elemzése alapján választjuk ki a szükséges kenőanyagot.

A kenőanyag kiválasztás irányelvei:

- általános elvek alapján (előkiválasztás),
- konkrét módszerrel (végső kiválasztás).

A kenőanyagok kiválasztásának általános elvei

- Kenési cél meghatározása
- Kenési hely elemzése: a gépelem típusa,
anyagpárosítás,
terhelési viszonyok,
mikro környezet,
makro környezet.
- Kenőanyag elemzése: viszkozitás szerint,
teljesítmény szerint,

alkalmazástechnikai jellemzők szerint.

A kenőanyag kiválasztás konkrét módszere

A kenőanyagok 2. táblázat csoportosítása szerint a konkrét gépelem, gépesség, agregát ill. gyártó sor elemzése alapján választjuk ki a konkrét kenőanyagot.

Pl.: "C" hajtóműolajat választunk egy konkrét hajtáshoz.

Elemezzük: — a hajtás típusát,

— az igénybevételek nagyságát és időbeli változásukat,

— a működési viselkedést és követelményeket,

— üzemi feltételeket,

— működési körülményeket.

3.9. Kenőanyagok fáradása

A kenőanyagok használati értékének csökkenését fáradásnak nevezzük. A kenőanyagok fáradásának (értékcsökkenésének) okai három csoportba sorolhatók:

- a kenőanyagok belső változásai,
- a kenőanyagok külső szennyeződése,
- az adalékok hatékonyságának csökkenése.

A kenőanyagok belső változásai

A kőolajból készült alapolajok szénhidrogénekből állnak, így elsősorban szénből és hidrogéből épülnek fel a kenőolajok. Tartalmaznak 2, 3 és 4 szénatomos, normálhőmérsékleten gáz halmazállapotú, 5 szénatomtól felfelé folyékony szénhidrogéneket és 20-nál több szénatomot tartalmazó, nagyrészt szilárd paraffin-szénhidrogéneket. A nyers kőolajban a szénhidrogéneken kívül kisebb mennyiségben előfordulnak nitrogén (N), kén (S) és oxigén (O) tartalmú szerves vegyületek is. A kőolajokban előforduló szénhidrogén-vegyületek lehetséges száma igen nagy (bizonyos szerzők szerint meghaladja a 40 000-et). A nagyszámú szénhidrogén miatt a jellegzetes csoportokból felépülő kőolaj-csoportokat különböztetünk meg.

- Paraffinos-szénhidrogének,
- Naftán-szénhidrogének,
- Aromás-szénhidrogének.

Üzem közben a kenőolajok sokféle hatásnak vannak kitéve. Ezek:

- nagy hőmérséklet (a környezettől vagy a géptől),
- a levegőből származó oxigén,
- az üzemanyagból származó égéstermék,
- különféle külső környezeti kémiai hatások,
- igen kis hőmérséklet (téli indítás vagy üzemeltetés)

E hatások jelentős része megváltoztatja a kenőolaj tulajdonságait. Adott használati idő után az olaj kenésre alkalmatlan lesz és cseréje szükségessé válik. A kenőolajra hatnak a bekerülő vagy a benne keletkező szennyezések is. Ilyenek:

- savas anyagok,
- korom,
- üledékek,
- víz (nedvesség), üzemanyag, stb.,
- fémkopadék,
- por,
- mikroorganizmusok, stb.

A szennyezések egy része az olajban működés közben keletkezik, más részük kívülről kerül az olajba. Bármilyen eredetű a szennyezés, felhalmozódása az olaj fő tömegének minőségváltozása nélkül is az olaj használati értékét csökkenti és szintén szükségessé teszi az olajcserét. Az olaj használhatatlanná válását az adalék elhasználódása is előidézheti.

Mindezek együttesen az olaj fáradását eredményezik. Az adalékban kimerült, alapolajában elváltozott és felhalmozott szennyeződések tartalmazó használt olajat fáradt olajnak nevezzük. Az olaj fáradása nem csak anyagvesztést okoz, hanem gyakran lehetetlenné teszi a gép vagy a motor biztonságos üzemét és így károkat is okozhat jelenlétével.

A kenőolajkenés közben a mechanikai igénybevételen kívül helyi túlmelegedésnek is ki van téve, amilyen, pl. az ütköző csúcsok hővillanása közbeni hőhatás, amely a bázisolaj hőbomlására vezet. Az egész olajra kiterjedő melegedés gyorsítja a reakciók végbemenetelét.

Csaknem minden kenési helyen levegő is jelen van. A levegő oxigénje és a nagy hőmérséklet együttesen a szénhidrogének, tehát a bázisolaj oxidációját okozza. Ezt az oxidációt a kent fémfelületek, továbbá egyes oldott és szuszpendált anyagok katalikus hatása siettetetheti, másrészt az olajban lévő természetes vagy mesterséges, nem szénhidrogén jellegű vegyületek — inhibitorok — késleltethetik

Az oxidációs és hőbomlási folyamatok legfontosabb mellék reakciója a képződött közbenső termékek polimerizációja, ill. kondenzálódása. Mai ismereteink szerint ezek a legfontosabb tényezők, amelyek közvetlenül a bázisolaj kémiai fáradására vezetnek.

Az olaj oxidációjának termékei a következők, amelyek részben inert-, részben káros anyagok.

Gáznemű termékek:

- CO_2 (a gépen belül általában ártalmatlan),
- CO (a gépen belül ártalmatlan, a környezetet mérgezi),
- SO_2 (a gépen belül korrózív, a környezetet mérgezi),
- SO_3 és NO_x (a gépen belül igen korrózív, a környezetet mérgezi).

Folyékony termékek:

- illékony szerves savak (HCOOH , CH_3COOH , stb. a gépen belül korrózívak),

- víz (H_2O , a gépen belül kondenzálva korrózív és kopásnövelő, a környezetre ártalmatlan),
- nem illékony szerves savak (zsírsavak, fenolok, szulfosavak) korrózív, koptató hatásúak.

Szilárd termékek

- lakkok (lerakódások),
- korom, kokszt (minden tekintetben káros).

Az olaj oxidációval szembeni ellenálló képességét nagymértékben módosítják az üzemi körülmények, az alapolaj kiválasztása és finomítása, továbbá a kenőolaj adalékolása, ami az olaj élettartamát 10-szeresére, esetleg ennél is hosszabbra növelheti.

Mindezek a hőbomlási és oxidatív folyamatoknak az eredményeképpen a kenőanyag idővel elfárad. A kémiai olajfáradás következményei főleg a következők:

- lerakódások képződése a fémfelületeken és ezzel a hővezető képesség csökkenése,
- iszapok képződése az olajteknőben vagy a központi olajcirkulációs tartályban,
- korrózív vegyületek megjelenése a cirkuláló olajban és ezzel a kenési felületek korróziós megtámadása,
- szilárd lerakódások képződése folytán egyes mozgó gépalkatrészek, pl. a dugattyúgyűrűk mozgásának gátlása, beragadással.

