

SZERSZÁMKÉSZÍTŐ
MESTERVIZSGÁRA FELKÉSZÍTŐ
OKTATÁSI JEGYZET

Budapest, 2021

SZERZŐ:

MÓROCZ TIBOR

LEKTORÁLTA:

MÓZER FERENC

Kiadja:

Magyar Kereskedelmi és Iparkamara

A jegyzet az Innovációs és Technológiai Minisztérium, illetve a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Hivatal támogatásával a Nemzeti Foglalkoztatási Alap képzési alaprésze terhére nyújtott forrás felhasználásával jött létre.

Tartalomjegyzék

Bevezető.....	5
Szerszám-és készülékgyártási feladatok.....	6
Anyagok és vizsgálatok, hőkezelések.....	6
Anyagok.....	6
Hőkezelések.....	13
Anyagvizsgálatok.....	17
Műszaki dokumentációk.....	22
Rajzi dokumentációk.....	22
Technológiai dokumentációk. (A művelettervezés és dokumentációi).....	26
Hagyományos gépi forgácsolások.....	31
Forgácsolási alapfogalmak.....	31
A forgácsolási hő.....	34
Forgácsoló szerszámok kopása, éltartam.....	34
A forgácsolószerszámok és anyaguk.....	36
Esztergagépek.....	39
Munkadarab befogási és megtámasztási lehetőségek esztergagépen.....	41
Technológiai adatok meghatározása esztergálásnál.....	41
A marás általános jellemzése.....	42
Korszerű marószerszámok kialakítása.....	43
A marás gépei.....	43
Korszerű forgácsoló technológiák.....	43
A számjegyvezérlés elve.....	44
Számjegyvezérlési módok.....	44
A szerszámgépek fő szerkezeti elemei.....	46
A CNC gépek kezelésének elméleti alapismeretei.....	50
CAD-CAM.....	58
A szikraforgácsolás.....	62
Készülékelemek, készülékek, szerelés.....	66
Az MKGSI rendszer.....	66
A helyzetmeghatározás és készülékelemei.....	70
Szerszám-és készülék gyártása, üzemeltetés, javítás és minősítés.....	73
Térfogatalakítások, szerszámai, gépei.....	73
Forgács nélküli alakítások jelentősége, rendszerezésük.....	73
Öntési technológiák és szerszámaik.....	74
Porkohászat.....	76

Képlékeny alakítások.....	77
Lemezalakítások, szerszámai, gépei.....	83
Lemezalakítások jelentősége, eljárások.....	83
Kivágás, lyukasztás.....	84
Vágórés.....	85
Hajlítás, hajlítószerszámok.....	90
Mélyhúzás, mélyhúzó szerszámok.....	91
Műanyagalakítások szerszámai, gépei:.....	92
Hőre keményedő műanyagok és feldolgozásuk.....	92
Hőre lágyuló műanyagok és feldolgozásuk.....	94
Szerszámvizsgálat, szerszámminősítés.....	101
Műszaki mérések speciális alkalmazása különböző funkciójú készülék ellenőrzése során.....	101
A 3 D-s mérőgép működési elve, alkalmazása.....	104
Szerszámok karbantartása, javítása.....	109
Üzemeltetés közbeni ellenőrzések, karbantartások.....	109
Szerszámok vizsgálata és minősítése.....	112
A szerszám élettartam, szerszámok felújítása.....	116
<i>Felhasznált és ajánlott irodalom.....</i>	<i>121</i>

Bevezető

A szerszámkészítő mestervizsgára felkészítő jegyzethez

Tisztelt Mesterjelölt! Mikor e jegyzetet Ön kézbe veszi, már gyakorlott forgácsoló szakember. Ezért ne úgy tekintsen rá, mint egy tankönyvre, hanem úgy, hogy segítségével felfrissítheti és kiegészítheti a korábban tanultakat. Mivel a MESTER mindig is többet tudott a segédnél, ezért érdemes lesz belelapoznia. Biztosan talál majd olyan részeket, amit már ismer, de tudjuk, hogy lesz olyan fejezet is, amit meg kell tanulnia, mert korábban sem elméletben, sem gyakorlatban nem használta azokat az ismereteket. Ebben az esetben ez a jegyzet kevés is lehet, mert a terjedelmének korlátokat, határt szabtak a leírtaknak. De nem is ez volt a cél, hanem a teljesség igénye nélkül rávilágítani egyes területekre. Reméljük sikerül felkeltenünk az érdeklődését, hogy szélesebb körű betekintése legyen a szakma világába.

Ezek után nem maradt más hátra, mint hogy sok sikert kívánjunk az eredményes mestervizsga letételéhez.

A szerző

Szerszám-és készülékgyártási feladatok

Anyagok és vizsgálatuk, hőkezelések

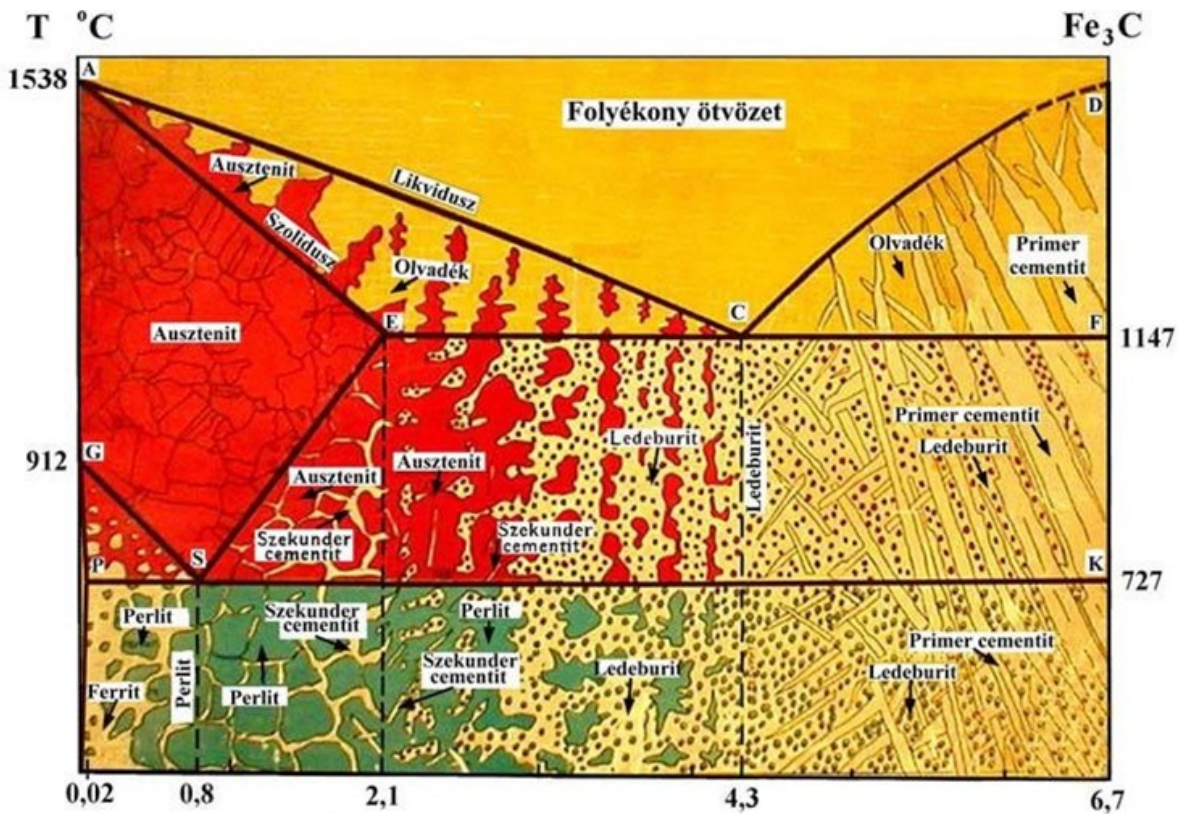
Anyagok

A szerszámkészítő szakemberek, leendő szerszámkészítő mesterek, munkájuk végzése során anyagokkal dolgoznak. Anyagokat munkálnak meg, alakítanak át a szerszámelemek, készülékelemek gyártásakor. Az általuk készített készülékekkel, szerszámokkal gyártott munkadarabok szintén anyagokból vannak. Tehát szakszerű munkájuk elengedhetetlen feltétele az anyagok ismerete, amely az anyag tulajdonságainak ismeretét, azok alapján a felhasználhatóságának, alkalmazhatóságának, valamint egységes jelölésének ismeretét jelenti.

A szakmában a legfontosabb a fémes anyagok csoportja. Tiszta fémeket (színfémeket) csak ritkán alkalmazunk. Szerkezeti anyagként a fémek ötvözeteit használjuk, melyek közül a vasötvözeteknek, azok közül is elsősorban az acélnak van legnagyobb szerepe. A területi korlátok miatt ezen kívül csak az öntöttvasakkal, rézötvözetekkel, alumínium ötvözetekkel, valamint a legfontosabb műanyagokkal foglalkozik jegyzetünk.

Az **acél** a vas szénalattal alkotott ötvözete, mely legfeljebb 2,06 tömegszázalék szenet tartalmaz. Sokoldalúan felhasználható, számos területen alkalmazott szerkezeti anyag. Előállítható nyersvasból acélgyártó eljárásokkal, illetve hulladék vasak újrahasznosításával. Az acélnak a karbonon kívül vannak más ötvözői is. Például a mangán, króm, nikkel, volfrám, vanádium, molibdén, titán, kobalt stb. Az ötvözők különböző variációival és mennyiségük változtatásával az acélok tulajdonságai (pl. [keménység](#), [szilárdság](#), korrózióállóság, hőállóság stb.) széles skálán változtathatók.

A vas-szén ötvözetek átalakulásainak, tulajdonság változásainak megértéséhez elengedhetetlen a vas-szén állapotábra ismerete.



1.1.1. ábra Szövetelemek előfordulási tartomány

Az állapotábra tulajdonképpen egy ikerdiagram, mely tartalmazza a vas – vaskarbid (Fe – Fe₃C: folytonos vonal) és a vas – grafit (Fe – C: szaggatott vonal) ötvözetek átalakulásait is. A diagramban az átalakulásra jellemző vonalak láthatók, és a jellemző hőmérsékleteket és kémiai összetételeket lehet róla leolvasni. A diagram legfelső görbéit likvidusz görbéknek nevezik, itt kezdődik az olvadék kristályosodása. A likvidusz alatt a szolidusz görbék vannak, ezek jelzik a megszilárdulás végét. A diagram többi görbéje a szilárd állapotban végbemenő allotróp átalakulásokat mutatja. Az állapotábra tehát szemlélteti a különböző összetételű vas-szén ötvözetek megszilárdulási és átalakulási viszonyait. Értelmezésében segít a következő táblázat:

A pont	0,8% C tartalomnál perlit eutektoid keletkezik
B pont	2,06% C taralomig acélról beszélünk
C pont	4,3% C tartalomnál ledeburit eutektikum keletkezik
D pont	0,025% C tartalomnál 723°C-on ferrit szilárd oldat

	keletkezik
a mező	723°C alatt a szövetszerkezetet ferrit és perlit alkotja
b mező	723°C alatt a szövetszerkezetet perlit II. cementit és ledeburit alkotja
c mező	723°C alatt a szövetszerkezetet ledeburit és I. cementit alkotja
f mező	Ferrit és ausztenit
g mező	Ausztenit szilárd oldat
h mező	Ausztenit, II. cementit és ledeburit
i mező	Ledeburit és I. cementit
j mező	Ausztenit és olvadék („pépes” állapot)
k mező	Olvadék
l mező	Cementit és olvadék („pépes” állapot)

Az acélok osztályozása

Felhasználás szerint lehetnek:

- szerkezeti acélok (kedvező mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek, megfelelő szilárdság mellett megfelelő szívóssággal is rendelkeznek és nagy az alakváltoztató képességük). A szerkezeti acélfajták karbontartalma 0,6%-nál többnyire kisebb.
- szerszámacélok (legfontosabb tulajdonságai a keménység és a kopásállóság. Széntartalmuk 0,6% fölötti, többnyire edzett állapotban használják. Lehetnek hidegalakító, melegalakító és forgácsoló szerszámacélok.

Összetétel alapján lehetnek:

- ötvöztelenek (a karbonon kívül csak kísérőelemeket és szennyezőelemeket tartalmaznak, illetve az elemek mennyisége nem halad meg egy bizonyos határértéket: tehát szándékosan adagolt ötvözőelemeket nem tartalmaz).
- ötvözöttek (ötvöztelen acélból és ötvöző anyagokból állnak). Lehetnek gyengén és erősen ötvözött acélok.

A csillapítottság (dezoxidálás) alapján lehetnek: csillapítatlan, csillapított és különlegesen csillapított acélok.

Az előírt minőségi követelmények alapján lehetnek:

- alapacélok: BS (Basic Steel).
- minőségi acélok: QS (Quality Steel) nemesacélok: SS (Special Steel).

Az acélok jelöléseinek ismerete a szerszámkészítő mesterek számára alapvető fontosságú. Az acélminőségek jelölésére az MSZ EN 10027-1(jelölés rövid jellel) és az MSZ EN 10027-2 (jelölés számjellel) szabványok szolgálnak.

Acélok jelölése rövid jellel. Ez a gyakrabban alkalmazott jelölési fajta. A rövid jel áll a főjelből és mellette állhat kiegészítő jel is. A főjel utalhat az illető acél meghatározó alkalmazási területére és folyáshatárára (ReH), vagy szakítószilárdságára (Rm), illetve az acél vegyi összetételére. A kiegészítő jel utalhat az acél szállítási állapotára, kéntartalmára vagy ütőmunkájára. Néhány jelölési példa:

Jelölés	Jelentése
S185	Melegen hengerelt ötvözetlen szerkezeti acél, melynek ReH = 185 MPa
S275N	Szerkezeti acél, melynek ReH = 275 MPa és normalizált állapotú
S355JR	Szerkezeti acél, melynek ReH = 355 MPa és ütőmunkája +20°C-on 27J
E360	Gépacél, melynek ReH = 360 MPa
R900	Sínacél, melynek Rm = 900 MPa

A vegyi összetételre utaló jelnél négyféle jelentés lehet:

- Ötvözetlen acéloknál (Pl. C45E) ötvözetlen karbonacélt jelent, melynek széntartalma 45/100, azaz 0,45%. Az E kiegészítő jel, mely a korlátozott kéntartalmat jelöli.
- Ötvözött acéloknál (Pl. 100Cr6) a széntartalom 100/100, azaz 1%, krómtartalom 6/4 = 1,5%. A megfelelő ötvözőszámot a szabvány, illetve Fenyvessy T. – Fuchs R. – Plósz A.: Műszaki táblázatok NS 108 027606 001-3 kiadvány is tartalmazza.
- Erősen ötvözött acéloknál (Pl. X155CrVMo12 1) X az erősen ötvözöttség jele, 155/100 = 1,55% C tartalma, 12% Cr tartalma 1% V tartalma van, és csekély mértékben Mo-t is tartalmaz.

- Gyorsacélok (Pl. HS 10 – 4 – 3 – 10) HS = gyorsacél. A számok sorrendben a W, Mo, V és Co ötvözők százalékos arányának középértékeit jelentik, a közelebbi egész számra kerekítve. A számokat kötőjellel kell elválasztani. Valamennyi gyorsacélban 4% körüli Cr van, ezt külön nem jelölik.

Acélok jelölése számjellel

Minden acélfajta 6 karakterből álló számmal van jelölve. Az első szám (1) az anyag főcsoport jele (öntöttvasaknál 0, acéloknál 1, réz, rézötvözeteknél 2, alumínium és egyéb könnyűfém-ötvözeteknél 3). A főcsoport jel után pont következik, majd 4 számjegy. Ez a jelölés az adatfeldolgozás számára alkalmasabb, mint a rövid jel, de az illető acélról kevesebb információt ad első ránézésre. A következő táblázatban az előbbi példák mindkét jelölése látható.

Rövid jel	S185	S355JR	E360	C 45E	100Cr6	X155CrVMo121
Számjel	1.0035	1.0045	1.0070	1.1191	1.2067	1.2379

Öntészeti vasak

A nyersvasak újraolvasztásával, összetételének megváltoztatásával állítják elő az öntvények készítésére alkalmas öntészeti vasakat (öntöttvasakat). Széntartalmuk közel van a 4,3%-os eutektikus összetételhez, ezért jól önthetők. Két fajtája van.

Öntészeti szürkevasak.A fémes alapszövetbe (ferritbe vagy perlitbe) ágyazva grafit van, mely a töretük sötétszürke színét okozza. Lehet lemezgrafitos öntöttvas, vagy gömbgrafitos öntöttvas.

A lemezgrafitos öntvények jól forgácsolhatók, jól bírják a nyomó igénybevételt, jó a rezgéscsillapító képességük, de szilárdságuk kicsi. Ez növelhető a grafitlemezek finomításával, módosításával (modifikált szürkeöntvények). Anyagjelölési példa: GJL 350 (0.6035). GJL = lemezgrafitos öntöttvas, melynek szakítószilárdsága 350 MPa.

A gömbgrafitos öntöttvasokban a grafit különböző ötvözők hatására megközelítőleg gömb alakot vesz fel, így megszűnik a grafitlemezek káros hatása. Növekszik a szakítószilárdság, de a rezgéscsillapító hatás romlik. Anyagjelölési példa: GJS 600 (0.7060). GJS = gömbgrafitos öntöttvas, melynek szakítószilárdsága 600 MPa.

Öntészeti fehérvasak.

A bennük lévő vaskarbid (cementit) miatt igen kemények ridegek, nehezen megmunkálhatók. Ebben a formában nem használjuk fel őket. Hőkezeléssel a cementitet felbontjuk, és így temperöntvényeket hozunk létre. A fekete temperöntvényekben a keletkezett temperszen benne marad, ezért sötét töretűek. A fehér temperöntvényből a temperszenet oxidáló közegben kidiffundáltatjuk, így szénben elszegényedett, fehér töretűvé válnak.

A szerszámkészítő az öntöttvasakkal a szerszámházak, készüléktetek esetében találkozik, de a forgácsoló szerszámgépek, sajtológépek állványai is legtöbbször öntöttvasból készülnek.

Réz, rézötvözetek

A színreztet (vörösreztet) szerkezeti anyagként nem használjuk. A szerszámgépgyártásban egyre nagyobb jelentőségű szikraforgácsolásnál a tömbszakra elektródák készülhetnek vörösrézből. A lemezalakító szerszámokkal gyakran munkálunk meg réz, rézötvözet lemezeket. Az öntőszerszámokkal készített öntvények is sokszor sárgarézből készülnek. A réz legfontosabb ötvözői a horgany (Zn), az ón (Sn) és az alumínium (Al). A rézötvözetek csoportjai: a sárgarezek, az ónbronzok és az alumíniumbronzok.

Sárgarezek.

Bronzok (Ónbronzok).

Alumíniumbronzok.

Az alumínium és ötvözetek

A tiszta alumínium kis szilárdságú képlékenyen jól alakítható, rosszul önthető, nehezen forgácsolható könnyűfém. Hátrányos szilárdsági és technológiai tulajdonságai ötvözéssel javíthatók, így széleskörűen alkalmazható szerkezeti anyagot kapunk. Az alumínium szilárdságát az ötvözéssel kívül alakítással és hőkezeléssel (nemesítéssel) is növelhetjük.

Az alumíniumötvözeteket ezek alapján következőképpen csoportosíthatjuk:

Alakítható és nem nemesíthető alumíniumötvözetek

Alakítható és nemesíthető alumíniumötvözetek.

Önthető alumíniumötvözetek. Al-Si ötvözetek. Pl. G- AlSi6Cu4 (3.2151): hengerfejek.

Műanyagok

A műanyagokkal kapcsolatos alapismeretek elsősorban a műanyagalakító szerszámok gyártásával, üzemeltetésével, karbantartásával és javításával foglalkozó szakembereknek hasznosak. A műanyagok mesterséges úton előállított, vagy átalakított óriásmolekulájú anyagok, szerves polimerek. Gyakorlatilag ma már nincs olyan iparág, technológia, ahol a műanyagokat nélkülözni lehetne, de jelen vannak életünk szinte minden fontos területén. Előállításuk kémiai technológiákkal történik: polimerizációval, polikondenzációval, vagy poliaddícióval. A műanyagok jellemző tulajdonságait a fémekhez, mint a legnagyobb mennyiségben használt szerkezeti anyagokhoz képest szokták vizsgálni. Ilyen szempontból a műanyagok előnyös tulajdonságai a következők:

kis sűrűség, kiváló korrózió- és vegyszerállóság, jó villamos-, hő-, és hangszigetelő hatás, kiváló rezgéscsillapító képesség, jó kopási és siklási tulajdonságok, tömeggyártó technológiákra való alkalmasság. Természetesen hátrányos tulajdonságaik is vannak: kis hőállóság, rossz hővezető képesség, kifáradásra, öregedésre való hajlam, a szakítószilárdságuk az acélétől lényegesen kisebb, elektrosztatikus feltöltődésre hajlamosak.

A feldolgozási technológiájuk alapján a műanyagokat alapvetően három fő csoportra lehet osztani:

- a hőre keményedő duroplasztok,
- a hőre lágyuló termoplasztok,
- műkaucsukok vagy elasztomerek.

A hőre keményedő műanyagok alakítása (feldolgozása) főleg sajtolással, vagy fröccsajtolással történik, a hőre lágyuló műanyagokat pedig fröccsöntik vagy extrudálják. A következő táblázatok a leggyakoribb műanyagokat, azok alkalmazási területeit foglalja össze.

Hőre lágyuló műanyagok:

Megnevezés: jele	Alkalmazás
Kemény polietilén: KPE	Vödrök, edények, tartályok, KPE csövek
Lágy polietilén: LPE	Fóliák, reklámtáskák,
Kemény polivinilklorid: KPVC	PVC csövek, idomok
Lágy polivinilklorid: LPVC	Tömlők, fóliák, padlóburkolatok

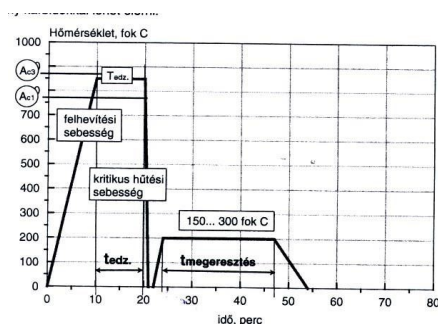
Polipropilén: PP	Burkolatok, járműalkatrészek
Polisztirol: PS	Dobozok, játékok, vonalzó, sablonok
Poliamid: PA	Gépelemek: fogaskerek, csapágyperselyek

Hőre keményedő műanyagok:

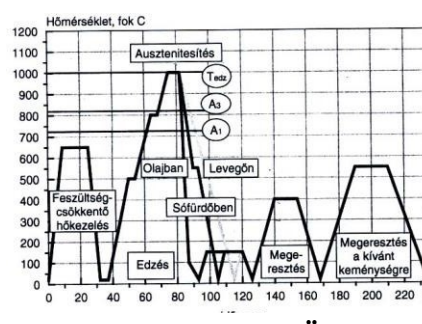
Megnevezés: jele	Alkalmazás
Fenol-formaldehyd: PF	Töltőanyaggal erősítve: bakelit fogantyúk
Melamid-formaldehyd: MF	Asztalok, konyhapultok borításához
Poliésztergyanta: UP	Öntőminták, fémragasztók
Epoxydgyanta: EP	Csónak- és hajótestek, kádak, tárolóedények

Hőkezelések

A hőkezelésekkel megváltoztatjuk a fémes anyagok szövetszerkezetét. Ezáltal a munkadarabok fizikai, mechanikai és technológiai tulajdonságait úgy tudjuk módosítani, ahogyan azt a munkadarab rendeltetése megkívánja (pl. megmunkálhatóvá, szívóssá, kopásállóvá stb. tesszük). A hőkezelések a munkadarabok méretét és alakját számottevően nem változtatják meg. Legfontosabb paramétereik: a hőmérséklet, a hőtartási idő és a hevítés/hűtés sebessége. Jellemzésükre ún. T-t diagramok szolgálnak, ahol a már említett paraméterek ábrázolhatók. A következő két ábra egy ötvözetlen és egy ötvözött szerszámacél edzését, majd megeresztését (nemesítését) szemlélteti T-t diagramban. Talán érzékelhető, hogy kellő tapasztalat hiányában nem célszerű hőkezeléseket elvégezni. Ismeretlen anyagminőségű acél hőkezelésével nem érdemes próbálkozni. Ha szükséges, kérjünk segítséget hőkezelésekben jártas kollégáinktól. Ne felejtsük, hogy a hőkezelés különösen balesetveszélyes tevékenység.



1.1.2. ábra. Ötvözetlen szerszámacél edzési T-t diagramja



1.1.3. ábra. Ötvözött szerszámacél edzési T-t diagramja

(nemesítés)²

diagramja (nemesítés)³

A hőkezelések folyamatelemei a következők:

- Felhevítés. Különböző hevítő berendezésekkel történhet a munkadarab valamely részén (lokálisan), vagy a teljes munkadarabra kiterjedően. Leggyakrabban a kemencéket alkalmazzuk erre a célra, melyek többfélék lehetnek pl.: gáz- vagy olajtüzelésű, illetve villamos fűtésű; közvetlen vagy közvetett tüzterű, szakaszos vagy folyamatos működésű stb. Fontos a hevítés sebessége. Gyors hevítésnél a munkadarabban belső feszültségek keletkezhetnek, melyek káros deformációkhoz, repedéshez, esetleg töréshez vezethetnek.
- Hőntartás. Ideje a munkadarab geometriájától, méreteitől függ. Úgy kell megválasztani az idejét, hogy a hevítés hatásának eléréséhez elegendő legyen, de ne lépjen fel szemcsedurvulás.
- Lehűtés. Sebessége elsősorban az elérendő céltól függ. A különböző hűtési közegek és módszerek különböző lehűtési sebességet okoznak. Lehűteni lehet programozható kemencében, kikapcsolt kemencében, hamuba, homokba ágyazva, nyugvó vagy fúvatott levegőn, sóoldatban, olajban, vízben.
- Az acélok hőkezeléseit többféle szempont szerint lehet csoportosítani. Jegyzetünkben az alábbiak szerint foglaljuk össze a legfontosabbakat:
 - A) Egyneműsítő (homogenizáló) hőkezelések
 - B) Keménységfokozó hőkezelések (edzések)
 - C) Szívósságfokozó hőkezelések
 - D) Felületi hőkezelések, kérgesítő eljárások.

A) Egyneműsítő (homogenizáló) hőkezelések

Feszültségcsökkentés.

Célja az előző alakító műveletek, hideg képlékeny alakítások, hegesztés, lángvágás, edzés után a munkadarabokban visszamaradó káros feszültségek megszüntetése, illetve egy elfogadható szint alá csökkentése. Kb. 400...600°C-ra hevítjük fel a munkadarabot az összetételtől függően. A felső hőfokhatárt úgy kell megválasztani, hogy az előző hőkezelésnél kapott szövetszerkezet megmaradjon. A hőntartás ideje 1...5 óra. A lehűtés lassú (kemencében vagy hamuba ágyazva).

Lágyítások.

^{2,3} dr Csizmazia Ferencné: Szerszámanyagok és kezelésük Aj38-GE Szie 2004.

Céljuk az acélok további feldolgozását lehetővé tenni: a leglágyabb állapotba hozni a megmunkálhatóság megkönnyítésére (pl. nagy szénttartalmú ötvözött acélok megmunkálása előtt).

Változatai:

- Egyszerű lágyításnál a jelenlévő martenzit felbomlik ferritre és cementitre, a megmunkálásokat akadályozó cementit lemezek finom szemcsékké alakulnak (begömbösödnek). A lágyítási hőmérséklet függ a szénttartalomtól. A 3...4 órás hőntartás után igen lassan, szabad levegőn (esetleg kemencében) hűtünk. Egyszerű lágyításkor a szemcsék nagysága nem változik meg.
- Átkristályosító, vagy ingadozó lágyítás (szferoidizálás). Olyan lágyítási módszer, amellyel az acél durva perlitjét szemcséssé alakítjuk, tehát a szemcseméretet finomítjuk, ezáltal a szívósságot is fokozzuk. Szferoidizáláskor az acélt az *A1* hőmérséklet körül izzítjuk. A lehűtés sebességét az előírt keménységű szövetszerkezethez kell megválasztani az illető acélfajta átalakulási diagramja alapján. A hűtést általában kemencében kezdjük el, majd a szabad levegőn folytatjuk.
- Újrakristályosítás. Ezzel a hőkezeléssel célunk a hidegalakítással készült munkadarabok felkeményedésének megszüntetése, az alakíthatóság visszaállítása, a deformált megnyúlt szemcseszerkezet poligonálissá alakítása, esetleg finomítása is. Mélyhúzásnál sokszor kell alkalmazni, ha több lépésben húzzuk készre a munkadarabot. Az újrakristályosítás hőmérsékletét az alakítás mértékétől függően kell megválasztani. Minél nagyobb volt az alakítás mértéke, annál alacsonyabb hőmérsékleten végezhetjük az újrakristályosítást és annál finomabb lesz a szövetszerkezet. Az újrakristályosításkor új szemcsék keletkeznek. Ha túl magas hőmérsékleten, vagy túl hosszú ideig végezzük a hőntartást, szemcsedurvulás is felléphet.

B) Keménységfokozó hőkezelések (edzések)

Céljuk az acél szövetszerkezetének (lehetőleg teljes keresztmetszetében) martenzitessé alakítása. Az edzés a felső átalakulási hőmérséklet fölé való hevítésből, hőntartásból (ausztenitesedés befejeződéséig) és a kritikus lehűtési sebességnél gyorsabb lehűtésből áll. A hűlés megfelelő gyorsaságát a hűtő közeg (víz, olaj, só- vagy fémolvadék fürdő) helyes megválasztásával érik el. A hűtés során az izzítás hőmérsékletén fennálló állapotot mintegy „befagyasztyják”, így a ferrit vagy

perlitté alakulás nem tud végbemenni. Emiatt az edzett acél mindig metastabilis állapotúnak tekintendő. Az, hogy az ausztenitnek mennyi hányada alakul martenzitté, a hűtés sebességével szabályozható, az edzés során általában több-kevesebb bénit is képződik.

Az átalakulás térfogatnövekedéssel jár, az edzés helytelen kivitelezése a belső feszültségek miatt akár repedéshez is vezethet. Martenzit csak ausztenitből keletkezhet! Edzhetőek azok az acélok, melyek széntartalma legalább 0,25 %. Vannak különleges edzések pl.: törteedzés, lépcsős edzés, izotermikus edzés, mélyhűtéses edzés.

C) Szívósságfokozó hőkezelések (nemesítés és normalizálás)

Nemesítés.

A nemesítés két lépésben végrehajtott szívósságfokozó hőkezelés. Az edzett acél nagy keménységű, de rideg, törékeny: ezért az edzést rendszerint megeresztés követi. Közvetlenül az edzés után kell végrehajtani. Ekkor a munkadarabot ismételt felhevítjük (az acélminőségtől függő) hőmérsékletre, hőntartjuk, majd lehűtjük. Ez a folyamat tehát csökkenti az acél keménységét, de rugalmasabb és szívósabb acélt

eredményez. Az acélok nemesített állapotban a legszívósabbak. A szívósság a Charpy- féle ütővizsgálattal megállapítható ütőmunkával számszerűen is jellemezhető. A dinamikus igénybevételeknek kitett szerszámelemeket szoktuk nemesíteni (pl. nyomólapok)

Normalizálás.

Egy lépésben végrehajtható szívósságfokozó hőkezelés, melynél az ausztenites munkadarabot folyamatosan szabad levegőn lehűtjük. Az egyenlőtlen eldurvult szövetszerkezetet egyenletessé, finomszemcséssé alakítjuk.

D) Felületi hőkezelések, kérgesítő eljárások

Céljuk a munkadarabok felületén pár tized mm, esetleg néhány mm vastagságú, kemény, kopásálló vagy egyéb különleges tulajdonságú kéreg létrehozása.

Felületi edzések.

Ezeknél csak a darab külső felületi rétegét hevítik fel, így az ezt követő gyors hűtés során is csak ez a felületi réteg edződik meg. A hevítés történhet lánggőzzel (lángedzés), vagy nagyfrekvenciás

indukciós hevítő tekerccsel, úgynevezett induktorral (indukciós edzés). Csak edzhető összetételű acéloknál ($C\% > 0,25\%$) alkalmazhatók.

Felületi ötvözések.

Ezek a módszerek azt a jelenséget használják ki, hogy izzításkor a darab felületével érintkező anyag atomjai bediffundálnak a munkadarab külső rétegébe.

Cementálás. Nem edzhető, vagyis kis széntartalmú acélok felületét meghatározott mélységben (0,1... 3mm) karbonnal feldúsítják (0,8...1,1% C tartalomra), vagyis edzhetővé teszik.

Betétédzésnél a cementált munkadarabnak csak a szénben dúsított külső rétege edződik meg, és válik kopásállóvá. A cementáló (karbont leadó) közeg lehet szilárd (faszéndara), folyékony, illetve gáznemű (szénmonoxid) is. A cementált réteg vastagsága a cementálás idejétől és hőmérsékletétől függ. A betétédzés elvégzése után célszerű kis hőmérsékleten megereszteni. A szerszámkészítők a fűrőperselyek, ülékek gyártásánál találkoznak ezzel a hőkezeléssel.

Nitridálás. A felületbe nitrogént diffundáltatnak be, így nagykeménységű nitridréteget alakítunk ki, amely hő és korrózióálló, de a cementált réteg vastagságánál kisebb, és éles átmenettel csatlakozik a maghoz. A dinamikus igénybevételek esetén a nitridált réteg lepattogzik. Általában ammóniagázban történik az izzítás. A vetemedési veszély kisebb, mint a betétédzésnél. Idomszerek hőkezelésénél alkalmazzák.

