

# Öntészet, porkohászat

Fémek technológiája

Dr. Orbulov Imre Norbert  
Anyagtudomány és Technológia Tanszék

- Egy ősi és egy újdonsült alakadó technológiáról
  - Öntészet
  - Porkohászat
- Mindkettő „építkező” technológia, anyaghozzáadásra épít
- Fejlesztési irányok
  - Energiaigény csökkentés
  - Utólagos megmunkálás igényének csökkentése
  - NS – NNS technológia szint elérése

# ÖNTÉSZET

- Az öntészet alapelve, hogy a folyékony fémet az öntvénynek megfelelő (negatív) formába (üregbe öntjük). A fém felveszi a forma alakját, megszilárdulás után a formából eltávolíthatjuk az öntvényt.
- Cél az NS/NNS technológia: kész vagy készhez nagyon közeli méretű darabok előállítása

nyersanyagkihasználás	gyártási eljárás	energiaigény 1 kg termékre
90	öntés	0-38
95	porkohászat	29
85	hideg-vagy félmeleg alakítás	41
75-80	süllyesztékes kovácsolás	41-49
45-40	forgácsoló megmunkálás	66-82
100% ← 0%		0 MJ → 100 MJ

- I.e. 3000-1500 Bronzkor (ónbronz)
- I.e. 224 Rhodosi kolosszus (32 m, bronz)
- 1252 Nagy Buddha japán (120 t, 9% Sn, 20% Pb)
- 1400 Nagy Harang (Kína, Peking, Ming dinasztia, 46 t, 120 dB ~20 km)
- 1709 Öntöttvas híd (USA, Coalbrookdale)
- 1735 Kreml harang (193 t)
- 1735 Cári ágyú
- Gábor Áron, Ganz Ábrahám

