



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

Alakítótechnológiák gyakorlata

Hideg térfogatalkítás



Készítette: Breznay Csaba

Ellenőrizte: Dr. Reé András és Dr. Katula Levente

2023. augusztus 9.

Tartalomjegyzék

I. Bevezetés	3
II. A hidegalakításról	4
1. Zömítés	5
2. Redukálás	6
3. Hidegfolyatás	7
III. Technológiatervezés	10
4. Művelettervezés	10
5. Sajtolt termékekkel szembeni követelmények	11
6. Zömítés	13
7. Redukálás	15
8. Tömör test előrefolyatása	15
9. Üreges test hátrafolyatása	17
10. Félkészgyártmányok előkészítése	18
11. Tűrések, illesztések	21
IV. Szerszámtervezés	25
12. Zömítés	26
13. Redukálás	29
14. Előrefolyató bélyeg és matrica	31
15. Hátrafolyató bélyeg és matrica	36
16. Hőkezelés	40
17. Szerszámház-választás	46
Táblázatok jegyzéke	50
Ábrák jegyzéke	50
V. Mellékletek	52

I. rész

Bevezetés

Az alakítástechnika a gépgyártástechnológia része, ezen belül egyike az alkatrészgyártás módszereinek. Alkatrészt gyártani elvileg lehet a feldolgozandó anyag tömegének a gyártási folyamat közbeni csökkentésével, növelésével vagy a tömeg állandóságának megtartásával [1].

A szilárd állapotban történő alakadást képlékeny alakításnak nevezzük. A képlékeny alakítás technológiáját az teszi különlegessé, hogy alkalmazása során nem csak a munkadarab alakját és méreteit lehet változtatni, hanem anyagi tulajdonságait is. Az alakítási folyamathoz szükséges erőhatásokat és az alakadás geometriai kényszereit az alakító szerszám aktív elemei adját át a munkadarabra [1].

Az alakítás során célzott képlékeny alakváltozásokkal úgy változtatjuk meg a munkadarab alakját, hogy a darabban az anyagfolytonosság nem szakad meg - sem szakadás, sem törés nem lép fel - ezért térfogata és tömege változatlan marad. A fémeket alakítani csak képlékeny állapotban lehetséges. Ebben az állapotban a munkadarab alakja maradandó módon megváltoztatható anélkül, hogy az anyag atomjai közötti kötés megszakadna.

A jegyzetben kizárólag a *hideg térfogatalakítás*al fogunk foglalkozni, azon belül áttekintjük a zömítés, redukálás és hidegfolytatás technológiáját, a lépésterv elkészítését, a félkészgyártmányok előkészítését, illetve a szerszámtervezéshez szükséges alapokat.

Definíció **Hideg térfogatalakítás**

A hideg térfogatalakítás egy olyan eljárás, melynek során a feldolgozandó előgyártmányt egy többé-kevésbé zárt üregbe tesszük és több oldalról nyomás alá helyezzük. A nyomás hatására a munkadarab anyaga egyrészt kitölti az üreget, másrészt kifolyik az üreg nyílásain. Mind az üregben maradó, mind a kifolyt anyagrészek a gyártmány szerves részét képezik, ezért a folyamat során elvileg nem keletkezik hulladék [1].

II. rész

A hidegalakításról

Hidegalakítás során az alapanyagot annak újrakristályosodási hőmérséklete alatti hőmérsékleten alakítjuk. Az alakítás során fellép az alakítási felkeményedés, az anyag szilárdsági jellemzői növekednek, képlékenységi jellemzői csökkennek, ridegedik. Az alakítás erő- és munkaszükséglete nagyobb a melegalakításénál, ahogyan az alakító szerszámok mechanikai terhelése is. Az alakításhoz szükséges erő egyre növekszik, ahogy nő az anyag alakítási szilárdsága (k_f). Mivel az alakításhoz előzetesen nem alkalmaztunk külső hőhatást, ezért a felületen nincs reveképződés, oxidáció. Nem kell dekarbonizációval vagy egyéb felületi ötvöző-vesztéssel, illetve a hőtágulásból származó méretváltozással számolni. A munkadarab alak- és mérethűségét elvileg csak az alakadásban főszerepet játszó szerszám gyártási pontossága illetve merevsége korlátozza [1].

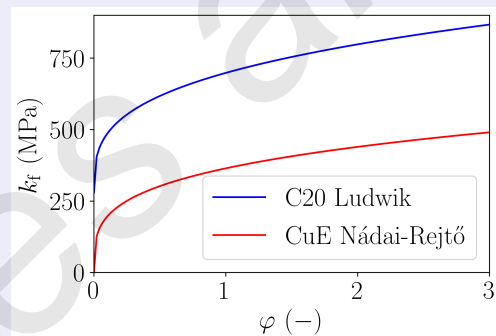
Definíció Alakítási szilárdság (k_f)

A képlékeny alakváltozás megindításához, majd fenntartásához szükséges feszültség *egytengetlyű* feszültségi állapotban:

$$k_f = f(\varphi_{eq}, \dot{\varphi}_{eq}, T).$$

Az alakítási szilárdság *egy adott anyag, adott állapotában* függ az alakítás mértékétől és két állapot tényezőtől: az alakváltozási sebességtől és az alakítási hőmérséklettől. Hidegalakítás esetén ($T < T_{rekr}$) az alakítási szilárdság hőmérsékletfüggését elhanyagoljuk:

$$k_f \approx f(\varphi_{eq}).$$



0.1. ábra. Tipikus folyásgörbék

Az alakítás mértéke korlátozott, a munkadarab alakíthatósága jóval kisebb, mint melegalakításnál. Az eljárással kevésbé bonyolult alkatrészek gyárthatók, mint melegalakítással, viszont az alakított darabok méretpontossága, felületi minősége, alakhűsége jobb a melegen alakítottakéhoz viszonyítva.

Az alakító eljárás megválasztásakor elsősorban mérvadó a gyártandó munkadarab jellege és méretei, a szükséges méretpontosság, a feldolgozott anyag tulajdonságai, és a szóban forgó darabszám a gazdaságosság figyelembevételével. Egy adott munkadarab sokszor többféle eljárással is gyártható. Ha az anyag nehezen alakítható, azt az eljárást kell választani, amellyel az anyag és a szerszám igénybevétele a legkisebb. Ha erre nem kell különösképpen tekintettel lenni, a gazdaságosság dönti el a követendő eljárást. Minden esetben számításba kell venni azt, hogy a gyártott termékünk sohasem lehet pontosabb, mint maga a képlékenyalakító szerszám gép. Minél jobb minőségű tehát a sajtolt munkadarab és minél szűkebb méreteinek tűrése, annál nagyobbak a kijelölt szerszámgéppel szemben támasztott követelmények.

Jellemzően három alapvető hidegalakítási gyártási módot lehet megkülönböztetni:

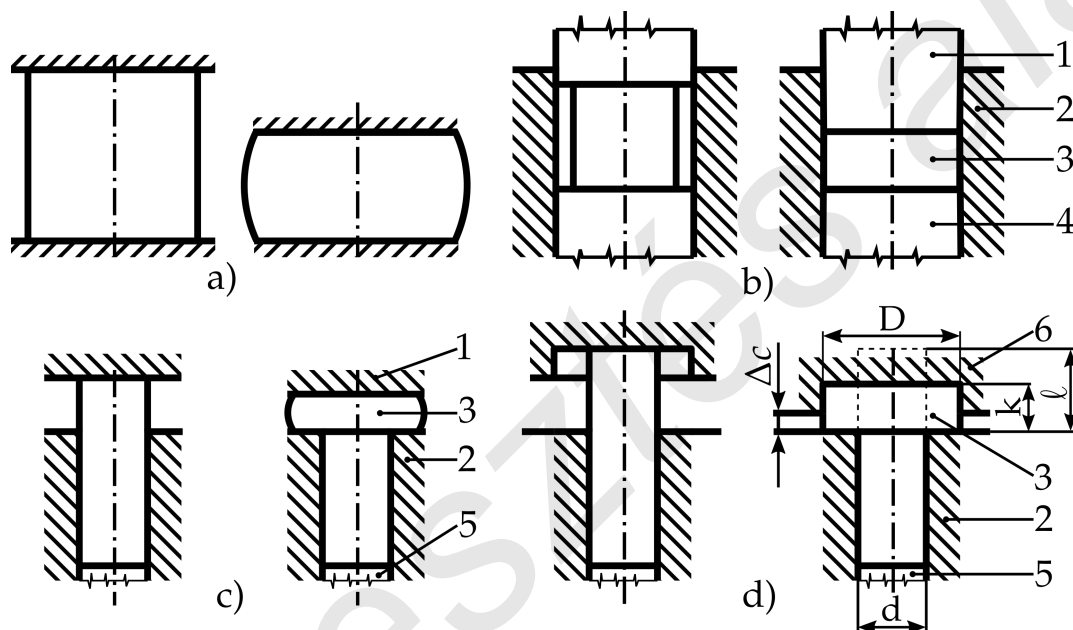
- Az összes műveletet egy gépen vagy egy szorosan kapcsolt gépegységen egymás után, tehát különleges, központilag vezérelt és hajtott berendezésen végzik;
- Egy képlékenyalakító szerszámgépen vagy berendezésen csak a lehetőségek adta néhány munkafázis van egyesítve, vagyis a sajtón csak egy vagy több műveletet végző szerszám van. Az egyes gépek vagy berendezések egyedi hajtásúak és központi vezérlésűek, de szállítóberendezéssel lehetnek összekötve;
- Minden műveletet egy-egy külön szerszám gép végez, de a munkafolyamat össze van hangolva. Azt, hogy a három gyártási mód közül melyiket kell választani, az alakítandó anyag minősége, a munkadarab méretei és súlya, és elsősorban a darabszáma szabja meg [2].

Az alakképzés többnyire az alakító gépekre felfogott, két félből álló célszerszámok segítségével

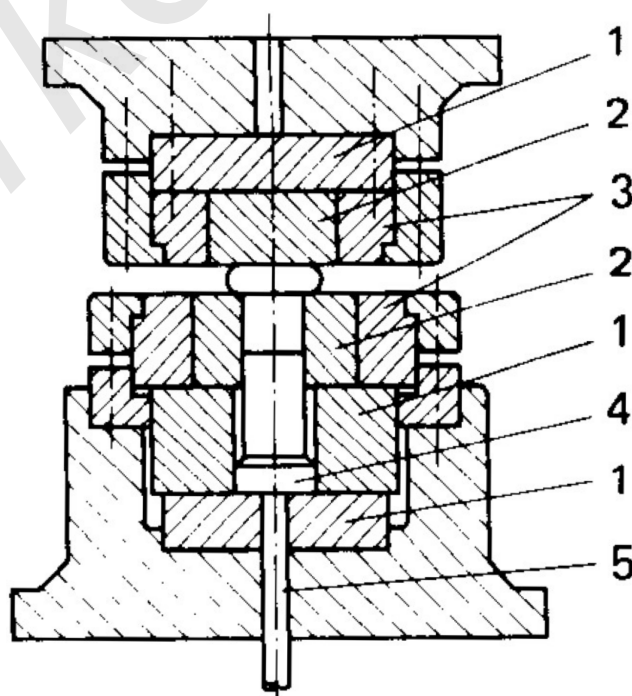
történik. A célszerszámok aktív elemei az esetek többségében a munkadarabok negatív másai, az alakítási folyamat pedig lényegében egy pozitív másolat készítése. A szerszámfelek rendszerint egyenes vonalú alternáló relatív mozgást végeznek, és az alakképzési folyamat az alternáló mozgás egyik holtpontjában fejeződik be [1].

1 Zömítés

A zömítés rendszerint párhuzamos síklapok közötti teljes térfogatalakítás külső nyomóerő hatására úgy, hogy a munkadarab szélességének és hosszúságának változását nem korlátozzuk. A zömítési folyamat lényege, hogy egy kisebb átmérőjű, de hosszabb előalakból egy nagyobb átmérőjű és kisebb magasságú térfogatelemet készítünk. A hidegzömítés alapeseteit láthatjuk a 1.1. ábrán, a) zömítés párhuzamos sík lapok között; b) a munkadarab teljes térfogatának alakítása; c) perselybe fogott munkadarab fejezése határolósíkokkal; d) ugyanaz határolóüreggel. Az ábra jelölései a következők: 1: bélyeg; 2: persely; 3: munkadarab; 4: ellenbélyeg; 5: kilökö; 6: fejező.



1.1. ábra. A hidegzömítés alapesetei és az alakjellemzők jelölése



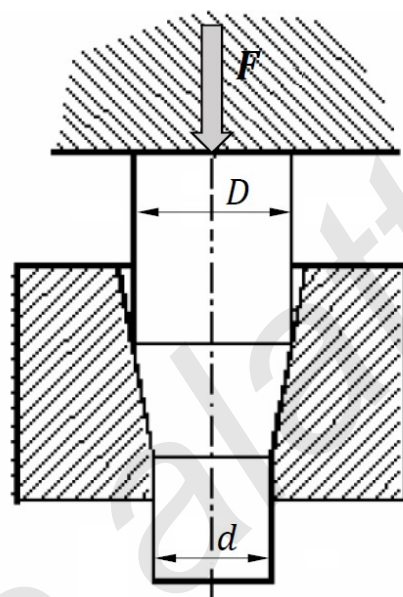
1.2. ábra. Hidegzömítő szerszám kialakítása [3]

A 1.2. ábrán egy tipikus zömítő szerszám kialakítása látható. Az ábra jelölései: 1: nyomólap; 2: zömítőlapok ; 3: előfeszítő gyűrű; 4: ellenbéllyeg; 5: kilökő [3].

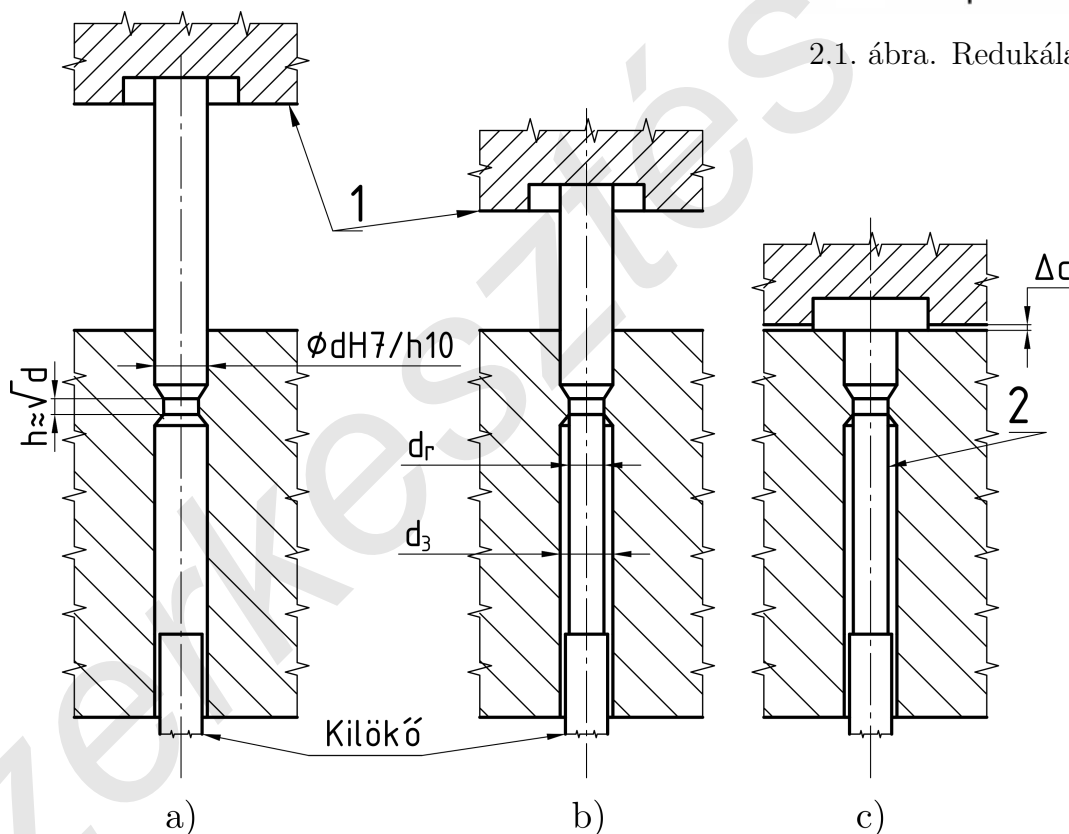
2 Redukálás

A redukálás (lásd 2.1. ábra) olyan térfogatalakító eljárás, amelynek célja a munkadarab átmérőjének csökkentése oly módon, hogy a kiinduló előgyártmány redukáló matricán kívüli része a redukálás során ne szenvedjen maradó alakváltozást.

A redukálást a zömítéssel gyakran egy műveletben végzik, például kötőelemek gyártásakor. A 2.2. ábrán található az egy műveletben történő redukálás és zömítés technológiai kialakítása. Az ábra jelölései rendre a) a redukálás kezdete; b) a redukálás vége; c) a zömítés vége; míg 1: a fejező, 2: a redukált szárrész.



2.1. ábra. Redukálás [1]



2.2. ábra. Redukálás és zömítés egy műveletben

Redukáláskor az átmérő csökkentés mértékét az alábbi két feltétel közül a szigorúbb korlátot állító határozza meg [4]:

1. A redukálás során, a munkadarabban ébredő feszültség nem érheti el az előgyártmány alakítási szilárdságát;
2. A darab alakításához szükséges redukálóerő nem okozhat kihajlást a darabon.

A megvalósítható legnagyobb átmérő csökkenés 10% körül van.

3 Hidegfolytatás

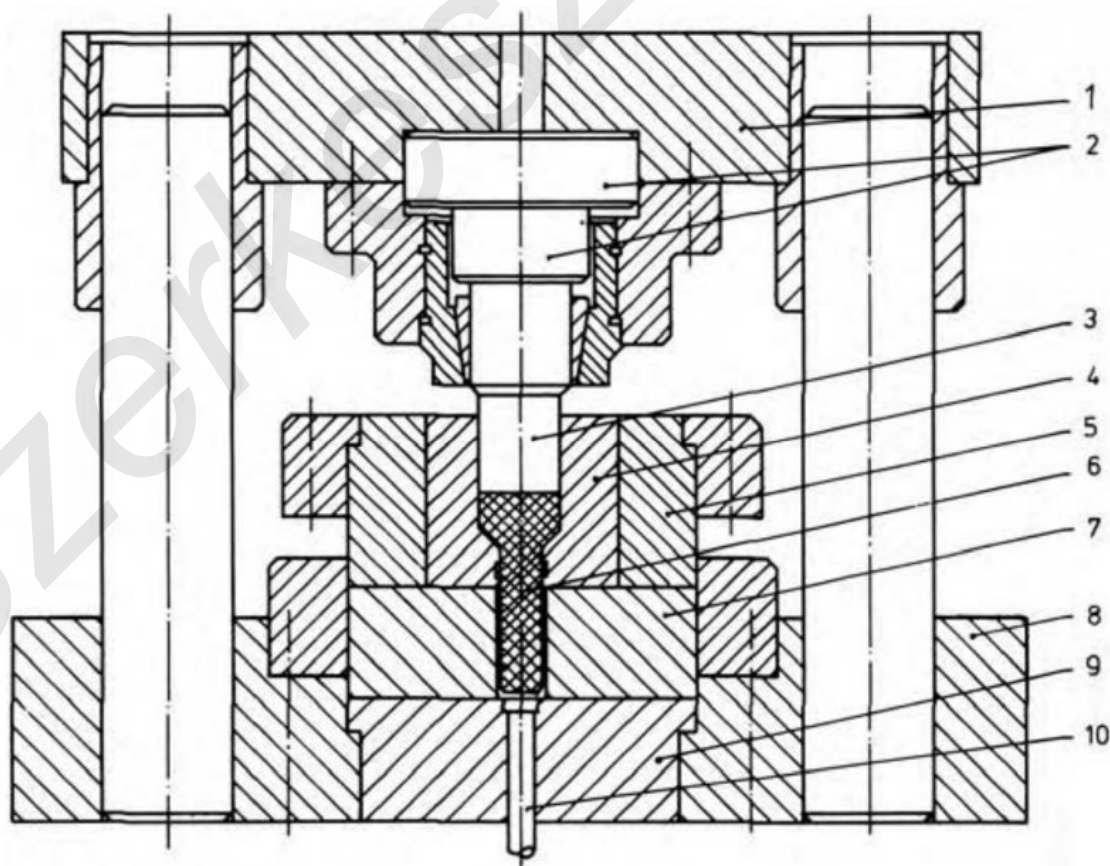
Folytatásnak nevezzük az olyan képlékeny alakító műveleteket, amelyek során az előgyártmányt egy bélyeg benyomásával szorítjuk ki, az alakot adó nyílás kivételével minden oldalról zárt üregből, a matricából. A darab keresztmetszete az alakítás közben mindig csökken. A szerszámkiképzés, az erő- és teljesítményszükséglet és a technológia számos egyéb jellemzője döntően különböző aszerint, hogy az anyag a bélyeghez képest milyen irányban folyik. Ezért a folytatás eljárásait a következő csoportokra osztjuk:

- **Előrefolytatás:** Az anyag a bélyeg mozgásával *azonos* irányba folyik.
- **Hátrafolytatás:** Az anyag a bélyeg mozgásával *ellentétes* irányba folyik.
- **Kombinált folytatás:** Az anyag egy része a bélyeg irányába, a másik része azzal ellentétes irányban folyik.

Különböző hidegenfolytatott munkadarabokra és a gyártásukhoz használt szerszámelemekre láthatunk példákat a 3.3. ábrán.

3.1 Előrefolytatás

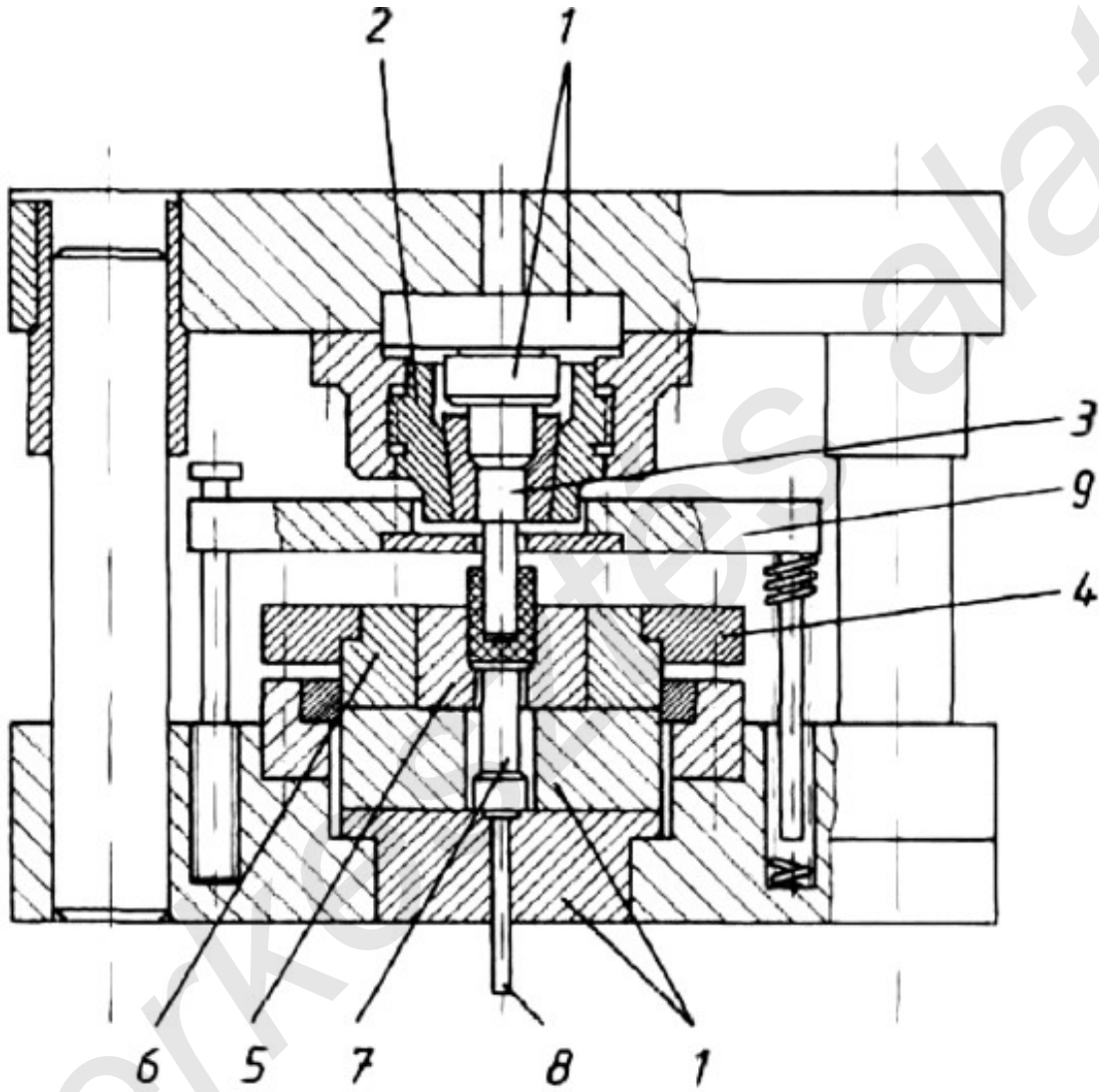
Ha a redukálás feltételei nem teljesíthetők, akkor a munkadarabot annak felduzzadása ellen egy matricával meg kell támasztani, ami az esetek döntő többségében egy előfeszített gyűrű. Előrefolytatás során a tömbi anyagot egy szűkülő csatornán nyomjuk keresztül egy bélyeg segítségével, mely során a munkadarab oldala végig meg van támasztva. Ezzel az eljárással általában hengeres termékeket gyártunk, de akár profilos és üreges termékek is kialakíthatók vele, a matrica és a bélyeg kialakításától függően. Egy tipikus előrefolytató szerszám kialakítása látható a 3.1. ábrán (1: felső lap; 2: nyomólapok; 3: bélyeg; 4: matrica; 5: előfeszítő gyűrű; 6: munkadarab; 7: nyomólap; 8: alsó lap; 9: nyomólap; 10: kilökö). A különféle általános szerszámelemek szerepéről, kialakításáról és méretezéséről a 17. fejezet ad felvilágosítást.



