

**PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM**  
**Pollack Mihály Műszaki Kar**

**DR. STAMPFER MIHÁLY**

**GÉPIPARI TECHNOLÓGIÁK II**  
Készülékek  
Gyártási folyamatok tervezése

**Dr. Stampfer Mihály**

Gépipari technológiák II

## Pollack jegyzetek

**Dr. Stampfer Mihály**

**GÉPIPARI TECHNOLÓGIÁK II**

Készülékek

Gyártási folyamatok tervezése

Pollack Kiadó · Pécs, 2008

A jegyzet megjelenését az Európai Unió és a Pécsi Tudományegyetem támogatta.

LEKTORÁLTA

Dr. Szegh Imre  
Dr. Éltető Gábor

Szövegszerkesztés és grafika

Dr. Stampfer Mihály

© Dr. Stampfer Mihály, 2008

# TARTALOMJEGYZÉK

<b>ELŐSZÓ .....</b>	<b>6</b>
<b>KÉSZÜLÉKEK .....</b>	<b>7</b>
<b>1. A KÉSZÜLÉKEK FELADATA .....</b>	<b>7</b>
<b>2. A MUNKADARABOK HELYZETMEGHATÁROZÁSA ÉS A HELYZETMEGHATÁROZÁS KÉSZÜLÉKELEMEI .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 A munkadarab helyzetmeghatározása .....</b>	<b>9</b>
2.1.1 A helyzetmeghatározás általános elve .....	9
2.1.2 Bázisfelületek .....	10
2.1.3 Teljes és részleges helyzetmeghatározás .....	12
2.1.4 Helyzetmeghatározás hengeres felületekkel .....	13
2.1.5 Központosítás .....	16
2.1.6 A helyzetmeghatározás hibája .....	20
<b>2.2 A helyzetmeghatározás készülékelemei .....</b>	<b>24</b>
2.2.1 Egyszerű ülékek és támaszok .....	25
2.2.2 Központosító ülékek .....	28
<b>3. A MUNKADARABOK SZORÍTÁSA .....</b>	<b>30</b>
<b>3.1 Alapfogalmak .....</b>	<b>30</b>
3.1.1 A szorítóerő elhelyezése .....	30
3.1.2 A szükséges szorítóerő nagyságának meghatározása .....	32
<b>3.2 Kézi szorítás és készülékelemei .....</b>	<b>34</b>
3.2.1 Ékszorítás .....	35
3.2.2 Csavarszorítás .....	37
3.2.3 Excenter szorítás .....	42
3.2.4 Szorítóvasak .....	44
3.2.5 Szögemelő alkalmazása szorításra .....	47
3.2.6 Központosító szorítás .....	47
3.2.7 Hidroplasztikus szorítás .....	51
<b>3.3 Gépi szorítás .....</b>	<b>52</b>
3.3.1 Pneumatikus szorítás .....	52
3.3.2 Hidraulikus szorítás .....	54

3.3.3 Pneumo-hidraulikus szorítás.....	54
<b>4. OSZTÓSZERKEZETEK.....</b>	<b>56</b>
<b>5. SZERSZÁMBEÁLLÍTÓ ÉS SZERSZÁMVEZETŐ ELEMELK .....</b>	<b>58</b>
5.1 Szerszámbeállító elemek.....	58
5.2 Szerszámvezető elemek.....	59
<b>6. KÉSZÜLÉKTESTEK ÉS KÉSZÜLÉKHELYEZŐ ELEMELK .....</b>	<b>61</b>
6.1 Készüléktestek.....	61
6.2 A készülék és a szerszámgép kapcsolata.....	62
<b>7. A KÉSZÜLÉKTERVEZÉS FOLYAMATA ÉS A KÉSZÜLÉKEK FELÉPÍTÉSE.....</b>	<b>66</b>
7.1 A Készüléktervezési folyamat szakaszai.....	66
7.1.1 A tervezés szakaszai fűrókészülékek esetén .....	66
7.1.2 A tervezés szakaszai marókészülékek esetén .....	69
7.2 A készülékek felépítése .....	70
7.2.1 Moduláris elemekből összeszerelhető készülékek (EÖK).....	71
<b>GYÁRTÁSI FOLYAMATOK TERVEZÉSE .....</b>	<b>75</b>
<b>8. A GYÁRTÁSI FOLYAMAT .....</b>	<b>75</b>
8.1 Az alkatrészgyártási folyamat .....	76
8.2 A gyártóeszközök típusai és elrendezése .....	77
8.3 Tervezési feladatok a gépgyártásban (műszaki előkészítés) .....	79
8.4 A technológiai tervezés főbb területei és kapcsolata a környezetével .....	80
8.5 Az alkatrészgyártás tervezési feladata és a tervezés szintjei.....	81
8.5.1 A technológiai tervezés szintjei .....	82
8.6 a hagyományos technológiai Tervezés módszerei .....	83
8.6.1 Individuális technológia tervezés.....	83
8.6.2 Típus- és csoporttechnológiák módszere .....	84
<b>9. TECHNOLÓGIAI ELŐTERVEZÉS.....</b>	<b>86</b>

<b>9.1 A szerelés és az alkatrészgyártás közötti csatlakozófelület meghatározása .....</b>	<b>86</b>
9.1.1 Méretláncok .....	87
9.1.2 A szerelési tűrés biztosításának módszerei .....	88
<b>9.2 Az alkatrészek gyártáshelyes kialakításának elemzése .....</b>	<b>89</b>
<b>9.3 Az előgyártmány meghatározása.....</b>	<b>91</b>
9.3.1 Az előgyártmányok fajtái.....	91
9.3.2 Ráhagyások meghatározása és az előgyártmány méretei .....	95
9.3.3 Az optimális előgyártmány kiválasztása.....	96
<b>10. MŰVELETI SORRENDTERVEZÉS .....</b>	<b>101</b>
<b>10.1 Szekrényszerű alkatrészek műveleti sorrendtervezése.....</b>	<b>101</b>
10.1.1 Szekrényszerű alkatrészek jellemzői .....	101
10.1.2 Szekrényes alkatrészek megmunkálására alkalmas szerszámgépek .....	106
10.1.3 A befogókészülék feladata és tipizálhatósága.....	109
10.1.4 A munkadarab helyzetmeghatározáshoz és szorításhoz alkalmas felületei .....	111
10.1.5 A műveleti sorrend és a befogás meghatározása megmunkáló központ alkalmazása esetén.....	116
10.1.6 A műveleti sorrend és a befogás meghatározása hagyományos gépek alkalmazása esetén.....	124
<b>10.2 Forgástest jellegű alkatrészek műveleti sorrendtervezése .....</b>	<b>125</b>
10.2.1 A forgástest jellegű alkatrészek jellemzői .....	125
10.2.2 A forgástest jellegű alkatrészek megmunkálására alkalmas szerszámgépek.....	128
10.2.3 A munkadarabok befogása esztergapadokon.....	130
10.2.4 A műveleti sorrend és a befogás meghatározása .....	132
<b>10.3 A Műveleti sorrendterv tartalmi és formai kialakítása.....</b>	<b>135</b>
<b>11. MŰVELETTERVEZÉS .....</b>	<b>137</b>
<b>11.1 Műveletelemek generálása .....</b>	<b>137</b>
<b>11.2 A szerszámok kiválasztása .....</b>	<b>141</b>
<b>12. MŰVELETELEMEK TERVEZÉSE .....</b>	<b>143</b>
<b>12.1 Normaadatok meghatározása .....</b>	<b>145</b>
<b>13. A TECHNOLÓGIA TERVEZÉS SZEMLÉLTETÉSE PÉLDA SEGÍTSÉGÉVEL ...</b>	<b>147</b>
<b>1. példa: Tárcsaszerű alkatrész gyártásterve .....</b>	<b>147</b>
<b>14. A FORGÁCSOLÁSI PARAMÉTEREK OPTIMALIZÁLÁSA.....</b>	<b>155</b>



<b>14.1 A forgácsolási paraméterek meghatározásának célfüggvényei .....</b>	<b>155</b>
14.1.1 A legkisebb költségek célfüggvénye .....	155
14.1.2 A legkisebb megmunkálási idő célfüggvénye .....	156
<b>14.2 Az optimum keresés határai, korlátozások .....</b>	<b>157</b>
<b>14.3 A forgácsoló megmunkálás matematikai modellje .....</b>	<b>158</b>
<b>14.4 Az optimalizációs feladat megoldása .....</b>	<b>159</b>
14.4.1 Az optimális fogásmélység meghatározása .....	166
<b>15. SZÁMÍTÓGÉPPLEL SEGÍTETT TECHNOLÓGIAI TERVEZÉS .....</b>	<b>167</b>
<b>15.1 Tervezési elvek, módszerek .....</b>	<b>167</b>
15.1.1 Mesterséges intelligencia módszerek.....	168
<b>IRODALOM.....</b>	<b>173</b>

*„Ne légy szeles.  
Bár munkádon más keres —  
dolgozni csak pontosan, szépen,  
ahogy csillag megy az égen,  
úgy érdemes.”*

*(József Attila)*

## ELŐSZÓ

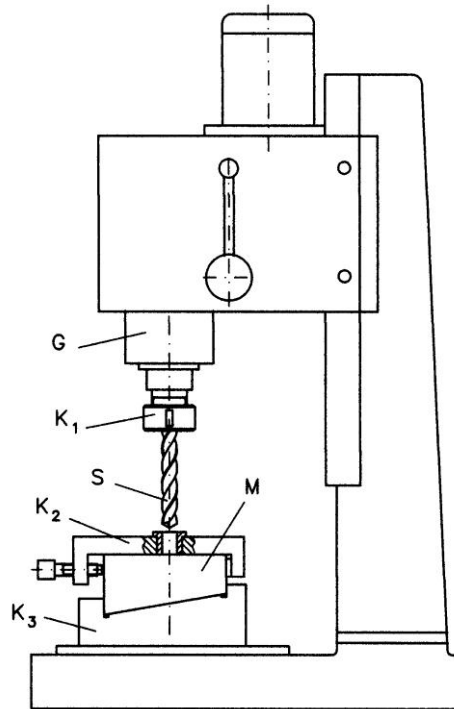
A jegyzet a BSc képzésben résztvevő hallgatók számára készült, azzal a céllal, hogy a Gépipari technológiák II tantárgy tananyagát minél könnyebben elsajátítsák, de természetesen hasznos olvasmány lehet mindenkinek, aki a befogókészülék-tervezés és a gyártástervezés iránt érdeklődik vagy azzal foglalkozik. A jegyzet, a tantárgy programjának megfelelően, két témakört ölel fel. Az első részben tárgyalásra kerülnek a gépgyártási készülékek, azok feladata, szerkezete, építőelemeik, tervezési irányelvek. A második rész az alkatrészgyártás technológiai tervezésével foglalkozik, és alapvető ismereteket nyújt az olvasónak a technológiai előtervezés, a műveleti sorrendtervezés, a művelettervezés és a műveletelem-tervezés területeken jelentkező feladatok megoldásához.

Hálával tartozom Dr. Éltető Gábor, ny. főiskolai docensnek, a kézirat gondos átolvasásáért és hasznos tanácsaiért.

# KÉSZÜLÉKEK

## 1. A KÉSZÜLÉKEK FELADATA

Az alkatrészek megmunkálása egy megmunkáló-rendszerben történik, melynek elemei a munkadarab, készülék, gép és a szerszám. Ezt röviden MKGS –rendszernek nevezzük (1-1. ábra). Készülékeknek nevezzük azokat a berendezéseket, amelyek a mechanikai megmunkálások során a szerszámgépen és a szerszámon kívül, szükségesek a műveletek végrehajtásához, de a munkadarab alakításában közvetlenül nem vesznek részt.



1-1. ábra. Az MKGS - rendszer

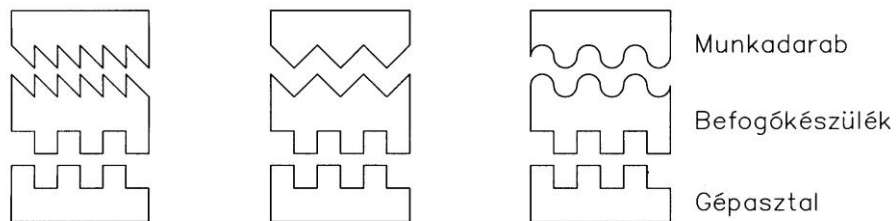
A betöltött szerepük szerint a készülékek lehetnek:

- szerszámbefogó készülékek
- szerszámvezető készülékek
- munkadarab-befogó készülékek

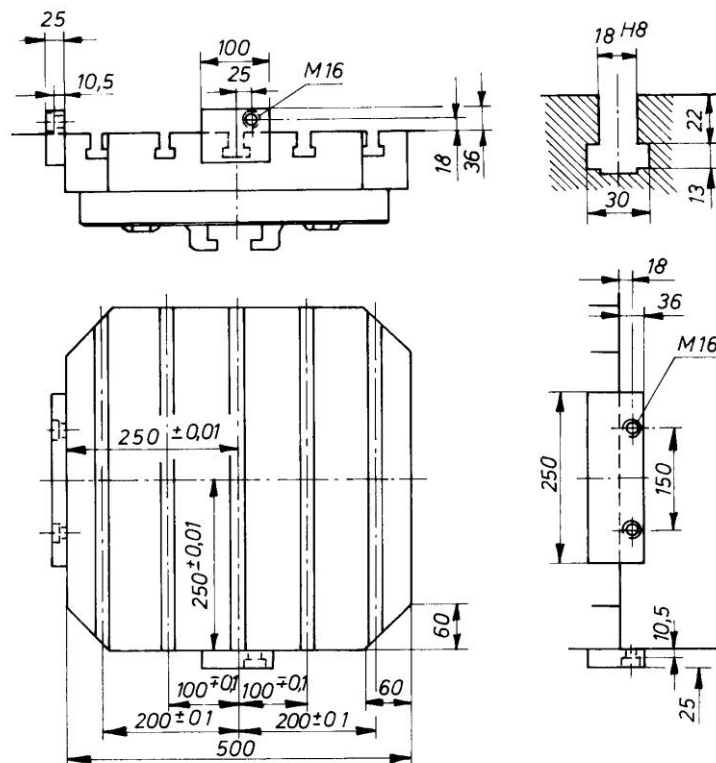
A szerszámbefogó készülékek (K1) kapcsolatot hoznak létre a gép főorsója ill. szerszámtartója és a szerszámszár között. A szerszámszárak és csatlakozó részek valamint a főorsó végződés és szerszámtartók szabványosítva vannak és ennek köszönhetően a szerszámbefogó készülékek a kereskedelemben vagy az arra szakosodott cégeknél megvásárolhatók. Tervezés során a feladat rendszerint a megfelelő készülék kiválasztására vezethető vissza.

Szerszámvezető készülékeket (K2) hagyományos fűrőgépeken használunk, de gyakran a szerszámvezető elem a munkadarab-befogó készülék részét képezi. A korszerű NC- vezérlésű gépeknél nincs szükség szerszámvezetőre, mert a furatok pontos helyzetét a vezérlés és a gép mozgásrendszere biztosítja.

A munkadarab-befogó készülékek vagy röviden befogókészülékek (K3) kapcsolatot teremtenek a munkadarab és a gép (gépasztal vagy esztergákon a főorsó) között. A munkadarabok sokfélesége gyakorlatilag határtalan. Ezt a sokféle munkadarabot kell „illeszteni” egy adott kialakítású gépasztalhoz. Egyértelmű, hogy ez közvetlen kapcsolattal nem hozható létre, ezért a munkadarab és a gépasztal közé egy „mechanikai interfészt” kell helyezni. Ezt a feladatot a befogókészülék látja el. A feladat szimbolikus ábrázolása látható a 1-2. ábrán. Példaképpen az 1-3. ábrán a „MAKINO MC65” típusú megmunkáló központ asztalkialakítása és asztalméretei láthatók.



1-2. ábra. A befogókészülék szerepének szimbolikus ábrázolása.



1-3. ábra. A „MAKINO MC65” gépasztala

A munkadarabok sokféleségéből adódóan a befogókészüléket legtöbbször külön kell megtervezni minden munkadarabhoz illetve a gyártási folyamat minden műveletéhez. A továbbiakban e feladat megoldásához szükséges ismeretek kerülnek bemutatásra ill. tárgyalásra.

Egy befogókészülék alapvető feladata a munkadarab helyzetmeghatározása és a szorítása (esetként a szerszámvezetés is).

## 2. A MUNKADARABOK HELYZETMEGHATÁROZÁSA ÉS A HELYZETMEGHATÁROZÁS KÉSZÜLÉKELEMEI

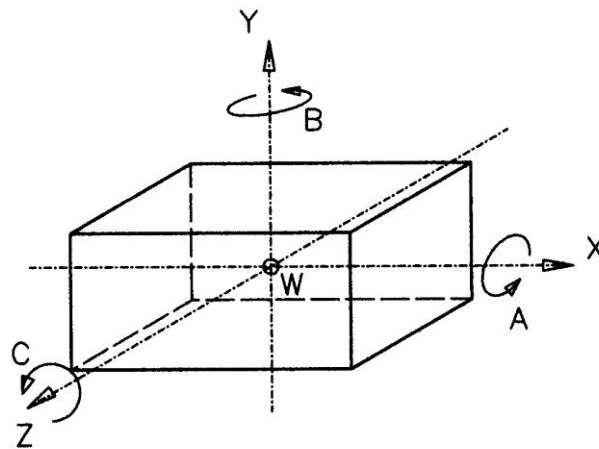
A befogás meghatározásának és egyúttal a készüléktervezés kulcsfontosságú részfeladata a helyzetmeghatározás jó megtervezése.

### 2.1 A MUNKADARAB HELYZETMEGHATÁROZÁSA

#### 2.1.1 A helyzetmeghatározás általános elve

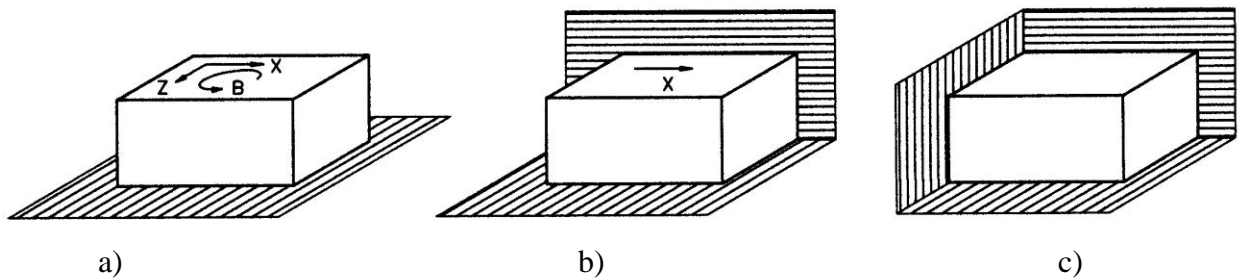
Ha a munkadarabot egy szabad, szilárd testnek tekintjük, úgy azt egy derékszögű koordináta rendszerrel meghatározott térben, hatféle elmozdítással hozhatjuk tetszőleges helyzetbe (2-1. ábra), ill. azt mondhatjuk, hogy a munkadarabnak hat mozgás-szabadságfoka van:

- három transláció a koordináta tengelyek irányában (X, Y, Z)
- három rotáció a koordináta tengelyek körül (A, B, C)



2-1. ábra. Egy szilárd test hat mozgás-szabadsága

Könnyen belátható, hogy egy munkadarab akkor lesz pontosan meghatározott helyzetben, ha ezt a hat mozgás-szabadságot lekötjük (elvesszük). Ha a munkadarabok mérete és alakhúsége abszolút pontos lenne, akkor a darab helyzetét meghatározhatnánk három egymásra merőleges síkkal (2-2. ábra).



2-2. ábra. Egy szabad test mozgás-szabadságfokainak lekötése  
a) három mozgás-szabadság, b) egy mozgás-szabadság, c) nincs mozgás-szabadság

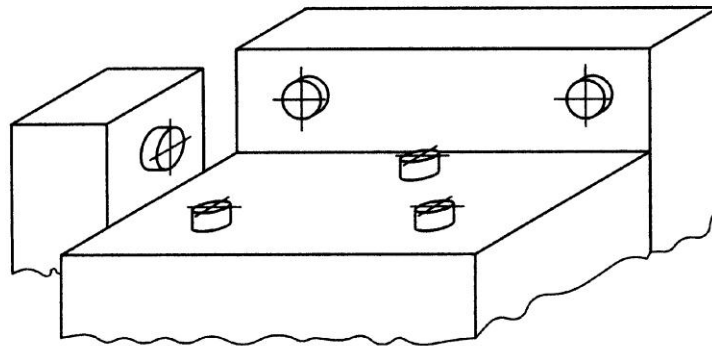
A darabot egy Z-X síkkal párhuzamos síkra helyezve, annak három szabadságfokát kötjük le, illetve meghatározott a helyzete az Y tengely mentén és az A, C forgások tekintetében. Egy további, az X-Y síkkal párhuzamos síkkal még két szabadságfok köthető le, ezek a Z tengely irányú transláció és a B irányú forgó mozgások. Végül egy harmadik, az előző két síkra merőleges síkkal a fennmaradó egyetlen szabadságfokot kötjük le.

A munkadarabnak azon felületeit amelyeket helyzetmeghatározáshoz felhasználunk, **befogási bázisfelületeknek** nevezzük.

Mivel a valóságban a munkadarabok gyártása csak bizonyos méretszóródással és alakhibával lehetséges, ezért a síkokkal történő helyzetmeghatározás egész sor bizonytalanságot rejtene magában. Ezért a gyakorlatban az ún. **hat-pont törvényt**, vagy más elnevezéssel a **3-2-1 elvet** alkalmazzuk, amely szerint egy munkadarab helyzete meghatározható hat fix ponttal történő megtámasztással (2-3. ábra):

- egy síkban fekvő 3 pontos alátámasztással a munkadarab 3 szabadságfokát kötjük le. Ezt hárompontos, vagy felfekvő bázisnak nevezzük.
- a felfekvő síkra merőleges síkban 2 pontos megtámasztással, a darab további 2 szabadságfokát kötjük le. Ezt kétpontos, vagy irányító bázisnak nevezzük. (Az irodalomban ezt támasztó bázisnak is nevezik.)
- a felfekvő- és támasztósíkokra merőleges síkban 1 pontos támasztással, a darab fennmaradt 1 szabadságfokát is lekötjük. Ezt egyponstos, vagy ütköztető bázisnak nevezzük.

Az irányítást és az ütköztetést együttesen oldalpozicionálásnak nevezzük.

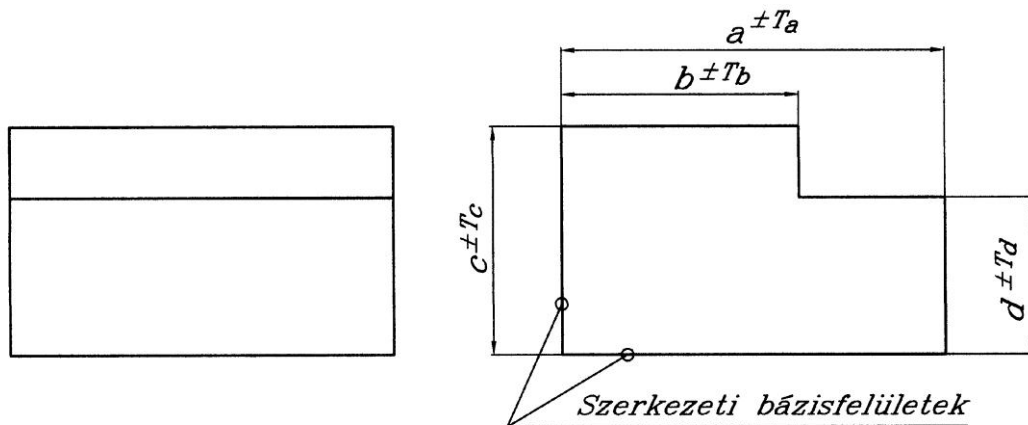


2-3. ábra. A 3-2-1 elv

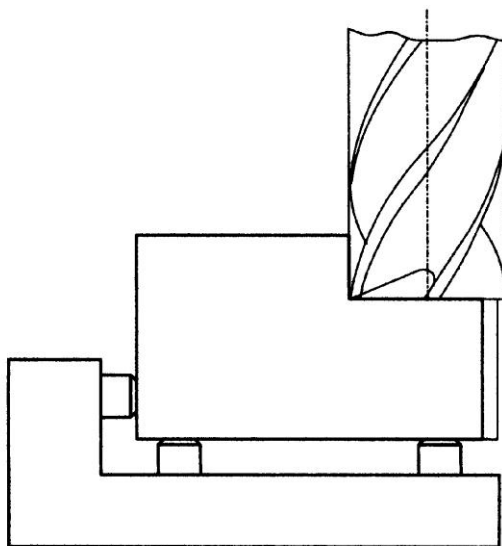
### 2.1.2 Bázisfelületek

Minden alkatrésznek egy gépen vagy szerkezeten belül egy bizonyos funkciót (feladatot) kell ellátnia. Az alkatrész méretezését az alkatrészrajzon úgy kell megadni, hogy az később az óhajtott funkció betöltését biztosítsa. A méretek egy bizonyos felülethez viszonyítva vannak megadva és tűrésezve. Az ilyen felületeket **szerkezeti bázisnak** nevezzük (2-4. ábra). Készülékszerkesztésnél minden esetben, először azonosítani kell a szerkezeti bázisokat. Amennyiben lehetséges, a szerkezeti bázisokat kell befogási bázisfelületnek is kiválasztani, mert a munkadarabok

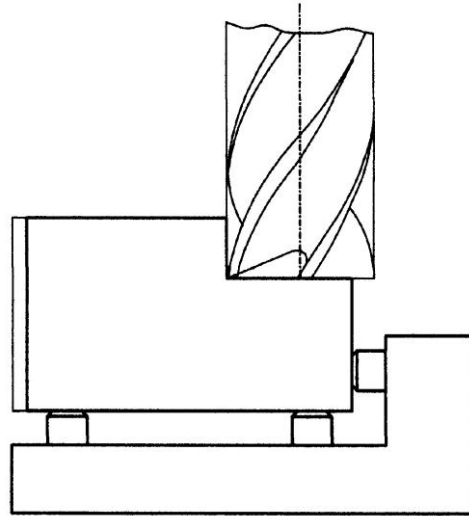
méretszóródása miatt, csak ezek a felületek kerülnek mindig azonos helyzetbe a befogókészülékhez viszonyítva. A 2-5. ábra szemlélteti, a 2-4. ábrán bemutatott példa esetére, a lépcsős felület marását, amikor a befogási bázis azonos a szerkezeti bázissal. Ha valamilyen okból kifolyólag a szerkezeti bázis nem használható befogási bázisként, akkor kénytelenek vagyunk a szerkezeti bázistól eltérő felületet felhasználni befogási bázisnak, de ilyenkor számolni kell a bázisváltási hibával (2-6. ábra). Ha nem a szerkezeti bázist választjuk befogási bázisnak, akkor a 2-4. ábrán bemutatott példa esetén a  $b$  méret csak abban az esetben valósítható meg, ha az  $a$  méret tűrése ( $T_a$ ) kisebb (szigorúbb), mint a  $b$  méret tűrése ( $T_b$ ). A bázisváltási hiba nagysága megegyezik az előző megmunkálásból adódó méretszóródással.



2-4. ábra. Az alkatrész szerkezeti bázisai



2-5. ábra. A befogási bázis megegyezik a szerkezeti bázissal (vékony vonallal az előző megmunkálásból származó méretszóródást jelöltük)

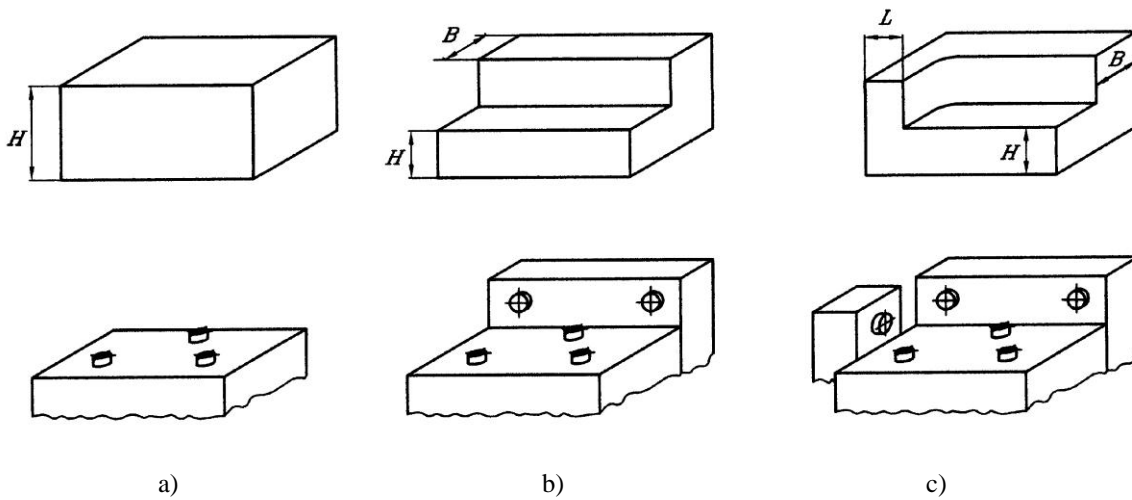


2-6. ábra. A befogási bázis nem egyezik meg a szerkezeti bázissal (vékony vonallal az előző megmunkálásból származó méretszóródást jelöltük)

### 2.1.3 Teljes és részleges helyzetmeghatározás

Bizonyos esetekben nem szükséges minden irányban a pontos helyzetmeghatározás. Ilyenkor csak azokat az elmozdulási lehetőségeket kell lekötni, amelyek a megmunkálási pontosság szempontjából fontosak. Három esetet lehet megkülönböztetni:

- egyirányú meghatározás (2-7, a) ábra), amikor a darabot csak felfektetni kell (pl. síkköszörülés mágnes-asztalon)
- kétirányú meghatározás (2-7, b) ábra), amikor a darabot felfektetni és támasztani kell (pl. lépcsős felület marása a darab teljes hosszán).
- Háromirányú, vagy teljes meghatározás (2-7, c) ábra), amikor a darabot felfektetni, támasztani és ütköztetni is kell)



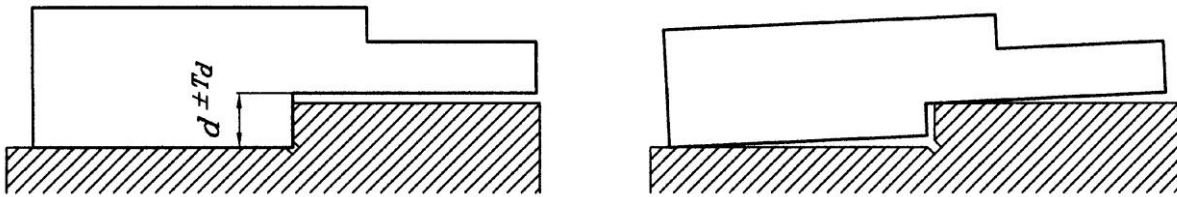
2-7. ábra. Részleges és teljes meghatározás



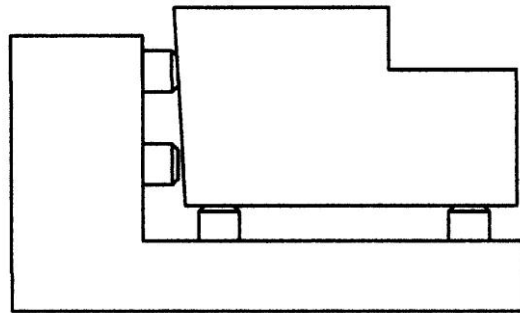
### Túlhatározás

Túlhatározás esete fordul elő akkor, ha a 3-2-1 elvben meghatározott támasztási pontoknál több pontban szeretnénk támasztani a darabot. Hibának számít, ha több felfekvő síkot alkalmazunk (2-8. ábra), ha az irányítást kettőnél több pontban végezzük (2-9. ábra), vagy ha az ütköztetést egy pontnál több pontban végezzük.

A túlhatározás problémája az előző megmunkálás méretszóródásából ered. Minél pontosabb a munkadarab (felület) annál kevésbé veszélyes. Ha a felfekvési bázis pontosan megmunkált felület, akkor a három pontos alátámasztás helyett az egész felület használható felfekvésre (pl. köszörülés mágnesasztalon).



2-8. ábra. Túlhatározás a felfekvő felületen



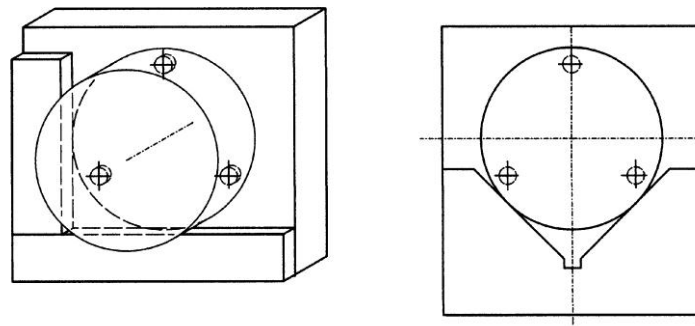
2-9. ábra. Túlhatározás az irányító felületen

## 2.1.4 Helyzetmeghatározás hengeres felületekkel

Gyakori eset, hogy a helyzetmeghatározás egy-egy részfeladatát nem síkfelülettel kell (vagy lehet) megvalósítani, hanem hengeres külső felülettel vagy furat felhasználásával.

### 2.1.4.1 Rövid hengeres felület felhasználása

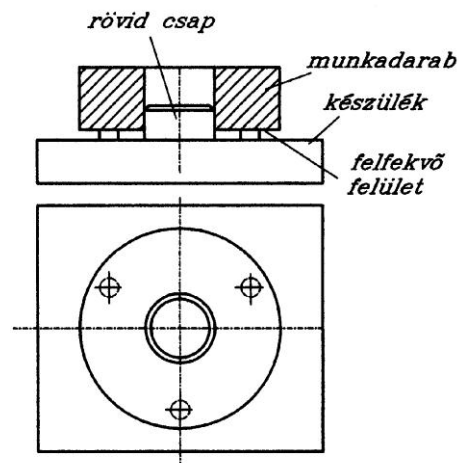
Amikor a felfekvés (három pontos bázis) már meghatározott, akkor a munkadarabnak még három mozgás szabadsága marad, két transláció és egy rotáció. Ezekből a két transláció leköthető egy hengeres felület rövid szakaszával. Külső felület esetén két, a felfekvő felületre és egymásra is merőleges érintősíkot vagy ún. rövid prizmát alkalmazhatunk (2-10. ábra). Belső hengeres felület (furat) esetén rövid csapot alkalmazunk (2-11. ábra). A rövid prizmát és a rövid csapot elméletileg nulla hosszúságúnak kell tekinteni, mert egyébként túlhatározáshoz vezetne az ilyen helyzetmeghatározás.



a)

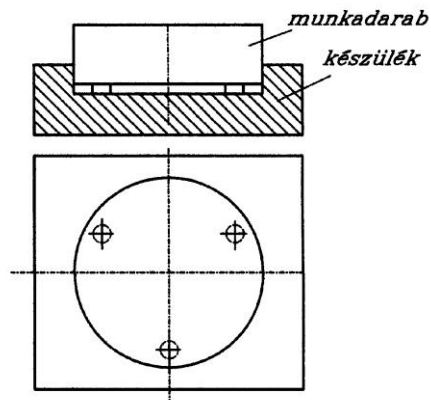
b)

2-10. ábra. Rövid forgástest jellegű alkatrész részleges helyzetmeghatározása  
a) érintősíkokkal, b) rövid prizmával



2-11. ábra. Belső hengeres felület és rövid csap alkalmazása

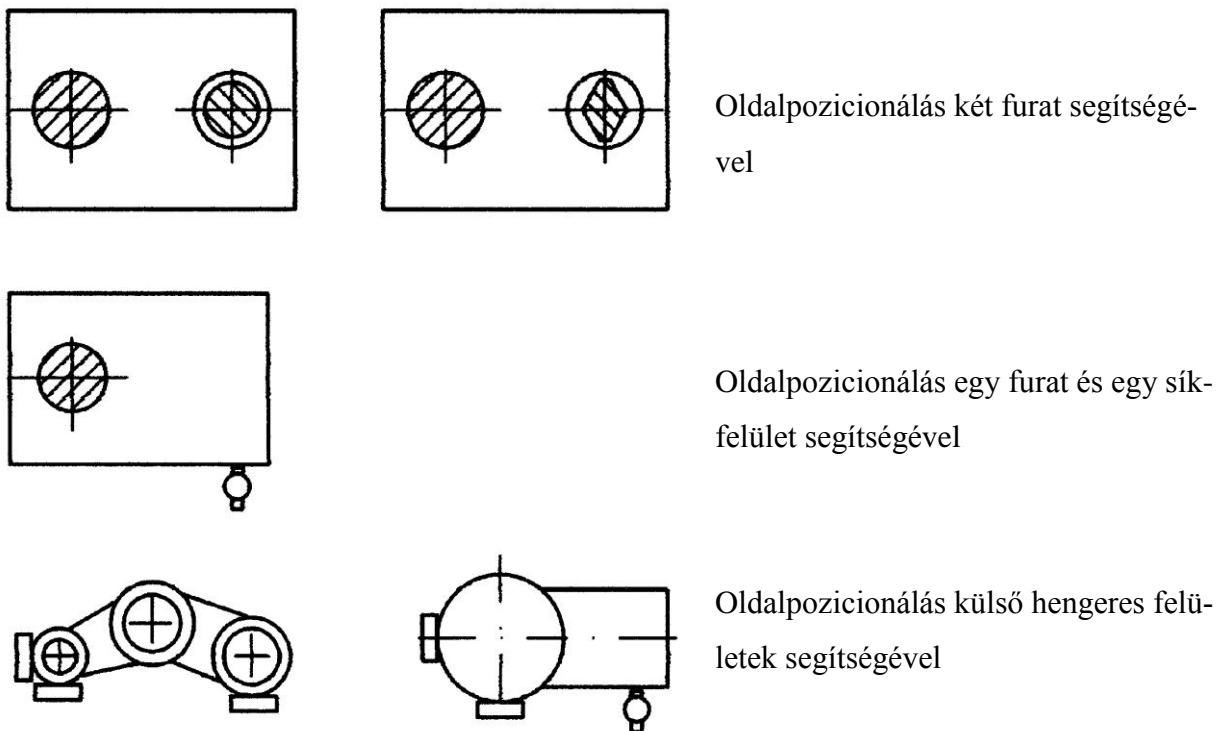
A „rövidcsapos” központozás úgy is elképzelhető, hogy a külső hengeres felület a munkadarabon van, a furat pedig a készülékben (2-12. ábra). Ez az eset ritkábban fordul elő, esetenként esztergakészülékeknél alkalmazzák.



2-12. ábra. Külső hengeres felület és rövid furat alkalmazása

Forgástest jellegű daraboknál sokszor nem szükséges a darab forgástengelye körüli rotáció lekötése. Ha ez mégis szükséges akkor az ütköztetést is meg kell oldani amihez valamilyen nem forgástest jellegű felületet lehet kihasználni.

A szekrényszerű és prizma alakú daraboknál a fennmaradó egy rotációs mozgáslehetőség lekötését tájolásnak nevezzük. Ezt megtehetjük egy másik furattal, síkfelülettel vagy külső hengeres felülettel (2-13. ábra).

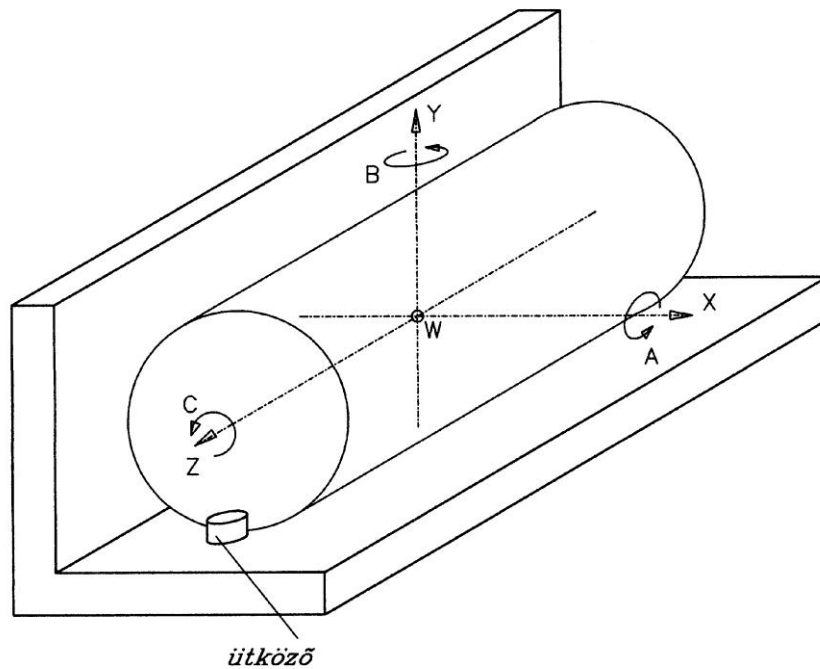


2-13. ábra. Oldalpozicionálási lehetőségek szekrényszerű vagy prizmaszerű daraboknál

A kétfuratos (kétsapos) oldalpozicionálásnál a túlhatározás elkerülésének érdekében csak az egyik csap illeszkedik a megfelelő furathoz és ez két szabadságfokot köt le (központosító csap), míg a másik vagy lelapolt vagy jelentősen kisebb átmérőjű a furatnál és csak a fennmaradt elfordulási lehetőséget köti le (tájoló csap).

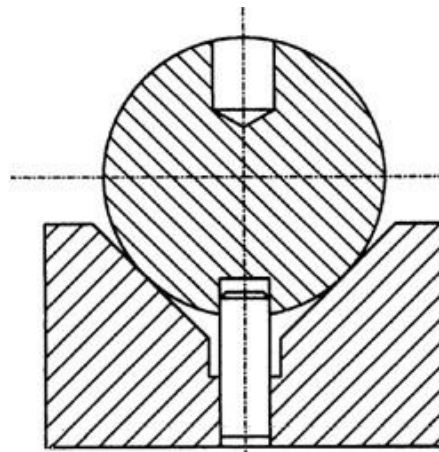
#### 2.1.4.2 Hosszú hengeres felület felhasználása

A hosszú forgástest jellegű darabok helyzetmeghatározását hosszú prizmával vagy két érintősíkkal végezzük. Mivel itt az érintősík elméletileg a darab teljes, vagy jelentős hosszán érintkezik a darabban annak alkotója mentén, így ezt két pontos támasztásnak kell tekinteni. A két sík négy szabadságfokát köti le a darabnak: két transzlációt és két rotációt. Ezután a darabnak még két szabadságfoka marad: egy transzláció a forgástengely mentén, és egy rotáció a forgástengely körül. A fennmaradó transzláció a darab forgástengelye mentén leköthető, ha a darab homlokfelületét egy pontban megtámasztjuk (2-13. ábra).



2-13. ábra. Forgástest hosszú prizmában

Ha a darab hossz tengelye körüli forgást is le kell kötni, akkor valamilyen nem forgásfelület jellegű felületet kell felhasználni, mint pl. keresztfurat, horony vagy lelapolás. Egy ilyen példa látható a 2-14. ábrán. **Eszerint itt a hat-pont törvényt, a 4-1-1 elvet követően alkalmazzuk.**



2-14. ábra. A munkadarab hossz tengely körüli forgásának lekötése prizmában

### 2.1.5 Központosítás

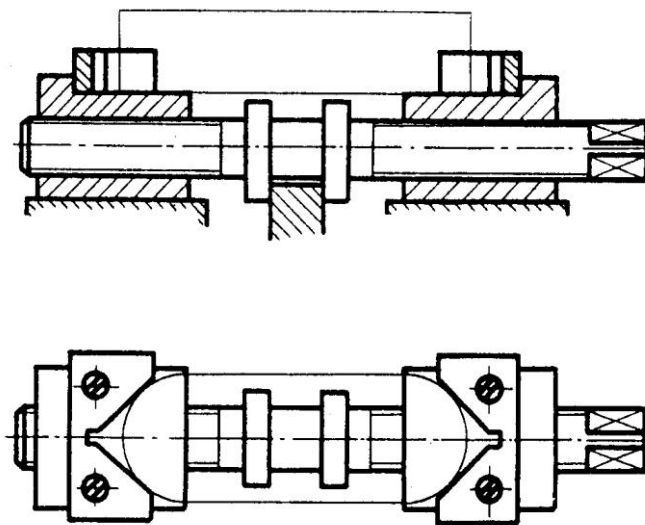
Központosításnak nevezzük a helyzetmeghatározásnak azt az esetét, amikor a szerkezeti bázis nem valós felület, hanem egy vagy több képzeltek középsík. Itt a cél az, hogy biztosítsuk a középsík (szimmetriasík) azonos helyzetét a szerszámhoz viszonyítva. Meg kell jegyezni, hogy a befo-

gási bázis itt is csak valós felület lehet, rendszerint hengeres- vagy gömbfelület, amely érintkezik a készülék megfelelő elemeivel. A meghatározott középsíkok száma szerint a központosítás lehet:

- egyirányú, amikor egy középsík azonos helyzetét biztosítjuk,
- kétirányú, amikor két középsík (középtengely) helyzetét biztosítjuk, és
- háromirányú, amikor három középsík (középpont) azonos helyzetét biztosítjuk.

**Egyirányú központosítást** fix prizmával végezhetünk (2-14. ábra, 2-10 b) ábra).

**Kétirányú központosítást** a munkadarab külső felületén, két mozgó prizmával végezhetünk. A prizmák megfelelő vezetékben mozgathatók. A központosító mozgás leggyakrabban egy olyan menetes orsóval van megoldva, amelynek egyik oldalán jobbos-, a másikon balos menet van kialakítva (2-15. ábra).



2-15. ábra. Kétirányú központosítás mozgó prizmákkal

### **Kétirányú központosítás tüskék segítségével**

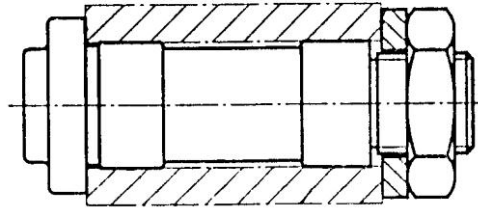
Tüskét alkalmazunk, amikor a központosítást belső hengeres felületen kell megoldani. Kialakításuk szerint a tüskék készülhetnek hengeres vagy kúpos központosító felülettel.

A hengeres tüskék tovább oszthatók rövid és hosszú tüskékre. A rövid tüskés központosítás a rövidcsapos központosítással azonos helyzetmeghatározási szerepet tölt be (2-11. ábra). Leggyakrabban eszterga főorsójába vagy köszörűgép tárgyorsójába befogva kerül alkalmazásra és ilyenkor a lengőtüske elnevezést is használjuk.

A hosszú tüske hengeres része a munkadarab négy szabadságfokát köti le (hasonlóan, mint a hosszú prizma), a rá merőleges homloklapfelület, pedig csak egyet (2-16. ábra). A hosszú tüskét a munkadarabbal együtt csúcsok közé fogják be. A forgató nyomaték átadása megoldható csavaranyás szorítással, szoros illesztéssel vagy retesszel. A tüske átmérője leggyakrabban g5 vagy j6 tűréssel készül, ezt esetenként IT 4 –ig lehet fokozni.

Meg kell jegyezni, hogy a hengeres tüskék nem biztosítanak szabatos központosítást, mert ahhoz, hogy minden munkadarab felhelyezhető legyen, a tüske átmérőt a furat méretének alsó hatá-

rához kell illeszteni és bizonyos játék szükséges a darabok zavartalan felhelyezéséhez is. A várható excentricitás a nagyjáték felével egyenlő.



2-16. ábra. Kétirányú központosítás hosszú tüskével [30]

A kúpos tüske enyhe kúposággal készül ( $1:k = 1:500 \dots\dots 1:2000$ ), így a munkadarab tengelyének egy pontját pontosan központosítja, de a kúposágnak megfelelő hibával irányít (2-17. ábra).

A munkadarab tengelyirányú helyzete, a furat méretének függvényében változik. Ezért a tüskét hosszabbra kell készíteni a munkadarab hosszánál:

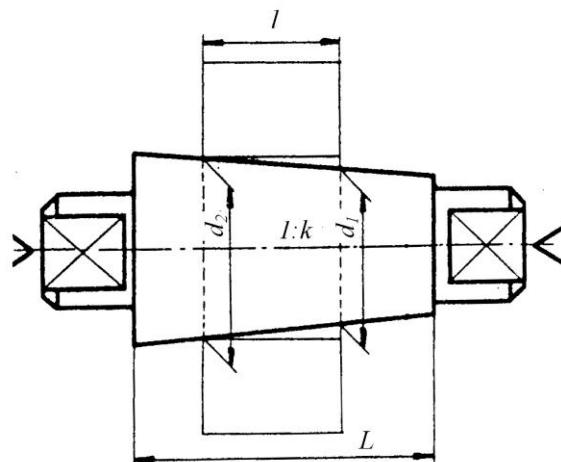
$$L = l + k \cdot T_{\text{furat}}$$

ahol:  $\frac{1}{k}$  a kúposág  
 $l$  a munkadarab hossza  
 $T_{\text{furat}}$  a furat tűrése

A kúpos tüske nagytérője:

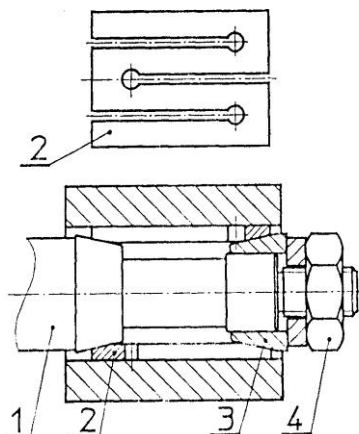
$$d_2 = d_{\text{min}} + T_{\text{furat}}$$

ahol:  $d_{\text{min}}$  a furat legkisebb mérete



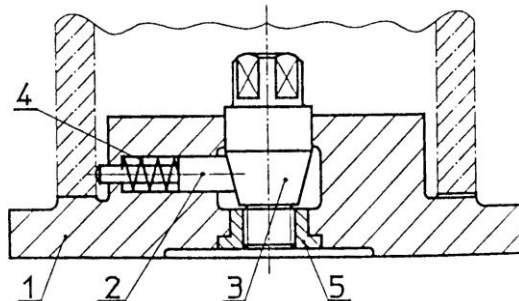
2-17. ábra. Kétirányú központosítás kúpos tüskével

Szabatos központosítást belső hengeres felületeken csak feszítőtüskével (expanziós) lehet megvalósítani. Ezek szerkezete bonyolultabb és az elérhető valós pontosság a tüske elemeinek gyártáspontosságától függ. A feszítőtüskével egyben a szorítás is megoldható (2-18. ábra).



2-18. ábra. Feszítőtüske [30]

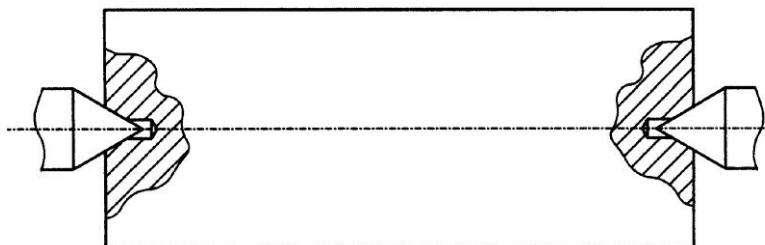
A felsorolt megoldások mellett vannak természetesen különleges megoldások is amelyeket első sorban nagyméretű alkatrészeknél alkalmaznak, egy ilyen példát mutat be a 2-19. ábra.



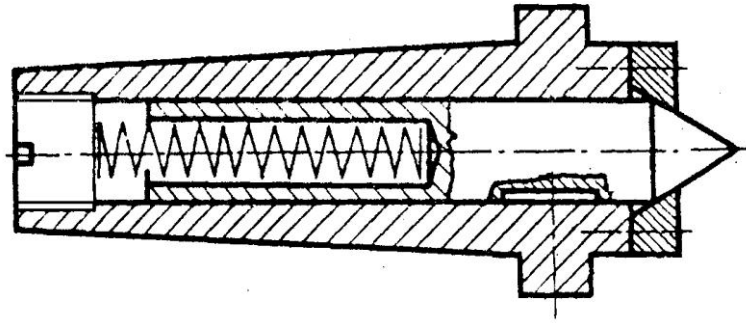
2-19. ábra. Különleges központosító készülék [30]

### Kétirányú központosítás csúcsok (kúpok) segítségével

A központosító kúpok (esztergacsúcsok) szabatos kétirányú központosítást valósítanak meg (2-20. ábra). Alkalmazásuk hosszú forgástest jellegű darabok esetén igen gyakori első sorban esztergákon és köszörűgépeken. A befogást megelőzően a munkadarabra a csúcshöznek megfelelő kúpos furatot, ún. csúcshéscsövet kell készíteni. A csúcshöz leggyakrabban  $60^\circ$  vagy  $90^\circ$ . A munkadarab tengelyirányú helyzetét a csúcshéscsövek mélységének méretszórása befolyásolja. Ezért, ha tengelyirányban is nagy pontosságú helyzetmeghatározás szükséges, ún. kitérő kúpot lehet alkalmazni (2-21. ábra). Ennél a megoldásnál a csúcs egy rugónak támaszkodva, tengelyirányba ki-mozdul a munkadarab pedig egy fix üléken ütközik fel.



2-20. ábra. Kétirányú központosítás álló központosító kúppal



2-21. Kitérő központosító kúp

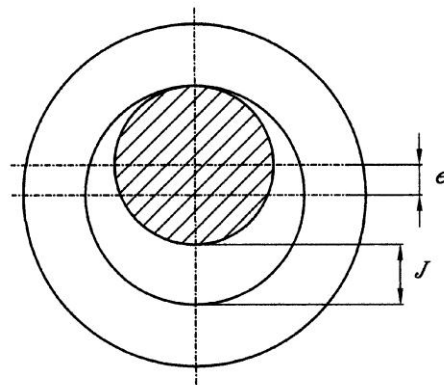
## 2.1.6 A helyzetmeghatározás hibája

### 2.1.6.1 Helyzetmeghatározási hiba tüskék és csapok alkalmazásakor

A hengeres tüskék és csapok nem biztosítanak szabatos központosítást, mert ahhoz, hogy minden munkadarab felhelyezhető legyen, a tüske átmérőt a furat méretének alsó határához kell illeszteni és bizonyos játék szükséges a darabok zavartalan felhelyezéséhez is. A várható excentricitás a nagyjáték felével egyenlő (2-22. ábra).

$$e = \frac{J}{2}$$

ahol:  $J$  nagyjáték a csap és a furat között



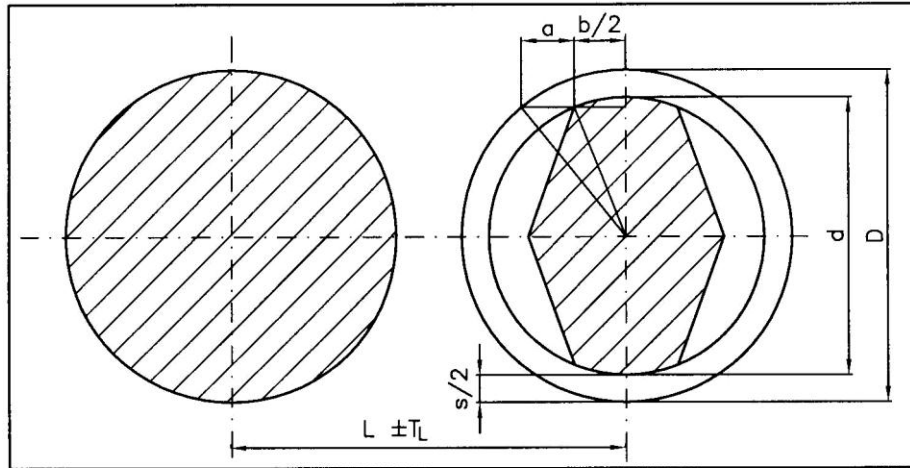
2-22. ábra. Helyzetmeghatározási hiba tüskék és csapok alkalmazásakor

### 2.1.6.2 A kétsapos oldalpozicionálás változatai és a helyzetmeghatározási hiba nagysága

A helyzetmeghatározásra felhasznált furatok méret- és tengelytáveltérése és a helyzetmeghatározási hiba között matematikai összefüggés írható fel a kétsapos oldalpozicionálás különböző változataira. Ezekből az összefüggésekből könnyen belátható, hogy a bázisfelületként alkalmazott furatok azonos pontosságú megmunkálása mellett, a helyzetmeghatározási hiba nagysága különböző lesz a kétsapos oldalpozicionálás különböző változatai esetén. Az egyszerűbb szemléltetés érdekében feltételezzük, hogy a furatok átmérői ( $D$ ) és tűrései ( $T$ ) azonosak, a furatok tengelytáv tűrése pedig  $\pm T_L$  (2-23. ábra). A befogókészülék lehetséges hibáit ezúttal nem



vettük figyelembe. A lehetséges helyzetmeghatározási hibák elemzését a két főirányra (x, y) a 2-24. ábra szemlélteti.



2-23. ábra. Lelapolt csap

A p21 és p22 változatok esetében a 2-24. ábra alapján a helyzetmeghatározási hiba könnyen meghatározható.

A p23 és p24 változatoknál az egyik csap lelapolt. A lelapolás nagyságát a gyakorlatban a  $b=0,2 \cdot D$  képlettel határozzák meg. A lelapolt csap hengeres része és a furat közötti legkisebb játék a 2-23. ábra jelöléseit használva, a következő összefüggéssel határozható meg [22], [42]:

$$\left(\frac{d}{2}\right)^2 - \left(\frac{b}{2}\right)^2 = \left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{b}{2} + a\right)^2$$

A másodrendű kicsiny tagok elhanyagolásával az egyenlet a következő formában írható fel:

$$\left(\frac{d}{2}\right)^2 \approx \left(\frac{D}{2}\right)^2 - b \cdot a$$

$$b \cdot a = \left(\frac{D}{2} + \frac{d}{2}\right) \cdot \left(\frac{D}{2} - \frac{d}{2}\right),$$

továbbá a zárójelekben szereplő tagok a következőképpen alakíthatók át:

$$\frac{D}{2} + \frac{d}{2} = \frac{D}{2} + \frac{D}{2} - \frac{s}{2} = D - \frac{s}{2}$$

ahol  $s$  – a minimális játék

$$\frac{D}{2} - \frac{d}{2} = \frac{s}{2}$$

Ezt behelyettesítve írható:

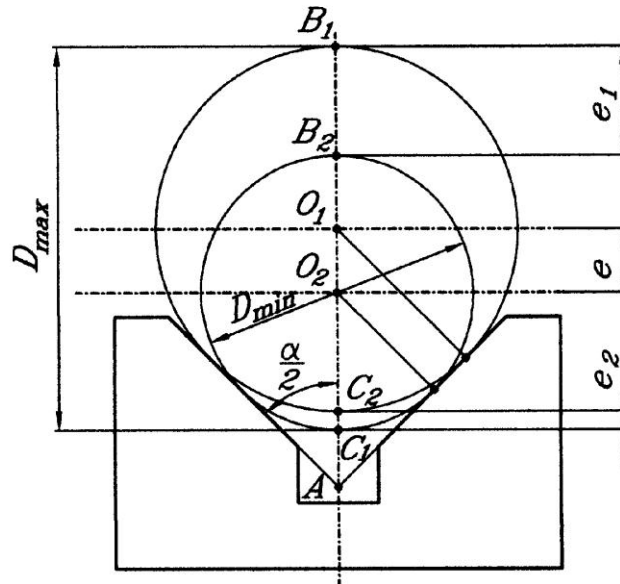
$$b \cdot a = \left(D - \frac{s}{2}\right) \cdot \frac{s}{2} = D \cdot \frac{s}{2} - \frac{s^2}{4} \approx D \cdot \frac{s}{2},$$

innen a legkisebb játék  $\frac{s}{2} \approx \frac{b \cdot a}{D} \approx 0,2 \cdot a$ , azaz  $s = \frac{2}{5} \cdot a$



### 2.1.6.3 A helyzetmeghatározási hiba nagysága fix prizmák alkalmazásakor

Hengeres alkatrészek prizmára helyezésekor a méretszóródás és a prizmaszög függvényében az alkatrész jellemző pontjainak helyzetmeghatározási hibái analitikusan kifejezhetők. Az 2-25. ábra jelöléseit alkalmazva a középpont és a külső kontúr jellemző pontjainak eltolódása a méretszóródás következtében fölírható a következő összefüggésekkel:



2-25. ábra. A középpont és a külső kontúr jellemző pontjainak eltolódása

Az átmérő felső és alsó határának különbsége az átmérőtűrés

$$T = D_{max} - D_{min}$$

A középtengely helyzeteltérése az alsó és a felső határesetekben:

$$e = \overline{AO_1} - \overline{AO_2}$$

$$\overline{AO_1} = \frac{D_{max}}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}, \quad \overline{AO_2} = \frac{D_{min}}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}$$

$$e = \frac{T}{2} \cdot \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}}$$

Hasonló módon az  $e_1$  és  $e_2$  esetére fölírható:

$$e_1 = e \cdot \left(1 + \sin \frac{\alpha}{2}\right)$$

$$e_2 = e \cdot \left(1 - \sin \frac{\alpha}{2}\right)$$

A prizmaszög leggyakrabban  $\alpha = 90^\circ$ , és ezzel az értékkel a jellemző eltolódások:

$$e = 0,7 T$$

$$e_1 = 1,21 T$$

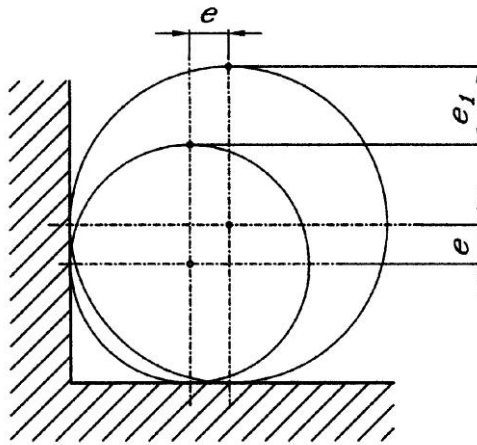
$$e_2 = 0,2 T$$

Könnyen belátható, hogy, ha nem szükséges a középsík azonos helyzetének biztosítása, akkor az imént elemzett eltolódások értékei kisebbek lesznek ha prizma helyett két érintősíkot alkalmazunk helyzetmeghatározáshoz (2-26. ábra):

$$e = 0,5 T$$

$$e_1 = T$$

$$e_2 = 0$$



2-26. ábra. A középpont és a külső kontúr jellemző pontjainak eltolódása érintősíkok alkalmazásakor

## 2.2 A HELYZETMEGHATÁROZÁS KÉSZÜLÉKELEMEI

A munkadarab befogókészülékek azon elemeit, amelyek a munkadarab helyzetét határozzák meg a készülékben, ülékeknek nevezzük. A helyzetmeghatározás ismertett módjainak megvalósításához tipikus ülékialakítások alkalmazhatók. A betöltött szerepük szerint az ülékek durván feloszthatók:

- egyszerű ülékekre, amelyek a munkadarab egy tényleges pontját határozzák meg, és
- központosító ülékekre, amelyek a munkadarab középsíkját vagy több középsíkot határoznak meg.

A készülékelemek általában tipizálhatóak, nagy részük kialakítása és méretei szabványokban adottak. Ennek köszönhetően sorozatban előregyárthatók és erre szakosodott cégektől meg is vásárolhatók. Ez természetesen vonatkozik az ülékekre is. Az ülékek anyaga általában ötvöztelen szerszámacél (C 80 U), vagy betétben edzhető acél, amelyet a kopásállóság növelésének érdekében edzeni kell  $56 \pm 2$  HRc keménységre.

## 2.2.1 Egyszerű ülékek és támaszok

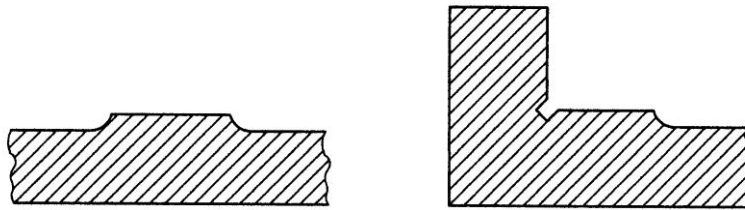
Az egyszerű ülékeket vagy röviden ülékeket, általában sík bázisfelületek esetén alkalmazzuk. Lehetnek merev (fix) vagy mozgó ülékek.

### 2.2.1.1 Merev ülékek

A merev ülékeket beépítésük szerint feloszthatjuk integrált- és szerelt ülékekre.