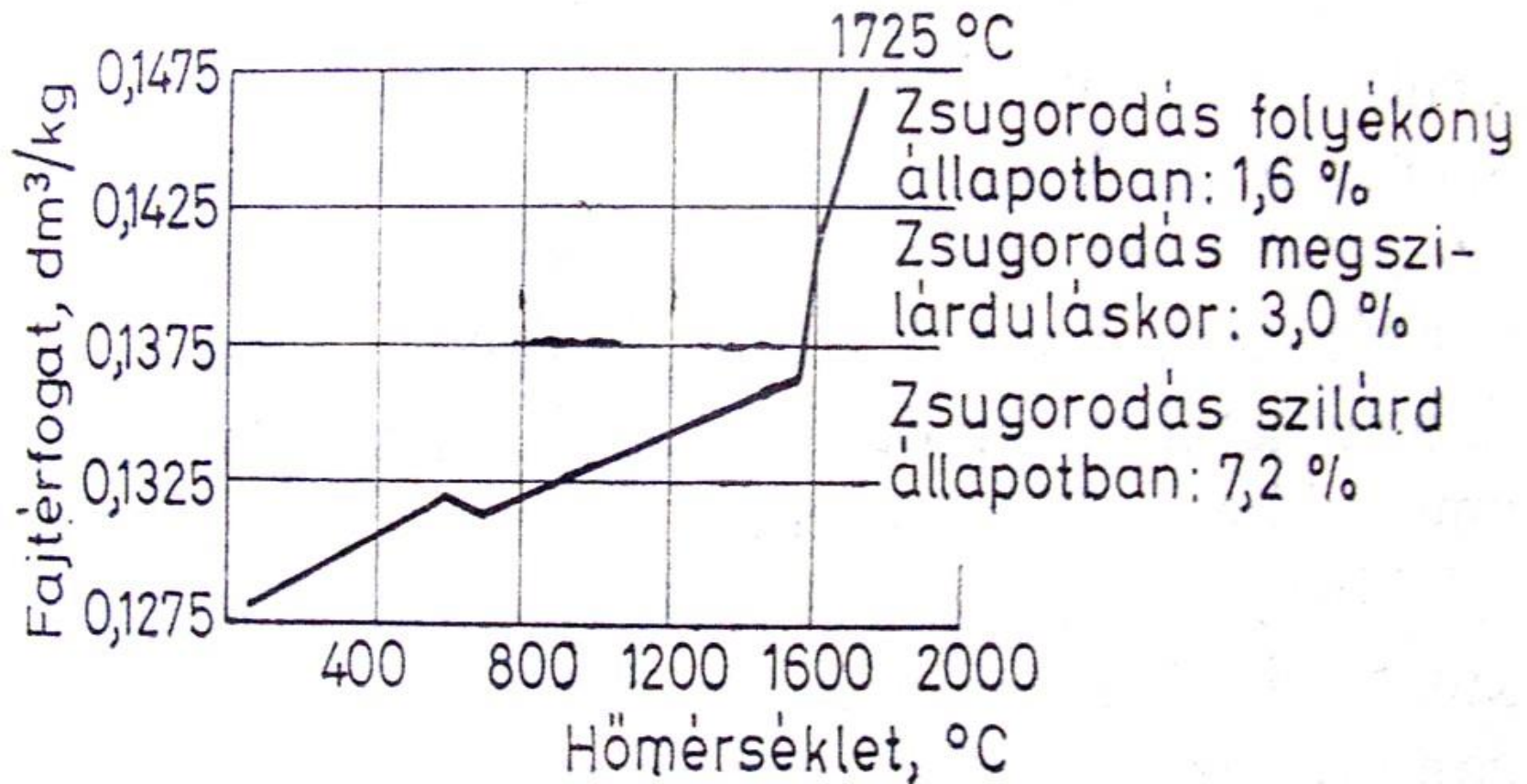




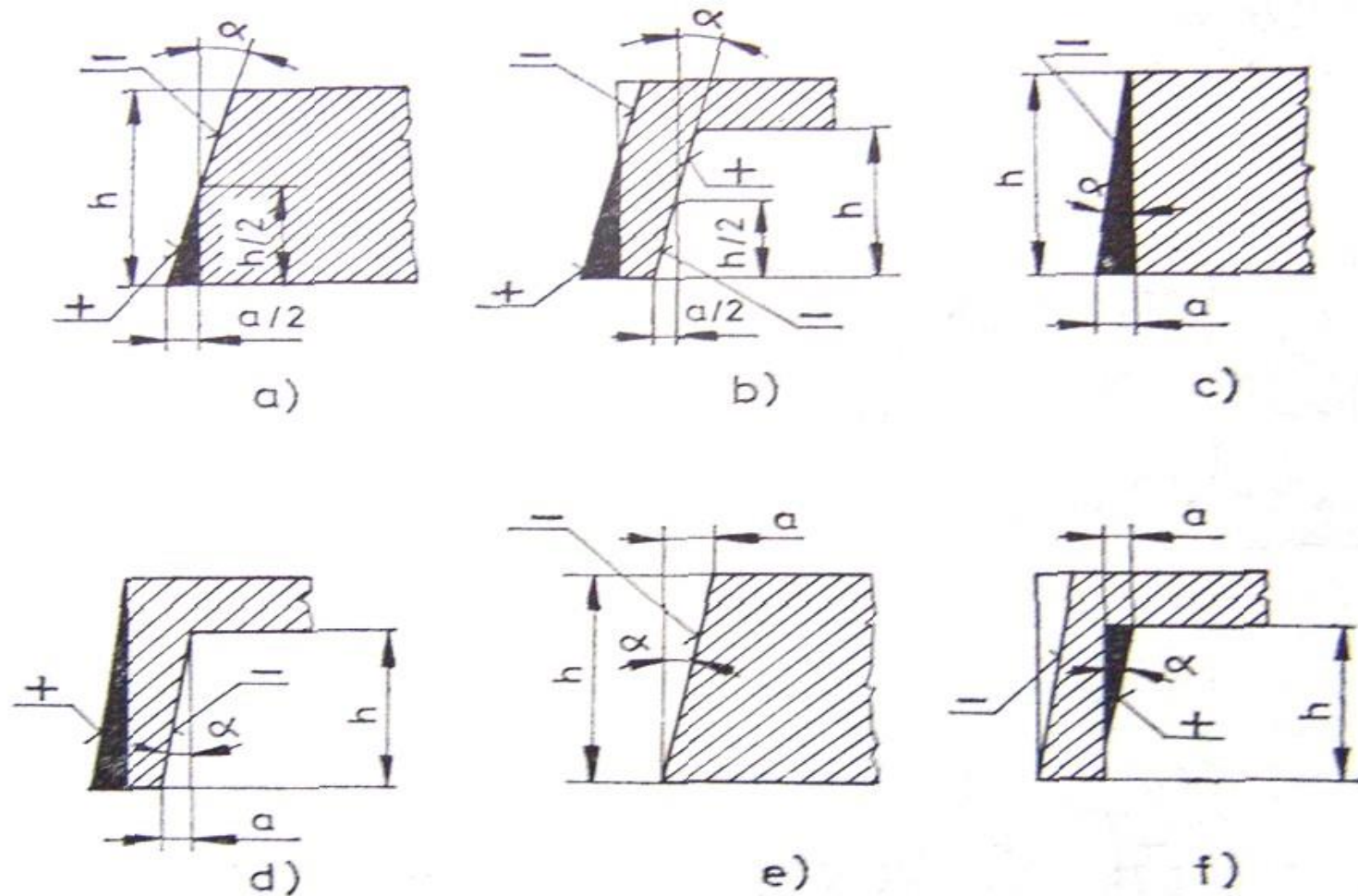


- Elvileg bármilyen anyag önthető
- Gyakorlati követelmények
  - Kis olvadáspont
  - Kis dermedési hőköz
  - Hígfolyósság, kis viszkozitás
  - Kémiai stabilitás
  - Kis zsugorodás
- Az eutektikus ötvözetek általában jól önthetők