Karbonitridálásnál az acél felületi rétegébe egyidejűleg szenet és nitrogént juttatunk, így a cementálásnál keményebb, a nitridálásnál vastagabb kértet hozunk létre.

Vannak egyéb termokémiai felületi kezelések is: pl.: alitálás, kromálás, szilikálás, bórozás.

Anyagvizsgálatok

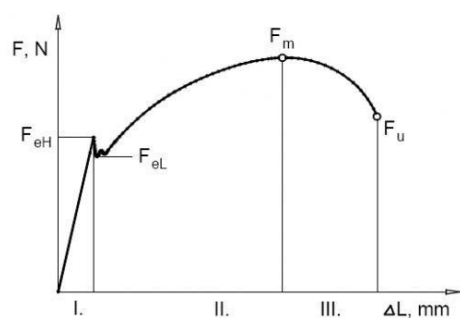
A szerszámkészítő szakember anyagvizsgálati eljárások segítségével tudja eldönteni, hogy az adott anyag, munkadarab alkalmas-e rendeltetésszerű alkalmazásra, beépítésre (megfelelő-e a szilárdsága, keménysége stb.), illetve az adott felhasználási célra, melyik anyag felel meg (anyagkiválasztás). Ezen kívül az anyagvizsgálatok adnak választ arra, hogy a késztermék tartalmaz-e hibákat, rendellenességeket. Az anyagvizsgálatok segítenek a használat során károsodott alkatrészek károsodási okainak feltárásában is.

Az anyagvizsgálatokat többféle szempont szerint osztályozhatjuk, a legelterjedtebb csoportosítás szerint lehetnek roncsolásos, roncsolásmentes és hibakereső vizsgálatok. Jegyzetünk korlátozott terjedelme miatt csak a szakítóvizsgálattal, a keménységmérésekkel és a hibakereső eljárásokkal foglalkozunk érintőlegesen.

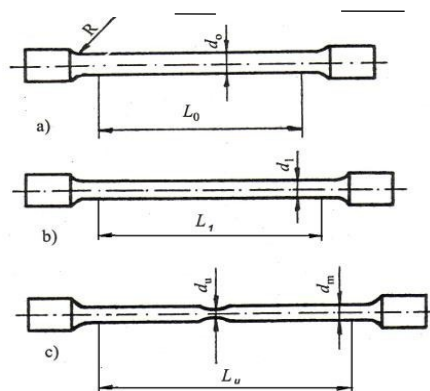
Szakítóvizsgálat. Olyan roncsolásos statikus vizsgálat, amely során a munkadarab anyagából szabványos méretűre és alakúra kialakított próbatestet szakítógéppel állandó húzással fokozatosan elszakadásig terhelünk. A folyamat során végig mérjük a munkadarab megnyúlását a terhelés változásának függvényében, amiből az anyag szilárdsági és alakíthatósági jellemzőire következtethetünk. Ezek a számszerűsített anyagjellemzők: szakítószilárdság (R_m), folyáshatár (R_{eH}), szakadási nyúlás (A), és a kontrakció (Z).

A szakítóvizsgálat eredménye a megnyúlás-erő diagram, az ún. szakítódiagram. Az

1.1.2. ábrán lágyacél szakítódiagramja látható. Ennek három szakasza: a rugalmas alakváltozási szakasz (I.), az egyenletes nyúlás szakasza (II.), a harmadik szakasz a kontrakció, amikor egy ponton elvékonyodik a mintadarab, majd ott el is szakad (III.). Az anyag [szakítószilárdsága](#) az a mennyiség, amely a szakítódiagram maximális erőpontjának és a próbatest terhelés előtti keresztmetszetnek a hányadosa. A fémek legfontosabb és leggyakrabban használt anyagjellemzője a szakítószilárdság.



1.1.4. ábra. Lágyacél szakítódiagramja⁴



1.1.5. ábra. Próbatest jelölései⁵

⁴ www.etankönyv.hu, szerkezeti anyagok

Keménységmérések.

A keménység az anyagoknak a külső behatolással szembeni ellenállása. A fémek keménységének számszerű ismerete a legtöbb fémipari szakmában alapvető fontosságú. Az alakító szerszámelemek kopásállósága, a forgácsoló szerszámok forgácsoló képessége nagymértékben függ a keménységtől. A szerszámkészítő szakmában az úgynevezett szűrő keménységmérési eljárásokat használjuk. Ezek roncsolásmentes vizsgálatok, melyek a kész munkadarabok, szerszámelemek felületein bárhol végrehajthatók.

Brinell-féle keménységmérés

A módszer alkalmazásakor egy nagyon keményre edzett acélgolyót adott erővel (és adott ideig) nyomnak a darab felületéhez. A golyó a darab keménységétől függő mértékben behatol a darabba, és ott kör alakú nyomot (bemélyedést) hagy. A nyom átmérőjét lemérik, és a golyóátmérő, valamint a ható erő figyelembevételével táblázatból meghatározzák a mérőszámot, amit HB-vel jelölnek. A lenyomat átmérőjét egymásra merőleges két mérés (d_1 és d_2) átlagaként kell meghatározni. A [Brinell-keménység](#) valójában nyomást jelöl, amit az alkalmazott erő (F) és a nyom felületének (A) a hányadosaként értelmezzük: $HB = F/A$.

A szabványos golyóátmérők a következők: $\varnothing 10$; 5; 2,5; 2; és 1 mm. A 400 HB-nél nagyobb keménységű anyagok vizsgálatokor már a golyó is deformálódik, ami meghamisítja a mérést, ezért ilyenkor más módszert kell választani. Kérgesített munkadarabok keménységmérésére sem alkalmas az eljárás.

A Poldi kalapáccsal szintén Brinell keménység határozható meg. Mivel eszköze könnyen hordozható, nagyméretű munkadaraboknál előnyös a használata, de vékony, lemezszerű alkatrészeknél nem alkalmazható. Összehasonlító mérés: a vizsgált tárgy keménységét hasonlítja össze egy ismert keménységű etalon keménységével.

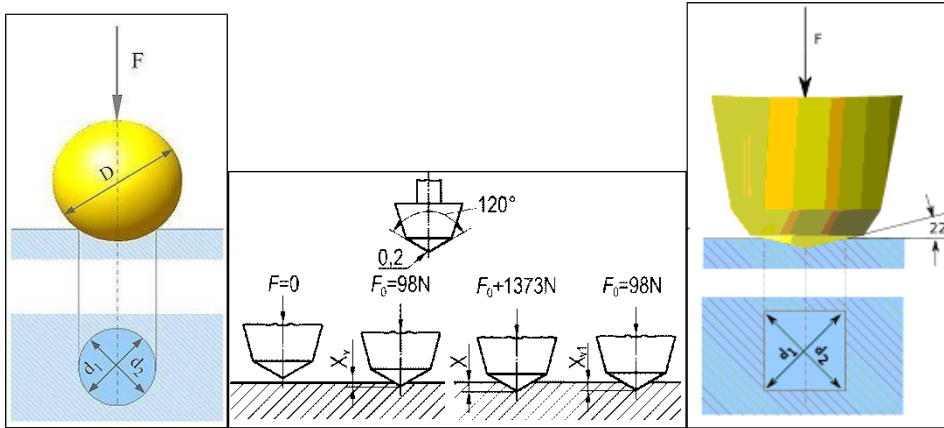
Vickers-féle keménységmérés

A mérés során egy 136° -os [gyémántgúlát](#) nyomnak meghatározott erővel a mérendő felületre. A kiértékeléshez megméri a lenyomat átlóit, és a kettő átlagából kiszámítják a lenyomat felületét (S). A mérendő felületnek tisztának, csiszoltnak kell ~~lennie~~.

Az eljárás a szűrőszerszám kis mérete miatt nem alkalmas heterogén szövetszerkezetű anyagok (pl. öntöttvas) vizsgálatára.

Rockwell-féle keménységmérés

A [Rockwell-módszer](#) esetén a behatolás mélysége (x) alapján határozzák meg a keménység mérőszámát. Általában 120° csúcshögű gyémántkúpot (ilyenkor a keménység jele HRC vagy HRA), vagy 1,59 milliméter átmérőjű edzett acélgolyót használnak (ekkor HRB a jele). A vizsgálat úgy történik, hogy a behatoló testet először egy adott előterheléssel nyomják a felületre, itt nullázzák a mérőórát, majd ezután adják rá a módszertől függő nagyságú fő terhelőerőt. A terhelést akkor szüntetik meg, amikor az óra mozgása megállt. A felületet mérés előtt sima, csiszolt állapotúvá kell tenni.



1.1.6. ábra. Brinell, Rockwell és Vickers keménységmérések elve⁶

Hibakereső (roncsolásmentes) vizsgálatok

Azokat a vizsgálatokat, amelyek az anyagok külső és belső (az un. rejtett) hibáinak a kimutatására szolgálnak roncsolásmentes vagy hibakereső vizsgálatoknak nevezzük. Ezek a vizsgálatok a félkész vagy késztermékek minőségében nem okoznak változást. Két csoportba sorolhatók:

- a) a darab felületén lévő hibák kimutatására (vizuális megfigyelés, mágneses repedés vizsgálat, penetrációs folyadékos vizsgálat)
- b) a darab belsejében lévő hibák kimutatására (röntgenes, izotópos, ultrahangos vizsgálatok. Ezekre a vizsgálatokra a jegyzet korlátozott terjedelme miatt nem térünk ki.

Műszaki dokumentációk

Rajzi dokumentációk

A szerszámkészítő szakemberek a szerszámelemek, készülékelemek legyártását **alkatrészrajzok** alapján végzik. Az alkatrészrajz készülhet manuálisan (szerkesztett vagy szabadkézi vázlat formájában), és számítógép segítségével valamilyen rajzolóprogram alkalmazásával. Az utóbbi sokkal flexibilisebb, nem igényel kezűgyességet, viszont megfelelő informatikai háttérismeretek kellenek hozzá. Az alkatrészrajzok egyértelmű, magabiztos értelmezése, a „rajzolvasási” képesség elengedhetetlen egy mester szintű szakember számára.

Az **alkatrészrajzok tartalmát** egy forgácsolással készített tengely alkatrészrajza alapján foglaljuk össze. (1.2.1. ábra)

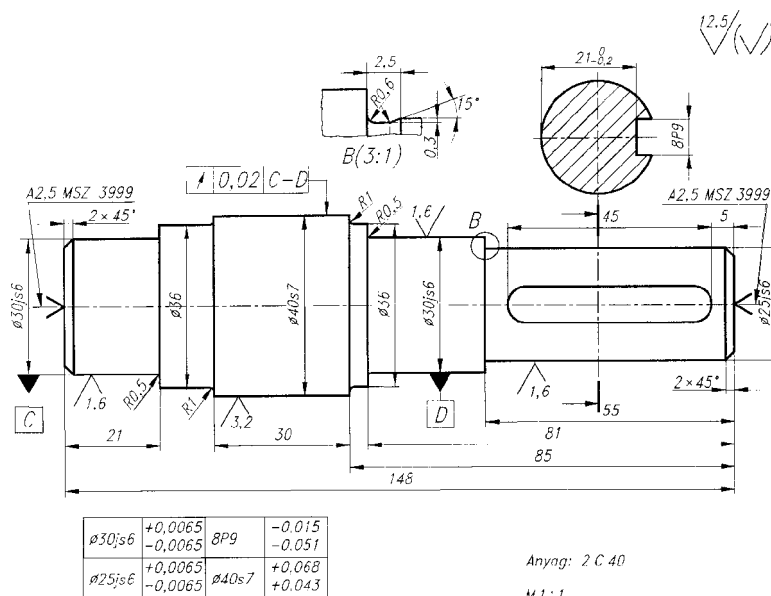
- Az alkatrész geometriai alakját az **ábrázolási módok** alkalmazásával adjuk meg. A műszaki rajzokon vetületi ábrázolást alkalmazunk, ami lehet európai és amerikai vetítési mód szerinti. Az európai vetületrendet rajzainkon előnybe kell részesíteni. Az ábrázolási módok sokfélék lehetnek: nézeti, metszeti képek, szelvények, kiegészítő ábrázolások, egyszerűsített és jelképes ábrázolások stb.). Ezt a tengelyt nézettel, nyomvonalra rajzolt szelvénnel és egy kiemelt részlettel ábrázoltuk. Az ábrázolás értelmezésével el tudjuk képzelni a tengely alakját, a rajta található

⁶ wikimedia.org/wiki/File:BrinellSkizze.jpg

kiképzéseket, vállakat, beszúrást, hornyot stb., de nem tudjuk megállapítani, hogy mekkora a rajzolt objektum.

- Az alkatrész nagyságát, méreteit a **méretmegadás** szabványban rögzített elemeivel (méretszám, méretvonal, méret segédvonal és méretvonal határoló) és szabályainak betartásával adjuk meg.
- **Tűrés**

Tökéletes minőségű gyártás nem valósítható meg. Meg kell adni az ideális mérettől, alaktól, helyzettől a még megengedett eltérést. Ezt nevezzük tűrésnek. A névleges mérettől való megengedett eltérés a mérettűrés. Kétféle módon adható meg: határeltéréssel megadással vagy ISO rendszerű mérettűréssel. Határeltéréssel megadással



1.2.1. ábra. Lépcsős tengely alkatrészrajza⁷

a horonymélység megadásánál láthatunk. ISO rendszerű, vagy más néven táblázatos mérettűrés 4 db van az alkatrészrajzon. Ezeknél a határeltéréseket táblázatból kell kikeresni és kis táblázatban kell rögzíteni; innen az elnevezése. Az ideális alaktól a megengedett eltérés az alaktűrés (pl. köralakúság, egyenesség tűrése). Ilyennel a rajzunkon nem találkozunk. Az ideális helyzettől való megengedett eltérést nevezzük helyzettűrésnek. A tengely rajzán az C és D betűkkel jelölt csapágyazási felületekhez képest az Ø40s7 tűrésezett méretű hordozócsap radiális ütése 0,02mm-nél kisebb kell, hogy legyen. A méret-, alak- és helyzettűréseket **makrogeometriai eltéréseknek** nevezzük. A megmunkált felület minőségére vonatkozó minőségi követelményeket **mikrogeometriai eltéréseknek** nevezzük. Az érdességre vonatkozó előírásokat érdességi jelekkel és érdességi mérőszámokkal adjuk meg. Például a lépcsős tengelyen az Ø30js6

⁷ Fenyvessy T. – Seres F.: Gépi forgácsoló szakrajz 59091 Műszaki Kiadó

tűrésezett méretű tengelycsapok és az Ø25js6 tűrésezett méretű végcsap átlagos felületi érdessége 1,6µm, az Ø40s7 tűrésezett méretű hordozócsap átlagos érdessége 3,2µm, az összes többi felületre a kiemelt érdességi előírás vonatkozik, amit az alkatrészrajz jobb felső sarkában kell feltüntetni (12,5µm). A rajzon még szerepelhet szöveges utasítás is, például felületkikészítésre, hőkezelésre vonatkozó előírások. Fontos szabály, hogy feleslegesen túl nagy pontosságot nem szabad előírni, hiszen az a gyártási költségeket növeli. Az alkatrészrajzok előírásait csak a helyesen kidolgozott és végrehajtott gyártástechnológiával tudjuk teljesíteni. A gyártástechnológia előírásait a művelettervezési dokumentációkban (műveleti sorrend, műveletterv, műveleti utasítás) rögzítik, amelyek szintén műszaki dokumentációk.

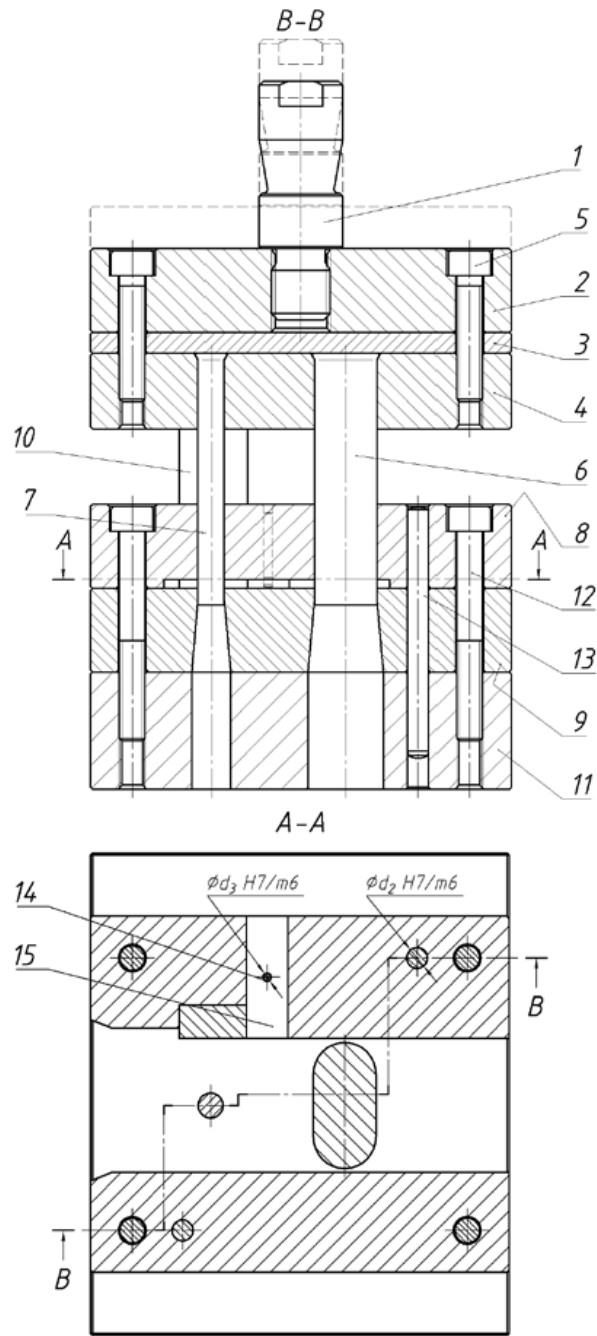
A szerszámelemek, készülékelemek kész szerszámmá, készülékké való összeszerelésének jellegzetes rajztípusa az **összeállítási rajz**, amely az összeszerelendő elemek, alkatrészek egymáshoz viszonyított helyzetét adja meg. Az összeállítási rajzokon található táblázat, a darabjegyzék a tételszámozással az alkatrészek azonosítására szolgál. Az 1.2.3. ábra egy vezetőlapos kivágó-lyukasztó szerszám összeállítási rajzát mutatja, ennek darabjegyzéke a

1.2.2. ábrán látható.

15	1	Ütköző		C10	
14	1	Hengeres illesztőszeg	ISO 8734	6.6	
13	2	Hengeres illesztőszeg	ISO 8734	6.6	
12	4	Belső kulcsnyílású csavar	ISO 4762	8.8	
11	1	Alaplap		E295	
10	1	Oldalkés		E295	
9	1	Vágólap		X210Cr12	

8	1	Vezetőlap		E295	
7	1	Lyukasztó bélyeg		X155CrVMo12 1	
6	1	Kivágó bélyeg		X210Cr12	
5	4	Belső kulcsnyílású csavar	ISO 4762	8,8	
4	1	Bélyegtartó lap		E295	
3	1	Nyomólap		C60	
2	1	Fejlap		E295	
1	1	Befogócsap		E295	
Ts z	Db	Megnevezés	Hivatkoz ás	Anyag	Megj .

1.2.2. ábra. Összeállítási rajz darabjegyzéke



1.2.3. ábra. Vezetőlapos sorozatszerszám összeállítási rajza⁸

⁸ www.tankönyvtar.hu 0007-10-Képlékeny alakítás-mod2

Technológiai dokumentációk. (A művelettervezés és dokumentációi)

Az alkatrészek, szerszámelemek elkészítésének, legyártásának a műszaki dokumentációi a technológiai, vagy művelettervezési dokumentációk. **Művelettervezés** alatt a technológiai folyamatok részletes és egyértelmű megtervezését, a tervek írásban és rajzban való rögzítését értjük, amely nagymértékben függ a gyártási módtól (egyedi gyártás, sorozatgyártás vagy tömeggyártás). A szerszámkészítő főleg egyedi gyártásban dolgozik. **Műveletnek** nevezzük a technológiai folyamatnak azt az önmagában befejezett részét, amelyet egy munkás, egy munkahelyen, egy meghatározott munkadarabon, meghatározott gyártóeszközökkel megszakítás nélkül végez. Az alkatrészek forgácsolásánál általában egy adott gépen egy felfogásban elvégzett megmunkálási folyamatszakszot értjük műveleten. Törekedni kell arra, hogy lehetőleg minél kevesebb befogásból, felfogásból forgácsoljuk készre az alkatrészt, hiszen új műveletnél, új befogásnál bázisváltási hiba léphet fel. Jellegzetes folyamatszakszok: a nagyolás, a simítás és a készre munkálás. Egy alkatrész elkészítésénél az előgyártmány fajtájától függően gyakran találkozunk darabolási művelettel és a különféle forgácsolásokkal, pl. esztergálás, marás, fúrás, köszörülés stb. Külön műveletként szerepelnek a hőkezelő eljárások, illetve a gyártás közbeni minőségellenőrzések és a végellenőrzés.

A **műveletelem** a műveleten belüli legkisebb, különválasztható, jól megfogalmazható és még tervezhető rész. Megkülönböztetünk fő műveletelemeket és mellék műveletelemeket. A **fő műveletelemek** a forgácsolási műveletben az alkatrész egy-egy felületének (felületcsoportjának) kialakulását eredményező folyamatrészek. (pl. oldalaz tisztára, központfuratot fúr, simító esztergál Ø50,2mm-re 48mm hosszon, beszúr Ø23 x 1,2H12, élet letör 2x45°-ban stb.)

A **mellék műveletelemek** a munkadarab felületének kialakításában közvetlenül nem vesznek részt, de nélkülük a technológia nem valósulna meg. Mellék műveletelemek a munkadarabok be- és kifogása, ütköztetése, megtámasztása, a műveletek közbeni szerszámcserek, ellenőrző mérések stb. A helyes gyártástechnológia kidolgozásának első lépése a megfelelő előgyártmány megválasztása.

Azt a **nyersdarabot**, amely a forgácsolt munkadarab kiindulási anyaga előgyártmánynak nevezzük. A nyersdarab külső méretei nagyobbak, belső méretei kisebbek a kész munkadarab méreténél. A különbséget nevezzük **ráhagyásnak**, amit a forgácsolás során egy vagy több lépésben (általában több fogással) választunk le. A túl nagy, felesleges ráhagyásokat kerülni kell, mert az megnöveli az anyagköltséget és a forgácsolás költségeit. A túlságosan kis ráhagyások viszont selejtet okozhatnak: az elvégzett forgácsolási művelet után már „nem adja ki” a munkadarab a szükséges méretet.

Az előgyártmányok megválasztása

A forgácsolt fémalkatrészek előgyártmányai a következők lehetnek:

- hengerelt,
- húzott,

- kovácsolt
- öntött,
- sajtolt.

Az előgyártmány célszerű megválasztásánál műszaki és gazdaságossági szempontok játszanak szerepet. Egy nagyobb méretű lépcsős tengely előgyártmánya lehet hengerelt köracél vagy süllyesztékben kovácsolt kovácsdarab. A hengerelt előgyártmánynál sokkal több a hulladék, viszont nem jelentkezik a süllyesztékkészítés és a kovácsolás költsége. A kovácsolt előgyártmánynak azonban sokkal jobbak a mechanikai, szilárdsági tulajdonságai az átkovácsolás és a kedvező szálelrendeződés miatt. Egyedi gyártás esetén elképzelhető a hengerelt előgyártmány, (esetleg szabadon alakított kovácsdarab), de sorozatgyártásnál mindenképpen süllyesztékben kovácsolt előgyártmányt választunk. A másik példánk legyen egy kisebb fejes csapszeg-szerű alkatrész. Az előgyártmánya lehet hengerelt vagy húzott köracél. Egyedi gyártás esetén hengerelt előgyártmányt választunk (esetleg a legnagyobb átmérőt is forgácsolva), míg sorozat- és tömeggyártásnál a drágább, de a legnagyobb átmérőnek megfelelő méretű húzott köracélt választjuk. Itt a húzott átmérőjű méret a kész munkadarabon már nem lesz forgácsolva, hiszen a hideg húzással elérhető felületi minőség és méretpontosság már megfelel az elvárásoknak. Vannak olyan esetek, amikor az előgyártmány már teljesen determinált, nincs választási lehetőség: például egy forgácsolással készremunkált öntvényház előgyártmánya csak öntéssel készülhet. Itt kell megemlíteni, hogy a hegesztési technológiák fejlődésének következtében az üreges, szekrényyszerű öntvényeket már több helyen kiszorítja az olcsóbb hegesztett előgyártmány. Az előgyártmányok megválasztásánál természetesen figyelembe kell venni az anyagminőséget is.

Műveleti sorrend

Olyan művelettervezési dokumentáció, amely tartalmazza a műveletek végrehajtásának sorrendjét, valamint az előzési sorrend lehetséges változatait arra az esetre, ha gépek leterheltsége, vagy valamilyen gyártóeszköz hiánya ennek a sorrendnek a betartását nem teszi lehetővé. Természetesen csak ott lehet műveletelőzési sorrendet felállítani, ahol ezt a technológia megengedi. (pl. az edzést és a köszörülést, vagy a nagyoló és simítóesztergálást nem lehet felcserélni, de egy horonymarást és a bordamarást lehet) A műveleti sorrend tartalmazza az egyes műveleteknél alkalmazott munkagép típusát, illetve berendezés megnevezését (pl. oszlopos fűrógép, hőkezelő kemence stb.). A következő táblázatban (1.2.5. ábra) a lépcsős tengely elkészítésének műveleti sorrendje látható. Esetünkben csak az esztergálás I. és II., illetve a palástköszörülés I. és II. műveletek cserélhetők fel, ami a gépleterhelést nem befolyásolja.

Művelet	Művelet	Megmunkálógép, berendezés
---------	---------	---------------------------

sorszama	megnevezése	
1	Darabolás	OPTI S275G szalagfűrészgép
2	Esztergálás I.	E 400 egyetemes csúcseszterga
3	Esztergálás II.	E 400 egyetemes csúcseszterga
4	Horonymarás	ME 1000 konzolos marógép
5	Hőkezelés	Hőkezelő berendezés
6	Palástköszörülés I.	KU 250 egyetemes palástköszörűgép
7	Palástköszörülés II.	KU 250 egyetemes palástköszörűgép
8	Végellenőrzés	Mérő és ellenőrző eszközök

1.2.4. ábra. Műveleti sorrend

Műveletterv

Olyan űrlap, amelyen a művelettervező a forgácsolt alkatrész (vagy egyéb termék) megmunkálását megtervezi. Rögzíti mindazokat a főbb adatokat, amelyek az adott munkadarab elkészítéséhez szükségesek. A műveletterv a technológus saját használatára készülő tervezési dokumentáció, amelyet a termelés részére (a műhelyeknek) nem adnak ki. Tartalmazza a teljes műveletsort, ugyanis a műveletterv alapján készülnek a műveleteket végrehajtó szakmunkásokhoz kikerülő műveleti utasítások. **Áttekintést ad a gyártmány elkészítésének teljes menetéről.** Művelettervet általában bonyolultabb alkatrészek sorozatgyártásához készítének

A művelettervekben a következő információk szerepelnek:

- a munkadarab megnevezése,
- azonosítási jelek, számok,
- anyagminőség, anyagnorma,
- műveletek megnevezése, jele, sorrendje
- műveletek leírása,
- műveleti vázlatrajzok a műveletvégi állapotban, egyezményes rajzi és színjelöléssel,
- az adott műveletet végző termelőegység megnevezése,

- az adott műveletet végző gép, vagy berendezés típusa,
- az adott művelet elkészítésénél alkalmazott készülékek, szerszámok, mérőeszközök,
- a műveleteknél az ellenőrzésre vonatkozó előírások,
- megjegyzések.

Műveleti utasítás

A műveleti utasítás részletes utasítás egy adott művelet elvégzéséről. Tulajdonképpen a műveletterv egyes műveleteinek különálló lapokon való leírása. Tartalmazza az adott művelet tagozódását (a fő- és mellékműveletelemeket) és az elvégzésükhöz szükséges valamennyi információt. A műveleti utasítást a műveletet végrehajtó dolgozó kapja, általában másolt formában. A műveleti utasításon lévő rajzon a munkadarab a műveletvégi állapotban van ábrázolva, és csak az adott művelet elvégzéséhez szükséges méretek találhatók meg rajta. Sokszor a méretek sincsenek a rajzon feltüntetve, csak a műveletelemek azonosításához szükséges betűjelek. A befogást, ütköztetést, megtámasztást stb. egyezményes technológiai jelekkel szintén jelölhetik a rajzos műveleti utasítás ábráján. Természetesen az alkatrészrajzot a műveleti utasításokhoz mindig mellékelik.

Az úrlapon külön oszlop található ez egyes műveletelemeknél alkalmazott szerszámok, illetve mérő- és ellenőrző eszközök feltüntetésére. A megmunkálások normaideje is leolvasható a dokumentumról.

A műveletelemek fő technológiai paramétereit is tartalmazzák a műveleti utasítások (fogásmélység, előtolás, fordulatszám, forgácsolósebesség, fogások száma).

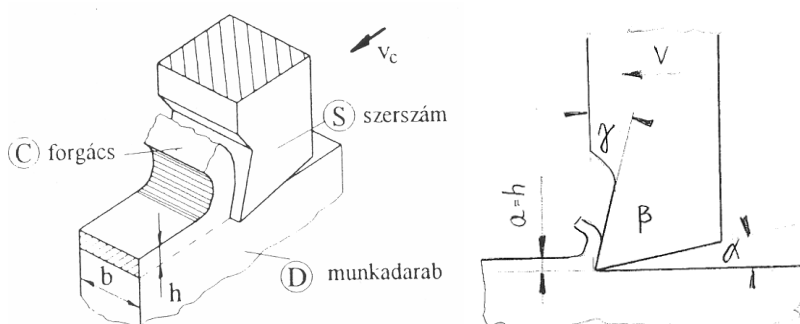
A következő ábrán (1.2.6. ábra) egy műveleti utasítása minta látható:

	$t_m =$	Ellenőrizt		kenés:
$t_{eb} =$		e:		Műhely:
	$t_N =$	Javította:		

Hagyományos gépi forgácsolások

Forgácsolási alapfogalmak

A forgácsleválasztás feltételei. A forgácsolási folyamat modellje a következő ábrákon látható:



2.3.1. ábra. A forgácsleválasztás modellje⁹ **1.3.2. ábra. A szerszám ékhatása**

A h mélységre beállított szerszám v_c sebességgel behatol a munkadarab anyagába és b szélességben anyagot (forgácsot) választ le. A forgácsolási folyamat megvalósulásához (a forgács leválasztásához) a következő alapfeltételek biztosítása szükséges:

- Rendelkezzen a szerszám olyan kialakítással, amely ékhatást biztosít.

Ezt a feltételt a forgácsolószerszám megfelelő élkiképzésével (élgeometriával) teljesítjük. A szerszám dolgozó részén homloklaplót (homloklapot) alakítunk ki, melyen a leválasztott anyagréteg forgácsként távozik. A homloklap helyzetét a γ homlokszög adja meg. A munkadarab forgácsolt felületével a szerszám nem érintkezhet, hiszen azt roncsolná, illetve a felesleges súrlódás a forgácsolás teljesítményét növelné meg. Ezért alakítjuk ki a megmunkált felülettel szemben a hátfelületet (hátlapot), melynek helyzetét az α hátszöggel adjuk meg. Így

⁹ Horváth M. – Markos S. Gépgyártástechnológia 45018 Műszaki Kiadó

kialakul a homloklap és a hátlap által bezárt β ékszög, amely az ékhatást biztosítja. A felületek metszévonalai adják a szerszám éleit.

A különböző típusú forgácsolószerszámok más-más élgeometriával rendelkeznek, amelyet nem csak a szerszám típusa, hanem a megmunkált anyag minősége és egyéb tényezők is befolyásolnak.

- Megfelelő forgácsolómozgások biztosítása.

A forgácsolómozgás a szerszám és a munkadarab egymáshoz viszonyított elmozdulását jelenti. Ez egy összetett mozgás, amelyet a megmunkáló gép biztosít, és fő- és mellékmozgásokból áll. A forgácsoló főmozgás a forgácsleválasztás irányába eső mozgás, amit a szerszám gép főhajtóműve létesít. Ennek irányában jön létre a forgács hossz. Lehet folyamatos vagy szakaszos, valamint forgó vagy egyenes vonalú mozgás. Végezheti a munkadarab és a szerszám is. A forgácsoló főmozgás sebességét (a vágósebességet) v_c -vel jelöljük, mértékegysége m/s vagy m/min. Forgó főmozgásnál a vágósebesség a szerszám vagy a munkadarab kerületi sebessége: $v_c = D \cdot \pi \cdot n$ (m/s), ahol a D a forgó szerszám vagy munkadarab átmérője (n), n pedig a fordulatszáma (1/s). A forgácsoló mellékmozgások a forgács szélességi és vastagsági méretét határozzák meg, vagyis a forgács keresztmetszetét adják. A mellékmozgás lehet előtoló vagy fogásvétel irányú mozgás. Az előtoló mozgás merőleges a forgácsoló főmozgásra. Lehet hosszirányú, keresztirányú, folyamatos vagy szakaszos, a főmozgástól függő vagy független. Az előtolás jele: **f**, mértékegysége lehet:

- mm/ford. (pl.: esztergálásnál)
- mm/kettőslöklet (pl. gyaluláskor)
- mm/fog (marásnál)
- mm/min (pl. a gépasztal előtoló sebessége marásnál).

A másik mellékmozgás a fogásvétel irányú fogásmélység, melynek jele: **a**.