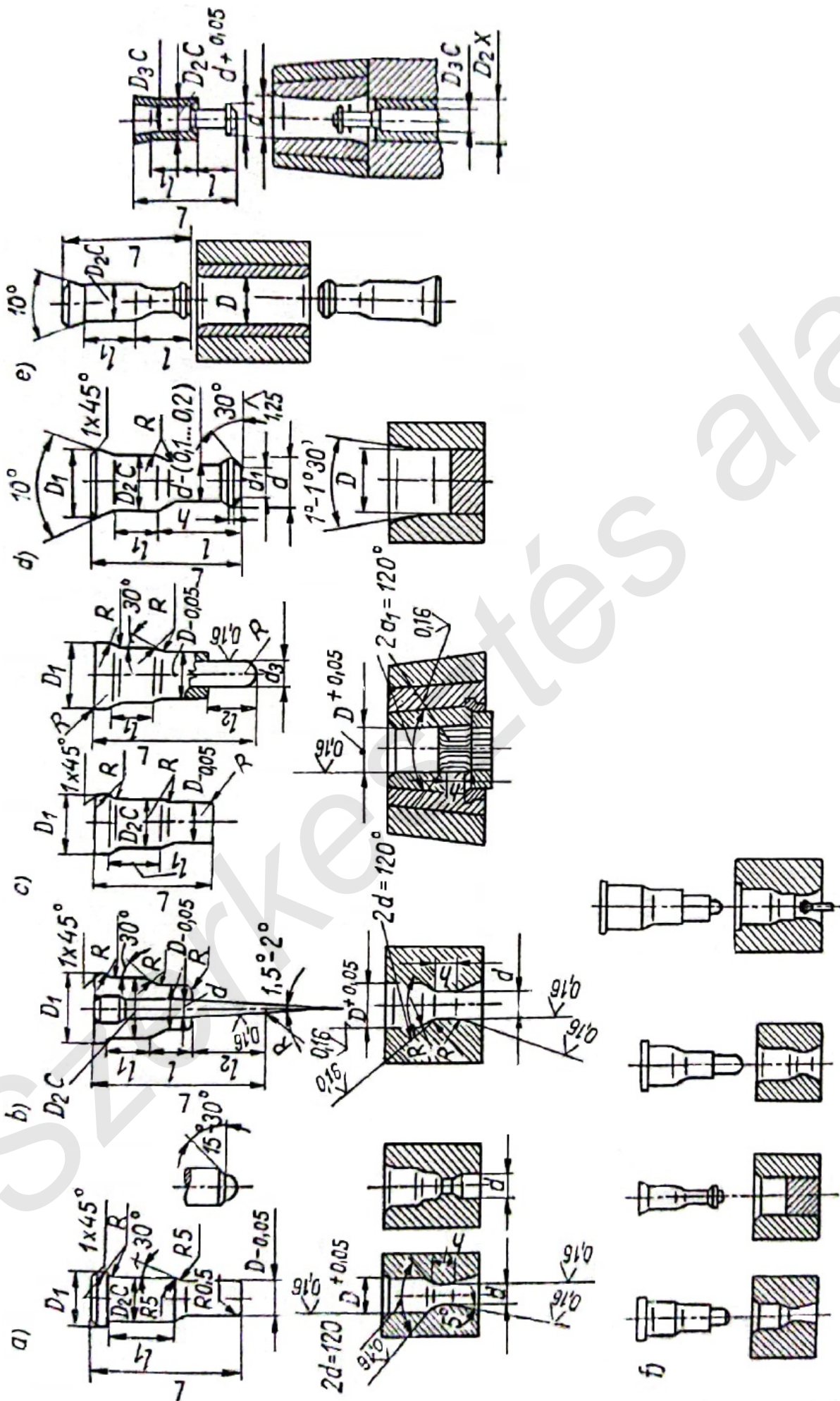
3.1. ábra. Szerszám, tömör testek előrefolytatásához [3]

3.2 Hátrafolyatás

Hátrafolyatás során egy zárt szerszámba helyezük a tömbe kiinduló anyagunkat, majd egy bélyeg segítségével alakítjuk. A bélyeg átmérője kisebb, mint a matrica belső átmérője, így az anyag csak egy irányba tud áramlani: hátrafelé. Egy tipikus hátrafolyatató szerszám kialakítása látható a 3.2. ábrán (1: nyomólapok; 2: befogó; 3: bélyeg; 4: leszorító gyűrű; 5: matrica; 6: előfeszítő gyűrű; 7: kilökö; 8: kilökö tüske; 9: lehúzólap).



3.2. ábra. Szerszám, üreges testek hátrafolyatásához [3]



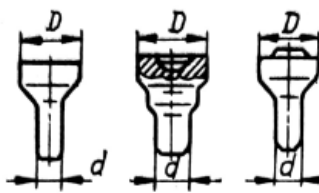
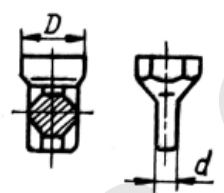
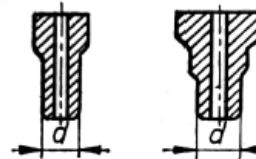
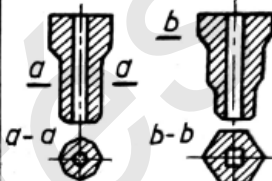
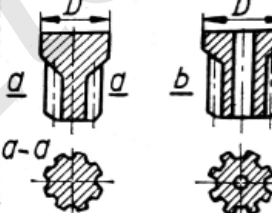
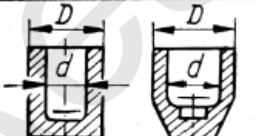
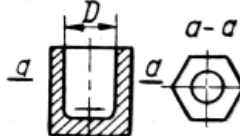
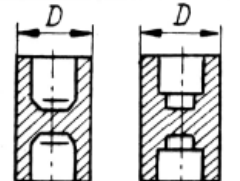
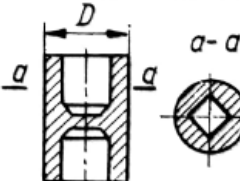
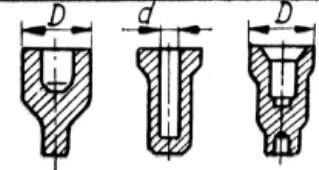
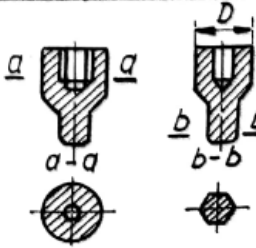
3.3. ábra. Szerszámelemek különböző típusú hidegenfolytatott termékek előállításához [5]
 a) féjes csapok; b) karimás cső alakú termékek; c) fogaskerekek; d) serlegalakú termékek; e) perselyek; f) kombinált termékek

III. rész

Technológiatervezés

4 Művelettervezés

A jelenleg acélból, hidegsajtolással gyártott termékeket a legcélszerűbben szerkezeti megoldásaik szerint - de figyelembevételük módját is - a 4.1. ábrán látható hat főcsoportba sorolhatjuk be [5].

Csoport-szám	„A” alcsoport	„B” alcsoport
1		
2		
3	—	
4		
5		
6		

4.1. ábra. Acélból, hidegfolyatással készült termékek csoportosítása [5]

Az első csoportba tartoznak a fejes csapok, a másodikba a karimás csövek, a harmadikba a hornyolt tengelyek és a fogaskerekek, a negyedikbe a serleg alakú termékek, az ötödikbe a belső válaszfalú perselyek, vagy azok egészéből kombinált termékek.

Az első három csoportba tartozó termékeket gyakran gyártják előrefolyatással. A negyedik csoportba tartozó termékeket általában hátrafolyatással állítják elő. Az ötödik csoportba tartozó darabokat kétoldali fordított, vagy pedig kombinált módszerrel, egyetlen műveletben készítik; ezek a termékek bizonyos mértékben rokonságban vannak a negyedik csoportbeliekkel.

A hatodik csoportba tartozó termékek előállíthatók kombinált módszerrel egyetlen menetben is, vagy mind a három módszernek több műveletben való alkalmazásával is [5].

A harmadik csoport kivételével az összes többi két alcsoportra osztható fel:

- hengeres alakú termékek;
- sokélű, és fogazott termékek.

4.1 Lépésterv készítése

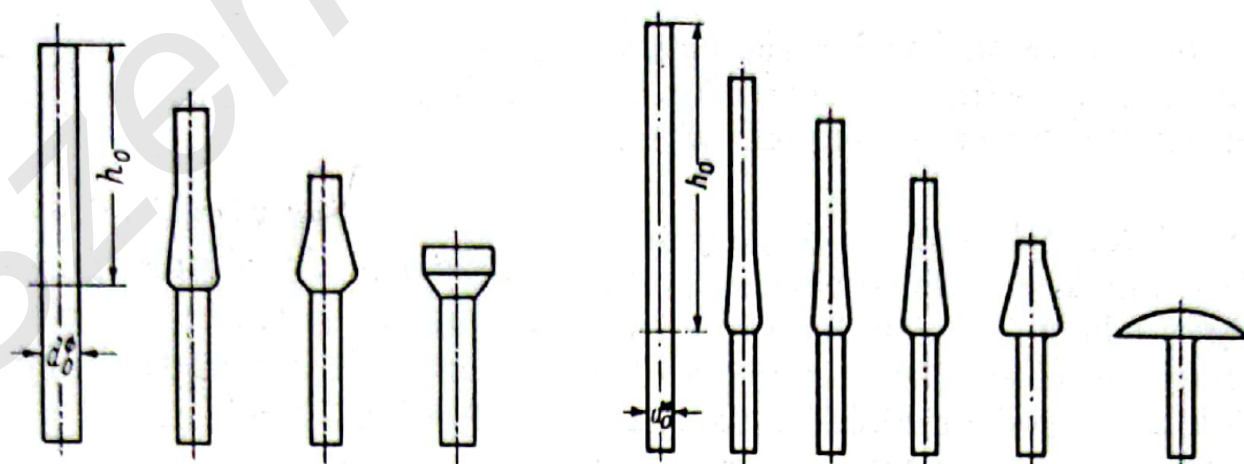
A hideg térfogalakítási eljárásokat (zömítés, redukálás, hidegfolyatás stb.) egy adott technológiai feladat megoldása során csaknem minden esetben egymással kombinálva alkalmazzuk. Az adott esetben alkalmazott eljárások művelettervét lépéstervnek nevezzük [1]. Többlépéses zömítéssel készített munkadarabok lépésterveit mutatja be a 4.2. ábra [2].

A lépésterv elkészítésének alapelve az, hogy a folyamat során a munkadarab lehetőleg minden pontjában azonos képlékeny alakváltozást szenvedjen. Ha ez teljesül, akkor a termék homogén, az alakváltozás mértéke illetve a alakítási szilárdság által megszabott folyáshatárú lesz. Ha a darabon belül nagy az alakváltozás eltérése, például a csavar feje és szára között, akkor könnyen előfordulhat, hogy használat során az elválasztó felületnél a csavar elszakad, akár a meghúzás közben.

A második alapelv az egyes lépéseken belüli alaki- és anyagi korlátok betartása. A lépésterv felépítése tehát az egyes műveletelemekkel repedés, törés, kihajlás, a bevonatréteg felszakadozása nélkül megvalósítható alakváltozásoktól függ.

A harmadik alapelv, hogy az egyes lépéseknél megengedett erőhatások korlátozottak. Ilyen korlátozást jelent a rendelkezésre álló szerszámanyagok terhelhetősége. Ezen túlmenően korlátozást jelent az a tapasztalat, hogy a szerszámüregekben ébredő nyomások felvételére legfeljebb két előfeszítő gyűrűt szabad alkalmazni. Ellenkező esetben az előfeszítő gyűrűk szükségerű geometriai hibái miatt nem garantálható azok mindenhol azonos túlfedése és az ideális teherviselésük, és emiatt a biztonságos üzemeltetésük sem.

Ilyen kötöttségek mellett érthető, hogy az egyes kurrens termékekre kialakított, gyakorlatban jól bevált lépésterveknek nagy értéke van. Ilyenre mutat példát a Magyar Szabadalmi Hivatal (MSZH) által kiadott segédlet, *MI 05 37.005-79* számmal (a kidolgozott lépésterveket a melléklet mutatja be) [1].



(a) Zömített mdb. készítése három lépésben

(b) Különösen nagy fejű mdb. készítése öt lépésben

4.2. ábra. Többlépéses zömítéssel készített munkadarabok [2]

5 Sajtoló termékekkel szembeni követelmények

Ha új gyártmányok tervezésére kerül sor, a tervezés első szakaszában a konstruktőröknek és a technológusoknak állandóan együtt kell dolgozniuk azért, hogy a tervezett gyártmány alkatrészei a technológiai követelményeknek megfeleljenek, és azokat a lehetőség szerint egységesítsék. Ebben az együttműködésben elsősorban az alábbi követelményeket tartjuk szem előtt:

1. A munkadarabok anyagjellemzői ne csak azoknak a szilárdsági és keménységi feltételeknek feleljenek meg, amelyeket majd mint terméktől követelnek meg tőlük, hanem az alakítási folyamat során fellépő, képlékeny deformáció jellegű igénybevételeket is bírják el.
2. Helyes lágyabb, képlékenyebb alapanyagokkal dolgozni, mivel a hidegalakítás folyamata szilárdságnövekedéssel jár, akár 2...2,5-szeresére is növekedhetnek az anyag szilárdsági jellemzői.
3. Kerülni kell a munkadarabok vastagságának felesleges növelését.
4. Arra kell törekedni, hogy a termékek súlya minél kisebb legyen.
5. A munkadarabokat úgy kell egységesíteni, hogy azok minél kevesebb anyagminőségből legyenek előállíthatók.
6. A lehetőség szerint kerülni kell az egyedi szerkezeti elemeket; helyettük teljes egészükben sajtolással előállítható elemeket alkalmazzunk, mert ezzel rendszerint egyszerűbbé válik a technológiai folyamat, és csökken a termék anyagigénye is [5].

6 Zömítés

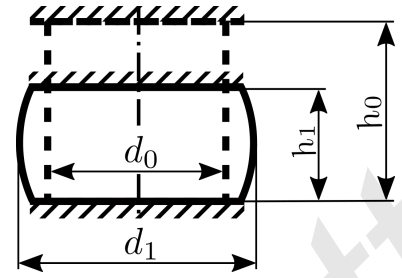
Hengeres test zömítése során a főalakváltozás:

$$\varphi = \ln \frac{h_0}{h_1} = 2 \ln \frac{d_1}{d_0},$$

ahol h_0 a munkadarab kezdeti, h_1 az alakított magassága; d_0 a kiindulási átmérő, d_1 az alakított átmérő. Az alakítás erőszükséglete:

$$F = k_f \frac{d^2 \pi}{4} \left(1 + \frac{m d}{\sqrt{3} 3h} \right),$$

ahol d az aktuális átmérő, h az aktuális magasság, m a Kudo súrlódási együttható.



6.1. ábra. Zömítés értelmezése

Definíció Kudo-féle súrlódási modell

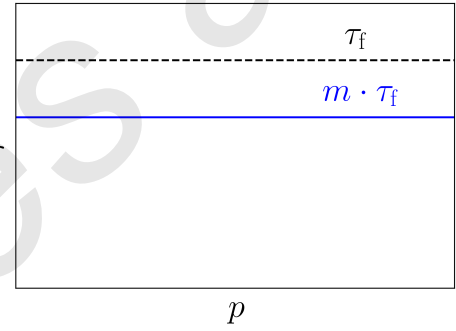
A Kudo-féle súrlódási modell szerint, ha két testet összenyomunk, akkor a felületen ébredő csúsztató feszültség a kisebb szilárdságú anyag nyíró alakítási szilárdságának m -szerese.

$$\tau = m \cdot \tau_f = m \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} k_f,$$

ahol $m = 0 \dots 1$ a Kudo súrlódási együttható, τ_f a nyíró alakítási szilárdság, k_f az alakítási szilárdság.

A Kudo-féle súrlódási modellben a súrlódás:

- független a relatív sebességtől,
- független a nyomástól,
- az anyag alakítási szilárdságának (k_f) függvényében változhat,
- irányfüggetlen.



6.2. ábra. Kudo súrlódás

A nyomáseloszlás a felületen:

$$q = k_f \left(1 + \frac{m}{\sqrt{3}} \frac{2}{h} \left(\frac{d}{2} - r \right) \right).$$

Az alakítási ellenállás:

$$p = \frac{F}{A} = k_f \left(1 + \frac{m d}{\sqrt{3} 3h} \right).$$

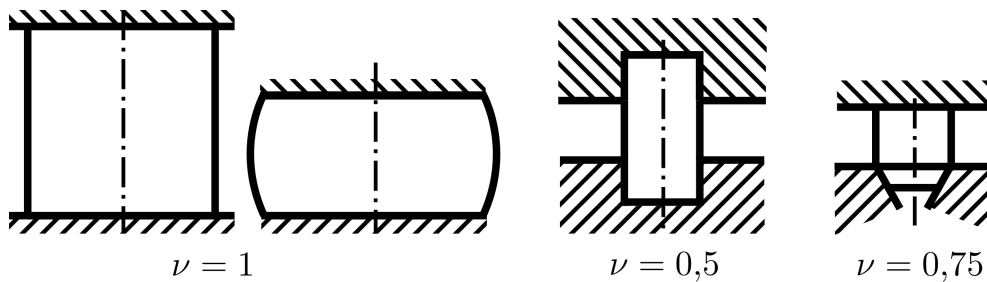
Szükséges a technológia során ellenőrizni a munkadarab kihajlását. Problémát jelent, hogy a képlékeny állapotban mások a kihajlási stabilitási feltételek, mint az ismert rugalmas esetben. A tengelyirányú erővel terhelt rudak rugalmas stabilitását az Euler-egyenlettel számítjuk:

$$F_{\max} = \frac{\pi^2}{\nu^2 l^2} I E,$$

ahol ν a befogási szám, l a kihajló anyag hossza, I a másodrendű nyomaték, E a rugalmassági modulusz. A befogási szám értelmezése látható a 6.3. ábrán. Körhenger esetén a fenti egyenletből adódik, hogy a kihajlás alaki feltétele rugalmas esetben:

$$\frac{l}{d} = \frac{\pi}{4\nu} \sqrt{\frac{E}{\sigma}},$$

ahol $\sigma = F/A$.



6.3. ábra. A befogási szám értelmezése [1]

Az egyenletet képlékeny állapotra, a súrlódás elhanyagolásával úgy írhatjuk át, hogy a rugalmassági modulus helyett a folyásgörbe meredekségét, a σ feszültség helyett pedig az alakítási szilárdságot írjuk. A részletes levezetést mellőzve (amely megtalálható a Ziaja-féle Alakítástechnika előadásjegyzetben) az alábbi összefüggést kapjuk:

$$\kappa = \frac{l}{d} = \kappa_0 \cdot e^{-\frac{3}{2}\varphi},$$

ahol $\kappa_0 = l_0/d_0$ továbbá az összehasonlító alakváltozás $\varphi = \ln l_0/l = 2 \ln d/d_0$. Végeredményként a befogási szám (ν) és a keményedési kitevő (n) függvényeként az alábbi összefüggést kapjuk [1]:

$$\kappa_0 = \frac{\pi}{4\nu} e^{\frac{3}{2}\varphi} \sqrt{\frac{n}{\varphi}}.$$

A 6.2. táblázatban található az átmérőviszony és az alakviszony megengedhető értékei hidegzömítés esetén.

Egylépéses zömítés esetében a maximálisan megengedett zömítési viszony a 6.1. táblázatban látható gyakorlati értékek szerinti [6]. A kihajlás miatti korlátozott zömíthető térfogat az esetek döntő többségében nem elég, a kész munkadarab feje többet igényel. A zömítő folyamatot tehát meg kell ismételni, előzömítést kell alkalmazni.

6.2. táblázat. Az átmérőviszony és az alakviszony megengedhető értékei hidegzömítés esetén

Anyagminőség	$(D/d)_{\text{meg}}$	φ_{meg}	$(D/k)_{\text{meg}}$
Acél C > 0,2%	1,5...2,2	0,8...1,5	5
Acél C < 0,2%	2...2,7	1,4...2	7
Alakítható sárgaréz	2...2,7	1,4...2	7
Alakítható Al-ötv.	2...2,7	1,4...2	7
Alumínium és réz	2,5...3	1,8...2,2	9

A 6.2. táblázat jelölései d: szárátmérő; D: fejátmérő; k: fejmagasság; φ_{meg} : megengedhető egyenértékű alakváltozás.

Zömítési viszony	Vázlat
$\left(\frac{l}{d}\right)_{\text{meg}} \leq 2$	
$\left(\frac{l}{d}\right)_{\text{meg}} \leq 2,3$	
$\left(\frac{l}{d}\right)_{\text{meg}} \leq 2,6$	

6.1. táblázat. A zömítési viszony megengedhető értékei

7 Redukálás

Redukáláskor a főalakváltozás:

$$\varphi_{\text{red}} = 2 \ln \left(\frac{D}{d} \right).$$

A redukáló nyomás:

$$p_{\text{red}} = k_{f,m} \left(\frac{1+B}{B} \right) (e^{B\varphi_{\text{red}}} - 1) + 0,77k_{f,m}\alpha,$$

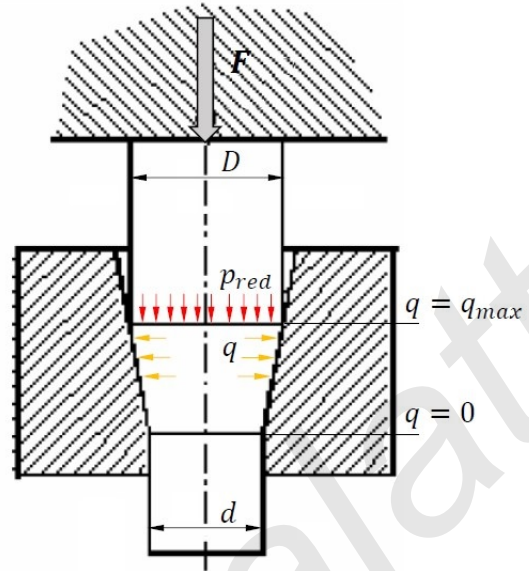
ahol $B = \mu / \tan(\alpha) \approx \mu / \alpha$ (itt μ a Coulomb súrlódási együttható, α a félkúpszög radiánban); $k_{f,m}$ a közepes alakítási szilárdság ($\approx 0,8 \cdot k_f$, lásd 8. megjegyzés).

A redukálás erőszükséglete:

$$F = \frac{D^2\pi}{4} p_{\text{red}}.$$

A redukáló matrica maximális terhelése:

$$q_{\text{max}} = k_{f,m} \left(1 + \left(\frac{1+B}{B} (e^{B\varphi_{\text{red}}} - 1) + 0,77\alpha \right) \right).$$



7.1. ábra. Redukálás értelmezése [1]

8 Tömör test előrefolytatása

Tömör test előrefolytatásakor a matricában a munkadarab kismértékű zömülése lép fel, és a redukáláskor ébredő feszültséget a falsúrlódásból adódó taggal bővíteni kell. Így határozhatjuk meg a teljes tengelyirányú feszültséget, erőt stb. Technológiai jellemzőit a 8.1. ábra jelölései alapján a következő összefüggésekkel számíthatjuk. Az ábrán látható elemek 1: folyató matrica; 2: bélyeg; 3: munkadarab; 4: kilökö; 5: előgyártmány.

Az előgyártmány mérete: $D_e = D_0 - (0,2 \dots 0,5)$ mm, $A_e = D_e^2 \cdot \pi / 4$.

Az előgyártmány magasságát a munkadarab térfogatának illetve a szabad felületek miatti forgácsolási ráhagyások ismeretében meghatározzuk:

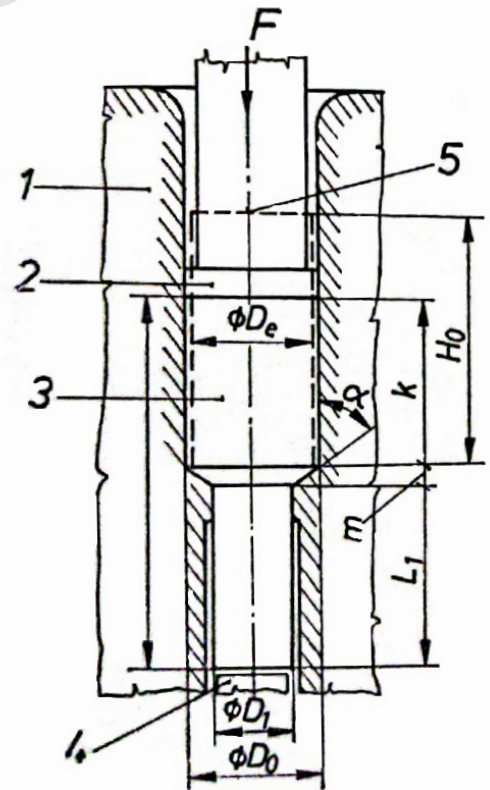
$$H_0 = \frac{V_{\text{mdb}} + V_{\text{forg}}}{A_e}.$$

Az előrefolytatás során a főalakváltozás:

$$\varphi = 2 \ln \frac{D_0}{D_1}.$$

Az előrefolytatás során megengedhető maximális alakváltozás irányadó értékét anyagminőségként a 8.1. táblázatban láthatjuk.

Az alakváltozás és a folyásgörbe ismeretében meghatározzuk a redukált ($k_{f,\text{red}}$) illetve a közepes ($k_{f,m} \approx 0,8 \cdot k_{f,\text{red}}$) alakítási szilárdságot (lásd a 8. fejezet megjegyzése).