1.46. ábra. A 0,35% karbon tartalmú acél

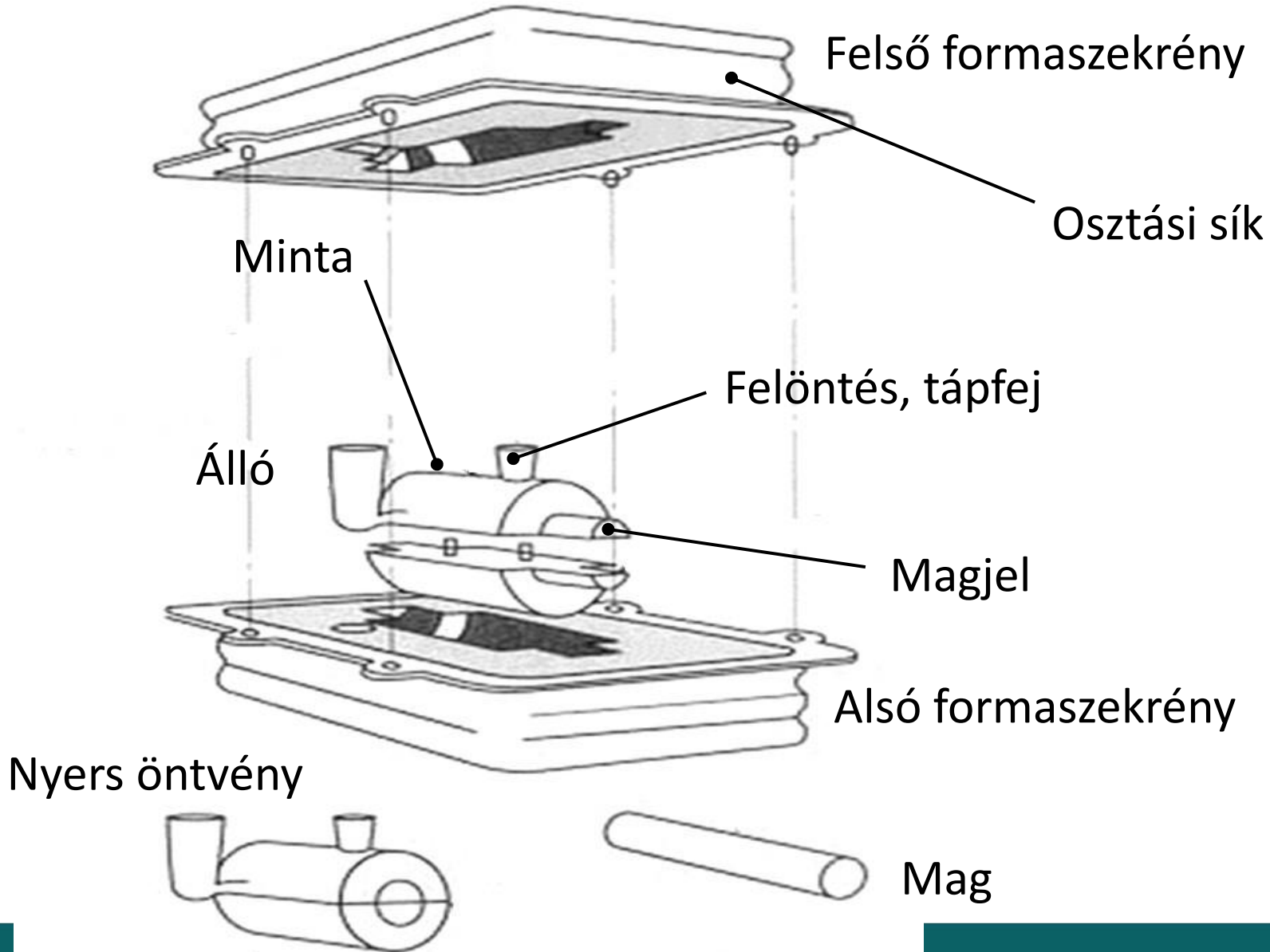


3.30. ábra. A formázási ferdeségek értelmezése

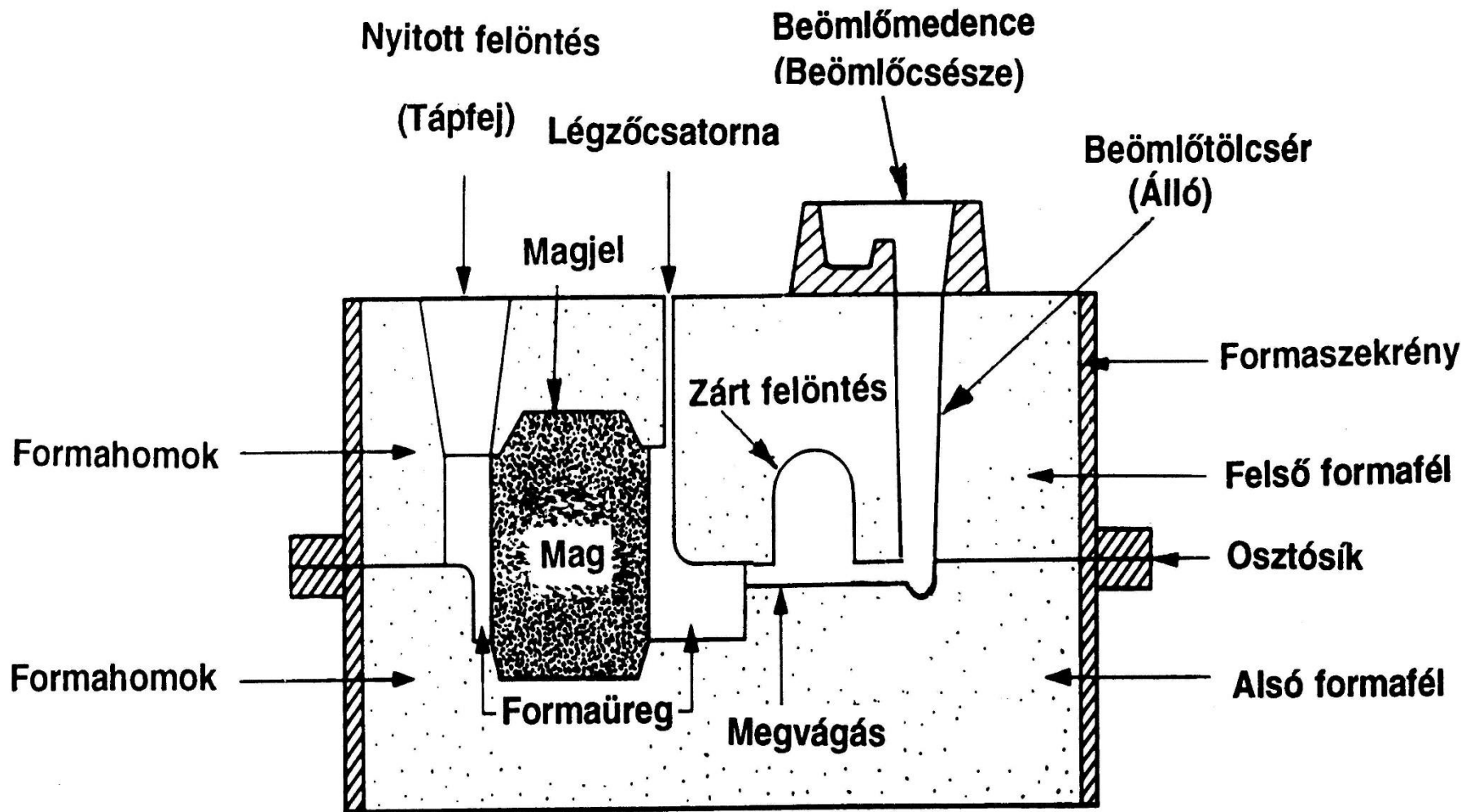
a)-b) középarányos; c)-d) növelő; e)-f) csökkentő formázási ferdeség és megadásuk a rajzon

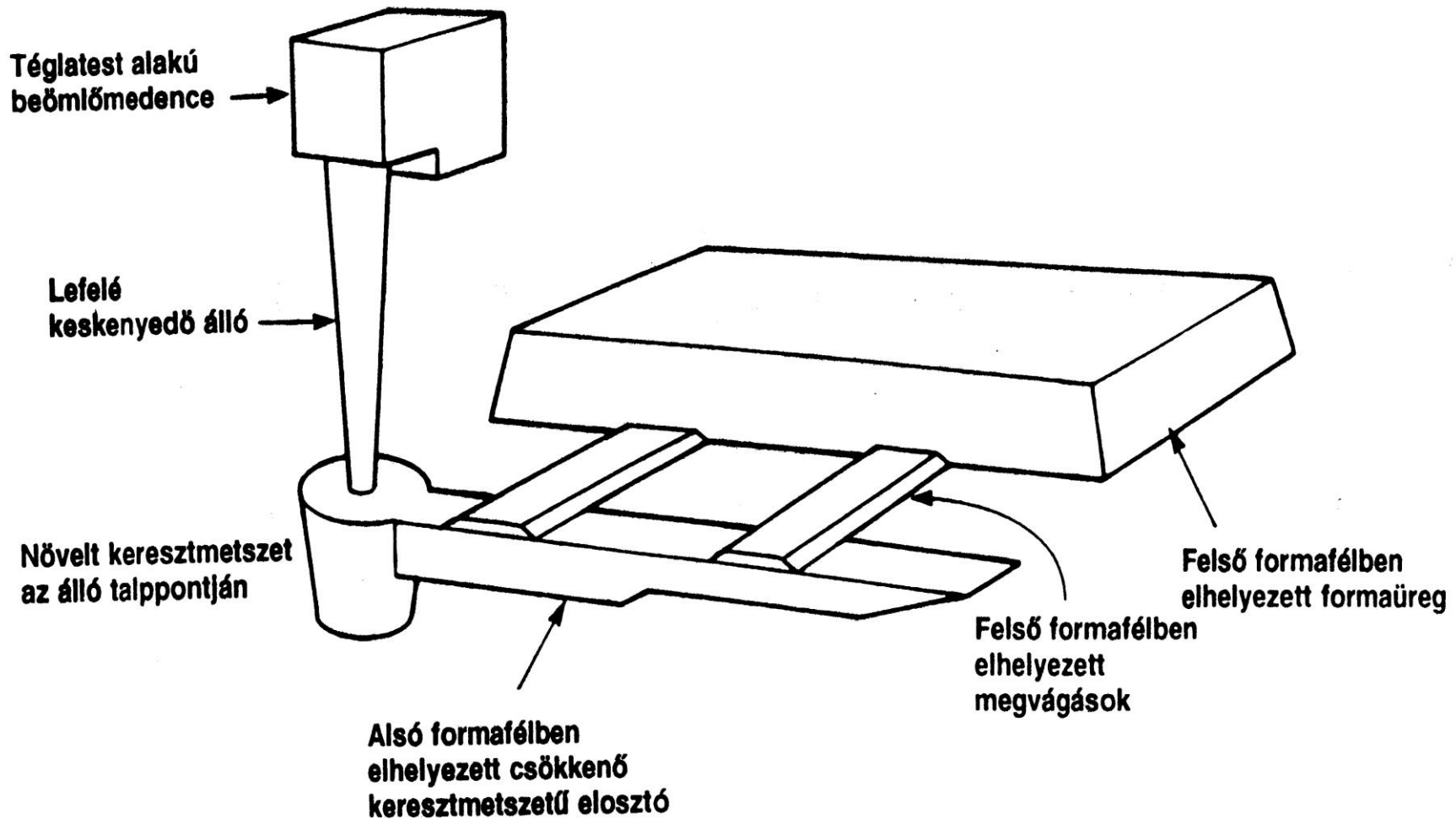
- Agyag kötésű homok (nyersformázás)
- Az agyag tixotróp, a homokszemcséket körülfogja és összeköti
- A szemcsék között a gázok távozni tudnak (légzőfurat)
- A formát minta segítségével készítjük el
  - Elvesző vagy többször használatos minta
  - A munkadarab pozitív mása, ráhagyásokkal, öntési ferdeséggel ellátva
- Üreges darabok esetén a fém beáramlását magokkal akadályozzuk
- A folyékony fém a beömlőrendszeren keresztül jut a formába

- Követelmények a mintával kapcsolatban
  - Könnyű, jól megmunkálható, kopásálló, nem nedvszívó, stabil méretű
- A mag a formához hasonló, de jobb minőségű anyagból készül
  - Nagyobb a mechanikai és hőigénybevétel
  - Esetleg fémháló erősítés, magtámasz
- A formához hasonlóan általában a minta és a mag is osztott kivitelű