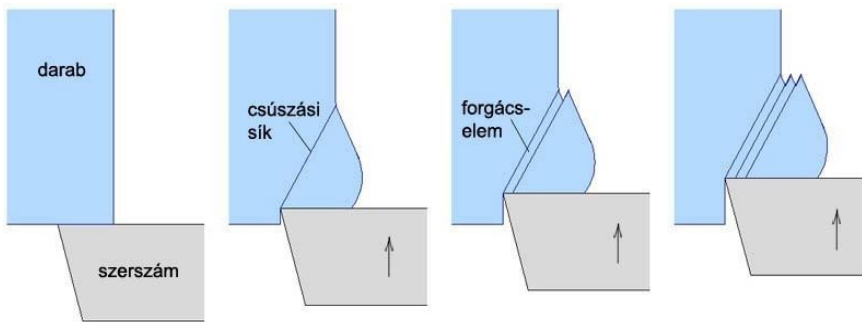
Rendszerint merőleges a megmunkált felületre, és mértékegysége mm.

- A szerszám a forgácsleválasztáshoz szükséges megfelelő keménységgel rendelkezzen.

Ezt az úgynevezett relatív keménységgel adjuk meg. A forgácsolás hőmérsékletén a szerszám anyag keménysége kétszerese-háromszorosa legyen a munkadarab keménységének. (Hszerszám/Hmunkadarab $\geq 2-3$ kritériumnak kell teljesülnie)

- A forgácsleválasztáshoz megfelelő erőhatás szükséges.

Ezt a forgácsoló szerszám gép fejt ki és igénybe veszi a teljes MKGSI rendszert. A rendszer terhelhetőségének, valamint a szükséges teljesítménynek a meghatározásához szükség van a forgácsolóerő nagyságának ismeretére is. Ezzel majd a későbbiekben foglalkozunk. A forgácsolásoknál különböző elrendezésű, több erőből álló erőrendszerek hatnak.



1.3.3. ábra. A forgácsleválasztás folyamata¹⁰

Az 1.3.3. ábra a **forgácsképződési folyamatot** szemlélteti. Először a szerszám belehatol a munkadarab anyagába, majd a homlokfelület előtti anyagrészt összetömöríti. A forgácsolóerő hatására az anyagban először rugalmas, majd később képlékeny deformáció keletkezik. Az ébredő feszültségek egy síknak feltételezett felület (*iránysík vagy csúszási sík*) mentén meghaladják az anyagrészekék összetartó erejét, így az a szerszám haladási irányában bereped, felszakad az anyag. A szerszám előrehaladásával a forgács felkúszik a homlokfelületen, majd leválik a munkadarabról. Tehát a forgácsképződés a következő részfolyamatok sorozata:

- rugalmas alakváltozás,

- képlékeny alakváltozás,
- elcsúszás az irány síkban, azaz a forgács elem létrejötte,
- a forgács elem elmozdulása a szerszám homlokfelületén.

Ezeknek a mozzanatoknak az állandó ismétlődése révén jön létre a forgács. A forgács felületén gyakran szabad szemmel is jól láthatók a forgács elem-csúszások.

A forgácsolási hő

A forgácsoláshoz bevitt teljesítmény (vagyis a mechanikai energia) a forgács tőben végbemenő alakváltozás és a fellépő súrlódás miatt hővé alakul át. A keletkezett hőmennyiség általánosságban következőképpen oszlik el:

- kb. 75% a forgácsba,

- kb. 20 % a szerszámba,
- kb. 4 % a munkadarabba, és
- kb. 1% a környezetbe jut.

Ezt a hőeloszlást sokféle tényező befolyásolja, például a technológia jellege (esztergálásnál vagy fúrásnál vizsgáljuk a hőfejlődést), a munkadarab anyagminősége stb. A forgácsolásnál keletkező hőmennyiség szerszám éltartamát kedvezőtlenül befolyásolja, ezért lehetőleg csökkenteni kell.

A forgácsolási hő káros hatása csökkenthető:

- a forgácsolási adatok (vc, f, a) helyes megválasztásával,
- optimális szerszámkiakítással,
- hőelvezetés javításával (hűtéssel)
- a súrlódás csökkentésével (kenéssel, bevonatolással).

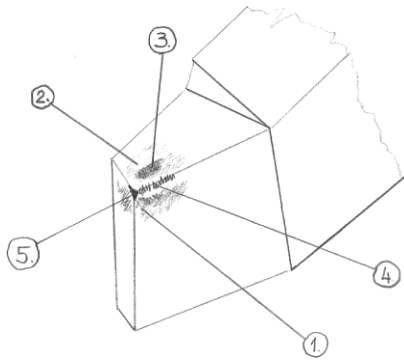
Forgácsoló szerszámok kopása, éltartam

A forgácsolószerszámok működésük közben fokozatosan elhasználódnak, kopnak, tehát a szerszámkopás nem rendellenesség, forgácsolási „betegség”, hanem a forgácsleválasztással együtt járó, természetes jelenség. A kopást bonyolult fizikai és kémiai folyamatok okozzák (abrázió, adhézió, diffúzió oxidáció stb.)

A szerszámkopás megnyilvánulási formái:

- a munkadarab felületi minősége romlik,
- a forgács alakja megváltozik, elszíneződik,
- a forgácsolóerő megnő,
- a hőfejlődés fokozódik
- rendellenes rezgések, hanghatások keletkeznek.

Kopásformák. Általában egyidejűleg több kopásforma együtt jelentkezik. A kopás fajtáit legjobban egy esztergakés esetében tudjuk szemléltetni.

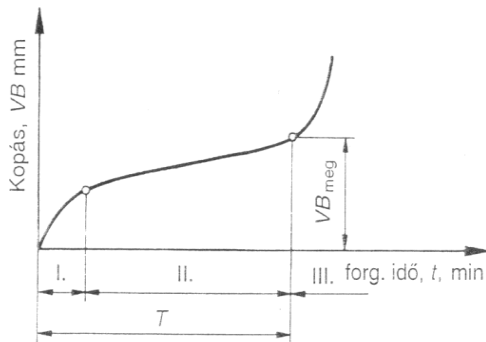


1.3.4. ábra. Kopásfajták

- 1. hátkopás
(rideg anyagoknál, simításnál)
- 2. homlokkopás (nagyolásnál)
- 3. kráterkopás
(szívós anyagok nagyolásánál)
- 4. élkopás
(műanyagok forgácsolásánál)
- 5. csúcskopás
(simításnál, kis csúcssugár esetén)

Kopásgörbe:

A kopásgörbe a forgácsolószerszám kopásának mértékét mutatja a forgácsolással eltöltött idő függvényében. A szerszám elhasználódási folyamatának három, egymástól jól elkülöníthető szakasza van.



1.3.5. ábra. Kopásgörbe¹¹

Kezdeti kopás (bekopás) szakasza
Az élezett szerszámról az élezésből adódó mikroegyenetlenségek lekopnak.

Egyenletes kopás szakasza
A görbe kis meredekségű (viszonylag hosszú forgácsolással eltöltött időhöz minimális kopás tartozik.)

Túlkopási szakasz
A kopott szerszám miatt megnő a súrlódás, intenzívebb a hőfejlődés. A szerszám rohamosan kopik, majd tönkremegy.

Éltartam: A szerszám utánélezés nélkül forgácsolással eltöltött ideje. Vagyis az a forgácsolással eltöltött idő, ami a megengedett kopás eléréséig tart. Jele: T, Mértékegysége: perc (min). A szerszámot még a túlkopási szakasz előtt kell megélezni.

Az éltartamot befolyásoló tényezők:

- Forgácsolósebesség. Ez a legfontosabb befolyásoló tényező. Minél nagyobb sebességgel forgácsolunk, annál rövidebb idő alatt éri el a szerszámkopás a megengedett értéket.

Ennek oka az, hogy a nagyobb sebességhez tartozó nagyobb forgácsolási hőmérsékleten csökken a szerszám kopásállósága, másrészt pedig nagyobb sebesség esetén az időegység alatt a szerszám nagyobb utat tesz meg, tehát több anyag koptatja a szerszámot.

¹¹ Borsos T.- Czéh M. –Dr. Nagy P. S. : Szerszám- és készülégyártás technológiája 59341 Skandi Wald Könyvkiadó

- Előtolás növelésével az éltartam csökken.
- Fogásvétel: növelésével az éltartam csökkenése nem olyan jelentős, mint az előtolás hatására, mert a fogásvétel növelésével csökken a szerszám egységnyi élvonalhosszára jutó terhelés, viszont a szerszámél hőterhelése nő.
- A munkadarab anyaga minél jobban megmunkálható valamely anyag, annál nagyobb éltartama lesz az azt forgácsoló szerszámnak. A kisebb fajlagos forgácsolási ellenállással (kc) rendelkező anyagok forgácsolásánál nagyobb lesz a szerszám éltartama.
- A szerszám anyaga minél jobb a szerszám forgácsoló képessége, annál nagyobb az éltartam, vagy azonos éltartam mellett nagyobb sebességgel lehet vele forgácsolni.
- Szerszámkialakítás a megfelelő élgeometria (homlokszög, hétszög, főél-elhelyezési szög, csúcssugár stb. értéke) erősen befolyásolja az éltartamot.
- Hűtés-kenés megfelelő, jól megválasztott hűtés-kenéssel a vágósebesség 15-20%-al növelhető, változatlan éltartam mellett.

A forgácsolószerszámok és anyaguk

Egy forgácsolás elvégzéséhez a megfelelő szerszám kiválasztása sok tényezőtől függ, ezért nagy körültekintést és gyakorlatot igényel. A szerszám típusának a kiválasztására általános érvényű szabályok nincsenek. A munkadarab alakja, mérete, illetve a megmunkált felületek bizonyos támpontot nyújtanak a szerszám típusának megválasztásához. A szerszám alakját gazdaságossági kérdések is befolyásolhatják: választható például ugyanannak a felületnek a megmunkálására olcsó, de kis termelékenységű egyenes fogú palástmaró, vagy drágább, de nagyobb termelékenységű ferde fogú palástmaró. A szerszám típusának kiválasztásakor mindig támaszkodni kell a gyakorlati tapasztalatokra és a szabványokra. A forgácsoló szerszámokkal szemben két fő követelményt támasztunk. Eszerint alkalmas legyen a meghatározott anyagrész gazdaságos leválasztására, és a munkadarab előírt méretpontosságának, alakhűségének és felületi érdességének biztosítására.

A különböző forgácsolási feladatok ellátására sokféle forgácsoló szerszám létezik. Ezeket az alábbi szempontok szerint csoportosíthatjuk:

- az élek száma szerint lehet egyélű, kétélű, szabályosan többélű és szabálytalanul sokélű
- az alkalmazás szerint van esztergakés, gyalukés, fúró, maró, üregelő túske stb.
- a dolgozó rész anyaga szerint szerszámacél, keményfém, kerámia, gyémánt és egyéb anyag
- szerkezeti kivitel szerint tömör, tompán hegesztett, váltólapkás, betétkéses stb.
- egyéb szempontok szerint (pl. az élszögek nagysága, a szerszám méretei stb.).

Szerszámanyagokkal szemben támasztott követelmények:

A forgácsoló szerszámok anyagának a kiválasztásakor a következő jellemzőket kell figyelembe venni: az anyag keménységét (kopásállóságát), szilárdságát, szívósságát, hőkezelhetőségét és a gazdaságossági kérdéseket. A szerszámok anyagának kiválasztásakor sok egymással ellentétes szempont figyelembevételével kell dönteni. Ha például csak az éltartósságot tartanánk szem előtt, akkor pl. a gyorsacélt egyértelműen előnybe kellene részesíteni a szénacéllal szemben. Ha viszont csak a szerszámanyag árát vennénk figyelembe, akkor éppen ellenkezőleg kellene dönteni, mert a szénacélok ára csak kb. egy tizede a gyorsacél árának.

A forgácsoló szerszámok készítéséhez az alábbi anyagokat használják:

- acél alapú szerszámanyagok (ötvöztelen, ötvözött szerszámacélok és gyorsacélok)
- keményfémek
- kerámia szerszámanyagok
- egyéb szerszámanyagok (CBN: köbös bórnitrid, gyémánt)

Ötvöztelen szerszámacélok

Forgácsoló szerszámok készítésére a 0,6-1,5 % C-tartalmú acélszerek használatosak. A szénacélok előnyei: olcsók, könnyen megmunkálhatók, edzési hőmérsékletük alacsony. Jól használhatók kis forgácsolási sebességű és kis teljesítményű szerszámokhoz Hátrányai: csak kis forgácsolási

sebességgel lehet velük dolgozni, mert 250°C felett keménységük rohamosan csökken. A szénacél szerszámok köszörülését csak bőséges vízhűtéssel, lehet elvégezni, mert a köszörülési hő hatására is kilágyulhatnak. Menetfúrók, menetmetszők, dörzsárak készülnek belőle.

Ötvözött szerszámacélok

Ebbe a csoportba tartoznak a króm, a mangán és a volfrám ötvözésű acélok. A krómacélok jele K (K1...K6), a mangánacélok jele M (M1...M2), a volfrámacéloké pedig W (W1...W10). A króm növeli az átedzhetőséget és a megeresztéssel szembeni ellenállást. A krómkarbidok növelik a keménységet. A volfrám növeli a szilárdságot és az éltartósságot, a mangán növeli a melegszilárdságot és csökkenti a kritikus lehűlési sebességet.

Gyorsacélok

MSZ szerinti jelölésük: R1-R14, ami az angol Rapid = gyors szóból ered. Az új, MSZ EN jelölésük HSS, vagy HS betűkkel és számokkal történik pl. HSS 10-4-3-10. Ennek értelmezése: HSS az angol High Speed Steel = nagy sebességű acél kifejezésből, a számok pedig sorrendben a W – Mo – V - Co %-os mennyiségét mutatják. A Cr mennyiségét, ami 3,8-4,5 %, nem jelölik. Hőállóságuk 550 – 600°C. A gyorsacélokat a hagyományos acélgyártó eljárásokon kívül porkohászati úton (szinterezéssel) is elő lehet állítani. Főleg gépi forgácsolószerszámokat, csigafúrókat, marókat, gépi dörzsárakat, esztergakéseket stb. készítenek belőle. A gyorsacélok legjellegzetesebb tulajdonsága a nagy W-tartalom, ami nagy éltartósságot és nagy forgácsolási teljesítményt biztosít.

Keményfémek

A keményfém a mai korszerű szerszámok leginkább használt anyaga. A gyorsacéllal ellentétben a keményfém alapanyaga nem vas, hanem wolfram-karbid (WC), amelyet kiegészíthetnek más karbidok (TiC, TaC) és a kobalt, mint összekötő elem. A keményfém a gyorsacélnál nagyobb nyomószilárdsággal rendelkezik, keményebb, kopásállóbb, de ridegebb, törékenyebb, mert hajlítószilárdsága kisebb. A keményfém minőségét és tulajdonságait az alapanyagok aránya adja (több Co = nagyobb szívósság, kisebb keménység). A szemcsenagyság csökkentésével a keményfém is javítható. Az első porkohászati keményfém (Co kötőfémbe ágyazott WC) 1923-ban állították elő a német Krupp cégnél, Widia márkanéven szabadalmazták, és forgalmazzák ma is. (Elnevezése a wie Diamant = mint a gyémánt kifejezésből ered.)

A forgácsoló szerszámok készítéséhez használt keményfémek wolfram-, titán- és kobaltkarbidokból álló anyagok. Az alkotókat finom porrá őrlik, ebből különböző alakú, kisméretű lapkákat sajtolnak, ezeket kemencében előzsugorítják, majd ezt követi a készre zsugorítás. Az így készített lapkák elérik forgácsolási keménységüket, amely utólagos hőkezeléssel már nem szabályozható. Mivel a

keményfémek drágák, keményfémből csak ritkán gyártanak tömör, teljes szerszámot. A forgácsoló lapkákat különböző szerszámacélból vagy szerkezeti acélból készült szerszámtesten kialakított fészekbe rögzítik (mechanikusan vagy forrasztással).

Kerámiák

A kerámia lapkák alapanyaga tiszta alumíniumoxid (Al_2O_3), amit por alakban lapkákká sajtolnak, és égetve zsugorítanak. Az ilyen anyagok nagy keménységűek és kb. $900^\circ C$ -ig éltartóak. Hátrányuk, hogy nagyon ridegek, ezért hajlítózilárdságuk csekély, köszörülésük nehéz. Kis előtolással és nagy forgácsolási sebességgel kell velük dolgozni. A lapkákat mechanikusan lehet a szerszámtestre erősíteni.

Gyémánt

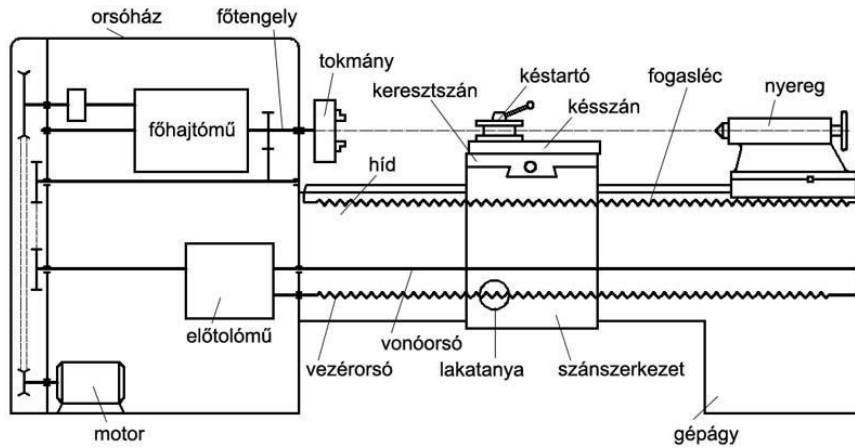
A gyémánt a legkeményebb anyag, ezért éltartóssága igen nagy, az előforduló legnagyobb forgácsolási sebességet is elbírja. Nyomószilárdsága nagy, hajlítózilárdsága viszont kicsi. A gyémánt szerszám köszörülése csak különleges csiszolási módszerrel lehetséges. A gyémántbetétes szerszámokat csak különleges finom megmunkálásokhoz használják. Az ilyen szerszámokkal kis előtolással, kis fogásmélységgel és nagy forgácsolási sebességgel szabad forgácsolni. A gyémánt betétek befogása a szerszámtestbe mechanikus rögzítéssel vagy befoglaló forrasztással végezhető el.

Jegyzetünk következő részében a hagyományos gépi forgácsoló technológiákhoz tartozó legfontosabb ismereteket foglaljuk össze.

Esztergagépek

Az egyetemes esztergagép a legelterjedtebb esztergagép típus, a **csúcsesztergák** közé tartozik. A csúcsesztergáknál a munkadarab két csúcs közé fogható be, illetve az egyik végén befogott munkadarab a másik végén csúccsal megtámasztható. A csúcsesztergák fontos jellemzője a csúcsmagasság és a csúcs távolság. Egyetemes jellegét a rajta elvégezhető sokféle művelet adja. A csúcsesztergák közé tartozik még

- műszerész eszterga - különleges pontosságú, nagy fordulató esztergagép,
- teljesítmény eszterga - leegyszerűsített szerkezetű, nagy teljesítményű gép,
- finomeszterga - különleges az orsócsapágyazása, rendkívüli a futáspontossága,



- többkéses eszterga - több szerszám befogására alkalmas nagy forgácsteljesítményű esztergagép.

1.3.13. ábra. Egyetemes esztergagép¹⁸

¹⁶ <http://www.maskinisten.net/viewtopic.php?t=7972>

¹⁷ http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0007_02-Forgacsolas_es_szerszamai_HU/345f335f31305fc3a16272615f6b.jpg

Egyéb esztergagépek Síkesztergák

- karusszel eszterga: függőleges tengelyű, nagy átmérőjű síktárcsával rendelkező esztergagép,
- fejeszterga: egyszerű felépítésű, nagyteljesítményű, vízszintes tengelyű síktárcsával ellátott esztergagép.

Revolversztergák

- toronyrevolver eszterga: kis- és középsorozatok gyártására alkalmazott függőleges revolverfejjel (forgatható szerszámtartó) ellátott esztergagép,
- dobrevolver eszterga: kis- és középsorozatok gyártására alkalmazott, vízszintes tengelyű revolverfejjel ellátott esztergagép.

Automata esztergák

Ezeket a gépeket a sorozatgyártás és a tömeggyártás területein tudjuk gazdaságosan üzemeltetni. Lehetnek mechanikus és CNC vezérlésűek, egy- és többorsós kivitelűek.

Különleges esztergagépek

Speciális esztergálási munkák elvégzésére kifejlesztett gépek. Pl. másolóeszterga, hátraeszterga, forgattyústengely eszterga, bütyköstengely eszterga stb.

Munkadarab befogási és megtámasztási lehetőségek esztergagépen

Leggyakrabban **esztergatokmányba** fogjuk be a munkadarabokat. Lehetnek két, három és négy pofásak, működtetésük szerint mechanikus vagy hidraulikus működtetésűek. Legelterjedtebb a hárompofás, spirálmenetes mechanikus működtetésű esztergatokmány. A **síktárcsa** a főorsó végére a tokmány helyére szerelhető. Szorítópofái külön-külön menetes orsókkal állíthatók, így a tokmányba nem fogható, szögletes, aszimmetrikus munkadarabok befogására alkalmas. Ha a munkadarabot két csúcson között munkáljuk meg, akkor a menesztésére **esztergaszívet és menesztőtárcsát** használunk. A bábok hosszú, rúdszerű munkadarabok megmunkálása közben fellépő kihajlásos deformációját csökkentik. Az **állóbáb**ot az ágyvezeték megfelelő helyén rögzítjük. A **mozgóbáb** az alapszánra rögzíthető, azzal együtt halad. Így mindig az esztergakéssel szemben támasztja meg a munkadarabot. A sugárirányban külön-külön állítható betétek vége általában bronzból készül. Kisebb méretű hidegen húzott rúdanyagok befogásánál

¹⁸ <http://hu.wikipedia.org/wiki/Eszterg%C3%A1l%C3%A1s#mediaviewer/F%C3%A1jl>

hasított szorítópatronokat alkalmazunk. A patronok külső kúpja a főorsó furatába illeszkedik, a végükön lévő menettel a behúzószár segítségével tudjuk a kúpos furatba kényszeríteni. Ezáltal a hasításnál a patron sugárirányban összehúzódik, és elvégzi a központosító szorítást. A szorítópatronok szabványos kialakításúak, készletekben bármilyen egyetemes esztergagéphez beszerezhetők. Ha készre munkált furattal rendelkező, perselyszerű munkadarabok külső felületét szeretnénk futáspontosan esztergálni, akkor az alkatrészt **feszítő tüskére**, vagy **expanziós hüvelyre** fogjuk fel.

Technológiai adatok meghatározása esztergálásnál

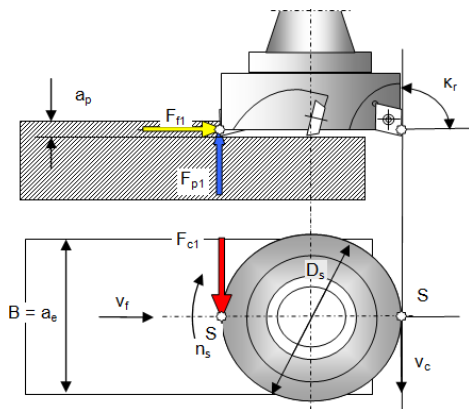
A technológiai paraméterek megválasztásánál a műszaki szempontok mellett a gazdaságosság is nagy szerepet kap. Például egy hosszesztergálást nagyobb fordulatszámon végezve a művelet gépi ideje csökken, de a szerszám (váltólapka) éltartama is lecsökken. Sorozatgyártás esetében lehet, hogy a lecsökkent gépi időből jelentkező bérköltés megtakarítás fedezi a váltólapkák többletköltségét, esetleg jóval gazdaságosabb a nagyobb vágósebességgel végzett gyártás. Első lépésként a fogásmélység (a) nagyságát kell megállapítani, úgy hogy a ráhagyást minél kevesebb fogással (i) távolítsuk el. A nagyoláskor alkalmazható fogásmélység több tényezőtől függ, elsősorban a

géptípustól, a munkadarab anyagminőségétől, de függ az alkalmazott szerszámtól, a hűtés-kenéstől stb. is. A

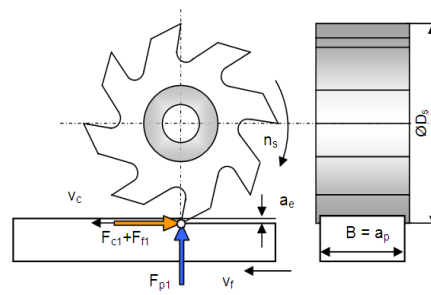
A marás általános jellemzése

A marás folyamatos forgó főmozgású szerszámmal megvalósuló, korszerű, pontos, termelékeny technológia. Szerszáma a szabályos élgeometriával rendelkező többélű maró a technológia változataiból adódóan igen sokféle kialakítású lehet. A mellékmozgásokat a változatoktól függően leggyakrabban a munkadarab végzi, de végezheti a szerszám is. A marás változó keresztmetszetű forgács szakaszos leválasztása útján valósul meg. A hagyományos marási technológia széles körben elterjedt főleg síkfelületek nagyoló és simító megmunkálására, de a korszerű CNC marógépekkel, megmunkáló központokkal tetszőleges térbeli felületek is marhatók. A marásnak a szerszám és a munkadarab egymáshoz viszonyított helyzete alapján két alapváltozata van: a homlokmarás és a palástmarás.

Homlokmaráskor a maró tengelye merőleges a megmunkált felületre, míg palástmaráskor párhuzamos a megmunkált felülettel. Mindkét változatnál a szerszám forgástengelye lehet függőleges vagy vízszintes, esetleg ferde helyzetű.



1.5.1. ábra. Homlokmarás



1.5.2. ábra. Palástmarás

Az első ábra függőleges helyzetű, szimmetrikus homlokmarást, a második vízszintes tengelyű palástmarást mutat be. Az első esetben a forgácsleválasztást és a felületkialakítást a szerszám homloksíkjában elhelyezkedő főélek végzik, melyek a palástfelületen is folytatódnak és részt

vesznek a forgácsolásban. A palástmaróknál csak a szerszám palástfelületén vannak forgácsoló élek. A palástmarásnak két változata az **ellenirányú** és az **egyenirányú palástmarás**.

20

http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0007_02-Forgacsolas_es_szerszamai_HU/53_mars.html

Mindkét változatnál változó keresztmetszetű, „vessző” alakú forgács keletkezik, ezért a gép és a szerszám terhelése nem egyenletes. Az **egyenirányú palástmarásnál** (ezt a változatot mutatja az 1.3.18. ábra) a legnagyobb forgácskeresztmetszettel kezdi a maró foga a forgácsleválasztást, így a marófogak hátkopása kisebb. Az ébredő forgácsolóerő a munkadarabot a marógép asztalára szorítja, ezért vékony, lécszerű alkatrészeket ezzel a változattal kell marni. Az egyenirányú palástmarás csak akkor alkalmazható, ha a gép elég merev és az asztalmozgatásnak nincs holtjátéka. Nagy fogásmélységgel lehet dolgozni, de külső kemény réteggel rendelkező, öntött vagy hengerelt munkadarabokat nem célszerű ezzel az eljárással forgácsolni.

Az **ellenirányú palástmarásnál** a forgácsleválasztás kezdetekor a marófogak megcsúsznak, ezért jelentős a hátkopás, de minden marógépen alkalmazható ez a módszer. Ezért a gyakorlatban ez az elterjedtebb változat.

Korszerű marószerszámok kialakítása.

A korszerű marásoknál moduláris felépítésű szerszámrendszerekkel találkozhatunk. Szerszámrendszeren egy adott gép szerszámhordozójához kapcsolódó szerszámelemek összességét értjük, a szerszámtartótól a váltólapkáig. A moduláris kialakítás csökkenti a készletezendő szerszámok számát, növeli a szerszámozás rugalmasságát.

²¹ Ducsai János Forgácsolási eljárások TM-21016

A marás gépei

A marásnál a mellékmozgások függetlenek a főmozgástól, ezért a marógépek (az esztergagépektől, a fűrőképektől és a gyalugépektől eltérően) **független mellékhajtóművel** rendelkeznek. A mellékhajtómű legfontosabb technológiai jellemzője az előtoló sebesség (vf), mely azt adja meg, hogy az asztal 1 perc alatt hány mm-t mozdul el. Az előtoló sebesség mértékegysége:

Korszerű forgácsoló technológiák

Napjainkban a gyártástechnológia fejlődése szabadabb kezet ad a tervező és formatervező mérnököknek, mint valaha. A megálmodott bonyolult formákat, alkatrészeket kézzel fogható darab

képében viszont láthatják, prototípusgyártás fejlesztés esetén pedig a fejlesztési folyamat gyorsítását teszi lehetővé. A modern

gyártástechnológiák segítségével kivitelezhető szabad felületek esztétikusabb és jobban használható tárgyakat eredményeznek, legyen szó akár műanyag, vagy gumi fröccsöntő szerszámról, kovács szerszámról, vagy hidegalakító kivágó-lyukasztó szerszámról.

A szerszámgyártásban manapság legelterjedtebb gyártástechnológiák a CNC marás és esztergálás, a CNC sík, palást illetve helyzetköszörülés, a tömbös és huzalos szikraforgácsolás.

A számjegyvezérlés elve

A számjegyvezérlés a gyártásautomatizálás egy formája. Az NC technika elve Neumann János számítástechnikai elgondolásának alkalmazása a szerszámgépek irányításában. Neumann alap gondolata az volt, hogy az adatokat és a parancsokat is számok formájában rögzíthetjük és tárolhatjuk. Tehát az NC (Numerical Control) számjegyvezérlés és a CNC (Computer Numerical Control) számítógépes számjegyvezérlés esetében a szerszámgép vezérlését végző alkatrészprogram egy alfanumerikus karakterkészletből álló, szabványosított nyelvi szabályok szerint felépülő vezérlőprogram. Az olyan vezérlőket, amelyekben a logikai és aritmetikai (számelméleti) műveleteket számítógép végzi, CNC vezérlőnek nevezzük.

A vezérlőprogramnak tartalmaznia kell a munkadarab legyártásához szükséges geometriai adatokat, valamint a szerszámgép működésére vonatkozó egyéb fontos adatokat, mint például előtolás, fordulatszám, szerszámváltás, és a további kiegészítő funkciók kapcsolási adatait, mint például hűtőfolyadék ellátás kapcsolása, vagy operátori utasítások.

A CNC vezérlésű szerszámgépek előnyei:

- Nagy pontosságú, állandóminőségű munkadarab
- Nagy megmunkálási sebesség
- Alacsony előkészületi, illetve mellékidők
- Alacsonyabb selejthányad
- Biztonságosabb, tisztább munkavégzés



1.4. 1. fotó DMU 65

A CNC vezérlésű szerszámgépek hátrányai:

- Magas ár

- Magas karbantartási költség
- Költségesebb gyártás előkészítés
- A gépbeállítást csak szakember végezheti

Számjegyevezérlési módok

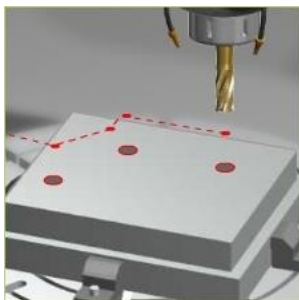
A vezérlési módok az egy időben vezérelt tengelyek száma szerint a következőképpen csoportosítható:

Pontvezérlés esetén a szerszám vezérelt pontját a sík vagy tér egy meghatározott pontjára kell mozgatni. A szerszám közben nem végez forgácsoló mozgást és mozgatása általában gyorsmenetben történik. Az egyes irányokban végzett mozgások között nincs kapcsolat. A forgácsoló mozgás az elért pontban programozható, általában Z tengely mentén (fúrás).

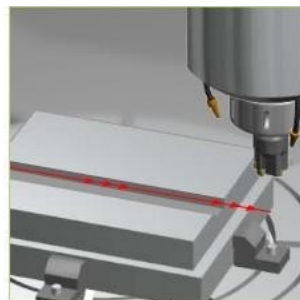
Szakaszvezérlésnél a szerszám koordináta tengelyekkel párhuzamos elmozdulás közben forgácsoló mozgást is végezhet, de egy időben csak egy tengely mentén. Egyszerű esztergák és marógépeknél alkalmazzák.

Pályavezérlés esetén a szerszám az előírt pályán mozog. A pálya lehet sík, vagy térgörbe is. Interpolátor segítségével általában állandó pályamenti sebességet biztosítanak. Egyidejűleg vezérelhető tengelyek száma szerint megkülönböztethetünk 2D, 3D,4D, 5D

stb. vezérlést. Ha az egyik tengely mentén a vezérlés nem tud a többivel szinkronmozgást generálni, akkor arra a tengelyre vonatkozóan 1/2D-s a vezérlés.



a.,



44
b.,



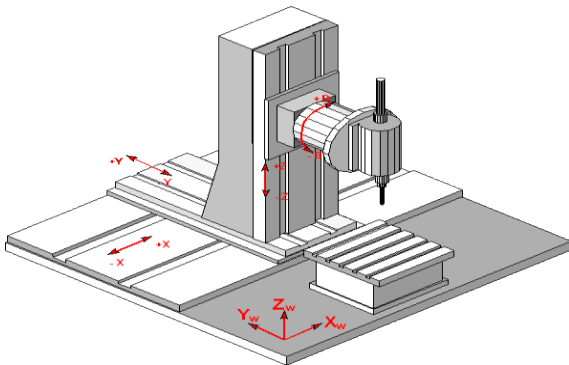
c.,

1.4.1. ábra a., pontvezérlés; b., szakaszvezérlés; c., pályavezérlés²⁹ A CNC gépek felépítése

A CNC gépek két fő építő elemből állnak. Az egyik a **vezérlés**, a másik a vezérlés utasításait fogadó, illetve megvalósító **alapgép**, szerszámgép. Az alapgép lehet a megvalósítandó feladattól függően marógép, esztergagép, szikraforgácsoló gép, lemez hajlítógép, lézer-, plazma-, vagy vízvágó gép, stb. Az univerzális vezérlő egységeket az alapgép adottságai szerint PLC programok segítségével illesztik a szerszámgépre. A legnagyobb vezérlés gyártók a Siemens, a Heidenhain és a Fanuc.