8.1. ábra. Előrefolytatás [7]

8.1. táblázat. Megengedhető alakváltozás irányértékei előrefolyatáshoz [8]

Anyagminőség	φ_{eq}
C10	1,6 ... 2,0
C15	1,4 ... 1,6
C25, C35	0,8 ... 1,0
AlMg1, AlMg3 AlMgSi1, AlCu Cu99,5; Cu99,9	2,5 ... 3,0
CuZn37, CuZn28	1,4 ... 2,0

A Coulomb-féle súrlódási együttható ($\mu = 0,05 \dots 0,10$, lásd a 10. fejezet „Félkésztermékek kenése c.” bekezdésében) felhasználásával B értéke a következő (α a félkúpszög radiánban):

$$B = \frac{\mu}{\tan(\alpha)}.$$

A redukáló nyomás értéke az alábbi képlet szerint meghatározható:

$$p_{\text{red}} = k_{\text{fm}} \cdot \frac{1+B}{B} \cdot (e^{B\varphi_{\text{red}}} - 1) + 0,77k_{\text{fm}}\alpha.$$

Az előrefolyatáshoz szükséges nyomás, amikor az anyag pont kitölti a kúpos csatornát:

$$p_{\text{ef}} = (k_{f0} + p_{\text{red}})e^{\frac{4\mu L}{D}} - k_{f0}.$$

Az előrefolyatáshoz szükséges erő:

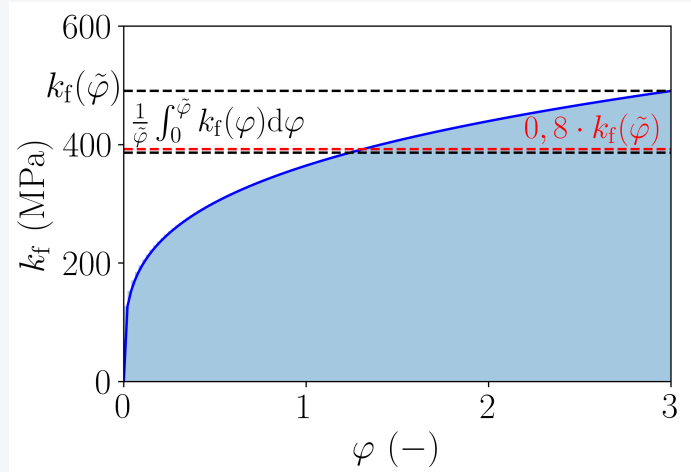
$$F_{\text{ef}} = \frac{D_1^2 \pi}{4} \cdot p_{\text{ef}}.$$

Megjegyzés Közepes alakítási szilárdság (k_{fm})

Az alakítás során a munkadarab folyamatosan keményedik ($\sim n$), az alakítási folyamat kezdeti szakaszaiban kisebb ellenállást mutat, mint a folyamat végén. A méretezéshez ezért egy közepes (átlagos) értéket számolunk, és azt használjuk fel. A képletben szereplő 0,8 érték egy mérnöki közelítés, a folyásgörbe meredekségének megfelelően 0,7 ... 0,9 értékkel közelíthetjük az integrál pontos értékét.

$$k_{\text{fm}} = \frac{1}{\tilde{\varphi}} \int_0^{\tilde{\varphi}} k_f(\varphi) d\varphi \approx (0,7 \dots 0,9) \cdot k_f(\tilde{\varphi})$$

Ezt a közelítést mutatja a 8.2. ábra.



8.2. ábra. Közepes alakítási szilárdság

Az előrefolyató matrica maximális terhelése:

$$q_{\text{max}} = p_{\text{ef}} + k_{f0}.$$

Az előrefolyató bélyeg maximális terhelése:

$$p_{\text{ef,b}} = \frac{F_{\text{ef}}}{A_{\text{ef,b}}}.$$

A munkaút:

$$H_M = \frac{V_{\text{kúp}} + V_{\text{szár}}}{A_0}$$

A munkadarab gyártásához szükséges legkisebb lökethossz [7]:

$$s = L + H_m + 10 \text{ (mm)}.$$

9 Üreges test hátrafolyatása

Technológiai jellemzőit a 9.1. ábra jelölései alapján a következő összefüggésekkel számíthatjuk. Az ábrán látható további elemek 1: folyató matrica; 2: bélyeg; 3: munkadarab; 4: előgyártmány.

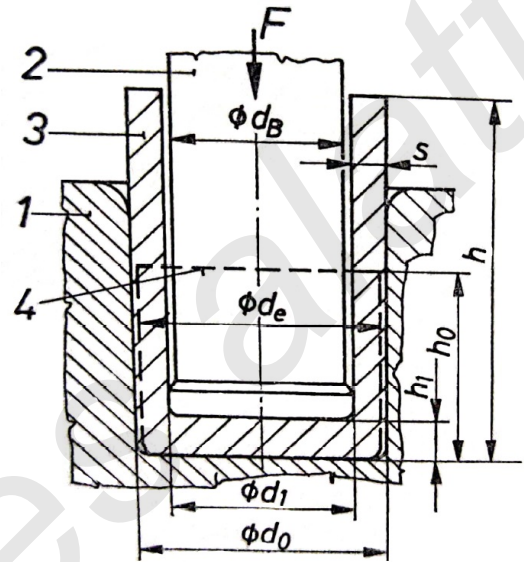
Az előgyártmány mérete: $D_e = d_0 - (0,2 \dots 0,5) \text{ mm}$, $A_e = d_e^2 \cdot \pi/4$. Az előgyártmány magassága a munkadarab térfogatából és a forgácsolási ráhagyásokból adódik, hasonlóan az előrefolyatáshoz.

$$h_0 = \frac{V_{\text{mdb}} + V_{\text{forg}}}{A_e}$$

Hátrafolyatás során megkülönböztetjük a fenék alakváltozását valamint a hátrafolyatott falrész alakváltozását:

$$\varphi_1 = \ln\left(\frac{h_0}{h_1}\right); \quad \varphi_2 = \left(1 + \frac{d_1}{8s}\right) \varphi_1,$$

ahol h_0 az előgyártmány magassága, h_1 a fenék vastagsága, s a hátrafolyatott falvastagság $s = (d_0 - d_1)/2$.



9.1. ábra. Hátrafolyatás [7]

9.1. táblázat. Megengedhető alakváltozás irányértékei hátrafolyatáshoz [8]

Anyagminőség	φ_{eq}
C10	1,4 ... 1,6
C15	1,1 ... 1,3
C25, C35	0,7 ... 0,8
AlMg1, AlMg3	1,4 ... 1,8
AlMgSi1, AlCu	
Cu99,5; Cu99,9	
CuZn37, CuZn28	1,4 ... 1,6

A hátrafolyatás során ébredő p_{hf} hátrafolyató feszültség:

$$p_{\text{hf}} = k_{f1} \left(1 + \frac{\mu d_1}{3h}\right) + k_{f2} \left(1 + \mu' \frac{h}{s}\right),$$

ahol $\mu' = 0,5(\mu + 1/\sqrt{3})$, itt μ a Coulomb féle súrlódás, $1/\sqrt{3}$ a tapadási súrlódás értéke.

A hátrafolyatás erőszükséglete:

$$F = \frac{d^2 \pi}{4} p_{\text{hf}}.$$

A hátrafolyató matrica maximális terhelése:

$$q_{\text{max}} = p_{\text{hf}} \frac{d_1^2}{d_0^2}.$$

A bélyegszárban ébredő maximális nyomás:

$$p_{BH} \approx p_{hf} \frac{d_0^2}{d_1^2}.$$

A bélyeget terhelő erő:

$$F_{BH} = \frac{d_1^2 \pi}{4} p_{BH}.$$

A munkaút:

$$H_M = h_0 - h_1.$$

A hátrafolyatáshoz szükséges legkisebb lökethossz:

$$s = h + h_0 + 10 \text{ mm}.$$

10 Félkészgyártmányok előkészítése

A hidegfolytatás kiindulási anyagai és félkésztermékei - attól függően, hogy milyen hengerelt profil kívánunk használni, hogy mennyire bonyolult az előállítandó termék, és milyenek annak technológiai követelményei - lehetnek hengeresek és soklapúak, csövek, tömör és üreges idomos szelvényűek. A kiindulási féltermék méreteit annak megfelelően kell megválasztani, hogy a termék hosszmérete (magasságmérete) feltétlenül biztosítható legyen.

A félkésztermék átmérőjére vonatkozó tűrés általában $\pm 0,05 \dots \pm 0,1$ mm között, a hossz méret tűrése pedig $\pm 0,1 \dots \pm 0,2$ mm között van. Ennél szigorúbb tűrés-értékeket csak akkor írunk elő, ha a sajtolandó terméknek olyan pontos méretűnek kell lennie, hogy további megmunkálásra már ne legyen szükség. A félkésztermék névleges méretét úgy szokták megállapítani, hogy az könnyen belemenjen a folytatógyűrűbe. Ehhez általában 0,1 ... 0,5 mm-es rés elegendő. Nagyobb réseket nem kívánatos hagyni, mert ebben a esetben a félkésztermék excentrikusan helyezkedik el a matricában, és a termék anyaga is keményebbé válik, a nagyobb mértékű zömítés következtében.

A félkésztermék felületi érdessége az IT6-8 osztálynak megfelelő értékű legyen, felületén semmiféle repedés, hajszálrepedés vagy hengerlési gyűrűedés nem engedhető meg, mert ennek következtében a termék könnyen eltörhet. Különösen fontos a nyersdarabok felületi simasága akkor, ha karimás csöveket, fogaskerekeket, serleg alakú termékeket, perselyeket, és kombinált formákból összetett termékeket sajtolunk ($\varphi_{eq} > 0,6$ egyenértékű alakváltozás mellett).

A rúd, vagy lemez félkészterméket a hidegfolytatás előtt kalibrálni vagy melegen hengerelni szoktuk. De készülhetnek ezek a sajtolandó félkésztermékek esztergán, speciális leszúró-esztergán, fűrészgépen, vagy sajtológépen (levágással, lemezanyagból kivágással), végül hidegsajtolással. Az esztergán előállított félkésztermékek pontossága és felületi simasága legfejlebb az IT6 minőségnek felel meg, ezzel szemben sokféle félkészterméket lehet előállítani rajta. A levágó-sajtolószerszámokkal, vagy fűrészszel kiszabott félkésztermékek hossz méret-tűrése rendszerint legfeljebb $\pm 0,1$ mm, és a vágás felületi érdessége legfeljebb IT9-10 minőségnek megfelelő.

Az, hogy milyen módszerrel állítjuk elő a félkésztermékeket, egyrészt gazdaságossági kérdés, másrészt a hidegfolytatással gyártandó termék jellegétől függ [5].

Félkészgyártmányok hőkezelése Azért, hogy az anyag minimális ellenállást fejtsen ki alakítása során, hőkezeléssel kell csökkenteni a félkésztermék anyagának ferritjeiben oldott ötvözőanyagok mennyiségét, és olyan szerkezetet kell előállítani, amelyben a karbidok a térben lehető legegyszerűbben eloszlata helyezkednek el. A 10.1. táblázatban összefoglaltuk néhány acélfajta optimális lágyító hőkezelési adatait, és azoknak hőkezelés utáni keménység-értékeit [5].

A lágyacélokat levegőn, az egyéb acélokat pedig - 400 ... 450° C-ig - kemencében kell lehűteni.

Feltétlenül ki kell lágyítani azokat a félkésztermékeket, amelyeket idomacélok kalibrálása, zömítés vagy alaknyomása, vagy ezekhez hasonló műveletekkel állítottunk elő. A kilágyítás után valamennyi

10.1. táblázat. Különböző szénacélok lágyítása (2 óra, 700...720 °C) és hőkezelés utáni keménysége [5]

Anyagmin.	HB lágyítás után	HB melegen hengerelt	HB megeresztett
C10	107...118	137	-
C15	109...121	143	-
C20	123...131	156	-
15Cr3	115...128	-	179
20Cr6	131...140	-	179
20Mn6	134...143	197	-
C35	149...159	187	-
C45	163...170	-	197
C45E	197...207	-	229

acélban szemcsés perlitet kell kapnunk. Hidegfolyatásra olyan acélok alkalmasak, amelyeknek a perlit-szemcséi megfelelő méretűek (átlagos szemcseátmérő: 0,088...0,125 mm); a nagyobb perlit-szemcséjű acél ugyanis már hajlamosabb a tönkremenetelre (repedések az alakítás során), a kisebb szemcséjű pedig még túl nagy ellenállást fejt ki a deformációval szemben.

A hőkezelt acélokat koptató-dobokban vagy maratókádakban revétlenítjük. Néha homokfúvóval, vagy csúcsnélküli köszörűgépeken végezzük el ezt a műveletet.

A különböző szennyeződések és az előző kezelések során rátapadt kezelőanyagokat 0,5...1 percig tartó vizes lemosással (hideg, vagy 60...70 °C-os melegvízzel) távolítjuk el. A zsírokat és az olajokat különböző oldatokkal távolítjuk el a félkésztermékekről; ilyen oldatok többek között: marószóda, trinátriumfoszfát, kalcinált szóda, vízüveg. Általában 70...80 °C hőmérsékletű oldatokkal, 5...15 percig mosunk [5]. Ha olyan félkészterméket kell hidegfolyatással alakítanunk, amelyet vastag kenőanyagréteg borít, akkor azt az első lemosási és zsírtalanítási művelet előtt még petróleummal vagy valamilyen más oldószerrel is kezeljük.

A rozsdá és a reve eltávolítására, vagy azért, hogy olyan felületet kapjunk, amelyhez jól tapad a foszfátbevonat, maratni szokás a félkésztermékeket; az ilyen marató oldat literenként 150...170 g kénsavat és 3 g xantin-adalékot tartalmaz. Az oldat hőmérséklete 40...60 °C, a maratás időtartama 10-15 perc. A maratás és a lemosás után a félkészterméket közömbösíteni kell [5].

Félkésztermékek kenése Az egyik legfontosabb tényező, amely a hidegalakítás eredményességét (viszonylag kicsi fajlagos nyomások, a szerszám hosszú élettartama, a termék jó minősége) biztosítja, a félkésztermék kenése. A kenőanyagok akkor felelnek meg a követelményeknek, ha:

1. Jól tapadnak a félkésztermék anyagához, kellően plasztikusak, meggátolják a félkésztermék és a szerszám felületeinek közvetlen érintkezését még 600...800 MPa nagyságrendű nyomások és $\varphi_{eq} = 1,5...2,5$ egyenértékű alakváltozás mellett is;
2. A súrlódási tényezőt a hidegalakítás folyamatára jellemző $\mu = 0,05...0,1$ értékre csökkentik;
3. Megtartják ezeket a tulajdonságaikat a deformációs folyamattal járó 350...400 °C hőmérsékleten is;
4. Egyenletes rétegben vihetők fel a félkésztermékek felületére anélkül, hogy ott megömlenének, vagy egyes helyeket fedetlenül hagynának;
5. Könnyen eltávolíthatók a termék felületéről, vagy leégethetők arról a hidegalakítást követő hőkezelés során, úgy, hogy arra sehol nem sül rá [5].

A folyékony, és a különböző adalékanyagok konzisztens olajok nem felelnek meg a fenti követelményeknek. Az hidegalakítás során fellépő nagy nyomások hatására azok kiszorulnak a fémek

felületek közül, és így az alakított fém részecskéi - hidegsajtoló hegesztéssel - összeolvadnak a szerszám formázó-felületével; megnő a fajlagos sajtolónyomás, a munkadarab felülete bemaródik, a szerszám eltörhet.

Jelenleg úgy csökkentik a hidegfolytatás alatt fellépő súrlódóerőket, hogy különböző bevonatokat visznek fel a félkésztermékek felületére, és azokat ott utólag elszappanosítják. Ilyen bevonatok például a foszfát-, horgany-vegyületek, povinil-butriál-oxalátok, és lakkbevonatok (grafit vagy MoS_2 stb. töltőanyagokkal), utána elszappanosítás, olaj rávitele; plasztikus fémbevonatok (ólom, réz, horgany) [5].

A legáltalánosabban elterjedt és a legeredményesebb kezelésmód a foszfátos horgany-bevonat, majd előzetes kezelés után elszappanosítás. Ez egyrészt olcsó, másrészt pedig minden szempontból megfelel a hidegfolytatás követelményeinek, jól eloszlik a félkésztermék súrlódó felületén, és jó súrlódási tényezőt biztosít ($\mu = 0,05$).

A foszfátréteg megtartja jó kenőhatását $450 \dots 600^\circ\text{C}$ hőmérsékleten is. Ez a foszfátos felület kellőképpen porózus is, ezért jól kenődik, jól abszorbeál és tartósan fenntartja a felületet aktivizáló anyagokat: a fémszappanokat, a sztearinsav és a nafténsav sóit stb. Ezek az anyagok a foszorkristályok felületébe disszociálnak és ott részben fémszappanokat - horgany- és vas-vegyületeket - alkotnak, amelyek nagy nyomásokon is csökkentik a súrlódást.

A hidegfolytatáshoz leginkább használt kenőanyagok:

1. *Alumíniumhoz*: állati zsírok 20%-os oldata benzolban, vagy hengerolaj és viasz keveréke 1:1 arányban;
2. *Rézhez*: állati zsírok vagy grafitos olaj (5 rész nedves grafit 2 rész gépolajjal, 200°C -on);
3. *Acélhoz*: felületi foszfátózás (a félkészterméket savanyú foszfátoldaba merítik bele, majd szappanos emulzióval telítik) [5].

A foszfátózás során a revés anyagot először pácoljuk, hideg és forró vízben alaposan öblítjük, majd a foszfátózáskor pl 70°C hőmérsékletű fürdőhőmérsékleten 5-15 percig foszfátózzuk. Majd hidegvizes öblítés után - az anyaggal szemben a megmunkálás során támasztott követelmények szerint - melegen meszezzük vagy szappanozzuk, ill. különleges kádakban szappanbázison alapuló utókezelést végzünk [2].

Félkészgyártmányok szállítási állapotai A nyersanyag megrendelésekor a szállítási állapotot mindig meg kell adni. De már itt hangsúlyozni kell, hogy tekintettel a nyersanyagköltségekre, ajánlatos minden olyan esetben hengerelt anyagot feldolgozni, amikor a betartandó tűrések a követelményeknek eleget tesznek.

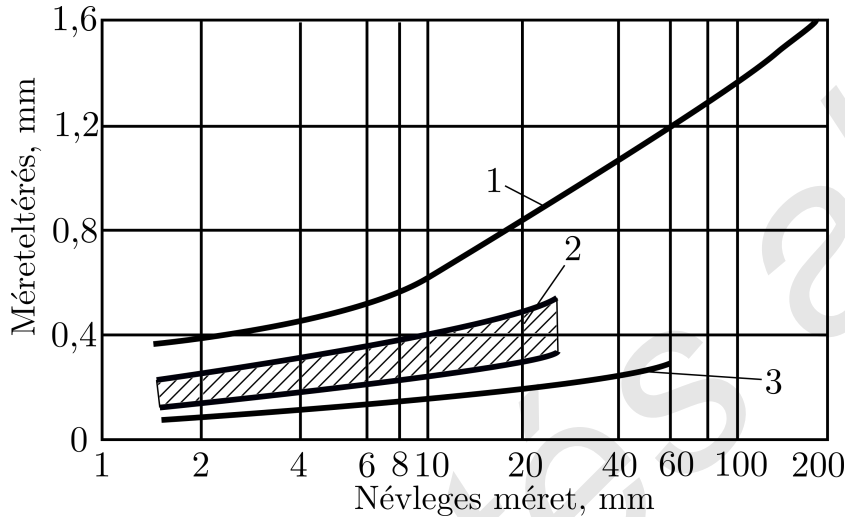
A félgyártmányokat a következő állapotokban lehet szállítani [2]:

- melegen hengerelve vagy sajtolva;
- keményre húzva, hőkezelés nélkül;
- hengerelve vagy sajtolva és a következőképpen kezelve: lágyítva vagy nem lágyítva,
- lágyítva és húzva;
- pácolva, revétlenítve, foszfátózva, stb.;
- húzva és lágyítva;
- húzva, lágyítva és utánhúzva;

11 Tűrések, illesztések

Ahhoz, hogy az általunk tervezett szerszám szerelhető legyen, a gyártott alkatrészünk megfelelő minőséggel elkészüljön, a szerszámunk élettartama minél nagyobb legyen, elengedhetetlen feltétel a csatlakozó alkatrészek megfelelő illesztése. Ebben a fejezetben egy áttekintést adunk a szabványos, gépipari gyakorlatban alkalmazott tűrésekről, illesztésekről, illetve az azokhoz tartozó felületi érdességekről [9].

A hidegzömítéssel elérhető méretpontosság irányértékei a 11.1. ábrán láthatóak, ahol 1: a szárhossz, 2: a fejmagasság, 3: a fejtátmérő.

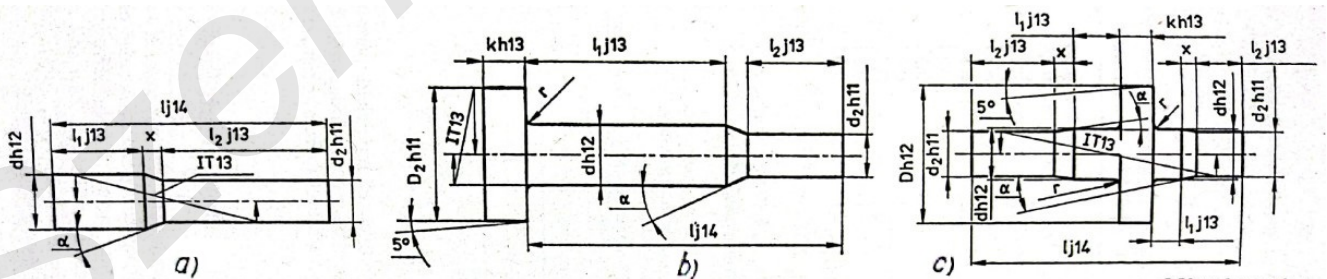


11.1. ábra. A hidegzömítéssel elérhető méretpontosság irányértékei [8]

Jegyezzük meg, hogy minél kisebb (pontosabb) tűréseket írunk elő, a gyártási költségek általában növekednek. A tervezés során törekedjünk a megengedhető legnagyobb tűrések megválasztására.

11.1 Alkatrészek tűrései

Ahogy azt már az első rész bevezetésében is tárgyaltuk, minél szigorúbb tűréseket írunk elő a gyártandó alkatrészeinkre, annál nagyobbak az alakítógéppel szemben támasztott követelmények. Hasonlóan a szerszám tervezéséhez, a gyártandó termék tűrésezésekor is törekedjünk a megengedhető legnagyobb tűréseket választani, hogy minél gazdaságosabban gyárthassuk az adott terméket. A 11.2. ábrán láthatjuk az egynyomású (a)), kétnyomású (b)) és többlépcsős (c)) sajtológépen hidegen zömített alkatrészek tűréseit (Bauer, C. nyomán) [8].



Méreték mm-ben

Névleges méret	Szár- átmérő, d $l = 10d$ h_{12}	Szár- átmérő, d_s h_{11}	Fejtátmérő, $D = 2d$ h_{12}	Lekerekítési sugár, r min	Szárhossz l max $l = 12d$ -ig j_{14}	Szárhossz l_1 és l_2 j_{13}	Megengedett közepes eltérés IT_{13}	Átmenet		Fej- és váll- magasság, $k = 0,35d \dots 0,75d$ h_{13}
								redukálás $\alpha \approx 14^\circ$	folytatás $\alpha \approx 30^\circ$	
								legfeljebb		
1...3	-0,06	-0,06	-0,09	0,1	$\pm 0,125$	$\pm 0,070$	0	-	-	-0,14
3...6	-0,12	-0,075	-0,12	0,2...0,3	$\pm 0,150$	$\pm 0,090$	0,18	1,2...2,4	-	-0,18
6...10	-0,15	-0,09	-0,15	0,5	$\pm 0,180$	$\pm 0,110$	0,22	2,4...4,0	1,2...2,0	-0,22
10...18	-0,18	-0,11	-0,18	1,0	$\pm 0,215$	$\pm 0,135$	0,27	4,0...7,2	2,0...3,6	-0,27
18...30	-0,21	-0,13	-0,21	1,0...1,6	$\pm 0,260$	$\pm 0,165$	0,33	7,2...12,0	3,6...6,1	-0,33
30...50	-	-	-	1,6...2,0	$\pm 0,310$	$\pm 0,195$	0,39	-	-	-

11.2. ábra. Sajtológépen hidegen zömített alkatrészek tűrései [8]

A 11.1. táblázatban a hidegen alakított alkatrészek magasság- és átmérőtűréseinek gyakorlatban használt értékei láthatóak (*Schimz* nyomán) [8].

11.1. táblázat. Hidegen alakított alkatrészek magasság- és átmérőtűrései, méretek mm-ben [8]

A szár névleges átmérője	Tűrésmező: magasság	Tűrésmező: átmérő
1,6	0,20	0,35
3	0,25	0,46
5	0,30	0,53
6	0,35	0,63
8	0,38	0,74
10	0,43	0,81
11	0,48	0,91
12	0,53	1,02
16	0,63	1,22
20	0,71	1,40
22	0,81	1,58
25	0,91	1,78

11.2 Felületi érdesség

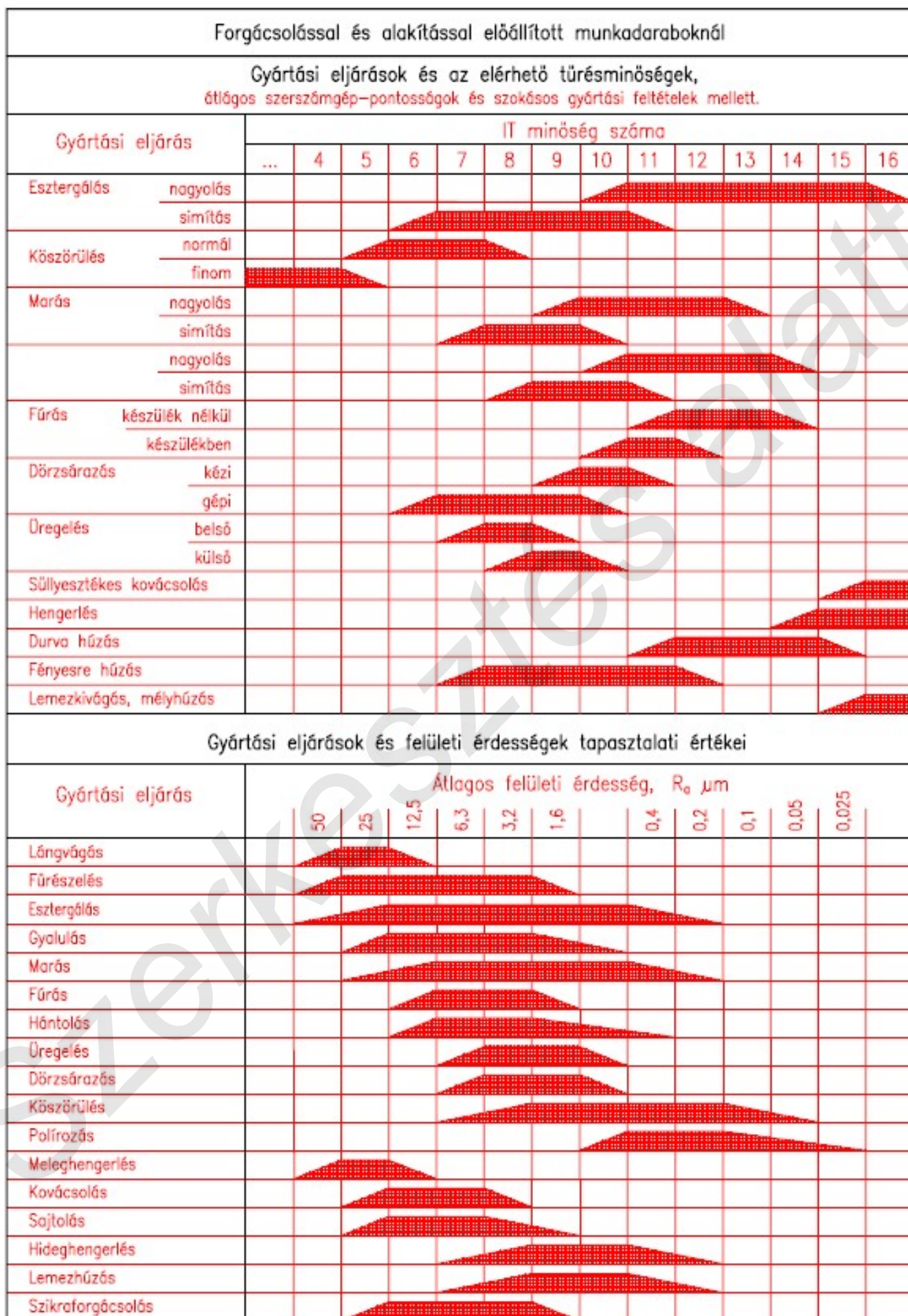
A mérettűrések és a felületi érdességek működés szempontjából nem választhatók meg egymástól függetlenül. A 11.3. ábrán láthatók a szabványos tűrésnagyságokhoz javasolt átlagos felületi érdességek. Ezekről az ajánlott érdességi értékektől azonban, ha az alkalmazás megkívánja, a finomítás irányában eltérhetünk, a működési feltételeknek megfelelően [10].