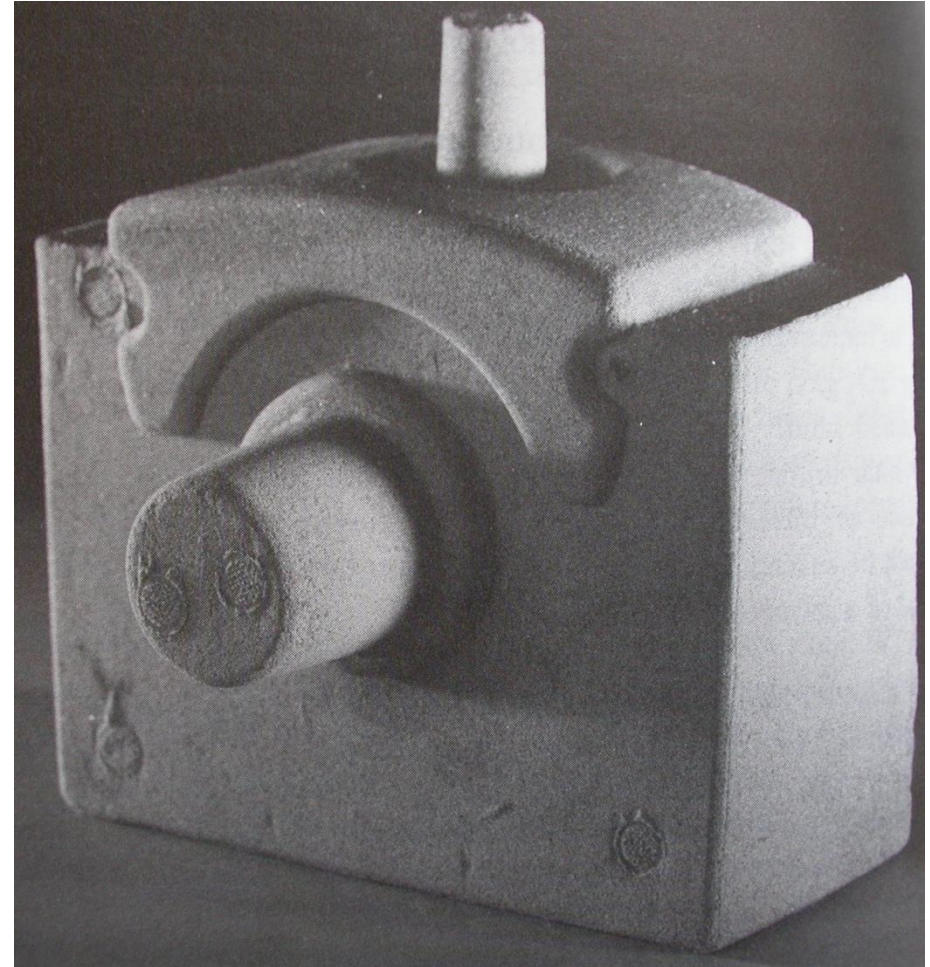






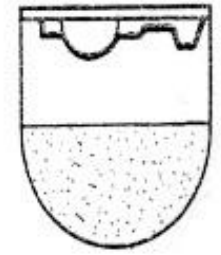
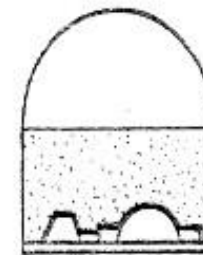
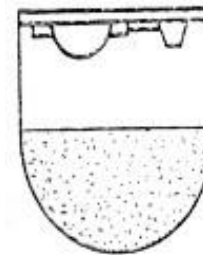
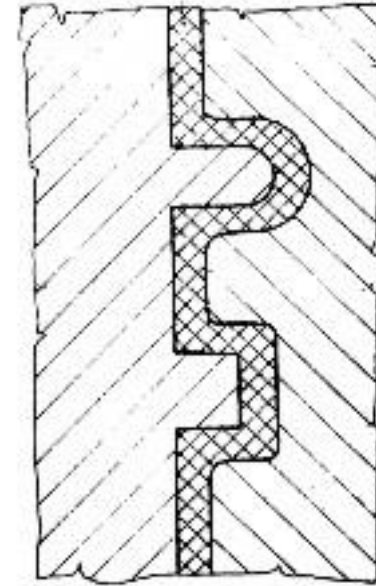
- Nagyobb, tagoltabb formák esetén
  - Amikor az agyagos homok szilárdsága már nem elegendő
- Szárított homokformák
- Kötőanyagok
  - Növényi olajok
  - Vízüveges (+CO<sub>2</sub>)
  - Műgyantás
    - Hőre keményedő (hot box)
    - Vegyi kötésű (cold box)
- Héjformázás
- Cementkötés

- ~2%-nyi kötőanyag
- Gépesített eljárás
- Műgyanta típusok
  - Furángyanta (cold box)
  - Fenolgyanta (cold box)
  - Karbamidgyanta (hot box)
- Hő- vagy vegyi kötés





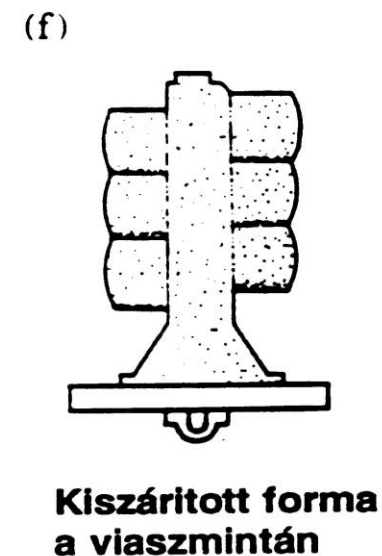
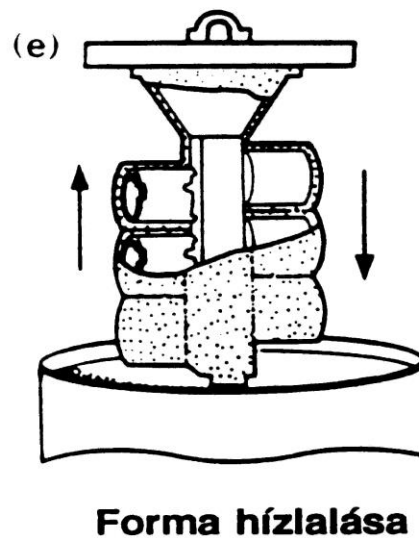
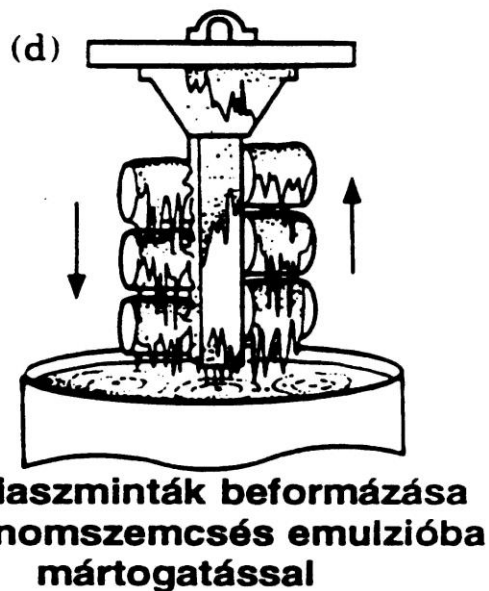
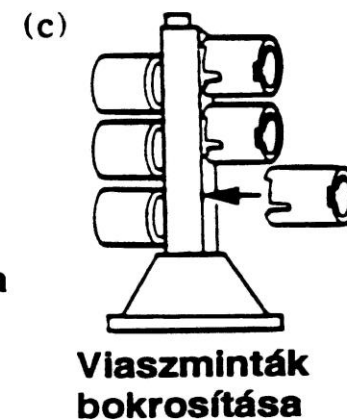
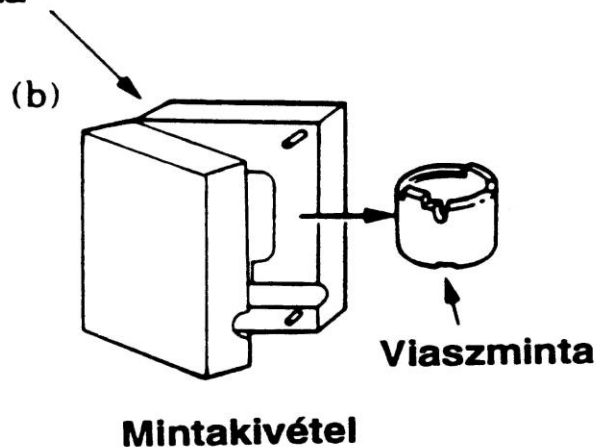
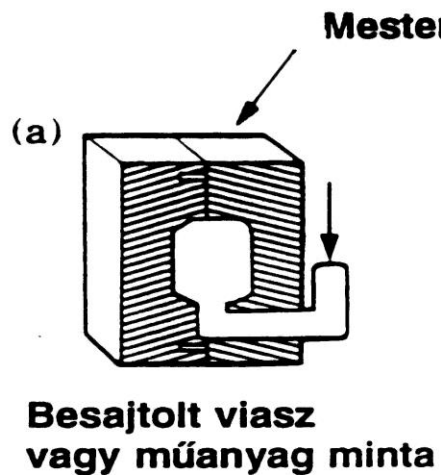
- Kis ráhagyás
- Bordázás
- Jó méret ismételhetőség
- Jó felületi minőség
- Pontosság



