



SZÉCHENYI 2020

KARBANTARTÁS ÉS GÉPJAVÍTÁS

Készítette:

Ráthy Istvánné Dr.
Dr. Fazekas Lajos
Gavallér József
Kugyela Péter

Készült: Debreceni Egyetem Műszaki Kar, Debrecen

Terjedelem: 158 oldal (5 ív)

Kézirat lezárva: 2015. augusztus 15.

A tananyag elkészítését a Munkaerő-piaci igényeknek megfelelő, gyakorlatorientált képzések, szolgáltatások a Debreceni Egyetemen Élelmiszeripar, Gépészet, Informatika, Turisztika és Vendéglátás területen (Munkaalapú tudás a Debreceni Egyetem oktatásában) TÁMOP-4.1.1.F-13/1-2013-0004 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Lektor:

Dr. Mankovits Tamás

ISBN: 978-963-473-905-0

1

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFÉKTETÉS A JÖVŐBE



TARTALOMJEGYZÉK

TARTALOMJEGYZÉK	2
TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE	6
ÁBRÁK JEGYZÉKE	7
1. BEVEZETÉS	11
2. AZ ÜZEMFENNTARTÁS ÉS KARBANTARTÁS FONTOSSÁGA	12
2.1 Az üzemfenntartás fogalma, feladata	12
2.2 A karbantartás fogalma, feladata	13
2.3 A karbantartási megoldások, eljárások csoportosítása	14
3. A HAGYOMÁNYOS KARBANTARTÁSI STRATÉGIÁK	16
3.1 Hibáig tartó üzemelés – avagy a Szükség szerinti, hibahely-kiváltó fenntartás, javítás	16
3.2 A Tervszerű Megelőző Karbantartás (TMK)	16
3.3 A Műszaki Diagnosztika Alapú Karbantartás	18
3.4 A Megbízhatóság Központú Karbantartás (RCM)	19
4. KOCKÁZAT ELEMZÉSEN ALAPULÓ KARBANTARTÁS	21
4.1 Kockázat, veszély fogalma [5]	21
4.2 A kockázatelemzés módszerei	22
4.2.1 „Mi van, ha...”; „mi történik, ha.....” módszer	22
4.2.2 Veszélyelemző módszerek lépései	23
4.3 A hibaelemzés módszerei	25
4.3.1 Pareto-elemzés	25
4.3.2 Ok-okozati elemzés (halszálka, Ishikawa)	31
4.3.3 5W+1H módszer	36
4.3.4 Fadiagram	37
4.3.5 FMEA, hibalehetőség és befolyásolás elemzés	39
4.3.6 Hibaelemző módszerek összehasonlítása	41



4.4	A CMMS – Számítógépes Karbantartás Menedzsment Rendszer	42
5.	A „TELJESKÖRŰ HATÉKONY KARBANTARTÁS”A TPM FOGALMA	47
5.1	JIT (Just In Time= éppen időben) egy termelékenység tökéletesítő rendszer	47
5.2	A japán „5 S” a következő:	48
5.3	A TPM öt alappillére	48
5.4	A hat veszteségforrás	49
5.5	AZ OEE mutatószám	50
6.	A LEAN ELVEK	51
6.1	A lean filozófia két fő alapelve:	51
6.2	A veszteség fogalma	52
6.3	A lean rendszer építésének 5 alapvető lépése	53
6.4	Lean szolgáltatások	54
6.5	Kanban rendszer	54
7.	GÉPEK TÖNKREMENTELE, KOPÁSI FOLYAMATOK ÉS KOPÁSOK TÍPUSAI	57
7.1	A károsodások, a tönkremenetel okai	57
7.2	A kopás fajtái	63
7.3	Kifáradás	75
8.	KÖTÉSI TECHNIKÁK-FÉMES ANYAGOK	78
8.1	A hegesztőeljárás kiválasztásának szempontjai	80
8.2	Hegesztés feltételei	81
8.3	A hegesztendő munkadarabok előkészítése	81
8.3.1	A hegesztő élek kialakítása	81
8.4	Alkalmazott hegesztési eljárások	84
8.4.1	Gázhegesztés, kódszám: 311	84
8.4.2	Bevont elektródás kézi ívhegesztés, kódszám: 111	87



8.4.3	Fogyóelektródás semleges védőgázos ívhegesztés MIG-hegesztés (Metál Inert Gas), kódszám:131 (Régi jelölése; AFI)	88
8.4.4	Fogyóelektródás, aktív védőgázos ívhegesztés MAG-hegesztés (Metal-Activ Gas), kódszám: 135 (Régi jelölése: CO2)	89
8.4.5	Volfrámelektródás, semleges védőgázos ívhegesztés (AWI/TIG) (Tungsten Inert Gas)	89
8.4.6	Plazmaív hegesztés (PAW)	91
8.5	Fémek hegeszthetősége	92
9.	NEMFÉMES ANYAGOK KÖTÉSI TECHNIKÁI	94
9.1	A ragasztás elmélete	94
9.2	A ragasztott és rögzítőszeres kötés előnyei, hátrányai	95
9.3	A ragasztott és rögzítőszeres kötések konstrukciós megfontolásai és tervezése	97
9.4	Ragasztott kötések tervezése	98
9.5	A ragasztandó munkadarabokra vonatkozó ismeretek	100
9.6	A fémgrasztás technológiája	101
9.7	Alkalmazási területei a következők	101
10.	A GYAKORLATBAN ALKALMAZOTT KÜLÖNFÉLE FELÚJÍTÁSI TECHNOLÓGIÁK	103
10.1	Gépalkatrészek felújítása termikus szórás (fémszórás) eljárásokkal	103
10.1.1	A termikus szórás (fémszórás) eljárások és jellemző	103
10.1.2	Utóhevítés nélküli lángporszórás (hideg fémporszórás)	105
11.	GÉPEMEK SZERELÉSE, ELLENŐRZÉSE, ESZKÖZEI	114
11.1	Tengelykapcsolók szerelése	114
11.2	Siklócsapágyak szerelése	119
11.3	Gördülőcsapágyak szerelése	120
11.4	Fogaskerekek, csiga és csigakerekek szerelése	123
12.	STRUKTURÁLT PROBLÉMAMEGOLDÁS A GYAKORLATBAN	125
ROBERT BOSCH AUTOMOTIVE STEERING KFT., EGER		125
12.1	Bevezetés – gépmeghibásodások a termelési folyamatokban	125



12.2	Elméleti alapok, felhasznált módszerek, eljárások	125
12.2.1	Pareto-elv	126
12.2.2	Ishikawa diagram	127
12.2.3	Az „5 Miért?” módszere	128
12.2.4	A PDCA elv	128
12.2.5	OEE (Overall Equipment Effectiveness)	128
12.2.6	Vizuálmenedzsment	129
12.3	Eltérések felismerése, a probléma azonosítása	129
12.4	PIPS2 gépprobléma ismertetése	132
12.5	A strukturált problémamegoldás indítása, a csapat összeállítása	136
12.6	Shopfloor 8D folyamat, gyökérok keresés, problémamegoldás	137
12.7	Az eredmények nyomon követése, a hatékonyság mérése, a folyamat lezárása	140
12.8	Befejezés	140
13.	KÖZPONTI HÚTÓ-KENŐ FOLYADÉK ELLÁTÓ RENDSZER (KSS) ÁLTALÁNOS BEMUTATÁSA	142
	ROBERT BOSCH AUTOMOTIVE STEERING KFT., MAKLÁR	142
13.1	Fluid management terület bemutatása, alkalmazása	142
13.1.1	Bevezetés	142
13.1.2	Total Fluid Management	142
13.2	A Központi hűtő-kenő folyadék ellátó rendszer (KSS), mint a fluid management terület része	144
13.3	A KSS bemutatása (gépészet)	146
13.3.1	A KSS rendszer funkciói, általános felépítése	146
13.3.2	A vákuum rendszerű szűrőtartály működése	149
13.3.3	A nyomott rendszerű szűrőtartály működése	150
13.3.4	A Viavent rendszer szerepe	152
13.4	A KSS üzemeltetése	153
13.4.1	Kezelés	153
13.4.2	Karbantartás	154
13.5	A KSS-hez kapcsolódó fluid management vizsgálatok	154
13.5.1	Edző és forgácsoló emulzió ellenőrzése	154
13.5.2	Üregelő- és köszörűolaj ellenőrzése	156
	FELHASZNÁLT SZAKIRODALOM	157



TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

4.1 táblázat: A veszélyelemző módszerek lépései	23
9.1 táblázat: A ragasztott kötésre alkalmas illesztési megoldások	100



ÁBRÁK JEGYZÉKE

2.1 ábra: Az üzemfenntartás területei	12
2.2 ábra: A karbantartás részei	13
2.3 ábra: Az üzemeltetés tero-technológiai rendszere.....	14
2.4 ábra: A karbantartás fejlődése	15
4.1 ábra: Jellegzetes, kedvező lefutású ABC diagram	27
4.2 ábra: Példa Pareto-diagramra	28
4.3 ábra: Gépipari termék selejt okainak ABC eloszlása	30
4.4 ábra: Az 5M-re épülő halszálka diagram általános szerkezete	34
4.5 ábra: Főokok meghatározása egy folyamat fő lépései alapján	34
4.6 ábra: Az 5W+ 1H logika okozati gráfja	36
4.7 ábra: 5W+1H a körülmények tisztázására	37
4.8 ábra: Ok-okozati fadiagram szerkezete egy konkrét gyakorlati esetre	38
4.9 ábra: Fadiagram megvalósíthatóság és eredményesség vizsgálattal.....	39
4.10 ábra: Folyamat FMEA formanyomtatvány fejléce	40
4.11 ábra A CMMS legfontosabb céljai és hatásai	43
5.1 ábra: A TPM felépítésének öt építőköve – japán iskola – és kibővítése.....	49
5.2 ábra: Az OEE elemei	50
6.1 ábra: A Kanban rendszer működése.....	55
7.1 ábra: Az értékcsökkentő hatások.....	57
7.2 ábra: A meghibásodások csoportosítás.....	58
7.3 ábra: Elemi tribológiai rendszer I.....	60
7.4 ábra: Elemi tribológiai rendszer II.	60
7.5 ábra: A felület szerkezete.....	61
7.6 ábra: A kopást meghatározó tényezők	61
7.7 ábra: Viszonylagos elmozdulás módjai	62
7.8 ábra: A súrlódási módok és állapotok.....	62
7.9 ábra: A kopás folyamata.	63
7.10 ábra: A kopás erőssége.....	63
7.11 ábra: Kopásmechanizmusok.....	64
7.12 ábra: A kopás jellegének és nagyságának változása.....	64
7.13 ábra: A kopás alapfolyamatai	65
7.14 ábra: A súrlódás a kenésállapot szerint	65
7.15 ábra: A súrlódás káros hatásának csökkentési lehetőségei.....	66
7.16 ábra: A kopás fajtái	67
7.17 ábra: Az adhéziós kopás folyamata	68
7.18 ábra: Kéttest abrúziós kopása	68
7.19 ábra: Háromtest abrúziós kopása	68
7.20 ábra: A fáradásos kopás előre haladási folyamata (1,2,3).....	69
7.21 ábra: Példák fáradásos kopásra	69
7.22 ábra: A mechano-kémiai kopás súrlódó felületének szerkezete.....	70
7.23 ábra: Az oxidációs kopás folyamata	71
7.24 ábra: Az oxidációs kopás folyamata	72
7.25 ábra: Néhány példa a súrlódási korrózió előfordulási helyeire.....	72



7.26 ábra: Az oxidációs kopás (fretting) folyamata (súrlódási folyamatot erős oxidáció kíséri)	73
7.27 ábra: Az ütközési sebesség hatása a kopás nagyságára.....	74
7.28 ábra: A kavitációs kopás folyamata.....	74
7.29 ábra: Kavítáló hajócsavar	75
7.30 ábra: Wöhler görbe és szakaszai	76
7.31 ábra: Jellegzetes kifáradásos törési felületek.....	77
7.32 ábra: Fogaskerék tönkremenetele kifáradás miatt.....	77
8.1 ábra: Kötési módok	78
8.2 ábra: Hegesztések alkalmazásai.....	79
8.3 ábra: Merőlegesen leélezett lemezek	81
8.4 ábra: Szög alatt leélezett lemezek	81
8.5 ábra: Peremvarrat.....	82
8.6 ábra: I varrat.....	82
8.7 ábra: V varrat.....	82
8.8 ábra: X varrat.....	83
8.9 ábra: U varrat.....	83
8.10 ábra: Átlapolt kötés, sarokvarrat	83
8.11 ábra: Sarokkötések.....	84
8.12 ábra: Sarokkötés jellemző méretei.....	84
8.13 ábra: A gázhegesztés elrendezése	85
8.14 ábra: A hegesztőpisztoly felépítése	85
8.15 ábra: A hegesztőpisztoly injektora	86
8.16 ábra: Lángtípusok.....	86
8.17 ábra: A hegesztőpisztoly felépítése	86
8.18 ábra: Bevont elektródás ívhegesztés.....	87
8.19 ábra: Kézi ívhegesztés folyamata.....	87
8.20 ábra: Semleges védőgáz as ívhegesztés(MÍG).....	88
8.21 ábra: Kézi ívhegesztés folyamata.....	88
8.22 ábra: A MAG hegesztés kémiai folyamata	89
8.23 ábra: A AWI/TIG hegesztés elve.....	90
8.24 ábra: Villamos ív az argonatmoszférában és a polaritás szerepe AWI hegesztésnél ...	91
8.25 ábra: Plazmaív hegesztés elrendezése.....	92
9.1 ábra: Ragasztóanyagok csoportosítása.....	96
9.2 ábra: Helyes kötésmódok kialakítása	99
9.3 ábra: A folyadékcseppek nedvesítési tulajdonsága.....	101
10.1 ábra: Termikus szórások csoportosítása	104
10.2 ábra: Termikus szórás lánggal.....	104
10.3 ábra: Huzal szórása lánggal	104
10.4 ábra: Tengely előkészítés	105
10.5 ábra: Sík felületek	106
10.6 ábra: Szórt alkatrész minimális rétegvastagsága	106
10.7 ábra: Szórt alkatrész minimális rétegvastagsága	106
10.8 ábra: Az alapozóréteg tapadása az alapfémhez	107
10.9 ábra: Különböző szórópisztoly kialakítások	111
10.10 ábra Kopott csapágyhelyű (I.-II.) kihajtó tengely.....	112



11.1 ábra: Tokos tengelykapcsoló:.....	115
a) csapszeg felerősítéssel, b) fészkesretesz kötéssel	115
11.2 ábra: Tárcsás tengelykapcsoló típusok	115
11.3 ábra: Hódilatációs tengelykapcsoló	116
11.4 ábra: Oldham tengelykapcsoló	116
11.5 ábra: Periflex tengelykapcsoló.....	117
11.6 ábra: Gumidugós tengelykapcsoló	117
11.7 ábra: Kardán tengelykapcsoló elemei	117
11.8 ábra: Párban alkalmazott kardán kapcsolók	117
11.9 ábra: Hardy-tárcsás tengelykapcsoló.....	118
11.10 ábra: Körmös tengelykapcsoló.....	118
11.11 ábra: Kéttárcsás súrlódó tengelykapcsoló	118
11.12 ábra: A siklócsapágy felépítése.....	119
11.13 ábra: Siklócsapágyak	119
11.14 ábra: Osztatlan siklócsapágy	120
11.15 ábra: Osztott siklócsapágy	120
11.16 ábra: Csapághézagok	121
11.17 ábra: Hengeres furatú csapágy szerelése.....	121
11.18 ábra: Csapágy szereléséhez használatos eszközök és melegítő eszköz.....	121
11.19 ábra: Kúposfuratú csapágy szerelése és használatos eszközei	122
11.20 ábra: Különféle csapágyelhúzó szerszámok	122
11.21 ábra: Kúpfogaskerékes hajtómű	123
11.22 ábra: Festékes hordkép	123
11.23 ábra: Különféle csigahajtások.....	124
12.1 ábra: Termelési folyamat hibáinak Pareto diagramja	127
12.2 ábra: A Robert Bosch Automotive Steering Kft.-nél használt Ishikawa diagram.....	128
12.3 ábra: Termelési folyamat OEE mérőszáma	130
12.4 ábra: A termelési folyamat során képződő selejt pareto diagramja.....	131
12.5 ábra: Termelési folyamat hibáinak pareto diagramja.....	132
12.6 ábra: A termelési folyamatban lévő PIPS2 présberendezés, középen a kész munkadarabbal.....	134
12.7 ábra: PIPS és cső munkadarabok az összepréselés előtt.....	135
12.8 ábra: A PIPS2 gépprobléma megoldására indított Shopfloor 8D dokumentum.....	137
13.1 ábra: Gyakorlati példa fluid management munkautasításra	144
13.3 ábra: A KSS rendszer elvi felépítése.....	147
13.4 ábra: Forgácsoló emulzió ellátó rendszer sémája	148
13.5 ábra: Köszörű olaj ellátó rendszer sémája.....	148
13.6 ábra: A vákuum rendszerű szűrőtartály működése.....	149
13.7 ábra: A nyomott rendszerű szűrőtartály működése	151



SZERZŐK



Ráthy Istvánné Dr. PhD, kémiai tudományok doktora, tanszékvezető főiskolai tanár. Okleveles gépészmérnök, 1981-ben szerzett diplomát a Nehézipari Műszaki Egyetemen Miskolcon, Gépgyártástechnológiai szakon. 12 évi ipari gyakorlat után 1993 óta oktat a Debreceni Egyetem Műszaki Karán a Gépészmérnöki Tanszéken Üzemeltetés-karbantartást, és Vegyipari géptant, melyeknek tárgyfelelőse is egyben. Emellett karbantartási területen is kutat. A Magyar Tudományos Akadémia Debreceni Területi egysége Műszaki Szakbizottságának Elnöke.



Dr. Fazekas Lajos PhD, agrárműszaki tudományok doktora, főiskolai tanár. Okleveles gépészmérnök, 1973-ben szerzett diplomát a Nehézipari Műszaki Egyetemen Miskolcon, Gépgyártástechnológiai szakon. 1973 óta oktat a Debreceni Egyetem Műszaki Karán a Gépészmérnöki Tanszéken. 1978-ban a BME Közlekedésmérnöki Karán gépjavító szakmérnöki diplomát kapott. Az üzemeltető – karbantartó specializáció felelőse. Gépjavítás I-II tárgyak előadója. A kutatási tevékenységének fő területe: a gépjavítás, karbantartás tudományterületén a termikus szórás. Magyar Mérnöki Kamara aktív tagja



Gavallér József, termelésvezető. 1997-ben szerzett gépészmérnöki oklevelet a Budapesti Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Karának Géptervező szakán, azon belül a Mezőgazdasági Gépszerkesztő ágazaton. 1997 szeptemberétől a ZF Hungária Kft-nél, majd a ZF Lenksysteme Hungária Kft-nél dolgozik termelésvezetőként. Feladatkörébe tartozik különböző szereléstechnológiákat felsorakoztató termelési területek komplex irányítása, a termeléstámogató folyamatok fejlesztése, új projektek bevezetése. 2015. áprilisától a ZF Lenksysteme Hungária kft. jogutódjaként működő Robert Bosch Automotive Steering Kft-nél dolgozik tovább.



Kugyela Péter Attila, gépészmérnök. 1988.-ban szerzett gépészmérnöki oklevelet a Nehézipari Műszaki Egyetemen (ma Miskolci Egyetem), ugyanott 1990-ben pneumatikus- és hidraulikus irányítástechnikai rendszerek tervezése szakmérnök diplomát is megszerezte. Pályáját az üvegiparban kezdet a karbantartás és kemence üzemeltetés területén, majd az autóiparban tölt be vezető pozíciót műszaki-, termelési-, minőségirányítási, karbantartási területeken vezető autóiipari cégeknél : Linamar, Knorr-Bremse, R. Bosch Automotive Steering Kft. Jelenleg karbantartási és üzemfenntartási vezető a RBAS Kft. Egri- és Maklári telephelyén.



1. BEVEZETÉS

Korunk egyik jelentős kihívása a folyamatos műszaki fejlődés, melynek ütemét a tudományos-technikai forradalom szabja meg. A termék-előállítási versenyben az ipari vállalatok magasabb technikai színvonalú berendezéseket, automatizáltabb technológiákat alkalmaznak, miközben egyre nagyobb megbízhatóságot követelnek a gépektől. Ezek kihatnak a tervezés és gyártás mellett a gépfenntartással foglalkozó szakemberekre is, magasabb szakmai képzettséget várva el tőlük.

A gépfenntartás egyre nagyobb figyelmet kap a géptervezés, a gépgyártás és a termelés-szervezés folyamatában. Elegendő utalni például arra, hogy az utóbbi időben milyen mértékben növelték meg a különböző gyártó cégek termékeik garanciális idejét, vagy arra, hogy a nagy tömegben előállított termékek gépsorainál milyen szigorú karbantartási előírásokat kötelező betartani a termelés folytonosságának biztosítására. Ezek a követelmények ma már, csupán a hagyományos módszerekkel, nem oldhatók meg. Karbantartási tevékenységre mindig is szükség volt, de általában szükséges rossznak, tervezhetetlen általános költségnek tekintették.

Közismert, hogy a gépek – az élőlényekkel ellentétben – nem önellátóak, nem alkalmazkodnak a környezethez, és sérüléseik nem javulnak meg spontán, belső törvényeik következményeképpen.

Egyetlen berendezés, de különösen egy bonyolult gép sem lehet meg karbantartás nélkül, amely az üzemeltetés nélkülözhetetlen szakasza. Ezért kell a gépeket ápolni, vizsgáltatni, javítani, a meghibásodott részeit kicserélni. Ez a tevékenység, az energiaköltségek mellett a gépek üzemben tartása során a másik legnagyobb költségtényező.



2. AZ ÜZEMFENNTARTÁS ÉS KARBANTARTÁS FONTOSSÁGA

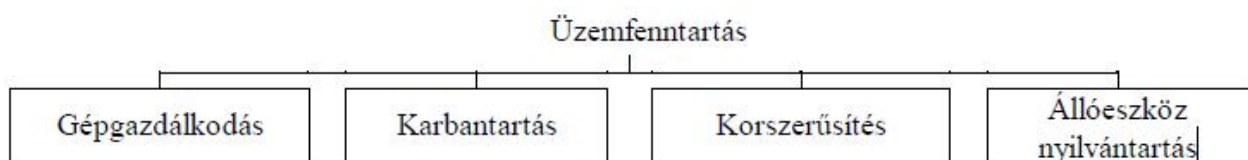
2.1 Az üzemfenntartás fogalma, feladata

Az ipari vállalatok célja a hosszú távú jövedelmezőség elérése, miközben berendezéseik és munkaerejük felhasználásával viszonylag kis értékű alapanyagokat értékes terméké alakítanak át. E cél eléréséhez sokféle tevékenységre, pl. marketingre, értékesítésre, tervezésre, termelésre és a berendezések karbantartására, a termék előállításához épületekre, gépre, berendezésre, különböző eszközökre van szükség. Ezért a termelési folyamat beruházással kezdődik, melyet a beszerzett állóeszközök üzemeltetése követ. A használat során az üzembiztos működés érdekében karbantartást kell végezni, miközben különböző javítások is szükségessé válnak. Az elhasználódott, a megfelelő műszaki követelményeket már ki nem elégítő gépeket, járműveket stb. selejtezni kell, és ha pótlásuk szükséges, helyettük újakat kell beszerezni. Az új beszerzés, más szóval pótlás lehet: szinttartó, illetve a termelést, vagy a termelékenységet növelő.[1]

Ha az ipari vállalatok gazdaságosan akarnak működni, akkor a karbantartásra legalább annyi figyelmet kell fordítaniuk, mint a termelésre, a termékfejlesztésre és a marketingre. Csak ebben az esetben tudják elérni, hogy az állóeszközök jól szolgálják üzleti céljaik megvalósulását. Ezért a karbantartásnak megfelelő helyet és szerepet kell kapnia a vállalati hierarchiában.

A karbantartási követelmények az egyes üzemekben – jellegüknek megfelelően – eltérőek. Különböző előírások, szabványok szabályozzák az adott terület problémáit. Az üzemfenntartásnak és karbantartásnak azonban vannak minden iparágat érintő azonos feladatai.

A gépfenntartás, üzemfenntartás az a műszaki tevékenység, amellyel valamely üzemben (gyár, vállalat) levő valamely állóeszköz állandó, rendeltetésszerű használatát biztosítják, elvégzik az ezzel kapcsolatos szervezési, korszerűsítési, oktatási, nyilvántartási és ügykezelési feladatokat, üzembe helyezik az új berendezéseket, foglalkoznak az elavult berendezések selejtezésével és tanácsot adnak az új berendezések beszerzésére. Az üzemfenntartás területeit az 2.1. ábra mutatja.



2.1 ábra: Az üzemfenntartás területei

Forrás: [1]

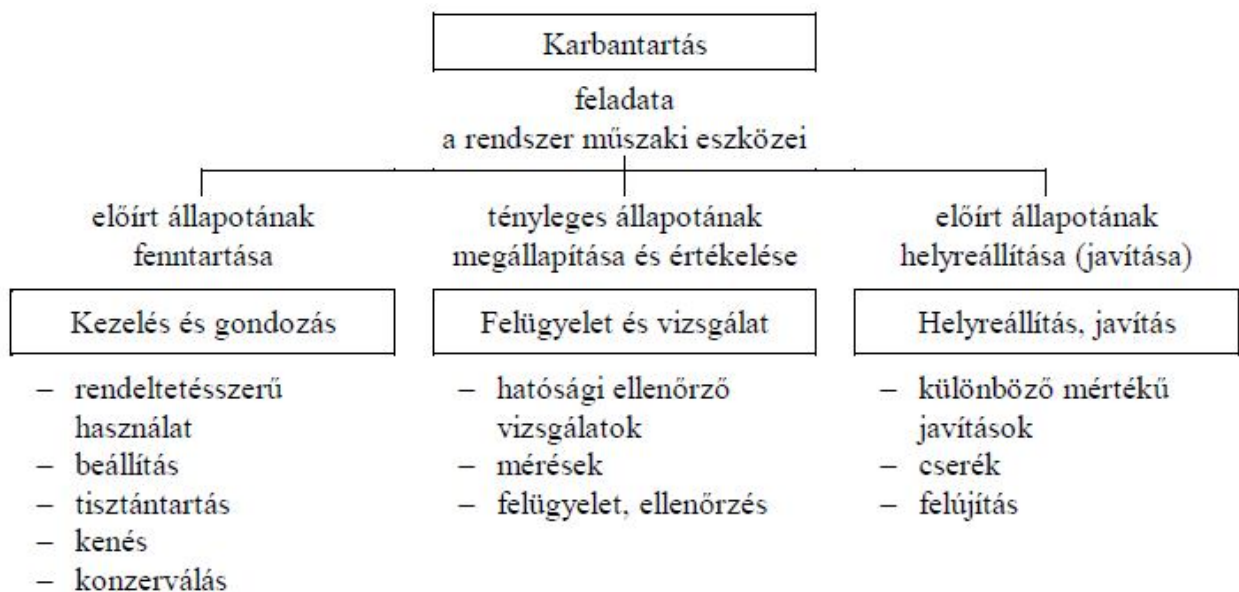


2.2 A karbantartás fogalma, feladata

A karbantartás tárgyai a különféle létesítmények, az építmények, gépek, szállítóberendezések, vagyis különböző anyagi javak. Az egységes értelmezés érdekében a karbantartást, valamint a karbantartás műveleteit a következőkben rögzíthetjük: karbantartáson azt a fenntartási tevékenységet kell érteni, amely mindazon teendőket magába foglalja, melyeket szükséges elvégezni az állóeszközök üzemképessége és rendeltetésszerű használata érdekében. A karbantartás részei az 2.2. ábrán láthatók.

A gazdasági verseny és a gazdaságosságra való törekvés kényszere a karbantartásra is nagy befolyással van. A karbantartás nem csak az üzemzavarok megelőzésére, elhárítására szolgál, hanem elősegíti, hogy a gyártás során ne minőségi-hibás, selejtes vagy utólagos megmunkálást igénylő termékek készüljenek.

Tudomásul kell venni, hogy a karbantartás nem egyszerű szolgáltatás, hanem része annak az értékteremtési folyamatnak, amelyik aktív helyzetet foglal el a vállalat fejlesztési stratégiájában.



2.2 ábra: A karbantartás részei

Forrás: [1]

A **terotechnológia** (magyarra a megőrzés technológiája kifejezéssel fordítható) lényegében egy ciklikusan ismétlődő körfolyamat, amely magába foglalja a gépek, berendezések tervezését, gyártását, üzembehelyezését, üzemeltetését, folyamatos állagmegóvását és a gépekkel, berendezésekkel való folyamatos adminisztratív és gazdálkodási feladatok ellátását is.

A terotechnológiának a hazai gyakorlatban a komplex üzemfenntartási rendszer koncepciója felel meg, melyet az 2.3. ábra szemléltet.



2.3 ábra: Az üzemeltetés tero-technológiai rendszere.

Forrás: [2]

2.3 A karbantartási megoldások, eljárások csoportosítása

A gyakorlatban nagyon sok karbantartási rendszerben dolgoznak a cégek, melyeket többféleképpen is lehet csoportosítani. Néhány csoportosítási módot mutatok be az alábbiakban:

SZERVEZETILEG:

- központosított,
- gyáranként önálló vagy
- vándor karbantartás.

MÓDSZER SZERINT:

- egyszerű (közönséges),
- felülvizsgálat utáni,
- időszakos (ciklikus-periódikus),

- szabványos (kényszer) karbantartás.

RENDSZER SZERINT:

- szükség szerinti javítás,
- megelőző karbantartás (időarányos-teljesítmény arányos),
- műszaki állapotvizsgálat alapján végzett fenntartás,
- hibahelykiváltó fenntartási rendszer.

VÁLLALKOZÁSI FORMA SZERINT:

- külső (idegen),
- belső (saját), illetve
- vegyes megoldású karbantartás.

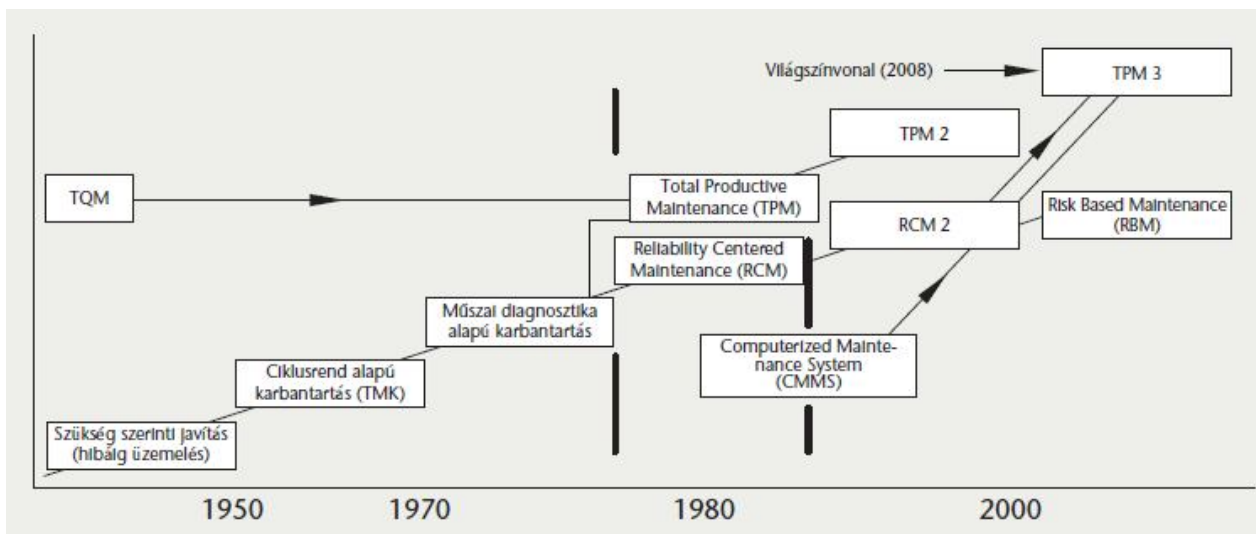
Korábban: csak műszaki szempontok domináltak.

Később: szervezési, programozási szempontok érvényesültek.

Napjainkban:

- biztonságtechnikai,
- környezetvédelmi szempontok,
- szigorú törvényi előírások,
- a kor műszaki színvonalát tükröző műszaki előírások (szabványok),
- költségoptimum és az
- emberi tényezők egyaránt fontosak.

A karbantartás fejlődési tendenciája a 2.4 ábrán látható.



2.4 ábra: A karbantartás fejlődése

Forrás: [3]



3. A HAGYOMÁNYOS KARBANTARTÁSI STRATÉGIÁK

3.1 Hibáig tartó üzemelés – avagy a Szükség szerinti, hibahely-kiváltó fenntartás, javítás

Ebben a karbantartási rendszerben javítást csak a meghibásodás bekövetkezése után végeznek.

Megjavítják, vagy újjal kicserélik a meghibásodott alkatrészt vagy fődarabot. Az ápolási, kenési műveleteket ebben a karbantartási formában is rendszeresen kell végezni.

Előnye más fenntartási rendszerekkel szemben, hogy a berendezések egyes alkatrészei, részegységei az elhasználódás határáig kihasználhatók.

Hátránya, hogy a beavatkozási, javítási idő előre nem tervezhető, emiatt az üzemből való kiesés a javító kapacitás leterhelésétől függően általában hosszabb, mivel ezek leterhelése tervszerűtlen és nagymértékben ingadozó.

A váratlanul meghibásodott gép azonnali pótlására általában nincs lehetőség, és így rendszerint problémát okoz, illetve a váratlanul bekövetkező meghibásodások késői felismerése további károsodásokat hozhat létre az alkatrészek között. Ennek megfelelően a hiba időben való elhárításához viszonylag nagy alkatrész-készletet kell biztosítani.

A fentiek eredményeként nagy fenntartási költségek adódhatnak.

A szükség szerinti javítást csak azokban az esetekben célszerű alkalmazni, ha a felsorolt hátrányok hatása kismértékű. Ezek a következők:

– a meghibásodás várható bekövetkezésére vonatkozóan nem állnak rendelkezésünkre adatok,

- a meghibásodás nem jelent balesetveszélyt,
- a váratlan meghibásodásból adódó termelőkiesés nem jelent nagy anyagi veszteséget,
- a hiba időben való fel nem ismerése nem okoz további károsodást,
- a hiba könnyen, a kezelőszemélyzet által gyorsan elhárítható,
- a hiba rövid időn belüli elhárítása érdekében a pótalkatrészek raktározása az üzemeltetés közelében megoldható, a viszonylag nagyobb mennyiségű alkatrész raktározás nem okoz komolyabb anyagi megterhelést.

Összegzésként elmondható, hogy a szükség szerinti javítás alkalmazása elsősorban a kis bonyolultságú, egyszerű gépeknél lehet csak célszerű. [1]

3.2 A Tervszerű Megelőző Karbantartás (TMK)

Tervszerű megelőző karbantartást célszerű olyan közepesen bonyolult gépeknél, gépcsoportoknál alkalmazni, ahol jelentős termelőkiesést okoz a meghibásodás miatti leállás. Abban az esetben is indokolt alkalmazni, ha a meghibásodás nagy anyagi kárt, élet- és balesetveszélyt jelent.

Az iparilag fejlett országok idejekorán felismerték a karbantartás fontosságát. Ennek eredményeként jött létre a korábbi, csak a bekövetkezett hibák javítása helyett a tervszerű



megelőző karbantartás (közhasználatú rövidítéssel TMK). Ez a karbantartási rendszer a hibák megelőzését, a váratlan meghibásodások kiküszöbölését tekinti fő feladatának.

A TMK rendszer egyaránt elterjedt az iparban, a szolgáltatásban és a közlekedésben. A műszaki gyakorlatban alkalmazott, rendszeresen és megelőző jelleggel végzett vizsgálatok, javítások egyes iparágakban régebbi időszakokra vezethetők vissza. Pl. a vasutak fenntartási rendszerének alapjai több mint 100 évre nyúlnak vissza, amelyeket a sokéves tapasztalatok alapján finomítottak.

A gépek, berendezések, járművek állandó működőképes állapotát a rendszeresen ismétlődő tervszerű vizsgálatokkal és javításokkal érik el. A felülvizsgálatokat, javításokat a fenntartási rendszer keretében előre mereven meghatározott rend – a ciklusrend – szerint végzik, ami tartalmazza az elvégzett munka módját, mértékét, rögzíti azok sorrendjét, valamint a vizsgálatok, javítások közötti egyéb paramétereket (idő, teljesítmény stb.) és azok nagyságát.

Karbantartáskor a gépek ápolását, gondozását, vizsgálatát, a szükséges beállításokat, valamint kisebb javításokat végeznek. Javítások alkalmával viszont a gép részleges vagy teljes szétszerelése mellett, a meghibásodás mértékétől függetlenül megjavítják vagy kicserélik azokat az alkatrészeket, részegységeket, amelyek további élettartama várhatóan rövidebb, mint a következő javításig terjedő idő. Ezzel az intézkedéssel igyekeznek megelőzni, hogy a következő tervszerű javítás előtt váratlan meghibásodás következzen be. Felújításkor a javításon túl esetleg korszerűsítést is végeznek, új használati értéket, fejlett műszaki színvonalat is megvalósítanak.

A TMK rendszerében a berendezést tervszerűen veszik ki a termelésből és ezáltal a költségek közül elmarad a váratlan meghibásodások miatti költségnyad, a javítókapacitás terhelése egyenletessé válik, ugyanakkor felesleges veszteséget okoz viszont a még működőképes alkatrészek kicserélése.

A TMK rendszernek a feladatai általánosságban a következők:

- olyan javítási rendszer kidolgozása, amely az alkatrészek igénybevételének és várható élettartamának ismeretében megelőző jelleggel törekszik a meghibásodásokat kiküszöbölni, ezáltal az üzem zavartalanságát az eltűrt időtartamon belül tudja biztosítani,
- olyan javítási rendszer kialakítása, amelynél a javítások kezdő és befejező időpontja megközelítően már előre megállapítható,
- olyan karbantartó, javító szervezet létrehozása, amelynek helyes működése mellett a gépeket, járműveket csak a lehető legkisebb időre vonják ki a termelő munkából,
- a javítási munkák olyan megszervezése, amely lehetővé teszi, hogy a termelést a gépeknek, járműveknek javításba vétele ne változtassa meg,
- a javítások minőségének biztosítása, hogy a gépek, berendezések, járművek üzemképessége minden időben kielégítő legyen,
- a berendezések korszerűsítése, amely csökkenti a javítási munkát, a termék önköltségét, növeli a berendezés teljesítményét és javítja a termék minőségét.

Összefoglalóan a TMK feladata a megbízhatóság állandósítása, amelynek célszerű mértékét a szükséges biztonsági és gazdasági megfontolások döntenek el.

A TMK rendszer előnye – megalapozott, helyes ciklusrend kialakítását feltételezve – a nagyobb időintervallumra vonatkozó javítási feladatok jó tervezhetősége, illetve az ebből



eredő üzemből való kieső idők csökkentése, valamint a gépek, járművek élettartamának növelése.

Azokon a területeken, ahol előírt megbízhatósági érték tartása fontos és még nem rendelkeznek megfelelő diagnosztikával, ez a módszer biztosíthatja a legkedvezőbb eredményeket.

A felsorolt eredményeket csak a bevezetést megelőző és üzemeltetés közben is folyamatosan végzett kutatás alapján kidolgozott ciklusrenddel lehet biztosítani.

A kialakított fenntartási ciklusrend alapvetően kétféle lehet:

- időarányos (időtől függően), amely nem veszi figyelembe a tényleges igénybevételt,
- teljesítmény arányos (teljesítménytől függő), amely a beavatkozások idejét az igénybevételhez igazítja.

A TMK gazdasági hatása könnyen felmérhető a termelési költségek csökkenéséből, a gépek, járművek élettartamának emelkedéséből és a jó állapotban termelő gépnél a selejt csökkenéséből. A tervszerűen karbantartott gépek, járművek munkája, termelőképessége csaknem zavartalan, üzemzavar alig fordul elő. Ebből adódóan a termelési egységre eső javítási költség, illetve a termelési költség javítási költséghányada csökken.

Összegezve megállapítható, hogy TMK rendszer alkalmazása – a megbízható működés és az állagmegóvás szempontjából – nagybonyolultságú és nagyértékű berendezéseknél elengedhetetlen.

3.3 A Műszaki Diagnosztika Alapú Karbantartás

A hatvanas évek végén, hetvenes évek közepén az ipari fejlődés jelentős változásokat hozott. Az élet viszonylag hamar bebizonyította, hogy a merev cikluson alapuló karbantartás sem elfogadható alkatrész-felhasználást, sem nagy megbízhatóságot nem nyújt. Az ipar érzékenysége a nem tervezett leállásokra tovább fokozódott, hiszen a vállalati költségcsökkentés egyre inkább előtérbe került. A fokozott automatizálás (az észlelő és gondolkodó ember kiszorulása a folyamatokból), a növekvő biztonsági és környezetvédelmi elvárások, valamint a berendezések és a javítások mind magasabb ára a karbantartási módszerek felülvizsgálatának igényét váltotta ki. Olyan „új” fejlesztések születtek, mint pl. a döntéstámogatási eszközök (kockázati tanulmányok) [3], hibamód- és hatáselemzések, új karbantartási technikák stb. Ezek közül a diagnosztikák alkalmazása kiemelkedett, és hamarosan megszületett a műszaki diagnosztikán alapuló, majd később a diagnosztikával segített karbantartás elvrendszere. Számos alkalmazás közül itt csak néhányat sorolunk fel: rezgésdiagnosztika, termográfias vizsgálatok, ultrahangos szivárgásdetektálás.

A műszaki diagnosztika előnyei:

- Az állapotvizsgálaton alapuló rendszer az alapvető karbantartási rendszer közül a leghatékonyabb.
- Segítségével pontosan és hatékonyan meghatározható egy-egy berendezés valamely egységének állapota, ezáltal tervezhetővé válik a szükséges beavatkozások ütemezése, elkerülhetők a váratlan meghibásodások (pl. spektrum analízis) és az azokkal járó termelés kiesés, balesetveszély (pl. termográfia, elektromos kötések vizsgálata), valamint a túlzott energiafelhasználás (pl. sűrített levegő szivárgási pontjainak feltárása ultrahangos szivárgás detektáló segítségével).



A műszaki diagnosztika hátrányai, veszélyei:

Az elmélet szerint ez a leghatékonyabb rendszer, mégis ezt alkalmazzák a legkevésbé. Vajon hova vezethető ez vissza?

Egy diagnosztikai eszköz megvásárlása esetén milliós nagyságrendben kell gondolkodnunk, tehát semmi esetre sem nevezhető olcsónak a beszerzése. Ráadásul elmondható, hogy a magyarországi vállalatoknál található diagnosztikai eszközök jó, ha 10%-at használják.

Mi lehet ennek az oka? Érdemes elgondolkodni. Ezen eszközök használata komoly szakmai felkészültséget és gyakorlati tudást igényel. [3]

Vegyük alapul a rezgésdiagnosztikát. Egy neves hazai szakértő a következő kijelentést tette: „Az országban három ember tud megbízhatóan fogaskerekes hajtást elemezni.” (A sikló-csapágyazású gépek diagnosztikája hasonlóan nehéz.) Ha ez a kijelentés igaz, akkor hogyan várhatjuk el a szakmunkásoktól, jobb esetben egyetemi végzettségű, de a műszaki diagnosztikát csak hobbiszinten, heti egy-két napban használgató szakemberektől, hogy elérjék a kívánt hatékonyságot? A diagnosztikai eszközökkel kereskedő cégek jellemzően úgy érvelnek, hogy gazdaságossági szempontból hasonlítják össze egy cég karbantartását és termelését diagnosztika nélkül azzal az esettel, hogy van diagnosztika. Az igazi kérdés azonban nem ez, hanem az, hogy külsős diagnosztát éri meg alkalmazni egy cégnek (aki heti öt napban évek óta ezzel foglalkozik), avagy belsős diagnosztikát létrehozni több millió forintból, annak veszélyeivel és amatőrségével együtt!

Nem minden berendezést éri meg diagnosztizálni. Célszerű a termelés szempontjából kulcsfontosságú gépekre koncentrálni. (Ezekre azonban kivétel nélkül koncentrálni kell!) Az elemzés során született információk alapján a termelésnek és a karbantartásnak egyaránt döntéseket kell hoznia, de a műszaki diagnosztika nem kezeli az információ áramlást. Adatokat szolgáltat a vizsgált egységek állapotáról, az információ megfelelő áramlását azonban a karbantartási rendszer vezetőjének kell biztosítania! Összességében elmondható, hogy a műszaki diagnosztika csak egy eszköz, de nem rendszer. Nem ad teljes körű megoldást, költséges, nem minden esetben alkalmazható könnyen, de túl hatékony eszköz ahhoz, hogy ne vegyünk róla tudomást. [3]

3.4 A Megbízhatóság Központú Karbantartás (RCM)

A karbantartás hatékonyságának növelése érdekében újabb elvek, úgynevezett filozófiák jelentek meg, amelyek a karbantartás alapjait nem érintik, első sorban szervezési, döntéshozatali jellegűek.

A változó igények következtében új üzemeltetési filozófia keletkezett, melyet Megbízhatóság Központú Karbantartásnak – angol nyelven Reliability Centred Maintenance (RCM) – neveznek.

Napjainkban nem csak az új technikák elsajátítása, hanem annak meghatározása is fontos kérdés, hogy azok közül melyik alkalmazható és melyik nem az adott üzemeltetési rendszerben.

A Megbízhatóság Központú Karbantartás alapja az, hogy amikor mi karbantartunk egy technikai eszközt, akkor nekünk a felhasználó elvárásainak kielégítését biztosító állapotot kell fenntartani.

A karbantartás műszakilag biztosítja, hogy a technikai eszköz kielégítse a felhasználó elvárásait.



A felhasználó elvárása attól függ, hogy hol és hogyan használják az adott technikai eszközt, tehát annak adott üzemeltetési környezetétől. [4]

A klasszikus RCM elemzés hét lépésből áll:

1. Válassz ki egy gépet (pl. szivattyú)!
2. Nevezd meg az elvárt funkcióit (pl. folyadék továbbítása, biztonsági, környezeti, egyéb kérdéskör)! Az egyes funkciókhoz rendelj paramétereket (pl. mit jelent az, hogy nem szennyezi a környezetét kenőanyaggal vagy *rezgésse!*)!
3. Határozd meg az összes olyan hibát, ami elméletileg bekövetkezhet! Az RCM „a mindenre” céloz!
4. Határozd meg minden egyes elméletileg előfordulható hibánál az összes lehetséges hibaokot!
5. Minden egyes így előállt esetre határozd meg a lehetséges következményeket! Ezek lehetnek gazdasági, környezeti- és humán biztonságiak. A következményeket rangsorold!
6. Dönts a megelőzésről! (Kívánsz-e tenni valamit a hibahatás ellen?)
7. Készítsd el a megvalósítási tervet! (A műszaki diagnosztika rendszerint jelentős szerepet kap, a feladatok kb. egyharmadához lesz köthető)



4. KOCKÁZAT ELEMZÉSEN ALAPULÓ KARBANTARTÁS

4.1 Kockázat, veszély fogalma [5]

Kockázaton általában káreseményeket értenek, amelyek (a múltban) valamilyen gyakorisággal előfordultak. Így a kockázat olyan mennyiség, amely az időegységre jutó eseményeket határozza meg. Ennek megfelelően **a kockázat = kárérték × gyakoriság.**

Magát a kárértéket pénzürtéken határozzák meg. Figyelembe kell azonban venni, hogy nem minden veszteség fejezhető ki pénzben. Ennek megfelelően a kockázatot pénzürték/év dimenzióban is meg lehet adni.

A kockázat általában statisztikai fogalom, amely nagyszámú eseményre (ún. statisztikai alapegységre) és nem egyedi esetekre vonatzik.

A kockázat (risk, rizikó) és a veszély (hazard) kifejezéseket időnként egymással felcserélve használják a szakemberek. Ennek az értelmezési különbségeknek néha fontos következményei lehetnek. **A veszély a károsodás forrásával kapcsolatos, a kockázat pedig a károsodás bekövetkezésének valószínűsége.**

A kockázat úgy is meghatározható mint **a veszélynek és a veszély előfordulása valószínűségének kombinációja**; míg **a veszély** fogalma ebben az esetben úgy definiálható, mint **az emberekben, a tulajdonban, a társadalomban vagy a környezetben esett kár nagysága.** Ebben az összefüggésben a kockázatelemzés olyan gyakorlat, amely magában foglalja a rizikó minőségi és mennyiségi meghatározását, valamint annak többdimenziós hatásait.

A kárpotenciálok becslése ma még általában retrospektív módon, vagyis a múlt tapasztalatai alapján történik. Ezt azonban a jövőben az ismeretlen kockázatok, más szóval a kockázati forgatókönyvek figyelembevételével kell elemezni és értékelni.

Az embereknek a jövőben a következő, jellemző kockázatokkal kell szembenéznie:

- **fokozott kárpotenciál**, amely elsősorban a nagyobb értékkoncentráció, a megváltozott építészeti, technika az újabb üzemszervezési eljárások, valamint a jelenlegi kockázatok bonyolultságának fokozása következtében áll elő;
- **a diverzifikálódó szavatossági követelmények**, amelyek főként az áruszavatosság és a környezeti szavatosság terén jelentkeznek;
- **fokozott üzemkiesési valószínűség**, ami a gyártási technológiák költségeinek növekedésére, valamint a gyakran változó termelési stratégiákra vezethető vissza;
- **új gyártási eljárások**, amelyeket olyan intézkedések kényszerítenek ki, mint a Montreali Egyezmény, amely drasztikusan korlátozta a fluor- és klórtartalmú szénhidrogének felhasználását;
- **klímaváltozások és azok kihatásai** a jövő természeti katasztrófáira;
- **törvényi változások** és az azokból eredő újabb kockázatok.



4.2 A kockázatelemzés módszerei

A kockázatok és a biztonság tanulmányozására számos technika és módszer található a szakirodalomban. Ilyenek a következők:

- Ellenőrző lista,
- Hibafa elemzés (**FTA** – **F**ault **T**ree **A**nalyzis)
- Esetfa elemzés (**ETA** – **E**vent **T**ree **A**nalyzis)
- Ok-következmény elemzés (**CCA** – **C**ausa **C**onsequence **A**nalyzis)
- Károk és működési feltételek vizsgálata (**HAZOP** – **H**azards and **O**perability **S**tudy); **opt HAZOPS** a vizsgálatok optimális módszere, javított program
- Meghibásodás módjának vizsgálata vagy hibák jellegének és hatásának vizsgálata (**FMEA** – **F**ailure **M**ode and **E**ffekt **A**nalyzis)
- „Mi van ha ...” „Mi történik ha” elemzési módszer
- Különböző technikák kombinációján alapuló kockázatbecslési témák pl.:
 - a valószínű maximális kár alapú becsléselemzés (MSAA – **M**aximum **C**redible **A**ccident **A**nalyzis),
 - mennyiségi kockázatelemzés (QRA),
 - valószínűségi biztonsági elemzés (PSA),
 - optimális kockázat elemzés (ORA), stb. [1]

Ezekből a „Mi van, ha ...” , „Mi történik ha ...” elemzési módszereket jellemzem.

4.2.1 „Mi van, ha....”; „mi történik, ha.....” módszer

„**Mi van, ha...**” elemzési módszer jellemzője az, hogy „mi van” kezdetű kérdéseket használ a veszélyek azonosítására. Az ellenőrző listáktól eltekintve ez a veszélyazonosítás legrégebbi módja és még ma is népszerű. A „**mi van, ha...**”, „**mi történik, ha.....**” módszer ilyen kérdésekkel kezdődik:

Mi van, ha a vezeték kilyukad? Mi van, ha az áramlásmérő elromlik?

A kérdéseknek nem kell a „mi van, ha” kifejezéssel kezdődni; más kérdőszavak is használhatók. Például: „Mi hibásodhat meg?” „Milyen gyakran?” „Mit kell tenni, ha?”

Ez jó elemzési eljárás annak megítélésére, hogy hol nem kielégítő a meglévő védelem, de nem alkalmas annak megítélésére, hogy az egyes műveletek milyen veszéllyel járnak.

Ennek a technikának előnyei:

1. nincs szükség speciális technikára vagy számítástechnikai eszközökre,
2. ha egy kérdést kidolgoztak, az a projekt egész tartama alatt – esetleg kisebb módosításokkal – használható

A módszer főbb hátrányai:

1. elvégzéséhez szakemberek munkacsoportjára van szükség,
2. a szakértő munkacsoport gyakorlottsága és intuíciója a vizsgálatot befolyásolja, a szélsőséges esetben teljes használhatatlanná vagy félrevezetővé teheti,



3. csak minőségi eredményeket ad, számszerű besorolás nélkül,
4. hátrányai miatt a HAZOP és FTA módszereknél alacsonyabb színvonalúnak tartják. Egyes vélemények szerint ezt a technikát akkor ajánlatos használni, ha a HAZOP vagy FMEA módszerek nem alkalmazhatók, vagy ha a vizsgálat költsége a fő probléma.

Összefoglalva tehát elmondható, hogy a „mi történik, ha”, „mi van, ha” kérdésekre csak intelligens, kellő tapasztalatokon alapuló becsléssel lehet választ adni.

4.2.2 Veszélyelemző módszerek lépései

A veszélyelemző módszerek egyes lépéseit a 4.1 táblázat tartalmazza.

4.1 táblázat: A veszélyelemző módszerek lépései

Módszer	Kiindulás	Szenárium kidolgozása	Kiegészítő vizsgálatok
<i>Mi van, ha.....?</i>	„Mi-ha?” kérdés (ok)	<i>Következmény</i> (eltérés, káresemény) biztosíték (védelmi eszközök)	súlyosság becslése (hatások) gyakoriság becslése (megelőzés, kárenyhítés)
Mi van, ha ...? lista	„Mi-ha?” kérdés a lista alapján (ok)	következmény (eltérés, káresemény) biztosíték (védelmi eszközök)	súlyosság becslése (hatások) gyakoriság becslése más védelem (megelőzés, kárenyhítés)
HAZOP tanulmányok	eltérés, amelyet tervezési vagy működési események szimulációjával váltanak ki,	ok, következmény (káresemény) biztosíték (védelmi eszközök)	súlyosság becslése (hatások) gyakoriság becslése más védelem (megelőzés, kárenyhítés)



<i>FMEA</i>	elemek meghibásodásának módja (ok)	közvetlen hatás (eltérés) hatás a rendszerre (káresemény)	kritikusság becslése (hatások), hiba gyakoriságának becslése, védelem (megelőzés, védelem, kárenyhítés)
<i>Hibafaelemzés</i>	fő esemény (káresemény)	közvetett hatás (eltérés), alapesemények (védelem, okok)	események gyakoriságának és valószínűségének mennyiségi meghatározása
<i>Eseményfaelemzés és</i>	kiváltó esemény (ok)	biztonsági rendszerek (védelem), eredmény (káresemény)	kárenyhítés, kiváltó esemény gyakoriságának és esetleges terjedési valószínűségének mennyiségi meghatározása

Forrás: [6]

Az elemzés célja a veszélyforrások és a veszélyeztetés azonosítása.

Az elemzés eredményeit dokumentálni kell, írásban rögzítve a konkrét veszélyeket, ezek megjelenési helyeit. Kiegészítésként azt is meg kell állapítani, hogy kiket érint a veszélyeztetés, és milyen felelősség, kötelesség hárul az érintett körre.

A kockázat minősítéséhez megfelelő értékelések készültek, melyek ún. többparaméteres eljárásra épülnek.

A vizsgált munkafolyamat jól értékelhető **a négytényezős kockázatminősítési rendszerrel,** melynek lényege a következő:

- szakértői vélemények alapján **a lehetséges káros következményeket („S” jel)** pl. 1-10 közötti értékkel súlyozzák,
- mérlegelik **a veszélyek gyakoriságát, tartósságát („E_x” jel)** pl. 1-2 közötti értékkel,
- becslés alapján – a gépek és más eszközökre tekintettel – **az előfordulás valószínűségét („W_a” jel)** pl. 0,5-1,5 közötti értékkel meghatározzák, illetve
- **a károk megelőzésére és minimumra szorítására vonatkozó esélyeket („V_e” jel)** megvizsgálják. Itt a kis érték (pl. 0,5) a kellő figyelmeztetéssel elérhető megelőzést, a legnagyobb érték (pl. 10) a hirtelen és váratlanul bekövetkező veszélyhelyzeteket jelenti.



Meghatározott berendezés esetén a **végző kockázati mérőszám** az előbbi négy tényezőre **meghatározott érték szorzata. (M jel)** Képletben kifejezve:

$$M = S \times E_x \times W_a \times W_e \quad (4.1)$$

Maximális veszélyeztetés mellett a példa szerinti adatokkal: $M_{\max} = 10 \times 2 \times 1,5 \times 1 = 30$, **minimális végző kockázati mérőszám** kisebb egynél $M_{\min} = 1 \times 1 \times 0,5 \times 0,5 = 0,25$, ami az adott munkafolyamat elérhető legnagyobb biztonság kifejezése.

Ugyanilyen elven vizsgálható a környezeti hatás, majd az érintett személyek magatartása, az érintettek pszichikai és fizikai állapota és a helyi munkaszervezés jellemzői. Ezekből katalógus készíthető, melyből egyes munkafolyamatok, gépkezelők stb. vonatkozásában a szükséges intézkedések megtehetőek.