Átlagos felületi érdességek szabványos tűrésnagyságokhoz														
Közepes fokozat														
Méret		Tűrés-alapsorozat												
		..IT3	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
felett	-ig	Átlagos felületi érdesség, R_a μm												
	3												6,3	
3	6		0,20		0,40		0,80		1,6		3,2		6,3	12,5
6	10		0,20		0,40		0,80		1,6		3,2		6,3	
10	18	0,20			0,40		0,80		1,6		3,2		6,3	
18	30		0,40		0,80		1,6		3,2		6,3		12,5	
30	50		0,40		0,80		1,6		3,2		6,3		12,5	25
50	80		0,40		0,80		1,6		3,2		6,3		12,5	
80	120		0,40		0,80		1,6		3,2		6,3		12,5	
120	180		0,40		0,80		1,6		3,2		6,3		12,5	25
180	250	0,40			0,80		1,6		3,2		6,3		12,5	
250	315		0,80		1,6		3,2		6,3		12,5		25	50
315	400		0,80		1,6		3,2		6,3		12,5		25	
400	500	0,80			1,6		3,2		6,3		12,5		25	50

Finom fokozat esetén az érdesség értékei a fentieknek a fele, durva fokozat esetén pedig a kétszerese.

11.3. ábra. Átlagos felületi érdességek szabványos tűrésnagyságokhoz [10]

Azt, hogy milyen technológiával érhetjük el az előírt átlagos felületi érdességet, a 11.4. ábrán láthatjuk. *Házkötő István* Műszaki 2D ábrázolás c. könyve alapján összefoglaltuk a 11.5. ábrán a műszaki gyakorlatban ajánlott, és leggyakrabban használt illesztéseket [10].



11.4. ábra. Különböző gyártási technológiákkal elérhető R_a értékek [10]

Tűrésválaszték alapjukrendszer esetén (ISO 286-2, DIN 7157 szerinti ajánlás)		Alkalmazások	
Illesztés 1. sorozat	Az illesztés jellege	Jellemzők	Általános szempontok, gyakorlati példák
H7/s6	Az illesztés jellege	Préssel vagy hőmérséklet-különbséggel szerelhető.	Kiseb nyomatékok elfordulás elleni biztosítás nélküli átvitelűk. Csapok, perselyek besajtolása.
H7/r6			
H6/p5	Szoros illesztés	Préssel szerelhető	Csapágyperselyek besajtolása
H6/n5			
H7/m6	Átmeneti illesztés	Préssel szerelhető	Vastagfalú perselyek vékonyfalú házokban
H6/k6			
H6/j5	Átmeneti illesztés	Az alkatrészek méretétől függően kalapáccsal vagy préssel szerelhető	Szorosan illeszkedő alkatrészek, amelyeknél ritkán kell oldani, a nyomaték átvitelhez pl. retesszel megvalósított tengelykapcsoló gyök
H6/h5			
H6/h6	Átmeneti illesztés	J6 kenés estén kézzel még éppen összerakható	Pontos központozások, feltétlenül eltolható alkatrészek
H8/h8			
H8/h9	Átmeneti illesztés	Középs központozást adó, szegecs- vagy dugaszoló kötések, reteszkötések, pontos vezeték	Középs központozást adó, szegecs- vagy dugaszoló kötések, reteszkötések, pontos vezeték
H9/h9			
H9/h11	Átmeneti illesztés	Kevésbé jó központozást adó, szegecs- és dugaszoló kötések	Kevésbé jó központozást adó, szegecs- és dugaszoló kötések
H11/h9			
H11/h11	Átmeneti illesztés	Érezhető jötek nélküli eltolható	Acéliszervezetek illesztett csavarjai
H6/g5			
H7/g6	Átmeneti illesztés	Érezhető jötek nélküli eltolható	Pontos, kisjártú siklócsapágyak, precíziós vezeték Furészéssel felhosszított agyak
H7/f7			
H8/f7	Átmeneti illesztés	Érezhető jötek	Marórsók, osztófejorsók és hajtórudak pontos ágyazása
H8/f8			
H8/f8	Átmeneti illesztés	Nagyon nagy jötek	Nagyterhelésű siklócsapágyak, eltolható hajlómű alkatrészek, tolókerek
H9/f8			
H8/e8	Átmeneti illesztés	Nagy jötek	Középs terhelésű siklócsapágyak
H8/d8			
H8/d9	Átmeneti illesztés	Nagyon nagy jötek	Kevésbé jó központozást adó dugaszoló kötések
H9/d10			
H11/d9	Átmeneti illesztés	Nagy mozgási jötek	Kis terhelésű, nagy jötekű, felmelegedő siklócsapágyak
H11/c11			
H11/a11	Átmeneti illesztés	Igen nagy mozgási jötek	Hosszú tengelyek siklócsapágyazása
	Átmeneti illesztés	Igen nagy mozgási jötek	Működésbiztos gépek siklócsapágyai, Durvább csapágyazások
	Átmeneti illesztés	Igen nagy mozgási jötek	Áltrendelt siklócsapágyak
	Átmeneti illesztés	Igen nagy mozgási jötek	Középs terhelésű, nagy jötekű dugaszoló kötések
	Átmeneti illesztés	Igen nagy mozgási jötek	Működésbiztos gépek siklócsapágyai, Levehető villák, fogantyúk, karok, fedelek
	Átmeneti illesztés	Igen nagy mozgási jötek	Göromba csuklós kapcsolatok
	Átmeneti illesztés	Igen nagy mozgási jötek	Áltrendelt siklócsapágyak nagy miníműs hűzővel
	Átmeneti illesztés	Igen nagy mozgási jötek	Göromba csuklós kapcsolatok

Tűrésválaszték alapjukrendszer esetén (ISO 286-2, DIN 7157 szerinti ajánlás)		Alkalmazások	
Illesztés 1. sorozat	Az illesztés jellege	Jellemzők	Általános szempontok, gyakorlati példák
S7/h6	Szoros illesztés	Préssel vagy hőmérséklet-különbséggel szerelhető.	Kiseb nyomatékok elfordulás elleni biztosítás nélküli átvitelűk. Csapok, perselyek besajtolása.
P6/h5			
N6/h5	Átmeneti illesztés	Préssel szerelhető	Vastagfalú perselyek, kapcsológyök
N7/h6			
M6/h5	Átmeneti illesztés	Préssel szerelhető	Szorosan illeszkedő alkatrészek, amelyeknél ritkán kell oldani, a nyomaték átvitelhez pl. retesszel megvalósított tengelykapcsoló agyak
M7/h6			
K7/h6	Átmeneti illesztés	Az alkatrészek méretétől függően kalapáccsal vagy préssel szerelhető	Pontos központozások
U6/h5			
U7/h6	Átmeneti illesztés	J6 kenés estén kézzel még éppen összerakható	Pontos központozást adó, szegecs- vagy dugaszoló kötések, pontos vezeték
H6/h5			
H6/h6	Átmeneti illesztés	Érezhető jötek nélküli eltolható	Középs központozást adó, szegecs- és dugaszoló kötések
H8/h8			
H8/h9	Átmeneti illesztés	Érezhető jötek	Kevésbé jó központozást adó, szegecs- és dugaszoló kötések
H10/h9			
H11/h11	Átmeneti illesztés	Nagy jötek	Acéliszervezetek illesztett csavarjai
G6/h5			
G7/h6	Átmeneti illesztés	Érezhető jötek	Marórsók, osztófejorsók és hajtórudak pontos ágyazása
G7/h8			
F7/h6	Átmeneti illesztés	Nagyon nagy jötek	Középs terhelésű siklócsapágyak
FB/h6			
FB/h8	Átmeneti illesztés	Nagyon nagy jötek	Kevésbé jó központozást adó dugaszoló kötések
F8/h9			
E9/h9	Átmeneti illesztés	Nagyon nagy jötek	Kis terhelésű, nagy jötekű, felmelegedő siklócsapágyak
D10/h9			
D11/h9	Átmeneti illesztés	Nagyon nagy jötek	Hosszú tengelyek siklócsapágyazása
D10/h11			
D11/h11	Átmeneti illesztés	Nagy mozgási jötek	Működésbiztos gépek siklócsapágyai, Levehető villák, fogantyúk, karok, fedelek
C11/h9			
C11/h11	Átmeneti illesztés	Igen nagy mozgási jötek	Áltrendelt siklócsapágyak nagy miníműs hűzővel
A11/h11			
A11/h11	Átmeneti illesztés	Igen nagy mozgási jötek	Göromba csuklós kapcsolatok

11.5. ábra. Műszaki gyakorlatban ajánlott illesztések [10]

IV. rész

Szerszámtervezés

A megmunkálási eljárások és a gépek fejlődésével, valamint az alkalmazási területek kiszélesítésével a szerszámmal kapcsolatos kérdések is fontos szerepet kaptak. A szerszám szilárdságától, élettartamától, mérettartásától döntő mértékben függ a hidegfolytatás minősége és gazdaságossága. Teljesítőképesége nemcsak a gépek termelékenységét, hanem az alkatrészek mérettartósságát és külső alakját is befolyásolja.

A szerszámainkat két fontos szempontból kell vizsgálni:

- a szerszámok gyártási költsége csökkenjen és
- a szerszám élettartama növekedjen.

A jó szerszám nemcsak az egy munkadarabra eső szerszámköltséget csökkenti, hanem közvetlenül a szerszámhiba okozta gépi állásidőket csökkenti vagy szünteti meg.

A szerszám teljesítménye elsősorban a zömított vagy sajtolt alkatrészek előírt méretpontosságától, alakjától és méreteitől, valamint a kiinduló anyag tulajdonságaitól függ. Minél szűkebb a megengedhető méretteltérés és minél bonyolultabb a gyártandó alak, annál kisebb lesz a szerszámok élettartama [2].

Bármilyen típusú terméket állítunk is elő, a szerszámokkal szemben támasztott követelmények mindig azonosak [5]:

1. A folyatógűrű belső és külső felületeinek pontosan koncentrikusnak kell lenniük, másszóval a két felület excentricitása egymáshoz képest legfeljebb 0,02...0,03 mm lehet;
2. A folyatógűrű alsó és felső felfekvő síkjainak a ferdesége a folyatógűrű tengelyére merőleges síkhoz képest legfeljebb 0,02...0,03 mm lehet (a legnagyobb átmérő végpontjain);
3. A bélyegek felfekvő felületeinek és kalibráló öveinek az excentricitása nem lehet nagyobb, mint 0,02...0,02 mm (a kalibráló öveket, vezetőtölcséreket, az átmeneti görbületeket és a letört széleket $R_a 0,1$ vagy ennél nagyobb simasági fokúra kell megmunkálni, kivételt ebből a szempontból csupán a bélyegek működő homlokfelülete képez, amelyekkel a negyedik, ötödik, vagy hatodik csoportba tartozó munkadarabok hidegfolytatását végzik; ilyenkor ennek a homlokfelületnek az érdessége az IT6 minőségnek megfelelő lehet.
4. Valamennyi folyatógűrű formáló-üregét 3...5 mm – rel mélyebbre kell készíteni, mint a termék magassága, és a hozzávezető szakaszokat 2...4 mm magasságú, 45...60°-os letöréssel kell kialakítani.

A következő táblázatban *Osman Miklós*: Képlékeny hidegalakítás (Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1965) c. könyvének adatai alapján adunk ajánlást a gyakorlatban legjobban bevált anyagokra [11].

11.2. táblázat. Hidegfolyató szerszámok anyagai

Szerszámelem	Anyag	Hőkezelés módja	Keménység (HRC)
Formaüreg	X210Cr12		58...62
Formaüregbetét	85CrMo7 60WCrV7	edzve, megeresztve	60...64 56...60
Bélyeg	X210Cr12		60...64
Bélyegfej	60WCrV7	edzve, megeresztve	56...60
Ellenbélyeg	90MnCrV8		57...58

A III. részben meghatározott paraméterek, igénybevételek alapján végezzük el a különböző aktív szerszámelemek (bélyeg és matrica) méretezését. A fejezet további részeiben már a korábban meghatározott értékeket ismertnek fogjuk tekinteni.

12 Zömítés

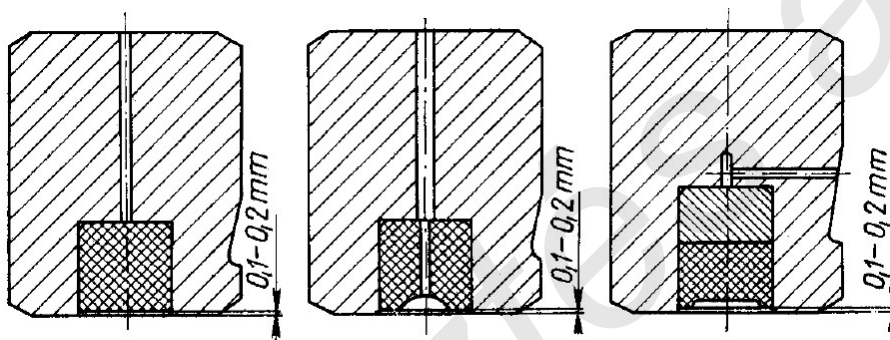
A zömítőbélyeg lehet készrezömítő, vagy előzömítő bélyeg.

12.1 Készrezömítő bélyeg

A készrezömítő bélyeg feladata a munkadarab fejének készrealakítása. A bélyeg belső üregét a gyártandó munkadarab fejalakja, külső méreteit az alakítógép szerszámtartó fészke határozza meg. A fej geometriáját a készrezömítő bélyeg [4]:

- teljes egészében tartalmazhatja (ekkor a matrica a fej zömítését csak határolja),
- részben tartalmazhatja (a másik része a matricában kerül kialakításra),
- nem tartalmazza (a fej geometriáját teljes egészében a matrica tartalmazza).

Amennyiben keményfémbetetés készrezömítőt alkalmazunk, ügyelni kell arra, hogy a betétet ne érje közvetlen ütés. Ennek elérése érdekében a betétfészket a betétmagasságnál $0,1 \dots 0,2$ mm -rel mélyebbre kell készíteni (12.1. ábra)

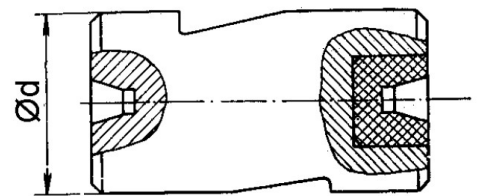


12.1. ábra. Keményfémbetetés készrezömítő fészekkialakítása [4]

A betétek besajtolása a fészekbe túlfedéssel történik, ezért a betét alatti térből a levegő eltávolítását megfelelő furattal kell biztosítani. Ugyancsak levegőfurattal kell ellátni a készrezömítő bélyeg alakadó üregét, ha éles sarkokat akarunk kialakítani a fejen, vagy mély üreget akarunk kitölteni anyaggal. Ezzel elkerülhetjük a levegő-, vagy kenőanyagpárna kialakulását. Fontos a furatátmérő helyes megválasztása, ugyanis a túl kis átmérőjű furat eltömődik, a túl nagy átmérőjűbe pedig betüremkedhet az anyag [4].

12.2 Előzömítő bélyeg

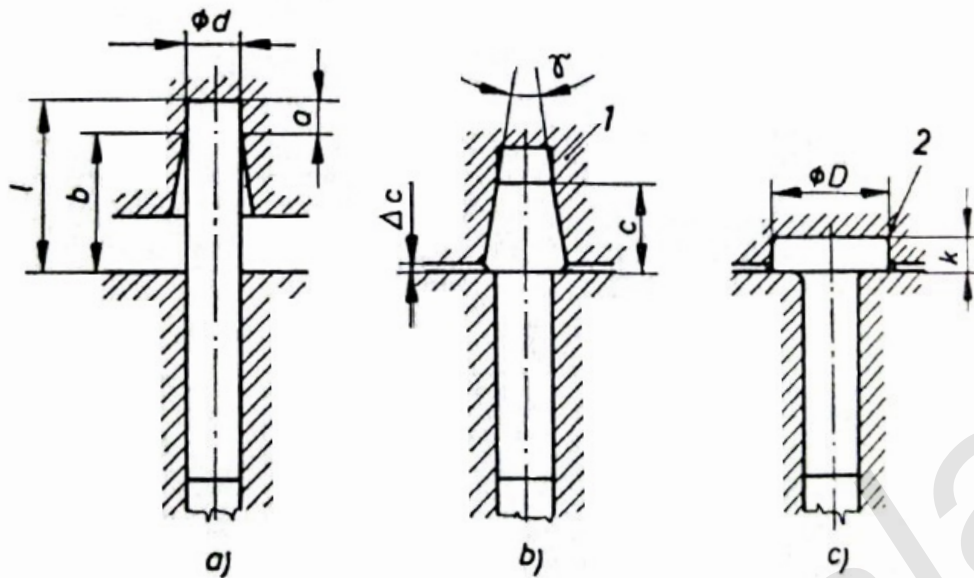
Az előzömítő bélyeg feladata a fej kialakításához szükséges szabadon hagyott hossz csökkentése, a kihajlásveszély elkerülése. A bélyeg mindkét végébe bemunkálható az előzömítő üreg, ezzel a szerszám kihasználása megkétszerezhető. Kialakítható keményfémbetetéses kivitelben is, amit a 12.2. ábra jobb oldalán láthatunk.



12.2. ábra. Előzömítő bélyeg, kétoldali előzömítő üreggel [4]

12.3 Előzömítés

Száras munkadarabok zömítésekor a d átmérő adott, az l hosszúság pedig a térfogat-állandóság alapján számítható. Ha az ilyenkor számított l/d viszony nagyobb, mint 2,3, akkor a zömítést egy lépésben nem lehet elvégezni, előzömítést kell alkalmazni. Előzömítéskor a zömítési viszony $b/d \leq 2,6$. A 12.3. ábrán látható módon végezhetjük a technológiát ahol a) az indulóállapot; b) előzömítés; c) készre zömítés.



12.3. ábra. Zömítés két ütéssel (előzömítés) [7]

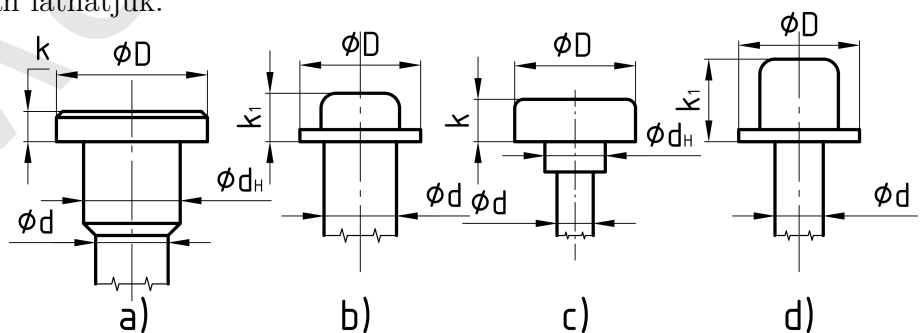
Két lépésben végezzük a zömítést, ha $2,3 < l/d < 4,5$, és három lépésben, ha $4,5 < l/d < 8$. Ez utóbbi esetben két előzömítést és egy készre zömítést alkalmazunk. Az előzömítőüreg jellemző méretei - ha két lépésben zömítünk - a 12.1. táblázatban láthatóak.

12.1. táblázat. Az előzömítő üreg jellemző méretei [7]

l/d	$\gamma(^{\circ})$	a (mm)	c (mm)
2,5	15	$0,6d$	$1,37d$
3,3	15	$1,0d$	$1,56d$
3,9	15	$1,4d$	$1,66d$
4,3	20	$1,7d$	$1,56d$
4,5	25	$1,9d$	$1,45d$

A 12.3. ábrán látható kialakításban a Δc javasolt értéke $\Delta c = 0,1 \dots 0,35$ mm [4]. Az előzömítőök célszerű méreteit a 12.4. ábrán láthatjuk.

Fejezés Az utólagos megmunkálás nélkül gyártható legnagyobb fejtátmérők láthatók a 12.2. táblázatban (Wöllner nyomán), a táblázat értelmezéséhez a 12.5. ábra nyújt segítséget [8].



12.5. ábra. Utólagos megmunkálás nélkül gyártható legnagyobb fejtátmérők

12.2. táblázat. Utólagos megmunkálás nélkül gyártható legnagyobb fejtátmérők [8]

A méret jele	a)	b)	c)	d)
D_{\max}	$2,5d$	$2,5d$	$5d$	$5d$
$d_{H,\max}$	$1,35d$	-	$2d$	-
k_{\max}	$1d$	-	≈ 20 mm	-
$k_{1,\max}$	-	$1,2d$	-	≈ 20 mm

Zömítés i viszony	4,5	4,3	4,1	3,9	3,7	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7	2,5	2,3
Kúp- szög $\alpha = 25^\circ$	a	1,7 · d ₀	1,5 · d ₀	1,4 · d ₀	1,2 · d ₀	1,1 · d ₀	1,0 · d ₀	0,8 · d ₀	0,7 · d ₀	0,6 · d ₀	0,6 · d ₀	0,6 · d ₀
	b	2,6 · d ₀	2,6 · d ₀	2,5 · d ₀	2,5 · d ₀	2,5 · d ₀	2,3 · d ₀	2,3 · d ₀	2,2 · d ₀	2,1 · d ₀	1,9 · d ₀	1,7 · d ₀
Kúp- szög $\alpha = 20^\circ$	c	1,45 · d ₀	1,45 · d ₀	1,42 · d ₀	1,42 · d ₀	1,38 · d ₀	1,33 · d ₀	1,33 · d ₀	1,31 · d ₀	1,26 · d ₀	1,17 · d ₀	1,08 · d ₀
	D	1,65 · d ₀	1,65 · d ₀	1,63 · d ₀	1,63 · d ₀	1,61 · d ₀	1,59 · d ₀	1,59 · d ₀	1,58 · d ₀	1,56 · d ₀	1,52 · d ₀	1,48 · d ₀
Kúp- szög $\alpha = 15^\circ$	e	1,15 · d ₀	1,15 · d ₀	1,08 · d ₀	1,08 · d ₀	1,02 · d ₀	0,97 · d ₀	0,97 · d ₀	0,89 · d ₀	0,84 · d ₀	0,73 · d ₀	0,62 · d ₀
	a	1,7 · d ₀	1,5 · d ₀	1,4 · d ₀	1,2 · d ₀	1,1 · d ₀	1,0 · d ₀	0,8 · d ₀	0,7 · d ₀	0,6 · d ₀	0,6 · d ₀	0,6 · d ₀
Kúp- szög $\alpha = 10^\circ$	b	2,6 · d ₀	2,6 · d ₀	2,5 · d ₀	2,5 · d ₀	2,4 · d ₀	2,3 · d ₀	2,3 · d ₀	2,2 · d ₀	2,1 · d ₀	1,9 · d ₀	1,7 · d ₀
	c	1,56 · d ₀	1,56 · d ₀	1,53 · d ₀	1,53 · d ₀	1,47 · d ₀	1,42 · d ₀	1,42 · d ₀	1,39 · d ₀	1,36 · d ₀	1,24 · d ₀	1,16 · d ₀
Kúp- szög $\alpha = 7,5^\circ$	D	1,55 · d ₀	1,55 · d ₀	1,54 · d ₀	1,54 · d ₀	1,52 · d ₀	1,50 · d ₀	1,50 · d ₀	1,49 · d ₀	1,48 · d ₀	1,44 · d ₀	1,41 · d ₀
	e	1,04 · d ₀	1,04 · d ₀	0,97 · d ₀	0,97 · d ₀	0,93 · d ₀	0,88 · d ₀	0,88 · d ₀	0,81 · d ₀	0,74 · d ₀	0,66 · d ₀	0,54 · d ₀
Kúp- szög $\alpha = 5^\circ$	a	1,4 · d ₀	1,4 · d ₀	1,2 · d ₀	1,2 · d ₀	1,1 · d ₀	1,0 · d ₀	0,8 · d ₀	0,7 · d ₀	0,6 · d ₀	0,6 · d ₀	0,6 · d ₀
	b	2,5 · d ₀	2,5 · d ₀	2,5 · d ₀	2,5 · d ₀	2,4 · d ₀	2,3 · d ₀	2,3 · d ₀	2,2 · d ₀	2,1 · d ₀	1,9 · d ₀	1,7 · d ₀
Kúp- szög $\alpha = 2,5^\circ$	c	1,66 · d ₀	1,66 · d ₀	1,66 · d ₀	1,66 · d ₀	1,60 · d ₀	1,56 · d ₀	1,56 · d ₀	1,52 · d ₀	1,48 · d ₀	1,37 · d ₀	1,25 · d ₀
	D	1,44 · d ₀	1,44 · d ₀	1,44 · d ₀	1,44 · d ₀	1,42 · d ₀	1,41 · d ₀	1,41 · d ₀	1,40 · d ₀	1,39 · d ₀	1,36 · d ₀	1,33 · d ₀
Kúp- szög $\alpha = 1,25^\circ$	e	0,84 · d ₀	0,84 · d ₀	0,84 · d ₀	0,84 · d ₀	0,80 · d ₀	0,74 · d ₀	0,74 · d ₀	0,68 · d ₀	0,62 · d ₀	0,53 · d ₀	0,45 · d ₀
	a	1,0 · d ₀	1,0 · d ₀	1,0 · d ₀	1,0 · d ₀	1,0 · d ₀	1,0 · d ₀	0,8 · d ₀	0,7 · d ₀	0,6 · d ₀	0,6 · d ₀	0,6 · d ₀
Kúp- szög $\alpha = 0,625^\circ$	b	2,5 · d ₀	2,5 · d ₀	2,5 · d ₀	2,5 · d ₀	2,5 · d ₀	2,3 · d ₀	2,3 · d ₀	2,2 · d ₀	2,1 · d ₀	1,9 · d ₀	1,7 · d ₀
	c	1,83 · d ₀	1,83 · d ₀	1,83 · d ₀	1,83 · d ₀	1,83 · d ₀	1,72 · d ₀	1,72 · d ₀	1,66 · d ₀	1,60 · d ₀	1,49 · d ₀	1,32 · d ₀
Kúp- szög $\alpha = 0,3125^\circ$	D	1,32 · d ₀	1,32 · d ₀	1,32 · d ₀	1,32 · d ₀	1,32 · d ₀	1,30 · d ₀	1,30 · d ₀	1,29 · d ₀	1,28 · d ₀	1,26 · d ₀	1,23 · d ₀
	e	0,67 · d ₀	0,67 · d ₀	0,67 · d ₀	0,67 · d ₀	0,67 · d ₀	0,58 · d ₀	0,58 · d ₀	0,54 · d ₀	0,50 · d ₀	0,41 · d ₀	0,38 · d ₀