A szerszámgépek fő szerkezeti elemei

Gépváz, gépállvány. Legfontosabb szerepe, hogy a gép építőelemeit fogja össze. A gépállványra építik rá a vezetékeket, az orsókat, szánokat, motorokat, asztalokat. Nagyon fontos követelmény a gépvázzal szemben, hogy megfelelően merev, stabil legyen, hogy a megmunkálás közbeni rezgéseket elnyelje, illetve a kellő pontosság elérése érdekében a megmunkálás közben ne deformálódjon, ezért a gépek állványszerkezetét legtöbbször hegesztett acél vázból, öntöttvasból, vagy kompozit beton anyagból készítik. Az esztergák körében a ferde gépágyas elrendezés a legelterjedtebb, melynek egyik nagy előnye, hogy igen kedvezően, a megmunkálóközpontokéhoz hasonló módon oldják meg a forgácseltávolítást. A CNC marógépek, megmunkálóközpontok között a függőleges főorsó elrendezésű gépek terjedtek el, a vízszintes, úgynevezett horizontális marógépeket már csak elsősorban speciális feladatokra alkalmazzák.



1.4.2. ábra 4 tengelyes megmunkálóközpont elvi felépítési vázlata, billenthető főorsóval³⁰

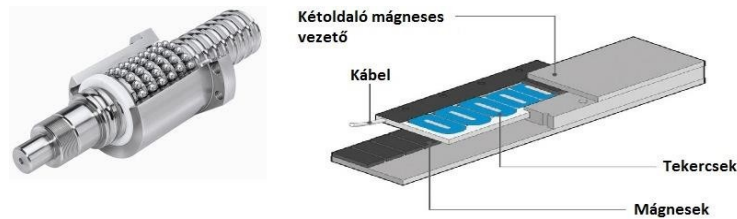
Vezetékek. A CNC szerszámgépek nagy részénél gördülővezetékeket alkalmaznak. A szerszámgép terhelhetőségétől függően ezek lehetnek golyós, illetve görgős megvezetések. Ezen megvezetésekben a gördülő elemek egymás után helyezkednek el, és vezérpályájuk folyamatosan visszavezeti őket a már elhagyott pozícióba. A görgős vezetékek nagy előnyei, hogy alacsony a karbantartási igényük, igen pontos futásúak, kis gördülési ellenállásúak és egyenletes futásúak.



görgős vezeték³¹

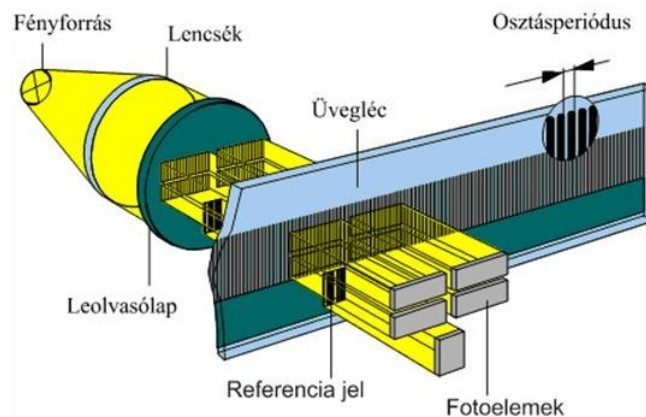
Fő és mellékhajtások. A CNC gépek főhajtóművével szemben támasztott legfontosabb követelmények a nagy terhelhetőség, a nagy futáspontosság és legfőképp a széles spektrumban állítható fordulatszám. Ezeket a követelményeket leginkább az aszinkron váltóáramú motorok teljesítik. Az egyik korszerű építési mód a motororsós konstrukció, melynél a szerszámgép főorsóját szokásos módon csapágyazzák, de a két csapágyazás között az aszinkron motor forgórészét alakítják ki a tengelyen. Az orsóház, amelyben a csapágyazás kerül kialakításra, egyben az aszinkron motor forgórésze is. Ez a megoldás rugalmas hajtásrendszert eredményez, mellyel megvalósítható a HSC (high speed cutting) nagysebességű forgácsolás fordulatszám tartománya (1-240001/min). A CNC megmunkálógépek előtoló mozgásait végző úgynevezett mellékhajtások legtöbb esetben **golyósorsó-golyósanya** párból álló hajtásrendszerek, melyeket szervomotorok hajtanak meg. A golyósanya a görgős vezetékhez hasonlóan nagy pontosságú, kis futási ellenállású gépelem. A hézagmentesség és a nagy merevség pontos pozicionálást tesz lehetővé, de az új fejlesztési irányok már rámutattak a hátrányaira is. A golyósanya alakítja át a golyósorsó forgó mozgását lineáris mozgássá. A legújabb fejlesztésű nagy gyorsjáratú sebességű szerszámgépek előtoló mozgásait végző gépelem az úgynevezett **lineáris motor**. A lineáris motor tulajdonképpen egy síkba terített hagyományos forgó motor, melynek a mágneses pólusait és a tekercseit kiterítették. A lineáris motor nagy sebességű (10m/s) gyorsjáratot tesz lehetővé, nagy pontossággal, gyakorlatilag súrlódás nélkül, kis karbantartási igénnyel. A pontos útmérő rendszerek kevesebb, mint 1µm ráállási pontosságot biztosítanak. A lineáris motorok elsősorban a nagy munkatér

méretekkal rendelkező gépek építőelemeként terjed, mert a nagy távolságok nagyobb gyorsjáratúval való bejárása nagyban csökkenti a megmunkáló programok futási idejét. A lebegő mágnesvasút is ezen az elven működik.



1.4.3. ábra Golyósanya és IKO lineáris motor³¹

Útmérő rendszerek. A CNC vezérlésű szerszámgép vezérlése által kiadott rendelkező jelet és a valójában megtett út mértékét a gépekre felszerelt útmérő eszközök hivatottak mérni, visszacsatolással élve a vezérlő irányába. Megkülönböztetünk közvetlen és közvetett módon működő útmérő rendszereket. Működési elvét tekintve pedig megkülönböztetünk analóg és digitális útmérő rendszereket. Az ábrán látható útmérő rendszer egy üveg mérőlécből és az annak átvilágítása által átjutó fényjelek leolvasására és értelmezésére szolgáló lencserendszerből és fotoelemekből áll.



1.4.4. ábra CNC gép útmérő rendszere³²

A PLC: Programmable Logical Controller, vagyis programozható logikai vezérlő. Az ipari szabályozástechnikában gyakran használt villamos elven működő berendezés. A CNC szerszámgépek működésénél több önálló szabályozással is rendelkező egység működésének összehangolására alkalmas, szabványosított be- és kimenetekkel rendelkező vezérlő. A PLC közepes bonyolultságú folyamatokat képes vezérelni.

- szabványosított ki- és bemeneti interfészek
- egyszerű és gyors programozhatóság (akár folyamatábra segítségével)
- univerzális használat
- összetett feladatok könnyű megvalósíthatósága

³¹ internet

³² Mátyási Gyula – CAM tankönyv (Typotex Kiadó)

- ki- és bemenetek száma, és az eszköz tulajdonságai széles skálán mozognak
- kis méret, nagy üzemi hőmérséklet tartomány
- program módosítás akár a világ másik oldaláról is, akár üzem közben
- megkönnyítheti a hibakeresést a nagyszámú vagy gyors működési folyamat egyszerű megfigyelésével.

Többtengelyes megmunkálóközpontok. Az 5-tengelyes megmunkálóközpontok a 3- tengelyes társaikhoz képest kiegészülnek általában egy Z tengely körül forgató C tengellyel jellemezhető körasztallal és egy billenthető főorsóval (vagy bölcsővel), amely az X, vagy az Y tengely körüli forgó, billentő mozgást valósítja meg és az A tengellyel írható le. Az 5-tengelyes megmunkálóközpontok nagy előnye, hogy bonyolultabb a mozgásformák megvalósítása folytán kevesebb felfogásból készre gyárthatók bonyolult alakú munkadarabok, mint például egy turbina lapátkerekei.



1.4. 2. fotó Deckel Maho DMF 260 típusú 5 tengelyes megmunkáló központ munkatere billenthető főorsóval és forgóasztallal³³

CNC gépek szerszámozási rendszere

A CNC marógépek főorsói szabványos (pl.:SK 40) Morse-kúpos kialakításúak. A megmunkálás szempontjából rendkívül fontos a szerszámbe fogás minősége. A CNC szerszámgépek szerszámbe fogóival szemben támasztott követelmények, hogy megfelelően merevek legyenek a remegések elkerülése végett valamint, hogy a szerszámokat minél pontosabban megvezessék. A nagyoló, illetve a nem nagy pontosságot igénylő műveletek szerszámainak be fogásához megfelelnek a hengeres be fogók, Weldon be fogók. Kisebb átmérőjű fúrók be fogására itt is, mint a hagyományos megmunkálásoknál is, megfelelnek a fúrótokmányok. A pontosabb megmunkálásokat, simításokat nagyobb futáspontosságú be fogóval célszerű végezni. Ilyenek a patronos be fogók, illetve a nagy futáspontosságú patronos be fogók (pl.: Centro-P), zsugorbe fogók és hidraulikus be fogók. A szerszámok tekintetében a CNC technológiában, a legnagyobb hányadban a szerelhető lapkás marófejeket használják. A váltólapkás marók gazdaságosak, és termelékenyek. A váltólapkák porkohászati úton készülnek, különböző, a technológiától függő geometriai kialakítással, többféle kémiai és fizikai úton felvitt bevonattal. Az 5-tengelyes megmunkálóközpontok jellemző felfogó készüléke az úgynevezett magas satu. A magas satukra azért van szükség, mert a bebillentett „A” tengellyel dolgozó szerszám gép főorsója, ha kis szöveget zár be az asztallal, nem megfelelő munkadarab kiemelés esetén beleérhet abba.

³³ www.johannesmetal.de



1.4. 3. fotó CNC megmunkálóközpont szerszámjai, szerszámbe fogói³⁴

A CNC esztergagépek szerszámjai között szinte kivétel nélkül csak szerelhető lapkás esztergakések fordulnak elő, mert ezek a szerszámok garantálják a nagy pontosságú gyártást, a jó élettartosságuk és masszív kialakításuk miatt.

A CNC gépek kezelésének elméleti alapismeretei

CNC gépek geometriai rendszere (koordináta rendszer, méret megadás)

1.4. 6. ábra Descartes féle jobbsodrású koordinátarendszer és a megmunkálógépen való elhelyezkedése³⁵

A koordináta rendszerek jobbsodrású, derékszögű Descartes-féle koordináta rendszerek. Az egyes tengelyek jelölései a következők:

X, Y, Z elsődleges tengelyek U, V, W másodlagos tengelyek A, B, C szögelfordulások.

³⁴ fotó: Kelet-szerszám Kft.

³⁵ Dr. Boza Pál, Dr. Pintér József – Gyártástechnológia (2011 www.tankonyvtar.hu)

A marógépeknél a pozitív Z tengely a főorsóba befelé mutat. Az esztergáknál fordítva, a főorsóból kifelé, a szegnyereg felé mutat. Az esztergák munkasíkja az X-Z sík.

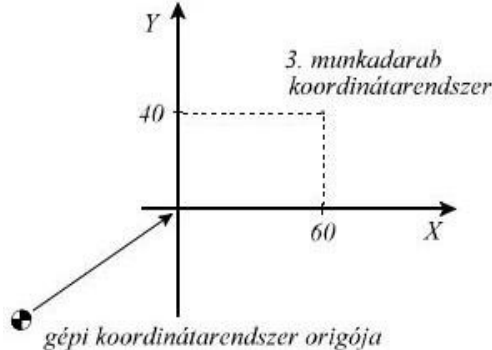
A **gépi koordinátarendszer** a szerszámgéphez kötött rendszer. A gépi koordináta rendszer „Z” irányát a gép főorsó iránya adja.

A **gépi nullpont** a gép vezérlésében megadható pont, amely a gép működése közben a mérés bázisa. A gép mozgásának vezérlése szempontjából két vezérlési jelleget különböztetünk meg, lebegő nullpontos, illetve fix nullpontos vezérlést. A lebegő nullpontos vezérlés esetén a gépi koordináta rendszer origója egy a gép mozgásterén kívül eső, elméletileg meghatározott pont, míg a fix nullpontos vezérlés esetén a gépi koordináta rendszer origója, vagyis a gépi nullpont egy a gép mozgásterén belül található nevezetes rögzített pont, amely egybe esik a referencia ponttal. A gépi nullpont helyét a szerszámgép gyártója határozza meg.

²A **referencia pont** a gép mozgásterében meghatározott nevezetes pont. A CNC vezérlésű gép vezérlőjének felkapcsolásakor a szerszám szánjai a gép mozgásterében bárhol állhatnak, a vezérlő elmozdulás tárolói pedig vagy üresek, vagy valamilyen korábbi adattal vannak feltöltve. Bekapcsoláskor a gép referencia pontba mozog és a gép mérőrendszere felveszi a gépi nullponthoz viszonyított koordináta értékeket, így munkára kész állapotba hozza a mérőrendszert. A referencia pontot is a gép gyártója határozza meg.

Nullponteltolás segítségével a gépi koordináta rendszerben adjuk meg a munkadarab koordináta rendszer helyét, vagyis a munkadarab nullpontját.

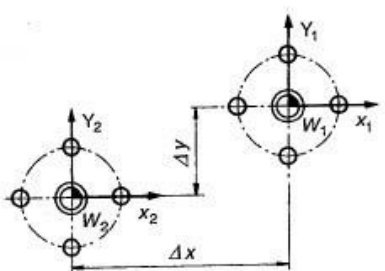
Az alkatrészzrajzon szereplő méretek az alkatrész egy bizonyos pontjához képesti méretek. Ez a pont a munkadarab koordináta rendszer nullpontja. Az alkatrészprogramba ezeket a méreteket kell beírni az egyes koordináta címekre.



36

Nullponteltolás

Mivel a gépi és a munkadarab koordináta rendszer nem esik egybe, de egyik a másikhoz képest van megadva, így a gépi- és a munkadarab koordináta rendszer között állandó Δx , Δy , Δz eltérés érték van. A gép vezérlője a gépi koordináta rendszerben számol, míg a programozó a CAM rendszerben a munkadarab nullpontjához képest adja meg a szerszám gép szánjainak elmozdulás értékét. A megmunkáló program futásakor a vezérlő az állandó eltéréseket a programozó által megadott x , y , z koordinátákhoz adja. Ez a transzformációs nullponteltolás.

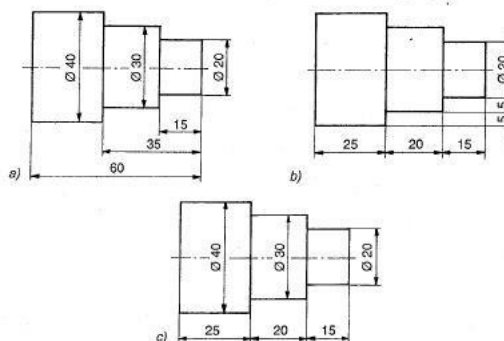


1.4.8. ábra Furatkép kialakítása nullpont eltolással³⁷

A nullpont eltolás sokban egyszerűsítheti a CNC gép programozójának munkáját. Nullpont eltolást alkalmazhatunk például furatképek megmunkálásánál, vagy egy alakos felület nagyolása és simítása során is. Ha a termelékenységet szeretnénk azzal növelni, hogy nagyobb sorozat gyártásánál több előgyártmányt helyezünk el a felfogó készüléken, vagy a satuban, abban az esetben is kiválóan alkalmazható a nullponteltolás. Az eredeti, vagy elsőnek megírt program munkadarab nullpontját ugyanis egyszerűen eltolhatjuk a többi előgyártmány ugyanazon nevezetes pontjához.

Abszolút és növekményes méretmegadás:

- a) abszolút méretmegadás, mérete
- b) növekményes méretmegadás, láncmé



c) vegyes méretezés

1.4. 9. ábra Méretmegadások³⁸

Nullpontfelvétel

A szerszámgép munkaterében a munkadarabot különféle módokon fogathatjuk le (pl. satu, felfogólap, készülék, leszorítók). Miután ez megtörtént, a munkadarab nullpontját, a munkadarab koordináta rendszerét meg kell határoznunk. A nullpont meghatározása a megmunkálási technológia függvénye. Egyszerű esetben egy marógép munkaterében felerősített satuba fogott munkadarab nullpontja a satu állópofája, a munkadarab felső síkja és a munkadarab bal oldali széle által meghatározott három sík metszéspontja.

³⁷ Czéh Mihály, Hervai Péter, dr. Nagy P. Sándor-CNC-programozás alapjai (MK1998)

³⁸ Czéh Mihály, Hervai Péter, dr. Nagy P. Sándor-CNC-programozás alapjai (MK.1998)



1.4.4. fotó Analóg Haimer 3D taster és Renishaw munkadarab bemérő³⁹

A nullpont felvétele több féle módszerrel lehetséges:

Az egyik és legegyszerűbb nullpont bemérési módszer az előre kiválasztott forgácsoló szerszám testével megérinteni a munkadarab bemérendő felületeit. Ebben az esetben X és Y irányú bemérésnél a marószerszám palástjával tapintunk, és a mérésnél figyelembe vesszük a szerszám átmérő felét, míg Z irányú bemérésnél legtöbbször az ismert kinyúlású szerszámmal tapintjuk meg a munkadarab

felületét. Nullpontfelvétel történhet nullpont indikátorral is. Ez pontosabb és megbízhatóbb módja a bemérésnek. A 15. ábrán analóg és digitális nullpontbemérő eszköz látszik. Az úgynevezett 3D-taszter egy x, y, és z irányban is működtethető mérőóra, mely biztonsági törő száron elhelyezett edzett acél, vagy rubin gömbbel érinti meg a munkadarabot, ezzel bemérve annak nullpontját. Ennek tovább fejlesztett változata az infravörös, vagy rádiós jeltovábbítású jellemzően Renishaw gyártmányú munkadarab bemérő, a modern CNC gépek elengedhetetlen kiegészítője. A szerszámgép munkaterében egy infravörös, vagy rádió vevőfej van elhelyezve oly módon, hogy az rálásson a bemérőfejre. A bemérőfej a szerszámgép kúpos főorsójában van elhelyezve, mint egy forgácsoló szerszám. A bemérés a szerszámgép vezérlésébe elmentett program szerint történik. A rádiójeles, vagy infravörös jeltovábbítású bemérő fejek is biztonsági törőszáron elhelyezett gömbbel érintik meg a munkadarabot. Az ilyen munkadarab bemérő fejek ismétlési pontossága 1µm.

Szerszám bemérés, szerszámkorrekció

A CNC program megírásakor meghatározzuk a program futtatása során használandó szerszámokat. Meghatározzuk a típusát, eszerint technológiai paraméterekkel látjuk el, de a szerszámok tényleges méretét nem adjuk meg. A szerszám tényleges méretét a CNC gépkezelő a program futtatásának előkészítése során adja meg. A szerszám hosszát, kinyúlását a CNC gépen hosszkorrekcióval adhatja meg, a szerszámtárhoz tartozó szerszám korrekciós regiszterben. A szerszámméret korrekció használata esetén az program útinformációinak kialakításához nincs szükség a szerszám méreteire, vagyis a programot a megmunkálandó kontúr alkotja.

A forgácsoló szerszámok bemérését végezhetjük a CNC szerszámgépen, vagy a gépen kívül egy erre alkalmas szerszám bemérő készüléken. A gépen belüli bemérésnél a szerszámgép beépített mérőrendszere segítségével állapítjuk meg a szerszám méreteit, mindenekelőtt a hosszát. A szerszámok átmérő méreteinek a korrekciós tárhoz történő megadása történhet mikrométerrel való mérés után, esetleg megadhatjuk a szerszámgyártó által megadott névleges átmérőjét is. A fúró jellegű szerszámoknál

³⁹ internet

automatikusan nulla értéket adunk meg, hogy véletlenül se lehessen náluk sugárkorrekciót (G41 vagy G42) alkalmazni.

Minden CNC marógép vezérlőnél alkalmazható a hagyományos szerszámhossz bemérési módszer, melynek a következők a lépései:

1. Fel kell venni a nullponteltolást, majd a szerszámot be kell helyezni a főorsóba és venni egy érintő fogást Z0 síkon.
2. Ezután leolvassuk az abszolút kijelzőről a szerszám hosszát.
3. A leolvasott szerszámhosszt bevisszük a szerszámkorrekciós tárba, a megfelelő mezőbe, majd ellenőrzésként egyedi mondatként 0%-on álló előtolás mellett lehívjuk a szerszámkorrekciót és ellenőrizzük a szerszám végére kihelyezett abszolút Z érték helyességét.

A gépen belüli szerszám bemérést jelentősen meggyorsítja az úgynevezett korrekció bemérés funkció.

1. A munkadarab nullpont bemérés után behelyezzük a bemérni kívánt szerszámot a főorsóba és érintő fogást veszünk Z nullponton, vagy ez felette lévő ismert távolságban lévő síkon.
2. A szerszámhoz tartozó szerszámkorrekció számát kiválasztva bevisszük a Z bemérési pozíciót. Az adatbeadás hatására a korrekciós tárba a vezérlő beírja a szerszámkorrekció értékét. Ugyanilyen méréssel a szerszám szerszámsugar korrekció adata is megadható.

A szerszámsugár korrekció

Ahhoz, hogy egy munkadarab kontúrját körbe lehessen marni az alkatrészrajzon szereplő méretek megadásával, a szerszám gép vezérlőjének a szerszám programozott pontját, középpontját a programozott kontúrral párhuzamosan kell vezetnie. A vezérlés a szerszám korrekciós tárból lehívott D szerszámsugár korrekció értékének függvényében állapítja meg a programozott kontúr és a szerszámpálya távolságát.

CNC vezérlők gyártó előre definiálnak, beépítenek egyes speciális programrészeket, melyek általában jellemző geometriai elemek kialakítására megírt programrészek. Marási ciklusok:

- Síkfelület nagyolása/simítása (síkmarás),
- Térfogatmarás nagyolás,
- Nagyolás fúrómozgással,

⁴⁰ Dr. Boza Pál, Dr. Pintér József – Gyártástechnológia (2011 www.tankonyvtar.hu)

- Fúrás,
- Horonymarás,
- Profilozás, stb. Esztergáló ciklusok:

- Területesztergáló ciklus
- Nagyoló esztergálóciklus
- Simító esztergálóciklus
- Nagyoló beszúróciklus
- Furatmegmunkáló ciklus
- Leszúrás
- Menetesztergálás Fúróciklusok:
- Egyszerű fúróciklus
- Forgácsolós fúróciklus
- Mélyfúró ciklus
- Dörzsárazó ciklus
- Menetfúró ciklus
- Furatesztergáló ciklus Megmunkáló ciklusok:
- Teraszó nagyolás
- Maradékmarás
- Kontúrozás
- Síkmarás
- Üregmarás
- Marás adott trajektória (pálya) mentén
- Furat megmunkálás
- Menetmarás
- Gravírozás

Programírás Az NC gépek fejlődése során a különböző gyártók külön fejlesztési utakat jártak, így az egyes gyártól gépeinek programozási nyelve nagyban eltért egymástól. Az NC vezérlések szabványosítása, egységesítése céljából létrehoztak egy szabványt, aminek a jele DIN 66025. Ebben a szabványban lefektették az NC programozási nyelvek alapját képező kódolás szabályait. Az egyes gépek programozása még így is eltérhet egymástól, mert a gépek telepítése során a szerszámgép és a PLC összehangolásakor lehetnek gépek között különbözőségek. Az egyes gépekre értelmezett nyelvet nevezzük a gép utasításrendszerének. Kézi programozás esetén a munkadarab kontúrt programozzuk, a szükséges geometriai és pályakorrekciókat a CNC gép vezérlése végzi el. Kézi programozási eljárást egyszerűbb esetekben célszerű végezni, **2D**-s síkmarások, **2,5D**-s zsebmarások, vagy esetleg egyszerűbb **3D**-s marási feladatok esetében. Ennél bonyolultabb **3**, **4** és **5D**-s feladatok esetén számítógépes CAM rendszer használata javasolt, mert a bonyolult formák egyszerű mondatokkal való leírása igen hosszadalmas feladat lenne.

Előkészítő funkciók (G kódok)

Egy adott mondat által végrehajtandó tevékenység típusát az előkészítő funkciók, vagy más néven G kódok segítségével írjuk le. Például: a G01 kód egyenes interpolációt vezet be. **A szócímzésű NC programnyelv alapvető G és M kódjai**

G00 Elmozdulás gyorsmenetben

G01 Egyenes interpoláció munkamenetben

G02 Körinterpoláció óramutató járásával megegyező irányban **G03** Körinterpoláció óramutató járásával ellenkező irányban **G17** Sík kiválasztása

G18 Sík kiválasztása **G19** Sík kiválasztása **G22** Alprogramhívás

G25 Referenciapontra állás

G26 Szerszámcsere pontra állás

G40 Élsugár korrekció kikapcsolása

G41/G42 Élsugár korrekció kontúrtól balra/jobbra **G53** Növekményes nullponteltolás kikapcsolása
G54 Abszolút nullponteltolás

G81 Fúróciklus

G84 Menetfúró ciklus **G85** Furat dörzsölése **G87** Téglalapüreg ciklus **G88** Életörés

G90 Abszolút méretmegadás

G91 Növekményes méretmegadás

G96 Állandó forgácsolási sebesség

M00 Programozott stop

M02 Program vége

M03 Főorsó forgás jobbra **M04** Főorsó forgás balra **M05** Főorsó forgás leállítás

M06 Az előkészített szerszám becserélése

M07 Első hűtőfolyadék szivattyú bekapcsolása **M08** Második hűtőfolyadék szivattyú bekapcsolása

M30 Program vége, program elejére állás

M99 Alprogram vége

F Előtolási sebesség

S Fordulatszám

T Szerszámcsere, szerszámszám

U Alprogram száma

% Főprogram azonosítója

N Mondatszám

A kézi működtetés üzemmódjai:

Referencia pontra futás

- Kézikerék

- Léptetés

- Mozgatás: mozgatást csak a gép bekapcsolt állapotában végezhetünk. A gépkezelő előlapján található +x, -x, +y, -y, +z, -z gombok lenyomásával a mozgás közvetlenül indítható.

A CNC alkatrészprogram minden, a munkadarab legyártásához szükséges információt tartalmaz. A CNC technológus a már meghatározott technológia sorrendje szerint alakítja ki a programot, amely mondatokból áll. Általában a program a mondatok sorrendjének megfelelően fut le. A CNC program **főprogramja** az adott munkadarabhoz rendelt program. A főprogram a program azonosítójától a program végét meghatározó karakterig tart. A főprogram felépítése függ a CNC gép vezérlése által megkívánt programszerkesztési elvektől, vagyis a CNC vezérlő posztprocesszora által meghatározott szabályoktól. A munkadarab geometriájától függően előfordulhat, hogy egyes geometriai elemek több helyen is előfordulnak a munkadarabon, mint például furatok, furatképek, zsebek, stb. Az ilyen több helyen előforduló alkotórészek megmunkálását a főprogramba alprogramokként illeszthetjük, melyeket többször is meghívhatunk a főprogram futása alatt. Az önállóan is működő, rövid, bármilyen főprogramba beilleszthető programokat **alprogramnak** nevezzük.

CAD-CAM

A számítógéppel segített tervezés a CAD (Computer Aided Design) mindig meghatározott termékkel kapcsolatos és annak konstrukciós, szilárdságtani, gyártástechnológiai, készülékezési, és egyéb tervezését foglalja magába. Az egyszerűbb CAD rendszerek 2 dimenziós alkatrészrajzok készítésére alkalmasak. Ez tulajdonképpen a hagyományos rajztábla kiváltása számítógépes eszközzel. A bonyolultabb CAD rendszerek napjainkban általában 3D modellező rendszerek. A 3D modellező rendszerekben elkészült termékmodellekből 2D műhelyrajz készíthető, illetve a 3D modell felhasználható a megmunkálás CAM programjainak elkészítésénél. A fejlett CAD rendszerek felhasználói felületén elemi részekből, pontokból, görbékből, síkokból és természetesen bonyolultabb felületekből felépíthető a termékmodell egyes nézete, vagy felület eleme, amelyből később a harmadik dimenziót is megkaphatjuk kihúzással forgatással, vagy egyéb művelettel. Az integrált tervező rendszerek a CAD és CAM modult is tartalmazzák, ezáltal a tervező mérnöknek lehetősége nyílik a megmunkáláshoz szükséges programokat is elkészíteni.

A korszerű CAD rendszerek szolgáltatásai

- Drótvázás geometria képzés
- 3D parametrikus alaksajátosságon alapuló modellezés, szilárdtest modellezés
- Szabad formájú felületmodellezés
- Automatikus összeállítás modellezés, melyek összetevői alkatrészek vagy más összeállítások lehetnek
- Műszaki rajz készítés a szilárdtest modellből
- Tervrészletek újbóli felhasználása
- A modell könnyű változtathatósága és változatok készíthetősége
- Szabványos alkatrészek automatikus generálása
- Tervek hozzáigazítása tervezési szabályokhoz és specifikációkhoz
- Tervek szimulációja legyártandó prototípusok elkészítése nélkül
- Műhelyrajzok és darabjegyzékek készítése
- Lehetőség arra, hogy más szoftverekkel adatot lehessen cserélni (export, import)
- Tervezési adatok kiadása közvetlenül a gyártás felé
- Közvetlen kapcsolat a gyors prototípus és gyors gyártás rendszerek felé
- Alkatrészek és összeállítások könyvtárának kezelése
- Tömeg és tehetetlenségi nyomaték számítás
- Ábrázolási segítségek biztosítása (sraffozás, elfordítás, takart vonalak eltávolítása stb.)
- Kinematikai és ütközésvizsgálat, stb.

A jelenleg leggyakrabban használt CAD-CAM rendszerek a következők:

- AutoCAD
- Siemens NX
- Catia
- Creo
- Solid edge
- Solid Works
- Topsolid

A CAD rendszerekben elkészített gyártmány modellek adják a CAM rendszerben a megmunkáláshoz szükséges CNC programok alapját. A megmunkálási modelleken definiálni kell az előgyártmányt és a kész munkadarabot, a gyártás eszközeit, berendezéseit, szerszámait. Integrált csúcs kategóriás szoftver esetén a saját modell fájl alkalmazható, önálló CAM szoftver esetén azonban valamilyen szabványos fájlcsere formátumban (IGES, STEP) kell a 3D geometriát a CAM rendszerbe felvinni.

A fejlett CAM rendszerekben a munkadarab, a nullpont, vagy nullpontok és a szerszámok definiálása után következhet a szerszám pályák kialakítása. A szerszám pályák különböző metódusok szerint alakíthatók ki, legyen az nagyolás, maradék anyag eltávolítás vagy simítás. A kialakított szerszám pályákat ezután a szerszám géphez rendelt úgynevezett posztprocesszor segítségével a szerszám gép CNC vezérlésének utasításkészletére fordítjuk le. Ha ez megtörtént, a megmunkáló program már futtatható a CNC megmunkáló gépen.

A CAM munkafolyamat a következők szerint zajlik:

A modell beolvasása: referencia alkatrész közvetlen beolvasása
konvertálás (IGES, STEP, X_T, stb) felületek javítása, módosítás

Művelettervezés: anyagminőség megadása

megmunkológép leírása, posztprocesszor előkészítése műveletek, műveletelemek sorrendje

Műveletelem tervezés: Szerszámok kiválasztása

technológiai részletek megadása szerszám pályák generálás (2D, 3D, 5D)

Dokumentálás: Posztprocesszálás Ellenőrzés Archiválás

A program megírása előtt készíteni kell egy **munkadarab-felfogási tervet/rajzot**, mely egyértelműen tartalmazza a munkadarab nullpontját, a megmunkálás koordináta rendszerét és a munkadarab és az előgyártmány fő befoglaló méreteit. A program megírása után célszerű elkészíteni egy **programkísérő szerszámlapot**, mely a programban használt szerszámok listáját, illetve azok geometriai jellemzőit és az azokhoz alkalmazandó technológiai paramétereket tartalmazza. Az ilyen szerszámlapokat a fejlettebb CAM rendszerek a program megírása után néhány kattintás után rendelkezésünkre bocsátják. A program megírása után a teszt következik, amely a szerszám gépen való próbafuttatást jelenti. A selejt gyártás elkerülése érdekében az esetleges hibák javítása után élesben is használható a program.

A kész megmunkáló programot többféle módon el lehet juttatni a CNC gép vezérléséhez, ezek közül néhány lehetőség:

- LAN hálózaton keresztül, szerverre csatlakozva
- USB vagy egyéb flash memória eszközön
- DNC(direct numerical control) üzemmódban
- E-mailben történő továbbítás CNC gépek biztonságtechnikája:

„A gépet kezelni, biztonságosan üzemeltetni csak akkor lehet, ha a betáplált programot értelmezni, a helyességét ellenőrizni tudjuk. A gépkezelőnek mindig előre kell látni a beavatkozásnak a következményeit!”