A kockázat irányításához szervesen kapcsolódik a **kockázatmenedzselés**, ami **olyan eljárásnak is nevezhető, melynek során megfelelő döntéseket kell hozni és végrehajtani annak érdekében, hogy a bekövetkező káros hatások csökkenjenek.** Az eljárás kulcselemei a következők:

- a kockázatok azonosítása,
- különböző alternatívák végrehajtásának tanulmányozása,
- a kiválasztott alternatíva bevezetése,
- az eredmények ellenőrzése és a szükséges módosítások végrehajtása.

4.3 A hibaelemzés módszerei

A folyamatos, hatékony, megelőző jellegű hibaelemzés elvégzésének feltétele a lehetséges hibák, hibafajták, hibacsoportok, hibahelyek, hibaokok stb. módszeres feltérképezése, ismerete. A legfontosabb hibaelemzési, feltérképezési módszerek a Pareto-elemzés, ok-okozati diagram, FMEA elemzés.[7]

4.3.1 Pareto-elemzés

A hibaelemzés legismertebb, leggyakrabban alkalmazott módszere a Pareto eljárás. Ez Vilfredo Pareto olasz közgazdásról kapta a nevét. Hozzá köthető az a sok területen megfigyelhető felismerés, hogy a gyakorlatban a tételek viszonylag kis hányada meghatározó jelentőségű a számszerűen többségben levő sok kis tétellel szemben. Ezt szokás Pareto - elvnek, vagy „80-20” szabálynak nevezni. E megfigyelést kiterjesztették a menedzsment különböző részterületeire is, és mára a Pareto-elv a vállalati gazdálkodás és döntéshozatal számos területén eredményesen használható elemzési módszerek alapja. Így például a döntéshozatal során a problémák főbb okainak feltérképezésére, a minőségmenedzsmentben a hibák fontosságának elemzésére, a készletgazdálkodásban az egyes tételek relatív fontosságának meghatározására használható e megközelítés. A minőségmenedzsment gyakorlatában a hibaelemzés egyik alapfeladata, hogy az összes lehetséges hibafajta, hibacsoport, hibahely, hibaok, tényező közül azonosítsa azt a „jelentős keveset” vagy „szignifikáns néhányat”, amelyet elkülönítve a „jelentéktelen soktól”



össességében jelentősen csökkenthető a hibák száma. Ennek megfelelően a Pareto-elv a hibaelemzés területére úgy „fordítható le”, hogy **egy sok tényező által befolyásolt rendszerben a lehetséges hibafajták 20 százalékán keletkezik a ténylegesen bekövetkezett hibák 80 százaléka.** A hibaelemzés feladata, hogy az összes lehetséges hiba (tényező, zavar, hibafajta, hibacsoport, hibatípus stb.) közül kiválassza, megtalálja az úgynevezett kritikus vagy „A” típusú hibákat. Ezek lesznek azok, amelyekre célszerű a korlátozott mértékben rendelkezésre álló erőforrásainkat összpontosítani, a későbbi mélyebb analíziseket, majd azok alapján a konkrét javítási, fejlesztési intézkedéseket ezekre érdemes fókuszálni.

A konkrét és mélyebb hibaelemzéseket a kritikus, a legjelentősebb hibaarányt okozó tényezők analízisével végezzük. Így például a Pareto-elv alapján a vállalati gazdálkodásban megállapítható, hogy mely termékek képviselik az értékesítésen, ill. a beszerzésen belül a legnagyobb részarányt, a minőségi problémák vizsgálatánál pedig a kishatékú, de fontos, így a legnagyobb veszteséget okozó hibatípusok azonosítását segíti.

A hibaelemzés során vizsgált hibatípusokat, hibafajtákat általában 3 jellegzetes csoportra szokás bontani: A, B és C csoportra. Az „A” vagy kritikus hibák jelentik azt a „létfonosságú kevés” hibafajtát, amelyek a vizsgált hiba-előfordulásokat jelentős arányban eredményezik.

(V. Pareto (1848-1923): Paretot napjainkban úgy értékelik, mint az erősen formalizált, neoklasszikus világképű közgazdaságtan egyik meghatározó alakját. A Pareto-elv azon megfigyeléséből származik, hogy korábban Itália gazdaságának döntő többségét egy kisebbségben levő csoport birtokolta: a vagyon 80%-át egy 20%-nyi kisebbség uralta. Innen ered a 80/20 szabály elnevezés.) [6]

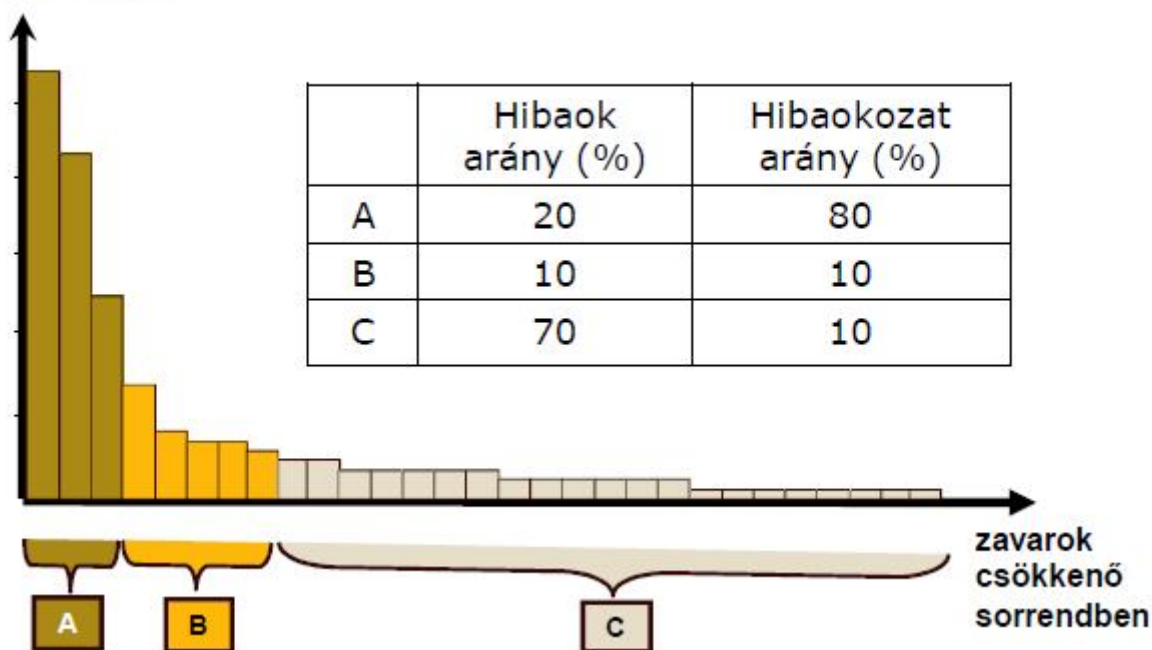
Ezzel szemben a C kategóriát azok az hibaokok alkotják, amelyek a konkrét, kialakult hibák összességéhez viszonyítva alig játszanak szerepet, hatásuk nem jelentős. A „B” típusba kerülnek azok a hibák, amelyekkel rövidtávon nem érdemes még foglalkozni, de az A típusú hibák megszüntetését követően idővel ezekből lehetnek a kritikus hibák. A Pareto-elemzés célja az, hogy jelöljük ki azokat a tényezőket, amelyekre a figyelmünket célszerű fordítani. Az erőforrások szűkössége, valamint az időalapú verseny miatt csak ezekkel célszerű a továbbiakban foglalkozni, ill. ezekre vonatkozóan kell elemző, majd javító, fejlesztő tevékenységet végezni.

A Pareto-elemzés eredményét egy úgynevezett Pareto-diagramban szokás összefoglalni. Néha a hibák csoportosítása miatt ABC diagramnak is hívják (4.1.ábra). Ez lényegében egy speciális oszlopdiagram, amelynek vízszintes tengelyén (X) a lehetséges hibatípusok, hibacsoportok található csökkenő fontosság szerint. A függőleges tengelyen (Y), illetve az oszlopok magasságaként az egyes hibatípusok relatív súlya, gyakorisága fontossága jelenik meg. A függőleges tengelyen ábrázolt mennyiség többféle lehet, nincs arra szigorú szabály, hogy mit kell választani, inkább a célszerűség szerint kell dönteni. Leggyakrabban az egyes hibatípusok gyakoriságát, illetve relatív gyakoriságát (hibaarányt) szokás ábrázolni, de célszerű lehet olyan mennyiségek választása, melyek az adott hibatípus által okozott veszteséget fejezik, tehát valamilyen hibaköltség érték. A hibaköltségek szerinti elemzés a Pareto-diagramban alapvetően gazdasági szempontból jobb lenne, mint bármelyik gyakoriság alapján történő elemzés, azonban a hibaköltségek pontos meghatározása a gyakorlatban nem lehetséges, szemben a hibák előfordulási gyakoriságával, ami (megfelelően kialakított hibaelemző rendszer esetén) többnyire számszerűsíthető. A gyakoriság és a hibaköltség közötti kompromisszumos megoldásként a gyakorlatban

léteznek olyan Pareto-elemzések, amelyek valamilyen súlyozott gyakoriság szerint értékelik az egyes hibatípusokat. A súlyszámok eldöntése itt is részben szubjektív értékelésből eredhet, emiatt inkább a gyakoriság alapján történő ábrázolás az elterjedt. [6]

Az ABC elemzés kevésbé teljes körű, zárt, kauzális, mint az Ishikawa (a legtöbb ilyen adatgyűjtés hibafajtákra, hibacsoportokra, hibahelyekre vagy hibatípusokra vonatkozik, és nem okokra), viszont nem annyira szubjektív és esetleges, mint például az FMEA.

A zavar aránya



4.1 ábra: Jellegzetes, kedvező lefutású ABC diagram

Forrás: [6]

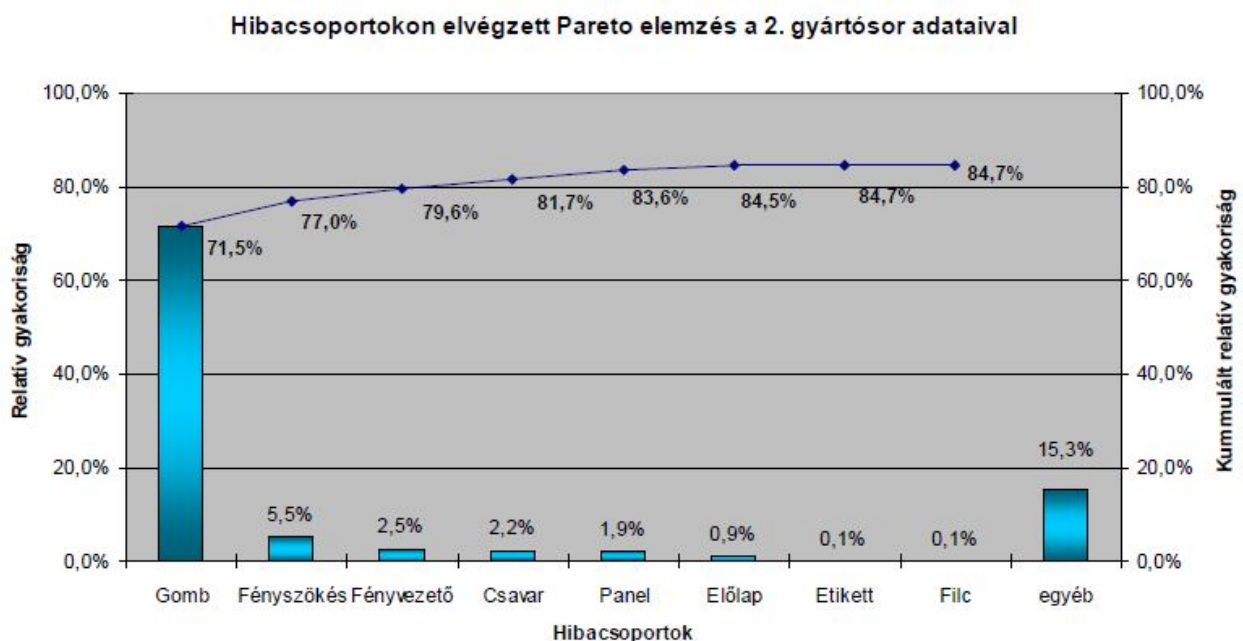
A Pareto-elemzés készítésének általános menete:

- A vizsgálandó probléma és az összegyűjtendő információ meghatározása;
- A vizsgálandó időszak kijelölése;
- Információgyűjtés, adatvételezés
- Arányszámítás;
- Oszlopdiagramos ábrázolás;
- A kumulatív görbe berajzolása (kumulált relatív gyakoriságok ábrázolása);
- Elemzés.

Bár a Pareto-elemzés kapcsán meg kell említeni, hogy a Pareto-elemzés lényegi részét nemmagának a diagramnak a megrajzolása jelenti. A Pareto-elemzés hangsúlyos részét a hibatípusok, hibakategóriák meghatározása, az előfordult hibák megfigyelése,

összeszámlálása jelenti. A diagram mindössze egy összesítő ábra, amelyben vizuálisan összehasonlítjuk a hibatípusokat. Az egész Pareto-elemzésnek az a célja, hogy kiépítsünk egy olyan rendszert, amelyben megfigyelhetjük, rögzíthetjük, megszámlálhatjuk a bekövetkezett hibákat, és a minőségjavító, minőségfejlesztő tevékenységünket ez alapján, céltudatosan, objektív alapokon viszik tovább.

A diagram készítésének menete gyakran kiegészül a kumulatív görbe – az összegzett gyakoriságok értékének – berajzolásával. Ennek, ill. a 80%-os értéknél képzeletben berajzolt vízszintes vonalnak a metszéspontja kijelöli az alaposabban vizsgálandó problémák körét.



4.2 ábra: Példa Pareto-diagramra

Forrás: [6]

Miután meghatároztuk a probléma súlyponti okait, lehetőség van arra, hogy az okok előidézőinek prioritásait újabb Pareto-diagrammal határozzuk meg (így a 4. 2. ábránk alapján lehetőség van arra, hogy a „gomb” hibacsoporton belül is megtaláljuk a „létfontosságú keveset”.)

A Pareto-elemzés fő tulajdonságai

- A problémák, ill. azok okainak viszonylagos fontosságát egyszerű, gyorsan elemezhető módon ábrázolja.
- Segítségével azonosíthatóak a kulcsproblémák, kiválaszthatóak a specifikus okok, így azokra a problémákra hívja fel a figyelmet, amelyek megszüntetése, ill. csökkentése a legnagyobb hatást váltja ki.
- Véd a látszatsmegoldásoktól, azaz attól, hogy olyan hibákkal, okokkal foglalkozunk, amelyek kisebb jelentőségűek az okozat kialakulásában, és ezzel esetleg olyan okok



hatását nagyítsuk fel, amelyek amúgy is nagyobb szerepet játszanak a probléma megjelenésében.

- A problémák több szempontú megközelítése, megértése érdekében a Pareto-elemzés különböző szempontok alapján elvégezhető.
- A Pareto-elemzés csak akkor végezhető el, ha megfelelő nagyságú, rendszeresen összegyűjtött adat áll rendelkezésre, amelyet viszonylag hosszabb időn keresztül gyűjtöttek.
- A Pareto-elemzés elkészíthető passzív és aktív adatbázis alapján, azonban az aktív adatbázis alkalmazása előnyösebb. Ez azt feltételezi, hogy az elemzés elvégzése előtt, az elemzés céljainak megfelelően kialakított mérőrendszerrel, szándékosan gyűjtötték a minőségre vonatkozó információkat, adatokat.
- A Pareto módszer elemzési oldalról alapvetően statikusnak tekinthető, hiszen a legtöbb diagram többnyire egy adott időszakot átfogó helyzetet tükröz, és a rendelkezésre álló adatokban a hibajelenségek időbeli változásait ezen belül nem követi. Ezért hosszabb távon törekednünk kell megfelelő szempontok szerinti szétválasztásokra, vagyis az adatok „dinamizálására” az elemzés hatékonyságának növelése érdekében. Ez oly módon tehető meg, hogy – ugyanolyan feltételek mellett – meghatározott időszakonként megismételjük a méréseket, ezzel követhetjük az egyes hibatípusok gyakoriságában beállt változásokat. Ezzel visszajelzést kaphatunk az időközben elvégzett javító intézkedések hatásosságáról. Hosszabb távon vizsgálódva felismerhetünk visszatérő kritikus hibákat, vagy éppen a kritikus hiba „vándorolhat” különböző hibatípusok között, vagy akár azonosíthatunk „magától eltűnt” hibafajtákat.
- Az ilyen sajátos összefüggések elemzése tovább mélyítheti a folyamatról alkotott képünket.
- Megjósolható és mérhető a javító intézkedések hatékonysága. Az intézkedések végrehajtása előtti és utáni elemzések összehasonlításával megvizsgálható az, hogy valóban sikerült-e a kulcsproblémákat orvosolni. Vagyis a Pareto elemzéssel láthatóvá válik a fejlődés. Ennek felismerése további javításokra ösztönözhet.
- A Pareto-elemzés és az ezt követő javító intézkedések rendszeres alkalmazásával eljuthatunk egy ún. hatékonysághatárig. Ez egy olyan helyzetet jelent, amikor már nem érvényesül a Pareto-elv. Nem tudjuk már azt az előnyt alkalmazni, hogy a jelentős számú hibafajta (hibatípus) közül kiemelkedik a kritikus vagy „A” csoportba tartozó, hiszen már a kritikus tényezőket kezeltük, illetve az időközben legfontosabbá váló hibákra is elvégeztük a lehetséges minőségjavító akciókat. Sikeres javító intézkedések hatására tehát ellaposodik a Pareto-diagram, vagyis nem jelent lényeges előnyt, ha a többihez képest a kicsit gyakrabban előforduló hibára koncentrálnak, hiszen ilyenkor már a mért gyakoriságok közötti különbségek akár a véletlen hatásának is tekinthetők.

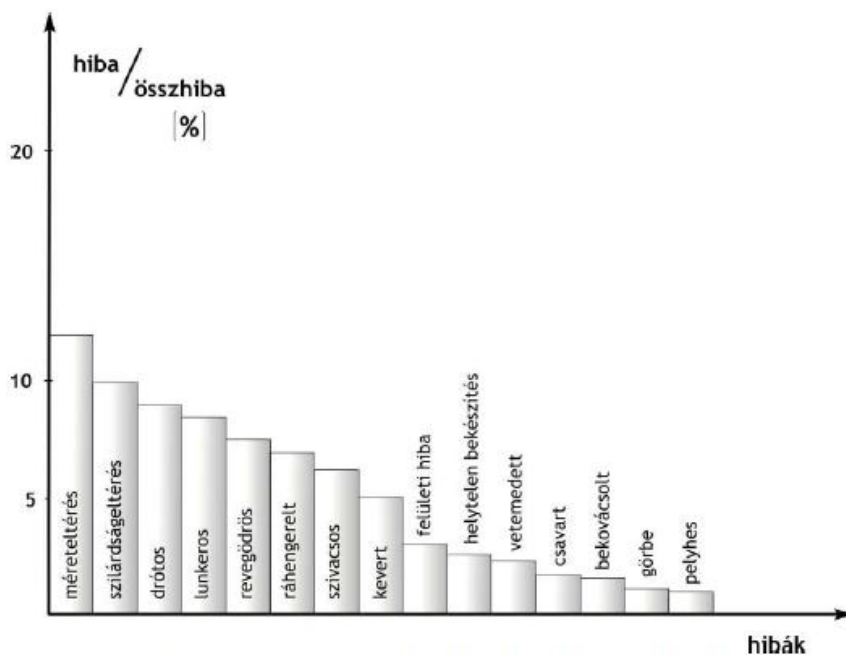
Amennyiben a Pareto-diagramból nem olvasható ki világosan, hogy mely hibacsoportok tekinthetők kritikusnak, akkor a következőket érdemes megfontolni:

- Lehetséges, hogy nem áll rendelkezésünkre elegendő adat. Hosszabbítsuk meg a megfigyelési időt az eredetileg meghatározotthoz képest (pl. 3 hónap helyett gyűjtsük az adatokat 6 hónapig).

- Ellenőriznünk kell, hogy helyesen készítettük-e el a gyakorisági kimutatást. Előfordulhat, hogy különböző gépekhez vagy operátorokhoz kapcsolható adatok keverednek. Ilyenkor már az adatok egyszerű különválasztása is eredményhez vezethet.
- Ellenőrizzük, hogy az y tengely (okozat) helyes dimenzióban lett-e megadva. A hibák gyakorisága és az ebből származó költségek eloszlása teljesen eltérő lehet.
- Előfordulhat, hogy nem megfelelően voltak meghatározva a hibacsoportok a felméréshez. Eredményre vezethet ilyenkor a hibaforrások újracsoportosítása és az ismételt adatfeldolgozás.

A következő diagram (4.3. ábra) egy gépipari (kohászati) termék selejtadatainak utólagos feldolgozásának példáján egy olyan helyzetet érzékeltet, amikor már nem érvényesül a Pareto-elv. Nem tudjuk már azt az előnyt alkalmazni, hogy a jelentős számú selejtfajta (hibatípus) közül kiemeljük a kritikus („A”) csoportba tartozókat, és a továbbiakban csak ezekre koncentrálnak az elemzéseket, majd a szükséges és lehetséges minőségjavító akciókat.

A konkrét esetben a selejtarány lényegesen meghaladta az elvárásokat, így az elemzés arra utalt, hogy a minőség szint a jelenlegi módon Pareto-módszer alkalmazásával már nem kezelhető.



4.3 ábra: Gépipari termék selejt okainak ABC eloszlása

Forrás: [7]

A Pareto-elemzések a japán minőségprogram első 5-10 évében igen jelentős mértékben járultak hozzá a tömeges belső minőségjavító tartalékok hatékony feltáráshoz, ezért a délkelet ázsiaiak felfogásában ez még ma is az egyik, minden minőségkör-tag számára megismerendő és alkalmazandó alapmódszer maradt.



A Pareto-elemzés adat- és információs háttére inkább passzív, de sok esetben hosszabb idejű passzív adatok (pl. múltbeli selejtanalitikák) alapján tervezhetünk félig aktív, vagy aktív kísérleteket is. Ez utóbbi esetben a mintavétel során már tudatosan és tervezetten be is avatkozunk a folyamatba.

A passzív adatok, ill. sokszor még a részben aktív adatok alapján is nagy a veszélye az ABC elemzések alapján a tüneti jellegű kezeléseknek, amikor nem jutunk el az alapvető hibaokokig, esetleg már éppen az adatfelvétel nem megfelelő volta miatt (pl. nem különítettük el az adatokat emberek, gépek, időszakok, beszállítók, termékfajták szerint).

A módszertant alapvetően inkább statikusnak tekinthetjük, hiszen a legtöbb diagram állapotot, többnyire átfogó helyzeteket tükröz, és nem kellő szelektivitással dolgozza fel a rendelkezésre álló adatokat. Ezért törekednünk kell – a korábban bemutatott egyszerű példákhoz hasonló – megfelelő szempontok szerinti szétválasztásokra, az adatok "dinamizálására" az elemzés hatékonyságának növelése érdekében.

Az ABC elemzés hatékonyságának határait az $1/4 - 3/4$ (esetleg $1/3 - 2/3$) arányokat jelölhetjük meg, azaz az ABC elemzés akkor hatékony, ha a hibalehetőségek, okok legfeljebb $1/4$ -én a hibák, okozatok legalább $3/4$ -e keletkezik. Ha az arány ennél rosszabb, pl. már túl sok tényezővel, hibaakkal, folyamatellel stb. kell foglalkoznunk vagy ezeken kevés okozat, következmény stb. koncentrálódik, akkor más módszert, vagy – pl. minőségmenedzsment elemzések esetében – más stratégiát kell választani.

4.3.2 Ok-okozati elemzés (halszálka, Ishikawa)

Ok-okozati elemzések egyik leggyakrabban alkalmazott típusa az Ishikawa-, ok-okozati vagy halszálka diagram névvel is illetett technika. Ennek célja, hogy az adott problémát, tényezőt, hibakövetkezményt stb. befolyásoló valamennyi vagy legfontosabb ismert okokat egy áttekinthető, összefüggő, rendezett halszálka alakú diagramban rendezzük, csoportosítsuk. Az ok-okozati diagram alapelve az, hogy egy hiba mindaddig előfordulhat, amíg az összes okát meg nem ismerjük. A különböző jelenségek és események összefüggnek egymással, és a minőségfejlesztés gyakorlatában a helyes beavatkozások érdekében sokszor az ok-okozati viszony elemzése szükséges. A helyesen és megfelelő részletettséggel elkészített ok-okozati diagram nemcsak az okozathoz közvetlenül kapcsolható okokat rendezi logikai rendszerbe, hanem az okokat kiváltó (indirekt) okokat is összegyűjthetővé teszi. [6]

(K. Ishikawa (1915-1989): a Tokio-i Egyetem egykori tanáraként állította, hogy egy probléma első jelei annak tünetei és nem az okai. A tünetek elleni fellépés nem lehet tartósan hatékony anélkül, hogy a mélyben rejlő eredendő okokat megértenénk, és ennek megfelelően cselekednénk. Az általa kidolgozott ok- és okozati diagramok, az oszlopos grafikonok és az Ishikawa-diagramok azonos jelentésű, de különböző elnevezései annak az alapvető eszköznek, amelynek segítségével különbséget tehetünk a tünetek, az okok és az eredendő okok között.

A felmerülő problémákhoz okokat kell rendelnünk. Ahhoz, hogy a probléma megszüntetésével kapcsolatban a helyes beavatkozások szülessenek meg az szükséges, hogy az okok elemzése alapján tervezzük meg azokat. Ehhez célszerű az ok-okozati viszonyok ábrázolására vizuális megjelenítéssel is kiegészített technikát alkalmazni. Ez



segítséget nyújt ahhoz, hogy az okokat a megoldandó problémával és egymással való kapcsolatukkal, összefüggéseikkel együtt hierarchikus rendszerben ábrázoljuk. Ennek megfelelően az okok két nagy csoportba sorolhatóak: egyes okok elsődleges vagy közvetlen okként, mások pedig a közvetlen okokat kiváltó okokként értelmezhetők. Az okok hierarchikus, többszintes elrendezése könnyebben eljuttathatja az elemzőt a hiba gyökeréig.

Általános menete:

1. A probléma megfogalmazása.
2. Válasszuk ki a megfelelő ok-okozati módszert.
3. Keressük meg azokat az okokat, amelyekre egy ok-okozati diagram felépítésekor szükség van.
4. Állítsuk össze az ok-okozati diagramot.
5. Értékeljük ki az okokat, illetve vizsgáljuk meg azokat a következőképpen:

Az ok-okozati diagram elkészítésének első lépése a vizsgálandó probléma precíz megfogalmazása. Amennyiben lehetséges, célszerű kvantitatív módon meghatározni az okozatot annak érdekében, hogy a problémamegoldási folyamat végén az eredmények objektíven mérhetőek legyenek. Magukat az okként azonosított jelenségeket, eseményeket is célszerű kvantitatív úton alkalmassá tenni az objektív feldolgozásra. [6]

Az ok-okozati diagram elkészítése általában team-munka keretében történik. Például a kreatív ötletek összegyűjtésére alkalmazott sikeres brainstorming technika eredményeképpen a flipcharton, vagy az asztalon nagyszámú ötlet, gondolat, elképzelés olvasható, amelyek teljesen összekeveredve, a felmerülés, ill. a brainstormingban résztvevők felszólalása alapján összevissza, rendezetlenül szerepelnek. Így az ok-okozati diagram a brainstorming eredményeképpen összegyűjtött okok rendezésére is használható, és a diagram grafikus formában mutatja meg a felmerült brainstorming ötletek közötti kapcsolatokat.

A közvetlen okok és a közvetlen okokat kiváltó indirekt okok felderítése során meg kell kísérelni, hogy egyetlen olyan lényeges ok se maradjon figyelmen kívül, amely okként szerepelhet a vizsgált probléma kialakulásában. Éppen ezért gyakran készítenek úgy okokozati diagramot, hogy előzetesen kialakított besorolásokat (fő okokat) használnak az okok megállapításához.

Az ok-okozati (halszálka, Ishikawa) diagram felvétele során a fő tényezőcsoportok meghatározása kétféle módon történhet. Kiindulhatunk például az 5M-9M elemeiből, mint a megfelelően működő folyamatok általános feltételeiből. A másik szokásos előzetes besorolás szerint a folyamat logikai sorrendjét, lényegi fázisait tekintjük fő tényezőcsoportnak, főokoknak.

Ha a főokok meghatározásakor az 5M szerint logikát alkalmazzuk, akkor a fő tényezők a következők lehetnek:

- gépek, berendezések (*Machine*);
- alapanyagok, segédanyagok (*Material*);
- módszer, technológia (*Method*);
- emberi tényező (*Man*),
- mérés (*Measurement*),



Az 5M a következő elemekkel bővíthető tovább 9M-re:

- karbantartás (*Maintenance*);
- anyagi feltételek (*Money*),
- környezet (*Millieu*),
- motiváció (*Motivation*).

A főokok meghatározásának másik alapvető technikája a folyamatok logikai sorrendjét veszi alapul. Például egy rendszer esetén a következő elemek képezhetik a főkokokat:

- piaci igények;
- tervezés-fejlesztés;
- beszerzés;
- gyártás-előkészítés;
- a gyártás és egyes rész-, ill. kiegészítő folyamatai.

Az eredetileg japán minőségi körök számára kidolgozott módszernek az a célja, hogy a befolyásoló tényezőket a lehető legteljesebb körűen felmérje, feltérképezze, ezért ennek – szemben a többi hibaelemzési módszerrel – nem célja a kritikus, tipikus, súlyos stb. tényező kiemelése, elválasztása. Ennek éppen az ellentéte a lényeges: a teljeskörűség. [6]

Ezért egy ilyen felfogás szerinti „jó” halszálka diagram összeállítása egyrésztől igen hosszú időt, jelentős ráfordításokat, türelmes, kitartó munkát igényel, másrésztől viszont az adott problémához jól értő, abban mélyebben elmerülő csapatokat, ill. team-tagokat feltételez.

Azonban megjegyzendő, hogy a módszer logikájának alkalmazása rövid időn belül is adhat ötleteket, ha a teljeskörűség igénye nélkül, olyan javítóintézkedést kívánunk kitalálni, ami a tüneti kezelés helyett valamelyik kiváltó okra koncentrálna. Ekkor azonban a halszálka diagram nem az ok-okozati összefüggések alapos feltárását jelenti, hanem egy okokra koncentrálnó ötletgyűjtést jelent. Ez a fajta rövid idejű, gyors halszálka diagram rajzolás az amerikai és európai kultúrában is könnyen alkalmazható technika, de nem azonos az ok-okozati rendszer alapos feltárásával.

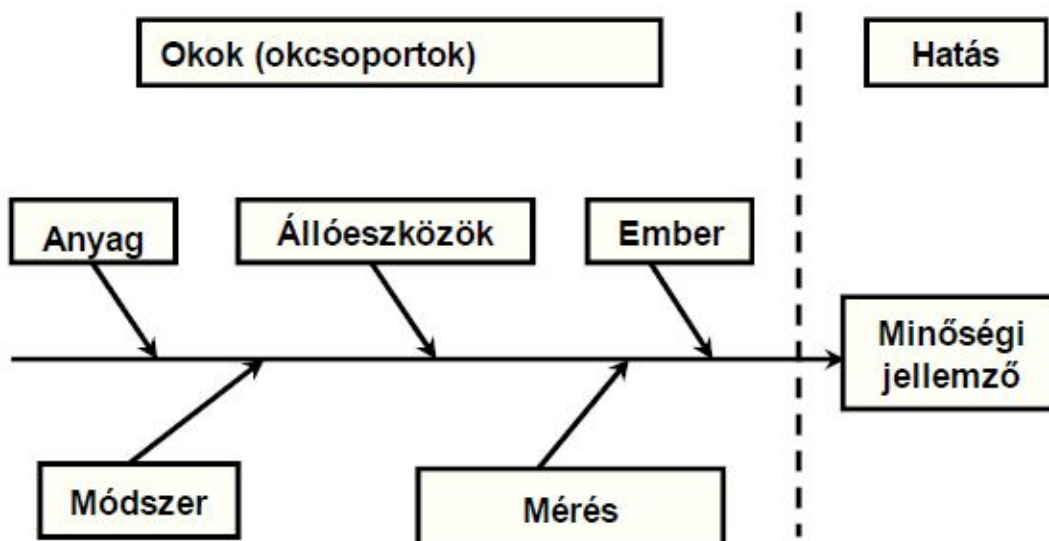
A teljeskörűségre törekvő Ishikawa módszer nem szelektív, nem gyors, jelentős adat és információs háttérrel, szakmai tudással hosszabb időn keresztül igénylő elemzési módszer.

Sikeres véghezvitele teljes körű, zárt ok-okozati rendszer felvázolását eredményezi.

Hatékonyasága, eredményei tehát csak hosszabb távon jelentkeznek. Alkalmazása olyan esetekben is jobb a többi hibaelemző módszernél, amikor a befolyásoló tényezők, okok között nem érvényesül kellő karakterisztikával az ABC–Pareto elv, ill. nincsenek tipikus, nagy kockázati számú, kiugró hibák, hibaokok, befolyásoló tényezők.

A 4.4. ábra mindössze csak az 5M szerinti főkokokat mutatja, azonban feltűnhet, hogy a jobb oldalon nem egy okozat, hanem általánosságban egy minőségi jellemző szerepel.

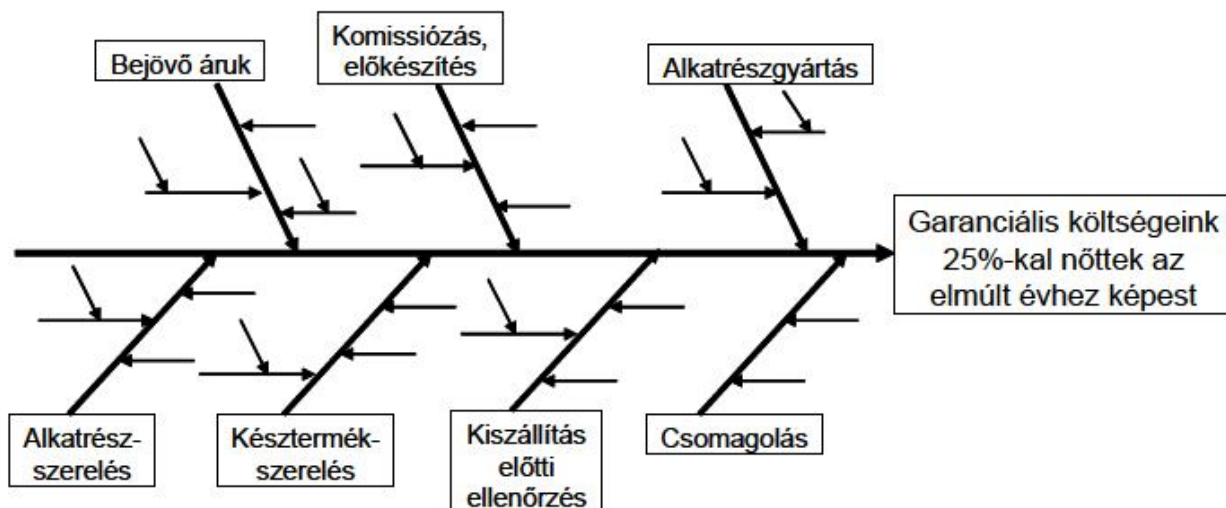
Lehetséges a halszálka diagram olyan alkalmazása, amikor nem egy okozat konkrét okait keressük, hanem egy minőségi jellemzőre ható tényezőket. Szokás ezt ok-hatás elemzésnek, vagy befolyásolás-elemzésnek nevezni:



4.4 ábra: Az 5M-re épülő halszájka diagram általános szerkezete

Forrás: [6]

A 4.5. ábrán pedig arra láthatunk példát, hogy egy gyártási folyamatban a folyamat fő lépéseit választották a főokoknak. Itt most csak ezeket a főkokokat, fő tényezőcsoportokat jelenítjük meg.



4.5 ábra: Főokok meghatározása egy folyamat fő lépései alapján

Forrás: [6]

Az ok-okozati diagram további tulajdonságai:

Az ok-okozati diagram kiválóan használható arra, hogy egy problémamegoldó folyamat tárgyát a probléma medrében tartsa, és a résztvevők ne „kalandozzanak el” a témától.

Az ok-okozati diagram olyan technika, amely támogatja az egyéni és csoportos tanulást, fejlődést: egy ok-okozati diagram létrehozásában való részvétel és az ötletek másokkal, a csoport tagjaival való megvitatása segítséget nyújt abban, hogy a résztvevők új dolgokra,



összefüggésekre figyeljenek fel, tanulhatnak a csoport más tagjaitól, és érthetővé válik mindenki számára a probléma mögött meghúzódó – sokszor nagyon bonyolult – ok-okozati kapcsolatrendszer.

Használható a diagram a pillanatnyi helyzet megértésére is. Az ok-okozati diagram létrehozásában való részvétel arra készíti az abban szereplőket, hogy figyelmesebben tanulmányozzák a munkájukat, munkakörnyezetüket, és mélyebben tanulmányozzák az okokat.

Az okként szereplő tevékenységek rutinszerű irányításához, menedzseléséhez is jól felhasználható egy gondosan elkészített ok-okozati diagram. Ha egy minőséget befolyásoló jellemző értéke nem megfelelő, vagy véletlen meghibásodás történik, az okokat kell keresni. Minden egyes alkalommal, amikor ez a tényező, mint ok megjelenik, jelölik a diagramon. Ezzel a gyakorlattal a tényezők napi, rutinszerű kezelése, menedzselése a fontosságuknak megfelelően fog történni.

A gyártási előírások létrehozásához és felülvizsgálatához is jó kiindulópontként használhatóak a diagramok. Az az egyén, team, amely képes egy jó ok-okozati diagram elkészítésére, az a probléma tartalmát, lényegét jól érti. A részletes diagramok eszközként használhatóak a technikai, műszaki irányelvek kidolgozásához, átvizsgálásához, standardok kialakításához.

Az ok-okozati elemzések esetén ajánlható, hogy az első lépésben a lehetséges befolyásoló tényezők, okok, hibák feltérképezésére egy laza ötletrohamot alkalmazzunk. Azzal, hogy a halszálla diagram az okokat, ötleteket hierarchikus rendszerbe foglalja, megmutatja a közöttük lévő kapcsolatokat, segíti az ötletek rendszerezését, és ennek alapján az ötletek főbb csoportokba való besorolása felhívja a figyelmet a kimaradt, nem kellően feltárt területekre. [6]

Az ok-okozati elemzések az adat- és informatikai vonatkozásokat tekintve jellegzetesen kettős tulajdonságokkal jellemezhetők. Egyes esetekben éppen akkor nyúlunk már ezekhez az inkább erős, de legalábbis kvázi-objektív módszerekhez, amikor már megfelelő számú, és megbízható múltbeli, döntően passzív adat, információ áll a rendelkezésünkre, máskor viszont éppen azért alkalmazzuk, mert még nincsenek adataink, információink, és ilyenkor aktív, jelen állapotú adat-, információ felvétellel, alapos szakmai, logikai tudás birtokában (tehát aktív módon) kezdünk hozzá egy Ishikawa összeállításához. E dilemma ellenére egy szisztematikus Ishikawa, vagy bármely más hibaterkép folyamatos és fokozatos elkészítése alapvetően inkább aktív adatbázisúnak tekinthető.

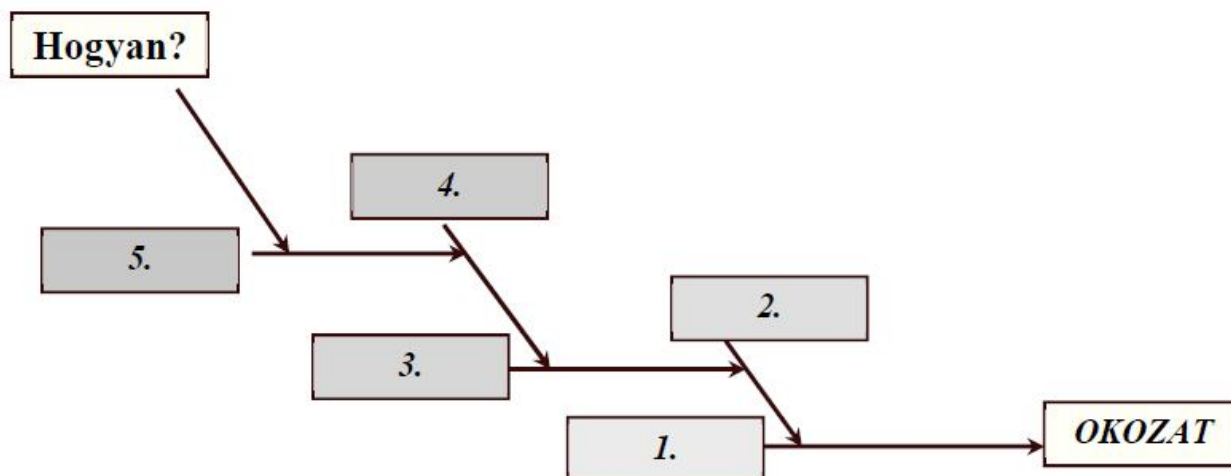
Az elemzési módszer oldalát tekintve ugyanezzel jellemezhetjük. Egyrészt a diagramok szerkezetükben már összefüggéseket mutatnak be, és a rendszer (pl. hiba-, vagy ok rendszer, vagy a folyamatrendszer) összefüggéseit eleve érzékeltetik, azaz azonnal dinamikus, összefüggésben szemléltetik a problémát. Másrészt viszont egyes speciális részhalmozok (pl.

beszállítók, gépek, egyes emberek, műszakok, időszakok) szerinti összefüggéseket nem mindig tudnak megjeleníteni időben dinamikus módon. Miután azonban ezek a módszerek elsődlegesen a logikai, oksági területen alkalmazandók, itt nyújtanak előnyöket, dinamikusságuk erről az oldalról nem vitatható. Így az ok-okozati típusú elemzéseket e tekintetben inkább dinamikus módszertannak kell tekintenünk, mint statikusnak.

4.3.3 5W+1H módszer

A nem kellően feltárt esetek fokozatos megközelítésére ajánlották a japán minőségkörök számára a rendkívül egyszerű, de sok módszertani anyagban szereplő 5W+1H módszert, amely arra hívja fel a figyelmet, hogy az ok-okozati kapcsolatok első, második lépcsőjében rendszerint nem jutunk el még a gyökérokokig csak a tünetig. Márpedig az okot kell megszüntetni. Ezért többször tegyük fel a Miért (Why) kérdést – és ha eljutottunk az alapokig, akkor tegyük fel a Hogyan (How) kérdést. Gondoljunk bele, hogy hányszor tapasztaltuk és tapasztaljuk saját gyakorlatunkban is ezt a tüneti kezelést a valódi okok megismerése és kezelése helyett! [6]

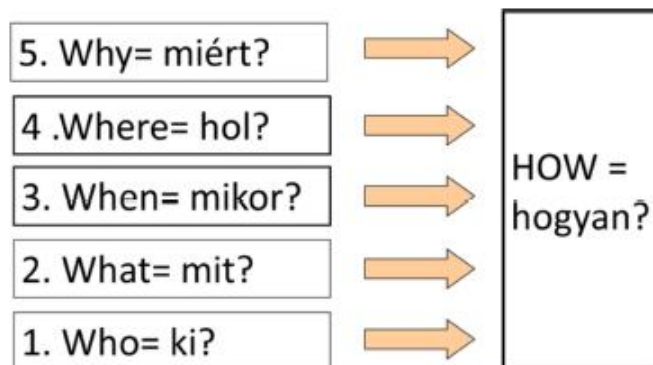
Az 5W+1H egy, az Ishikawa-nál is egyszerűbb logikai, gondolati séma (4.6.ábra). (Ötször tedd fel a kérdést: „miért”, és eljutsz oda, hogy felteheted a „hogyan” is.). Ezen elemzések iránti igény nagy valószínűséggel azért jelentkezett a múlt század hetvenes éveinek közepén, mert a helyzet a japán minőségkörökben megérett arra, hogy a munka fókuszusa a problémafeltárásról és a hibaelemzésről az érdemi ok-okozati összefüggések tisztázására tolódott át. Ha például az 5W+1H módszerrel elkerüljük a tüneti kezeléseket az „első szinten” – alkalmazása már megérte.



4.6 ábra: Az 5W+ 1H logika okozati gráfja

Forrás: [6]

Az 5W+1H módszernek létezik egy olyan másik változata, értelmezése (4.7. ábra), amely szerint először tisztáznunk kell az 5W kérdéskört: *Who?* (ki?), *What?* (mit?), *When?* (mikor?), *Why?* (miért?), *Where?* (hol?) – és csak ezután kíséreljünk meg választ adni a *How?* (hogyan?) kérdésre.



4.7 ábra: 5W+1H a körülmények tisztázására

Forrás: [6]

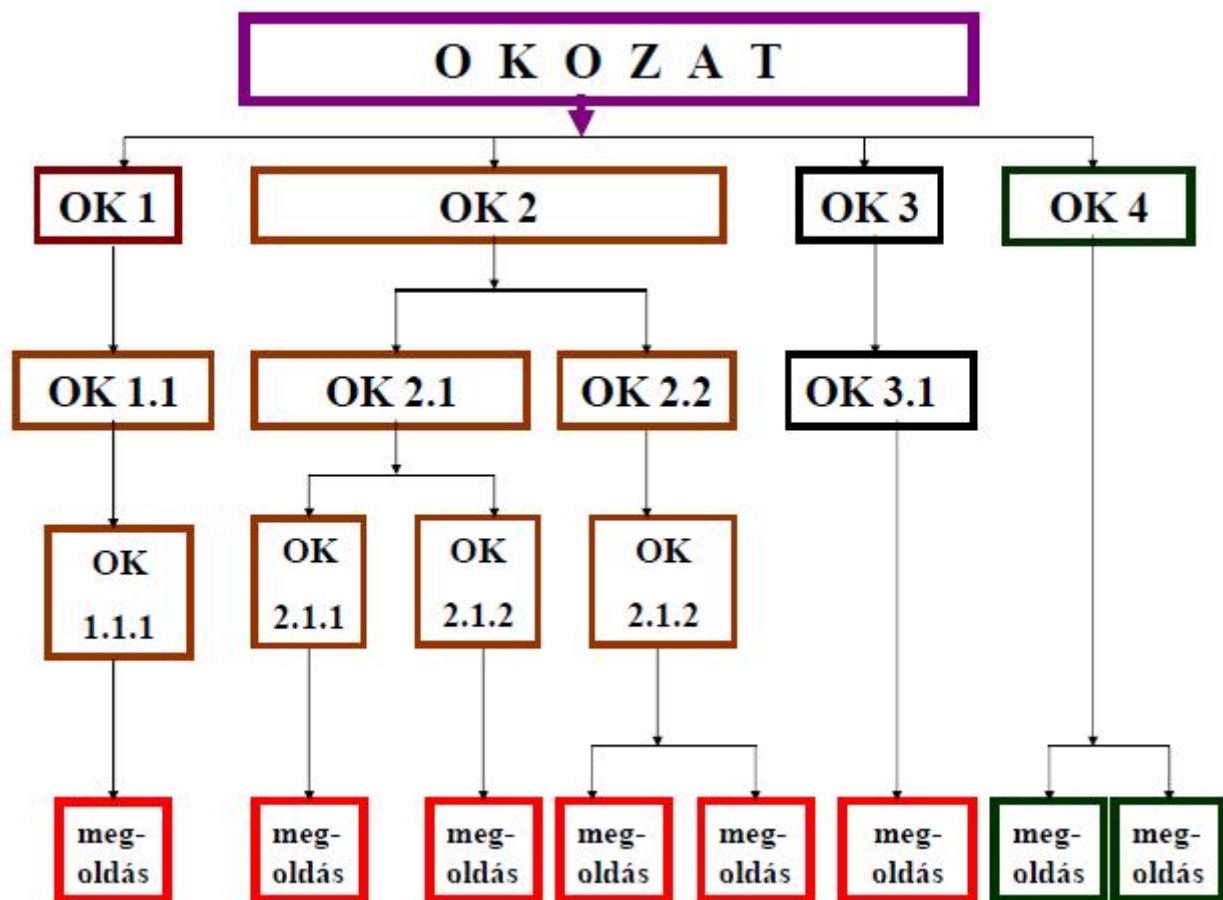
4.3.4 Fadiagram

A fadiagram első sorban célok és feladatok, de okok és okozatok kapcsolódásának ábrázolására is alkalmas. A vizsgált tárgy alkotja a fa törzsét, összetevői vagy okai a fa fő ágait, a további elemek pedig a kisebb ágakat. A módszer lényege, hogy egy tágon megfogalmazott cél egyre részletesebb intézkedésekre való grafikus felbontásával olyan intézkedéseket azonosítunk be, amelyeket végre kell, vagy végre lehet hajtani a kitűzött célok eléréséhez, ill. a vizsgált probléma megoldásához. [6]

A módszer alkalmazásának várható eredménye:

- Elősegíti, hogy a csapattagok tágítsák gondolkodásuk határait, amikor megoldásokat dolgoznak ki. Ugyanakkor mindenki kialakítja az elkötelezettséget a feladat átfogó céljai és rész céljai iránt.
- Minden résztvevő (és csapaton kívüli megfigyelő) számára lehetővé teszi, hogy minden részletezési szinten megvizsgálják az összes logikus kapcsolatot, valamint a terv teljességét.
- A tervezőcsapatot az elmélettől a gyakorlathoz vezeti.
- Láthatóvá teszi, hogy ténylegesen milyen nehéz a cél megvalósítása, és ezáltal segít a nehéz feladatok megoldását átláthatóvá és megoldhatóvá tenni.

Az ok-okozati elemzésekben használt fadiagramoknak tulajdonsága, hogy az okok minél részletesebb kibontása során az okok egyre inkább megoldásokhoz vezetnek, vagyis itt is fokozatosan a „miért?” kérdésektől a „hogyan?” kérdésekig jutunk. Egy ilyen fadiagram általános szerkezete a 4.8. ábrán látható:



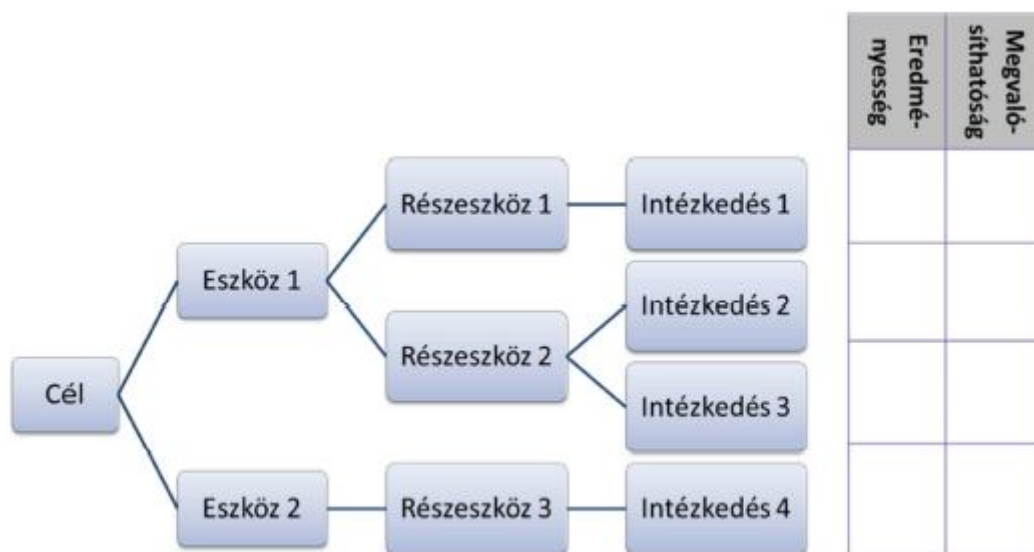
4.8 ábra: Ok-okozati fadiagram szerkezete egy konkrét gyakorlati esetre

Forrás: [6]

Alkalmazásának lépései:

1. Válasszunk egy célmeghatározás/okozatot!
2. Fogalmazzuk meg pontosan a feladatot! (A megfogalmazás mindig kérdő mondat formájában történik: Hogy...?, Hogyan...?, Mit kell tenni, ahhoz, hogy...?)
3. A kérdést írjuk fel egy cédulára, és tegyük fel egy nagyméretű papírlapra/ flipchartra!
4. Dolgozzuk ki a fadiagram főcímeit!
5. Bontsunk fel minden fő feliratot!
6. Vizsgáljuk meg az elkészült fadiagram logikai folyamatát és teljességét!
7. Válasszuk ki a megfelelő megoldási alternatívákat a megvalósíthatóság és az eredményesség figyelembevételével!

A 4.9. ábrán egy fadiagram látható, megvalósíthatóság és eredményesség vizsgálatával.



4.9 ábra: Fadiagram megvalósíthatóság és eredményesség vizsgálatával

Forrás: [6]

4.3.5 FMEA, hibalehetőség és befolyásolás elemzés

Az FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*, hibalehetőség és befolyásolás elemzés) a minőségmenedzsment egy igen elterjedt módszere. A módszert legtöbb esetben hibaelemzésre, hiba-feltérképezésre, kockázatelemzésre használják, leginkább az autóipar területén. Az autóipari minőségmenedzsment szabványok, követelményrendszerek megkövetelik a gyártóktól az FMEA módszer alkalmazását, ami talán az amerikai autógyártók által létrehozott QS-9000 követelményrendszer elterjedésével vált világszerte ismertté. Az FMEA manapság egyéb területeken is egyre inkább elterjedt módszerré és megoldássá kezd válni a különböző lehetséges hibák kockázatainak értékelésére.

Az FMEA módszer végrehajtása úgy történik, hogy a megfelelően összeállított szakmai team először összegyűjti a lehetséges hibákat, valamint ezek okait, hatásait. Az egyes lehetséges hibákat a következő három tényező szerint értékeli 1-10 pont közötti súlyozással:

- Súlyosság: a vevői használat közben mennyire súlyos az adott tényező, hiba által keletkező okozat, ill. következmény;
- Felismerhetőség: mennyire könnyű felismerni és lefedni az adott befolyásoló tényezőt, hibaokot;
- Gyakoriság: milyen gyakran fordul elő az adott hiba, tényező.

Ezután a számokból szorzással képzett kockázati számok (RPN, *Risk Priority Number*) alapján minősítik a lehetséges hibákat, befolyásoló tényezőket:

$$RPN_{ijk} = O_{ijk} \times S_{ijk} \times D_{ijk} \tag{4.2}$$



ahol az i elem j hibájának k veszélyét vizsgáljuk az O gyakoriságra, S súlyosságra, D felismerhetőségre kapott pontszám alapján.

A súlyszámok figyelembevételével konkrét minőségjavító intézkedéseket kell kidolgoznunk a kritikus preferenciaszámú (elvileg 125-nél nagyobb, gyakorlatilag a relatív, egymáshoz képesti súlyszámokat alapul vevő) okokra vonatkozóan. A javasolt intézkedés a megfelelő hatáskörű vezető jóváhagyásával konkrét felelőssel és határidővel rendelkező feladattá válik.

A végrehajtott minőségjavító intézkedés után egy ismételt FMEA alkalmával a javított helyzetre is célszerű meghatározni a súlyszámokat. Ezzel értékelhetjük a minőségjavító intézkedés hatásosságát.

Az FMEA-nak 2 fontosabb típusát szokás megkülönböztetni a vizsgált területtől függően.

- Konstrukciós FMEA-t használunk a konstrukciós megoldásokból, valamint a tervező előírásaiból eredő hibák feltárására és kiküszöbölésére;
- Folyamat FMEA-t egy termelő vagy szolgáltató folyamat elemzésére (4.10. ábra).

Az eljárás gyakorlati megvalósítása során előnyösen alkalmazható az FMEA értékelő formanyomtatvány. A táblázat „hibakövetkezmény súlyossága”, „hiba fellépés gyakorisága”, „hiba felfedezhetősége” oszlopaiban az adott szempont szerinti értékelő pontszámot írjuk, az RPN (Kockázati szám) oszlopba e pontszámok szorzata kerül. A többi oszlopot szöveges jellegű adatokkal kell kitölteni.

FMEA											Készítette: Dátum: FMEA-szám:		
Részvevő	Sz.	Komponensek/ Folyamat	Funkció	Hibafajta	Hiba következmény	Hibaok	Hiba elkerülése	Hiba feltárása	S	O	D	RPN	Intézkedések (felelős, határidő)

Callouts:

- Mik a funkciók, a jellemzők, a folyamat inputok, illetve a folyamat lépései?
- A lehetséges hatások meghatározása
- Jelenlegi intézkedések a hiba kontrollálására
- Súlyosság, gyakoriság, felismerhetőség értékelése
- Mit lehet tenni ellene? Hatások ellenőrzése!
- A funkció, a műveleti lépés stb. hibalehetőségeinek meghatározása
- A lehetséges okok meghatározása
- Jelenlegi vizsgálati, hibafeltérési intézkedések
- RPN érték kiszámítása

4.10 ábra: Folyamat FMEA formanyomtatvány fejléce

Forrás: [6]



Az FMEA öt lépése:

1. lépés: a lehetséges hibák, kapcsol összeállítása;
2. lépés: a lehetséges hibák, hibaokok súlyozása;
3. lépés: az ajánlott/ellenőrző/javító intézkedések, ezek felelőseinek, határidőinek meghatározása;
4. lépés: a döntés jóváhagyása és az intézkedés(ek) kiadása;
5. lépés: az intézkedés(ek) hatásának ellenőrzése.