#### Integrált ülékek

Az integrált ülékek magán a készüléktesten vannak kialakítva, azaz a készüléktest megmunkálásával alakítják ki őket egy darabból (2-27. ábra). Az ilyen kialakításnak jelentős hátrányai vannak: (1) a készüléktest megmunkálási költsége emiatt jelentősen növekszik, (2) az ülékek kopása vagy sérülése esetén azok javítása nehéz (nem lehet egyszerűen kicserélni), (3) a készüléktest anyagigénye megnövekszik.



2-27. ábra. Integrált ülékek

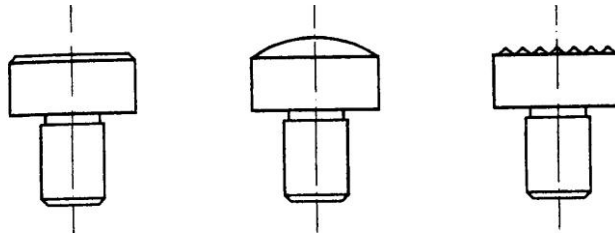
#### Szerelt ülékek

A szerelt ülékek tipizálhatóak és előre, sorozatban legyárthatók. A készüléktestbe csavarokkal vagy szoros illesztéssel vannak beépítve. Beépítés után esetenként síkköszörüléssel biztosítják az egysíkúságot. Egyaránt alkalmazhatók felfekvő- és oldalpozicionáló ülökként is. Jelentős előnyük a cserélhetőség. Leggyakrabban ötvözetlen szerszámacélból készülnek, és edzéssel növelik a kopásállóságukat. A szerelt, merev ülékek alakjuk szerint feloszthatók csapos-, hengeres- és lapos ülékekre.

A **csapos ülékek** kialakítása a legegyszerűbb, alkalmazásuk igen gyakori a készüléképítésben. Gyártásuk viszonylag egyszerű, de széles kínálatban megvásárolhatók a kereskedelemben is.

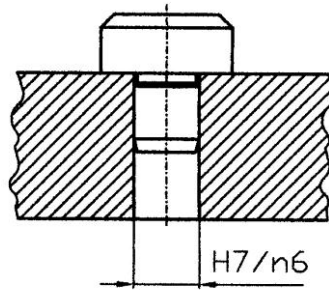
A munkadarab felületével érintkező rész kialakítása szerint lehetnek (2-28):

- sík felületű, amelyet akkor alkalmazunk, ha a bázisfelület már megmunkált, vagy ha hengeres vagy gömbfelületet kell támasztani,
- domború fejű, amelyet akkor alkalmazunk, ha a bázis felület nyers (öntött, kovácsolt),
- rovátkolt fejű, durva munka esetén használjuk, ha növelni szeretnénk a súrlódást a munkadarab és az ülék között.



2-28. ábra. Csapos ülékek kialakítása

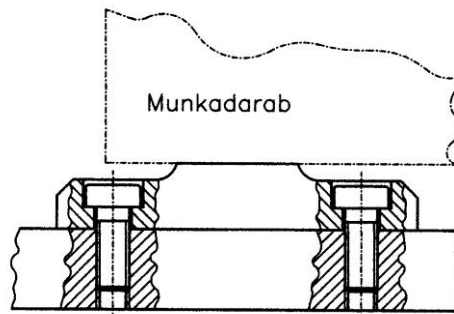
A csapos üléceket szoros illesztéssel építjük be a készüléktestbe (2-29 ábra).



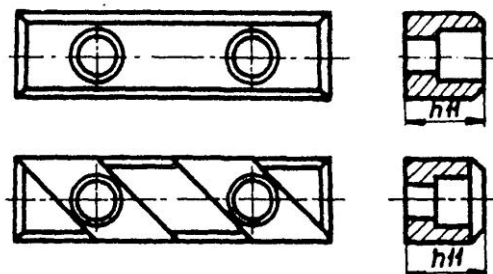
2-29. ábra. Csapos ülécek beépítése

**Hengeres ülécnek** nevezzük azokat a csapos üléceket, amelyeknek a hengeres felületét használjuk fel ütköztetésre vagy vezetésre. A csapos ülécektől abban különböznek, hogy a fejrész párlástfelülete is pontos méretre köszörült (2-35. ábra).

**A lapos ülécek** csak olyan esetekben alkalmazhatók, ha a bázisfelület alakhű. Beépítésük csavarokkal történik (2-30. ábra). Több kivételben készülhetnek, amelyek közül némelyek szabványosítottak vagy tipizáltak és ezek a kereskedelemben is beszerezhetők (2-31. ábra). A sima működő felülettel készült ülécek vízszintes helyzetben történő beépítését kerülni kell, mert így forgács és szennyeződés rakodhat rájuk és ez hibás helyzetmeghatározáshoz vezethet. Vízszintes helyzetben forgácsgyűjtő árkokkal (hornyokkal) ellátott ülécek beépítése javasolt, mert ezeknél a munkadarab elhelyezésénél (eltolásánál) a forgács és a szennyeződés a forgácsgyűjtő árkokba rakódik le (2-31. ábra). A lapos ülécek alkalmazása különösen olyan esetekben indokolt, amikor a munkadarabot oldalról kell a megfelelő helyzetbe becsúsztatni.

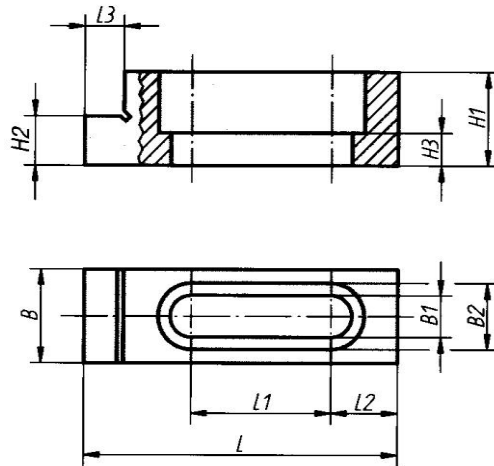


2-30. ábra. Lapos ülécek beépítése



2-31. ábra. Lapos ülécek

Bizonyos esetekben **kétfunkciós lapos ülékek** is alkalmazhatók, amelyek a felfekvés mellett, egyidejűleg oldalpozicionáló feladatot is ellátnak (2-32. ábra). Ezáltal a készülék elemeinek száma csökkenthető.

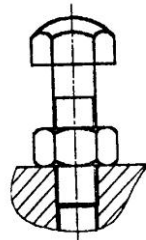


2-32. ábra. Kétfunkciós lapos ülék (Kipp)

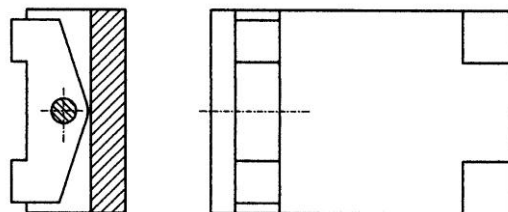
### 2.2.1.2 Mozgó ülékek

A mozgó ülékek merevsége jelentősen kisebb, mint a merev ülékéké. Ezért csak olyankor alkalmazzuk, ha az feltétlenül szükséges. Feloszthatók állítható és önbeálló ülékekre.

**Az állítható ülékek** (2-33. ábra) alkalmazása két esetben indokolt: (1) amikor egy készülékkel több, méreteikben kismértékben eltérő munkadarabok befogását szeretnénk megoldani, (2) amikor az előgyártmány jelentős méretszóródása várható.



2-33. ábra. Állítható ülék



2-34. ábra. Önbeálló ülék elvi megoldása

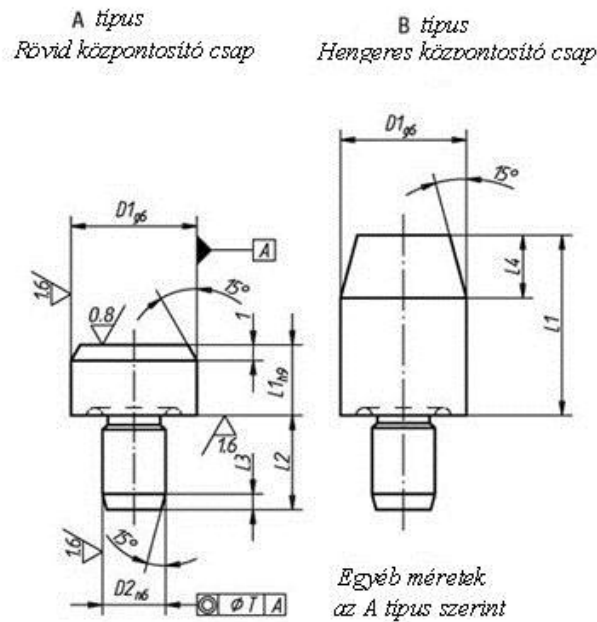
**Az önbeálló ülékek** lehetővé teszik, hogy a munkadarabot több mint három pontban fektessük fel, anélkül, hogy túlhatározás lépne fel (2-34. ábra). A több pontban történő alátámasztást a

munkadarab alakja vagy kis merevsége indokolhatja. A beálló ülék a helyzetmeghatározás szemszögéből egy alátámasztási pontnak számít. Önbeálló ülét csak merev ülékekkel kombinálva lehet alkalmazni, azaz felfekvést két merev üléssel és egy beálló üléssel határozzuk meg.

A támaszok kialakítása megegyezik az állítható ülékekkel (2-33. ábra), de lényeges különbség az, hogy a támaszok nem vesznek részt a helyzetmeghatározásban. Ezeket utólag állítják be, a már meghatározott helyzetű munkadarab felületéhez. Alkalmazásuk kis merevségű daraboknál indokolt.

## 2.2.2 Központosító ülékek

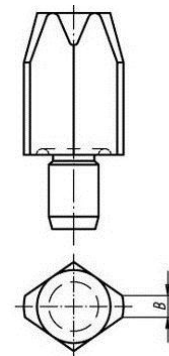
**Központosító csapok (ülékek)** kialakítása és mérete a munkadarab furatához illeszkedik. A csap hosszát úgy kell megválasztani, hogy az a munkadarab hengeres felületének csak egy rövid szakaszával érintkezzen.



2-35. ábra. Központosító csapok

Az 2-35. ábra néhány gyakori megoldást szemléltet. A csapok anyaga rendszerint betétben edzhető acél. A központosító csapok a járatos méretekben készen is megvásárolhatók.

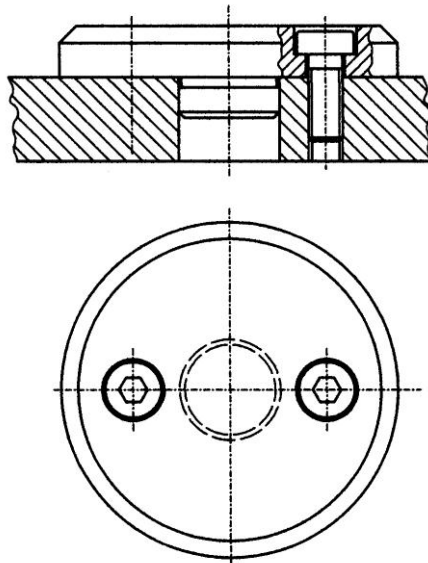
A **lelapolt vagy tájoló csap** kialakítása, a lelapolást kivéve, hasonló a központosító csapokéhoz (2-36. ábra).



2-36. ábra. Tájoló csap

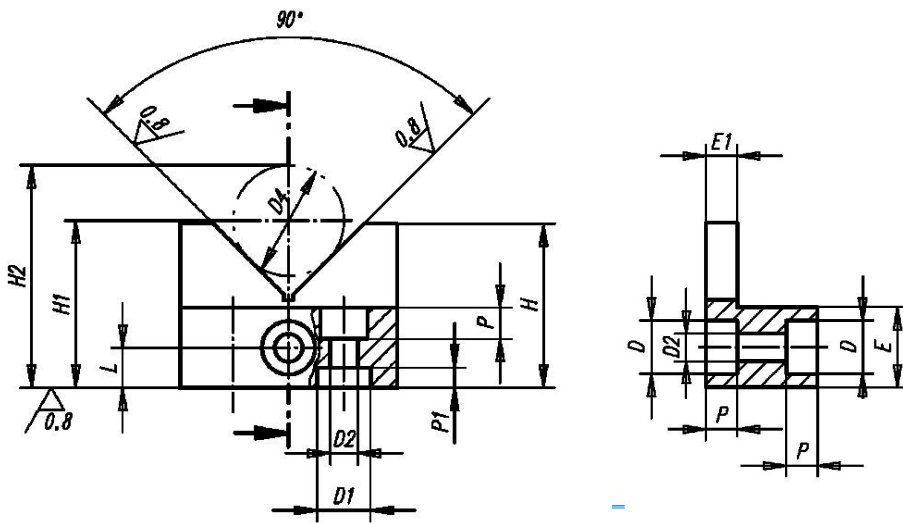


Nagyméretű furatok esetén a központosító elem kialakítása tárcsaszerű. Ezt mindig az adott feladathoz gyártják le, majd egy illesztett csapos résszel és csavarokkal építik be a készüléktestbe (2-37. ábra).



2-37. ábra. Központosító tárcsa beépítése

**Prizmák** készülhetnek rövid és hosszú kivitelben. Beépítésük rendszerint csavarokkal és csap-szegekkel történik (2-38. ábra). Hosszú prizma helyett két rövid prizma alkalmazható.

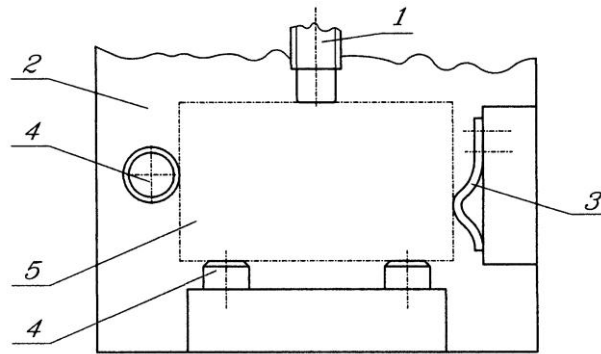


2-38. ábra. Rövid prizma (Kipp)

## 3. A MUNKADARABOK SZORÍTÁSA

### 3.1 ALAPFOGALMAK

A munkadarab leszorítása alatt az éppen meghatározott munkadarab rögzítését értjük, úgy, hogy megmunkálás közben a forgácsoló- és egyéb erők ne tudják elmozdítani az ülékekről. A készülék azon elemeit, amelyekkel a szorítást végezzük, szorítóelemeknek nevezzük. Megkülönböztetünk fő- és segédszorítást (3-1. ábra). A segédszorítás feladata, hogy a munkadarabot, a főszorítást megelőzően az ülékekre nyomja. Legtöbbször valamilyen elastikus elemmel (rugóval) működik. Nem feltétlenül szükséges része a készüléknek, de alkalmazásuk a munkadarabok cseréjét rendszerint gyorsabbá teszik.



3-1. ábra. Segédszorítás lapos rugóval

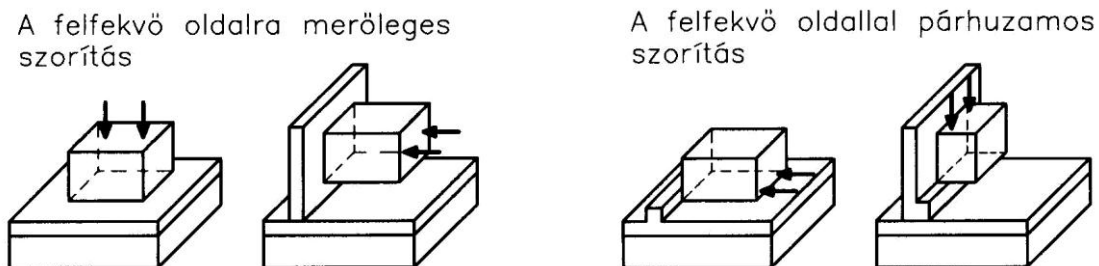
1- szorítócsavar, 2- készüléktest, 3- lapos rugó, mint segédszorító, 4- ülékek, 5- munkadarab

#### 3.1.1 A szorítóerő elhelyezése

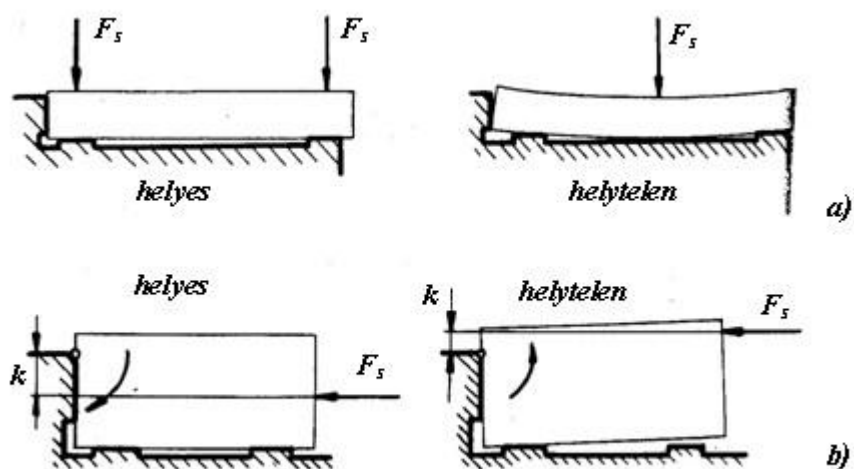
A szorítóerő hatásvonalának alapján a szorítás lehet a felfekvő felületre merőleges, illetve a felfekvő felülettel párhuzamos (oldalszorítás). Merőleges szorításnál a szorítófelületek a felfekvő felülettel szomszédos oldalakon, vagy pedig a szemközti oldalon helyezkednek el, míg oldalszorításnál mindig a felfekvő oldallal szomszédos oldalakon (3-2. ábra).

A szorítás fontos jellemzője még, hogy hány pontban történik a szorítás. A szorítási pontok száma szerint megkülönböztethető egy-, két-, három-, és négyponthoz tartozó szorítást.

Úgy kell megválasztani a szorítás helyét, hogy az erőzárás a felfekvő felületen át történjen. Az erőátadás lehetőleg az ülékeken át történjen (3-3. ábra).

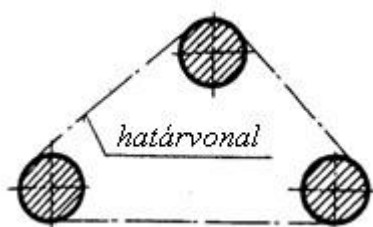


3-2. ábra. Merőleges és párhuzamos szorítás



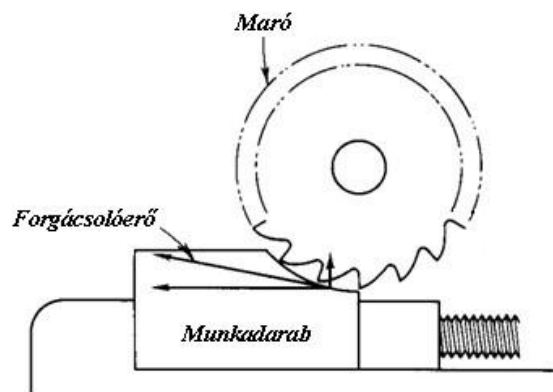
3-3. ábra. Erőátadás az ülékeken át  
a) merőleges szorításkor, b) oldalszorításkor

Abban az esetben, ha nem lehetséges az ülékeken át történő erőátadás, a szorítóerőt mindenképpen a felfekvési határvonalon belül kell elhelyezni (3-4. ábra).



3-4. ábra. Felfekvési határvonal

A forgácsolási folyamatot és a készüléket lehetőleg úgy kell kialakítani, hogy a fellépő forgácsolóerő az ülékre szorítsa a munkadarabot (3-5. ábra).



3-5. ábra. Ülékre szorítás

### 3.1.2 A szükséges szorítóerő nagyságának meghatározása

Megmunkálás során a forgácsoló ill. alakító erők a munkadarabra hatnak, innen a készüléknek adódnak át, majd a készüléktesten át a szerszámgépre hatnak. A forgácsolásból származó forgácsoló erő ( $F_c$ ), előtoló erő ( $F_f$ ) és a passzív erő ( $F_p$ ) hatásvonalára és nagyságára a forgácsolási módok szerint meghatározható. A készüléktervezéshez **mértékadó forgácsoló erőt** ( $F$ ) legtöbbször a forgácsolóerő ( $F_c$ ) és egy erőnövelő tényező szorzataként határozzuk meg:

$$F = F_c \cdot C_1,$$

ahol:

$C_1$  tapasztalati erőnövelő tényező (3-1. táblázat),

3-1. táblázat. Az erőnövelő tényező  $C_1$  értékei [9]

Forgácsolási mód	$C_1$
Esztergálás és fűrés	1,2
Marás és köszörülés	1,4
Gyalulás	1,6
Vésés	1,8

A mértékadó forgácsolóerő ( $F$ ) és a szorítóerő ( $F_s$ ) hatásvonalára és irányuk szerint három jellemző esetet különböztetünk meg (3-6. ábra):

1. A szorítóerő és a forgácsolóerő iránya megegyezik és ülésre szorítja a darabot. Ebben az esetben a szorítóerő egészen kis értékű lehet.

2. A szorítóerő és a forgácsolóerő azonos hatásvonalú, de ellentétes irányú. Ilyenkor a szorítóerő értéke:

$$F_s = s \cdot F$$

ahol:

$s = 2$  biztonsági tényező. Ezzel vesszük figyelembe az esetleges rezgéseket és az eltérő hatásvonalú erők nyomatéből származó billentő hatást. [9].

3. A szorítóerő merőleges a forgácsolóerőre. Az érintkező felületeken jelentkező súrlódás tartja helyén a darabot. Az erőegyensúly feltétele:

$$F_s \cdot \mu_1 + F_c \cdot \mu_2 = s \cdot F$$

illetve

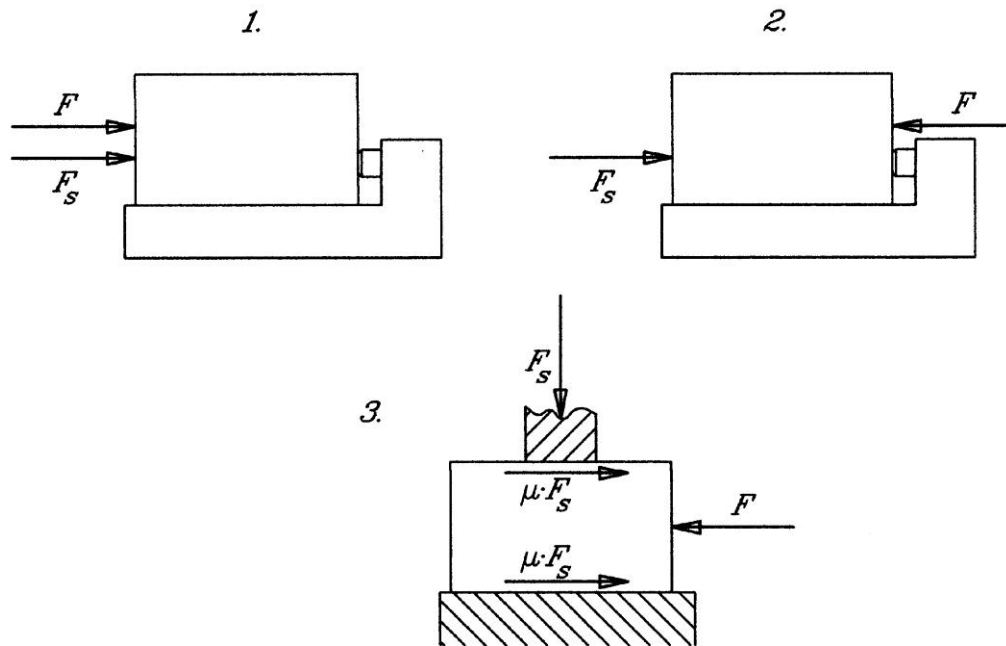
$$F_s = \frac{s \cdot F}{\mu_1 + \mu_2}$$

ahol:

$\mu_1$  súrlódási tényező az ülék és a munkadarab között

$\mu_2$  súrlódási tényező a szorítóelem és a munkadarab között

Ha feltételezzük, hogy  $\mu_1 = \mu_2 = 0,1$  a szorítóerő értékének  $F_s = \frac{2}{0,1 + 0,1} \cdot F = 10 \cdot F$  vehető.

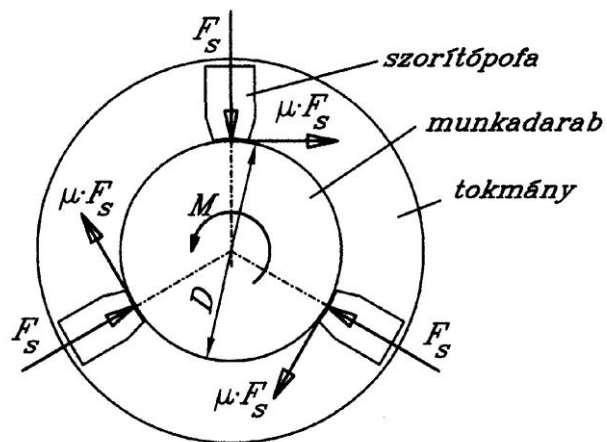


3-6. ábra. A szorítóerő bevezetésének jellemző esetei

A mikor a munkadarabot tokmányba fogjuk be, a forgácsolóerő nyomatékát a szorítópofák és a munkadarab közötti súrlódásból eredő erők nyomatéka tartja egyensúlyban (3-7. ábra):

$$\mu \cdot F_s \cdot \frac{D}{2} \cdot z = s \cdot M, \text{ ill. } F_s = \frac{2 \cdot s \cdot M}{\mu \cdot D \cdot z}$$

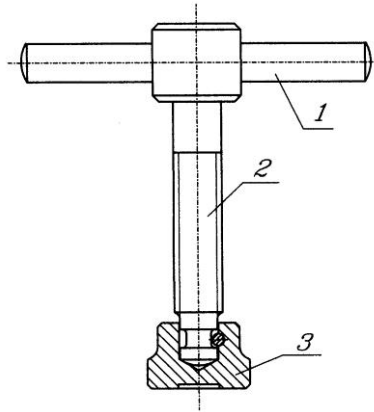
ahol:  $M$  a forgácsolásból származó nyomaték  
 $D$  a szorítási átmérő  
 $z$  a szorítópofák száma



3-7. ábra. Tokmányba befogott munkadarab

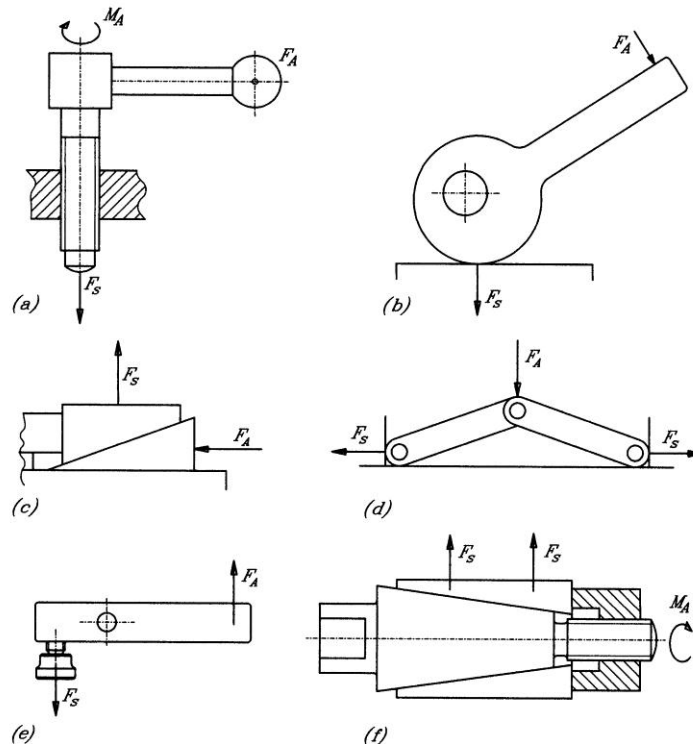
### 3.2 KÉZI SZORÍTÁS ÉS KÉSZÜLÉKELEMEI

A szorítóeszközök fő részei (3-8. ábra): (1) erő kifejtő elemek (karok, fogantyúk), (2) erőnövelő elemek (csavarok, ékek, stb.), (3) erőátadó elemek (nyomószaruk, nyomólapok stb.).



3-8. ábra. A szorítóeszközök fő részei  
1- erő kifejtő, 2- erőnövelő, 3- erőátadó elem

Erősokszorozó vagy erőnövelő elemként leggyakrabban az önzáró lejtő valamilyen változatát alkalmazzuk (ék, csavar, excenter). E mellett különböző karos mechanizmusok is alkalmazhatók, esetenként az önzáró lejtő és karos mechanizmusok kombinációja is előfordul. A 3-9. ábra a leggyakrabban alkalmazott erőnövelő megoldásokat szemlélteti.



$F_A$  ( $M_A$ ) – aktiváló erő (ill. nyomaték)  
 $F_S$  – szorítóerő

3-9. ábra. Gyakran alkalmazott erőnövelő megoldások: a) csavar, b) excenter, c) ék, d) karos mechanizmus, e) kétkarú emelő, f) csavar és ék kombináció [26]

### 3.2.1 Ékszorítás

Az ékszorítást közvetlenül ritkán használjuk, de különböző szorítómechanizmusokban gyakran alkalmazzuk. Megismerése azért is jelentős, mert az önzárás itt elemezhető legegyszerűbben, és az önzáró lejtő elvét más szorítási módoknál is használjuk (csavarszorítás, szorító excenter).

#### Az ékszorítás erőjátéka

Első megközelítésben vizsgáljuk meg a súrlódás figyelembe vétele nélkül az erőhatásokat (3-10. a) ábra). A szükséges szorítóerő értékéből kell kiindulni, amelyet a 3.1.2 fejezet szerint határozzunk meg. Az ékre három erő hat, az egyensúly feltétele (erőháromszög) alapján felírható:

$$F_A = F_s \cdot \operatorname{tg} \alpha \qquad F_n = \frac{F_A}{\sin \alpha} = \frac{F_s}{\cos \alpha}$$

ahol:

$F_A$	az ékre ható külső (aktiváló) erő
$F_s$	a munkadarabra ható szorítóerő
$F_n$	a lejtő felületére ható merőleges erő
$\alpha$	az ékszög

A valóságban természetesen súrlódás is jelentkezik és ennek köszönhetően önzárás léphet fel, ami azt jelenti, hogy az  $F_A$  erő megszűnése után sem oldódik a szorítás (3-10 b) ábra).

Általános esetben a működő felületeken különböző a súrlódási tényező értéke ( $\mu_1, \mu_2$ ) és ennek megfelelőek a súrlódási erők:

$$F_{\mu 1} = \mu_1 \cdot F_n, \qquad F_{\mu 2} = \mu_2 \cdot F_s$$

A súrlódási félkúpszögek:

$$\operatorname{tg} \rho_1 = \frac{F_{\mu 1}}{F_n} = \mu_1 \qquad \operatorname{tg} \rho_2 = \frac{F_{\mu 2}}{F_s} = \mu_2$$

A működő felületekre ható erők a súrlódás figyelembevételével:

$$F_{R2} = \frac{F_s}{\cos \rho_2},$$

$$F_{R1} = \frac{F_n}{\cos \rho_1} = \frac{F_s}{\cos(\alpha + \rho_1)}$$

Az aktiváló erő szükséges értéke az erőháromszög alapján:

$$F_A = F_{R1} \cdot \sin(\alpha + \rho_1) + F_{R2} \cdot \sin \rho_2.$$

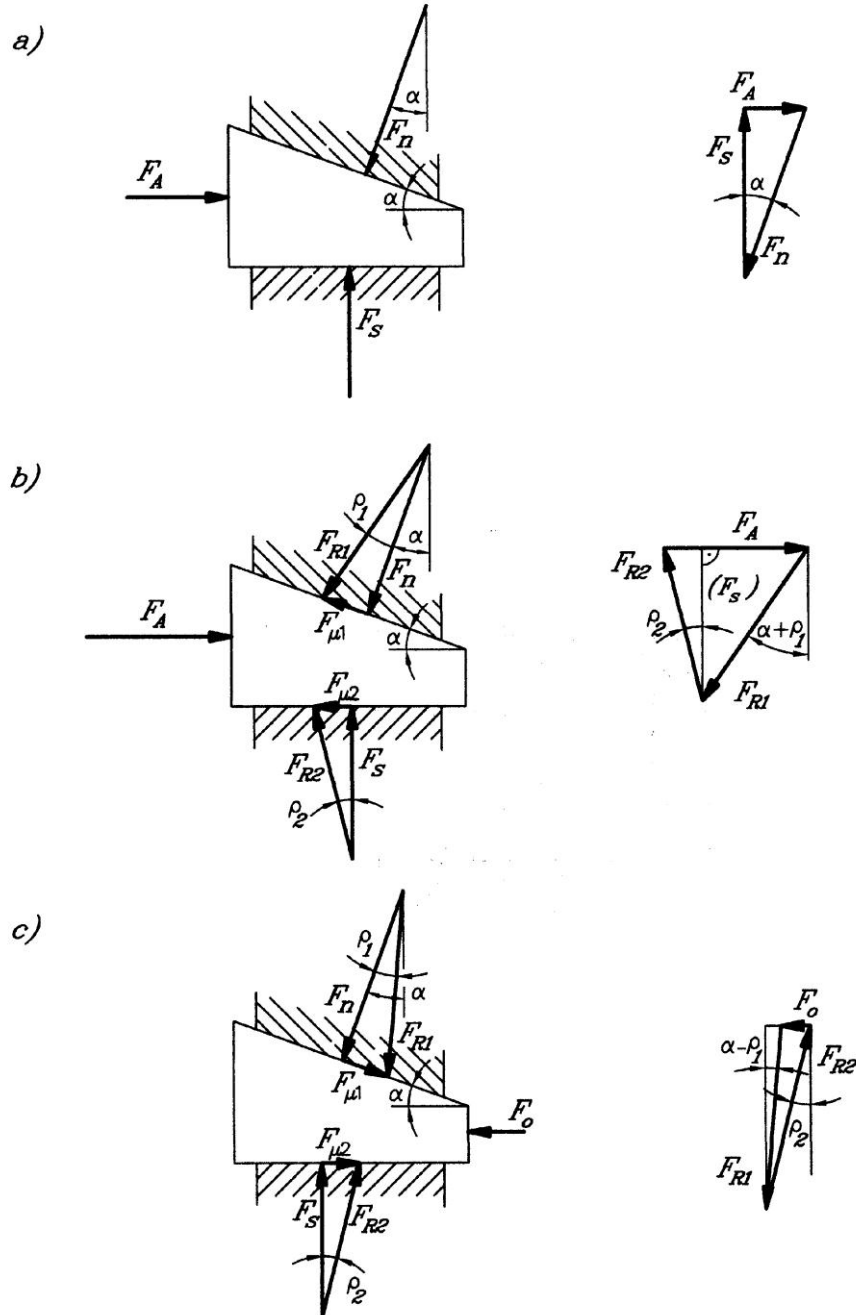
Ha a fenti képletbe behelyettesítjük az  $F_{R1}$  és  $F_{R2}$  –re felírt kifejezést, megkapjuk az aktiváló erő értékét a szükséges szorítóerő függvényében:

$$F_A = F_s \cdot [\operatorname{tg}(\alpha + \rho_1) + \operatorname{tg} \rho_2].$$

Fontos megvizsgálni az önzárás feltételét is (3-10 c) ábra). Az ékszorítás akkor önzáró, ha a kioldás csak valamilyen erő hatására ( $F_o$ ) jön létre. A kioldó erő meghatározását hasonló módom

végezhetjük, mint az aktiváló erőt, figyelembe véve, hogy a súrlódási erők iránya most megváltozik:

$$F_{R2} = \frac{F_s}{\cos \rho_2}, \quad F_{R1} = \frac{F_s}{\cos(\alpha - \rho_1)}$$



3-10. ábra. Az ékszorítás erőjátéka

a) a súrlódás elhanyagolása mellett, b) szorítás a súrlódás figyelembe vételével, c) oldás

Az erőháromszög alapján (3-10. c) ábra):

$$F_o = F_{R2} \cdot \sin \rho_2 - F_{R1} \cdot \sin(\alpha - \rho_1), \text{ illetve}$$



$$F_o = F_s \cdot [tg\rho_2 - tg(\alpha - \rho_1)]$$

Az önzárás határesetének tekinthetjük azt az esetet amikor  $F_o = 0$ . A fenti kifejezést elemezve megállapítható, hogy ez akkor következik be, ha a szögletes zárójelben lévő kifejezés nulla lesz, illetve:

$$tg\rho_2 - tg(\alpha - \rho_1) = 0, \quad tg\rho_2 = tg(\alpha - \rho_1)$$

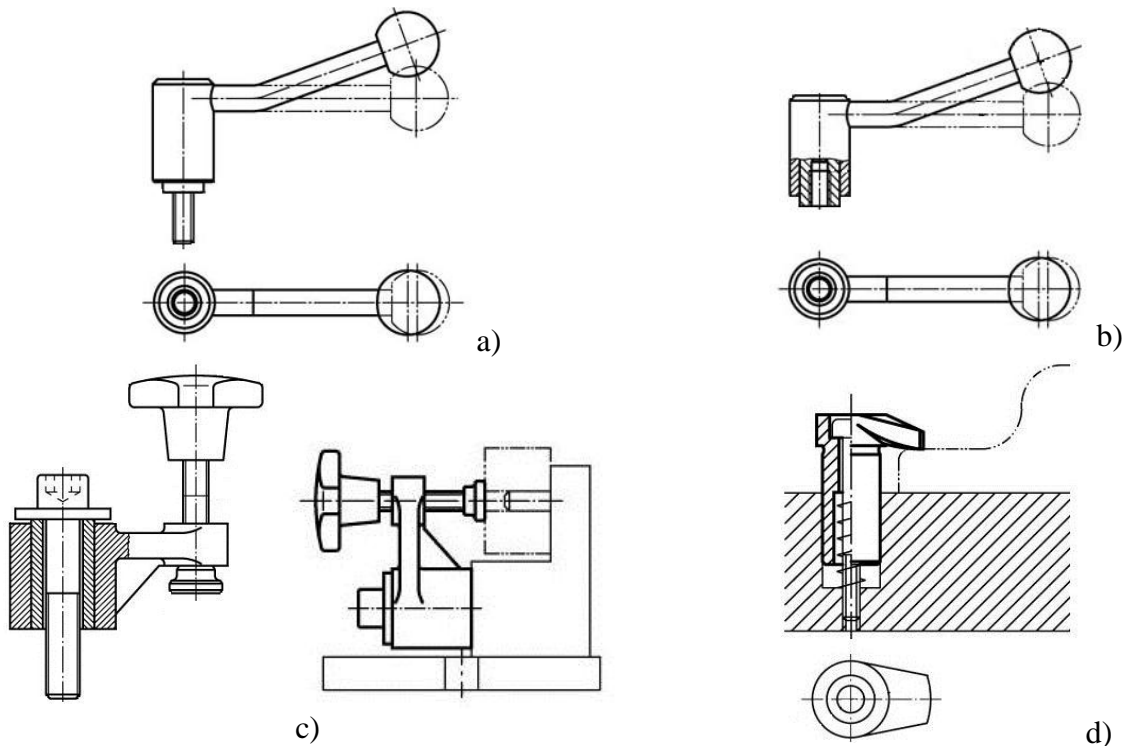
Ha feltételezzük, hogy  $\rho_1 = \rho_2 = \rho$ , és hogy kis szögeknél a szög tangense megközelítően megegyezik a szög radiánban mért értékével, a fenti feltétel a következő formában írható fel:

$$\alpha = 2\rho$$

Tehát az ékszögnek kisebbnek, vagy legfeljebb egyenlőnek kell lennie a súrlódási félkúpszög kétszeresénél. A gyakorlatban a súrlódó felületek anyaga acél és felvehető a súrlódási tényező értéke  $\mu = tg\rho = 0,1$ . Ez  $\rho = 5,71^\circ$  foknak felel meg és ennek megfelelően az ékszög határértéke  $\alpha = 11,42^\circ$ . Ez megközelítően 1:5 lejtésnek felel meg, a gyakorlatban ennél jóval kisebb értéket alkalmazunk, legtöbbször 1:10 vagy 1:20.

### 3.2.2 Csavarszorítás

Csavarszorítás alkalmazása viszonylag gyakori, ami első sorban annak köszönhető, hogy csavarokkal nagy szorítóerő fejthető ki és a szabványos csavarok mind önzáróak, ami szorításnál fontos. A szabványos menetek közül leginkább a metrikus menet, metrikus finom menet és a trapézmenet kerül alkalmazásra. Megkülönböztetünk közvetlen- és közvetett csavarszorítást.



3-11. ábra. Közvetlen csavarszorítás (Kipp)

a) karos szorítócsavar, b) karos szorítóanya, c) elfordítható szorítócsavar, d) kampós szorítóvas

### 3.2.2.1 Közvetlen csavarszorítás

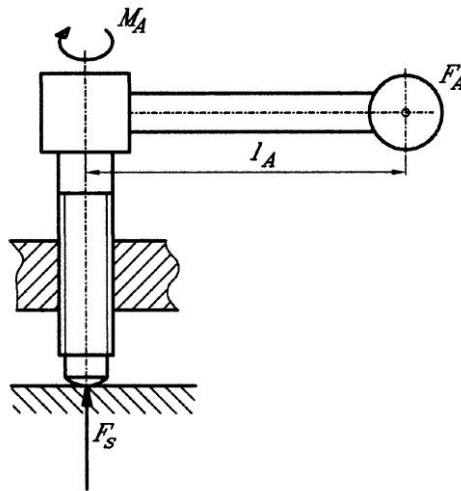
Közvetlen csavarszorításról beszélünk, ha a csavarmenettel létrehozott szorítóerőt közvetlenül használjuk fel szorításra. Ennek a legegyszerűbb változata az egyszerű szorítócsavar vagy a szorítóanya, de ide soroljuk az elfordítható szorítócsavart és a kampós szorítóvasat is (3-11. ábra).

#### A csavarszorítás erőjátéka

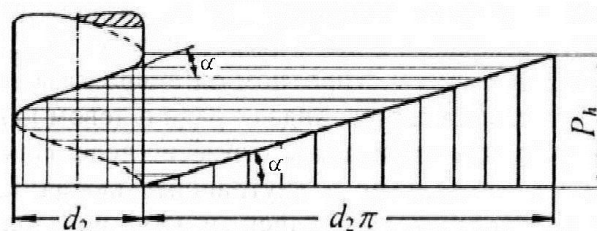
Az aktiváló erővel ( $F_A$ ), és egy szorítókar segítségével egy aktiváló forgatónyomatékokot hozunk létre ( $M_A$ ) (3-12. ábra). Ez a menet középátmérőjén ható tangenciális erőt ( $F_t$ ) fejt ki:

$$M_A = F_A \cdot l_A = F_t \cdot \frac{d_2}{2} \quad \text{illetve} \quad F_t = \frac{2 \cdot M_A}{d_2} = \frac{2 \cdot F_A \cdot l_A}{d_2}$$

ahol:  $F_A$  az aktiváló erő. Kézi szorításnál 150 N értéket ne haladjon meg.  
 $l_A$  az erőkar hossza  
 $d_2$  a menet középátmérője



3-12. ábra. Közvetlen csavarszorítás



3-13. ábra A csavarmenet származtatása

A szorítóerőt az ékszorításnál levezetett összefüggések alapján határozzuk meg, ugyanis a csavarvonal nem más, mint egy hengerre csavart lejtő (3-13. ábra). Az ékre, ill. az orsómenetre ható erők és a vektorábra (3-14. ábra) alapján írható fel a következő összefüggés:

$$F_s = \frac{F_t}{\operatorname{tg}(\alpha + \rho_n)} = \frac{2 \cdot F_A \cdot l_A}{d_2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho_n)},$$

ahol:  $\alpha$  a menetemelkedési szög  
 $\rho_n$  módosított, vagy redukált súrlódási félkúpszög

A módosított, vagy redukált súrlódási félkúpszög ( $\rho_n$ ) jelentősége abban van, hogy ezzel vesszük figyelembe a különböző menetprofilok profilszögét. Ugyanis a menetoldalra merőleges normál-erő fejt ki a súrlódást és könnyen belátható, hogy a normálerő nem csak a menetemelkedési szög függvénye, hanem a profilszögé is (3-15. ábra).

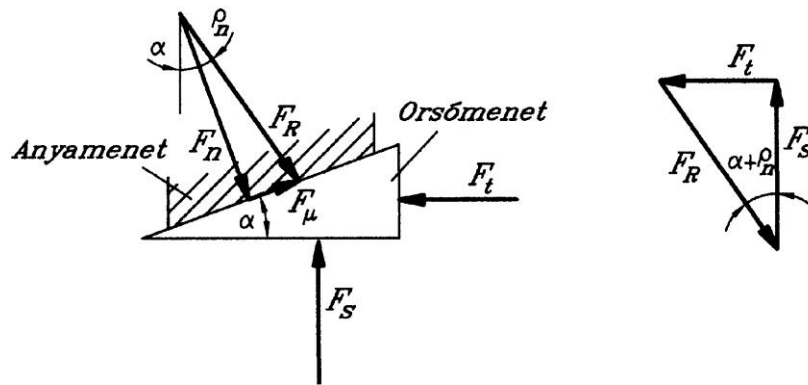
A súrlódási erő lapos menet esetében:

$$F_\mu = F_n \cdot \mu,$$

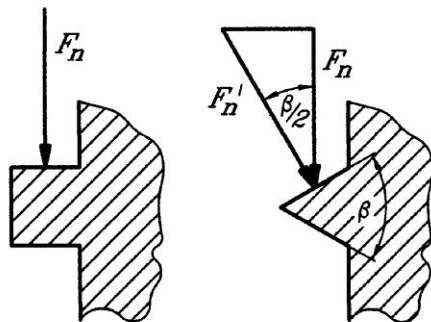
míg métermenet vagy trapézmenet esetén:

$$F_\mu = F_n' \cdot \mu = F_n \cdot \frac{\mu}{\cos \frac{\beta}{2}} = F_n \cdot \mu_n, \quad \mu_n = \frac{\mu}{\cos \frac{\beta}{2}}$$

ahol:  $\mu$  súrlódástényező  
 $F_n'$  a menetoldalra merőleges erő (3-15. ábra)  
 $\mu_n$  redukált súrlódástényező,  $\mu_n = \operatorname{tg} \rho_n$



3-14. ábra. A csavarszorítás erőjátéka



a) b)

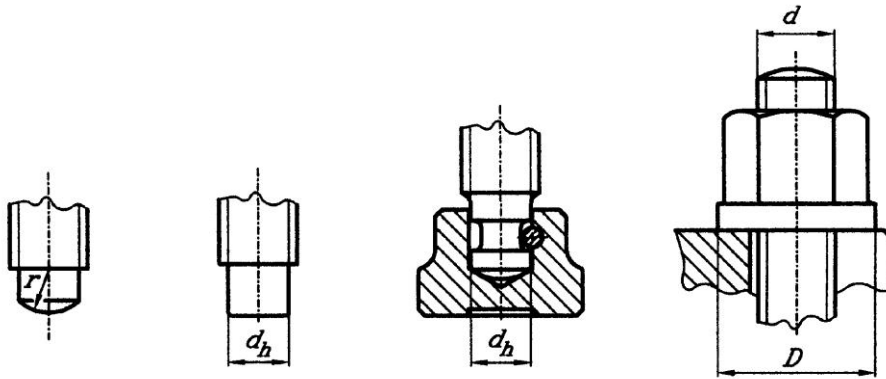
3-15. ábra. Normálerő

a) lapos menet esetén, b) métermenet esetén

A szorítási erő értékét a menetemelkedési szög és a redukált súrlódási félkúpszög mellett befolyásolják az erőátadás helyén fellépő súrlódási veszteségek is. Az aktiváló nyomaték egy részét az erőátadás helyén keletkező „súrlódási nyomaték” használja fel és így a csavaron ténylegesen ható hasznos nyomaték a kettő különbsége lesz:

$$M_{cs} = M_A - M_{\mu}$$

A nyomaték-veszteség értéke nagyban függ az erőátadás módjától. A gyakorlatban az erőátadás négy tipikus esetét lehet megkülönböztetni: (1) gömbfelületű csavarvégződéssel, (2) hengeres csavarvégződéssel, (3) nyomósarúval, (4) csavaranyával. A felsorolt esetek a 3-16. ábrán láthatók.



3-16. Az erőátadás tipikus esetei

Gömbfelületű csavarvégződés esetén az erőátadás elméletileg egy pontban történik. Ezért ennél az esetnél a nyomaték-veszteség nulla. Meg kell azonban jegyezni, hogy gömb- és síkfelület érintkezésnél Herz feszültség jelentkezik, minek eredményeként az elméletileg egy pontban történő érintkezés gyorsan egy kis göbbsüvegszerű felületbe megy át, sőt nagyobb szorítóerő alkalmazásánál szorítási nyomok maradhatnak a munkadarabon (plasztikus alakváltozás). Ilyenkor ennél az esetnél is a (2) esetben használatos képletet kell alkalmazni.

Hengeres csavarvégződés esetén az érintkezés körfelület melynek átmérője az él-lekerekítés miatt

$$d_h^{\wedge} = 0,8 \cdot d_h.$$

Ahol  $d_h$  a csavarvégződés hengeres részének az átmérője.

Az erőátadásnál jelentkező súrlódási erő nyomatéka [9]:

$$M_{\mu} = F_s \cdot \mu_2 \frac{d_h^{\wedge}}{4},$$

ahol:  $\mu_2$  a csavarvégződés és a munkadarab közötti súrlódási tényező.

Ezt figyelembe véve, a nyomatékok egyensúlyából felírható a tényleges szorítóerő értéke:

$$M_A = M_{cs} + M_{\mu}$$

$$F_A \cdot l_A = F_t \cdot \frac{d_2}{2} + F_s \cdot \mu_2 \cdot \frac{d_h^{\wedge}}{4} = F_s \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho_n) + F_s \cdot \mu_2 \cdot \frac{0,8 \cdot d_h}{4}$$

$$F_s = \frac{2 \cdot F_A \cdot l_A}{d_2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho_n) + \mu_2 \cdot 0,4 \cdot d_h}.$$

Nyomósaru alkalmazásánál elméletileg egy körvonal mentén érintkezik a nyomósaru belső kúpos felülete a legömbölyített végződésű csavarral. Durván azt vehetjük, hogy a kör átmérője  $0,8 \cdot d_h$ , így a nyomaték:

$$M_\mu = F_s \cdot \mu_2 \frac{0,8 \cdot d_h}{2}.$$

A szorítóerő, pedig a következő képlettel számítható:

$$F_s = \frac{2 \cdot F_A \cdot l_A}{d_2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho_n) + \mu_2 \cdot 0,8 \cdot d_h}.$$

Anyával történő szorítás esetén az érintkezés egy körgyűrű alakú felületen van. Kis egyszerűsítéssel elfogadható, hogy a súrlódási erő nyomatékát a körgyűrű középsugarának és a súrlódási erőnek a szorzata adja:

$$M_\mu = F_s \cdot \mu_2 \frac{D_m}{2},$$

ahol:  $D_m \approx \frac{D+d}{2}$  az érintkezési felület középátmérője

$D$  az alátét vagy az anya érintkezési felületének külső átmérője,

$d$  a csavar névleges átmérője.

$\mu_2$  a csavaranya és a munkadarab közötti súrlódási tényező, megközelítően  $\mu_2 = 0,25 \dots 0,3$ .

A szorítóerő értéke a következő képlettel számítható:

$$F_s = \frac{2 \cdot F_A \cdot l_A}{d_2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho_n) + \mu_2 \cdot D_m}.$$

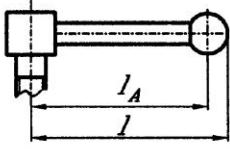
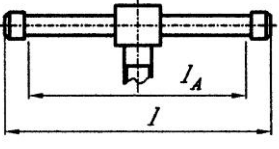
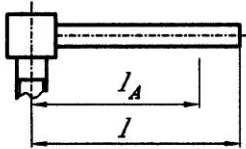
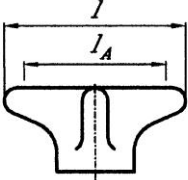
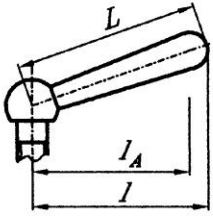
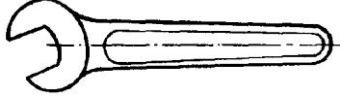
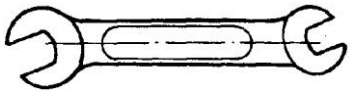
A kézi, aktiváló erő ( $F_A$ ) értéke, amellyel számolhatunk, függ a szorítás gyakoriságától és természetesen a dolgozó erőnlététől, irányadó értékek a 3-1. táblázatban találhatóak.

3-1. táblázat. A kifejthető kézi erő irányadó értékei [9].

A munkavégző neve	Két szorítás közötti időszak (min)	Kézi erő $F_A$ (N)
Férfi	$\geq 1$	150
	$< 1$	100
Nő	$\geq 1$	75
	$< 1$	50

Az erőkar hossza ( $l_A$ ) valamivel kisebb, mint a szorítókar szerkesztési hossza ( $l$ ), mivel a kézi erőt nem tudjuk közvetlenül a szorítókar szélső pontjára kifejteni. A szokásos erőkar kialakítások esetére a 3-2. táblázatban található összefüggések alkalmazhatók az erőkar meghatározásához.

3-2. táblázat. Az erőkar meghatározása.

A szorítókar kialakítása	Az erőkar $l_A$	A szorítókar kialakítása	Az erőkar $l_A$
	$l_A$		$l_A = l - 20 \text{ mm}$
	$l_A = l - 50 \text{ mm}$		$l_A = 0,75 \cdot l$
	$l_A = l - 30 \text{ mm}$		$l_A = 17,5 \cdot d$
			$l_A = 12,5 \cdot d$

### 3.2.3 Excenter szorítás

Az excenter szorítás is az önzáró lejtő alkalmazásán alapul (meghajlított ék), ui. az excenter tárcsát kézi erő nyomatékával az excenter-csap és a munkadarab közé ékeljük. Gyors szorítást tesz lehetővé, de a szorítóerő jelentősen kisebb mint csavarszorításnál. Szorításkor vonal mentén érintkezik a munkafelület, ezért gyorsan kopik. Kialakításából adódóan a szorítási út korlátozott, az excentricitás ( $e$ ) kétszerese. Ha a szorítás helyén nagy a méretszóródás, vagy forgácsolás közben erős rezgések lépnek fel, excenter szorítást nem ajánlatos alkalmazni. Szorítófelületként használható (1) logaritmikus spirál, (2) archimedesi spirál vagy (3) excentrikusan elhelyezett kör. Az egyszerű gyárthatósága miatt igen gyakori a kör-excenter alkalmazása (3-17. ábra), de ennek az a hátránya, hogy a szorítóerő értéke nem állandó a teljes szorítási tartományban, mivel az emelkedési szög ( $\alpha$ ) változó: amikor az érintkezés az A pontban van, az emelkedési szög nulla,  $\varphi=90^\circ$  elfordulásnál a maximális ( $\alpha_{\max}$ ) és ezután csökken majd a B pontban újra nulla értéke van. Ezért csak a középső rész használható ( $\varphi=60-120^\circ$ ) szorításra.

Az önzárás feltételét a legnagyobb emelkedési szög ( $\alpha_{\max}$ ) esetére kell meghatározni (3-17. ábra) és megfogalmazható úgy, hogy az excenter önzáró mindaddig amíg az oldáshoz erőt ill. nyomatékot kell alkalmazni. A határ eset az, amikor egyensúlyi állapotban a kézi erő nulla. A 3-17. ábra jelöléseit használva, a nyomatékok egyensúlya felírható:

$$F_A \cdot l_A = F_s \cdot e + F_{\mu 1} \cdot \frac{D}{2} + F_{\mu 2} \cdot \frac{d}{2}$$

ahol:

$$F_{\mu 1} = F_s \cdot \mu_1 \quad \text{súrlódási erő az excenter és a munkadarab között,}$$

$$F_{\mu 2} \approx F_s \cdot \mu_2 \quad \text{súrlódási erő az excenter és az excenter-csap között}$$

Határesetet véve:

$$0 = F_s \left( e + \mu_1 \cdot \frac{D}{2} + \mu_2 \cdot \frac{d}{2} \right).$$

Mivel a szorítóerő nem lehet nulla, úgy a zárójelben lévő kifejezésnek kell nullával egyenlőnek lenni, azaz

$$0 = e + \mu_1 \cdot \frac{D}{2} + \mu_2 \cdot \frac{d}{2}.$$

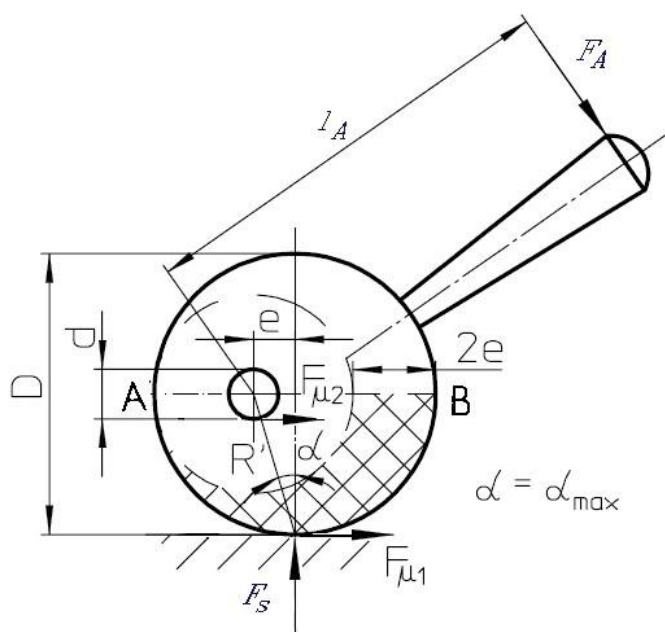
Ha a súrlódási tényezők azonosak (például ha acélból készül a tárcsa és a csap és a munkadarab is acél, akkor  $\mu_1 = \mu_2 = 0,1$ ), a fenti kifejezés egyszerűbbé válik:

$$-e = \mu \cdot \frac{1}{2}(D + d) = \frac{1}{20}(D + d)$$

Ha felvesszük a gyakorlatban javasolt átmérő összefüggést:  $d = \frac{1}{3} \cdot D$

$$-e = \frac{1,33}{20} D = 0,066 \cdot D, \text{ illetve}$$

$$|e| \leq \frac{D}{15}.$$



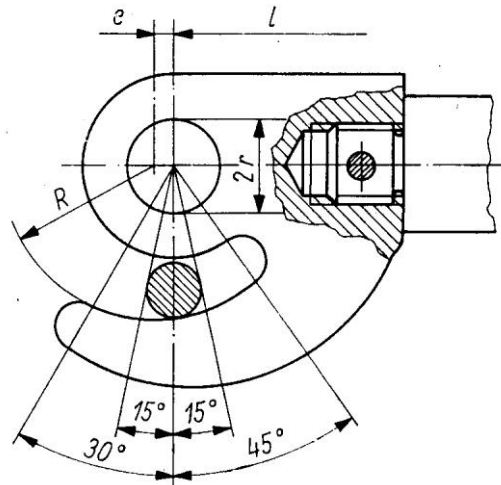
3-17. ábra. Excenter szorítás

A nyomatékok egyensúlyából kifejezhető a szorítóerő is:

$$F_A \cdot l_A = F_s \cdot e + F_{\mu 1} \cdot \frac{D}{2} + F_{\mu 2} \cdot \frac{d}{2} = F_s \left( e + \mu_1 \cdot \frac{D}{2} + \mu_2 \cdot \frac{d}{2} \right)$$

$$F_s = \frac{F_A \cdot l_A}{e + \mu_1 \cdot \frac{D}{2} + \mu_2 \cdot \frac{d}{2}}.$$

A 3-17. ábrán látható ún. nyomó excenterek mellett esetenként húzó excentert (3-18. ábra), vagy excenter tengelyeket is használnak. A kopás mérséklése érdekében az excenterek leggyakrabban C15 acélból készülnek, cementálni és edzeni kell 48-52 HRC keménységre.

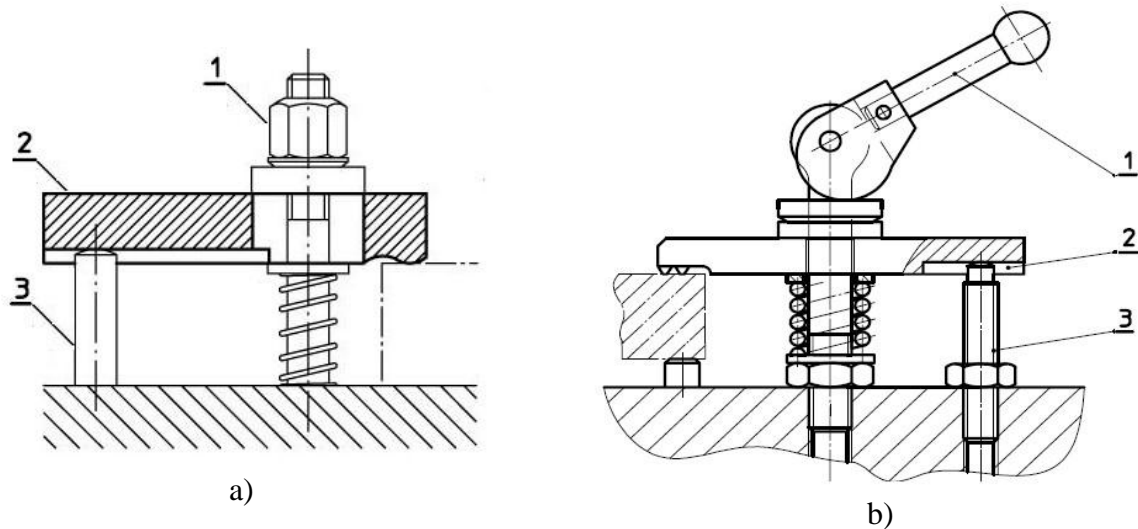


3-18. ábra. Húzó excenter

Az excenterek készen is megvásárolhatók, ezek működő felülete leginkább archimedeszi spirál.

### 3.2.4 Szorítóvasak

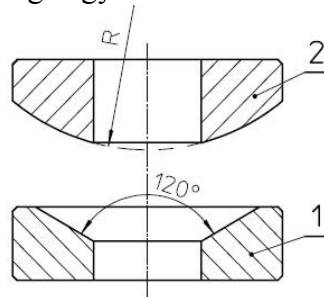
A szorítóvasak egyszerű és viszonylag olcsó szorítószerkezetek, az egy- és kétkarú emelő elvén működnek. Alapeleme a szűkebb értelemben vett szorítóvas, ill. kéttámaszú tartó, amely egyik végével a munkadarab felültére támaszkodik, a másikkal pedig egy támasztócsapra. A szorítóerőt csavar- vagy excenter szorítással hozzuk létre (3-19. ábra).



3-19. ábra. Szorítóvas [30]  
a) csavarszorítással, b) excenter szorítással



Sokféle szabványos kialakításuk van, de alakjuk eltérhet a szabványtól. Anyaguk lehet szerkezeti acél (E 295, E 315) vagy nemesített acél (2C45). Edzett állapotban a megmunkált felületet megsérthetik. A munkadarab méretszóródása következtében a szorítóvas helyzete is változik, ezért a csavaranya és a szorítóvas közé mindig kagylós és lencsesz alátétpárt kell elhelyezni (3-20. ábra).



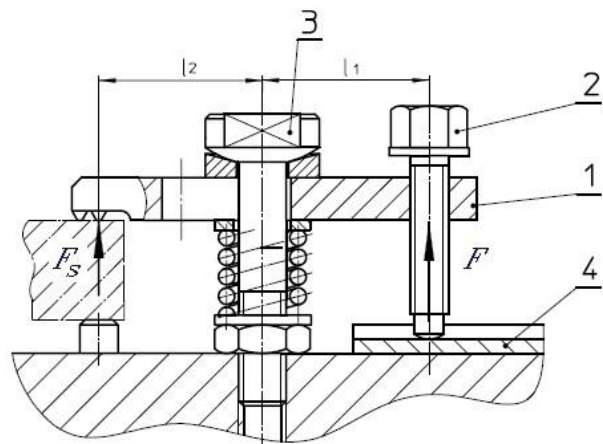
3-20. ábra. Kagylós és lencsesz alátétpár  
1- kagylós alátét, 2- lencsesz alátét

Az erőbevezetés- és a szorítóerő helye szerint három tipikus elrendezést különböztetünk meg. A megvalósítható szorítóerőt a bevezetett erő, az emelő jellemző hosszmeretei és az elrendezés-típus függvényében a 3-3. táblázat rendszerezi.