A forgácsoló munkavégzés közbeni veszélyforrások a következők lehetnek:

- védelem nélküli forgó, mozgó alkatrészek
- Anyagok, vagy tárgyak elmozdulása
- veszélyes felületek
- Villamos hálózatok és berendezések
- Zaj, infra és ultrahang
- Veszélyes anyagok belégzése

A CNC gépek üzemeltetésénél körültekintően kell eljárni, a a vezérlőmű bekapcsolt állapotában a vezérlő szekrényeket kinyitni tilos. A munkatér ajtó biztonsági kapcsolóját kiiktatni tilos, tehát a szerszámgépen nyitott ajtóval megmunkáló programot futatni tilos. Zajártalom és szemsérülés veszély elleni egyéni védőeszközök használata kötelező.

A szikraforgácsolás

A szikraforgácsolás elve. A **szikraforgácsolás (EDM, Electro-Discharge Machining)** az elektromos szikrakisülés roncsolóhatásán alapul. A munkadarabot és az EDM elektródát ellenfeszültségre kapcsolják és azokat egymáshoz közelítve szikrakisülések sorozatát hozták létre. A folyamat úgynevezett dielektrikumban, szigetelő munkafolyadékban megy végbe. A megmunkálás során a munkadarabon kialakul az elektróda geometriája. Az elektróda és a munkadarab között a dielektrikumban az egyenfeszültség hatására villamos tér alakul ki. A térerősség a két darab legközelebbi pontjai között a legnagyobb. A munkafolyadékban kis számban található elektromos töltésű részecskék (pozitív elektronok és negatív ionok) ebben az övezetben tömörülnek és egyre gyorsulva az ellentétes töltésű rész felé igyekeznek. Összeütköznek a dielektrikum részecskéivel, melyeket darabokra szakítanak, így a létrejön a két anyag között egy vezető csatorna, melyben a szikrakisülés 10 000 K körüli hőmérsékletre hevíti az anyagokat. Az elektródok talppontjában az anyag részben megolvad, részben elgőzölög. Az ionizált kisülési csatorna, más néven plazma kialakulása után az ívfeszültség gyorsan csökken és a kisülés instabillá válik. A plazma állapotú gázbuborék szétpukkan és a nagy dinamikus erő hatására a felhevült és gőzzé vált elektród anyagok kivetődnek, apró részecskékre esnek szét és a dielektrikumban szétoszlanak.

A szikraforgácsoló gépeket a szerszámgyártásban a szerszámok alakadó felületeinek kialakításánál használhatjuk. A **huzalos szikraforgácsoló gépek** kitűnően alkalmasak lemezalakító szerszámok vágólapjának és egyéb alakos kontúrral bíró elemének kimunkálására. A huzalszikra forgácsolás dielektrikumá gyantával lágyított, deionizált víz, amely korrózió gátló adalékokat is tartalmaz. A dielektrikum feladata a szikrakisülésen kívül hűtés, illetve a munkadarab és a gép hőntartása (általában 24°C körüli). Az elektród huzal anyaga réz. A huzal jellemző átmérője 0,1...0,3 mm között van.

A huzalos szikraforgácsoló gépek főbb részegységei

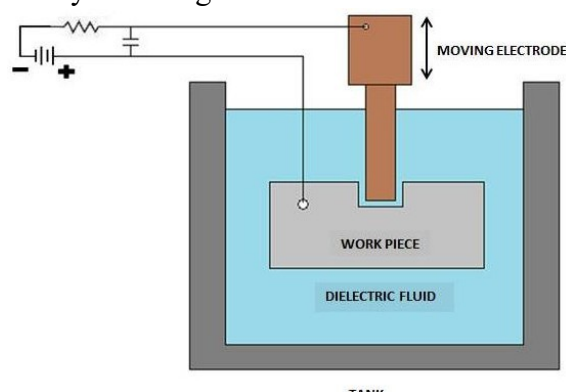
- a vezérelt impulzusgenerátor, amely a villamos kisüléshez szükséges egyenfeszültséget állítja elő
- a huzalelektróda továbbító egység, amely a huzal előtolását biztosítja
- alsó és felső fej, melyben helyet foglal a huzalvezető, ami a huzal pontos vezetéséért felelős
- áramátadó, a huzalra kapcsolja az impulzusgenerátor által előállított egyenfeszültséget
- mellékajtások, a megmunkálóközpontokhoz hasonlóan szervomotoros meghajtású golyósorsós hajtások
- tartály és a dielektrikum keringtetéséért felelős szivattyúk, hőntartó egységek és szűrők.

A **tömbös szikraforgácsolás** jellemzően a szerszámok formaüregének kialakítására használt gyártási eljárás. Az elektróda ebben az esetben egy alakos darab, melyet a szerszám gép munkadarab befogójába erősítve és arra, valamint a munkadarabra ellenfeszültséget kapcsolva létrejön a szikrakisülés. A tömbös szikraforgácsolás dielektrikumá jellemzően finomított petróleum származék. A tömbös szikraforgácsolás elektróda anyagának olyan anyagok felelnek meg, amelyeknek nagyon jó a villamos vezetőképességük, és mindemellett jól is forgácsolhatóak. Jellemző elektróda anyag a vörösréz, sárgaréz, különböző réz ötvözetek, valamint a wolfram és a grafit. Acélok szikraforgácsolásánál egyre jobban teret hódít a grafit elektróda anyag.

Tömbös szikraforgácsolásnál beszélhetünk **szikraközről**, vagy **oldalközről**, mint technológiai jellemzőről. A szikrakisülés következtében a munkadarab és az elektróda felülete között az áram, a felület, az anyagminőségek jellemzőinek függvényében egy rés jön létre. Ez a rés a szikraköz, vagy oldalköz.

A tömbös szikraforgácsoló gép felépítése, főbb részei (1.4.11. ábra)

- vezérelt impulzusgenerátor
- mellékajtások
- elektróda felfogó
- dielektrikum tartály és keringtetés



1.4. 11. ábra Tömbös szikraforgácsolás elve⁴¹

A korszerű CNC vezérlésű huzalos szikraforgácsológépek több olyan beépített funkcióval rendelkeznek, amelyek megkönnyítik, meggyorsítják, gazdaságosabbá teszik

⁴¹ www.min.uc.edu

a gyártást. A szikraforgácsoló gépek kezelő felületei hasonlóak a CNC vezérlésű megmunkálóközpontokéhoz.

A Sodick AQ 750L szikraforgácsoló gép vezérlője a következő kiegészítő funkciókat tudja nyújtani:

- USB vagy soros porton keresztül dxf kiterjesztésű munkadarab kontúr rajz importálása
- kontúrszerkesztő program
- pályageneráló program
- tükrözés, forgatás, kicsinyítés nagyítás a pályaelemek között
- koordinátarendszer elforgatás, melynek segítségével a felhelyezett munkadarabot megmunkálás előtt nem szükséges nevezetes irányokban kiórázva leszorítani, mert a vezérlés a koordináta rendszert a bemért munkadarabot kiállítja egy nevezetes iránynak.
- karbantartási figyelmeztetések (szűrő csere, áramátadó csere)
- elektróda és munkadarab anyagminősége és a megmunkálendő felület mérete szerint szikraköz számítása, mely megkönnyíti az elektródatervezést.

Szikraforgácsoló elektróda és munkadarab befogó rendszerek

A huzalos szikraforgácsoló gépek készülékezése nagyban hasonlít a CNC vezérlésű, vagy hagyományos marógépekéhez. Gépsatuk, leszorítók, mágnesasztalok, illetve felfogó készülékek alkotják a készülékezést, de néhány speciális jellemzőt figyelembe kell venni. A huzalos szikraforgácsoló gépek dielektrikuma víz, amely bár korrózió gátló adalékokkal el van látva, mégis erősen korrodálja a benne lévő eszközöket, készülékeket. A gyakran, sorozatgyártáshoz használt szikraforgácsoló készülékeket, illetve azok leszorítására használt csavarokat, leszorítókat célszerű saválló acélból készíteni. A huzalszikraforgácsolás készülékezése, vagy inkább munkadarab felfogásánál még egy fontos szempontot figyelembe kell venni. A készüléknek huzalelőtölés irányban, vagyis függőlegesen nyitottnak kell lennie a megmunkálás környezetében, különben a megmunkálendő munkadarab vágási kontúrjának megfelelően a készülék darabját is eltávolítjuk.

A tömbös szikraforgácsoló gépek elektróda felfogó rendszerei nagyon fejlettek. Több gyártó biztosít hasonló elven működő rendszereket, ezek például a System 3R, vagy az Erowa.

A következőkben bemutatásra kerül a +GF+ Georg Fischer cég által gyártott System 3R rendszer Macro termékcsaládja.

A System 3R Macro termékcsaládja egy felfogó rendszer, amely pontos és masszív munkadarab és elektróda megfogást biztosít.

Egyszerű hornyolt palettát mutat az ábra, amelyekbe csavarok segítségével erősíthetők a munkadarabok, vagy elektródák, de a pontosabb megmunkálásokhoz csavarokkal és illesztőszegekkel felszerelendő palettákat alkalmaznak. A palettával felszerelt elektróda, vagy munkadarab 0,005mm ismétlési pontossággal felszerelhető.



1.4. 5. fotó System 3R⁴²

Az elektródák megmunkálása már ezen rendszer elemeire erősítve történik, majd a megmunkáló géptől az ellenőrzés után a tömbös szikraforgácsoló géphez kerül. A szikraforgácsoló gép szerszám megfogójára erősítve a beállási koordináták ismeretében indulhat a megmunkálás.



1.4. 6. fotó Grafit elektróda System 3R felfogó palettával⁴³

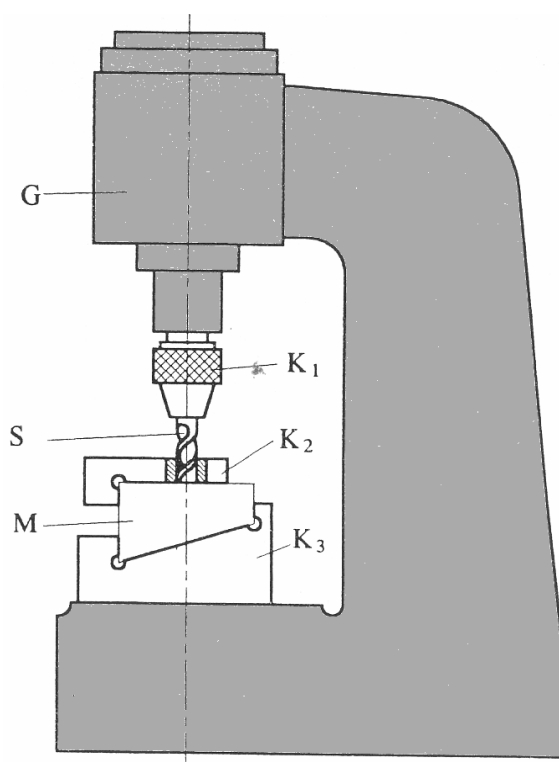
Készülékelemek, készülékek, szerelés

Az MKGSI rendszer

A gépi forgácsolásokat az úgynevezett **MKGSI rendszerben** vizsgáljuk, melynek elemeit a következő ábra segítségével tudjuk szemléltetni.

⁴² [.system3R.com](http://system3R.com)

⁴³ fotó:Kelet-szerszám Kft.



1.5.1. ábra. MKGSI rendszer⁴⁴

A betűk jelentése a következő:

M = Munkadarab. (A technológia tárgya, vagyis a rendszer azon eleme, amelyen a forgácsolással az átalakítást elvégezzük.)

G = Gép. (Mégmunkáló gép.) Olyan bonyolultabb, nem emberi erővel működtetett berendezés, amelynek legfontosabb feladata a forgácsleválasztáshoz szükséges mozgások és erőhatások biztosítása.

S = Szerszám. Olyan különböző bonyolultságú eszköz, amellyel a forgácsolást elvégezzük, tehát a szerszám a munkadarabot közvetlenül alakítja. A forgácsoló szerszámokat is sok szempont szerint lehet osztályozni. A legelterjedtebb a forgácsoló élek száma szerinti osztályozás, amely szerint lehetnek:

- **egyélű szerszámok** (esztergakések, gyalukések, vésőkések)
- **kétélű szerszámok** (csigafűrő)
- **szabályosan több élű szerszámok** (marók, üregelő tuskék)
- **szabálytalanul sok élű (abrazív) szerszámok** (köszörűkorongok)

I = Irányítás. A rendszer működtetése, például elindítása, bekapcsolása, leállítása stb. Lehet kézi, vagy automatikus az NC és CNC forgácsoló technológiáknál.

K = Készülék. A készülék a rendszer három fő elemét (**M, G, S**) összekötő eszköz, mely közvetlenül nem vesz részt a megmunkálási, forgácsolási folyamatban, de az adott technológia műszakilag megfelelő és gazdaságos megvalósításához nélkülözhetetlen. A készülék sokszor a gép tartozéka. A készülékeken keresztül záródik a megmunkálási erőfolyam. A nagy pontosságú sorozat- és tömeggyártás, mely csereszabatos

⁴⁴ Horváth M. – Markos S. Gépgyártástechnológia 45018 Műegyetemi Kiadó

alkatrészeket állít elő gazdaságosan, készülékek alkalmazása nélkül elképzelhetetlen. A készülékek a rendszerben betöltött **kapcsolatlétesítő szerepük** szerint lehetnek:

- **Szerszám-befogó készülékek (K1)** pl. fűrőtokmány, marótüske stb.
- **Munkadarab-befogó készülékek (K3)** pl. esztergatokmány, gépsatu stb.
- **Szerszámvezető készülék (K2)** pl. fűrőkészülék, kúpvonalzó stb.

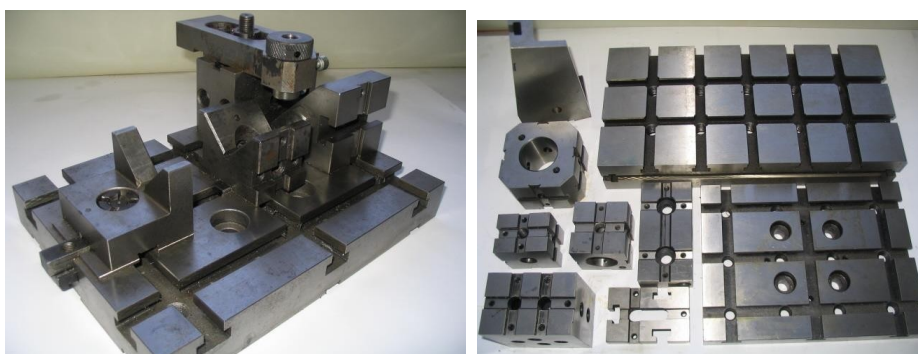


1.5.2. ábra. Készülékek kapcsolatlétesítő szerepe

A készülékek más szempontok szerint is osztályozhatók.

- Technológiai rendeltetésük szerint lehetnek:
 - forgácsoló készülékek (esztergakészülékek, fűrőkészülékek, marókészülékek)
 - hegesztő készülékek
 - szerelő készülékek
 - adagoló készülékek
 - szerszámcsereelő készülék.
- A készülék felhasználhatósági területe szerint lehetnek:
 - - egyetemes készülékek
 - - speciális (különleges) készülékek
 - - elemekből összerakható készülékek.

Az egyetemes készülékek kereskedelemben kaphatók, a speciális készülékeket meg kell tervezni, le kell gyártani és ezután kerülhet sor az alkalmazásukra. Az egyetemes készülékek sokféle szerszám vagy munkadarab befogására alkalmasak. Ilyenek például a tokmányok, síktárcsák, gépsatuk, mágnesasztalok, körasztalok, osztófejek. A szerszámkészítő a speciális készülékek elemeit gyártja le, illetve a legyártott és a kereskedelemben kapható készülékelemekből építi össze a speciális készüléket. Ezek rendszerint csak egyetlen munkadarab gyártásához, vagy sokszor csak a gyártás egy műveletének elkészítéséhez alkalmazhatók. Ezért készülékezési költségük jelentős.



1.5.3. ábra. EÖK készülékrendszer⁴⁵

Az elemekből összeállítható készülékek (EÖK) a LEGO játékokhoz hasonló módon elemekből széles variációs lehetőséggel összeépíthető, nagy pontosságú készülékek. Az elemek összessége olyan készletet alkot, amely minden tekintetben kielégíti a biztonságos és pontos gyártás követelményeit. Belőlük a készülék gyorsan megépíthető és a munkadarabok legyártása után könnyen szétszerelhetők, továbbá szétszedés után újra felhasználhatók más készülékek építéséhez.

A készülékeket alkotó „alkatrészek”, a készülékelemek a betöltött feladatuk szerint lehetnek fő készülékelemek és egyéb készülékelemek.

A **fő készülékelemek**: a helyzetmeghatározó elemek, a szorító elemek, a készüléktest és a készüléktájoló elemek. Ezek szinte minden készülékben megtalálhatók. **Egyéb készülékelemek** a szerszámvezető elemek, az osztószerkezetek elemei, de ide sorolhatók az általánosan használt gépelemek, kötőelemek is. (pl. rugók, illesztőszegek, csavarok, alátétek stb.) A szerszámkészítő a készülékgyártásnál főleg oldható kötések alkalmazásával szereli össze a készülékelemeket készülékké.

A helyzetmeghatározás és készülékelemei

A munkadarabok helyzetmeghatározása a készülékek legfontosabb feladata. Helyzetmeghatározásnak nevezzük a munkadarabok mindig azonos helyzetének biztosítását a megmunkálást végző szerszám éléhez viszonyítva. Természetesen a szerszámok esetében is értelmezhető a helyzetmeghatározás.

A helyzetmeghatározással a munkadarab mozgási lehetőségeit vesszük el, azaz megfosztjuk mozgási szabadságfokaitól. Egy testnek (munkadarabnak) 6 fő mozgási lehetősége, szabadságfoka van:

- a 3 tengely körüli elfordulás (rotáció): ezek billenést eredményeznek,
- a 3 tengely menti elmozdulás (transzláció): ezek elcsúszást okoznak.

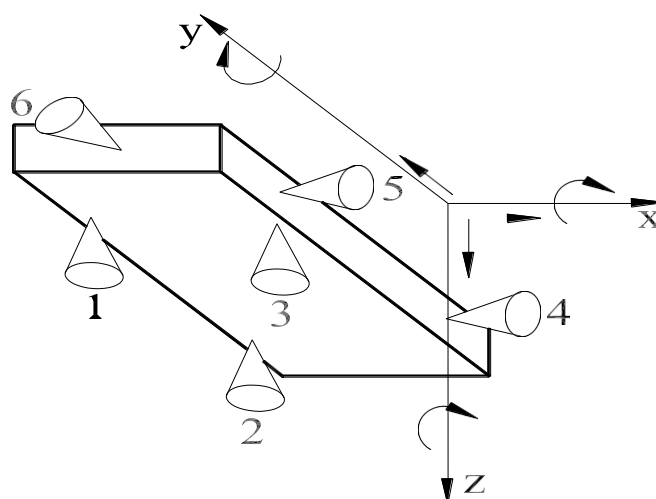
A teljes helyzetmeghatározást e hat szabadságfok elvételével lehet biztosítani. Ez az ún. hatpont szabály.

- a támasztósík 3 szabadságfoktól foszt meg, (3 támasztási pont)
- a vonalmenti támasz további 2 szabadságfoktól, (2 támasztási pont)
- a pontszerű támasz az utolsó szabadságfoktól is megfosztja a testet, vagyis a munkadarab helyzete meghatározódott.

Tehát hat megtámasztási ponttal a készüléken belüli helyzetmeghatározás egyértelműen elvégezhető!

⁴⁵ <http://e3n-eszterga.gportal.hu/>

Túlhatározottság: komoly készülékezési hiba, kerülni kell. (Pl. a támasztósíkot 4 db ülékkel helytelen megadni, durva felületű munkadarabok esetén ez billegést eredményezne. Három pontos megtámasztás a legstabilabb, de a leszorító erőknek ilyenkor is az ülékek által meghatározott határolófelületen belül kell hatnia.)



1.5.4. ábra. Szabadságfokok elvétele⁴⁶

A helyzetmeghatározás készülékelemei az ülékek és a támaszok. Az **ülékek** elsődleges feladata a helyzetmeghatározás, vagyis a megfelelő szabadságfokok elvétele. Meghatározott felületen (a munkadarab bázisfelületén) fekszenek fel és szigorú pontossági követelményeknek kell

megfelelniük. A **támaszok** a munkadarab forgácsoló erővel szembeni megtámasztását végzik, de a helyzetmeghatározásban is részt vehetnek. Megakadályozzák a megmunkálás közbeni káros deformációkat. Nincsenek szigorú pontossági előírások velük szemben.

Az ülékek lehetnek fix ülékek (csapos vagy lapos fix ülékek) és mozgó ülékek (beállíthatók vagy önbeállók). A támaszok az ülékekhez hasonlóan lehetnek fix, állítható vagy beálló kivitelűek.

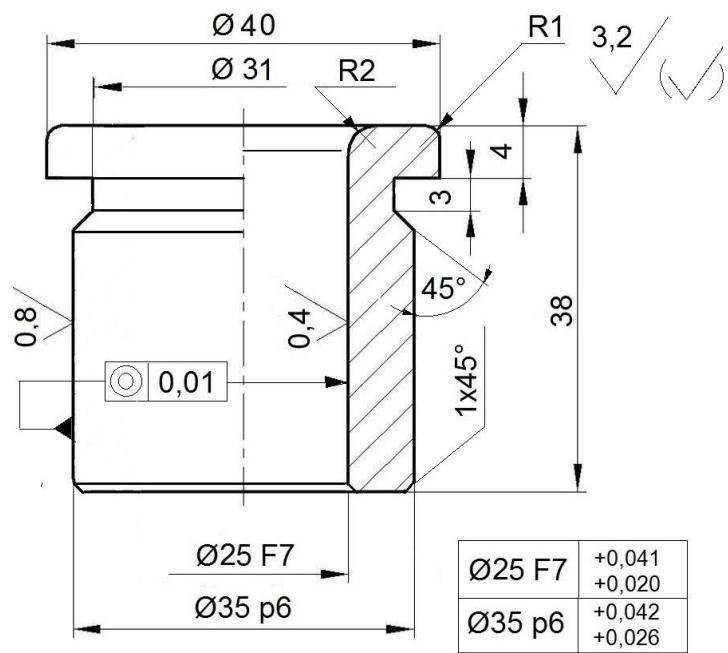
A **szerszámvezető készülékek** tipikus fajtája a fúrókészülék, melynek fő szerszámeleme a fúrópersely. A fúróperselyek határozzák meg a készülékben a furatmegmunkáló szerszámoknak a munkadarab bázisfelületéhez és egymáshoz viszonyított előírt helyzetbe vezetését. A perselyek a furatmegmunkáló szerszámok megmunkálás közbeni káros deformációját is csökkentik. Lehetnek állandó és cserélhető perselyek.

Az állandó (fix) perselyek a készülékbe szilárdan illeszkednek (H7/p6). Lehetnek peremes vagy perem nélküli (hengeres) kivitelűek.

Cserélhető fúróperselyt akkor alkalmazunk, amikor a furatot több különböző átmérőjű szerszámmal kell készre munkálni. A cserélhető perselyt edzett alappersely közbeiktatásával szereljük a készülékbe laza illesztéssel (F7/h6), ezért azt fúrás közbeni elfordulás és kiemelkedés ellen rögzíteni kell.

⁴⁶ blackmumus.gportal.hu/portal/.../78969_1329767005_09999.ppt

A következő ábrán egy peremes fúrópersely alkatrészrajza látható. Válasszunk anyagminőséget, előgyártmányt és készítsük el a legyártásához a műveleti sorrendet!



1.5.5. ábra. Peremes fúrópersely alkatrészrajza

A fúróperselyt a készülékfedélbe szereljük, Ø35 H7/p6 szoros (szilárd) illesztéssel. Határozzuk meg a legnagyobb fedés (LNF=?) és a legkisebb fedés (LKF=?) értékét, ha a furatnál a tűrésmező értéke 25 mikrométer!

Számítsuk ki a F7-es tűrésű perselyfurat által vezetett h7-es tűrésű csigafúró illesztésénél a legnagyobb játék (LNJ=?) és a legkisebb játék (LKJ=?) nagyságát, ha a csigafúrónál a tűrésmező értéke 21 mikron!

	+
Ø35 H7	0,025
	0

	0
Ø25 h7	- 0,021

LEGNAGYOBB	FEDÉS	LNF = Ø35,042 - Ø35,000 =
------------	-------	---------------------------

(LNF)	0,042 mm
LEGKISEBB FEDÉS (LKF)	$LKF = \varnothing 35,026 - \varnothing 35,025 = 0,001 \text{ mm}$
LEGNAGYOBB JÁTÉK (LNJ)	$LNJ = \varnothing 25,041 - \varnothing 24,979 = 0,062 \text{ mm}$
LEGKISEBB JÁTÉK (LKJ)	$LKJ = \varnothing 25,020 - \varnothing 25,000 = 0,020 \text{ mm}$

Az **osztókészülékek** legismertebb változata az egytetemes osztófej, melynek felépítéséről, alkalmazásáról az 1.3 fejezetben van szó.

Szerszám-és készülék gyártása, üzemeltetés, javítás és minősítés

Térfogatalakítások, szerszámai, gépei

Forgács nélküli alakítások jelentősége, rendszerezésük

Az alkatrészek előállítási módszerei két nagy csoportba sorolhatók. Készülhetnek forgácsolással és forgács nélküli alakítással. Természetesen vannak olyan alkatrészek, amelyen forgácsolás nélküli technológia mellett forgácsoló megmunkálás is szükséges. A forgácsolással kapcsolatos alapfogalmakat az 1.3.1. fejezetben foglaltuk össze. Napjaink korszerű forgács nélküli technológiáival arra törekszünk, hogy az alkatrészek végleges alakját, méretét minél jobban megközelítsük. Utólagos megmunkálásokra lehetőleg ne kerüljön sor, ez főleg tömegcikkék gyártásánál fontos. Képlékeny alakítás során a megváltozott mechanikai tulajdonságoknak (szilárdság és keménység növekedés) is nagy szerepe van, ugyanakkor sok fém képlékenyen csak korlátozott mértékben alakítható. A forgács nélküli alakításokat és szerszámaikat jegyzetünk következő csoportosításban tárgyalja:

- a) Térfogatalakítások (öntés, porkohászat, képlékeny hideg- és melegalakítások)
- b) Lemezalakítások (anyagszétválasztásos, ill. képlékeny lemezalakítások)
- c) Műanyagok alakítása.

Öntési technológiák és szerszámaik.

Az öntés olyan alakadó technológia, amely során a folyékony öntőanyagot egy megfelelően kialakított üregbe (un. formaüregbe) juttatjuk. Az öntőanyag a megszilárdulás után felveszi az öntőüreg alakját. Az így nyert, megszilárdult fémtermék az öntvény. A formaüreg a formában helyezkedik el, melyet a veszendő formás eljárásoknál minta segítségével alakítanak ki. A minta az elkészítendő öntvénynél valamivel nagyobb (öntési zsugorodás: 1-2%). A szerszámkészítők a tartós

formás öntések fémből készített öntőszerszámaikat (kokillákat) gyártják. Ezeknél a formaüreget korszerű CNC marással, szikraforgácsolással alakítják ki. A kokillák az öntvények eltávolítása miatt osztott kivételűek. Ha az öntvény üreggel rendelkezik, akkor úgynevezett magot is kell használni, ami az üreget testesíti meg. Az öntési technológiák legtöbbje csak előgyártmányt eredményez, tehát azokat utánmunkálással (forgácsoló technológiákkal) munkálják készre.

Öntő eljárások rendszerezése:

- Öntőanyag szerint: (öntöttvas öntés, acélöntés, alumínium és könnyűfémek öntése, színesfémek (Cu) öntése stb.)
- Az öntőforma osztottsága szerint: (osztott és osztatlan formás öntés)
- Az öntőforma felhasználhatósága szerint:
 - Veszendőformás öntések. Ezeknél az öntés után az öntvény kivételénél a forma megsemmisül, tehát csak egy öntésre alkalmasak. A forma készülhet többször felhasználható, tartós mintával (pl. homokformázásos és héjformázásos öntések), vagy egyszer felhasználható, veszendő mintával (pl. precíziós és mintakiégetéses öntések).
 - Tartós (állandó) formás öntések. (pl. gravitációs kokillaöntés, kisnyomású, hidegkamrás, melegkamrás, centrifugál öntés). A fémből készült öntőszerszám neve kokilla. A kokilla öntőürege határozza meg az öntvény méretpontosságát és felületi minőségét (1,6 – 3,2 mikronos átlagos érdesség érhető el).
 - Napjainkban a szerszámgyártó vállalkozások a korszerű forgácsoló technológiákkal bonyolult alakú öntőüregeket is tudnak nagy pontossággal, jó felületi minőséggel gyártani. Ez költséges tevékenység, ezért a kokillaöntés csak sorozatgyártásnál gazdaságos technológia. (A fém öntőforma több ezer, esetleg tízezer öntvény leöntésére is alkalmas.)

A kokillák tervezésénél nagy figyelmet kell fordítani az osztósíkok helyes megválasztására, a szerszámfelek összevezetésére és törekedni kell a szerszám megközelítőleg egyenlő falvastagságának biztosítására. A fémformában az öntőanyag gyorsabban hűl le, mint a homokformákban. Sokszor a kokillák előmelegítése szükséges. Az osztott kokillák nyitása, zárása és az öntvény eltávolítása gépesíthető, automatizálható.

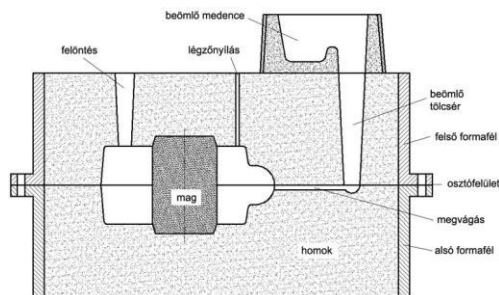
A továbbiakban csak néhány öntészeti eljárást mutatunk be vázlatosan. Homokformázásos öntés. (2.1.1. ábra) A legismertebb, széles körben alkalmazott eljárás, melynél a formát 8 – 15% agyagtartalmú kvarchomokból készítik, kötő- és adalékanyagok hozzáadásával. A formázás minta segítségével több részből álló, osztott formaszekrényben történik. A felső részben alakítják ki a

beömlő rendszert, ha üreges az öntvény magot is használunk, mely nagyobb szilárdságú formahomok keverékből készül. Az öntés során keletkező [gázok](#) elvezetéséről légzőfuratokkal, a dermedés közbeni zsugorodás miatti fémutánpótlásról tápfejjel vagy felöntéssel gondoskodnak.

Precíziós öntésnél a minta alapanyaga [viasz](#), amelyet fém mesterformába sajtolással állítanak elő. A szerszámkészítő a viaszminták sorozatgyártására alkalmas szerszámot készítik. A viaszmintákat hasonló anyagú és fűrtös alakú közös beömlő rendszerre erősítik (bokrosítás). A formázás folyékony formázóanyagba való ismételt mártogatásból és szárításból áll. A formázóanyag általában [szilikátpor](#) tartalmú [emulzió](#). A réteg hizlalását addig folytatják, míg el nem éri a 2–10 mm vastagságot. Ezután durvább szemcséket tartalmazó formázóanyagba mártogatják, majd a végleges vastagság elérése után kiolvasztják a viaszt, az üres kéregformákat pedig kiégetik. Öntéshez a formákat homokba ágyazzák és kiöntik folyékony fémmelel. Precíziós öntéssel változatosabb alakú és pontosabb, jobb felületű öntvények állíthatók elő, de csak kisebb darabok esetén alkalmazható.

Hidegkamrás présöntés. Nyomásos kokillás öntés. A fémmelel külön kemencében olvasztják meg, és öntvényenként adagolják az öntőgébbe. Ezalatt a folyékony fém kissé lehűl, sűrűn-folyóssá válik. Ezért a dugattyú nagy nyomással (35 - 250 MPa) préseli a kokillába.

Melegkamrás fröccsöntés. A nyomókamra az olvadékfürdőbe merül. Az öntőnyomás alacsonyabb, mint a hidegkamrás présöntésnél (25 - 35Mpa), hiszen a fémolvadék híg folyósabb. Öntőgépen, többrészes kokillába történik az öntés. Az öntőgép nyitja és zárja a szerszámfeleket, az olvadt fémmelel pedig belövi a kokillába. Előnye az eljárásnak a nagy termelékenység, a nagy pontosság és a kiváló felületi minőség. (2.1.2. ábra)



2.1.1. ábra. Homokformázásos öntés⁴⁷

2.1.2. ábra. Nyomásos öntéssel készült alkatrész⁴⁷

Centrifugális (pörgető) öntések. A forma (fém- vagy homokforma) forog, így a folyékony fémet a centrifugális erő szorítja a forma falához. Az eljárás forgásszimmetrikus öntvények (csövek, gyűrűk, perselyek, tárcsák stb.) gyártására alkalmas. Tömör, pórusmentes öntvények készíthetők. Kettősfémöntés (siklócsapágy perselyek) is végezhető. További előny, hogy nincs szükség magra, beömlőre, tápfejre. Van függőleges és vízszintes forgástengelyű változata.

Porkohászat

Olyan alakadó technológia, amelyben szilárd állapotú porokból nagy nyomású sajtolás, majd magas hőmérsékletű izzítás után alakul ki a porkohászati gyártmány. Ezzel a technológiával lehetőségünk van olyan anyagok keverésére is, amelyek normál ötvözéssel és más eljárásokkal nem elegyíthetők, sőt fémes és nemfémes anyagok is összekeverhetők. Méret pontos, jó minőségű termékek állíthatók elő vele. Hátránya a porkohászatnak az, hogy az előállítható darabok általában csak kisebb méretűek lehetnek, az eljárás viszonylag drága, és ezért csak tömeggyártásban gazdaságos. A porkohászat lépései: a porok előállítása és összekeverése, a kívánt forma sajtolása, hőkezelés, utókezelés.