Mivel a fáradt olajok a felsorolt, kenéstechnikai szempontból káros tüneteket okozzák, a fáradási folyamat előrehaladásakor egy adott ponton túl az olaj már nem használható tovább, a kenőrendszert ki kell üríteni, ki kell tisztítani és friss olajjal kell feltölteni.

A különféle összetételű alapolajok ellenálló képessége a fáradási folyamatokkal szemben eltérő. Ezt az ellenálló képességét stabilitásnak nevezzük. A korszerű gépekhez nagy stabilitású olajok szükségesek.

Az oxidáció hatását és a vizsgálati módszerek lényegét a szabványok és kézikönyvek tartalmazzák. A kenőanyagban keletkező belső szennyeződések, a kívülről bekerülő igen kis mennyiségű külső szennyeződésekkel együtt, az adott kenőanyag, adott körülmények között meghatározott élettartamát átlagosan 30 %-al csökkentik. Ezért szükséges szűréssel ezeket a mechanikai szennyeződéseket a kenőolajból folyamatosan eltávolítani, az egyéb káros termékek hatását pedig eliminálni.

A kenőolajok külső idegenanyag-tartalma

A kenőolajok fáradását a kenési rendszerben végbemenő kémiai folyamatokon kívül a környezetből bekerülő és a rendszerben képződő szennyező anyagok is okozzák.

A külső szennyeződések közül az olajfáradásban jelentős a kopadék és a külső por. Ezek eltávolítása nem kémiai, hanem főleg szűrési (levegő- és olajszűrés) kérdés.

Az illékony külső szennyeződések közül fontos a kén- (S) és a nitrogén- (N) szennyezések behatolása a kenőrendszerbe. A kén származhat:

- a környezeti atmoszférából (SO_2 , H_2S),
- a motorhajtó anyag (gázolaj) égéstermégeiből (SO_2 , SO_3),
- igen kis mértékben a kenőanyag és adalékainak bomlásából.

A nitrogén (NO_x formában) általában a levegőből származik és a levegő N_2 -je az égéstérben kötődik meg.

A víz a kenőanyagba a következő forrásokból juthat:

- a környezeti atmoszférából,
- legnagyobb mértékben a motorhajtó anyag égéstermégeiből,
- a hűtővízből,
- a kenőanyag oxidációjának reakciótermégeiből.

Belsőégésű motorokban a kenőanyag fáradását okozó szennyezés lehet a változatlan vagy részlegesen oxidált motorhajtó anyag (benzin, gázolaj), amely viszkozitás csökkenéssel járó "hígulás" elnevezésű jelenséget okozza.

A kenőolajokban leggyakrabban előforduló olaj-szennyeződések a gázok (levegő, földgáz, egyéb gáz, NH_3 , stb.) folyadékok (víz, folyékony agresszív anyagok, gázolaj, benzin, stb., szilárd anyag (üzemanyagkorom, külső szilárd szennyezők, pl. por, kopástermékek).

Az adalékok hatékonyságának csökkenése

Az adalékok kimerülése, élettartama igen nagymértékben függ az adalék jellegétől és a felhasználás körülményeitől. Az adalék egy része fizikai úton fejt ki hatását, ezek hatékonysága a termikus és a mechanikus stabilitásuktól függ.

Az adalékok másik nagy csoportja az ún. "öngyilkos" adalékok, amelyek kémiailag reakcióba lépve fejtik ki kedvező hatásukat. Az adalékok leépülése rendkívül bonyolult fizikai és kémiai folyamatok eredménye, ezért törvényszerűségeit csakis üzemi kísérletekkel lehet indirekt módon meghatározni, amely megállapítások, eredmények csak az adott helyre érvényesek.

3.10. A kenőanyagok ápolása

A kenőanyagok üzemi kezelése, ápolása az adott helyen és működési körülmények között bekövetkező változásokból határozható meg.

Az ápolás célja

Funkció helyreállítás, amely a rendszer idegen anyagok tartalmának leválasztásából ill. a keletkező káros anyagok hatásának eliminálásából áll.

Kenési hely: ahova kézzel vagy mechanikus úton a kenőanyagot oda- vagy bevezetjük.

Beavatkozási hely: a kent rendszer minden olyan külső pontja, amelyen keresztül a berendezés biztonságos működését elősegítő beavatkozás lehetséges, pl. olajállapot ellenőrzés, szűrőtisztítás, olajcsere, nyomásellenőrzés vagy további tevékenység. Utánkenésnél, olajcserénél, stb. a beavatkozási hely $\cong$ a kenési hely.

A kenőanyag ápolást a kenéstechnikai dokumentáció rögzíti.

3.11. Kenéstechnikai dokumentáció

— *Kenési előírás* (útbaigazító): az adott gép összes kenéstechnikai ajánlásait, információit rögzíti és mindig a *gép gyártója* készíti el. A kenéstechnikai útbaigazító része a gép kezelési és karbantartási utasításának.

— *Műszaki adatok*, amelyeket a kenési útbaigazítónak tartalmaznia kell:

- a gép, pl. a szerszámgép kenendő részeit,
- minden beavatkozási pont pontos helyét,
- a beavatkozás menetét (ellenőrzést, utántöltést, tisztítást, kenőanyagcserét, beállítást, stb.),
- az alkalmazandó kenőanyagok pontos megjelölését és a kenőanyagtartály térfogatát,
- gépi órában azt az időtartamot, amelyek a beavatkozási helyeken mint beavatkozások végbe mennek.

3.12. Fáradtolajok vizsgálata

Fáradtolajok fontosabb fizikai és kémiai tulajdonságainak vizsgálata kenőképességük meghatározására (kenőolaj állapotvizsgálat)

Laboratóriumi vizsgálatokkal,

Helyszíni olajellenőrzéssel.

PI. OILCHECK hordozható olajellenőrző

A Kőolaj alapú és szintetikus motorolajok és egyéb közlekedési kenőolajok szennyezettségi szintjét az olaj dielektromos állandójának a friss olajhoz képest mutatott változása alapján jelzi

víztartalom, (szemrevételezés, fröcskölési próba),
infravörös spektroszkópia (oxidáció, nitrásodás, korom, víz-, üzemanyag-, fagyállótartalom, adalékok kimerülése),
nem oldódó anyagok kimutatása (ítatóspapír teszt, centrifugálás, szűrő módszer, termogravimetriás elemzés).