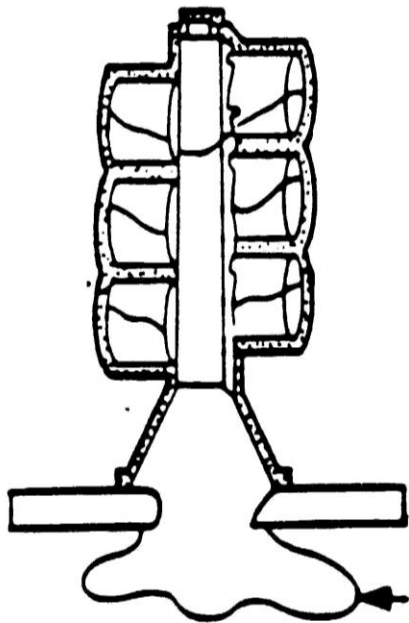


- (Kötőanyagossal homokformázás)
- Precíziós öntés
- Keramikus formázás
- Gravitációs kokillaöntés
- Nyomásos öntés
  - Kisnyomású melegkamrás
  - Nagynyomású melegkamrás
  - Nagynyomású hidegkamrás
  - Sajtoló öntés





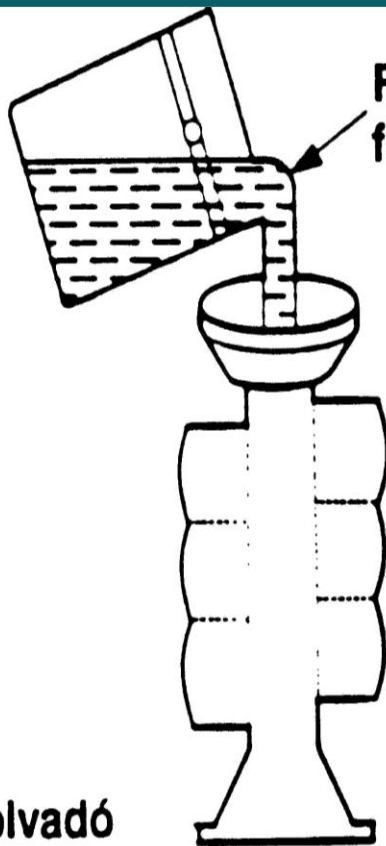
(g)



Kiolvadó  
viasz

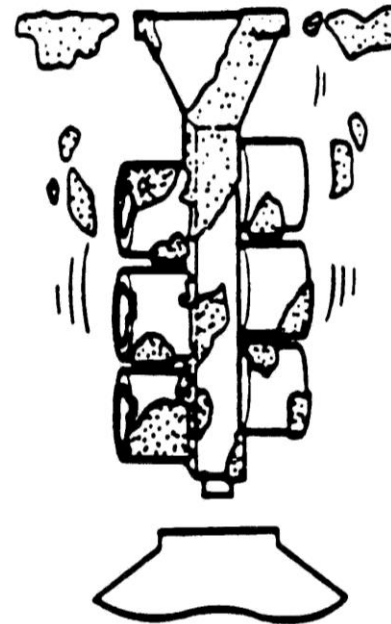
**Viaszminta  
kiolvasztása  
a formából**

(h)



Folyékony  
fém (i)

**Formaüreg kiöntése  
(Acélszemcsével vagy  
homokkal körülágyazva)**



**Forma szétrázása**

(j)



**Kész öntvény**



**Viaszminta**

## Előnyök

- Tetszőleges alak önthető
  - Bonyolult alak
- Nagy olvadáspontú fémek is
- Nehezen önthető fémek is
  - Sok ötvözősek is
- Szűkebb mérettűrések is kivitelezhetők
- Jobb felületi minőség biztosítható

## Hátrányok

- Csak viszonylag kis öntvényűsúlyok esetén
- Költséges
  - Homokformázás – 100%
  - Héjformázás – 250-300%
  - Precíziós öntés – 700-1500%