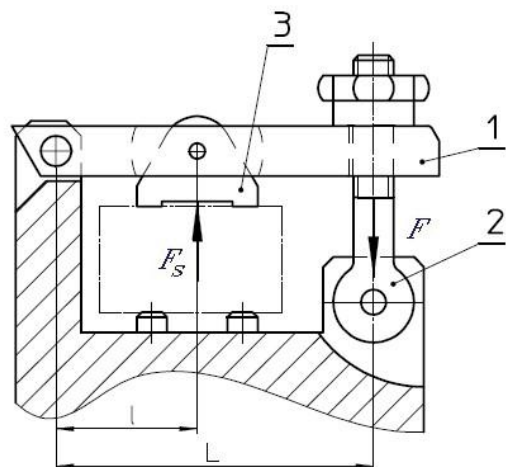
3-3. táblázat. A szorítóerő meghatározása

Az elrendezés típusa	Elvi vázlat	Szorítóerő
Erőbevezetés a támasz és a szorítás helye között.		$F_s = F \cdot \frac{l_1}{l_1 + l_2}$
Erőbevezetés az emelő végén, támasz a közepén		$F_s = F \cdot \frac{l_1}{l_2}$
Erőbevezetés az emelő végén, szorítás a közepén		$F_s = F \cdot \frac{L}{l}$

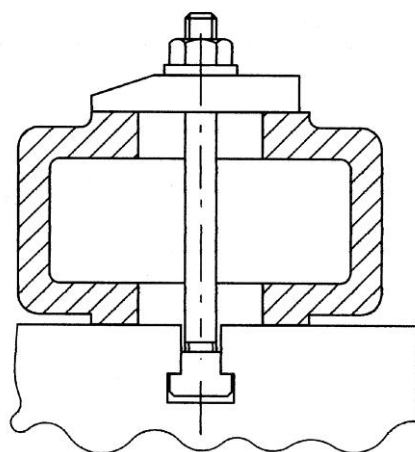
A 3-19, 3-21 és 3-22 ábrákon egy-egy példa látható a felsorolt elvi megoldásokra. Meg kell említeni, hogy létezik egy negyedik változat is, amikor a munkadarabot egy átmenő furaton keresztül szorítjuk (3-23. ábra), de a szorítóerő tekintetében ez a közvetlen csavarszorításhoz sorolható.



3-21. ábra. Szorítóvas, erőbevezetés az emelő végén, támasz a középén



3-22. ábra. Szorítóvas, erőbevezetés az emelő végén, szorítás a középén

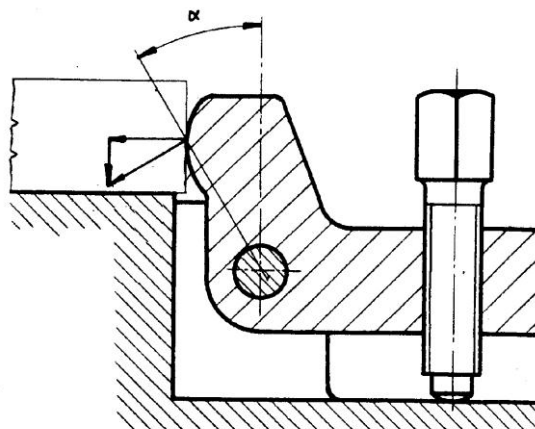


3-23. ábra. Szorítás villás szorítóvassal, átmenő furaton keresztül

### 3.2.5 Szögemelő alkalmazása szorításra

#### Ferde szorítás

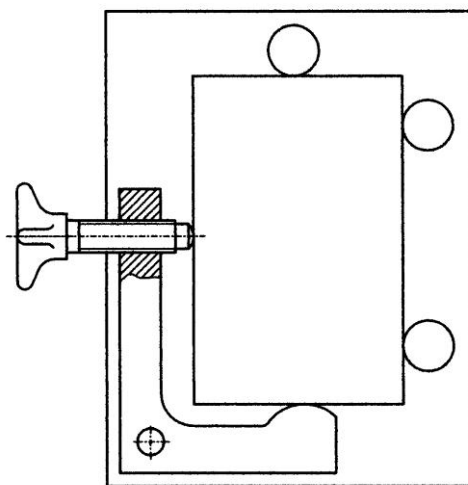
A ferde szorítás a szögemelő elvén működik. Lényeges tulajdonsága, hogy a súrlódás következtében a szorítóerőnek egy lefelé irányuló összetevője is van és így nem áll fenn az a veszély, hogy oldalszorításkor a darab felemelkedik az ülékekről (3-24. ábra).



3-24. ábra. Ferde szorítás

#### Kétirányú szorítás

Szögemelőt használhatunk olyan esetben is amikor egy szorítóelemmel két egymásra merőleges irányban kell a szorítást megoldani (3-25. ábra). Leginkább akkor alkalmazzuk, ha az irányító- és ütköztető síkokra merőlegesen kell egyidejűleg a darabot szorítani.



3-25. ábra. Kétirányú szorítás

### 3.2.6 Központosító szorítás

Központosító szorításnak nevezzük azokat a megoldásokat, amelyek a központosítást és a szorítást ugyanazzal a készülékelemmel végzik. Több megoldás használatos, ezek mindegyike a szorítóelem rugalmas alakváltozása alapján működik.

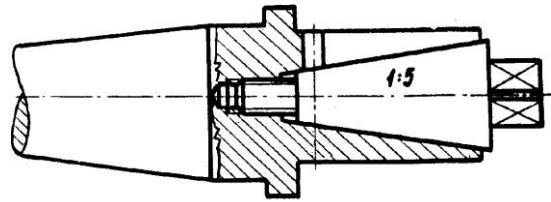
### Egyfelől hasított feszítő tüske

Rövid furattal rendelkező munkadarabok befogására alkalmas. Hátránya, hogy csak a külső széleken tágul (3-26. ábra). A feszítőkúp lehet önzáró, de ez nem feltétlenül szükséges, mivel a kúpot behúzó menetes végződés minden esetben önzáró. A tuskét érthető okokból csak a rugalmassági határon belül szabad deformálni és ez meghatározza az áthidalható furattűrés nagyságát:

$$T = \Delta D \leq 0,002 \cdot D$$

ahol: T a tűrésmező szélesség  
D a furatátmérő

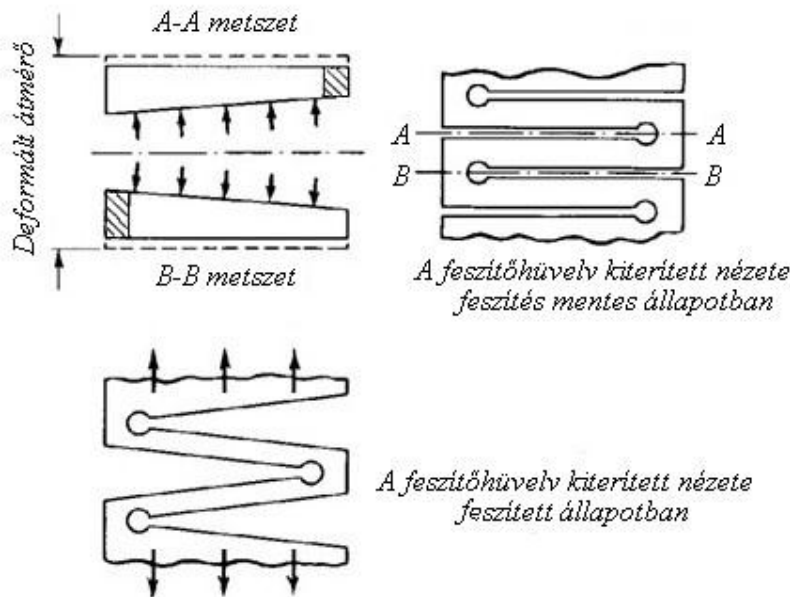
E feltételből adódik, hogy az egyfelől hasított tüske IT8, IT9 minőségű furatok központosítására alkalmas.



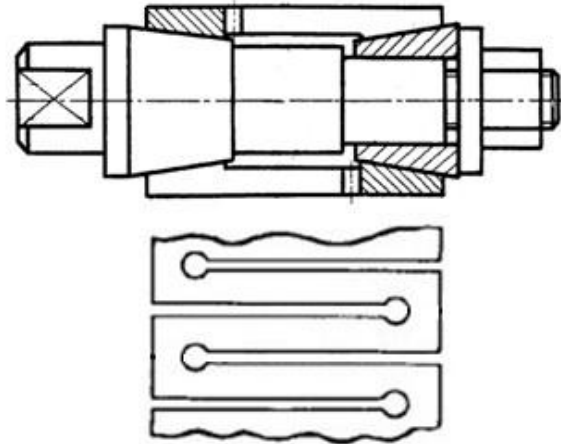
3-26. ábra. Egyfelől hasított feszítőtüske

### Kétfelől váltakozva hasított feszítő hüvelyes tüske

A kétfelől hasított hüvelyes tüske deformált állapotban is hengeres marad, így a központosítás és a szorítás a furat teljes hosszán történik (3-27. ábra). Jól központosít. A hüvelyfeszítés lehet egy kúppal (3-27. ábra) vagy két kúppal (3-28. ábra). Az áthidalható méretszóródás nagyobb mint az egyfelől hasított tuskéknél és ez a megoldás már IT13, IT14 minőségű furatoknál is alkalmazható.



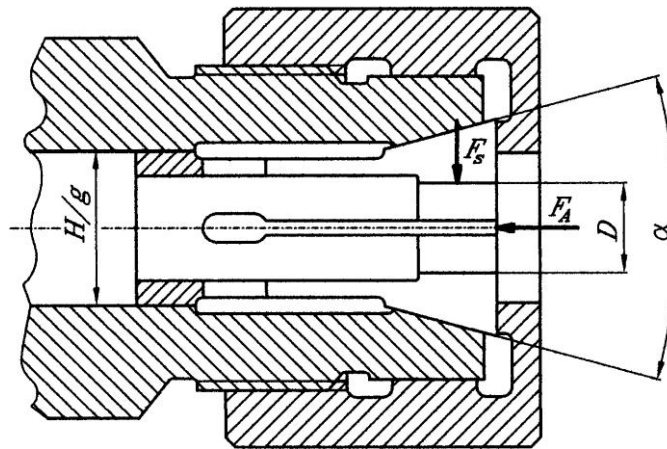
3-27. ábra. Kétfelől hasított hüvelv alakváltozása [26]



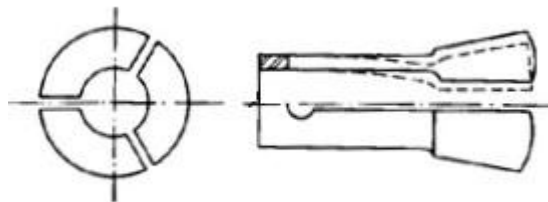
3-28. ábra. Kétfelől hasított hüvelyes túska, kétkúpos feszítéssel

### Szorító hüvelyek (patronok)

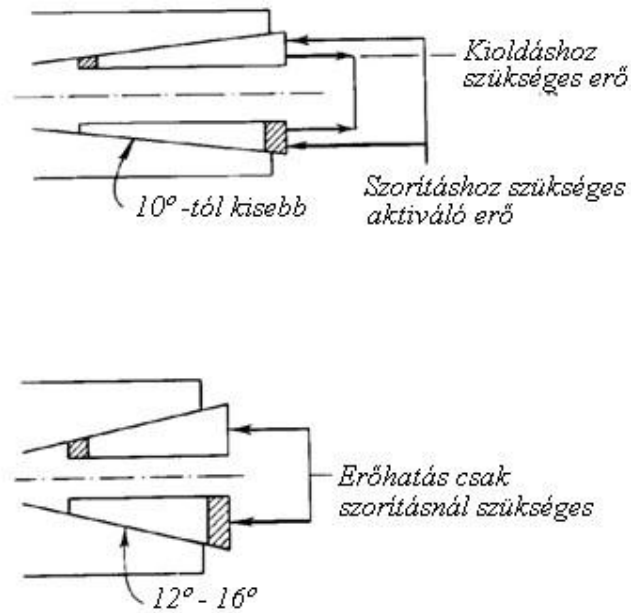
Külső hengeres felületek központosító szorítására szolgálnak (3-29. ábra). A szorítópatronok alakváltozása az egyfelől hasított tuskéhoz hasonló, azzal hogy itt az alakváltozást egy kúpos gyűrű hozza létre (3-30. ábra). A kúpszög értékének függvényében a patron lehet önzáró, de ilyenkor a kioldáshoz megfelelő kioldó erőt kell alkalmazni (3-31. ábra), ezért ezt csak ritkán, elsősorban kisméretű készülékeknél alkalmazzuk.



3-29. ábra. Szorítópatron

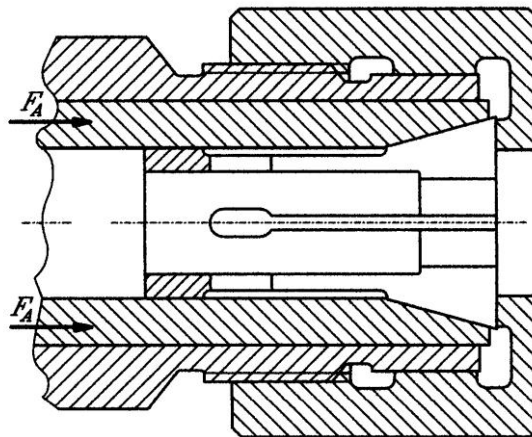


3-30. ábra. A szorítópatron alakváltozása



3-31. ábra. Önzáró és önoldó szorítópatron [26]

Szorítás alkalmával a patron axiális elmozdulásának megfelelő munkadarab elmozdulással is kell számolni. Ha ez gondot okozna, akkor vagy ütközőt kell használni, vagy pedig olyan megoldást kell alkalmazni, ahol nem a patron mozog, hanem a kúpos hüvely (3-32. ábra).



3-32. ábra. Szorítás a patron vagy a kúpos gyűrű elmozdításával

A szorítás elve az ékszorításon alapul, így a szorítóerő és az aktiváló erő összefüggését az ékszorításnál kapott összefüggéssel határozhatjuk meg (3-28. ábra):

$$F_A = F_s \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2} + \rho_1\right).$$

ahol:

- $\alpha$  a kúpszög
- $\rho_1$  súrlódási fél kúpszög a patron és a szorítógyűrű között.

Ha a munkadarab elmozdulását ütköző gátolja, akkor a munkadarab és a patron közötti súrlódást is figyelembe kell venni a szorító- és az aktiváló erő összefüggésben:

$$F_A = F_s \cdot [ \operatorname{tg} \left( \frac{\alpha}{2} + \rho_1 \right) + \operatorname{tg} \rho_2 ],$$

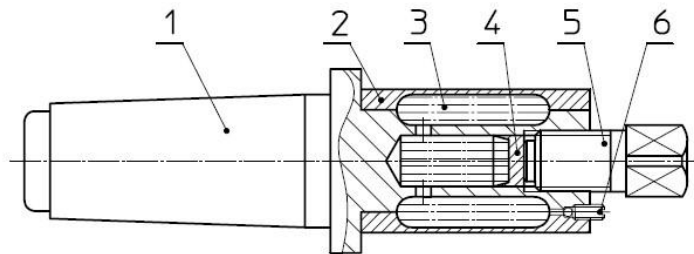
ahol  $\rho_2$  a súrlódási fél kúpszög a patron és a munkadarab között.

A patronok anyaga szerszám- vagy rugóacél, amelyet 62-65 HRc keménységre kell hőkezeln.

### 3.2.7 Hidroplasztikus szorítás

A hidroplasztikus expanziós túske elvi megoldását a 3-33. ábra mutatja. Az (1) alaptestre viszonylag nagy fedéssel (H7/s6) egy (2) vékony falú hüvely van illesztve. Az alptest és a hüvely közötti zárt tér (3) hidroplasztikus anyaggal van kitöltve, amely a (4) dugattyú hatására viszonylag nagy nyomás alá kerül (kb. 100 bár). A hidroplasztikus anyag összenyomhatatlansága folytán rugalmasan deformálja (nyújtja) a készülék központosító hüvelyét. A dugattyú mozgását a (5) csavarral lehet végezni. Fontos követelmény, hogy feltöltés közben légbuborékok ne maradjanak a hidroplasztikus anyagban, ezért szükséges a (6) légtelenítő csavar beépítése. A hidroplasztikus túske jól elkészítve nagyon pontosan központosít (2-3  $\mu\text{m}$ ). Hasonló elven kialakítható hidraulikus expanziós persely is, amellyel külső hengeres felületek befogása is megvalósítható. A vékonyfalú hüvely anyaga 42-44 HRc keménységű rugóacél. Hidroplasztikus anyagként alkalmazható olaj, lágy gumi vagy speciális műanyag. Gyártása igényesebb, mint a mechanikus szerkezeteké. Előnyei a következőkben foglalhatók össze:

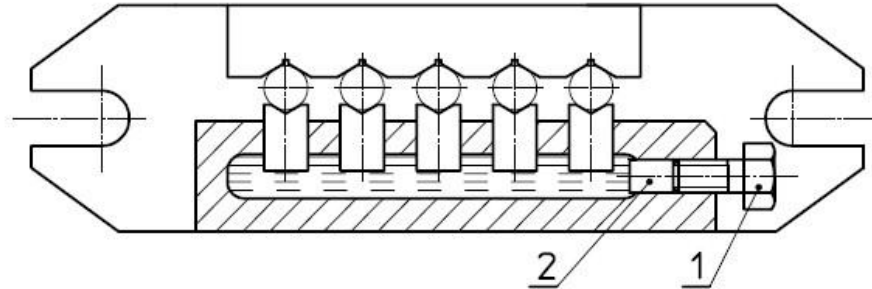
- a szorítóerő az egész felületen egyenletesen oszlik el
- tetszőleges hosszúságban készíthető,
- több különböző átmérőn lehet egyidejűleg központosítani,
- jól elkészítve nagyon pontosan központosít.



3-33. ábra. Hidroplasztikus túske [30]

1-alptest, 2-hüvely, 3-hidroplasztikus anyag, 4-dugattyú, 5-szorítócsavar

Azt a tényt, hogy a nyomás minden irányban egyenletesen terjed, jól ki lehet használni több pozíciós (több munkadarabos) befogó készülékek tervezésénél is. A 3-34. ábrán egy példa látható hidroplasztikus szorítás alkalmazására többpozíciós befogókészülék esetére.



3-34. ábra. Többpozíciós hidroplasztikus befogókészülék  
1- szorítócsavar, 2- dugattyú

### 3.3 GÉPI SZORÍTÁS

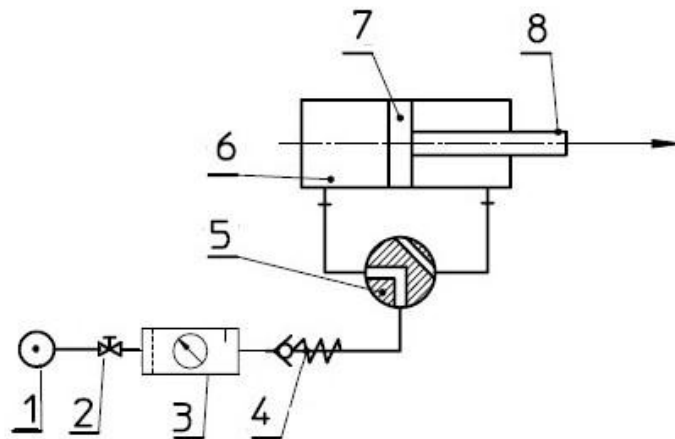
A gépi szorítású készülékek erő kifejtő elemei gépi működtetésűek. Az ilyen készülékek rendszerint drágábbak és a következő előnyöket nyújtják:

- a szorítóerő nagysága állandó és szabályozható
- a dolgozó megkímélhető
- időmegtakarítás

Leggyakoribb a pneumatikus szorítás, esetenként hidraulikus, elektromágneses és vákuumos szorítást is alkalmazunk.

#### 3.3.1 Pneumatikus szorítás

A szorítóerőt egy pneumatikus munkahenger szolgáltatja. Ennek működéséhez szükséges pneumatikus elemek rendszerét a 3-35. ábra szemlélteti.



3-35. ábra Pneumatikus rendszerek jellemző elemei

A sűrített levegő előállítása rendszerint központilag történik egy-egy gyártelepen és onnan megfelelő vezetéseken vezetnek szét a felhasználókhoz, illetve csatlakozó csomópontok vannak rajtuk és ezeket tekinthetjük sűrített levegő forrásnak (1). A csatlakozó csomópont elzáró szeleppel (2) vannak ellátva. Minden felhasználó elé egy levegő előkészítő aggregátot (tápegységet) (3) kell beik-



tatni, amely levegőszűrőből, nyomásszabályozóból és olajozóból áll. A visszacsapó szelep (4) beépítésével akadályozható meg a munkadarab kilazulása, abban az esetben, ha a hálózatban valamilyen okból nyomáscsökkenés lépne fel. A dugattyú (7), ill. dugattyúrúd (8) mozgását a vezérlőszelep (5) vezérli, oly módon, hogy a sűrített levegőt a henger (6) megfelelő csatlakozásához irányítja.

A megvalósítható szorítóerő a dugattyúrúdon:

$$F_s = p \cdot A$$

ahol:  $p$  a levegő nyomása

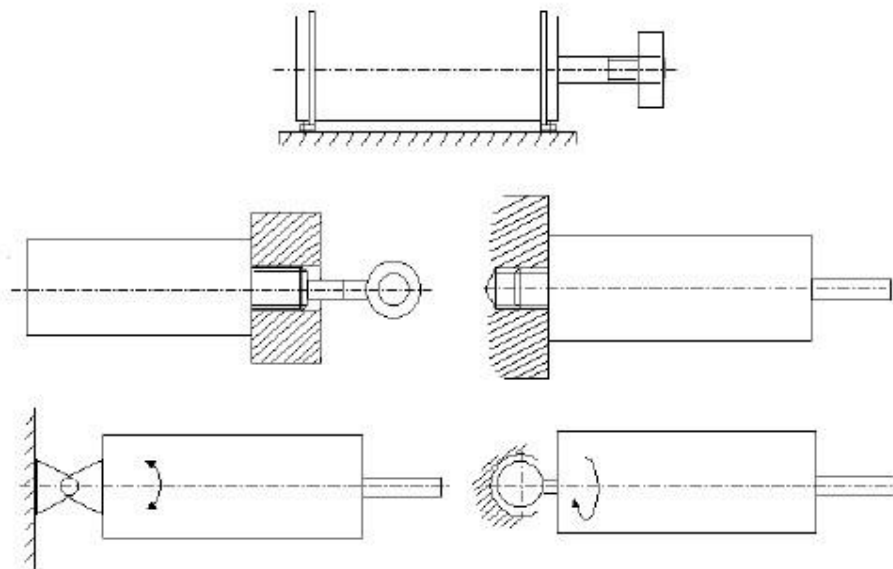
$$A = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \quad \text{a dugattyú felülete,}$$

$D$  a hengerátmérő

A pneumatikus hálózatokban a nyomás általában 4-6 bár, kivételesen 10 bár is lehet. A pneumatikus hengereket és egyéb elemeket rendszerint az arra szakosodott cégektől szerezzük be. A feladat a megfelelő henger kiválasztása a gyártók katalógusából. A szükséges szorítóerőből kiindulva határozzuk meg a dugattyú felületét, ill. a hengerátmérőt:

$$A = \frac{F_s}{p}, \quad D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_s}{p \cdot \pi}}.$$

A számítással kapott átmérő alapján a katalógusból az első nagyobb szabványos átmérőt választjuk. Az átmérő mellett a henger másik paramétere a lökethossz, amelyet a készülék konstrukciós kialakítása szerint kell megválasztani. A pneumatikus munkahengerek beépítési (rögzítési) módja szerint, lehetnek talpas, peremes vagy csuklós kivitelűek (3-36. ábra).



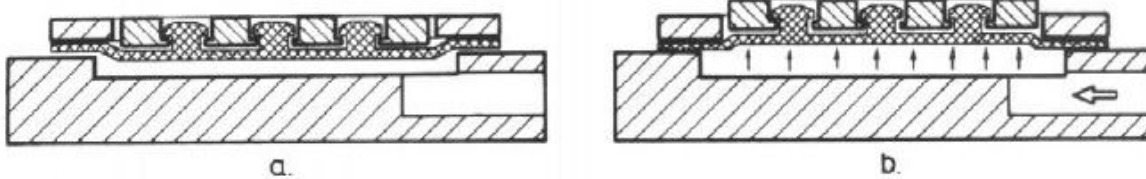
3-36. ábra. Munkahengerek beépítési módzatai

A bemutatott munkahengerek mellett speciálisan szorításra kifejlesztett szorítóhengerek vagy ún. szorítópapucskok is alkalmazhatók (3-37. ábra), amelyek közvetlenül a munkadarab felületére fejtik ki a szorítóerőt. A szorítópapucsra jellemző, hogy a dugattyúnak nagy a felülete és rövid a

lökete (3-38. ábra). Ezek a szerkezeti tulajdonságok magából a kitűzött alkalmazási területből adódnak, ugyanis a szorításhoz nagy erőre és rövid elmozdulásra van szükség.



3-37. ábra. Szögletes és kerek szorítópapucsok (Festo)



3-38. ábra. Pneumatikus szorítópapucs működése  
a) kilazított állapot, b) szorítási állapot

### 3.3.2 Hidraulikus szorítás

Hidraulikus szorítást befogókészülékeknél viszonylag ritkán alkalmazunk. Olyan esetekben indokolt az alkalmazása, amikor nagy szorítóerő szükséges kis hengerméret mellett. A hidraulikus hengerekben ui. az olajnyomás 60-300 bár és így érhetően a hengerméret jelentősen kisebb, mint pneumatikus szorítás esetén. A szorítóeszközt külön hidraulikus tápegység (aggregát) látja el, és ez igen drágává teszi az ilyen megoldásokat.

### 3.3.3 Pneumo-hidraulikus szorítás

A pneumo-hidraulikus szorítás a pneumatikus- és a hidraulikus szorítás előnyeit egyesíti. Nagy szorítóerő létrehozására alkalmazzák ( $F_s = 30-150$  kN). A pneumo-hidraulikus nyomásfokozó, a 4-6 báros levegőnyomást, differenciál dugattyú révén, többszörösen nagyobb olajnyomássá alakítja át (3-39. ábra).

A pneumatikus henger dugattyúján ható erő:

$$F = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot p,$$

a hidraulikus vezetékben létrejövő nyomás:

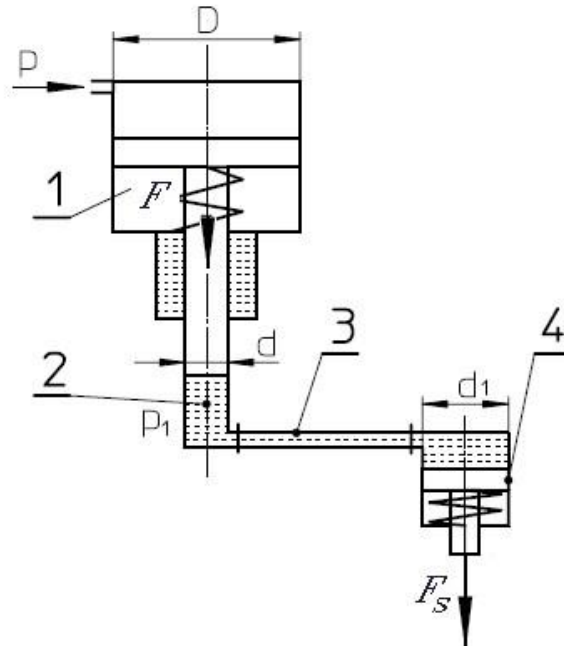
$$p_1 = \frac{F}{\frac{d^2 \cdot \pi}{4}} = \left(\frac{D}{d}\right)^2 \cdot p,$$

a szorítóerő:

$$F_s = \frac{d_1^2 \cdot \pi}{4} \cdot p_1 = \left(\frac{D}{d}\right)^2 \cdot \frac{d_1^2 \cdot \pi}{4} \cdot p.$$

Ahol:

- $p$  levegőnyomás,
- $D$  a pneumatikus henger átmérője,
- $d$  a differenciáldugattyú kisátmérője,
- $d_1$  a hidraulikus szorítóhenger átmérője,
- $p_1$  olajnyomás.



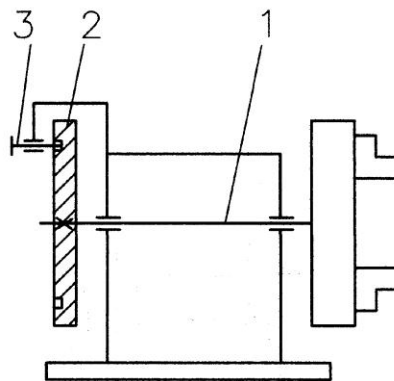
3-39. ábra. Pneumo-hidraulikus nyomásfokozó

## 4. OSZTÓSZERKEZETEK

Gyakori eset, hogy a befogott munkadarab, szerszámhoz viszonyított helyzetét meg kell változtatni anélkül, hogy a munkadarabot kifognánk. A különböző helyzeteket osztóberendezéssel változtatjuk meg. Mozgásirány tekintetében megkülönböztetünk körosztó- és hosszosztó szerkezeteket. Utóbbiak csak ritkán kerülnek alkalmazásra, ezért itt röviden csak a körosztókat tárgyaljuk.

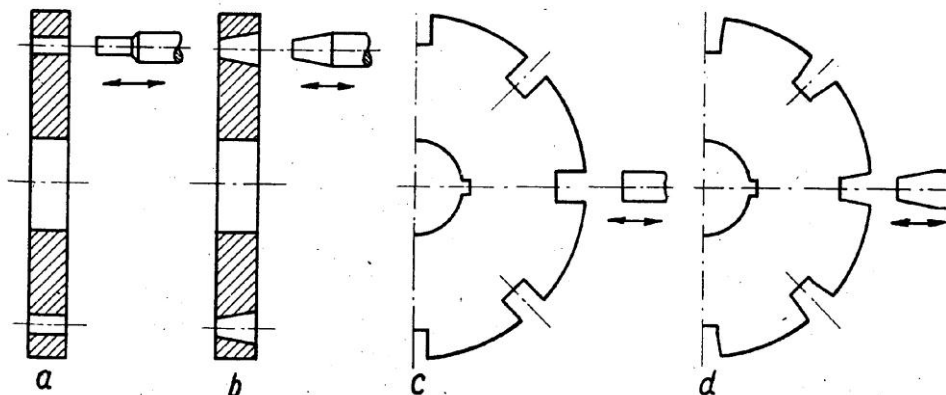
A körosztó szerkezetek fő részei a következők (4-1. ábra):

- osztótengely (1), amely a munkadarab-befogó résszel együtt fordul el,
- osztótárcsa (2), leggyakrabban a tengelyre erősítve,
- retesz (3).



4-1. ábra. Körosztó szerkezet fő részei

Az osztótárcsa rendszerint az osztások számának megfelelő furatokkal, vagy hornyokkal készül (4-2. ábra). Fontos, hogy a furatok (fészkek), minél távolabb legyenek a forgástengelytől, mert ezzel csökkenthető a fészkek és a retesz közötti játékból származó osztáshiba.

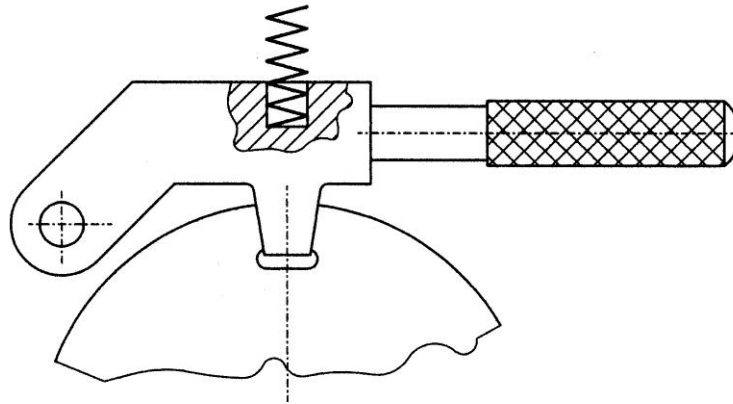


4-2. ábra. Osztótárcsa és retesz kialakítások [23]

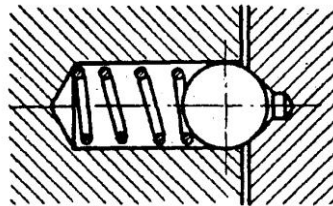
a) hengeres, b) kúpos, c) hasábos, d) ékes

A retesz kialakítása tekintetében a következő megoldások alkalmazhatók:

- hengeres csap (gyártása egyszerű, a fészekből az esetleg odakerült forgácsot kitolja, a fészek és a retesz között bizonyos játék jelentkezik),
- kúpos csap (játék nélküli illeszkedést biztosít, a fészek és a retesz közé forgács szorulhat)
- hasábos (ritkán) és ékes (jellemzőik megegyeznek a hengeres és a kúpos csapnál leírtakkal),
- kilincses retesz esetén a retesz nem egyenes vezetékben, hanem egy csap körül fordul el (4-3. ábra),
- golyós retesz egyszerű szerkezetű, már kis erőhatására is kiold, gyakran segéd szerkezetként alkalmazzuk más reteszelés megkönnyítésére (4-4. ábra).



4-3. ábra. Kilincses retesz



4-4. ábra. Golyós retesz

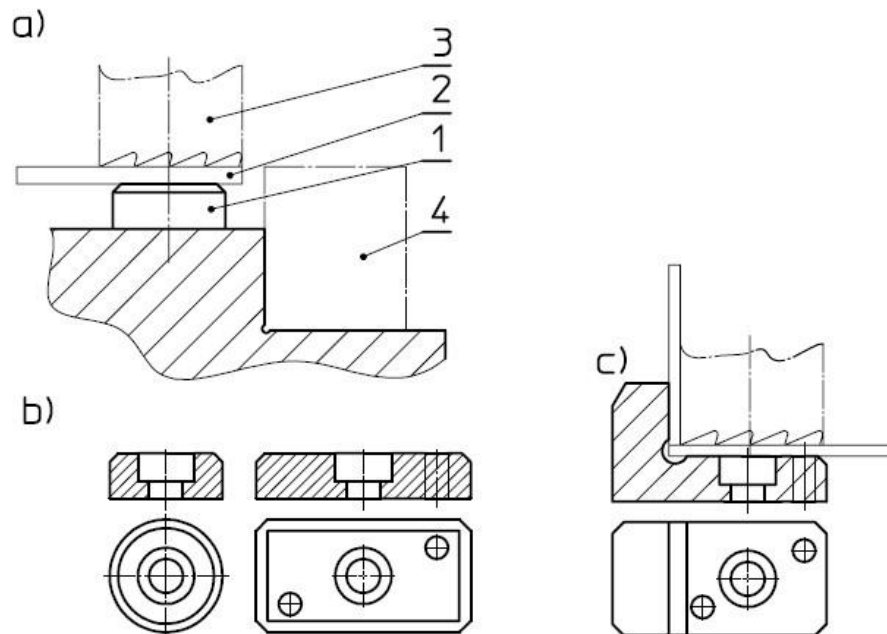
Ha a retesz és a fészek között bizonyos játék van, ez megmunkálás folyamán rezgésekhez vezet, ezért ilyenkor osztás után az osztótárcsát rögzíteni kell. Ezt az esetek többségében, csavar- vagy excenterszorítással lehet megoldani. Az osztótárcsához viszonyított szorítási irány szerint a rögzítés lehet axiális vagy radiális irányú.

A hosszosztó szerkezetek egymástól meghatározott távolságban elhelyezkedő furatok vagy hornyok megmunkálásánál használhatók. A szerkezet mozgó része vezetékben mozgatható, a reteszelés pedig a már ismertetett módon történik.

## 5. SZERSZÁMBEÁLLÍTÓ ÉS SZERSZÁMVEZETŐ ELEMEEK

### 5.1 SZERSZÁMBEÁLLÍTÓ ELEMEEK

A munkadarab helyzetét a készülékben az ülékek határozzák meg, így lényegében gépbeállítás-kor a szerszám élét is az ülékekhez viszonyítva kell meghatározni. Egyedi gyártásnál a szerszámbeállítás próbafogásokkal vagy előrajzolással végezhető. Sorozatgyártásnál viszont célszerű szerszámbeállító elemeket elhelyezni a készüléken. A beállítható méretek, ill. mozgásirányok száma szerint, a szerszámbeállító elemek lehetnek (1) egyirányú beállító elemek vagy (2) kétirányú, ún. sarokbeállító elemek (5-1. ábra). A szerszámbeállító elemek szerszámacélból készülnek, edzés és megeresztés után 57-60 HRC keménységűek. Rendszerint beépítés után síkköszörüléssel munkálják végső méretre. Szerszámbeállítás folyamán a beállító elemre egy a megmunkálási mérethez igazodó alátétet (hézagmérőt) helyeznek. A beállítás után ezt eltávolítva a szerszám szabadon mozoghat. Meg kell jegyezni, hogy korszerű CNC vezérelt gépeken szerszámbeállítás és természetesen a szerszámbeállító elemek sem szükségesek.



5-1. ábra. Szerszámbeállító elemek

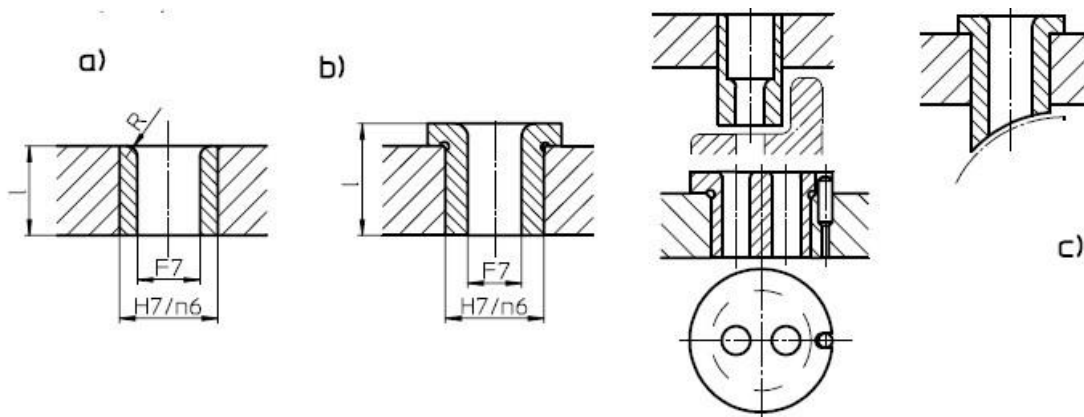
- a) szerszámbeállítás: 1- szerszámbeállító elem, 2- hézagmérő, 3- maró, 4- munkadarab;  
 b) egyirányú beállító elemek kialakítása  
 c) sarokbeállító elem

## 5.2 SZERSZÁMVEZETŐ ELEMEEK

Szerszámvezető elemeket leggyakrabban fűrőgépen történő megmunkálásoknál alkalmazunk. Itt is hangsúlyozni kell, hogy ilyen elemeket csak hagyományos szerszámgépek esetén alkalmazunk. Fúróperselyek alkalmazásával biztosítható a furatok helyzete és a furattengelyek iránya. Anyaguk szerszámacél vagy betétben edzhető acél (C 105 U, C10), amelyet 60-65 HRC keménységre kell megedzeni, majd köszörüléssel készre munkálni. A fúróperselyek alakját és méreteit szabványok rögzítik, de a feladattól függően készülhetnek különleges fúróperselyek is. A fúróperselyeket alakjuk szerint a következőképpen osztjuk fel:

- rögzített fúróperselyek (5-2. ábra)
  - hengeres
  - peremes
  - különleges
- cserélhető fúróperselyek (5-4. ábra).

Rögzített fúróperselyt alkalmazunk, amikor a furatmegmunkálás csak fúrásból áll, vagy amikor a fúrást követő furatmegmunkáláskor (fölfúrás, dörzsölés) a fúrópersely a fúrólappal együtt elfordítható ill. levehető.



5-2. ábra. Rögzített fúróperselyek

a) hengeres, b) peremes, c) különleges fúróperselyek

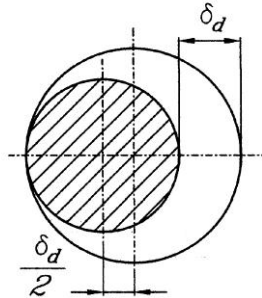
A csigafúró átmérője h8 tűréssel készül. Karcsúsága, hornyokkal gyengített keresztmetszete és az élkialakítás miatt hajlamos arra, hogy félre menjen és az átmérőjénél nagyobb lyukat fúrjon. A furatátmérő várható szóródása vezetés nélküli fúrásnál IT13 pontossági osztályba sorolható. Fúrópersely alkalmazásával IT 10 pontosságú furatátmérő érhető el. Az átmérőhibát a következő összetevők alkotják:

$$\delta_d = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4$$

- ahol:  $\delta_1$  – csigafúró átmérőtűrése (h8),  
 $\delta_2$  – persely furatának a tűrése (F7),  
 $\delta_3$  – kisjáték a fúró és a persely között,  
 $\delta_4$  – a persely megengedett kopása ( $\delta_i$ ,  $i$ - a tűrésegység).

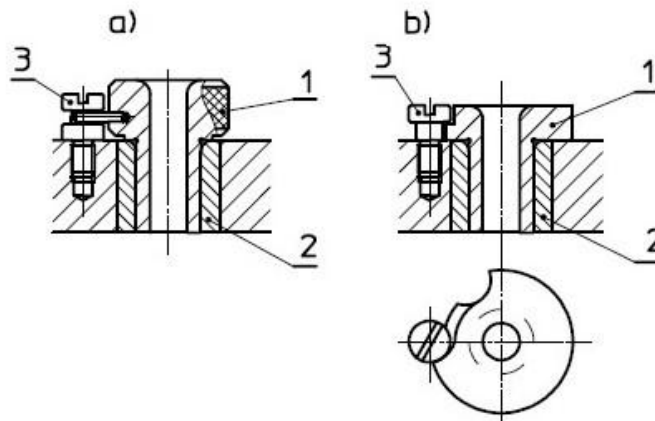
A furat helyzetpontossága függ a készülégyártás során megvalósított perselyhelyzet pontosságától ( $\delta_{hp}$ ) és a furatátmérő szóródásából származó helyzethibától (5-3. ábra):

$$\delta_h = \delta_{hp} + \frac{\delta_d}{2}$$



5-3. ábra. Átmérőszóródásból származó helyzethiba

Cserélhető fűrőperselyt akkor alkalmazunk, amikor a furatot több, különböző átmérőjű vezetett szerszámmal kell megmunkálni. A cserélhető fűrőperselyt mindig edzett alapperselybe kell a készülékbe elhelyezni. A fűrt lyuk helyzetpontossága alacsonyabb, mint rögzített perselyek alkalmazása esetén.



5-4. ábra. Cserélhető fűrőperselyek

Fűrőkészülékek kialakításánál jó, ha szem előtt tartjuk a következő gyakorlati útmutatókat:

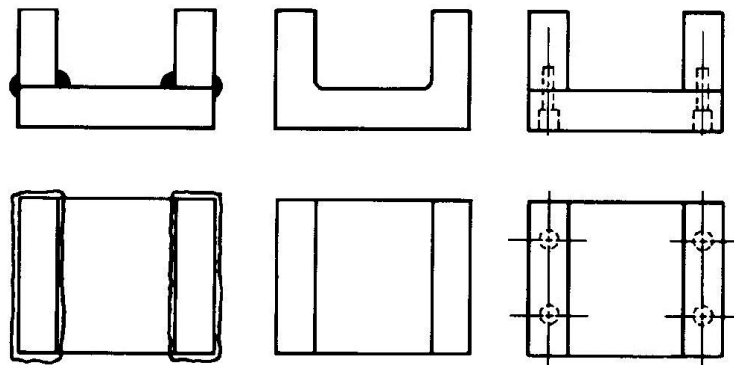
- A fűrőpersely hossza érje el a fűrőátmérő 1,5-2 -szeresét.
- A munkadarab felülete és a fűrőpersely közötti távolság a munkadarab anyagától és furat pontossági igényétől függ. A túl nagy rés a pontosság rovására megy, míg ha túl kicsi a rés akkor a keletkezett forgács megemelheti a fűrőlapot. A gyakorlatban rövid forgácsot adó anyagok esetében a rés értéke a furatátmérő felére vehető, míg hosszú forgácsot adó szívós anyagok esetén 1-1,5 fűrőátmérőnyi rés javasolt. Nagypontosságú furatok fűrésánál a fűrőpersely közvetlenül a munkadarab felületére fektethető.
- Egyenetlen felületen történő fűrés esetén biztosítani kell a fűrőpersely és furat hordozófelületének közvetlen érintkezését.



## 6. KÉSZÜLKÉTESTEK ÉS KÉSZÜLÉKHELYEZŐ ELEMEEK

### 6.1 KÉSZÜLKÉTESTEK

A készüléktestek feladata az egyes elemek összefogása és együttműködésük zavartalan biztosítása. A készüléktest kialakításánál fontos szempont a merevség, gazdaságos gyárthatóság és a könnyű, gyors és üzembiztos kezelhetőség. Külön figyelmet kell szentelni a balesetvédelemre, forgács- és hűtőfolyadék elvezetésének biztosítására. A gyártás szempontjából három készüléktest típust különböztetünk meg (6-1. ábra): (1) öntött, (2) hegesztett és (3) szerelt.



a) hegesztett      b) öntött      c) szerelt

6-1. ábra. Készüléktestek típusai [26]

#### Öntött készüléktestek

Az öntött készüléktestek általában öntöttvasból, alumíniumból vagy epoxigyantából készülnek. Ezek a készüléktestek elsősorban a sorozat gyártásban előállított készülékeknél használatosak. Előnyös tulajdonságaikhoz sorolható a nagy stabilitás és rezgéscsillapító hatás, jó anyagkihasználás és viszonylag alacsony forgácsoló megmunkálási költségek. Tudni kell azonban, hogy az öntött készüléktestek általában drágák, mert minden készüléktesthez külön öntőformát kell készíteni. A másik hátrányuk az, hogy a tervezés és a készülék elkészítése közötti idő viszonylag hosszú.

#### Hegesztett készüléktestek

A hegesztett készüléktestek jól hegeszthető acélból vagy más hegeszthető anyagból (alumínium, magnézium stb.) készülnek. Ezeknek a készüléktesteknek a gyártása viszonylag egyszerű, a gyártás átfutási ideje a legrövidebb. A hegesztett készüléktestek nagy szilárdsággal és merevséggel rendelkeznek, szükség esetén viszonylag könnyen módosíthatók. Hátrányos körülménynek tekinthető, hogy hegesztés után, hőkezelés és a funkcionális felületek utólagos forgácsoló megmunkálása szükséges.

#### Szerelt készüléktestek

A szerelt készüléktestek különböző anyagokból készülhetnek. A leggyakrabban alkalmazott anyagok készüléktest kialakításoknál az acél, alumínium, öntöttvas, fa és epoxigyanták. Ez a

leguniverzálisabb és leggyakrabban alkalmazott készüléktest típus. Előállításuk viszonylag olcsó, könnyen módosíthatók, szerelés után minimális az utánmunkálási igény.

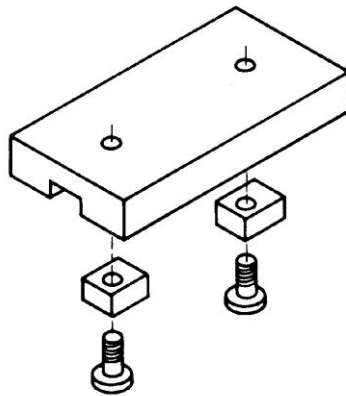
## 6.2 A KÉSZÜLÉK ÉS A SZERSZÁMGÉP KAPCSOLATA

A készülék kialakítását egyfelől a munkadarab sajátossága és megmunkálási feladat szabja meg. Ennek eredményeként a munkadarab helyzete a készülékben egyértelműen meghatározott. Másfelől a készüléknek illeszkednie kell a szerszám gép csatlakozó felületéhez (gépasztal vagy a főorsó esztergakészülékeknél), azaz meg kell oldani a készülék helyzetmeghatározását és szorítását is. A gépasztalok munkafelületei és a főorsók csatlakozó felületei szabványosítottak, így ez a feladat viszonylag egyszerűen megoldható. Természetesen készüléktervezésnél ismerni kell a konkrét gép munkaterét és a gépasztal csatlakozó felületeinek kialakítását és méreteit. A készülék helyzetmeghatározása a gépasztal kialakítástól függően a következő megoldásokkal történhet:

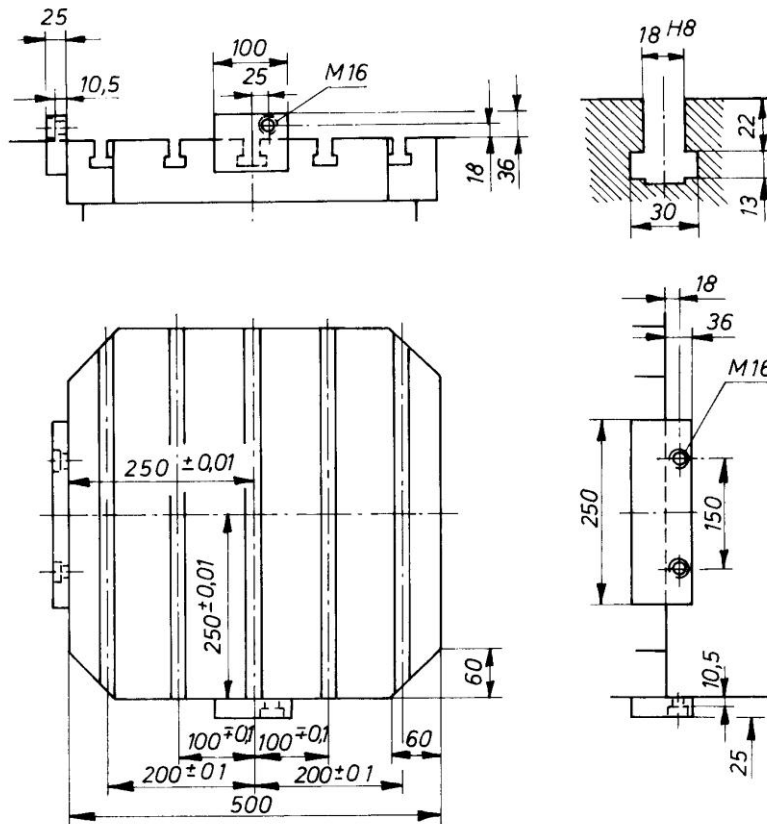
- az asztal síkfelületére a készüléktest sík felületét fektetjük (fűrőkészülékeknél),
- az asztal síkfelületére a készüléktestbe beépített készüléklábakat fektetjük (kisméretű fűrőkészülékeknél),
- síkfelülettel és tájoló tuskók segítségével (6-2. ábra),
- síkfelülettel, irányító- és ütköztető lécekkel (6-3. ábra),
- síkfelülettel és központosító furattal,
- kúpos furattal (esztergakészülékek).

A készülék leszorítását a gépasztalra a következő megoldásokkal végezhetjük (6-4. ábra):

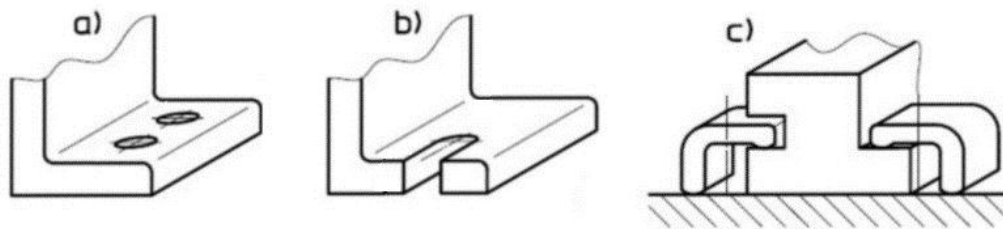
- kézzel (kis átmérők fúrására szolgáló készülékek esetén),
- csavarokkal,
- szorítóvasakkal,
- mágnessel.



6-2. ábra. A készülék helyzetmeghatározása T-hornyokba helyezhető tájoló tuskókkal



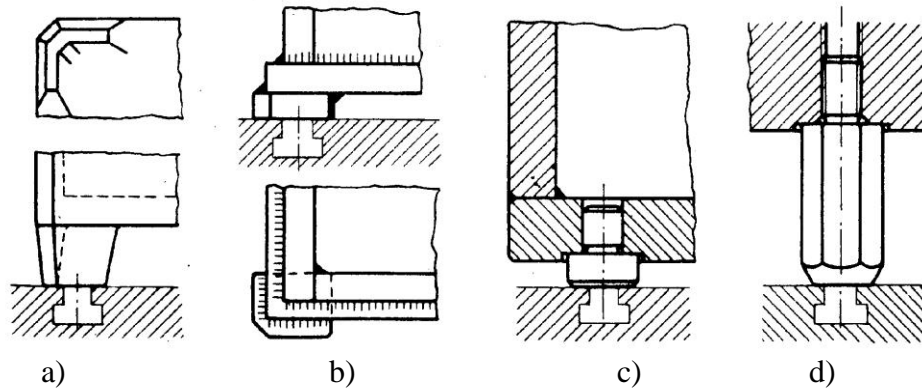
6-3. ábra. Az MC-65 típusú megmunkáló központ gépasztalának kialakítása irányító- és ütköztető lécekkel



6-4. ábra. A készülék leszorítására alkalmas felületek kialakítása  
a) furatok, b) készülékfül, c) hornyok és lépcsős felületek

### Készüléklábak

Készüléklábakat általában kisméretű fűrókészülékek esetén alkalmazunk, amelyek kézzel mozgathatók a gépasztalon. A lábak felszerelése biztosítja a készülék stabil helyzetét, a gépasztal tisztán tartásának igénye így csökkenthető. Fontos követelmény, hogy a lábak mérete olyan legyen, hogy a T-hornyokon a készülék akadálytalanul áttolható legyen. A lábak kialakításának szokásos megoldásai a 6-5. ábrán láthatók.

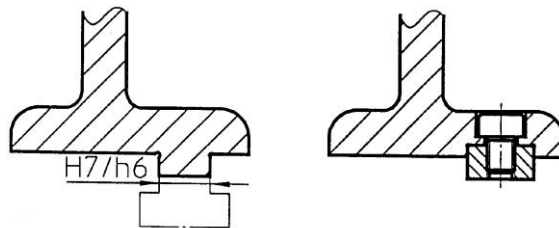


6-5. ábra. Készüléklábak

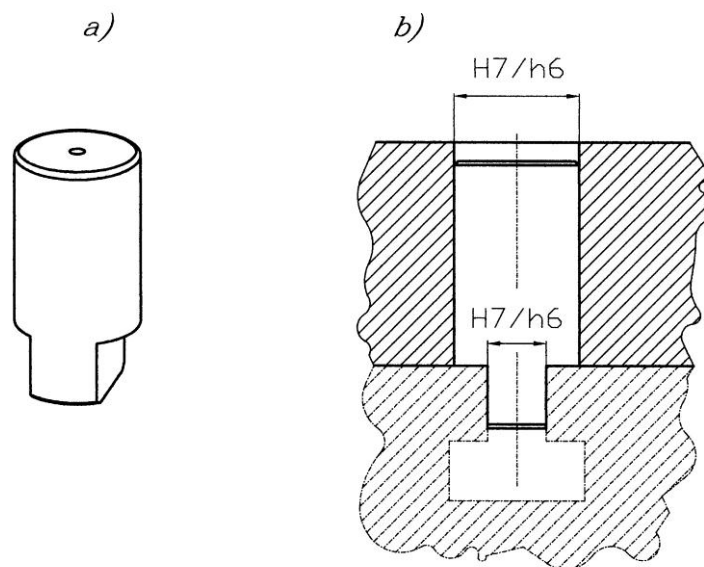
a) öntött, b) hegesztett, c) besajtoló, d) csavarozott

### Tájéoló tuskók

A készülékek helyzetmeghatározását (irányítást) T-horonnal ellátott gépasztalok esetén tájoló-tuskókkal végezhetjük. A tájoló-tuskót rendszerint a készülék felfekvő felületén kialakított horonyokba csavar rögzítéssel szerelik be (6-6. ábra). Olyan megoldások is vannak amikor a készülék felfekvő felületén csak furatot készítenek, amely egy szabad, a T-horonyba helyezett tájoló tuskóra illeszkedik a készülék fölhelyezésénél (6-7. ábra).



6-6. ábra. Integrált- és rögzített tájoló tuskó

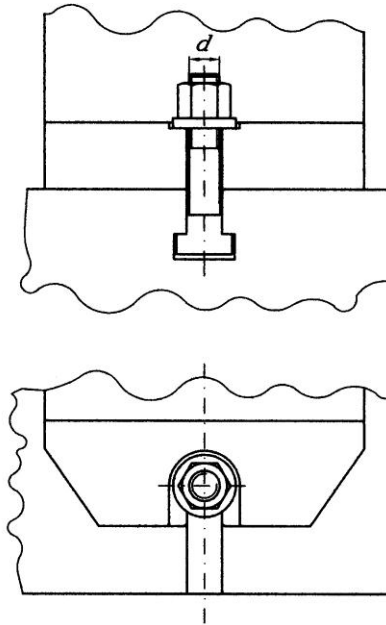


6-7. ábra. Szabad tájoló tuskó axonometriai képe és beépítése

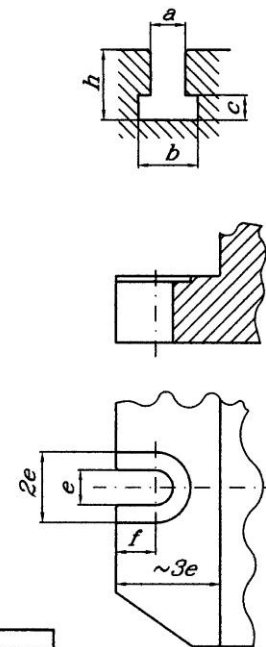
### Készülékfűl

A készülék gyors rögzítését a T-hornyokba helyezett kalapácsfejű csavarokkal és a készüléktes-ten (alaplapon) kialakított készülékfűlek segítségével lehet megoldani. A készülékfűl méreteit a leszorító csavar-, ill. a T-horony méretének megfelelően kell meghatározni (6-8. ábra).

*A készülék leszorítása*



*A T-horony és a készülékfűl méretei*

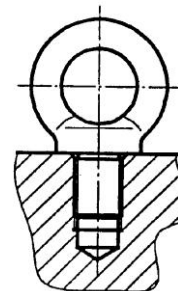


<i>T-horony méretei (mm)</i>				<i>Csavar</i>	<i>Készülékfűl</i>	
$a^{H7}$	$b$	$c$	$h$	$d$	$e$	$f$
8	15	7	16–18	M6	8	10
10	18	8	18–21	M8	10	14
12	21	9	20–23	M10	12	18
14	24	10	25–29	M12	14	21
18	30	12	32–37	M16	18	25
22	38	16	40–46	M20	22	30

6-8. ábra. A készülékfűl kialakítása és jellemző méretei

### Nagy súlyú készülékek kezelése

Nagy súlyú készülékeket gyűrűs csavarral kell ellátni amire kapcsolódhat az emelőszerkezet (daru).



6-8. ábra. Gyűrűs csavar beépítése

## 7. A KÉSZÜLÉKTERVEZÉS FOLYAMATA ÉS A KÉSZÜLÉKEK FELÉPÍTÉSE

### 7.1 A KÉSZÜLÉKTERVEZÉSI FOLYAMAT SZAKASZAI

A befogó készülékek tervezési folyamatát jellemző szakaszokra tagolhatjuk és ezáltal a kezdő tervezők sikerét is biztosítani lehet. Befogókészüléket mindig a gyártási folyamat egy konkrét műveletéhez kell tervezni. A tervezés végső célja a készülék szerelési rajzának- és a nem szabványos alkatrészek műhelyrajzainak elkészítése. E feladat megoldásához természetesen egész sor bemenő információra van szükség, amelyeket a gyártási folyamattervezés eredményeiből merítünk (lásd a 8., 9., 10. fejezeteket). A készülék tervezését megelőzően már rendszerint ismertek a következő információk:

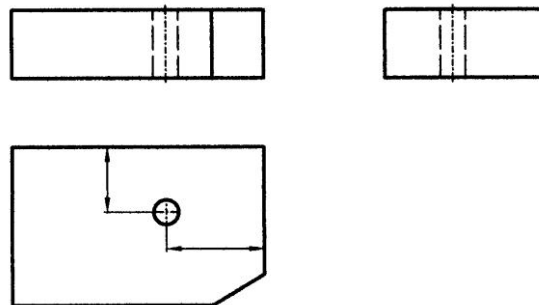
- az előgyártmány rajza,
- a gyártási folyamat műveletekre tagolása és a műveletek tartalmi behatárolása,
- a műveletek sorrendje,
- a szerszám gép minden művelethez,
- a munkadarab befogásának elvi megoldása minden művelethez. (az alkatrész helyzete a gép munkaterében, a bázisfelületek, a felfekvés- és oldalpozicionálás típusa, a szorítás típusa és a szorítófelületek).

#### 7.1.1 A tervezés szakaszai fűrőkészülékek esetén

A tervezés szakaszait egy fűrőkészülék példáján mutatjuk be, mivel ennél minden jellemző készülékelem megtalálható. A jobb áttekinthetőség érdekében a készülék rajzának részleteit az ide vonatkozó ábrák nem mutatják.

Fűrőkészülékek tervezésénél célszerű a következő munkamenetet követni:

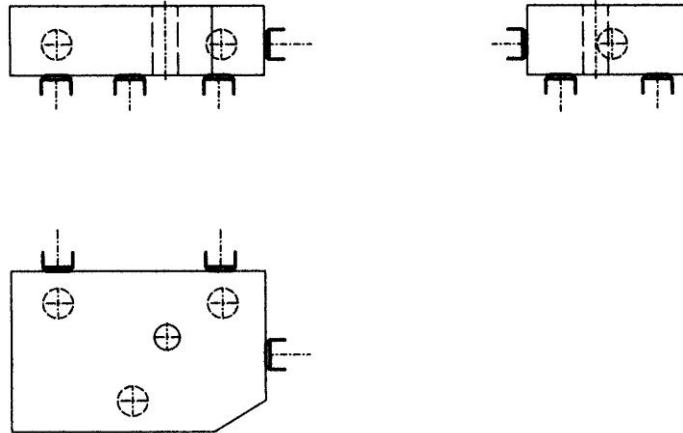
1. Első lépés a munkadarab elemzése, a bázisfelületek azonosítása. A munkadarab helyzete a gép munkaterében a műveleti sorrendterv már rendszerint meghatározza.



7-1. ábra. Munkadarab vázlata

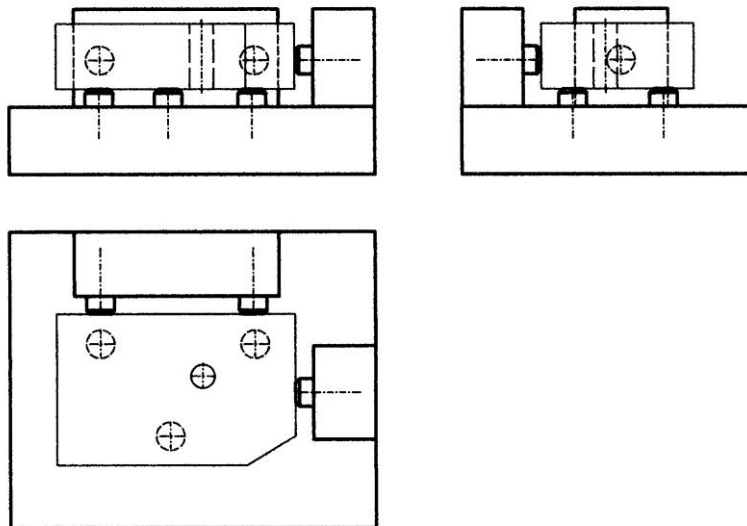
2. Először a munkadarabot rajzoljuk le három nézetben. Ezt célszerű vékony vonallal rajzolni vagy „két pont-vonal” vonaltípust is használhatunk. Jó megoldás az is, ha a munkadarab rajzolását egy kiválasztott színnel végezzük (7-1. ábra).

3. A munkadarab kiválasztott bázisfelületeire berajzoljuk a helyzetmeghatározó üléceket mindhárom vetületben. Elsőnek a felfekvést határozzuk meg, majd ezt követően az oldalpozicionálást (vezetés és ütköztetés) (7-2. ábra). A nyers (megmunkálatlan) felületet kötelezően három ponton, csapos ülécekre kell felfektetni, míg a megmunkált alakhú felületeket lapos ülécekre is felfektethetjük.