A tapasztalatok alapján célszerű, ha a harmadik lépéstől kezdve csak már a kritikusnak tartott preferenciaszámú hibákra dolgozzuk ki az intézkedéssorozatot.

A feltárt összefüggések ismeretében a kockázatok csökkentésére alapvetően három lehetőség kínálkozik:

- hibahatást csökkentő,
- felismerhetőséget javító
- előfordulást megakadályozó, intézkedések bevezetése.

4.3.6 Hibaelemző módszerek összehasonlítása

Hibaelemző módszerek hatékonysága

Az egyes módszerek „hibaleszűkítő” képessége, „szűrőképessége” eltérő, ami a hatékony alkalmazást befolyásolja. E tulajdonságuk alapján a hibaelemzés legismertebb módszereinek hatékonyságát megközelítőleg a következő arányok jellemzik:

Pareto 1: 5-10

Ishikawa (halszálka, ok-okozati): nem célja a hibák leszűkítése

FMEA 1: 20 – 100

Az egyes hibaelemzési módszerek gyakorlati kombinálása

A gyakorlatban a hibaelemzési módszerek hatékonysága még tovább növelhető, ha a probléma természetéhez, a rendelkezésre álló erőforrásokhoz, az elemzésre biztosított (ill. rendelkezésre álló) időhöz, az adat- és informatikai bázis sajátosságaihoz igazodóan az egyes hibaelemzési módszereket kombináljuk. A legjellegzetesebb kombinációkat az alábbiakban mutatjuk be. [6]

Pareto-alapú kiindulás

1. Az eddigi adatok, információk alapján Pareto-diagram felvétele, az „A” típusú, kritikus hibák meghatározása;

A folytatásnak két változata lehetséges.

Első változat:

2. Az „A” típusú (vagyis kritikus) hibákra egy teljes körű Ishikawa-diagram felvétele, majd súlyozás, rangsorolás.
3. A legsúlyosabbnak ítélt hibaokokra szisztematikus FMEA elemzés(ek) elvégzése az értelemeszerű lépések elvégzésével.

Második változat:



2. Az „A” típusú (vagyis kritikus) hibákra az FMEA végrehajtása a második lépéstől kezdve;
3. Az FMEA legmagasabb rizikószámú eseteire Ishikawa-diagram(ok) szisztematikus felvétele.

FMEA alapú kiindulás

1. A legnagyobb rizikószámú hibák meghatározása FMEA módszerrel;

A folytatásnak itt is két változata lehetséges.

Első változat:

2. A legnagyobb rizikószámú hibákra az Ishikawa-diagram felvétele;
3. A célzott Ishikawa-diagram okain súlyozás, rangsorolás, és a legsúlyosabb hibákra Paretoelemzések megtervezése, előkészítése és végrehajtása; részletes ok-okozati elemzések, kísérlettervek a befolyásolás, csökkentés lehetőségeire;

Második változat:

2. A legnagyobb rizikószámú hibákra az Pareto-elemzés megtervezése, előkészítése és végrehajtása;
3. A végrehajtott Pareto-elemzés „A”, kritikus hibáira célzott, szűkített Ishikawa-diagram(ok) felvétele.

Ishikawa alapú kiindulás

1. Teljes körű Ishikawa-diagram felvétele;
2. Az Ishikawa-diagram lehetséges hibáin Pareto-alapú hibasúlyozás, hibaszűkítés;
3. A tipikus vagy „A” hibákra az FMEA hibaelemzés elvégzése.

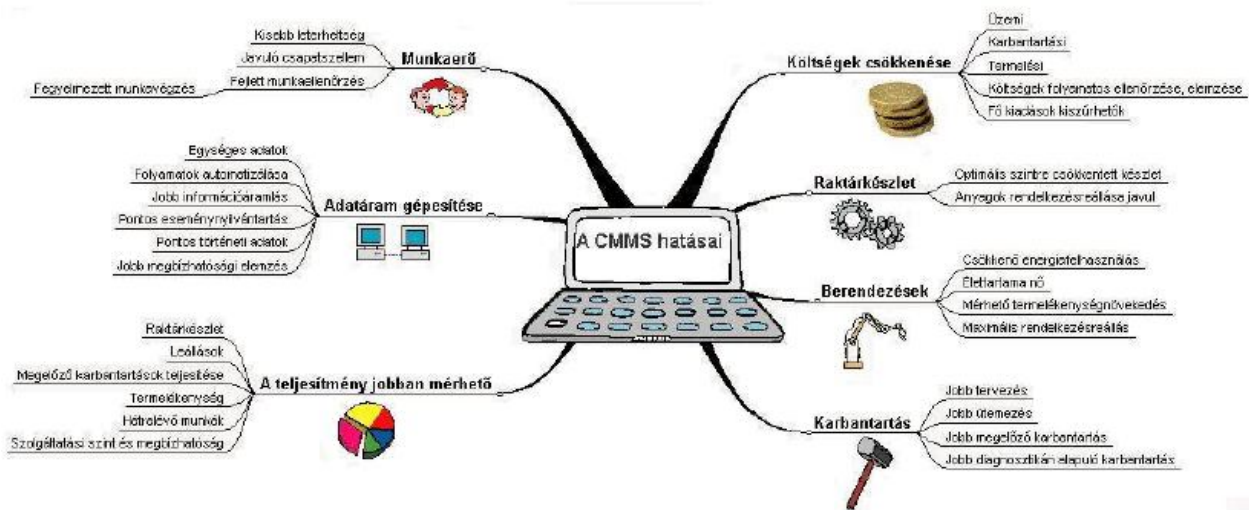
4.4 A CMMS – Számítógépes Karbantartás Menedzsment Rendszer

A CMMS (Computerised Maintenance Management System – Számítógépes Karbantartás Menedzsment Rendszer) egy gyűjtőfogalom, több ezer konkrét termékkel. Mint a neve is mutatja, elsősorban a karbantartási vezetők munkáját segíti a naprakész adatokon alapuló döntések meghozatalában. Sokan egyfajta katalizátornak tekintik a versenyelőny elérésében. Sajnos Magyarországon még egyelőre a vállalati informatika legelhanyagoltabb területe, bár az utóbbi időben egyre többen kezdik felismerni a jelentőségét. Egy ismert megállapítás szerint „ami nem mérhető, az nem is irányítható”, márpedig a CMMS kiváló eszköz a karbantartási teljesítmény mérésére – azoknál a vállalatoknál, ahol alkalmazzák. Tudnunk kell azonban, hogy a szoftver csupán egy eszköz, amely hihetetlen mértékben segíti, de önmagában nem javítja meg a karbantartást. Bevezetése előtt át kell gondolni és rendbe kell tenni a karbantartási rendszert, mert ennek hiányában csak a rossz információkat áramoltatjuk – minden eddiginél nagyobb mértékben. („A tehéncsapásra betonutat húzunk“.) A CMMS alapvetően tehát nem egy karbantartási rendszer, helyes működtetésével azonban a vállalat olyan átgondoltságot és rendszerességet ér el, hogy az már gyakorlatilag rendszernek nevezhető. [7]

Miért szükséges a CMMS, ha a karbantartás eddig is működött, nélküle is jól ment a milliárdos értékű gyár? – teszik fel sokan a kérdést. Valójában nem az a probléma a

vállalatok jelenlegi karbantartási (és termelési) rendszerével, hogy azok nem működnek. Nem elég hatékonyan működnek. A kép nem fekete vagy fehér, hanem árnyalt.

A CMMS alkalmazásának céljai és hatásai(4.11. ábra)



4.11 ábra A CMMS legfontosabb céljai és hatásai

Forrás: [7]

Költségek csökkenése

A felső vezetés leginkább a költségekre gyakorolt pozitív hatást veszi észre és díjazza. A CMMS folyamatosan követi, ellenőrzi és elemzi a költségeket, így a fő kiadások optimalizálhatók és kiszűrhetők. Mind rövid, mind hosszú távon csökkennek a karbantartási, az üzemeltetési és a termelési költségek (mivel pl. kevesebb selejt képződik, csökken az üzemzavarok és sürgősségi hívások száma, az alkatrészbeszerzési költség stb.).

Például az üzemben a gyorsan kopó alkatrészek felhasználását túl magasnak ítélték meg, és célul tűzték ki a felhasználás csökkentését. A cég által használt CMMS adatbázisából nyert adatok alapján a szakemberek elemezni tudták a helyzetet, majd ismereteikre támaszkodva javítottak a konstrukciókon, optimális beállításokat készítettek, dolgozói tréningeket tartottak. Az eredményt úgyszintén a CMMS segítségével mérték, s kontrolltervet készítettek a kedvező eredmény fenntartására. Az adott gépcsoport költségeiből kb. 20 %-ot sikerült ily módon lefaragniuk, amely a teljes termelési költség 10 %-a.

Karbantartási raktárkészlet optimalizálása

A csökkenő költségek egy része az optimális szintre csökkentett raktárkészletből adódik. A raktárkészlet minimum- és maximumszintjének folyamatos vizsgálatával mindig időben, és annyi (azaz nem több) alkatrész áll rendelkezésre, amennyi a munkalapok alapján szükséges, így javul az alkatrészek rendelkezésreállása is. Mindezek a korábbiakhoz képest csökkent raktárkészletben és költségben nyilvánulnak meg.

A jól szervezett, pontos nyilvántartással rendelkező raktárak könnyű és gyors elérhetőséget/megtalálhatóságot, az alkatrészhiány miatti állásidő visszaszorulását,



valamint jelentős idő- és pénzmeg-takarítást eredményeznek. A megtakarítás részben onnan is adódik, hogy a felhasználónak nem kell külön utakat megtennie, telefonokat bonyolítani, hogy megtudja, rendelkezésre állnak-e az adott munkához szükséges anyagok, mivel elég pusztán a rendszerben megnéznie a számítógépen. [7]

Karbantartás

A CMMS javítja a ciklusidőn alapuló karbantartást azzal, hogy segítségével a felhasználók folyamatosan nyomon tudják követni a hibatrendeket, és meg tudják határozni a géptönkremenetek és nem tervezett javítások fő okait. Ennek köszönhetően a karbantartási tervezés nagymértékben javul, és a megfelelő feladatokat a megfelelő időben végzik el. Ennek további előnye a szolgáltatási színvonal növekedése és a javítási/leállási idő csökkenése. [7]

Hosszú távon a szabályozottabb megelőző karbantartási feladatok növelik a berendezések élettartamát, ami egyre kevesebb sürgősségi hívást eredményez. A termelés a nem tervezett leállások idejével fordított arányos módon növekszik, a beszerzési költségek és a külsős szerződések csökkennek. A termelékenység növekedése mérhetővé válik. Növelhető a megelőző és diagnosztikán alapuló karbantartási feladatok aránya.

Az ismétlődő megelőző (TMK-jellegű) karbantartási feladatok, vizsgálatok automatikus ütemezése igen egyszerűen végrehajtható a szoftver segítségével. A megelőző karbantartási feladatok munkamennyiségének egyenletes elosztása gondot okozhat olyan feladatok tömegének figyelemmel kísérésekor, mint pl. az éves, szezonális, heti, napi javítás, vagy a hatósági ellenőrzésre való felkészülés. A nem kimondottan időhöz kötött karbantartási feladatok többnyire átütemezhetők olyan időszakokra, amikor a dolgozók munkaerőterheltsége kisebb, s ezzel növekszik a munkák hatékonysága. Bár a munkaerőterheltség elosztása nem tipikus CMMS-feladat, sokat segíthet a módosítások gyors elvégzésében.

Összességében a karbantartási részleg teljesítménye növekszik: ha a szervezet szervezett, kevesebb a rendetlenség és pazarlás, a CMMS soha nem felejt el, hogy milyen karbantartási feladatokat ütemeztünk. *„A rend hatékonyságot teremt”* (Széll Ferenc, Knorr-Bremse Kft.)

Dolgozók

Hosszú távon a dolgozókra is pozitív hatással bír a CMMS, még ha a bevezetés kezdeti szakaszában a szoftver használatával hirtelen leterhelt emberek ezt nem is érzékelik. Helyes és következetes használatával azonban csökken az alkalmazottak leterheltsége (a csökkentett számú üzemzavar eredményeként kevesebb a stressz, a dolgozók büszkének a jobb eredményekre, és arra, hogy modern eszközöket alkalmaznak), illetve a tervezési eszközök használatának eredményeképpen ez a leterheltség is egyenletesebbé válik.

Felmérések szerint az átlag cégeknél a karbantartási dolgozók átlagos termelékenysége 25-35% közötti. Ez azt jelenti, hogy egy munkás kevesebb, mint három órát dolgozik effektíven a nyolcból. Ennek oka elsősorban a szervezetlenség, aminek következtében a dolgozó ideje nagy részét felesleges utakra és várakozásra fordítja a termelő munka helyett – ez frusztrációt és fásultságot okoz. A CMMS helyes használatával az időpocsékolás csökken, s nagymértékben megnő a karbantartási munka tervezettség, szervezethez.

Az oktatások és a hatékony kommunikáció a bevezetés során javítják a csapatszellemet, amiből nemcsak a CMMS profitál, hanem a vállalat egésze, a fejlettebb munkaellenőrzés



pedig fegyelmezettebb munkavégzéshez vezet. Emellett magasabb szintű biztonság is elérhető (a gép megbízhatóságával együtt a biztonság is növekszik, a megelőző karbantartási eljárások munkavédelemre vonatkozó részeket is tartalmazhatnak).

Hozzáférhető adatok

A rendszer adatbázis jellegéből adódó lényeges előny az, hogy egységesedik a karbantartási rendszer, s ezzel csökken a papírmunkára fordított idő. Helyette több idő jut a tényleges feladatok elvégzésére. Csökken a papírmennyiség is, mivel lapok helyett számítógépes rekordokat írunk. Igen fontos az is, hogy MINDEN információ bekerül a központi adatbázisba az eddig rejtőzködő kockás füzetekből, s így minden jogosult felhasználó számára hozzáférhetővé válik – tehát ha a karbantartási vezető szabadságra megy, akkor nem visz magával a fejében minden információt, nem áll le nélküle a munka. A minőségbiztosítási rendszerek elterjedésével egyre fontosabbá válik, hogy sok más folyamathoz hasonlóan a karbantartás is dokumentálhatóvá és visszakereshetővé váljék – kiváló eszköz erre a CMMS. Az ISO-n kívül a törvény is előírhat ellenőrzéseket egyes berendezésekre, melyek ütemezésében és dokumentálásában szintén segít a CMMS. Szintén itt említhetjük meg a folyamatok automatizálásának javulását, illetve a pontos esemény-nyilvántartás és berendezéstörténeti adatok fontosságát. Ezek könnyen és gyorsan rendelkezésre állnak kritikus esetekben is, ennél fogva növekszik a karbantartási információk szintje. A megbízhatósági elemzések is pontosabbak lesznek: a CMMS a javítások típusa, gyakorisága és a hiba oka alapján követi az elvégzett munkákat és a berendezések történeti adatait, ami alapján lehetővé válik a hibatrendek megállapítása, illetve a hibakok eliminálása. [7]

Mivel a karbantartási vezetők manapság sokkal összetettebb helyzetekkel találják szembe magukat, mint korábban, egyre inkább előtérbe kerül az információk (és azok gyors elérhetőségének) szerepe, így a karbantartás menedzsment szoftvereknek is egyre kifinomultabbnak kell lenniük e feladatok sikeres támogatásához. A gyors és pontos adatáramlás, a naprakész és pontos jelentések több időt engednek a vezetőknek a gondolkodásra, tervezésre, lehetővé teszik a megalapozott döntések meghozatalát.

Berendezések

A berendezésekhez szorosan kapcsolódó lényeges hatások abból adódnak, hogy a javuló karbantartással a berendezéseink jobb állapotba kerülnek. Ennek következtében csökken az energiafelhasználásuk, nő az élet-tartamuk, megbízhatóságuk, termelékenységük és a rendelkezésreállásuk, amely a sürgősségi hívások csökkenését eredményezi. A termelés a nem tervezett leállások idejével fordított arányos módon növekszik, a be-szerzési költségek és a külsős szerződések csökkennek. A termék minősége is javul, mert a gépek egyenletes működése csökkenti a selejtszámot, s a gépek beüzemelése és üzemeltetése pontosabb. Egy mondatba összefoglalva: minimális ráfordítással érünk el maximális rendelkezésreállást.

A karbantartás teljesítményének mérése:

Az egész CMMS-kiválasztási, bevezetési és használati projekt alapjául egyrészt a legjobb gyakorlatokon, pozitív ROI-on (Return On Investment = megtérülés) és eszközmenedzsmenten alapuló üzleti folyamatok, másrészt a teljesítménymutatók szolgálnak. Ezen mutatók megléte azért fontos, mert ezek alakulásán mérhető le az előrehaladás sikere vagy sikertelensége, ezért kell mérhetővé tennünk a karbantartás teljesítményét, hiszen csak így tudunk hozzáfogni annak megjavításához. Ebben a CMMS



óriási segítséget nyújt. Az adatbázis sok rendszerezett karbantartási információt tartalmaz, amely lehetővé teszi a karbantartási teljesítmény mérését a munkaerő termelékenységére, a megelőző karbantartások teljesítésére, a gépleállásokra, a raktárkészlet mennyiségére, forgására, a visszamaradt munkákra, megbízhatóságra stb. vonatkozóan.

Azt, hogy a CMMS használatával vállalatunk mennyi nyereséget könyvelhet el, elméletileg onnan tudhatjuk, hogy a teljesítménymutatóink kedvezően alakulnak. Csakhogy ez nem olyan egyszerű kérdés, mint amilyennek látszik. Gyakran előfordul, hogy egy olyan vállalat, amely tudatosan gondolkodik, és a termelékenység növekedése érdekében CMMS-t vásárol és működtet, ezzel egyidőben egyéb projekteket is futtat. Ilyen esetekben nehéz meghatározni, hogy az adott eredményhez vajon milyen arányban járult hozzá a CMMS-projekt, a Six Sigma projekt, netán a TPM (Termelékenység Központú Karbantartás) vagy egyéb fejlesztés...

A CMMS bevezetése során egyre nagyobb mértékben jelentkező előnyös hatások valójában mind abból születnek, hogy a számítógépes karbantartás-menedzsment rendszer a karbantartási adatok tengerét (a döntés-hozataltól a kivitelezésen keresztül a jelentéskészítésig) könnyen átlátható és használható információvá alakítja.

Ahhoz azonban, hogy helyes teljesítménymutatókat nyerjünk, az adatbázisunknak helyes és naprakész adatokat kell tartalmaznia, ezt pedig akkor érhetjük el, ha a rendszert megfelelően használjuk. Továbbá nem elég csak a jelenlegi követelményeknek megfelelnünk, hanem előre ki kell gondolnunk, milyen lehetséges igények-re számíthatunk még feletteseink részéről, és ennek megfelelően kell a rendszert használnunk. [7]

A CMMS alkalmazásának előnyei

A CMMS nagymértékben fejleszti az információáramlást a vállalaton belül. Naprakész adatokkal és azok elemezhetőségével segíti elsősorban a karbantartási vezetők munkáját, de számos információ válik elérhetővé a többi karbantartó számára is. Lehetőséget nyújt a karbantartási teljesítmény mérésére, a feladatok és az erőforrások optimális elosztására, azaz röviden, nagyobb átgondoltságot eredményez.[7]



5. A „TELJESKÖRŰ HATÉKONY KARBANTARTÁS” A TPM FOGALMA

A TPM (Total Produktive Maintenance= Teljeskörű hatékony karbantartás):

- Olyan karbantartási és termelési rendszer, amelynek célja a termelékenység folyamatos növelése, valamint a kényszerleállás és meghibásodás nélküli termelés. Ezért a cég valamennyi dolgozóját aktív kis csoportos részvételre sarkallja. [4]
- Szorosan kapcsolódik a TQM-hez (Teljeskörű Minőség Menedzsment és támaszkodik az állapotvizsgálati technikára (Diagnosztika), és támogatja a folyamatos belső fejlődést.
- Másként: A TPM egy folyamatos üzemfejlesztési módszer, ami a gyártási folyamat gyors és folyamatos fejlesztését segíti elő az alkalmazottak bevonásával, jogkörrel történő felruházásával és az eredmények zártkörű mérésével.

A TPM talán szerencsésebb fordításban: Termelékenység központú karbantartás.

A TPM néhány jellemzője

- A TPM olyan módszereket foglal magába, amelyek a berendezés hatékonyságának javítását mozdítják elő: adatgyűjtés, elemzés, probléma megoldás és folyamatszabályozás.
- A TPM támogatja a berendezések folyamatos fejlesztését, és a cél érdekében belső szabványosítást, munkahelyszervezést, vizuális menedzsmentet és problémamegoldó technikát alkalmaz.
- Bevon olyan részlegeket is a közös munkába, mint a tervezés, termelésszabályozás, minőségbiztosítás, pénzügy és beszerzés, mert ezek kapcsolatban állnak a berendezésekkel: ez természetesen a vezetést és a felügyeletet is jelenti.

A TPM alapjait: a Just In Time (JIT) éppen időben és az 5S módszer adta.

5.1 JIT (Just In Time= éppen időben) egy termelékenység tökéletesítő rendszer

JIT: Nem pusztán a raktározás nélküli gyártásra koncentrál.

- 1) Munkaerő: fejlesztés → hatékonyság nő.
- 2) Raktárkészlet csökken.
- 3) Csak azt, és akkor gyártjuk, amit és amikor kell.
- 4) Csökkentsük a gyártóvonal hosszát (PL.: „V” elrendezés).
- 5) Legyünk büszkék a pazarlások eliminálására.

Lényegesen több áll mögötte, mint amit sokan hisznek. Nem pusztán a raktározás nélküli épp „időben történő” gyártás és szállítárendszer. Öt tényezőre koncentrál:



1. **A munkaerő** energiájának, kezdeményezőkézségének, képességeinek **a fejlesztése** a hatékonyabb munkavégzés céljából.
2. **A raktárkészlet** és a megmunkálás alatt álló termék mennyiségének **csökkentése**: ne gyártsunk, raktározzunk többet vagy kevesebbet annál, mint amire szükségünk van.
3. Az a cél, hogy **csak azt és akkor gyártsuk**, amit és amikor kell; megbízható berendezéseket és jól képzett, motivált munkaerőt feltételez.
4. **Csökkentsük a gyártóvonal hosszát** és alkalmazzunk „U”-alakú sorokat, hogy a munkaerő az aktuális feladatnak megfelelően sok helyet elérhessen.
5. **Legyünk büszkék** a pazarlások eliminálására. [10]

A TPM és a JIT között szoros az összefüggés. A JIT ugyanis nem működhet megbízható és hatékony berendezések nélkül és feltételezi a maximalizált ember-gép kapcsolatot.

5.2 A japán „5 S” a következő:

- Seiri - válogatás, a szükségtelen dolgok eltávolítása
- Seiton - rendszerezés
- Seito - tisztítás
- Seiketsu - szabványosítás, stabilizálás
- Shitsuke - példamutatás, fegyelem, fejlesztés

Az 5S módszer segít a termelőüzem átlátható és hatékony működtetésében. A rend és a tisztaság láthatóvá teszi a rendellenességeket és hibákat, a rend és a tisztaság fenntartásához az ember aktív és fegyelmezett hozzájárulása nélkülözhetetlen. A rend hatékonyságot teremt. A valóságban az 5S módszer egy magasabb szintű termelési kultúra megvalósításának az eszköze.

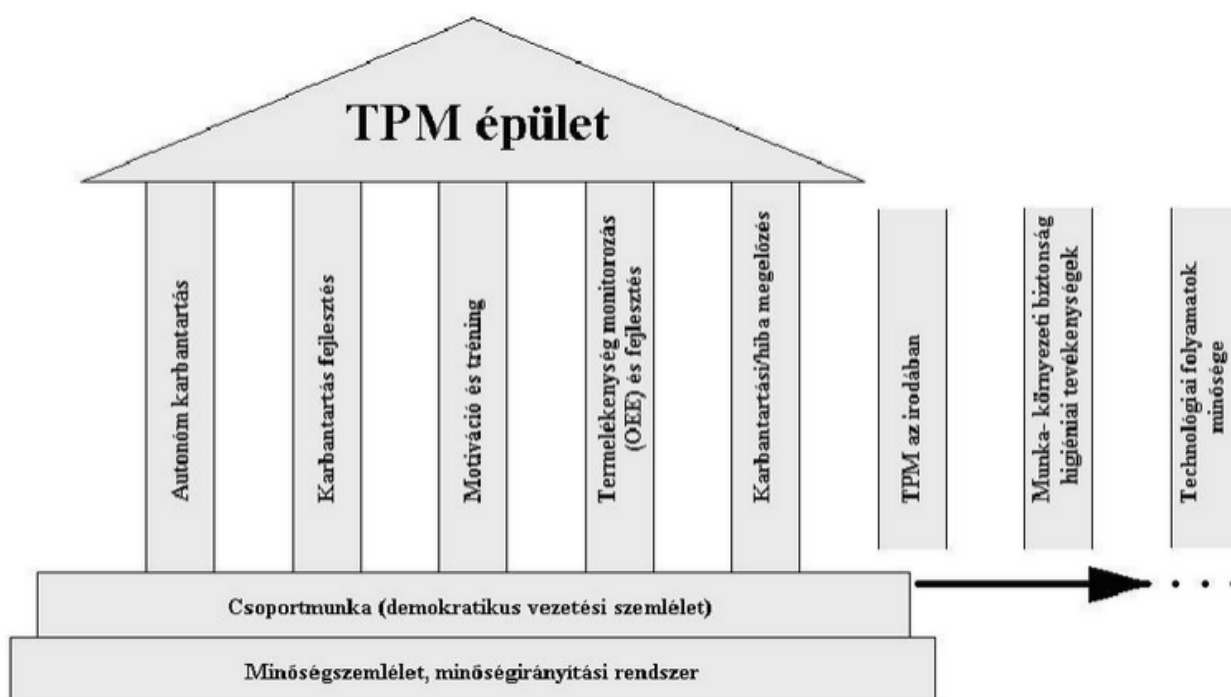
Eredetileg a TPM alapjait a „JIT” (Just In Time – éppen időben) és az „5S”- rendszer adta. Ezekre épül az öt nakajimai alappillér, amelyek a TPM fejlődésének eredményeként további pillérekkel bővültek. A TPM egyik végső célja a berendezés általános hatékonyságának javítása.

5.3 A TPM öt alappillére

- A jól képzett termelőkkel alakítsuk ki a tisztítás és a sajtaterős (autonóm) karbantartást.
- Fejlesszük és tegyük hatékonyá, célirányossá a karbantartást.
- Fejlesszük a termelők és a karbantartók tudásszintjét és motivációját.

- Folyamatosan mérjük a berendezés kihasználtságot (OEE – 6 veszteségforrás alapján) és vizsgáljuk a hatékonyságot csökkentő tényezőket. Hajtsunk végre célzott fejlesztéseket a fő veszteségforrások visszaszorítására. (A korszerű TPM szemléletben már 11 veszteségforrásra és a biztonságra is koncentrálnunk)
- Vezessünk be olyan megelőző technikákat, mint a javított berendezés tervezés és kiválasztás. (És a korszerű TPM felfogásban ide tartozik a meglévő eszközök fejlesztése, a csekélyebb problémák sorának eliminálása.)

A mai „korszerű” TPM szemlélet további pilléreket foglal magába, pl. a 4.1. ábrán látható módon. A különböző megközelítésekben léteznek 7, 9, 12 stb. pilléres TPM-ek is.



5.1 ábra: A TPM felépítésének öt építőköve – japán iskola – és kibővítése

Forrás: [8]

5.4 A hat veszteségforrás

A TPM célja az alábbi veszteségforrások minimálisra csökkentése.

- 1) Kényszerleállások, a berendezés meghibásodása.
- 2) Termékhibák: minőségi hibákból adódó veszteségek újra-megmunkálás és selejt.
- 3) Kiseb leállások és üresjárat.
- 4) Beállítások és átállítások időkiesése.



- 5) Csökkent termelési sebesség: Az ütemidők eltérése az előírttól.
- 6) Beindításkori veszteségek: a gyártósor beindítási nehézségei.

5.5 AZ OEE mutatószám

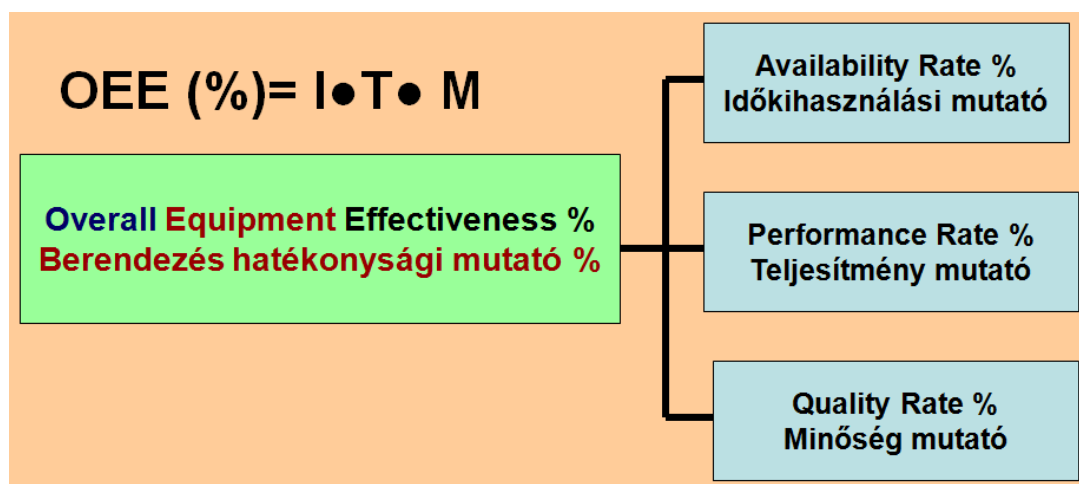
Az OEE jelentése: **Overall Equipment Effectiveness** - általános, átfogó, berendezés hatékonyság. Az OEE mutatószámot használják a TPM eredményességét bizonyító egyik mérőszámként a gépek, berendezések, gyártósorok és érték-előállító folyamatok hatékonyságának értékelésére és a javítási vagy fejlesztési irány meghatározására.

Az OEE elemei: $OEE (\%) = I \times T \times M$

I = időkihasználási mutatószám; %-ban mutatja meg, hogy a rendelkezésre álló időből mennyit működött termelő üzemmódban a gép;

T = teljesítmény mutatószám, %-ban mutatja ki, hogy az elfogadott (maximális) teljesítményszinthez képest milyen teljesítményszinten üzemel a gép;

M = minőség mutatószám, %-ban adja meg, hogy a legyártott termékből mennyi volt megfelelő minőségű.



5.2 ábra: Az OEE elemei

Forrás: [9]



6. A LEAN ELVEK

A **lean** (kiejtése: [lín], eredeti jelentése: 'karcsú') **egy vállalatszervezési, vállalatirányítási rendszer, amelynek célja, hogy a vállalat minél gazdaságosabban állítsa elő a termékeit, szolgáltatásait.** A lean vállalat a tevékenységeit elsősorban az alapján alakítja ki, hogy a vevő számára mi az érték. Ami a vevő számára nem teremt értéket, amiért a vevő nem fizet, azt a lean veszteségnek (pazarlásnak) tekinti, és a munkafolyamatok hatékonyságát ezeknek a veszteségeknek a megszüntetésével vagy minimálisra csökkentésével növeli.[8]

A vevő a lean esetében nem csak a vállalat vásárlóit, megrendelőit jelenti (ők a *külső vevők*), hanem a vállalaton belül egy olyan másik osztály, részleg munkatársait is (ők a *belső vevők*), aki az egy másik osztály vagy részleg által előállított termékekkel, szolgáltatásokkal tovább foglalkoznak, mielőtt azok a külső vevőkhöz érnek.

A leant használják *lean menedzsment* vagy *lean filozófia* szóösszetételekben is. A lean mint módszer legfőképpen az iparban terjedt el - és van ma is terjedőben - azon belül is főként az autóiparban. De bármilyen iparágban és a szolgáltatások (egészségügy, IT, pénzügy), valamint általában véve bármilyen irodai munka esetén is használható. Mivel főleg az ipar alkalmazza, módszereinek és eszközeinek szakirodalmi leírása is elsősorban ipari környezetben való felhasználásra készül, onnan meríti példáit. Napjainkban van kialakulóban és terjedőben a lean módszereknek speciálisan a szolgáltatások számára való alkalmazása és leírása.

6.1 A lean filozófia két fő alapelve:

- **az ember tisztelete, és**
- **a veszteségek, azaz az értéket nem teremtő lépések eltávolítása minden folyamatból, tevékenységből.**

Az ember tisztelete

Az ember tisztelete egy lean vállalatnál azt jelenti, hogy a vállalat számára fontosak a munkatársai (hiszen ők képezik a vállalat legfőbb értékét), tiszteletben tartja ötleteiket, véleményüket, gondolataikat. A lean szervezetek a bennük dolgozó emberek folyamatos fejlesztésével működnek. A veszteségek elkerülésére ők keresik a lehetőségeket a kaizen segítségével, ők működtetik hatékonyan a folyamatokat, vevőorientált mérőszámokat és mérési módszereket kialakítva. A lean vezető nem elsősorban utasításokat adó vezető, hanem jól ismeri a munkatársak munkáját, felismeri és megérti az összefüggéseket, támogatja beosztottait céljaik elérésében, fejleszti képességeiket.

Egy ilyen szervezetben mindenki felelős a kialakított rendszerért, követi annak előírásait és folyamatosan fejleszti, a környezethez, annak elvárásaihoz alakítja azokat. A lean bevezetése illetve alkalmazása sohasem okoz leépítéseket, elbocsátásokat, a folyamatos fejlesztés során felszabadult kapacitásokat új termékek kialakításába, új piacok keresésébe



illetve a vállalat folyamatos fejlesztésébe vonja be. A veszteségek, a felesleges tevékenységek megkeresésével és eltávolításával a lean kapcsolata a munkabiztonsággal és a környezetvédelemmel egyértelműen felismerhető.

Az érték és a vevő fogalma

Az értéket (vagy hozzáadott értéket) minden esetben az ügyfél, a vevő szempontjából kell meghatározni. Ebben az esetben nem fontos, hogy belső (a vállalat egy másik szervezeti egységéről) vagy külső (valódi, fizető) vevőről van szó. Egy folyamat számára **vevőnek** számít mindazon személy (ügyfél, páciens, vásárló), másik vállalati folyamat, másik vállalat (vevő), amely az adott folyamat termékét (legyen az valódi termék vagy szolgáltatás) felhasználja. Speciális vevőnek számít ilyen szempontból a vezető.

Így tehát hozzáadott érték az a tevékenység,

- amiért az ügyfél fizetni hajlandó,
- ami a termék funkcióját, színét, formáját, egyéb tulajdonságait úgy változtatja meg, hogy a termék közelebb kerül a vevő által elvártakhoz és
- amit már első alkalommal is helyesen végzünk el.

6.2 A veszteség fogalma

A **veszteségek** állandó keresése, elemzése és eltávolítása a lean vállalat egyik legfontosabb tevékenysége. **Veszteségnek számít mindazon tevékenység, amely közvetlenül nem állít elő a vevő számára értéket. Ezen tevékenységeket tovább kell osztályozni szükségtelen, megszüntetendő és az értékteremtést támogató, meg nem szüntethető kategóriákba.**

Az első csoportba tartozik a muda, mura és muri, a másodikba kerülnek például a folyamatok irányítását, felügyeletét szolgáló folyamatok.

Muda típusú veszteségek

Óno Taicsi munkássága során a vállalatoknál fellelhető veszteségeket 7 fő csoportba különítette el. Az azóta eltelt időben a veszteségfajták bővültek. **Az Óno által felállított veszteségfajták: a túltermelés, felesleges készletek, várakozás, felesleges mozgás, selejt, felesleges tevékenység, nem ergonomikus munkavégzés.** A később megállapított veszteségtípusok közé tartozik még **a rossz kommunikáció, a kihasználatlan emberi tudás.**

Mura típusú veszteségek

A *mura* egyenetlenséget, kiegyensúlyozatlanságot, szabálytalanságot jelent, a tervezhetőség teljes vagy részleges hiányát mind emberek, mind gépek munkavégzése esetében. A mura egyértelműen oka lehet számtalan, muda típusú veszteségnek.



Muri típusú veszteségek

A *muri* túlterheltséget, túlterhelést jelent, a standard munka hiányának egyértelmű jele. Vonatkozhat mind emberekre, mind gépekre. Emberek esetében az irreálisan sok munka, az indokoltnál gyorsabb munkavégzés, a folyamatos túlórák, extra műszakok, gépek esetében a maximális kapacitás közelében történő folyamatos működtetés lehet ilyen típusú probléma. A muri egyértelműen oka lehet számtalan, muda típusú veszteségnek.

6.3 A lean rendszer építésének 5 alapvető lépése

A lean rendszereket, függetlenül attól, hogy hol alkalmazzák, 5 fontos alapelv szerint kell felépíteni. Ezek sorrendben a következők:

- Meg kell határozni, mi a vevő számára a hozzáadott érték (value)?
- Ki kell alakítani azt a folyamatot (value stream), amely a vevő számára az értéket előállítja.
- Ezt a folyamatot úgy kell üzemeltetni, hogy az anyagok, alkatrészek, információk akadálytalanul áramolhassanak (flow).
- Az így kialakított folyamatokkal csak azt, akkor és olyan mennyiségben kell előállítani, ahogy, amikor és amilyen mennyiségben a folyamat ügyfele igényli (pull).
- Az így felépített rendszert folyamatosan fejleszteni, tökéletesíteni kell (kaizen/perfection).

Az egyes lépések a következőket tartalmazzák:

1. **Az érték meghatározása** mindig a vevő szempontjából történik. Ennek érdekében meg kell tudni, mik a vevő igényei termékeinkkel, szolgáltatásainkkal kapcsolatban. Ez történhet külső vevők esetében a marketing eszközeivel, belső vevőink esetében személyes beszélgetések segítségével. Az így meghatározott értéket minden esetben célszerű a vevővel közösen megállapított mérőszámokkal pontosan leírni, mivel ezek képezik a későbbiekben a folyamatos fejlesztés alapját.
2. **Az értékteremtő folyamat feltérképezése** minden esetben a folyamat helyszínén (genba) kell, hogy történjen, a folyamat irányával megegyezően haladva. A tevékenység eredménye az ún. értékáram-térkép (value stream map), annak is az ún. jelenállapot térkép (current state map) verziója. Mielőtt a folyamat fejlesztésébe kezdenénk, célszerű céljainkat egy ún. jövőállapot térképben (future state map) összefoglalni.
3. **Akadálytalan áramlás biztosítása**, az ún. flow elv. A folyamatból el kell távolítanunk minden olyan veszteséget, hogy a termék akadálytalanul jusson végig az előállító folyamaton.
4. **Húzórendszer kialakítása és üzemeltetése**, az ún. pull elv. Egy adott folyamatnak csak akkor, annyit és oda kell a terméket előállítania, amikor, amennyit és ahova a vevő azt igényli, természetesen az általa elvárt minőségben.
5. **A folyamatos fejlesztés**, a kaizen filozófiája. Lényege, hogy folyamatainkat mindig fejlesztenünk kell annak érdekében, hogy a vevőink által elvárt értéket minél kevesebb ráfordítással legyünk képesek előállítani. A kaizen elsősorban a



tevékenységeket végrehajtó munkatársak ötleteire építő folyamat, melynek alapja minden esetben egy ún. standard.

6.4 Lean szolgáltatások

A lean termelő vállalatok is számtalan külső és belső szolgáltatást igényelnek, így a lean filozófia egyre inkább teret nyer ezen területeken is. Az ember tiszteletét és a veszteségek állandó kutatását, megszüntetését, a folyamatos fejlesztést és fejlődést célul kitűző gondolatok megjelentek már beszerzési, személyügyi, pénzügyi és információtechnológiai szervezetekben, vállalatoknál, kórházakban és klinikákon, bankoknál és biztosítóknál.

Összefoglalás: A Lean menedzsment lényege, hogy az érték előállítási folyamat (Értékáram) átfutási idejét csökkentik a hozzáadott értéket nem termelő veszteségek szisztematikus feltárásával és csökkentésével. Az üzleti működés és annak fejlesztése középpontjába a „Hozzáadott értéket” állítják. Mi az, ami értéket teremt, mi az, amiért hajlandóak fizetni az ügyfelek? Minden egyéb tevékenység veszteség. Tehát veszteség, ha olyan terméket vagy szolgáltatást állítunk elő, amire nincs igény, ha feleslegesen erőforrásokat, energiát használunk fel ennek érdekében.

6.5 Kanban rendszer

A JIT üzemirányító rendszere a *Kanban* rendszer.

Kanban (看板, magyarul „kártya”, „tábla”, „bizonylat”) a termelés vezérlésének a **Pull-Prinzip** (azaz *húzó-* vagy *hívóelv*) és kizárólag egy fogyasztási helyen fellépő igény kielégítésére koncentrál. A kanban rendszerben egy (kanban) mennyiség fogyása alapján irányítjuk a gyártást, vagy beszerzést. A klasszikus "toló" rendszerű alapanyagellátással szemben, amikor az igény alapján gyártunk, itt a kanbanban tárolt mennyiség tartása a célunk. Az igény kiszolgálása így közvetett módon teljesül. Ezért nevezzük "húzó" rendszernek.

A **kanban** a „**Just In Time**” nevű vezetéselméleti gyártási rendszerben használatos japán fogalom, melynek szó szerinti jelentése „jel”, vagy „utasítás kártya”.

A rendszer sarkalatos pontja a kanbanban tárolt mennyiség meghatározása. Ezzel biztosítható az alacsony készletek mellett is a maximális rendelkezésre állás.

A kanban tehát egy gyár termelőegységében alkalmazott kézi jelzés-rendszer, mely kártyákat használ valami szükség látható jelzésére. Más eszközök is használatosak erre a célra: vannak akik műanyag jelzőszalókat (amit kanban kockának hívnak), vagy labdákat (gyakran golf-, vagy pingponglabdákat) használnak valamilyen gyártási mozgás kiváltására. Ilyen mozgás lehet egy gyárban egy segéd-, vagy nyersanyag igénylése, vagy egy félkész termék továbbítása.

Például, mondjuk egy termelési egységben lévő munkapadon két polc van a munkaasztal két oldalán. A nyersanyagokat az egyik (bejövő) polcra helyezik, a készterméket pedig a

másikra (kimenő). Ezek a polcok ebben az esetben kanban-ként szerepelnek. A kimenő-polcra helyezett kis zászlócska például jelezheti, hogy a polcon lévő késztermékeket el lehet vinni, vagy a bejövő polcon lévő zászlócska újabb nyersanyagot igényelhet...stb.

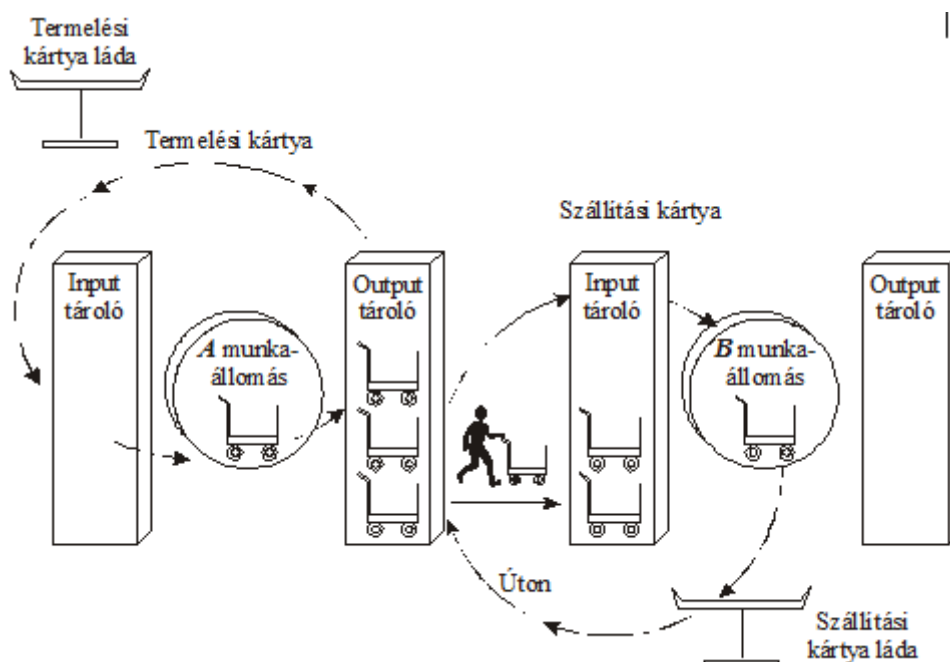
A kanban általában valamilyen mértékegységet jelöl, például egy doboznyi készterméket, és ha több doboznyi készült el, akkor a jelek száma jelezheti azt. Ez előnyös lehet az anyagmozgatók számára munkájuk ütemezése szempontjából.

A Kanban rendszert olyan gyártósorokon lehet alkalmazni, ahol a termelés mennyisége a közepes sorozatgyártás ('batch production') alsó határa és a tömeggyártás ('mass production') közé esik.

A Kanban egy húzó jellegű gyártásirányító rendszer. Ez azt jelenti, hogy egy adott gyártmány gyártására vonatkozó igény a gyártósor utolsó megmunkáló egységén jelenik meg először, majd a megelőző gyártási munkahelyeken végigfutva eléri az elsőt.

A húzó típusú gyártásirányítás lényeges vonása a decentralizált vezérlés. A gyártósor állapota nem irányítható globálisan, hanem kizárólag a gyártási alapegységeknek tekintett munkahelyek lokális irányításának összessége tekinthető gyártásirányító rendszernek.

A Kanban rendszer működése



6.1 ábra: A Kanban rendszer működése

Forrás: [6]



A Kanban rendszer alapszabályai

- Csak standard konténert lehet használni.
- Minden konténerben azonos, előre meghatározott mennyiséget szabad elhelyezni.
- Konténer csak az üzemrészek input és output tárolóiban lehet.
- Konténert nem szabad elmozdítani szállítási kártya nélkül.
- Gyártást nem szabad elkezdni termelési kártya nélkül.

A rendszerben lévő készleteket a kártyák száma határozza meg.

7. GÉPEK TÖNKREMENTELE, KOPÁSI FOLYAMATOK ÉS KOPÁSOK TÍPUSAI

7.1 A károsodások, a tönkremenetel okai

Károsodásnál [1] a szerkezetet üzemelés közben olyan hatások érik, melyeknek következtében funkciójának ellátására fokozatosan alkalmatlanná válik. A tönkremenetel leggyakoribb okai:

- Egy önmagában dolgozó gépnek vagy egy gépcsoport (gyártórendszer) adott részegységének meghatározott funkciókat kell ellátnia a termelés folyamatosságának érdekében.
- A gépeket azonban, mint tudjuk üzemeltetésük során folyamatosan és/vagy szakaszosan külső befolyások érik, amelyeknek következményeként használhatósági tulajdonságaik romlanak, használati értékük csökken, egészen addig, míg a részükre meghatározott feladatokat már nem tudják végrehajtani.
- Ezen hatások olyan meghibásodásokat idéznek elő az alkatrész működésében, amelyek korlátozzák, vagy kizárják a rendeltetés szerű használatot.

ÉRTÉKSÖKKENTŐ HATÁSOK					
JELLEGE	MŰSZAKI – FIZIKAI			TECHNIKAI – GAZDASÁGI	
MÓDJA	KÁROSODÁSOK			ELAVULÁS	VÉGELHASZNÁLÁS
MEGJELENÉSI FORMÁJA	ELHASZNÁLÓDÁS	TÚLTERHELÉS	ÖREGEDÉS	GAZDASÁGTALAN ÜZEMELÉS	TELJES TÖNKRE-MENETEL
AZ IDŐBELI LEFOLYÁS JELLEGE					
JELLEMZŐ PÉLDÁK	-kopásnak kitétt alkatrészek (siklócsapágyak, gördülőcsapágyak, fogaskerekek, stb.)	-sebességváltók, kapcsoló szerkezetek, csapágyak (kifáradás) villamos égők	-gép állvány vete-medések, elcsavarodások műanyag, és gu-mi alkatrészek előregedése	-régí szerszám-gépek, gőzmoz-dony, transzmisszió hajtás	-biztosító szeg, nyírócsapok, olvadóbiztosíték, csomagolás, puskagolyó, stb.
He — a relatív használati érték I — a károsodás intenzitása					

7.1 ábra: Az értékcsökkentő hatások

Forrás: [1]

A károsító hatások két fő csoportra oszthatók [1]:

- **A technikai - gazdasági hatások** akkor is kifejthetik káros befolyásukat, ha az adott gép, vagy szerkezet egyébként üzembiztos. Az értékcsökkentő hatások módja szerint ez a csoport **elévülés** és **végfelhasználásra** bontható



- **A műszaki- fizikai értékcsökkenő hatások**, ezek fejezik ki mindazon tényezőket, amelyeket összefoglaló néven károsodásoknak nevezünk. A károsodások a hétköznapi életben méret, vagy alakváltozásokban, az egyes részek geometriai viszonyainak megváltozásában, illetve a felületek minőségének, vagy más egyéb tulajdonságainak megváltozásában nyilvánulnak meg. Jelentkezési formájuk szerint három csoportba sorolhatók: **elhasználódás túlterhelés, öregedés**.

A meghibásodások csoportosítása a 7.2 ábra alapján a következők lehetnek:

1. Szerkezet szerint: <ul style="list-style-type: none">• szerelt egységek meghibásodása• alkatrészek, szerkezeti elemek meghibásodása	2. A hatás jellege szerint <ul style="list-style-type: none">• üzemi alkalmasság részleges csökkenése (hibás működés)• működésképtelenség
3. Megjelenési forma szerint <ul style="list-style-type: none">• üzemeltetési jellemzők változása• méretváltozás, illesztési hiba• alakhiba, felületi hiba• alakváltozás (görbeség, elcsavarodás)• repedés, törés• felületi réteg tulajdonságainak változása• anyagösszetétel vagy szövetszerkezet megváltozása	4. Az elhasználódás mechanizmusa szerint <ul style="list-style-type: none">• súrlódás kopás• abrázíó, erózió• kavitáció• anyagfáradás• korrózió, öregedés• hő okozta változás
5. Hiba oka szerint <ul style="list-style-type: none">• konstrukciós hiba, anyaghiba• gyártási hiba• helytelen üzemeltetés• fenntartási hiányosságok• természetes elhasználódás	

7.2 ábra: A meghibásodások csoportosítás

Forrás: [1]

A károk módja azt mutatja meg, hogy egy adott károsodás hogyan megy végbe. A használati tulajdonságokban bekövetkező változások leírása a károk hatására utal. A kárt okozó igénybevételek a károk. A kár okozója annak a termelési folyamatnak a leírása, amely területről a meghibásodás eredete származik (objektív, szubjektív okok). A károk keletkezése a károsodás időbeli lefolyás jellegére utal. A kár megjelenési formája arra ad felvilágosítást, hogy a hibakeresés során feltárt hibáknak, károknak milyen a külső



megjelenési formája. A károsító hatások igen sok félek lehetnek, előfordulásuk előre nem meghatározható sztochasztikus jellegűek. A károsodások össze is kapcsolódhatnak, ami nehezíti a hibák feltárását. Az iparban a legtöbb kárt a tervezési, gyártási, valamint az üzemeltetési hibák okozzák. Gyártási, előállítási hibák lehetnek méret vagy alakhibák, hegesztési, ragasztási, szerelési, valamint beállítási hibák. Ezek rosszul megválasztott technológiából, technológia adatokból, valamint emberi mulasztásból keletkeznek, és hatásuk a gép korai szakaszában is jelentkezhet. Üzemeltetés során a gépeket károsító folyamatok főbb megjelenési formái:

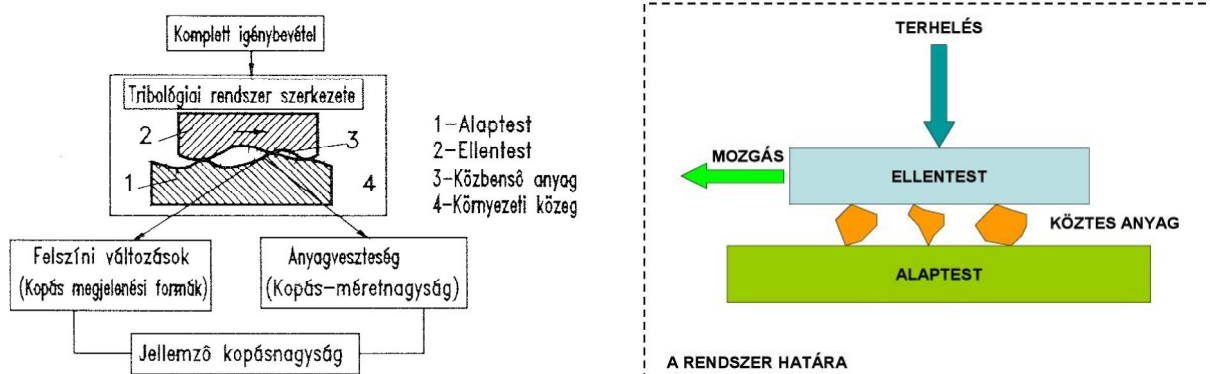
- az elhasználódás esetben valamilyen tömegcsökkenéssel járó felületpusztulási folyamatra utal. Három fő okozója van a kopás, a korrózió és a kifáradás.
- a túlterhelés, amelyet a műszaki szerkezetek helytelen használata, valamint az elhasználódás túlzott mértéke okozhat.
- az öregedés az anyag belsejében végbemenő folyamat, amely az igénybevételtől függetlenül jön létre, és még az alkatrész hasznos tervezett élettartamán belül, főként szilárdságcsökkenésben, anyagszerkezeti jellemző változásában (romlásában) és deformációjában nyilvánul meg.

A károsodás bekövetkezhet: **terhelés hatására, termikus hatásra, tribológiai hatásra (kopás), korróziós hatásra, besugárzás hatására.**

7.1.1 Kopás

A kopás az egymással érintkező anyagok relatív elmozdulásakor fellépő súrlódás miatt következik be. **A kopás lényegében a szilárd anyagok felületének anyagvesztése,** amelyet kizárólag vagy esetleg más igénybevétellel társult mechanikai igénybevétel okoz.

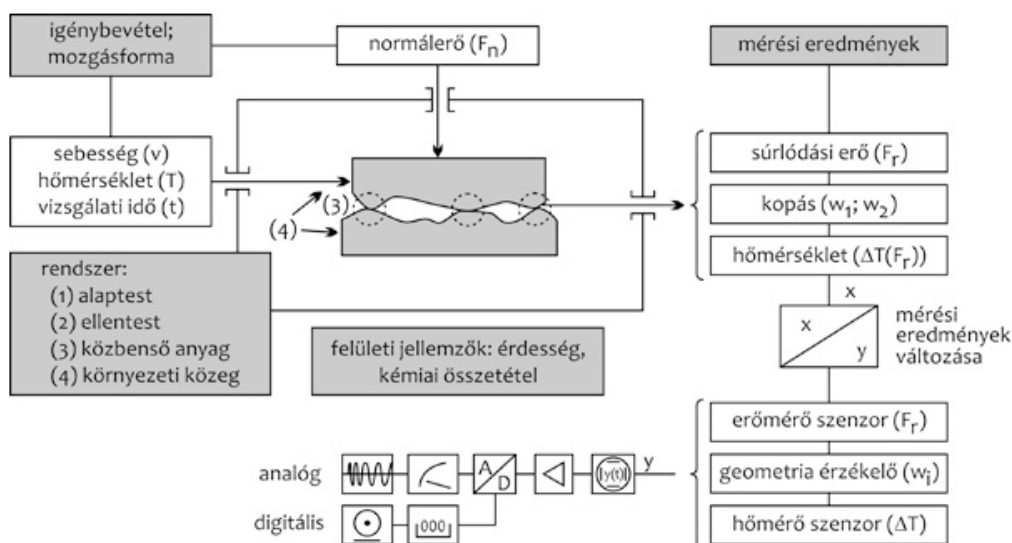
A **kopás** során a felületekről apró részecskék válnak le, melyek az alkatrész, vagy alkatrészek méret, illetve tömegcsökkenését, az üzemeltetés szem pontjából káros elváltozását okozzák. Az elváltozások kiterjedhetnek a felület fizikai, kémiai, szövetszerkezeti, mechanikai tulajdonságainak módosulására is, valamint a munkavégző képesség csökkenésén kívül számos további meghibásodás, repedés, törés, berágódás forrásai lehetnek. Ezek később az alkatrész, majd az egész berendezés, gép teljes tönkremenetelét okozhatják. A kopási folyamat nem anyagvonatkozású, hanem rendszervonatkozású jellemzőként írható fel. A kopásnak kitett elemi tribológiai rendszer értelmezését a 7.3 ábra szemlélteti.



7.3 ábra: Elemi tribológiai rendszer I.