## Alkalmazás

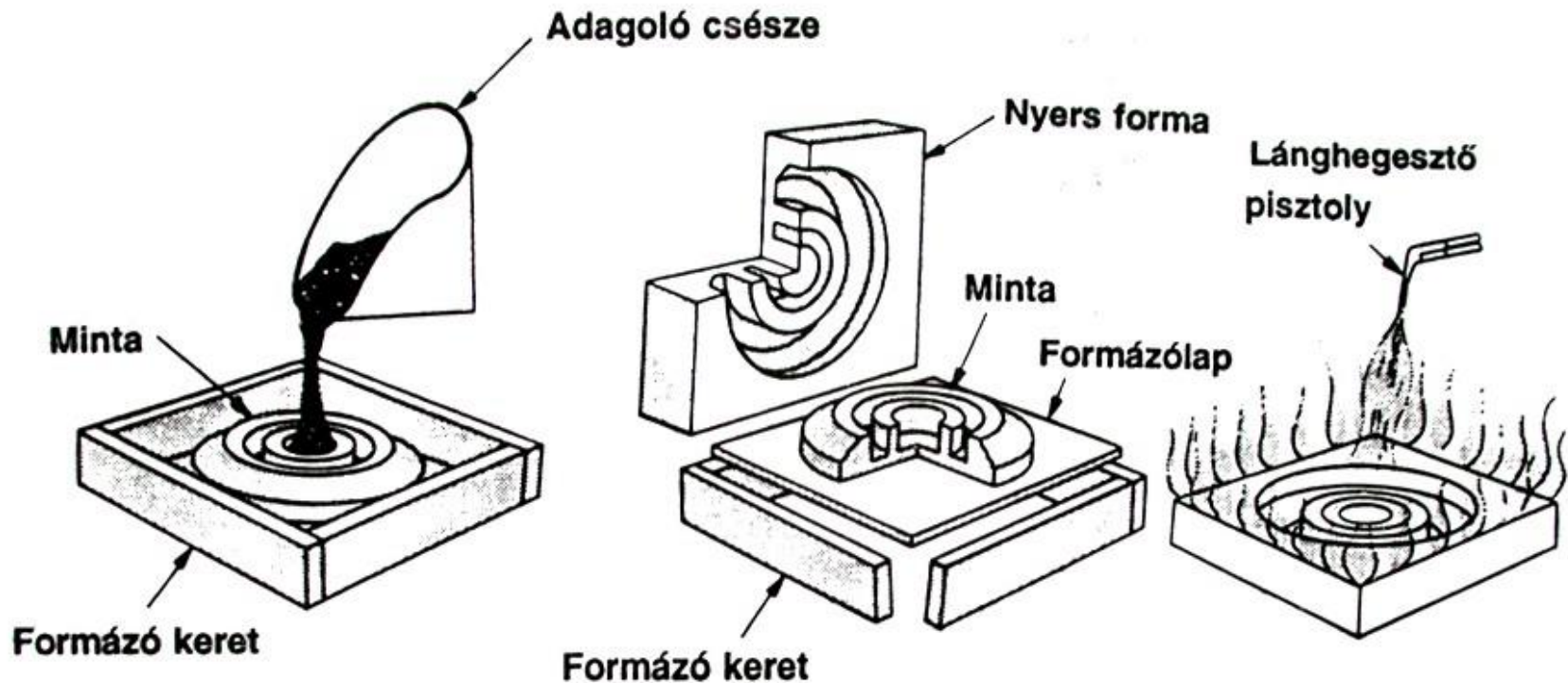
- Drága fémek
- Közép- és nagysorozat

<http://www.youtube.com/watch?v=dOw624I9FDQ>

# PRECÍZIÓS ÖNTÉS

**1:38**



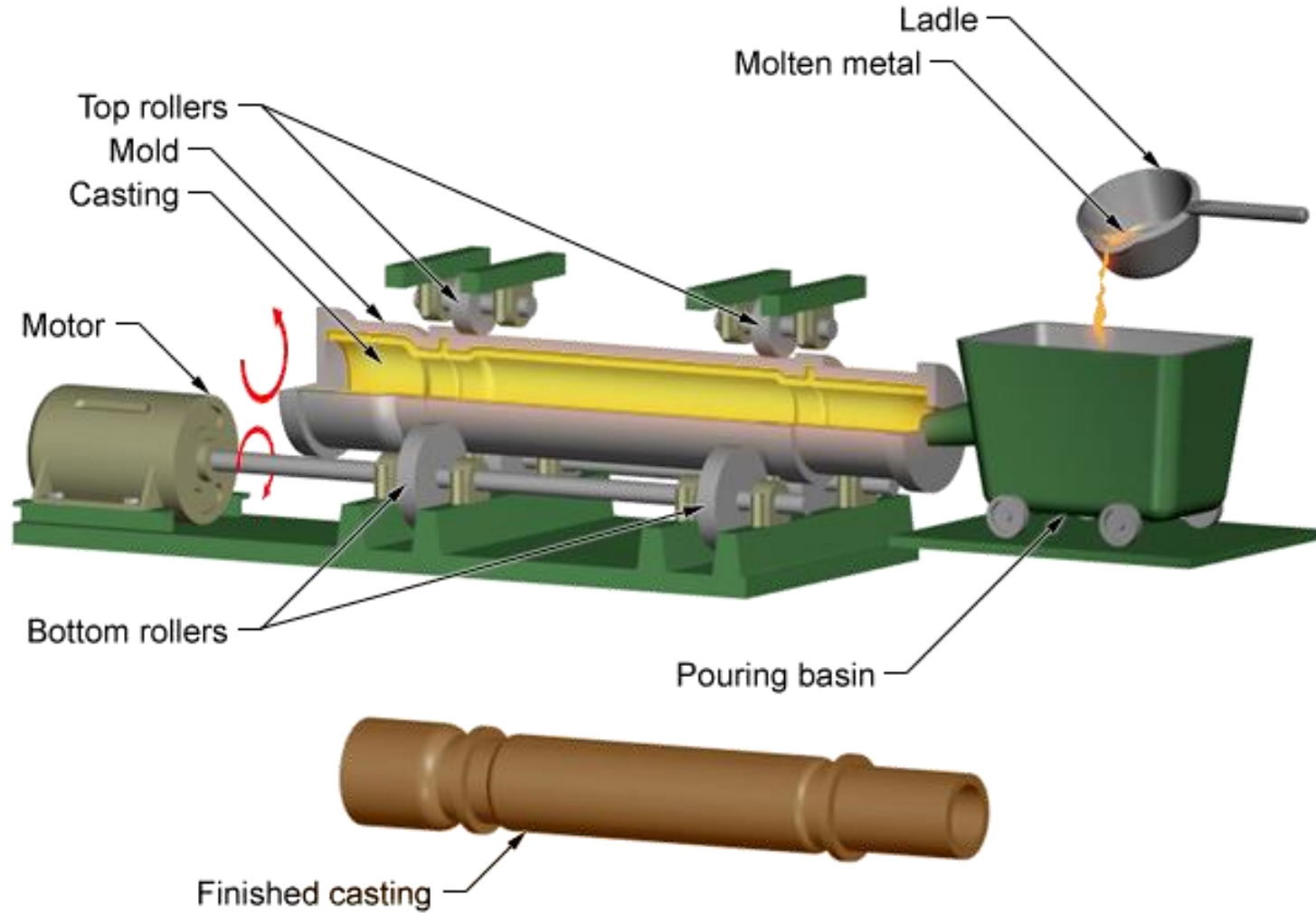


**Formakiöntés a keramikus formázás sűrűn folyó formázóanyagával (szuszpenzió)**

**A nyers forma eltávolítása a mintáról**

**A minta kiégetése**



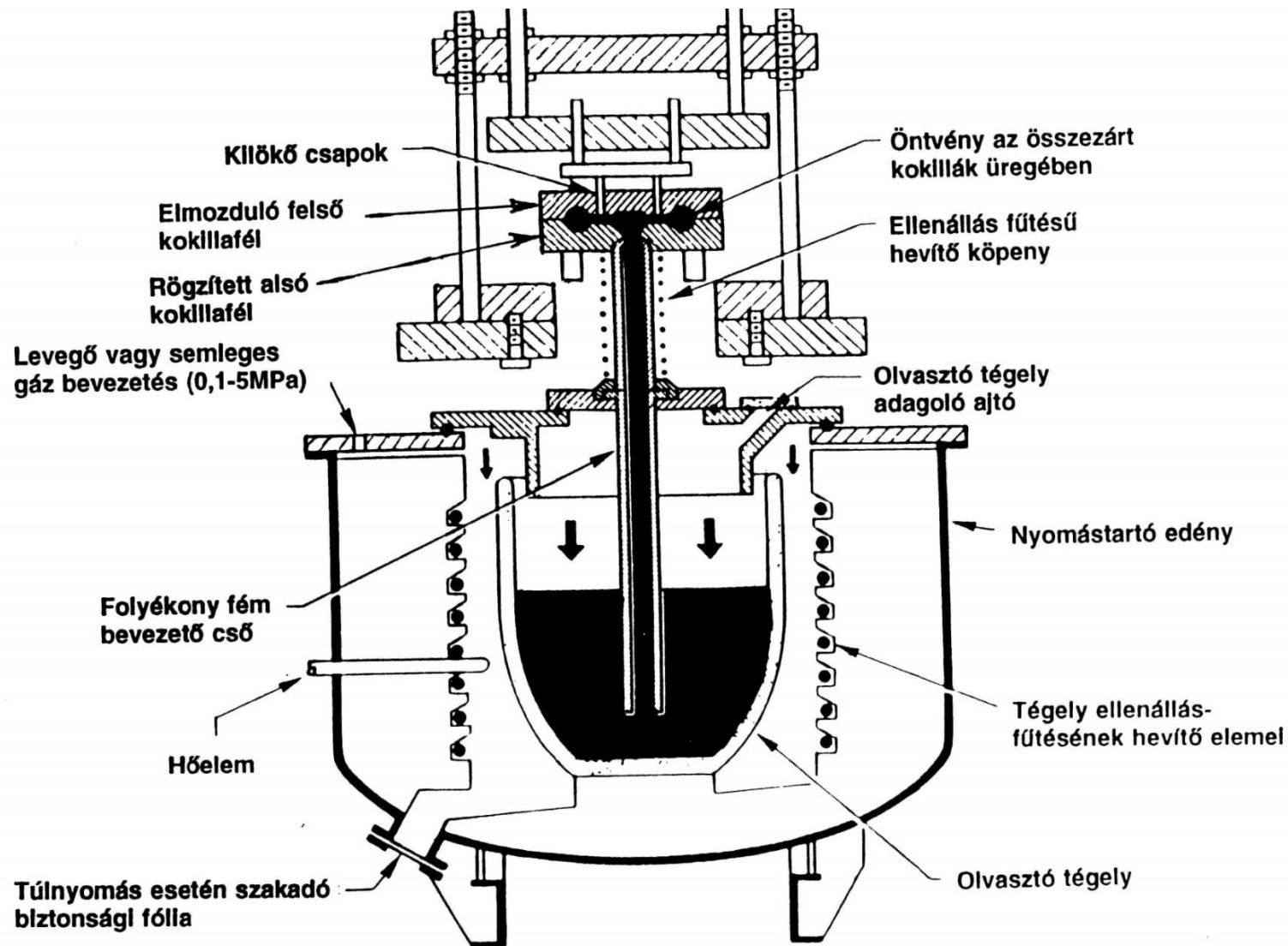


[http://www.youtube.com/watch?v=113cm\\_U2EBk](http://www.youtube.com/watch?v=113cm_U2EBk)