A zömítési viszony $s = h_0/d_0 \leq 4,5$ A szabad zömítés viszonya $f \leq b/d_0 = 2,6$

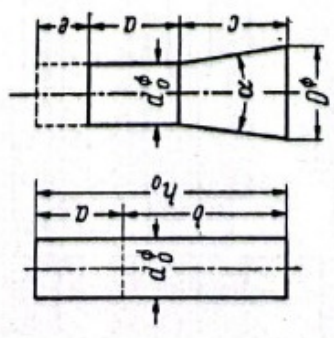
$$D = d_0 \sqrt[3]{1 + 6f \operatorname{tg} \alpha/2}$$

$$V_c = 0,785/d_0^3 \leq 2,04 d_0^3$$

$$e = \frac{D - d_0}{2 \operatorname{tg} \alpha/2}$$

$$e = h_0 - (a + c) = b - c$$

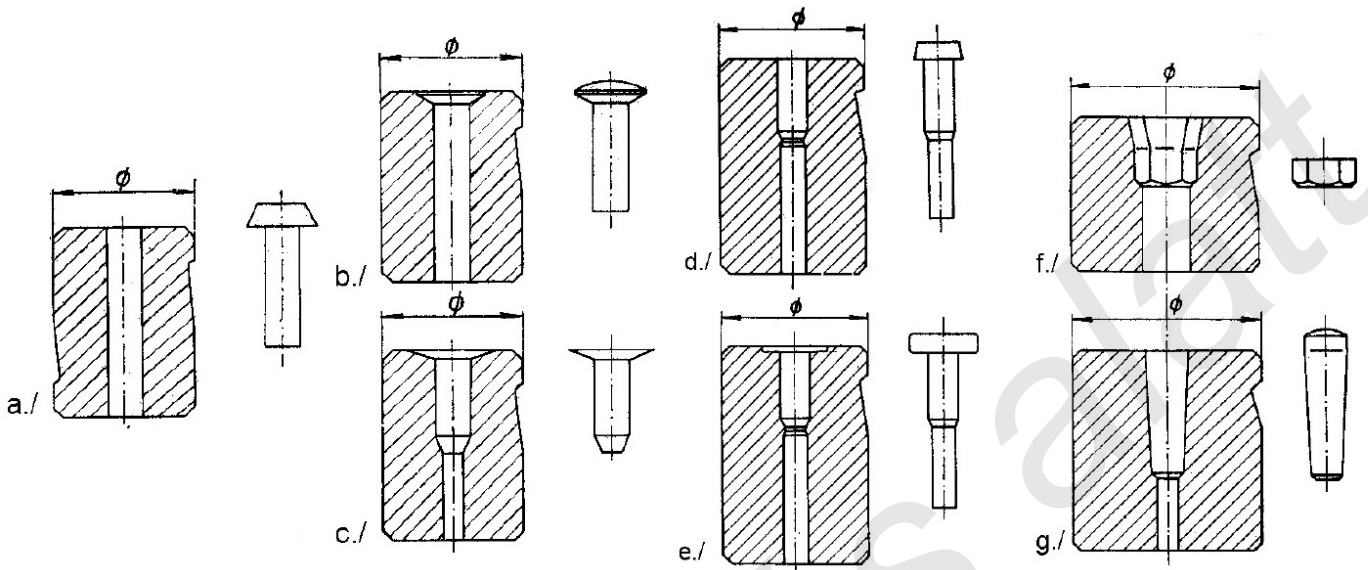
- h_0 zömítési hossz;
- d_0 huzalátmérő;
- a az előzömítő hengeres része;
- b szabad zömítési hossz;
- c kúp-hossz;
- D alapkörátmérő;
- e zömült hossz előzömítéskor;
- α kúp-szög



12.4. ábra. Rögzített előzömítők célszerű méretei [8]

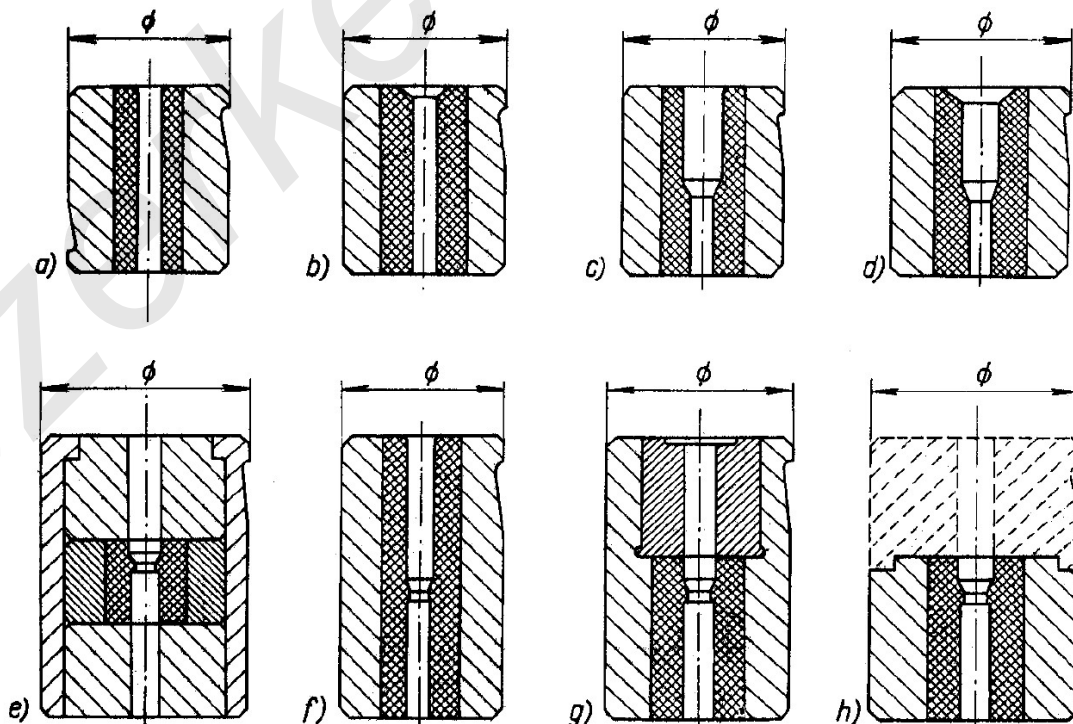
13 Redukálás

A redukáló matrica belső üregének geometriája attól függ, hogy a matrica milyen mértékben vesz részt az alakításban.



13.1. ábra. Redukáló matrica típusai, azok kialakítása [4]

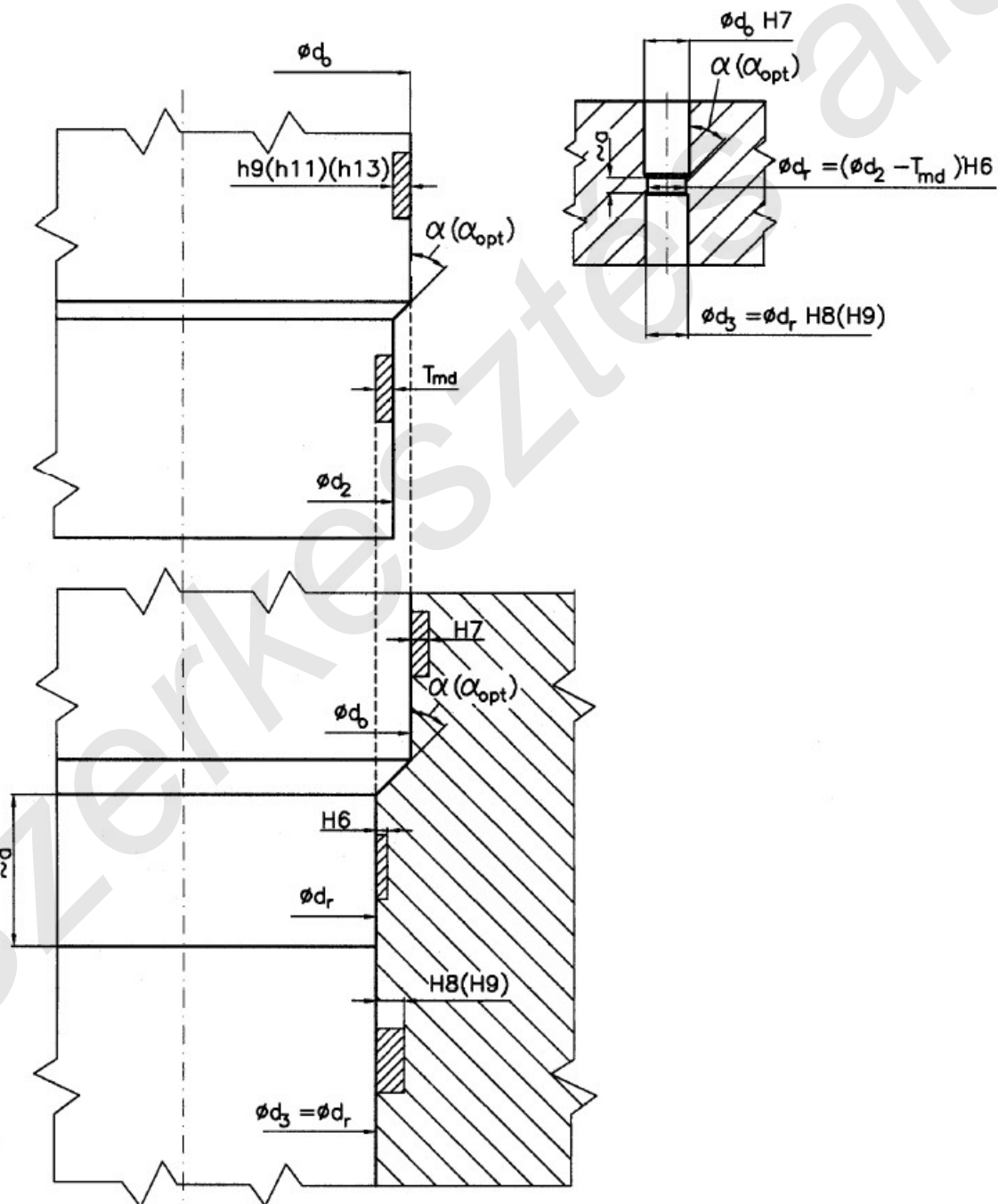
A 13.1. ábrán szerszámacélból készült matricákat láthatunk, az a) esetben az a munkadarabot csak pozicionálja, az alakadást teljes egészében a zömítőbéllyeg végzi. A b) ábrán látható matrica a fej alakadásában, a c) verzió a fej alakadásán túl a kúpos szárvégződés kialakításában is részt vesz. A d) ábrán látható redukálást végző, a fejezést csak határoló matrica, az e) típus a redukálást és a fej alakadását is végzi. Az f) ábrán a teljes térfogat zömítéssel gyártható csavaranya zömítőmatricája látható; a g) ábra kúposszeg kialakítására alkalmas matricát szemléltet. A 13.2. ábrán ugyanezek a matrica kialakítások láthatóak keményfémbevetés kivételben [4].



13.2. ábra. Keményfémbevetéses redukáló matrica típusai, azok kialakítása [4]

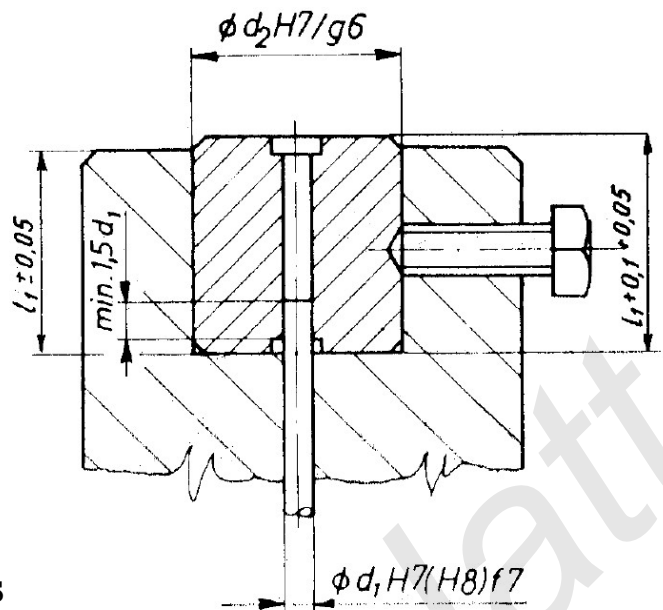
13.1 Redukáló matrica

A redukáló matricákban használt húzott huzal vagy rúdanyag átmérőjének tűrése jellemzően h9(h11). A szárrészt befogadó d_0 átmérő névleges mérete megegyezik a gyártáshoz használt előgyártmány d_0 átmérőjével, tűrése H7(H8). A redukálást végző d_r átmérő névleges mérete a munkadarab redukált átmérőjének alsó határméretével azonos, tűrése H6(H7). A d_r redukáló átmérőhöz tartozó palást hossza: $a \approx \sqrt{d_r}$. A két átmérő közötti kúpos átmenet félkúpszöge (α), amelynek névleges értékét a munkadarab geometriája határozza meg. A d_r redukáló átmérő után egy rövid kúpos átmenettel d_3 átmérőre bővül a szerszámüreg. Az átmérőkülönbség a d_r és d_3 átmérő között csekély, d_3 névleges mérete megegyezik d_r -rel, a tűrésmező szélessége viszont H8(H9). A d_3 átmérőjű hengeres rész szerepe, hogy a d_r átmérőn átlépő szár rugalmas visszarugózásának teret adjon, a kifutó szárrészen a sűrűlódást csökkentse, de a szárrész esetleges elgörbülését megakadályozza. A munkadarab és a redukáló szerszám tűrésmezőinek elhelyezkedését a 13.3. ábra szemlélteti [4].



13.3. ábra. Redukálómatica kialakítása, tűrésmezeinek elhelyezkedése [4]

A redukáló matrica rögzítése A zárt matrica az alakítógépen kialakított matricafészekbe kerül beépítésre. Alakja a matricafészeknek megfelelő, legtöbbször hengeres. A hengerpalástot csak a rögzítéshez szükséges lapolás szakítja meg. A matricafészek mélysége $l_1 \pm 0,05$; a matrica külső átmérőjének illeszkedése a fészekbe: H7/g6; a kilökö illesztése a megvezető furatban: H7(H8)/f7. A kilököcsap matricában megvezetett minimális hossza $1,5d_1$, ami a matricahossz megfelelő megválasztásával biztosítható [4].



13.4. ábra. Redukáló matrica rögzítése [4]

14 Előrefolyató bélyeg és matrica

14.1 Előrefolyató bélyeg

Azok a szerszámacélok, melyek alkalmasak előrefolyató bélyeg alapanyagaként (lédeburitos krómaccél (pl. X210Cr12) vagy molibdénés gyorsacél (pl. HS 6-5-2)) edzett és megfelelően megeresztett állapotukban igen nagy (akár 2000 MPa) nyomószilárdságúak is lehetnek. A bélyegek leggyakoribb tönkremeneteli oka a fáradásos törés. A bélyegek geometriáját megszabja egyrészt a hőkezelhetőség, másrészt az, hogy a környezetre, például a szerszámházra való nyomásátvitel miatt fokozatosan növekvő átmérővel kell őket kialakítani [1]. Amennyiben a fejrész és a szerszámház illesztésénél a felületen ébredő nyomás meghaladja a szerszámház anyagára megengedett értéket, a geometria módosítása, amennyiben az nem áll módunkban, nyomólapok alkalmazása javasolt (lásd 3.1. ábra).

14.1.1 Geometria

Az előrefolyató bélyeg geometriai kialakítását alapvetően meghatározza a gyártandó alkatrész mérete. A bélyeg alakító részének névleges átmérője megegyezik a matrica belső névleges átmérőjével.

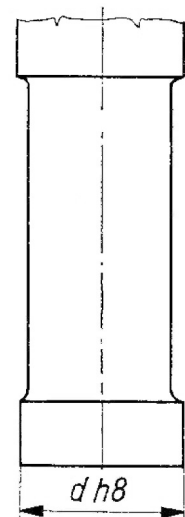
Az előrefolyató bélyeg kialakítását a 14.1. ábrán láthatjuk. Az ábrán látható előrefolyatóhoz használt bélyeg három részből áll. A szár szívós, a fej kemény és kopásálló, a toldat kopásálló legyen [11].

14.1.2 Méretezés

Az előrefolyató bélyeg nyomásra illetve kihajlásra méretezzük. A korábban, a technológiatervezés során meghatározott minimális lökethossz és munkaút valamint a szerszámház egyéb geometriája ismeretében tudjuk meghatározni az előrefolyató bélyegünk szükséges hosszát. A méretezés során a biztonsági tényező értéke $n \geq 1,5$. Körszimmetrikus bélyeget vizsgálva annak karcsúsági tényezője:

$$\lambda = \frac{l_b}{i_{\min}} = \frac{4 \cdot l_b}{d_b},$$

ahol l_b a bélyeg befogatlan hossza, d_b pedig a szárrész átmérője, $i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A_b}}$ a legkisebb inerciasugár (itt I_{\min} a bélyegszár legkisebb másodrendű nyomatéka, A_b a bélyegszár legkisebb keresztmetsze).



14.1. ábra. Előrefolyató bélyeg kialakítása [11]

A bélyeg határkarcsúságát annak anyagára megengedett szilárdsága (k_{meg}) függvényében határozhatjuk meg:

$$\lambda_0 \approx 0,5\pi \left(\frac{E}{n \cdot k_{\text{meg}}} \right)^{0,5}.$$

Megjegyzés

Néhány jellemző hidegfolyatós bélyegként felhasznált acél megengedett szilárdsága:

- X37CrMoV5-1 (1.2343)-ra 1200 MPa,
- X40CrMoV5-1 (1.2344)-re, 90MnCrV8 (1.2842)-re 1400 MPa,
- 85Cr7 (1.2064)-re, 100Cr6 (1.2067)-re, 45WCrV7 (1.2542)-re, 1500 MPa,
- X210Cr12 (1.2080)-ra 1600 MPa, X165CrMoV12 (1.2601)-re 1800 MPa, HS 6-5-2 (1.3343)-ra 2000 MPa.

Ha $\lambda < \lambda_0$, a bélyeget nyomásra ellenőrizzük, követelmény:

$$p_{\text{ef,b}} < k_{\text{meg}}.$$

Ha $\lambda > \lambda_0$, a bélyeget Euler összefüggése szerint rugalmas kihajlásra ellenőrizzük, követelmény:

$$k_{\text{meg}} > \sigma_{\text{kr}} = \frac{0,5^2 \pi^2 E}{n \lambda^2} > p_{\text{ef,b}}.$$

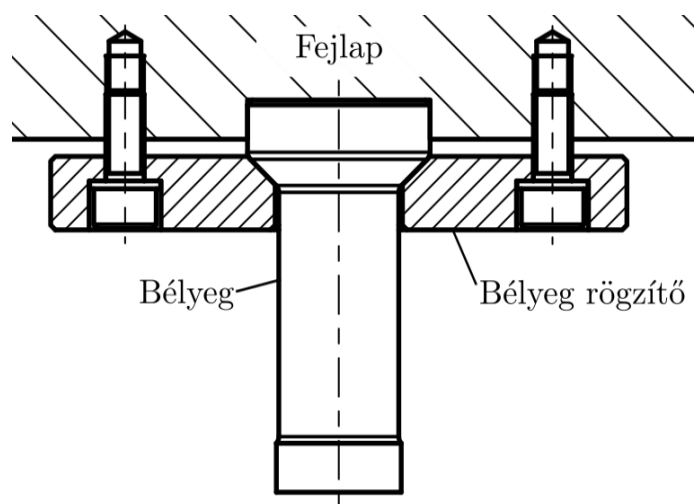
Az előrefolyatós bélyeg szárának hosszát *Jahnke-Retzke-Weber* szerint meghatározhatjuk:

$$l_b \leq 44,47 \cdot \left(\frac{I_{\text{min}}}{n \cdot F_b} \right),$$

ahol I_{min} a bélyegszár legkisebb másodrendű nyomatéka (mm^4), $n = 3 \dots 4$ a biztonsági tényező, F_b a bélyegre ható legnagyobb erő (kN) [7].

A bélyeg rögzítése A bélyeget célszerűen egy körszimmetrikus alkatrészsel, a bélyeg rögzítővel fogatjuk a szerszámház felső lapjához, majd azt csavarokkal rögzítjük.

Az erőt jellemzően egy kúpos felületen visszük át, amelyet nyomásra méretezünk. Ezek a száramelemek többnyire egyedi gyártásban készülnek, a bélyeg fejrészének külső kúpos felületét illesztjük a bélyeg rögzítő belső kúpos felületéhez (festékpróba). A bélyeg rögzítő jellemzően valamilyen egyszerű szerkezeti acélból készülhet (S235JR, S355JR).



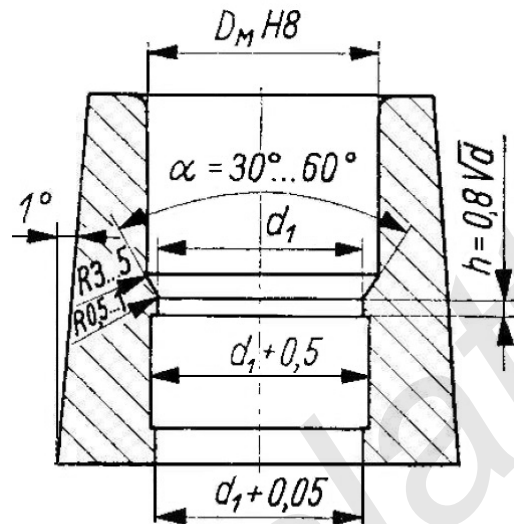
14.2. ábra. Előrefolyatós bélyeg rögzítése

14.2 Előrefolyató matrica

Ha a redukálás feltételei nem teljesíthetőek, akkor a munkadarabot a felduzzadás ellen egy matricával meg kell támasztani, ami az esetek döntő többségében egy előfeszített gyűrű [1].

14.2.1 Geometria

Az előrefolyató matrica kialakítását a 14.3. ábrán láthatjuk. A matrica dolgozó (alakító) átmérőjét alapvetően meghatározza a gyártandó termék külső átmérője. Az ábrán látható matrica furatába a bélyeg fejrészt $H8/h8$ tűréssel illesztjük. A matrica alakító részén éles sarkok nem lehetnek, lekerekítések szükségesek. Az alakító átmérőt követően az anyag relaxációja miatt szükséges az átmérő megnövelése. A matrica külső, matricafészekbe illesztett palást felülete lehet hengeres, vagy kúpos (1°).



14.3. ábra. Előrefolyató matrica kialakítása

14.2.2 Méretezés

Az üreges szerszámelemek, a matricák szilárdsági szempontból egyszerűsítve vastagfalú csöveknek tekinthetők és a Mohr-féle törési elmélet szerint méretezhetők [7].

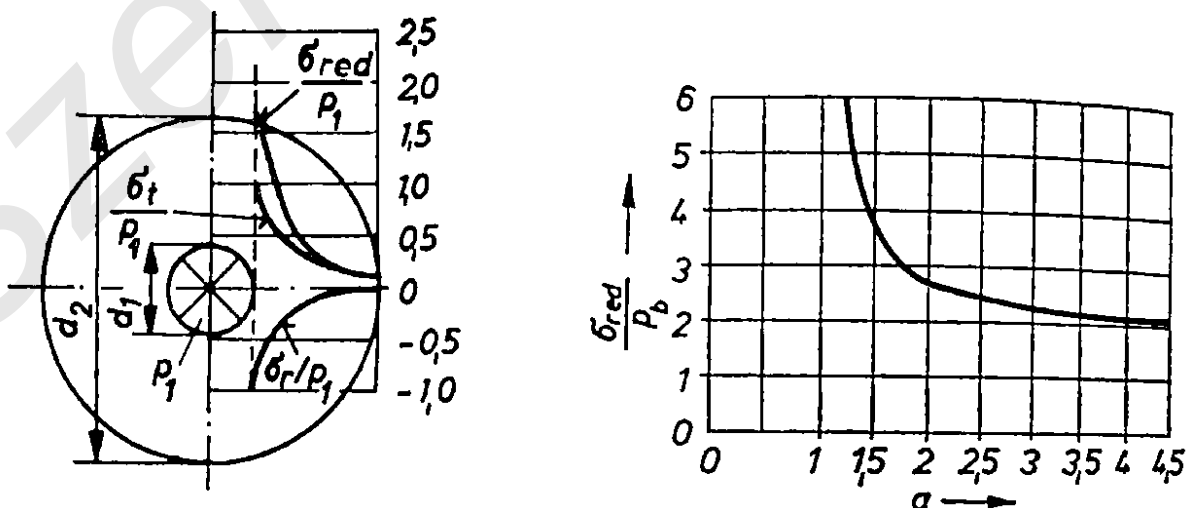
A szerszámokban mint belső, valamint belső és külső nyomással igénybe vett vastagfalú csövekben fellépő feszültségeket, továbbá a csövek terhelését a szilárdságtan módszereivel fogjuk vizsgálni. A számításainkban feltételezzük, hogy:

- a vastagfalú cső tengelymenti mérete, hossza az átmérőjéhez képest nagyon nagy,
- a cső anyaga homogén és izotróp,
- a cső falvastagsága állandó,
- a csőre a nyomás teljes hosszában hat,
- a cső belső és külső terhelése szimmetrikus eloszlású [12].

Előrefolyatáskor a matrica maximális terhelése:

$$q_{\max} = p_{ef} + k_{f0}.$$

Ezt a terhelést figyelembe véve méretezzük a matricát.