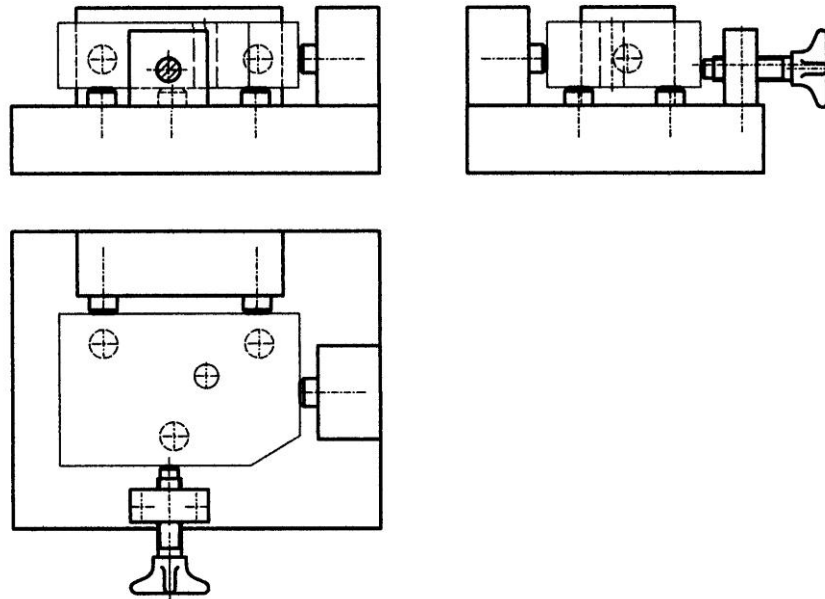
7-2. ábra. A helyzetmeghatározó elemek berajzolása

4. Az ülécek berajzolása után már körvonalazható a készüléktest, amely a készülék összes elemét egybefoglalja (7-3. ábra). Ügyelni kell arra, hogy a forgács- és a hűtőfolyadék elvezetése ne ütközzön akadályba. Ellenőrizzük, hogy a munkadarab helyzete nem túlhatározott-e. A munkadarab behelyezésének ill. kiemelésének akadálymentesnek kell lennie. Csak a helyzetmeghatározás korrekt megoldása után térhetünk rá a szorítás módjának meghatározására.



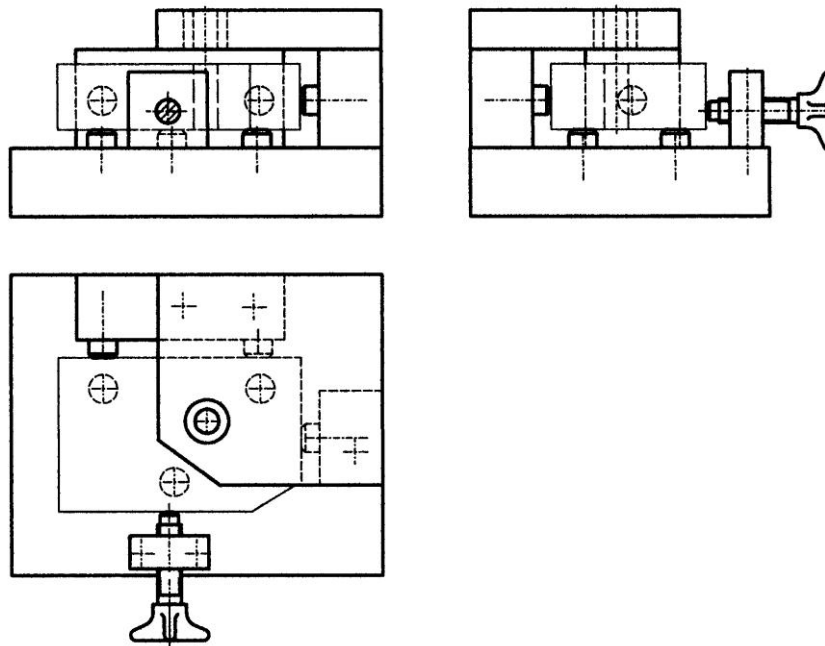
7-3. ábra. A helyzetmeghatározó elemek és a készüléktest vázlata

5. A szorítóelemek berajzolása (7-4. ábra). A szorítás megtervezésénél szem előtt kell tartani, hogy a szorítási idő közvetlenül befolyásolja a gyártási költséget. Ezért olyan megoldást kell találni, amellyel a szorítás minél rövidebb idő alatt végrehajtható. Ellenőrizni kell, hogy a szorítóelemek és a már berajzolt ülécek egymás működését nem zavarják-e.



7-4. ábra. Szorítóelemek berajzolása

6. A szorítóelemek berajzolása után elhelyezhetők a fúrőperselyek is a rajz megfelelő vetületein (7-5. ábra).



7-5. ábra. Fúrólap és fúrőperselyek berajzolása

Ezzel a készülék elvi vázlata elkészült. Hátra van azonban a készüléktest és a szerszámgép asztala (ill. főorsó esztergagéskészülékeknél) közötti csatlakozó felületek kialakítása. T hornyos gépasz-taloknál tájolótuskókat kell beépíteni és szorítófüleket kell kialakítani. Fúrőkészülékek esetén, ha a furatátmérő 8mm alatt van, a fúrőkészüléket rendszerint kézzel is meg lehet tartani és ilyenkor



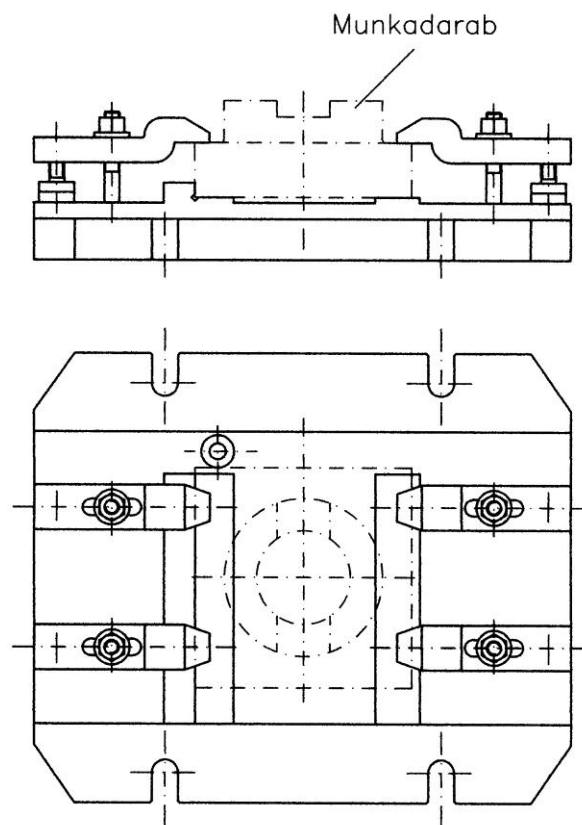
nem szükséges a készülék rögzítése a gépasztalhoz, csak a felfekvést kell biztosítani. Kisméretű fűrőkészülékeknel gyakran készüléklábakat helyeznek el felfekvő felületként.

### 7.1.2 A tervezés szakaszai marókészülékek esetén

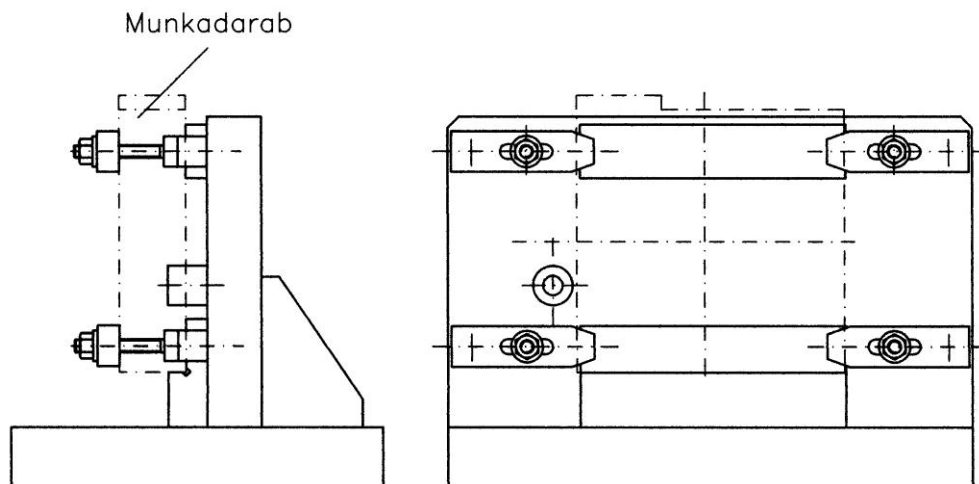
A marókészülékek tervezésének sorrendje hasonló, mint a fűrőkészülékeké, azzal, hogy itt fűrőperselyek nem szükségesek. A szorításhoz nem javasolt az excenterszorítás, a marókészüléket minden esetben rögzíteni kell a gépasztalhoz.

A gépasztal és a munkadarab felfekvő felületének viszonylagos helyzete szerint a készülék kialakítása lehet:

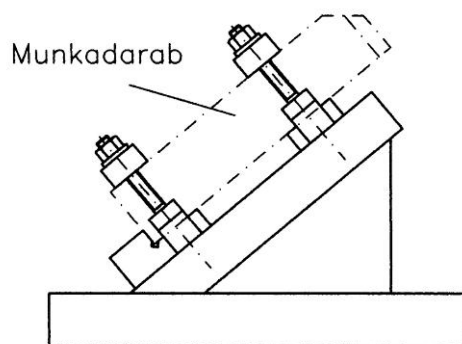
- vízszintes (lapos), amikor a felfekvő felület párhuzamos a gépasztal munkafelületével (7-6. ábra),
- függőleges, amikor a felfekvő felület merőleges a gépasztal munkafelületére (7-7), és
- ferde kialakítású, amikor a bázisfelület és a megmunkálandó felület tetszőleges szöget zárnak be (7-8. ábra).



7-6. ábra. Vízszintes (lapos) készülék



7-7. ábra. Függőleges készülék



7-8. ábra. Ferde készülék

## 7.2 A KÉSZÜLÉKEK FELÉPÍTÉSE

A különleges befogókészülékek konstrukciója, a munkadarabok sokfélesége folytán nagyon sokféle lehet, mégis a készülék feladatából ill. a részfeladatokból (felfekvés, oldalpozicionálás, szorítás) kiindulva megállapíthatók bizonyos hasonlóságok. A készülékek felépítésénél három koncepciót, ill. építési elvet különböztetünk meg:

- egyedi vagy speciális készülékek
- csoport-készülékek
- elemekből összeszerelhető készülékek

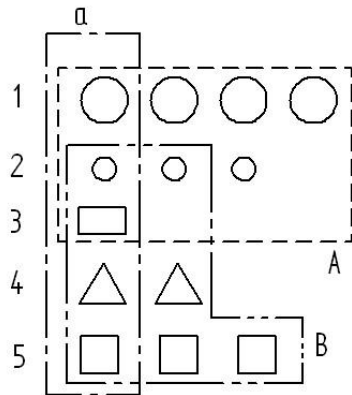
Az egyedi vagy speciális készülék csak egyetlen munkadarab befogására alkalmas, ezért egy adott feladat ellátására a legalkalmasabb, de egyben a legköltségesebb megoldás is. A tervezéstől a készülék legyártásáig viszonylag hosszú az átfutási idő.

A csoport-készülékek az egyedi készülékekhez hasonlóak, de némi átalakítással (bizonyos elemek beállításával vagy cseréjével) több hasonló alkatrész befogását látják el. Ezzel csökkenthető a készülékezési költségek, de szem előtt kell tartani, hogy a termékek piaci felfutásánál a csoport-készülék szűk keresztmetszetet („szűkgaratot”) jelenthet.

Az elemekből összeszerelhető készülékek az építőszekrény elv alkalmazásán alapulnak és a készüléképítés korszerű módját képezik. Ezekről a következő fejezet ad rövid áttekintést.

### 7.2.1 Moduláris elemekből összeszerelhető készülékek (EÖK)

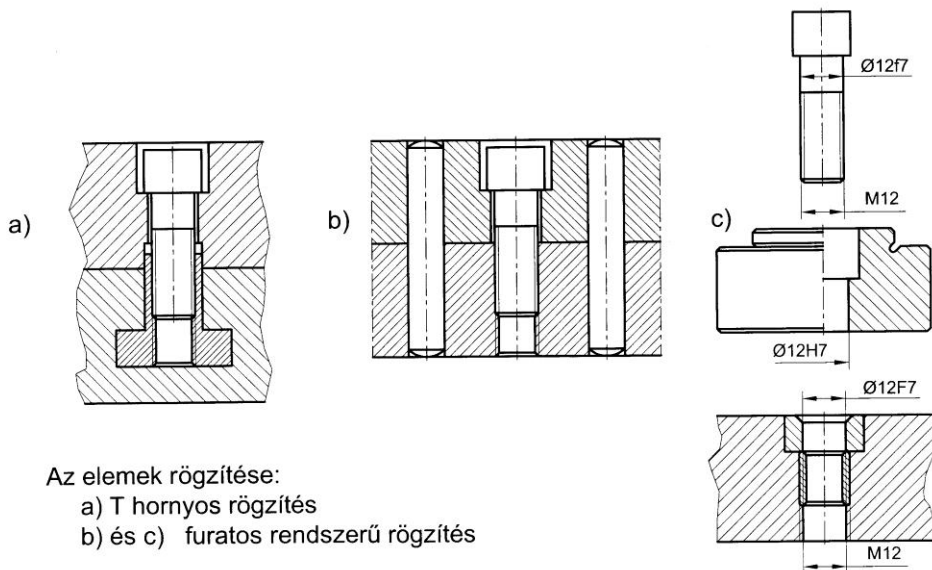
A moduláris elemek kialakítása a befogókészülékek elemekre bontásával és az elemek megfelelő rendszerezésével történt. Az elemek alaprendszerét a nem azonos elemek halmaza képezi. Az alaprendszer egyes elemeinek többszörözésével alakíthatók ki a kibővített elemrendszerek, ill. a moduláris elemekből összeszerelhető készülékrendszerek (7-9. ábra) [3].



7-9. ábra. Moduláris elemekből összeszerelhető készülékrendszerek kialakítása [3]  
*a* –alaprendszer  
 1...5 – az alaprendszer egyes elemei  
*A, B* – kibővített elemrendszerek

Az alaprendszer elemei úgy vannak kialakítva, hogy lehetővé teszik az egymás közötti összeszerelést és ez által a konkrét feladatnak megfelelő befogókészülék kialakítását. Az elemek összeszerelésénél alkalmazott rögzítési mód szerint az EÖK rendszerek lehetnek (7-10. ábra):

- T-hornyos rendszerek,
- furatos rendszerek.



7-10. ábra. A moduláris elemek rögzítése

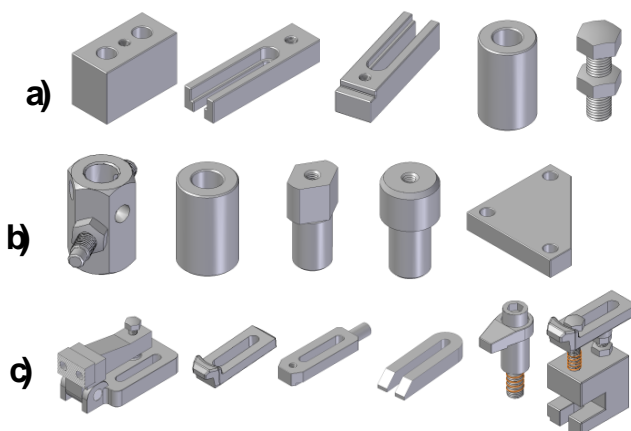
Az alaprendszer elemei három főcsoportba oszthatók:

- funkcionális elemek
- alapelemek
- adaptáló elemek (hosszabbítók)

Itt természetesen nincsenek felsorolva a különböző kötőelemek (csavarok, csapszegek, illesztett csavarok stb.) Az EÖK rendszerek többsége „nyitott”, ill. kibővíthető a felhasználó speciális elemeivel is ha erre elengedhetetlenül szükség van (lásd a 7-15. ábrát).

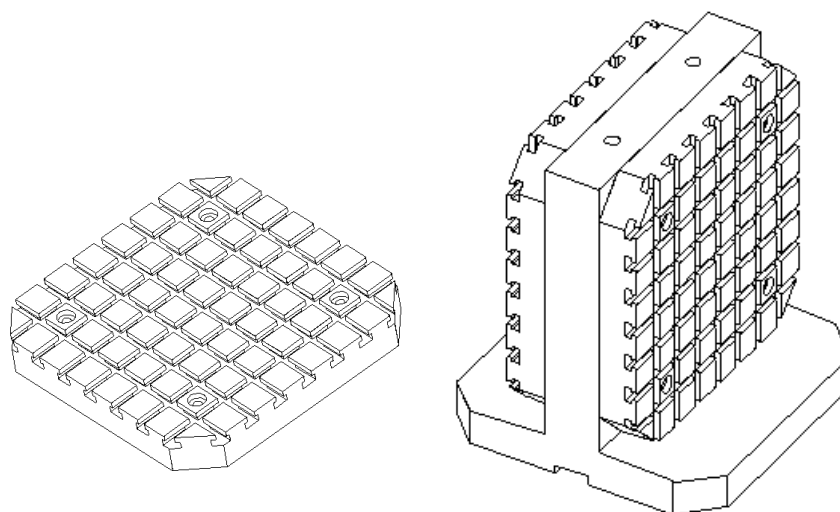
### Funkcionális elemek

A funkcionális elemek csoportjába tartoznak azok az elemek amelyek közvetlenül valamilyen befogási részfeladatot (felfekvés, irányítás, ütköztetés, szorítás) látnak el és közben közvetlen érintkezésben vannak a munkadarab megfelelő felületeivel. A 7-11. ábrán néhány funkcionális készülékelem látható.

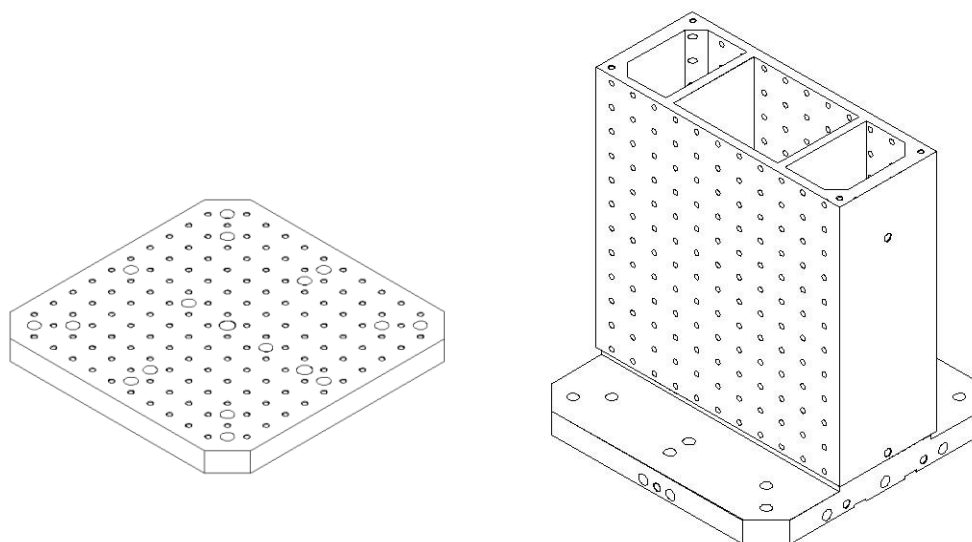


7-11. ábra. Néhány funkcionális elem

a) felfekvést biztosító ülékek, b) irányító és ütköztető ülékek, c) szorító elemek



7-12. ábra. T-hornyos alapelemek



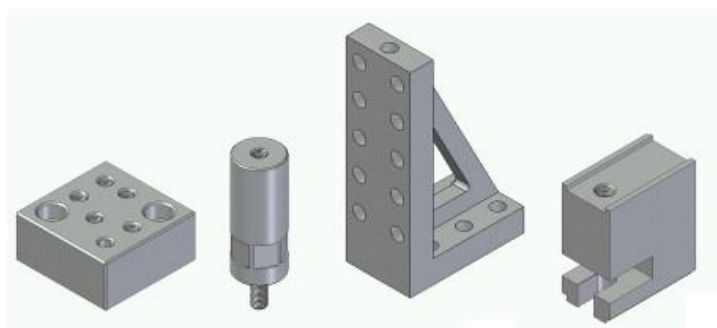
7-13. ábra. Furatos alapelemek

### Alapelemek

Az alapelemek létesítenek kapcsolatot a gépasztallal és rájuk épül a készülék többi eleme (7-12. , és 7-13. ábra).

### Adaptáló elemek (hosszabbítók)

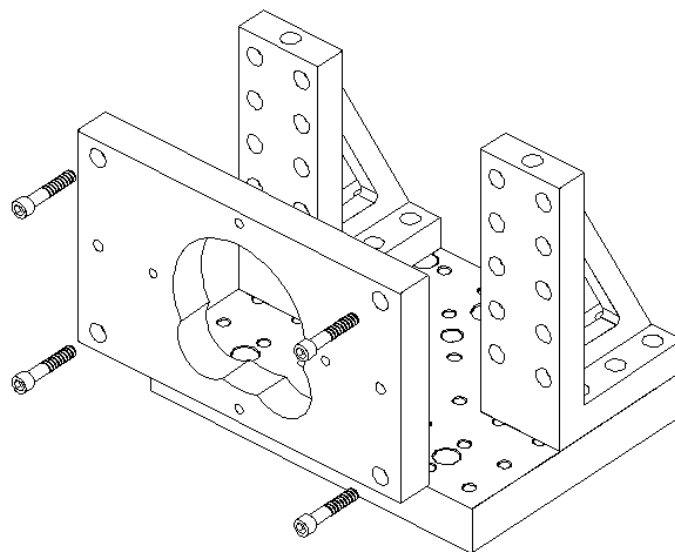
Az adaptáló elemek nem valósítanak meg közvetlenül semmilyen befogási részfeladatot, hanem szükség szerint a funkcionális elemek és az alapelem közé épülnek be és így az EÖK rendszerek rugalmasságát, adaptálhatóságát biztosítják a különböző munkadarab-kialakításokhoz (7-14. ábra).



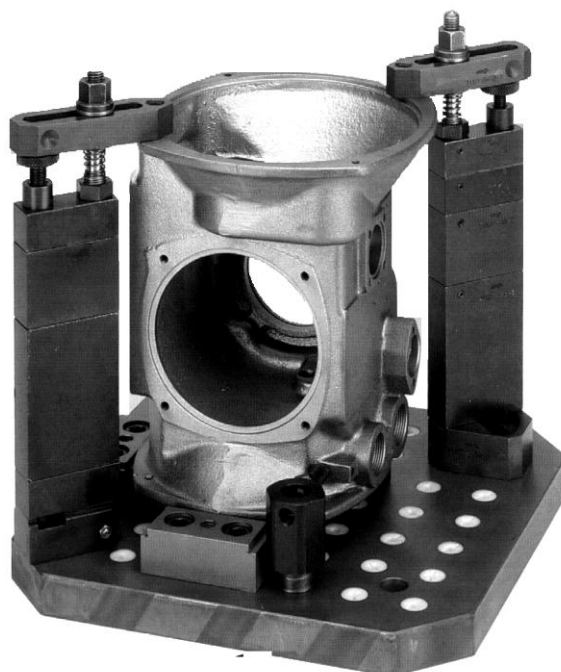
7-14. ábra. Adaptáló elemek.

Bizonyos esetekben az EÖK funkcionális elemkészletét ki kell bővíteni a felhasználó által gyártott, az adott munkadarabnak megfelelő „adaptáló lappal” is vagy egyéb készülékelemmel (7-15. ábra). Ilyen „nyers” adaptáló lapokat az EÖK rendszereket gyártó cégek is kínálnak (például Heinrich Kipp Werk). Ezek nemesített acélból, köszörült síkfelületekkel és az összeszerelést biztosító furatokkal készülnek és így a felhasználónak csak bele kell munkálni a megfelelő kivágást ill. a szorítócsavarok furatait.

A 7-16. ábrán egy moduláris készülékelemekből felépített befogó készülék látható.



7-15. ábra. EÖK elemek kibővítése adaptáló lappal

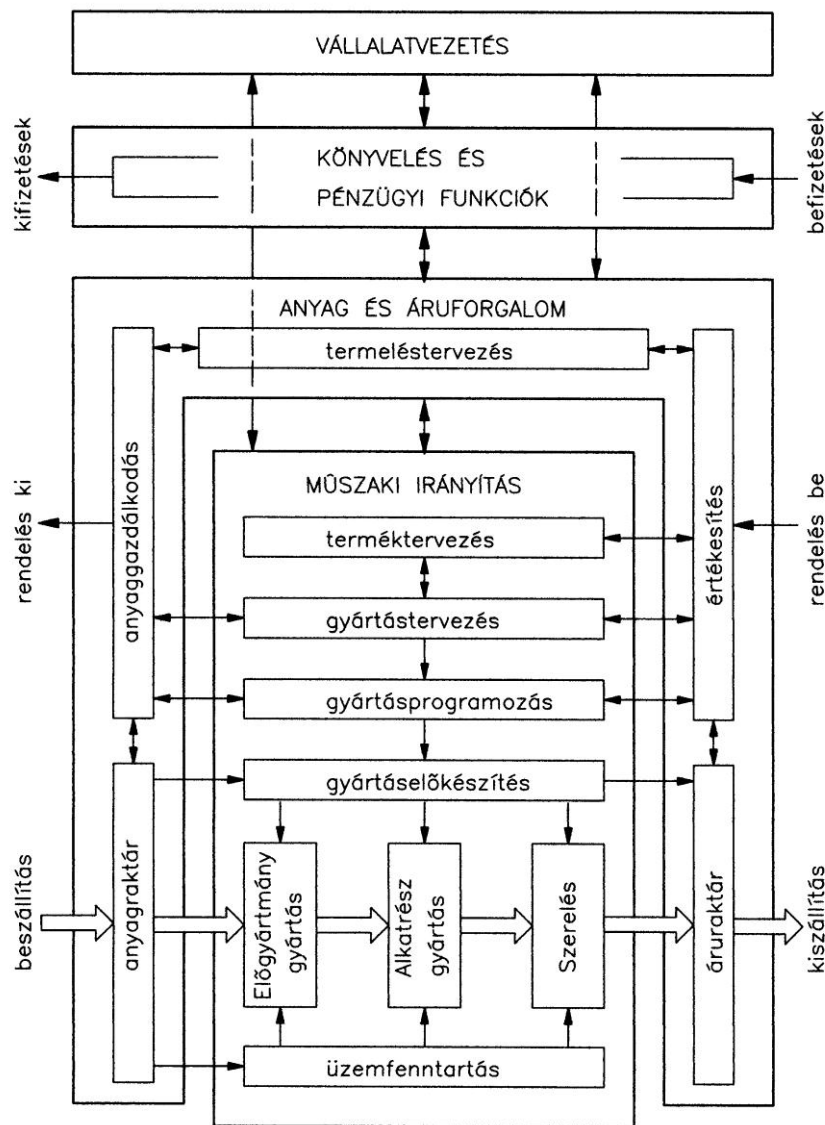


7-16. ábra. Moduláris készülékelemekből felépített befogó készülék (AMF)

# GYÁRTÁSI FOLYAMATOK TERVEZÉSE

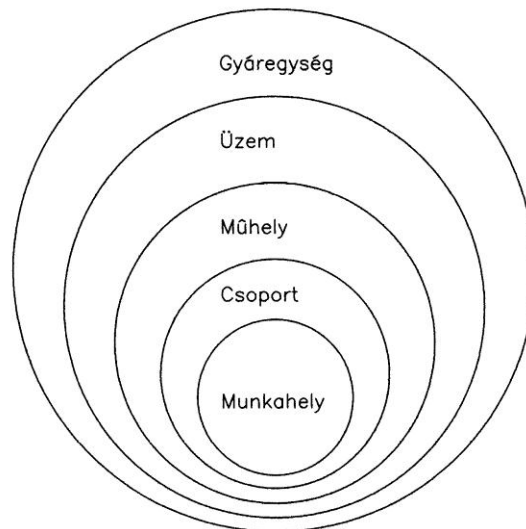
## 8. A GYÁRTÁSI FOLYAMAT

A gyártási folyamat mindazon természeti és tudati folyamatok célszerűen rendezett összessége, amelynek eredményeként az anyagok és félkész termékek megfelelő kész terméké alakulnak át. Részei: (1) a gyártás gazdasági, műszaki, szervezési előkészítése, irányítása, (2) előgyártmány gyártás, alkatrészgyártás, szerelés, (3) műszaki ellenőrzés, (4) raktározás, szállítás, (5) hulladék anyagok kezelése. Egy gyártási folyamatot mindig valamilyen rendelés ill. igény kezdeményez. A gyártási struktúra részfunkciói, az adat- és az anyagáramokat vázlatosan a 8-1. ábra mutatja [4].



8-1. ábra. A gyártási struktúra részfunkció, adat és anyagáramlat [4]

Az ipari termelés gyárakban folyik. Egy gyár több kisebb alrendszerre (egységre) osztható, amelyek megfelelő hierarchikus kapcsolatban vannak egymással (8-2. ábra). Egy gyáregységben több üzem, az üzemben több műhely, a műhelyen belül több csoport lehet, a csoporton belül pedig több munkahely van. A munkahely az a legkisebb gazdasági egység amelyben a gyártás funkcionális egységei maradéktalanul megtalálhatók: (1) munkadarab (munka-anyag), (2) munka alanya (irányító dolgozó vagy automatikus vezérlés), (3) a munka eszközei (szerszámgép, szerszámok, készülékek).



8-2. ábra. A gyártás helyeinek hierarchikus kapcsolata

A gépipari gyártás alapvetően diszkrét folyamatokból tevődik össze és magába foglalja az előgyártás, az alkatrészgyártás és a szerelés különböző területeit. E rövid kurzus keretében az alkatrészgyártás tervezését mutatjuk be.

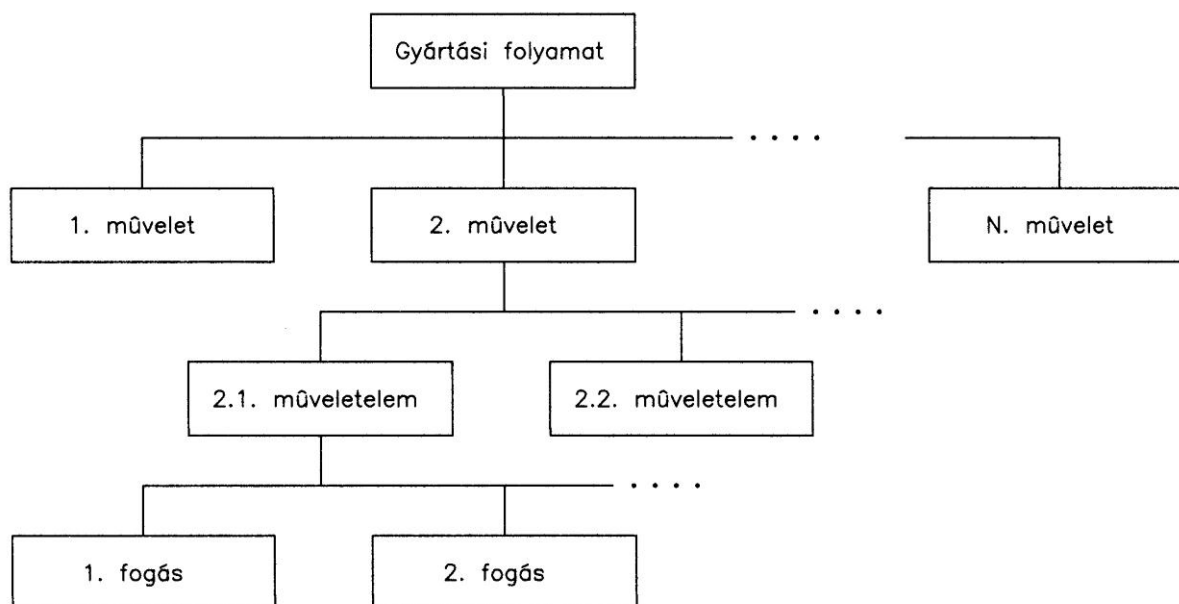
## 8.1 AZ ALKATRÉSZGYÁRTÁSI FOLYAMAT

**Az alkatrészgyártási folyamat** azoknak a tevékenységeknek az összessége, amelyeknek folyamán egy anyagból vagy testből alakjának, anyagtulajdonságának vagy mindkettőnek szakaszos megváltoztatásával beépítésre kész alkatrészt vagy ipari terméket állítanak elő. Az alkatrészgyártás jellegzetesen diszkrét folyamat, igen mélyen tagolt és strukturált (8-3. ábra). Első szinten a gyártási folyamat műveletekre tagolható.

**Művelet** a gyártási folyamatnak önmagában befejezettnek tekinthető, megszakítás nélkül végzett szakasza. A művelet a gyártási folyamat tervezési és szervezési egysége, általában több műveletelemből áll. Forgácsolástechnológiában műveletnek nevezzük a munkadarab megmunkálási folyamatának azon szakaszát, amelyet egy szerszámgépen egy gépelőkészítéssel, ill. egy befogásban hajtunk végre.

**Műveletem** a műveletnek a különválasztható és külön elemezhető homogén szakasza. Forgácsolástechnológiában műveletemnek tekintjük az adott – technológiailag geometriailag összefüggőnek tekinthető – ráhagyási alakzat egy szerszámmal történő eltávolítását, azonos forgácsolási adatok mellett. Egy műveletem egy, vagy több fogásból áll.





8-3. ábra. A gyártási folyamat szerkezete

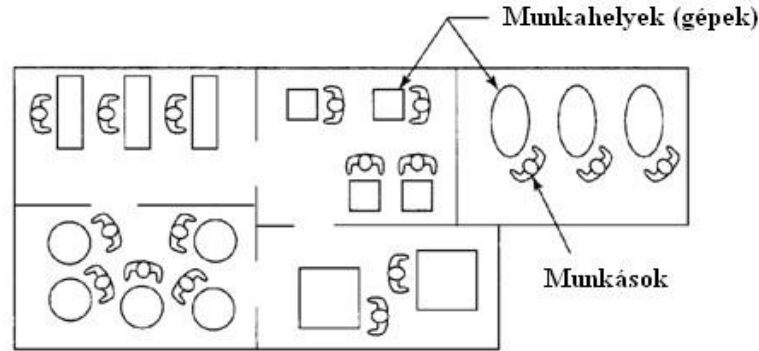
## 8.2 A GYÁRTÓESZKÖZÖK TÍPUSAI ÉS ELRENDEZÉSE

Gyártóeszközök alatt a megmunkáló gépeket, szerszámokat, készülékeket, szállító- és anyagkezelő eszközöket, mérő- és ellenőrző eszközöket valamint a gyártóeszközöket irányító számítógépes rendszert értjük. A berendezések típusának a megválasztása és ezek elrendezése egy gyár egységén belül a gyártási program (paletta) és az egyes gyártmányokból gyártandó darabszám és átlagos műveleti idő alapján történik. E szerint három féle gyártástípust különböztetünk meg:

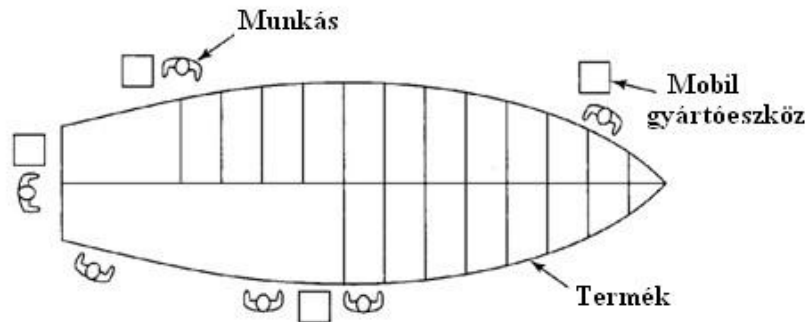
1. egyedi gyártás
2. sorozatgyártás
3. tömeggyártás

**Egyedi gyártásra** jellemző, hogy egy-egy termékből egy vagy néhány darabot kell gyártani és ezek a gyártási feladatok (rendelések) nem, vagy csak nagyon ritkán ismétlődnek. Ezzel természetesen egy széles termék spektrum párosul. Ebből adódóan a gyártási feladatok változása igen gyakori, ezért a gyártóeszközök egyetemes jellegűek, a munkaerő pedig jól képzett. Mivel a különböző alkatrészek műveleti sorrendje nagymértékben változó, a berendezések elhelyezése nem követheti a gyártási folyamatot, hanem a gyártóeszközöket csoportosítják a megmunkálási módok ill. géptípusok szerint (esztergák, marógépek stb.). Ezt funkció szerinti- vagy műhelyszintű elrendezésnek nevezzük (8-4. ábra).

Nagy objektumok (pl. hajók, repülőgépek, stb.) gyártása esetén nem a gyártmányt szállítjuk a különböző gyártóeszközökhöz, hanem fordítva, a gyártóeszközöket visszük a gyártmányhoz, amely helyhez kötött (8-5. ábra).



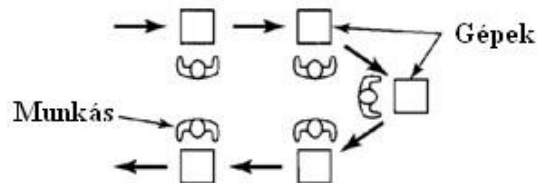
8-4. ábra. Funkció szerinti gyártóeszköz elrendezés [12]



8-5. ábra. Helyhez kötött gyártás [12]

**Sorozatgyártásban** egyszerre több azonos terméket gyártunk (néhány százat vagy több tízezret), és ezek a gyártási feladatok (rendelések) bizonyos gyakorisággal ismétlődnek. A gyártandó termékek közötti eltérés lehet jelentős vagy egészen csekély. Amikor a termékek közötti eltérés jelentős (alak, méret, pontosság tekintetében) az ún. hagyományos sorozatgyártásról beszélünk. A gyártásfilozófia lényege, hogy egy adott termékből legyártott sorozat után a gépeket ill. berendezéseket átállítják egy következő termék sorozatgyártására. Az átállítás természetesen bizonyos átállási időt igényel, amely alatt termelés nem történik és ez kedvezőtlen eseménynek számít. A jelentősen eltérő termékek esetén a gyártóeszközök műhelyszintű (gépcsoportonkénti) elrendezése szokásos (8-4. ábra). Sorozatgyártás esetén automatizált berendezéseket is alkalmazunk, különösen a CNC vezérelt gépek alkalmazása célszerű.

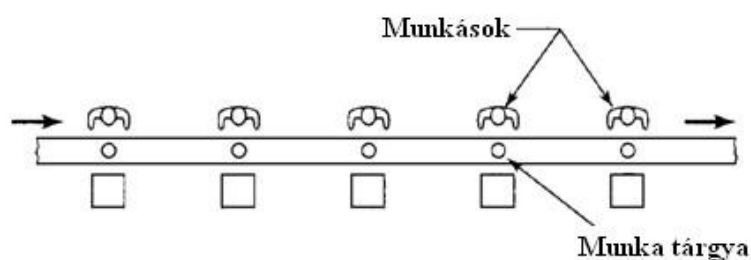
Amikor a termékspektrumban szereplő termékek (alkatrészek) között csekély eltérés van, a gyártási folyamataik is nagyon hasonlóak. Ilyenkor gyakran alakíthatók ki viszonylag homogén alkatrészcsoportok, amelyekhez a gyártóberendezések a technológiai folyamatnak megfelelően rendezhetők el. Ezt cellaszerű elrendezésnek vagy gyártócellának nevezzük (8-6. ábra).



8-6. ábra. Cellaszerű gyártóeszköz elrendezés [12]

**Tömeggyártásban** a gyártandó darabszám olyan nagy, hogy a gyártási folyamat megszakítás nélküli. Ilyen esetben a gyártóeszközöket az adott termék gyártásához fejlesztik ki, termelékenységük és automatizálási szintjük igen magas, de csak az adott gyártási feladat végrehajtására alkalmasak. A tömeggyártásnak két jellemző változatát különböztetjük meg. (1) mikor viszonylag egyszerű terméket célgépeken gyártanak (pl. csavarok, szegecsek, stb.). Ilyen esetekben a gyártóeszközök elrendezése műhelyszintű (8-4. ábra). (2) bonyolultabb termékek esetén a berendezések több munkaállomásból állnak, amelyek anyagmozgató berendezéssel vannak összekötve. Ilyen esetekben a gyártóberendezéseket a technológiai folyamatnak megfelelően kell elrendezni (8-7. ábra). Példaként említhetők a transzfer vonalak, gyártósorok, vagy szerelés esetén szerelősorok.

Tömeggyártás esetén a nagyfokú automatizálásnak és munkamegosztásnak köszönhetően a munkaerő gyorsan betanítható és így viszonylag alacsony képzettségű lehet.



8-7. ábra. Folyamatrendszerű gyártóeszköz elrendezés [12]

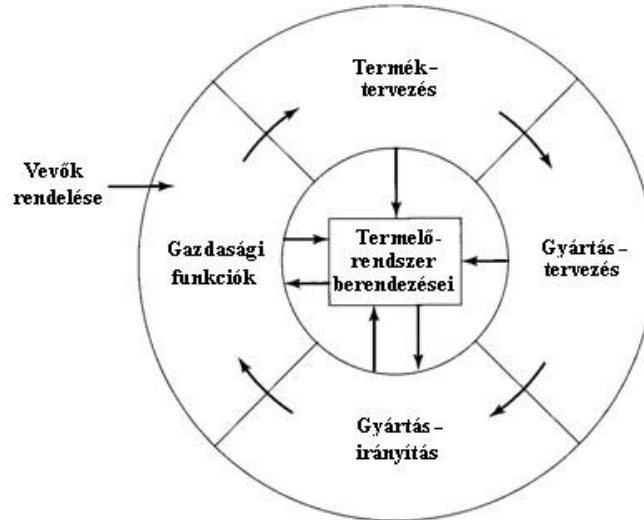
A korszerű, számítógéppel vezérelt szerszámgépek (CNC gépek), anyagmozgató berendezések és robotok alkalmazásával jöttek létre a rugalmas gyártócellák és a rugalmas gyártórendszerek, amelyek már kisorsozat-gyártás esetén is gazdaságossá tették az automatizált gyártást.

### 8.3 TERVEZÉSI FELADATOK A GÉPGYÁRTÁSBAN (MŰSZAKI ELŐKÉSZÍTÉS)

A tényleges gyártási folyamatot minden esetben megfelelő műszaki előkészítésnek ill. tervezésnek kell megelőznie. Ennek során választ kell adni egy egész sor igen fontos kérdésre. Egy termelő vállalatban belüli tervező- és információ-feldolgozó tevékenységek leegyszerűsített vázlata látható a 8-8. ábrán.

A műszaki tudományok legáltalánosabb felosztásával összhangban a műszaki tervezést konstrukciós és technológiai tervezésre osztjuk fel. A konstrukciós tervezés feladata az objektumok ill. gyártmányok definiálása. A technológiai tervezés feladata a gyártási folyamat tervének elkészítése. A műszaki tervezés feladatait egy gépgyártó vállalatban belül a Műszaki előkészítő osztály végzi. Ezen belül rendszerint három tervezési csoport működik, melyek az esetek többségében külön szervezeti alegységet képeznek:

- terméktervezés (konstrukciós tervezés),
- technológiai tervezés (gyártástervezés),
- termelésirányítás és ütemezés tervezése.



8-8. ábra. Információ feldolgozás és tervezési folyamatok egy tipikus termelővállalatnál [12]

A **konstrukciós tervezés** magába foglalja mindazon tevékenységeket amelyek a termék (gyártmány) meghatározására vonatkoznak. Képletesen azt mondhatjuk, hogy választ ad a „mit?” kérdésre. E tevékenység eredménye a szerelési rajz, darabjegyzék és az alkatrészrajzok.

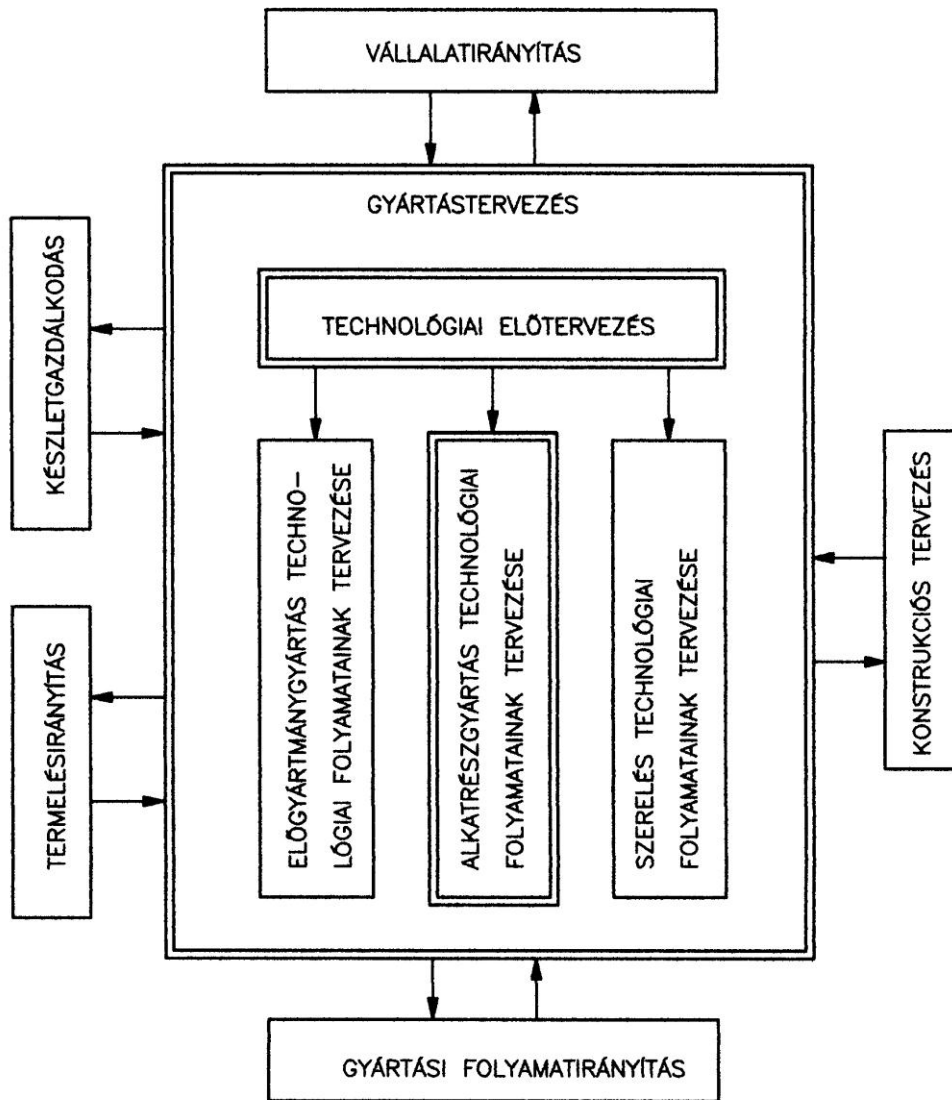
A **technológiai tervezés** feladata a gyártási folyamathoz tartozó tevékenységek, és a szükséges gyártóeszközök pontos meghatározása. Ez kettős feladat, azaz egyfelől meg kell állapítani a munkadarab átalakulásának közbenső állapotait az előgyártmány nyers állapota és a kész állapot között, másfelől ezekhez megmunkálásokat, gépeket, készülékeket, szerszámokat kell rendelni a környezet és aktuális gazdasági cél függvényében. [16], [49]. Ezt a tevékenységet tekinthetjük az első, egyben a legfontosabb lépésnek a gyártmány megvalósításának folyamatában. A gyártási folyamattervezés eredményei döntően befolyásolják a termék minőségét és a gyártás költségeit. Képletesen azt mondhatjuk, hogy választ ad a „mivel?”, „hogyan?” kérdésekre. A tevékenység eredménye a technológiai dokumentáció, amely alatt a következő dokumentumokat értjük: (1) műveleti sorrendterv, (2) műveletterv, (3) szerszámterv, (4) befogásterv, (5) CNC program (CNC gépek alkalmazása esetén).

A **termelésirányítás és ütemezés tervezés** feladata, hogy figyelembe véve a beérkezett rendeléseket, a műveleti sorrendterv és a rendelkezésre álló gyártóeszközök kapacitása alapján, pontos ütemtervet dolgozzon ki és irányítsa a termelést ill. gyártást. Képletesen azt mondhatjuk, hogy választ ad a mit „mikor?”, és „hol?” kérdésekre.

## 8.4 A TECHNOLÓGIAI TERVEZÉS FŐBB TERÜLETEI ÉS KAPCSOLATA A KÖRNYEZETÉVEL

A gépipari technológiai folyamatok tervezésének legmagasabb szintje a technológiai előtervezés vagy stratégiai tervezés. A tervezés további fázisai három autonóm területre oszthatók fel (8-9. ábra): (1) előgyártmánygyártás-, (2) alkatrészgyártás- és (3) szerelés technológiai folyamatainak tervezése [50]. Természetesen mindhárom terület és így a teljes technológiai folyamattervezés is

kapcsolatban van a vállalatirányítással, a termelésirányítással, a minőségbiztosítással és a konstrukciós tervezéssel.



8-9. ábra. A technológiai tervezés főbb területei és kapcsolata a környezetével [49]

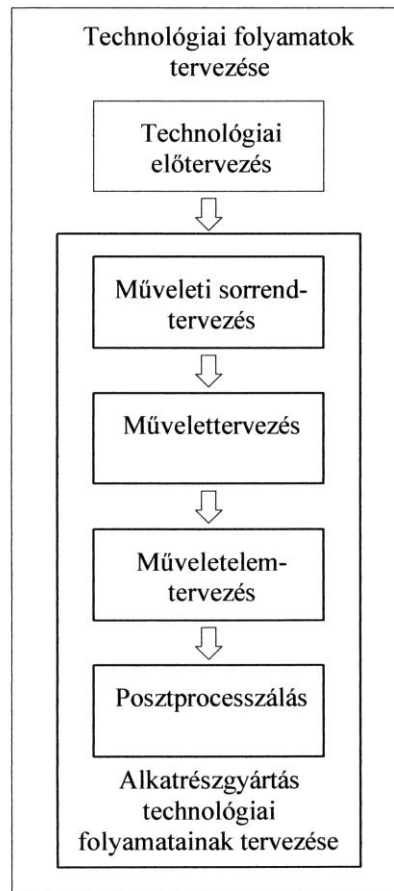
## 8.5 AZ ALKATRÉSZGYÁRTÁS TERVEZÉSI FELADATA ÉS A TERVEZÉS SZINTJEI

A technológiai tervezés mai módszertana egységes abban, hogy a gyártási folyamatok tervezését hierarchiai szintekre tagolva kell végrehajtani. Nincs egységes álláspont viszont a hierarchiai szintek célszerű számát és az egyes szintekhez hozzárendelhető feladatokat illetően [16], [52]. Abban azonban megegyeznek, hogy a tervezésnek a nagyobb tervezési egységektől az egyszerűbb, kisebb egységek irányába, másfelől a kevésbé részletezett folyamatszakaszoktól az egyre részletezettebb folyamatszakaszok irányába kell haladnia.

### 8.5.1 A technológiai tervezés szintjei

Az alkatrészgyártás technológiájának teljes tervezési folyamatát célszerű négy, egymástól jól elkülöníthető szintre bontani (8-10. ábra) [16], [49]:

- műveleti sorrendtervezés
- művelettervezés
- műveletelemek tervezése
- utófeldolgozás (posztprocesszálas).



8-10. ábra. A technológiai tervezés szintjei [16]

Az alkatrészgyártás technológiai tervezésének legfelső szintjét, a sorrendtervezést megelőzi a technológiai előtervezés [16], [49]. Ez a technológizálás stratégiája és ezen a tervezési szinten meghozott döntések nagyban befolyásolják a következő tervezési szinteken elvégzendő feladatokat és azok végső megoldását.

**A műveleti sorrendtervezés feladata:**

- a megmunkálási igények és megmunkálási módok meghatározása,
- a megmunkálási bázisok kijelölése,
- a szerszámgépek és készülékek kiválasztása,
- a műveletek behatárolása,

- a műveletek sorrendjének meghatározása,
- valamint a műveletek közötti közbenső állapotok rögzítése.

A szint végterméke a sorrendterv, amely tartalmazza:

- az alkatrész műveleteit,
- azok sorrendjét,
- a műveletek fő tartalmi jellemzőit és,
- a munkadarab befogására vonatkozó adatokat.

A **művelettervezés** feladata a műveleti sorrendterv adatai alapján a műveletek lebontása műveletelemekre, a műveletelemek tartalmának és sorrendjének meghatározása, a szerszámok kiválasztása és a szerszámelrendezési terv összeállítása. A szint végterméke a több változatban előállított műveletelem sorrendterv, vagy műveletterv, amely tartalmazza a művelet felfogási és felszerelési tervét, műveletelemeit, azok sorrendjét, és fő tartalmi jellemzőit.

A **műveletelem-tervezés** nem más mint a szerszámmozgások, azaz a szerszám pályák és a forgácsolási paraméterek tervezése. A szint eredménye a szerszámmozgás-terv, amely tartalmazza a műveletelem végrehajtásához szükséges szerszám pályák adatait és a szerszám pályákhoz tartozó forgácsolási paramétereket.

Az **illesztés (posztprocesszálás)** feladata a tervezési eredmények végső illesztése a géphez, vezérléshez, a tervezés konkrét céljaihoz, valamint a még hiányzó gyártási dokumentáció előállítására. A szint eredményeként elkészül a teljes gyártási dokumentáció. [16], [50].

## 8.6 A HAGYOMÁNYOS TECHNOLÓGIAI TERVEZÉS MÓDSZEREI

A hagyományos (manuális) technológiai tervezés három módszerét különböztetjük meg: (1) individuális technológia, (2) típus technológia, (3) csoport technológia.

### 8.6.1 Individuális technológia tervezés

Az individuális tervezési módszer lényege, hogy a technológus a tervezés folyamán minden egyes alkatrész esetére külön technológiai tervet készít, a saját tudása, tapasztalata és mérnöki intuíció segítségével. E közben munkája nem terjed ki az alkatrészek konstrukciós, ill. technológiai hasonlóságának rendszeres feltárására. Így megtörténhet, hogy hasonló munkadarabok esetén is jelentősen eltérő technológiai tervek készülnek más-más technológusok részéről. Ennek ellenére ez a módszer a legelterjedtebb, mivel nem igényel különösebb szervezettséget. A terv elkészítése több fázisban (lépésben) történik (például: előgyártmány meghatározása, műveleti sorrend meghatározása, befogás meghatározása minden művelethez stb.) és előfordulhat, hogy egy korábbi szakaszban hozott döntésről egy későbbi szakaszban derül ki, hogy az kedvezőtlen vagy teljesen alkalmatlan. Ilyenkor a technológus az eddigi tervet a „rossz” döntésig lebontja és egy másik úton haladva építi újra, A végleges technológia terv úgy alakul ki, hogy szükség szerint többször is vissza kell lépni és újra építeni a tervet. Ezért ezt a tervezési formát többfázisú iteratív módszernek is nevezzük.

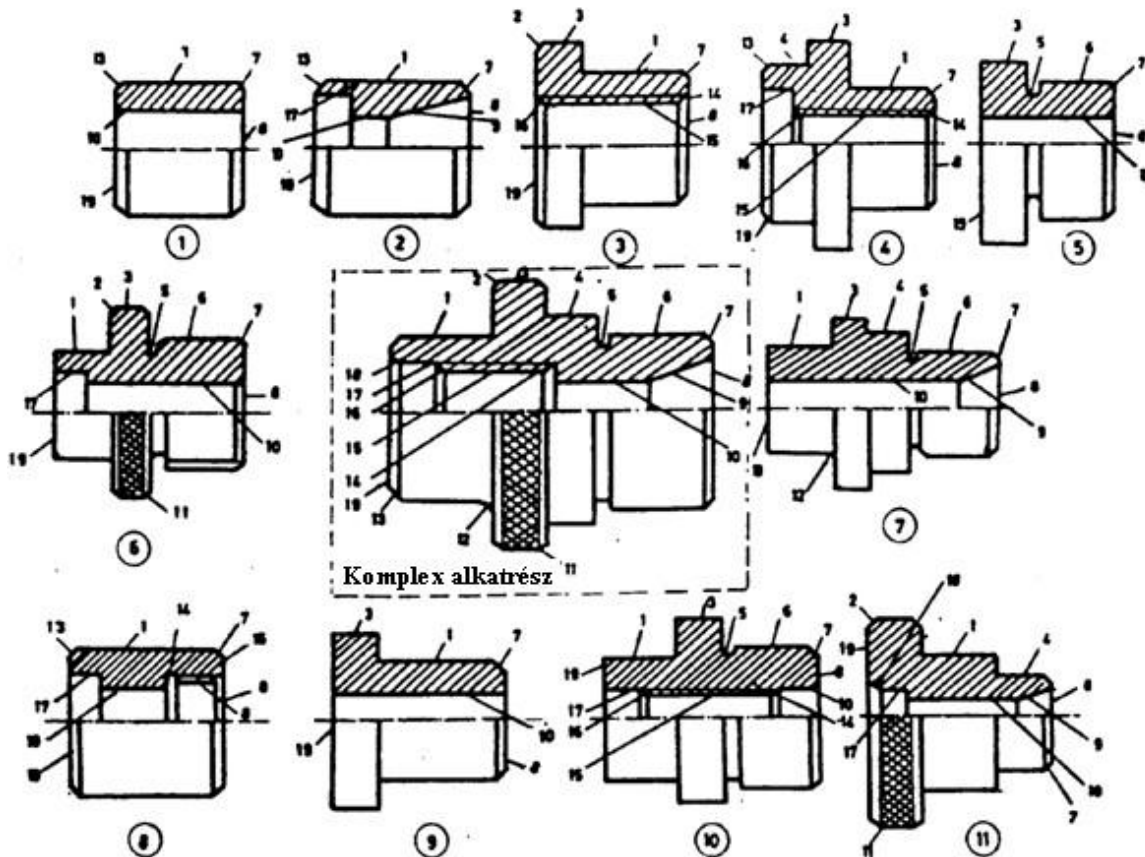
### 8.6.2 Típus- és csoporttechnológiák módszere

A típus- és csoporttechnológiák módszere Sokolovski és Mitrofanov munkássága nyomán fejlődött ki. Mindkét módszer lényege, hogy az alkatrészek konstrukciós és technológiai hasonlóságát vizsgálja és azonos vagy hasonló tulajdonságokkal rendelkező munkadarab csoportokat alakít ki amelyekre egységes technológiai tervet készít. Ily módon jelentősen csökkenthető a megoldások tarkasága elsősorban a sorrendtervek, művelettervek, a kiválasztott szerszámok és készülékek, forgácsolási adatok és időnormák tekintetében.

A hasonló tulajdonságú alkatrészcsoportok kialakítása megfelelő alkatrész osztályozó rendszerek alkalmazásával érhető el. Ezek felépítése hierarchikus: a legfelső szinten az alkatrészeket osztályokba sorolja, majd ezeket alosztályokba, csoportokba, és végül típusokra. Az egy típusba sorolt alkatrészek technológiai folyamata megegyezik.

A típus technológia és a csoport technológia jelentése nem ugyanaz, a kettő közötti különbségre mutat rá a két módszer alábbi rövid ismertetése.

**A típus technológiát** a technológiai folyamat határozza meg, és így az egy típushoz tartozó munkadarabok műveleti sorrendje és a műveletek többsége megegyezik, az alkatrészek azonos konstrukciós elemeket tartalmaznak.

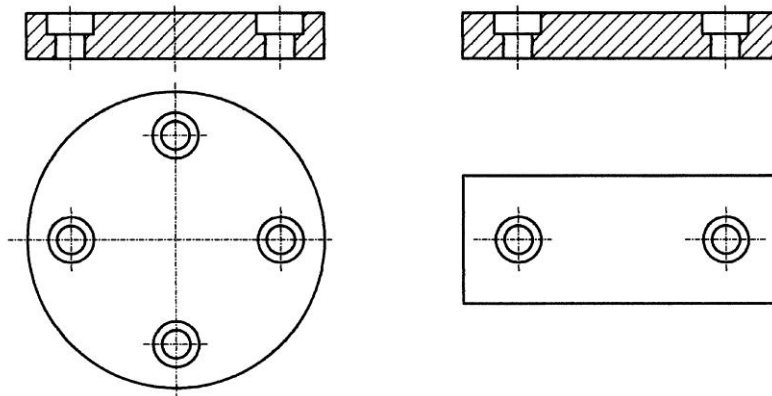


8-11. ábra. Példa a képzeltek vezéralkatrész kialakítására.



Az így kialakított típusba került alkatrészek közül ki kell választani a legbonyolultabbat, amelyen megtalálható minden olyan felületelem, amely a típus-csoport bármely alkatrészén fellelhető. Ezt komplex- vagy vezéralkatrésznek nevezzük. Ha nincs ilyen valós alkatrész a csoportban, akkor ki kell alakítani egy képzelt vezéralkatrészt (8-11. ábra). A technológiai folyamat tervezését csak a vezéralkatrészre kell elvégezni. A vezéralkatrészre kidolgozott komplex technológiai tervből alakítjuk ki a csoport egyes alkatrészeinek technológiai folyamattervét oly módon, hogy abból kihagyjuk a konkrét esetben szükségtelen műveleteket és műveletelemeket. A típustechnológiai tervek alapján történő technológiai tervezés előnyei közismertek: a tényleges tervezőmunka mennyisége csökkenthető, a gyártási költségek csökkenthetők, az alkatrészek minősége javul stb.

**A csoporttechnológiát** azok a gyártóeszközök (szerszámgép, készülék, szerszám) határozzák meg, amelyek egy művelet végrehajtásához szükségesek. Ebben az esetben nem feltétel az, hogy az egy csoportba tartozó alkatrészek teljes technológia folyamata megegyezzen, elegendő, ha van közös műveletük, ahol a megmunkálás azonos szerszámgépen egy gépelőkészítéssel történik. A 8-12. ábrán látható két egyszerű alkatrész első tekintetre nem is hasonlít egymáshoz, de a fúrás és süllyesztés műveletek esetében ez a két alkatrész egy csoportba sorolható és egy gépelőkészítéssel mindkét alkatrész megmunkálható. Ennek természetesen feltétele egy „csoportfúrókészülék”, amelybe mindkét alkatrész befogható.



8-12. ábra. Példa csoporttechnológia alkalmazására.

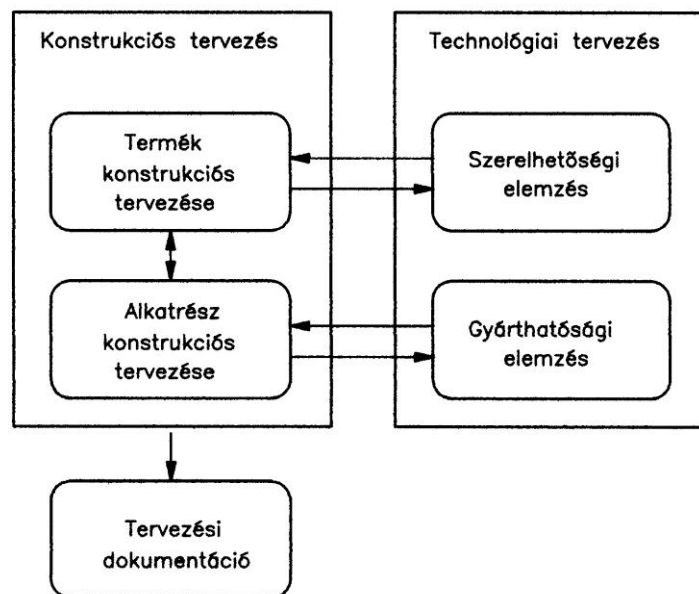
A csoportmódszer is feltételezi az alkatrészek osztályozását a típustechnológia módszerhez hasonlóan. A csoport egyes tagjai helyett, arra a komplex munkadarabra készül külön egyedi műveletterv, amely magán viseli a csoport tagjain előforduló összes felületelemet. Ebből származtatják később a konkrét alkatrészek gyártási folyamatterveit. Az így tervezett technológiák egységesebbek és ennek különösen a gyártóeszközök tekintetében van pozitív hatása. Emellett a csoportmegmunkálás a gyártás gazdaságosságára úgy hat ki, mint a gyártás tömegességének növelése.

## 9. TECHNOLÓGIAI ELŐTERVEZÉS

A technológiai előtervezés a technológiai tervezés legmagasabb szintje, főbb feladatai a következők [49], [24]:

- a gyártás főbb szakaszai – az előgyártmány gyártás, az alkatrészgyártás, a szerelés – közötti csatlakozó felületek meghatározása,
- a gyártáshelyes gyártmány, alkatrész és előgyártmány rajzi dokumentumainak elkészítése,
- a gyártástervezés stratégiájának meghatározása, ami a gyártórendszerek és az aktuális gyártási variánsok kijelölését jelenti,
- a gyártási feladat technológiai elemzése, becsült költség és normaadatok képzése.