Porok előállítása. A porok lehetnek fémporok és nem fém (grafit) porok. A fémporokat mechanikus aprítással, őrléssel, fémolvadék elporlasztásával, elgőzölgötetett fém lecsapatásával, fémoxidok redukálásával, illetve elektrolízissel állíthatók elő. A megfelelő összetételt adagolással állítják be és a keveréssel (pl. keverődobban) biztosítják a keverék homogenitását. A porkeverék gáztalanítása, nedvességtartalmának eltávolítása is ekkor történik. Sajtoláskönnyítő adalékanyagot (olajat, glicerint) is adagolnak a porokhoz.

Alakadás. Porkohászati sajtolószerzámban végzik, aminek előállítása szintén szerszámkészítő feladat. Lehet egyenirányban és ellenirányúan sajtolni. Lényeges, hogy a sajtolt féltermék sűrűsége és szilárdsága lehetőleg a teljes térfogatban azonos legyen. A sajtolást mechanikus vagy hidraulikus működtetésű sajtón végzik, a sajtolónyomás 100– 1000 MPa. Sajtolás után a fémszemcsék a pontszerű érintkezéseknél hidegen összehegednek. Az így kapott félgyártmány rideg, törékeny, krétához hasonló állagú.

Zsugorító hőkezelés (szinterezés).

Az izzítás hőmérséklete a fő komponens olvadáspontjának kb. 0,7-szerese. Védőgázban, vagy vákumban történik. A hőhatásra újrakristályosodás és diffúzió indul meg, melynek

⁴⁷ www.wikipedia.org/wiki/Öntészet

következtében alakul ki az összefüggő kristályszerkezet. A kiindulási térfogat különböző mértékben csökken ilyenkor. A zsugorítást követően a darabokat vagy közvetlenül felhasználhatják, vagy pontos

alakjukat és méreteiket kalibrálással vagy forgácsolással pontosítják. A kalibrálás előnye a felületi rétegek tömörödése. Utókezelésnek számít az önkenő, porózus siklócsapágy perselyek olajjal való telítése is.

Szinterezés alkalmazási területei, szinterelt alkatrészek, termékek.

- un. álötvözetek készítése, amelyeket hagyományos ötvözéssel, folyékony állapotban nem lehet létrehozni. (Pl. Fe-Pb, W-Cu, Cu- grafit)
- bonyolult alakú, erősen tagolt kisebb alkatrészek gyártása,
- szivacsos, nagy porozitású szűrőanyagok gyártása,
- önkenő silócsapágy perselyek gyártása,
- keményfém és kerámia szerszámlapkák gyártása.

Képlékeny alakítások

Képlékenyek vagy alakíthatók azok a fémek, amelyeknek alakja megfelelő igénybevétellel az anyagi összefüggés megszakítása (törés, repedés) nélkül jelentős mértékben maradónan változtatható. A képlékenységgel ellentétben a ridegség. A rideg fémek képlékeny alakváltozás nélkül, vagy jelentéktelen mértékű alakváltozás után eltörnek. Képlékenyalakításkor a fémkristályok egyes részei egymáshoz képest elcsúsznak anélkül, hogy a kristály egysége megszűnne. A fémek képlékenyalakítása történhet melegen, hidegen vagy félmelegen. A felmelegített darabok kisebb erőhatással alakíthatók, mert ilyenkor kisebb az alakítási szilárdság (k_f) értéke. A meleg- és a hidegalakítás között az adott fémre jellemző újrakristályosodási hőmérséklet a választóvonal.

Képlékenyalakítás következményei, jellemzői:

- Alakítási keményedés

A szakítószilárdság (R_m) és a folyáshatár (R_{eH}) értéke növekszik, a nyúlás (A) és a kontrakció (Z) értéke csökken. Az alakítási felkeményedés megszüntethető újrakristályosító hőkezeléssel. Ha az újrakristályosodási hőmérséklet feletti hőmérsékleten végezzük a képlékeny alakítást, akkor az egymást követő alakítási műveletek között a fém újrakristályosodik, azaz nem lép fel keményedés. Ilyenkor képlékeny melegalakításról beszélünk. Ezzel szemben a hidegalakítás során a darab keményedik, ami egy idő után akár lehetetlenné is teheti a további alakítást. Ilyenkor – ha további képlékenyalakításra van szükség – a fémét újrakristályosító lágyítással ismét alakítható állapotba kell hozni.

- Szálas szerkezet, textúra kialakulása

Az alakítóerő hatására a kristallitok azonos irányban, az alakítás irányában megnyúlnak, így kialakul az alakítási textúra. Szálirányban a gyártmány tulajdonságai jobbak, mint arra merőlegesen. Ezt a különbözőséget anizotrópiának nevezzük. (Pl. hidegen hengerelt táblalemez anizotrópiája.)

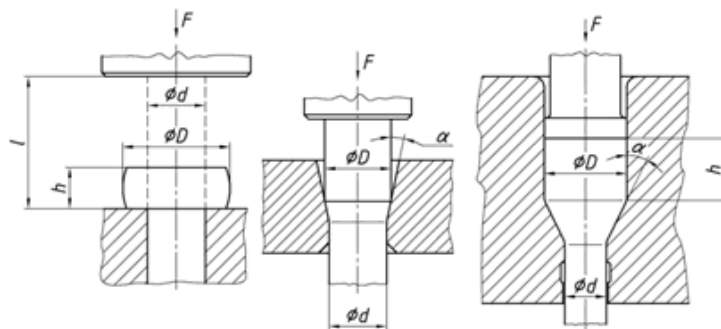
- Gazdaságos anyagfelhasználás

Képlékenyalakításkor minimális ráhagyással, vagy ráhagyás (anyagveszteség) nélkül alakítható ki a gyártmány szemben a forgácsolással, ahol a ráhagyást forgács formájában (anyagveszteség) választjuk le.

Képlékeny hidegalakítások

A hideg térfogatalakítás alatt szűkebb értelemben a zömítést, a redukálást és a folytatást értjük. Az említett technológiáknál az alakítást nyomó szerszámmal végzik. Tágabb

értelemben a hideg térfogatalakításhoz tartoznak még forgó, illetve húzó szerszámmal végzett alakítások is.

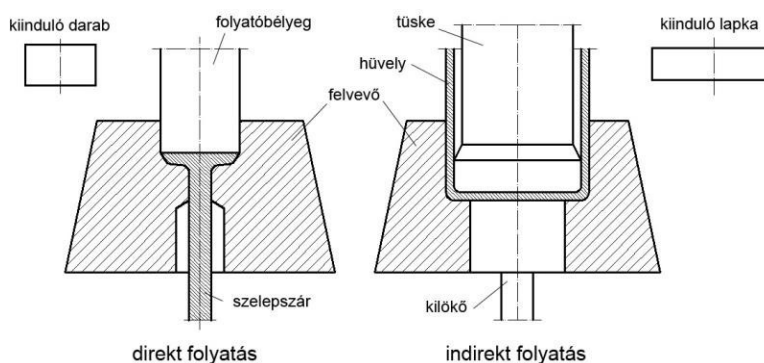


2.1.3. ábra. Fejzömítés, redukálás előrefolytatás⁴⁷

A hideg térfogatalakítást elsősorban a sorozat és tömeggyártásban alkalmazzák, ugyanis csak ezeknél a gyártási eljárásoknál érvényesül az ide tartozó technológiák anyagtakarékos jellege, termelékenysége, illetve csak ezeknél a gyártási eljárásoknál térül meg a jellemzően magas szerszámzárási költség. Egyik leggyakoribb alkalmazási területe a kötőgépelemek (pl. csavarok) gyártása. A hideg térfogatalakítással készült munkadarabokra, előgyártmányokra jellemző a viszonylagosan nagy méretpontosság (IT 8 – IT 11), a jó felületi minőség ($R_a = 0,8 \dots 3,2$ mikron).

Gazdasági szempontból jelentős, hogy az olcsó ötvöztelen acélok szilárdsági tulajdonságai hidegalakítással egy szintre hozhatók a lényegesen drágább ötvözött acélokéval.

Hidegfolyatás. A szerszám zárt üregében a munkadarabot igen nagy alakítóerővel közel hidrosztatikus nyomófeszültségi állapotba hozzák. Ennek következtében a szerszám alakadó üregében kialakított nyíláson az anyag kisajtolódik, „átfolyik”. Hidegfolyatáskor az egy lépésben elérhető alakváltozás az alakító eljárások közül a legnagyobb!



2.1.4. ábra. Hidegfolyatások⁴⁸

Korszerű és rendkívül gazdaságos technológia, de megvalósításához igen nagy teljesítményű, masszív felépítésű alakítógépek, ellenálló szerszámok szükségesek. Nagy szerepe van a felesleges súrlódás csökkentésének (kenés pl. foszfátózással). A folyatószerszámok fő alkatrészei a következők: folyatóbélyeg, folyatógyűrű vagy

⁴⁷ http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0007_10-Keplekeny_alakitas

⁴⁸ <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bc/ColdExtrusion01.jpg>

matrica, lehúzó, kidobó. Az alakító felületek éles átmenetektől mentesek, polírozottak. A folyatógyűrűk hatalmas igénybevétele köré szerelt pántgyűrűvel csökkenthetjük. A hátrafolyatás üreges, vékonyfalú gyártmányok tömeggyártásánál alkalmazott technológia. Így készülnek pl. a kondenzátorházak, dezodoros flakonok (aeroszolos palackok), szifonpatron előgyártmányok stb. A vegyes folyatást élelmiszeripari, gyógyszeripari tubusok készítésénél alkalmazzák. A hidegfolyatás műveletei: az előgyártmány (pogácsa) darabolása, éltompítása, lágyítás (ha szükséges), pácolás, zsírtalanítás, felületkikészítés, foszfátózás, folyatás, lágyítás (ha szükséges). Hidegfolyatásra

alkalmas anyagok: kis szénttartalmú szferoidites (gömbszemcsés perlit) acélok, réz, alakítható sárgarezek, alumínium, alakítható alumíniumötvözetek.

Képlékeny melegalakítások. Ezeknél a technológiáknál a felhevítés miatt jelentősen lecsökken az anyagok alakítási ellenállása és mivel az újrakristályosodási hőmérséklet felett történik az alakítás, felkeményedés nem tapasztalható. A munkadarabok külső felülete azonban magán viseli a melegítés következményeit (kérgecs, revés a felületük, sokszor elszéntelenedett). A legismertebb képlékeny melegalakítás a kovácsolás.

Kovácsolás. Olyan képlékeny melegalakító technológia, melynek kettős célja van: a kívánt geometriai alak elérése és a szemcseszerkezet finomításával, a szálak elrendeződés kialakításával kedvezőbb mechanikai tulajdonságok biztosítása (nagyobb szakítószilárdság, ütőmunka, szívósság elérése). Nagy, dinamikus igénybevételű alkatrészeknél sokszor az utóbbi fontosabb, hiszen a kívánt geometria forgácsolással is kialakítható lenne (pl. előkovácsolt nyelestengelyek).

Kovácsoló technológiák felosztása:

- az erőhatás jellege szerint lehet: dinamikus erőhatású (ütés) kovácsolás vagy statikus erőhatású (nyomás): sajtolás
- az energiaforrás alapján lehet: kézi vagy gépi kovácsolás
- kovácsszerszám használatától függően: szabadalakító vagy süllyesztékes kovácsolás

Kovácsolások hőmérséklet tartománya: Acélok esetében 1300..800°C (ausztenites mező), de a szénttartalomtól függ. Általános szabály, hogy a lehető legmagasabb hőmérsékleten kell elkezdeni a kovácsolást, hiszen ekkor kisebb az alakítási ellenállás és az átalakulási hőmérséklet felett be kell azt fejezni. (Elégés illetve berepedezés veszélye).

Kovácsoláskor különböző hevítő berendezéseket használunk. Ilyenek a kovácsütőhelyek (általában faszén vagy koksztüzelésűek) és a kemencék (az energiaforrásuk gáz, olaj vagy elektromos áram). A kovácsolás gépei a mechanikus kalapácsok (pl. rugóköteges Ajax kalapács), a gőzkalapácsok, a mechanikus sajtók (pl. dörzstárcsás, csavarorsós sajtó) és a hidraulikus sajtók.

Szabadalakító kovácsolás.

Eredményessége nagymértékben függ a kovács szaktudásától. Nagy kovácsolási ráhagyások szükségesek, nagy a kovácsolt munkadarabok méretszóródása,

Főleg egyedi gyártásnál és kissorozatok esetén alkalmazzák. (Pl. díszkovácsolt termékek, nagyméretű tengelyek stb.) Történhet kézi és gépi úton.

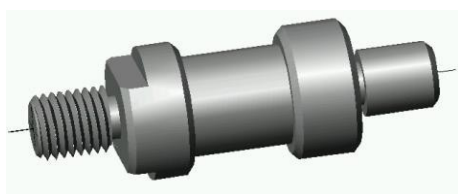
Süllyesztékes kovácsolás.

A süllyesztékes alakításnál a munkadarabot két vagy több részből álló szerszámelem között alakítják. A szerszámelemek az alakítás befejezésekor együttesen biztosítják a munkadarab tervezett alakjának megfelelő üreget. Alakítás közben a kiinduló anyag kénytelen az üregeket kitölteni, annak alakját, méretét felvenni. A munkadarabnak az üregből való eltávolítását az üreg osztásával, kilökővel és/vagy a munkadarab oldalferdeségével biztosítják. A biztos üregkitöltés érdekében az elméletileg szükségesnél valamivel több anyagot tesznek a szerszámok közé. A fölösleges anyagból

sorja képződik. A lekerekítések az anyag áramlását könnyítik meg és a szerszámot kímélik.

A süllyesztékes kovácsolás termelékenyebb, mint a szabadalakító kovácsolás és pontosabb alkatrészek, előgyártmányok előállítására alkalmas. A pontosabb kovácsdarab anyagtakarékosabb, kisebb forgácsolási költséget jelent. Ezek az előnyök nagyobb darabszámnál fedezik a süllyesztékszerszám jelentős költségét.

A kovácsdarabot a kész darab rajza alapján tervezik meg. A jól tervezett kovácsdarab figyelembe veszi az utólagos megmunkálást, a szükséges biztonsági határon belül jól megközelíti a készdarab alakját és méretét.



2.1.5. ábra. Kész alkatrész forgácsolva⁴⁹

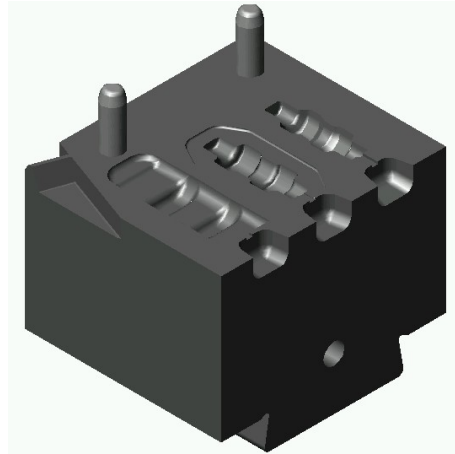


2.1.6. ábra. Az alkatrész kovácsdarabja⁴⁹

Jó a tervezés akkor, ha helyes az osztósík megválasztása, a ráhagyások és tűrések megadása, továbbá az oldalferdeségek, a lekerekítési sugarak méreteinek meghatározása. A süllyesztékreszek a kovácsológéphez fecskefarok kiképzéssel csatlakoztathatók.



2.1.7. ábra. Együregű süllyesztékszerszám⁵⁰

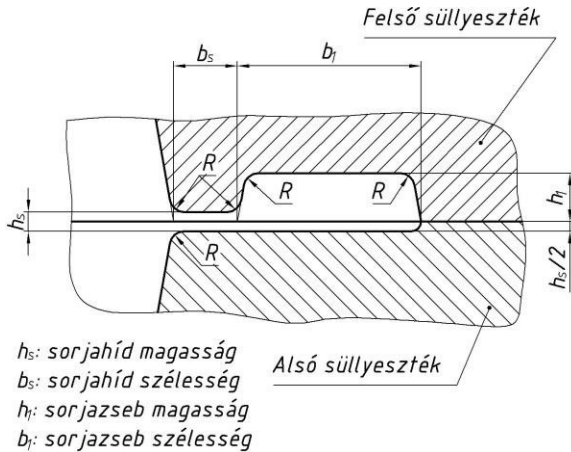


2.1.8. ábra. Többüregű süllyesztékszerszám⁵⁰

A süllyesztékes kovácsolásnál a kiinduló anyag térfogata általában nagyobb, mint a kész kovácsdarab térfogata. Az anyagfelesleg kovácsolás közben az osztósík mentén kiáramlik. Ezt a kifutó részt sorjának nevezik.

⁴⁹ dr. Halbritter Ernő: Süllyesztékes kovácsolás Széchenyi István Egyetem

⁵⁰ dr. Halbritter Ernő: Süllyesztékes kovácsolás Széchenyi István Egyetem



2.1.9. ábra. Sorjacsatorna kialakítása⁵¹

A sorja számára gyakran külön üreget, sorjacsatornát készítenek. A sorjacsatornába került felesleges anyag az alakítás közben elvékonyodik, gyorsabban lehül, és ezzel jelentősen megnő az alakítási

szilárdsága. Ez elősegíti az üreg teljes kitöltését. A sorja ilyen értelemben hasznos, de túlzott mennyisége már káros, ugyanis a sorját utólag el kell távolítani. A túlságosan sok sorja anyag- és energiapazarlást jelent, feleslegesen növeli a süllyesztékszerszám igénybevételét, csökkenti annak élettartamát. A sorjaképződést csökkenteni lehet előalakítással. A sorját sorjázószerszám segítségével távolítjuk el, melynek vágóürege a kész munkadarab kontúrjával egyezik meg. Ezen az ürege nyomjuk át a sorjás kovácsdarabot még melegen, vagy kihűlt állapotban.



2.1.10. ábra. Süllyesztékben kovácsolt villáskulcs a sorjával⁵²

Lemzalakítások, szerszámai, gépei

Lemzalakítások jelentősége, eljárások

Olyan technológiák, melyek során síklemezből anyagszétválasztással, vagy az anyagfolytonosság megszakítása nélkül, képlékeny alakítással készülnek el a munkadarabok. A lemez olyan hengerléssel készült előgyártmány, melynek hosszúsági és szélességi mérete jóval nagyobb a vastagságánál. ($H, B \gg x$). Készülhetnek meleg és hideg hengerléssel. A melegen hengerelt (fekete) lemez vastagságának nagyobb a tűrése, felületi minősége rosszabb, általában revés felületű. A hidegen hengerelt (fényes) lemez

⁵¹ http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0007_10-Keplekeny_alakitas-mod3

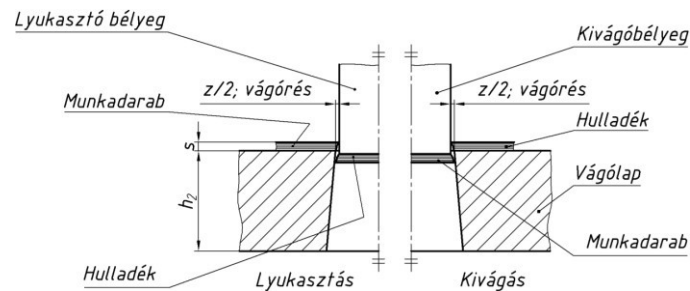
⁵² dr. Halbritter Ernő: Süllyesztékes kovácsolás Széchenyi István Egyetem

vastagsági tűrése szigorúbb, felülete jobb, de az alakítási textúra következtében számolni kell az anizotrópiával. A lemezek szabványos méretű táblalemez vagy lemezzsalag formájában kerülnek a kereskedelembe. A jelen kor tömegcikkipara (edények, háztartási gépek, gépkocsi karosszériák stb.) korszerű lemeztechnológiák alkalmazása nélkül elképzelhetetlen.

A lemezalakítások két csoportja:

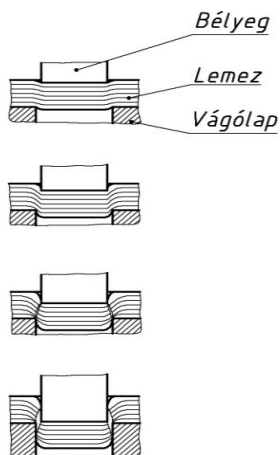
- anyagszétválasztásos lemezalakítások (darabolás, bevágás, kicsípés, kivágás, lyukasztás)
- anyagszétválasztás nélküli lemezalakítások (hajlítás, göngyölítés, mélyhúzás, szűkítő- és bővítőnyomás, bordanyomás, fémnyomás). Jegyzetünk korlátozott terjedelme miatt csak a kivágás-lyukasztással, a hajlítással és a mélyhúzással foglalkozunk.

Kivágás, lyukasztás



ábra Kivágás és lyukasztás

Mindkét anyagszétválasztásnál a nyírás vonala önmagába visszatérő, zárt szemben a darabolással, bevágással, kicsípéssel. Kivágásnál a vágólapon átesett rész a munkadarab, lyukasztásnál pedig a vágólapon a hulladék esik keresztül.



Az anyagszétválasztás folyamata

- A vágóél behatol a lemezbe, rugalmasan deformálja.
- A deformációs zónában a feszültségi állapot meghaladja az alakítási szilárdságot, megindul a képlékeny alakváltozás. (A szálak már meggörbülnek, de az anyagi összefüggés nem szakad meg.)
- A deformációs zónában kimerül az anyag alakváltozó képessége, megjelennek a nyírási repedések.

Amikor a repedések összeérnek, befejeződik a vágás, átszakad az anyag. Ez az átszakadási zóna jól észlelhető a vágott felületen.

- A szétválasztott darab kitolása.

⁵³ http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0007_10-Keplekeny_alakitas-mod2

Vágórés

A vágórés (3.1 ábra) jelentős hatással van a vágási felület minőségére. Helytelenül kialakított vágórés erősen deformálja a vágási felületet.

Vágórés nagysága függ:

- vágandó lemez szilárdságától
- anyagminőségtől
- hidegalakítás mértékétől
- esetleges hőkezelttségi állapottól
- vágott lemez vastagságától. Kis vágórés hatása:
- torzul a vágott felület

- nagyobb a súrlódás vágás közben
- gyorsabban kopnak a kések Nagy vágórés hatása:
- vágott él torzítja, szakítja
- görbíti a sávot Ajánlott vágórés:
- nagyobb szilárdságú anyagok

hidegen hengerelt anyagok

lágú, lágúbb anyagok vágása vastag lemezek vágása

A lemezvastagság 3–6%-a vékony lemezek vágása

a lemezvastagság 6–10%-a

Vágórés meghatározása

Ahol: s – a vágandó lemez vastagsága [mm]

τ_B – a vágandó lemez anyagának nyírószilárdsága [N/mm²]

c – tényező értékei:

$c = 0,005$ ha a vágás pontossága a fontos

$c = 0,035$ a legkisebb vágóerő és munkaszükséglet esetén $c = 0,015 \dots 0,018$ keményfém betétes szerszámokhoz

$c = 0,01$ gyakorlatban legtöbbször használt érték $c = 0,01$ ausztenites acélokhoz.

Ha a vágandó anyag nyírószilárdsága nem ismert, jó közelítéssel meghatározhatjuk a szakítószilárdságból az alábbi összefüggéssel:

$$r_B = (0,6 \dots 0,8) \cdot R_m \quad [\text{N/mm}^2] \quad (3.8)$$

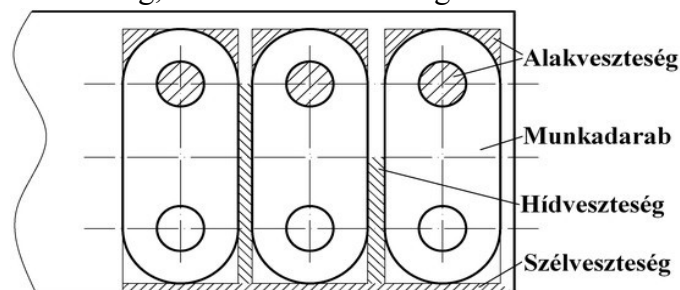
Ahol: R_m – az anyag szakítószilárdsága $[\text{N/mm}^2]$

Gazdaságos anyagfelhasználás, sávterv

A kivágott munkadarab gyártási költségének túlnyomó része az anyagköltség, amely nagy sorozat és tömeggyártás esetén a teljes költség 65...85%-a. A szerszámköltség 10...20%, a munkabér 5...10%. Láthatjuk, hogy az anyag hulladék (veszteség) minimalizálása alapvető gazdaságossági tényező. Az alkatrészek előgyártmánya táblalemez vagy szalagtekercs formájában szerezhető be a kereskedelemben. A gyártók (hengerművek) ezeket szabványos méretekkel hozzák forgalomba, például a leggyakoribb táblaméret az 1000x2000mm. A nagyfogyasztó felhasználók (pl. autógyárak) ma már igényeiknek megfelelő szélességgel vásárolják a szalagtekercseket a gyártóktól.

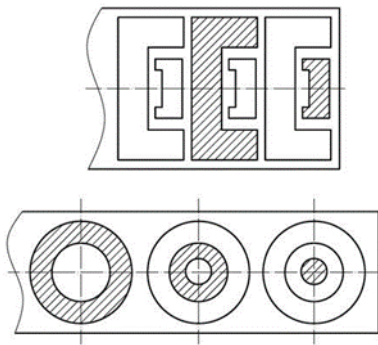
Lehetséges anyagveszteség típusok:

alakveszteség, szél- és hídveszteség, lemez méret veszteség.

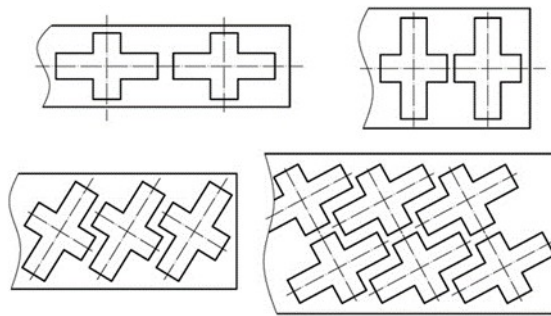


2.2.1. ábra Veszteségek⁵⁴

A lemez méret veszteség a méretre rendelt szalagtekercseknél gyakorlatilag megszüntethető. A hídveszteség és a szélveszteség az optimális hídszélesség (h) és széltávolság (a) megválasztásával csökkenthető. Az alakveszteség a megfelelő sávterv készítésével minimalizálható. Az alábbiakban néhány megoldást láthatunk erre:



2.2.3. ábra. Hulladék hasznosítása⁵⁵

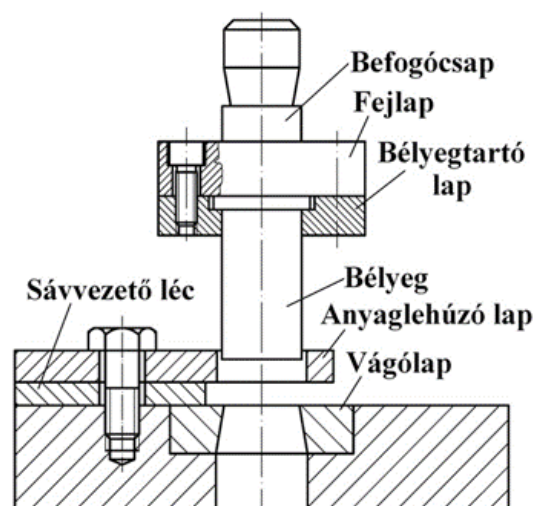
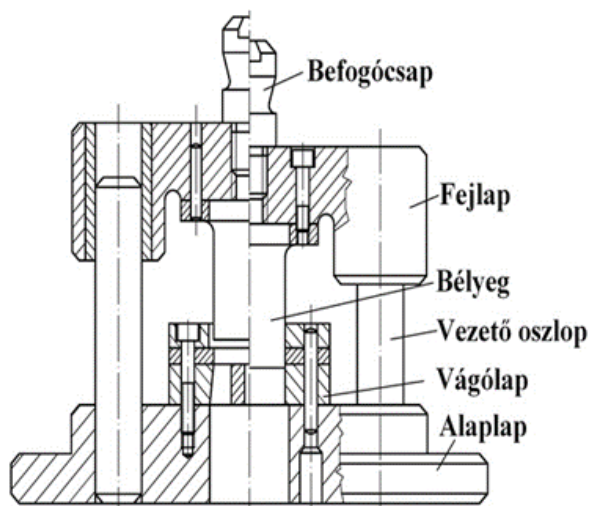


2.2.4. ábra. Optimális elhelyezés elfordítással⁵⁵

A sávterv jóságát az anyagkihozatali tényezővel mérhetjük, melyet legtöbbször a sávelőtőlásra (egy lépésre) vonatkoztatva számítunk ki: $\eta = \frac{A_{mdb}}{e \cdot B} \cdot 100$ (%), ahol A_{mdb} = a munkadarab felülete, e = a sávelőtőlás (lépés) és B = a sáv szélessége.

A kivágás, lyukasztás szerszámai

A szerszámok aktív elemeinek (bélyeg és vágólap) egymáshoz viszonyított helyzete és annak megtartása az anyagszétválasztás során alapvető feladat, hiszen a vágórés nem változhat. Ezt a feladatot a szerszámvezetéssel valósítjuk meg.



2.2.6. ábra Vezetőoszlopos szerszám⁵⁶

2.2.5. ábra Vezetés nélküli szerszám⁵⁶

⁵⁵ dr. Márton Tibor: forgács nélküli alakítások MK-59228

⁵⁶ dr. Márton Tibor: forgács nélküli alakítások MK-59228

Szerszámok osztályozása a vezetés módja szerint:

vezetés nélküli kivágószerszámok (2.2.5. ábra)

- A legegyszerűbb kivitel. A lemezdarab tetszőleges részéből készíthető a munkadarab, gazdaságtalan az anyagkihozatal, ehhez sávterv nem készíthető. A bélyeget és a vágólapot a sajtológép nyomószán vezetéke vezeti össze.

vezetőoszlopos kivágószerszámok (2.2.6. ábra)

- A bélyeget az alaplapban rögzített oszlopok vezetik a fejlapba sajtolt vezetőhüvelyek segítségével. A legpontosabb összevezetést ez a szerszámfajta biztosítja. Ezeket tömeggyártásban használják. Előnyük, hogy jól korrigálják a szerszámgép állapotából eredő hibákat is. Munkabiztonsági szempontból külön védelem szükséges a benyúlás megakadályozására.

vezetőlapos kivágószerszámok (1.2.3. ábra)

- A bélyeget a vágólap felett elhelyezkedő vezetőlap ürege vezeti kis játékú laza illesztéssel. A vágólap és a vezetőlap között oldjuk meg a sávvezetést és a sávütköztetést, amihez gazdaságos sávtervet lehet készíteni. Felső és alsó részre bontható. A felső rész a befogócsappal csatlakozik a sajtológéphez, ami fejlap közepébe van belecsavarva. Alatta helyezkedik el a nyomólap, melynek feladata a bélyegen fellépő vágóerő felvétele. A bélyeg homloklapján fellépő nyomás meghaladja a hőkezeletlen acélból készült fejlap nyomószilárdságát, ezért nemesített állapotú nyomólapot kell a bélyegek és a fejlap közé szerelni. Az edzett bélyegek a bélyegtartó lapban vannak megfelelően rögzítve a nyomásközépponti helyzetnek megfelelően. A felső rész lapjait csavarkötésekkel fogjuk össze. Ha a bélyegek élezése miatt a felső részt szét kell szerelni, akkor illesztőszeges tájolás is szükséges.
- Az alsó rész vezetőlapja vezeti a bélyegeket. A vezetőlapba rögzítjük vagy anyagából alakítjuk ki a sávvezetőt. A vezetőlap végzi a bélyegről való anyaglehúzást, és itt rögzítjük a léptetést határoló elemeket is (sávütköztetés).

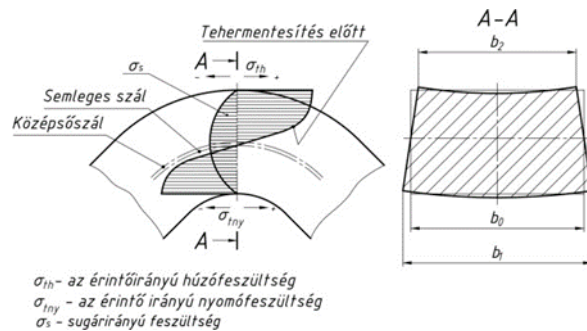
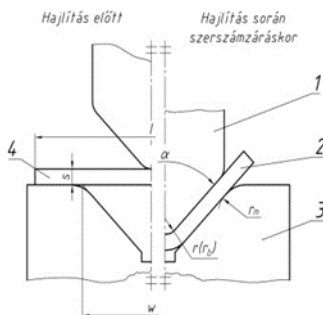
A hőkezelt vágólap az alsó rész aktív alakító eleme. A bélyegek keresztmetszetének megfelelő áttörésekkel rendelkeznek, melyek lefelé bővülő méretűek. Sokszor a bővülés csak pár mm-es vágóöv után kezdődik, így a vágólap síkköszörüléssel történő élezésénél a vágórés nem változik. A vágólap alatt az alaplap helyezkedik el. Ennek segítségével rögzítjük az alsó részt a sajtológép asztalára. Az alsórész elemeit is csavarkötésekkel szereljük össze, és illesztőszegekkel biztosítjuk helyzetüket.

A szerszámok működésük szerint lehetnek:

- egyszeres működésű szerszámok. Ezeknek csak egy bélyegük van.
- többszörös működésű szerszámok. Ezekben több önálló anyagszétválasztás zajlik ugyanazon munkadarab kialakítása érdekében. (Pl. kivágás és lyukasztás.) Lehetnek sorozatszerszámok és együttes (blokk) szerszámok.