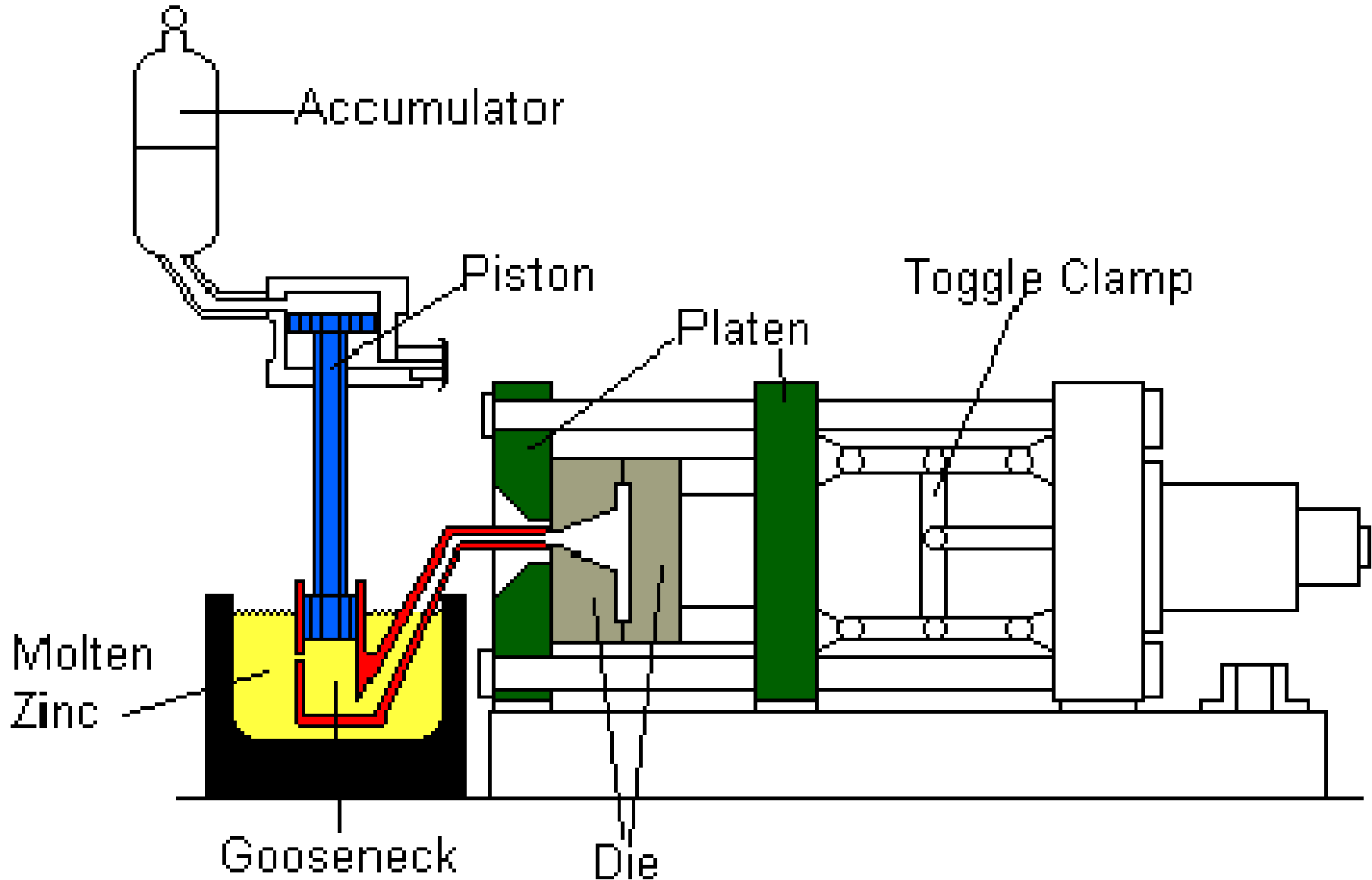
# CENTRIFUGÁLIS ÖNTÉS

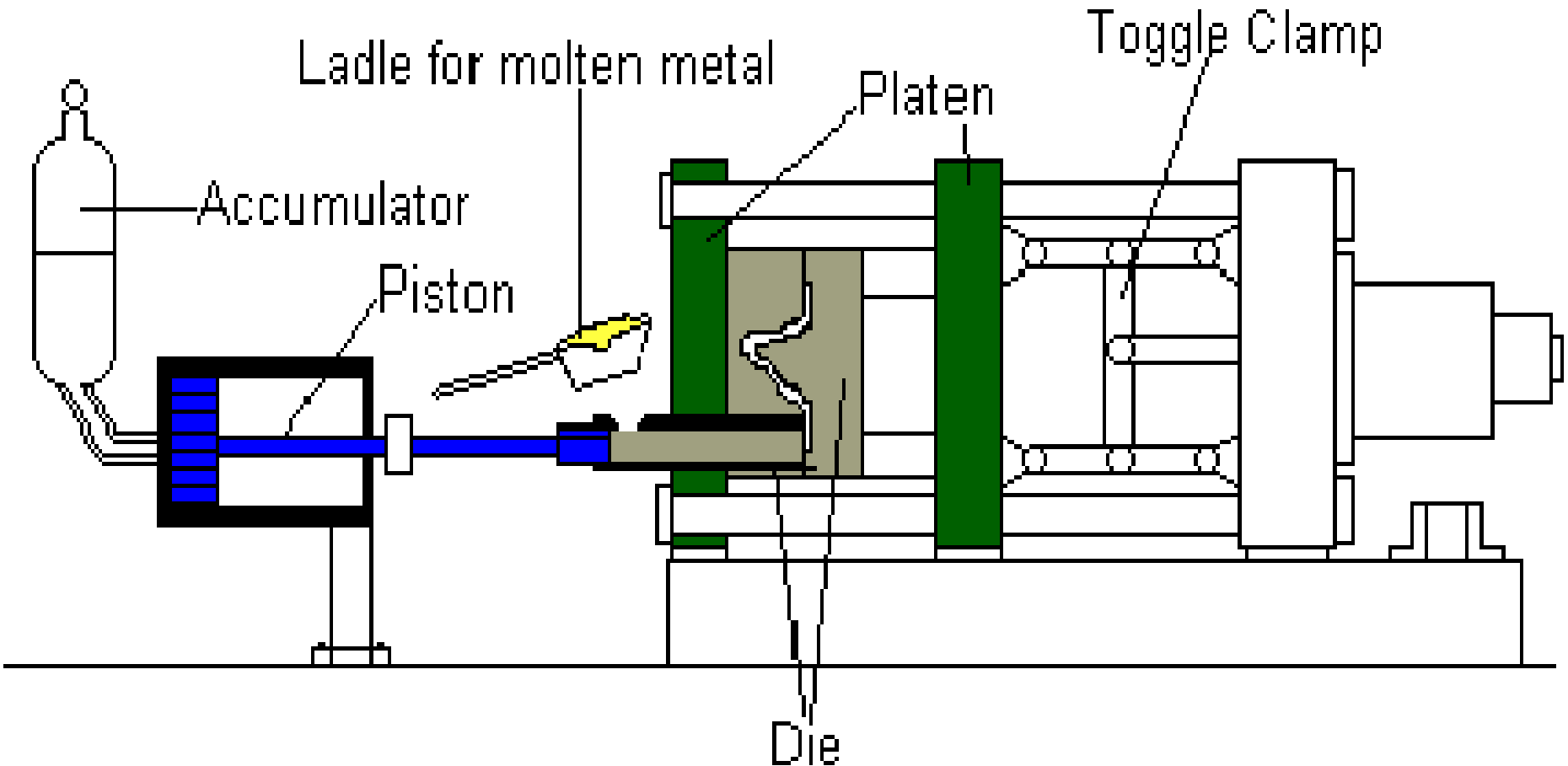
3:46











Jellemzők/ öntési eljárások	Homokforma	Gravitációs kokilla	Nyomásos	Centrifugál	Precíziós
Alkalmazható ötvözetek	Bármely	Al-, Cu-, Zn- alapú ötvözetek		Bármely	
Falvastagság min. (mm)	3-6 héjnál 2-4	1-3	1-2	10	0.8-1.5
Mechanikai tulajdonságok	elfogadható	jó	nagyon jó	a legjobb	jó
Felületi minőség	elfogadható	jó	nagyon jó	elfogadható	nagyon jó
Alakadási szabadság	jó	jó	nagyon jó	gyenge	nagyon jó
Relatív ár kis darabszámnál	a legalacsonyabb	magas	nagyon magas	közepes	magas
Relatív ár nagy darabszámnál	közepes	alacsony	legalacsonyab b	magas	magas
Pontosság (d<100 mm)	rossz ±1 mm	jó ±0.2 mm	nagyon jó ±0.02-0.2 mm	elfogadható	nagyon jó, ±0.05
A változtatás rugalmassága	a legjobb	gyenge	a leggyengébb	jó	jó

	Eljárás/tömeg (kg)	0.01	0.1	1	10	100	1000	10000	100000
1	Nyers homokforma		-----	-----	-----	-----	-----		Ra=100 $\mu$
2	Szárított felületű homok		-----	-----	-----	-----	-----		
3	Szárított homokforma						-----	-----	
4	Krómmagnezit keverék						-----	-----	
5	Samottkeverék						-----	-----	
6	Vízüveg+CO <sub>2</sub> homokfor.				-----	-----	-----		Ra50-80
7	Műanyagkötésű homokf. (Cold-Box, Hot-Box elj.)			-----	-----	-----			Ra15-25