Az első feladat a konstrukció technológiai bírálata, melynek célja a gyártáshelyes konstrukció kialakítása. A cél, hogy adott terméket minél kisebb költséggel tudjunk gyártani, ennek érdekében kell elvégezni a konstrukció technológiai elemzését és rámutatni a gyártási nehézségekre, ill. javasolni kell olyan megoldást, amely az alkatrész funkcióját tökéletesen ellátja, de a gyártást olcsóbbá teszi. Ezt természetesen visszajelzésként közöljük a konstrukciós osztállyal és a konstruktőr hoz végleges döntést arról, hogy elfogadja a módosítási javaslatot vagy sem (9-1. ábra). A feladat magába foglalja a szerelhetőségi elemzést és az alkatrészek gyárthatósági elemzését. A folyamat végeredménye a gyártáshelyes termékkonstrukció.



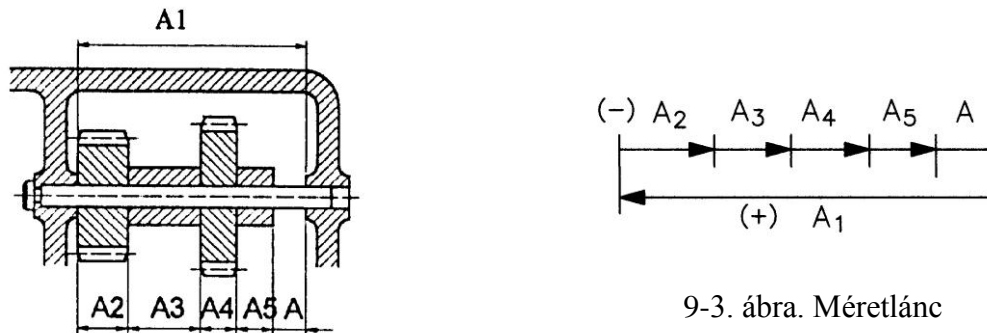
9-1. ábra. A konstrukció technológiai bírálata [24]

### 9.1 A SZERELÉS ÉS AZ ALKATRÉSZGYÁRTÁS KÖZÖTTI CSATLAKOZÓFELÜLET MEGHATÁROZÁSA

Szereléskor alkatrészeket kapcsolunk össze, hogy az összeállítási rajzon meghatározott kölcsönös elhelyezkedésüket megvalósítsuk. Az alkatrészek méretei azok tűrésén belül változók. Ezért egymásra illesztésük folyamán a tűrések összegződnek. A kapcsolódó alkatrészek méretei méretláncot alkotnak [18].

### 9.1.1 Méretláncok

A méretláncokkal kapcsolatos fogalmakat egy hajtóműrész példáján mutatjuk be (9-2. ábra). Ennek szerelésekor a fogaskerekeket és távtartó gyűrűket oldalfelületeikkel a házhoz ill. egymáshoz fektetjük. A kerek szabadonfutók, ezért egy bizonyos hézag ( $A$ ) szükséges a ház oldala és a távtartó között. Az alkatrészek illeszkedő felületeit összekötő méretek láncot alkotnak, a biztosítandó hézag ennek a méretláncnak az eredője (záró tagja). Méretláncnak nevezzük azt a meghatározott sorrendben önmagába visszatérő méretsorozatot, amely azoknak az alkatrészeknek a felületeit köti össze, amelyeknek a helyzetét meg kell határozni [18].



9-2. ábra. Hajtómű rész és méretlánc

9-3. ábra. Méretlánc

Célszerű a méreteket önálló vázlatként ábrázolni (9-3. ábra). A szerkesztést az eredővel kezdjük. Az eredő az a két felület közötti távolság, amelyek helyzetét biztosítani kívánjuk. Ezekre visszük fel sorban az egyes alkatrészek méreteit. A zárótag növelő méretek azok, amelyek növelése a zárótag növeléséhez vezet, ezeket pozitív előjelűnek vesszük. A zárótag csökkentő méretek pedig azok, amelyek növelése a zárótag csökkenéséhez vezet, ezeket negatív előjelűnek vesszük. A méretlánc grafikus ábráján a pozitív és negatív tagok ellentétes irányban kerülnek berajzolásra. A zárótag nagysága a tagok algebrai összege:

$$A = \sum_{i=1}^m A_i$$

ahol:  $A_i$  a méretlánc  $i$ -edik tagja (előjel szerint kell értelmezni)  
 $m$  a méretlánc tagjainak száma

A zárótag névleges értéktől való felső- és alsó határeltérését (tűrés) a lánctagok tűrése alapján lehet kiszámolni:

$$a_{ef} = \sum_{i=1}^l a_{if} - \sum_{i=l+1}^m a_{ia},$$

$$a_{ea} = \sum_{i=1}^l a_{ia} - \sum_{i=l+1}^m a_{if},$$

Ahol:

$a_{ef}$  a zárótag eltérésének (tűrésének) felső határa,  
 $a_{ea}$  a zárótag eltérésének (tűrésének) alsó határa,

$a_{ia}$	az $i$ -edik lánctag tűrésének alsó határa,
$a_{if}$	az $i$ -edik lánctag tűrésének felső határa,
$l$	a zárótagnövelő tagok száma,
$m-l$	a zárótagcsökkentő tagok száma,

A zárótag tűrésének nagysága:  $a_e = a_{ef} - a_{ea}$

### 9.1.2 A szerelési tűrés biztosításának módszerei

A zárótag előírt tűrése a következő módszerekkel biztosítható: (1) teljes cserélhetőség, (2) részleges cserélhetőség, (3) utólagos illesztés, (4) beszabályozás, (5) válogató párosítás.

#### Teljes cserélhetőség módszere

A zárótag tűrését a lánctagok minden beavatkozás nélkül biztosítják. A módszer előnyei:

- egyszerű szerelés (válogatásra, beszabályozásra stb. nincs szükség),
- a szerelés automatizálása a legkisebb költséggel jár,
- a műveletekre szabatos normaidő adható.

Hátránya, hogy a lánctagok kis tűrése miatt az alkatrészgyártás nagyon költséges.

Az összes többi módszer kompromisszumra épül, ami azt jelenti, hogy a szerelést bonyolultabbá (drágábbá) tesszük annak érdekében, hogy az alkatrészgyártás pontosságát és egyben a költségeit csökkenteni tudjuk.

#### Részleges cserélhetőség módszere

A válogatás nélkül összeszerelt darabok nem minden esetben biztosítják a zárótag tűrését, ezért megjelenik a szerelési selejt. Attól függően, hogy milyen  $p$  valószínűséget kívánunk biztosítani arra nézve, hogy a zárótag nagysága az előírt tűrésen belül essen, a lánctagok tűrése növelhető (pl.  $p = 0,9973$  egy négytagú méretlanc esetén a közepes lánctűrés a kétszeresére növelhető).

#### Utólagos illesztés módszere

A zárótag előírt pontosságát az egyik előre meghatározott lánctag szereléskor elvégzendő szükség szerinti utánmunkálásával érik el. Az utánmunkálásra kijelölt lánctagot kompenzáló tagnak nevezzük, a lemunkálendő réteget pedig kompenzálási értéknek.

#### Beszabályozás módszere

Alapvetően azonos az utólagos illesztéssel, az eltérés az, hogy a kompenzáló tag méretét nem forgácsolással helyesbítik. A zárótag tűrésének biztosítása történhet mozgó (állítható) kompenzátorral, vagy több méretben legyártott kompenzáló tagokból a megfelelő beszerelésével. Kompenzátorként egyszerű alakú alkatrészt kell kijelölni (alátét, gyűrű stb.)

#### Válogató párosítás módszere

A teljes cserélhetőséget biztosító lánctag tűréseket a többszörösére bővítik a gyártási költségek csökkentése céljából. Később az alkatrészeket az eredeti tűrés szerinti csoportokra válogatják. A módszer alkalmazása a következő tevékenységeket igényli:

- az alkatrészek csoportokba válogatása,

- az alkatrészek csoportok szerinti jelölése és tárolása,
- nem azonos méreteloszlás esetén, az egyes csoportokban a hiányzó alkatrészek pótlása.

Akkor alkalmazzák, amikor a zárótag tűrése nagyon kicsi (pl. gördülőcsapágy gyártásban).

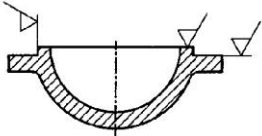
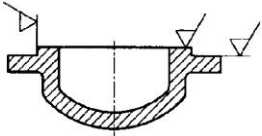
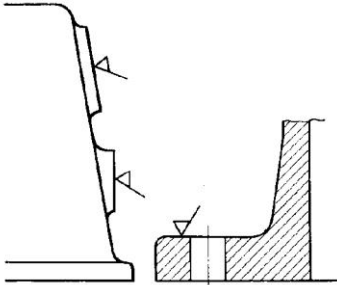
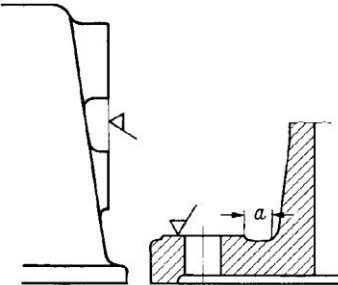
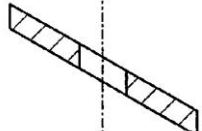
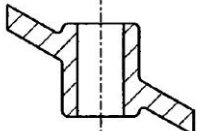
## 9.2 AZ ALKATRÉSZEK GYÁRTÁSHELYES KIALAKÍTÁSÁNAK ELEMZÉSE

A technológiai elemzés nagy körültekintést és a gyártási eljárások, gyártóeszközök ismeretét feltételezi. A gyárthatósági elemzés két szinten történhet. Egyrészt egy globálisnak tekinthető szinten, amely tulajdonképpen a gyártáshelyes tervezés tárgykörébe tartozik, és az egyes alkatrészen található geometriai elemek elméleti legyárthatóságára, előállítási technológiát figyelembe vevő geometriai kialakításra vonatkozik (Mikó B. 2000). A 9-4. ábrán öntéshelyes kialakítások láthatók, a 9-5. ábrán gyártáshelyes felületkialakítások láthatók öntött alkatrészekben és a 9-6. ábrán két példa látható menetes alkatrészek kialakítására.

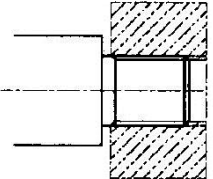
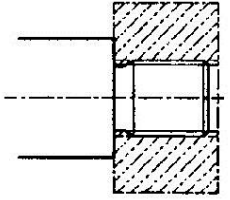
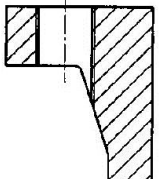
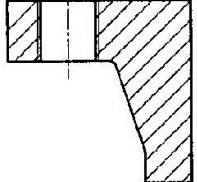
A másik elemzési szint lokális, a rendelkezésre álló gyártóeszközök (szerszámgépek, szerszámok, készülékek stb.) lehetőségeinek figyelembevételével alakít ki javaslatokat a konstrukció esetleges módosítására.

	<p>Az éles átmenetek repedéseket okozhatnak. A túl nagy átmeneti sugár zárványokat idézhet elő.</p>
	<p>A két maggal készülő öntvény esetén a jobb oldali mag könnyen elmozdulhat, deformálódhat. Biztosabb a támasztás ha a két magot egybekötjük.</p>
	<p>A vízszintes felületeket kerülni kell, mert a keletkező gázbuborékok miatt rossz minőségű lesz a felület.</p>

9-4. ábra. Példák öntéshelyes kialakításra [14]

kedvezőtlen	jobb	Megjegyzés
		A forgácsolással megmunkálható alkatrészek esetén befogásra alkalmas felületet kell kialakítani.
		A megmunkálható felületek lehetőleg egy síkban legyenek. A szerszámkifutásról gondoskodni kell. A megmunkált felületek kiterjedése ne legyen túl nagyra kialakítva.
		Ferde felületeken előlátott furatok fúrásánál a fúró elhajlik.

9-5. ábra. Példák gyártáshelyes felületkialakításra [14]

Probléma	kedvezőbb kialakítás	Megjegyzés
<p>Az anya nem csavarható fel teljesen a vállkialakításig.</p> 		A menetkifutási horony lehetővé teszi az anya felcsavarását a vállig.
<p>A menet nem lesz központos vagy a menetfűró sérül.</p> 		A menetes furatokat úgy kell elhelyezni, hogy a menetfűrőt kilépésnél ne érje egyoldali terhelés.

9-6. ábra. Gyártáshelyes menetes felületkialakítás [14]

## 9.3 AZ ELŐGYÁRTMÁNY MEGHATÁROZÁSA

Az előgyártmánygyártás és az alkatrészgyártás közötti kapcsolódási felületet az alkatrészgyártás előgyártmánya jelenti. Az előtervezés feladata az előgyártmány típusának megválasztása (pl. hengerelt, öntött, kovácsolt stb.), valamint a ráhagyások mértékének megállapítása. Az előgyártmány típusának (fajtájának) kiválasztását elsősorban az alkatrész alakja, méretei, anyaga és a gyártandó darabszám figyelembevételével végezzük. Arra kell törekedni, hogy az előgyártmány előállításának költsége és alkatrészgyártás együttes költsége a lehető legkisebb legyen.

Az előgyártmány fajtájának kiválasztása után meg kell határozni az előgyártmány méreteit, majd végül el kell készíteni az előgyártmány műhelyrajzát.

### 9.3.1 Az előgyártmányok fajtái

Az előgyártmány az alkatrészgyártási folyamat kiinduló állapotát képezi. Az alkatrész anyagát a szerkesztő határozza meg és azt az alkatrészrajzon előírja. Az előgyártmány típusa is előírható az alkatrészrajzon, de gyakoribb eset az, amikor ezt a technológus (gyártástervező) határozza meg. A fémek előgyártmányok az elkészítési technológia szerint a következők lehetnek:

- hengerelt (rudak, lemezek és bugák),
- húzott (rudak),
- öntött,
- kovácsolt,
- porkohászati eljárással készített.

Egyes esetekben a felsorolt technológiai eljárások és az alkatrészgyártás közé forgácsolás nélküli megmunkálás iktatódik be. Például: hegesztés, forrasztás, hajlítás stb. Ezeknek az eredményét a szó bővebb értelmében szintén előgyártmánynak nevezzük.

#### 9.3.1.1 Hengerelt és húzott rudak

Rúdanyagot rendszerint egyedi és kissorozat gyártásban használunk előgyártmányként, ill. sorozatgyártásban olyan esetekben, amikor viszonylag kevés forgács leválasztásával kialakítható a munkadarab (pl. egyenes tengelyek, tárcsák stb.), vagy a munkadarab befogása és adagolása rúdanyag esetén kedvezőbben megoldható. A melegen hengerelt rudak olcsóbbak, mint a húzott és köszörült rudak, de az előbbiek méretpontossága jelentősen durvább (9-1. táblázat).

A keresztmetszet alakja szerint a rúdanyagok készülhetnek kör-, négyzet-, téglalap- vagy hatszög keresztmetszettel (9-2. táblázat). Legnagyobb mértékben a hengerelt köracél nyer alkalmazást, ezek méretválasztéka és tűrése a 9-3. táblázatban található.

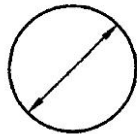
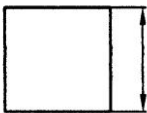
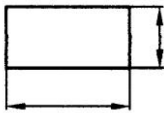
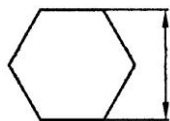
A húzott és köszörült rudak alkalmasak automata esztergákon történő megmunkálás esetére, amikor a befogás és az adagolás automatizálása szükséges (patronos befogók).

A rúdárú készülhet különböző minőségű acélokból, alumínium ötvözetekből, sárgarézből stb.

9-1. táblázat. A hengerelt és húzott rudak irányadó méretpontossága és felületminősége.

A rudanyag fajtája	Méretpontosság	Felületminőség
hengerelt	IT 14-16	revés felület
húzott	IT 10-13	9-12
köszörült	IT 7-9	7-10

9-2. táblázat. Hengerelt rudanyag keresztmetszetek

Megnevezés	Hengerelt kör- acél	Hengerelt négy- zetacél	Hengerelt lapos- acél	Hengerelt hat- szögacél
A szelvény jel- lemző mérete				
Szabványszám	EN 10060	EN 10059	EN 10058	

9-3. táblázat. Hengerelt köracélok méretválasztéka és tűrése (EN 10060:2003)

Névleges átmérők (mm)					
10	26	50	90	145	
12	27	52	95	150	
13	28	55	100	155	
14	30	60	105	160	
15	32	63	110	165	
16	35	65	115	170	
18	36	70	120	175	
19	38	73	125	180	
20	40	75	130	190	
22	42	80	135	200	
24	45	85	140	220	
25	48			250	
Tűrések					
Átmérő tar- tomány	Normális tűrés	Szűkített tűrés	Átmérő tartomány	Normális tűrés	Szűkített tű- rés
10-12	±0,4	±0,15	80	±1	Nem alkal- mazható
13-15		±0,20	85-100	±1,3	
16-22	±0,5		105-120	±1,5	
24-25		±0,25	125-160	±2	
25-30	±0,6		165-200	±2,5	
32-35		±0,3	220	±3	
36-40	±0,8		250	±4	
42-50		±0,4			
52	±1				
55-75		±0,5			



Rúdanyag esetén, az előgyártmány méretének meghatározása a rúdátmérőnek és a darabolás hosszának megadásából áll. A rúdanyag lehető legkisebb átmérőjét, az alkatrész legnagyobb átmérője és a szükséges ráhagyások összegeként határozzuk meg. Az így kapott érték alapján az első nagyobb szabványos rúdátmérőt választjuk. A darabolás hosszát (amennyiben szükséges darabolás) az alkatrész hossza és a két homlokfelületen szükséges ráhagyások összegeként határozzuk meg. Az így kapott hosszúságot minimálisnak kell tekinteni, ezért a darabolási tűrés csak pozitív lehet.

### 9.3.1.2 Lemezek, hegesztett szerkezetek

Lemezről készült előgyártmányt rendszerint egyedi és kissorozat gyártás esetén használunk. Az előgyártmány elkészítése egyengetés, előrajzolás (ha szükséges), vágás és tisztítás műveletekből áll. A vágás történhet ollóval, lángvágással, lézerrel vagy vízvágással. A korszerű vágóberendezések CNC vezérléssel vannak ellátva és így tetszőleges alakzatok vághatók ki előrajzolás nélkül. A hengerelt lemezek vastagsága és mérettűrése szerint megkülönböztetünk finom-, közép-, és durvalemezeket.

Lemezekből, hegesztéssel különböző szekrényyszerű vagy más összetett alkatrészek előgyártmánya is készülhet (hajtóműházak, gépágyak, tartók stb.). Egyedi és kissorozat gyártás esetén a hegesztett előgyártmányokkal sikeresen helyettesíthetők az öntött és kovácsolt előgyártmányok. A hegesztett előgyártmányokat forgácsoló megmunkálás előtt mindig hőkezelní kell a hegesztésnél maradó belső feszültségek megszüntetése érdekében.

A hegesztett előgyártmányról külön összeállítási rajzot kell készíteni.

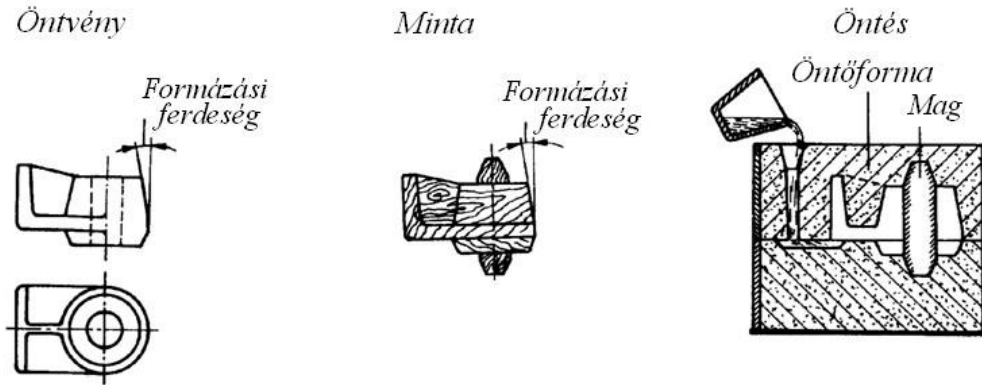
### 9.3.1.3 Öntött előgyártmányok

Öntött előgyártmányt nagy darabszámú és bonyolult alakú alkatrészek esetén alkalmazunk. Az öntvények anyaga lehet öntöttvas, acél, alumínium ötvözetek, rézötvözetek. Az öntvények tömege széles határok közt mozog a néhány grammostól a több tonnás darabok is előfordulnak. Az alkalmazott öntéstechnológia szerint az öntés lehet:

- homokformába öntés (9-7. ábra)
- fémformába (kokillába) öntés
- nyomás alatti öntés (fröccsöntés)
- precíziós öntés

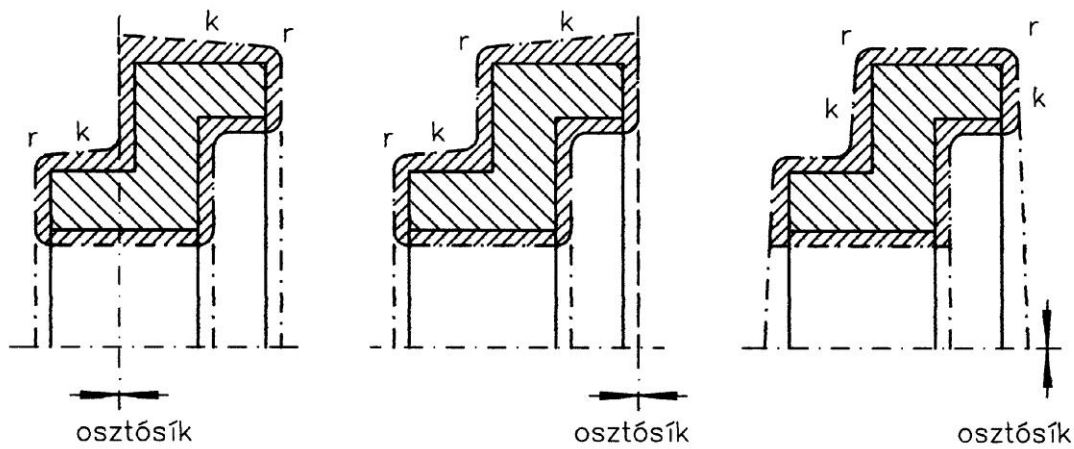
Az öntéstechnológia kiválasztásánál figyelembe kell venni a következőket:

- A legfinomabb felületű öntvények kokillaöntéssel kaphatók, ezt követi a precíziós öntés míg a legdurvább felület homoköntésnél keletkezik.
- A legnagyobb méretpontosság kokilla- és precíziós öntéssel érhető el, homoköntésnél a legalacsonyabb a méretpontosság.
- A fából készült öntőminta jelentősen olcsóbb, mint a fém minta.
- Nagy tömegű öntvények kizárólag homoköntéssel készülnek.
- Kistömegű nagy pontosságigényű darabokat precíziós öntéssel lehet készíteni.
- Fröccsöntéssel elsősorban a viszonylag alacsony olvadáspontú fémeket, mint például az alumínium öntvényeket célszerű önteni.



9-7. ábra. Öntés homokformába

Az öntvénynek minden esetben megfelelő mintát kell készíteni (9-7. ábra). A mintát a kiemelhetőség miatt egy- vagy bonyolult alkatrészeknél- több síkban (osztósík) részekre osztják. Üreges daraboknál az üregnek megfelelő magot helyeznek el a formaszekrényben. Az öntvények jellemző alakját az osztósík kiválasztása határozza meg, amint az a 9-8. ábrán bemutatott példán követhető. A minta kiemelhetőségének érdekében a kiemelés irányában a felületeket megfelelő ferdeséggel kell ellátni (k), az éles átmenetek helyét pedig lekerekítéssel (r) kell kialakítani. E részletek pontos meghatározása már az öntőtechnológus ill. az öntőminta tervező feladata. Az osztósík megválasztásába azonban be kell kapcsolódnia a gyártástervező technológusnak is, mert ez befolyásolhatja a befogás megoldását. Forgástestek esetén a felületek ferdesége kúpfelületet eredményez és ezért a radiális irányú szorítóerő, egy axiális erőösszetevőt is eredményez, amely befolyásolhatja a darab biztonságos befogását.

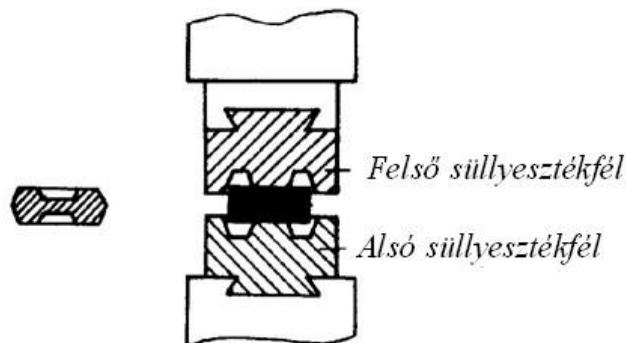
9-8. ábra. Az osztósík kiválasztásának hatása az öntvények alakjára  
k- ferdeség, r- lekerekítés

Az öntött előgyártmány meghatározása bonyolultabb, mint rúdanyag esetében. Itt ui. minden felületet külön-külön elemezve, kell meghatározni a ráhagyásokat. Az öntvény alakja követi az alkatrész alakját, azzal, hogy a megmunkált felületekhez hozzá kell adni a megfelelő ráhagyást. Rendszerint előzetes öntvény rajzot készítünk, amelyen pontvonallal kihúzzuk a ráhagyásokkal megnövelt kontúrvonalakat az alkatrészrajz másolatán, ezek méreteit megadjuk, de a ferdesége-

ket, lekerekítéseket nem rajzoljuk be. Az ilyen előzetes ötvényrajz alapján készíti később a végleges ötvényrajzot az öntőtechnológus, ill. öntőminta-tervező, azzal, hogy az adott ráhagyási értékek nem csökkenthetők, hanem csak növelhetők az öntési ferdeség és a lekerekítések miatt.

#### 9.3.1.4 Kovácsolt előgyártmányok

Kovácsolt előgyártmány alkalmazásának két jellemző esete van: (1) a szerkesztő bizonyos mechanikai tulajdonságok elérése céljából előírja azt, (2) az alkatrész darabszáma akkora, hogy kovácsolt előgyártmány alkalmazása gazdasági előnnyel jár, a rúdanyaggal szemben. Két alapvető kovácsolási eljárást különböztetünk meg: (1) szabadkovácsolás és (2) süllyesztékes kovácsolás (9-9. ábra). Szabadkovácsolással jelentősen kisebb méretpontosság érhető el, a kovácsdarab kialakítása a munkás ügyességén múlik. A süllyesztékes kovácsolás nagyobb pontosságot biztosít, de szükség van viszonylag nagy költséget jelentő süllyeszték gyártására, ezért csak megfelelő nagy darabszám esetén gazdaságos az alkalmazása.



9-9. ábra. Süllyesztékes kovácsolás

A kovácsolt darab kiemelhetőségének érdekében, a kovácsolt darabokat az ötvényekhez hasonlóan bizonyos ferdeséggel és lekerekítésekkel kell kialakítani, ezek elrendezése az osztósík kiválasztásától függ. A kovácsolt darab rajzának előkészítése hasonlóan történik, mint az ötvények esetében és a következő feladatokat kell megoldani: (1) az osztósík kiválasztása, (2) a ráhagyások meghatározása, (3) az oldalferdeségek, lekerekítési sugarak és lyukasztások méreteinek meghatározása.

#### 9.3.2 Ráhagyások meghatározása és az előgyártmány méretei

A ráhagyás a várható hibák alapján számítható [50], [5]. A ráhagyások megállapítása gazdasági kérdés is, mert a túl nagy ráhagyás anyagpazarlást és többletmunkát jelent, a túl kicsi viszont sok selejthez vezet.

Az előgyártmány méreteit úgy kapjuk meg, hogy az alkatrész kész méreteihez hozzáadjuk (ill. belső felületek esetén kivonjuk) a technológiai ráhagyások értékét. A ráhagyások értékét minden egyes megmunkált felületre külön-külön kell megállapítani. Ezt a gyakorlatban technológiai táblázatok alapján határozzuk meg (megtalálhatók a Gépipari technológiák I jegyzetben is). Egy-egy felület technológiai ráhagyását külön kell meghatározni minden megmunkálási szakaszra, azaz nagyolásra, simításra és finomításra. Ehhez persze tudni kell, hogy egy-egy megmunkált

felületminőségnek melyek a megmunkálási igényei. Ennek megállapításához általában a következő irányadó szabályok alkalmazhatók:

- nagyoló megmunkálás elegendő azon felületek esetében, amelyek méretpontossága IT12 vagy ennél durvább, a felületi érdesség pedig  $R_a > 25 \mu\text{m}$ .
- nagyoló és simító megmunkálás elegendő azon felületek esetében, amelyek méretpontossága IT11 és IT8 között van, vagy a felületi érdesség  $25 > R_a > 0,8 \mu\text{m}$ .
- nagyoló, simító és finomító megmunkálás szükséges azon felületek esetében, amelyek méretpontossága IT7 vagy ennél finomabb, vagy a felületi érdesség  $R_a \leq 0,8 \mu\text{m}$ .

A gyakorlatban vannak kivételek a felsorolt szabályok alól, de a feladatok kidolgozásánál és értékelésénél ezeket vesszük alapul.

Általános esetben a teljes ráhagyás:

$$R = R_1 + R_2 + R_3,$$

ahol:  $R_1$  ráhagyás nagyolásra,  
 $R_2$  ráhagyás simításra,  
 $R_3$  ráhagyás finomításra (általában köszörülésre).

### 9.3.3 Az optimális előgyártmány kiválasztása

Az alkatrész anyaga jelentősen befolyásolja az előgyártmány típusát, sőt vannak olyan esetek is amikor azt a konstruktőr elő is írja. Azokban az esetekben azonban amikor a technológus választja ki a lehetséges előgyártmány típusok közül a megoldást, mindig arra kell törekedni, hogy a gyártási költség minimális legyen.

A teljes gyártás költsége felírható, mint

$$K_{gy} = K_{egy} + K_{agy} + K_{sz}$$

ahol:  
 $K_{egy}$  az előgyártmány költsége  
 $K_{agy}$  az alkatrészgyártás költsége  
 $K_{sz}$  a szerelés költsége

Az előgyártmány típusa csak az alkatrészgyártás költségét befolyásolja. Így a vizsgált költség-rész a következő:

$$K = K_{egy} + K_{agy}$$

Az előgyártmány költsége az alábbiakból tevődik össze:

$$K_{egy} = \frac{1}{n} K_{esz} + K_{ea} + K_{em}$$

ahol:  
 $n$  a gyártandó alkatrészek darabszáma  
 $K_{esz}$  az előgyártáshoz szükséges szerszám költsége  
 $K_{ea}$  az előgyártmány anyagköltsége  
 $K_{em}$  az előgyártmány megmunkálásának költsége

A gyakorlatban legtöbbször (különösen öntött és kovácsolt előgyártmányoknál) az előgyártmány anyagköltségét és az előgyártmány megmunkálásának költségét együttesen kezelik és így az előgyártmány költsége az alábbi összefüggéssel írható fel

$$K_{egy} = \frac{1}{n} K_{esz} + A \cdot G$$

ahol:

$A$  az előgyártmány kilógrammonkénti ára  
 $G$  az előgyártmány tömege

Az alkatrészgyártás költsége a következő:

$$K_{agy} = \frac{1}{n} K_{ak} + K_{am}$$

ahol:

$K_{ak}$  az alkatrészgyártáshoz szükséges készülékek költsége (amikor a gyártás nem igényel speciális készüléket ill. megoldható szabványos géptartozéknak minősülő készülékkel, akkor ez a költség elhanyagolandó)

$K_{am}$  az alkatrészgyártás megmunkálási költsége

Az alkatrészgyártási folyamat műveletek sorából áll amelyeket meghatározott gépeken (munkahelyeken) kell végrehajtani. Így az alkatrész megmunkálási költségét az adott munkahelyeken keletkezett költségek összege képezi.

$$K_{am} = \sum_{i=1}^k B_i \cdot t_i$$

ahol:

$B_i$  az  $i$  munkahely egy időegységre eső költsége

$t_i$  a megmunkálás időtartama az  $i$  munkahelyen

### Példa:

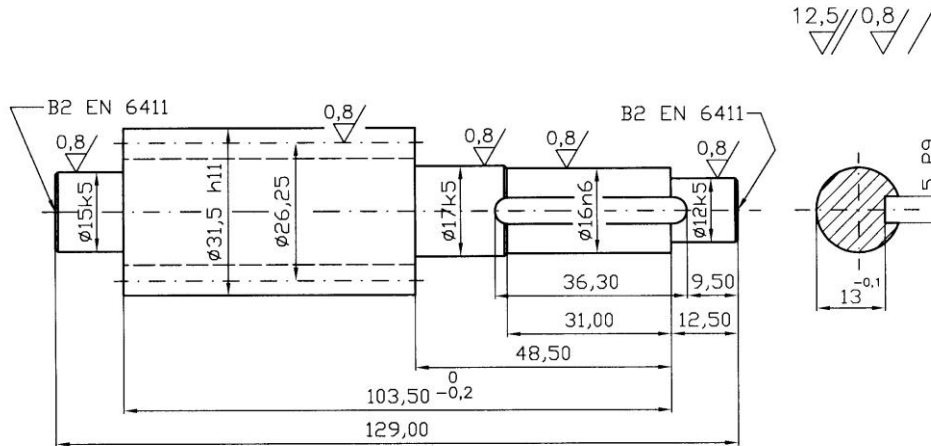
Az optimális előgyártmány kiválasztásának problémáját egy fogazott tengely példáján mutatjuk be, melynek műszaki rajza az 9-10. ábrán látható. A munkadarab anyaga betétben edzhető acél (16MnCr5).

Tengelyszerű alkatrészeknél gyakorlatilag két előgyártmány típus jöhet számításba.

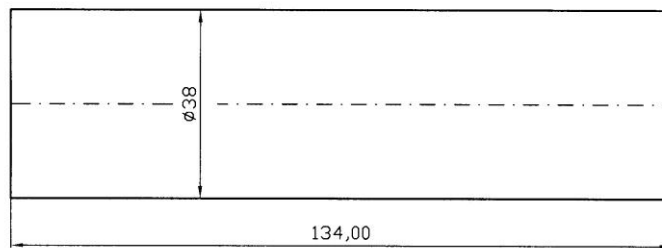
A köracél rúd amely szabványos átmérőkben beszerezhető és viszonylag alacsony az egységnyi ára, de alakja nem követi a munkadarab alakját (9-11. ábra) és így a megmunkálás költségei várhatóan magasak lesznek.

A kovácsolt előgyártmány alakja követi a munkadarab körvonalait (9-12. ábra), így a forgácsolással leválasztandó anyagréteg kisebb lesz és az előgyártmány tömege is kisebb. A hátránya az, hogy viszonylag drága kovácsoló szerszámot igényel. Emiatt alkalmazása csak nagymennyiségű alkatrésznél célszerű.

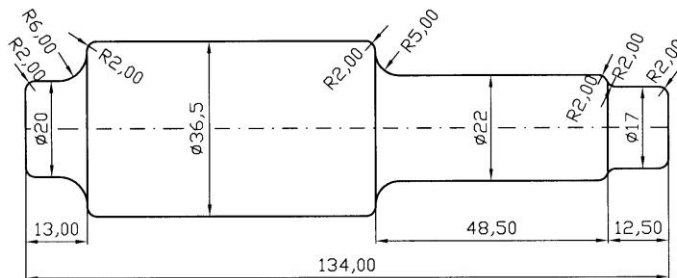
A feladat az, hogy meghatározzuk azt a darabszámot amely felett az alkatrészgyártás költsége kisebb lesz kovácsolt előgyártmány esetében.



9-10. ábra. Fogazott tengely



9-11 ábra. Köracél előgyártmány



9-12. ábra. Kovácsolt előgyártmány

Az alkatrészgyártás megmunkálási költségének meghatározásához szükség van a gyártási folyamat ismeretére. A gyártási folyamatot a műveleti sorrend határozza meg, ami a vizsgált két esetre az 9-4. és 9-5. táblázatban látható.

A két műveleti sorrendterv összehasonlításából kiderül, hogy köracél előgyártmány esetén az esztergálás művelete több időt vesz igénybe, amit a 9-13. ábra szemléltet, és itt egy daraboló műveletre is szükség van.

A többi művelet teljesen megegyezik ezért ezek ideje és költsége is azonos lesz, így az előgyártmány optimalizálásának szempontjából érdektelen. Az adott példa esetében ezek a költségek  $C=1800$  Ft/db értékre vehetők.

Az alkatrészgyártás költségét az előgyártmány- és a gyártási költség összege adja. Optimálisnak tekinthető azaz előgyártmány, amely esetében az alkatrészgyártás költsége a legkisebb lesz.

9-4.táblázat. Műveleti sorrendterv köracélból darabolt előgyártmány esetében

Sor-szám	Művelet	Gép	Idő [min/db]
1	Darabolás	Körfűrész	0,8
2	Oldalazás, központfúrás	Célgép	
3	Esztergálás	CNC csúcseszterga	3,4
4	Fogazás	Fogmarógép	
5	Horonymarás	Horonymarógép	
6	Hőkezelés	Hőkezelő berendezés	
7	Csúcs helyek tisztítása	Csúcsköszörűgép	
8	Palástköszörülés	Palástköszörűgép	
9	Fogköszörülés	Fogköszörűgép	

9-5. táblázat. Műveleti sorrendterv kovácsolt előgyártmány esetében

Sor-szám	Művelet	Gép	Idő [min/db]
1	Oldalazás, központfúrás	Célgép	
2	Esztergálás	CNC csúcseszterga	2,1
3	Fogazás	Fogmarógép	
4	Horonymarás	Horonymarógép	
5	Hőkezelés	Hőkezelő berendezés	
6	Csúcs helyek tisztítása	Csúcsköszörűgép	
7	Palástköszörülés	Palástköszörűgép	
8	Fogköszörülés	Fogköszörűgép	

Köracél előgyártmány esetében egy darab alkatrész előállításának költségét a következő összefüggés adja:

$$K_{kör} = K_{egy} + K_{agy}$$

$$K_{egy} = \frac{1}{n} K_{esz} + A \cdot G = A_1 \cdot G_1$$

$$K_{agy} = \frac{1}{n} K_{ak} + K_{am} = K_{am} = B_f \cdot t_1 + B_e \cdot t_2 + C$$

ezzel

$$K_{kör} = A_1 \cdot G_1 + B_f \cdot t_1 + B_e \cdot t_2 + C$$

$$K_{kör} = 750 \cdot 1,2 + 50 \cdot 0,8 + 180 \cdot 3,4 + 1800 = 3352 \text{ Ft}$$

ahol:

$$A_1 = 750 \text{ Ft/kg}$$

$$G_1 = 1,2 \text{ kg}$$

$$B_f = 50 \text{ Ft/min}$$

$$t_1 = 0,8 \text{ min}$$

$$B_e = 180 \text{ Ft/min}$$

$$t_2 = 0,8 \text{ min}$$

a köracél beszerzési ára

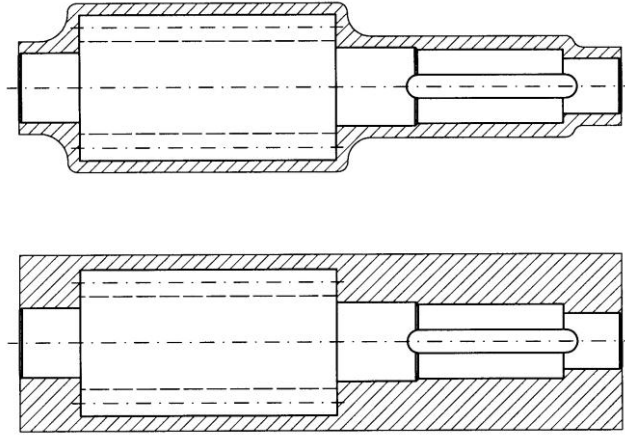
a köracél előgyártmány tömege

a körfűrész egy percre eső költsége

a darabolás időszükséglete

a CNC eszterga egy percre eső költsége

az esztergálás időszükséglete



9-13. ábra. Esztergálással eltávolítandó anyagréteg kovácsolt- ill. köracél előgyártmány esetében

Kovácsolt előgyártmány esetében pedig:

$$K_{kov} = K_{egy} + K_{agy}$$

$$K_{egy} = \frac{1}{n} K_{esz} + A \cdot G = \frac{1}{n} K_{esz} + A_2 \cdot G_2$$

$$K_{agy} = \frac{1}{n} K_{ak} + K_{am} = K_{am} = B_e \cdot t_3 + C$$

$$K_{kov} = \frac{1}{n} K_{esz} + A_2 \cdot G_2 + B_e \cdot t_3 + C$$

$$K_{kov} = \frac{1}{n} 1100000 + 935 \cdot 0,8 + 180 \cdot 2,1 + 1800 = \frac{1100000}{n} + 2926 \text{ Ft}$$

Ahol:

$K_{esz} = 1100000 \text{ Ft}$	a kovácsoló szerszám ára
$A_2 = 935 \text{ Ft/kg}$	a kovácsolt előgyártmány kilónkénti ára
$G_2 = 0,8 \text{ kg}$	a kovácsolt előgyártmány tömege
$t_3 = 2,1 \text{ min}$	az esztergálás időszükséglete kovácsolt előgyártmány esetében

Könnyen belátható, hogy kis darabszám esetében az alkatrész gyártási költsége magasabb lesz, ha kovácsolt előgyártmányt használunk. Viszont, ha a darabszám eléri egy bizonyos határértéket, akkor már a kovácsolt előgyártmány lesz a kedvezőbb. Ez a szám könnyen meghatározható matematikailag is a következő feltételből:

$$K_{kov} \leq K_{kör},$$

azaz

$$\frac{1100000}{n} + 2926 \leq 3352,$$

innen:

$$n \geq \frac{1100000}{3352 - 2926} = 2592 \text{ darab.}$$



## 10. MŰVELETI SORRENDTERVEZÉS

Az alkatrészgyártás tervezési folyamatának legmagasabb szintje a műveleti sorrendtervezés. E tervezési szint feladata egy adott munkadarab esetén a következőkben foglalható össze:

- a megmunkálási igények és megmunkálási módok meghatározása,
- a gyártási folyamat műveletekre tagolása,
- a szerszámgépek kiválasztása,
- a műveleti sorrend meghatározása,
- a munkadarab befogásának elvi megoldása minden művelethez.

Technológiai tervezésnél a bemenő, vagy kiindulási adatokat az alkatrész műhelyrajza illetve geometriai modellje szolgáltatja. A munkadarab modelljének illetve leírásának tükröznie kell egy-egy felületcsoport lokális adatain túl, a darab globális szerkezetét is, ami különösen készüléktervezéshez elengedhetetlen. A felületcsoportok lokális, de nem izolált egységei a munkadarabnak, melyeket tipikus geometriai, topológiai és tűrésezésre vonatkozó relációk kötnek össze [56], [50]. Technológiai tervezésnél, de különösen számítógéppel segített tervezés esetén elkerülhetetlen a munkadarab felületcsoportokra (feature) való felbontása (dekomponálása). Technológiai szempontból azt mondhatjuk, hogy a felületcsoportok olyan felület-együttesek amelyeknek ismerjük a gyártástechnológiáját (megmunkálási sorrendjét). A 10-3. ábra példaként a hajtóműházak tipizált felületcsoportjait (feature) mutatja be.

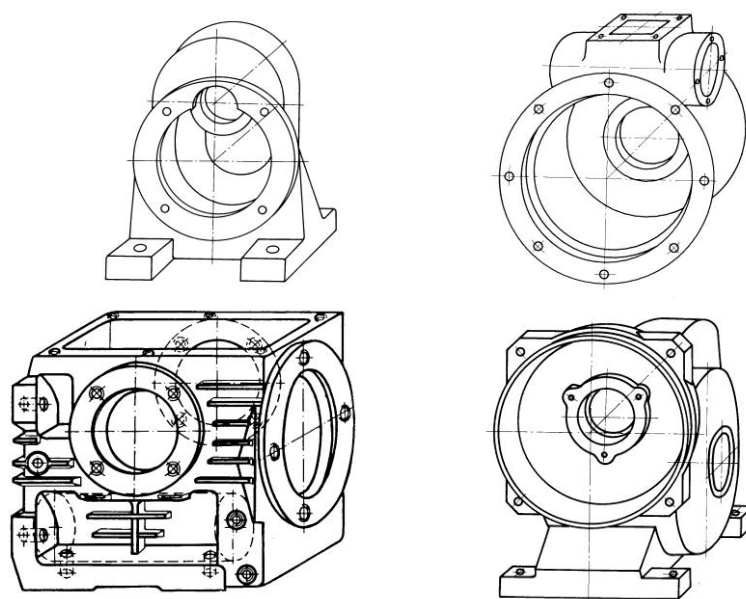
A megmunkálási igényeket az alkatrészrajz elemzésével állapíthatjuk meg. Fel kell ismerni a felületcsoportok lokális sajátosságait, mint amilyenek a felületcsoport típusa, méretei, mérettűrései, kiindulási állapota (pl. furatok esetén a kiindulási állapot lehet előöntött vagy telt anyag). Ezen túlmenően elemezni kell a felületcsoport globális elhelyezkedését a munkadarabon, helyzetpontossági követelményeit (pl. párhuzamosság egy másik felülettel, egytengelyűség stb.). Végül fel kell ismerni az alkatrész globális szerkezetét (forgástest, szekrényszerű stb.) és hőkezelési igényét. Az alkatrészek végtelen sokfélesége miatt a technológia tervezés legfelsőbb szintjein nagyon nehéz általános érvényű módszer kidolgozása, ezért a kutatók inkább egy-egy jellegzetes alkatrészosztályra dolgoztak ki alkalmazható tervezési módszereket. A gépgyártásban legelterjedtebb alkatrészosztályok a következők:

- szekrényszerű és prizmatikus alkatrészek,
- forgástest jellegű alkatrészek
  - rövid forgástest jellegű alkatrészek,
  - hosszú forgástest jellegű alkatrészek,

### 10.1 SZEKRÉNYSZERŰ ALKATRÉSZEK MŰVELETI SORRENDTERVEZÉSE

#### 10.1.1 Szekrényszerű alkatrészek jellemzői

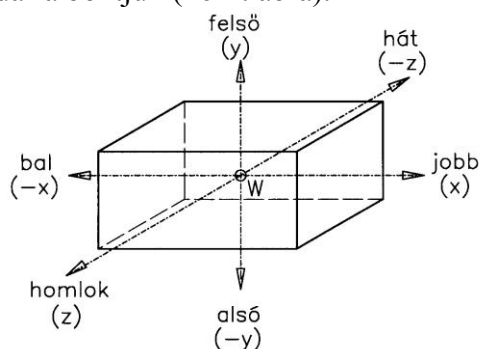
A szekrényszerű alkatrészek szerkezetük szerint a legbonyolultabb alkatrészek, ide tartoznak a különböző hajtóműházak, gépágyak, stb. A 10-1. ábra néhány jellemző szekrényszerű alkatrészt mutat. A munkadarabot mindig több oldalról kell megmunkálni, és egy-egy oldal is sokféle felületcsoportból épül fel.



10-1. ábra. Szekrényszerű alkatrészek

### Geometriai jellemzők

A geometriai modell kialakítása (alkatrész elemzése) a munkadarab lebontásán alapul. A szekrényes alkatrészt először hat oldalra bontjuk (10-2. ábra).



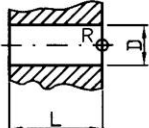
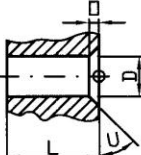
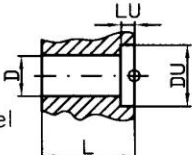
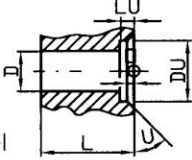
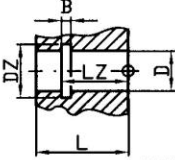
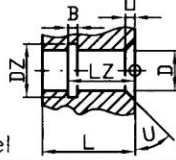
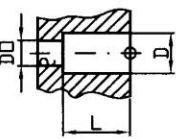
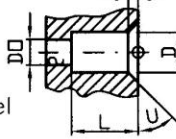
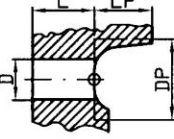
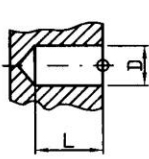
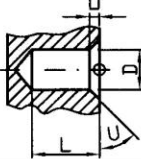
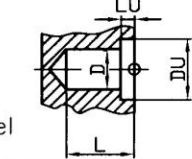
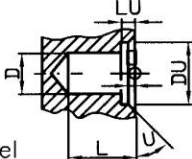
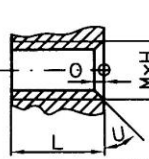
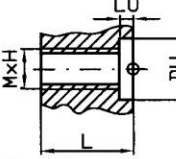
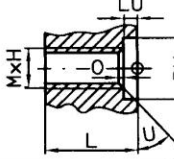
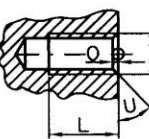
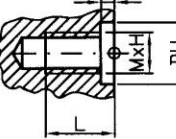
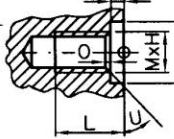
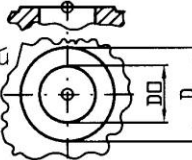
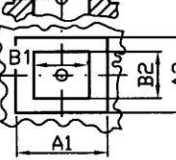
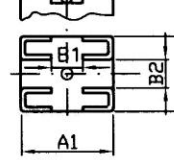
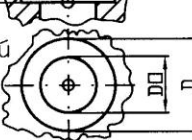
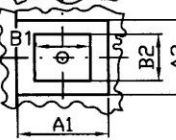
10-2. ábra. A munkadarab lebontása hat oldalra

Egy adott oldal helyzetét az oldalsík és a munkadarabon felvett  $W$  nullpont közötti távolság határozza meg. Szükség szerint egy oldalon több, egymással párhuzamos szerkesztési- vagy „hordozósík” is megadható. Ezek helyzetét a  $W$  nullponttól való távolság határozza meg.

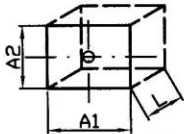
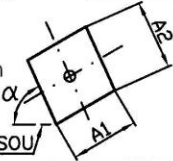
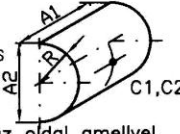

Az elemzés következő lépése, az oldalak tipizált felületcsoportokra (feature) bontása. A felületcsoportokat egy oldalhoz és egy hordozósíkhöz rendeljük. A hozzárendelést a hozzáférés szerint kell elvégezni. A felületcsoport típusokat tulajdonságok (attributum) határozzák meg, amelyek a méreteket, a nyers (kezdeti) állapotot, a kész állapotot jellemző felületi érdességet, méretpontosságot tartalmaznak.

A 10-3. ábra hajtóműházak jellegzetes felületelemeit és elemcsoportjait mutatja be.

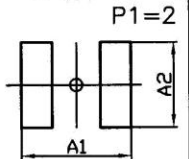
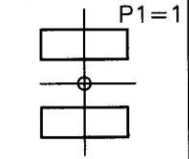
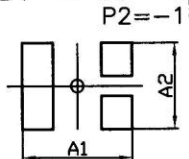
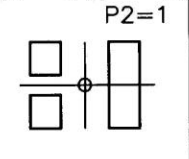
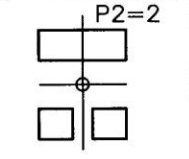
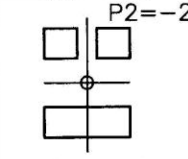
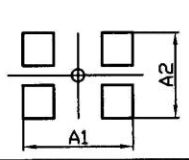
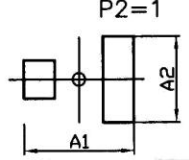
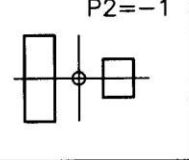
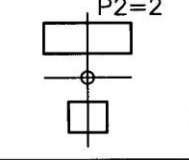
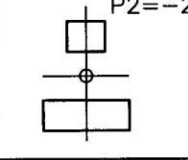
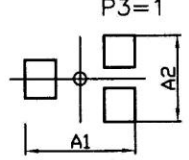
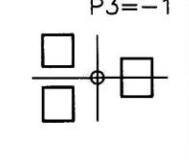
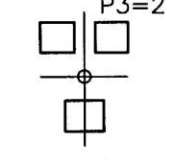
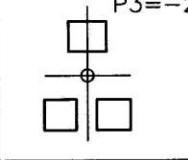
A geometriai jellemzők alatt, tehát az alkatrész szerkezetének leírását és a felületcsoportok jellemzőinek a meghatározását értjük.

<b>tf1 01</b> Furat 	<b>tf1 02</b> Furat kúpos süllyesztéssel 	<b>tf1 03</b> Furat hengeres süllyesztéssel 
<b>tf1 04</b> Furat hengeres és kúpos süllyesztéssel 	<b>tf1 05</b> Furat horonnyal 	<b>tf1 06</b> Furat horonnyal és kúpos süllyesztéssel 
<b>tf1 07</b> Vállas furat 	<b>tf1 08</b> Vállas furat kúpos süllyesztéssel 	<b>tf1 09</b> Furat egyenetlen felületen 
<b>tf2 01</b> Zsákfurat 	<b>tf2 02</b> Zsákfurat kúpos süllyesztéssel 	<b>tf2 03</b> Zsákfurat hengeres süllyesztéssel 
<b>tf2 04</b> Zsákfurat horonnyal és kúpos süllyesztéssel 		
<b>tf3 01</b> Menetes furat kúpos süllyesztéssel 	<b>tf3 02</b> Menetes furat hengeres süllyesztéssel 	<b>tf3 03</b> Menetes furat hengeres és kúpos süllyesztéssel 
<b>tf3 04</b> Menetes zsák- furat kúpos süllyesztéssel 	<b>tf3 05</b> Menetes zsák- furat hengeres süllyesztéssel 	<b>tf3 06</b> Menetes zsák- furat hengeres és kúpos süllyesztéssel 
<b>tf5 01</b> Körgyűrű alakú kiemelkedő síkfelület 	<b>tf5 02</b> Négyzetleges kiemelkedő síkfelület 	<b>tf5 03</b> Síkfelület megszakí- tásokkal 
<b>tf5 04</b> Körgyűrű alakú süllyesztett síkfelület 	<b>tf5 05</b> Négyzetleges síkfelület 	

10-3. ábra. Hajtóműházak felületcsoport típusai

<b>tf9 01</b> Szorításra alkalmas bemélyedés 	<b>tf9 02</b> Ferde megmunkálatlan felület az oldal amellyel hegyes szöget zár $SOU/\alpha$ 	<b>tf9 03</b> Külső hengeres megmunkálatlan felület SPO – az oldal amellyel a tengelye párhuzamos 
<b>tf9 04</b> Külső kúpos megmunkálatlan felület SD – az oldal amely felé a kúp bővül 		

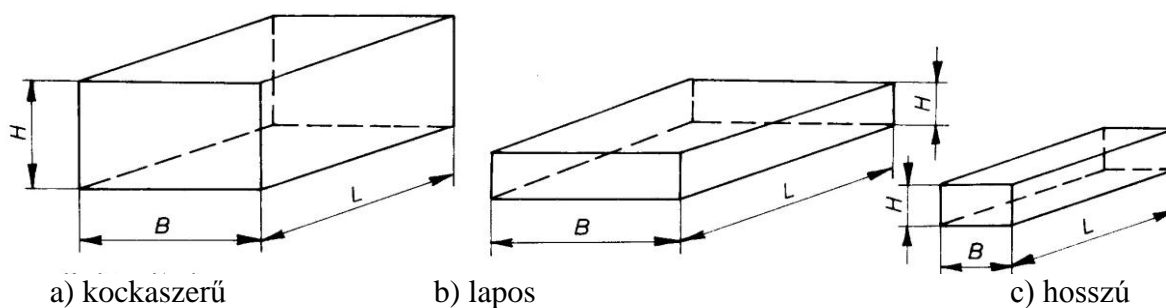
## SÍKFELÜLET CSOPORTOK

<b>gtf5 01</b> Két tagból álló négyzetes csoport 				
<b>gtf5 02</b> Három tagból álló négyzetes csoport 				
<b>gtf5 03</b> Négy tagból álló négyzetes csoport 	P1 – a felületekkel párhuzamos tengely (1,2) P2 – a fő tag helyzete (1,-1,2,-2) P3 – a két fő tag helyzete (1,-1,2,-2)			
<b>gtf5 04</b> Két tagból álló háromszögletes csoport 				
<b>gtf5 05</b> Három tagból álló háromszögletes csoport 				

10-3. ábra. Hajtóműházak felületcsoport típusai (folytatás)

A szekrényes alkatrészek, globális alakjuk szerint, feloszthatók:

- kockaszerű,
- lapos és
- hosszú alkatrészekre (10-4. ábra).



10-4. ábra. Szekrényes alkatrészek globális alakjai

### Funkcionális jellemzők

Az alkatrészek funkcionális felületeit méret és helyzettűrések „kötik” össze. A méret és helyzettűrések típusait, amelyek a hajtóműházaknál szerepelnek, a 10-5. ábra mutatja.

A 10-5. ábrán bemutatott tűrés illetve kötéstípusok két csoportba oszthatók. A „laza kötések” csoportjába vannak besorolva azok a tűrés típusok amelyek viszonylag könnyen megvalósíthatók akkor is, ha a tűréssel összekötött felületek megmunkálása két különböző befogásban történik. Ide sorolhatók a következő kötéstípusok:

#### 1. Helyzettűrés

- a) Sík és sík között: párhuzamosság, merőlegesség.
- b) Sík és tengelyvonal között: párhuzamosság, merőlegesség.

#### 2. Mérettel megadott helyzettűrés

- a) Sík és sík között, ha a tűrésmező  $T \geq 0,2$  mm,
- b) Sík és tengelyvonal között, ha a tűrésmező  $T \geq 0,2$  mm.

A „szigorú kötések” csoportjába tartozik a többi kötéstípus:

#### 1. Helyzettűrés

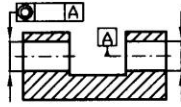
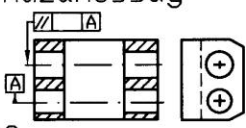
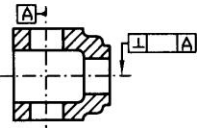
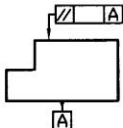
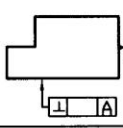
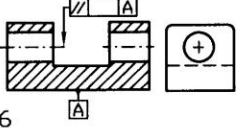
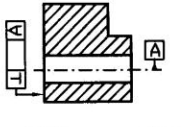
- a) Tengelyvonal és tengelyvonal között: párhuzamosság, egytengelyűség, merőlegesség.

#### 2. Mérettel megadott helyzettűrés

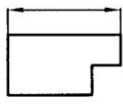
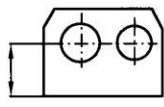
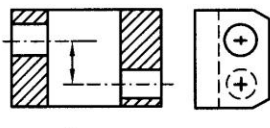
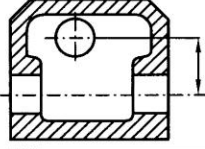
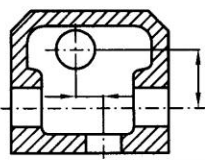
- a) Párhuzamos tengelyvonalak között,
- b) Kitérő tengelyvonalak között,
- c) Sík és tengelyvonal között, ha a tűrésmező  $T < 0,2$  mm
- d) Sík és sík között, ha a tűrésmező  $T < 0,2$  mm

Ezek megvalósítása két különböző befogásban nagyon nehéz, csak nagy pontosságú készülékkel és bázisfelületekkel lehetséges, ezért ezeket lehetőleg mindig egy befogásban kell megmunkálni.

### A funkcionális felületek helyzettűréssel

A helyzettűrés típusa		Kötés Jellege	
		Laza	Szigorú
TENGE LY - TENGE LY	Egytengelyűség meop1 		X
	Párhuzamosság meop2 		X
	Merőlegesség meop3 		X
SÍK - SÍK	Párhuzamosság meop4 	X	
	Merőlegesség meop5 	X	
SÍK - TENGE LY	Párhuzamosság meop6 	X	
	Merőlegesség meop7 	X	

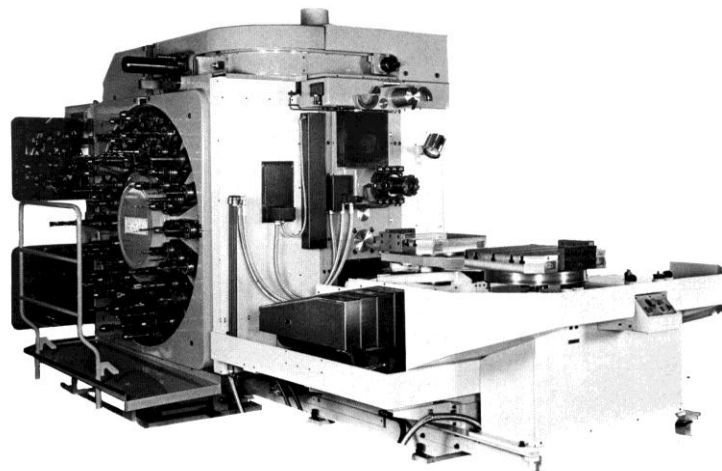
### Mérettűréssel kötött felületek

A mérettűrés típusa		Kötés Jellege	
		Laza	Szigorú
SÍK - SÍK dim_vez1 		X	
TENGE LY-SÍK dim_vez2 		X	
PÁRH. TENGE LY dim_vez3 			X
KITÉRŐ TENGE LYEK	Egyirányú kötés dim_vez4 		X
	Kétirányú kötés dim_vez4 		X

10-5. ábra. Méret- és helyzettűrések

### 10.1.2 Szekrényes alkatrészek megmunkálására alkalmas szerszámgépek

A kockaszerű szekrényes alkatrészek megmunkálásához legalkalmasabb szerszámgépek a vízszintes főorsójú megmunkáló központok (10-6. ábra).



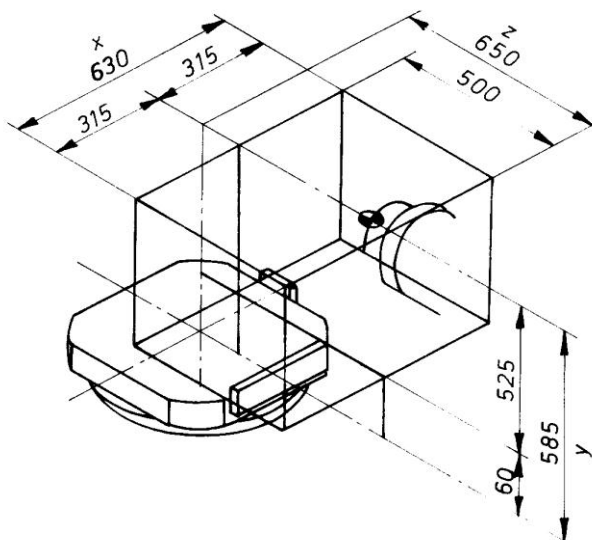
10-6. ábra. Vízszintes főorsójú megmunkáló központ paletta cserélővel.

A vízszintes főorsójú megmunkáló központok főbb jellemzői [51], [18]:

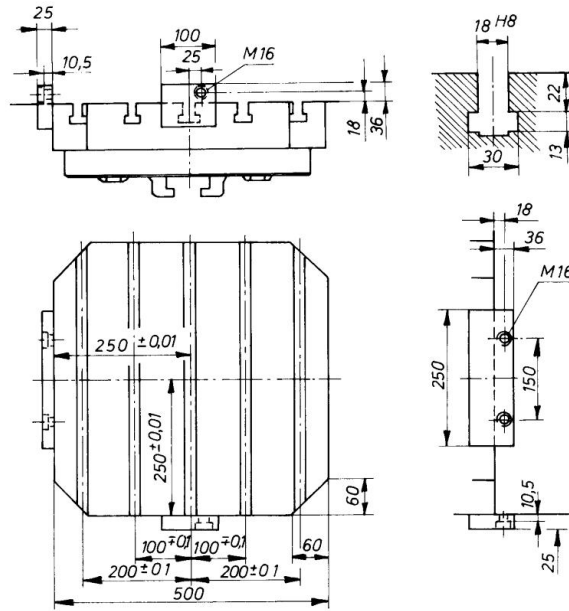
- több műveletre elvégzésére alkalmasak,
- szerszámtárral rendelkeznek,
- az osztó vagy folyamatos forgatású NC-asztal révén egy befogásban a munkadarab négy oldala megmunkálható.

A teljes megmunkálási folyamat a szekrényes alkatrész bonyolultságától függően egy vagy két művelettel, illetve befogással valósítható meg.