Hajlítás, hajlítószerszámok

A hajlítás a leggyakrabban alkalmazott anyagszétválasztás nélküli lemeztechnológia, melynek során sík lemez egy részét adott (kívánt) szög alatt alakítjuk a többi részéhez képest. Lehet egyszerű (2.2.7. ábra) vagy összetett. Az összetett hajlítás legtöbbször egyszerű hajlítások sorozata. Elnevezések: 1 - Hajlító bélyeg, 2 - munkadarab a szerszám zárásának pillanatában, 3 - Hajlító matrica, 4 - Lemezalkatrész terítéke a hajlítás előtt



2.2.7. ábra. Hajlítás57

2.2.8. ábra. A hajlítás feszültségi állapota57

A hajlításnál a külső erők által létrehozott hajlítónyomaték hozza létre a képlékeny alakváltozást. A hajlítás helyén a lemezben húzó és nyomó feszültség ébred, amelyet a semleges szál választ el (2.2.8. ábra). A húzott szálak különböző mértékben megnyúlnak, a nyomottak pedig rövidülnek. A semleges szálban nem ébred feszültség, meggömbül, de hosszváltozást nem szenved. Ezért fontos a

hosszméretének meghatározása, mert ez adja a kiinduló lemez (teríték) hosszúságát. A semleges réteg nagy sugarú hajlításkor (vékony lemezeknél) középen helyezkedik el. Vastag lemezeknél (ahol a r/s viszony kisebb 5-nél) a semleges réteg a nyomott oldal felé eltolódik. A legkisebb hajlítási sugár (r_{min})

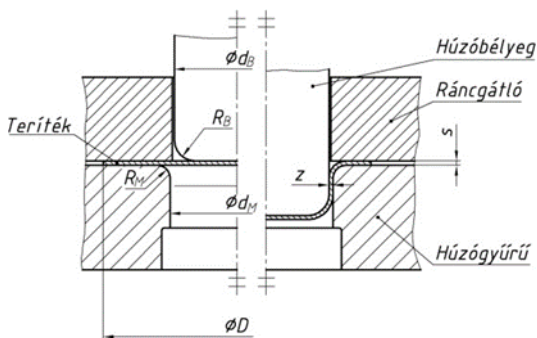
ismerete szintén fontos a repedés elkerülése érdekében. A munkadarab alakja és mérete a hajlítószerszámból való kivétel után nem egyezik meg a szerszám geometriájával. Ennek oka az, hogy a képlékeny hajlításkor a lemez rugalmas alakváltozást is szenved. A hajlítás befejezése után a lemez visszarugózik, melynek mértéke az anyagminőségtől és a hajlítási sugár/lemezvastagság viszonyozásától függ. A visszarugózás kiküszöbölésére (mérséklésére) a legkézenfekvőbb az ún. túlhajlítás. Vastag, ill. lágyabb lemezek esetén a visszarugózás kiküszöbölhető vasalással is.

Hajlítószerszámok és működtetésük. A hajlítószerszámok viszonylag egyszerű felépítésűek. A hajlítás gyakran alkalmazott változata az élhajlítás, melyhez elemekből összerakható szerszámokat használunk. Ezeket mechanikus sajtológépekkel is működtethetjük, de az élhajlítás tipikus gépei a különböző munkaterű élhajlító gépek. Ezek a munkaterűktől és a lemezvastagságtól függően pneumatikus vagy hidraulikus működtetésűek, gyakran CNC vezérlésűek.

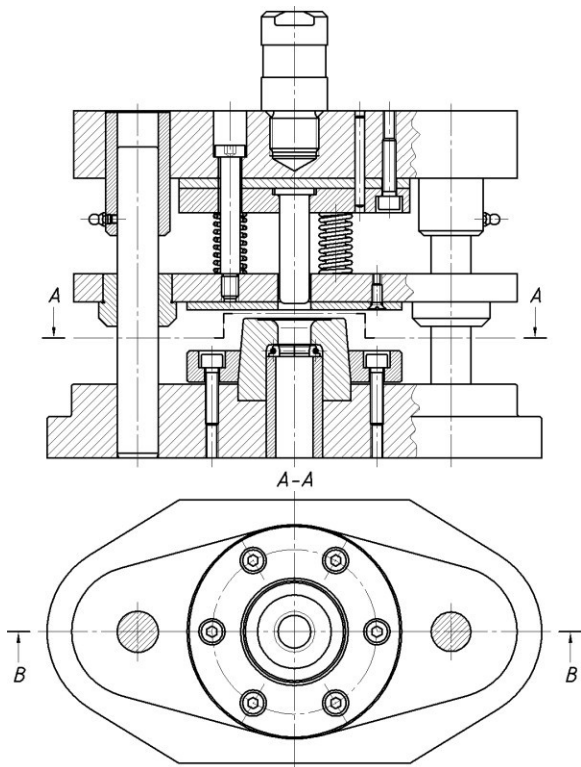
Mélyhúzás, mélyhúzó szerszámok

Olyan képlékeny lemezalakító technológia, amely során síklemezből (teríték) főleg húzó igénybevétellel csésze illetve edény jellegű, üreges alkatrészt állítanak elő. Csak kiváló minőségű, mélyhúzható lemezanyagok dolgozhatók fel ezzel az eljárással.

⁵⁷ www.digitális-tankönyvtár-képlékeny-alakítás. Dr. Kardos Károly, Dr. Danyi József, Dr. Végvári Ferenc (2011) Széchenyi István Egyetem



2.2.9. ábra. Mélyhúzás58



2.2.11. ábra. Rugós ráncgátlós mélyhúzó szerszám⁵⁹

Műanyagalakítások szerszámai, gépei:

A műanyagokra épülő iparágak a huszadik században erőteljesen növekedtek és napjainkban is folyamatosan fejlődnek. A következő fejezetben az iparban napjainkban használatos szervesetlen polimerek feldolgozásának jellemző és elterjedt technológiáit és annak gépet, eszközeit mutatjuk be.

Hőre keményedő műanyagok és feldolgozásuk

A műszaki műanyagokat feldolgozásuk szerint két fő csoportra oszthatjuk, a hőre keményedő és a hőre lágyuló anyagokra. A fontosabb hőre keményedő műanyagok a következők: epoxigyanták, poliuretánok, szilikongyanták, telítetlen poliészterek és

vinilészterek. A hőre keményedő műanyagok anyagszerkezetét a tér minden irányában behálózó keresztkötések jellemzik, ezért az ilyen típusú műanyagokat térhálós műanyagoknak nevezzük. A

hőre keményedő műanyag termékek feldolgozása közben kémiai reakció is végbe megy, ezért ezeket reaktív feldolgozás-technikáknak nevezzük.

A reaktív technológiák alaplépései a következők:

- Műanyag alapanyag komponensek keverése
- Töltőanyag és katalizátor hozzákeverése
- Szerszám kitöltése és melegítés
- Késztermék

A hőre keményedő műanyagokra jellemző reaktív feldolgozási technológiák a sajtolás és fröccsajtolás.

Sajtolás. Sajtolással napjainkban általában szálerősített (jellemzően természetes szállal, mint például a farost) műanyag termékeket állítanak elő. A sajtoló szerszámok kis beruházással telepíthetők, ezért már közepes sorozat gyártásánál is igen gazdaságosak. A technológia főként a Távol-Keleten népszerű. A sajtolás során a szerszámot műanyag porral, granulátummal, vagy kevert előgyártmánnyal töltik meg.

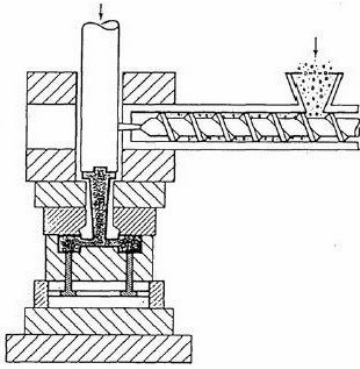
A sajtolás előgyártmányai műanyag porok, granulátumok, illetve lemez jellegű termékek. Egy tipikus lemez kompozit előgyártmány összetétele 70% farost, 20% PET szál és 10% fenolgyanta (Lignoflex).

A sajtolás során a sajtoló szerszám üregének megfelelő mennyiségű, vagy méretű előgyártmányt kell behelyezni. A szerszám összezárása után a hő és nyomás hatására a fenolgyanta térhálósodik és létrejön a késztermék. A sajtolással készült termékek gyártásánál az alapanyag gyűrődése vagy szakadása határt szabhat a formaadásnak, térkitöltésnek.

A formára sajtolás két fázisból áll:

- - alakadás, tömörítés
- - kikeményedés.

Fröccsajtolás. A fröccsajtolás átmenetet képez a hőre lágyuló anyagok fröccsöntése és a hőre keményedő műanyagok sajtolása között, de főként hőre keményedő anyagoknál alkalmazzák. A sajtolási eljárás során a szerszámba besajtolt anyagot a sajtolás előtt megömlesztik, vagyis nyomásnak és hőnek teszik ki. Ezután egy dugattyú segítségével benyomják a szerszámba, ahol a térhálósodás, vagyis a kikeményedés végbemegy.



2.3.1. 1. ábra A fröccssajtolás alapelve⁶⁰

⁶⁰ Czvikovszky Tibor, Nagy Péter, Gaál János - Polimertechnika alapjai (Műszaki Kiadó 2007)

A fröccssajtolás egy másik technológiája szerint fröccsöntő gépen a szerszámba az ömledék úgy érkezik, hogy a szerszám nincs teljesen zárt állapotban. Az anyagot a befroccsöntés után a szerszám összezárásával sajtolásnak vetik alá. Ez jó szerszámkitöltést és könnyebben kézben tartható zsugorodást eredményez. A fröccs-sajtoló szerszámok felépítése a fröccsöntő szerszámokéhoz hasonló, mely a későbbiekben kerül bemutatásra.

Hőre lágyuló műanyagok és feldolgozásuk

Napjainkban a világon gyártott műanyagok 85...90%-a hőre lágyuló műanyag, melyeknek feldolgozása a hőre keményedő anyagok reaktív technológiáival szemben, egyszerű képlékeny alakítás. A fontosabb hőre lágyuló műanyagok:

LDPE: (kis sűrűségű polietilén) lágy, ütésálló, -40°C -ig hidegálló, törhetetlen anyag, jó elektromos szigetelő, ellenáll savaknak, lúgoknak, olajnak. Legfőbb felhasználási területe a csomagolóipar: csomagoló fólia, tömlők, zsugorfólia)

HDPE: (nagy sűrűségű polietilén) ütésálló, -40°C -ig hidegálló, törhetetlen, jó elektromos szigetelő, ellenáll savaknak, lúgoknak, olajnak. Legfőbb felhasználásai üreges testek, láda, dobozok, üzemanyagtartály.

PP: (polipropilén) PE-nél keményebb és hőállóbb, de a hidegállósága kisebb. Ellenáll savaknak, lúgoknak, benzinnel. Jellemzően rekeszek, zsanérok, műszerfal, lökhárítók készülnek belőle.

PA6: (poliamid 6) Merev, kopásálló, jó hőálló, ragasztható. Csapágycsövek, autó alkatrészek, benzinálló csövek készülnek belőle.

POM: (poliacetál, polioximetil) Hidegálló, kopásálló, kedvező csúszási tulajdonságú anyag. Fogaskerekek, szelepek, autó alkatrészek anyaga.

PET: (polietilen-tereftalát) jó szívósság, kis nedvességfelvétel, nehezen meggyújtható. Palackok, üvegszálerezítés esetén gépalkatrészek készülnek belőle.

PS: (polisztirol) kemény, merev, víztiszta, szag és ízsemleges. Burkolatok, CD-tok anyaga.

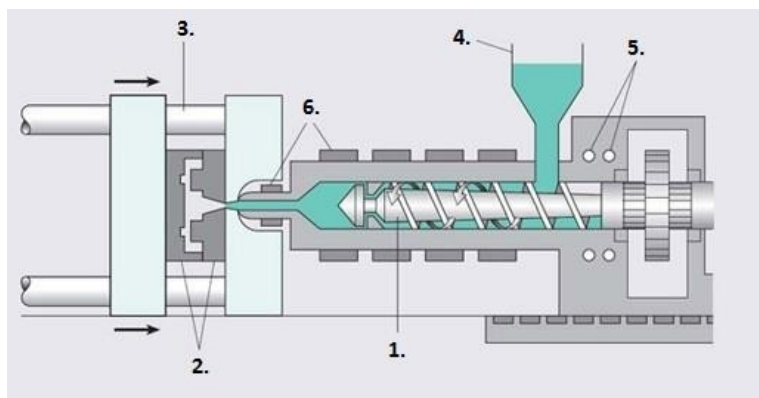
PC: (polikarbonát) -100°C-ig ütésálló, nagy hőalakállóság, víztiszta, időjárásálló. Optikai lencsék, szemüveg, CD anyaga.

PMMA: (polimetil-metakrilát, plexi) kemény, merev, karcálló, időjárásálló. Autó fényszóró búrák, átlátszó alkatrészek készülnek belőle.

ABS: (akrilnitril-butadién-sztirol) nagy szilárdság, olcsó, fényes felület, nem átlátszó. Mobiltelefon házak, elektronikai alkatrészek anyaga.

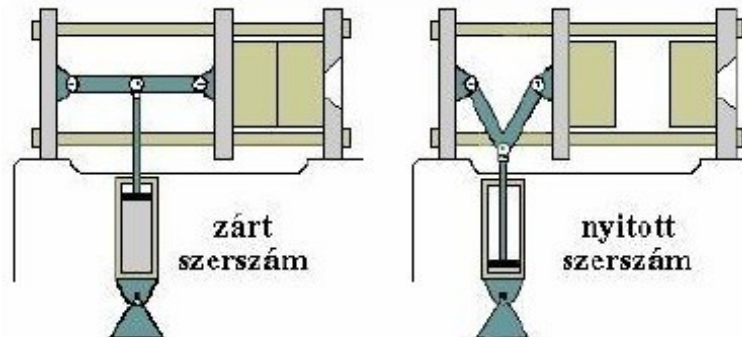
ABS/PC: (akrilnitril-butadién-sztirol és polikarbonát keverék) Ütésálló, hőálló, magassfényű. Gépjármű belső elemek alapanyaga.

Fröccsöntés. A fröccsöntés alapelve, hogy a műanyag alapanyag ömledékét nagy sebességgel egy zárt szerszámba nyomjuk. A zárt szerszámban a teret kitöltve kialakul a tetszőleges alakú alkatrész. A műanyag befroccsöntése nagy sebességgel történik egy kis keresztmetszetű, úgynevezett dúznin keresztül. A műanyagot olvadáspontja fölé melegítik. Híg állapotára azért van szükség, hogy a szerszám alakadó üregének teljes és gyors kitöltéséhez ne legyen szükség túl nagy erőre. A korai dugattyús fröccsöntő gépekhez képest óriási előrelépés volt a csigadugattyús fröccsöntőgép megjelenése.



2.3.1. 2. ábra Fröccsöntő gép főbb részei⁶¹

A fröccsöntő gép főbb részei a következők: **1. Csigadugattyús fröccsöntő egység.** Feladata az alapanyag tökéletes megömlesztése és a szerszámüregbe való bejuttatása. **2. Fröccsöntő szerszám.** Feladata a formaadás. **3. Szerszámzáró egység.** Feladata a két szerszámfél megfelelő mozgatása, az osztósíkban történő nyitás és zárás. Lehet könyökemelő, vagy hidraulikus. **4. Alapanyag betöltő**



egység. 5. Hűtő csatornák. 6. Fűtőelemek. A fröccsöntő egység megfelelő hőtartását végzik.

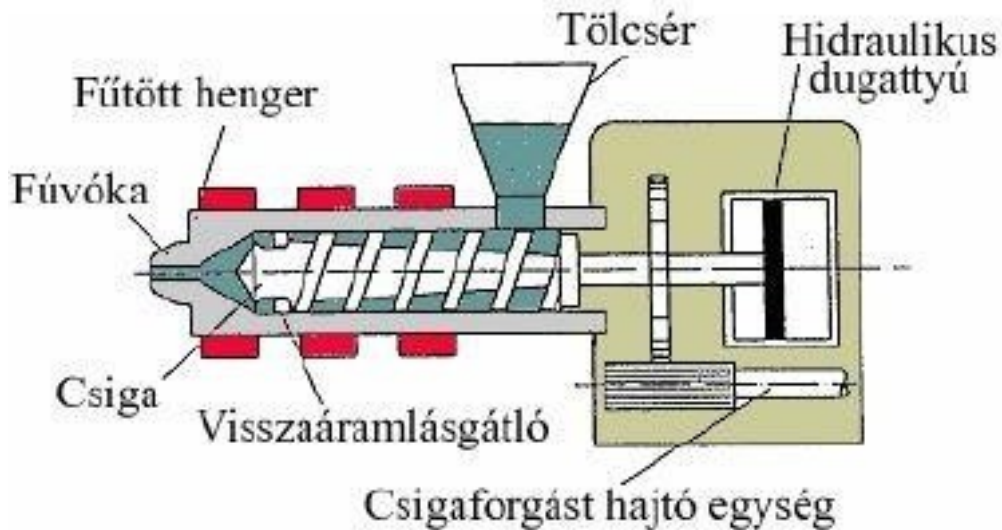
2.3.1. 3. ábra Mechanikus könyökemelő szerszámzáró egység működése⁶²

A fröccsöntés egy szakaszos, ciklusos gyártási technológia, melynek cikluselemei a következők:

- Szerszámzárás
- Fröccsegység előre mozog és csatlakozik a szerszámhoz
- Befröccsöntés
- Hűtés a szerszámiban, ömlesztés a csiga körül, a következő ciklushoz
- Fröccsegység visszahúzódik
- Szerszámnyitás, darab kilökés

A **fröccsegység** a technológia szempontjából a fröccsöntő gép legfontosabb részegysége. Ezen részegység feladata az alapanyag megfelelő megömlesztése, homogenizálása, tárolása, illetve szállítása. A befröccsöntés után a szükséges utónyomás biztosítása.

⁶¹ core.materials.ac.uk



2.3.1 4. ábra A fröccsegység felépítése⁶³

Az alapanyagot a tölcseren keresztül juttatjuk a fröccsegységbe, ahol a csiga behúzó zónájába kerül. A csiga forgó mozgása előrehaladásra kényszeríti az anyagot. Közben az anyag a hő és a súrlódás hatására ömledék állapotba kerül.

- A megömlesztett anyag a csigacsúcs előtt gyűlik, az anyag torlónyomása hatására a csiga hátra elmozdul, de közben tovább forog.
- A következő lépésben a csiga forgása megáll és gyors mozgással előre mozog. Ez a befroccsöntés fázisa, melyben a fúvókán keresztül az ömledék bejut a formaüregbe.
- A kitöltési fázisban a visszáramlás gátoló akadályozza meg az alapanyag ömledék hátrafelé való kijutását.
- A befroccsöntést követően az ömledék lehül a szerszámüregben, amely térfogatcsökkenést okoz. Ezt a fröccsegység utónyomással pótolja.

Az utónyomás után a csiga forogni kezd, hátrafelé mozdul és kezdődik a ciklus a plasztifikálással előlről.

Műanyag alakító szerszámok felszerelése. A modern fröccsöntő gépeken a szerszámok rögzítéséről és mozgatásáról mágnes asztalos szerszámzáró egységek gondoskodnak. A szerszámpróba előkészületei alatt a szerszámot nyomáspróbának vetik alá, ami a hűtőkör tömítetlenségeit hivatott feltárni. A szerszámok felszerelése a következők szerint zajlik:

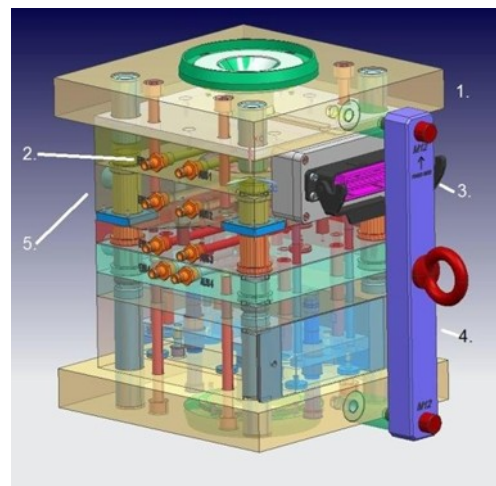
- Fröccsöntő gép kinyitása
- Szerszámot összezárt, összecsavazott állapotban beemelik

- A szerszám és a fröccsegység központosítása optikai szenzorok segítségével
- A szerszám pozícióban történő rögzítése a mágnes asztalokon
- Forrócsatornás szerszám esetén elektromos csatlakoztatás, melegítés
- Temperáló vízcsatlakozók bekötése, keringtetés bekapcsolása

Miután ezek megtörténtek, kezdődhet a szerszámpróba, próbálövésekkel, melyek alkalmával folyamatosan emelik a töltőnyomást és az utánnomást, míg az ömledék tökéletesen kitölti a formaüreget és sorjamentes terméket produkál a szerszám.

Temperáló, hidraulikus csatlakozások, beállítások.

A szerszám temperálásának kiemelt szerepe van, komoly hatással van a minőségre és a ciklusidőre is, vagyis a gazdaságosságra. Manapság leggyakrabban a szerszámtest belsejében egyik lapból a másikba átmenő furatokon, csatornákon keresztül áramoltatott vízzel végzik a temperálást. Léteznek nyitott és zárt rendszerű temperáló berendezések. A jellemző szerszámtemperálási hőmérséklet 20-120 °C között van, melyet a temperáló berendezésen található potméterekkel tudunk beállítani.



2.3.1. 5. ábra Szerszámtemperáló berendezés64

2.3.1. 6. ábra Fröccsöntő szerszám részei65

A fröccsöntő szerszámok fő részeit szemlélteti a 2.3.1.6. ábra:

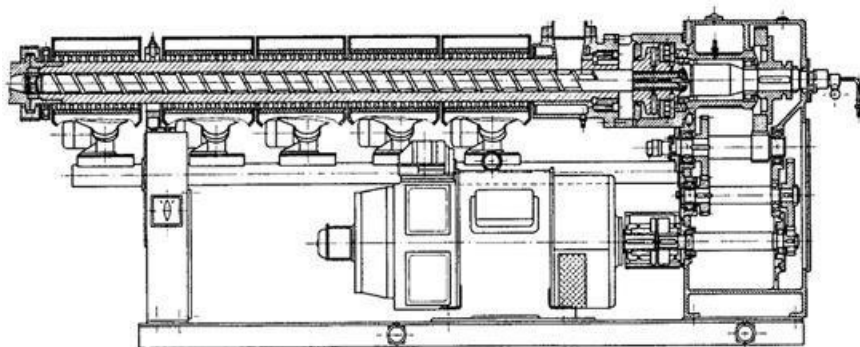
1. szerszámház,
2. hűtő csatlakozások,
3. elektromos csatlakozó,
4. emelőgerenda,

5. szerszámlapok

Extrudálás elve, extruderek fő részei, működésük. A műanyagok extrudálása a leghatékonyabb, legjelentősebb gyártási eljárás, melynek során a műanyag alapanyagot képlékeny állapotba hozzák, homogenizálják, gáztalanítják, nyomás alá helyezik és adott geometria szerinti nyitott szerszámon keresztül kisajtolják. Az extrúzió terméke lehet lemez, fólia, cső, üreges termék, mint például a hőszigetelő PVC ablakprofil.

⁶⁴ www.tool-temp.hu

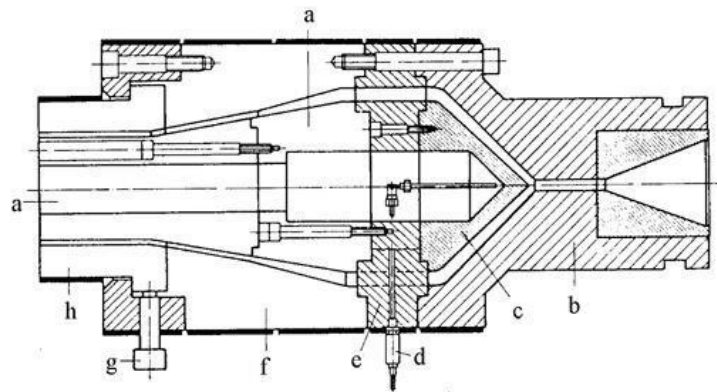
⁶⁵ Kelet-szerszám Kft.



2.3.1.7. ábra Egycsigás extruder felépítése Meghajtómotor, öt fűtőzóna, extruder csiga⁶⁷

Az extruder csiga egy ritka menetemelkedésű menetes orsó, amely egy villamos fűtésű extruder házban forog, ezzel a nyitott szerszám felé kényszeríti a csigán keresztülhaladása közben ömledékké olvadt műanyag alapanyagot. Az extrudert fűtik az ömledék képzés miatt, de hűtik is bizonyos helyeken a csapágyazások védelme miatt.

Az extruder csigának három fő része van az elejétől a csúcsa felé az **etető zóna**, a **sűrítő zóna** és a



homogenizáló/kiszállító zóna.

2.3.1. 8. ábra Csőgyártó extruder szerszám felépítése⁶⁸

Csőszerszám felépítését szemlélteti a 2.3.1.8. ábra: a: kétrészes mag, b: az extruderhez csatlakozó elem, c: torpedó, d: sűrített levegő bevezetés,

f: szerszámház, g: központosító csavar, h: központosítható szerszámelem.

Egyéb műanyagipari technológiák és gépek Extrúziós fűvás

Az extrúziós fűvásnál extrudált cső előgyártmányt a több részből álló fűtött szerszámban sűrített levegővel a szerszám falához préselik. A leggyakrabban ez az eljárás a flakonfűvás eljárása. a menetes palack nyak kiképzést tűske segítségével alakítják ki.

⁶⁷ Czvikovszky Tibor, Nagy Péter, Gaál János - Polimertechnika alapjai (Műszaki Kiadó 2007)

⁶⁸ Czvikovszky Tibor, Nagy Péter, Gaál János - Polimertechnika alapjai (Műszaki Kiadó 2007)

Fröccsfűvás

Fröccsfűvásnál három fröccsöntő szerszámot 120°-os eltolással körben helyezik el. A z első ütemben megtörténik a befröccsöntés, a másodikban a fűvás, a harmadikban a késztermék eltávolítása.

Vákuumformázás

A vákuumformázásnál általában nagyméretű, vékonyfalú termékeket állítanak elő. A formázandó előgyártmány lemez és a szerszámüreg között vákuumot hoznak létre, melynek hatására a képlékeny lemez a formaüregbe simul. A nyomáskülönbség nem nagyobb, mint 1 bar.

Túlnyomásos hőformázás

Elve megegyezik a vákuumformázás elvével, vagyis a munkadarab egyik oldalán túlnyomást hozunk létre, de itt a nyomáskülönbség nagyobb lehet, mint 1 bar. A munkadarab melegítése jellemzően infravörös hőforrás. A hőforrás és az alakadó üreg nincs egyszerre a munkadarab felett, azokat mozgatni kell.

Mélyhúzás. Mélyhúzás során ránc tartó kerettel szorítják le a munkadarab széleit, így egyenletes falvastagságú termék hozható létre. A mélyhúzást húzóbélyeggel, vagy sűrített levegővel végzik. A technológia nagy hátránya a termékek rossz reprodukálhatósága, így nem használják széles körben.

A gyártás során előforduló gyakoribb hibák okai és javításuk

A fröccsöntés során legjellegzetesebb hibák a beszívódások és a sorja képződés. Beszívódási nyomok a fröccsöntött alkatrészek olyan részein alakulnak ki, ahol a műanyag ömledék hűlése nem egyenletes. Hirtelen falvastagság-változásnál (pl. bordázott felületen) a több anyagot tartalmazó részek zsugorodása nagyobb, a kisebb hűtési sebesség hatására a környező felületeken benyomódások keletkeznek. A szerszám geometria, az alkatrész alakja, az alapanyag típusa vagy a feldolgozás körülményei mind hatással vannak a végtermék minőségére.

A feldolgozási paraméterek gondos beállításával javítható a fröccsöntött darab felülete, ezen belül a fröccsnyomásnak és a fröccsöntési időnek van leginkább jelentősége. Ha a leképezést követően nagyobb mennyiségű anyag áramolhat az alakadó üregbe, a darab zsugorodása csökkenthető.

A fröccsöntött alkatrészek sorjásodását a feldolgozási körülményektől kezdve a műanyag alapanyag tulajdonságai és a szerszám illesztési problémái mellett számos egyéb tényező is befolyásolja. Sorja képződés leggyakrabban a szerszámfelek osztósíkja, illetve kidobók, ferde kidobók beillesztése mentén alakul ki, de gyakorlatilag bárhol jelentkezhet, ahol a gyártott darab felületét szerszámrészek illesztése határoolja. A gyakorlatban a hibaforrás leginkább a szerszám elégtelen működésére vezethető vissza. Általános megállapításnak tekinthető, hogy ahol a szerszámelemek nagyobb mint 0,02mm-es illesztési hézaggal vannak összeillesztve, ott sorjázódás alakulhat ki.

Általánosan elfogadott módszer, hogy a fröccssebesség mérséklésével növelik az ömledék viszkozitását, ami a sorja csökkenéséhez vezet.

Szerszámvizsgálat, szerszámminősítés

Műszaki mérések speciális alkalmazása különböző funkciójú készülék ellenőrzése során

A mérés fogalma:

a gépiparban a szerszám / készülék a különböző tervezési módszerek alkalmazásával és az ahhoz tartozó eszközökkel kerül megtervezésre.

Például kézzel készített vázlat, rajztáblán készített műszaki rajz, illetve tervező programok segítségével készített digitális rajzok, Auto-Cad, Inventor, Proingener, Aed- Cam, stb. Ezen műszaki rajzok tartalmazzák mind az összeállítási rajz, mind az alkatrészrajz méreteit, mérettűréseit, alak- és helyzetűréseit. A rajzokon előírt méretek, tűrések mérőszámait, **mérési művelettel** állapítjuk meg. A **mérés** olyan összehasonlító művelet, amellyel megállapítjuk, hogy a mérendő mennyiség a vele egynemű mértékegységben hányszor van meg. A mérendő mennyiség és a mértékegység ismeretében valamilyen mérőeszköz segítségével elvégezhető a mérési művelet.

A műszaki gyakorlatban előforduló leggyakrabban ellenőrizendő méretek és mérő eszközeik:



2.4.1. 1. Fotó: mérőszalag, mechanikus

Hosszméret: ellenőrző eszközök fajtái:

- mutatós mérőeszköz pl: mérőszalag, tolómérő, mikrométer
- állandó mértékű beállítható mérőeszköz pl. mérőhasáb
- mértékek, idomszerek pl. menetes dugós idomszer

- egyetemes mérőeszközök pl: 3 D-s mérőgép



3.4.1. 2. Fotó: derékszög, mechanikai szögmérő

tolómérők, mérőhasáb készlet Szögmérés: ellenőrző eszközök fajtái

- derékszög,
- mechanikai szögmérő,
- optikai szögmérő,

sinus vonalzó



2.4.1. 3. Fotó: élvonalzó, tusírlapok

Alaktűrések

- egyenesség
- köralak
- hengeresség

mérőműszerei:

pl.: élvonalzók,

tusírlapok,

egyszerű és speciális mérőórák

Helyzettűrések:

- párhuzamosság
- merőlegesség
- egytengelyűség
- szimmetria-tengelyhelyzet mérőműszerei: hagyományosan a hossz mérésnél, szög mérésnél alkalmazott eszközökből felépített

kombinált mérőeszközök. Pl.: egytetemes mérőgép



2.4.1. 4. Fotó egyszerű és speciális mérőórák

Felületi érdesség mérés: Összehasonlító etalonok, felületi érdesség mérőgép

A hagyományos, konvencionális egyszerű műszaki méréseken kívül a szerszám/ készülék gyártása során ma már a bonyolultabb és pontosabb mérőberendezések használata az elterjedtebb. Ilyenek a 3 D-s képkalkotás, illetve a szkennelés elvének a felhasználásával és a koordináta mérőgép kombinálásából kifejlesztett mérőgépek. pl.: a 3 D-s mérőgép.

A 3 D-s mérőgép működési elve, alkalmazása

A 3 D-s mérőgép mérésének az elve a koordináta mérés technikán alapul.

Koordináta mérés technika: a mérendő darabot egy koordináta rendszerbe helyezve vizsgáljuk. A koordináta mérés technikával a műszaki életben különböző geometriai alakzatokon kívül minden gépelem a legegyszerűbb csapszegtől a bonyolult speciális profilok, illetve felületekig minden mérhető. A koordináta mérés technikával működő gépek: tapintással dolgozó mérőgépek, scanner-mérőgépek, alakelemző projektorok.



2.4.2. 1. Fotó: állványos, konzolos mozgatás légcsapágyazással

A koordináta mérő gép felépítése a legtöbb esetben a portális marógép felépítéséhez hasonlít, azaz az asztal, illetve az állvány rendszerre.

A mozgást végezheti vagy az asztal, vagy a konzol rendszer. A mozgásához légcsapágyas vezeték alkalmaznak, melyhez így elengedhetetlen a folytonos táplevegő ellátás biztosítása. A levegőkezelő és nyomás- szabályzó egységek szintén a mérő gép részei.



2.4.1. 2. Fotó: lineáris, vezetékes konzol mozgató mérőgép



2.4.2. 3. Fotó: furat ellenőrzés 3 pont felvétellel, számítógépes kiértékelés

A 3 D-s mérőgép működési elve az, hogy a mérendő munkadarabról, alaktokról pontokat veszünk fel és a mért méretet a pontokból a számítógép számítja ki. A mérőgép szerves része a számítógép és a mérő szoftver. Ennek nagy előnye, hogy bonyolult hagyományos módon nem mérhető alaktok méretei is meghatározhatók, a mért elemek egymással kapcsolatba hozhatók.