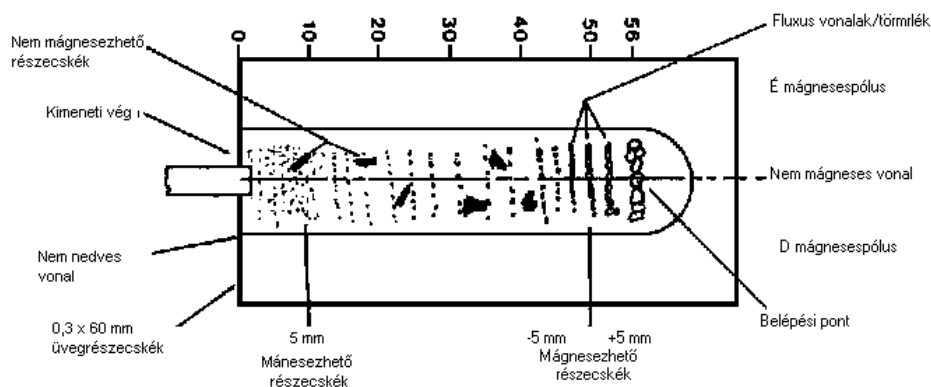
3.13. Ferrográfias laboratóriumi vizsgálat a gépekben lejátszódó kopási folyamat elemzésére, a gépállapot meghatározására.

Gépállapot meghatározása kopási részecskék elemzésével

A kenőanyagban lévő kopástermékek elemzése fontos információkkal szolgál a gép mechanikai állapotára vonatkozóan.

A részecskék elemzése kiterjed:

- a mennyiségre (koncentráció) (kopási trend megfigyelése),
- a méreteloszlásra (megállapítható a kopási mód),
- a morfológiára (alaktanra, kontúr, élek, felületi textúra, szín, méret, vastagság) (minőségi különbségtételre alkalmas),
- az összetétel és az elemi összetevők elemzésére.
- A vizsgálathoz ferrogramokat, vagyis olyan tárgylemezeket készítenek, amelyekre a kopadékok vannak kiülepítve.



10. ábra: Ferrogram [1]

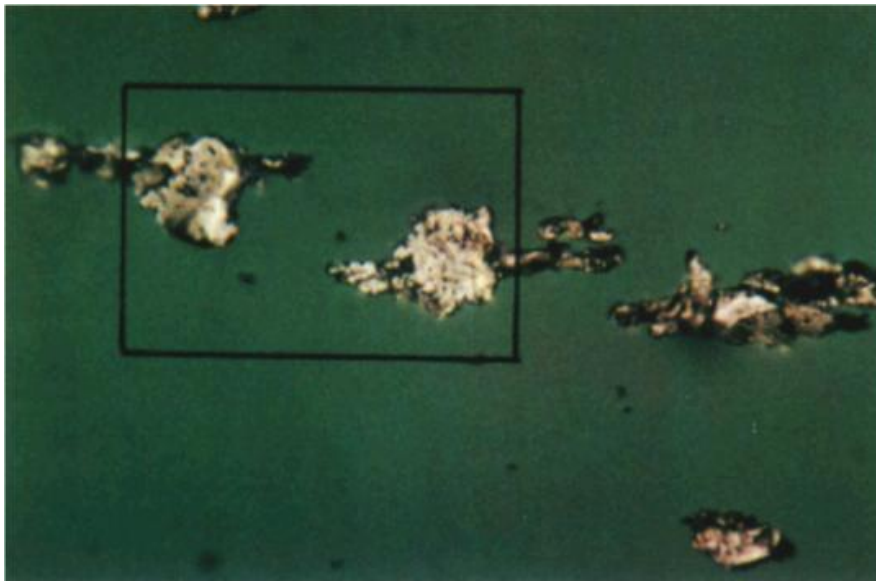
- A preparált mintát rávezetik a dőlt üveglemezre, és hagyják végigfolyni rajta, miközben áthalad a mágneses téren. A kopadékok elrendeződnek az üveglemez mentén úgy, hogy a legnagyobb szemcsék ülednek ki először.
- A ferromágneses anyagok csíkokban állnak össze, amelyek a készülék mágneses erővonalait követik, ahogyan azt az ábra szemlélteti.
- A nem ferromágneses anyagok és szennyeződések véletlenszerű eloszlással haladnak lefelé, ezeket a mágneses mező nem rendezi.

A kopási részecskék elemzése

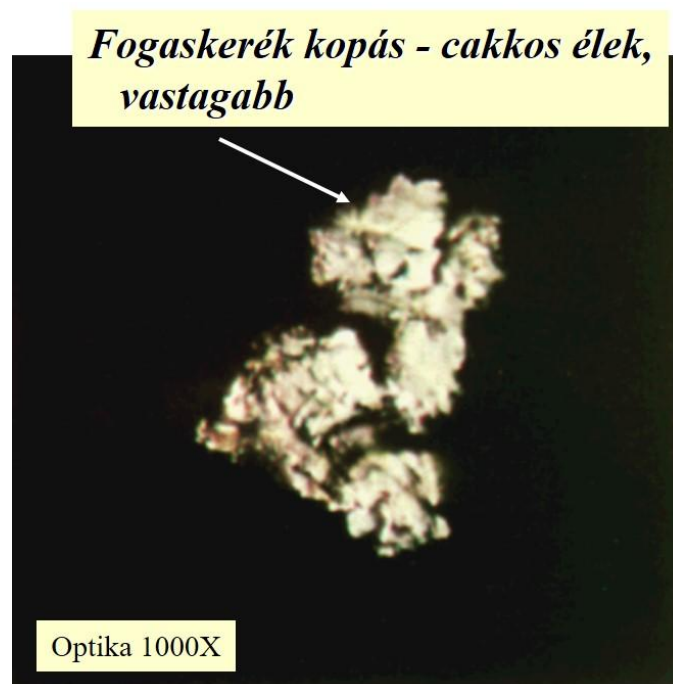
Vastartalmú

- Mágnesezhető - Fe, Fe₃O₄
- Paramágneses - Beágyazott vastartalmú mágneses részecskék
- Nem mágneses - Fe₂O₃, Rozsdamentes acél
- Nem vastartalmú
 - Rézötvözetek, Alumínium, Csapágyfém, Cink, Króm, stb.
- Szennyezők

- Szemét, Piszok, Külső folyamatok, Gyártási törmelék, Szűrőanyagok, Súrlódási polimerek, Szerves anyagok
- Részecskék Forrásai
- Csapágyak
- Fogaskerekek
- Tömítések
- Belső felületek
- Külső részecskék (szennyeződések)
- Vegyi korrózió
- Adalékanyagok degradációja



11. ábra Csapágykopadék ferrogramja 450X nagyításban [1]



12. ábra Fogaskerék kopadék ferrogramja 450X nagyításban [1]

Összefoglalás

Ellenőrző kérdések:

1. *Párosítsa össze az alábbi kenőanyagokat az alkalmazásuk %-os részarányával:*
 - a, Kenőolajok (98%)
 - b, kenőzsírok (1,5%)
 - c, szilárd kenőanyagok(0,4%)
 - d, gázok (0,1%)
2. Melyik molekula NEM az ásványi alapolaj összetevője?
 - a, Poli-alfa-olefin
 - b, Olefin
 - c, paraffin
 - d, naftén
3. Melyik molekula NEM szintetikus alapolaj ?
 - a, paraffin
 - b, poli alfa olefin
 - c, perfluor poliéter
 - d, észter
4. Kb. Mennyire tudják lecsökkenteni a súrlódáscsökkentő (AF) adalékok a nyers alapolajjal elérhető súrlódási tényezőt?
 - a, huszadára
 - b, tizedére
 - c, negyedére
 - d, felére
5. A Detergens-diszpergens adalékok:
 - a, a szennyeződések leválasztására és azok lebegtetésére szolgálnak
 - b, a kopást csökkentik,
 - c, a dermedéspontot csökkentik
 - d, Korróziógátlók
6. Melyik NEM tartozik a motorolaj fő feladatai közé?
 - a, zajcsökkentés
 - b, A lerakódások feloldása, az olaj által átjárt helyek tisztán tartása
 - c, A motor belső részeinek korrózióvédelme
 - d, "tömítés" a henger és dugattyú között (dugattyúgyűrű tartomány)
7. Milyen hidegoldali viszkozitással rendelkező motorolajat választana Skandináv üzemeltetési területre?
 - a, 0W
 - b, 5W
 - c, 10W
 - d, 15W

8. Milyen API teljesítményszintű motorolaj szükséges a korszerű, feltöltött, közvetlen befecskendezéses benzinmotorokhoz? (több jó válasz!)
- a, SL
 - b, SK
 - c, SN
 - d SN plusz
9. Milyen ACEA teljesítményszintű motorolaj szükséges egy korszerű, részecskeszűrős szgk. dízelmotorhoz?
- a, C2-C3
 - b, A4/B5
 - c, S7
 - d, E7-E9
10. A kenőolajból kinyert kopási részecskéket elemző vizsgálat megnevezése:
- a, Ferrográfia
 - b, Ferrometria
 - c, Thermogravimetria
 - d, Metallurgia

Felhasznált irodalom

[1] Dr. Sólyomvári Károly: Kenéstechnika
BME jegyzet 2007.

[2] Dr. Jenei István-Ladányi Gábor: Kenésgazdálkodás
Digitális Tankönyvtár 2013.

[3] Shutterstock.com

[4] www.dp-automotive.hu

[5] www.cartars.blog.hu

4. Fejezet Hibafelvételzés, gépjavítási folyamatok alapjai

Bevezetés: Ez a fejezet a meghibásodásokkal kapcsolatos legfontosabb tudnivalókat tartalmazza, a meghibásodások osztályozását, a hibaokok feltárását. Bemutatja a hibafelvételzés menetét, döntéseit és szükséges dokumentációit. Végül a javítási rendszerek és típusok bemutatása következik.

A gépek használata során, a gondos megelőző karbantartás ellenére is bármikor felléphetnek meghibásodások, melyek a gép részleges, vagy teljes működésképtelenségét okozzák. **Legsúlyosabb az a hiba**, mely teljes funkcióvesztést okoz hosszabb időre, a gép, a gyártósor, vagy a jármű leállítását okozza. Ezt csak beépített tartalék rendszerek, vészrendszerek indításával lehet ellensúlyozni (pl. repüléstechnikában, erőművekben, áramszolgáltatásban). Egy szakszerűen fenntartott rendszerben az ilyen események igen ritkák, azonban soha nem zárható ki az előfordulásuk



1. ábra: Állattartó telep tartalék aggregátora [5]

Második csoportba azok a hibák tartoznak, melyek ugyan teljes leállást okoznak ugyan, de csak rövidebb időre. Egy gyártósort alapul véve, gyakran puffereket alakítanak ki az anyagmozgató rendszerben az egyes gyártóegységek között, melyek a néhány perces, de esetenként akár félórás leállást is tudnak kompenzálni a meghibásodott egység előtt és után, így emiatt nem kell leállni a gyártósornak.

Harmadik csoportba a részleges funkcióvesztést okozó hibák tartoznak, melyek pl csökkentett teljesítményt vagy zajosabb működést okoz ugyan, de elhárításuk várható a következő üzemszünetig.

Negyedik csoportba azok a rendellenességek tartoznak, **melyek az adott pillanatban még nem okoznak** semmilyen problémát, de a következő tervezett karbantartás során ki kell javítani, hogy megelőzzük a tényleges meghibásodást

Ahhoz hogy hatékonyan csökkentsük, vagy megelőzzük a hibákat, a meglévő javítási tapasztalatok alapján ok-okozati összefüggéseket is vizsgálhatunk, feltárhatjuk a meghibásodásig vezető folyamatokat. Azokat visszafelé követve pedig rendszerint megállapítható a kiváltó ok is.

A hibák forrását jól be lehet sorolni az alábbi hibaforrások egyikébe.

-Tervezési hibák:

- Helytelen anyagválasztás
- Helytelen (alul, vagy túl-) méretezés



2. ábra alulméretezett „tuning” féltengely

- Konstrukció helytelen megválasztása

- Gyártási hibák:

- Anyaghiba
- Megmunkálási hiba
- Összeszerelési hiba

- Üzemeltetési hibák

- Nem rendeltetésszerű használat
- Nem megfelelő hajtó és kenőanyagok használata
- Nem megfelelő időben és tartalommal végzett karbantartás
- Természetes elhasználódás



3. ábra. A nem megfelelő időben végzett olajcsere következményei [4]

A javítás végezhető váratlanul bekövetkező meghibásodáskor hibaelhárítás jelleggel, vagy a tervszerű javítás keretében a ciklusrend előírásai szerint, ill. a diagnosztikai vizsgálat alapján a műszaki állapottól függően.

A korszerű, megelőzési céllal végzett javításkor a gépek, ill. a járművek részleges vagy teljes szétszerelése és szerkezeti egységeinek, alkatrészeinek alapos tisztítása után elvégzik azok ellenőrzését, és hibafelvételét. A meghibásodott alkatrészeket javítják, felújítják vagy kicserélik. Az összeszerelést követő beállításokat, beosztásokat, ellenőrzéseket – az ún. funkciópróbákat – gyakran próbapadokon, futáspróbákon végzik. A javítással együtt jár a korrózióvédelem is.

A javítás feladata az üzemképesség, az előírt megbízhatósági szint helyreállítása

A javításnak a ráfordított munkaidőtől függően különböző fajtái lehetnek.

Általánosságban háromfajta javítást különböztetünk meg:

- váratlanul bekövetkező meghibásodás miatti javítás, az ún. sürgősszerű javítás, amelyet meghibásodáskor azonnal elvégeznek és csak a meghibásodott rész helyreállítására vonatkozik.
- az általános javítás, mint tervszerű javítás a gépjármű üzemképességének, ill. megbízhatóságának az eredetihez hasonló szintű visszaállítását jelenti.
- a felújításkor teljes rekonstrukciót végeznek, amely eredményeként az új gép, jármű műszaki színvonalát igyekeznek elérni. A felújítás keretében gyakran korszerűsítést is végeznek.