Műveleti sorrendtervezésnél, a gép kiválasztásához és a készüléktervezéshez a legfontosabb paraméterek a gép munkatere és a gépasztal méretei. A 10-7. és 10-8. ábrákon a „MAKINO MC65” típusú megmunkáló központ munkatere és az asztal méretei láthatók.

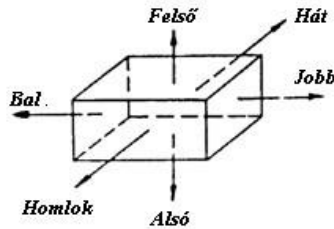


10-7. ábra. A „MAKINO MC65” munkatere

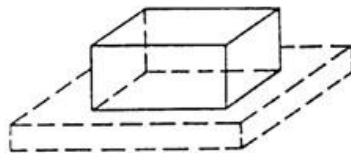


10-8. ábra. A „MAKINO MC65” gépszála

**A MEGMUNKÁLÓ KÖZPONT TÍPUSA ÉS A MEGMUNKÁLHATÓ OLDALAK HALMAZA**



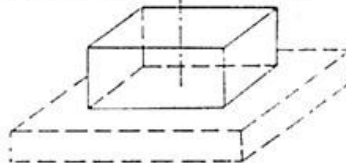
*Megmunkálás függőleges  
főrsójú megmunkáló központon*



*Az egy befogásban megmunkálható  
oldalak halmaza*

- Felső
  - Alsó
  - Bal
  - Jobb
  - Homlok
  - Hátsó
- } egy befogásban, egy oldal megmunkálása lehetséges

*Megmunkálás vízszintes  
főrsójú megmunkáló központon*



*Az egy befogásban megmunkálható  
oldalak halmaza*

- homlok, hát, jobb, bal
- homlok, hát, alsó, felső
- alsó, felső, jobb, bal

10-9. ábra. A megmunkáló központ típusa és az egy befogásban megmunkálható oldalak halmaza



Lapos alkatrészek esetén a vízszintes főorsójú megmunkáló központnál alkalmasabb a függőleges főorsójú megmunkáló központ. Ezen egy befogásban a munkadarab egy oldala munkálható meg, így a lapszerű alkatrészek elvileg két befogásban megmunkálhatók. Lapszerű alkatrészek természetesen megmunkálhatók vízszintes főorsójú megmunkáló központokon is, de itt függőleges felfekvést kell alkalmazni (lásd a 10-11. ábrát) és ez bonyolultabbá teszi a befogókészüléket. A 10-9. ábra vázlatosan bemutatja a két szerszámgép technológiai lehetőségét, a 10-10. ábra pedig egy függőleges főorsójú megmunkáló központot mutat.



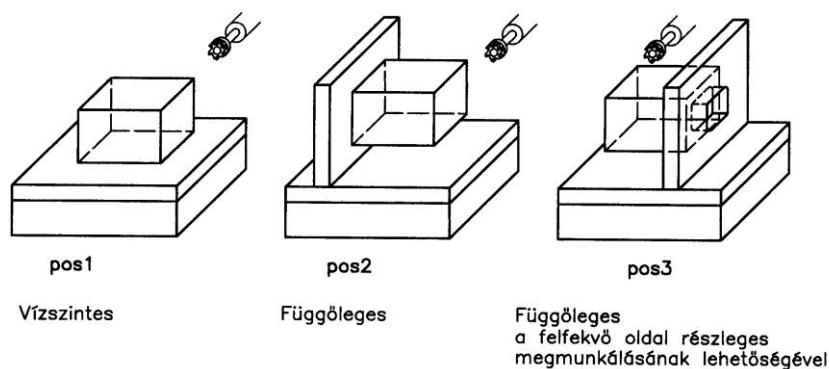
10-10. Függőleges főorsójú megmunkáló központ (TOMIL 250)

### 10.1.3 A befogókészülék feladata és tipizálhatósága

Egy befogókészülék alapvető feladata a munkadarab helyzetmeghatározása és a szorítása. A helyzetmeghatározás további részfeladatokra osztható: (1) Felfekvés vagy 3-pontos bázis meghatározása, (2) Támasztás vagy 2-pontos bázis meghatározása, (3) Ütköztetés vagy 1-pontos bázis meghatározása. A támasztás és az ütköztetés együttesen tipizálhatók, ezért célszerű ezeket együttesen oldalpozicionálásnak elnevezni [42].

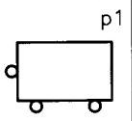
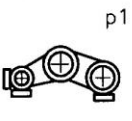
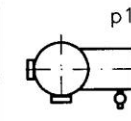
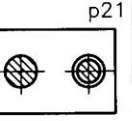
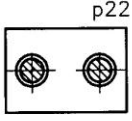
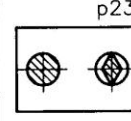
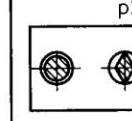
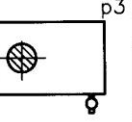
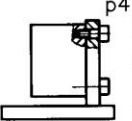
A szekrényes alkatrészek sokfélesége és bonyolultsága miatt a készülékek mint egységes egéskék nem tipizálhatók. Ezzel szemben a részfeladatok megoldásait tipizálni lehet [43].

Három felfekvés típust különíthetünk el (10-11. ábra): (1) vízszintes (a gépasztallal párhuzamos), (2) függőleges (a gépasztalra merőleges), (3) függőleges, a felfekvő oldal részleges megmunkálásának lehetőségével.

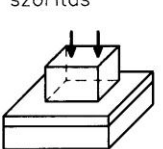
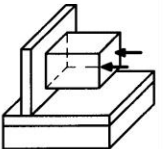



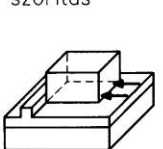
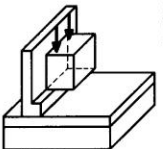
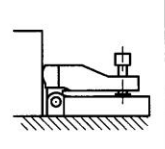
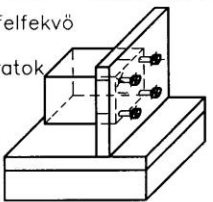


10-11. ábra. A munkadarab felfekvés típusai

Az oldalpozicionálás négy alaptípusát lehet megkülönböztetni: (1) oldalpozicionálás a felfekvő oldallal szomszédos oldalakon lévő felületek segítségével, (2) a felfekvő oldalon lévő furatok segítségével, (3) a felfekvő oldalon lévő furat és egy a szomszédos oldalon lévő felület segítségével, (4) a felfekvő oldalon lévő menetes furatokkal. Egyes oldalpozicionálás típusok további altípusokra oszthatók, amit a 10-12. ábra szemléltet.

Oldalpozicionálás típus		Altípusok			
Jel	Leírás				
p1	A felfekvő oldallal szomszédos oldalakon lévő felületek segítségével				
p2	A felfekvő oldalon lévő furatok segítségével				
p3	A felfekvő oldalon lévő furat és egy a szomszédos oldalon lévő felület segítségével				
p4	A felfekvő oldalon lévő menetes furatok segítségével				

10-12. ábra. Az oldalpozicionálás típusai

Szorítás típus		Altípusok				
Jel	Leírás					
s1	A felfekvő oldalra merőleges szorítás					
s2	A felfekvő oldallal párhuzamos szorítás					
s3	Szorítás a felfekvő oldalon lévő menetes furatok segítségével					

10-13. ábra Szorítástípusok

A szorítóerő hatásvonala alapján a szorítás lehet a felfekvő felületre merőleges (s1), illetve a felfekvő felülettel párhuzamos (s2). A merőleges szorítás (s1) további altípusokra (s11, s12, s13) osztható (10-13. ábra). Külön alaptípust képez a szorításnak egy különleges módja, amikor a munkadarabon lévő menetes furatokat használják fel szorításra (s3). A szorítás fontos jellemzője még, hogy hány pontban történik a szorítás. A szorítási pontok száma szerint megkülönböztethető egy-, két-, három-, és négyponthoz tartozó szorítás. Ha ezzel kiegészítjük az előbbi felosztást, akkor megkapjuk a lehetséges szorítás típusok választékát:

s11_2	s12_2	s13_1	s2_1	s3_2
s11_3	s12_3	s13_2	s2_2	s3_3
s11_4	s12_4			s3_4

A felsorolt jelzéseknél, az utolsó szám a szorítási pontok számát jelenti.

### 10.1.4 A munkadarab helyzetmeghatározáshoz és szorításhoz alkalmas felületei

A bemutatott tipizált részfeladat megoldások rendszerezése mellett, olyan alkalmassági kritériumok szükségesek, amelyek segítségével meghatározhatók a munkadarab azon felületei, amelyek alkalmasak felfekvésre, oldaldalpozicionálásra és szorításra [37], [38], [43].

#### 10.1.4.1 Felfekvésre alkalmas felületek

Valamely felület felfekvésre való alkalmassága a felület alakjától (típusától) és nagyságától függ.

##### Alak szerinti alkalmasság

Alak szerint alkalmasak a következő felületek illetve felület csoportok:

- sík felületek,
- megszakított sík felületek,
- egy síkban lévő sík felületek csoportja,
- lépcsős sík felületcsoport,
- külső hengeres felületek (párhuzamos középtengellyel),
- sík és hengeres felületek kombinációja.

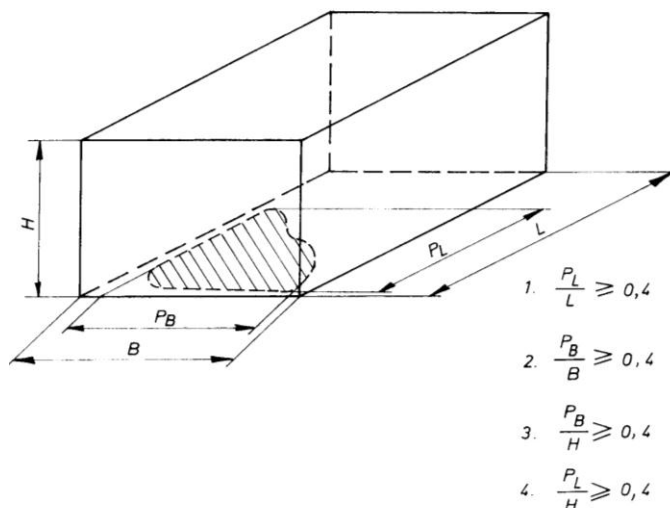
A felületek alkalmassága a felsorolás sorrendjében csökken.

##### A felületek nagysága szerinti alkalmasság

A kedvező alak (típus) mellett a felfekvő felületnek elegendő nagyságúnak is kell lennie ahhoz, hogy felfekvésre felhasználható legyen.

Az alkatrészek globális szerkezetét figyelve megállapítható, hogy nem minden oldal alkalmas felfekvő oldalnak. Így lapos alkatrészeknél csak a széles oldalak, hosszú alkatrészeknél csak a hosszú oldalak jöhetnek számításba.

A potenciális felfekvő felület méreteit ezért össze kell hasonlítani a munkadarab mindhárom befoglaló méretével (10-14. ábra). Jó, ha a felület a munkadarab befoglaló méreteihez viszonyítva minél nagyobb. Az ábrán adott viszonyszámok irányadó, tapasztalati értékek, amelyeket megfelelő befogókészülékek elemzése alapján állapíthatók meg.



10-14. ábra. A felfekvő felület nagyságának alkalmassága.

#### 10.1.4.2 Oldalpozicionálásra alkalmas felületek

Az oldalpozicionálásra való alkalmassági kritériumok az oldalpozicionálás típusától függenek. Ezért külön fel kell állítani egy-egy kritérium rendszert minden oldalpozicionálás típusához.

##### p1 típusú oldalpozicionáláshoz alkalmas felületek

Az oldalpozicionálás a támasztást és az ütköztetést foglalja magába.. Ezért az alkalmasság vizsgálatát külön el kell végezni támasztásra, illetve ütköztetésre.

##### Támasztásra alkalmas felületek

Valamely felület, támasztásra való alkalmasságát három szempontból kell vizsgálni:

- a felület alakja (típusa),
- nagysága és
- elhelyezkedése szerint.

Alak szerint támasztásra alkalmasak a következő felületek:

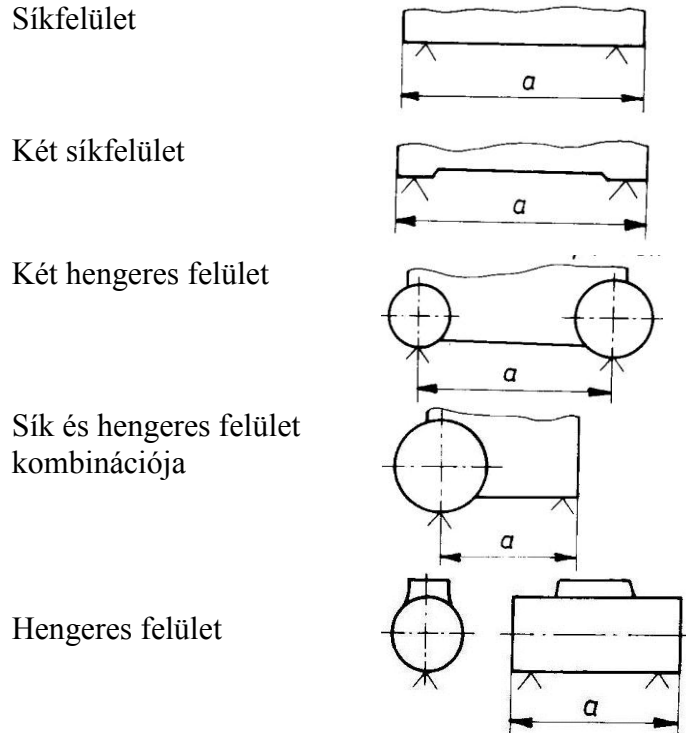
Sík felület, két sík felület, két hengeres felület, egy sík és egy hengeres felület kombinációja, egy hengeres felület (10-15. ábra).

##### *Nagyság szerinti alkalmasság*

Számos befogókészülék elemzése révén arra a megállapításra jutottak, hogy a felület vagy felületek kombinációjának jellemző hosszmérete nem lehet kisebb a felfekvő oldal nagyobb oldalának 35%-ánál.

##### *Elhelyezkedés szerinti alkalmasság*

Elhelyezkedés szerint a támasztó felületnek a felfekvő oldallal szomszédos oldalon kell elhelyezkednie.



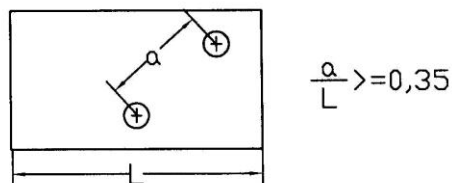
10-15. ábra. Támasztó felületnek alkalmas felületek, p1 típusú oldalpozicionáláshoz

Ütköztetésre alkalmas felületek

Az ütköztetésre való alkalmasságot a felület alakja (típusa) és elhelyezkedése szempontból kell megvizsgálni. Alak szerint ütköztetésre sík vagy hengeres felület használható. Elhelyezkedés szerint pedig az ütköztető felületnek a felfekvő oldallal és a támasztó oldallal is szomszédos oldalon kell elhelyezkednie.

**p2 típusú oldalpozicionáláshoz alkalmas felületek**

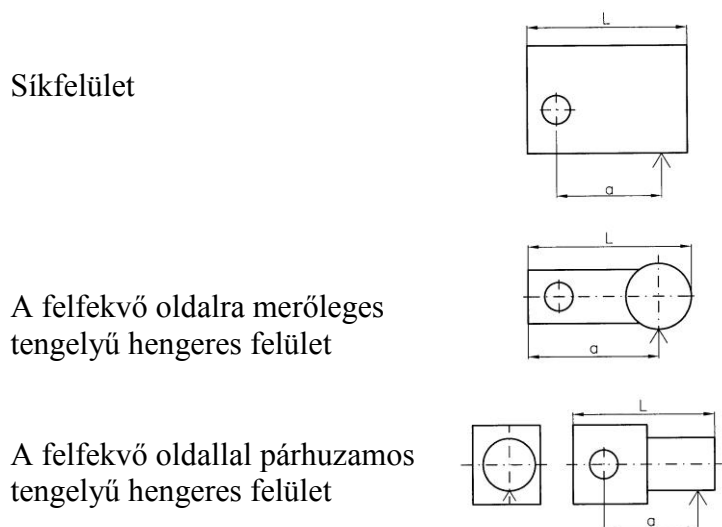
Alak szerint alkalmas két furat. A jellemző hossz méret a furatok távolsága, amelynek a hosszabb oldal értékének legalább a 35% -át kell kitennie (10-16. ábra). Elhelyezkedés szerint a furatok a felfekvő oldalon vannak.



10-16. ábra. A furatok szükséges távolsága

**p3 típusú oldalpozicionáláshoz alkalmas felületek**

A támasztó felület (amely két szabadságfokot köt le) mindig egy furat, amely a felfekvő oldalon helyezkedik el. Ütköztetésre olyan felület használható, amely a felfekvő oldallal szomszédos oldalak egyikén helyezkedik el. Alak szerint az ütköztető felületnek használható síkfelület, a felfekvő oldalra merőleges tengelyű hengeres felület vagy a felfekvő oldallal párhuzamos tengelyű hengeres felület (10-17. ábra).



10-17. ábra. Ütköztető felületek p3 típusú oldalpozicionálásnál

#### p4 típusú oldalpozicionáláshoz alkalmas felületek

A két menetes furattal történő oldalpozicionálás csak függőleges felfekvésnél alkalmazható (pos2, pos3 a 10-11. ábrán). A menetes furatok legtöbbször oldalpozicionálás mellett, szorításra is szolgálnak. Alak szerint menetes furatokat használunk, ezekből legalább kettő szükséges (10-12. ábra p4).

A jellemző hossz méret a menetes furatok távolsága. Elhelyezkedés szerint a menetes furatok a felfekvő oldalon vannak.

#### 10.1.4.3 Szorításra alkalmas felületek

A munkadarab valamely felületének szorításra való alkalmasságát négy szempontból kell vizsgálni:

- alak szerinti alkalmasság;
- elhelyezkedés szerinti alkalmasság;
- erőzárás szerinti alkalmasság;
- nagyság szerinti alkalmasság.

A fenti szempontok alapján szorítás típusonként vannak kialakítva az alkalmassági kritériumok.

#### Alak szerinti alkalmasság

Szorítás típusától függően a következő felülettípusok alkalmasak szorításra (lásd a 10-13. ábrát):

Szorítástípus	Alkalmas felülettípusok
s11	Furatok, szorításhoz kialakított bemélyedések
s12	Síkfelületek, külső hengeres felületek
s13	Síkfelület átmenő furattal vagy nyílással, külső hengeres felületcsoport (a felfekvő felülettel párhuzamos tengellyel)
s2	Síkfelületek
s3	Menetes furatok

### Elhelyezkedés szerinti alkalmasság

A szorítófelület helyzetének alkalmasságát két lépésben lehet megállapítani. Először meg kell határozni a munkadarabnak azt az oldalát, amelyhez a vizsgált felületnek tartoznia kell (lásd a 10-13 ábrát):

Szorítás típus	Alkalmas elhelyezkedés
s11	A felfekvő oldallal szomszédos oldalakon
s12	A felfekvő oldallal szemközti oldalon
s13	A felfekvő oldallal szemközti oldalon
s2	A támasztó oldallal szemközti oldalon
s3	A felfekvő oldalon

A következő lépésben pontosítani kell a felület helyzetét az adott oldalon. Rendszerint úgy kell megválasztani a szorítás helyét, hogy az erőzárás a felfekvő felületen át történjen.

Az s13 szorítás típusnál alkalmazható az a szabály, hogy a körgyűrű vagy keretszerű szorítófelület középpontjának megközelítően egybe kell esnie a felfekvő felület középpontjával.

Az s11, s12, és s3 típusoknál a szorítás mindig több pontban (2, 3 vagy 4) történik, így ezeknél a szorítási pontok számától függően kell meghatározni a szorítások helyét. A szorítási helyek pontosítása céljából, a felfekvő felület négy szektorra és négy központi (centrális) zónára osztandó (10-18. ábra). A munkadarab egyenletes szorítása érdekében a szorítási pontok számát figyelembe véve, a szorítási pontok helyét a 10-1. táblázat szerint kell megválasztani.

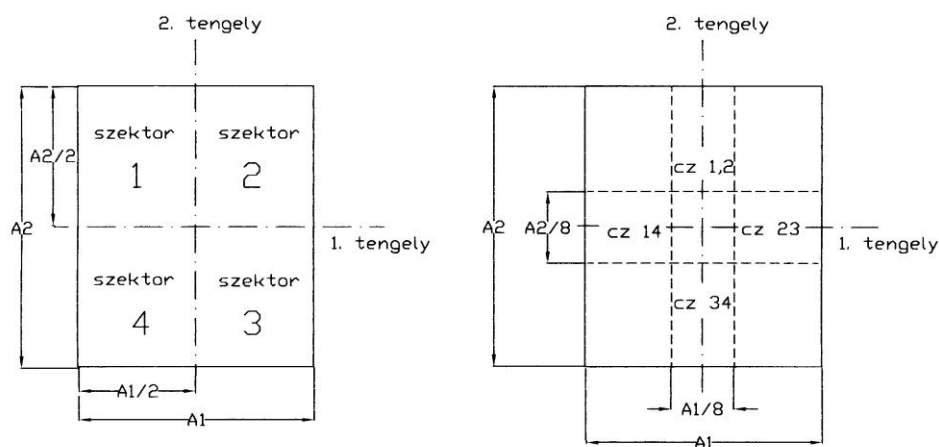
### Erőzárás szerinti alkalmasság

A szorítóerő óhatatlanul a munkadarab rugalmas alakváltozásához vezet. Ezért a szorítás helyét úgy kell megválasztani, hogy az erő hatásvonala ne haladjon át olyan nagy pontosságú furatokon, amelyek megmunkálása az aktuális befogásban történik.

Az s12 és s13 szorítástípusok esetében ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy a szorítás helye nem választható nagy pontosságú furat felett (lásd a 10-13. ábrát).

### Nagyság szerinti alkalmasság

A szorítófelület nagyságának lehetővé kell tenni az erőátadó elem elhelyezését.



10-18. ábra. A felfekvő felület felosztása szektorokra és központi zónákra

10-1. táblázat. Szorítási pontok elhelyezkedése

A szorítási pontok helyzete s11, s12 és s3 szorítástípusoknál	
A szorítási pontok száma	A szorítási pontok helye
Kétpontos szorítás	1, 3 szektorok 2, 4 szektorok 1-2, 3-4 központi zónák 1-4, 2-3 központi zónák
Hárompontos szorítás	1, 2 szektorok és 3-4 központi zóna 1, 4 szektorok és 2-3 központi zóna 3, 4 szektorok és 1-2 központi zóna 2, 3 szektorok és 1-4 központi zóna
Négypontos szorítás	1, 2, 3, 4 szektorok 1-2, 2-3, 3-4, 1-4 központi zónák

Némely szorítás típus alkalmazhatóságát a fenti szempontokon túlmenően egyéb követelmények is behatárolják. Például:

- az s13 szorítástípus csak akkor alkalmazható, ha a munkadarab alkalmas átmenő furattal rendelkezik;
- az s3 szorítástípus csak függőleges felfekvés (pos2 vagy pos3) mellett alkalmazható;
- az s2 szorítástípus csak p1 oldalpozicionálás típus esetén és lapos alkatrésznél alkalmazható, amikor a felfekvő oldal a munkadarab egyik széles oldala.

### 10.1.5 A műveleti sorrend és a befogás meghatározása megmunkáló központ alkalmazása esetén

A befogástervezés és a sorrendtervezés olyan erősen összefüggenek, hogy a gyakorlati tervezési feladatok nem bonthatók fel független befogási ill. sorrendtervezési részfeladatokra.

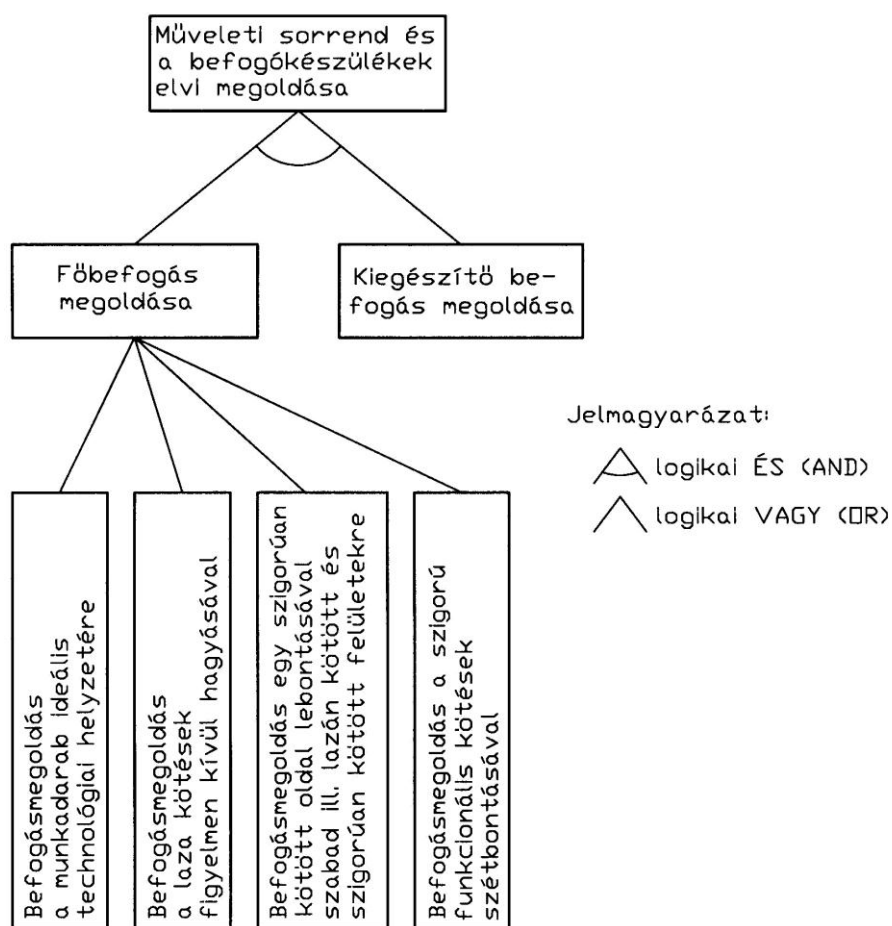
A munkadarab helyzetének meghatározásánál a szerszámgép munkaterében és a gyártási folyamat műveletekre tagolásánál abból a feltételezésből indulunk ki, hogy a szekrényes alkatrészek megmunkálása vízszintes főorsójú megmunkáló központokon történik. Vízszintes főorsójú megmunkáló központokon egy befogásban legfeljebb a munkadarab négy oldala munkálható meg. Mivel egy szekrényes alkatrésznek hat oldala van, így szinte mindig megmunkálható két befogásban illetve műveletben. A kérdés az, hogy mely oldalakat munkáljuk meg egy műveleten belül, illetve egy befogásban, vagy másképpen fogalmazva: milyen helyzetben fogjuk be a munkadarabot a gép munkaterében? Erre a kérdésre akkor lehet válaszolni, ha elemezzük a munkadarab pontosság követelményeit. Könnyen belátható, hogy az előírt tűrések úgy valósíthatók meg legkönnyebben, ha a tűréssel „kötött” felületek megmunkálása egy befogásban történik. Amint



azt már leszögeztük, az alkatrész felületcsoportjait „összekötő” túrésezések „laza-” és „szigorú kötésekre” oszthatók [42], [43].

Ezeket a jelzőket kiterjesztjük a munkadarab oldalaira is, így a munkadarab azon oldalai amelyek szigorúan kötött felületet tartalmaznak, szigorúan kötött- ill. amelyek lazán kötött felületcsoportot tartalmaznak lazán kötött oldalak.

A munkadarab helyzetének meghatározását a gép munkaterében és a technológiai folyamat műveletekre tagolását elsősorban a munkadarab funkcionális felületeinek elhelyezkedése alapján kell megoldani. Az ily módon kiválasztott munkadarab-helyzet azonban csak akkor fogadható el véglegesen, ha ez befogásra (felfekvésre-, oldalpozicionálásra- és szorításra) alkalmas. Ez a tény teszi szükségessé a műveleti sorrend meghatározásának és a befogókészülékek elvi megoldásának egységes szemléletét.



10-19. ábra. AND-OR gráf részlet a műveleti sorrend és a befogókészülékek elvi megoldásához.

Az a művelet illetve befogás, amelyben az alkatrész funkcionális felületei illetve azok többsége kerül megmunkálásra a **fő befogás**, míg az a befogás, amelyben a többi felület kerül megmunkálásra, a **kiegészítő befogás**. A befogások sorrendjétől függetlenül, az elvi megoldás folyamán először mindig a fő befogást kell megoldani, és csak ezután következik a kiegészítő befogás megoldása.

A fenti megállapításokat és megszorításokat alapul véve a műveleti sorrend és a befogások meghatározása: a főbefogás és a kiegészítő befogás megoldásából áll (10-19. ábra).

#### 10.1.5.1 A főbefogás és a műveleti sorrend meghatározása

A főbefogás megoldásánál arra kell törekedni, hogy a munkadarabot olyan helyzetben helyezzük a gép munkaterébe, amelyben minden kötött oldal megmunkálható. Ily módon érhető el a munkadarab legnagyobb pontossága és egyidejűleg a befogókészülékkel szemben támasztott pontossági követelmények és annak bonyolultsága a legcsekélyebb. A munkadarabnak ezt a helyzetét „ideális technológiai helyzetnek” nevezzük. Az így kapott befogókészülék a legjobb lehetséges megoldás.

Sok esetben azonban a kötött oldalak elrendezése olyan, hogy a munkadarabot nem lehet ideális technológiai helyzetbe hozni, vagy az befogásra alkalmatlan. Ilyenkor arra kell törekedni, hogy a munkadarabot olyan helyzetbe hozzuk, amelyben legalább a szigorúan kötött oldalak egy befogásban megmunkálhatók. Más szóval, a laza kötéseket ebben a fázisban figyelmen kívül hagyjuk. Így még mindig „jó” megoldást kapunk a befogókészülékre, amelynél a pontossági követelmények csak a készülék felfekvő felületeinek párhuzamosságára illetve annak merőlegességére vonatkoznak [42].

Ha ez a próbálkozás sem jár sikerrel, akkor le kell mondani arról, hogy minden szigorúan kötött oldalt egy befogásban munkáljunk meg. Vannak esetek, amikor ha nem is a teljes oldal, de a rajta lévő szigorúan kötött felületek (furatok) megmunkálhatók a többi szigorúan kötött oldallal egy befogásban (főbefogás megoldás egy szigorúan kötött oldal lebontásával, szabad illetve lazán kötött és szigorúan kötött felületekre).

Végül, ha a felsorolt próbálkozások egyike sem jár sikerrel, kénytelenek vagyunk olyan megoldáshoz folyamodni, ahol a szigorúan kötött felületek megmunkálása két különböző befogásban történik. Ezért a befogókészülékkel szemben támasztott pontossági követelmények igen szigorúak.

A felsorolt szempontokat alapul véve a műveleti sorrend és a főbefogás elvi megoldására négy stratégia alkalmazható (10-18. ábra):

- Főbefogás megoldás a munkadarab ideális technológiai helyzetére
- Főbefogás megoldás a laza funkcionális kötések figyelmen kívül hagyásával
- Főbefogás megoldás egy szigorúan kötött oldal lebontásával, szabad illetve lazán kötött és szigorúan kötött felületekre
- Főbefogás megoldás a szigorú funkcionális kötések szétbontásával

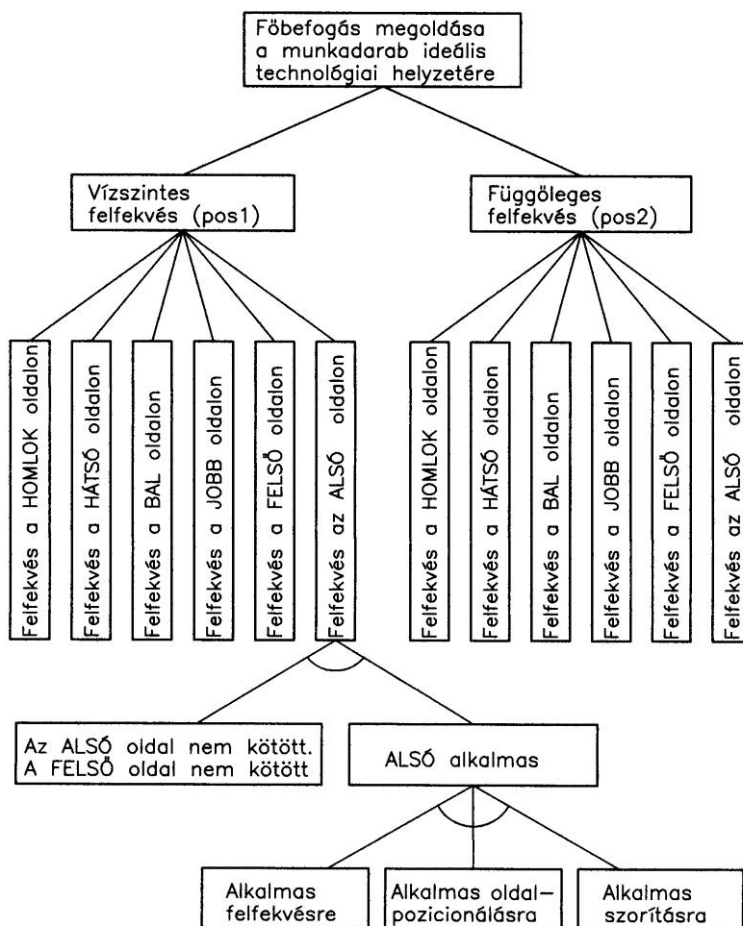
A felsorolt megoldási stratégiák nem adnak egyformán kedvező készülékmegoldást. A legkedvezőbb megoldás az első stratégia alkalmazásával érhető el. A második stratégiát csak akkor kell alkalmazni, ha az első nem hozott megoldást, és így tovább.

#### Főbefogás megoldás a munkadarab ideális technológiai helyzetére

E stratégia lényege, hogy a munkadarabot olyan helyzetben helyezzük a gép munkaterébe, amelyben minden kötött oldal megmunkálható. A munkadarab potenciális helyzetét a gép munkaterében ebből a feltételből kell meghatározni. A felfekvéstípustól függően ez a következőképpen fogalmazható meg:

vízszintes felfekvéstípus esetében a felfekvő oldal és a vele szemközti oldal nem lehetnek kötött oldalak, mert ezek nem munkálhatók meg a többi oldallal együtt egy befogásban;

függőleges felfekvéstípus estében a felfekvő oldal, a gépasztal felé fordított oldal és az ezzel szemközi oldal nem lehetnek kötött oldalak [43]



10-20. ábra. AND-OR gráf részlet: Fő befogás megoldása a munkadarab ideális technológiai helyzetére.

Mivel a vízszintes felfekvéstípus négy oldal megmunkálását teszi lehetővé és a készülék felépítése is egyszerűbb, a befogókészülék megoldását először vízszintes felfekvésre kell keresni. Ha ez a próbálkozás nem jár sikerrel, akkor kell függőleges felfekvéstípussal próbálkozni.

Az így kiválasztott munkadarab helyzet csak akkor fogadható el, ha az befogásra alkalmas. Egy adott helyzet akkor alkalmas befogásra, ha alkalmas felfekvésre, oldalpozicionálásra és szorításra (10-20. ábra).

Felfekvésre akkor alkalmas a munkadarab vizsgált helyzete, ha a potenciális felfekvő oldal tartalmaz felfekvésre alkalmas felületet. Ha a vizsgált munkadarab-helyzetben nincs megfelelő felfekvő felület, akkor az befogásra alkalmatlannak minősül ezért ilyenkor új munkadarab-helyzettel kell próbálkozni. Ha a vizsgált helyzet felfekvésre alkalmas, akkor a következő lépés az oldalpozicionálásra való alkalmasság megvizsgálása.

Ha a lehetséges oldalpozicionálás típusok valamelyikéhez alkalmas felületek találhatók a munkadarab megfelelő oldalán, akkor a munkadarab vizsgált helyzete alkalmasnak minősül oldalpozicionálás szempontjából is. Ezután következik a szorításra való alkalmasság vizsgálata.

Ha valamelyik lehetséges szorítástípushoz létezik alkalmas felület a megfelelő oldalon (ill. oldalakon), akkor a munkadarab vizsgált helyzete szorításra alkalmasnak minősül és ez azt jelenti, hogy megtaláltuk a befogókészülék elvi megoldását a munkadarab ideális technológiai helyzetére.

Ha a lehetséges helyzetek közül egyik sem alkalmas befogásra, akkor a befogókészülék ezzel a stratégiával nem oldható meg, így ezt el kell hagyni és a második stratégiával kell próbálkozni.

### **Főbefogás megoldás a laza funkcionális kötések figyelmen kívül hagyásával**

Mivel az első stratégia, illetve az a követelmény, miszerint minden kötött oldalt egy befogásban szeretnénk megmunkálni, kudarcba fulladt, kénytelenek vagyunk ezen enyhíteni, és most megelégszünk azzal is, ha sikerül olyan munkadarab helyzetet találni, amelyben a munkadarab minden szigorúan kötött oldala megmunkálható egy befogásban. Nagyon hasonló az első stratégiához, azzal a különbséggel, hogy a munkadarab lehetséges helyzeteinek kiválasztásánál a gép munkaterében, a lazán kötött oldalakat figyelmen kívül hagyja. Ez a következőképpen fogalmazható meg:

- vízszintes felfekvéstípus esetében a felfekvő oldal és a vele szemközti oldal nem lehetnek szigorúan kötött oldalak;
- Függőleges felfekvéstípus esetében a felfekvő oldal, a gépasztal felé fordított oldal és az ezzel szemközti oldal nem lehetnek szigorúan kötött oldalak.

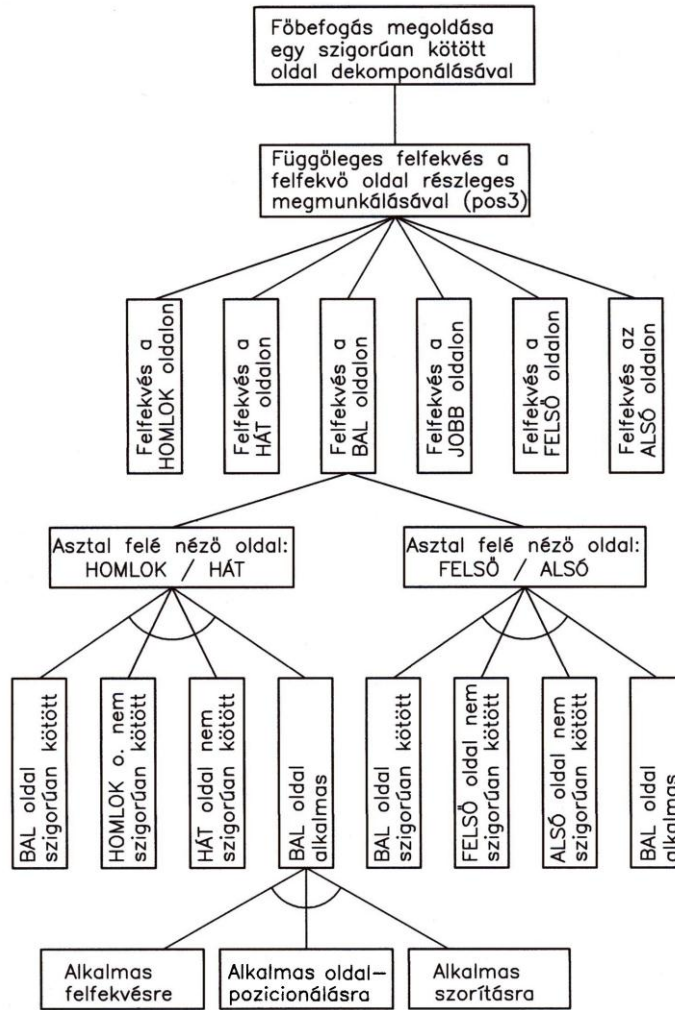
A munkadarab így kiválasztott potenciális helyzetét csak akkor lehet véglegesen elfogadni, ha az alkalmas felfekvésre, oldalpozicionálásra és szorításra. Ennél a készülékmegoldás-stratégiánál a főbefogás sorrendben mindig a második, ami egyben azt is jelenti, hogy helyzetmeghatározáshoz csak megmunkált felületek használhatók.

A munkadarab helyzetének alkalmassági vizsgálata hasonlóan történik, mint az első stratégia esetében.

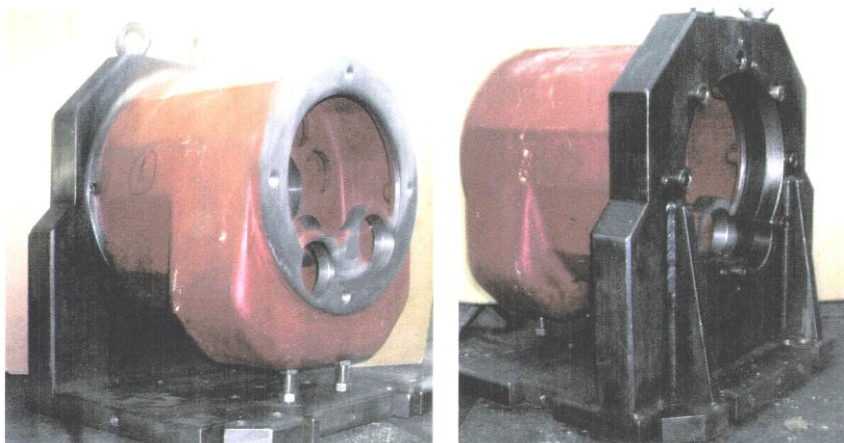
### **Főbefogás megoldás egy szigorúan kötött oldal lebontásával, szabad illetve lazán kötött és szigorúan kötött felületekre**

Ha a második stratégia alkalmazása sem hoz megoldást, akkor a harmadik stratégiát kell alkalmazni. Ennek lényege egy olyan megoldás feltárása, amelyben ha nem is minden szigorúan kötött oldal, de minden szigorúan kötött felület megmunkálható lesz egy befogásban. Ez úgy lehetséges, hogy olyan oldalt kell keresni, amely a szigorúan kötött furatok mellett tartalmaz felfekvésre és oldalpozicionálásra alkalmas szabad vagy lazán kötött felületeket is. Ha van ilyen oldal, akkor annak minden felületét, kivéve a szigorúan kötött furatokat, az első, kiegészítő befogásban kell megmunkálni és ez az oldal lesz majd a felfekvő oldal a fő befogásban, ahol a munkadarabon található összes szigorúan kötött felület megmunkálására sor kerül, beleértve a felfekvő oldalon lévőket is. Mivel így a fő befogásban olyan furatokat is meg kell munkálni, amelyek a felfekvő oldalon helyezkednek el, a felfekvéstípus itt mindig függőleges, a felfekvő oldal részleges megmunkálásával (lásd a 10-11. ábrát). A munkadarab helyzetének közelebbi meghatározása abból a feltételből adódik, hogy a gépasztal felé fordított oldal és az ezzel szemközti oldal nem lehetnek szigorúan kötött oldalak. Az ennek megfelelő AND-OR gráfot a 10-21. ábra mutatja.

Az ilyen készülék szerkezetileg bonyolultabb, de nagy pontosságú megmunkálást tesz lehetővé, anélkül, hogy a készülékkel szemben támasztott pontossági követelmények szigorúak lennének. A 10-22. ábrán látható készüléket a bemutatott stratégia alkalmazásával alakították ki.



10-21. ábra. AND-OR gráf részlet: A főfogás megoldása egy szigorúan kötött oldal dekomponálásával.



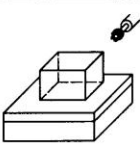
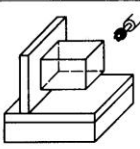
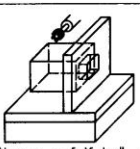
10-22. ábra. A készüléktestben kialakított nyílás lehetővé teszi a nagy pontosságú furatok megmunkálását.

### Főbefogás megoldás a szigorú funkcionális kötések szétbontásával

Végül, ha az első három stratégia egyike sem hoz megoldást, kénytelenek vagyunk olyan megoldáshoz folyamodni, ahol a szigorúan kötött felületek megmunkálása két különböző befogásban történik. Ilyen esetekben a második befogáshoz használt készüléknek igen nagy pontosságúnak kell lennie és ez gyakran a munkadarab megmunkálási pontosságának meghatározó tényezője. Itt a munkadarabnak már csak azokat a helyzeteit kell vizsgálni ahol a felfekvés egy szigorúan kötött oldalon van. Ugyanis a többi lehetséges helyzetet az első három stratégia alkalmazásával már megvizsgáltuk, de megoldást nem kaptunk. A megoldást először itt is vízszintes felfekvésre keressük. Első lépésben olyan munkadarab-helyzetet keresünk a gép munkaterében, amelyben vízszintes felfekvés mellett, a felfekvő oldallal szembeni oldal nem szigorúan kötött oldal. Ha ez a próbálkozás nem jár sikerrel, akkor el kell fogadni olyan helyzet kiválasztását is, ahol a felfekvő oldal is és a vele szemközti oldal is szigorúan kötött oldalak. Ilyenkor különös gondot kell fordítani az oldalpozicionálás típus és a bázisfelületek kiválasztására [42].

#### 10.1.5.2 A műveletek tartalmi behatárolása

A főbefogás megoldása után ismertté válik: a felfekvés típusa, a felfekvő oldal a főbefogásban, a felfekvő felület, az oldalpozicionálás típusa, a támasztó és ütköztető felületek, a szorítás típusa és a szorítófelületek. Ezek ismeretében elvégezhető a gyártási folyamat műveletekre tagolása. Ennek során meg kell állapítani, hogy mely felületek lesznek megmunkálva a főbefogásban és melyek a kiegészítő befogásban. Ez a feladat viszonylag egyszerűen megoldható, ha a főbefogásban a felfekvés vízszintes vagy függőleges. Ezekben az esetekben elegendő meghatározni azt, hogy melyik oldalak (és természetesen mindazon felületek, amelyek az adott oldalhoz tartoznak) megmunkálására kerül sor a fő- illetve kiegészítő befogásban. Ha a felfekvés függőleges, a felfekvő felület részleges megmunkálásával, akkor a feladat kissé bonyolultabb. Itt tételesen meg kell határozni, hogy mely felületek kerülnek megmunkálásra a főbefogásban és melyek a kiegészítő befogásban (10-23. ábra).

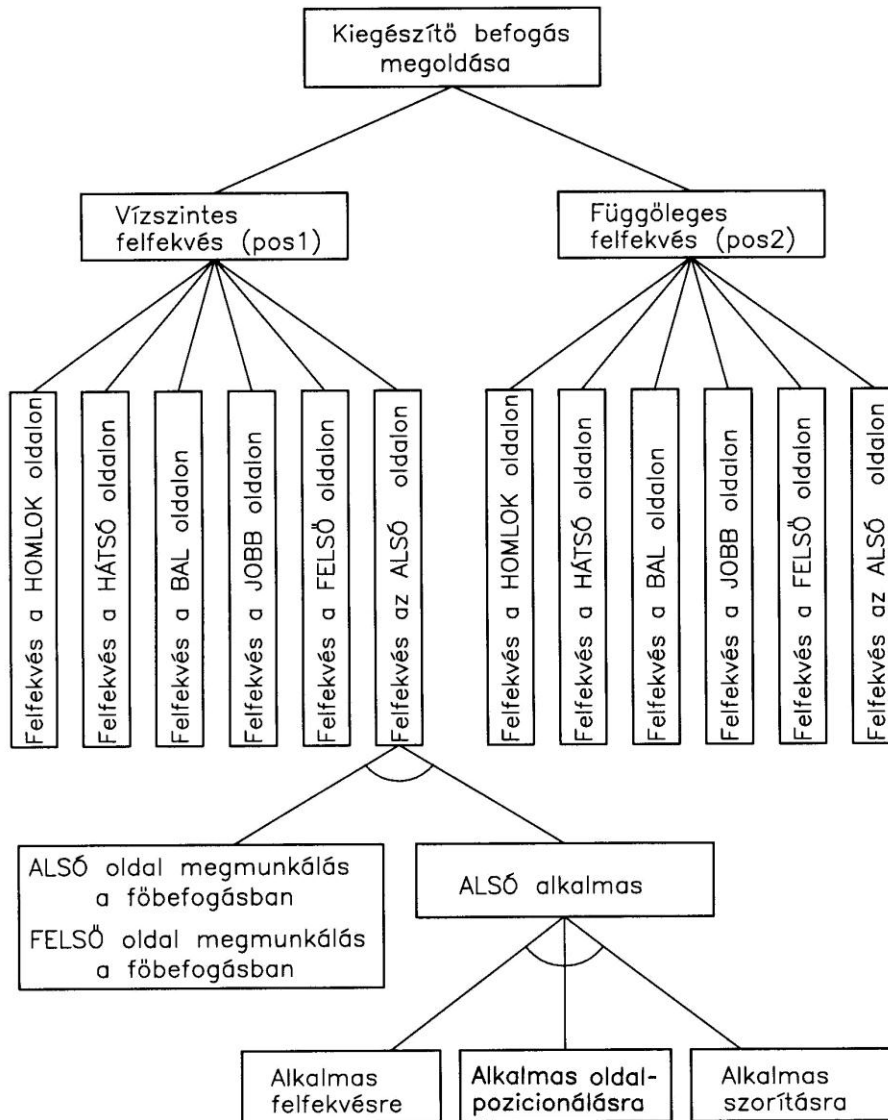
Fekvés típus a főbefogásban	Megmunkálás a főbefogásban	Megmunkálás a kiegészítő befogásban
 Vízszintes	Négy oldal	A főbefogás felfekvő oldala és a vele szemközti oldal
 Függőleges	Három oldal	A főbefogás felfekvő oldala, a gépasztal felé fordított és a vele szemközti oldalak
 Függőleges a felfekvő oldal részleges megmunkálásának lehetőségével	Három teljes oldal és a felfekvő oldalon elhelyezkedő szigorúan kötött furatok	A gépasztal felé fordított és a vele szemközti oldalak, valamint részlegesen a főbefogás felfekvő oldala

10-23. ábra. A műveletek tartalmi behatárolása.

A műveleti sorrendet illetően a főbefogás egy eset kivételével mindig a második. Akkor lesz első a főbefogás, ha a készülékmegoldás ideális technológiai helyzetre történt és ha ebben a helyzetben a darabnak csak megmunkálatlan, felfekvésre alkalmas felülete van.

### 10.1.5.3 A kiegészítő befogás megoldása

A gyártási folyamat műveletekre tagolása után következik a kiegészítő befogás megoldása. Először meg kell vizsgálni a kiegészítő befogás szükségességét, mert előfordulhat olyan eset is amikor a munkadarabnak csak négy vagy ennél kevesebb megmunkált oldala van és ezek mind megmunkálhatók a főbefogásban.



10-24. ábra. A kiegészítő befogás megoldásának AND-OR gráf részlete

A munkadarab helyzetét a gép munkaterében úgy kell megválasztani, hogy az lehetővé tegye a munkadarab azon oldalainak megmunkálását, amelyek megmunkálása a kiegészítő befogásba van besorolva. Kiegészítő befogásnál a vízszintes és függőleges felfekvés típusok alkalmazhatók. Mivel vízszintes befogásnál a készülék szerkezete egyszerűbb, ezért először ezzel kell próbálkozni. Ha ez a próbálkozás sikertelen, akkor függőleges felfekvéssel kell próbálkozni. Az így kiválasztott munkadarab helyzetet természetesen meg kell vizsgálni felfekvésre, oldalpozicionálásra és szorításra való alkalmasság szempontjából (10-24. ábra).

### **10.1.6 A műveleti sorrend és a befogás meghatározása hagyományos gépek alkalmazása esetén**

A szekrényszerű alkatrészek megmunkálása elvégezhető hagyományos gépeken, azonban ma ezt már úgymond kényszerből alkalmazhatjuk. A hagyományos gépek pontossága rendszerint alacsonyabb a CNC vezérlésű gépekénél, a kézi vezérlés és pozicionálási pontatlanság szintén korlátozza az elérhető megmunkálási pontosságot. Ennél is nagyobb hátrányt jelent, hogy a folyamat jelentősen nagyobb számú műveletből ill. befogásból áll és ezzel a készülékezési költségek és az átfutási idő drasztikus mértékben növekednek.

Az esetek többségében irányadónak vehetjük a következő műveleti sorrendet, amelyet természetesen értelemszerűen adaptálni kell a konkrét munkadarab esetére:

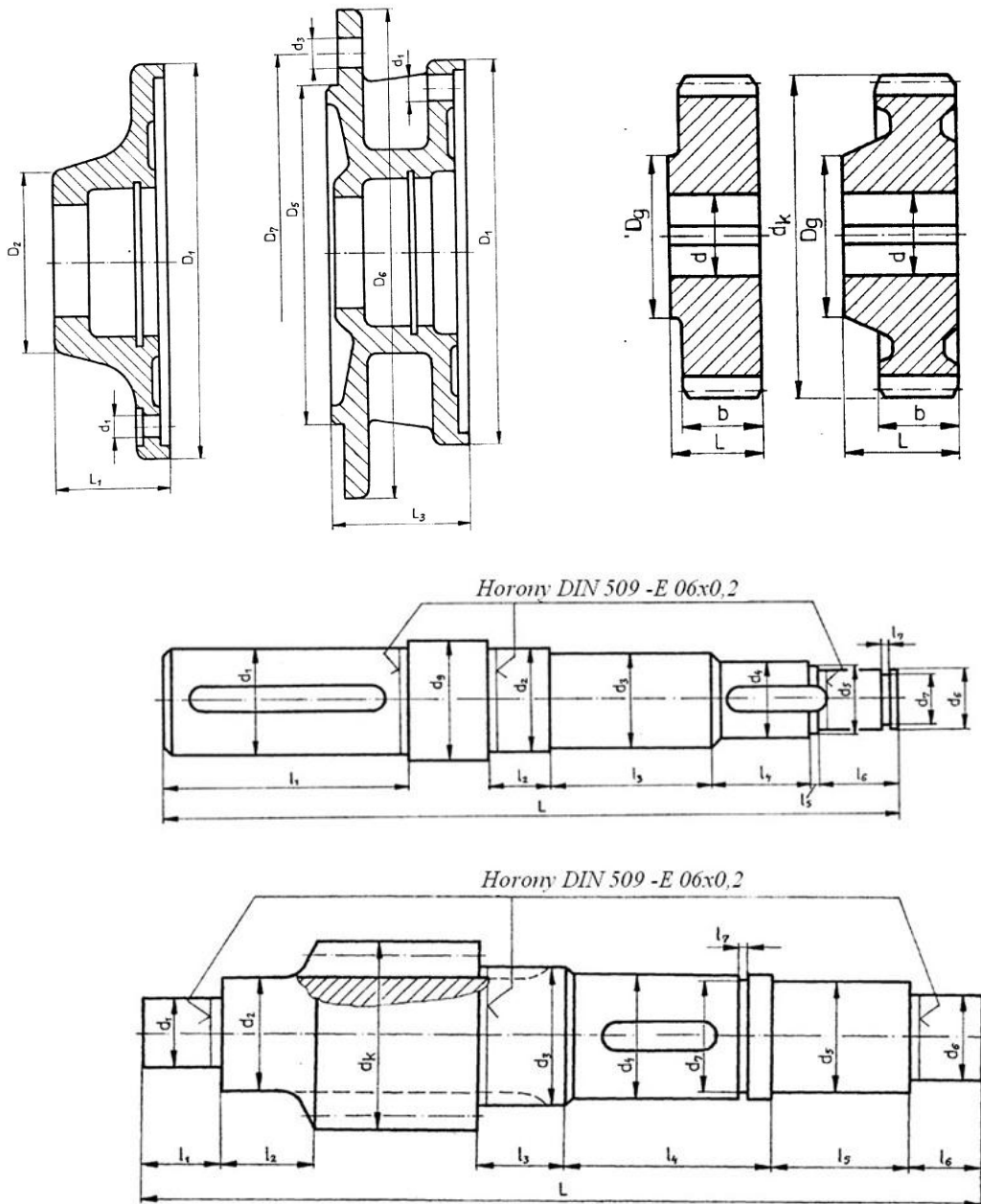
- Bázisfelület marása
- Bázisfuratok fúrása
- Síkfelületek marása
- A nagy pontosságú furatok megmunkálása vízszintes főorsójú fúró-maróművel
- Kis pontosságú furatok (kötőfuratok) fúrása oszlopos vagy sugárfúrógépen
- Menetfúrás



## 10.2 FORGÁSTEST JELLEGŰ ALKATRÉSZEK MŰVELETI SORRENDTERVEZÉSE

### 10.2.1 A forgástest jellegű alkatrészek jellemzői

A forgástest jellegű alkatrészekre jellemző, hogy forgás- ill. szimmetriatengelyük van és a főfelületek (vagy hordozófelületek) minden esetben forgásfelületek, de ezek mellett gyakran nem forgástest jellegű felületeik is vannak (pl. hornyok, lelapolások, fogazat stb.). Az alkatrész hossz és a legnagyobb átmérő aránya szerint feloszthatók rövid (tárcsaszerű) és hosszú (tengelyszerű) alkatrészekre. A 10-25. ábrán néhány forgástest jellegű alkatrész látható.



10-25. ábra. Forgástest jellegű alkatrészek

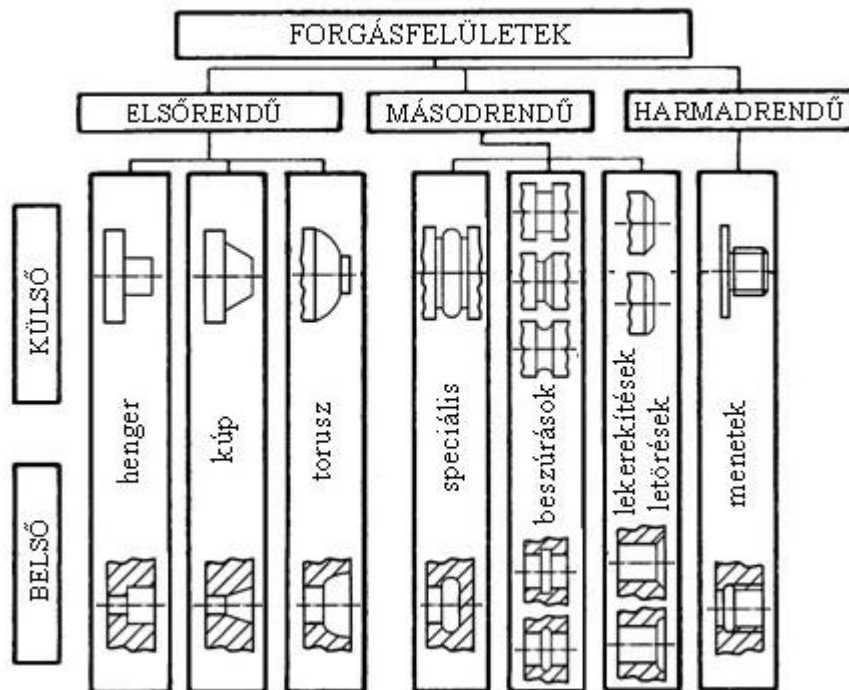
### Geometriai jellemzők

A forgástest jellegű alkatrészek szerkezete egyszerűbb, mint a szekrényes alkatrészeké. Mivel forgás-szimmetrikusak, így a geometriai elemzés legtöbbször kétdimenziós modell (ábrázolás) elemzésével történik. Az alkatrészhossz és a legnagyobb átmérő aránya tekinthető a globális szerkezet legfontosabb paraméterének és eszerint a forgástest jellegű alkatrészek lehetnek:

- rövid (tárcsaszzerű) és
- hosszú (tengelyszerű) alkatrészek.

A megmunkálási igényeket jórészt a geometriai elemzés alapján állapíthatjuk meg, ezért itt is célravezető az alkatrész lebontása (dekomponálása) olyan felületcsoportokra, amelyek megmunkálását ismerjük. Amint már említettük, a forgástest jellegű alkatrészek felületei feloszthatók (1) forgásfelületekre és (2) nem forgásfelületekre. A forgásfelületek további három csoportra oszthatjuk [10] (10-26. ábra):

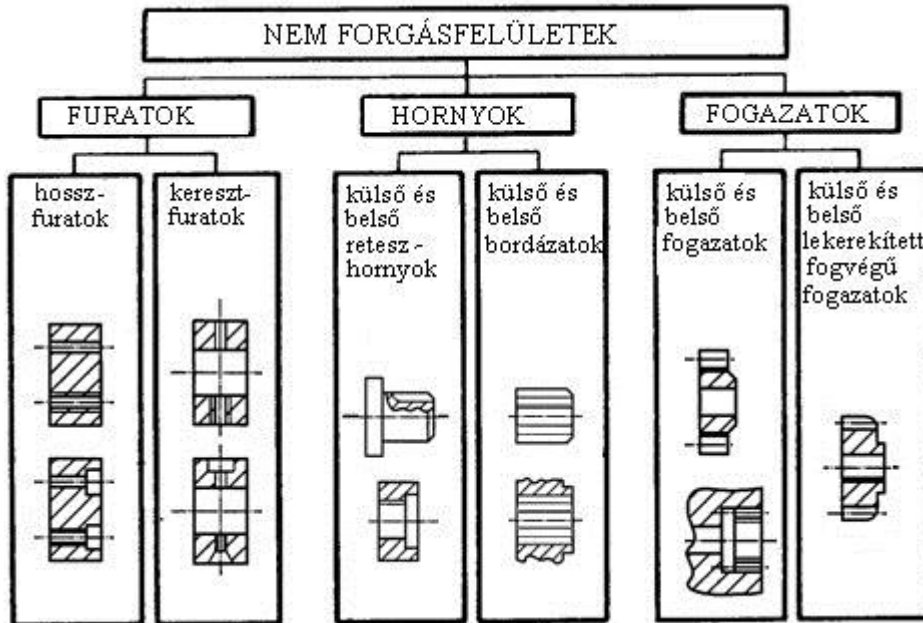
- elsőrendű felületcsoportok azok, amelyeket egyéltű szerszámmal, az eszterga mozgásrendszere alakít ki (henger-, kúp-, toruszfelületek),
- másodrendű felületcsoportok, amelyeket profilos szerszám alakít ki beszúrással (hornyok, lekerekítések, vagy speciális profilfelület).
- harmadrendű felületcsoportok, amelyeket profilos szerszám és az eszterga mozgásrendszere alakít ki (menetes felületek).



10-26. ábra. A forgásfelületek lehetséges felosztása [10]

A nem forgásfelületek alakjuk szerint a további három csoportba sorolhatók (10-27. ábra):

- furatok: keresztfuratok és olyan hosszirányú furatok, amelyek nem a darab forgástengelyén helyezkednek el,
- hornyok és bordázatok,
- fogazatok



10-27. ábra. Forgástesteken található nem forgásfelületek [10]

### Funkcionális jellemzők

A funkcionális felületek méretpontosságát mérettűrések határozzák meg. Az általános gépgyártás területén az elérhető méretpontosság legfeljebb IT5, IT6 lehet. Az ennél pontosabb méreteket csak ultra precíziós megmunkálásokkal lehet elérni, de ez nem képezi e jegyzet témakörét.

A funkcionális felületek alakját és helyzetpontosságát alak- és helyzetűrésekkel határozzuk meg. Forgástestek esetén e tűrések általában az egytengelyűségre, axiális és radiális ütésre vonatkoznak (10-28. ábra).