2.4.2. 4. Fotó: vezetérendszer állványhoz, konzolhoz légsapágyazással

A mérőgép felépítése tehát összegezve:

- Az asztal a hozzátartozó vezetékekkel, illetve légsapággal
- levegő szabályozó egység
- állványrendszer
- mozgó asztalos kivitel: asztal mozog az y tengely irányba
- mozgó oszlopos kivitel: az oszlop mozog y tengely irányba
- golyó orsós hajtásmérő rendszer tapintófej
- tapintó

mérőgép számítógépes vezérlése

Szerszám / készülék hibák meghatározása, elemzése

A szerszámvizsgálat és szerszámminősítés során különbséget kell tenni a szerszám/ készülékben gyártott széria nagyság szerint.

Lehetséges széria nagyságrendek: kis sorozat, nagy sorozat, tömeggyártás

A hagyományos, Magyarországon működő kis és középvállalkozások nagyobbik része az úgynevezett konvencionális szerszámkészülék gyártásban érdekelt.

Ilyenek:

- Lemezalakítás szerszámai, kivágó, lyukasztó, hajlító, mélyhúzó szerszámok.
- Műanyag alakító szerszámok: fröccsöntő szerszámok, gumisütő szerszámok
- Melegsajtoló és fémöntő szerszámok

Több magyarországi kis és középvállalkozás már részt vesz a szerszám/ készülék gyártás területén is az autóiipari, vasútipari, járműgyártási beszállításokban. Ezek az ipari területeken a tömeggyártás jellemző.

Meg kell különböztetni a kis és közepes szerszám / készülékek gyártása során a szerszámvizsgálat és a minősítés funkcióját a következők szerint:

Saját termeléshez, illetve kis és középsorozatú termékgyártáshoz elegendőek a szerszámkészítő szakképzési programban megismert eljárások. Ennek során alkatész rajzot és összeállítási rajzokat elemezni. A rendelkezésre álló összeállítási rajz, illetve alkatrész rajz előírt tűrései szerint méreteket, tűréseket ellenőriz. A méretek, illetve tűrések tényleges mért értékei alapján osztályoz. Meghatározva a lehetséges javítási technológiát, illetve annak eszközeit.

Elvégzi a szükséges javításokat, a javítások utáni műszaki méréseket, elvégzi a javított, mérések alapján minősített szerszám / készülék elemekből a szerszám / készülék összeszerelését. Összeszerelés után összejáratási, terhelési próbát végez. A terhelés nélküli eredményes próba után el kell végezni a terheléssel, azaz a szerszámot működtető szerszámgépen az első munkadarab elkészítését. Az első munkadarab ellenőrzését a munkadarab alkatrész rajzának méretei, tűrései alapján ellenőrzi. Az első munkadarab alapján a szerszámot minősíti, eredményeket dokumentálja. Szerszám kiértékelő lapot készít, szerszámkísérő lapot készít.

Egy nullszéria legyártása után az elkészített munkadarabok méreteinek, illetve tűréseinek mérése és dokumentálása alapján minősíteni kell a technológiai folyamatot, a szerszámgépet, illetve a szerszám / készüket.

A nagy sorozat, illetve tömeggyártást folytató termelő egységek saját gyártású szerszám

/készük gyártása során és a szerszám / készülék beszállítási tevékenységet folytató termelő tevékenysége során a szerszám vizsgálat, szerszám minősítés úgynevezett minőségirányítási rendszerek alkalmazásával szabványosításra kerültek.

Így kerültek bevezetésre az

- MSZ EN ISO 9001 Minőségirányítási rendszerek. –
- Követelmények (ISO 9001:2000)
- Magyar Szabvány

Ennek célja, hogy az előírt követelményei nem csak a termék minőségbiztosítására irányulnak, hanem előtérbe helyezik a vevő megelégedettségét is.

A gépjármű iparban a beszállítás számára az

- ISO/TS16949 számú szabvány került bevezetésre.

Ez a szabvány egyesíti a magyarországi autóiipari beszállítói kört leginkább érintő két legnagyobb beszállítói követelményrendszert, az amerikai QS-9000- és a német VDA 6.1. követelményrendszert. A két rendszer harmonizációjaként került kiadásra az első átfogó autóiipari minőségirányítási rendszer, az ISO/TS16949, melyet minden jelentős autógyár elismer. Ennek a rendszernek az a lényege, hogy a beszállítók ne két minőségbiztosítási rendszert alkalmazzanak és működtessenek, hanem csak egyet. A kiépített rendszer maximálisan követi a vevőközpontúság követelményeit.

Új vagy felújított szerszámok és gyártóberendezések minősítése

- MODINE Global Process Specifícation GQ-57. A vasútipari beszállítás területén
- ISOR minőségtanúsítás működik.

Valamennyi szabvány célja a minőségképességi indexek egzakt meghatározása, grafikus megjelenítéssel, illetve számszerű értékekkel, melyek jellemzik a folyamatot, illetve a gép minőségképességét.

Szerszámok karbantartása, javítása

Üzemeltetés közbeni ellenőrzések, karbantartások

Leszerelés utáni ellenőrzések, szerszámok szétszerelése, hiba okok megállapítása

A 2.4.2-es fejezetben részletesen ismertettük a szerszám / készülék vizsgálatát, illetve a szerszám minősítés szabványok által rögzített szabályait és a kis- és középvállalkozásoknál lefolytatott minőség ellenőrzés módját.

⁶⁹ Hajdu Autótechnika

Ez a fejezet a hagyományos, konvencionális szerszámkészítő üzemek vizsgálatáról, minősítéséről, javítási módokról szól.

Gyűjtőfogalommal a képlékeny alakító szerszámok vizsgálatának és minősítésének szempontja, hogy a szerszám alkalmas legyen a munkadarab megfelelő minőségű és mennyiségű előállításra. A vizsgálat és a minősítés szakaszai:

1. A szerszámelemek és szerszámházak minősítése
2. A szerszámok vizsgálata és minősítése
3. A szerszám minősítése, a szerszámmal készített munkadarab alapján
4. A minősítés az első szerszámjavításig, élezésig elkészített munkadarabok száma alapján.
5. Tartozékok ellenőrzése: melynek során a szállítási egységbe tartozó alkatrészeket, dokumentációt, csomagolást kell ellenőrizni.
6. Az ellenőrzés minden szakasza azonos művelet elemekből áll.

Azonosítás: keretében meg kell állapítani, hogy a szerszám, vagy szerszám elem megjelölése megegyezik-e a rajz által előírtakkal.

Külső megjelenés: ellenőrzés során a felületek oxidmentességét az előírt felületvédelmet, sérülések jelentését, élek letompítottságát vizsgálják.

Működésvizsgálat: ennek vizsgálatakor a szerszám mozgó részeit kell tudni akadálytalanul mozgatni.

Pontosságvizsgálat: a szerszám vagy szerszám elemek méreteit ellenőrizzük.

A 3. és 4. pontban végzett vizsgálat során nem a szerszám, hanem a szerszámmal készített munkadarab méreteit, egyéb fizikai tulajdonságait, például: kovácsolás, fröccsöntésnél felület minőségét, színét kell ellenőrizni.

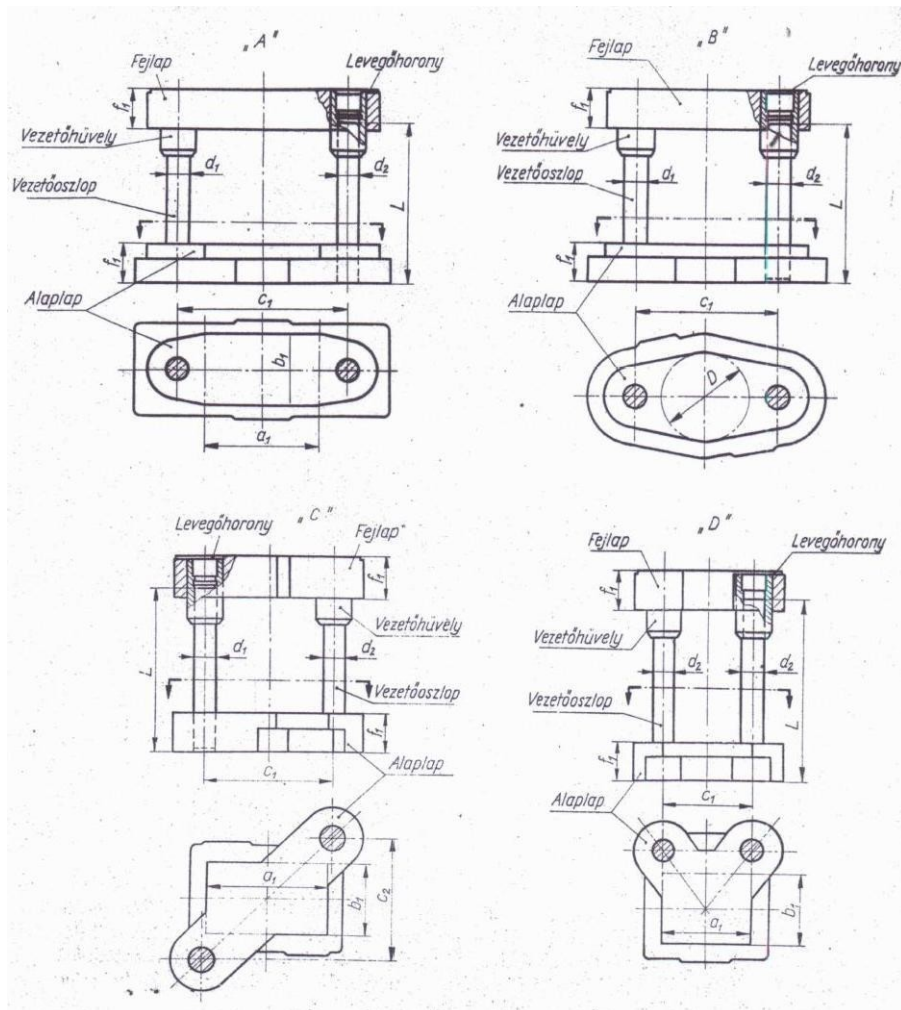
Szerszámelemek vizsgálata és minősítése

A szerszámok üzemeltetése során a technológiai folyamatban részt vesz maga a technológia (lemezalakítás, melegalakítás, fémöntés, fröccsöntés stb.) annak gépei, a szerszámok, készülékek és maga az ember. Üzemeltetés közbeni ellenőrzések, munkavédelmi okok miatt a gép és a szerszám szemrevételezéssel történő ellenőrzését, illetve olajozó és zsírozó rendszerek működését, rendellenes hangok ellenőrzését teszik indokolttá. A technológia, gép, szerszám rendellenes működését a szerszám / készülékben gyártott munkadarab fokozott ellenőrzése, azaz mérése mellett lehet minősíteni.

A sajtológépekről (lemezalakító, melegalakító, műanyag alakító, formázó) gépekről történő szerszámkészülék leszerelése után kerülhet sor a szerszámok vizsgálatára, illetve minősítésére. A vizsgálat során elsősorban a szerszám/ készülék elemek közül a szerszámlapok, szerszámvezető elemek, kivágó lapok, kivágó bélyegek állapotát kell ellenőrizni.

A melegalakítást, illetve formázást végző szerszámoknál a sorjázó elemek, kidobó elemek, összeszerelő, rögzítő, hűtőelemek épségét kell szétzerelés után ellenőrizni.

Vezető oszlopos szerszámházak lehetséges változatai:



2.5.1. 1. ábra Vezetőoszlopos szerszámház⁷⁰ A szerszámház vezető furatok tűrés értékei:

- normál fokozatban $\pm 0,001-0,02$ mm
- fokozott pontossági fokozat $\pm 0,005-0,01$ mm
- furatok merőlegességi, párhuzamossági, egytengelyűségi tűrései $0,005-0,01$ mm
- Ezeket a mérettűréseket, alaktűréseket, helyzettűréseket a szerszámtestre vonatkozó gyártási rajzok tartalmazzák, amennyiben ez nem áll rendelkezésre a fenti értékek az irányadóak.

Szerszámok vizsgálata és minősítése

Heveder kivágó szerszámtest gépről leszerelve

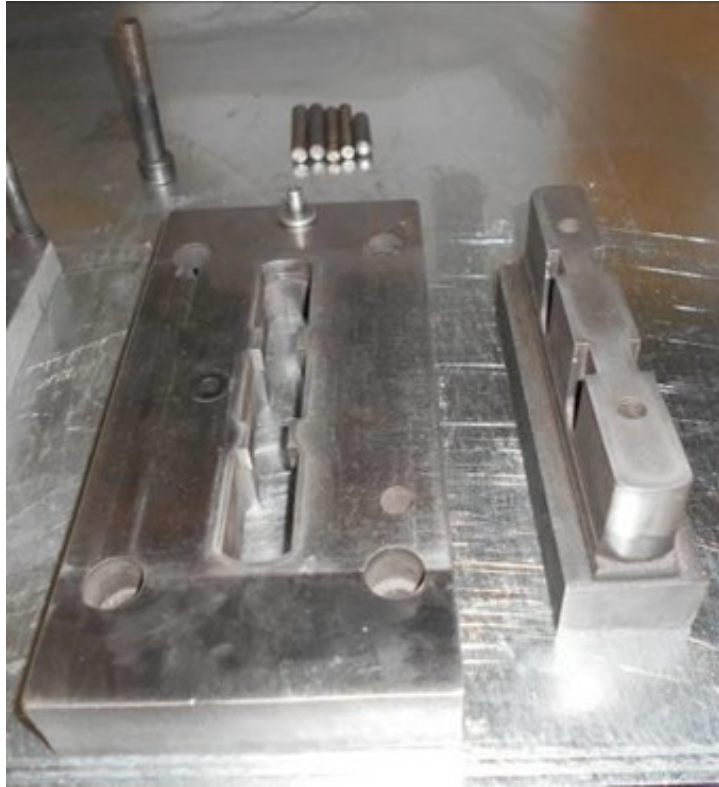
Kalotai-Kucher-Szele-Tihanyi: Szerszámgéptartozékok és – készülékek Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1969



2.5.1. 1. fotó Kivágó szerszám, alsó felső rész



2.5.1. 2. fotó Alsó, felső szerszámtest bélyeg és vágólap nélkül



2.5.1. 3. fotó Vágólap, vágóbélyeg kiserelve



2.5.1. 4. fotó Kivágó szerszám elemeire szerelve

A vizsgálat során el kell végezni a szerszám azonosítását. Ennek alapja az érvényes gyártási rajz. Azonosítás után el kell látni a rajzon az előírt azonosító jellel. A fenti ábrák szerint szétszerelt heveder kivágó szerszám elemei az előírt tűréseknek megfelelőek, ellenben a munkadarab ellenőrzése során megállapítást nyert, hogy a vágólap, illetve a vágóbélyeg éleinek kopása miatt a szerszámban kivágott heveder sorjás.



2.5.1. 5. fotó Kopott vágó élek miatt sorjás munkadarab

Javítás módja

Megállapításra került, hogy mind a vágólap, mind a vágóbélyeg lehetővé tesz utánélezést, mellyel a szerszám élettartamát növelni tudjuk. A vágólap és a vágóbélyeg után élezését síkköszörű gépen lehetséges elvégezni.

A vágólap, illetve a vágóbélyeg síkköszörűn történő megmunkálása után, sorjázás és tisztítás után megtörténhet a heveder kivágó szerszám összeszerelése a szereléshez szükséges segédanyagok, illetve készülékelemek igénybevételével. Ezután kell következnie a szerszám működésének ellenőrzésének.

A szerszámok működésének ellenőrzése

Próbasajtolással vagy kézi erővel végezhető. Hidegalakító szerszám próbájához csak olyan gép használható, amelynek asztala megfelelő pontosságú. A nyomószán mozgásának merőlegessége a gépasztalra legalább 0,01/100. A szerszámot terhelés nélkül működtetni kell. Feszülésre utaló hangok nem lehetnek. Ha a szerszámban hűtés vagy fűtés céljából furatok, csatornák vannak, akkor ellenőrizni kell ezek tömítettségét 0,2-0,4 MPa nyomású víz- olaj emulzió segítségével. Villamos fűtésű szerszámban a fűtőellenállás szakadásmentességét, előírt teljesítményét, az előírt átütési ellenállást kell ellenőrizni.

Ellenőrzés imitált munkadarabbal

- Kivágó, lyukasztó szerszámot lehet a tervezett sáv szélességnek megfelelő műanyag párral

- Hajlító szerszámokba sárgarézből készült munkadarabot tesznek és annak az alakítását vizsgáljuk
- Üreges szerszámokat gipsszel, ólommal történő kitöltéssel ellenőrizzük a zsugorodás különbségének a figyelembevételével.

Külső megjelenés ellenőrzése: A szerszámgépre történő felszereléshez szükséges felfogó felületek, felfogó csapok méretének, épségének ellenőrzése. Felverődések ellenőrzése, ezek után szükség szerinti javítások. Korrózió jelenlétének ellenőrzése, csiszolással történő javítása. Felületkezelés, olajozás, festés, egyéb felületdíszítő eljárások stb.

Csatlakozó és befoglaló méretek ellenőrzése, gépre történő felszereléshez: A géphez csatlakozó szerszámelemek:

- A befogócsap átmérője és hossza.
- A felfogó hornyok, furatok helyzete és méretei.
- A szerszám zárt magassága.
- A kilökök, lelökök és feladócsapok méretei és helyzete.
- A szerszámot tájoló részek méretei.
- A beömlő rendszer méretei.
- A kilökö rendszer méretei.
- Pneumatikus, hidraulikus, elektromos csatlakozási lehetőségek, illetve azok épségének ellenőrzése.

A szerszám minősítése a szerszámmal készített első munkadarabok alapján

Az első munkadarabok vizsgálatával a szerszámszerkesztés, a szerszámkészítés és az ellenőrzés munkáját ellenőrzik, amikor a szerszámmal elkezdik a gyártást. Az első munkadarabokat mindig a tervezéskor figyelembe vett technológiával, anyaggal és géppel kell elkészíteni. (A szériatermelés szerinti állapot.)

Az első szerszámjavításig legyártott munkadarabok. A szerszám valódi minősége csak utólag, az első utánélezésig, vagy javításig legyártott munkadarabok számával és pontosságának az ingadozásával állapítható meg. Az így kapott eredményeket összevetik a szerszám élettartamát befolyásoló tényezők vizsgálatának eredményével. Ebből vonhatók le azok a következtetések, amelyeket mind a szerszámszerkesztésben, mind pedig a szerszámgyártásban fel kell használni

A relatív élettartam nagyságát a tervezett élettartammal hasonlítják össze. Ha a két szám között 50 % -nál nagyobb különbség van, akkor meg kell vizsgálni az eltérés okát.

Ez terjedjen ki

- a szerszám szerkezeti kialakítására,
- a szerszám anyagára,
- a szerszám hőkezelhetőségére,
- az üzemeltetés körülményeire.

A tapasztalatokat az új szerszám tervezéséhez fel kell használni. Az adatok rögzítésére igen alkalmas a Szerszámkísérő lap rendszeresítése.

A kísérőlap négy fő adatszoportot tartalmaz:

1. A szerszám tervezési adatai (a szerszámtervező tölti ki):
2. A szerszám vizsgálati adatai (a szerszámgyártó tölti ki):
3. A relatív élettartam végén folyó vizsgálat adatai (az üzemeltető tölti ki):
4. A szerszám élettartamadatai (az üzemeltető tölti ki):

Természetesen a szerszámok adatainak rögzítése és értékelése fokozott gondosságot igényel. Ez azonban többszörösen megtérül a szerszámok élettartamának a növekedésében. Egyben rávilágít az alkatrészyártás során jelentkező, a szerszám élettartamát csökkentő állandó és véletlenszerű hibákra. Az állandó hibák feltárása és megszüntetése a gyártási kultúra egyik jellemzője. További gazdasági előnyök jelentkeznek a szerszámgazdálkodásban. A tényleges állapot és élettartam ismeretében elkerülhető mind a szerszámhiány, mind a többszörös szerszám biztosítás.

A szerszám élettartam, szerszámok felújítása

A szerszám élettartamán azt a darabszámot vagy löketszámot értjük, amíg a szerszámot teljes elhasználódásig üzemeltetjük. A szerszám élettartamán a két felújítás között gyártott darab vagy löketszámot értjük.

Így a szerszám élettartama $T = t \cdot k$, ahol t = a két felújítás közötti darabszám (db) k = a felújítások (élezések) száma

A szerszám élettartama függ a munkadarab anyagától, vastagságától, geometriájától.

- A szerszám szerkezeti kialakításától.
- A szerszám alakadó elemeinek anyagától, hőkezelésétől.
- A feldolgozó gép típusától és állapotától.
- Az üzemeltetés körülményeitől.

A felsorolt tényezők számbavétele egzakt matematikai módszerrel nem mindig lehetséges, empirikus úton a különböző szerszám típusoktól függően szakirodalmakban általában lemezvastagságoktól, illetve vágások számától vannak elérhető átlag élettartamok. A 2.5.1. pontban példaként bemutatott heveder kivágó szerszám élettartamának számítási példája.

Vágólap, vágóbélyeg egyszeri éléssel leválasztott anyagvastagsága: 0,5 mm. A vágólap, illetve a vágóbélyeg edzett, alakhű, megfelelő robbanási hézagot biztosító vastagsága: 10 mm. Két élzés között legyártott darabszám: $t = 500$ db. Az utánélézések lehetséges száma: $5 \text{ mm} / 0,5 \text{ mm} = 10$.

A szerszám élettartama: $T = t \cdot k = 500 \text{ db} \cdot 10 = 5\,000 \text{ db}$ Szerszámok javítása

Az elhasználódás, a kopás és a roncsolás mértékétől függően a szerszámok felújításának lehetséges módjai:

- utánmunkálás (élézés, vezető persely javítása, vezető oszlop javítása)
- hőkezelés, edzés
- javítás különböző technológiákkal
- új alkatrészek készítése

Utánmunkálás Ennek a munkának az elvégzéséhez a szerszámot elemeire kell szétszerelni és a munkadarabról vagy egyéb úton a hibás alkatrészt minősíteni kell.

Lehetséges hibák:

- Kivágó szerszámok vágólapja, bélyege éleinek legömbölyödése.
- Hőre lágyuló műanyag fröccsöntő vagy nyomásöntő szerszámok egyes részeinek kopása az anyagáramlás következtében.
- Süllyesztékes melegalakítás szerszámainak kilágyulás miatti kopása.
- Fröccsöntő szerszámok anyagáramlás miatti kopása. Javítási módok:
- Edzett, kemény állapotban síkköszörűn, palástköszörűn újraélézés. Az eredeti geometriának megfelelően 0,1-5 mm-rel továbbmunkálva.
- Csiszolás, polírozás útján történő javítás
- Üreges szerszámoknál az eredeti geometriai formát kilágyítás után forgácsológépen, másolómarással, illetve CNC megmunkáló központon történő megmunkálással továbbvinni a kopásnak megfelelően.
- Betétedzett szerszámoknál ügyelnünk kell arra, hogy az utánmunkálás csak a betétedzett rész mélységéig lehetséges.
- Szikraforgácsolás útján kopás mértékének megfelelő utánmunkálás. Javítás más technológiákkal:
- Javítások valamilyen hegesztés technológiai eljárás alkalmazásával, felrakás útján lehetséges.

Ezek lehetnek: porszóras, gázhegesztés, forrasztás, kézi ívhegesztés bevont elektródával, AFI hegesztési eljárással, AWI hegesztési eljárással, lézer hegesztési eljárással.

A hagyományos hegesztő technológiai eljárások ismertek mind az iparban, mind a szerszámfelújítás során használatosak. Ezekkel az eljárásokkal hőkezeletlen vagy hőkezelés után kilágyított,

elhasználódott alkatrészeket, lehet felrakással javítani. Forradalmian új eljárás a lézer sugaras hegesztés, felrakó hegesztés.

Elve megfelelő áramforrás előállítja a lézersugarat, lézerfényt, ennek hőmennyiségéből megolvasztásra kerül a hegesztendő elhasznált, kopott alkatrész, és ehhez az anyagminőséghez választott huzalt kézzel adagolva kerül kivitelezésre a felrakó hegesztés.

Előnye, jóval kisebb a hőbevitel, kisebb a deformáció és repedésveszély.

A szerszámjavítás (például: éljavítás) hőkezelt, edzett állapotban is lehetséges. Felrakás után kerülhet sor a szerszám formaadó megmunkálására.

Hátránya, kivitelezése igen lassú, időigényes és költséges. Alkalmazása elsősorban technológiai szükség. (Például: edzett, kopott szerszámél)

Az alábbi képeken lézerhegesztő munkahely, lézer felrakó hegesztés és lézerhegesztéssel felrakott varrat látható



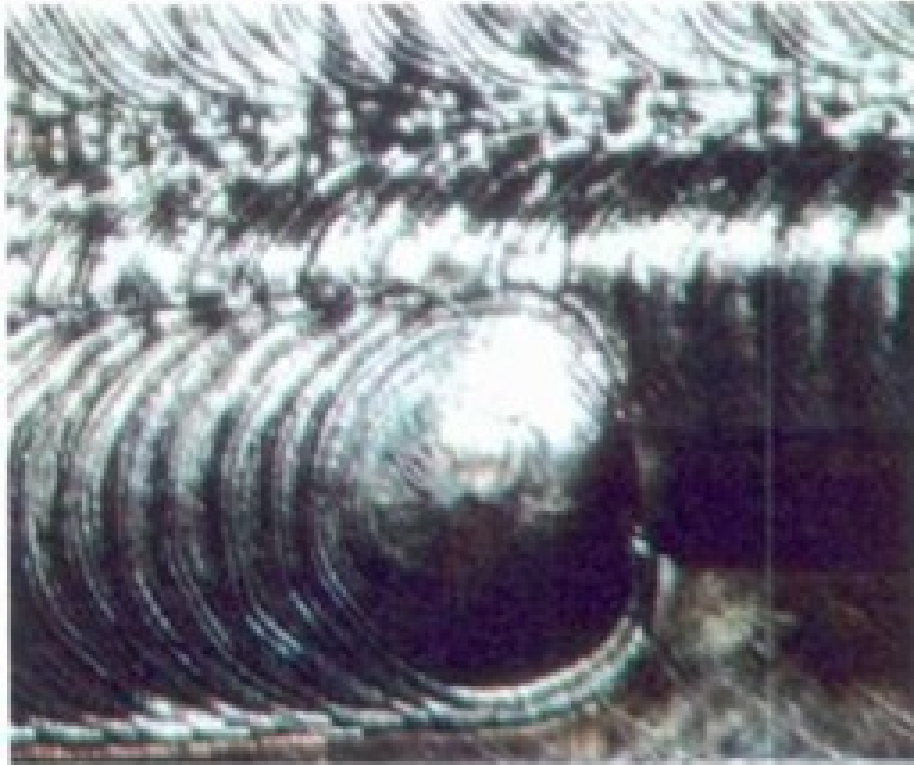
2.5.2. 1 Fotó Lézer hegesztőgép, lézerhegesztő munkahely, huzal, munkaasztal munkadarab forgatóval



2.5.2. 2. Fotó Lézer felrakó hegesztés kivitelezése



2.5.2. 3. Fotó Lézer felrakó hegesztéssel kivitelezett varrat



2.5.2. 4. Fotó Lézerrel hegesztett varrat

Új alkatrészek gyártása

Lehetőség szerint a műszaki rajztárakban fellelhető eredeti gyártási rajzok előírásai és tűrései alapján újragyártva, amennyiben ez nem lehetséges, úgy hibafelvétel alapján készített gyártási rajz alapján kell az alkatrészeket utángyártani. Az ilyen jellegű javítási módokra akkor van szükség, amikor olyan mértékű a szerszámelemek kopás, elhasználódás, roncsolás, repedés, törés, hogy az a szerszám további működését nem teszi lehetővé. Ilyen mértékű utánmunkálás elsősorban az alakadó elemek kopása miatt lehetséges, de előfordulhat, hogy a szerszámtestek vezetőelemei például: vezetőcsap, vezetőpersely kopása miatt is szükség lehet utángyártásra, azaz újragyártásra.

Plastic-Form Kft.

Felhasznált és ajánlott irodalom

Terdik János, Zeller László – Szerszámkészítő jegyzet, 2014.

Jáki Imre: Szerszámok és készülékek gyártása, NSZFI, Budapest, 2008.

Borsos Tibor – Czéh Mihály – Dr. Nagy P. Sándor: Szerszám- és készülékgyártás technológiája, Skandi-Wald Könyvkiadó, Budapest, 2006.

Nagy József: Szerszámkészítő szakmai ismeret II., Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1974.

Nagy József: Szerszámkészítő szakmai ismeret III., Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1974.

Nagy József: Szerszámkészítő szakismeret, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1975.

Ducsay János: Forgácsoló eljárások, Tankönyvmester Kiadó, Budapest, 2008.

Fenyvessy Tibor – Seres Ferenc: Műszaki ábrázolás, Nagy és Társa Kiadó, Budapest, 2005.

Fenyvessy Tibor – Seres Ferenc: Gépi forgácsoló szakrajz 59091 Műszaki Kiadó

Fenyvessy Tibor – Fuchs Rudolf – Plósz Antal: Műszaki Táblázatok, NSZFI, Budapest, 2007.

Horváth M. – Markos S. Gépgyártástechnológia 45018 Műegyetemi Kiadó 2001

Czéh M. – Hervay P. – Dr. Nagy P. S.: 59 230 Megmunkálógépek Műszaki Könyvkiadó

Ambrusné– Dr. Árva – Dr. Nagy P. S. : 59 229 Forgácsoló eljárások

Sárosi Rezsóné: Szerszámkészítő szakrajz I., Műszaki Könyvkiadó, Bp, 1993.

Sárosi Rezsóné: Szerszámkészítő szakrajz II., Műszaki Könyvkiadó, Bp, 1993.

Dr. Márton Tibor: Forgács nélküli alakítások, Műszaki Könyvkiadó, Bp, 1998.

Dr. Márton Tibor – Plósz Antal – Vincze István: Anyag- és gyártásismeret, Képzőművészeti Kiadó, Budapest, 1998.

dr. Csizmazia Ferencné: Szerszámanyagok és kezelésük Aj38-GE SZE 2004.

www.etankönyv, szerkezeti anyagok

www.uni-miskolc.hu/~wwwfemsz/forg3

www.digitális.tankönyvtár-képlékeny.alakítás

Frischerz – Skopf: Fémtechnológia 1. Alapismeretek, B + V Lap- és Könyvkiadó Kft, Budapest, 1993.

Frischerz–Skopf: Fémtechnológia 2. Szakismeretek, B + V Lap- és Könyvkiadó Kft, Budapest, 1999.

Dr. Zsidai – Kakuk – Kári – Horváth – Szakál: Forgácsoló eljárások tervezése, NSZFI, Budapest, 2008

tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0007_02-

dr. Halbritter Ernő: Süllyesztékes kovácsolás SZE

Gépipari technológia Feladatgyűjtemény, Göttinger Bt, Budapest, 1995

Hack Emil: Szerszámkészítés, Műszaki Kiadó, Budapest, 1981.

Hack Emil: Hidegalakító szerszámok készítése, Műszaki Kiadó, Budapest, 1981.

Maros István: Gépipari szerszámkészítés, Műszaki Kiadó, Budapest, 1966.

Péterfy Kristóf: Auto CAD, 2002 LSI Kiadó

Pintér Miklós: Auto CAD tankönyv és példatár, Computer Books

Fodor Gábor Antal, Szentgyörgyiné Gyöngyösi Éva: Rajzoljunk CAD programokkal

Mátyás Gyula, Sági György: Számítógéppel támogatott technológiák, CNC/CAD/CAM – Mk-6048-6

NCT 98M, 99M Kezelési és működési leírás

Mátyási Gyula – CAM tankönyv (Typotex Kiadó)

dr. Horváth László–CAD/CAM technika (Bánki Donát Műszaki Főiskola 1999)

Czéh Mihály, Hervai Péter , dr. Nagy P. Sándor – CNC-programozás alapjai (Műszaki könyvkiadó 1998)

Dr. Zsiga Zoltán, dr. Makó Ildikó – CNC szerszámgépek, célgépek (Miskolci Egyetem 2007)

Mátyási Gyula – NC technológia és programozás (Műszaki Könyvkiadó 2001)

Jaczmik László – CNC szerszámgépek (Műszaki könyvkiadó 1987)

Dr. Jakab Endre – Szerszámgépek (Miskolci Egyetem 2011)

Dr. Boza Pál, Dr. Pintér József–Gyártástechnológia(2011 www.tankonyvtar.hu)

Czvikovszky Tibor, Nagy Péter, Gaál János - A Polimertechnika alapjai (Műszaki könyvkiadó 2007)

<http://www.physics.ttk.pte.hu/pages/munkatarsak/nemetb/IT-8-Muanyag-eloallitasi-technologiak-NB.pdf>

http://www.plastelektro.hu/hu/hore-kemenyedo-muanyagok_3523-n.html

http://shp.hu/hpc/web.php?a=tomitesgyar&o=amit_tudni_lehet_a_muanyagok

<http://www.muanyagipariszemle.hu/2004/05/temperalas-a-froccsontouzemben>

Czampa Miklós, Műszer- és mérés technika (2011/2012)

Dán József, Hajdu Autotechnika Ipari Zrt Információs rendszerének szabályzata (2010)

Magyar Szabvány MSZ EN ISO 9001

Modine-Global Process Specification GQ-57 Új vagy felújított szerszámok és gyártóberendezések minősítése

ISOTS 16949-kézikönyv

Kovács József-Vincze Árpád, A képlékeny alakítás szerszámai (Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1981)

Gábor András, Melegalakító szerszámok és készítésük (Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986)

Dr. Danyi József – dr. Végvári Ferenc LEMEZMEGMUNKÁLÁS