A hibafelvételezés sokrétű, összetett feladat:

- különböző szintű ellenőrzések előírása,
- minőségi jellemzők meghatározása,
- az ellenőrzés műszaki előírásainak meghatározása,
- információképzés, -áramlás és -feldolgozás megtervezése és megszervezése,
- a szolgáltatott információk elemzése

Feladata a szétszerelt gépegységek alkatrészeinek vizsgálata és minősítése

Döntési változatok:

- javítás nélkül visszaépíthető
- előírt javítási technológia szerint felújítható
- selejtezendő

A hibafelvétel eredményétől függően az alkatrészeket

- megmunkálás nélkül, vagy
- javítás, felújítás után építik be,
- a selejtezett alkatrészek helyett újakat szerelnek be.

A javított, felújított alkatrész élettartama lehetőleg közelítse meg az új alkatrész élettartamát,

Egyes javítási, felújítási technológiákkal az új alkatrészhez képest hosszabb élettartam is biztosítható.

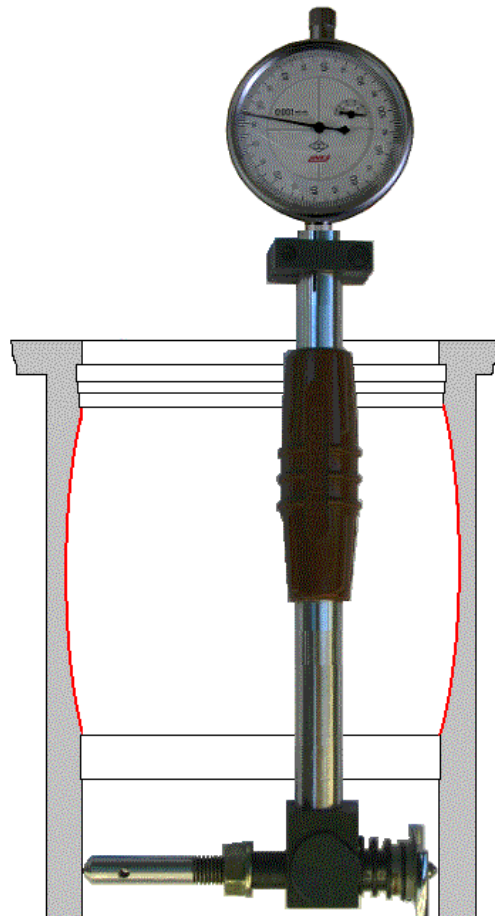
A Hibafelvétel menete:

- Szemrevételezés



4. ábra Szemmel láthatóan sérült, selejt csapágycsésze [4]

- Mérés
 - o Repedésvizsgálat
 - o Geometriai mérések



5. ábra Hengerfurat mérése mérőórás furatmérővel

A hibafelvételezésről jegyzőkönyv készül, melynek tartalmaznia kell:

- az alkatrész azonosítási adatait, főbb jellemzőit (megnevezés, típus, anyag, stb.)
- az alkatrész vázlatos rajzát, megjelölve rajta az ellenőrizendő felületeket
- a meghibásodás lehetséges leírását
- a használandó műszert
- méreteket - névleges, javítás előtt és után
- a javítás módját - hivatkozva a technológiai utasításra

Javíthatóság

A terméknek az a tulajdonsága, hogy a meghibásodások, az előírt üzemeltetési jellemzők helyreállításához szükséges műveletek, az előírt minőségben milyen ráfordítással állíthatók helyre.

A javíthatóságot meghatározza a szerelhetőség, a csereszabotosság, egységesített alkatrészek felhasználása (minél több típushoz használható alkatrész), az alkatrészek felújíthatósága (adott méretlépcsőre való megmunkálási lehetőség, túlméretes alkatrész választék, az igénybevételnek megfelelő felújítási technológiák alkalmazhatósága).

A javítás műveletei: szerelés (szét- és összeszerelés), hibafelvétel, a hibák helyreállítása (javítás, felújítás), korrózióvédelem.

Szerelhetőség szempontjai:

- egyszerű vagy bonyolult ,
- egyetemes vagy különleges szerszámot, készüléket igényel
- alkatrészek egységesítése,
- szabványos elemek alkalmazása,
- alkatrészek számának csökkentése (pl. összevonással),
- egységes kötésfajták alkalmazása, egyszerű rögzítés stb.

Alkatrészek, szerkezeti elemek javíthatóságának, felújíthatóságának szempontjai:

- nem felújítható elem (javításkor cserélendő)
- javítás anyagleválasztással (méretlépcsők),
- javítás képlékeny alakváltoztatással (anyagok tulajdonságai),
- felújítás anyaghozzáadással (egyszerűbb vagy igényesebb felújítási technológiát igényel), stb.

A korrózióvédelem szempontjai:

- bevonat rendszer (fémes, nem fémes),
- festési technológia (festés kézzel, egyszerű eszközzel, szórópisztolyokkal, festőberendezéssel),
- szárítás (levegőn szárítás, szárító fülkében).

Műveletek elvégezhetőségének szempontjai

- hozzáférhetőség,

- erő kifejtés (könnyen végezhető, közepes, vagy nagy erő kifejtés),
- testtartás (állva, normális testhelyzetben, állványon, stb.),
- az elvégzendő műveletek gyakorisága,
- létszám igény, szakértelem (szakmunkás, betanított dolgozó, segéderő),
- eszközszükséglet (nincs szükség; normál felszerelés, szerszám, gép; nagyértékű, bonyolult eszköz, célszerszám, készülék, mérőeszköz),
- a műveletek balesetveszélyessége (darabok súlya, érintésvédelem, stb.)

A javítási típus kiválasztása

A javító iparban az elvégzendő munka jellegének megfelelően – az állandó technológiai fejlesztés ellenére is – nagy az élőmunka aránya. Ezért a gazdaságos javítás egyik feltétele a jól szervezett, az optimális kapacitáskihasználást eredményező javítási folyamat. A megfelelő folyamat kialakításakor figyelembe kell venni a javítandó gépek, járművek típusainak számát és az egy-egy típuson belüli mennyiséget. Ennek függvényében kell eldönteni, hogy alkalmazzuk-e a szakosított javítást, illetve melyik javítási módszer és javítási rendszer a legkedvezőbb.

Szakosított javítás

A javítás szervezettebbé tételét nehezíti az előzőekben említett sokféle típusból adódó kis tömegszerűség, amellyel még jó ideig számolni kell.