Forrás: [3]

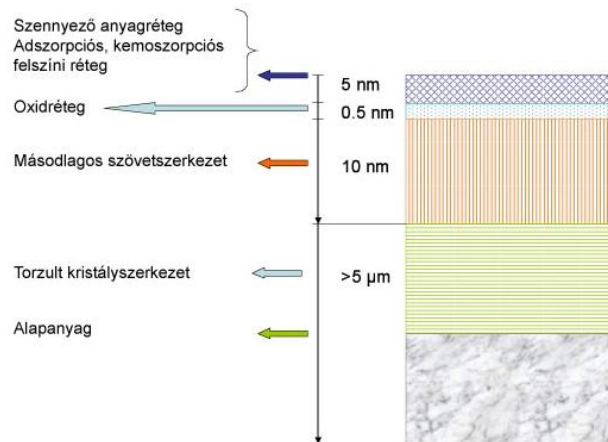
A 7.4 ábra egy elemi tribológiai rendszert mutat be. Fontos megjegyezni, hogy a különböző problémák megoldásához pontosan ismerni kell az adott tribológiai rendszert, valamint az érintett tudományterületeket (mechanika anyagtudomány, fizika, kémia).[4]



7.4 ábra: Elemi tribológiai rendszer II.

Forrás: [4]

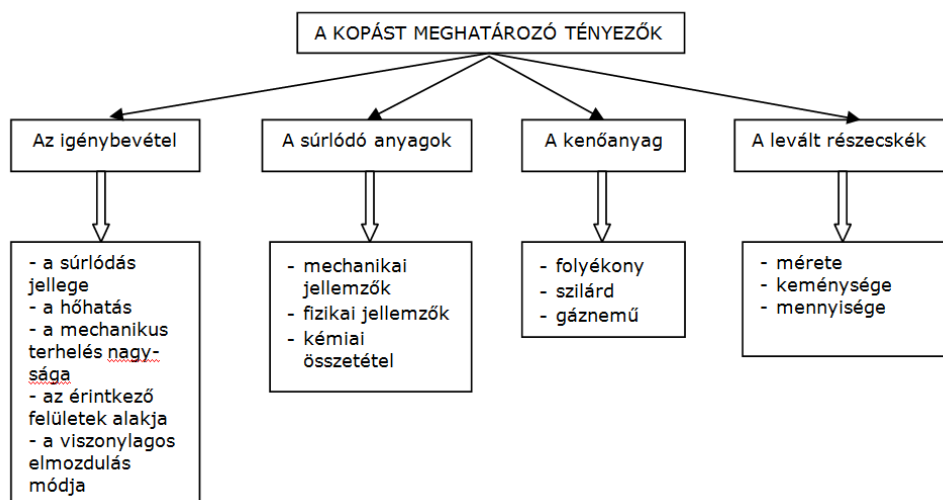
A tribológiai rendszer két összetevő felületéből és azok környezetéből áll, amelyek egymással mozgó kapcsolatban vannak. A kopás jellegét, lefolyását és mértékét az alapanyag, az összetevők kialakítása, valamint a köztes anyagok, a környezeti befolyások és az alkalmazási feltételek határozzák meg. Alaptest – elleltest esetében a geometriai kialakítás, mechanikai, fizikai jellemzők, szövetszerkezet kialakítása, felületi egyenetlenség, felszíni rétegek vannak hatással a rendszerre. A felületek szerkezetét a 7.5 ábra mutatja.



7.5 ábra: A felület szerkezete

Forrás: [3]

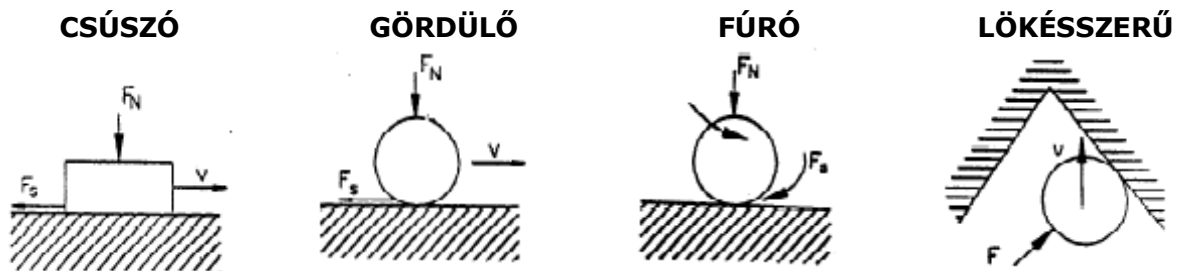
Adott gép vagy berendezés egy adott alkatrésze milyen mértékben és milyen jellegzetes ismérvek szerint kopik, rendkívül sok tényező határozza meg, melyeket a 7.6 ábrán foglaltuk össze.



7.6 ábra: A kopást meghatározó tényezők

Forrás: [1]

Az alkatrészek kopásának legmeghatározóbb jellegzetessége a súrlódás. A súrlódás, amely gyakorlatilag a mozgást akadályozó hatás, azaz olyan mozgás ellen ható jelenségek összege, amely egymással érintkező felületek relatív (viszonylagos) elmozduláskor játszódik le. A 7.7 ábra foglalja össze a viszonylagos elmozdulások lehetséges módjait.



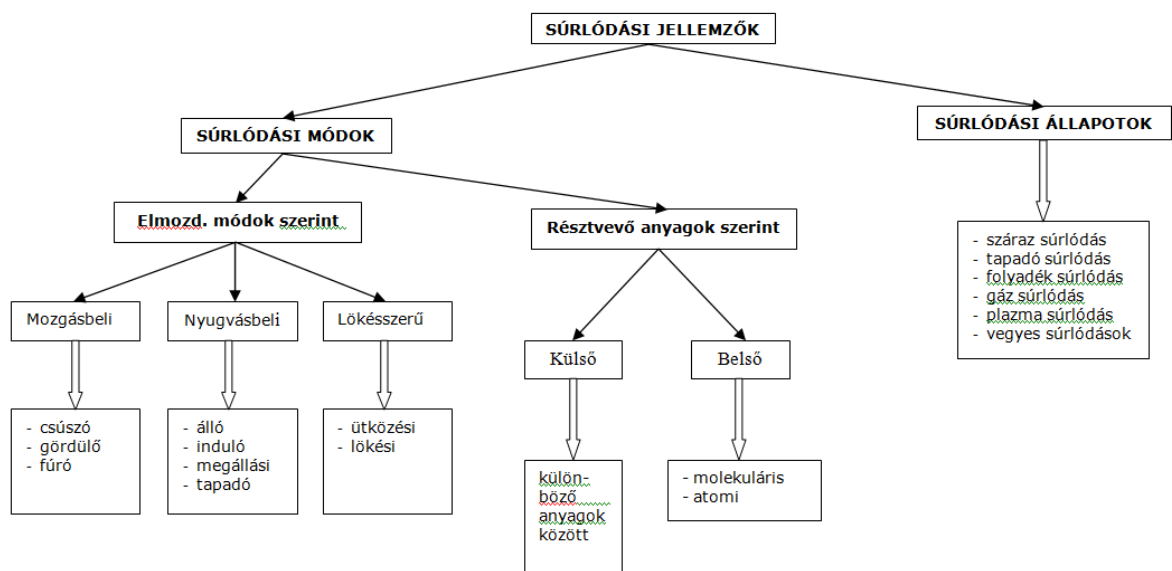
7.7 ábra: Viszonylagos elmozdulás módjai

Forrás: [1]

A Coulomb által alkotott klasszikus képlet a $\mu = F_S/F_N$ alapján a következő megállapítások tehetők a súrlódásról.

(ahol a μ = a súrlódási tényező; F_S = a súrlódó erő; F_N = a felületeket összeszorító erő)

- a súrlódó erő arányos a terheléssel ($F_S = \mu F_N$)
- a súrlódási tényező független az érintkező felületek nagyságától és a csúszási sebességtől, viszont függ a felületek minőségétől és az anyagminőségtől
- a nyugvó súrlódási tényező jóval nagyobb a mozgó súrlódási tényezőtől.

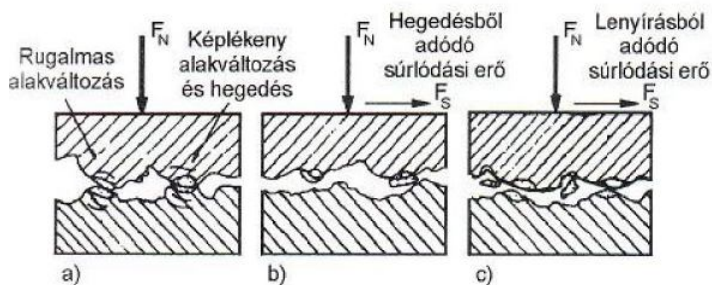


7.8 ábra: A súrlódási módok és állapotok

Forrás: [1]

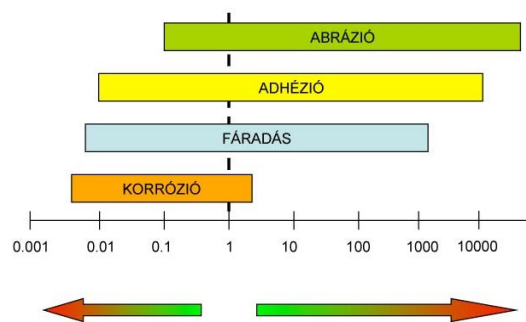
7.2 A kopás fajtái

Mielőtt a kopásmechanizmusokat tárgyalnánk, fontos a kopás fogalmát bevezetni. A kopás a szilárd testek felületén bekövetkező anyagvesztés, amelyet szilárd, cseppfolyós vagy légnemű közeggel való érintkezés és relatív elmozdulás okoz. (7.8 ábra). Használat során azonban az érintkező felületek oxidálódhatnak, így nemcsak anyagvesztés, de súlytöbblet is kialakulhat. A kopás csoportosítható a kopott felület létrehozó mozgásformák, a kopást létrehozó mechanizmusok, a kopott felület jellegzetességei alapján (7.9 ábra). A súrlódó felületeken kialakuló jellegzetes elváltozások, mintázatok alapján felismerhetők az uralkodó kopási mechanizmusok. A 7.10 ábra a kopás erősségét szemlélteti. A gyakorlat legtöbbször Burwell megközelítése szerint a kopást okozó folyamatok szerint osztályozza a kopásokat. Önmagában egyik kopás sem létezik, az uralkodó kopási minta alapján lehet elkülöníteni őket.



7.9 ábra: A kopás folyamata.

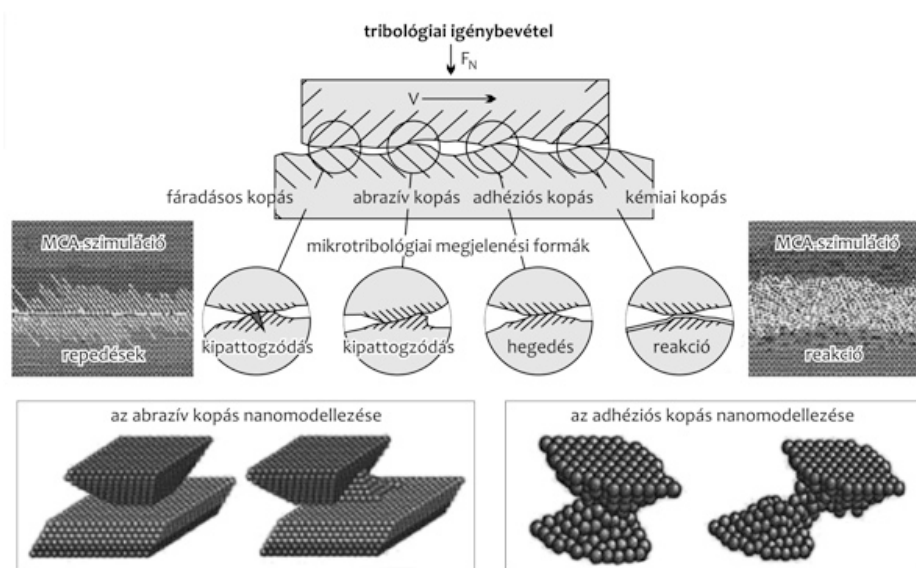
Forrás: [3]



7.10 ábra: A kopás erőssége

Forrás: [3]

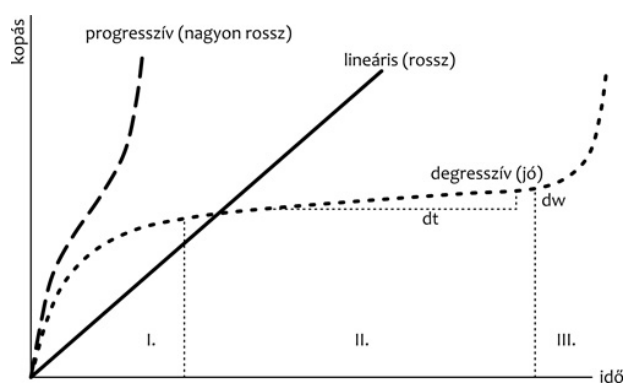
A 7.11 ábra a különböző kopásmechanizmusokat mutatja be.



7.11 ábra: Kopásmechanizmusok

Forrás: [4]

Ha a létrejött kopást az idő függvényében ábrázoljuk, akkor a kopásdiagramhoz jutunk. A 7.12 ábra a lejátszódó kopásfolyamatokat mutatja be. A progresszív kopás során a kezdeti kopássebesség nagy. Az idő haladtával ez a sebesség nem csökken, hanem egyre növekszik. Ennek a kopásfolyamatnak az oka lehet hibás konstrukció, nem megfelelő kenés stb. A lineáris kopás kezdetben, a degresszív kopáshoz képest kisebb, viszont egy bizonyos időpillanat után (két görbe metszéspontja) nagyobb kopássebességgel rendelkezik.

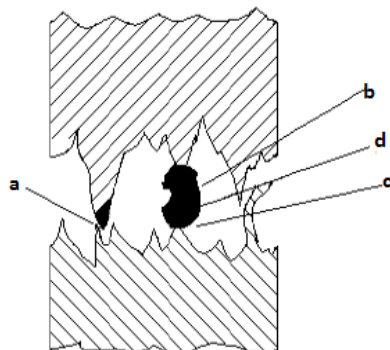


7.12 ábra: A kopás jellegének és nagyságának változása

Forrás: [4]

A kopásgörbe három szakaszra osztható: az alkatrész bejáratódásának szakasza (I), a hasznos üzem szakasza (II), valamint az instabil szakasz (III). Bejáratáskor a kezdeti nagy kopássebesség egy bizonyos idő elteltével csökken, és közel állandó értékre áll be. Ezt a szakaszt nevezzük a hasznos üzemi szakasznak, ahol az alkatrészek a különböző terhelésváltozásra kis mértékben reagálnak, a kopássebesség közel állandó. Egy bizonyos üzemóra elteltével (ez általában jóval nagyobb a tervezett üzemóránál) a kopássebesség ismét megnő és a rendszer instabillá válik, azaz az alkatrész tönkremeneteléhez vezet.

A kopás alapfolyamatai (7.13 ábra)



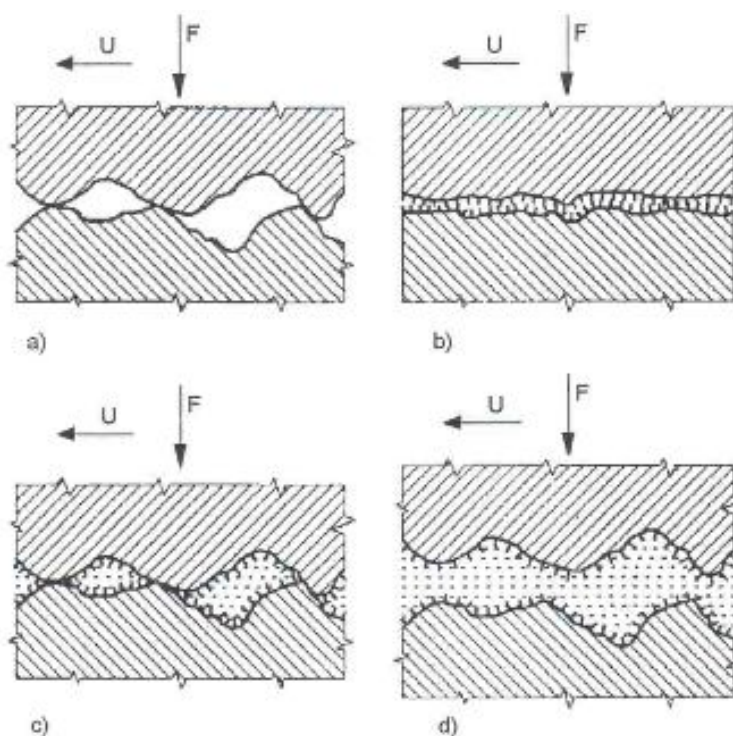
a) érdességi csúcsok lenyíródása, b) alakváltozások a rugalmas tartományban, c) alakváltozások a képlékeny tartományban (maradó alakváltozás), d) molekuláris erőhatások (adhézió), e) felhevülés a mikrogeometria tartományban, f) fizikai vagy kémiai anyagváltozások (pittingesedés, oxidáció, reakciós termékek koptató hatásai).

7.13 ábra: A kopás alapfolyamatai

Forrás: [1]

Az érintkező teste felületei közti súrlódást a kenésállapot jelentősen befolyásolja, erre mutat példákat a 7.14 ábra.

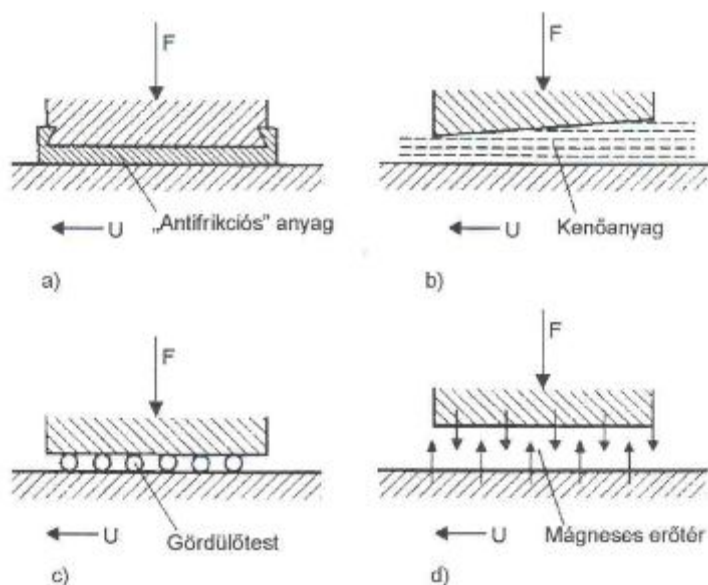
A súrlódás káros hatásainak csökkentésére a következő módok lehetségesek, amelyek a 7.15 ábrán láthatók.



a) száraz ($\mu \approx 0,05...1$),
 b) határ ($\mu \approx 0,1$),
 c) vegyes ($\mu \approx 0,01...0,1$),
 d) folyadék súrlódás ($\mu \approx 0,01$),
 (gázsúrlódás $\mu \approx 0,0001$!)

7.14 ábra: A súrlódás a kenésállapot szerint

Forrás: [5]



- a) megfelelő síklőfelület anyaggal,
- b) kenőanyagokkal,
- c) gördülőtestekkel,
- d) mágneses erőterrel.

7.15 ábra: A súrlódás káros hatásának csökkentési lehetőségei

Forrás: [5]

A súrlódási tényező függ: az érintkező felületek anyagpárosításától, a kenésállapottól, a terheléstől, a felület geometriai és érdességi viszonyaitól, a csúszás sebességétől, a hőmérséklettől, stb.

Kopásformák Burwell megközelítése alapján:

- adhéziós (elsőrendű hideghegedéses, másodrendű meleghegedéses),
- abráziós (kéttest és háromtest kopása),
- fáradásos (felszíni kifáradás, pitting),
- mechano-kémiai,
- kavitációs,
- fretting/súrlódási korrózió,
- eróziós.

A fretting és az eróziós kopás nem egyetlen önálló folyamat, hanem több folyamat egyidejű vagy egymást követő megjelenése miatt alakul ki.

Kopási mechanizmusok – elemi folyamatok (7.16 ábra):

- Adhéziós kopás (hegedéses kopás)
- Abráziós kopás
- Fáradásos kopás (felszíni kifáradás, pitting)



Kölcsönhatásban levő elemek	Mozgás forma	Kopás forma	Kopási folyamat			
			kifáradás	abrázió	adhézió	vegyi
Szilárdtest/szilárd test	csúszás	csúszó kopás	igen	igen	igen	igen
Szilárdtest/szilárd test	gördülés	gördülő kopás	igen	igen	igen	igen
Szilárdtest/szilárd test	ütközés	ütközésses kopás	igen	igen	igen	igen
Szilárdtest/szilárd test	rezgés	Súrlódási korrózió	igen	igen	igen	igen
Szilárd test/folyadék	áramlás	kavitációs kopás	igen	igen	nem	igen
Szilárd test/részecskék	áramlás	eróziós kopás	igen	igen	nem	igen

Kopási folyamat	A kopott felület állapota
Kifáradás	repedések, kitöredezések
Abrázió	karcok, hornyok, barázdák
Adhézió	dudorok, pikkelyek, gödrösödések
Tribokémiai	reakció termékek: bevonatok

A kopási folyamatok megváltoztatják a súrlódó felületet, jellegzetes elváltozásokat, felületi mintázatot alakítanak ki, amelyek segítenek az uralkodó kopási folyamat felismerésében, azonosításában.

7.16 ábra: A kopás fajtái

Forrás: [3]

Kémiai hatásokon alapuló kopási mechanizmusok:

- Oxidációs kopás
- Súrlódási korrózió
- Eróziós kopás
- Kavitációs kopás

Adhéziós kopás

Az adhéziós kopást befolyásoló tényezők közül fontos a két súrlódó felület anyagának adhéziós hajlama, valamint vegyi reakcióképessége, különösen oxidációs hajlama. A hegedéses kopás egymáson viszonylag kis sebességgel ($v_{\max} = 2\text{m/s}$) elmozduló, de nagy felületi nyomás hatására súrlódó, elsősorban fémes anyagok között jön létre folyadékkenés vagy felületi oxidhártya hiányában. Az érintkezési pontokon molekuláris fémes kötés (adhéziós kötés, vagy hideghegedés) jön létre. A felületek **elroncsolódásának**, kopásának mechanizmusa a következő. A súrlódó párok között az egyes érintkezési pontokon molekuláris, fémes kötés jön létre. A **további** elmozdulás során a szétválás az **összehegedt** felületek környezetének **megkeményedése** miatt nem az **érintkezési** felületen, hanem attól eltérően, a **lágább** anyagban **következik** be, így a szilárdabb fém részecskéket szakít ki a kevésbé szilárd felületből. A kiszakított részecske a nagy felületi nyomás hatására elridegedik, felkeményedik és a további elmozduláskor mint szilárd csiszolóanyag abrázív módon koptatja, karcolja a felületet. E hatásokból kifolyólag az adhéziós kopás viszonylag rövid idő alatt nagy méretváltozásokat okoz, azaz nagy az un. kopási sebesség (10-15 $\mu\text{m/h}$). A kopás folyamatát a 7.17 ábrán kísérhetjük figyelemmel.



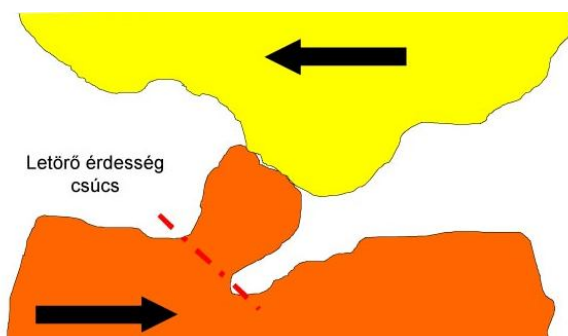
7.17 ábra: Az adhéziós kopás folyamata

Forrás: [1]

Az adhéziós kopás szempontjából lényeges az anyagok oldhatósága, fontos, hogy elektrokémiai potenciálja kicsi legyen. Az alumínium magas elektrokémiai potenciálja berágódást okoz. Ezzel szemben az ón, ólom, réz, ezüst, nemesfém bevonatok alacsony vegyi reakcióképességűek. A tiszta fémek erős adhéziós hajlamúak, míg a fémötvözetek, kompozitok ezzel szemben kedvezőek. Az adhéziós kopás egyik különleges esete az ún. melegkopás, amelynek mechanizmusa az előzőekben leírtakkal egyezik meg, azonban ez 800 - 900 °C hő- mérsékleten és a hidegkopásnál jóval nagyobb súrlódási sebességek mellett következik be. A súrlódási hő hatására a fémfelületek felmelegednek, kilágyulnak, részlegesen megolvadnak. A melegkopás tehát nagy fordulatszámú, erősen terhelt alkatrészeken fordul elő, mint pl. forgattyús tengelyek csapjain, bütykös tengelyeken, fogaskerekeken, míg a hideghegesedés a lassú járatú, de nagy terhelésű tengelyek és csapok elhasználódására jellemző.

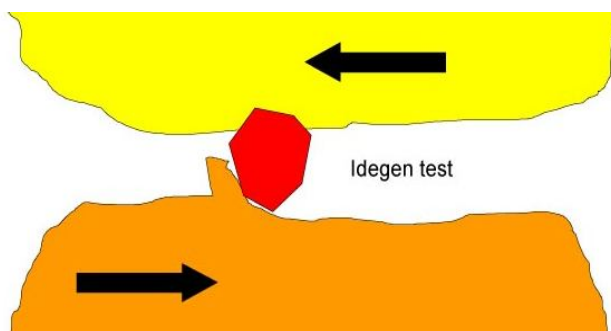
Abráziós kopás

Az abráziós kopás **folyamán** a **keményebb** felület, kiálló csúcsai elmozdulás közben mélyedéseket, karcolásokat hoznak létre a lágyabb felületben, ill, forgácsolják azt. Ez a kéttest-abráziós kopása 7.18 ábra. A lágy anyag mennyisége folyamatosan csökken.



7.18 ábra: Kéttest abráziós kopása

Forrás: [3]



7.19 ábra: Háromtest abráziós kopása

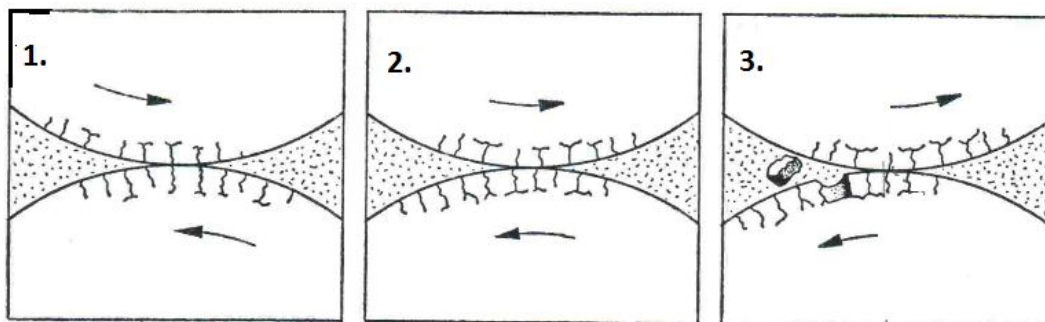
Forrás: [3]

Háromtest-abráziós kopás akkor következik be, ha a két **súrlódó** felület közé viszonylag apró szemű, **kemény csiszoló** anyag, abrázív **anyag** kerül. A **kemény**, éles abrázív anyag helyt képlékeny alakváltozást okoz. Karcolja a felületeit, abból **mikroforgácsokat** választ le

7.19 ábra. Az átlagosan 7-8 μm nagyságú idegen, vagy a két anyag egyikéből lepattogzott és felkeményedett szemcse megsokszorozza a kopás sebességét. Az idegen anyag általában por a saját anyag pedig lehámlott oxidréteg lehet, amely úgy fejt ki felületroncsoló hatását, hogy a lágyabb anyagba beágyazódva védi azt a keményebbel szemben, eközben mikroforgácsokat választ le a keményebb felületéről. Így viselkednek például egy heterogén szövetszerkezet fémes vegyületei, amelyek védik saját "alpmátrixukat", az ellendarabot azonban elkoportatják.

Fáradásos kopás (felszíni kifáradás, pitting)

A súrlódó felületek intenzív elroncsolódása, főleg ismétlődő gördülő mozgás, dinamikus igénybevétel esetén. Az ismétlődő feszültségek kifárasztják a felületi réteget, abban mikrorepedések keletkeznek, a repedések továbbhaladása a felületi réteg lepattogzását, gödrösödését, **pittingesedését** okozza. A fáradásos kopás előre haladási folyamata a 7.20 ábrán látható. A fáradásos kopás főleg gördülő csapágyakban tapasztalható. A felület kifára-



7.20 ábra: A fáradásos kopás előre haladási folyamata (1,2,3)

Forrás: [1]

dása szempontjából a legkritikusabb az érintkezési felület szélein, nem sokkal a felület alatt ébredő, a felülettel párhuzamos nyírófeszültség (τ_{max}). A lehámlás mértéke függ az érintkező felületek alakjától, mégpedig úgy, hogy legkisebb a kipattogzás a kör, és legnagyobb a vonal menti terhelés esetében (7.21 ábra). A kipattogzások mélysége az ébredő max. nyírófeszültség mélységével azonos. A repedések keletkezését gyorsítják a felületi rétegekben eleve meglévő saját feszültségek, inhomogenitások, felületi repedések (pl. hőke-



Gördülőcsapágy golyó



Gördülőcsapágy gyűrűjén



Fogaskerék fogfelületén

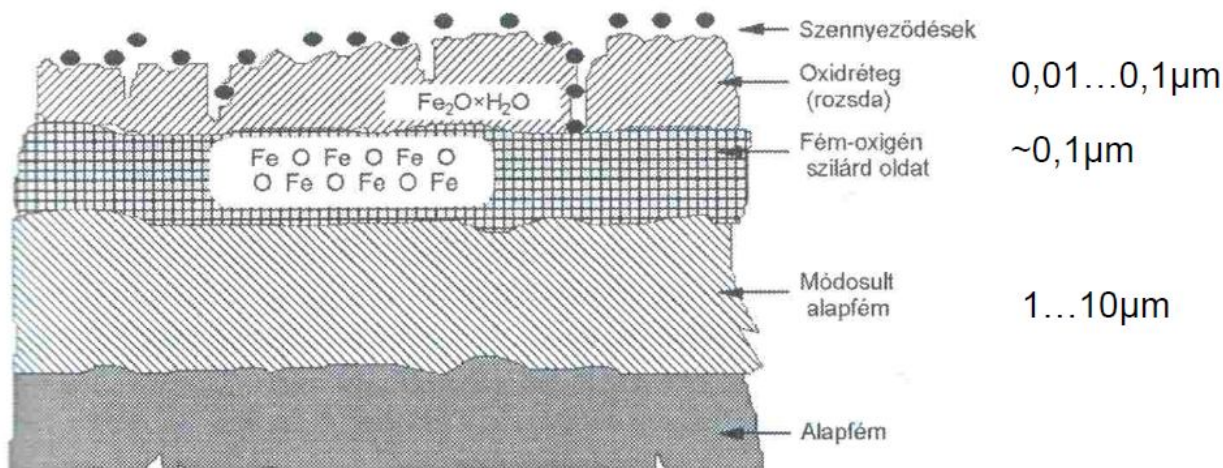
7.21 ábra: Példák fáradásos kopásra

Forrás: [1]

zelés, megmunkálásból), valamint a kenőanyag hidrodinamikai nyomáseloszlása, amely ún. elasztohidrodinamikai kenési állapot esetén nem követi a Hertz- féle nyomáseloszlást, hanem a kilépési oldalon nyomáscsúcs keletkezik, a pittingképződés kiindulási helye. Ezek a helyek további meghibásodások forrásai lehetnek, másodlagos repedések, kitérőedések indulhatnak ki belőlük.

Mechano-kémiai kopás.

Elsősorban fémek súrlódásakor alakul ki, és döntő mértékben befolyásolja a súrlódó testek és a közé bejutó közeg (oxigén) dinamikus (vegyi és mechanikai) kölcsönhatása [5]. A súrlódási folyamat alatt az igénybevételek hatására a felszíni anyagréteg átalakul (kép-lékenyen deformálódik, kristályszerkezete széttöredezik, a mozgás irányában rendeződik), másodlagos - védő - szövetszerkezet alakul ki. Ugyanakkor a súrlódásból származó igénybevétel terheli is a kialakult felületi védőréteget, deformálja, feszültségeket ébreszt benne, repedéseket idéz elő, növeli azokat a felszín környezetében, ami a végül a védőréteg lekopásához vezet (aktivációs energia). Ha az igénybevételek hatására a védőréteg kopás sebessége meghaladja újraképződésének sebességét, a védőhatás fokozatosan megszűnik, az alsó anyagréteg megsérül, a szerkezet működőképességét akadályozó súlyos felületi károsodások (berágódás, bemarkódás, pitting stb.) alakulnak ki. Ebben az esetben a kopási részecskék nagyméretűek, és rendszerint sok fémet tartalmaznak. Tribológiai szempontból kívánatos egy tartós, kopásálló, vékony felületi réteg a súrlódó felületeken - ami lassan, fokozatosan kopik, miközben állandóan újra képződik - melynek kialakulásában a kenőanyag (adalék) vegyi reakcióképessége döntő szerepet játszik (2.22 ábra).



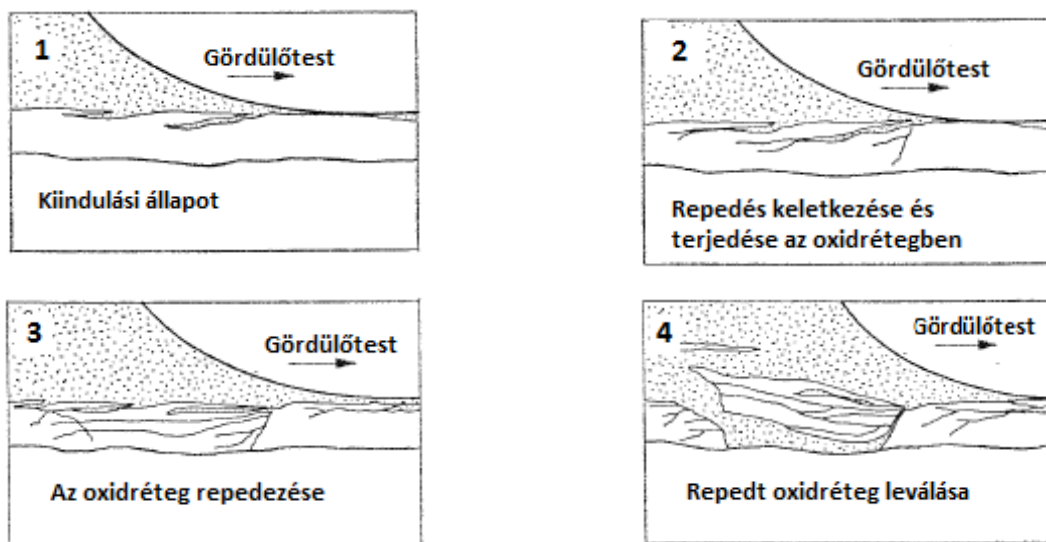
7.22 ábra: A mechano-kémiai kopás súrlódó felületének szerkezete

Forrás: [5]

Oxidációs kopás

Ez a kopásforma olyan fémeken, illetve olyan körülmények között fordul elő, amikor a nagy terhelés okozta alakváltozás következtében a felület alatti vékony réteg szilárd oldattá alakul át, azaz igen kemény, rideg fénoxid vegyületek képződnek. Az oxigén a rácshibák melletti aktív fématomokat kihasználva jut be a felületbe és például az acél esetében FeO

vas-oxidot alkot, amely oxigéntartalma 10 - 50-szerese a normál acélénak, és keménysége eléri az 1100 - 1400 HV értéket. Az oxidrétegek, melyek mikroszkóppal jól kimutathatóak, az alkatrészek egymáson való további elmozdulásának következtében leválnak a felületről. Az oxidréteg rendkívül vékony, hártvaszerű, leválási folyamatuk az adhéziós kopáshoz viszonyítva igen lassúnak mondható. A kopási sebesség csupán 0.1-0.5 $\mu\text{m}/\text{h}$, lassú folyamat. Abban az esetben, ha a felületbe nem diffundál be az oxigén, a kopási folyamat felgyorsul, Argon atmoszférában 10-szer nagyobb a kopás, mint levegőn, ennek megfelelően a súrlódási együttható és a súrlódó felületek hőmérséklete lényegesen nagyobb és illetve ott, ahol valamely más gáz kiszorítja az oxigént. Az oxidációs kopás mind csúszó, mind gördülő súrlódás hatására bekövetkezik, pl. hengerperselyek, fogaskerekek felületén, gördülőcsapágyakban fordul elő kisebb terhelések esetében, mivel a nagy felületi nyomás esetében már a kopás adhéziós jellegű lesz. Az oxidációs kopás folyamatát a 7.23 ábra szemlélteti.

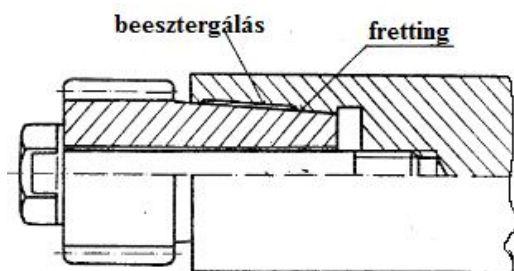


7.23 ábra: Az oxidációs kopás folyamata

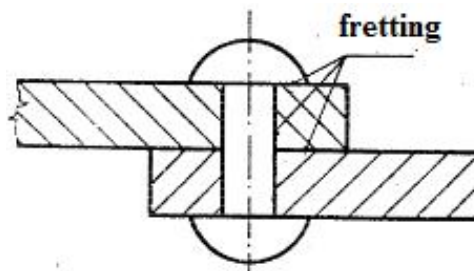
Forrás: [1]

Súrlódási korrózió (fretting kopás)

A kopási folyamatok egyik speciális esete a súrlódási korrózió, vagy fretting kopás, mely akkor keletkezik, ha az illesztett egymással érintkezésben levő felületek dinamikai igénybevétel hatására az alkatrészek kis amplitúdójú, közepes (5-100 Hz) frekvenciás rezgéseket végeznek. A súrlódási korrózió maximuma 8 μm -es amplitúdónál van. Így az érintkezési azaz kontakt zónában alternáló súrlódás jön létre. Ha ezek az elmozdulások elég nagyok, elnyírják az egymáshoz szorított szilárd testek tényleges érintkezési felületén kialakult atomos-molekuláris kapcsolatokat. A súrlódásos oxidáció kopási sebessége nagy, tehát gyors kopást, illetve berágódást okoz. E folyamat az érintkezési felületen helyi kopást és kezdődő fáradt repedést okozhat, ami az anyagok kifáradási határát drasztikusan csökkenti. A gépészetben a fretting előfordulása igen gyakori azokon a szerelt egységeken, ahol valamilyen eredetű vibráció lép fel. Szoros illesztésű alkatrészek, szegecseltszerkezetek (7.24 ábra), elektromos érintkezők esetében szinte mindennapos problémát jelent.



Fretting kialakulása kúpos felületeknél

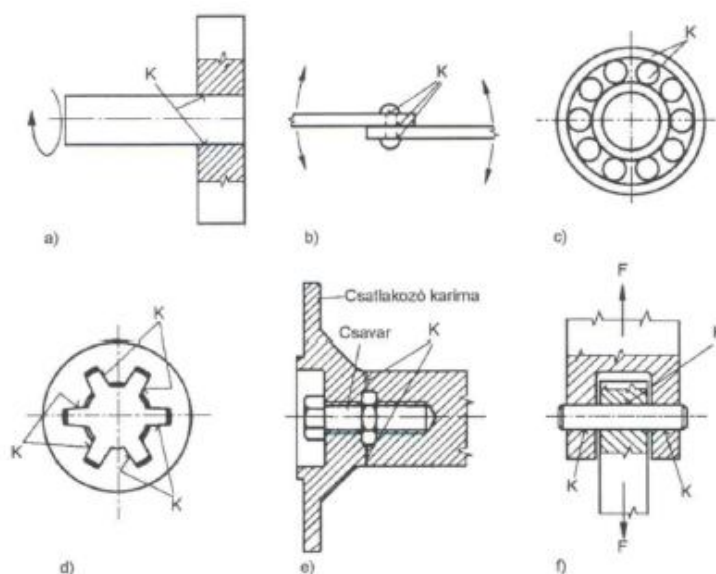


Fretting kialakulása szegecsel lemezeknél

7.24 ábra: Az oxidációs kopás folyamata

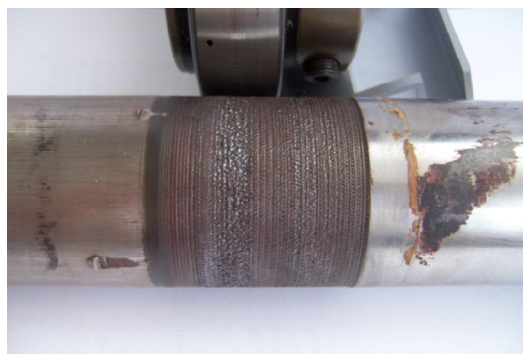
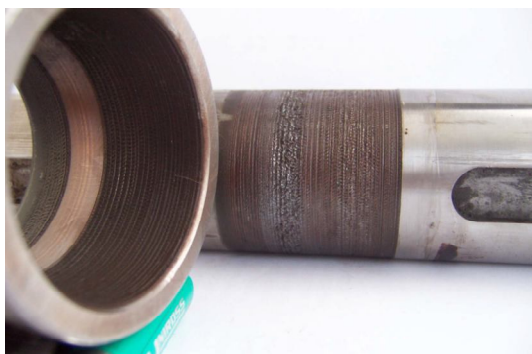
Forrás: [1]

Tipikus példa a fretting keletkezésére a csapágygyűrű és tengely vagy csapágyház érintkezési felülete. A gépészetben a fretting előfordulása igen gyakori azokon a szerelt egységeken, ahol valamilyen eredetű vibráció lép fel. Tipikus példa a fretting keletkezésére a csapágygyűrű és tengely vagy csapágyház érintkezési felülete. (7.25 ábra, 7.26 ábra)



7.25 ábra: Néhány példa a súrlódási korrózió előfordulási helyeire

Forrás: [5]



7.26 ábra: Az oxidációs kopás (fretting) folyamata (súrlódási folyamatot erős oxidáció kíséri)

Forrás: [1]

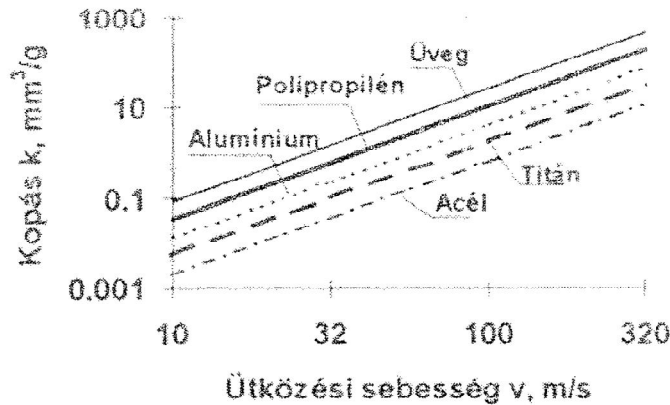
A kopástermékek színe acélon és vason vörös, alumíniumon és ötvözetein fekete. A súrlódási korrózió kis csúszások hatására is létrejöhet.

Eróziós kopás

Az eróziós kopást nem súrlódás, hanem a szilárd testekhez ütköző, áramló közeg (pl. szennyvíz, poros gázok, homok, iszap stb.) részecskéi által okozott igénybevétel hozza létre. Az eróziós kopás az anyagok áramlásakor a szilárd falhoz ütköző részecskék mozgási energiájának ütközési energiává történő átalakulása során jön létre. A szilárd fal és a részecske rugalmasan és/vagy képlékenyen deformálódik, ridegen törik és a becsapódó részecske a falból anyagrészeket szakít ki. Az eróziós kopás nagysága a felületről leváló részecskék mennyiségével azonos. **Az eróziós kopás függ:** az ütközés irányától, az ütközés sebességétől, a részecske tömegétől, a kopásnak kitett anyag szilárdságától, keménységétől, alakváltozási képességétől, és a részecske szilárdságától, keménységétől, alakváltozási képességétől, méretétől és alakjától.

A kopás mértéke függ az anyag minőségétől, valamint a részecske becsapódási szögétől. A legnagyobb mértékű kopást szívós anyagoknál a 15 - 30 fokos szögben a rideg kemény anyagoknál pedig 90 fokos becsapódási szögben tapasztalhatjuk.

Eróziós kopásban nem értelmezhető a terhelő erő és a súrlódási úthossz. A kopás jellemzésére **a fajlagos kopást használják** $k = V/m$, melyet az egységnyi koptató részecske tömegre vonatkoztatott leváló anyag mennyiségével határoznak meg, ahol a k = fajlagos kopás [mm^3/g], V = leváló anyagmennyiség [mm^3 vagy mg], m = egységnyi koptató részecske tömeg [g] A leváló anyag mennyisége tömeggel is megadható. Miután az eróziós kopás a mozgási energiától függ, a legnagyobb hatást a kopás nagyságára az ütközési sebesség gyakorolja. (7.27 ábra)

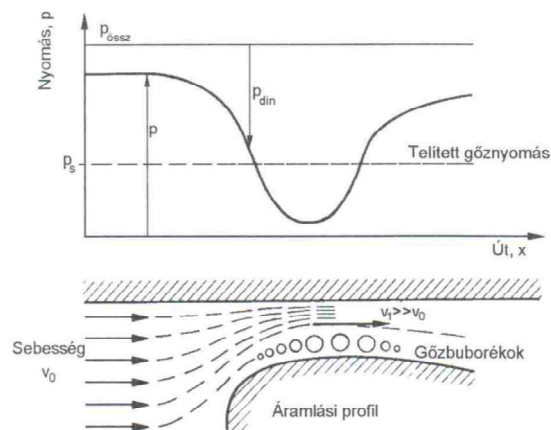


7.27 ábra: Az ütközési sebesség hatása a kopás nagyságára

Forrás: [6]

Kavitációs kopás

A kavitációs kopás a szilárd testek áramló folyadékkal érintkező felületein alakulhat ki, ahol a kedvezőtlen áramlási viszonyok miatt a folyadékban oldott gázok apró buborékok formájában kiválnak, majd a felületnek ütközve nagy belső nyomásuk (kb. 1500 bar) miatt szétrobbannak, ami erős mechanikai igénybevételt okoz és lyukszerű kráteresedést eredményez. A buborékok összeomlásakor erős folyadékütközéseket idéznek elő a szilárdtest felületén. A folyadékütközés jelentős mechanikai igénybevételt jelent. Az ütközések hatására repedések indulnak el a felületről, és azok tovaterjedve lyukszerű krátereket okoznak. A kavitációs kopás lassan, lappangási idő után indul el (7.25 ábra).



7.28 ábra: A kavitációs kopás folyamata

Forrás: [5]

A legjobban ellenálló szerkezeti anyag az ausztenites szerkezetű mangánacél. A károsodás mértéke arányos a buborékok felületi energiájával, ezáltal függ a folyadék felületi feszültségétől, viszkozitásától, gőznyomásától. Jellemző példa a kavitációra a szivattyúlapátok, vagy motorcsónakok propellereinek kopása, ami odáig vezethet, hogy egy

szivattyú, vagy propeller lapátozása egyszerűen elfogy a felületen jelentkező koptatóhatások következtében (7.29 ábra).

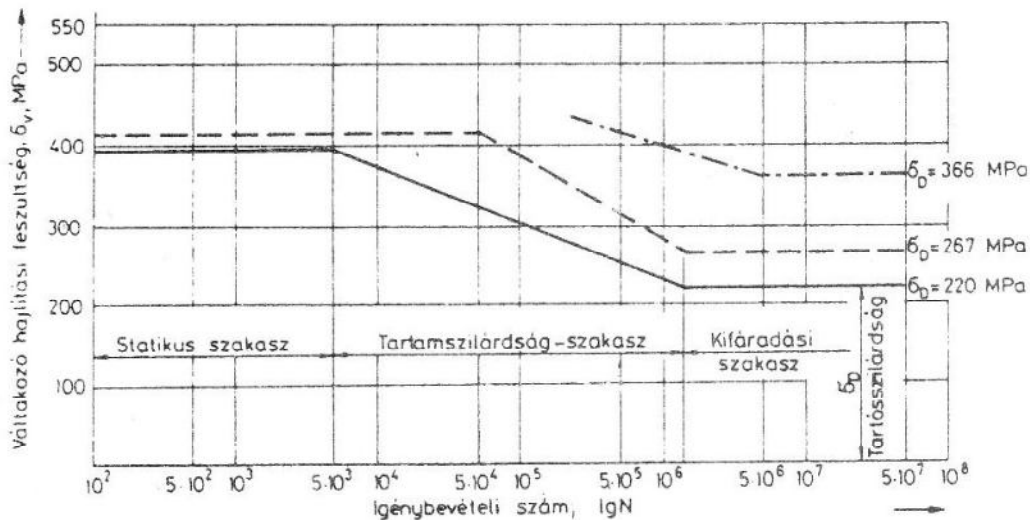


7.29 ábra: Kavitáló hajócsavar

Forrás: [1]

7.3 Kifáradás

Mechanikából ismeretesek azok az igénybevételek, amelyek egy gépelem (forgó tengely, tárcsa, fogaskerék) működése közben az adott géprészt terhelik. Ezek az igénybevételek lehetnek statikusak, illetve dinamikusak. Statikus terhelésen időben és nagyságban állandó, míg dinamikus terhelésen időben és/vagy nagyságban, illetve irányában változó igénybevételeket értünk. A múlt század végén egy német mérnök, **Wöhler**, mégis azt tapasztalta vasúti tengelyek megfigyelése folyamán, hogy a megfelelő biztonsággal méretezett gépelemek bizonyos üzemidő elteltével az ismétlődő igénybevételek hatására eltörték. Ezt a jelenséget laboratóriumban (ún. fárasztógépen) vizsgálva, az előbb említett alkatrészek anyagából próbatesteket készítve, Wöhler azt állapította meg, hogy a próbatestek annál később mennek tönkre, minél kisebb feszültséggel terhelte őket. A kísérleteknél gondosan feljegyezte az ún. igénybevételi számot, melynél a beállított terhelés törést okozott. A mérési eredményeit egy diagramban (7.30 ábra) foglalta össze, amely mint látjuk aszimptotikusan tart egy vízszintes egyeneshez, amely azt a feszültséget reprezentálja, amelynél a próbatest gyakorlatilag végtelen igénybevételi szám esetében sem tört el. Ez a töréspont, amely acéloknál $2 - 3 \times 10^6$ igénybevételi számnál jelentkezik a kifáradási határ nevet kapta, mivel ehhez a terhelésváltozási számhoz tartozó feszültséget az anyag végtelen terhelésváltozás esetén is el tudja viselni



7.30 ábra: Wöhler görbe és szakaszai

Forrás: [1]

A kifáradási határt több, az alkatrésze nézve külső, illetve belső tényező is befolyásolja. **Ezek közül a legfontosabbak a következők:** a feszültségi állapot, a feszültséggyűjtő helyek, a feszültség időbeli lefolyása, az igénybevétel frekvenciája, a környezeti hatások, az alkatrész mérete, alakja (geometriai kialakítás).

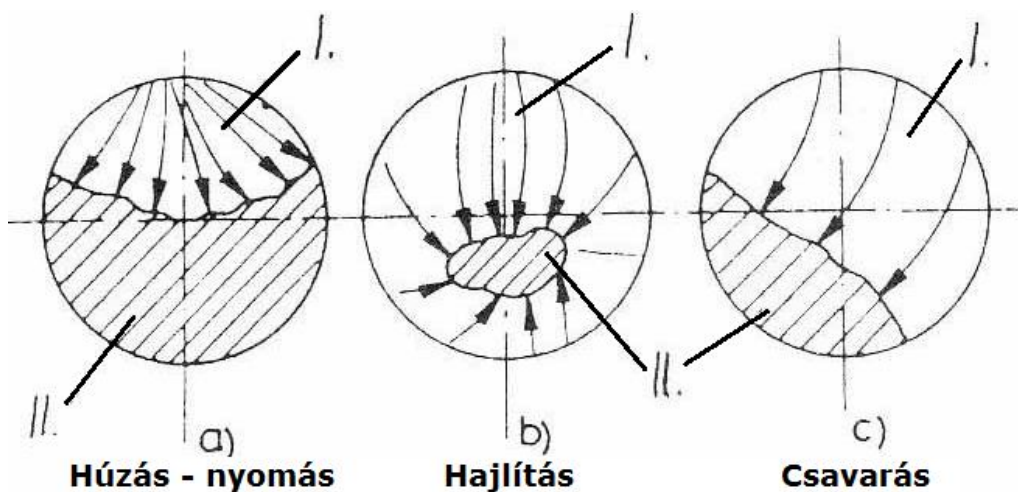
A kifáradás folyamata

A statikusan folyáshatárra, vagy szakító szilárdságra megfelelően méretezett alkatrészek is eltörhetnek, ha azokat ismétlődő igénybevétel terheli. Ez azért következik be, mert a folyáshatár alatti átlagfeszültségek esetén is lehetnek az anyagban olyan helyek, ahol a helyi feszültség meghaladja a folyáshatárt, vagy a rugalmassági határt, tehát az anyag ismétlődő képlékeny alakváltozást szenved.

Az ismételt igénybevételek során mikro-repedések keletkeznek, melyek egy ideig szívósan terjednek, míg végül az egész keresztmetszet ridegen el nem törik. **A fáradt törés folyamata tehát három szakaszra bontható:** 1. a mikro-repedések keletkezése, 2. a repedések szívós terjedése, 3. a rideg törés.

A kifáradási törések jellegzetességei

A kifáradásos töréseket más nem kifáradás okozta tönkremeneteltől az ún. törési kép alapján tudjuk megkülönböztetni. A kifáradásos törés általában a felületen kezdődik igen vékony hajszálrepedések formájában. A repedés forrása lehet valamilyen anyagszerkezeti vagy alkatrész geometriai feszültséggyűjtő hely (hegesztési varrat, reteszhorony, tengelyváll, átmenő furat, stb.), amelyből kiindulva a törés folyamatosan, vagy lépésről lépésre terjed az alkatrész keresztmetszetében.



7.31 ábra: Jellegzetes kifáradásos törési felületek

Forrás: [1]

A kifáradási törés külalakját azok a külső hatások szabják meg, amelynek hatására létrejött. A lépésről lépésre terjedő törések a törési felületen finom vonalkák, finomszemcsés, bársonyos felület alakjában jelennek meg (I), míg a durvaszemcsés szétdarabolt részek (II) mindig erőszakos törési helyekre mutatják. A törési képből (maradék törési felület elhelyezkedéséből) az igénybevétel módjára, a tönkremenetel okára is következtetni lehet a 7.31 ábrán láthatók. A 2.32 ábrán láthatók a fogaskerekek tönkremenetele kifáradás miatt.

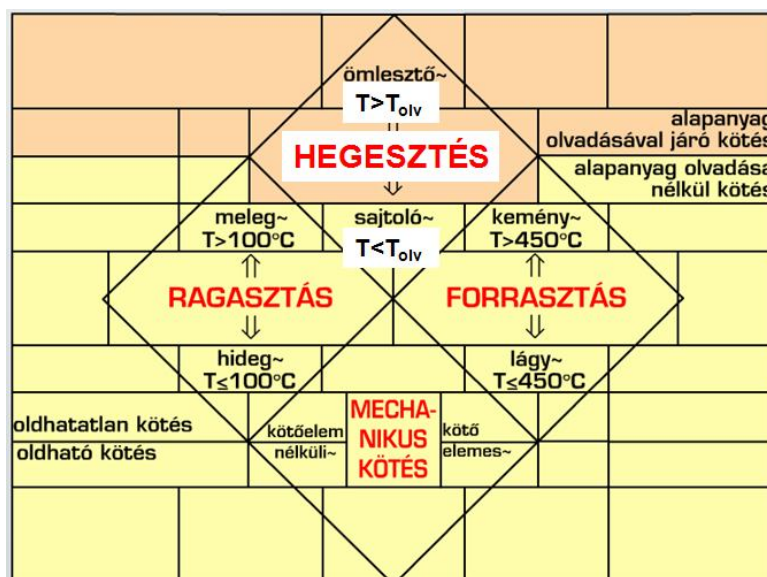


7.32 ábra: Fogaskerék tönkremenetele kifáradás miatt

Forrás: [1]

8. KÖTÉSI TECHNIKÁK-FÉMES ANYAGOK

A kötő gépelemeket két vagy több szerkezeti elem összekötésére használjuk, mely lehet oldható és nem oldható kötés. Az oldható kötések fő jellemzői biztosítják az összekötendő szerkezeti elemek utólagos szétválasztását, vagyis szét és összeszerelhetőségét. Ebbe csoportba tartoznak a csavarkötések (kötő- és mozgató csavarok, ék és reteszkötések, csapszeges kötések, súrlódásos kötések (önzáró-kúpkötések), oldható zsigorkötések. A nem oldható kötések az alkatrész sérülése nélkül nem szüntethető meg. Ebbe a csoportba sorolható a szegecskötés, hegesztett kötés, forrasztott kötés, ragasztott kötés és a zsigorkötés. 8.1 ábra a kötési módokat szemlélteti [1].



8.1 ábra: Kötési módok

Forrás:[1]

Hegesztés egy olyan technológiai eljárás, amely során két vagy több munkadarabot hővel, olvadással, vagy nyomással (erőhatással) egyesítünk, úgy, hogy a darabok között nem oldható, az anyagok természetének megfelelő fémes (kohéziós) kapcsolat jöjjön létre. Hegesztéskor a fémes alkatrészek összekötésére belső erőket, a fémek atomjait és molekuláit összetartó erőket használnak fel.