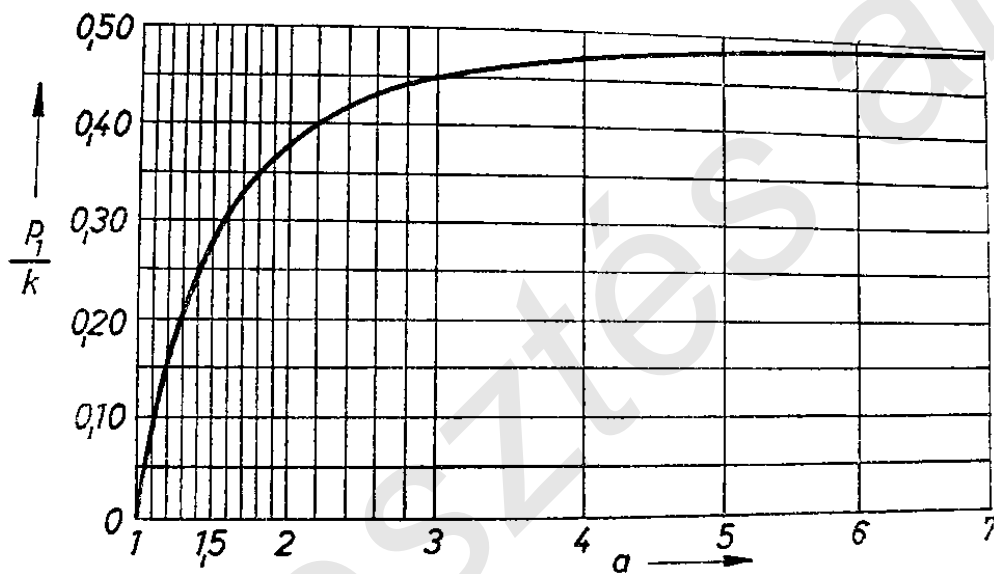
14.4. ábra. Vastagfalú cső feszültségviszonyai [7]

A 14.4. ábra bal oldalán láthatjuk az elméleti redukált, tangenciális, radiális feszültségeloszlást egységnyi belső palástnyomás hatására, vastagfalú csőben. Az ábra jobb oldalán a vastagfalú cső belső palástján az egységnyi belső nyomás hatására fellépő redukált feszültség változása látható az a sugárviszony függvényében. Az ábrán megfigyelhető továbbá, hogy az $a = d_2/d_1 = 4 \dots 5$ értéket nincs értelme túllépni. Határesetben, ha a fal végtelen vastag, a matrica anyagára megengedett redukált feszültség $\sigma_{meg} = k$ éppen a belső p_1 nyomás kétszerese [7]. Vagyis a csőben fellépő feszültségek nem a cső abszolút méreteitől, hanem méretviszonyaitól (sugárviszonyaitól) függenek.

Redukálógyűrűk, matricák, húzógyűrűk legkisebb sugárviszonya előfeszítés nélkül:

$$a_{\min} = \sqrt{\frac{k}{k - 2p_1}}$$

A 14.5. ábrán láthatjuk belső nyomással terhelt egységnyi szilárdságú vastagfalú csőben megengedett nyomást (*Osman-Zombory nyomán*) [7].



14.5. ábra. Vastagfalú cső szilárdsági viszonyai [7]

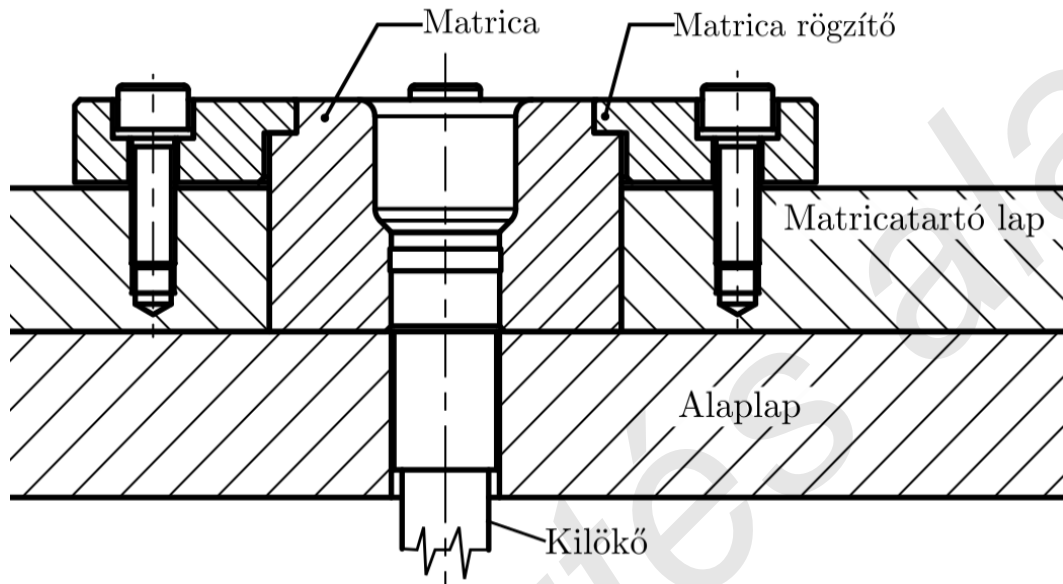
Előfeszítő gyűrűk alkalmazása 1000 MPa belső nyomást meghaladó esetben előfeszítő gyűrűk alkalmazása szükséges. A 14.1. táblázatban *Lange, K.* szerint láthatók az acél matricák méreteinek irányértékei a belső nyomás függvényében [7].

14.1. táblázat. Acél matricák méreteinek irányértékei [7]

Belső nyomás (MPa)	Előf. gyűrűk száma	Átmérőtartomány	Előf. átmérők, átm.viszonyok
1000-ig	0	4...5	
1000...1600 -ig	1	$\frac{d_3}{d_1} 4...6$	$d_2 \approx 0,9\sqrt{d_3 d_1}$
1600...2000 -ig	2	4...6	$d_2 : d_1 = 1,6 \dots 1,8$ $d_3 : d_1 = 2,5 \dots 3,2$ $d_4 : d_1 = 4 \dots 6$

Ezen túl, amennyiben a feladatban előfeszítő gyűrű alkalmazása szükséges, ajánlott a tanszéki, Nyulász Pál tanár úr által készített Excel munkafüzet használata.

A matrica rögzítése A matricát a bélyeghez hasonlóan egy körszimmetrikus alkatrészsel illesztjük a szerszámház alsó felébe. Kialakítása lehet csavarozott, vagy kúpos illesztésű. Csavarozott megoldást láthatunk a 14.6. ábrán, a matrica felső részéből egy kisebb átmérőt kimunkálva, az ún. matrica rögzítőt illesztve rögzítjük a matricát. A matrica a matricatartó lapba szoros illesztéssel, a matrica rögzítő a matrica külső átmérőjéhez laza illesztéssel kapcsolódik. Különösen ügyeljünk a tűrések kialakítására, a megfelelő szerelhetőség, illetve a túlhatározottság elkerülése céljából! Az ellenőrzési megfontolások hasonlóak a bélyeg során említettekkel, különbség, hogy most az alaplappal és a matrica érintkezési felületét méretezzük nyomásra, és ha kell nyomólapot alkalmazunk.



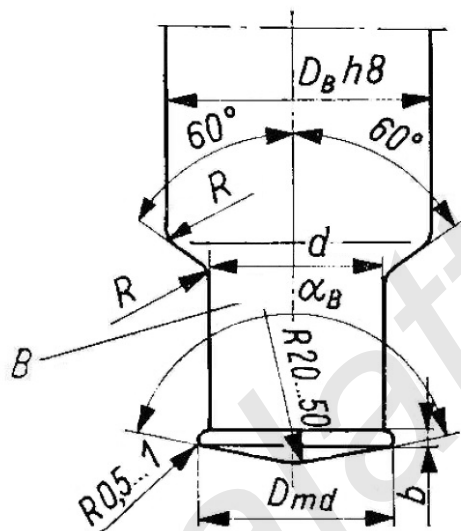
14.6. ábra. Előrefolyató matrica rögzítése

15 Hátrafolyató bélyeg és matrica

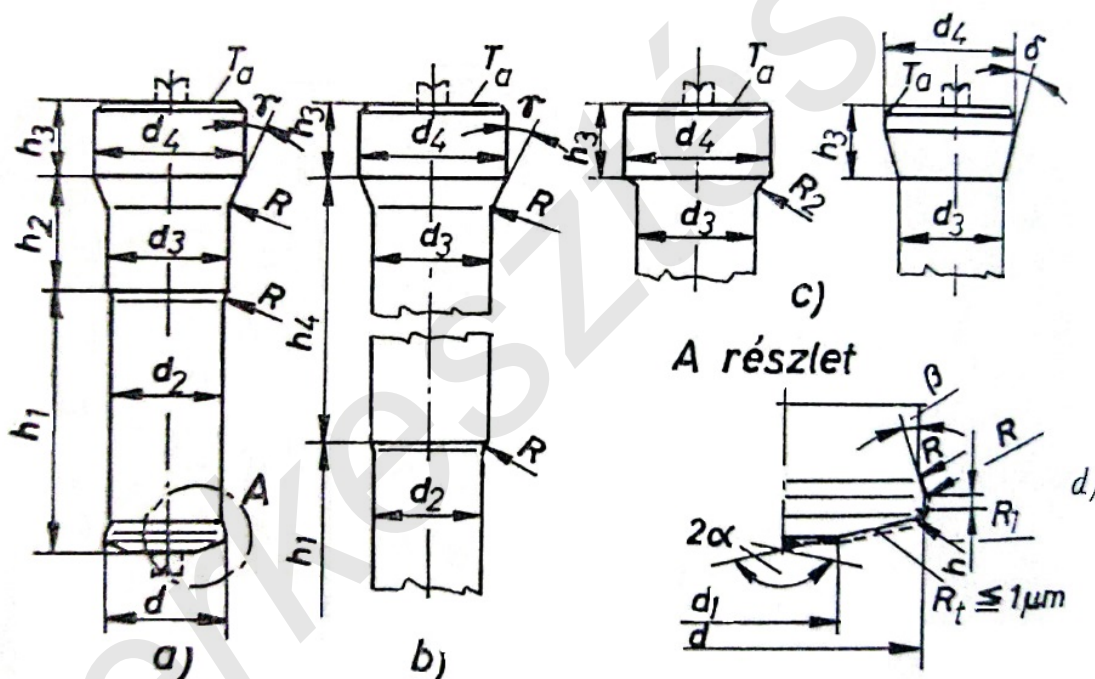
A hátrafolyató bélyeget és matricát az előrefolyató szerszámokkal azonos módon méretezzük. A bélyeget kihajlásra illetve nyomásra, a matricát pedig vastagfalú csőként modellezve, a korábban bemutatottaknak megfelelően.

A 15.1 és 15.5. ábrákon a hátrafolyatáshoz használt bélyeg (B) és matrica (formaüreg (Ü)) kialakítása látható. A 15.1. ábra b mérete alumínium folyatásakor $b = 0,5 \dots 2$ mm, acél folyatásakor pedig $b = 2 \dots 4$ mm. A bélyeg szárrészének átmérője $d = D_{\text{mdb}} - \Delta D_{\text{mdb}} - 0,1 \dots 0,2$ mm, ahol ΔD_{mdb} a bélyeg dolgozó átmérőjének megengedett kopása. A bélyeg a matrica furatába H8/h8 tűréssel illeszkedik.

A hátrafolyató bélyeg különböző kialakításai láthatók a 15.2. ábrán. Az ábra jelölései szerint a) rövid alak; b) hosszú alak; c) további fejrész-kialakítások; d) szerkesztési adat.



15.1. ábra. Hátrafolyató bélyeg kialakítása [11]



15.2. ábra. Hátrafolyató bélyeg kialakítása különböző fejrészekkel [7]

A szerkesztési adatok a következők:

$$d_1 = d - [(2R_1 + (0,2 \dots 0,3)d]$$

$$d_2 = d - (0,1 \dots 0,2) \text{ mm}$$

$$d_3 \approx 1,3d$$

$$d_4 \approx (1,3 \dots 1,5)d$$

$$h = (0,3 \dots 0,7)\sqrt{d}$$

$$h_1 \leq 2,5d$$

$$h_2 \approx d_3$$

$$h_3 = 0,5d_4$$

$$h_4 \text{ a húzópersely szerint}$$

R egyenletes átmenettel lekerekíteni

$$R_1 = (0,05 \dots 0,1)d$$

$$R_2 \approx 0,3(d_4 - d_3)$$

$$2\alpha = 160 \dots 170^\circ$$

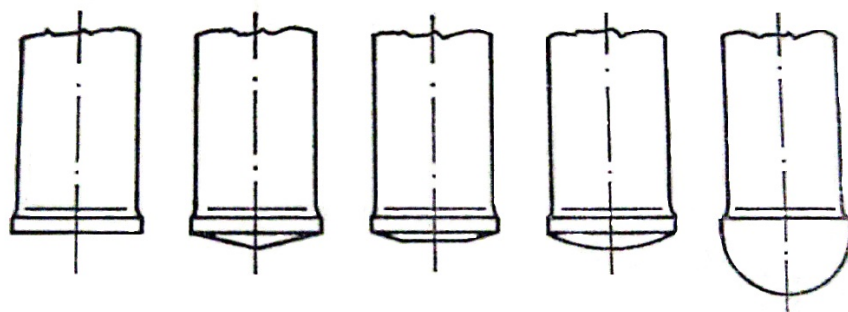
$$\beta = 4 \dots 5^\circ$$

$$\gamma = 15 \dots 30^\circ$$

$$\delta = 5 \dots 15^\circ$$

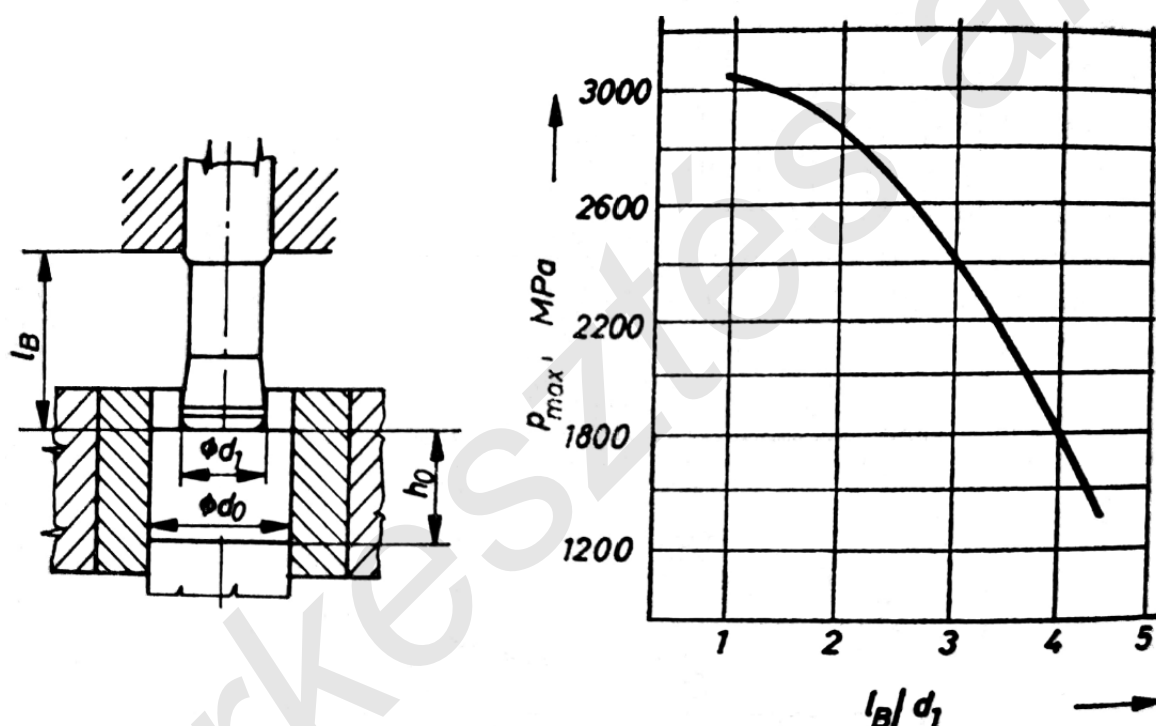
$T_a < 0,05$ mm síktól való eltérés

$T_r < 0,01$ d, d_1, d_2, d_3 körtől való eltérés



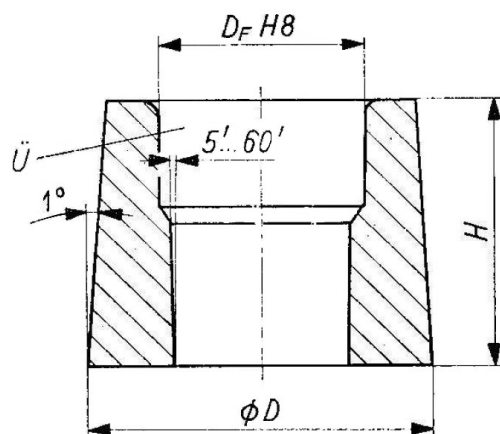
15.3. ábra. Hátrafolyató bélyeg alakító részének kialakításai [7]

A 15.4. ábrán láthatjuk egy gyorsacél bélyeg terhelhetőségét a szabad bélyeghossz és a bélyeg átmérő hányadosának függvényében [7]. További bélyegkialakítások láthatóak a 15.3. ábrán, csésze alakú, üreges munkadarabok hátrafolyatásához.



15.4. ábra. Gyorsacél bélyeg terhelhetősége [7]

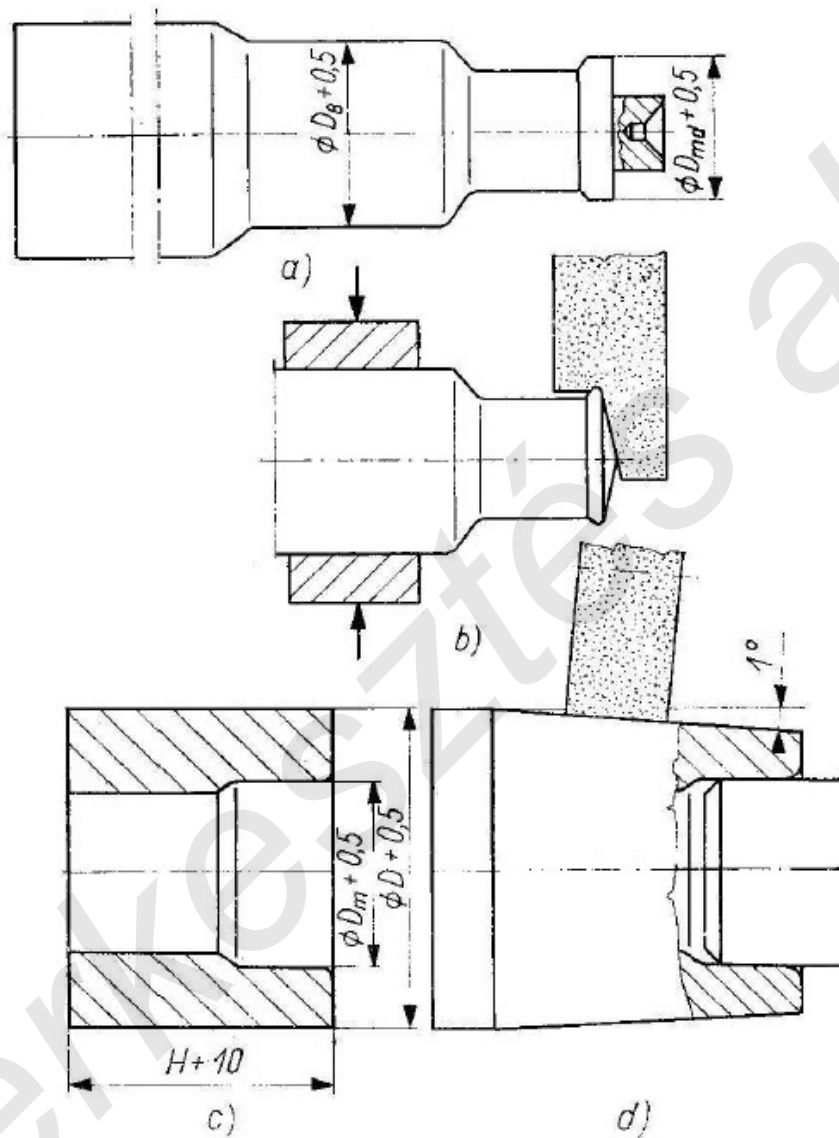
Hátrafolyató matrica A hátrafolyató matrica belső hengeres felületének kúposága $5' \dots 60'$ lejtéssel készüljön, a befoglaló gyűrűbe illeszkedő külső palástjának félkúpszöge 1° legyen (kúpos rögzítés esetén). A dolgozó - azaz a folytatott anyaggal érintkező - szerszámelemek felületeit edzés után polírozzuk fényesre. A polírozás száliránya a folyás irányával egyezzen, tehát az esztergálás és dörzsölés során keletkező karcokra merőlegesen kell csiszolni [11].



15.5. ábra. Hátrafolyató matrica [11]

Hátrafolyató szerszámelemek gyártása

A fejezetben a *Hack-Jaszovszky-Smóling*-féle Szerszámkészítés c. könyv leírása szerint bemutatjuk egy hátrafolyató bélyeg, illetve egy hátrafolyató matrica gyártásának műveleti sorrendjét [11]. A 15.6. ábrán láthatjuk a gyártás egyes szakaszait, az ábra jelölései: a) esztergált bélyeg; b) bélyeg köszörülése hasított tüskébe fogva; c) esztergált formaüreg; d) formaüreg palástköszörülése tüskére húzva.



15.6. ábra. Hátrafolyató bélyeg és matrica gyártása [11]

1. Megesztergáljuk a bélyeget csúccsal megtámasztva. A bélyeg szára a szerszám kialakításának megfelelő méretű és hosszú legyen. A formaüregbe ereszkedő h8 tűrésű szárrészre és a D_{md} méretre hagyjunk rá 0,5 mm-t. A dolgozórész alámunkálását és az átmeneti sugarakat esztergáljuk kész méretre.
2. Megeddzük a bélyeget.
3. Hengerköszörűn, csúccsal megtámasztva megköszörüljük az D_B h8 és az D_{md} méreteket.
4. Leköszörüljük a központfuratot magába foglaló anyagrészt állványos köszörűgépen, vigyázva arra, hogy ne láguljon ki a bélyeg.

5. Hengerköszörűn, az D_n h8 méretű palástot hasított tuskébe fogva, alakosra vágott kővel köszörüljük méretre a bélyeg végét, az α , b , $R0,5 \dots 1$ méreteket.
 6. Asztali fúrógépen, finom csiszolókövel kialakítjuk az $R20 \dots 50$ sugarakat.
 7. Csiszolókővel „szálra” húzzuk a folytatott anyaggal érintkező felületeket.
 8. Elfejeljük a bélyeget és a bélyegtartólapba szereljük.
1. Megesztergáljuk a matricát a 15.6.c. ábra szerint. A nem tűrésezett felületeket készítsük méretre, mert ezek edzés utáni köszörülése nehéz.
 2. A méretre készített felületeket „szálra” csiszoljuk.
 3. Megeddzük a formaüreget.
 4. A 10 mm-es hosszirányú ráhagyást megfogva furatköszörűgépen, a már méretre köszörült bélyeget idomszerként használva megköszörüljük az D_F H9 méretű furatot.
 5. D_F H9 méretű, hengerköszörült bélyegre húzva megköszörüljük az 1° kúpszögű palástot.
 6. A kúpos felületet esztergatókmányba fogva kb. 8 mm-t leesztergálunk a matrica hengeresre hagyott hosszából.
 7. Az D_F H9 süllyesztés felőli homlokfelületre fektetve, síkköszörűn H hosszúságúra köszörüljük a matricát.
 8. Lesorjázzuk, és a szerszámba szereljük a matricát [11].

16 Hőkezelés

A hidegalakító szerszámacélok anyagával szemben felállított legfontosabb követelmények a jó kopásállóság, a nagy felületi terhelhetőség, kielégítő ellenállás az ütésszerű és fárasztó igénybevételekkel szemben. Ezeknek a feladatoknak a nagy keménységű és nagy folyáshatárú acélok tudnak eleget tenni. Anyagösszetételüket tekintve szenet 0,5-2,2%-ban tartalmaznak, a szívósabb típusok kevesebbet, a jó kopásállók többet a kellő mennyiségű, nagy keménységű karbidok eléréséhez. A szokásos ötvözők közül a króm az edzhetőséget és a megeresztésállóságot javítja, nagyobb mennyiségben a karbidképzésben van szerepe. A volfrám javítja a megeresztésállóságot, karbidjai rendkívül kemények. A molibdén ezekben az acélokban elsősorban az edzhetőséget javítja, a vanádium pedig gátolja a szemcsedurvulást. A mangán javítja az edzhetőséget és csökkenti az ausztenitesítés hőmérsékletét, ami az edzési vetemedések csökkenéséhez vezet. Az adott szerszámacél teljesítőképességét csak helyes hőkezeléssel lehet teljesen kihasználni. Még a leggondosabb acélgyártás sem tudja a nem megfelelő lágyítási, edzési és megeresztési hibákat elhárítani. A pontos hőkezelési technológiát anyagminőségtől függően a különböző gyártók ajánlásai szerint célszerű meghatározni. A segédletben megpróbálunk egy általános iránymutatást adni, hidegalakító szerszámacélok hőkezelésére [2].

16.1 Feszültségcsökkentő hőkezelés

A feszültségcsökkentő hőkezelés hőmérséklete az alsó átalakulási pont alatt van. Ez a hőmérséklet valamennyi ötvöztelen és ötvözött szerszámacélra egységesen 600...650°C. Erre a hőmérsékletre lassan és teljes keresztmetszetükben melegítik fel a szerszámokat, a hőntartási idő egy-két óra és végül lassan, lehetőleg kemencében hűtik le. Ügyelni kell a darabok minél tökéletesebb sík felfekvésére.

Ezzel a hőkezeléssel az acél tulajdonságai lényegesen nem változnak, csak a szerszám megmunkálásakor (forgácsoláskor) keletkezett, az edzésre kedvezőtlen sajátfeszültségeket szüntetjük meg. A hevítés és a hűtés sebességét feszültségcsökkentő hőkezeléskor kellően kicsire kell megválasztani, hogy ezek további sajátfeszültségeket ne vigyenek be a darabba. Ajánlott értékek a következők 16.1. táblázatban láthatóak [13].