Jelenleg gyakori, hogy az üzemeltetők saját maguk javítják gépeiket. Ezt általában azért részesítik előnyben, mert szerintük :

- külső vállalattal végeztetett javítás költsége nagyobb,
 - az átfutási idő hosszabb, következésképpen a zavartalan munkához nagyobb eszközleköltés szükséges,
 - olyan szakemberek végzik a javítást, akik ismerik a vállalat célját, érdekeltek a vállalat eredményes működésében, rendkívüli esetekben a gyors hibaelhárítás érdekében is könnyen elérhetők.
- Ennek a gyakorlatnak a hátrányai :
- a vállalatban belüli gép- és járműpark rendkívül heterogén lehet, ebből eredően többféle típus javításával kell foglalkozniuk egy-egy típusból évente csak néhány darabot javítanak,
 - a dolgozók egy-egy típus jellegzetes hibáit kevésbé ismerhetik meg és az ilyen hibák elhárításában, kijavításában nem lehet olyan gyakorlatuk, mint azoknak, akik állandóan csak egy típusú gépet javítanak,
 - nem biztosítható a megfelelő termelékenység,
 - nincs lehetőség a korszerű gépipari technológiák bevezetésére,
 - nagyobb mennyiségű tartalék alkatrész készletet igényel.



www.shutterstock.com • 1032926107

.6. ábra. Dízel szakműhely tesztpadja [3]

Közel azonos szerkezetű gépek és járművek előre meghatározott rendszer szerint végzett javítási munkáinak koncentrációja a tömegszerűséget növeli. Ezért célszerű a hasonló típusok javítását egy-egy vállalatnál elvégeztetni. Ez az ún. szakosított javítás lehetővé teszi:

- korszerűbb, nagyobb termelékenységet biztosító technológiák bevezetését,
- különleges berendezések, gépek, szerszámok, ellenőrző és mérőműszerek gazdaságos alkalmazását,
- a szakosítással együtt járó begyakorlottság a termelékenység növelése mellett a végzett munka minőségének javítását is biztosítja.

Az így megszervezett nagyobb mennyiségű, közel azonos javítási feladatra érdemes részletes technológiákat kidolgozni és az azzal járó műszaki normát bevezetni.

A fenti előnyök a ráfordított munkaóra és a költségek csökkentését eredményezik. A szakosított javítást különösen a nagyobb mennyiségben üzemeltetett típusoknál célszerű alkalmazni.

A nagy tömegben előforduló alkatrészek, fődarabok gazdaságos javítása központosított formában oldható meg. Ezeknek a javítását országosan egy-két üzemben célszerű megszervezni, ahol megvan a lehetőség a legkorszerűbb technológiai eljárások bevezetésére.

A tömegszerű javítás érdekében a több iparágban is előforduló alkatrészek, fődarabok javítását, felújítását célszerű az egyes ágazatok között egyeztetni.

Javítási típusok

A célszerűen megválasztott javítási típus is kedvezően befolyásolja a javítás gazdaságosságát. Az általában alkalmazott javítási típusok, amelyek a javítandó mennyiségek függvényei, a következők :

- egyedi javítás,
- cserejavítás (alkatrész-, fődarab- és gépcserés javítás).

Az egyedi javításkor a szétszerelt gép illetve jármű saját alkatrészeit javítják meg, újítják fel, vagy újjal kicserélik. A módszer előnye, hogy a gyártáskor előforduló méreteltérések a szétszerelésnél és az esetleges bejáratásnál nem okoznak nehézséget, mivel a saját alkatrész kerül vissza. Ugyanakkor ez a módszer a javítást hosszadalmassá, költségessé teszi, ezért csak a kis darabszámban javítandó gépek és járművek esetében célszerű alkalmazni.

Cserejavításkor a gépek azonos alkatrészeit külön megszervezett folyamatban (mellékfolyamat) javítják meg, illetve újítják fel. Különösen a nagyobb javítási igényű, hosszabb átfutási idejű alkatrészeket célszerű a cserejavításba bevonni. Ebben az esetben a főfolyamatban nagyrészt csak szerelési munkát végeznek, amely jól szervezhető és így csökkenthető a járműjavítás átfutási ideje. A járművek egyes fődarabjainak (motor, sebességváltó, stb.) javítása hosszadalmas és csak jól felszerelt üzemekben lehetséges. Ezeknél a járműveknél a gazdaságos javítás feltétele a fődarabcserés javítás. Ezt először a javítási átfutási idő csökkentésére vezették be.

A fődarabcserés javítás azonban kiterjeszthető az egész fenntartási rendszerre. Figyelembe véve, hogy a járművek egyes fődarabjainak, részegységeinek elhasználódása eltérő, ezért ezekre egymástól független fenntartási ciklusokat lehet kialakítani.

Az egyes fődarabok esedékessé váló javításakor a gép, illetve a jármű csak a csere időtartamára áll le. Ekkor a javítandó fődarabot a már előzőleg megjavított, raktári készleten levő fődarabbal kicserélik.

A módszer előnye, hogy az önálló ciklusok révén lehetővé teszi a fődarabok alkatrészeinek jobb kihasználását, csökkenti a javításban töltött időt. A fődarabcseréket nem szükséges a gép, illetve a jármű nagyjavítása keretében elvégezni, hanem azok az éppen esedékes alacsonyabb rendű időszakos vizsgálat alkalmával is végrehajthatók.

A fődarabok javítását viszont koncentrálni lehet olyan üzemekbe, ahol megvannak a javítás kedvező technológiai és szervezési feltételei. Jól felszerelt, korszerű technológiai berendezésekkel ellátott, jól megszervezett javítóüzemben végzett javítás minősége is jobb.

Az ún. gépcserés javítással a hosszú javítási idejű járműveknél lehet jelentősen csökkenteni az üzemből való kieső időket. Szélesebb körű elterjedésének szervezési és gazdálkodási jellegű akadályai vannak. Elsősorban a nagy és több telephelyű illetve a gépkölcsönző vállalatoknál van jelentősége.

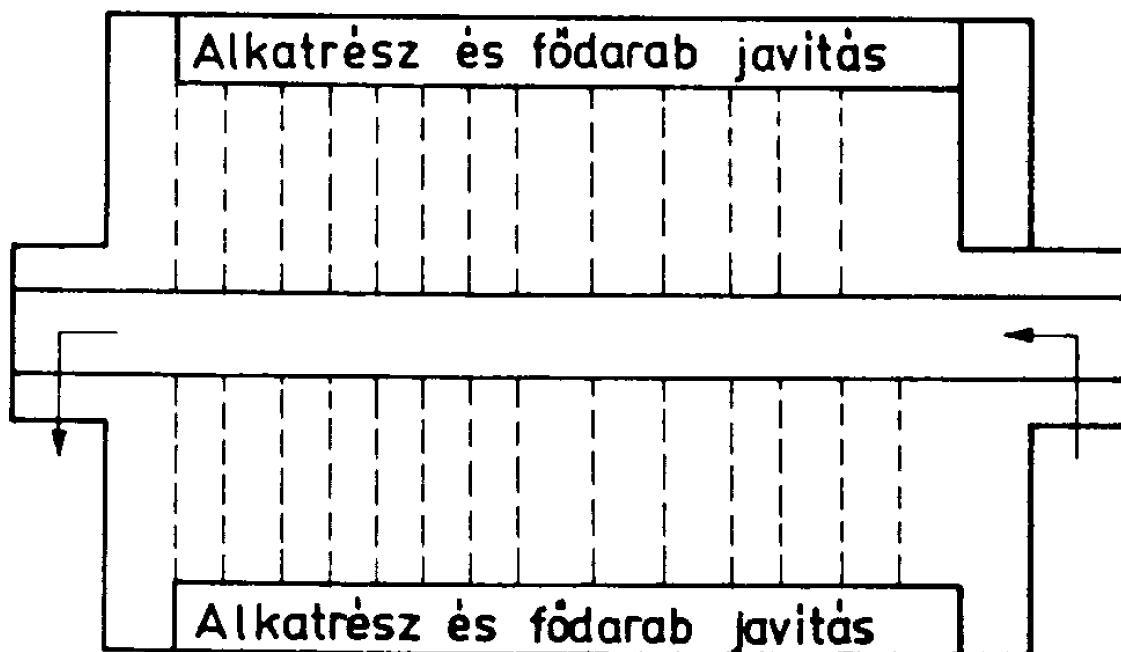
Javítási rendszerek

A javítás technológiai folyamatának kialakítása függ az üzem adottságától, valamint az adott helyen javítandó azonos típusú gépek, járművek mennyiségétől.