Hegesztés alkalmazása:

nagyméretű, több részből álló acélszerkezetek (ipari) gyártására,
egyéb berendezések, eszközök kiegészítő kötéseként alkalmazzák

Hegesztés célja szerint lehet ha, két vagy több munkadarab egyesíthető (kötőhegesztés) vagy adott tulajdonságú felületet lehet kialakítani (felrakó hegesztés). (8.2 ábra)

HEGESZTÉS	KÖTŐ (hozaganyaggal vagy hozaganyag nélkül)	FELRAKÓ (saját vagy idegen hozaganyaggal)
GYÁRTÓ	<ul style="list-style-type: none"> • terhelésátvitel • hermetikus zárás • áramátvezetés • hőátvezetés céljából 	<ul style="list-style-type: none"> • felületmódosítás (felületkezelés) • szerszáméltékezés (élfelrakás) céljából
JAVÍTÓ	<ul style="list-style-type: none"> • anyagfolytonossági hiányok (pl. repedések vagy zárványok) kitöltése céljából 	<ul style="list-style-type: none"> • anyagtérfogati hiányok (pl. lekopott vagy korrodált részek) pótlása céljából

8.2 ábra: Hegesztések alkalmazásai

Forrás:[1]

A hegesztés folyamata szerinti csoportosítás, szerint beszélünk:

- ömlesztő hegesztésről, ahol a az egyesítendő elemek a kötés helyén megömlenek,
- sajtolóhegesztésről, ahol hő-és erőhatás, vagy csak erőhatás útján jön létre a kötés.

A hegesztés kivitelezési módja szerinti csoportosítás:

- Kézi hegesztés.
- Félautomatikus illetve automatikus hegesztés.
- Teljesen automatizált (robot-rendszerű) hegesztés.

Energiaforrás szerinti csoportosítás:

- A villamos ív által végzett ömlesztőeljárások.
- A termokémiai elven működő eljárások energiaforrása hő termelő (exoterm) kémiai reakció.
- A sugárenergia által végzett ömlesztőhegesztések.
- Az elektromos ellenállás elvén működő eljárások.
- A mechanikai energiafelhasználásán alapuló.

A nemzetközi előíráshoz - a hegesztési eljárásoknak megfelelően számkódokkal jelöl.

Ezek közül néhányat sorolunk fel [2].

111 Fogyóelektródás kézi ívhegesztés bevont elektródával

131 Fogyóelektródás semleges védőgáz as ívhegesztés (MÍG)



135 Fogyóelektródás aktív védőgázos ívhegesztés (MAG)

141 Volfrámelektródás védőgázos ívhegesztés (TIG)

311 Oxigén-acetilén gázhegesztés

15 Plazmaív-hegesztés

751 Lézersugaras hegesztés

76 Elektronsugaras hegesztés

8.1 A hegesztőeljárás kiválasztásának szempontjai

1. Az alkalmazható hegesztési eljárást elsősorban a hegesztendő anyag határozza meg.

- kis karbon tartalmú ($C < 0,2\%$), minimális ötvöző tartalmú ferrit-perlites szerkezetű
- acélok általában feltétel nélkül hegeszthetők.
- ötvözött acélok hegeszthetőségének megítéléséhez bevezethető a „karbon egyenérték” fogalma (feltétel nélküli hegeszthetőség $C_E < 0,45\%$) :

$$C_E = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Cu+Ni}{15} \quad (\%) \quad (8.1)$$

- ötvözőanyagok hatása a hegeszthetőségre:

- nem befolyásolja: nikkelt (Ni) .
- csökkenti: szén (C), króm (Cr) .
- javítja: mangán (Mn), molibdén (Mo),

2. A készítendő varrattal szemben támasztott követelmények

3. A hegesztett kötés igénybevétele: statikus vagy dinamikus hatásnak lesz-e kitéve, éri-e hőhatás, korróziós veszély.

4. A hegesztés körülményei:

- szabadban vagy zárt helyiségben hegesztenek-e;
- hegesztési helyzet (vízszintes, függőleges, fej feletti);
- különösen nehéz vagy veszélyes munkakörülmények (pl.. tartály hegesztése belülről);
- környezetvédelmi szempontok;

5. A gyártás jellege: egyedi vagy sorozatgyártás.

6. Készülékezés.

7 A rendelkezésre álló munkaerő gyakorlottsága, szakképzettsége [1][2].

8.2 Hegesztés feltételei

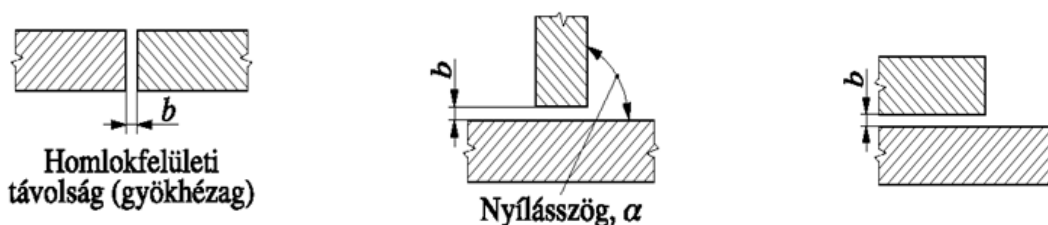
- Személyi feltételek: A feladat megvalósításához megfelelő felkészültségű és képzettségű személyzet szükséges.
- Gyártási előírások: Tervdokumentációk, technológiai előírások, szabványok, gyártás alkalmassági előírások.
- Anyagok: Alapanyagok, hegesztőanyagok, segédanyagok.
- Hegesztő berendezések: Gázhegesztő apparát, hegesztő áramforrások, speciális hegesztőgépek.
- Vizsgáló és mérőberendezések: Roncsolásos és roncsolásmentes anyagvizsgáló berendezések, hitelesítés, kalibrálás.
- Vizsgálatok: Gyártás előtt, gyártás alatt, gyártás után[2].

8.3 A hegesztendő munkadarabok előkészítése

- felületek tisztítása
- a hegesztendő él kialakítása mechanikusan (forgácsolással), termikusan (lángvágással, plazmavágással, ...).

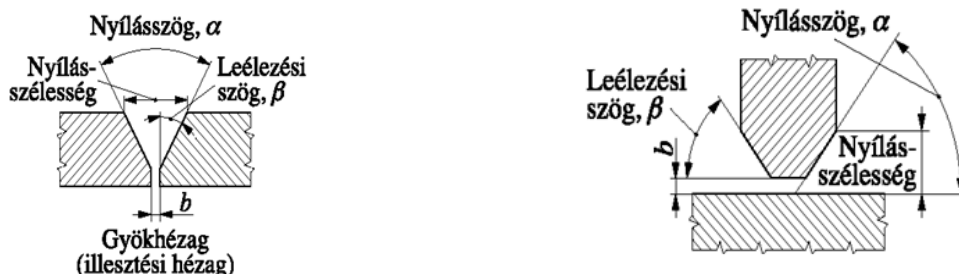
8.3.1 A hegesztő él kialakítása

Lemezek illesztése hegesztéshez (8.3 ábra, 8.4 ábra)[1][2]:



8.3 ábra: Merőlegesen leélezett lemezek

Forrás:[2]



8.4 ábra: Szög alatt leélezet lemezek

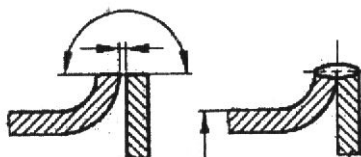
Forrás:[2]

a. Az élalak függ:

- az anyagvastagságtól, keresztmetszettől, a hegesztendő anyag minőségétől és a kötés fajtájától.

Nem lehet általános érvényű szabályokat felállítani, minden esetben külön-külön vesszük figyelembe a konstrukciós, technológiai elvárásokat

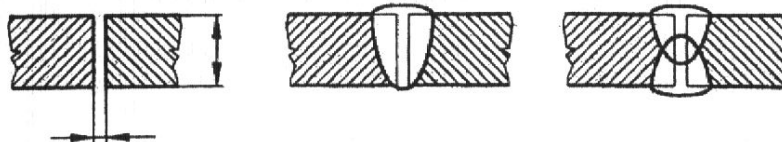
- **Peremvarrat:** Vékony lemezanyagok (2 mm-ig) hegesztésére alkalmazzák. Az élék felhajtása gondos munkát igényel (8.5 ábra).



8.5 ábra: Peremvarrat

Forrás:[2]

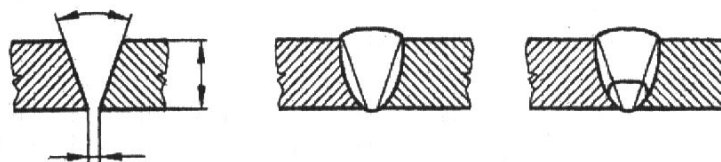
- **I-varrat:** Leélezés nélkül hegeszthető 4 mm-es lemezvastagságig. 3 mm lemezvastagság felett ajánlatos kétoldali I-varratot alkalmazni a megfelelő hézag biztosításával (max: 8 mm-ig) (8.6 ábra).



8.6 ábra: I varrat

Forrás:[2]

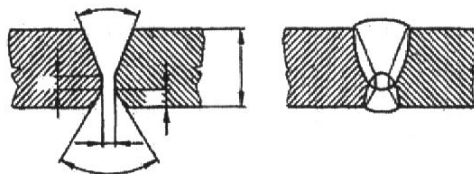
- **V-varrat:** 12 mm-ig alkalmazzuk. A munkadarab éleit 30-30 fokos leélezési szöggel alakítjuk ki (8.7 ábra).



8.7 ábra: V varrat

Forrás:[2]

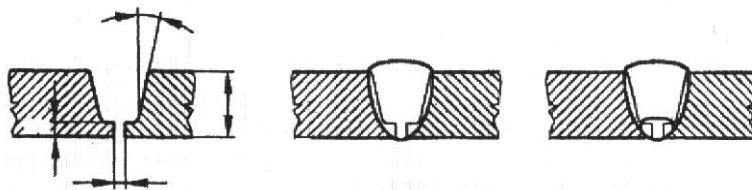
- **X-varrat:** 12 mm-ig anyagvastagság felett célszerű alkalmazni, mert kevés hegesztőanyag szükséges, mint a V-varrathoz. Kétoldali szimmetrikus hőbevitel következtében csökkenthetők a vetemedések is, szemben a V-varrattal.(8.8 ábra)



8.8 ábra: X varrat

Forrás:[2]

- **U-varrat:** 15 mm-nél vastagabb anyagoknál célszerű alkalmazni, mert a keresztmetszet kisebb, mint az X-varraté. Ez a lemez élkiképzés drága. (8.9 ábra)



8.9 ábra: U varrat

Forrás:[2]

c. Kötés és varratípusok

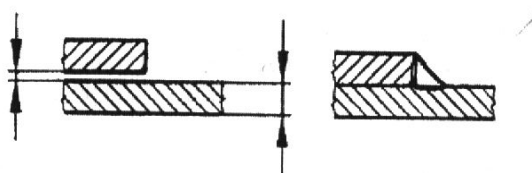
A hegesztett kötési a hegesztendő elemek egymáshoz viszonyított helyzete jellemzi.

Tompakötés. A munkadarabok egymással 0° -ot zárnak be. Törekedjünk, hogy a hegesztendő munkadarab vízszintes síkban helyezkedjen el. Sokszor ez a feltétel nem teljesíthető, és akkor a hegesztést ettől eltérő helyzetben kell elvégezni. Például függőlegesen, fej felett, haránt helyzetben. Varrat típusok tompakötés esetén: peremvarrat, I-varrat, V-varrat, X-varrat, U-varrat stb.

Sarokkötés. A munkadarabok egymással szöget zárnak be.

Elhelyezkedésük szerint megkülönböztetünk:

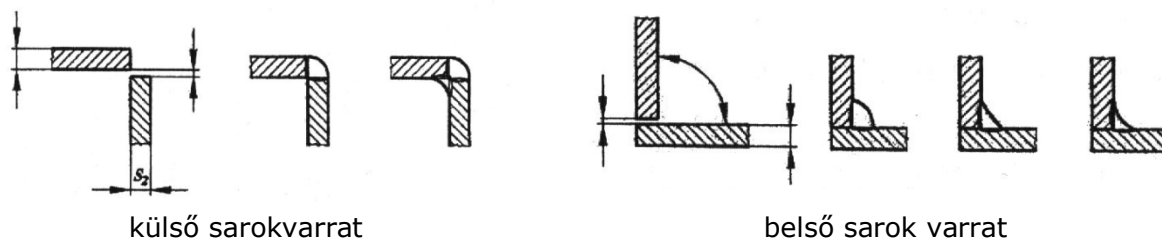
Átlapoló kötés, elemek egymással párhuzamos síkban fekszenek, egymást részlegesen átlapolják, sarokvarrat (8.10 ábra):



8.10 ábra: Átlapoló kötés, sarokvarrat

Forrás:[2]

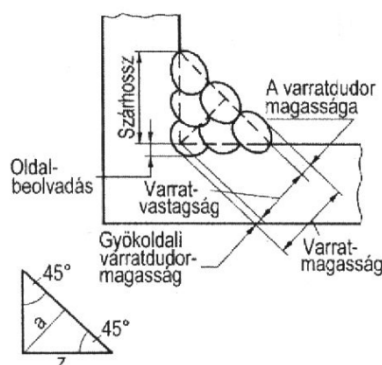
Sarokkötés (8.11 ábra):



8.11 ábra: Sarokkötések

Forrás:[2]

A sarokkötést általában a sarokvarrat jellemző méretével kell megadni, a mérettel, amely a varratkeresztmetszet legkisebb mérete, a varratba beírható legnagyobb egyenlő szárú derékszögű háromszög átfogójához tartozó magasság (8.12 ábra).



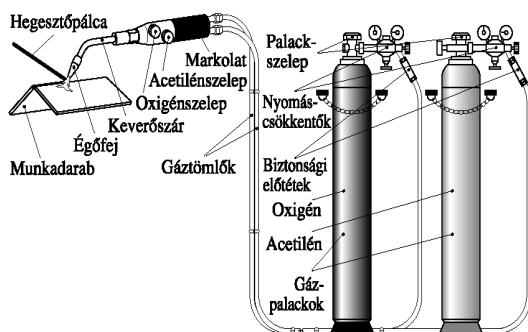
8.12 ábra: Sarokkötés jellemző méretei

Forrás:[2]

8.4 Alkalmazott hegesztési eljárások

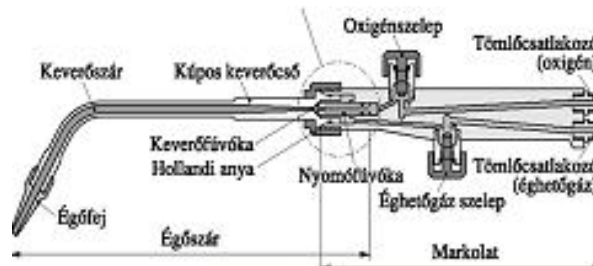
8.4.1 Gázhegesztés, kódszám: 311

A gázhegesztéshez hőforrásként éghető gáz (leggyakrabban az acetilén (C₂H₂) és oxigén(O₂) gázkeverék elégetésekor keletkezett lángot használják. A gázhegesztéskor az alapfém és a hegesztőpálca anyaga egybeolvad az égőfej szájnál kialakított szúróláng hatására (láng hőmérséklete kb. 3200 C⁰). A megömlött lemezszél és a hegesztőpálca anyaga egy közös hegfürdőben összekeveredik, amely megdermedés után folyamatos varratot képez(8.13 ábra). A gazdaságos alkalmazási területe: kötőhegesztéshez minden helyzetben, csővezetéképítés, karosszériaipar, karbantartás, öntöttvasak hegesztése, felrakóhegesztés. A hegesztés technológiai folyamata azon műveletek összessége, amelyek eredményeként adott varrat, illetve hegesztett szerkezet létrehozható [1][2].



8.13 ábra: A gázhegesztés elrendezése

Forrás:[1]



8.14 ábra: A hegesztőpisztoly felépítése

Forrás:[1]

8.4.1.1 Gázhegesztő anyagok

A gázhegesztéshez szükséges hegesztő anyagok: hegesztőgáz (éghető gáz, oxigén), hegesztőpálca, folyósító szer [1][2].

Éghető gázként, elsősorban acetilént (C_2H_2) használnak, palackban tárolva és acetonban oldva. Ritkábban fölgázt, propánt, butánt, de ezek hőteljesítménye kisebb. Oxigén szintén palackban tárolják. Oxigénnel érintkezésbe kerülő alkatrészeknek zsír- és olajmentesnek kell lenniük.

Hegesztőpálca megválasztásának szempontjai:

A hegesztendő anyag minősége, a hegesztendő lemez vastagsága, a hegesztési technológia (balra vagy jobbra hegesztés), a hegesztési helyzet, a beállított gyökhézag mérete, a lángfajta (kemény, lágy stb.).

Folyósítószer

Feladata a felületen lévő oxidok feloldása, újraoxidáció megakadályozása, valamint a megömlés és a folyósítás elősegítése (a munkadarab felületén levő fénoxidok elsalakosítja). A különböző anyagokhoz különböző folyósítót kell alkalmazni. Anyaga lehet por, paszta és folyékony állapotú. Folyósítószer szükséges az öntöttvasak, a korrózió, sav- és hőálló acélokhoz, rézhez és ötvözetekhez, alumíniumhoz és ötvözetekhez.

Hegesztőpisztoly

A lánghegesztéshez alkalmas szúrolángot a hegesztőpisztollyal állítjuk elő amelyben az égőgáz és az oxigén a beállított arányban keveredik. (8.14 ábra, 8.15 ábra)

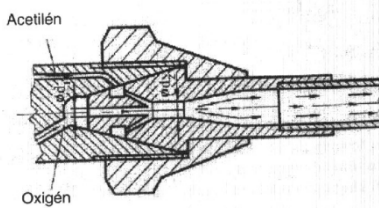
Az acetilén - oxigén láng összetétel szerint lehet, **semleges láng, gázdús láng és oxigéndús láng.**

Az acetilén - oxigén láng összetétel szerint lehet, **semleges láng, gázdús láng és oxigéndús láng.**

A láng képe alapján a láng összetétele beállítható. (8.16 ábra)

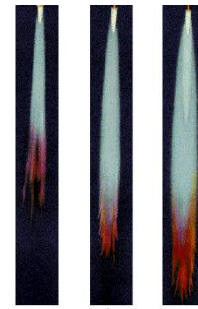
A semleges lángot az acetilén és az oxigén 1:1,1 keverési aránya adja. Semleges lánggal hegesztjük az acélok, a korrózió és hőálló acélok, acélöntvényeket, temper-öntvényeket, rezet, bronzot, alumíniumbronzot, nikkelt, cinket, ólmot.

Gázdús lángot akkor kapunk, ha az acetilén mennyiségét növeljük. Gázdús lánggal hegesztjük az öntöttvasat, a nagy széntartalmú szénacélt, az alumíniumot és ötvözeit (hogy az oxidációt elkerüljük). Az oxigéndús lángot az oxigén arányának növelésével állíthatjuk be. Jellemzője a rövid lángmag, elmosódott pillangó, lilás seprű. Oxigénlánggal hegesztjük a sárgarézet.



8.15 ábra: A hegesztőpisztoly injektora

Forrás:[2]



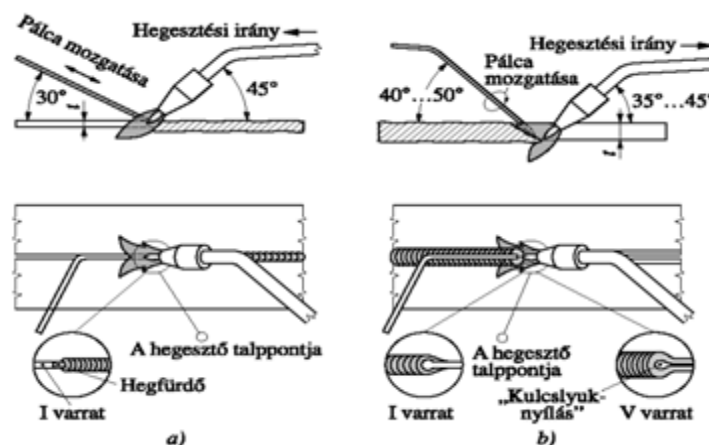
Semleges Oxidáló Redukáló

8.16 ábra: Lángtípusok

Forrás:[1]

A gázhegesztés végrehajtása

A balra hegesztést (8.17/a ábra) (a pálca elől halad, és a hegesztő égő köröző mozgást végez) vékony lemezekhez ($s \leq 3 \text{ mm}$) a jobbra hegesztést, vastagabb lemezeknél és csöveknél alkalmazzuk. A jobbra hegesztésnél (8.17/b ábra) a varratot hevítjük, így mélyebb beolvadási mélységet érünk el.



8.17 ábra: A hegesztőpisztoly felépítése

a. balra hegesztés, b. jobbra hegesztés

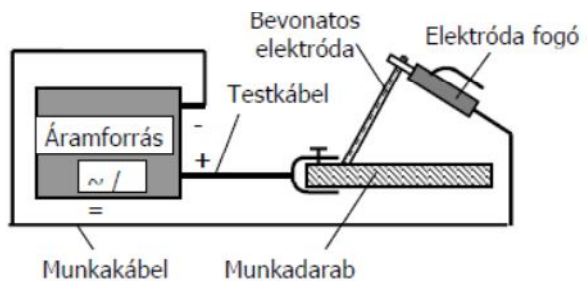
Forrás:[1]

A lánghegesztés alkalmazása

Helyi hegesztéseknél, épületgépészeti szereléseknél. Javító hegesztéseknél (pl. karosszéria javítás). épületgépészeti szereléseknél – központifűtés-, vízvezeték-, gázvezeték csövek hegesztése – más eljárások nem, vagy nagyon nehezen alkalmazhatók.

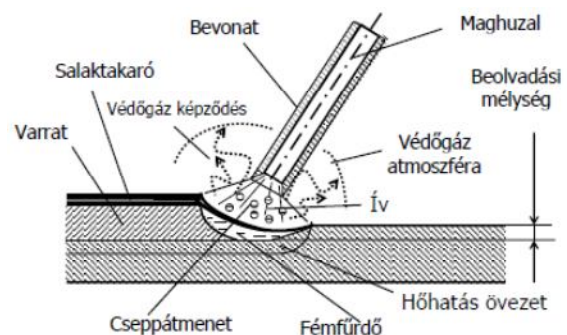
8.4.2 Bevonat elektródás kézi ívhegesztés, kódszám: 111

Az ívhegesztés elve az, hogy az alapanyagot és a hozaganyagot villamos ív által fejlesztett hő ömleszt meg (8.18 ábra, 8.19 ábra). Az áramforrás egyik pólusa a hegesztendő munkadarabra, a másik pedig az elektródára van csatlakoztatva. A hegesztés végezhető egyenárammal vagy váltakozó árammal.



8.18 ábra: Bevonat elektródás ívhegesztés

Forrás:[1]



8.19 ábra: Kézi ívhegesztés folyamata

Forrás:[2]

Az egyenáram hegesztési viszonyai kedvezőbbek, váltakozó áramnál az ív nyugtalanabb, a hegesztési hőfok alacsonyabb. Lánghegesztéshez viszonyítva nagyobb a hegesztési teljesítmény, így kisebb a hővesztés, amely a kisebb zsugorodási feszültségeket és deformációkat eredményezi. **Polaritás:** egyenes (elektróda a negatív sarokhoz kötve) fordított (elektróda a pozitív) Alkalmos kötő-, felrakó- és javítóhegesztésre egyaránt.

Az ívhegesztéshez alkalmazott elektróda a hegesztendő anyagtól függően lehet acél, réz, alumínium, a huzal méretek tartománya \varnothing 2...5 mm; jellemző hossza L 250...450 mm, a bevonat pedig ívstabilizáló, védőgáz- és salakképző, ötvöző anyagokat tartalmaz. **Elektróda bevonatának típusai:**

- **rutilos (R)**, alapvetően rutilt (TiO_2) tartalmaz, finomcseppes az anyagátmenet,
- **cellulóz (C)**, szerves anyagot, cellulózt tartalmaz (gázképzés),
- **bázikus (B)**, karbonátokat (CaCO_3) tartalmaz, nedvszívó, ki kell szárítani.

Salak a bevonatból és a huzalból keletkezik, védi a varrat felületét.

Bevonat elektródás kézi ívhegesztés eszközei, áramforrása (transzformátor), hegesztő kábelek (az áramforrás és az elektróda, illetve a munkadarab közt), elektróda fogó, munkadarab fogó és különböző a feladatnak megfelelő a hegesztendő lemezek helyzetben tartására alkalmas rögzítő eszközök. A hegesztés végrehajtása áll egy ívhúzásból, elektróda

tartásból és vezetésszerűen. A hegesztési helyzetek lehetnek vízszintes, fej feletti és függőleges, alulról felfelé.

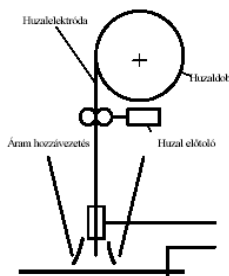
Bevonat elektródás kézi ívhegesztés alkalmazásai:

- Az ipar minden területén alkalmazzák, egyszerű, olcsó. Gyakorlatilag minden anyag hegesztésére létezik elektróda és technikája megtanulható, nem igényel jelentős beruházást sem.
- Erősen ötvözött acélokat kb. 75 % - ban bevonatos elektródával hegesztenek.
- Felrakó hegesztéshez a legtöbb hegesztőanyag bevonatos elektróda formájában áll rendelkezésre.
- Az eljárással az ipar igényeinek megfelelő kötések készíthetők, így gyakorlatilag minden területen megtalálható
- Hátránya elsősorban a kis leolvadási teljesítmény és az emberi tényezők jelentős szerepe

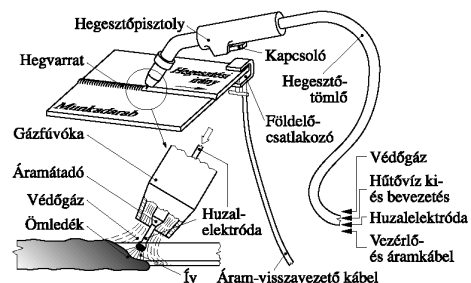
8.4.3 Fogyóelektródás semleges védőgázos ívhegesztés MIG-hegesztés (Metál Inert Gas), kódszám:131 (Régi jelölése; AFI)

A hegesztőáram a huzalelektróda és a munkadarab között 6000 °C feletti ívet hoz létre.

A huzalelektróda cseppek formájában olvad le, amelyet a huzalelőtoló berendezés biztosít. Az elektróda dobról lecsévél, egyenesen előtolt huzal, amely folyamatosan olvad le (8.20 ábra). Egyenáramú áramforrással, fordított polaritással hegesztenek leggyakrabban. A varrat védelmét a huzal mellett kiáramló semleges gáz (argon, hélium) látja el. Szokás **AFI** - argon védőgázos, fogyasztóelektródás ívhegesztésnek - is nevezni. Az argon jól ionizálható, azonban a feszültség esése az argonívben kisebb, mint a többi védőgázban. Az argon kis hővezető képessége következtében az ívben erős sugárirányú hőmérsékletesés jön létre. A beolvadási mélység kisebb, a varratszélesség nagyobb. Szóró-és impulzusív jól beállítható (8.21 ábra)



8.20 ábra: Semleges védőgázos ívhegesztés (MIG)



8.21 ábra: Kézi ívhegesztés folyamata

Forrás:[1]

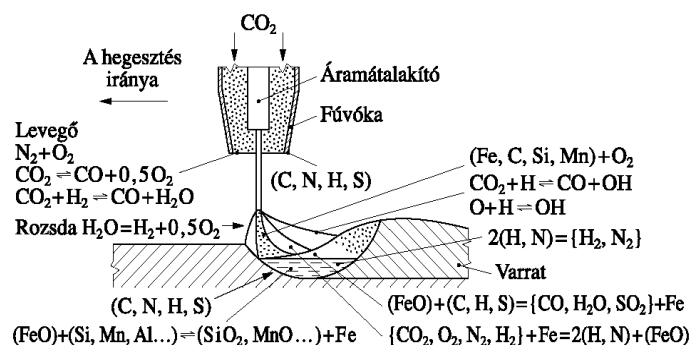
Forrás:[1]

Huzalelektroda, lehet tömör vagy töltött. A tömör huzalelektroda jellemző mérete: 0,8-2,4 mm. A huzal készül rézbevonat nélküli és rézbevonatos kivitelben. A vékony rézbevonat feladata, a huzalelektroda korrózióvédelme, jobb áramátadás, kedvezőbb huzalelőtölés. Hátránya nagyobb előtölés esetén (> 15 m/min) a réz leválásra hajlamos, eltömíti a huzalvezetőt. A védőgáz oxidáló hatását dezoxiáló ötvözéssel (Si, Mn) lehet ellensúlyozni. Töltött huzalelektrodák - egy fémes csőből és egy poralakú magtöltetből állnak. **A hegesztés eszközei:** áramforrás (állandó feszültségű egyenirányító), huzalelőtölő berendezés, hegesztőpisztoly, tömlőköteg.

Fogyóelektrodás, semleges védőgázos ívhegesztés alkalmazása:

- Minden fém hegeszthető ezzel az eljárással, de ára miatt elsősorban korrózióálló acélokat, nikkelt és ötvözeteket, színes- és könnyűfémeket hegesztenek.
- Elsősorban nagy beolvadási mélységű töltő és takaró rétegek készítésére javasolt.

8.4.4 Fogyóelektrodás, aktív védőgázos ívhegesztés MAG-hegesztés (Metal-Activ Gas), kódszám: 135 (Régi jelölése: CO2)



8.22 ábra: A MAG hegesztés kémiai folyamata

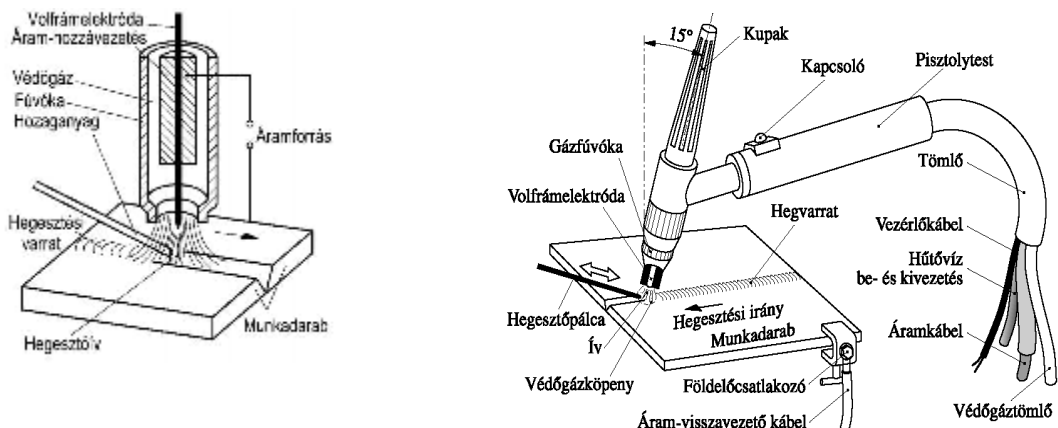
Forrás:[1]

Elrendezése hasonló a semleges védőgázos fogyóelektrodás ívhegesztéshez. Védőgázként széndioxidot (**CO₂**) használnak, amely hegesztési hőmérsékleten felbomlik szénmonoxidra (CO) és oxigénre (O₂) (10.22 ábra). Az oxigén, oxidáló hatású, ezt a huzal dezoxidáló ötvözésével (Si, Mn, Al, Ti) ellensúlyozzák. Elsősorban ötvöztelen acélok nagy tömegű hegesztésére használják az olcsósága miatt.

8.4.5 Volfrámelektrodás, semleges védőgázos ívhegesztés (AWI/TIG) (Tungsten Inert Gas)

Az argon védőgázos (lehet hélium is), volfrámelektrodás ívhegesztés (**AWI**, vagy **TIG** hegesztésként ismert) (8.23 ábra, 8.24 ábra) olyan eljárás, mely nem leolvadó, volfrám elektrodát alkalmaz. Az ív a nem leolvadó volfrám elektróda és a munkadarab között keletkezik. Az elektrodát, az ívet és a megolvadt hegesztési ömledéket körülvevő területet a levegőtől semleges gáz védelmezi. A védőgáz többnyire argon (lehet hélium is), ezért hívják **AWI** hegesztésnek is. Amennyiben hegesztőanyagra is szükség van, azt a megolvadt

ömledék szélénél kell hozzáadni. Az AWI hegesztés kivételesen tiszta, magas minőségű hegesztést biztosít. Minthogy salakanyag nem termelődik, nem fordulhat elő, hogy salak kerüljön a varratfémbe és a befejezett hegesztés gyakorlatilag nem igényel tisztítást. Az **AWI** hegesztés szinte minden fajta fém hegesztéséhez használható és az eljárás alkalmas mind kézi, mind pedig automatikus eljárásokhoz. Az **AWI** hegesztést leginkább alumínium és rozsdamentes acélötvözetek hegesztésénél alkalmazzák, amikor a hegesztés hibátlanága kiemelkedő jelentőségű. Széles körben használják a nukleáris-, vegyészeti-, repülő- és élelmiszeriparban magas minőségű hegesztésekhez.



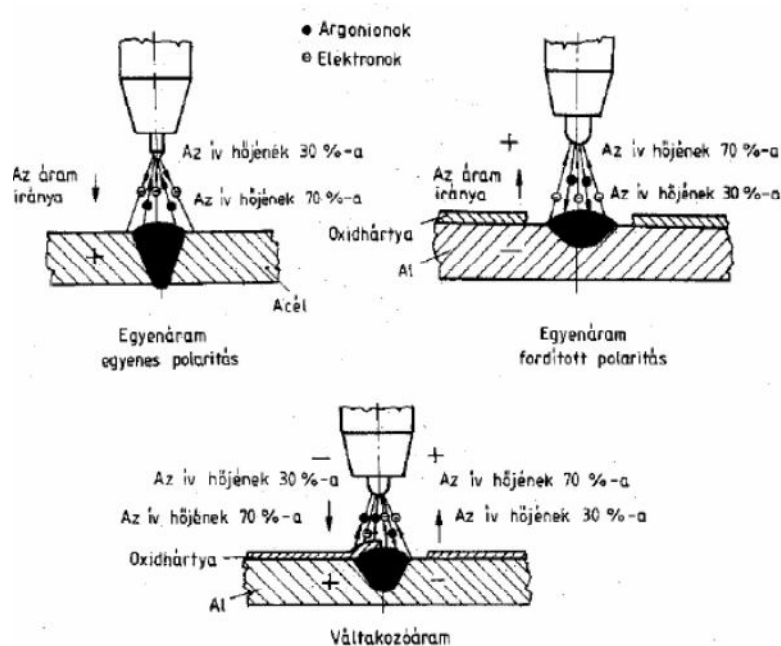
8.23 ábra: A AWI/TIG hegesztés elve

Forrás:[1]

A hegesztés eszközei:

Áramforrás, egyenáramú vagy váltakozó áramú áramforrást is használnak. Az áramellátás mellett egyéb szabályzási funkciói is vannak (ívgyújtás, stabilizálás).

Hegesztőpisztoly az elektróda befogásának és a gáz hozzávezetésének funkcióját látja el, ezeken kívül az áram hozzávezetést és a vízűtést biztosítja.



8.24 ábra: Villamos ív az argonatmoszférában és a polaritás szerepe AWI hegesztésnél

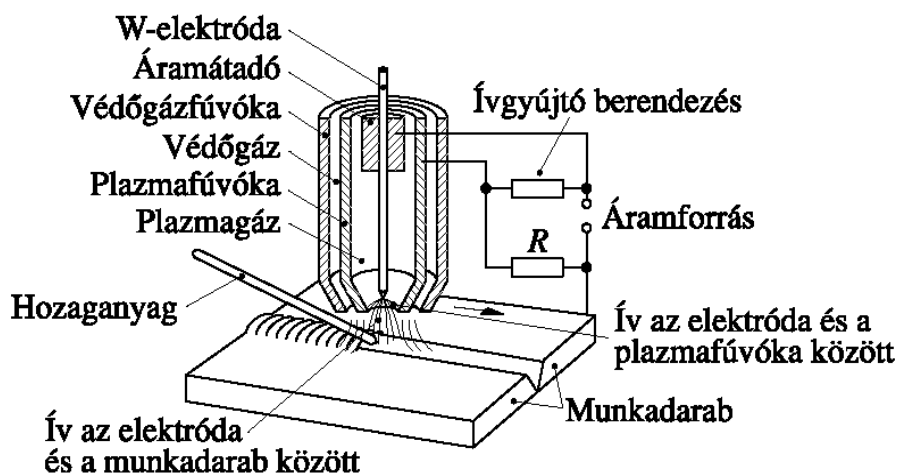
Forrás:[4]

A hegesztés végrehajtása

Az ívben keletkező hő eloszlása és az ionok, elektronok vándorlása egyenes és fordított polaritás esetén. Egyenes polaritásnál a beolvadási mélység nagyobb. A hegesztés hozaganyaggal és anélkül is végezhető, ha alkalmaznak hozaganyagot, ezt huzal formájában lehet végezni. **Alkalmazásának vannak korlátai:** kicsi a leolvadási sebesség és magas szaktudást, gyakorlatot igényel. Al és ötvözetére váltakozó áramot kell alkalmazni.

8.4.6 Plazmaív hegesztés (PAW)

Volfrám elektróda és a munkadarab között égő plazmaív szolgáltatja a hőt (8.25 ábra). A plazmaív ionizált argon áram. A plazmaívet védőgáz burok veszi körül, amely argon és hélium keveréke. A plazmaív nagyobb energiasűrűségű és koncentráltabb, mint a hagyományos AWI hegesztés íve [4].



8.25 ábra: Plazmaív hegesztés elrendezése

Forrás:[4]

Az eljárás széles körűen használt a kiváló minőségű hegesztéseknél a repülő/űrkutató iparban, az energia, a vegyi- és olajiparban.

8.5 Fémek hegeszthetősége

A fémek hegesztésénél [2] figyelembe kell venni a hegeszthetőséget. Hegeszthetőség - a fémek hegesztés technológiájától függő alkalmassága a hegesztett kötés létrehozására. **Figyelembe veendő tényezők: Fémek tulajdonságai** (Kémiai összetétel., Hőkezelési állapot, Előzetes alakítási állapot), **Hegesztéstechnológia** (Hegesztő eljárás és paraméterei. Hozaganyagok. Hegesztési munkarend.), **Alkalmazás jelentős körülményei:** (Keresztmetszet változások. Anyagvastagság. Varratelhelyezés, varratalak.). **Üzemi körülmények:** (Igénybevétel módja. Hőmérséklet tartományok. Korróziós igénybevétel).

A hegesztett kötések rendeltetésszerű használata megköveteli a meghatározott mechanikai értékek biztosítását, repedésmentességét. A fenti tényezők biztosításához ismerni kell a hegesztési varrat környezetében kialakuló hőhatásövezeteket és szövetszerkezeti tulajdonságokat.

Szerkezeti acélok hegeszthetőségi tulajdonságai

A szerkezeti acélok maximum 0,6% szén tartalmaznak. Fő ötvözők szén (C), szilícium (Si), mangán (Mn), kén (S), foszfor (P). Amennyiben az alapanyag nem csillapított, az acélt nagy mangán tartalmú hozaganyaggal hegesztjük. Az ilyen acélok alárendelt célokra használhatók. A csillapított acélban a Mn kívül Si is van, és az oxigén FeO helyett SiO₂ formában van lekötve, és nem jön létre CO-gáz. A fémfürdőben a szennyezők eloszlása egyenletes.

Ötvözetlen és ötvözött acélok hegeszthetőségi tulajdonságai

Sokszor előfordul, hogy a gyakorlatban a hegesztett szerkezetnek nem kell különösebb követelményt, dinamikus erőhatást, korrózió és hőigénybe vételt kielégíteni, ezért az



alapanyag ötvözetlen szerkezeti acél, ami jól hegeszthető. Az S jelű szerkezeti acélok C-tartalma maximum 0,2%, a nagyobb szilárdságú acélok Si-tartalma max. 0,55%, és így a szerkezeti acélok C-tartalma nem haladja meg az edződés alsó határát a 0,2%-ot, a karbonegyenérték (CE) a 0,45%-ot, ezért hegesztéskor a gyorsabb lehűlésből származó repedési veszéllyel nem kell számolni. Nagyobb szelvény vastagságú acélok tompavarratainál 12 mm felett célszerű 100-150 °C-ra előmelegíteni. A kritikusanál gyorsabb hűtés az alábbiakban felsorolt veszélyes edződést eredményezhet: Amennyiben a C > 0,25%, akkor már normál hegesztési feltételek esetén is célszerű melegítést alkalmazni a lehűlési sebesség csökkentése céljából.

Acél- és vasöntvények hegesztései tulajdonságai

Acélöntvények hegesztése. Az ötvözetlen acélöntvények C-tartalma 0,1-0,6%. A kisebb C-tartalmú acélöntvények jól hegeszthetők, 0,25% C-tartalom felett esetenként igénylik az előmelegítést (bonyolult alakú, változó keresztmetszetű vagy 25 mm-nél vastagabb falú Öntvény). Az ötvözött acélöntvények hegesztésénél általában azokat a követelményeket kell szem előtt tartani, mint az azonos vagy hasonló összetételű acélokra.

Vasöntvények hegesztése. Az öntöttvas 2,14 %-nál több korbont, ezen kívül kísérő elemeket, szennyező és nyomelemeket is tartalmazó, többalkotós vas-karbon alapú ötvözet. Szürkevas öntvények hidegen végzett (előmelegítés nélkül) végzett hegesztéskor a lehető legkisebb hőbevitelre és erős hőkoncentrációra kell törekedni, hogy a hőhatásövezet minél kisebb legyen. Ívhegesztéskor nikkal (Ni) ötvözésű elektródák alkalmazása a legcélszerűbb, mivel nagy képlékenységűek, és így a hegesztés során fellépő feszültségeket alakváltozással ki tudja egyenlíteni, így az alapanyagban repedés nem keletkezik. Öntöttvas elektródák használata nem megengedett, mivel lehűléskor a karbon rideg cementit, illetve martenzit formájában lesz jelen. A hegesztést kis hőbevitellel, az elektróda ívelése nélkül egy lépésben, keskeny és rövid, 30-50 mm-es varratszakaszok lerakásával kell végezni. Meleghegesztéshez az öntvényt elő kell melegíteni. Vékony falú, kevésbé bonyolult öntvények előmelegítési hőmérséklete 200-300 °C, bonyolultabb, nagyobb méretűeké 600 °C (lemezgrafitos öntöttvasak), illetve 300-550 °C (gömbgrafitos öntöttvasakhoz a Mg kiegészítő veszélye miatt). Félmeleg hegesztés vékony falú, kevésbé bonyolult, ilyen szempontból kedvező helyen megjelenő hibák javítására alakult ki. Előmelegíteni csak a szükséges helyzetben, esetenként szilárdsági okokból (200...350 °C-nál nem magasabb hőmérsékletre) szabad. A munkadarab alakváltozását nem szabad akadályozni. A hevítés és a hegesztés után lassú hűtéséről mindig gondoskodni kell. Az előmelegítés hőmérsékletét a hegesztés ideje alatt fenn kell tartani. A repedések végeit furattal le kell zárni, hogy a repedések ne terjedjenek tovább. A hőbevitel és hőelvonás sebessége 20-30 °C/h-nál nagyobb nem lehet.



9. NEMFÉMES ANYAGOK KÖTÉSI TECHNIKÁI

A ragasztás több ezer éves, de igazi sikert csak a szintetikus polimerek megjelenését követően ért el. Ma az élet minden területén találkozunk ragasztott tárgyakkal, napjainkra a ragasztás sok területen nélkülözhetetlen technológiai műveletté vált.

A ragasztás az anyaggal záró nem oldható (korlátozottan oldható) kötések csoportjába sorolható. A ragasztás legnagyobb előnye a forrasztáshoz, és a hegesztéshez képest, hogy nem éri hőterhelés a munkadarabot. A ragasztóanyag a kötésben rezgéscsillapító, jól szigetelő, zajcsökkentő hatásokat fejt ki, ezzel szemben viszonylag kicsi a terhelhetősége, és nagy technológiai körültekintést igényel.

9.1 A ragasztás elmélete

A ragasztástechnika sikeres alkalmazásának feltétele a ragasztott kötések ismerete. Egy ragasztott kötés szakadásának leggyakoribb oka nemcsak a ragasztó túlságosan alacsony szilárdsága, hanem a ragasztandó felületek nem megfelelő előkészítése, vagy tájékozatlanság, illetve felületesség a megfelelő ragasztó kiválasztásánál. A ragasztást végző emberekben a következő kérdések merülhetnek fel:

- Miért, mitől ragadnak a ragasztók?
- Mi kell ahhoz, hogy egy anyag ragasztóként használható legyen?
- Melyek a különböző anyagok ragaszthatásához optimálisan használható ragasztóanyag kritériumai?

E kérdések megválaszolására számos elmélet született: mint például a diffúziós-, az abszorpciós-, a mechanikai- és kémiai adhézió, illetve az elektromos-, elektrosztatikus kölcsönhatások elmélete. A gyakorlatban felmerülő sokféle ragasztandó anyag (szubsztrátum) között kialakuló kölcsönhatások magyarázatára azonban önállóan egyik elmélet sem ad megfelelő választ. A különböző kölcsönhatások aránya a szubsztrátumok és ragasztó anyagpáronként rendkívül változó, így a legcélszerűbb megoldás a ragasztókötés magyarázatára a meglévő elméletek egységes rendszerbe történő integrálása. A ragasztóanyagok olyan nemfémes anyagok, amelyek a szilárd anyagok felületét tapadással és saját szilárdságukkal kötik össze anélkül, hogy az összekötött anyagok eredeti tulajdonsága, szerkezeti felépítése lényegesen megváltozna.

Ha az anyagok, anyaghalmazok összekötése ragasztással három dimenzióban történik (pl. farostlemez), akkor kötőanyagokról beszélünk. Tágabb értelemben a ragasztók közé sorolhatók az elasztikus tömítőanyagok is, noha ezek elsősorban az egymáshoz illesztett rideg, esetleg törékeny (pl. fém-üveg) anyagok közötti hézagok kitöltésére szolgálnak, ugyanakkor ragadnak is az anyagokhoz és elasztikus kötést biztosítanak.

A jó ragasztókötés-szilárdság kialakulásának alapvető feltétele:

1. a ragasztandó anyag felület ragasztóanyag általi nedvesítése. Ennek előfeltételei:



a ragasztandó anyag és a ragasztóanyag megfelelő felületi energia viszonyainak megválasztása, ill. kialakítása,

a ragasztó folyékony halmazállapota.

2. a nedvesítést követően a ragasztandó anyag-ragasztó között kialakuló kölcsönhatások rögzítése, vagyis a kötésszilárdítás

A ragasztott kötéseket azonos, vagy különböző anyagok, fémek és nemfémek kötésére használjuk.

9.2 A ragasztott és rögzítőszeres kötés előnyei, hátrányai

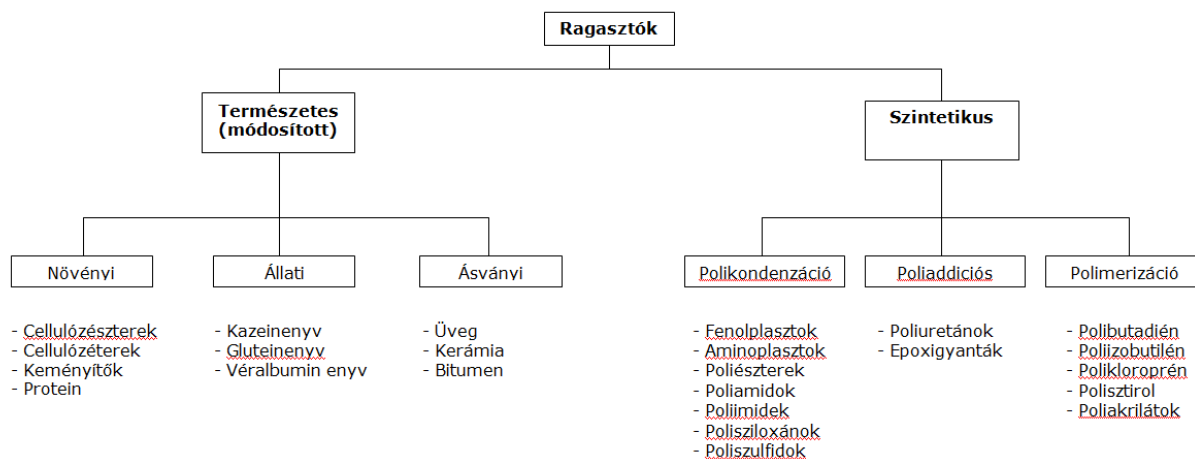
Előnyei a következők:

- különböző anyagok kötése valósítható meg, fém-, műanyag, kerámia, bőr, fa, üveg azaz szinte minden technikai felhasználású anyag kötéséhez, ezek bármelyikének bármelyikhez való kötésére.
- kisebb súly jön létre,
- egyenletes feszültségeloszlás a kötésben,
- rezgéscsillapító hatás,
- a kötésben levő alkatrészeket nem kell gyengíteni, (furat, horony, stb.),
- illeszkedő alkatrészek tűrése kevésbé szigorú,
- nem szükséges finoman megmunkált felület,
- nagy felületű alkatrészek is jól köthetők,
- a kötések szobahőmérsékleten vagy max. 200°C-os hőmérsékleten létrehozhatók,
- az érintkezési korrózió megakadályozható,
- cseppfolyós és légnemű közegek esetén a kötés megfelelően tömít,
- kis beruházási és megmunkálási költség.

Hátrányai az alábbiak

- egyes esetekben a ragasztási vagy rögzítési technológiának megfelelő szerkezeti kialakítás szükséges,
- a kötésben résztvevő felületeket előkezelni kell (felület tisztítás, mechanikai, kémiai előkezelés),
- a kikeményedés (térhálósodás) során esetleg nyomást vagy melegítést kell alkalmazni,
- magasabb hőmérsékleten a kötés szilárdsága csökken,
- esetenként a kikeményedési (térhálósodási) idő hosszú, akár 24 órát is tarthat,
- öregedésre hajlamos, érzékeny az ultraviola sugárzásra, a levegő oxidációjára.

A ragasztó anyagok széles választéka áll rendelkezésre a kereskedelmi forgalomban (9.1 ábra). A ragasztóanyagok azok a nemfémes anyagok, amelyek szilárd anyagok felületét tapadással és saját szilárdságukkal köti össze anélkül, hogy az összekötött anyagok szerkezeti felépítése vagy eredeti tulajdonságai lényegesen megváltoznának.



9.1 ábra: Ragasztóanyagok csoportosítása

Forrás: [1]

A jelenlegi választék két nagy csoportba sorolható:

1. A **fizikai hatással** működő ragasztóknál a ragasztóréteg az anyagban lévő oldószer elpárolgása útján keményedik ki eredeti folyadék-, vagy zselatin szerű állapotából. A hőre lágyuló ragasztóréteg terhelés alatt kúszási tulajdonságot mutat. Ebből az anyagból rugalmas, jó ragasztóréteg alakul ki, mintegy

$$\tau_m = 5 - 10 \text{ N/mm}^2 \text{ nyírószilárdsággal.}$$

A csoportba sorolt ragasztók lehetnek:

kontakt ragasztók, főleg oldott kaucsuk bázisú,

olvasztott ragasztók, amelyeket megolvadt állapotban (általában 150-190C^o-on) kell felvinni, megszilárdulás előtt az alkatrészeket össze kell illeszteni.

plastisolok, nincs oldószer, pasztaszerű állapotban visszük fel, és 150-200C hatására keményednek meg, ezek főleg finomra őrölt PVC bázisúak lágyítószerbe feloldva. Képesek olajat és zsírt felvenni.

2. A **kémiai hatással** működő ragasztók kismolekulájú vegyületekből állnak és a kötés alatt nagy molekulájú vegyületekké alakulnak a ragasztó rétegben, vagyis egy térhálósodás útján keményednek ki. Létezik folyadék, paszta és film állapotú anyag, amely katalizátor, hőmérséklet növelés, levegő nedvességtartalma vagy oxigén elvonás hatására térhálósodik.



A katalizátor egy idegen anyag, amely meggyorsítja a kémiai reakciót. A reakció típusától függően megkülönböztetünk:

- polimer ragasztóanyagokat, amelyeknél a kismolekulák összekapcsolódva alkotják anagymolekulákat,
- poliaddíciós ragasztóanyagokat, amelyeknél két különböző kevert anyag molekulái egyesülnek,
- polikondenzációs ragasztóanyagok, amelyek molekulái leszakadt kilépő kismolekulák hatására egyesülnek nagy molekulákká. Ehhez 120 - 130C és 0,4-1 MPa nyomás szükséges.

A **reaktív ragasztók** megkülönbözethetők aszerint is, hogy egy- vagy kétkomponensű ragasztók-e. Kétkomponensű ragasztóknál vagy két műanyag paszta, amelyet felhasználás előtt össze kell keverni, vagy pedig egy műanyag paszta és egy kis mennyiségű anyag, a katalizátor.

A ragasztott kötések három csoportba soroljuk:

1. kisszilárdságú kötések, nyírószilárdság: $\tau_m \leq 5 \text{ N/mm}^2$.
2. közepes szilárdságú kötések: $\tau_m = 5 - 10 \text{ N/mm}^2$
3. nagyszilárdságú ragasztott kötések: $\tau_m \geq 10 \text{ N/mm}^2$

9.3 A ragasztott és rögzítőszeres kötések konstrukciós megfontolásai és tervezése

A ragasztott kötések szilárdságát és tartós ellenálló képességét elsősorban a következő paraméterek befolyásolják: [2]

A **ragasztóanyag** fizikai és kémiai tulajdonságai meghatározzák a ragasztott kötésekben a tapadó képességet és a belső szilárdságot. Gyakran a **szerkezeti anyag** fajtája és felületminősége az elsődleges szempont az optimális ragasztóanyag kiválasztásában vagy a ragasztási hézag nagyságának előírásában, de a szerkezeti elemek merevsége és mechanikai tulajdonságai is fontos kritériumai a legalkalmasabb ragasztóanyag és ragasztási technológia kiválasztásának.

A ragasztott kötés **működési feltételei** (hőmérséklet, vegyszerek/oldószeres, nedvesség stb.) közvetlenül befolyásolják a ragasztóanyag kiválasztását. A tartós ellenálló képesség vonatkozásában a működési feltételek és a ható erők jelentik a legfontosabb paramétereket.

A kiválasztott ragasztóanyag optimális alkalmazása szempontjából a **ragasztási hézag** kialakítását tekintjük a legfontosabb paraméternek. A kialakítást a ragasztóanyag korlátaihoz kell igazítani (pl. átkeményedés mélysége, hézagkitöltés stb.) és messzemenőkéig optimalizálni, a ragasztott kötés számára káros **terheléseket** (ütő és lefejtő igénybevétel) el kell kerülni.



9.4 Ragasztott kötések tervezése

Az optimális ragasztási hézag, a ragasztott kötés elemei kialakításának célja a homogén feszültségeloszlás elérése. Ezen túlmenően a ragasztott kötések tervezésekor bizonyos irányvonalakat szem előtt kell tartani:

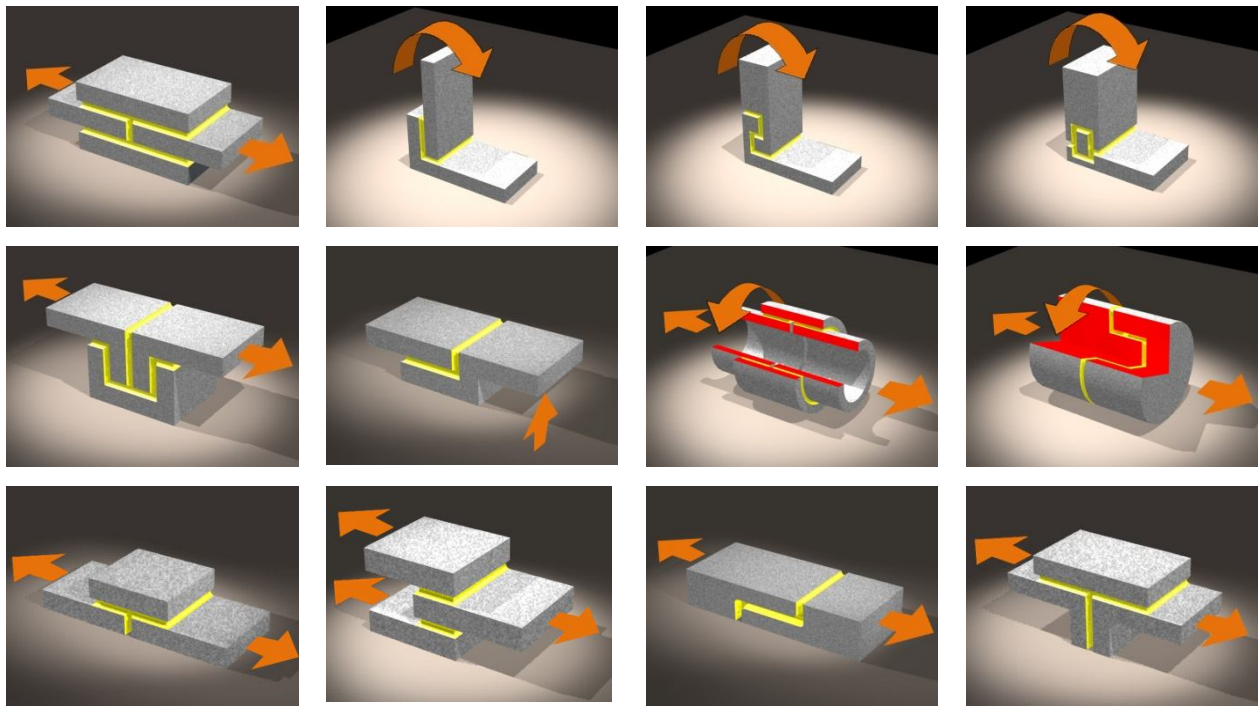
- Az ütő és lefejtő igénybevételt a lehető legkisebbre kell csökkenteni .
- A ragasztási felületet a lehető legnagyobbra kell növelni .
- A járulékos igénybevételeket meg kell szüntetni.
- A feszültségeloszlást lehetőleg egyenletesre kell beállítani.