16.1. táblázat. Hevítési és lehítési sebességek feszültségcsökkentő hőkezeléskor [13]

Keménység, névleges méret	$v_{\text{hevítés}} (^{\circ}\text{C}/\text{h})$	$v_{\text{hűtés}} (^{\circ}\text{C}/\text{h})$
> 50 HRC, $d > 150$ mm	30...40	20...30
> 50 HRC, $d < 150$ mm	40...60	30...40
< 50 HRC, $d > 150$ mm	60...80	40...70
< 50 HRC, $d < 150$ mm	80...100	60...80

A hőkezelést nem a kész munkadarabon, hanem az utolsó simító forgácsoló művelet előtt végzik, hogy az esetleges elhúzóadásokat még kijavíthassák, vagy, hogy az elszéntelenedett vagy revés réteget eltávolíthassák [2]. Az ajánlott megmunkálási ráhagyások átmérőben, ill. oldaltávolságban a 16.2. táblázatban találhatóak.

16.2 Az elszéntelenedés és a revésedés megakadályozása

A hidegalakító acélok dekarbonizációval szembeni védelme a kellő kopásállóság szempontjából a hőkezelés egyik legfontosabb feladata. Az edzés után mért keménység nem kielégítő ellenőrzési módszer, mivel 60 HRC-nél nagyobb keménység már 0,6% körüli szénttartalommal is elérhető; így ha egy 2% vagy 1% eredeti szénttartalmú acél eddig dekarbonizál, a kiválasztott feladatra nem felel meg, noha az előírt keménysége megvan.

Ausztenitesítéshez öntöttvasforgács vagy faszén a megfelelő izzítószemcse. Legkedvezőbb a megfelelő szénpotenciálra beállított vagy megbízhatóan aktivált semleges sófürdő. Az egyes minőségek

16.2. táblázat. Megmunkálási ráhagyások átmérőben, ill. oldaltávolságban [13]

Névleges méret (mm)	Ráhagyás (mm)
... 16	2
16 ... 25	2,5
25 ... 40	3
40 ... 63	4
63 ... 80	5
80 ... 100	6
100 ... 125	7
125 ... 160	9

hőntartási idejét acéltípusonként a 16.3. táblázat tartalmazza. Lágýtáshoz izzított kokszzemcse megfelel, a nagyobb szénttartalmúakhoz öntöttvasforgács ajánlható [13].

16.3. táblázat. Bemerítési idők (perc) sófürdőben való ausztenítéshez [13]

Átmérő (mm)	100Cr6; 90MnCrV8	45WCrV7; 105WCr6	X153CrMoV12; X210Cr12
5	5 ... 8	7 ... 10	16 ... 20
10	7 ... 10	8 ... 12	18 ... 22
20	12 ... 17	15 ... 20	25 ... 30
20 ... 25	22 ... 27	30 ... 35	35 ... 40

Használható még semleges védőgáz atmoszférájú-, vagy vákuumkemence is. Szintén előnyös az induktív hevítés.

Indukciós hevítés Indukciós hevítéskor az alapanyagot változó elektromágneses mezőbe helyezik. A szokásos frekvencia 50, ill. 60 Hz hálózati frekvencia, a 180 ... 10000 Hz középfrekvencia és ritkábban a 200 és 450 kHz közötti nagyfrekvencia. Hevítéskor a munkadarabot az induktorba helyezik, amely azt a hevítési feladatnak megfelelően teljesen vagy részben körbeveszi.

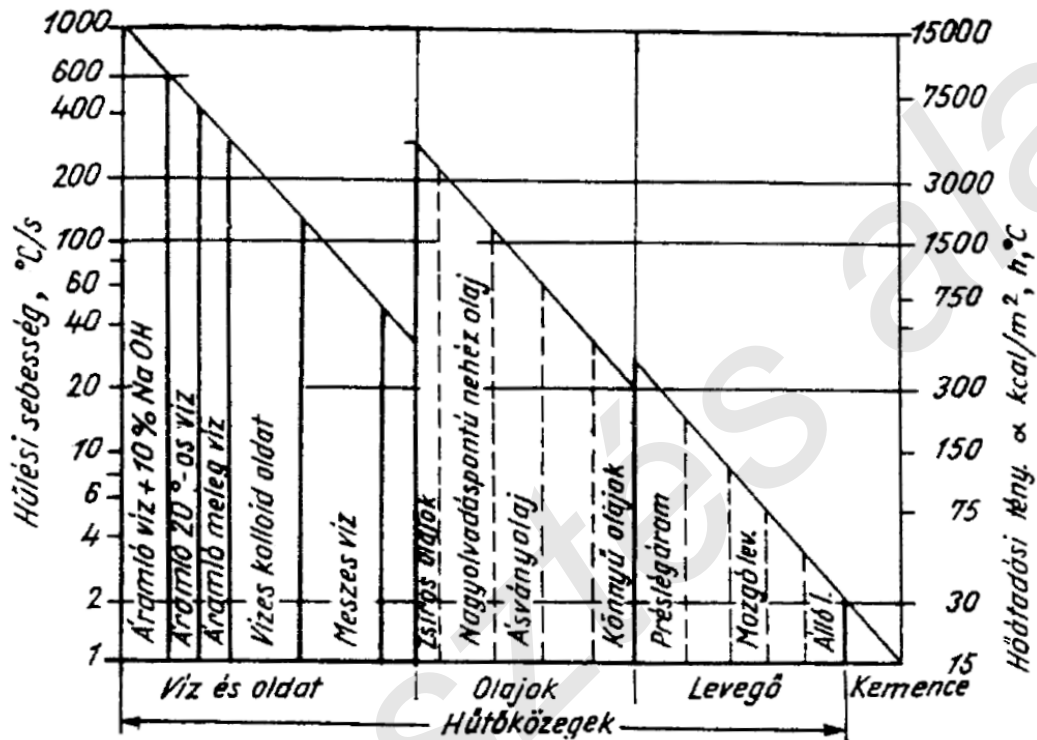
A munkadarabban indukált áramok az induktort követik és a frekvenciától függő mélységben hatolnak a munkadarab felülete alá. Acélok hevítésekor a mágneses átalakulási pont feletti hőmérsékleten a behatolási mélység közelítőleg: 1000 Hz-en 17 mm; 3000 Hz-en 10 mm; 10000 Hz-en 5,5 mm [2].

Hőkezeléskor használt védő- és aktív gázok A védő- és aktív gázok vagy gázkeverékek azok a gázok, amelyekkel a kemencék vagy egyéb hőkezelő berendezések terét megöltve az anyag kémiai összetételének változása a hevítés során megakadályozható vagy előidézhető. A védő- vagy aktív gázos hőkezelésnek az a célja, hogy a hőkezelés során az anyag felületi minősége és kémiai összetétele megmaradjon vagy egy bizonyos irányba megváltozzon. Az alkalmazandó védő- vagy aktív gáz típusát a következő szempontok határozzák meg:

1. a gázatmoszférában kezelendő anyag minősége;
2. az anyaggal elérendő fizikai és kémiai tulajdonságok, valamint a hőkezelés során megkívánt felületi állapot;
3. a védő- vagy aktív gáz előállításához rendelkezésre álló kiinduló anyagok;
4. a hőkezelő berendezés védő- vagy aktív gáz-fogyasztása [2].

16.3 Edzés

Az edzés célja, hogy az acél szövetét annak lehetőleg teljes keresztmetszetében martenzitessé, vagy túlnyomórészt martenzitessé alakítsa és így annak teljes tömegében a lehető legnagyobb keménységet biztosítsa. Az edzés műveletei általános fogalmazással: hevítés a teljes, vagy elegendő mértékű ausztenitté válást biztosító ún. edzési hőmérsékletre; hőntartás az ausztenitté alakulás befejezéséig; hűtés az acél felső kritikus hűtési sebességével. A különböző hűtőközegek hőátadási tényezőit és a hűtési sebességet a 16.1. ábrán láthatjuk.



16.1. ábra. Különböző hűtőközegek hőátadási tényezői [13]

16.3.1 Felmelegítés

A sikeres edzés elengedhetetlen feltétele a szerszám célnak megfelelő felmelegítése. Súlyos hiba, ha a felmelegítés nem egyenletes vagy nem elég lassú, mivel a szerszámacélok hővezetőképessége a növekvő ötvöztartalommal romlik. A szerszámokat annál lassabban kell melegíteni, minél nagyobb ötvöztartalmú az anyaguk. A túl gyors felmelegítés miatt túlzottan elhúzódnak, ami fokozza a feszültségképződést és ezzel a feszültségi repedések keletkezését is. Ezenkívül a nem megfelelő mértékű felmelegítés egyenlőtlen keménységet, azaz a szerszámfelületen lágy helyeket okoz, és ezek ugyancsak edzési repedések keletkezését, a sarkok vagy élek lepattanását okozhatják.

Az egyenletes és tökéletes átmelegítés céljából a szerszámokat előmelegítő kemencében lassan, az edzési hőmérsékletnél kisebb előmelegítési hőmérsékletre kell melegíteni. Ez a hőmérséklet az ötvözött hidagalakító acélok esetén összetételüktől és edzési hőmérsékletüktől függően 400...600 °C. Csak a teljes tömegükben előmelegedett szerszámokat szabad az edzési hőmérsékletre hevítő edzőkemencébe áttenni [2].

16.3.2 Edzési hőmérséklet

A különböző szerszámacélok irányadó edzési hőmérsékletei a 16.4. táblázatban találhatóak. Ezek a gyakorlatban jól bevált tapasztalati értékek. Természetesen amennyiben rendelkezésünkre áll, kövessük a gyártó utasításait. Kicsi vagy vékony, valamint bonyolult alakú szerszámokat a kisebb;

nagy, valamint egyszerű szerszámokat inkább a nagyobb hőmérsékleti határon kell edzeni. Az erősen ötvözött acélokat az edzési hőmérséklet megadott felső határán célszerű edzeni, hogy a nehezen oldódó különleges karbidok a lehető legteljesebb mértékben oldatba menjenek. Az ötvözött acélok kedvező tulajdonságait csak teljes átédzés esetén lehet kihasználni [2].

16.4. táblázat. Hidegalakító szerszámok irányadó hőkezelési hőmérsékletei [2]

Az acél jele	Anyagszáma	Keménysége (HRC)	Az edzés hőm. (°C)	Bélyeg	Matrica
X210Cr12	1.2080	58...61	930...980	✓	✓
X40CrMoV5-1	1.2344	48...53	1000...1050		✓
60WCrV7	1.2550	55...59	870...900	✓	✓
X165CrMoV12	1.2567	58...61	980...1020	✓	✓
HS 9-1-2	1.3316	60...63	1200...1230	✓	✓
HS 6-5-2	1.3343	59...62	1190...1220	✓✓	✓✓
HS 18-0-1	1.3355	59...62	1230...1260	✓✓	✓

16.3.3 Hőntartási idő

Edzéskor a hőntartási időt a szerszám méreteihez igazodva kell meghatározni. Ötvözetlen és gyengén ötvözött acélok hőntartási ideje általában 10-30 perc. Hozzávetőlegesen a szerszámvastagság minden 10 mm-éhez 5 perc hőntartási idő szükséges. Erősen ötvözött, különösen a nagy króm- és szilíciumtartalmú, valamint a melegalakító acélokat az edzési hőmérséklet elérése után hosszabb ideig kell hőntartani, 10 mm szerszámvastagságonként 10 percig [2].

16.5. táblázat. Bemerítési idők (másodperc) sófürdőben való ausztenitesítéshez gyorsacélok esetén [13]

Méret (mm)	Hengeres darab	Négyzetes darab
5	100...150	130...190
10	120...170	150...200
20	160...210	210...260
25	180...240	230...290
30	200...260	250...320
40	240...300	320...360

Gyorsacélok esetén a hőntartási idő 100...360 másodperc, ellenkező esetben a nagy hőmérséklet miatt, megindulhat az ausztenit szemcsedurvulása [13].

16.4 Megeresztés

A megeresztés a szerszámok szívósságát növeli és a keménységet csökkenti. Ennek a kezelésnek lehetőleg közvetlenül az edzés után kell következnie, hogy az edzéskor keletkező és hatásukat csak lassan kifejtő feszültségek a gyors megeresztéssel ártalmatlanná váljanak. Nem célszerű a szerszámokat edzés után teljesen lehűteni, hanem a hűtőfürdőből még olyan melegen kell kivenni őket, amikor a víz vagy az olaj még éppen gőzölög.

Megeresztéskor is ügyelni kell a lassú felmelegítésre, mivel az edzett, mindenekelőtt az ötvözött szerszámacélok nagyon érzékenyek a gyors hevítésre. Legjobb a szerszámot hideg, vagy a csak alig előmelegített megeresztő kemencébe tenni.

A megfelelő hőntartás után következik a lehűtés, általában lassan, kemencében vagy levegőn. Csak a megeresztési ridegségre hajlamos mangán- és króm-nikkel ötvözésű acélokat kell gyorsan lehűteni a megeresztési hőmérsékletről [2].

16.4.1 Megeresztési hőmérséklet

A megeresztési hőmérséklet nagymértékben függ a szerszám felhasználási céljától és igénybevételétől. E hőmérsékletet úgy kell megválasztani, hogy a megfelelő hőntartással a kívánt keménység elérhető legyen. Hidegalakító acélok szokásos hőmérséklet-tartománya 400...600 °C. Megeresztéskor még figyelembe kell venni, hogy a keménységvizsgálattal kapott szerszámszilárdság még nem mértékadó a szívósságra és ezzel a megeresztés eredményességére. A hőkezelt szerszámacél szívóssága ugyanis nem növekszik olyan arányban, mint amilyen arányban a keménysége csökken. Kisebb munkadaraboknak az edzés és a megeresztés utáni szilárdsága valamivel nagyobb, a vastagabbé pedig kisebb. Az acélok megeresztési görbéit a szállító cégnek kell megadnia [2].

16.4.2 Megeresztési idő

Valamennyi acélt, de főleg azokat, amelyekből nagy igénybevételnek kitett szerszámok készülnek, nagyon gondosan és lehetőleg hosszú hőntartással kell megeresztetni, mivel a stabil szövetszerkezetet kialakító és a belső feszültségeket megszüntető megeresztési folyamat hosszú időt igényel. Ezért a megeresztés időtartama a munkadarab átmérőjének minden 25 mm-ére egy óra, de legalább egy óra legyen [1].

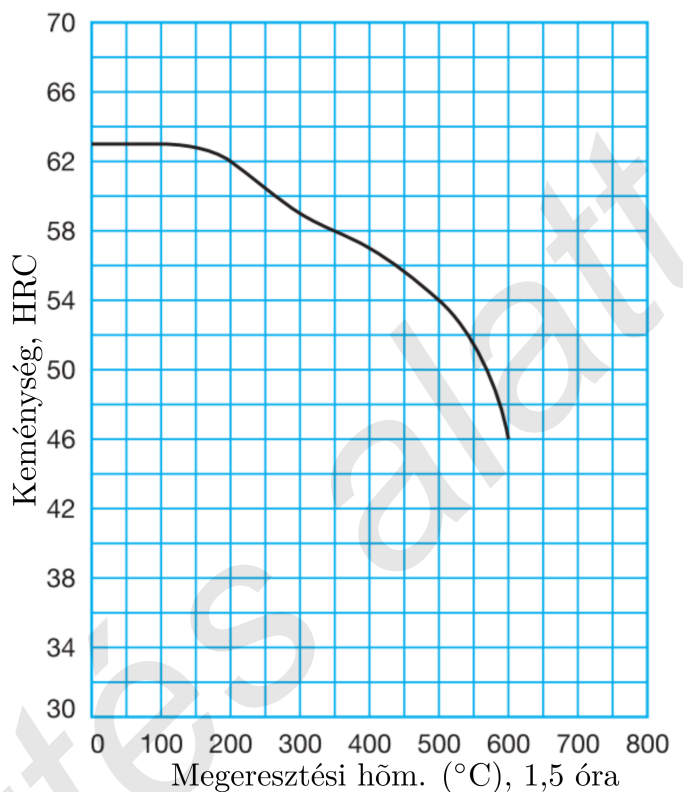
16.5 Kettős megeresztés

A gondos és megfelelően hosszú ideig tartó megeresztésen kívül a nagy szerszámélettartam elérése érdekében célszerű e művelethez egy második, kisebb hőmérsékletű megeresztést kapcsolni. Ezzel a keménység már nem csökken, viszont a szerszám szívóssága észrevehető mértékben javul. A második megeresztést jellemzően 20...30 °C-kal kisebb hőmérsékleten végezzük.

A kis megeresztési hőmérsékletű szerszámacélok kettős megeresztése minden nagyobb ráfordítás nélkül több órás olajfürdőben való hőntartással elvégezhető. A jó szerszámkihasználás érdekében előnyös az, ha a szerszámot egy meghatározott üzemidő után ismét megeresztik. Ennek a feszültségcsökkentő közbenső megeresztésnek a hőntartási ideje a szokásos (alapanyagtól függő), hőmérséklete pedig 50 °C-kal kisebb az elsőénél [2].

16.6 A szerszám felületeinek utókezelése

A gyakorlati tapasztalat azt mutatja, hogy a szerszámok élettartama lényegesen befolyásolható felületi tulajdonságaik megjavításával. Ezért arra kell törekedni, hogy a szerszámok dolgozó felületei lehetőleg simák legyenek, mert az így az alakváltozáshoz - a súrlódás csökkenésével - kisebb erőre és munkára van szükség, mint érdes szerszám esetén. Ugyanígy az anyag is könnyebben folyik, tehát a bonyolult formák kitöltése is jobb [2].



16.2. ábra. X210Cr12 szerszámacél megeresztési diagramja, a *Deutsche Edelstahlwerke* adatbázisa alapján

16.6.1 Polírozás

Az előbbi okok miatt a zömítő- és a sajtolószerszámokat - elsősorban a hidegalakítás szerszámaikat - a hőkezelés után polírozni kell. A szerszámnak valamennyi, a megmunkálás közben anyaggal érintkező felületét jó felületi minőségűre kell megmunkálni. Eltekintve a kisebb kopástól, az így elkészített szerszámok élettartama nagyobb, továbbá a kész zömített és sajtolt munkadarab felületi minősége is jobb lesz. A szerszám felületének útókezelésére fordított többletmunka ezáltal megtérül.

Bonyolult alakú szerszámok mechanikai polírozásának lehetőségei sokszor korlátozottak. Ilyen esetekben előnyösebb az elektrolitikus fényesítés. Ehhez az eljáráshoz az elektrolitban a szerszámot anódként kapcsolják. Az elektrolitot és az eljárás jellemzőit úgy kell megválasztani, hogy az előmunkált szerszámfelületről elsősorban csúcsok és élek váljanak le, és így sima felület adódjon [2].

16.6.2 Nitridálás

A nitridálás a szerszám felületét keménnyé és kopásállóvá teszi. Ezt az eljárást az alsó átalakulási pontnál kisebb hőmérsékleten, általában 500...550 °C-on nitrogént leadó közegben végzik. A nitrdek képződésével az acél felülete - anélkül, hogy különösebben edzenék - keményebb és ridegebb lesz, mint más felületi edzésekkel. A Vickers-keménység 1200 HV (~70 HRC) is lehet.

Az eljárás előnyei a nagy és kb. 500 °C-ig megmaradó felületi keménység és a nagy kopásállóság. Ez a kezelés szinte semmi elhúzódnást nem okoz. A legtöbb esetben a szerszámfelület nitridált mélysége mintegy 0,02...0,05 mm. Ezért a szerszámokat felületi terhelése nem túl nagy, mert különben a nitridréteg főleg a lágy alapanyagba benyomódik.

Főleg azokat a szerszámokat nitridálják, amelyek nyomóigénybevétele kicsi, a koptatóigénybevétele viszont nagy [2].

16.6.3 Keménykrómozás

A szerszám teljesítményének növelése céljából a szerszám felületeit keménykrómozással kopásállóbbá lehet tenni. A nagy kopási szilárdságon kívül a keménykrómozott szerszámoknak jó a siklási tulajdonsága és ezzel kicsi a súrlódás: az anyag kedvezően folyik, és ezzel csökken az alakítás erőszükséglete. Hidegzömítő szerszámok esetén a teljesítmény akár három-négyszeresére növelhető. Csak kis hőmérsékleten dolgozó szerszámokhoz alkalmazható, mivel a keménykrómréteg nem melegedhet fel túlzottan, mert kilágyul és ezzel a hatása elvész.

Minden acél krómozható. A szerszámot ilyen esetben 4...6 HRC-vel lágyabbra kell megereszteni, mint az ugyanilyen, de krómozatlan szerszámokét.

Mivel a keménységen kívül a kopási viszonyokat a szívósság is meghatározza, nem szabad nagyon kemény krómréteget felvinni; általában 60...63 HRC keménységű legyen a szerszám. A krómréteg keménysége a krómfürdőben a végbemenő kiválási feltételek módosításával, vagyis a fürdőhőmérséklettel, az áramsűrűséggel és a fürdőösszetétellel szabályozható.

A keménykrómozott szerszámok teljesítményét a rétegekeménységen kívül a rétegvastagság is lényegesen befolyásolja. A réteg lehetőleg vékony legyen, a 0,03 mm-t ne lépje túl [2].

17 Szerszámház-választás

Hideg térfogatalakítás során általában vezetőoszlopos szerszámházakat használunk. A szerszámház alkatrészei az alaplap (alsó lap), a fejlap (felső lap), a vezetőoszlopok, a vezetőperselyek és az esetleges gördülő elemek, rugók stb. Az alaplap és a fejlap - ezekre rögzítjük a szerszám munkaelemeit - összevezetése lehet csúszzó- vagy gördülővezetékes. A vezetőoszlopos szerszámházak normál, pontossági és fokozott pontossági előírások alapján készülnek. A szerszámház nagyságát a munkafelület mérete szabja meg, de ezzel összefüggnek más szerkezeti és szilárdsági méretek is, vagyis a munkafelület növekedésével nőnek a szerszámház alkatrészeinek méretei is [14].

A szerszámház kiválasztásakor használhatjuk például a STEINEL Normalien szerszámház katalógusát.

17.1 Vezetőoszlop

A szerszámház kiválasztásakor és megrendelésekor a vezetőoszlopok hosszúságát is meg kell határozni. Ez függ a szerszámházba építendő alkatrészek méreteitől, és a szerszámban gyártandó munkadarab méreteitől (szükséges legkisebb lökethossz). Arra törekedünk, hogy a szükségesnél ne használjunk hosszabb vezetőoszlopokat, vagyis igyekezzünk csökkenteni a szerszámelemek magassági méretét (bélyeg kihajlása!). Ha rövidebb a vezetőoszlop, szilárdabb a szerszámház összevezetése, és az élettartama is nagyobb. A vezetőoszlop szükséges hossza úgy állapítható meg, hogy a szerszám teljes zárásakor (a szerszámlöket alsó pontján) a szabad vég 2...5 mm-rel legyen lejjebb a fejlap felső síkjánál. A vezetőoszlop hossza ezek alapján:

$$L_0 = l_a + l_f + l_\epsilon - 2 \dots 5 \text{ mm},$$

ahol l_a az alaplap vastagsága; l_f a fejlap vastagsága; l_ϵ a szerszám építési magassága a szerszámlöket alsó pontján.

A képletben szereplő 2...5 mm biztonsági érték, amely megakadályozza azt, hogy a vezetőoszlop az alakító gép felfogólapjának ütközhessen. Azért, hogy a vezetőoszlopokat ne tudjuk szereléskor összeveszteni, azokat jellemzően 1 – 2 mm átmérőkülönbséggel készítik [14].

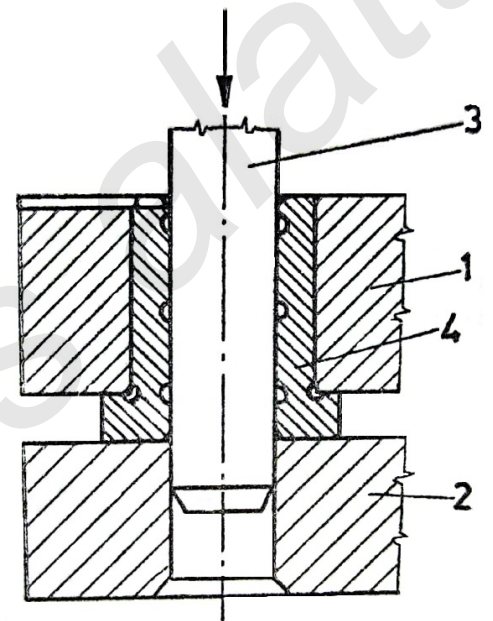
Jellemzően a vezetőoszlop átmérője a teljes hossza mentén azonos. Ebben az esetben a 17.1. ábrán látható módon a vezetőoszlopokat a fejlap felől, a vezetőperselyeken keresztül sajtoljuk az alaplapban kiképzett furatba. Az ábra jelölései 1: fejlap; 2: alaplap; 3: vezetőoszlop; 4: vezetőpersely.

17.2 Vezetőperselyek

A vezetőoszlopokhoz hasonlóan a vezetőperselyek is megrendelhetők külön, vagy a szerszámba szerelt vezetőperselyek a kívánt alakúra cserélhetők. A vezetőperselyek illeszkedése a fejlap furatában szilárd besajtolás esetén H7/r6, de rögzíthetők ragasztással és csavarkötéssel is. A vezetőpersely hosszát az határozza meg, hogy a biztonság és a szerszám pontos működése, valamint élettartamnövelése céljából a vezetőoszlop a szerszám löketének felső pontján se hagyja el a vezetőperselyt, kb. a vezetőoszlop átmérőjének megfelelő hosszúságú része maradjon a vezetőperselyben. Ebben az esetben a vezetőpersely hossza [14]:

$$L_{p,min} = \text{löket} + d_1 + 2 \dots 5 \text{ mm},$$

ahol d_1 a vezetőoszlop átmérője, mm. A 2...5 mm érték itt is biztonság a vezetőoszlop felütközésének megakadályozására. A vezetőpersely illesztése h5 tűrésű vezetőoszlop esetén H6/h5; h4 tűrésű vezetőoszlophoz H5 tűrésű vezetőperselyt célszerű használni [14].