Ezek figyelembe vételével alakíthatók ki a legmegfelelőbb javítási rendszerek, amelyek a következők:

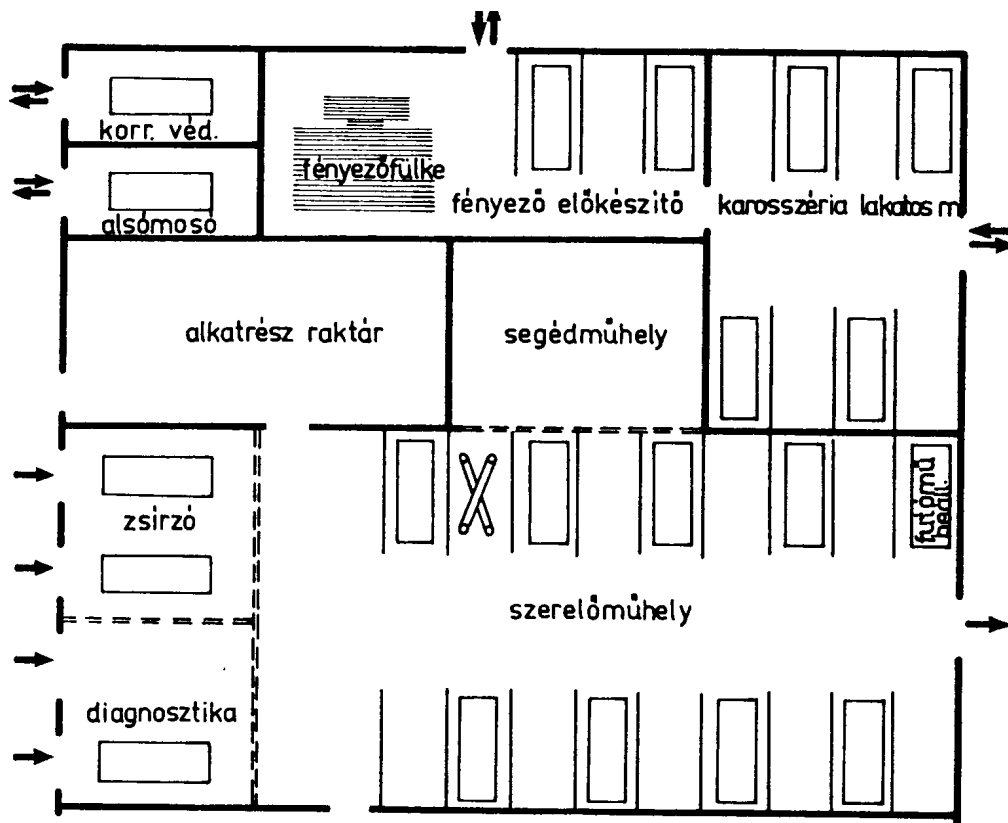
- állóhelyes javítás szakosított munkahely nélkül, vagy szakosított munkahellyel,
- szalagszerű javítás,
- műhelyrendszerű javítás,
- csoportos rendszerű javítás.

Az állóhelyes javítás szakosított munkahely nélkül jellemzője, hogy a járművek a javítás teljes időtartama alatt általában egy álláshelyen tartózkodnak. A javítást gyakran sokoldalúan képzett szakemberekből álló csoport végzi. Ha különböző szakmák munkájára is szükség van, akkor ezek mennek egyik járműtől a másikig, magukkal hordozva a szükséges szerszámokat, készülékeket. A műhely elrendezése olyan, hogy a csarnok hossz tengelyében, középen levő szállítási útvonal két oldalán helyezik el a javító álláshelyeket.



7. ábra. Állóhelyes javítás [1]

Az állóhelyes javítás fejlettebb formája amikor szakosított munkahelyeket alakítanak ki egyes munkafolyamatok gépesítésének lehetővé tételére. Ilyen pl. a járművek felemelésére beépített emelővel ellátott álláshely, egyengető álláshely stb. A javításhoz szükséges olyan gépi berendezéseket, amelyeket a teljes munkaidőben nem tudnak kihasználni, valamennyi álláshelyre gazdaságtalan lenne beépíteni. Ezért csak egyes álláshelyeket látnak el különleges technológiai berendezésekkel. Az álláshelyek telepítése független lehet a technológiai folyamattól. A javítandó jármű viszont a szakosított munkahelyeken a technológiai sorrendben halad végig.



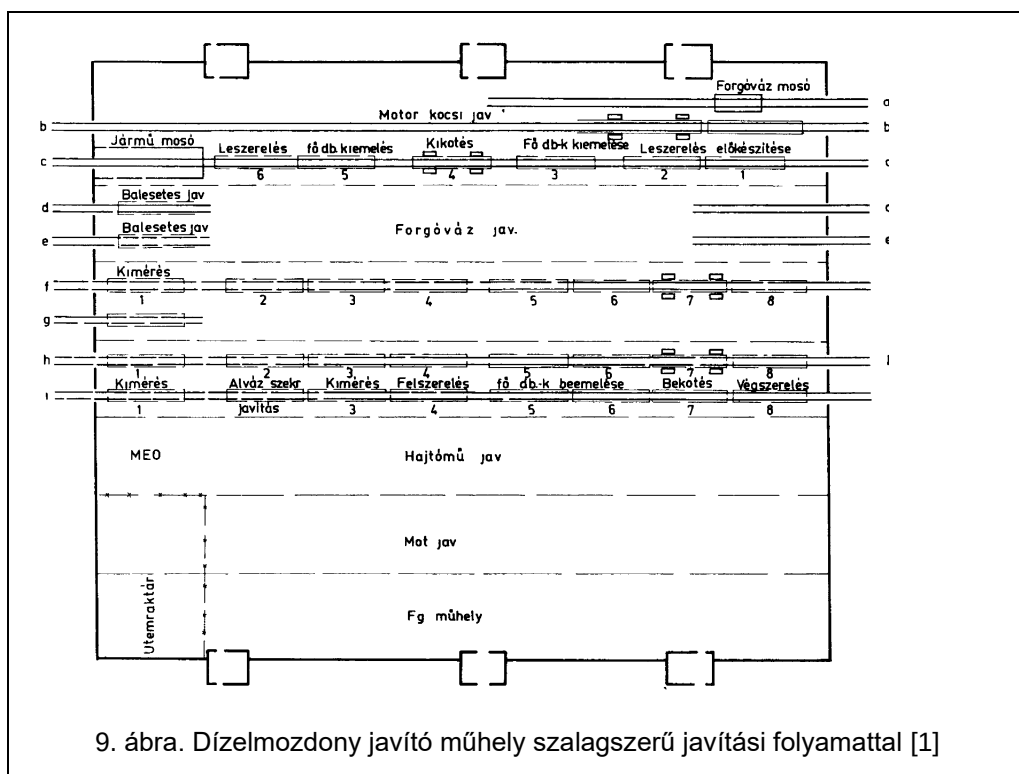
8. ábra. Álláshelyes javítás szakosított álláshelyekkel [1]