A ragasztott kötések igénybevétele lehet húzás, nyomás, nyírás, lefejtés, kinyitó hajlítás, gyakran ezek kombinációja.[5]

A kötés szilárdsága a legjobb nyírás és nyomás esetén, de lefejtés esetén nem a legjobb megoldás a ragasztás. A tervezésnél célszerű úgy kialakítani a ragasztott kötéseket, hogy elkerülhető legyen a lefejtés.

Az alábbi ábrák bemutatják, hogy a gyakorlatban milyen kedvezőtlen és helyes megoldások alkalmazhatók. A megfelelő kialakítással egy ragasztott kötés szilárdsága akár nagyságrenddel is javítható. A ragasztott kötésre alkalmas illesztési megoldásokat a 9.1 táblázat tartalmazza.

Helyes kötészakialakításnál mindig az a cél, hogy a ragasztott zónára az eredő üzemi igénybevétel elsősorban nyíró hatást fejtsen ki. A húzást, hajlítást, lefejtést kerülni kell megfelelő szerkezeti kialakításokkal.[5]



9.2 ábra: Helyes kötészakialakítás kialakítása

Forrás: [5]


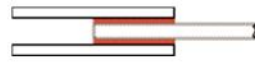




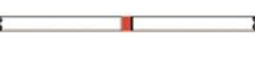
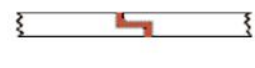

A megfelelő szerkezeti kialakítás után lényeges szempont, a ragasztandó felületek anyagának ismeretében a ragasztó anyag és a ragasztási technológia kiválasztása és meghatározása.

Napjainkban a műszaki műanyagok ragasztási technológiája jelentősen leegyszerűsödött az új, korszerűbb ragasztóanyagok kifejlesztésével. Ezekhez az anyagokhoz a gyártók mellékelik a felhasználás területeit és az alkalmazási technológiát, melyet célszerű betartani

A ragasztott kötések kialakításánál az alábbi kulcsfontosságú szempontokat kell betartani:

- Az illesztendő felületek a maximális erőátviteli képesség érdekében a lehető legnagyobbak legyenek.
- A kötésre ható erőket a teljes ragasztási vonalon el kell oszlatni.

9.1 táblázat: A ragasztott kötésre alkalmas illesztési megoldások

Egyszerű átlapolásos kötés	Kettős átlapolásos kötés	Egyhevederes kötés
		
Alkalmazása a vékony szelvények esetében előnyös. Egyszerű konstrukció és jó szilárdsági tulajdonságok.	Nagyon jó illesztési szilárdság érhető el.	Gyakran használják sima felületek kialakítására különösebb előkészítő munka nélkül.
Kéthevederes kötés	Lapolt illesztés	Csavaró terhelés
		
Nagyobb szilárdságot biztosít, mint az egyhevederes kötés, de bonyolultabb. Ritkán alkalmazzák, mivel egyik látható homlokfelület sem sík.	Kitűnő szilárdságot biztosít, de kialakítása nagyon bonyolult, és csak <u>vastagabb anyagok esetében</u> alkalmazható.	A csavarásnak kitétt vékony falú csövek átlapolásos vagy hevederes kötése az érintett fémek <u>szilárdságával</u> azonos szilárdságot érhetnek el.
Tompaillesztés	Lépcsős átlapolt illesztés	Vállas kéthevederes tompaillesztés
		
Előnytelen a kis szilárdság miatt	Kedvezőtlen a költség miatt.	Kedvezőtlen a költség miatt.

Forrás:[4]

9.5 A ragasztandó munkadarabokra vonatkozó ismeretek

A jó ragasztás egyik feltétele a követelményeknek megfelelő ragasztó kiválasztása. Az első segítséget a ragasztócsoporthoz alapvető tulajdonságait tartalmazó információk adják, melyek alapján célszerű a ragasztóanyag specifikus tulajdonságait a vele szemben támasztott követelményekkel összevetni. Nincsenek sem „jó” sem „rossz” ragasztók. A felhasználás jellege alapján egyszer az egyik, máskor a másik az alkalmas, vagy kevésbé az.

Egy ragasztó kiválasztásához a ragasztandó darabok adataiból a következőket kell ismerni:

- Milyen anyagból vannak?
- Milyen nagyságúak, milyen alakúak?
- Milyenek a felületi adottságok?
- Mekkora az üzemi terhelések?
- Milyen környezeti feltételek uralkodnak? (hőmérséklet, nedvesség, agresszív közeg, stb.).
- Milyen ragasztásra van igény?

- Milyen gyártó berendezések állnak rendelkezésre? (hőkemencék, adagoló berendezések, stb.)
- Egyedi vagy sorozatgyártásban készül a termék?

9.6 A fémragasztás technológiája

A kötés szilárdságát leginkább befolyásoló adhézió erőssége leginkább a ragasztóanyag nedvesítő hatásától függ. Ez annál jobb, minél kisebb a folyadékfelszín érintője és a fémfelület által bezárt peremszög (δ) értéke (9.3 ábra).



9.3 ábra: A folyadékcseppek nedvesítési tulajdonsága

Forrás:[3]

A kötésszilárdság nagymértékben függ a felület előkészítésétől is. Az érintkezés, illetve tapadóképeség annál jobb, minél síkabb és simább a felület. Érdes felületeknél az érintkezés az anyag kiemelkedő csúcsain jön létre. Ilyenkor a jobb tapadási viszonyokat a bemélyedések ragasztóanyaggal való kitöltésével lehet létrehozni. Nehézséget okoz viszont a bemélyedések kapillaritása és a ragasztó által ki nem szorított levegő nyomása. A mélyedés alakjának, valamint a peremszögnek ilyenkor döntő szerepe van.

A kapilláris nyomás akkor pozitív, ha $\varphi + \delta < 180^\circ$ ($\varphi >$ a mélyedés hajlásszöge), ekkor a felület nedvesedik, ha $\varphi + \delta > 180^\circ$ (a kapillárisnyomás negatív) nem következik be nedvesedés (11.6 ábra). Minél nagyobb a δ , annál kevésbé hatol be a ragasztó a felületi mélyedésekbe. Nyomás alatti kötéskor a levegő a mélyedésekből és pórusokból kiszorul.

A ragasztás a felületek előkészítésével kezdődik. A durva szennyeződések mechanikai úton kell eltávolítani, majd a kémiai zsírtalanítás következik. Az aktív felület szükség esetén durvítással növelhető. A ragasztóréteg vastagságának növekedése a húzó-nyíró szilárdság csökkenéséhez vezet, ezért vékony, egyenletes réteg felhordására kell törekedni.

9.7 Alkalmazási területei a következők

Kötőelemeknél, amikor két vagy több szerkezeti elemet rögzítenek egymáshoz. Csavarok, anyák, csapszegek, tájolócsapok, tőcsavarok, rögzítő-, illesztőszegek, ékek, reteszek jönnek számításba.

Perselyek, csapágyak ragasztása.

Forgó alkatrészek, tárcsák, fogaskerekek, járókerekek, rotorok tengelyre kötése,



Menetes, karimás, hengeres csőcsatlakozások, karmantyús toldások, idomok, elemek, különféle szerelvények ragasztása vízvezeték és központi fűtészerezésnél.

Egymásba illeszkedő síkfelületek tömítése hajtóművek, csapágyfedeleknél, zárófedeleknél.

Súrlódó tárcsák, tengelykapcsoló súrlódó betétek, fékbetétek ragasztása. Itt a hőtermelést célszerű figyelembe venni, ezért műanyagbetétek alkalmazása javasolt.

Szerszámgépeknél pl. csúszó vezetékek ragasztása.

Egyéb területek: kezelő karok műanyag fogantyúi, gépkocsik szerkezeti, alkatrészei, O-gyűrűk készítése, stb. Felsorolásként megemlíthető, hogy a fémiparon kívül számos más ipar, pl. vegyipar, a bőr-, a papír-, a ruha-, az építőipar – ezen belül a szak és szerelőipar – is jó eredménnyel használja fel a ragasztást. Nagy jelentősége van még a ragasztásnak és a rögzítésnek a finommechanika és az elektrotechnika területén is, ahol a felhasznált szerkezetek kis mérete, nagyfokú pontossága, az elemek miniatürizálása folyamatosan új lehetőséget teremt.



10. A GYAKORLATBAN ALKALMAZOTT KÜLÖNFÉLE FELÚJÍTÁSI TECHNOLÓGIÁK

10.1 Gépalkatrészek felújítása termikus szórási (fémszórási) eljárásokkal

A termikus szórási eljárás igen nagy múltra tekint vissza. Az alkatrészek kopása felületi rétegük fizikai, kémiai tulajdonságaitól függ. Keresztmetszetük nagyobbik része csak a külső terhelés hordozásában, illetve továbbításában vesz részt. A gyakorlat is igazolta, hogy egy homogén összetételű és tulajdonságú anyag szilárdságtani és kopási szempontból csak ritkán nyújt optimális megoldást, és ezért fejlesztették ki a különböző felületkezelési, bevonási eljárásokat, melyekkel a gépalkatrészek élettartamát akár a többszörösére lehet növelni [1] [4].

10.1.1 A termikus szórási (fémszórási) eljárások és jellemző

A szórási eljárások a felvitt régek jellege alapján két nagy csoportra osztható:

utóhevítés nélküli ún. „hidegszórás”, melynél az olvadási hőmérsékletre hevített és a felületre juttatott szemcsék nem lépnek egymással és az alapanyaggal kohéziós kapcsolatba (nincs beolvasztás) a felvitt réteg porózus szerkezetű, a felvitel során az alapanyag max. 150-200°C-os hőmérsékletet ér el,

utóhevítéses ún. „melegszozás”, amikor a felszort réteget a szórással egyidejűleg vagy azt követően megolvasztják így tömör, öntött szerkezetű lesz. A szóráshoz használt ötvözetek olvadási hőmérséklete 900-1200°C közé esik, az alapanyag felmelegedése elérheti a 800-900°C-ot. Ezen a hőmérsékleten már jelentős szövetszerkezeti változások mehetnek végbe az alapanyagban, megváltoztatva az előző hőkezelések hatását, másrészt a belső feszültségek oldódása, az egyenlőtlen melegedés és lehűlés miatt elhúzódnások jöhetnek létre. A magas hőmérséklet és a viszonylag hosszú hőtartási idő lehetővé teszi, hogy az adhéziós-mechanikus kötődés az alapfémhez diffúzióssá váljon. Ebben fontos szerepet játszanak a kis atomméretű, diffúzióképes ötvözők, mint a szén, szilícium, bór stb

A termikus szórási eljárásokat szokás a felhasznált hőforrás és a szort anyag jellege szerint is csoportosítani. Egy ilyen lehetséges felosztást mutat a 10.1 ábra.

A termikus szórási eljárások alkalmazási területeire vonatkozóan nagyszámú gyakorlati tapasztalat áll rendelkezésre. Ezek értékelésénél mindig figyelembe kell venni a terhelés jellegét, nagyságát és az alkalmazott szórási eljárást.

Főbb alkalmazási területek:

- kopott felület feltöltése névleges méretre,
- súrlódás és kopás csökkentése,
- korrózióvédelem,
- dekoráció, stb.

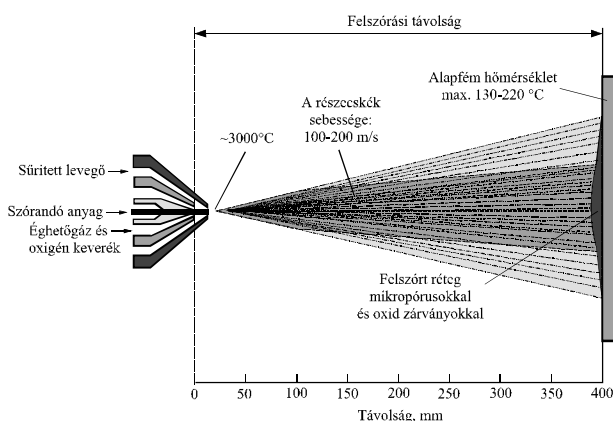


10.1 ábra: Termikus szórások csoportosítása

Forrás: [7]

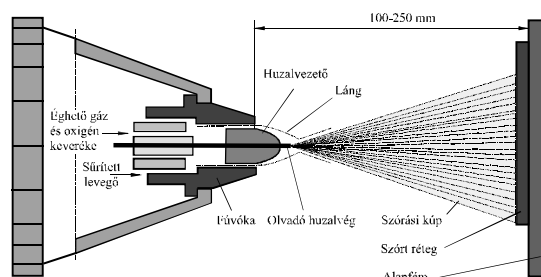
A lánggal végzett felszórási eljárás alkalmazása során a felszóró készülékbe (pisztoly, égő, stb.) bevezetett anyag (huzal, pálcá, por) megolvad vagy képlékennyé válik és a lángon áthaladva a munkadarab felületének ütközve összefüggő réteg alakul ki. A szóróanyag (pálcá, huzal, por, stb.) leválasztását vagy a részecskékre bontását és azok kinetikai energiájának megnövelését valamilyen gyorsító gázzal – általában sűrített levegővel – segítik elő (10.2 ábra, 10.3 ábra), a hőenergia forrása a gázláng, amely oxigén–éghető gáz (acetilén, földgáz, propán-bután, hidrogén, stb.) elegyének égésekor keletkezik.

A szóróanyagot a láng emelt hőmérsékletű zónájába (magjába) por, rúd vagy huzal alakban adagolják. A lángfelszórás területén sikeresen alkalmazzák a polimer bevonatú, porral feltöltött hajlékony zsinórok, por töltőanyagos fémhuzalok valamint max. 10 μm frakciójú, finom diszperziós porok intenzív felhasználását.



10.2 ábra: Termikus szórás lánggal

Forrás: [7]



10.3 ábra: Huzal szórása lánggal

Forrás: [7]

10.1.2 Utóhevítés nélküli lángporszórás (hideg fémporszórás)

Az acélhuzal elektródát különleges összetételű ötvözetpor helyettesíti. A finom gömbszemcsés fémport erre a célra kialakított szórókészülékkel visszük fel a feltöltendő felületre. A szórópisztoly a gázhegesztésnél alkalmazott oxigén-acetilén gáztelephez csatlakozik. A portartályból az ötvözetpor – az adagolószelep megnyitása után – a gázlángba jut, ahol a hőhatástól képlékennyé válik, a gáznyomástól felgyorsulva az alapfém felületére csapódik és ott megtapad. A műveletet – hengeres palást feltöltésekor – az alkatrész egyenletes forgatása közben kell végrehajtani. A feltöltés során porózus bevonat keletkezik, amely **mechanikus és adhéziós kötással tapad az alapanyaghoz**. Megfelelő rétegvastagság elérése után a feltöltött palástot kész méretre munkáljuk.

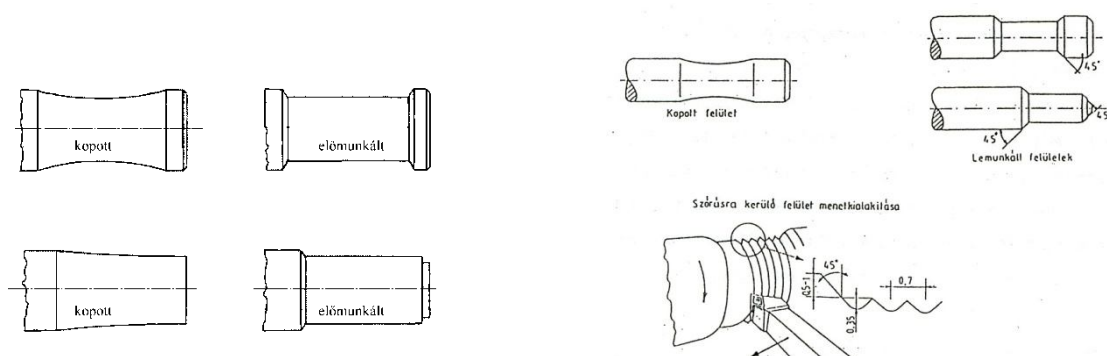
Az utóhevítés nélküli (hideg) lángporszórás műveletei

A technológia főbb műveletei a következők:

- az alkatrész előkészítése,
- a feltöltendő palást előmunkálása,
- alapozópor felszórása,
- töltőpor felszórása,
- készre munkálás,
- minőség-ellenőrzés.

A felületek előkészítésénél az alábbi szabályokat kell figyelembe venni:

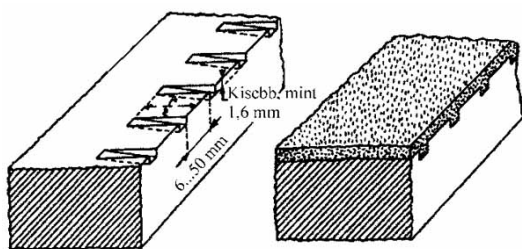
A szóráshoz fémtiszta, nyers felületre van szükség. Ez úgy biztosítható, hogy szórás előtt max. 8 - 10 órával a felső réteget forgácsolással el kell távolítani. Az előkészített felületet tiszta ruhával, papírral, stb. le kell fedni, nehogy a légtérből olajpára csapódjon le a felületen. A lemunkált méretet úgy kell meghatározni, hogy készre munkálás után, számításba véve a megengedett kopást, a szórt anyagra előírt minimális rétegvastagság biztosítva legyen. A felszórt réteg szélei ne álljanak szabadon. Az alámunkálásnál a csapfelület szabadon álló pereménél 1 - 1,5 mm széles vállat kell hagyni, vagy a szórt felületet a homlokfelületen kell lezárni (10. 4 ábra). Az alámunkálás szélein 90°-os vagy az előbbi ábrán látható 45° - 60°-os letörést javasolt alkalmazni.



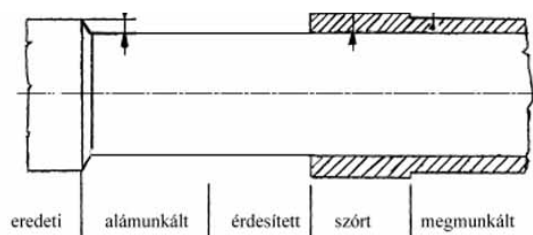
10.4 ábra: Tengely előkészítés

Forrás: [1]

Sík felületeknél gondoskodni kell a szélek lehorgonyzásáról bevágások és/vagy menetes csapok segítségével. A lemunkált méretet úgy kell meghatározni, hogy készre munkálás után, számításba véve a megengedett kopást, a szórt anyagra előírt minimális rétegvastagság biztosítva legyen (10.5 ábra). A minimális rétegvastagság értéke szoros illesztésű felületeknél, ha csak alapozó anyagot használunk, nincs előírva (10.6 ábra)



10.5 ábra: Sík felületek



10.6 ábra: Szórt alkatrész minimális rétegvastagsága

Forrás: [7]

Forrás: [7]

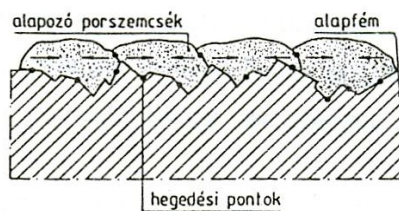
A szórt felület érdesítése azért fontos mivel a szórt réteg kötése az alapanyaghoz alapvetően adhéziós és mechanikus, a felület érdesítésével a kötőszilárdságot jelentősen növelni lehet. Erre olyan helyeken van elsősorban szükség, ahol a szórt réteg belső feszültsége és az üzemi terhelés vagy a megmunkálás során fellépő erők a réteg leválását okozhatják. Ilyen helyek a szórt felület szélei, reteszhornyok, furatok környezete. Mivel a szórt felület és a felszórt szemcsék, illetve réteg hőmérséklete jelentősen eltér egymástól, a lehűlő réteg zsugorodása jelentős maradó húzófeszültséget hoz létre, amely a széleken leváláshoz vezethet, leválás elkerülésére a felületet érdesíteni kell (10.7 ábra)



10.7 ábra: Szórt alkatrész minimális rétegvastagsága

Forrás: [7]

A lángpor szórásnál (hidegtechnológia) a feltöltési művelet első fázisaként minden esetben egy **alapozóréteg felvitele szükséges**, amely az alapanyaghoz való jó tapadást biztosítja. Ehhez speciális ötvözetporokat (Ni-Al ötvözeteket) fejlesztettek ki. E porok jellemző tulajdonsága, hogy kémiai összetételüknél fogva ún. **exoterm reakcióra hajlamosak**. Ez azt jelenti, hogy szórásnál a pisztoly lángja termikus folyamatot indít el a por alapanyagában. Egy-egy részecske 1500-2500°C hőmérsékletre is felhevül, így hegedési pontok alakulnak ki az érintkező felületen, ami biztosítja az alapfémhez való igen jó kötést.



10.8 ábra: Az alapozóréteg tapadása az alapfémhez

Forrás: [1]

A 10.8 ábra az alapozóréteg kötési módját szemlélteti, ahol fontos szerepe van a felületi érdességnek, a hűlés során a bevonatban ébredő belső feszültségnek és a termikus reakció következtében létrejövő mikrohegedéseknek. Az alapozóporral 0,05-0,1mm vastag bevonat felszórása elégséges. E réteg kizárólag a kötőszilárdságot biztosítja, tehát más jellegű igénybevételre nem alkalmas, csak megfelelő ötvözetporral felszórt fedő réteggel együtt. Az alapozóréteget felvitele után folyamatosan, ugyanazzal a befogással és technológiai adatokkal hajtsuk végre a fedőréteg feltöltését a szükséges vastagság eléréséig. A szórópisztolyt merőlegesen irányítsuk a munkadarab középvonalára. A pisztoly vezetésével törekedni kell az egyenletes réteg kialakítására. Hosszú palástok feltöltésekor egyenletesebb réteget kapunk, ha a szórópisztolyt automatikus előtolással vezetjük (pl. a késtartóba befogva). Ilyenkor a pisztoly tengelyirányú eltolása 7-8mm/ford. legyen. Nem célszerű a felöltést folyamatosan, a pisztoly oda-vissza való mozgatásával végezni. Egy réteg felszórása után a műveletet meg kell szakítani és a felszórást a munkadarab másik, lehűlt végétől újratekdeni. A szórás művelet során rendkívül fontos a következő előírások betartása:

- A maximális hőmérséklet 200°C, amelynél nem szabad túlhevíteni az alkatrészt, nagyobb felmelegítés esetén a réteg leválik az alpanyagról.
- Ha vastagabb réteg feltöltésre van szükség (pl. 1-2mm), a szórás időnkénti megszakításával engedjük visszahűlni a munkadarabot. Gyakorlatilag tehát a porszórást 50-200°C hőhatárok között kell elvégezni.
- A hőmérséklet mérésére tapintóhőmérő, jelzőkréta vagy jelzőfesték alkalmazható.
- A feltöltést kisebb-nagyobb megszakításokkal addig kell folytatni, amíg a szükséges rétegvastagság ki nem alakul. Forgácsolási ráhagyásra 0,2-0,3mm vastag réteget (átmérőben 0,4-0,6 mm-t) számítsunk. A feltölthető rétegvastagság felső határa 1,5-2,0mm. A szórt réteg kialakításában szerepe van a szemcsék becsapódási sűrűségének, a szórás szögének(α).

A termikus szórással növelt illeszkedő felületeket csaknem minden esetben forgácsolással kell a szükséges méretre munkálni. Forgástestek esetében az esztergályozás vagy köszörülés vehető számításba. Ha az igénybevétel megengedi, könnyen esztergálható, lágyabb réteggel töltsük fel az alkatrészt, így a megmunkálás gazdaságosabb, és köszörűgép hiányában is jó eredménnyel végrehajtható. Megmunkálás esztergályozással és köszörüléssel történhet főleg kemény réteggel

Az utóhevítés nélküli „hideg” szórással felvitt rétegek előnyei a következőkben foglalhatók össze:



- A porok nagy részarányban tartalmaznak nemes ötvözőelemeket (Cr, Ni, W, Mo, Cu, Al), így a felvitt réteg korrózióálló, igen jó a siklási és kenési tulajdonsága.
- A portípusok megválasztásával tetszés szerinti lágy vagy kemény kopásálló réteg állítható elő, így a feltöltéssel gyakran helyettesíthetők egyes felületkezelési és felületvédelmi eljárások (pl. a kéregedzés, krómozás, kadmiumozás, horganyzás stb.).
- A szórásnál nincs szigorúan körülhatárolt hőintervallum, gyakorlatilag a műveletet 80-200°C határok között végzik, ami megkönnyíti a technológia helyes kivitelezését.
- Az alkatrész tömege és mérete nem korlátozza a technológia alkalmazását.
- Az alapanyag csak 200°C-ig melegszik fel, így nem lép fel szövetszerkezeti elváltozás és szilárdságcsökkenés.

Nem alkalmazható azonban a hidegszórás a következő esetekben:

- Dinamikus igénybevételű felületen, pl. forgattyúcsap, vezérlőbütyök, stb. feltöltésére.
- Koncentrált pont- vagy vonalszerű felületi terhelés esetén, pl. tűgörgős csapágy alatti paláston.
- Nagy hőhatásnak kitett helyeken, pl. turbókompresszor-tengelyen, szeleptányéron stb.

A kizáró tényezők az alkatrészeknek csak egy szűk körét érintik, az esetek 80-85%-ában a hidegszórást részesítik előnybe a melegtechnológiával szemben.

A szórt réteg jellemzői, alkalmazási területek

A termikus szórásokkal létrehozott rétegek porózus szerkezetűek. A szemcsék kötődése az alapfémhez és egymáshoz döntően mechanikus és adhéziós. Egyes fémek, illetve ötvözetek, pl. alapozók szórásánál pontszerű kohéziós hidak is létrejöhetnek. A réteg e jellemzője alapvetően meghatározza a szóba jöhető alkalmazási területeket és terheléseket. **A koncentrált pont- és vonal menti terhelést nem képesek elviselni.** Ebből adódóan fő alkalmazási területeik:

- tengelycsapok, csapágyfészkek kopott, berágódott, felfekvő felületeinek feltöltése (gördülőcsapágy gyűrűk felfekvő felületei, agy-tengely kötések érintkező felületei);
- súrlódó felületek védelme, illetve kopás esetén felújítása (hidraulika munkahengerek dugattyúi, dugattyúszárai, siklócsapágyazások, szálcsévéllő dobok, papíripari, nyomdai hengerek stb.);
- kavitációs, eróziós kopás csökkentése, kopott alkatrészek javítása (szivattyúházak, turbinalapátok, fúvókák stb.);
- elektromágneses árnyékolás (műszerházak);
- korrózióvédelem (vasszerkezetek, hidak, földalatti tartályok, hajótestek stb.);
- saválló réteg felvitele (vegyipari, élelmiszeripari berendezések, tartályok);
- dekoráció.

A porózus szerkezet siklócsapágyazásoknál előny, mivel a pórusok kenőanyagot fogadnak be, kenéskimaradás esetén bizonyos ideig képesek a kopást csökkenteni, a berágódást megakadályozni. Gyakorlati tapasztalat, hogy a szórással előállított csapágyfelületek kopásállóbbak, mint az ugyanolyan összetételű öntött kivitelűek. Ez feltehetően a porózus



szerkezetnek és a nagy fénoxidtartalomnak tulajdonítható. A szórással felvihető rétegvastagság egy-két tized millimétertől több milliméterig terjed. Fémek szórásánál a felső határ gyakorlatilag 2 - 3 mm. Ennél vastagabb rétegek előállítására a költségek és a réteg repedésének, leválásának növekvő veszélye miatt, többnyire nem kerül sor. Nagy előnye a technológiának, hogy a szórással a munkadarab hőmérséklete alacsony értéken (max. 260°C) tartható. Szövetszerkezeti változás nem következhet be és az elhúzóerő, deformáció mértéke is elhanyagolható. Ez lehetővé teszi pl. főtengelycsapok, illetve vezérműtengely csapágyhelyek feltöltését, utólagos egyengetés nélkül

10.1.3 Utóhevítéses lángporszórás (meleg fémporszórás)

Az utóhevítés nélküli lángporszóráshoz (hideg fémporszóráshoz) hasonló, de a műszaki jellemzők tekintetében attól teljesen eltérő feltöltési eljárásoknak tekinthető a „meleg” fémporszórás. E technológia alapvetően abban különbözik a hidegszórástól, hogy itt a művelet sorozatba kerül a réteg beolvasztásával. Ez azt jelenti, hogy szóráskor kialakuló réteget intenzív felmelegítéssel 950-1000°C-on megolvasztjuk, porozitása megszűnik, és összefüggő tömör bevonatként tapad az alapanyagra. Fontos jellemzője a feltöltőporoknak, hogy olvadáspontjuk 300-400°C-kal alacsonyabb az acélok és vasöntvények olvadáspontjánál, így a réteg beolvasztásakor az alapanyag nem olvad meg, a felületen keletkező ömledék tehát nem keveredik az alapfémmel. A melegszozáshoz kifejlesztett ötvözetporok jelentős arányban tartalmaznak B és Si ötvözőket. E két elem diffúziós képessége igen nagy, ezért ömlesztéskor a részecskék átlépik az alapanyag határfelületét, abba bediffundálnak. E folyamat eredményeként a korábbi mechanikus tapadás diffúziós kötést alakul át. A diffúziós kötést tapadó réteg sem statikus, sem dinamikus igénybevétellel nem választható le az alapfémről. A portípustól függően a feltöltött réteg keménysége 18-65HRC értékek között változhat. A felöltőporok nagy választéka lehetővé teszi a technológia széles körű alkalmazását mind forgástestek, mind pedig sík vagy alakos felületek feltöltésére.

Termikusan szórt tömör bevonat készítésének műveletei:

A szórandó felület előkészítése, zsírtalanítása, munkadarab előmelegítés

Por felszozása, megolvasztása

A réteg megmunkálása

A szórandó felület előkészítése, zsírtalanítása, előmelegítés

Előírt minimális rétegvastagság nincs, akár 0,01 - 0,1 mm is felvihető. A terhelhetőség és a megengedett kopás miatt gyakorlatilag tized milliméternél vékonyabb réteget nem alkalmaznak. Kopott felületek javításánál az alakhelyesre forgácsolás után kopási, berágódási nyomok nem maradhatnak. Törekedni kell az egyenletes rétegvastagság elérésére. A szennyeződésre a „hideg” szóráshoz képest kevésbé érzékeny, de a felületnek itt is fémtisztának kell lennie. Forgácsolás előtt elegendő a durva zsírtalanítás. Ha szükséges, a mélyedésekből, sarkokból a zsíros, olajos szennyeződéseket 300 - 400°C-ra történő melegítéssel kell eltávolítani. Felületdurvításra nincs szükség, a nagyoló esztergálással lemunkált felület megfelelő. Cementált alkatrész felületének előkészítésénél



le kell munkálni a kéreg szénben dús felületi rétegét, amely a rétegvastagságnak mintegy 60-70%-a. Ellenkező esetben a feltöltés alatt a szenített kéreg feldurvul és rideggé válik.

Az előmelegítés hatása kettős. Egyrészt a folyékony szennyezőket elgőzölteti, másrészt csökkenti a zsugorodási különbségeket, ezzel a réteg repedési veszélyét. Az előmelegítés megengedett maximális értéke 400° C. E fölött az oxidréteg vastagsága gyorsan növekszik és a diffúzió akadályozása révén a réteg kötőszilárdságát jelentősen lerontja. Ha a felület tiszta, célszerű 200° C-os előmelegítés után egy vékony réteget felszórni, majd az előmelegítést ~ 400° C-ig folytatni.

Por felszórása, megolvasztása

Egy lépésben a réteg megfolyásának veszélye miatt, csak egy-két tizedmillimétert célszerű felszórni. A szükséges rétegvastagság meghatározásánál figyelembe kell venni, hogy a réteg vastagsága olvasztás után 30 - 40%-kal csökken. A szórás és olvasztás történhet ciklikusan mindaddig, amíg a teljes felület elkészül, vagy egymás után két lépésben. Ez utóbbi esetben a teljes felületet felszórjuk, majd ezt követően megolvasztjuk. Ha nagyobb rétegvastagságra van szükség, a szórás-olvasztás műveleteit meg kell ismételni. Az alkalmazott ötvözetek hőközben olvadnak/dermednek.

A feltöltött réteg tulajdonságai a következőkben foglalhatók össze:

A réteg diffúziós kötéssel tapad az alapanyagra, így a kötési szilárdság egyenértékűnek tekinthető a hegesztett varratéval.

A réteg keménysége a portól függően 18-65HRC lehet mindennemű hőkezelés nélkül. Így lehetőség van az edzett, cementált felület helyreállítására, ill. egyenértékű helyettesítésére.

Az előbbi tulajdonságokból következik, hogy a feltöltött réteg igen jól ellenáll a dinamikus, koptató igénybevételnek, valamint a koncentrált felületi nyomásnak, így a technológia lehetőséget nyújt a vezérlőbűtyök, forgattyúcsap, tűgörgős csapágyhelyek, stb. helyreállítására.

A fémporok magas részarányban tartalmaznak nemes ötvözőket, ennek következtében a felvitt réteg korrózióálló, nincs szükség felületvédelemre korrózióaktív közegben sem.

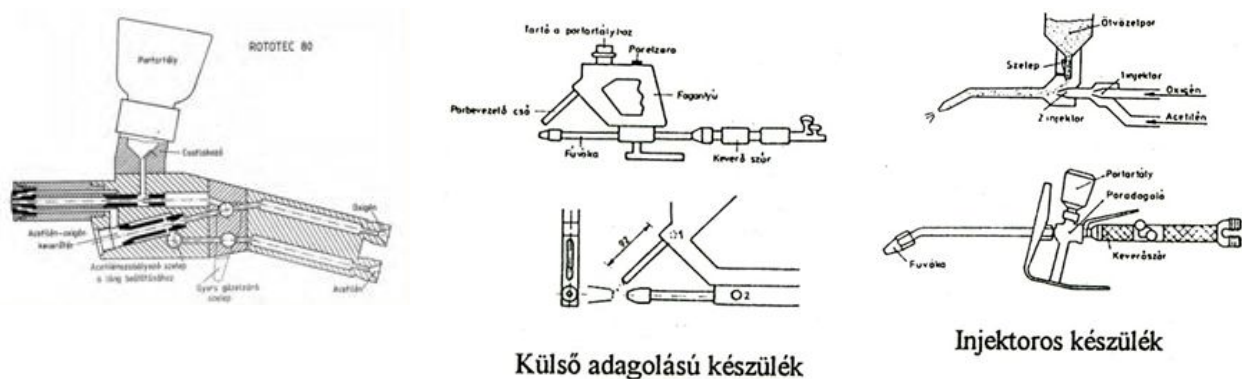
Külön prototípusok vannak a nagy hőigénybevételű helyek feltöltésére, pl. szeleptányér, turbófeltöltő tengelye stb. felújításához.

A meleg fémporszórás korlátai:

Nagyméretű és tömegű forgástesteken problémát jelent a réteg beolvasztása az intenzív hőelvezetés miatt. Ezért csak max. 35-40mm átmérőjű tengelyek újíthatók fel gazdaságosan.

Beolvasztáskor a nagy hőhatás következtében szövetszerkezeti változás ill. szilárdságcsökkenés állhat elő az alapanyagban. Felújításkor tehát figyelembe kell venni az alkatrész igénybevételét, funkcióját, továbbá a biztonságtechnikai követelményeket is.

A lángporszóráshoz – tehát a hideg fémporszóráshoz – a külső adagolású szórópisztolyokat használhatjuk, míg a meleg fémporszórás az injektoros (belső adagolású) készülékkel valósítható meg (10.9 ábra).



10.9 ábra: Különböző szórópisztoly kialakítások

Forrás: [1][4]

A réteg megmunkálása

Az alkalmazott szóróanyagok keménysége 18 - 65 HRC között változik. Gyakori, hogy a kemény vegyületkristályok lágy ausztenites ágyazó rétegben (mátrixban) helyezkednek el, így biztosítva a réteg szívósságát és keménységét. A megmunkálás a keménységtől és a megkívánt felületminőségtől függően történhet esztergálással és/vagy köszörüléssel. A kész felületen repedés, elszíneződés, porozitás nem lehet.

Példa a felújításra (termikus szórással) [1]

A javasolt felújítási eljárások jó áttekinthetőségét és felhasználásuk megkönnyítését szolgálják a mintatechnológiák. Ezek művelettervi szintű részletességgel tartalmazzák egy-egy konkrét alkatrész felújítási útmutatásait. A mintadarabként választott alkatrészen a legjellemzőbb meghibásodások lettek alapul véve. Az alkalmazás lehetőségeit egy-egy üzemben főként a meglévő szerszámgépek választéka és azok állapota határozza meg. Ugyanakkor figyelembe kell venni azt is, hogy egyazon alkatrészt esetenként többféle módszerrel is fel lehet újítani vagy az előírt megmunkálást más módon is el lehet végezni.

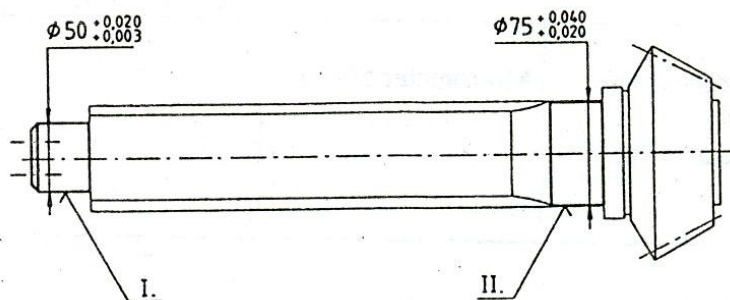
Sebességváltó kihajtótengely kopott csapágyhelyeinek felújítása lángporszórással (hideg fém-porszórással) (10.10. ábra).

a) Az alkatrész anyaga: C45 (kéregedzve)

b) Meghibásodás jellege:

- Golyóscsapágyhely kopása (I.)
- Hengergörgős csapágyhely kopása (II.)

c) A felújítás feltételei: ha a fogazott és a bordás rész meg hibásodott nem újítható fel.



10.10 ábra Kopott csapágyhelyű (I.-II.) kihajtó tengely

Forrás: [1]

d) A felújítás műveleti sorrendje

Ssz.	Művelet leírása	Szerszám, készülék, mérőeszköz	Techn. adatok, segédanyagok	Műszaki előírások
1.	Alkatrész előkészítése a) tisztítás, mosás	HIDREX-100 mosóberendezés		
2.	Előmunkálás befogás csúcsok közé a) esztergálás I. helyen Ø49mm-re b) esztergálás II. helyen Ø74mm-re	Kompozit betétes esztergakés: P0102; Tolómérő 150	v=80m/min f=0,1mm/ford a=0,2mm	Kopásból vagy kiverődésből származó nyomok a palástokon nem maradhatnak.
3.	Szemcseszórás a) a bevonni nem kívánt felületek takarása Al fóliával b) felületdurvítás szemcseszórással az I. II. paláston	ST-1400 szemcseszóró berendezés	Elektrokorund szemcse: BC 30	Durvítás után a felületi érdesség legalább Ra=20µm legyen.
4.	Feltöltés alkatrész befogása forgatópadon csúcsok közé a) az I. II. felületek előmelegítése 50-100°C-ra b) alapozópor szórása mindkét helyen 0,1-0,2mm-es rétegben c) fedőréteg feltöltése: I. helyen 51mm-re, II. helyen 76mm-re	ROTOTEC 80 szórópisztoly; Tolómérő 150; Tapintóhőmérő HM-15	n=150-180ford/min Alapozópor: XUPER-ULTRA BOND (51000) Fedőréteghez az I. II. paláston: LUBROTEC 19985 ötvözetpor	Feltöltéskor az alapanyag nem hevülhet 250°C fölé



5.	Készre munkálás befogás esztergán csúcsok közé a) esztergálás I. helyen Ø50-re b) esztergálás II. helyen Ø75-re	Kompozit betétes esztergakés P0102; Mikrométer 50- 75	$v=80\text{m/min}$ $f=0,05\text{mm/ford}$ $a=0,05\text{mm}$ $R_a=0,32\mu\text{m}$	
6.	Végellenőrzés a) feltöltött réteg ellenőrzése szemrevételezéssel b) méretellenőrzés a vázlat szerint	Mikrométer 50- 75		A lemunkált felületen folytonossági hiba vagy rétegleválás nem engedhető meg.



11. GÉPELEMEK SZERELÉSE, ELLENŐRZÉSE, ESZKÖZEI

A gépelemek szerelési folyamata magába foglalja az egymáshoz tartozó alkatrészek összekapcsolását. A megfelelő bázisfelületek egymáshoz illesztése útján, előírt helyzetük ellenőrzését, szükség esetén az elhelyezkedés hibájának javítását, és végül annak a helyzetnek a rögzítését, mely biztosítja az alkatrészek helyes működését. Néhány az iparban alkalmazott jellegzetes gépelemek szerelését ismertetjük. [2]

Tengelykapcsolók

A legtöbb tengelykapcsoló összeszerelése előtt ellenőrizni kell a tengelyek egytengelyűségét és a kapcsolótárcsa merőlegességét. Rögzítésük: ék, retes vagy zsugorkötés. Eszközei: csavarhúzó, villáskulcs, kalapács, sajtó, zsugorkötéshez melegítőgyűrű [1].

Csapágyak

A megfelelő csapágy kiválasztása nagyon fontos. A csapágyak beszerelésénél nagyon fontos az egytengelyűség ellenőrzése és a csapágyházag megállapítása. Fontos az axiális és radiális irányú rögzítés. Szerelés eszközei: melegítőgyűrű, szerelőhüvely, kalapács, sajtó, csapágylehúzó, körmös kulcs, csavarhúzó, villáskulcs [1].

Fogaskerék, csiga és csigakerék

Szereléskor ügyelni kell a megfelelő kapcsolódás beállítására és a csapágyak helyzetének vizsgálatára mivel ezek határozzák meg fogas és kúpkerekek és csigahajtások helyzetét. Szerelés eszközei: kalapács, szerelőtüske, szerelősajtó[1].

11.1 Tengelykapcsolók szerelése

A tengelykapcsoló [1] a tengelyvégek egyikéről a másikra adja át a forgó mozgást, illetve a forgatónyomatékot. Feladatuk és szerkezeti kialakításuk szerint megkülönböztethetünk:

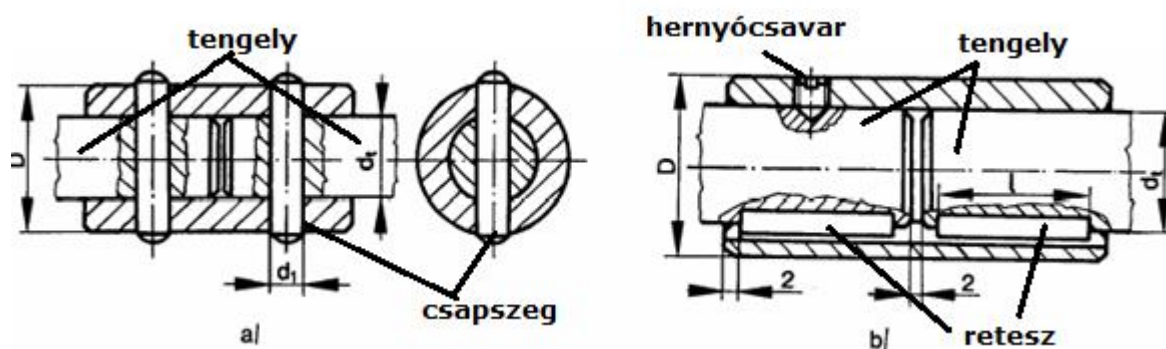
- merev tengelykapcsolókat,
- mozgékony tengelykapcsolókat,
- rugalmas tengelykapcsolókat,
- hajlékony tengelykapcsolókat,
- oldható tengelykapcsolókat,
- súrlódó tengelykapcsolókat

Merev tengelykapcsolók

A merev tengelykapcsolók [1] a tengely végek állandó jellegű összekötésére alkalmasak. Gyakran alkalmazott kialakítások:

- a tokos tengelykapcsoló,
- a kúpos kapcsolóhüvelyes tengelykapcsoló,
- a héjas tengelykapcsoló és,
- a tárcsás tengelykapcsoló

A tokos tengelykapcsoló (11.1 ábra) fő eleme a kapcsolóhüvely, amelyet ékkötéssel, reteszkötéssel, bordáskötéssel vagy kúposszeggel rögzítünk a két tengelyvégre. A kúpos kapcsolóhüvelyes tengelykapcsoló esete a belül hengeres, kívül enyhén kúpos vékonyfalú perselyre kell megfelelő készülékkel sajtolni a perselynek megfelelő kúposágú külső tokot [1].

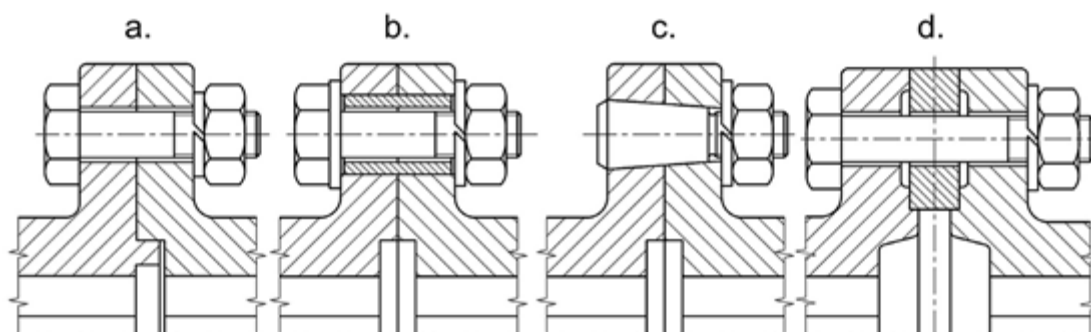


11.1 ábra: Tokos tengelykapcsoló:

a) csapszeg felerősítéssel, b) fészkesretesz kötéssel

Forrás [1]

A tárcsás tengelykapcsoló az egyik legelterjedtebben használt merev kapcsolószerkezet. Egytengelyű összekapcsolására és csavarónyomaték átvitelére alkalmas. A tárcsafelek tengelyre rögzítése ékkötéssel vagy zsúgorkötéssel történik. Egymáshoz kapcsolásukat a központosítás érdekében illesztő csavarral végezzük. Ez erős korróziós közegben a szétszereléskor okoz hátrányt. Ilyen környezetben gyakran kétrészes, külső központosító gyűrűt használnak, laza csavarral szorítva össze a tárcsafeleket [1].

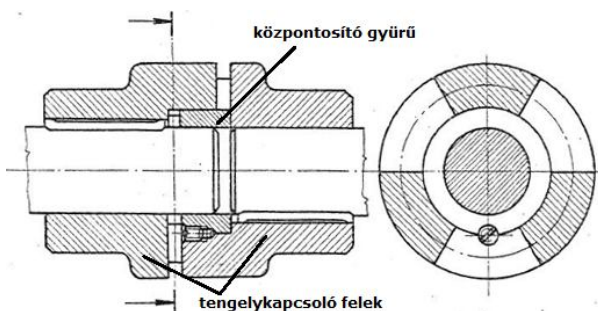


11.2 ábra: Tárcsás tengelykapcsoló típusok

Forrás:[5]

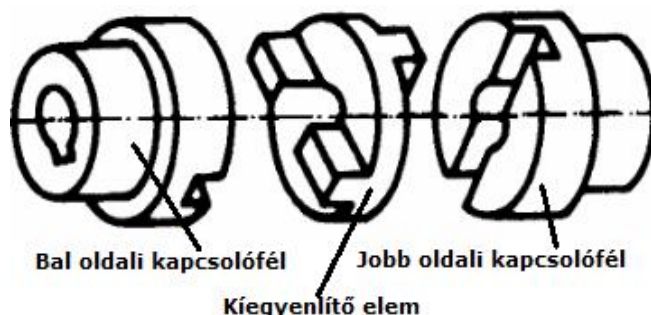
Mozgékony tengelykapcsolók

A mozgékony kapcsolók lehetővé teszik, hogy a tengelyvégek üzem közben, hőtágulás hatására tengelyirányban elmozduljanak, illetve kismértékű egytengelyűségi hibát kiegyenlítsenek. Ilyen feladat elvégzésére a hődilatációs kapcsoló (11.3 ábra) és az Oldham-tengelykapcsoló (11.4 ábra) alkalmas.



11.3 ábra: Hődilatációs tengelykapcsoló

Forrás:[1]



11.4 ábra: Oldham tengelykapcsoló

Forrás:[5]

A dilatációs tengelykapcsolónál a tengelyirányú elmozdulás biztosításához a kapcsolófelek között hézag van. A kapcsolófeleket fogak által vezetett, pontosan illesztett gyűrű központosítja. A kapcsolófeleket a szerelési utasításban megadott axiális eltolással szereljük össze. Az Oldham tengelykapcsoló egymással párhuzamos, de excentrikusan elhelyezett tengelyek közötti nyomaték átvitelére alkalmas. A tengely végekre felerősített két tárcsa között egy közdarab van elhelyezve, két oldalán egymásra merőleges helyzetűikét kiemelkedő vállal. Szerelésénél a tengelyeket el kell távolítani egymástól, így kapcsolófelek lehúzhatók a tengely végekről. Többnyire belső égésű motorok, segédberendezéseinek használunk ilyen.

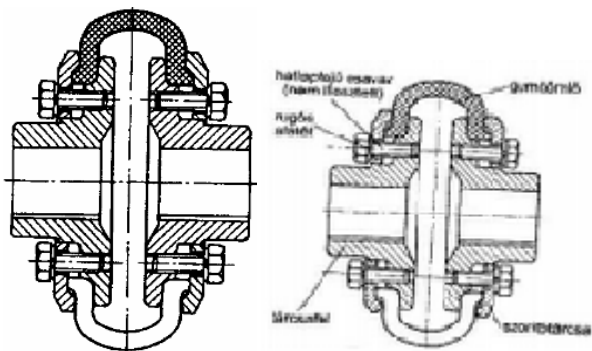
Rugalmas tengelykapcsolók

Erő- és munkagépek összekapcsolásához célszerű alkalmazni. Ezáltal a lökésszerű igénybevételek átadását elkerülhetjük. Az ilyen igényeket általában bőr vagy gumidugós valamint gumitömplős kapcsolókkal elégítik ki (11.6 ábra). A gumi rugalmasabb, azonban idővel megkeményedik, ezért gyakrabban kell cserélni, mint a bőrt. Nagyobb ellenálló képessége van a kívül is acélcsővel ellátott gumielemnak amit Silentblocknak nevezünk. Szereléskor az egytengelyűsége fokozottan ügyelni kell, ellenkező esetben a gumidugók hamar tönkremennek. A Periflex-tengelykapcsoló (11.5 ábra) rugalmas eleme a tengelykapcsolófelek peremére szereli gumitömplő. Az elcsavarodási szög legnagyobb értéke 2-4 fok kismértékű tengelyelhajlást is megenged. Szerelésnél a gumitömplő nem sérülhet. Először a tárcsafélet szereljük a tengelyre, majd ráhelyezzük a gumitömplőt, amit a szorítótárcsán átmenő csavarokkal a tárcsafélhez szorítunk [1].

Hajlékony tengelykapcsolók

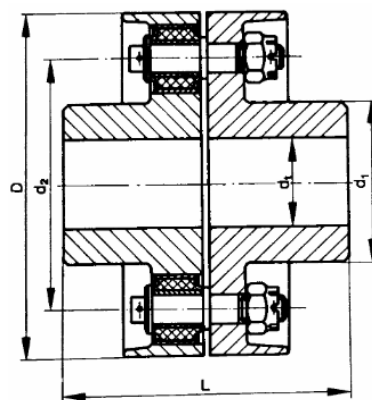
A hajlékony tengelykapcsolók lehetővé teszik a tengelyek egymáshoz viszonyított kismértékű szögelhajlását. Legismertebb fajtái a Hardy (tárcsás tengelykapcsoló és a kardántengely.

A **Hardy-tárcsás tengelykapcsoló** felek villái csavarokkal kapcsolódnak a rugalmas elemhez (11.9 ábra). A rugalmas tárcsa alakú elem acéllemezekből vagy szövetbetétes



11.5 ábra: Periflex tengelykapcsoló

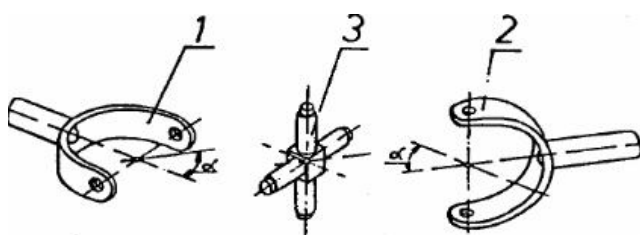
Forrás:[1]



11.6 ábra: Gumidugós tengelykapcsoló

Forrás:[5]

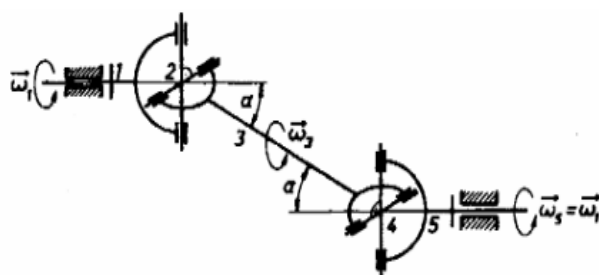
gumiból készült. A csavaranyákat elfordulás elleni rögzíteni kell, ez általában koronás anya és sasszeg használatával történik. A kardánkapcsoló a tengely elhajlást úgy teszi lehetővé, hogy mereven összekötött, egymásra merőleges két csapból álló csuklós kereszt végei csatlakoznak a tengelyek végén levő villákhoz (11.7 ábra, 11.8 ábra). A villák végeiben a kardánkereszt tűgörgőkkel csapágyazott. A tűgörgők külső pályáját a villavégekbe helyezett sapkák alkotják melyeket rúgós biztosító gyűrűk tartanak helyükön. Az összeszerelést a kardánkereszt betételével kezdjük, majd tűgörgőket és a tűgörgő sapkát kívülről helyezzük a kardánvillába. Végül rúgós biztosítógyűrűt a horonyba tesszük.



1-2 kardánvilla, 3 kardánkereszt

11.7 ábra: Kardán tengelykapcsoló elemei

Forrás:[4]

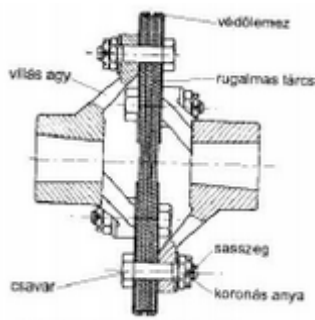


11.8 ábra: Párban alkalmazott kardán kapcsolók

Forrás:[4]

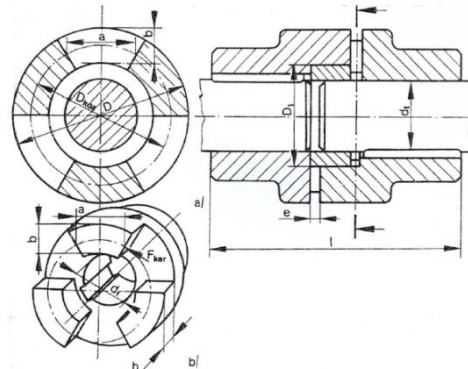
Oldható tengelykapcsolók

Két tengely kapcsolata működés közben vagy nyugalmi állapotban oldható tengelykapcsolókkal szakítható meg. Legelterjedtebb közülük a körmöskapcsoló (11.10 ábra) amelynek az egyik része mereven a hajtótengely végre van szerelve, a másik a bordázott tengelyvégre, vagy siklóreteszeken axiálisan eltolható. A kapcsolat a körmöknek



11.9 ábra: Hardy-tárcsás tengelykapcsoló

Forrás:[1]

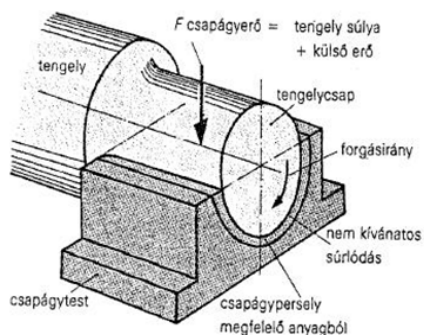


A többtárcsás (11.11 ábra) vagy lemezes súrlódó tengelykapcsolót kis helyigény esetén nagy nyomatékok átvitelére használjuk. A tengelykapcsoló házba több lemez van egymás után, váltakozva hajtó- és hajtott tárcsaként elrendezve, amelyek általában olajban forognak. A hajtónyomaték a tengelykapcsoló kosarán, a súrlódó lemezekben, az acéllemezekben és a nyomólapon keresztül jut a kihajtó tengelyre [1].