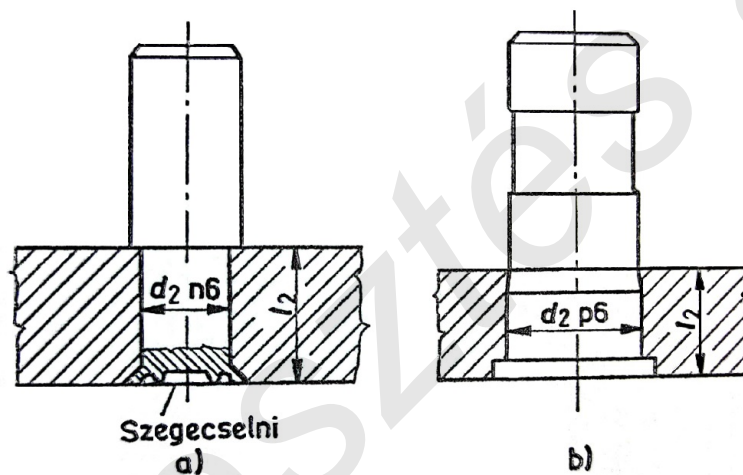
17.1. ábra. Vezetőoszlop besajtolása [14]

17.3 Befogócsap

A befogócsap feladata a sajtológép és a szerszám közötti kapcsolat megteremtése. Tegye lehetővé a szerszám gyors ki- és befogását, megbízhatóan rögzítse a szerszámot az alakítógép medvéjében (nyomófejében) még akkor is, ha a számítottnál nagyobb lehúzóerő lép fel a szerszám működtetése közben.

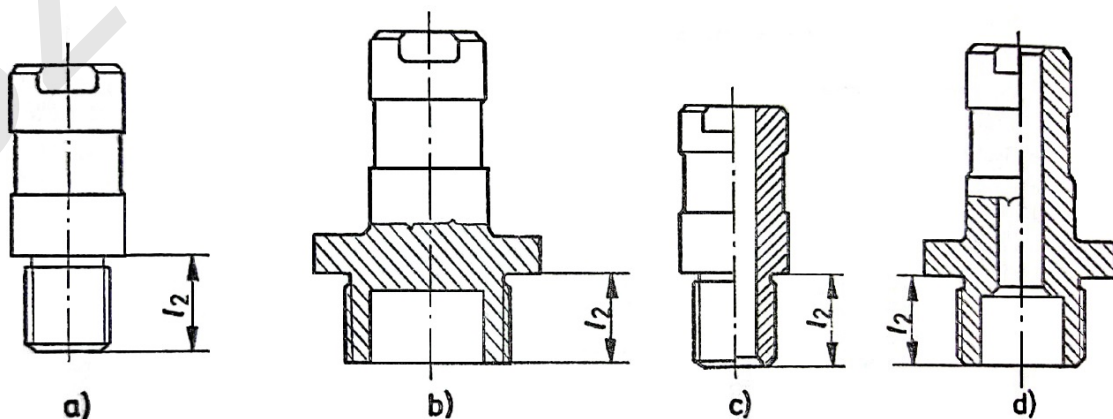
A befogócsap méreteit és kialakítását az alakítógép szerkezete, a nyomószánjában és a szerszám fejlapjában való rögzíthetősége, a munkadarab kidobásának módja és egyéb tényezők határozzák meg [14].

Nem oldható kötéssel szerelhető befogócsapok Kilökő nélküli szerszámokhoz használatos befogócsapokat a 17.2. ábra szemlélteti (a) szegecselhető sima befogócsap (*A* alak); b) sajtolható befogócsap (*C* alak). Ez a kivitel csak akkor alkalmazható, ha a szerszámot mindig ugyanolyan kivitelű gépre fogjuk fel. Csak abban az esetben alkalmazható, ha a fejlap vastagsága megegyezik a befogócsap l_2 méretével. Az a) ábrán látható befogócsap l_2 mérete esztergálással csökkenthető a fejlap vastagságára [14].



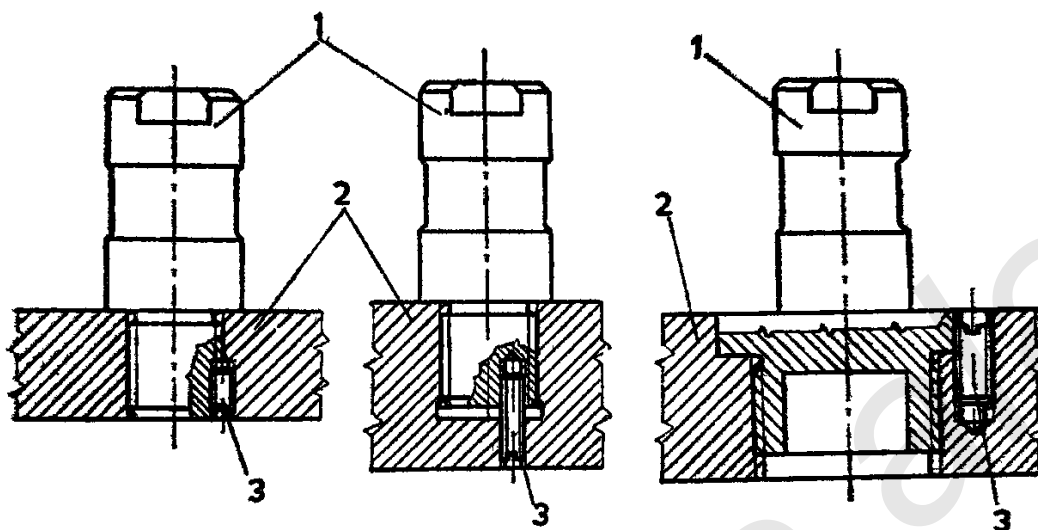
17.2. ábra. Nem oldható kötéssel szerelhető befogócsapok [14]

Menetes befogócsapok A 17.3. ábrán menetes csatlakozású befogócsapok láthatók. Az ábrán a) kilökő nélküli szerszámhoz (*B* alak); b) rugós-kilökős szerszámhoz (*D* alak); c) kényszerkilökős szerszámhoz (*F* alak); d) peremes befogócsap kényszerkilökős szerszámhoz (*G* alak). Ha az l_2 méret kisebb a fejlap vastagságánál, akkor a fejlapba zsákfuratot célszerű készíteni a befogócsap részére. Előnyük, a nem oldható kötéssel szerelhető befogócsapokhoz képest, hogy a menetes befogócsap cserélésével a szerszám más nyomószán kialakítású alakítógépen is alkalmazható [14].



17.3. ábra. Menetes befogócsapok [14]

Befogócsapok rögzítése A befogócsapot kiesés és elfordulás ellen rögzíteni kell a fejlapban. A 17.2.a) ábrán látható típust szegeccseléssel rögzítjük. A 17.2.b) ábrán szemléltetett típus nem igényel rögzítést. A menetes csatlakozású befogócsapok rögzítési módjai a 17.4. ábrán (1: befogócsap; 2: fejlap; 3: hernyócsavar) láthatóak.



17.4. ábra. Menetes befogócsap rögzítésének módjai [14]

17.4 Szerszámház felsőrész

A szerszámház felsőrész a fejlapból, a nyomólap(ok)ból, a bélyegtartólapból és a bélyegtartólapba szerelt bélyegből áll [14]. Elkészíthető a szerszámház felsőrésze oly módon, hogy a fejlap és a bélyegtartólap nem különül el, a fejlap növelt vastagsággal készül (lásd STEINEL Normalien katalógus).

17.4.1 Fejlap

A fejlapba rögzítjük a befogócsapot. A fejlap ily módon kapcsolatot létesít az alakító gép nyomófejébe fogott befogócsap és a szerszámház felsőrész között. Felső síkja felfekszik a nyomófejen, ezáltal közvetíti az alakító gép nyomását a bélyegre. Nagysága a szerszám felépítésétől függ, fontos viszont a fejlap két síkjának párhuzamossága, melyet síkköszörüléssel érhetünk el [14].

17.4.2 Nyomólap

A nyomólap feladata megvédeni a kis folyáshatárú fejlapot, hogy a sajtolónyomás hatására a bélyeg ne nyomódjon bele. Ez üzem közben ugyanis ütésszerű igénybevételnek teszi ki a felette lévő felületet. A nyomólap anyaga jellemzően C60, vagy szilárdság szempontjából vele egyenértékű más acél. Egyetlen követelménye, hogy a két lapja párhuzamosra legyen köszörülve.

Ha a felületi nyomás meghaladja a 250 MPa-t, vagy a fejlap folyáshatárát, minden esetben szereljük be nyomólapot [14].

17.4.3 Bélyegtartólap

A bélyegtartólap a szerszámház felső részének legalsó lapja. Feladata a különféle alakú és nagyságú bélyegek rögzítése. A bélyegtartólap anyaga C45 vagy vele szilárdságilag egyenértékű más acél. A bélyegtartólap kialakításával szemben is követelmény a két lapjának párhuzamossága [14].

17.5 Szerszámház alsórész

A szerszámház alsórész az alaplapból, a nyomólap(ok)ból, a matricatartólapból és a matricatartólapba szerelt matricából áll.

17.5.1 Alaplap

Az alaplap feladata a szerszám matricatartó lapjának alátámasztása, vezetőoszlopos szerszámházban a vezetőoszlop rögzítése, továbbá az alaplapnál fogva fogjuk fel a szerszámot a sajtológép asztalára [14].

17.5.2 Matricatartólap

A matricatartólap a szerszámház alsó részének legfelső lapja. Feladata a különféle alakú és nagyságú matricák rögzítése. A matricatartólap anyaga C45 vagy vele szilárdságilag egyenértékű más acél. A matricatartólap kialakításával szemben is követelmény a két lapjának párhuzamossága.

17.5.3 Nyomólap

Hasonlóan a 17.4.2. alfejezethez.

17.6 Szerszámlapok egymáshoz illesztése

Mivel mind a bélyeg, mind a matrica illesztve kerül a bélyegtartólapba és a matricatartólapba, a szerszámlapokat is illesztünk egymáshoz. Az illesztést illesztőszegekkel végezzük és csavarozással rögzítjük. Az illesztőszegezés illesztése H7/m6.

17.7 Kilökő

A kilökő feladata a zömítőtér határolása a matrica furatában, majd az alakítás elvégzése után a munkadarab kitolása a matricából. A kilökő hosszának meghatározásánál feltételezzük, hogy a munkadarabot a kilökés során a matrica teljes hosszán kísérni tudja. Ezért a kilökők általában hosszú, vékony (karcsú) szerkezeti elem. Fennáll annak a veszélye, hogy a munkadarabon keresztül ható nagy zömítőerő, vagy a kilökéskor fellépő súrlódóerő hatására kihajlik, eltörik. A kilökő és a matrica között csak olyan szűk méretű rés engedhető meg, amely csökkenti a kihajlásveszélyt, de nem akadályozza az axiális irányú elmozdulását. A tapasztalat szerint ez H7(H8)/f7 pontosságú matricához való illesztésével megvalósítható.

Felhasznált és ajánlott irodalom

- [1] Ziaja György. *Alakítástechnika jegyzet*. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2004.
- [2] Billigmann-Feldmann. *Sajtolás és zömítés*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977.
- [3] Kurt Lange. *Handbook of Metal Forming*. SME, USA, 1985.
- [4] Óbudai Egyetem. *Zömítés, redukálás: Technológia- és szerszámtervezés*. Oktatási segédlet, 2009.
- [5] F. V. Moszin. *A hidegsajtolás új módszerei*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1968.
- [6] Dr. Poprócsi István. *Gyártóeszköz-gazdálkodók zsebkönyve*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.
- [7] Rábel György. *Gépipari technológusok zsebkönyve*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984.
- [8] Szombatfalvy Árpád. *Szerkezeti elemek tervezésének technológiai szempontjai*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1981.
- [9] Dr. Andó Mátyás. *Gépipari tőrések, illesztések*. Gépész Tuning Kft, Budapest, 2018.
- [10] Házkötő István. *Műszaki 2D ábrázolás*. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2006.
- [11] Hack-Jaszovszky-Smóling. *Szerszámkészítés*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976.
- [12] Osman Miklós Zombory János. *Hidegalakító szerszámok méretezése*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1970.
- [13] Magyar Szabványügyi Hivatal. *A szabványos szerszámacélok felhasználásának és hőkezelésének általános irányelvei*. Szabványkiadó, Budapest, 1985.
- [14] Hack Emil. *Hidegalakító szerszámok készítése*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.

Táblázatok jegyzéke

6.1. A zömítési viszony megengedhető értékei	14
6.2. Az átmérőviszony és az alakviszony megengedhető értékei hidegzömítés esetén . . .	14
8.1. Megengedhető alakváltozás irányértékei előrefolyatáshoz [8]	16
9.1. Megengedhető alakváltozás irányértékei hátrafolyatáshoz [8]	17
10.1. Különböző szénacélok lágyítása (2 óra, 700 . . . 720 °C) és hőkezelés utáni keménysége [5]	19
11.1. Hidegen alakított alkatrészek magasság- és átmérőtűrései, méretek mm-ben [8] . . .	22
11.2. Hidegfolyató szerszámok anyagai	25
12.1. Az előzőmítő üreg jellemző méretei [7]	27
12.2. Utólagos megmunkálás nélkül gyártható legnagyobb fejtátmérők [8]	27
14.1. Acél matricák méreteinek irányértékei [7]	34
16.1. Hevítési és lehítési sebességek feszültségcsökkentő hőkezeléskor [13]	40
16.2. Megmunkálási ráhagyások átmérőben, ill. oldaltávolságban [13]	41
16.3. Bemerítési idők (perc) sófürdőben való ausztenitesítéshez [13]	41
16.4. Hidegalakító szerszámok irányadó hőkezelési hőmérsékletei [2]	43
16.5. Bemerítési idők (másodperc) sófürdőben való ausztenitesítéshez gyorsacélok esetén [13]	43

Ábrák jegyzéke

0.1. Tipikus folyásgörbék	4
1.1. A hidegzömítés alapesetei és az alakjellemzők jelölése	5
1.2. Hidegzömítő szerszám kialakítása [3]	5
2.1. Redukálás [1]	6
2.2. Redukálás és zömítés egy műveletben	6
3.1. Szerszám, tömör testek előrefolyatásához [3]	7

3.2. Szerszám, üreges testek hátrafolyatásához [3]	8
3.3. Szerszámelemek különböző típusú hidegfolytatott termékek előállításához [5] a) fejes csapok; b) karimás cső alakú termékek; c) fogaskerekek; d) serlegalakú termékek; e) perselyek; f) kombinált termékek	9
4.1. Acélból, hidegfolytatással készült termékek csoportosítása [5]	10
4.2. Többlépéses zömítéssel készített munkadarabok [2]	11
6.1. Zömítés értelmezése	13
6.2. Kudo súrlódás	13
6.3. A befogási szám értelmezése [1]	14
7.1. Redukálás értelmezése [1]	15
8.1. Előrefolytatás [7]	15
8.2. Közepes alakítási szilárdság	16
9.1. Hátrafolytatás [7]	17
11.1. A hidegzömítéssel elérhető méretpontosság irányértékei [8]	21
11.2. Sajtológépen hidegen zömített alkatrészek tűrései [8]	21
11.3. Átlagos felületi érdességek szabványos tűrésnagyságokhoz [10]	22
11.4. Különböző gyártási technológiákkal elérhető R_a értékek [10]	23
11.5. Műszaki gyakorlatban ajánlott illesztések [10]	24
12.1. Keményfémbetetés készrezömítő fészekkialakítása [4]	26
12.2. Előzömítő bélyeg, kétoldali előzömítő üreggel [4]	26
12.3. Zömítés két ütéssel (előzömítés) [7]	27
12.5. Utólagos megmunkálás nélkül gyártható legnagyobb fejtátmérők	27
12.4. Rögzített előzömítő célszerű méretei [8]	28
13.1. Redukáló matrica típusai, azok kialakítása [4]	29
13.2. Keményfémbetétes redukáló matrica típusai, azok kialakítása [4]	29
13.3. Redukálómatica kialakítása, tűrésmezeinek elhelyezkedése [4]	30
13.4. Redukáló matrica rögzítése [4]	31
14.1. Előrefolytató bélyeg kialakítása [11]	31
14.2. Előrefolytató bélyeg rögzítése	32
14.3. Előrefolytató matrica kialakítása	33
14.4. Vastagfalú cső feszültségviszonyai [7]	33
14.5. Vastagfalú cső szilárdsági viszonyai [7]	34
14.6. Előrefolytató matrica rögzítése	35
15.1. Hátrafolytató bélyeg kialakítása [11]	36
15.2. Hátrafolytató bélyeg kialakítása különböző fejrészekkel [7]	36
15.3. Hátrafolytató bélyeg alakító részének kialakításai [7]	37
15.4. Gyorsacél bélyeg terhelhetősége [7]	37
15.5. Hátrafolytató matrica [11]	37
15.6. Hátrafolytató bélyeg és matrica gyártása [11]	38
16.1. Különböző hűtőközegek hőátadási tényezői [13]	42
16.2. X210Cr12 szerszámacél megeresztési diagramja, a <i>Deutsche Edelstahlwerke</i> adatbázisa alapján	44
17.1. Vezetőoszlop besajtolása [14]	46
17.2. Nem oldható kötéssel szerelhető befogócsapok [14]	47
17.3. Menetes befogócsapok [14]	47
17.4. Menetes befogócsap rögzítésének módjai [14]	48

Mellékletek

FOLYÁSGÖRBE EGYENLETEK (szobahőmérséklet, kb. egységnyi, vagy ennél kisebb deformációsebesség)

Az Anyagtudomány és Technológia Tanszék korábbi mérései alapján.

A $k_f = C_1 + C_2 \phi^n + C_3 \exp(C_4 \phi)$ egyenlet paraméterei:

Anyag	C ₁ [MPa]	C ₂ [MPa]	C ₃ [MPa]	C ₄	n	Anyag	C ₁ [MPa]	C ₂ [MPa]	C ₃ [MPa]	C ₄	n	Anyag	C ₁ [MPa]	C ₂ [MPa]	C ₃ [MPa]	C ₄	n	
Al 99.5	148				0.20	C10	258	421			0.658	BC 1		855.8				0.2269
Al 99.5	145.6				0.1995	C10 K		697			0.225	BC 1		872				0.227
Al 99.5 fk 08	140.5				0.0442	C10K		683.5			0.2249	BC 2		915.9				0.2042
Al 99.7 0.1/s	132.8				0.2788	HF10		758.8			0.2051	Cr 1		909				0.181
Al 99.7 2.5/s	139.6				0.2733	ZC 10		701			0.233	Cr 2		951.1				0.2111
AlMgSi	25.5	152.5			0.405	LH2		700			0.2721	CrV 1		991.8				0.1737
AlMgSi		182			0.2865	C15 K		738			0.265	CrV 1		1012				0.174
AlMgSi1	68	153.5			0.246	C15K		724			0.265	CrV 3		1053				0.1644
AlMgSi1		227			0.143	C20	280.3	418.3			0.309	CMo 3		903.8				0.1928
AlMgSi1	223				0.1428	C25K		764.8			0.2352	CMo 4		1032				0.1349
AlMg1Si1	229.9				0.1663	C35 K		902			0.241	MnS 2		1149				0.1754
AlCuMg1	334.5				0.2124	C35K		884.9			0.2408	X10CrNiTi18.9 20°C	787	402	-550.4	-5.06	1	
AlCuMg2	336.2				0.1547	C45 K		958			0.196	X10CrNiTi18.9 200°C		861				0.3308
AlMg3	414				0.2245	C45K		939.6			0.1964	GO 3		1101				0.1349
AlZnMgTi	336				0.1334	C55		959			0.128	GO 3		1123				0.21
CuE	84	286.4			0.442	K1H 12	504	177.1	-194.7	-9.4	1	KO 13		1452				0.148
CuE		364.7			0.27	K2H 08	470.3	200.4	-205.8	-7.94	1	Fermax	113.5	453.1				0.298
CuE		371			0.27	M2H 08	449.7	163.7	-211.7	-8.4	1							
CuZn37	125	554.9			0.332	M2H 09		568.7			0.162							
CuZn37		656			0.290	M2H 12	485.4	185.2	-247.7	-9.9	1							
CuZn37		643.6			0.2896	M2H 15	530.7	75.7	-267.5	-4.1	1							
CuZn37 fk		1051.4			0.1057	M2H 20	456.5	108.3	-208.4	-7.4	1							
CuZn30	110	510			0.309													
CuZn28		614.8			0.3351													
CuZn28		627			0.335													

Sor sz.	Kiinduló alak	Alakítási műveletek, méretviszonyok	Alak csop.
1		<p>$D_0 = D_2$ $H_0 - H_2 \leq 2.6 D_0$</p>	12
2		<p>$D_0 = D_2$ $H_0 \leq 4.5 D_0$</p>	12
3		<p>$D_2 < D_0 < D_1$ $H_0 \leq 2.5 D_0$ $D_0 \approx 0.5(D_1^2 + D_2^2)$</p>	12
4		<p>$D_0 < D_{1-1} < D_1$ $H_0 \leq 2.6 D_0$ $H_2 / D_2 \leq 3$ $D_{1-1} / D_2 \geq 1.6$</p>	12

Sor sz.	Kiinduló alak	Alakítási műveletek, méretviszonyok	Alak csop.
49		<p>$D_0 < D_{3-1}$ $D_{3-1} < D_{3-2}$ $D_{3-2} < D_3$</p>	85
50		<p>$D_0 < D_{1-1}$ $D_{1-1} < D_{1-2}$ $D_{1-2} < D_1$ $d_{2-1} = 0.99 d_2$</p>	91
51		<p>$D_0 < D_{1-1}$</p>	92
52		<p>$D_0 = D_3$</p>	93

Sor sz.	Kiinduló alak	Alakítási műveletek, méretviszonyok	Alak csop.
5		<p> $D_0 < D_{j-1} < D_1$ $H_0 \leq 2.5 D_0$ </p>	13
6		<p> $D_0 < D_{j-1} < D_1$ $H_0 \leq 2.5 D_0$ $H_3 / D_3 \leq 3$; $D_1 / D_3 \geq 1.6$ </p>	13
7		<p> $D_0 = D_3$ $D_{j-1} < D_{j-2}$ $D_{j-2} < D_1$ </p>	14
Sor sz.	Kiinduló alak	Alakítási műveletek, méretviszonyok	Alak csop.
8		<p> $D_0 < D_{j-1} < D_3$ $H_0 \leq 2.5 D_0$ </p>	15
9		<p> $D_0 < D_{j-1} < D_2 = D_4$ $H_0 \leq 2.5 D_0$ $H_1 / D_1 \leq 3$; $D_3 / D_1 \geq 1.6$ </p>	15
10		<p> $D_0 < D_{j-1} > D_2$ $D_{j-1} < D_{j-2} > D_5$ </p>	15

Sor sz.	Kiinduló alak	Alakítási műveletek méretviszonyok	Alak csoport
11			15
12			15
Sor sz.	Kiinduló alak	Alakítási műveletek, méretviszonyok	Alak csoport
13		<p> $D_0 \approx D_{3-1}$ $D_{3-1} < D_3$ $D_{2-1} < D_{2-2}$ $D_{2-2} < D_2$ </p>	23
14			23
15			23
16		<p> $D_0 < D_{1-1}$ $D_{1-1} < D_{1-2}$ $D_{1-2} < D_1$ </p>	24

Sorsz.	Kiinduló alak	Alakítási műveletek méretviszonyok	Alak csop.
25		$D_0 < D_{1-1}$ $D_{1-1} < D_1$ $d_{1-1} < d_1$	42
26		$D_0 \leq D_{3-1}$ $D_{1-1} \leq D_1$ $D_{2-1} \leq D_2$ $D_{3-1} \leq D_3$	43
27		$D_0 < D_{3-1}$ $D_{3-1} < D_3$	44
28			45

Sorsz.	Kiinduló alak	Alakítási műveletek, méretviszonyok	Alak csop.
29		$D_1 \geq 1.5 D_0$	51
30		$D_0 \approx 0.97 D_1$ $D_{1-1} > D_0$ $D_{1-1} < D_1$	52
31		$D_0 \approx 0.97 D_1$ $D_{1-1} > D_0$ $D_{1-1} < D_1$ $d_{2-2} > d_2$	53
32		$D_2 \geq 1.5 D_0$	54

Sor sz.	Kiinduló alak	Alakítási műveletek, méretviszonyok	Alak csop.
17			25
18			25
19		<p> $D_0 < D_{1-1}$ $D_{1-1} < D_{1-2}$ $D_{1-2} < D_1$ $d_{1-1} < d_1$ </p>	31
20		<p> $D_0 < D_{2-1}$ $D_{2-1} < D_2$ $d_{1-1} > d_1$ </p>	32

Sor sz.	Kiinduló alak	Alakítási műveletek, méretviszonyok	Alak csop.
21		<p> $D_0 < D_{2-1}$ $D_{2-1} < D_{2-2}$ $D_{3-1} < D_3$ </p>	33
22		<p> $D_0 < D_{1-1}$ $D_{1-1} < D_1$ $D_0 = D_3$ </p>	34
23		<p> $D_0 < D_{3-1}$ $D_{3-1} < D_3$ $D_{2-1} < D_2$ </p>	35
24		<p> $D_{1-1} \leq D_1$ $D_2 < d_1$ $D_0 = D_2$ </p>	41

Sor sz.	Kiinduló alak	Alakítási műveletek, méretviszonyok	Alak csop.
33		$D_0 \leq D_{3-1}$	55
34			61
35		$D_0 \geq D_2$	62
36		$D_0 \geq D_3$	63

Sor sz.	Kiinduló alak	Alakítási műveletek, méretviszonyok	Alak csop.
37			64
38			65
39		$D_0 \geq D_4$	65
40		$D_{1-1} = 0,98 D_1$ $D_0 < D_{1-1}$ $h_{c1} < d_1$ $h_{c1} < 3 d_{c1}$ $\frac{d_1 - d_{c1}}{h_{c1}} < 6$	71

Sor sz.	Kiinduló alak	Alakítási műveletek, méretviszonyok	Alak csop.
41		<p> $D_{1-1} = 0,98 D_1$ $D_0 < D_{1-1}$ </p>	72
42		<p> $D_0 = D_{3-1}$ $D_{3-1} < D_{3-2}$ $D_{3-2} < D_3$ $D_{2-1} < D_2$ </p>	73
43		<p> $D_0 = D_{3-1}$ $D_{3-1} < D_{3-2}$ $D_{3-2} < D_3$ $D_{2-1} < D_2$ </p>	74
44		<p> $D_0 = D_{4-1}$ $D_{4-1} < D_4$ $D_{2-1} < D_{2-2}$ $D_{3-1} < D_3$ </p>	75
Sor sz.	Kiinduló alak	Alakítási műveletek méretviszonyok	Alak csop.
45		<p> $D_{1-1} < D_{1-2}$ $D_{1-2} < D_1$ </p>	81
46		<p> $D_{1-1} < D_{1-2}$ $D_{1-2} < D_1$ </p>	82
47		<p> $D_0 \leq D_{3-1}$ $D_{3-1} \leq D_{3-2}$ $D_{3-2} \leq D_3$ </p>	83
48		<p> $D_{2-1} < D_{2-2}$ $D_{2-2} < D_2$ $H_1 < D_{2-2} - D_1$ </p>	84