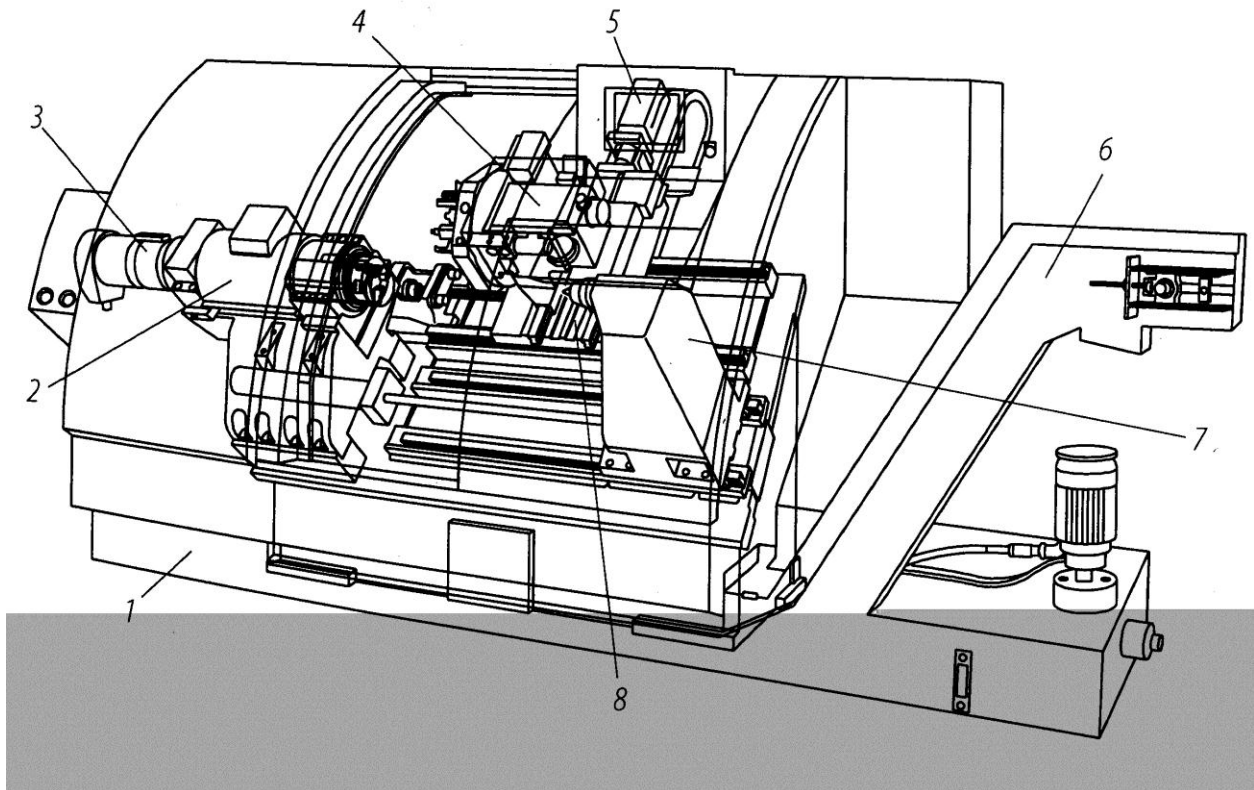
	Egytengelyűség
	Radiális (sugárirányú) ütés
	Axiális ütés

10-28. ábra. Forgástest jellegű alkatrészek helyzetűrései

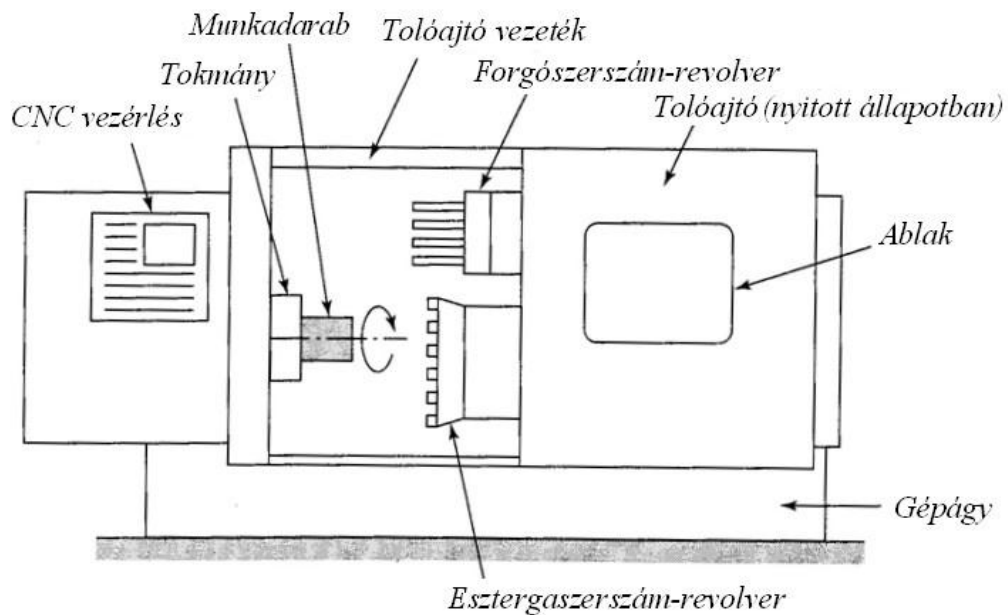
A helyzettűréssel ellátott felületek azonosítása kulcsfontosságú, a befogás és a műveleti sorrend meghatározásánál, ezért ezt nagy körültekintéssel kell elvégezni.

### 10.2.2 A forgástest jellegű alkatrészek megmunkálására alkalmas szerszám- gépek

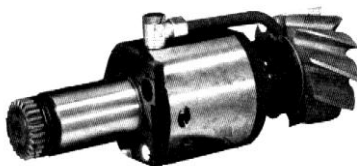
A forgástest jellegű alkatrészekre jellemző, hogy forgás- ill. szimmetriatengelyük van, így a „főművelet” mindig esztergálás. A korszerű ipari gyártás CNC vezérlésű esztergákkal történik (10-29. ábra). Azokon az esztergákon, amelyeken nincs csúcshoz-nyereg, csak tárcsaszzerű darabok munkálthatók meg (tárcaesztergák). Ha az eszterga meghajtott szerszámokkal is rendelkezik, akkor az esztergálás mellett maró és fúró műveletek végrehajtására is alkalmas, ezeket esztergaközpontnak nevezzük (10-30. ábra). A 10-31. ábrán egy meghajtott szerszám látható, a 10-32. ábra pedig egy esztergaközponton gyártott jellemző alkatrész műveleteleit szemlélteti.



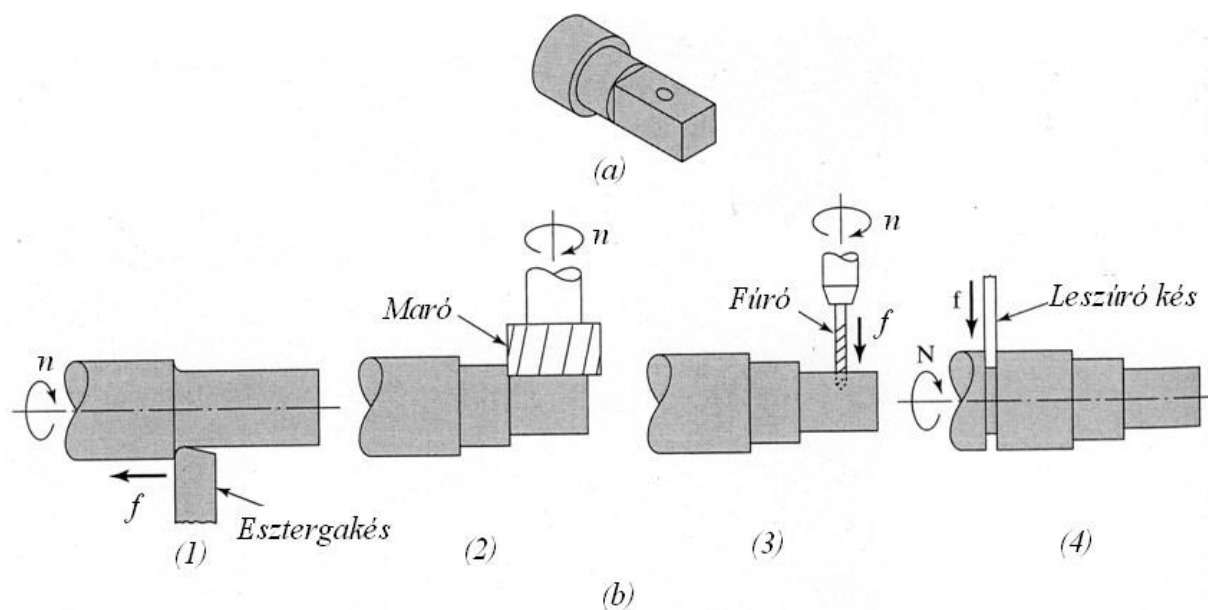
10-29. ábra. CNC eszterga felépítése és szerkezeti egységei (Gildemeister). 1-gépágy; 2-főorsóház; 3-befogószerkezetet működtető henger; 4-szerszám tartó (revolverfej); 5-a kereszt-szánt mozgató motor és mozgatórendszer; 6—forgácscsállító; 7-szegnyereg; 8-keresztcsán.



10-30. ábra. Esztergáközpont elvi felépítése [12]



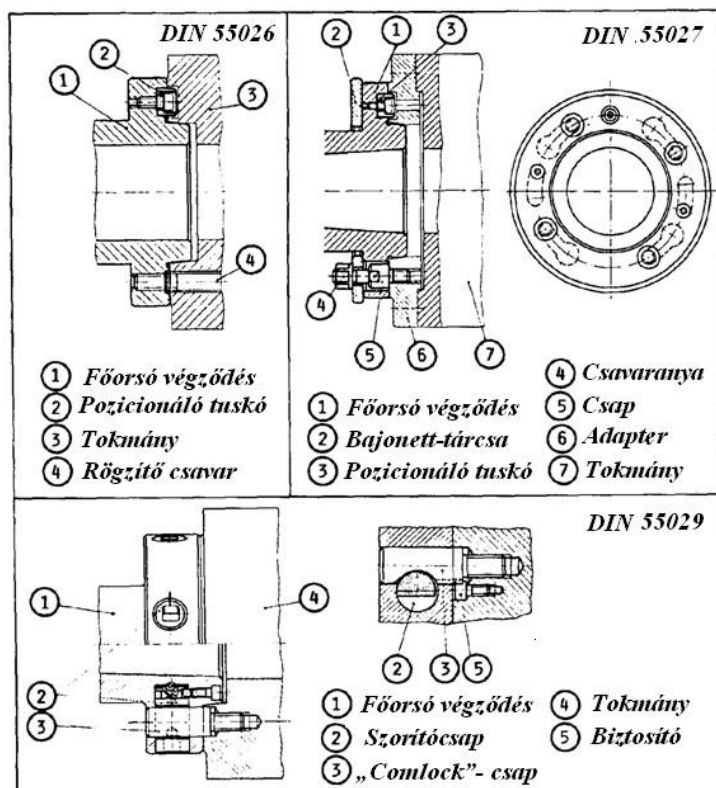
10-31. ábra. Revolverfejbe helyezhető marószerszám

10-32. ábra. Egy forgástest jellegű alkatrész gyártásának műveletelei esztergáközponton .  
a) munkadarab, b) műveletelemek [12]

Az esztergalközpontok nagy értékű szerszámgépek, és elterjedésük csak napjainkban van folyamatban. Ezért az esetek többségében a nem forgástest felületeket külön műveletekben kell végezni a megfelelő géptípusokon. Ezek általában a következők: marógépek, fűrőgépek, üregelők, palástkőszűrők. A tengelyszerű darabokat rendszerint csúcsok közé fogjuk be, az ehhez szükséges csúcsfurat elkészítése és egyben a darab oldalazása rendszerint célgépekkel történik.

### 10.2.3 A munkadarabok befogása esztergapadokon

A befogókészülék feladata esztergálásor az, hogy kapcsolatot hozzon létre a főorsó és a munkadarab között. A készülék egyik részfeladata a helyzetmeghatározás, ami esztergákon mindig egy központosító feladat. A szorítás részfeladatot gyakran a központosító elemek látják el (pl. tokmány, feszítőtüske stb.), de esetenként ezt is külön kell megoldani. A szorítóelemek segítségével lehet átadni a főorsó forgatónyomatékát, ill. a darab menesztését. A befogókészülék gépfelőli oldala a főorsó-végződéshez illeszkedik, ezért a készülék kiválasztásánál ismerni kell a konkrét gép főorsó-végződésének méreteit. A főorsó-végzódések kialakítását szabványok írják elő (10-33. ábra).



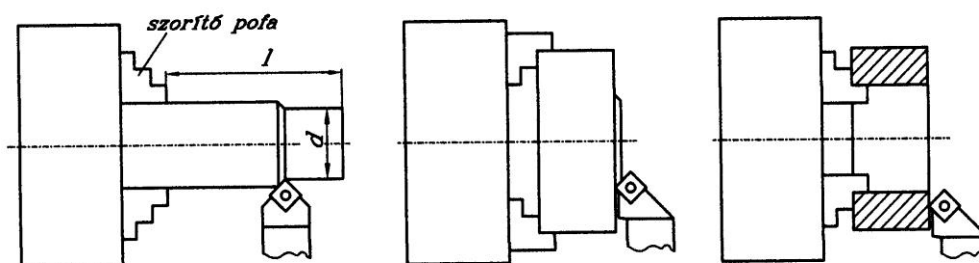
10-33. Szabványos főorsó-végzódések [57]

A befogás lehetőségei esztergákon a következők:

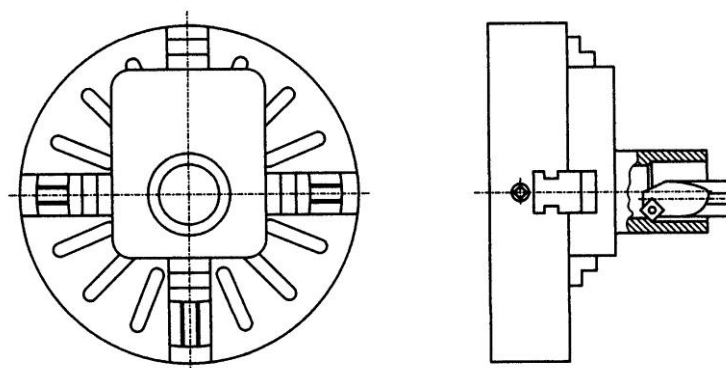
- önközpontosító tokmányba
  - kemény szorítópofákkal
  - lágy szorítópofákkal
- önközpontosító tokmányba, csúccsal megtámasztva
- önközpontosító tokmányba, bábbal megtámasztva

- csúcsok között
  - menesztés esztergaszívvel
  - menesztés körmös menesztővel
- síktárcsán
- felfogó tüskével
- speciális esztergakészülékkel

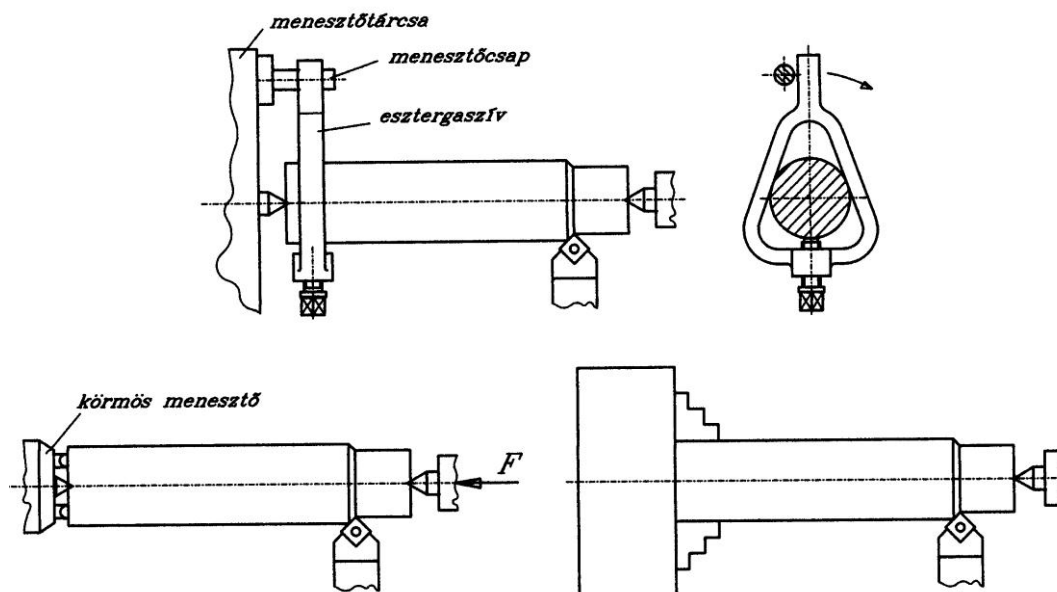
A tárcsaszerű és rövid darabokat legtöbbször önközpontosító tokmányba fogjuk be (10-34. ábra). Síktárcsát akkor alkalmazunk, ha valamilyen nem forgástest jellegű darabon kell megmunkálni forgásfelületet (10-35. ábra). A síktárcsán négy szorítópofa van amelyek külön-külön állíthatók. A hosszú munkadarabokat csúcsok közé fogjuk be. Ez természetesen csak úgy lehetséges, hogy előzőleg csúcsfészkeket (központfuratokat) készítünk a munkadarab homloklapfelületeire. Mivel a csúcsok a menesztés feladatát nem tudják ellátni, ezért a menesztésről külön kell gondoskodni. A menesztés történhet esztergaszívvel vagy körmös menesztővel (10-36. ábra). A hosszú darabok befoghatók úgy is, hogy a munkadarab egyik végét tokmányba fogjuk, a másikat pedig csúccsal támasztjuk meg. A munkadarab központosítása így kevésbé pontos, de nincs szükség menesztőre. A hosszú, karcsú munkadaraboknál, amelyeknél az  $l/d > 8 \dots 12$  támasztóbábót kell alkalmazni. Támasztóbábó szükséges olyan esetekben is, amikor hosszú darabokon belső megmunkálást kell végezni (10-37. ábra). A támasztóbábó lehet álló (gépagyhoz rögzített) vagy mozgó (a szánhoz rögzített). Felfogó tüskét alkalmazunk olyan esetekben, amikor a munkadarabot egy belső felületen kell központosítani (10-38).



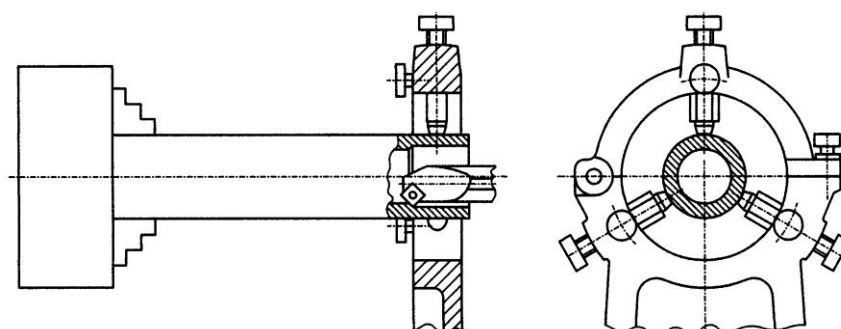
10-34. ábra. Rövid- és tárcsaszerű darabok befogása önközpontosító tokmányba



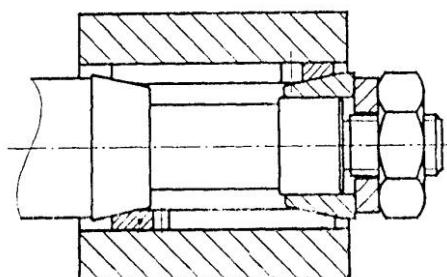
10-35. ábra. Befogás síktárcsán



10-36. ábra. Tengelyszerű darabok befogása



10-37. ábra. Befogás tokmányban, bábbal megtámasztva.



10-38. ábra. Befogás fesztítő tuskével

#### 10.2.4 A műveleti sorrend és a befogás meghatározása

A forgástest jellegű alkatrészekre jellemző, hogy forgás- ill. szimmetriatengelyük van, így a „főművelet” mindig esztergálás. Ezt megelőzhetik bizonyos esztergálás előtti műveletek, mint pl. darabolás, csúcsfészek fúrás, és akár egész sor, esztergálás utáni művelet, amelyek a nem forgástest jellegű felületek megmunkálására, hőkezelésre, finommegmunkálására vonatkozhatnak.



#### 10.2.4.1 Rövid forgástest jellegű alkatrészek műveleti sorrendje és befogása

A rövid forgástest jellegű darabokat technológiai szempontból célszerű két csoportra osztani: (1) fogazat nélküli tárcsaszerű alkatrészek, (2) fogazattal ellátott rövid forgástestek (fogaskerekek). Ezen technológiai csoportokon belül viszonylag nagy a gyártási folyamat hasonlósága és ennek alapján lehetséges irányadó műveleti sorrendek kialakítása, amit persze minden esetben adaptálunk, ill. az adott alkatrésznek megfelelően kihagyunk, vagy éppen hozzáadunk megfelelő műveleteket az adott mintatervhez.

Tárcsaszerű alkatrészek irányadó műveleti sorrendje

- Darabolás (amennyiben szükséges)
- Esztergálás
- Fúrás (keresztfuratok, nem a forgástengelyen fekvő hosszfuratok)
- Marás (lelapolások, hornyok)
- Üregelés vagy vésés (belső hornyok).

Rövid fogazott alkatrészek irányadó műveleti sorrendje

- Darabolás (amennyiben szükséges)
- Esztergálás
- Fúrás (keresztfuratok, nem a forgástengelyen fekvő hosszfuratok)
- Fogazás (fogmaró-, vagy foggyalu gépen)
- Üregelés vagy vésés (belső hornyok)
- Hőkezelés (cementálás, edzés, megeresztés)
- Furatköszörülés
- Síkköszörülés (amennyiben szükséges)
- Fogazatköszörülés (Raishauer, MAAG, Niles)

Az esztergálást az esetek többségében két műveletben ill. befogásban lehet megoldani. A műveletek behatárolását és a munkadarab befogását úgy kell megoldani, hogy a helyzettűréssel kötött felületeket lehetőleg egy befogásban munkáljuk meg. Azonban vannak esetek, amikor ez nem lehetséges, vagy az alkatrész szerkezete miatt, vagy a befogást nem lehet megoldani. Amikor a helyzettűréssel kötött felületeket két különböző befogásban vagyunk kénytelenek megmunkálni, akkor a második befogásban, bázisfelületnek kötelezően az előző befogásban megmunkált kötött felületet kell használni.

Vannak olyan esetek is, amikor egy műveletben elvégezhető az esztergálás, például ha rudanyagból, az esztergálás utolsó műveletelemeként leszúrással választjuk le a munkadarabot (10-32. ábra).

Az esztergálás utáni műveletek esetén is természetesen ügyelni kell arra, hogy a befogási bázisnak mindig azokat a felületeket válasszuk, amelyek az éppen megmunkálandó felületek szerkezeti bázisát képezik.

#### 10.2.4.2 Hosszú forgástest jellegű alkatrészek műveleti sorrendje és befogása

A hosszú forgástest jellegű darabokat rendszerint csúcsok közé fogjuk be. Ebből az következik, hogy a darabolás utáni műveletet mindig a csúcsfészkek fúrása követi. Csúcsokkal a központosí-

tás ideálisan megoldható, ezért ez után már minden műveletben a csúcsfuratokat használjuk bázisfelületnek.

A hosszú forgástest jellegű darabokat is célszerű technológiai szempontból két csoportra osztani: (1) fogazat nélküli, tengelyszerű alkatrészek, (2) fogazattal ellátott hosszú forgástestek (fogazott tengelyek). Ezek irányadó műveleti sorrendjeit is ki lehet alakítani, amelyeket később a konkrét esetekhez adaptálni kell.

Tengelyszerű alkatrészek irányadó műveleti sorrendje

- Darabolás (amennyiben szükséges)
- Oldalazás és központfúrás (lehetőleg célgépen, egyidejűleg mindkét oldalon)
- Esztergálás
- Marás (lelapolások, hornyok)
- Fúrás (keresztfuratok)
- Palástköszörülés

Fogazott tengelyek irányadó műveleti sorrendje

- Darabolás (amennyiben szükséges)
- Oldalazás és központfúrás (célgépen, egyidejűleg mindkét oldalon)
- Esztergálás
- Marás (lelapolások, hornyok)
- Fúrás (keresztfuratok)
- Fogazás
- Hőkezelés (cementálás, edzés, megeresztés)
- Csúcs helyek tisztítása (Csúcsköszörűgépen)
- Palástköszörülés
- Fogköszörülés

## 10.3 A MŰVELETI SORRENDTERV TARTALMI ÉS FORMAI KIALAKÍTÁSA

A műveleti sorrend a legfontosabb technológiai dokumentum, amelyet egyaránt használ a teremtés több résztvevője:

- gyártás
- gyártásirányítás és szervezés
- bérelszámolás
- gazdasági osztály
- minőségbiztosítás.

A dokumentum kialakítása nincs szabványosítva, vállalaton belül rögzítik a formai kialakítását. Egy lehetséges formai kialakítást a 10-39. ábra mutat.

Általában két részből épül fel, és a következő adatokat tartalmazza:

### 1. Fejléc

- cég ahol a dokumentumot kidolgozták
- műveleti sorrend azonosító
- alkatrész megnevezése
- alkatrész rajzszám
- alkatrész azonosító
- alkatrész anyaga
- előgyártmány típusa
- előgyártmány mérete vagy rajzszáma
- a dokumentum elkészítőjének neve, aláírása
- a dokumentum kelte

### 2. Műveletek sorrendje és fő jellemzői

- művelet sorszáma
- művelet megnevezése
- munkahely (szerszámgép) megnevezése
- munkahely (szerszámgép) azonosító
- befogókészülék vagy a befogásterv száma (szabványos vagy egyszerű készülékek esetén elegendő a készülék megnevezése ill. jelölése, amennyiben a befogás így nem egyértelmű, külön dokumentumot, ún. befogástervet készítünk, és ennek az azonosító számát adjuk meg)
- műveletterv száma (amennyiben készült ilyen dokumentum)
- műveleti darabidő.

PTE, PMMK		MŰVELETI SORRENDTERV			Sorrendterv azonosító:		Lapszám:		
							Lapok száma:		
Alkatrész megnevezése:			Alkatrész azonosító:		Alkatrész rajzszáma:		Alkatrész anyaga:		
Előgyártmány típusa:		Előgyártmány azonosító:		Előgyártmány rajzszáma:		Rúdanyag mérete:		Előgyárt. tömege (kg):	
Termék, amelyhez az alkatrész tartozik:									
Műv. sorsz.	Művelet megnevezése	Gép, munkahely		Készülék vagy a befogási terv száma	Szerszám vagy a szerszámterv száma	Elők. idő (min)	Darab idő (min)		
		Gép típusa	Azonosító						
	Műveletterv azonosító: ..... NC program azonosító: .....								
	Műveletterv azonosító: ..... NC program azonosító: .....								
	Műveletterv azonosító: ..... NC program azonosító: .....								
	Műveletterv azonosító: ..... NC program azonosító: .....								
	Műveletterv azonosító: ..... NC program azonosító: .....								
	Műveletterv azonosító: ..... NC program azonosító: .....								
	Műveletterv azonosító: ..... NC program azonosító: .....								
	Műveletterv azonosító: ..... NC program azonosító: .....								
	Műveletterv azonosító: ..... NC program azonosító: .....								
	Műveletterv azonosító: ..... NC program azonosító: .....								
	Műveletterv azonosító: ..... NC program azonosító: .....								
	Műveletterv azonosító: ..... NC program azonosító: .....								
Kiállította:		Dátum:		Ellenőrizte:		Dátum:		Jóváhagyta:	

Stampfer M.

10-39. ábra. Műveleti sorrend formai kialakítása

## 11. MŰVELETTERVEZÉS

Művelettervezéskor, a műveleti sorrendterv adatai alapján, már ismertek a következő adatok:

- szerszámgép
- a munkadarab helyzete a gép munkaterében
- a munkadarab befogásának elvi megoldása
- a műveletek tartalmi behatárolása.

A művelettervezés feladata a műveletek lebontása műveletelemekre, azok tartalmának és sorrendjének meghatározása, a szerszámok kiválasztása és a szerszámelrendezési terv összeállítása. A végterméke a műveletterv, vagy műveletelem sorrendterv, amely tartalmazza a művelet felfogási és felszerszámozási tervét, műveletelemeit, azok sorrendjét, és fő tartalmi jellemzőit.

### 11.1 MŰVELETELEMENK GENERÁLÁSA

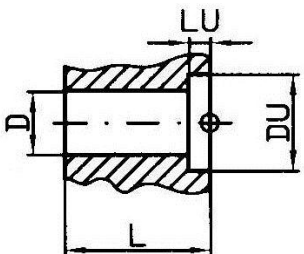
A műveletelemek meghatározásánál a darab egészének szerkezete már úgymond érdektelen, elegendő a felületcsoportok (feature) lokális elemzése. A műveletbe besorolt felületcsoportokat kell sorra elemezni és meghatározni azokat a műveletelemeket (megmunkálásokat) és a műveletelemek sorrendjét, amelyekkel megvalósítható az adott felületcsoport. Egy-egy felületcsoport létrehozásához szükséges megmunkálási sorrendet több tényező is befolyásolja, amelyek a következőkben foglalhatók össze:

- a felületcsoport típusa (alakja),
- a felületcsoport méretei,
- a kiindulási (nyers) állapot,
- a felületcsoport mérettűrési,
- a felületcsoport helyzetűrései,
- a megmunkált felület érdessége.

A felsorolt tényezők figyelembevételével az alkatrészt alkotó tipizált felületelemekhez és elemcsoportokhoz hozzárendelhetők a műveletelemek tipizált sorozatai. Példaként a 11-1. ábra egy hengeresen süllyesztett furat esetére mutatja a tipizált műveletelem sorozatokat. A felsorolt befolyásoló tényezők mennyiségi mutatóit a szokásos mértékegységekkel lehet meghatározni, kivételesen azonban a helyzetűrések értékelése. A helyzetűrés típusai különböznek és ezek tűrésértéke különböző befolyással bír, ezért a helyzetűrést egy kóddal vesszük figyelembe, amelyet a 11-1. táblázat segítségével lehet megállapítani.

11-1. táblázat. A helyzetűrés kód meghatározása szekrényszerű alkatrészek esetére [39]

A tűrés típusa	A helyzetűrés kódja			
	T1	T2	T3	T4
Tengelytáv tűrés (mm)	0,02 – 0,05	0,05 – 0,1	0,1 – 0,5	> 0,5
Merőlegesség (100 mm hosszon)	0,01 – 0,025	0,025 – 0,05	0,05 – 0,2	> 0,2
Párhuzamosság (100 mm hosszon)	0,01 – 0,025	0,025 – 0,05	0,05 – 0,2	> 0,2
Egytengelyűség (100 mm hosszon)	0,02 – 0,05	0,05 – 0,1	0,1 – 0,5	> 0,2

<b>tf1 03</b>  Furat hengeresen süllyesztéssel		<b>A felületelem csoport paramétere</b>  <b>D</b> furatátmérő <b>L</b> furatmélység <b>DU</b> süllyesztés átmérője <b>LU</b> süllyesztés mélysége <b>IT</b> az átmérő IT tűrésosztálya <b>T</b> helyzettűrés kódja <b>Ra</b> felületi érdesség <b>KA</b> kiindulási állapot (telt, előöntött)
Kód	Tipizált műveletelem sorozat	Az alkalmazás feltételei
TMS103 02	Kezdőfurat (központ) fúrása, Fúrás, Fölfúrás, Süllyesztés síksüllyesztővel, Dörzsölés.	$(10 \leq D < 25) \wedge (KA = \text{telt})$ $\wedge ((7 \leq IT \leq 9) \vee (0,8 < R_a \leq 1,6) \vee (T \leq 2))$
TMS103 03	Kezdőfurat (központ) fúrása, Fúrás, Fölfúrás, Süllyesztés síksüllyesztővel.	$(10 \leq D < 25) \wedge (KA = \text{telt})$ $\wedge ((10 \leq IT \leq 11) \vee (1,6 > R_a \leq 6,4) \vee (T = 3))$
TMS103 04	Kezdőfurat (központ) fúrása, Fúrás, Süllyesztés síksüllyesztővel.	$(D < 25) \wedge (KA = \text{telt})$ $\wedge ((IT > 11) \wedge (R_a > 6,4) \wedge (T = 4))$
TMS103 05	Kezdőfurat (központ) fúrása, Fúrás, Süllyesztés síksüllyesztővel, Dörzsölés.	$(D < 10) \wedge (KA = \text{telt})$ $\wedge ((7 \leq IT \leq 10) \vee (R_a \leq 6,4) \vee (T \leq 3))$
TMS103 06	Fölfúrás kétélű fúrórúddal, Süllyesztés (fölfúrás DU átmérőre) kétélű fúrórúddal, Elősimítás fúrórúddal, Simítás fúrórúddal.	$(D \geq 25) \wedge (KA = \ddot{o}nt\ddot{o}tt)$ $\wedge ((7 \leq IT \leq 8) \vee (0,8 < R_a \leq 1,6) \vee (T \leq 2))$
TMS103 07	Fölfúrás kétélű fúrórúddal, Süllyesztés (fölfúrás DU átmérőre) kétélű fúrórúddal, Elősimítás fúrórúddal.	$(D \geq 25) \wedge (KA = \ddot{o}nt\ddot{o}tt)$ $\wedge ((9 \leq IT \leq 11) \vee (1,6 < R_a \leq 6,4) \vee (T = 3))$
TMS103 08	Fölfúrás kétélű fúrórúddal, Süllyesztés (fölfúrás DU átmérőre) kétélű fúrórúddal.	$(D \geq 25) \wedge (KA = \ddot{o}nt\ddot{o}tt)$ $\wedge ((IT > 11) \wedge (R_a > 6,4) \wedge (T = 4))$
Megjegyzés:	$\wedge$ - logikai ÉS (AND); $\vee$ - logikai VAGY (OR)	

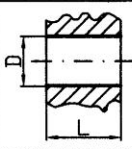
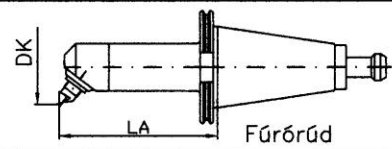
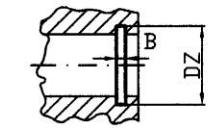
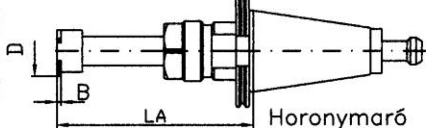
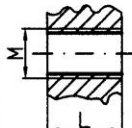
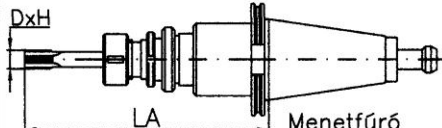
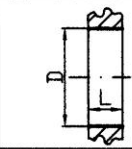
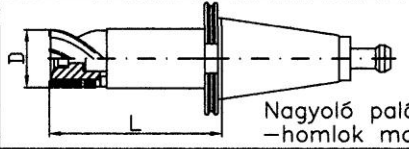
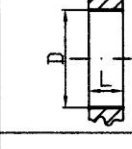
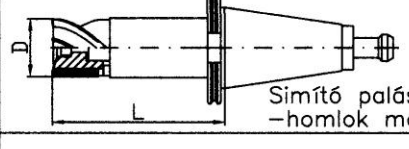
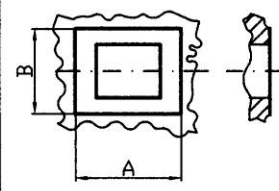
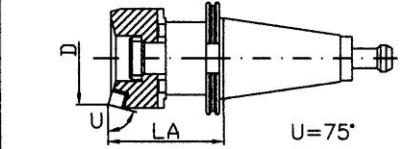
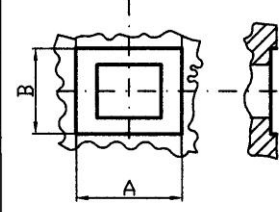
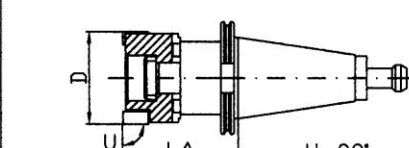
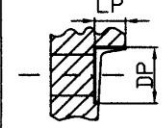
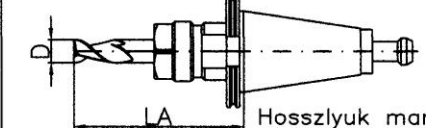
11-1. ábra. Tipizált műveletelem sorozatok hengeresen süllyesztett furat esetére

A tipizált műveletelem sorozatok elemzésével összeállítható a tipizált műveletelemek halmaza, amelyek alkalmazásával egy-egy alkatrész osztály tetszőleges egyede megmunkálható. Példa-

képpen a 10-3. ábrán bemutatott hajtóműház felületelem csoportjai 22 műveletelem típussal megmunkálhatók meg. Ezek jegyzéke és fő paramétereik a 11-2. ábrán látható.

N	Műveletelem	Műveletelem vázlata	Szerszámtípus
1	Központ fúrás		
2	Fúrás		
3	Főlfúrás (süllyesztő fűrővel)		
4	Dörzsölés		
5	Kúpos süllyesztés (élettörés)		
6	Élettörés fűrőrúddal		
7	Élettörés kúpos maróval		
8	Síksüllyesztés		
9	Furatbővítés kétélű fűrőrúddal		
10	Furatbővítés fűrőrúddal		

11-2. ábra. Tipizált műveletelemek hajtóműházak esetére

N	Műveletelem	Műveletelem vázlata	Szerszámtípus	
11	Simító furatbővítés fűrőrúddal		 Fűrőrúd	
12	Hornymarás Seeger-gyűrűhöz		 Hornymaró	
13	Menetfúrás		 Menetfűrő	
14	Rövid furat nagyoló kontúrmarása		 Nagyoló palást- homlok maró	
15	Rövid furat simító kontúrmarása		 Simító palást- homlok maró	
16	Síkmarás marófej ( $K < 90^\circ$ )		 $U = 75^\circ$	
17				nagyoló
18				elősimító
19	Síkmarás sarokmaró fej ( $K = 90^\circ$ )		 $U = 90^\circ$	
20				nagyoló
21				elősimító
22	Egyenetlen felület fúrás előtti lemarása		 Hosszlyuk maró	

11-2. ábra. Tipizált műveletelemek hajtóműházak esetére (folytatás)



## 11.2 A SZERSZÁMOK KIVÁLASZTÁSA

A műveletek műveletelemekre bontása után ismertek a műveletelemek, és ezekhez kell a megfelelő szerszámokat kiválasztani.

A tipizált műveletelemekhez a szerszám típusa egyszerűen hozzárendelhető (11-2. ábra). A konkrét szerszám kiválasztásánál azonban figyelembe kell venni több szempontot is:

- a műveletelem paramétereit (pl. fúrásnál a furatátmérő és a szükséges szerszámhossz),
- a szerszámgép (szerszámtartó vagy főorsó) csatlakozó méreteit,
- a munkadarab anyagát.

A korszerű szerszámgépek felszerszámozása általában korszerű, moduláris szerszámrendszerekkel van megoldva. A szerelhető moduláris szerszámrendszerek jellemzője, hogy a feladatnak megfelelően kell összeválogatni a szerszámelemeket és ezeket összeszerelve a szerszám szükséges méretei biztosíthatók. Az összeszerelendő szerszámelemek és a szerelt szerszám méreteinek megadása ún. szerszámkártyákon történik (11-3. ábra).

A rendelkezésre álló (korábban használt) szerszámok a jól szervezett vállalatoknál külön katalógusban, ill. adatbázisban szerszámkártyák formájában érhetők el [41]. Ha az adatbázisban nem található alkalmazható szerszám valamely műveletelemhez, ez azt jelenti, hogy az eddigi gyártás folyamán az adott igényeket kielégítő szerszám még nem volt használatban. Ilyen esetben a felhasználó kénytelen új szerelt szerszámot kialakítani, és hozzá szerszámkártyát kiállítani, azaz lehetőleg a rendelkezésre álló moduláris szerszámelemekből a szerelt szerszámot úgy kialakítani, hogy az megfeleljen a követelményeknek. Ezután természetesen az új szerszámmal ki kell bővíteni a szerszámkatalógust (adatbázist).

A szerszám kiválasztása egy konkrét műveletelemhez viszonylag egyszerűen megoldható. A probléma azonban bonyolultabbá válik, ha a művelethez tartozó összes műveletelemet szemléljük. Van egy olyan törekvés, hogy ha lehetséges, akkor több hasonló műveletelemhez is ugyanazt a szerszámot használjuk (pl. egy 5 mm átmérőjű és 10 mm mély, és egy 5 mm átmérőjű és 25 mm mély furat fúrása). Az ilyen műveletelem csoportosítás két okból is fontos: (1) a szerszámtárak kapacitása géptípustól függően korlátolt, (2) a szerszámváltások száma és az ehhez szükséges idő ily módon csökkenthető.

A műveletelemek csoportosításához és a csoportnak megfelelő szerszám kiválasztáshoz, egy-egy szerszámtípushoz külön kiválasztási stratégia szükséges [19], [36].

CÉG		SZERSZÁMKÁRTYA		GÉP:	AZONOSÍTÓ SZ.
		TÁRGY: MARÓFEJ D63		MC 60/65	1 106380
A SZERSZÁM ELEMEI:					
TÉT.	DRB.	MEGNEVEZÉS	KAT.SZÁM	GYÁRTÓ	AZONOSÍTÓ
1	1	BEVONÓCSAP	A.21.10.6001	SEVER	1878479
2	1	MARÓ TUSKE 22	60-880-251-1	BRISTOL	1925924
3	1	MARÓFEJ D-63	AZ40.100.R.06	TIZIT	4823688
JAVASOLT FORGÁCSOLASI ADATOK					
		SZÜRKE ÖNTVÉNY	ACÉL	ALUMINIUM	
		FORGÁCSOLÓSEBES.			
		ELŐTOLÁS			
KIDOLGOZTA:			DÁTUM:		

11-3. ábra Szerszámkártya

## 12. MŰVELETELEMOK TERVEZÉSE

A műveletelemek megválasztása és a szerszámok kiválasztása után végezhető el a forgácsoló paraméterek meghatározása, a szerszám pályák meghatározása és a megmunkálási idők számítása. A felsorolt feladatok a forgácsoló megmunkálás témakörét képezik és a Gépipari technológiák I tantárgy keretein belül kerültek részletes tárgyalásra [47].

A forgácsoló paraméterek meghatározását végezhetjük technológiai táblázatok alapján, a szerszámgyártók javaslatai alapján vagy számítással. A konkrét MKGS rendszer minden elemének figyelembevételével határozhatók meg az optimális, egy kitűzött gazdasági célt legjobban megvalósító forgácsolási adatok. Egy optimalizálási módszert a következő fejezetben mutatunk be.

A művelettervezés és műveletelem tervezés eredményei alapján készül el a **műveletterv** nevű dokumentum. Kialakítását nem rögzítik szabványok, egy lehetséges formai kialakítást az 12-1. ábra mutat. Általában két részből épül fel és a következő adatokat tartalmazza:

### 1. Fejléc

- cég ahol a dokumentumot kidolgozták
- művelet megnevezése
- művelet sorszáma, jele
- alkatrész megnevezése
- alkatrész rajzsám
- alkatrész azonosító
- alkatrész anyaga
- előgyártmány típusa
- előgyártmány mérete vagy rajzsám
- a dokumentum elkészítőjének neve, aláírása
- a dokumentum kelte

### 2. Műveletelemek sorrendje és fő jellemzői

- műveletelem sorszáma
- műveletelem megnevezése
- munkahely (szerszámgép) megnevezése
- munkahely (szerszámgép) azonosító
- befogás vázlata
- megmunkálás vázlata
- szerszámok megnevezése, azonosítója
- forgácsoló paraméterek (v, n, a, f, i)

Meg kell jegyezni, hogy általában a cégeknél az itt bemutatott dokumentumokra más elnevezést is használnak: a műveleti sorrendtervet művelettervnek, a művelettervet műveleti utasításnak nevezik, és a műveleti utasítás a normaidőt is tartalmazza.

↑ feltekvés

○ oldalpozicionálás

∧ szorítás

↓ központosító szorítás

↓ szorítási pont

⊗ eszöszeg

∩ menezstő

∩ körnös menezstő

∩ tokmány

∩ tárolpersely

<b>PTE, PMMK</b>	<b>MŰVELETERV</b>	Műveletterv azonosító:	Lapszám:								
			Lapok száma:								
Alkatrész megnevezése:	Alkatrész azonosító:	Alkatrész rajzszáma:	Alkatrész anyaga:								
Előgyártmány típusa:	Anyagállapot:	Gép típusa:	Munkahely azonosító:								
Művelet megnevezése:	Művelet sorszáma:	Sorrendterv azonosító:									
Készülék / befogási terv száma											
Mérőeszköz:											
Megmunkálás vázlatá:											
Műv. elem sorsz.	Művelelelem megnevezése	Felület	Szerszám	Azonosító	$v_c$	$n$	$f$	$v_f$	$a$	$i$	$t_g$
			Megnevezés   Kód		$\frac{m}{min}$	$min^{-1}$	$\frac{mm}{for}$	$\frac{mm}{min}$	mm	db	min
Kiállította:		Dátum:	Ellenőrizte:	Dátum:	Előkészületi idő (min)		Darabidő (min)				

Stampfer M.

12-1. ábra. Műveletterv formai kialakítása

## 12.1 NORMAADATOK MEGHATÁROZÁSA

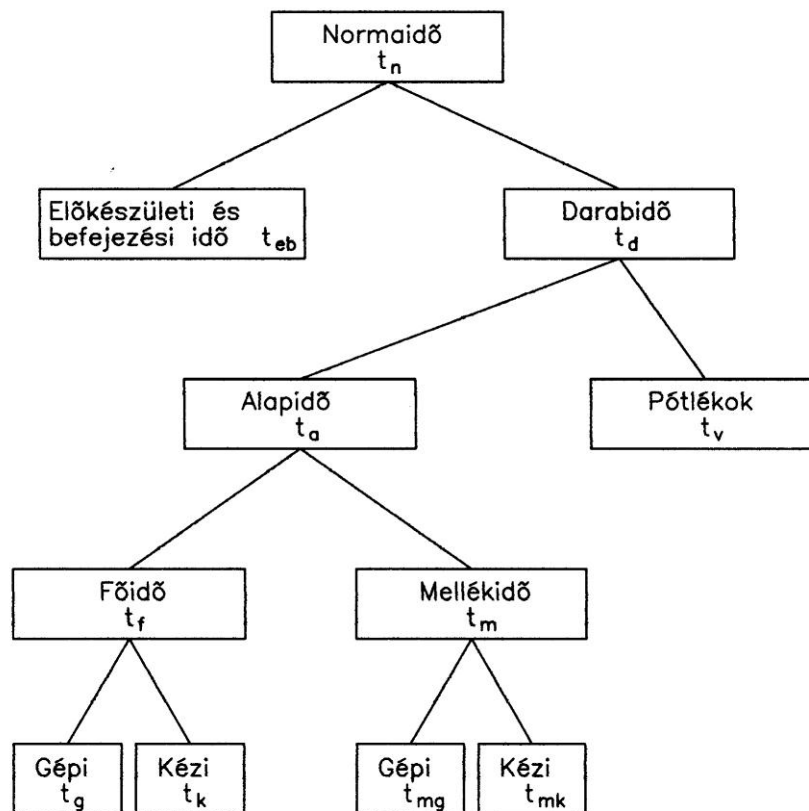
A normaidő nagyon fontos adat amelyet felhasználnak a gyártás ütemezésénél, gazdasági számításoknál és a dolgozók bérelszámolásánál. Meghatározását külön végezzük minden művelethez. A munkaidő szerkezetét és összetevőit egy  $Z$  darabszámú sorozat esetére elemezzük (12-2. ábra). A normaidő meghatározható, mint a sorozathoz szükséges előkészületi és befejezési idő ( $t_{eb}$ ) és a darabidő ( $t_d$ ) összege. Ez utóbbi annyiszor ismétlődik ahány munkadarab van a sorozatban.

$$t_n = t_{eb} + Z \cdot t_d \text{ [min]}$$

Egy darab gyártási ideje meghatározható, ha a sorozat gyártásának időigényét elosztjuk a darabszámmal:

$$t_1 = \frac{t_n}{Z} = \frac{t_{eb}}{Z} + t_d$$

**Előkészületi és befejezési idő ( $t_{eb}$ ).** Az az idő, amely az első darab megmunkálását megelőzően a munkahely (gép) előkészítéséhez, és a sorozat befejeztével a munkahely eredeti állapotának visszaállításához szükséges. A gép előkészítése alatt a következő tevékenységek értendők: készülékek felszerelése, szerszámok felszerelése és beállítása, az aktuális művelethez vonatkozó gyártási dokumentáció tanulmányozása, a szükséges mérőeszközök előkészítése, a gép beállítása és bizonyos esetekben próbadarab elkészítése. Az előkészületi idő nem minden darabnál szükséges, hanem csak a sorozat kezdetén és végén. Minél nagyobb a sorozatnagyság ( $Z$ ), annál kisebb az egy darabra jutó előkészületi és befejezési idő.



12-2. ábra. A normaidő struktúrája

**Darabidő ( $t_d$ ).** Mindazokat a munkaráfordításokat tartalmazza, amelyek az előkészületi és befejezési munkákon kívül szükségesek. A darabidőt alapidőre ( $t_a$ ) és pótlékokra (különböző megszakítások miatti időveszteségekre) ( $t_v$ ) osztjuk fel.

$$t_d = t_a + t_v \text{ [min]}$$

**Alapidő ( $t_a$ ).** Az az idő, amely minden munkadarab megmunkálásánál megismétlődik. Egy munkadarab megmunkálásának kezdetétől, a következő darab megmunkálásának kezdetéig eltelt idő. Részei a főidő ( $t_f$ ) és a mellékidő ( $t_m$ ).

$$t_a = t_f + t_m \text{ [min]}$$

**Főidő ( $t_f$ ).** A főidőhöz tartoznak azok a munkaelemek, amelyekkel a munkadarabon alak, méret, tulajdonság, vagy külalak szempontjából elérik azokat a változásokat, amelyekre az adott technológiai folyamat irányul.

**Mellékidő ( $t_m$ ).** A mellékidőhöz tartozik minden olyan tevékenység ideje, amelyek a főidőben végmenő folyamatok elvégzéséhez szükségesek, de a munkadarabon semmilyen változást nem idéznek elő. Ide tartoznak: a megmunkálandó darabok befogása és beállítása, a darabok rögzítése, a darabok mérése és ellenőrzése, a főorsó fordulatszámának vagy az előtolás értékének, változtatása, a darab kifogása, levétele stb.

A főidő is, valamint a mellékidő is a munka végzése szerint gépi- és kézi időre bontható. Gépi időnek nevezzük azt az időszakot amely alatt a munkás felügyelete mellett a gép végzi a munkát. Kézi idő, amely alatt a munkás gép alkalmazása nélkül dolgozik.

Meg kell jegyezni, hogy bizonyos tevékenységek azonos időben is végbemehetnek, ill. időben fedik egymást (pl. gépi előtolás közben, főidő alatt, az előző darab méretellenőrzése elvégezhető). A normaidő meghatározásánál természetesen az ilyen átfedéseket figyelembe kell venni.

**Pótlékok (veszteségek) ( $t_v$ ).** A munkaidő felosztásában az alapidő mellett a másik csoportot a szükségszerű munkamegszakítások (időveszteségek) képezik. Ide sorolhatók a munkahelyek kiszolgálásához szükséges idők, pihenő, fiziológiai szükségletek, szervezési és egyéni hibákból adódó kiesések stb. Ezek elemzésétől most eltekintünk.

#### **A normaidő összetevőinek meghatározása**

A felsorolt időelemek közül csak a gépi főidő ( $t_g$ ) határozható meg egzakt számítással, például forgó főmozgású gépek esetén [47]:

$$t_g = \frac{L}{v_f} \cdot i$$

Ahol:  $v_f = n \cdot f$  az előtolási sebesség

$i$  a fogások száma

$L$  a szerszámút hossza.

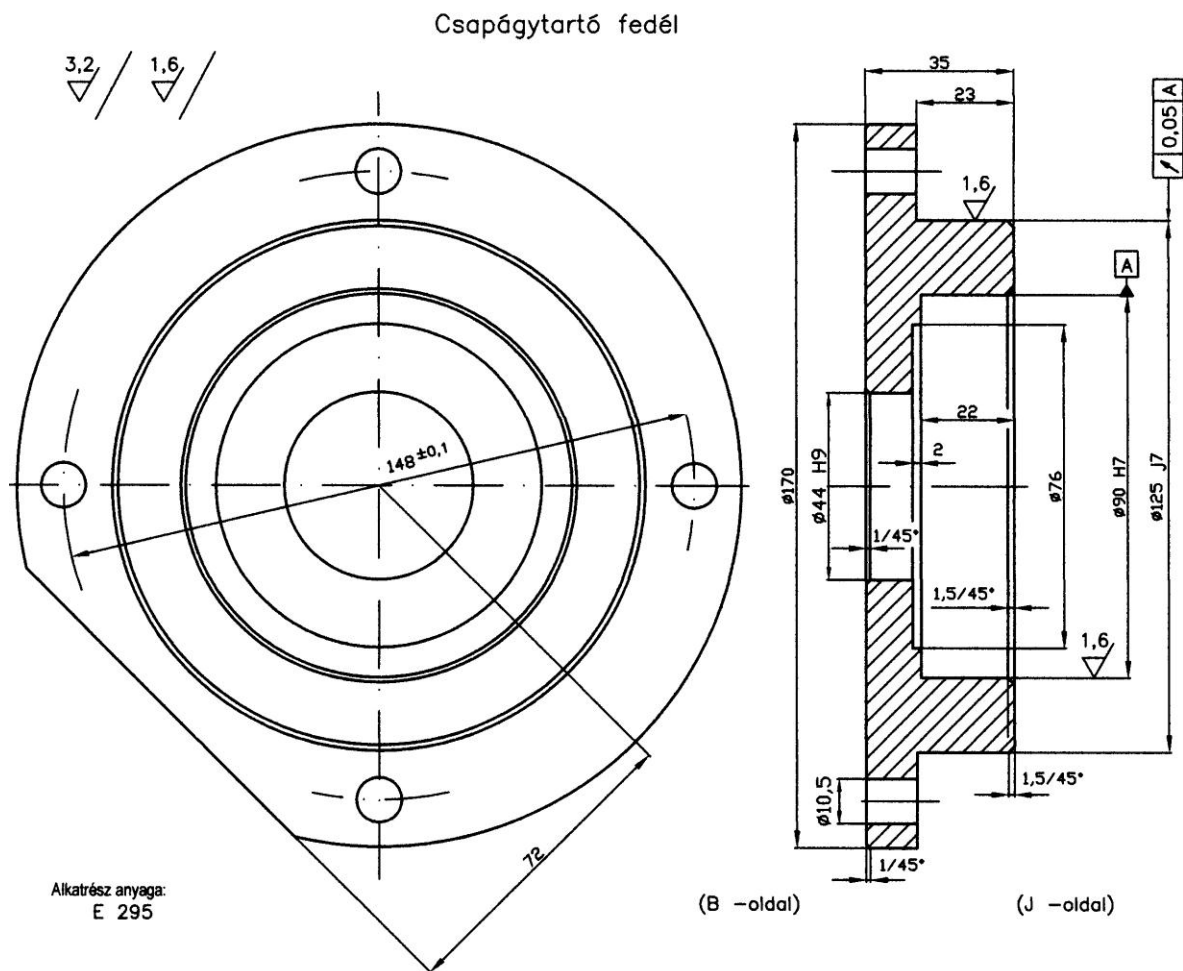
A többi időösszetevő időméréssel, becsléssel, vagy előre meghatározott időnormatívákkal (pl. MTM módszer) határozhatók meg.

## 13. A TECHNOLÓGIA TERVEZÉS SZEMLÉLTETÉSE PÉLDA SEGÍTSÉGÉVEL

A 10, 11 és 12. fejezetekben tárgyalt tervezési feladatok jobb megértése érdekében, a tervezési folyamatot az alábbi, viszonylag egyszerű példa segítségével szemléltetjük.

### 1. PÉLDA: TÁRCSASZERŰ ALKATRÉS Z GYÁRTÁSTERVE

Az 13-1. ábrán bemutatott Csapágytartó fedél esetére meg kell határozni az előgyártmányt, műveleti sorrendet és a műveletterveket. Adottak még a következő adatok: (1) az előgyártmány típusa rúdanyag, (2) a munkadarab anyaga E295, normalizált állapotban, (3) az alkatrészek mennyisége 1000 darab.



13-1. ábra. Csapágytartó fedél műhelyrajza

**Az előgyártmány meghatározása**

Rúdanyag legkisebb átmérője:

$$D_{Rmin} = d_{max} + R$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3,$$

ahol:  $R_1 = 5 \text{ mm}$  ráhagyás nagyolásra,  
 $R_2 = 1,3 \text{ mm}$  ráhagyás simításra (Gépipari t. I, 2-1. táblázat),  
 $R_3 = 0$  ráhagyás finomításra (általában köszörülésre).

$$D_{Rmin} = 170 + 5 + 1,3 = 176,3 \text{ mm}$$

Az első nagyobb szabványos átmérő:

$$D_{Rmin} = 180 \text{ mm}$$

A darabolási hossz:

$$L = l + 2 \cdot R_L = 35 + 2 \cdot (2,5 + 0,65) = 41,3 \text{ mm}$$

Ahol  $R_L$  a ráhagyás értéke a homloklfelületeken. Ha nincs pontos adatunk, akkor az átmérőre vonatkozó ráhagyás felével számolhatunk egy homloklfelületre.

**A műveleti sorrend meghatározása**

A műveleti sorrendterv meghatározásánál célszerű a következő lépések betartása:

- Az alkatrészt, globális szerkezete szerint, a megfelelő alkatrészosztályba soroljuk. Esetünkben rövid, fogazat nélküli forgástestről van szó.
- Megkeressük az esetnek megfelelő alkatrészosztály javasolt műveleti sorrendtervét (10.2.4 fejezet), amely esetünkben a következő:
  - Darabolás (amennyiben szükséges),
  - Esztergálás,
  - Fúrás (keresztfuratok, nem a forgástengelyen fekvő hosszfuratok),
  - Marás (lelapolások, hornyok),
  - Üregelés vagy vésés (belső hornyok).
- A javasolt mintatervet a konkrét esetünknek megfelelően adaptáljuk, ill. kihagyjuk a felesleges műveleteket vagy hozzáadunk olyan műveleteket amelyek szükségesek. Az esztergálás leggyakrabban két műveletben történik. A műveletek behatárolásánál elsődleges szempont, hogy a helyzettűrésekkel összekötött felületeket lehetőleg mindig egy műveletben munkáljuk meg.

A példában szereplő alkatrész műveleti sorrendtervét a 13-2. ábra mutatja.

**Művelettervek**

A műveleti sorrendtervben szereplő műveletek részletes tervét a művelettervek tartalmazzák. Az egyszerű, a műveleti sorrendtervből is egyértelmű műveletekre, mint pl. a darabolás, rendszerint nem készül külön műveletterv. A konkrét példának és a műveleti sorrendtervnek megfelelő műveletterveket a 13-3, 13-4, 13-5, és a 13-6. ábra mutatja.



PTE, PMMK		MŰVELETI SORRENDTERV		Sorrendterv azonosító: ST 001		Lapszám: 1 Lapok száma: 1			
Alkatrész megnevezése: Csapágytartó fedél			Alkatrész azonosító:		Alkatrész rajzszáma: 100. 12. 09		Alkatrész anyaga: E 295		
Előgyártmány típusa: Rúd		Előgyártmány azonosító:		Előgyártmány rajzszáma:		Rúdanyag mérete: Φ 180x42		Előgyárt. tömege (kg): 8,33	
Termék, amelyhez az alkatrész tartozik: Hajtómű RF 315									
Műv. sorsz.	Művelet megnevezése	Gép, munkahely		Készülék vagy a befogási terv száma	Szerszám vagy a szerszámterv száma	Elők. idő (min)	Darab idő (min)		
		Gép típusa	Azonosító						
1	Darabolás Műveletterv azonosító: ..... NC program azonosító: .....	Szalag- fűrész AMADA 400		Gépi satu	Szalagfűrész	12	15		
2	Esztergálás (J -oldal) Műveletterv azonosító: MT 120 NC program azonosító: .....	NC esz- terga NEF 400		Tokmány 315 kemény pofákkal	Szersz. terv: SZT 120	35	5,5		
3	Esztergálás (B -oldal) Műveletterv azonosító: MT 130 NC program azonosító: .....	NC esz- terga NEF 400		Tokmány 315 lág pofákkal	Szersz. terv: SZT 130	45	1,9		
4	Fúrás Műveletterv azonosító: MT 140 NC program azonosító: .....	Többorsós fűrőgép BWS 5		Fűrőkészülék FK 200	Csigafűrő Φ 10,5 (4 db)	60	1,2		
5	Marás Műveletterv azonosító: MT 150 NC program azonosító: .....	Függőleges marógép MAS 300		Marókészülék MK 145	Gyorsacél homlokpalást maró, Φ63	75	3,8		
6	Tisztítás és konzerválás Műveletterv azonosító: ..... NC program azonosító: .....	Mosógép SOP							
	Műveletterv azonosító: ..... NC program azonosító: .....								
	Műveletterv azonosító: ..... NC program azonosító: .....								
	Műveletterv azonosító: ..... NC program azonosító: .....								
	Műveletterv azonosító: ..... NC program azonosító: .....								
Kiállította: Dr. Stampfer M.		Dátum: 2007.08.27.		Ellenőrizte:		Dátum:		Jóváhagyta: Dátum:	

13-2. ábra. Műveleti sorrendterv



felfekvés oldalpozicionálás szorítás központozás szorítás szorítási pont csúcsosság menesztő körmös menesztő tokmány fűrőpersely	<b>PTE, PMMK</b>		<b>MŰVELETERV</b>			Műveletterv azonosító: MT 120		Lapszám: 2				
	Alkatrész megnevezése: Csapágytartó fedél		Alkatrész azonosító:		Alkatrész rajzszáma: 100. 12. 09		Alkatrész anyaga: E 295					
	Előgyártmány típusa: Rúd		Anyagállapot: normalizált		Gép típusa: NC esz- terga NEF 400		Munkahely azonosító:					
	Művelet megnevezése: Esztergálás (J -oldal)		Művelet sorszáma: 2		Sorrendterv azonosító: ST 001							
	Készülék / befogási tervek száma Tokmány 315 kemény pofákkal											
Mérőeszköz:												
Mégmunkálás vázlat:												
Műv. elem sorsz.	Művelelem megnevezése	Felület	Megnevezés	Szorszám Kód	Azonosító	$v_c$ m/min	$n$ min <sup>-1</sup>	$f$ mm/for	$v_f$ mm/min	$a$ mm	$i$ db	$t_g$ min
2.6	Simító furatesztergálás Ø41H9		Furatkés S25R PCLN R12	T3		288	2240	0,25	560	2	1	0,05
2.7	Simító belső oldalazás (Ø41/76)		Furatkés S25R PCLN R12	T3		300	1250	0,25	312	3	1	0,07
2.8	Simító belső oldalazás (Ø76/90)		Furatkés S25R PCLN R12	T3		316	1120	0,25	280	1	1	0,03
2.9	Simító furatesztergálás, letörés (Ø90H7-R3)		Furatkés S25R PCLN R12	T3		316	1120	0,25	280	1	1	0,1
2.10	Simító oldalazás (Ø125/90)		Esztergakés PCLC R 2525 M12	T4		314	800	0,25	200	1	1	0,1
2.11	Simító oldalazás (Ø180/125)		Esztergakés PCLC R 2525 M12	T4		316	560	0,25	140	1	1	0,21
2.12	Simító hosszesztergálás, letörés (Ø125j7+R3)		Esztergakés PCLC R 2525 M12	T4		314	800	0,25	200	1	1	0,14
2.13	Finomító hosszeszter- gálás Ø125j7		Esztergakés PDLR R 2525 M15	T5		353	900	0,16	144	0,5	1	0,17
2.14	Finomító furateszter- gálás Ø90H7		Furatkés S25T PDC R11	T6		353	1250	0,16	200	0,5	1	0,13
Kiadta:		Dátum:	Ellenőrizte:		Dátum:	Előkészületi idő (min)		Darabidő (min)				
Dr. Stampfer M.		2007.08.27.				35		5,5				

13-3.ábra. Jobb oldal esztergálása (folytatás)

MF Szabadka		MŰVELETERV			Műveletterv azonosító: MT 130		Lapszám: 1					
Alkatrész megnevezése: Csapógyártó fedél		Alkatrész azonosító:		Alkatrész rajzszáma: 100. 12. 09		Alkatrész anyaga: E 295						
Előgyártmány típusa: Rúd		Anyagállapot: normalizált		Gép típusa: NC esz- terga NEF 400		Munkahely azonosító:						
Művelet megnevezése: Esztergálás (B -oldal)		Művelet sorszáma: 3		Sorrendterv azonosító: ST 001								
Készülék / befogási terv száma Tokmány 315 lőgy pofákkal												
Mérőeszköz:												
Mégmunkálás vázlat:												
Műv. elem sorsz.	Művelelem megnevezése	Felület	Megnevezés	Szorszám Kód	Azonosító	$v_c$ m/min	$n$ min <sup>-1</sup>	$f$ mm/for	$v_f$ mm/min	$a$ mm	$i$ db	$t_g$ min
	Munadarabot befog											
3.1	Nagy. hosszsztergálás,		Esztergakés PCLC R 2525 M12	T4		226	400	0,5	200	4	1	0,1
3.2	Nagyoló oldalazás		Esztergakés PCLC R 2525 M12	T4		226	400	0,5	200	2,5	1	0,36
3.3	Simító oldalazás ( $\phi 180/44$ )		Esztergakés PCLC R 2525 M12	T4		302	560	0,25	140	1	1	0,5
3.4	Simító hosszsztergálás, letörés		Esztergakés PCLC R 2525 M12	T4		300	560	0,25	140	1	1	0,14
3.5	Belső letörés		Furatkés S25R PCLN R12	T3		77	560	0,25	140	1	1	0,03
	Munadarabot kifog											
Kiállította: Dr. Stampfer M.		Dátum: 2007.08.27.		Ellenőrizte:		Dátum:		Előkészületi idő (min) 45		Darabidő (min) 1,9		

13-4.ábra. Baloldal esztergálása



tel/fekvés olda/pozicionálás szorítás központostító szorítás szorítási pont csúcsszeg menesztő körmös menesztő tokmány tárópersely	PTE, PMMK		<b>MŰVELETERV</b>			Műveletterv azonosító: MT 150		Lapszám: 1 Lapok száma: 1				
	Alkatrész megnevezése: Csapágytartó fedél			Alkatrész azonosító:		Alkatrész rajzszáma: 100. 12. 09		Alkatrész anyaga: E 295				
	Előgyártmány típusa: Rúd		Anyagállapot: normalizált		Gép típusa: Független marógép MAS 300		Munkahely azonosító:					
	Művelet megnevezése: Marás			Művelet sorszáma: 4		Sorrendterv azonosító: ST 001						
	Készülék / befogási terv száma    Marókészülék    MK 145											
Mérőeszköz:												
Mégmunkálás vázlatá:												
Műv. elem sorsz.	Művelet megnevezése	Felület	Megnevezés	Szorszám Kód	Azonosító	$v_c$ $\frac{m}{min}$	$n$ $min^{-1}$	$f$ $\frac{mm}{for}$	$v_f$ $\frac{mm}{min}$	$a$ mm	$i$ db	$t_g$ min
	Munkadarabot befog											
5.1	Nagyoló marás		Gyorsacél homlok-palást maró, $\Phi 63$			26	125	1,2	150	6	2	1,34
5.2	Simító marás		Gyorsacél homlok-palást maró, $\Phi 63$			26	125	0,9	112	1	1	0,9
	Munkadarabot kifog											
Kiállította: Dr. Stampfer M.		Dátum: 2007.08.27.		Ellenőrizte:		Dátum:		Előkészületi idő (min) 75		Darabidő (min) 3,75		

13-6. ábra Marás

## 14. A FORGÁCSOLÁSI PARAMÉTEREK OPTIMALIZÁLÁSA

Az itt bemutatott optimalizálási módszert Horváth Mátyás és Somló János „A forgácsoló megmunkálások optimalizálása és adaptív irányítása” című könyvéből vettem át, a szerzők beleegyezésével.