11.2 Siklócsapágyak szerelése

TULAJDONSÁGAIK:

Gyártásuk, szerelésük, javításuk egyszerűbb és olcsóbb, mint a gördülőcsapágyaké, tőrésük is lazábbak lehetnek és a porszenyeződéssel szemben sem olyan érzékenyek. Előnyük még, hogy osztott és osztatlan kivitelben is készülhetnek. Olcsó, csendes, nagy teherbírású és bármilyen méretben elkészíthető. Speciális esetben és speciális anyagból készítve kenés nélkül is üzemelhet. Hátrányai, hogy nagy indítóenergia kell a gördülőcsapágyhoz képest. Nagy a súrlódási tényező. Több karbantartást és több kenőanyagot kíván, folyamatos kenésre van szüksége. (11.12 ábra, 11.13 ábra) [5]



11.12 ábra: A siklócsapágy felépítése

Forrás:[5]

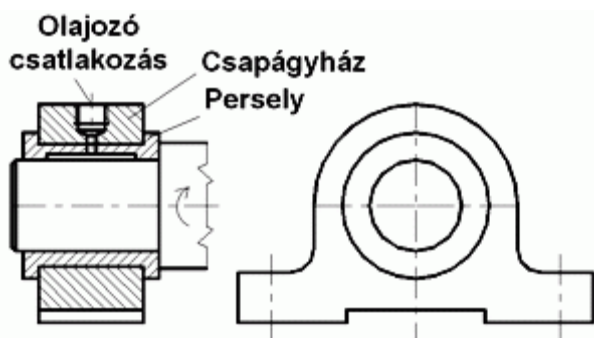


11.13 ábra: Siklócsapágyak

Forrás:[3]

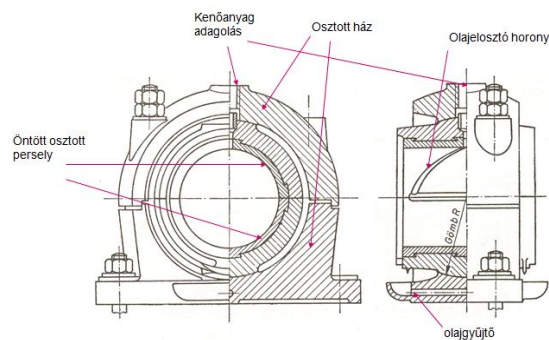
Osztatlan siklócsapágyak

Az osztatlan csapágyak futófelületét rendszerint külön persely képezi, amely valamilyen jó sikló tulajdonságú fémből pl. bronzból vagy műszaki műanyagból készül. Legegyszerűbb szerkezeti kialakításuk a peremes és a perem nélküli persely. Szerelésük általában tengelyirányú sajtolással oldható meg. Kis fedés és aránylag nagy falvastagság esetén kalapáccsal is beüthető a csapágyházba. Általában azonban a csapágyház felmelegítésével vagy az elferdülés ellen sajtolással rögzítjük a perselyt csapágyházban. Sajtolással is történhet a beépítés. Besajtolás előtt a perselyeket is, a csapágyházban levő furatokat is meg kell tisztítanunk az éles sarkokat le kell kerekíteni. Beszorulás ellen a furat felületét gépolajjal bekenjük. (11.14 ábra)



11.14 ábra: Osztatlan siklócsapágy

Forrás:[3]



11.15 ábra: Osztott siklócsapágy

Forrás:[5]

Osztott siklócsapágyak

Osztott csapágyakat leggyakrabban hajtóműházakba építünk be (11.14 ábra). E szerkezeti megoldásnak nagy, előnye hogy könnyen szerelhető, és a kopásból eredő játék a csapágyfészek, illetve a csapágyfedél közé helyezett hézagoló lemezekkel utánállítható. A csapágyfeleket csavarok fogják össze. A csapágycsésze nem egy anyagból készül, hanem több réteget visznek fel az alapfémre. A vékonyfalú csapágyperselyeket mindig párban cseréljük. Összeszerelésük előtt a perselyeket és fészkeket megtisztítják. A csapágyperselyeket a fészkekbe nyomjuk illesztjük és a hézag nélküli felfekvést festékpróbával ellenőrizzük. A fészkekbe sajtolást a csapágyház csavarjainak meghúzásával végezzük.

A csapágyház beállítása, ellenőrzése

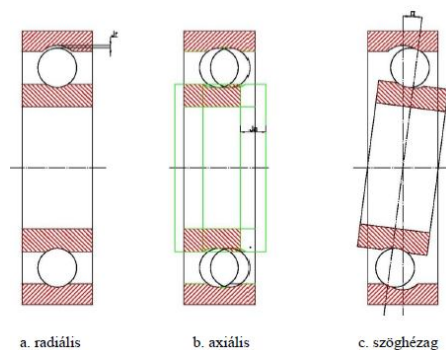
A siklócsapágyak szerelésekor a csapágy és a tengely között megfelelő hézagot kell hagyni, hogy forgás közben létrejöhessen az összefüggő olajfilm. A hézag nagyságát közvetett módon a tengely forgatásával ellenőrizzük. Ha a tengely nehezen forog, a csapágy fedelek meglazításával állapítható meg, hogy melyik csapágy fékezi a tengelyt. A siklócsapágyba szerelt tengely zavartalan működéséhez lehetővé kell tenni bizonyos mértékű axiális játékot, hogy a tengely e határok között szabadon mozoghasson.

11.3 Gördülőcsapágyak szerelése

A gördülőcsapágyak szerkezeti felépítése lényegesen eltér a siklócsapágyak felépítésétől. Az álló és forgó részek között valamilyen gördülő testen keresztül valósul meg a kapcsolat. Ha a gördülőelem gömb, akkor a csapágyat golyócsapágy, egyébként görgőcsapágy, nevezük. A gördülőcsapágyak nagy sorozatban és nagy pontossággal készülnek, méreteiket nemzetközi szabványok rögzítik [2].

A gördülőcsapágyak beépítése során és használatkor olyan igénybevételek jelentkeznek, amelyeket különböző nagyságú radiális, ill. axiális csapágyházakkal lehet kielégíteni (11.16 ábra). A csapágyház mértéke az a teljes elmozdulás, amellyel az egyik csapágygyűrű a másikhoz képest elmozdítható. A gördülőcsapágyakat a tengelyen, ill. a házban illeszteni szokták, mely a belső, ill. a külső gyűrűnek a terhelés hatására bekövetkező előfordulását akadályozza meg. Általában szoros illesztést alkalmaznak. Az

illesztést a következő szempontok alapján szokták megválasztani: terhelés módja és nagysága, üzemi hőmérséklet, futáspontosság, szerelhetőség. Az illesztés kiválasztásához szabványok tartalmazznak előírásokat.



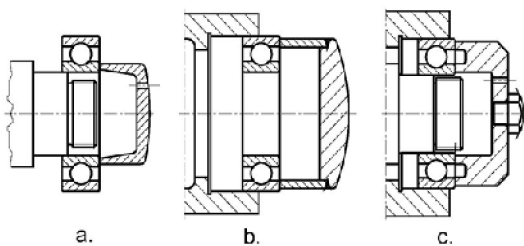
11.16 ábra: Csapágyházak

Forrás:[2]

Általános szempontok: mindig a forgó terhelési gyűrűt kell szorosabban illeszteni, határozatlan terhelés esetén mindkét gyűrű szorosan illesztendő. Szorosabb illesztést kell választani, ha a terhelés nagy, vagy lökészerű, hiszen akkor a gyűrű deformálódhat és az illesztés lazábbá válhat. Ha a csapágy axiális elmozdulása szükséges (pl. a tengely hő okozta megnyúlása miatt), akkor az egyik gyűrűt átmeneti illesztéssel illesztjük. A gördülőcsapágyakat axiálisan rögzíteni szükséges. Ha a csapágyat nem terheli axiális erő, akkor a csapágygyűrű szoros illesztése is elegendő az elmozdulás megakadályozására. Minden más esetben mindkét csapágygyűrűt mindkét oldalán meg kell támasztani

Hengeres furatú csapágyak beszerelése

Kisméretű hengeres csapágyak tengelyre vagy házba szerelése elvégezhető a szilárd illesztésű gyűrűre támasztott szerelőhüvelyre mért kalapácsütésekkel (11.17 ábra, 11.18 ábra). A présekkel egyenletesen lehet felsajtolni a csapágyat szerelőhüvely közvetítésével. Nagymértékben megkönnyíthetjük a szerelést, ha a csapágyat felmelegítjük. A csapágy és a csapágyülék közötti hőmérséklet-különbség a túlfedésből és a méretből adódik. Azonban soha ne melegítsük 130 °C fölé. Helyezzük a csapágyat a tengelyre, majd tartsuk megfelelő pozícióba és várjuk meg amíg a tengelyre zsugorodik.



11.17 ábra: Hengeres furatú csapágy szerelése



11.18 ábra: Csapágy szereléséhez használatos eszközök és melegítő eszköz

Forrás:[3]

Forrás:[2]

Kúposfuratú csapágyak beszerelése

A kisebb méretű kúposfuratú csapágyakat [1] a tengelyre általában szerelőhüvely és kalapács vagy tengelyanya és körmös kulcs használatával szerelhetjük. Szerelés előtt ellenőrizzük a kúpos csapágyülék átmérőjét, kúposágát és alakpontosságát. Kenjük be a kúpos csapágyüléket olajjal, helyezük rá a csapágyat és sajtoljuk a helyére. Nagyobb csapágyakat hidraulikus anya vagy olajnyomásos módszerrel szereljük (11.18 ábra).



11.19 ábra: Kúposfuratú csapágy szerelése és használatos eszközei

Forrás:[3]

Szorítóhüvellyel szerelt csapágyak beszerelése

A szorítóhüvely egyszerűbbé teszi a szerelést. A hüvelyt híg, olajjal bekenjük ráhelyezzük a csapágyat, majd az anyát ütközésig ráhajtjuk. Megfelelő hézag értékénél helyezzük fel a biztosítólemezt.

Lehúzó hüvellyel szerelt csapágyak beszerelése

Kisméretű csapágyaknál a szerelés megfelelő eszközei a megfelelő méretű szerelőhüvely és kalapács. Szerelés előtt itt is kenjük be a tengelyt és a hüvelyt híg olajjal. Ezt követően a hüvelyt kalapácsütésekkel sajtolják a csapágy alá, az előírt csapágyhézag eléréséig. Ezután biztosítjuk. Közepes és nagyméretű csapágyaknál a jelentős sajtolóerő miatt célszerű hidraulikus csapágyanyát vagy olajnyomásos szerelést alkalmazni. Hidraulikus anyával a hüvelyt a csapágy alá sajtoljuk a megfelelő mértékig.



11.20 ábra: Különböző csapágylehúzó szerszámok

Forrás:[2]

A csapágyak kiszerelése akkor szükséges, ha a csapágy tönkrement, a csapágy beépítése hibás volt, melyeket ki kell küszöbölni, illetve javítás, karbantartás esetén. A csapágybeépítés javítása esetén, ha a csapágyat újra fel kívánjuk használni, a kiszerelést

nagy gondossággal kell végezni, nehogy megsérüljön. Ha tönkrement csapágyak kiszereleséről van szó, akkor az előbbi gondosság mellőzhető, ilyenkor csak arra kell ügyelni, hogy a csapággal érintkező felületeket ne sértsék meg (11.20 ábra).

11.4 Fogaskerek, csiga és csigakerek szerelése

A fogaskerék-áttételek szerelése három fő munkafolyamatból áll:

- a fogaskerek tengelyre szerelése,
- a fogaskerek beszerelése a hajtóműházba,
- a fogaskerek kapcsolódásának beállítása.

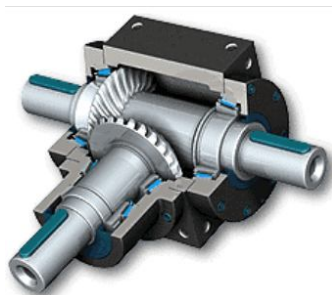
Illesztésüktől függően kézi erővel, szerelőtüske és kalapács segítségével vagy szerelősajttal szerelhetők a fogaskerek a tengelyre [1][2].

Hengeres fogaskerek szerelése

A tengely- és a csapágyhiba lehet excentricitás vagy tengelytávolság-eltérés. Az excentricitás a helytelen szerelésből is adódhat, ha a fogaskerék és a tengely kapcsolata vagy a menesztő-retesz illesztése nem megfelelő. Ezért ajánlatos a fogaskerék tengelyre szerelésekor a következő sorrendet betartani: szereljük és illesztjük a kerek és a tengelyek hengeres felületeit, szereljük és illesztjük a menesztőelemeket, tengelyirányban beállítjuk a kerekeket, szükség esetén rögzítjük a kereket a tengelyen.

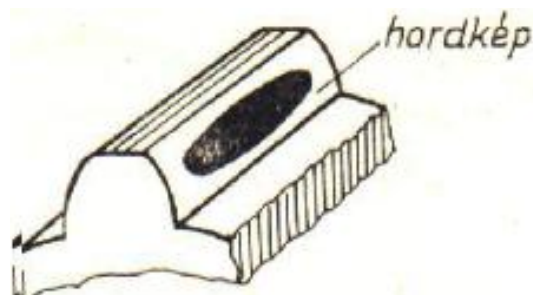
Kúpkerék-hajtások szerelése

A kúpkerék [1] tengelyei leggyakrabban 90°-os szöget zárnak be egymással (11.21 ábra). Szerelés előtt a fő méreteket célszerű ellenőrizni. A fogaskerékszekrénybe szerelés előtt ellenőrizzük a csapágyfészkeket, mivel ezek határozzák meg a tengelyek egymással bezárt szögét. A tengelyek bizonyos határon túli helyzeteltérése ugyanis olyan fogkapcsolódási zavart okoz, ami kizárja a helyes működést. A beszerelés után a kúpkerék-hajtást festékes hordkép-ellenőrzéssel állítjuk be (11.22 ábra).



11.21 ábra: Kúpfogaskerekes hajtómű

Forrás:[7]



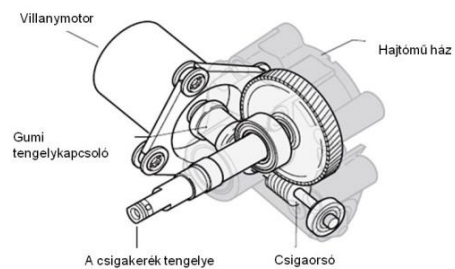
11.22 ábra: Festékes hordkép

Forrás:[5]

Csigahajtások szerelése

A tengelytávolság pontos betartása a csigahajtásnál fontos követelmény, mivel ez szabja meg a fogak helyes kapcsolódását [1]. Azonban ezt általában szerelésnél nem áll módunkban módosítani, mivel a házban lévő csapágyhelyek meghatározzák a tengelyek

helyzetét. Azonban lehet olyan kialakítás is, ahol ez kismértékben állítható. Ilyenkor a tengely-távolságot hézagoló lemezekkel pontosan be kell állítani. A hajtásnál a csiga és a csigakerék szimmetriasíkjainak egybe kell esniük. Szereléskor fontos szempont tehát, hogy a csiga középvonal és a csigakerék fogprofiljának közepe egy síkba essen. Másik szempont, hogy a csigaközepe a csigakerék tengelysíkjaiba essen.



11.23 ábra: Különféle csigahajtások

Forrás:[6]



12. STRUKTURÁLT PROBLÉMAMEGOLDÁS A GYAKORLATBAN

ROBERT BOSCH AUTOMOTIVE STEERING KFT., EGER

12.1 Bevezetés – gépmeghibásodások a termelési folyamatokban

Ami el tud romlani, az előbb-utóbb el is romlik. Nincs ez másként a termelési folyamatokban résztvevő gépeknél és berendezéseknél sem. Nem is csoda, ha belegondolunk, hogy egy-egy ilyen berendezés, vagy azok láncolata milyen bonyolult mechanikai, pneumatikai, hidraulikai, elektronikai elemeket és azok rendszereit, egymásba kapcsolt folyamatait tartalmazza, mennyire komplex, de mégis gyors és hatékony munkára tervezték őket. A legkörültekintőbb mérnöki, tervezői munka sem képes olyan gépet tervezni, ami ne rejtene magában hibalehetőségeket. És akkor még nem is esett szó a használatból eredő folyamatos kopás, elhasználódás okozta meghibásodásokról. El kell fogadnunk tehát, hogy a gépeink elromlanak. Ezt elkerülni egyelőre nem tudjuk. De tehetünk azért, hogy gépeink, berendezéseink a legnagyobb kihasználtság mellett üzemeljenek, hogy a berendezést finanszírozó üzleti vállalkozásnak a lehető legtöbb hasznot termeljék.

A gépek rendelkezésre állásának növelése érdekében tett erőfeszítéseinket alapvetően két csoportra oszthatjuk. Az egyik a reaktív tevékenységek csoportja, melyekre akkor kerül sor, ha a gép működésében már rendellenesség lépett fel, az eltérést felismertük és erre való reakcióként igyekszünk visszaállítani a gép, berendezés, vagy annak működésének eredeti állapotát. A másik tevékenységcsoport a proaktív tevékenységeket foglalja magában. A proaktív tevékenységek jellemzően a meghibásodások, abnormális működések megelőzésére törekednek. Ezek során egy még fel sem lépett, de valószínűsíthető üzemzavart próbálunk megelőzni, vagy különböző diagnosztikai módszerekkel (amik már önmagukban is rendellenességet detektálnak) egy várhatóan bekövetkező üzemzavart igyekszünk elhárítani.

Jelen esetben egy gyakorlati példán keresztül mutatjuk be egy berendezés meghibásodásának reaktív elhárítását. Egy a Robert Bosch Automotive Steering Kft. egeri telephelyén működő, termelési folyamatban részt vevő berendezés rendszeres meghibásodásának okelemzését, melynek során látni fogjuk, hogy a géphibák sok esetben sokkal összetettebb folyamathibák végeredményei is lehetnek, és az eredetileg tisztán géphibának gondolt, vagy úgy értelmezett jelenség csak egy bonyolultabb, vagy éppen rejtettebb folyamathibára, vagy folyamatváltozásra vezethető vissza. Éppen ez volt az ok, amiért ezt a példát választottuk, mert azt szeretnénk bemutatni, hogy a felületes megoldások helyett mennyivel fontosabb a probléma okainak alapos megértése, feltárása és a probléma gyökérokait elhárító intézkedések meghozatala.

12.2 Elméleti alapok, felhasznált módszerek, eljárások



Mielőtt a rövid bevezető után a példában szereplő probléma tárgyalására térünk, tisztáznunk kell néhány alapfogalmat, módszert, illetve eljárást, amelyek ismeretére szükségünk lesz a példában szereplő problémamegoldó folyamat megértéséhez.

Az itt bemutatott módszerek főleg az autóiiparban, de az ipar más területein is (sőt, ma már nem csak az iparban) elfogadott eljárások, melyek alkalmazása rutinszerű gyakorlattá vált, mivel hatékonyságukat számtalan esetben bizonyították. Természetesen ezek a módszerek csak akkor tudnak hatékony segítséget nyújtani a problémamegoldásban, ha azok használatával tisztában vagyunk és megfelelő gyakorlat után helyesen is használjuk őket. Gyakran találkozunk azzal a hibával, hogy ezeket a módszereket egyfajta divatként használják, a valódi értelmüket nem megértve. Természetesen ilyen feltételek mellett ezek a módszerek nem tudnak megfelelően az őket használók segítségére lenni, sőt sok esetben inkább hátráltatják a munkavégzést.

A Robert Bosch Automotive Steering Kft. felismerte ezeknek a módszereknek az előnyeit, munkatársait arra képzte, hogy ezeket az eszközöket készségszinten alkalmazzák. Ennek érdekében ezeket a módszereket rendszerekbe foglaltuk, ahol egymást kölcsönösen kiegészítve a használatuk hatékonyságát tudtuk növelni.

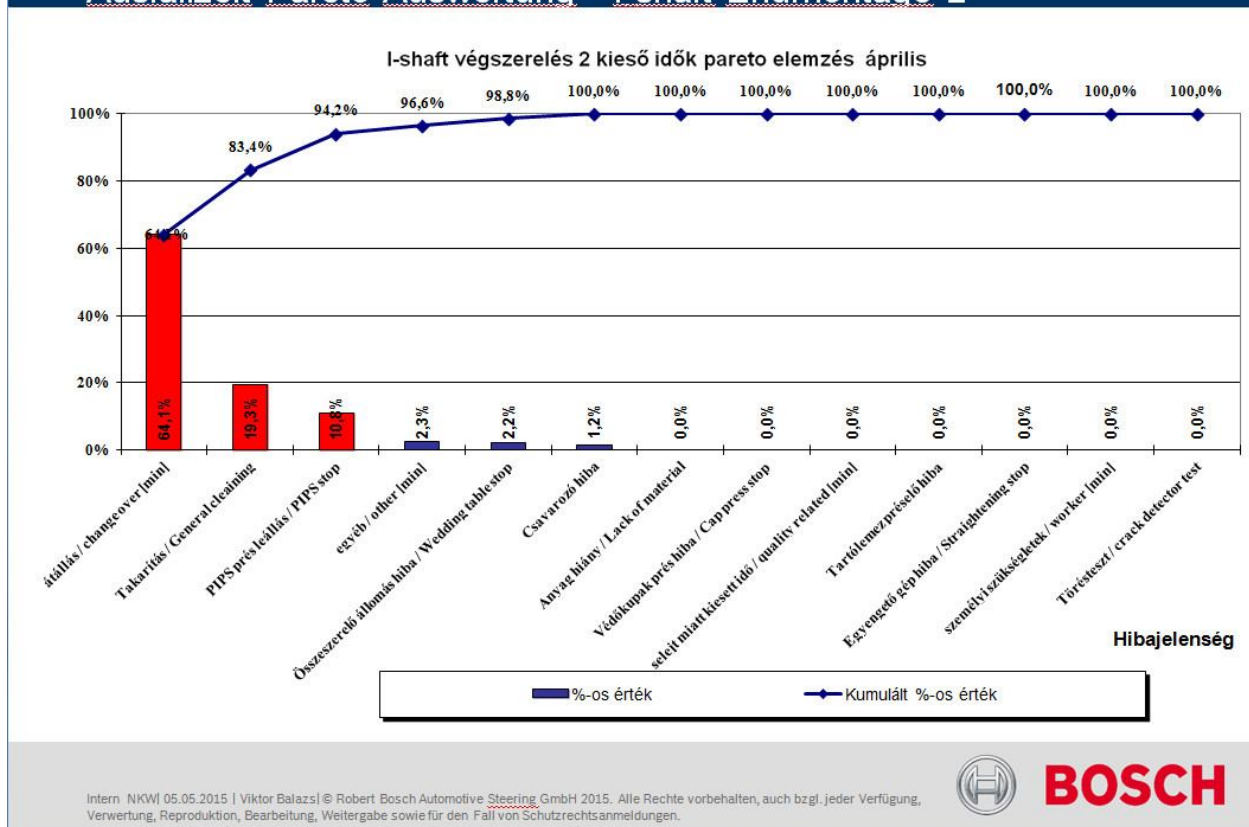
Az általános rész után nézzük az egyes módszerek, eljárások rövid ismertetését. Természetesen a jelen esetben igyekszem a gyakorlati példára koncentrálni, így nincs lehetőség ezen eszközök alapos tárgyalására, de a gyakorlati példa kapcsán ki fogjuk emelni, hogy hol, melyik eszközt használjuk, ezzel is segítve a gyakorlati alkalmazás jobb megértését.

12.2.1 Pareto-elv

Pareto szerint a megfigyelt társadalomra jellemző vagyoneelosztás során a megtermelt javak 80%-a a társadalom 20%-ához kerül. Némileg másként fogalmazva, az ipari környezethez közelebb állóan Joseph Juran (aki a minőségügy területén alkalmazta a Pareto elvet) ezt úgy fogalmazta meg, hogy a problémák 80%-át a hibák 20%-a okozza. Ezt az elvet általánosságban 80/20-as szabálynak is nevezzük és az élet különböző területein visszaigazolta már létjogosultságát.

Az alábbi 12.1 ábrán egy Pareto analízis látszik, ahol egy a Robert Bosch Automotive Steering Kft.-nél lévő termelési folyamat hibáinak eloszlását láthatjuk.

Állásidő pareto kimutatás I-shaft végszerelés 2
Ausfallzeit Pareto Auswertung - I-shaft Endmontage 2



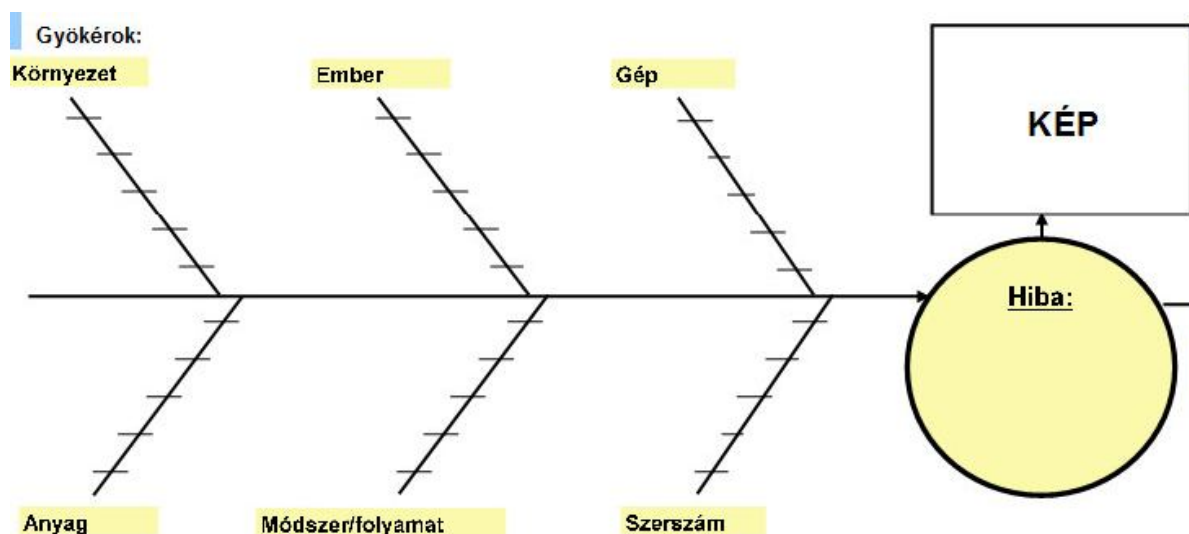
12.1 ábra: Termelési folyamat hibáinak Pareto diagramja

Forrás:[2]

12.2.2 Ishikawa diagram

Az Ishikawa, halszálka, vagy ok-hatás diagramot Karou Ishikawa alkotta meg. Ennek lényege, hogy egy jelenség, esetünkben egy rendellenesség (géphiba) létrejöttét kiváltó, vagy azt befolyásoló okokat vizsgálja. A diagram egy halszálkára hasonlító szerkezetben gyűjti össze az okokat. Ezen okok hatását szemléltetendő egy jobbra tartó nyíl, mint a halszálka gerince jelképezi a rendellenességre, hibára való kihatásukat. Fontos megjegyezni, hogy míg a Pareto diagram egy kiértékelés, mely adatok matematikai rendszerezéséből adódik, addig az Ishikawa diagram kidolgozása gondolkodást kívánó valódi csapatmunka, ahol a csapattagok a folyamat ismerői.

Az Ishikawa diagramnak többféle változata használatos. A Robert Bosch Automotive Steering Kft.-nél az alábbi képen (12.2 ábra) látható változatot használjuk, ahol a lehetséges okokat a következő kategóriákba csoportosítjuk: környezet, ember, gép, anyag, módszer/folyamat és szerszám.



12.2 ábra: A Robert Bosch Automotive Steering Kft.-nél használt Ishikawa diagram

Forrás: [1]

12.2.3 Az „5 Miért?” módszere

Az „5 Miért?” módszere azon az elven alapszik, amelyet a gyermekek igen gyakran alkalmaznak, vagyis hogy egy folyamat vagy jelenség megértése érdekében, minden megkapott válasz után újra és újra felteszik a kérdést: De miért? Bár példaként a gyermekeket hoztam föl, azonban óva intenénk mindenkit attól, hogy ezt a módszert gyerekesnek gondolja! Ezt a módszert ugyanis jól alkalmazni, a kérdésekre a megfelelő választ adni egyáltalán nem könnyű, sőt, kifejezetten nehéz feladat. Viszont ha valaki megtanulja és begyakorolja a helyes használatát, egy nagyon egyszerű, de kimagaslóan hatékony problémafeltáró és -elemző módszer birtokába jut.

12.2.4 A PDCA elv

A PDCA az angol **P**lan, **D**o, **C**heck, **A**ct szavak kezdőbetűiből alkotott mozaikszó. A PDCA elv lényege, hogy a problémamegoldási folyamatot vagy folyamat optimalizációt egy körfolyamatként jellemzi, melynek során a már felismert problémát elemezzük, megértjük és meghatározzuk a korrekciós intézkedéseket (Plan fázis), végrehajtjuk a tervezett intézkedéseket (Do fázis), a végrehajtás után ellenőrizzük, vagyis mérjük és kiértékeljük az intézkedések hatékonyságát (Check fázis), majd az eredmények figyelembevételével meghatározzuk a további beavatkozásokat, intézkedéseket. A folyamatos fejlődés, fejlesztés egyik alapköve a folyamatosan alkalmazott PDCA folyamat.

12.2.5 OEE (Overall Equipment Effectiveness)

Az OEE, vagy teljes körű eszközhatékonyság egy mutatószám, melynek maximális értéke egy és több mutatószám szorzataként adódik. Értéke jellemzi egy gép, berendezés hatékonyságát vagy rendelkezésre állását. Termelési folyamatok során egy nagyon fontos mutatószám, mely bármilyen zavar esetén jelzi a problémát. Általánosságban elmondható,



hogy ez a mutatószám a jelen jegyzetben tárgyalt gépmeghibásodások jellemző mérőszáma.

12.2.6 Vizuálmenedzsment

A vizuálmenedzsment lényege, hogy mérnöki munkánk során a mérőszámok és kiértékelések olyan rendszerét használjuk, amelyek az elvégzendő feladat szempontjából a leghatékonyabban használhatóak, és ezeket olyan átlátható módon tesszük, ami ezeken a jellemzőkön keresztül folyamatosan megjeleníti a rendszerünk állapotát, azonnali, gyors és hatékony monitorozást téve lehetővé. A vizuális menedzsmentnek nagyon fontos szerepe van a hibák gyors felismerésében.

Ezen rövid elméleti összefoglaló után lássuk egy konkrét példán keresztül, hogyan ismerünk fel egy problémát az itt említett eszközök segítségével.

12.3 Eltérések felismerése, a probléma azonosítása

A fentiekben tárgyalt vizuális menedzsmentnek köszönhetően a folyamatainkat jellemző mérőszámok olyan formában vannak megjelenítve, és ezzel párhuzamosan olyan módszertant alkalmazunk a termelési problémamegoldásban, mely önmagában hordozza a problémák, eltérések korai felismerését és a megfelelő intézkedések hatékony kidolgozását. Nézzük hogyan is zajlik ez a Robert Bosch Automotive Steering Kft.-nél, a kialakított napi ritmus hogyan szolgálja ezt a célt:

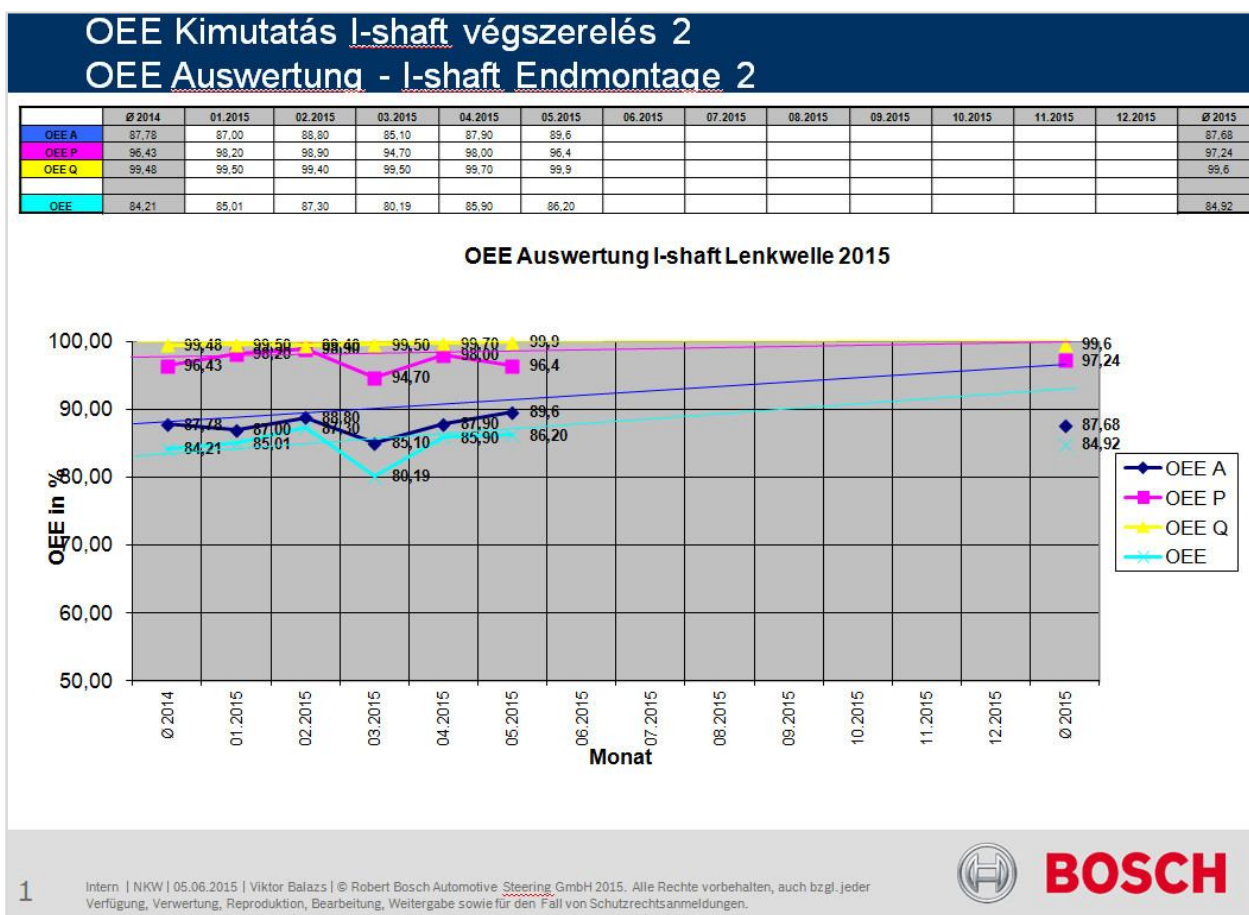
- a vizuális menedzsment részeként cégünknel minden gyártósorhoz tartozik egy „információs tábla”. Ezen az „információs táblán” jelennek meg az adott gyártósorra vonatkozóan a termelés folyamatát jellemző mérőszámok, úgymint (a teljeség igénye nélkül): minőségügyi mutatószámok (pl.: 0km ppm kimutatás, utómunka kimutatás, selejtköltségek, stb.), legyártott darabszámok, termelési teljesítmény, OEE diagramok, intézkedési tervek, futó projektek, értékáram elemzések, stb.
- a shopfloor management részeként reggelente, a termelés kezdete után, ezeken az „információs tábláknál” tartjuk az ún. „reggeli megbeszéléseket”, ahol a termelési osztály mellett a logisztika, a minőségügy, a karbantartás és a beszerzés munkatársai is részt vesznek. Ezeken a megbeszéléseken történik az információcsere a minőségügyi eseteinkről, az elmúlt 24 óra termelési teljesítményéről, az ennek során felmerült problémákról, azok megoldásairól és a következő 24 óra tervezetéről.
- a napirendben ezen megbeszélés után a problémamegoldó szakasz következik, melynek során a termelés és a társosztályok együttműködve dolgoznak a felmerült problémák hatékony megoldásán.

A részletes napirend és a további folyamatok tárgyalásától most eltekintünk, mivel jelen példánkban az nem játszik szerepet.



A következőkben részletezett példa a fenti folyamat eredményeként vált ismertté. Az egyik „reggeli megbeszélésen” a mérőszámok ismertetése közben kiderült, hogy az ún. PIPS2 berendezés meghibásodásának gyakorisága és a gép által okozott selejtköltség is nagyon megemelkedett az elmúlt időszakban. Az OEE diagramról (12.3 ábra) leolvasható, hogy rendelkezésreállítás-csökkenés és termeléskiesés történt. A 12.4 és 12.5 ábrákról pedig látható, hogy az említett gépmeghibásodás valóban mindkét pareto elemzésben megjelenik.

Az OEE diagramon (12.3 ábra) látható, hogy március és április hónapokban visszaesett a gyártósor rendelkezésre állása. Meg kell jegyezni, hogy a jelen OEE diagramon csak a teljes sor rendelkezésre állásának visszaesése látható, ebből az elemzésből még nem derül ki, hogy mi okozza ezt a veszteséget.



1

Intern | NKW | 05.06.2015 | Viktor Balazs | © Robert Bosch Automotive Steering GmbH 2015. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.



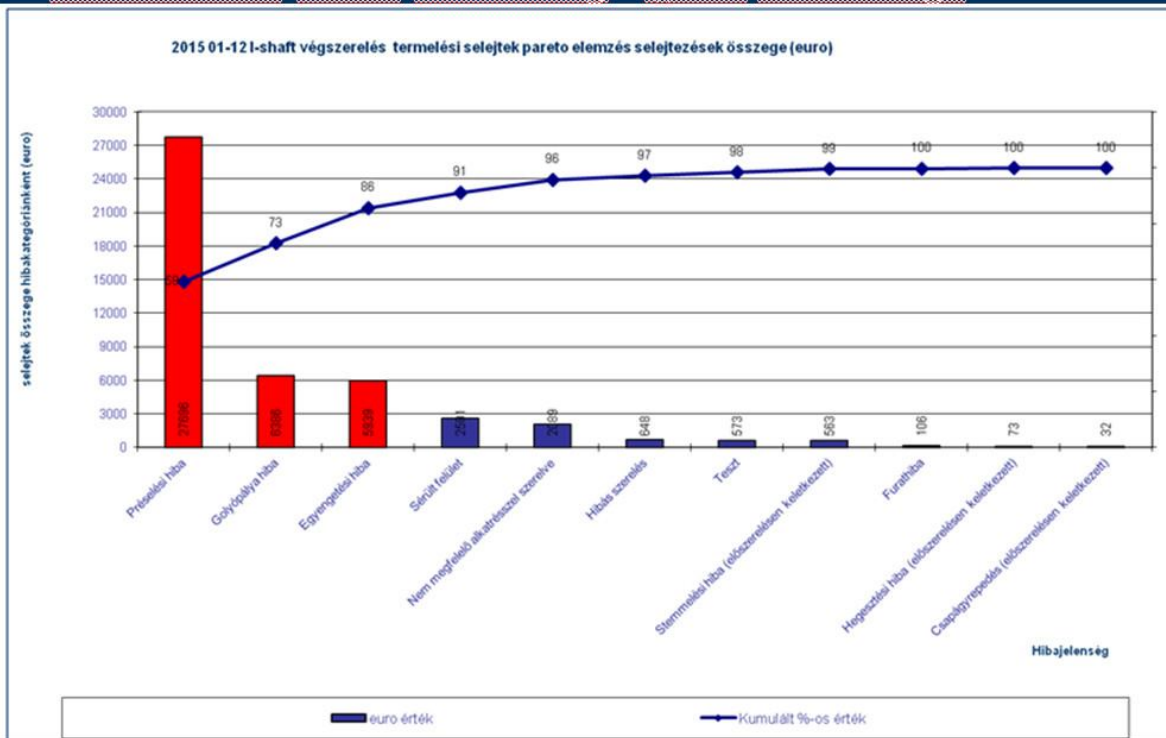
12.3 ábra: Termelési folyamat OEE mérőszáma

Forrás: [2]

Viszont a 12.4 ábrán TOP1 hibaként jelentkezik a préselési hiba (PIPS2 berendezés préselési hibája), a legnagyobb selejtköltséget okozva a hibajelenségek közül. (Érdeemes egy pillanatra visszaemlékezni a 80/20 szabályra).



Termelési selejt pareto kimutatás I-shaft végszerelés Schrottkostent Pareto Auswertung - I-shaft Endmontage



Intern NKW 05.05.2015 | Viktor Balazs | © Robert Bosch Automotive Steering GmbH 2015. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

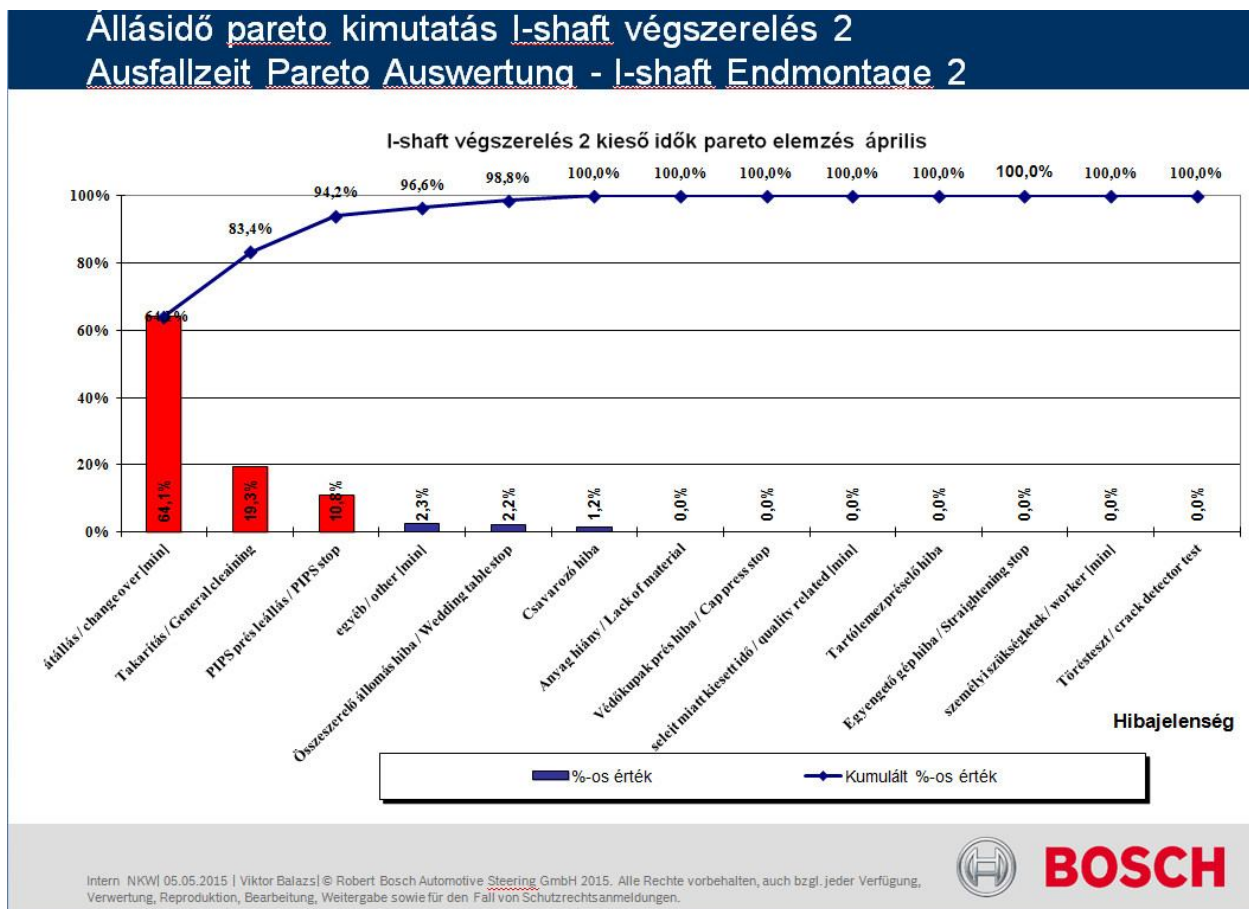


BOSCH

12.4 ábra: A termelési folyamat során képződő selejt pareto diagramja

Forrás:[2]

A 12.5 ábrán pedig a TOP3 hibaként fedezhetjük fel ugyanezen géphibát (PIPS présleállítás). Vagyis a gyártósoron az átállások és a géptakarításra fordított idő után a harmadik legnagyobb sorállást okozó probléma ez.



12.5 ábra: Termelési folyamat hibáinak pareto diagramja

Forrás:[2]

Tehát a vizuális menedzsmenten keresztül a pareto analízisek segítségével behatárolásra került a TOP1 gépprobléma. Ezek után következhet a már azonosított probléma alapos feltérképezése és megértése.

12.4 PIPS2 gépprobléma ismertetése

Mielőtt azonban a strukturált problémaelemzést megkezdենék, rövid tájékoztatást szeretnénk adni az említett berendezés működéséről és a problémajelenségről.

A PIPS2 elnevezés a Pressed In Profile Shaft szóösszetétel betűszava. A kettes szám azt jelzi, hogy ez a kettes számú ilyen berendezés a szerelősoron.

A 12.6 ábrán látható maga a PIPS2 berendezés. A berendezés funkciója két, a 12.7 ábrán látható alkatrész összepréselése, melynek során a rövidebbik, fogazott véggel kialakított PIPS alkatrészt bepréseljük egy csőbe. A préselési folyamat út-erő felügyelettel és

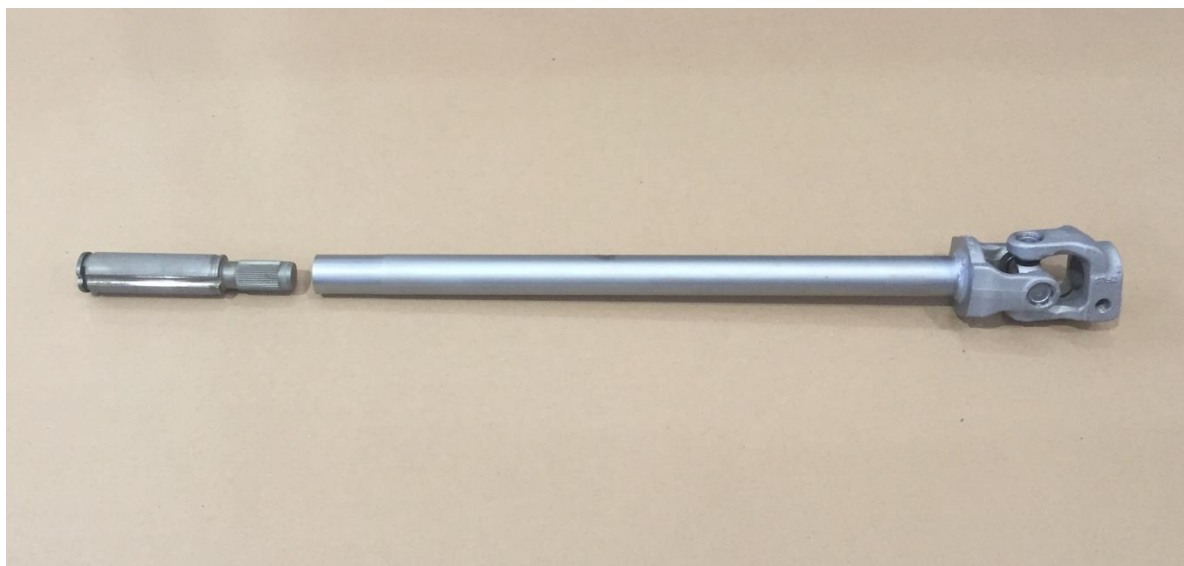


vezérléssel van ellátva. A préselés során egy kúpos, hasított szorítópatron rögzíti a csövet, majd egy présfej hidraulika segítségével belepréseli a PIPS végdarabot a csővégbé. A bepréselést addig kell folytatni, amíg a PIPS-en kialakított váll felütközik a cső homloklfelületén. A folyamat végén a PIPS-en kialakított váll és a cső homloklfelület között nem lehet hézag. A bepréselési erő előállításáról a berendezés hidraulika tápegysége gondoskodik. A folyamat út- és erőfelügyelt. Ha a préselés folyamán túlságosan magas erő lép fel, a berendezés letilt, hogy a gép mechanikai elemeiben ne keletkezhessen sérülés, illetve ezáltal érzékeli, hogy a bepréselés a váll felütközéséig megtörtént, a folyamat befejeződött. Ez az erőhatár természetesen magasabb, mint a folyamatos bepréseléshez szükséges erő, normális folyamat során csak a váll felütközésekor érheti el a bepréselési erő ezt a határértéket. Ezen kívül útfelügyelet is van a berendezésbe programozva. A bepréselési úthossz ismert, így ha a bepréselési út elérte előtt emelkedik meg a bepréselési erő értéke, vagy a bepréselési úthossz elérése után sem emelkedik meg a bepréselési erő, akkor a berendezés szintén leállítja a préselési folyamatot, hiszen ezek valamilyen folyamathibára utalnak.



12.6 ábra: A termelési folyamatban lévő PIPS2 présberendezés, középen a kész munkadarabbal

Forrás:[3]



12.7 ábra: PIPS és cső munkadarabok az összepréselés előtt

Forrás:[3]

Most, hogy megismerkedtünk a berendezés működésével (legalább is annak ide vonatkozó részleteivel), lássuk magát a hibajelenséget. A berendezésen jelentkező hibajelenség tulajdonképpen abban nyilvánult meg, hogy a berendezés nem tudta megfelelő mértékben összepréselni a két alkatrészt. Ez azt jelenti, hogy a préselési folyamat után a PIPS-en kialakított váll és a cső homlokfelülete között hézag maradt, a gép pedig hibajelzéssel megállt. A sorozatos hibák után a gépkezelő megfigyelte, hogy a préselés folyamán a cső megcsúszik a szorítópatronban, ezért a préselés nem fejeződik be, hiszen a présfej megteszi ugyan az előírt utat a préselés során, de az előírt erőérték a váll ütközésekor nem épül fel. A problémát tovább bonyolította, hogy a hibajelenség nem minden esetben, csak a munkadarabok kb. 50%-ánál jelentkezett. A hibásan összepréselt darabok selejtek, azok utómunkálása nem lehetséges.

A gépkezelő ilyen esetben jelzi a problémát a feletteseinek és értesíti a karbantartást. A nem elég alapos okelemzés miatt mind a karbantartás, mind a folyamatmérnök arra gondolt, hogy a cső szorítópatronnal való megszorítása a gond, hiszen a cső azért csúszik meg, mert a szorítás nem elégséges. Ilyen problémával már találkoztunk korábban, tehát a megoldás kézenfekvőnek tűnt. Azonban a szorítópatron feszítőerejének jelentős mértékű emelése sem oldotta meg a problémát. Bár a szorítás már olyan erős volt, hogy a cső felületét megsértette, mégis megcsúszott a cső. Az is felmerült, hogy a szorítópatron kúpszöge nem megfelelő, esetleg megváltozott a kopás nyomán, ezért nem épül fel a megfelelő szorítás. Többszöri alkatrészcsere sem hozott azonban megoldást. Ezután a feltételezés a cső felületére terelődött, biztosan szennyeződött valamivel, amitől lecsökkent a súrlódási tényező, és ez okozza a csövek megcsúszását. Ilyen problémánk is volt már korábban, így természetesen erre is tudtuk a megoldást. Azonban a csövek felületének zsírtalanítása sem hozott megfelelő eredményt, bár némi javulást eredményezett. Ezen két lehetőség kizárása után nem maradt más hátra, minthogy az alkatrészek valamelyikének egyik releváns mérete talán nem megfelelő, ezért a folyamathoz jóval nagyobb bepréselési erő szükséges, ezért csúsznak meg a csövek a préselés során. Az alkatrészek alapos



ellenőrzése, mérése és különböző szerelési tesztek elvégzése után szintén arra a következtetésre jutottunk, hogy nem ez okozza a gépproblémaként jelentkező hibajelenséget. A problémát tovább bonyolította, hogy időközben a berendezésbe beépített erőmérő cella is több esetben meghibásodott, ezzel is nehezítve a probléma okának megtalálását és az eredmények helyes értékelését.

Itt egy kicsit megszakítanánk a gondolatmenetet és szeretnénk érzékeltetni, mit is jelent egy termelési területen az eddig leírt szituáció. A fentiekben említett folyamat, a gépállítások, tesztek, mérések, oktatások, alkatrészcserek, ötletelések, társosztályok bevonása, gépgyártóval való konzultációk folyamatos váltakozása miatt már néhány héten bőven túlmutató problémát jelentett. Ilyen mértékű termelésekiesés és selejtarány egy termelő cég esetében hatalmas problémát jelent, a szervezett minden szintje, beleértve az ügyvezető igazgatókat is, tudott a problémáról, és természetesen mindenki azonnali megoldást sürget ilyen helyzetben. Elképzelhető, hogy ez a folyamatos elvárásból adódó stressz és a sikertelenség milyen frusztrációt okoz a kollégáknak, akik a probléma megoldásán közvetlenül dolgoznak, ezzel is csökkentve az eredményességüket.

Visszatérve a problémamegoldás folyamatához, az igazi változást a probléma strukturált megoldása hozta meg, a korábban említett eszközök és módszerek alkalmazásával. Vegyük észre a különbséget az előzőekben leírt strukturálatlan munka és a következőkben tárgyalt strukturált problémamegoldás között. Ennek a módszere a Robert Bosch Automotive Steering Kft.-nél valamelyest egyedi, hiszen a korábban tárgyalt eszközök közül nem találomra kiválasztva használjuk valamelyiket, hanem egy egységes rendszerbe foglalva, úgynevezett Shopfloor 8D (SF8D) folyamat segítségével elemezzük a problémát és keressük a hiba megoldását. Az SF8D folyamat lényege, hogy a korábban tárgyalt eszközöket kombinálva, egy nyolc lépéses (a 8D nyolc lépése) számárvezetőként használt folyamaton keresztül segíti a megfelelő elemzőeszközök használatát, a probléma gyökérokának felfedését, és ezáltal a probléma megoldását. A géphiba elhárításának következő lépése tehát a SF8D folyamat elvégzése volt.

12.5 A strukturált problémamegoldás indítása, a csapat összeállítása

Elkezdődött tehát a SF8D folyamat, melyet mindig a folyamat gazdája, jelen esetben a termelési osztály mérnök kollégája indít és koordinál. Az első feladat az SF8D csapat összeállítása. Az örök igazság, miszerint a jó megoldások csapatban születnek, itt is igaz. Ez egy kritikus rész, ugyanis a megfelelő, hatékony csapat összeállításához több dolgot is figyelembe kell venni:

- minden szakmailag érintett osztály képviseltesse magát,
- legyen lehetőleg „külső szemlélő”, aki eltérő látásmóddal rendelkezik, mint a folyamatban közvetlenül érintett kollégák,
- ezek ellenére se legyen túl nagy létszámú a csapat (max. 6-8 fő).



A SF8D felépítésén látható, hogy amint azt kifejtettem, több, korábban tárgyalt problémamegoldó eszközt egyesít. A problémamegoldó csapat meghatározása és a hiba leírása mellett (D1, D2) elsőként egy Ishikawa diagramot tartalmaz a hiba kialakulásához vezető körülmények teljes feltárásához, megértéséhez. Az Ishikawa diagram kitöltése során a csapat a hibajelenség (középen a körben) és egy kis segédábra vagy fénykép felvétele után igyekszik minden szóba jöhető, esetleg először fölöslegesnek, irrelevánsnak tűnő tényezőt is felsorolni és a „halszálkákon” rögzíteni. Jelen esetben a csapat a következő lehetséges okokat sorolta föl:

Környezet: 1. Az alkatrészek hőmérsékletkülönbségéből adódó hibalehetőség; 2. Megnövekedett sűrűdési tényező; 3. A közelmúltban a csövekre került ún. „sealer” bevonat (ez egy korróziógátló műgyanta alapú bevonat); 4. A bepréseléshez szükséges túl magas préselési erő.

Ember: 1. A gép szorítófájának nem rendszeres tisztítása; 2. A cső felülete nem megfelelően kerül tisztításra; 3. A „reakcióterv” nem megfelelően van betartva (hibák, hibás anyagok kezelése).

Gép: 1. Túl alacsony hidraulikanyomás; 2. Aluméretezett erőmérő cella; 3. A cső nem megfelelő megfogása; 4. Nem megfelelő útmérő kalibrálás.

Anyag: 1. A PIPS fogzatának külső átmérője nem megfelelő; 2. A PIPS bepréselt fogzatának profilja nem megfelelő; 3. A cső furatának belső átmérője nem megfelelő.

Módszer/Folyamat: 1. Lassú karbantartói reakció; 2. Az eszkzációs rendszer működésének elégtelensége; 3. Tervezés, konstrukciós hiba (berendezés és termék is lehet); 4. A sealeres bevonatra való átállás, mint hibaforrás.

Szerszám: 1. Nem megfelelő geometriájú, anyagú szorítópofa.

Amikor az Ishikawa diagramon a lehetséges okok, befolyásoló tényezők felvétele megtörtént, akkor a csapat újra végignézi, és megpróbálja kizárni közülük azokat, amelyek a korábbi tesztek, tapasztalatok, mérések alapján valószínűsíthetően nem okozhatják a hibajelenséget. Nem szabad azonban kizárniuk olyan hibaokat, amiről nem tudtak meggyőződni, hogy befolyással lehet-e a hibára. A 12.8 ábrán látszik, hogy ezen folyamat során a nem releváns okokat egy „X” jellel áthúzzák és a továbbiakban csak a megmaradt okokra fognak koncentrálni a problémamegoldás során.