Szalagszerű javításkor a szakmánkénti, vagy ütemenkénti munkahelyeket egy, vagy több szerelő útvonalon mintegy kényszerpályán – a javítástechnológia sorrendjében helyezik el. A javítandó járművek, vagy fődarabok a szalagon folyamatosan vagy megfelelő ütemidő szerint, gyakorlatilag megszakítás nélkül haladnak a következő ütemálláshelyre, vagyis műveletről-műveletre. A munkadarabok nem térhetnek vissza többször ugyanarra a munkahelyre.

A munkadarabok haladása lehet:

- Ütemszerű
 - Kötöttütemű
 - Szabadon szabályozott ütemű
 - Folyamatos

Az ütemszerű folyamat jellemzője az ütemidő (álláshely ütem és szalagütem)



9. ábra. Dízelmozdony javító műhely szalagszerű javítási folyamattal [1]

Műhelyrendszerű javítás, *technológiai csoportosítású* rendszer, amikor a azonos vagy hasonló technológiai műveletek elvégzésére alkalmas gépek, munkahelyek helyileg és szervezetenként elkülönülten vannak csoportosítva. Ilyen pl.: a forgácsoló műhely, hegesztő műhely, festő, fényező.

Csoportos rendszerű javítás, mint *tárgyi csoportosítású* rendszer alapja a javítás tárgya (csoporttechnológiai rendszer). Azonos vagy hasonló technológiával készülő alkatrészek, alkatrészcsoporthoz, részegységek, fődarabok javítására szervezett termelői egység. Csoportos rendszerű javítás szervezhető motorok javítására, rugójavításra, fékszerkezet javításra, stb. A csoportos rendszerű termelés jellemzője *a zártsági fok* (berendezésre ill. munkahelyre és a munka tárgyára).

Felhasznált irodalom

- [1] Dr. Sólyomvári Károly: Járműfenntartás BME jegyzet 2007.
- [2] Dr. Szántó Jenő: Karbantartásszervezés és ökonómiája Elektronikus tankönyvtár 2013.
- [3] www.shutterstock.com
- [4] Autótechnika magazin 2012/12
- [5] www.agroinform.hu

Tesztkérdések:

1. Állítsa súlyossági sorrendbe a hibákat következményeik alapján!
 - teljes funkcióvesztés hosszabb időre
 - teljes funkcióvesztés átmenetileg
 - részleges, azonnali funkcióvesztés
 - későbbi hiba kialakulásának veszélye

2. Melyik nem tervezési hiba?
 - anyaghiba
 - Helytelen anyagválasztás
 - Helytelen (alul, vagy túl-) méretezés
 - Konstrukció helytelen megválasztása

3. Melyik NEM Gyártási hiba?
 - Helytelen (alul, vagy túl-) méretezés
 - Anyaghiba
 - Megmunkálási hiba
 - Összeszerelési hiba

4. Melyik hibát NEM az üzemeltetés során követik el?
 - Egyiket sem, hiszen mindegyik üzemeltetési hiba!
 - Nem rendeltetésszerű használat
 - Nem megfelelő hajtó és kenőanyagok használata
 - Nem megfelelő időben és tartalommal végzett karbantartás

5. A javítási folyamat általános műveleteinek helyes sorrendje:
 - Szétszerelés
 - Alakrésztisztítás
 - Hibafelvételezés
 - Összeszerelés
 - Funciópróba

6. A hibafelvételezés műveleteinek helyes sorrendje:
 - az alkatrész azonosítása
 - szemrevételezés
 - repedésvizsgálat
 - geometriai mérések
 - döntéshozatal, jegyzőkönyvkészítés

5. Mi jellemző az egyedi javításra? (két helyes válasz)

- A szétszerelt gép illetve jármű saját alkatrészeit javítják meg, újítják fel, vagy újjal kicserélik.
- A módszer előnye, hogy a gyártáskor előforduló méreteltérések a szétszerelésnél és az esetleges bejáratásnál nem okoznak nehézséget, mivel a saját alkatrész kerül vissza.
- a főfolyamatban nagyrészt csak szerelési munkát végeznek, amely jól szervezhető és így csökkenthető a járműjavítás átfutási ideje.
- Ezt először a javítási átfutási idő csökkentésére vezették be.

6. Mi jellemző a csere javításra? (két helyes válasz)

- a gépek azonos alkatrészeit külön megszervezett folyamatban (mellékfolyamat) javítják meg, illetve újítják fel.
- Különösen a nagyobb javítási igényű, hosszabb átfutási idejű alkatrészeket célszerű bevonni.
- Ez a módszer a javítást hosszadalmassá, költségessé teszi, ezért csak a kis darabszámban javítandó gépek és járművek esetében célszerű alkalmazni.
- Rendszeresen cserélni kell a javítást végző személyzetet.

7. Az állóhelyes javítás jellemzői: (2 helyes válasz)

- a járművek a javítás teljes időtartama alatt általában egy álláshelyen tartózkodnak.
- A javítást gyakran sokoldalúan képzett szakemberekből álló csoport végzi. Ha különböző szakmák munkájára is szükség van, akkor ezek mennek egyik járműtől a másikig, magukkal hordozva a szükséges szerszámokat, készülékeket.
- A munkadarabok nem térhetnek vissza többször ugyanarra a munkahelyre.
- A munkadarabok haladása lehet: kötött ütemű, szabadon szabályozott ütemű, folyamatos

8. A szalagszerű javítás jellemzői: (2 helyes válasz)

- A szakmánkénti, vagy ütemenkénti munkahelyeket egy, vagy több szerelő útvonalon a javítástechnológia sorrendjében helyezik el.
- A javítandó járművek, vagy fődarabok a szalagon folyamatosan vagy megfelelő ütemidő szerint, gyakorlatilag megszakítás nélkül haladnak a következő ütemálláshelyre, vagyis műveletről-műveletre.
- A műhely elrendezése olyan, hogy a csarnok hossz tengelyében, középen levő szállítási útvonal két oldalán helyezik el a javító munkahelyeket.
- szakosított munkahelyeket alakítanak ki egyes munkafolyamatok gépesítésének lehetővé tételére.