A forgácsolási folyamatot akkor tekintjük optimálisnak, ha olyan technológiai adatokkal megy végbe, amelyek mellett a kitűzött gazdasági célt a legjobban megközelítjük. A gazdasági cél a legkisebb költség, a legkisebb megmunkálási idő vagy az időegységnyi legnagyobb nyereség.

A folyamat gazdaságosságának alapproblémája, hogy a forgácsolósebesség, az előtolás és a fogásmélység növelésével a gépi főidő és az azzal kapcsolatos költségek csökkennek, a szerszám kopása, az ezzel kapcsolatos időveszteségek és költségek viszont növekednek.

A feladat tehát a kitűzött célnak megfelelő olyan kompromisszum, olyan optimumpont megkeresése, amely a legkisebb összköltséget, legkisebb megmunkálási időt vagy a legnagyobb nyereséget eredményezi [17].

A forgácsoló-paraméterek meghatározását műveletelem szinten értelmezzük, ezért az optimalizálás ezen a szinten egy-egy műveletelemre vonatkozik és feltételezhetjük, hogy egy műveleten belüli folyamat akkor lesz optimális, ha annak minden műveleteleme optimális.

Mint minden optimalizálási feladat esetében, ebben az esetben is szükség van a célfüggvényre és a feltételrendszerre.

### 14.1 A FORGÁCSOLÁSI PARAMÉTEREK MEGHATÁROZÁSÁNAK CÉLFÜGGVÉNYEI

#### 14.1.1 A legkisebb költségek célfüggvénye

A költségeknek a forgácsoló-paraméterektől függő összetevői egy fogásra, adott fogásmélység mellett a következők:

$$K = K_I + K_{II} + K_{III}$$

ahol:  $K_I = K_g \cdot t_L$  [Ft] gépköltség,

$K_g$  a gép egy percre eső költsége (bér-, amortizáció-, járulékos költségek) [Ft/min].

$$t_L = \frac{L}{n \cdot f} \quad \text{L-hossz megmunkálási ideje [min].}$$

$$K_{II} = K_{sz} \cdot \frac{t_L}{T} \text{ [Ft]} \quad \text{szerszámköltség L-hossz megmunkálására eső része}$$

$K_{sz}$  egy éltartamra eső szerszámköltség  
 $T$  a szerszám éltartama [min].

$$K_{III} = K_g \cdot t_{cs} \cdot \frac{t_L}{T} \text{ [Ft]} \quad \text{szerszámcsere miatt fellépő gépköltség L-hossz megmunkálására eső része.}$$

$t_{cs}$  a szerszámcseré ideje (egy éltartamra vonatkozik) [min].

Összegezve a következő kifejezéshez jutunk:

$$K = K_g \cdot t_L \left[ 1 + \frac{1}{T} \left( \frac{K_{sz}}{K_g} + t_{cs} \right) \right] = K_g \cdot t_L \left( 1 + \frac{C_K}{T} \right),$$

ahol:  $C_K = \frac{K_{sz}}{K_g} + t_{cs}$  [min].

Mivel optimáláskor  $L$ -nek nincs jelentősége, célszerű  $L = 1$  mm hosszal végezni a számításokat:

$$K = \frac{K_g}{n \cdot f} \left( 1 + \frac{C_K}{T} \right).$$

A feladat olyan paraméterek ( $n, f$ ) meghatározása, amelyek mellett a költségek minimálisak lesznek.

Ha a ráhagyás egy fogásban nem távolítható el, vagy nem egyértelmű, hogy ez optimális megoldás lesz, a feladat a fogásmélység meghatározására is kiterjed, és így három ismeretlenes lesz. A többfogásos művelettel költség az egyes fogások költségének összegeként írható fel:

$$K = \sum_{i=1}^k K_i$$

Ahol:  $K_i = \frac{K_g \cdot L_i}{f_i \cdot n_i} \cdot \left( 1 + \frac{C_k}{T} \right) + \frac{K_g \cdot l_i}{f_{vfi}} + K_g \cdot t_{vei}$ ,

$l_i$  a szerszám visszafutási úthossza [mm],

$f_{vfi}$  visszafutási sebesség [mm/min],

$t_{vei}$  a fogáshoz tartozó veszteségidő (kapcsolás, pozicionálás).

### 14.1.2 A legkisebb megmunkálási idő célfüggvénye

A legkisebb megmunkálási időt adó forgácsoló-paramétereket (legnagyobb termelékenység) kivételesen alkalmazzuk az ún. szűkgaratot jelentő gépeken történő megmunkálásoknál. A művelettel idejét gépi főidő és az  $L$  hosszra eső szerszámcseré ideje képezik:

$$t = t_L + t_{cs} \cdot \frac{t_L}{T} = t_L \left( 1 + \frac{t_{cs}}{T} \right),$$

ha  $L=1$  mm hosszat veszünk alapul:

$$t = \frac{1}{n \cdot f} \left( 1 + \frac{t_{cs}}{T} \right), \text{ illetve, a célfüggvény } t = \min \left[ \frac{1}{n \cdot f} \left( 1 + \frac{t_{cs}}{T} \right) \right].$$

Többfogásos megmunkálás esetére a célfüggvény a következő formában írható fel:

$$t = \min \sum_{i=1}^k \left[ \frac{L_i}{n \cdot f} \left( 1 + \frac{t_{cs}}{T} \right) + \frac{l_i}{f_{vfi}} + t_{vei} \right]$$

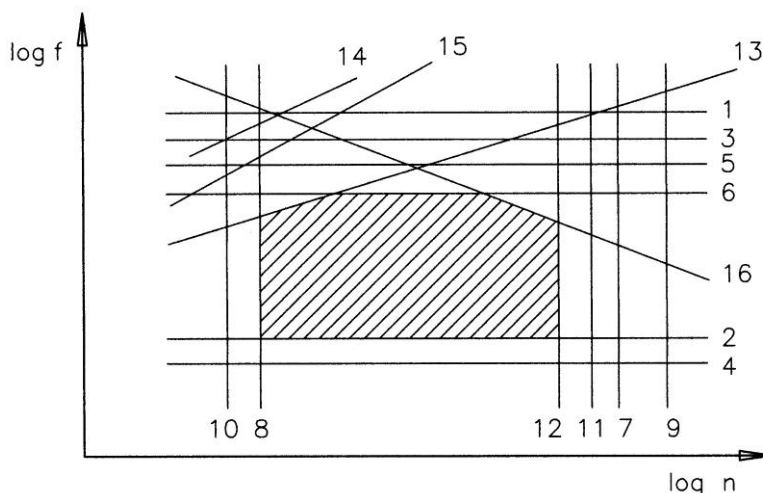


## 14.2 AZ OPTIMUM KERESÉS HATÁRAI, KORLÁTOZÁSOK

Az MKGS rendszer és a konkrét megmunkálási eset jellemzői meghatározzák az optimumpont keresési tartományát. A lehetséges megoldások halmazát meghatározó korlátozások rendszere adja a feltételrendszert. A feltételrendszert  $a-n-f$  koordináta-rendszerben szokás szemléltetni, gyakran logaritmusos skálák alkalmazásával. Szemléletesség kedvéért vizsgáljuk azt az esetet, amikor adott a fogásmélység  $a=const$ , így a korlátozások a  $\log n - \log f$  rendszerben bemutathatók (14-1. ábra).

### Előtolás-korlátok

- a gépen megvalósítható legnagyobb előtolás (14-1. ábra 1-egyenes):  $f \leq f_{gmax}$
- a gépen megvalósítható legkisebb előtolás (14-1. ábra 2-egyenes):  $f / f_{gmin}$
- a szerszám konstrukciójából adódó legnagyobb előtolás (14-1. ábra 3-egyenes):  $f \leq f_{szmax}$
- technológiailag még megengedett minimális érték (14-1. ábra 4-egyenes):  $f \leq f_{tech.min}$
- a felületi érdességéből adódó legnagyobb előtolás (14-1. ábra 5-egyenes):  $f \leq \sqrt{8 \cdot r_\epsilon \cdot R_z}$
- nehezen kezelhető előtolás-korlátot jelent a rezonancia tartományok kiiktatása (6-egyenes)



14-1. ábra. A feltételrendszer adott fogásmélység esetére

### Fordulatszám-korlátok

- a gépen megvalósítható legnagyobb fordulatszám (14-1. ábra 7-egyenes):  $n \leq n_{gmax}$
- a gépen megvalósítható legkisebb fordulatszám (8-egyenes):  $n / n_{gmin}$
- az éltartamképlet érvényességi határai (9- és 10-egyenesek):  $n \leq n_{tech.max}$   $n / n_{tech.min}$
- gyakori, hogy a fordulatszámot korlátozni kell a befogás labilitása, vagy az alkatrész nagy mértékű kiegyensúlyozatlansága miatt (11- és 12-egyenesek),
- az előtolás-korlátokhoz hasonlóan gondot okoz a rezonanciatartományok kiiktatásához szükséges korlátok meghatározása.

### Fogásmélység-korlátok

- a ráhagyás nagysága,
- a szerszám gép konstrukciós adottságai,
- a szerszám konstrukciója (pl. lapkaméret),

- a fogásmélységre meghatározható egy alsó határ, amely alatt instabillá válik a folyamat, vagy megszűnik a forgácsolás.

### Forgácsolóerővel összefüggő korlátok

Az erővel kapcsolatos korlátok egy része valamely erőkomponens értékére vonatkozik, így az előtolás irányú erőösszetevő értékét a mellékhajtómű adottságai korlátozzák (14-1. ábra 13-egyenes), a szerszám szilárdsága, dinamikai merevsége a forgácsolóerőnek szabhat korlátot (14-1. ábra 14-egyenes). Az egyszerűség kedvéért vizsgáljuk meg a korlátot esztergálás esetére.

A vizsgált komponensek értéke nem haladhat meg valamely számszerű értéket:

$$F \leq F_{meg}.$$

A fenti összefüggés kifejezhető a forgácsoló-paraméterekkel:

$$F = C_F \cdot a^{y_F} \cdot f^{x_F} \cdot v^{z_F}, \quad v = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000},$$

$$f^{x_F} \cdot n^{z_F} \leq \frac{F_{meg}}{C_F \cdot a^{y_F}} \cdot \left( \frac{1000}{d \cdot \pi} \right)^{z_F}$$

Hasonló alakú korlát írható fel a forgatónyomatékra is (14-1. ábra 15-egyenes):  $M \leq M_{meg}$ .

Az erőből származtatható a teljesítmény-korlát is (14-1. ábra 16-egyenes):

$$F \cdot v \leq P_m \cdot \eta$$

$$C_F \cdot a^{y_F} \cdot f^{x_F} \cdot v^{z_F} \cdot v \leq P_m \cdot \eta$$

$$f^{x_F} \cdot n^{z_F+1} \leq \frac{P_m \cdot \eta \cdot 60000}{C_F \cdot a^{y_F}} \cdot \left( \frac{1000}{d \cdot \pi} \right)^{z_F+1}$$

A bemutatott korlátok mellett előfordulnak egy-egy megmunkálásra sajátos korlátok is.

### **A lehetséges megoldások halmaza**

A korlátrendszer behatárolja a lehetséges megoldások halmazát. A tárgyalt korlátozó feltételeket egyenlőségekké alakítva és a  $\log n - \log f$  koordináta-rendszerben ábrázolva azok egyenesek lesznek, amelyek általános alakja

$$y_j \cdot \log f + z_j \cdot \log n = c_j$$

Az egyenesek irányát az  $y_j$  és a  $z_j$  értékei határozzák meg. Az egyenesek által kimetszett felület bármely pontja elegendő tesz valamennyi korlátozó feltételnek.

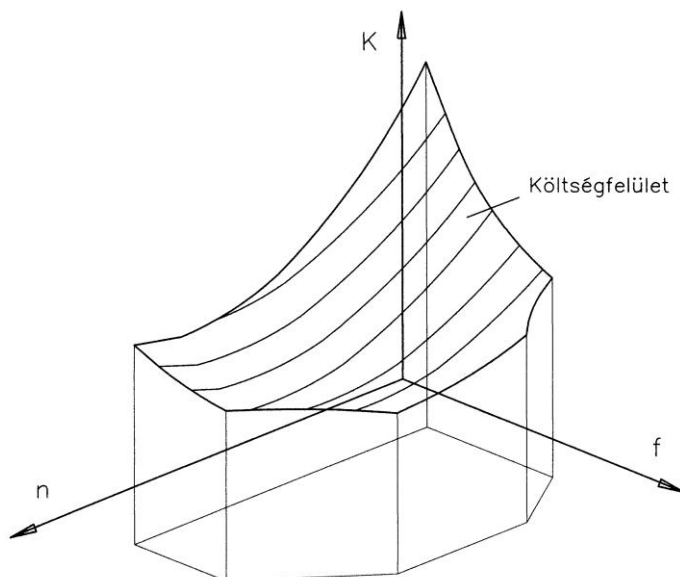
## **14.3 A FORGÁCSOLÓ MEGMUNKÁLÁS MATEMATIKAI MODELLJE**

A matematikai alakban felírt feltételrendszer, a célfüggvény és az éltartam összefüggés együttesen alkotják a forgácsolási paraméterek meghatározásának matematikai modelljét.

A Taylor féle éltartam összefüggést a következő formában alkalmazzuk:

$$T = \frac{C_T}{v_c^{z_T} \cdot f^{x_T} \cdot a^{y_T}}$$

A modell három összetevője meghatározza az optimumkeresés felületét és az optimum kritériumát. Ha a fogásmélységet adottnak tekintjük, akkor csak az előtolást és a fordulatszámot vizsgáljuk, és ekkor a szokványos háromdimenziós térben ábrázolható felületet, pl. költségfelületet kapunk (14-2. ábra). Az optimális forgácsolási paraméterek meghatározása nem más, mint a költségfelületen annak a pontnak a megkeresése, amely kielégíti a célfüggvényben meghatározott feltételt.



14-2. ábra. Az optimumkeresési felület térbeli ábrázolása

## 14.4 AZ OPTIMÁLÁSI FELADAT MEGOLDÁSA

Az optimális forgácsolási paraméterek meghatározására több módszer is létezik, az alábbiakban ezek közül néhány kerül bemutatásra.

Az optimálás hagyományos módszerével az optimumot egyszerű szélsőérték számítással kapják, azaz minden korlátozás nélkül megkeresik a célfüggvény extrémum-pontját. Ezzel a módszerrel meghatározható a gazdaságos éltartam ( $T_o$ ) vagy a legkisebb megmunkálási időt adó éltartam ( $T_i$ ) [47].

### Goranszkij módszer

Goranszkij érdeme, hogy elsőként szakított az optimálás hagyományos módszereivel, elvetette az egyszerű szélsőérték számítással meghatározható optimális éltartam meghatározását és megalapozta a korszerű számítógépes optimálási módszereket.

A módszer lényege:

- minden megmunkálási esetben meghatározza a feltételrendszert,
- feltételezi, hogy előre ismert az optimális éltartam, melyet alsó korlátnak tekint:

$$T \geq T_o = \left( \frac{1}{m} - 1 \right) \left( \frac{K_{sz}}{K_g} + t_{cs} \right) = \left( \frac{1}{m} - 1 \right) \cdot C_K,$$

ha az éltartam-képletet a közismert formában felírjuk, átalakítások után a  $\log f - \log n$  rendszerben ez a korlátozás ferde egyenesként ábrázolható (14-3. ábra)

$$T = \frac{C_T}{v_c^{z_T} \cdot f^{x_T} \cdot a^{y_T}} \geq T_o$$

$$f^{x_T} \cdot n^{z_T} \leq \frac{C_T}{T_o \cdot a^{y_T}} \cdot \left(\frac{1000}{d \cdot \pi}\right)^{z_T}, \text{ ha } v = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000}$$

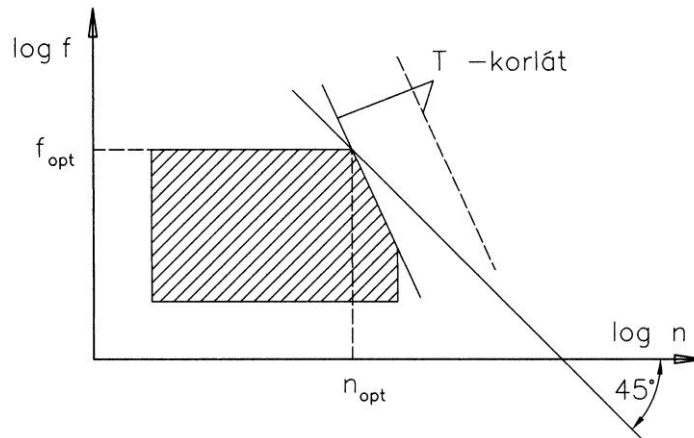
- az optimális forgácsolási paraméterek meghatározására a lineáris programozás módszerét alkalmazta,
- valójában az  $n \cdot f \rightarrow \max$  célfüggvényt fogalmazza meg, így az „optimumpont” a lineáris programozás grafikus módszerével meghatározható

$$n \cdot f = G_1,$$

$$\log f = \log G_1 - \log n,$$

az egyenesek  $\log n$  tengellyel bezárt szöge:  $\operatorname{tg} \alpha = -1$ , illetve  $\alpha = -45^\circ$ .

Egy  $-45^\circ$  alatt húzott egyenest jobbról balra toljuk el (csökkenő  $n$  irányban) amíg a keresési tartományt nem érinti. Az érintési pont határozza meg az optimumpont, illetve  $n$  és  $f$  értékét (14-3. ábra).

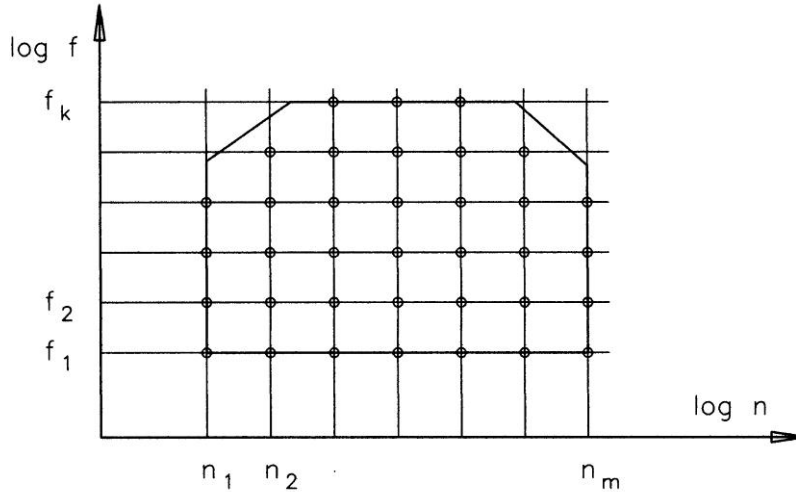


14-3. ábra. A Goranszkij módszer

A Goranszkij módszerrel számított értékek a gyakorlati esetek többségében helyesek, annak ellenére, hogy a valóságban a célfüggvény nem linearizálható.

### A célfüggvény értékeinek meghatározása diszkrét pontokban

Feltételezik, hogy a fordulatszám és az előtolás nem túl sok diszkrét értéket vehet fel. Ezek az értékek egy háló csomópontjaiként a feltételrendszerrel együtt meghatározzák azokat a pontokat, amelyek a forgácsolás megengedett tartományában vannak és a gépen is beállítható  $n$ ,  $f$  értékeknek felelnek meg (14-4. ábra). A csomópontokban rendre kiszámítják a célfüggvény értékeit és kiválasztják azt a pontot, amelyben a kitűzött cél a legjobban megvalósul. Ezt a módszert alkalmazták a TAUPROG rendszer moduljaiban is.



14-4. ábra. A célfüggvény értékeinek meghatározása diszkrét pontokban

### Az optimumkeresés általános módszere

Tételezzük fel, hogy a fordulatszám és az előtolás fokozatmentesen állítható. Ekkor a fordulatszám és az előtolás a keresési tartományon belül bármelyik értéket felveheti. Ugyanakkor a fogásmélység összegének a ráhagyás értékét kell adni:

$$a_1 + a_2 + \dots + a_k = R$$

Látható, hogy ez a korlátozás különbözik az eddigiektől, mégpedig a következőkben:

- nem egy fogásvételre vonatkozik, hanem több fogást kapcsol össze
- nem egyenlőtlenség, hanem egyenlőség
- nem szorzat, hanem összeg típusú.

Ez azt jelenti, hogy a fogásmélységre is kiterjedő háromdimenziós feladat nem kezelhető úgy mint az előtolásra és a fordulatszámra kiterjedő kétdimenziós feladat. A fogásmélység optimális megválasztásának alapjául csak a kétdimenziós feladatok megoldása szolgálhat. Ezért először azt az esetet elemezzük amikor a fogásmélység adott. Ekkor a megmunkálási folyamat feltételrendszere a következő általános alakban írható fel:

$$G_{j\min} \leq f^{x_j} \cdot n^{z_j} \leq G_{j\max}; \quad (j = 1, 2, 3, \dots)$$

ahol:

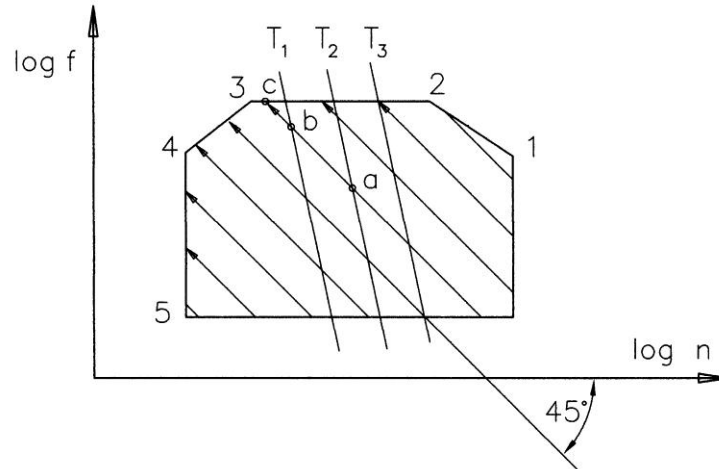
$$G_{j\min} \text{ és } G_{j\max} \quad \text{alsó és felső korlátértékek.}$$

Amikor csak egyik érvényes, a másik elmarad. A csak az előtolásra vagy csak a forgácsolósebességre érvényes korlátozások esetében  $x_j = 0$  vagy  $z_j = 0$ .

A Taylor összefüggés érvényességét feltételezve az előtolás és a fordulatszám optimalására két tétel használható fel.

#### 1. tétel

Az optimumpont csak a keresési tartomány határán lehet, azokon a szakaszokon, amelyeket a  $\log n$ ,  $\log f$  síkban ábrázolt tartomány bármely pontjából felfelé induló  $-45^\circ$  hajlásszögű egyenes metsz (14-5. ábra).



14-5. ábra. Az optimumpontok lehetséges helye

A  $-45^\circ$  hajlásszögű egyenesek mentén az  $n \cdot f$  szorzat értéke állandó, melyet az alábbi fejtegetés igazol:

$$n \cdot f = C; \quad \log f = \log C - \log n; \quad \operatorname{tg} \alpha = -1; \quad \alpha = -45^\circ.$$

Ugyanakkor az egyenesen felfelé haladva egyre nő a  $T$  éltartam:

$$T = \frac{C_T}{v_c^{z_T} \cdot f^{x_T} \cdot a^{y_T}} = \frac{C_{T1}}{n^{z_T} \cdot f^{x_T}},$$

ahol  $C_{T1} = \frac{C_T}{a^{y_T}} \left( \frac{1000}{d \cdot \pi} \right)^{z_T}$ , és innen

$$f^{x_T} = \frac{C_{T1}}{T \cdot n^{z_T}},$$

Ha az éltartam értékére állandó értéket vesszük fel:  $T = T_1$ , akkor az előtolás kifejezhető a fordulatszám függvényében és a log – log rendszerben ez egyenesként ábrázolható

$$f^{x_T} = \frac{C_{T1}}{T_1 \cdot n^{z_T}}.$$

$$\log f = \frac{1}{x_T} \cdot \log \frac{C_{T1}}{T_1} - \frac{z_T}{x_T} \cdot \log n = C_2 - \frac{z_T}{x_T} \cdot \log n.$$

Az éltartam értékeire  $T_1 > T_2 > T_3, \dots$  értéket felvéve, párhuzamos egyeneseket kapunk, melyek meredekebbek, mint a  $-45^\circ$  hajlásszögű egyenesek. Hajlásszögük ugyanis

$$\operatorname{tg} \alpha = -\frac{z_T}{x_T} \approx -(10 \dots 3).$$

Könnyen megállapítható, hogy a 14-5. ábrán kiemelt egyenes  $a$  pontjában az éltartam kisebb, mint a  $b$  pontban. A főidő állandósága és az éltartam növekedése (a szerszámköltségek csökkenése) azt jelzi, hogy az egyenesen felfelé haladva a költségfüggvény értéke egyre kisebb lesz. Csökkenésének a megengedett tartomány határába való ütközés vet gátat. A célfüggvény legkedvezőbb értéke az egyenes mentén a  $c$  pontban van. Ez a tétel bármelyik olyan egyenesre igaz amelynek hajlásszöge  $-45^\circ$  és a megengedett tartomány bármely pontjából indul. Így belátható,

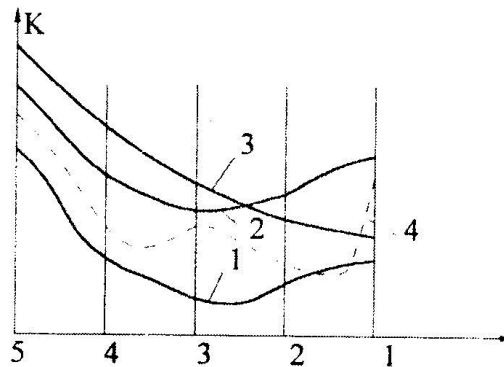
hogy az optimális pont csak az 1-2-3-4-5 szakaszon lehet. Ezt optimumesélyes határvonalnak nevezzük.

**2. tétel:** Az optimum szempontjából esélyes görbén legfeljebb egy lokális szélsőérték pont lehet.

A 2. tételt is az előző példán szemléltetjük. Az 1-2, 2-3, 3-4, 4-5 szakaszokat bennfoglaló egyeneseken a potenciális optimumpontok helye egyszerű szélsőérték számítással meghatározható. Ha a szélsőérték a megengedett tartományt behatároló valamelyik szakaszon van, akkor ez lesz az optimális pont. Ha a szélsőérték kívül esik a tartomány határain, akkor a célfüggvény értéke a tartományt határoló szakasz valamelyik szélső pontjában lesz minimális. Ezek szerint az optimum az 1,2,3,4,5 pontokon kívül csak 1-2, 2-3, 3-4, 4-5 szakasz valamelyik szélsőérték pontjában lehet. A lehetséges eseteket a 14-6. ábra szemlélteti. Az ábrán számokkal jelölt görbék a lehetséges eseteket illusztrálják:

- 1- valamelyik szakaszon valóban létezik szélsőérték
- 2- a két szakasz közös pontja az optimális
- 3- az optimumpont a tartomány szélére esik
- 4- az adott matematikai modell esetében nem lehetséges, hogy a költségfüggvénynek egynél több szélsőértéke van az optimum-esélyes határvonalon.

A 2. tétel bizonyításától a jegyzetben eltekintünk.



14-6. ábra. Lokális szélsőértékpontok

### Az egyenes szakaszok lokális szélsőérték pontjainak meghatározása

Jellemezze az optimumesélyes határvonal egyik szakaszát az

$$f^{x_j} \cdot n^{z_j} = A_j \text{ összefüggés. Vezessük be az } N_j = -\frac{z_j}{x_j} \text{ jelölést, akkor}$$

$$f = E_j \cdot n^{N_j}.$$

A célfüggvény: 
$$K = \frac{K_g}{n \cdot f} \left( 1 + \frac{C_K}{T} \right) = \frac{C_2}{n^{N_j+1}} \left( 1 + \frac{C_K}{T} \right),$$

ahol: 
$$C_2 = \frac{K_g}{E_j},$$

$$T = \frac{C_T}{v_c^{z_T} \cdot f^{x_T} \cdot a^{y_T}} = \frac{C_{T1}}{n^{z_T} \cdot f^{x_T}} = \frac{C_3}{n^{z_T + N_j \cdot x_T}},$$

ahol:  $C_{T1} = \frac{C_T}{a^{y_T}} \left( \frac{1000}{d \cdot \pi} \right)^{z_T}$ , ha  $v = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000}$

$$C_3 = \frac{C_{T1}}{E_j^{x_T}}$$

Ha az éltartam összefüggésből kifejezzük a fordulatszámot, és ezt behelyettesítjük a célfüggvénybe, akkor a következő kifejezéseket kapjuk:

$$n = \left( \frac{C_3}{T} \right)^{\frac{1}{z_T + N_j \cdot x_T}}$$

$$K = \frac{C_2 \cdot T^{\frac{N_j + 1}{z_T + N_j \cdot x_T}}}{C_3^{\frac{N_j + 1}{z_T + N_j \cdot x_T}}} \left( 1 + \frac{C_K}{T} \right) = C_4 \cdot (T^\alpha + C_k \cdot T^{\alpha-1}),$$

ahol:  $C_4 = \frac{C_2}{\frac{N_j + 1}{C_3^{z_T + N_j \cdot x_T}}}$  adott megmunkálás esetében állandó

$$\alpha = \frac{N_j + 1}{z_T + N_j \cdot x_T}$$

A célfüggvényt  $T$  szerint deriváljuk:

$$\frac{\partial K}{\partial T} = C_4 [\alpha \cdot T^{\alpha-1} + C_k \cdot (\alpha-1) \cdot T^{\alpha-2}].$$

A lokális szélsőérték pontban  $\frac{\partial K}{\partial T} = 0$

Ebből  $\alpha \cdot T + C_k \cdot (\alpha-1) = 0$ .

Így a  $j$  korláton az éltartam szélsőértéke

$$T_{sz_j} = C_k \frac{1-\alpha}{\alpha} = C_k \frac{z_T + N_j \cdot x_T - 1 - N_j}{N_j + 1}, \quad N_j -t \text{ visszahelyettesítve kapjuk}$$

$$T_{sz_j} = C_k \frac{z_T - \frac{z_j}{x_j} \cdot x_T + \frac{z_j}{x_j} - 1}{1 - \frac{z_j}{x_j}} = C_k \frac{z_T \cdot x_j - z_j \cdot x_T + z_j \cdot x_j - x_j}{x_j - z_j}$$

Nézzük meg, hogyan számítható az éltartam szélsőértéke a leggyakoribb optimum-esélyes korlátokon:

a) az előtolás korláton a  $z_j = 0$ , így



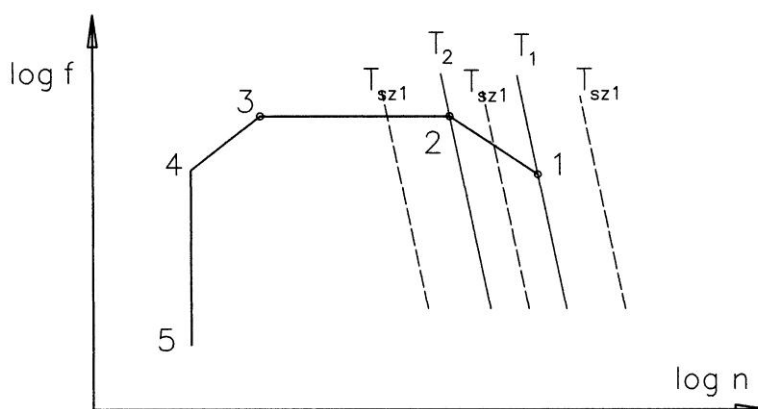
$$T_{sz_j} = C_k \frac{z_T \cdot x_j - x_j}{x_j} = C_k (z_T - 1)$$

b) a fordulatszám korlátán a  $x_j = 0$ , így

$$T_{sz_j} = C_k \frac{-z_j \cdot x_T + z_j}{-z_j} = C_k (x_T - 1)$$

### Az optimalálás algoritmus a következő:

Az optimumesélyes szakaszokon (14-7. ábra) az 1. pontból kiindulva sorba meghatározzuk a szakaszok határpontjait ( $f, n$ ) az óramutatóval ellenkező irányban haladva.



14-7. ábra. Az optimalálási algoritmus szemléltetése (szaggatott vonallal  $T_{sz1}$  lehetséges esetei vannak ábrázolva)

Minden egyes szakaszra csakis a következő esetek lehetségesek:

- A célfüggvény értéke valamelyik végpontban a legkisebb, vagy
- a szakasz valamelyik pontjában a célfüggvény lokális szélsőértékét éri el, ami egyben globális szélsőérték pont is (1. és 2. tételek szerint).

Az optimális pontot a következő eljárással határozhatjuk meg:

- Az 1. pontban kiszámoljuk a hozzá tartozó  $T_1$  éltartamot.
- Meghatározzuk az (1-2) szakaszhoz tartozó optimális  $T_{sz1}$  éltartamot és ezt összehasonlítjuk  $T_1$ -el.
- Ha  $T_1 \geq T_{sz1}$ , akkor az 1. pont optimális.
- Ha  $T_1 < T_{sz1}$ , akkor kiszámítandó  $T_2$  is.
- Ha  $T_2 > T_{sz1}$ , akkor az (1-2) szakaszon szélsőérték pont van ( $T_{sz1}$ ). Az optimális ponthoz tartozó előtolás és sebesség értékek kiszámíthatók az éltartamképlet és a korlátfüggvény segítségével:

$$T = \frac{C_T}{v_c^{z_T} \cdot f^{x_T} \cdot a^{y_T}} = \frac{C_{T1}}{n^{z_T} \cdot f^{x_T}}, \quad f^{x_j} \cdot n^{z_j} = A_j$$

- f) Ha  $T_2 < T_{sz1}$ , akkor az optimális pont nem az első szakaszon van és a 2. ponttól kezdődően a (2-3) szakaszon megismételendők az (1-2) szakaszon elvégzett vizsgálatok. Ennek első lépése a  $T_2$  és a  $T_{sz2}$  éltartamok összehasonlítása. Ha  $T_2 \geq T_{sz2}$ , akkor a 2. pont optimális, stb.
- g) Ez az eljárás addig folytatandó, ameddig meg nem találjuk az optimális pontot. Előfordulhat olyan eset is, hogy olyan szakaszig jutunk el, amelyhez tartozó optimális éltartam negatív. Ebben az esetben az előző szakasz második határpontja az optimális pont.

#### 14.4.1 Az optimális fogásmélység meghatározása

Ha a fogásmélységet is ismeretlenként kezeljük, akkor a modellünk háromdimenzióssá válik. A probléma az  $a_1, a_2, \dots, a_n$  fogásmélységek, valamint a hozzájuk tartozó  $(f_1, n_1), (f_2, n_2), \dots, (f_k, n_k)$  értékeket úgy kell megválasztani, hogy a

$$K = K_1 + K_2 + \dots + K_k$$

költség (vagy idő) minimális legyen. Nyilvánvaló és lényeges korlátozás, hogy a fogásmélységek összegének együttesen a ráhagyást kell kiadniuk:

$$a_1 + a_2 + \dots + a_k = R$$

A fogásosztás optimalizálására kidolgozott módszerek közös vonása, hogy a feladatot kétdimenziósra redukálják. Különböző megfontolások alapján előre megtervezik a ráhagyás leválasztását több változatban, minden változat mindegyik fogásmélységére, a már ismertetett módszerrel kiszámítják az optimális előtolás és fordulatszám értéket, majd a leválasztási tervek közül azt a változatot fogadják el optimálisnak, amely mellett a célfüggvény összegzett értéke a minimálisra adódik.

## 15. SZÁMÍTÓGÉPPEL SEGÍTETT TECHNOLÓGIAI TERVEZÉS

A fentiekben ismertetett többszintes tervezési folyamat teljes automatizálása ma még nincs kellőképpen megoldva. Különösen a tervezés magasabb szintjén (előtervezés, műveleti sorrendtervezés) van még nagyon sok tennivaló a teljes automatizálás érdekében [49], [53].

A témával ma is számos kutató foglalkozik világszerte.

### 15.1 TERVEZÉSI ELVEK, MÓDSZEREK

A technológiai tervezés és a tudásreprezentáció módszereit tekintve, az automatizált technológiai tervező rendszerek négy csoportba sorolhatók [16], [52]. Ezek a variáns módszer, a generatív szintézis módszere, a variogeneratív szintézis módszere és a mesterséges intelligencia módszere.

#### A variáns módszer

A módszer alap gondolata a típustechnológián alapszik. Azonos jellegű munkadarabok egy csoportja számára olyan tipizált megoldást kell kifejleszteni, amely a csoport minden egyes tagjára nézve magába foglalja a teljes egyedi megoldást is. A teljes technológiai tudást kiemeli a programból és azt viszonylag egyszerű táblázatok vagy táblázatos algoritmusok alakjában tárolja.

A módszer hátránya, hogy érzéketlen az aktuális munkadarab bizonyos egyedi sajátágaival szemben, ezért a megoldásokat viszonylag homogén alkatrészcsoportokra kell kidolgozni.

#### A generatív szintézis módszere

A generatív szintézis alkalmazásánál nem előre kidolgozott megoldásokat alkalmazunk, hanem a technológiai tudás a rendszer logikájába van beépítve. Az alkatrész gyártási folyamatát a rendszer elemi technológiai részfeladatokból generálja, az alkatrész és az előgyártmány elemzéséből megállapított megmunkálási igények alapján. A technológia tudás programba történő beépítéséhez kvázi egzakt modellek, módszerek és optimalási stratégiák szükségesek.

A legfontosabb jellemzője és egyben előnye a rendszernek, hogy igen érzékenyen képes követni a munkadarab sajátos részleteit. Lehetőséget biztosít több megoldási alternatíva létrehozására és azokból, valamilyen kritérium szerint az optimális megoldás kiválasztására. Az ilyen rendszerek legtöbbször a klasszikus, processzor-posztprocesszor elv szerint készülnek,

A módszer hátránya a rendszer fejlesztésének rendkívüli munkai igényessége és hogy rendkívül nehezen adaptálható a környezeti változásokhoz [16], [52].

#### A variogeneratív szintézis módszere

A módszer lényege és célja a variáns és a generatív módszer előnyeinek ötvözése és a hátrányaik egyidejű kiküszöbölése. A technológiai folyamat tervezésének egy részét a generatív, más részét pedig a variáns módszerrel hajtja végre.

A tervezésnek azok a részfeladatai amelyek adott szinten bármilyen munkadarabra alkalmazhatók tetszőleges környezeti feltételek mellett, olyan programban realizálhatók, amelyek általános érvényű, a tiszta generatív módszer alkalmazásával vannak megoldva. A környezet-specifikus tudás a variogeneratív rendszerben az állandó adatokkal együtt az adat- és tudásbázisba kerül.

Lényeges különbség a tiszta variáns módszerrel szemben az, hogy a variáns módszernél a teljes megoldást (pl. a teljes sorrendtervet ) tárolják, míg a variogeneratív módszer esetében minden tervezési művelethez külön tudásbázis komponens tartozik (pl. sorrendtervezésnél külön tárolják az alkalmazható eljárásokat, külön a szerszámgépeket stb.). A tudásbázis lényegében a feltételek (igények) és megoldások megfeleltetését tartalmazó táblázatokból áll.

### **A mesterséges intelligencia módszere**

A technológiai tervezésnek van néhány olyan problémája, főként az előtervezés és sorrendtervezés szintjén amelyek igen nehezen algoritmizálható feladatok. Az ilyen feladatok megoldására a legalkalmasabb a mesterséges intelligencia módszere.

A technológiai tervezés problémáját illetően idézem Horváth Mátyás találó összegzését [16]: „...”meg kell találnunk a számítógépi megfelelőjét a technológus globális áttekintő képességének, ahogyan egy pillantással átfogja a teljes munkadarabot annak fontosabb részleteivel együtt és ahogyan azonnal „beugrik” agyába a megoldás koncepciója. A baj az, hogy a technológus mérnök nem tudja pontosan megmagyarázni a megoldás általános szabályait, mert a nem definiált rejtett szabályokat azonnal a konkrét példára alkalmazza.”

A mesterséges intelligencia kutatások egyik legismertebb és legeredményesebb alkalmazásai a szakértői rendszerek (Expert Systems). A szakértői rendszer egy definíciója [34]: logikai programozási nyelv felhasználásával készült, az emberi szakértő gondolkodásának a menetét utánozó rendszer, amelyet beépítettek a programba.

Szakértői rendszereket eredményesen használnak a technológiai tervezésben is különösen a tervezés magasabb szintjein.

A szakértői rendszereknek vannak természetesen hátrányos tulajdonságaik is [24]:

- nehéz új, vagy szokásostól eltérő helyzetekre felkészíteni,
- nem kreatív,
- a fejlesztés drága és időigényes.

## **15.1.1 Mesterséges intelligencia módszerek**

A mesterséges intelligencia annak a tudománya, hogy hogyan alkalmazható a számítástechnika olyan intellektuális, kommunikációs és érzékelési feladatok elvégzésére, amely az emberre jellemző [34]. A mesterséges intelligencia (artificial intelligence) elnevezést McCarthy javaslatára fogadták el egy 1956-ban szervezett munkatalálkozón [31]. Annak ellenére, hogy egy viszonylag fiatal kutatási területről van szó, mára a mesterséges intelligenciakutatás szerteágazó, önálló tudománnyá vált. A számos kutatási terület egyenkénti bemutatása nem képezi a jegyzet tárgyát. Ezért itt csak a szakértői rendszerekről adok rövid összefoglalót.

### **15.1.1.1 Szakértői rendszerek**

A mesterséges intelligencia kutatások egyik legismertebb és legeredményesebb alkalmazásai a szakértői rendszerek (Expert Systems). Az első üzletileg sikeres szakértői rendszert 1982-ben alkalmazták.

A szakértői rendszer fogalmára nehéz általános érvényű definíciót találni. [20] szerint „a szakértői rendszer egy olyan számítógépes program, amely az emberi szakértő gondolatmenetét szimulálja egy adott szakterületen és képes olyan problémák megoldására, amelyeket eddig csak embe-

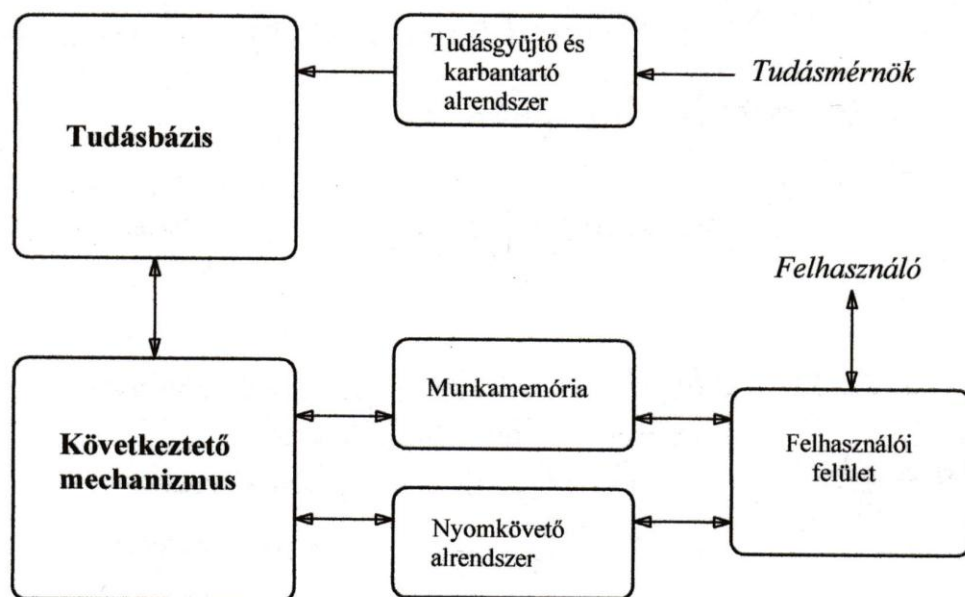
ri gondolkodással (kreativitással) lehetett megoldani. A szakértői rendszer a tudásbázisában tényeket és szabályokat tárol, melyek alapján következtetéseket hoz létre, megfelelő vezérlési stratégia alkalmazása mellett”.

A szakértői rendszerek problémamegoldó módszerét alapvetően meghatározza a tudásreprezentáció módja. A tudásreprezentáció legfontosabb módszerei a következők [24]:

- frame-ek,
- szabályok,
- esetek,
- heurisztikák

A heurisztikus ismeretek leírásához legalkalmasabb a szabályalapú tudásreprezentáció. A szabályalapú reprezentáció a legkorábban alakult ki és mindmáig a leggyakrabban alkalmazott tudásreprezentációs módszer [33].

Mivel a meglévő tudás a technológiai tervezés több területén is túlnyomórészt heurisztikus jellegű, a továbbiakban a szabályalapú szakértői rendszerek rövid ismertetésére szorítkozok.



15-1. ábra. Szakértői rendszer szerkezete

A fenti definíció értelmében egy szakértői rendszer legalább két komponensből áll: ezek a tudásbázis és a következtető mechanizmus. Viszont a rendszer gyakorlati alkalmazásához elengedhetetlenül szükséges egy felhasználói felület is, amelyen keresztül a felhasználó kommunikálhat a rendszerrel.

Továbbá fontos komponense a rendszernek a tudásgyűjtő és karbantartó alrendszer, amely az emberi szakértő tudását megfelelő formában a tudásbázisba rendezi.

Nagyon hasznos, de nem feltétlenül szükséges komponense a rendszernek a nyomkövető (magyarázó) alrendszer, amellyel a következtetés folyamatát a felhasználó figyelemmel kísérheti.

A munkamemória szerepe az, hogy a konkrét megoldandó feladat specifikus információit tárolja. Ezek a külvilágból érkező vagy onnan kért adatok és a következtetések során kapott rész- és vég-ső következtetések.

Egy szakértői rendszer általános szerkezete látható a 15-1. ábrán.

A szabályalapú rendszerek tudásbázisát

HA<feltétel> - AKKOR <akció>

típusú szabályok („mondatok”, „tudásmorzsák”) és tények alkotják. Ha a feltétel teljesül, akkor az előírt akciók (tevékenységek) végrehajtnak.

A feltétel lehet egy (tény)állítás vagy logikai összekötőjelekkel összekapcsolt állítások sorozata. Egy szabály végrehajtása módosíthatja a tényeket vagy input-output tevékenységeket generálhat. Például:

HA	a munkadarab felfekvő oldala megmunkált ÉS a felfekvő oldal tartalmaz két furatot ÉS a furatok közötti távolság nagyobb az oldalhossz egy harmadánál
AKKOR	alkalmazz kétfuratos oldalpozicionálást

A következtetési folyamat három fő lépésből áll:

1. Keresd meg azokat a szabályokat amelyek feltételrészre teljesül, és tedd ezeket az alkalmazható szabályok halmazába.
2. Válassz ki egy szabályt az alkalmazható szabályok halmazából. Ha több ilyen szabály van, akkor konfliktus helyzet állhat elő, ilyenkor valamilyen konfliktusfeloldó stratégiával választ ki a rendszer egy szabályt, pl. az első szabály kiválasztása.
3. Alkalmazd a kiválasztott szabályt. A szabály alkalmazása módosítja a munkamemóriában lévő tényeket, vagy input/output tevékenységek aktivizálódnak. Ha közben a célt megfogalmazó terminális feltétel bekövetkezik, akkor a végrehajtás leáll. Ellenkező esetben térj vissza az első lépéshez.

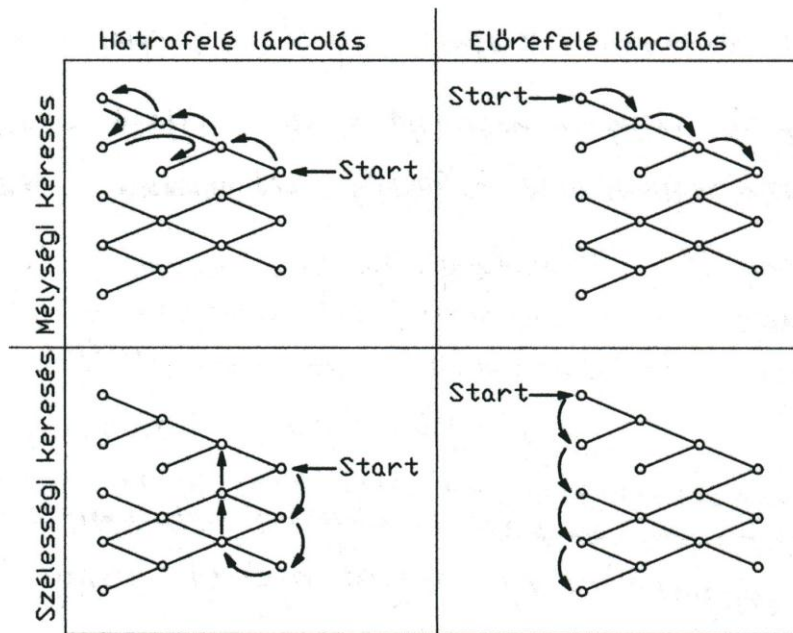
A tudás kiértékelése ill. a következtetés vezérlése kétféleképpen történhet, kiindulhatunk a tudásbázis mondataiból és új következményeket állíthatunk elő, amiket aztán további következtetésekre használhatunk. Ha a következtető mechanizmus olyan szabályt talál melynek feltételeit a tények kielégítik, akkor végrehajtja a szabályt és ennek hatására a tények módosulnak. Ez ciklikusan addig folytatódik amíg van alkalmazható szabály. Ezt a módszert nevezzük előre felé láncolásnak vagy adatvezérelt következtetésnek.

Ennek alternatívája, amikor abból indulunk ki, hogy valamit bizonyítani szeretnénk és keresünk olyan szabályokat (implikációs mondatokat), amelyek alapján a bizonyítandó állításra következtetni tudunk. A következtető mechanizmus először a cél alapján kiválaszt egy szabályt melynek akció oldalán a cél állítása szerepel. Ezután ellenőrzi, hogy a tények kielégítik-e ezen szabály feltételeit. Ha egy feltételre nincs illeszthető tényállítás, akkor azt az igazolandó célokhoz csatolja. Ez a folyamat addig tart amíg előáll egy megoldás, vagy kiderül, hogy az adott cél az adott tények esetén nem teljesíthető. Ezt nevezzük hátrafelé láncolásnak vagy célvezérelt következtetésnek.

### Keresési stratégiák

Minden tudásalapú rendszer azon az alapvető műveleten alapszik, ami bizonyos feltételeknek megfelelő mondatokat előkeres a tudásbázisból. Egy adott probléma lehetséges állapotait állapottérnek nevezzük. A problémát megoldó eljárás a célállapot kezdeti állapotból való elérését foglalja magába a különböző átmeneti állapotokon keresztül. Ha az állapotteret gráf segítségével reprezentáljuk, akkor a probléma állapotai a gráf csomópontjai lesznek. Két csomópontot irányított ág köt össze, ha egy operátor alkalmazása az elsőhöz tartozó állapotot a másodikba konvertálja. Számos kereső eljárás létezik, ezek közül a két leggyakrabban alkalmazott a mélységi keresés (depth-first) és a szélességi keresés (breadth-first).

A mélységi keresés mindig a keresési fa legmélyebben fekvő csomópontjainak egyikét fejt ki. A keresés csak akkor lép vissza és fejt ki magasabb szinten lévő csomópontot, ha zsákutcába fut.



15-2. ábra. A vezérlési- és keresési stratégiák kombinációi [20]

A szélességi keresés először mindig a gyökércsomópontot fejt ki, majd a következő lépésben kifejti az összes a gyökércsomópontból generált csomópontot, majd azok követőit stb.

Az említett két keresési- és a vezérlési stratégia alkalmazásának kombinációi láthatók a 15-2. ábrán.

Léteznek ún. szakértői keretrendszerek (Expert system Shell) amelyeket a szakértői rendszer készítője tölt fel a szakterületnek megfelelő tudásbázissal (szabálybázissal) és a beépített következő mechanizmussal a rendszer működik. A másik lehetőség egy szabály alapú szakértői rendszer kiépítésére, hogy megfelelő logikai programozási nyelv felhasználásával egyedül építjük ki a rendszert. Utóbbi változat előnye, hogy a programot éppen az adott problémának megfelelően építhetjük fel. A mesterséges intelligencia egyik alapnyelve, a Prolog logikai programozási nyelv.

### A PROLOG nyelv

A PROLOG a legszélesebb körben használt logikai programozási nyelv. Felhasználóinak száma százezres nagyságú. Használják szakértői rendszer alkalmazások kifejlesztésére, elsősorban mint „gyors-prototípus” készítő nyelv használatos [31].

A Prolog reprezentáció megfordítja a „HA<feltétel> - AKKOR <akció>” alakú szabály (implikáció) sorrendjét. Az akciót (következményt) a bal oldalon tartalmazza, a feltételt (előzményt) a jobb oldalon.

A „HA-AKKOR” helyett a „ :- ” jelölést használja.

Például:

alkalmazz kétfuratos oldalpozicionálást :-  
 a munkadarab felfekvő oldala megmunkált,  
 a felfekvő oldal tartalmaz két furatot,  
 a furatok közötti távolság nagyobb az oldalhossz egy harmadánál.

Vesszőt használ mind a logikai ÉS (konjunkció) jelölésére mind az argumentumok elválasztására. A logikai VAGY (diszjunkció) jelölésére pontos vesszőt használ, és pont jelöli a mondat végét.

Nagybetűt használ a változókra és kisbetűt a konstansokra.

Minden következtetést visszafelé haladó következtetéssel hoznak meg, mélységi (visszalépéses) keresést alkalmazva. Ez azt jelenti, hogy mindannyiszor amikor egy mondat bizonyítása zsákutcába fut, a Prolog visszalép a legutóbbi olyan lépésre, amelynek vannak még alternatívái.

A feltétel rész összetevőin balról jobbra haladva keres, és a tudásbázisban szereplő szabályok (mondatok) alkalmazása az elsőtől az utolsóig sorrendben történik. Beépített predikátumok nagyhalmaza létezik aritmetikai, be- és kimeneti és különféle rendszer- és tudásbázisú feladat ellátására.



## IRODALOM

- [1] Angyal B., Héberger K., Tóth I.: Gépgyártástervezési példatár I., Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976.
- [2] G. Bootroyd, W. A. Knight: Fundamentals of Machining and Machine Tools, Taylor & Francis Group, Broken, NW, 2006.
- [3] Brandt H., Nikolai M.: Rationalisierung durch Vorrichtungsbaukasten, Werkstatt und Betrieb, 111/12, pp.781-791, 1978.
- [4] Detzky Iván: Gépgyártás-technológia II, Elméleti rész 1. Egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó, Budapest, 1988.
- [5] Dudás I.: Gépgyártástechnológia I, Miskolci Egyetem, 2002.
- [6] Dudás I.: Gépgyártástechnológia II, Miskolci Egyetem, 2001.
- [7] A. Frischherz, H Piegler: Fémtechnológia 2, B+V Lap- és Könyvkiadó Kft., Budapest, 2002.
- [8] A. H. Fritz, G. Schulze: Fertigungstechnik, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2006.
- [9] M. Fronober, W. Hennig, H. J. Huwe, H. Thill, H. Wiebach: Vorrichtungen, Institut für Fachschulwesen der DDR, Karl Marx Stadt, 1974.
- [10] R. Gatalo: Prilog razvoju integralnog sistema za automatsko projektovanje rotacionih izradaka i njihove tehnologije izrade u metalopreradivackoj industriji, Doktori értekezés, Novi Sad, 1978.
- [11] H. E. Grant: Munkadarab-befogó készülékek, Példatár, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1970.
- [12] M. P. Groover: Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2001.
- [13] K. H. Grote, J. Feldhusen: Dubbel, Taschenbuch für den Maschinenbau, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2005.
- [14] H. Haberhauer, F. Bodenstern: Maschinenelemente, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2005.
- [15] E. Hering, K. H. Modler: Grundwissen des Ingenieurs, Fachbuch Verlag Leipzig, Carl Hanser Verlag, München Wien, 2002.
- [16] Horváth M.: Alkatrészgyártási folyamatok automatizált tervezése, MTA-SZTAKI tanulmányok, 169/1985, Budapest, 1985.
- [17] Horváth M., Somló J.: A forgácsoló megmunkálások optimalása és adaptív irányítása, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
- [18] Horváth M., Markos S.: Gépgyártástechnológia, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2006.
- [19] Hodolic J., Stampfer M.: Tool selection within a process-planning expert system for gearbox casings, International Conference TOOLS '99, 1999, Bratislava, Slovakia.
- [20] A. Janson: Experten-systeme und Turbo-Prolog, Franzis-Verlag, München, 1989.
- [21] Kalajdžić M.: Tehnologija mašinogradnje I, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 1986.
- [22] H. Kettner: Massbestimmung von Aufnahmebolzen in Vorrichtungen, Zeitschrift für industrielle Fertigung, Springer-Verlag, 1988.
- [23] Lechner Egon: Készülékszerkesztés, Miskolci Egyetem, 1963.
- [24] Mikó B.: Technológiai előtervezés automatizálása mesterséges intelligencia módszerek segítségével, Doktori (PhD) disszertáció, Budapest, 2000.

- [25] V. R. Milacic: Manufacturing Systems Design Theory, Mechanical Engineering Faculty-Beograd University, 1987.
- [26] J. G. Nee, Fundamentals of Tool Design, SME, Dearborn, MI, 1998.
- [27] D. Pajic: Konstrukcija i primena steznih alata, Tehnicka knjiga, Beograd, 1967.
- [28] Rábel Gy.: Gépipari technológusok zsebkönyve, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984.
- [29] Rajić F.: Rezni i stezni alati, Tehnička knjiga, Beograd, 1984.
- [30] Rozgonyi E. : Alati i pribori, Viša tehnička škola, Subotica, 2000.
- [31] Russel, Norvig: Mesterséges intelligencia modern megközelítésben, Panem Könyvkiadó Kft, 2000.
- [32] Sandvik Coromant, Technisches Handbuch der Metallzerspannung, AB Sandvik Coromant, 2005.
- [33] Sántáné Tóth Edit: Tudásalapú technológia, szakértő rendszerek, Miskolci Egyetem, Dunaújvárosi Főiskolai Kar Kiadóhivatal, 1998.
- [34] G. L. Simons: Szakértői rendszerek és mikrók, Műszaki Könyvkiadó, 1987.
- [35] M. Stampfer: Integrated Set-up and Fixture Planning System for Gearbox Casings, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 26, pp.310-318, 2005.
- [36] Stampfer M. : Strategija izbora ubušivača u ekspertnom sistemu za projektovanje tehnologije izrade kućišta prenosnika, Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Conference on Flexible Technologies, MMA 2000, June, 2000, Novi Sad, Yugoslavia, pp. 153-154.
- [37] Stampfer Mihály: A munkadarab-befogás megoldásainak tipizálhatósága szekrényes alkatrészek esetében, Gépgyártás, XLV évfolyam, 4. szám, pp. 15-19, 2005.
- [38] M. Stampfer.:Ein Expertensystem für Projektieren von Vorrichtungen für die Bearbeitungszentren, XXII Internationale Konferenz „Science in Practice” Schweinfurt 2005, 18. – 20. Mai, 20005, Schweinfurt, pp. 135-140.
- [39] M. Stampfer, J. Hodolic, Reduction of technological operations to particular cuts within a process-planning expert system for gearbox casings, Proceedings of IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems, INES '98, September 17-19, 1988, Vienna, Austria, pp. 385-390.
- [40] Stampfer M., Radak S.: Expertni sistem za projektovanje tehnologije izrade kućišta prenosnika, (Gyártási folyamattervező szakértői rendszer hajtóműházak esetében, szerb nyelven), Proceedings of the 26th International Conference of Production Engineering, September 17-20, Podgorica – Budva, Yugoslavia, 1996, pp. 977-982.
- [41] Stampfer Mihály: Gyártási folyamattervezést támogató elektronikus szerszámkatalógus, Gépgyártás, XLII évfolyam, 7.- 8. szám, 2002. pp. 20-24.
- [42] Stampfer Mihály: A helyzetmeghatározás helyes megválasztása befogókészülékek tervezésekor hajtómű-házak esetében, Gépgyártás, XLIV. évfolyam, 1. szám, 2004. pp. 22-28.
- [43] Stampfer Mihály: Számítógéppel segített műveleti sorrend- és befogás tervezés vízszintes főorsójú megmunkáló központok esetére (különös tekintettel a szekrényes alkatrészekre), PhD disszertáció, 2005.
- [44] Stampfer M., Szegh I.: Szekrényes alkatrészek befogási lehetőségeinek modellezése, Gépgyártás, XLVI. Évfolyam, 3. szám, 2006. pp. 11-17.
- [45] Stampfer M., Szegh I.: New method for setup and fixture planning for prismatic parts, Academic Jurnal of manufacturing Engineering, Vol. 4, Number 2/2006, pp. 60-68.

- [46] Stampfer M., Szegh I., Rétfalvi A.: Szekrényszerű alkatrészek készüléktervezése, a részfeladatok tipizálásával, az elemekből összeszerelhető készülékek lehetőségeinek figyelembevételével, GÉP, LVII. évfolyam, 12. szám, 2006, pp. 19-22.
- [47] Stampfer Mihály, Forgácsolás, Pollack Kiadó, Pécs, 2007.
- [48] V. V. Svarc: Képes Műszaki Kiszótár, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989.
- [49] Szegh I.: Modellek a technológiai tervezés különböző szintjein, Kandidátusi értekezés, Budapest, 1993.
- [50] Szegh I.: Gyártástervezés, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1996.
- [51] G. E. Thyer: Computer Numerical Control of Machine Tools, Butterworth-Heinemann Ltd, Oxford, 1996.
- [52] Tóth T.: Automatizált műszaki tervezés a gépgyártástechnológiában, 1. rész, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1995.
- [53] Tóth T.: Termelési rendszerek és folyamatok, Miskolci Egyetemi Kiadó, 2004.
- [54] T. Tóth, F. Erdélyi: The Inner Structure of Computer Aided Process Planning Having Regard to Concurrent Engineering, Proc. of Second International Workshop on Learning in Intelligent Manufacturing Systems, Budapest, 1995. pp. 141-167.
- [55] V. Todić: Projektovanje tehnoloških procesa, FTN izdavaštvo, Novi Sad, 2004.
- [56] Váncza J.: Műveleti sorrendtervezés tudásalapú módszerek és genetikus algoritmusok együttes alkalmazásával, Kandidátusi értekezés, Budapest, 1993.
- [57] M. Weck: Werkzeugmaschinen, Band I, VDI Verlag, Düsseldorf, 1988