A SF8D folyamat következő lépéseként, már leszűkítve a lehetséges hibaokok körét, az „5 Miért?” módszer alkalmazásával igyekeznek kideríteni a hiba gyökérokát. Ahogy korábban is említettem, ez az egyszerűnek tűnő folyamat nagyon komoly odafigyelést és némi gyakorlatot követel meg, de cserébe nagyon hasznos módszer a gyökérokok megkeresésére. A Robert Bosch Automotive Steering Kft.-nél alkalmazott SF8D dokumentumban az „5 Miért?” segédlet úgy van felépítve, hogy lehetőleg segítséget adjon a megfelelő alkalmazáshoz. Az egyes válaszok közötti „Miért?” kérdés, és az „Azért” kezdetű egész mondatokkal való megfogalmazás nagyon sokat segít a gyakorlatban a használathoz. Nézzük, hogyan fest az „5 Miért?” folyamat a jelen esetben:

Mi okozta a hibát? → Az, hogy hézag marad a PIPS és a cső között. Miért? → Mert a bepréselési erő hamarabb teljesül, mint a bepréselési út. Miért? → Mert a bepréselési folyamatán túl magas a bepréselési erő. Miért? →



Figyelem! Itt az „5 Miért?” folyamat két irányba ágazik el, ami teljesen normális ennél a folyamatnál, hiszen esetenként többféle válasz is adható egy Miért? kérdésre.

1 → Mert túl nagy az átfedés a PIPS külső és a cső belső átmérője között. Miért? → Mert a tervezés során nem megfelelően lett meghatározva az átfedés.

2 → Mert megnőtt a súrlódás a beprézelés során. Miért? → Mert a sealeres átállással megszűnt a korrózióvédő olaj használata a beszállítónál, ezáltal nincs már olajfilm réteg a cső belső falán.

Az „5 Miért?” folyamat során az elágazás 2. útján felbukkant egy olyan tényező, ami az Ishikawa diagramban már részben megjelent, de erre a lehetőségre senki nem gondolt korábban. Az új, magasabb minőségi színvonalat képviselő sealer bevonat kapcsán ugyanis a beszállító elhagyta a korábban helyette alkalmazott vékony rétegű korróziógátló olaj használatát. Bár erről a változásáról tudtunk korábban is, de a „géphiba” kapcsán senkinek sem jutott eszébe, hogy az olajfilm réteg hiányából adódó megnövekedett súrlódás okozhatja a problémát, hiszen mindenki a gép meghibásodására (ez volt a feltételezett jelenség), majd az alkatrészek hibáira gondolt. A megoldásra akkor jöttek rá a csapattagok, amikor az SF8D folyamatlemező és problémamegoldó eszközeinek segítségével alaposan megértették a problémát, felsorolták a lehetséges tényezőket és mélyrehatóan megvizsgálták a hiba gyökérokát.

A gondolatokat tettek követték, gyors tesztekben próbálták ki többféle olajat a préselési folyamat során az alkatrészek kenésére, a súrlódás csökkentésére. A tesztek gyorsan bebizonyították, hogy megvan a hiba gyökérok, valóban a kenőfilm hiánya okozta a megnövekedett súrlódást, az ennek okán megnövekedett beprézelési erőt, és ebből adódóan a gép rendellenes működését, amit tévesen géphibának vélték.

A D3, D5, D6 folyamat keretében a SF8D dokumentumon ezek után meghatározták az intézkedéseket. Természetesen minden esetben felelőssel és határidővel ellátva. Első intézkedésként a már említett kenés bevezetését kellett megvalósítani. Második intézkedésként a csapat döntése szerint, mivel rizikót láttak az alkatrészek átfedésének meghatározásában, ezért ezt is felvették. Mivel a jelen SF8D egy élő és valós dokumentum, egy valós esetet dolgoz fel a Robert Bosch Automotive Steering Kft. életéből, és mivel a jegyzet írásának idején ez a második intézkedés még nem zárult le (és így a SF8D sem), ezért a második intézkedés eredményessége még nincs visszaigazolva, hiszen a feladat határideje még nem járt le. Mivel a problémamegoldás során a berendezés hosszúságának pontosságával és működésével is problémák voltak, ezért a harmadik intézkedésként a csapat egy megnövelt gyakoriságú kalibrációt határozott meg erre a mérőeszközre.

A SF8D D7-es lépésében a probléma gyökérokának feltárása után a megelőző intézkedések meghatározásai is megtörténtek. Ezen pontok rövid ismertetése (a teljesség igénye nélkül):

Global yokoten: Indítunk-e felhívást más gyárak felé a jelen problémáról a korai hibamegelőzés érdekében? Mivel a sealeres átállás más gyárat nem érint, így erre a válasz: „NEM”.

Belső yokoten: Indítunk-e felhívást más termelő területek felé (gyáron belül) a jelen problémáról a korai hibamegelőzés érdekében? Mivel a sealeres átállás más terméket és gyártó területet nem érint, így erre a válasz: „NEM”.



P-FMEA: Szükséges-e felülvizsgálni a process-FMEA-t a hiba ismeretében? „IGEN”, az új információk alapján a P-FMEA vonatkozó bekezdését felül kell vizsgálni.

Vizsgálati terv: Szükséges-e a „Vizsgálati terv” felülvizsgálata? Jelen esetben „NEM”.

Első darab vizsgálat: Szükséges-e az első darab vizsgálat felülvizsgálata. Jelen esetben „NEM”.

Termékaudit: Szükséges-e a termékaudit folyamatának felülvizsgálata? Jelen esetben „NEM”.

Egyéb intézkedések: Mivel a gyártóterületen belül két további PIPS présberendezés is található, ezért a csapat szükségesnek tartotta a kenés kiterjesztését a további, hasonló elven működő állomásokra is, az esetleges ottani hibák megelőzésére.

Ezzel a SF8D folyamaton belül megtörtént a lehetséges hiba okok felvétele, a gyökérok meghatározása, a reaktív és proaktív intézkedések meghozatala és bevezetése. Ezzel a hiba elhárításra került, a SF8D folyamat azonban még nem zárható le.

12.7 Az eredmények nyomon követése, a hatékonyság mérése, a folyamat lezárása

Az intézkedések bevezetése és a hiba elhárítása után (PDCA „P” és „D” folyamata) még korántsem végeztünk. Két nagyon fontos dolgunk még hátra van. Meg kell bizonyosodnunk arról, hogy a bevezetett intézkedések hosszútávon is hatékonyak, illetve a probléma valódi és végleges megoldását jelentik, és ha szükséges, további intézkedéseket kell majd meghatároznunk (PDCA „C” és „A” folyamata). A hatékonyság mérésének érdekében az intézkedések meghozatalakor az intézkedésekhez mérőszámokat is definiálunk, amelyek időbeli alakulása megmutatja majd a hatékonyságot és annak mértékét. Jelen példában mérőszámként a PIPS kettő berendezésen keletkezett selejt költségét választotta a csapat, ez ugyanis megmutatja a hibás préselek mértékét és jól monitorozható. Az intézkedési tervben jól látható, hogy az első intézkedés bevezetése után a selejtköltség szignifikánsan csökkent és stabilizálódott, visszaigazolván a fő problémára hozott intézkedés helyességét.

A diagramból látható, hogy a selejtköltség nem nulla, tehát továbbra is van hiba a termelési folyamatban. Az hogy a problémamegoldások folyamata ezen hibák elhárításával folytatódik-e, vagy más hibákra fogunk fókuszálni, az egy frissített pareto elemzés után határozható meg, ahol a Pareto-elvet követve újra a legnagyobb hibára fogunk fókuszálni. És ezzel a problémamegoldó folyamat kezdődik előlről...

12.8 Befejezés

Ahogy a bevezetőben említettük, szándékosan nem egy klasszikus gép meghibásodást és annak megoldását választottam. A célunk az volt, hogy érzékelhető legyen, hogy az itt bemutatott módszerek és eljárások a gyakorlatban szélesebb körben használhatóak, mondhatni univerzálisak, de természetesen egy klasszikus géphiba esetében is ugyanígy megállják a helyüket. Egyúttal példát szerettünk volna mutatni arra, hogy egy berendezés meghibásodása kapcsán a strukturált problémamegoldó módszerek rendszerként való



alkalmazása nemcsak, hogy hatékonyabb a strukturálatlan munkától, de sok esetben annak eredményétől eltérő, és feltétlenül hatékonyabb megoldást eredményez.



13.KÖZPONTI HŰTŐ-KENŐ FOLYADÉK ELLÁTÓ RENDSZER (KSS) ÁLTALÁNOS BEMUTATÁSA

ROBERT BOSCH AUTOMOTIVE STEERING KFT., MAKLÁR

13.1 Fluid management terület bemutatása, alkalmazása

13.1.1 Bevezetés

A Robert Bosch Automotive Steering Kft. (továbbiakban: Bosch) maklári telephelye 2014. évben létesült, a megnyitó ünnepség szeptember 5.-én zajlott le. A fluid management rendszer előkészítése, bevezetése ezt több hónappal megelőzően már elkezdődött.

Ennek oka, hogy a felhasználók (mint például Bosch is) termelési szerkezete mára átalakult. Egyes vállalatok ugyanis „kiszervezik” a kenőanyagok megrendelését, beszerzését, raktározását, valamint logisztikai feladatait, mások még a személyzeti kérdésekkel való foglalkozást is, mivel mindezeket egy szakkivállalat kezében összevonva valóban hatékonyabban kezelhetők a szállítás, a raktározás, a vízzel keverhető hűtő-kenő anyagok folyamatosan változó irányzatai, tekintettel a munka szakképzettségi igényére is. Ezzel tulajdonképpen meg is határoztuk a fluid management jelentését, értelmét.

13.1.2 Total Fluid Management

A Total Fluid Management, azaz Teljes körű Fluid Management egy komplex műszaki szolgáltatás, mely hozzásegíti a megrendelőt gazdasági céljainak eléréséhez. Ennek legfejlettebb változata esetén a szolgáltató nem csak a kenőanyagokhoz – többek között a vízzel elegyített fémmegmunkálási segédanyagokhoz – nyújt szolgáltatást, hanem minden más folyadék halmazállapotú gyártási segédanyaggal (felületkezelő anyagok, korrózióvédő anyagok, mosó emulziók, stb.) is foglalkozik.

A szolgáltatás mindig az adott megrendelő igényeire szabott, melynek bevezetését egy felmérés előzi meg, a felhasználandó kenőanyagok minősége, mennyisége, valamint a felhasználás tekintetében. A felmérés eredményeinek figyelembe vételével a szolgáltató javaslatot tesz az optimális kenőanyagok fajtáira (amennyiben azok típusa, minősége nincs a megrendelő rendszerében vállalati szinten szabályozva) és felhasználásuk módjára. A szabályozott anyagok tekintetében pedig felveszi és tartja a kapcsolatot a megrendelő által megnevezett (meglévő) beszállítókkal az anyag utánrendelések kapcsán, ilyenkor természetesen nincs mód ezen előírt anyagok kiváltására [1].

A szolgáltató folyamatos adatszolgáltatást végez a megrendelő felé a kenéstechnikai rendszerrel kapcsolatban. A megrendelő a rendszerben tárolt valamennyi adathoz és információhoz hozzáfér, így a szolgáltató munkáját folyamatosan figyelemmel kísérheti és ellenőrizheti [1].

A Total Fluid Management tehát folyamatos tevékenységet jelent, melyet a Bosch maklári telephelyén az Ecool Kft. végez, ez az alábbiakat foglalja magában:

- javaslatok a megfelelő, felhasználáshoz legjobban illeszkedő kenőanyagok kiválasztásához,



- javaslatok a kenéstechnikai feladatok korszerűsítésére, megtakarítási lehetőségek feltárása,
- raktározás, (minimum) készletfigyelés, utánrendelések leadása,
- kenőanyagok, mosó emulzió sűrítvények, hűtő-kenő anyagok kiszállítása a kenési helyekre,
- utántöltések elvégzése, dokumentálása, különös tekintettel a nem megfelelő anyagok betöltésének elkerülésére, megakadályozására,
- mosó gépekben a mosófolyadékok cseréje,
- kenési helyek takarítása, tisztán tartása,
- hűtő-kenő folyadék központi szűrő tartályok és a hozzájuk kapcsolódó szerelvények időszakos takarítása
- olajköd leválasztó berendezések gyűjtő tartályainak ellenőrzése, szükség esetén ürítése,
- napi szintű berendezés- és kenőanyag állapotellenőrzés, szükség esetén beavatkozások elvégzése,
- rendszeres ellenőrző vizsgálatok, megrendelői igény esetén labor mérések elvégzése,
- az elvégzett munkák dokumentálása, rendszeres jelentések, riportok, munkautasítások készítése,
- Fluid Management szoftver kezelése,
- A raktár, valamint az ott tárolt anyagok és munkaeszközök tekintetében az 5S szabályok betartása,
- megrendelői igény esetén kenőanyagokkal kapcsolatosan keletkezett veszélyes hulladékok összegyűjtése, kezelése, elszállítása, ártalmatlanítása.

A Total Fluid Management gyakorlati előnyei összefoglalva [1]:

- költség csökkenés,
- kenőanyag élettartam növekedés,
- tervezhető gépleállások,
- tervezhető költségek,
- javuló termelési biztonság,
- keletkezett veszélyes anyagok mennyiségének és az ezzel kapcsolatos költségek csökkenése,
- környezetkímélő üzemeltetés,
- vonatkozó jogszabályok betartása.



MUNKAUTASÍTÁS kenési pont-kenőanyag azonosítása		ecool FLUID MANAGEMENT				
Azonosító:	WI-EFMS014-02	Készítette:	Koczka Krisztián			
Változat:	V1	Jóváhagyta:	Péter József			
Olal száma:	1/1	Kiadás dátuma:	2014.09.08			
Munkaciklus		Fényképek, ábrák:				
1.	Megfelelő termék kiválasztása vizuálisan ,betöltési ponthoz szállítás (1 ábra)	1-	4-			
2.	Gépkartonon szereplő adatok összehasonlítása,vizuálisan(megfelelő hely ,termék) 2 ábra	2-	5-			
3.	Kenőanyag majd az azonosító (termék vonalkód) ellenőrzése, egyezés a termékkel tekintetében.beolvasása PDA készülékkel (3. ábra)	3-	6-			
4.	Gép betöltési pontján szereplő vonalkód beolvasása (PDA készülék) helyes megfelelő betöltési pont után anyag mennyiség megadása HELYTELEN kenőanyag választás esetén a PDA FIGYELMEZTETÉST küld NEM MEGFELELŐ KENŐANYAG szövegezéssel! (4,5 ábra)					
5.	Töltéseket követően a csatlakoztassuk a PDA készüléket dokkolón keresztül az Ecool Fluid Management Szoftverhez indítsuk el a szinkronizálást! (6. ábra)					
Munkautasítás célja:		Kötelező védőeszközök				
Ezen munkautasítás célja, hogy biztosítva legyen a kenési pontokba betöltendő kenőanyag HIBAMENTES azonosítása és a betöltési adatok pontosan rögzítését a kapcsolódó Ecool Fluid Management Szoftverbe.		Védőruha	Védőcipő	Kesztyű	Füldugó	Védőszemüveg
		x	x	x		x

13.1 ábra: Gyakorlati példa fluid management munkautasításra

Forrás:[4]

Az 13.1. ábrán egy munkautasítás látható, melynek a gyakorlatban az a szerepe, hogy biztosítsa a megfelelő helyre, a megfelelő anyag beadagolását. Ezt betartva lehet elkerülni egy adott kenési pontnál a nem megfelelő anyag betöltését.

13.2 A Központi hűtő-kenő folyadék ellátó rendszer (KSS), mint a fluid management terület része

A Teljes körű Fluid Management szolgáltatás elsősorban a fő profilként fémmegmunkálási (jellemzően forgácsolási) tevékenységet folytató vállalatok számára előnyös.

A Bosch maklári üzemében a forgácsoló részleg (Rack & Nut terület) foglalja el a gyártó csarnok nagyobbik felét, mintegy 7800 m²-t. Itt két fő alkatrész gyártása folyik: fogasléc (Rack) és kormányanya (Nut).

A gyártás folyamatát, valamint az ahhoz szükséges, legfontosabb fluid management anyagok felhasználását legegyszerűbben az alábbi ábra segítségével lehet szemléltetni:



A fogasléc gyártáshoz szükséges, legfontosabb fluid management anyagok áttekintése Makláron

Gyártási sorrend

Berendezés típusa	1. Üregelő gép	2. Sorjázó gép	3. Köztes mosó gép	4. Hőkezelő gép	5. Egyengető gép	6. Végoldal (központifurat) megmunkáló gép	7. Kőszőrű gép	8. Finiselő gép	9. Repedés-vizsgáló	10. Mosó gép (végső mosás)
Fluid management anyag megnevezése	Üregelő olaj	Forgácsoló emulzió	Mosó emulzió	Edző emulzió	-	Forgácsoló emulzió	Kőszőrű olaj	Kőszőrű olaj	Speciális folyadék a repedésvizsgálathoz	Mosó emulzió
Fluid management anyag típusa	Cut – Max BR 30	Castrol Hysol DC 30	Henkel Bonderite 5064	Osmanil BF	-	Castrol Hysol DC 30	Wisura AKS 12	Wisura AKS 12	Renolin Rissprüföl, Tiede Fluoflux-Magnetpulver	Haukupur 445, Haukupur 291, Henkel Bonderite 5064

A kormányanya gyártáshoz szükséges, legfontosabb fluid management anyagok áttekintése Makláron

Gyártási sorrend

Berendezés típusa	1. Kőszőrű gép	2. Repedés-vizsgáló	3. Mosó gép (végső mosás)
Fluid management anyag megnevezése	Kőszőrű olaj	Speciális folyadék a repedésvizsgálathoz	Mosó emulzió
Fluid management anyag típusa	Wisura AKS 12	Renolin Rissprüföl, Tiede Fluoflux-Magnetpulver	Henkel Bonderite C-AK 5801, Henkel Bonderite 6765

13.2 ábra: A Rack & Nut gyártáshoz szükséges, legfontosabb fluid management anyagok

Forrás: [5]

A hűtő-kenő folyadékokat a 13.2 ábrán négyféle színnel jelöltük, kihangsúlyozva azt, hogy különösen fontosak a jó minőségű termék legyártásához. A központi hűtő-kenő folyadék ellátó rendszer (továbbiakban: KSS) működésével, üzemeltetésével a 13.3 és 13.4 fejezetben foglalkozunk bővebben.

Tehát a Rack & Nut részleg számára a négy legfontosabb fluid management anyag:

- üregelő olaj – az ellátó rendszer zöld színnel jelölve,
- edző emulzió: az ellátó rendszer kék színnel jelölve,
- forgácsoló emulzió: az ellátó rendszer piros színnel jelölve,
- kőszőrű olaj: az ellátó rendszer sárga színnel jelölve.

Ezen kiemelt anyagok legfontosabb feladatai:

- Munkadarab és a szerszám hűtése: a forgácsolás során keletkezett hő elvezetése. A forgácsoló gépbe bejövő folyadék megfelelő hőmérséklete nagyon fontos, ez egy szabályozott paraméter.
- Kenés: a súrlódó felületek kopásának csökkentése (ezáltal a szerszám élettartamának növelése), a súrlódási energiaveszteségek csökkentése, a korrózió akadályozása, a zaj, a mozgások és a lökészerű igénybevétel károsító hatásának csökkentése.
- Öblítés: nagyon lényeges a folyadék megfelelő térfogatárama (melyet megfelelő nyomásértékkel lehet biztosítani), hogy a keletkezett fémgorgácsot a forgácsoló



gépből el tudjuk juttatni a megfelelő helyre. Erről bővebben a 3. fejezetben. A szerszámgépekhez bejövő folyadék nyomása szintén szabályozott paraméter.

A színek jelentősége (a megkülönböztetésen kívül, természetesen) az, hogy igazodnak a KSS rendszert gyártó, telepítő cég színekéhez, ezáltal is csökkentve a félreértés lehetőségét.

Megjegyzés: a kék színnel jelölt KSS anyagot hőkezelési művelethez használjuk, nem pedig forgácsoláshoz.

Az is látható, hogy a négy féle anyagból kettő darab olaj, kettő pedig emulzió, ezek kötelező használatát a németországi központban kidolgozott gyártási előírások tartalmazzák.

Az olajos rendszer előnye, hogy sokkal stabilabb, a fluid management csak a folyadék folyamatos pótlását végzi, míg az emulziókat bizonyos időközönként (jelen esetben legalább évente) komplett cserélni kell, rendszertakarítással egybekötve.

Továbbá az emulziókat gyakrabban és alaposabban ellenőrizni kell bizonyos paraméterek tekintetében, erről bővebb információ az 5. fejezetben található.

Az emulziós rendszer előnye viszont, hogy sokkal olcsóbb maga a folyadék, tekintve, hogy nagyobbik része víz.

Lezárásként tehát megállapítható, hogy a Bosch Maklári üzemében a fluid management anyagok egy kiemelt fontosságú csoportja a hűtő-kenő folyadékoké. Továbbá ennek a központi gépészeti ellátó berendezései, melyet összefoglalóan KSS-nek hívunk, egy nagyon speciális rendszer, mely a további fejezetekben kerül részletesebben kifejtésre.

13.3 A KSS bemutatása (gépészet)

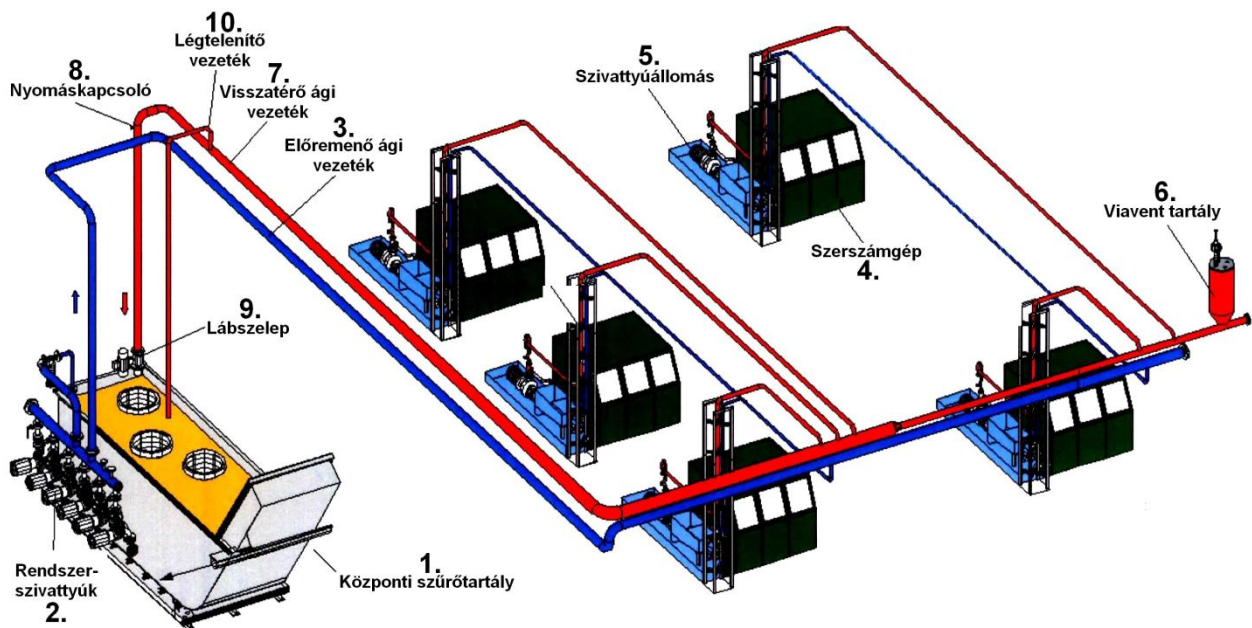
13.3.1 A KSS rendszer funkciói, általános felépítése

A KSS rendszer feladata nemcsak a már korábban említett hűtő-kenő folyadékokkal történő ellátása a szerszámgépeknek, hanem a forgáccsal szennyezett folyadék tisztítása, egyúttal a forgács leválasztása, valamint ezen folyadékok megfelelő módon történő tárolása is.

A KSS a maklári csarnok egy külön helyiségében lett telepítve, melynek területe 878 m². A területen négy darab, egymástól elkülönített központi rendszer kapott helyet, melyek a 13.2 pont alatt már fel lettek sorolva. A rendszerek általános felépítése a 13.3 ábrán látható.

A 13.3 ábrán látható szerkezeti egységek és azok szerepe:

- 1. Központi szűrőtartály: itt történik a folyadék szűrése és egyben a forgács leválasztása, működési elv alapján két fajtája van: vákuum rendszerű és nyomott szűrő, részletesen lásd: 13.3.2 és 13.3.3. fejezetek
- 2. Rendszerszivattyúk: frekvenciaváltóval ellátva biztosítják a szerszámgépek felé menő folyadék egyenletes nyomását, minden rendszerhez több szivattyú lett telepítve, részben a tartalékképzés, részben a kiegészítő üzem miatt,



13.3 ábra: A KSS rendszer elvi felépítése

Forrás: [2]

- 3. Előremenő ági vezeték: feladata a folyadék eljuttatása a felhasználás helyére,
- 4. Szerszámgép: a forgácsolási műveletet végzi,
- 5. Szivattyúállomás: minden szerszámgép tartozéka, ez juttatja vissza a fémforgáccsal
- 6. Viavent tartály: fontos szerepe van a szennyezett hűtő-kenő folyadék megfelelő módon történő visszajuttatásában szennyezett hűtő-kenő folyadékot a KSS rendszer visszatérő ági vezetékrendszerébe a központi szűrőtartályba, működését a 3.4 fejezet tárgyalja,
- 7. Visszatérő ági vezeték: ezen keresztül jut el a szennyezett folyadék a központi szűrőtartályba,
- 8. Nyomáskapcsoló: ez adja a jelet a PLC vezérlésnek, hogy mikor nyitható a 9. számmal jelölt lábszelep a visszatérő ág ürítésére, részletesen lásd a 13.3.4 fejezetben
- 10. légtelenítő vezeték: a szennyezett folyadék feltöltésekor ezen keresztül tud távozni a visszatérő ági vezetékben lévő levegő.

A 13.3 ábrán nem szerepel előülepítő tartály, mely az üregelő olajos és a forgácsoló emulziós tartályok elé lett telepítve. Viszonylag egyszerű a felépítése, egy kaparólánc hordja ki a nagyobb méretű, leülepedett fémforgácsot, míg a finomabb, lebegő, lassan ülepedő szemcsék továbbhaladnak a folyadékkal együtt a központi szűrőtartályba, itt történik meg ezek leválasztása.

A leválasztott forgács egységesen, minden rendszer esetében kerek konténerbe kerül ürítésre.

Fontos része még a rendszernek a vezérlés, mely a 13.3.4. fejezet alatt kerül tárgyalásra.

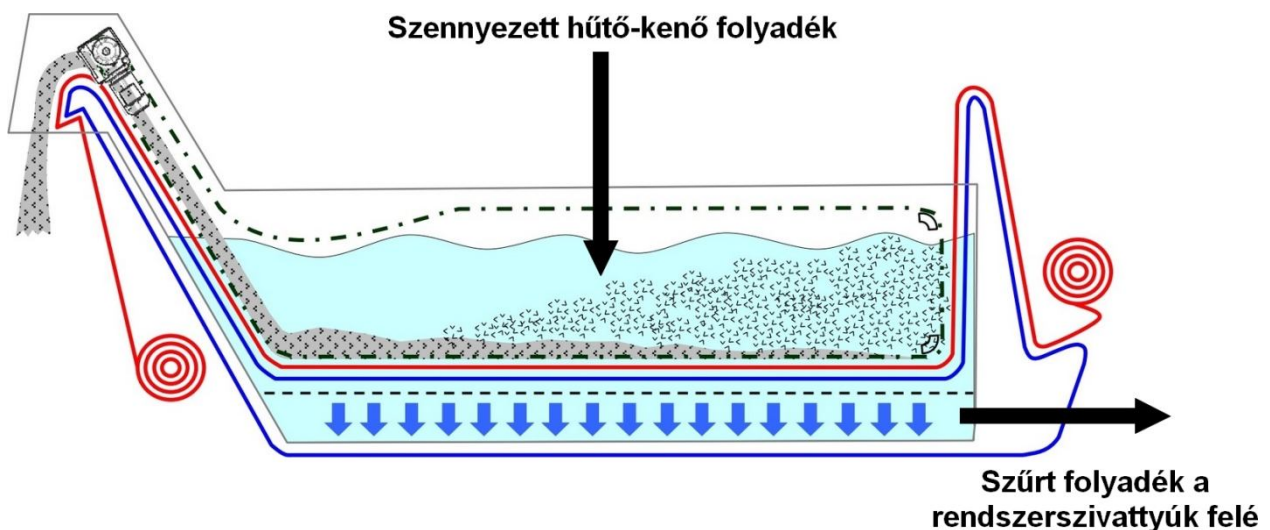
Az itt tárgyalt részegységek közül tehát három darabot emeltünk ki, melyet a 13.3.2, 13.3.3 és a 13.3.4 fejezetek mutatnak be részletesen: a vákuum rendszerű szűrőtartály, a nyomott rendszerű szűrőtartály és a Viavent rendszer, vagyis a tartály, a hozzá csatlakozó szerelvényekkel.

13.3.2 A vákuum rendszerű szűrőtartály működése

Ide tartozó rendszerek, melyekben ez a rendszerű szűrőtartály van beépítve:

- Központi üregelő olaj ellátó rendszer,
- Központi edző emulzió ellátó rendszer,
- Központi forgácsoló emulzió ellátó rendszer.

Az egység működését az alábbi egyszerű 13.6 ábra szemlélteti:



13.6 ábra: A vákuum rendszerű szűrőtartály működése

Forrás: [3]

Az egyes vonaltípusok, jelek meghatározása:

- fekete szaggatott vonal: perforált fémlemez,
- kék folytonos vonal: végtelenített szűrőszalag,
- piros folytonos vonal: papírszűrő szalag,
- fekete pontvonal: kaparólánc
- fekete nyíl: folyadékáramlás csővezetéken keresztül,
- kék nyíl: folyadékáramlás szűrőn keresztül.



A szennyezett folyadék gravitációs úton érkezik be a tartályba. A gyorsabban leülepedő részeket a kaparólánc hordja ki, a lánc teljesen együtt mozog a végtelenített vagy a papír szűrőszalaggal. A tényleges szűrést a szalagok végzik, jellemzően nem használjuk együtt a kétféle szalagot, hanem minden rendszeren külön meg van határozva a szűrők üzeme:

- az edző emulziós rendszeren csak a papír szűrőszalag van befűzve (bár a lehetőség a végtelenített szalag használatára megvan),
- az üregelő olajos és a forgácsoló emulziós rendszereken pedig csak a végtelenített szalag van használatban (itt szintén megvan a lehetőség a papírszalaggal történő szűrésre, szükség esetén),
- a papírszalag szűrési hatékonysága jobb, mint a végtelenített szalagé, ebből kifolyólag ott, ahol általában csak a végtelenített szalag van befűzve, ezzel van lehetőség a rendszerben idővel felhalmozódó, nagyon finom szemcsék kiszűrésére („folyadék regenerálás”).

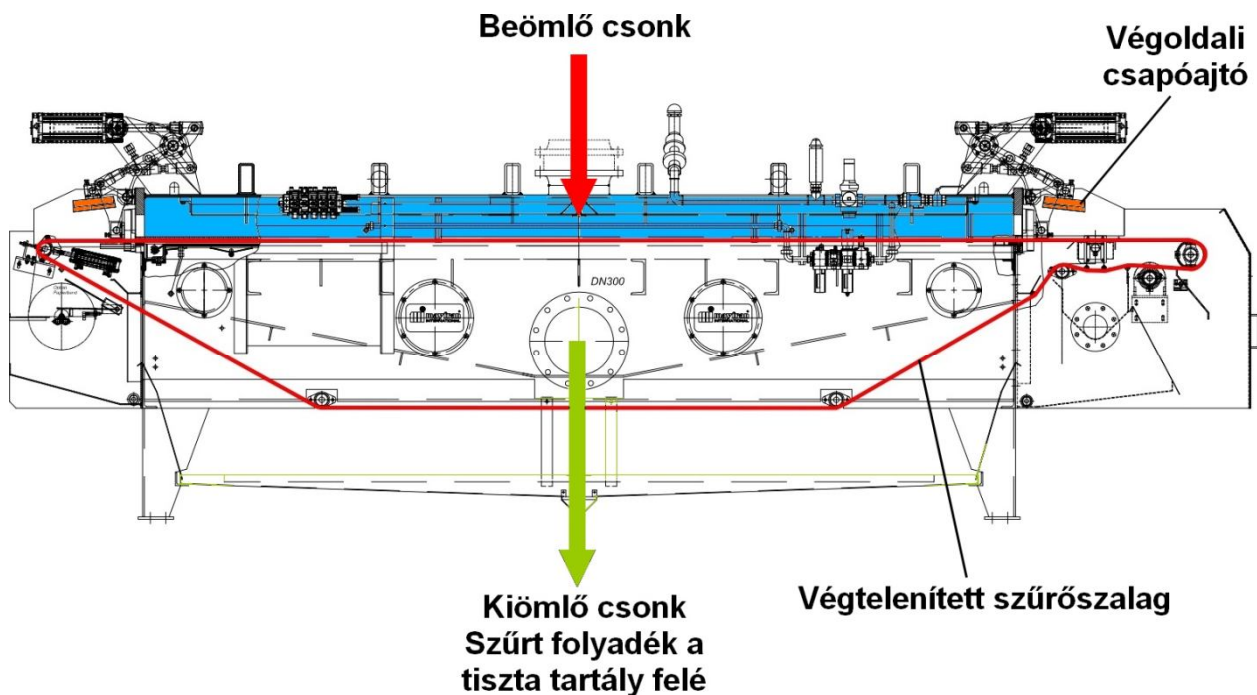
A megszűrt folyadék ezután átáramlik a perforált lemez alatti térbe, ide van bekötve a rendszerszivattyúk szívócsönkje. A tartály perforált lemez alatti része a szívott (vákuum) tér, a szivattyúk tulajdonképpen „átszívják” a folyadékot a szűrő felületen, hiszen a folyadék utánpótlás (feltételezve a tartály állandó töltöttségét) csak a szűrő szalagon, ill. a perforált lemezen keresztül tud bejutni ebbe a térbe. A szűrőszalag elszennyeződését nyomástávadók jelzik a vezérlésnek, a megadott vákuumérték elérésekor a szalagokat és a kaparóláncot együtt lépteti a berendezés, ezáltal tiszta, ill. regenerált szűrőfelületek veszik át a szűrés feladatát.

Az elszennyeződött végtelenített szalag regenerálásáról mosató fúvókák és tisztító kefék gondoskodnak, ezzel ellentétben a használt papírszalag kikerülve a gépből hulladékká válik, már nem fűzhető vissza.

13.3.3 A nyomott rendszerű szűrőtartály működése

A nyomott rendszerű tartályt egyedül a köszörű olajos rendszernél használjuk. Míg a vákuum rendszerű szűrő folyamatos működésű, a tartályok egyszerre üzemelnek, addig a nyomott tartályok közül mindig van legalább egy, amely tartalék. Amikor a működő tartály szűrője elkoszolódik, a tartályt leállítja a vezérlést és (természetesen átfedéssel) egy másik, regenerált tartály veszi át a szűrési folyamat elvégzését.

A működést szemlélteti a 13.7 ábra:



13.7 ábra: A nyomott rendszerű szűrőtartály működése

Forrás:[3]

A 13.7 ábra egy nyitott állapotban lévő, regenerált tartályt mutat, a szűrés folyamata az alábbi sorrendben megy végbe:

1. A narancssárga színnel jelzett két végoldali csapóajtót a pneumatikus munkahengerek légmentesen lezárják.
2. A piros nyíllal jelzett beömlő csonkon keresztül az előkészítő szivattyúk egy ún. előszűrő anyagréteget juttatnak a kék színű szűrő térbe és egyben a piros színnel jelölt végtelenített szalag felületére. Az előszűrő anyag cellulóz és köszőrúolaj keveréke, melyet egy külön erre a célra létesített keverőtartály állít elő.
3. Az előszűrő anyag egyenletesen szétterül a szűrőszalag felületén.
4. A szűrőszivattyú a piros nyíllal jelzett beömlő csonkon keresztül a szennyezett köszőrú olajat bejuttatja a kék szűrőtérbe. A szűrőtérben túlnyomás alakul ki, a folyadékban lévő forgácsot a korábban beadagolt előszűrő anyagréteg leválasztja. A tisztított folyadék a szűrőfelületeken átréselődve, a zöld színű kiömlő csonkon keresztül, gravitációs úton távozik a tiszta olaj tartályba.
5. A szűrőtér túlnyomását nyomástávadóval figyeli a rendszer, a magas érték jelzi a tartály eltömődöttségét. Ha ez bekövetkezik, a vezérlés egy újabb tartály állít üzembe, az eddig működőt pedig leállítja.
6. A végoldali csapóajtók kinyílnak, a végtelenített szalagszűrő elindul és kihordja a felületén lévő szennyezett anyagréteget a berendezés alatt elhelyezett hulladék konténerbe.



7. A szűrőtartály regenerálása megtörtént, a tartály várakozik, a PLC vezérlés igény esetén újra üzembe állítja.

13.3.4 A Viavent rendszer szerepe

A KSS visszatérő ágban a szennyezett folyadék visszajuttatásánál az alábbi tényezőket kell figyelembe venni:

- megfelelő térfogatáram (vagyis áramlási sebesség) legyen, hogy a folyadékban lévő fémrészecske ne tudjon a vezetékrendszerben leülepedni, dugulást okozni,
- ha a megfelelő áramlási sebességet biztosítani akarjuk, nagy teljesítményű visszatápláló szivattyúkra lenne szükség,
- megfelelő lejtést kellene biztosítani a gerincvezeték relatíve hosszú szakaszán, a központi rendszer felé, hogy csőben maradt folyadék is le tudjon ürülni gravitációsan,
- a vezeték lejtés kialakítása miatt biztosítani kell a megfelelő térközt a gerincvezetéknek, ebbe a térbe más csőrendszer nem tervezhető, ami nem előnyös a rendelkezésre álló hely szűkössége miatt.

A felsorolt problémákra a megoldást a Viavent rendszer adja meg, működésének folyamata a 13.3 ábra alapján:

1. A 9. sz. lábszelep zárva van, a szerszámgéphez tartozó, 5. sz. szivattyú föladja a szennyezett folyadékot a visszatérő ági gerincvezeték rendszerbe. A szivattyú feladata mindössze a vezeték töltése, nincs szükség nagy térfogatáramra. A gerincvezeték vízszintben van, nincs lejtése. A 6. sz. Viavent tartály tetejére egy motoros pillangószelep van szerelve, feladata a levegő ki- és beengedése, jelen esetben zárva van.
2. A visszatérő ági rendszer nyomása elkezdi növekedni, Viavent tartályban a folyadékszint felett egy sűrített levegő párna alakul ki.
3. Amikor a nyomás eléri a meghatározott értéket a 9. sz. lábszelep kinyit. A sűrített levegő nyomása elkezdi nagy sebességgel kipréselni a folyadékot a szűrőtartályba
4. A Viavent tartályban a (relatív) levegőnyomás lecsökken nullára és a tartály tetején lévő pillangószelep kinyit.
5. A kinyitott pillangószelep levegőt enged a rendszerbe. A korábban nagy sebességgel megindult folyadék gravitációsan „magával rántja” a csőben lévő teljes folyadékmennyiséget, mivel vákuumot képez a visszatérő ági csőben.
6. A csőrendszert a folyadék teljesen átöblíti, kiürülés után a pillangószelep és a lábszelep újból lezár és kezdődik a folyamat előlről.



13.4 A KSS üzemeltetése

13.4.1 Kezelés

A rendszer alapvetően automata működésű, a vezérlést mind a négy gépcsoport esetén ipari PLC (Siemens S7) végzi, egymástól függetlenül. Minden PLC szekrényén található egy érintőképernyős panel, ahol a következő műveleteket lehet elvégezni:

- a komplett rendszer indítása és leállítása automata üzemben,
- sémák áttekintése, a megjelenített adatok leolvasása,
- gépegységek (szelepek, szivattyúk, érzékelők, stb.) állapotának kijelzése,
- grafikonok kirajzolása,
- felhasználói paraméterek, beállítási értékek megváltoztatása
- hibanapló leolvasása,
- bizonyos hibák nyugtázása.

Itt látható a központi berendezések előnye, hiszen egy rendszeren belül minden forgácsoló gép ugyan azt a minőségű, hőmérsékletű, nyomású hűtő kenő folyadékot kapja és ezek a jellemzők nagyon könnyen módosíthatóak bármikor, igény szerint. Egyszerűbb az egyéb paraméterek (például az emulzióknál a pH, vízkeménység vagy a koncentráció) ellenőrzése, beállítása is.

A KSS-t – a termelés igényeihez igazodva – jelenleg 3 műszakos munkarendben üzemeltetjük. Bár a PLC-k gondoskodnak a folyamatos, automata üzembről, műszakonként egy operátor felügyeli a berendezések működését.

Továbbá vannak csak élőmunkával ellátható feladatok, mint például:

- a szerszámgépek felé kimenő hűtő-kenő folyadékok paramétereinek figyelemmel követése,
- forgács- és iszaptároló konténerek ürítése,
- előszűrő anyag keverőtartályba cellulóz betöltése,
- papírszűrő tekercsek felügyelete, szükség esetén cseréje,
- közreműködés az időszakosan az elhasználdott emulziók cseréjében,
- szivárgások felderítése, elhárítása.

A műszakok során műszaknaplót vezetnek az operátorok. Ebben kerül röviden, tömören dokumentálásra minden esemény (dátum + óra:perc, valamint a műszakos nevének megjelölésével), ami a KSS helyiségen belül történik, beleértve:

- a berendezések automata üzemben történő indítási és leállítási időpontja,
- egyes gépegységek kézi üzemben történő üzemeltetése,
- a paneleken elvégzett paraméter be- és átállítások,
- üzemzavarok, hibajelenségek,



- a rendszeren végrehajtott napi kezelési, kisebb karbantartási feladatok elvégzése (pl. szűrők tisztítása, szintjelzők ellenőrzése, stb.),
- takarítások, forgácstároló konténerek ürítése,
- tartályok fel- és utántöltése, ürítése,
- rendszeres napi bejárások ideje, eredménye.

13.4.2 Karbantartás

Mivel nagyon speciális rendszerről van szó, a KSS karbantartását a Bosch a Mayfran GmbH-ra bízta, aki a kivitelezést is végezte. A műveletek a berendezés dokumentációjában meghatározott karbantartási irányelveknek megfelelően kerülnek elvégzésre.

A karbantartás két részre van bontva:

- Havi munkák, ilyenkor a kisebb felülvizsgálatokat, javításokat lehet végrehajtani.
- Évente egyszer egy részletes ellenőrzésre, karbantartásra kerül sor (nagyjavítás). Az ellenőrzés időtartama a teljes KSS rendszerre vonatkoztatva maximum egy hét. Az éves felülvizsgálat során a berendezést (időszakosan) le kell állítani és a szűrőket le kell üríteni. Az éves felülvizsgálatot a Mayfran által kvalifikált specialista végzi el.

13.5 A KSS-hez kapcsolódó fluid management vizsgálatok

13.5.1 Edző és forgácsoló emulzió ellenőrzése

A 13.2. fejezetben megállapítottuk, hogy az emulziós hűtő-kenő folyadékok (továbbiakban: hkf.) jóval gazdaságosabbak, mint az olajok. Keverési arányuk: kb. 95% víz és a maradék 5% az emulzió sűrítmény. Viszont nagyobb gondot kell rájuk fordítani: az emulziós rendszerekben elszaporodhatnak a gombák vagy a baktériumok (a víz jelenléte miatt), ügyelni kell a koncentrációra, a pH értékre, a víz keménységére, stb.

13.5.1.1 Műszakonként vagy napi rendszerességgel elvégzendő vizsgálatok

1. Koncentráció ellenőrzés és beállítás:

Szükséges eszközök: refraktométer, bekeverő szivattyú

Beavatkozás: koncentrációnövelés ismert koncentrációjú hkf.-al vagy koncentráció csökkentés víz utántöltéssel

2. pH ellenőrzés és beállítás

Szükséges eszközök: Digitális pH mérő, vagy pH teszt csík

Beavatkozás: a pH növelése pH stabilizátor beadagolásával történik

3. Vízkeménység ellenőrzés és beállítás:

Szükséges eszközök: Összkeménység teszt (tesztcsík) (Merck)

Beavatkozás: a gépben lévő hkf. lágyítása vegyszeres kezeléssel nem megoldható, csak részleges cserével lehetséges.

4. Habzás vizsgálata és megszüntetése

Előírt érték: 0

Beavatkozás: a hab megszűnéséig habzásgátló adagolása folyamatos, kis részletekben a habzásgátló biztonságtechnikai adatlapja alapján. A habzásgátló működését elősegíti, ha kézi permetezővel a hab tetejére porlasztjuk.



5. Szag vizsgálata

Beavatkozás: amennyiben a hkf.-nak kellemetlen szaga van, úgy azonnal koncentrációt, pH-t, baktérium és gomba tesztet kell végezni. Az eredmények kiértékelése után a szükséges beavatkozásokat el kell végezni.

6. Idegen olaj eltávolítás

Szükséges eszközök: szalagos „Skimmer” olajlefölöző géppel

Előírt érték: lehetőleg 0

Beavatkozás: megrendelői igény esetén az idegen olajat a hkf. felületéről leszívni, vagy a „Skimmer” segítségével folyamatosan leválasztani.

13.5.1.2 Heti rendszerességgel elvégzendő vizsgálatok

1. Nitrit-ion tartalom ellenőrzés:

Szükséges eszközök: Merckoquant Nitrit teszt

Megengedett érték: max. 20 mg/l

Beavatkozás: amennyiben a hkf.-ban több nitrit-ion található az előírt értéknél, úgy a hkf.-ot le kell cserélni.

2. Nitrát-ion tartalom ellenőrzés:

Szükséges eszközök: Merckoquant Nitrát teszt

Megengedett érték: max. 50 mg/l felszíni vízben

Beavatkozás: amennyiben a víz több nitrát-iont tartalmaz a megengedett értéknél, azt jelezni kell a heti jelentésben

3. Klorid-ion tartalom ellenőrzés:

Szükséges eszközök: Merck klorid teszt

Megengedett érték: max. 100 mg/l

Beavatkozás: amennyiben a hkf. klorid-ion tartalma meghaladja a megengedett értéket, fel kell készülni az esetleges korróziós problémára, jelezni kell a heti jelentésben.

4. Vezetőképesség mérése:

Szükséges eszközök: Digitális pH mérő

Megengedett érték: max. 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Beavatkozás: amennyiben a hkf. vezetőképessége drasztikusan megemelkedett, fel kell készülni az esetleges korróziós problémára, vagy hkf. regenerálására.

5. Baktérium és gomba teszt elvégzése:

Szükséges eszközök: Inkubátor, Cult-dip kombi teszt (tesztcsík) összehasonlító mérés szükséges „Envirocheck Contact C” teszttel

A baktérium és gomba teszt mindkét oldalát megnedvesítjük a hkf.-al, visszazárjuk a tárolóba és 24-48 órára 40 °C-os inkubátorba helyezzük. A tenyészetet 24-48 óra után elbíráljuk.

Megengedett értékek:

Baktérium: 10^3 -ig megfelelő (ez a tesztcsíkon megjelenő elváltozás mértékét jelenti, mely arányos az emulzióban elszaporodott baktériumok számával), e fölött beavatkozás szükséges

Gomba: 0, a kombinált tesztcsík másik oldalán megjelenő elváltozás mutatja a gombásodás mértékét.

Beavatkozás: Hkf. ismeretében adalékanyag (biocid) adalékolás az eset súlyosságától függően, majd 24 óra elteltével újabb teszt elvégzése szükséges.



13.5.2 Üregelő- és köszörűolaj ellenőrzése

Bár az olajok jóval stabilabbak és kevesebb odafigyelést igényelnek, itt is vannak olyan paraméterek, melyeket rendszeresen figyelemmel kell követni. Az alábbiakban feltüntetett vizsgálatokat, ellenőrzéseket havi szinten kell végezni.

1. Viskozitás:

Szükséges eszközök: digitális viszkoziméter

Megengedett értékek:

Wisura AKS 12 esetén: 10,75-13,25 mm²/s

Cutmax BR 30 esetén: 26,87-33,14 mm²/s

Beavatkozás: a hkf. komplett cseréje

2. Sűrűség:

Szükséges eszközök: digitális viszkoziméter

Megengedett értékek:

Wisura AKS 12 esetén: 0,851 g/cm³ ±0,002 g/cm³

Cutmax BR 30 esetén: 0,920 g/cm³ ±0,003 g/cm³

Beavatkozás: a hkf. komplett cseréje

3. Szennyezettség:

Szükséges eszközök: vákuumos szűrőberendezés

Megengedett érték: 5 mg/liter

Beavatkozás: regenerálás papírszalaggal (üregelő olaj esetén)

4. Olaj víztartalmának ellenőrzése

Szükséges eszközök: „Carl Fisher” titráló berendezés

Megengedett érték: 0,5%

Beavatkozás: regenerálás papírszalaggal (üregelő olaj esetén)

5. Idegen olaj eltávolítás: lásd 13.5.1.1. fejezet, 6. pont



FELHASZNÁLT SZAKIRODALOM

1-6.FEJEZET

- [1] FALMANN László – CS. NAGY Géza: *Üzemfenntartás*, Pécsi Tudományegyetem, ERFP-DD2002-HU-B-01-PROJECT 4, Pécs, 2004.
- [2] Dr. ZVIKLI Sándor: *Üzemeltetés, fenntartás I. /SZE-Universitas Kiadó, 2008, ISBN 978-963-9819-34-4*
- [3] PÉCZELY Csaba: *A karbantartás-menedzsment korszerű irányzatai és módszerei*, In: MAGYAR GRAFIKA, 2009/5, p. 12-16.
- [4] DR. POKORÁDI László: *Karbantartás elmélet*, Elektronikus tansegédlet, <http://infosrv.tech.klte.hu/~pokoradi>, <http://pokoradilaszo.tk>, Debrecen, 2002
- [5] DR. DÜLL Sándor: *Kockázatelemzés az üzemfenntartásban* Nyomdaipari Karbantartók Szimpóziuma Debrecen, 2002. szept. 18-20.
- [6] BEDZSULA Bálint – Dr. TOPÁR József – Dr. TÓTH Zsuzsanna Eszter: *Minőségmenedzsment*, BME, oktatási segédanyag, Budapest, 2013
- [7] PÉK Katalin, FARKASNÉ ANTAL Anikó: *Számítógépes karbantartás-menedzsment rendszerek (CMMS)*, A. A. Stádium Diagnosztikai és Menedzsment Kft., Raabe Kiadó karbantartási kézikönyve, 2004.
- [8] DR. PÉCZELY György, Péczely Csaba, Péczely György: *Lean3, Termelékenységfejlesztés egységes rendszerben*, A.A. Stádium Kft., 2009., ISBN 978-963-08-3163-5
- [9] DR. DÜLL Sándor: *Üzemfenntartás-karbantartás* 6. sz., Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, jegyzet, 2002.
- [10] DR. PÉCZELY György: *A Karbantartás Korszerű Irányzatai*, A. A. Stádium Kft., 2006.

7.FEJEZET

- [1] SZABÓ József Zoltán - *A károsodások, a tönkremenetel okai, jellegzetes rongálódási, kopási folyamatok* <http://www.doksi.hu/get.php?order=DisplayPreview&lid=10728&p=4> 2015.02.15
- [2] SZÁNTÓ J: *Javítástechnológia (Károsodás-elmélet)*, (2013) Tankönyvtár
- [3] JENEI I.-LADÁNYI G.: *Kenésgazdálkodás*, (2013) Tankönyvtár
- [4] DREYER-GERGYE.: *Kopási folyamatok online mérése radionukleációs technika (RNT) segítségével epa.* [Magyar Tudomány • 2012 07 • Mobilitás és környezet](http://www.magyar-tudomany.hu/2012/07/mobilitas-es-kornyezet)
oszk.hu/00600/.../EPA00691_mtud_2012_12_MOBI_071-080.pdf
- [5] gt3.bme.hu/oktatas/letoltes/.../GEAGG2/.../AGG2_tribologia_12t.pdf 2015.01.20
- [6] moly.hu/konyvek/dr-janik-jozsef-gepuzemfenntartas-I-II 2015.01.20

8. FEJEZET



- [1] CZINEGE Imre: *Gyártási folyamatok-hegesztés*, SZE, Győr, oktatási segédlet (Power Point bemutatók), 2006
- [2] BUDAI I.-FAZEKAS L.: *Gépészeti anyagtan*, Terc Kft. Budapest, 2013, ISBN 978-963-9968-78-3 pp. 1-133
- [3] RÉVÉSZ J.: *Volframelektrodás ívhegesztő ppt. 1-420* <http://www.blathy-tata.sulinet.hu/tighszi.pdf> 2012.02.25
- [4] www.tankonyvtar.hu/en/...gepeszeti_anyagtan/gepeszeti_anyagtan.pdf 2015.03.30
- [5] Szakszerű részcsőszerelés <http://www.rezinfo.hu/files/tankonyv.pdf> 2012.01.30

9. FEJEZET

- [1] BUDAI I.-FAZEKAS L.: *Gépészeti anyagtan* Terc Kft. Budapest, 2013, ISBN 978-963-9968-78-3 pp. 1-133
- [2] gt3.bme.hu/oktatas/segedletek/Anyaggal/anykot3.pdf 2012.04.29
- [3] SZENDRŐ Péter et. al: *Gépelemek Gödöllő: Mezőgazdasági Kiadó*, 2007.-ISBN 978-963-286-645-1-pp.127-136, 207-261
- [4] BUDAI I.-FAZEKAS L.: *Gépészeti anyagtan* Terc Kft. Budapest, 2013, ISBN 978-963-9968-78-3 pp. 1-133
- [5] KALÁCSKA Gábor et. al: *Műszaki polimerek és kompozitok a gépészeti gyakorlatban* Gödöllő 3C-Grafika Kft, 2007, ISBN-10: 963-06-1566-5, ISBN-13: 978-963-06-1566-2.

10. FEJEZET

- [1] FAZEKAS L.: *Gépjavítás III.* (2001) Debreceni Egyetem Műszaki Főiskolai Kar Oktatási segédlet,
- [2] JANIK J. szerk. (2001): *Gépüzemfenntartás I.* Főiskolai Kiadó, Dunaújváros.
- [3] JANIK J. szerk. (2001): *Gépüzemfenntartás II.* Főiskolai Kiadó, Dunaújváros
- [4] FAZEKAS L.: *Hideg fémporszórással létrehozott felületi réteg tulajdonságai és technológiájuk kapcsolata*, Doktori (Ph.D) értekezés, 2011 Gödöllő Szent István Egyetem
- [5] MOLNÁR A. (2002): *Termikus szórás*. Miskolci Egyetem. Oktatási segédlet.
- [6] TAKÁCS J. (2004): *Korszerű technológiák a felületi tulajdonságok alakításában* Műegyetem Kiadó.
- [7] SZÁNTÓ J: *Javítástechnológia (Károsodás-elmélet)* (2013) Tankönyvtár

11. FEJEZET

- [1] VERES G. Gépelemek szerelése <https://hu.scribd.com/doc/227855364/20-Gepelemek-szerelése-2015.01.30>.
- [2] JAKAB S.-KODÁCSY J.: *Szerelés és javítástechnika* (2011) Kecskeméti Főiskola
- [3] www.tankonyvtar.hu/...Szerelés.../Jakab_Kodacs_Szerelés_javítás.pdf 2015.03.05



- [4] Cs. NAGY G.: *Karbantartás és szervezése II* ERFP-DD2002-HU-B-01-PROJECT 4, Pécs, 2004. [http://pmmf.hu/Gepszerkezettan_Tanszek\Cs_Nagy_Geza\Karbantartás és szervezése\Karbantartás és szervezése II](http://pmmf.hu/Gepszerkezettan_Tanszek\Cs_Nagy_Geza\Karbantartás_és_servezése\Karbantartás_és_servezése_II).
- [5] SZENDRŐ Péter et. al: *Gépelemek* Gödöllő: Mezőgazdasági Kiadó, 2007.-ISBN 978-963-286-645-1
- [5] muabra.sze.hu/segedletek/nappali-bsc/...tavasz/.../CSAPÁGYAK.ppt 2015.04.10.
- [6] 109.74.55.19/.../Mozgásátalakítók,%20csigahajtás,%20csavarorsó%20fel...
- [7] www.nyme.hu/fileadmin/dokumentumok/fmk/.../Fogaskerekek.pdf

12.FEJEZET

- [1] Robert Bosch Automotive Steering Kft. belső oktatási anyaga
- [2] Robert Bosch Automotive Steering Kft. belső termelési dokumentuma
- [3] Egyéb Robert Bosch Automotive Steering Kft. forrás

13.FEJEZET

- [1] Unilub Kft. – Fluid management, <http://www.unilub.hu/fluid-management>, 2015. 05. 27

Hivatkozás dokumentumra:

- [2] Mayfran GmbH, Viavent® presentation, 2014
- [3] Mayfran GmbH, KSS in Maklár, as built documentation Nr. 13W4131, 2014
- [4] Ecool Kft. munkautasítás, 2015
- [5] Saját forrás