8	Héjformázás			-----	-----				Ra10-25
9	Precíziós öntés	-----	-----	-----	-----				Ra<10
10	Keramikus formázás			-----	-----				Ra<10
<b>Kokillaöntés (Al, Mg, Cu)</b>									
11	gravitációs öntés		-----	-----	-----				Ra10-50
12	nyomásos öntés	-----	-----	-----	-----				Ra1.6-10

# PORKOHÁSZAT



- Porok (+adalékanyagok) sajtolása adott alakba
- Hőkezelés
  - Diffúziós kötés a szemcsék között, a porozitás csökken
  - Térfogatcsökkenéssel járó folyamat – zsugorítás
  - Hívják még kiégetésnek és szinterezésnek is
  - Rekrisztallizációs hőmérsékleten történik  
( $0,3...0,7 T_{olv}$  (K))
- Progresszíven terjedő, nagy termelékenységű, jó kihozatalú, kis energiaigényű technológia
- Tipikus NNS technológia

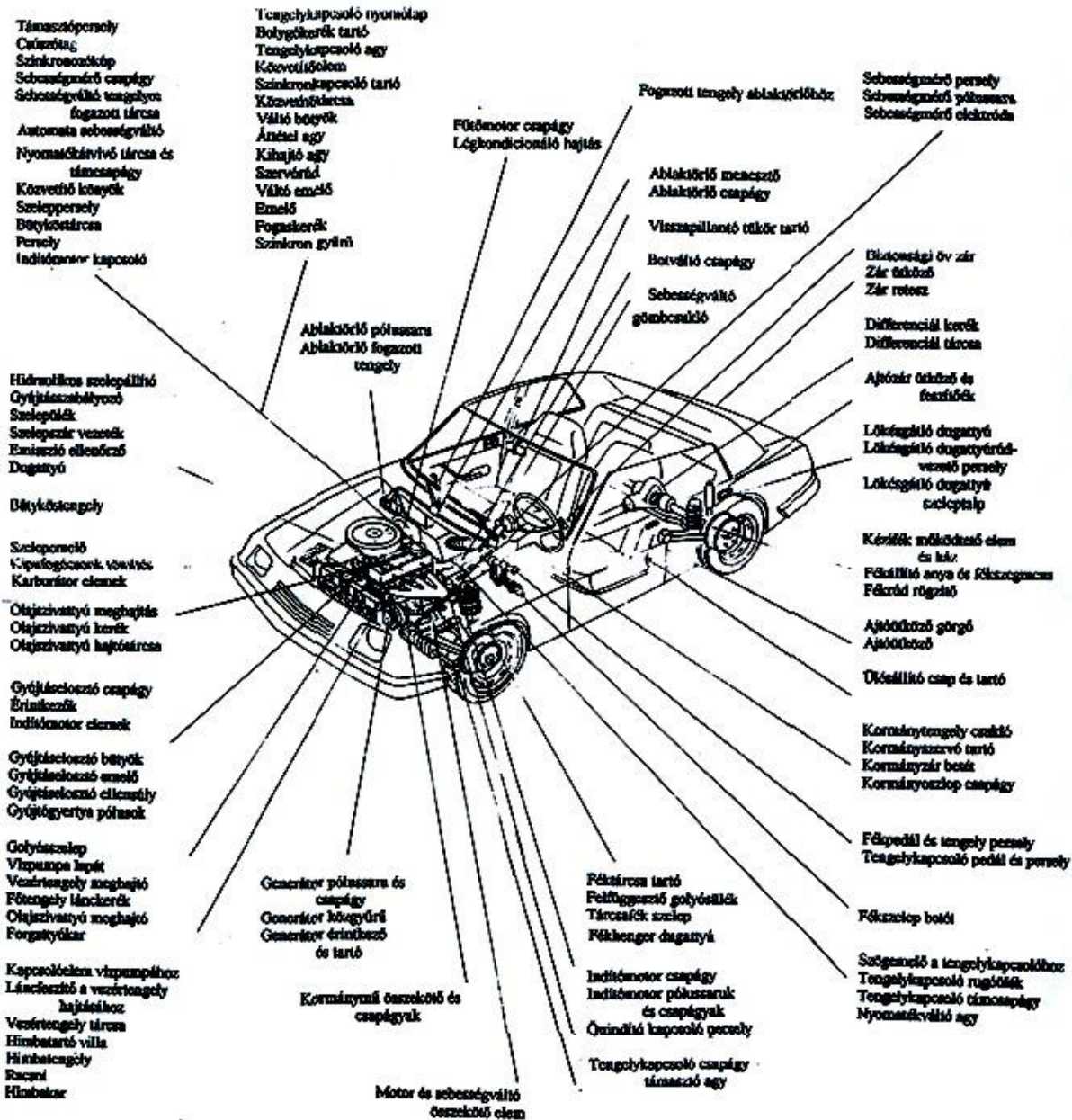
- 1870 szabadalom csúszócsapágy anyagok zsugorítására, USA
- 1900 porózus szűrők, USA
- W szálak gyártása W+3%Ni ötvözetből, Ni olvadáspontja alatt
- 1920 önkenő csúszócsapágyak tömeges alkalmazása, USA
- 1925 VIDIA (WC+Co), Németország
- 1940 Vasporkohászat kidolgozása, Közép-Európa
- 1970 HIP, szerszámacélok, superötvözetek
- 1986 porkovácsolás (Ford hajtókar)
- 1988 fröccsöntés a porkohászatban
- 1990 nanotechnológiás porok alkalmazása ( $\sim\emptyset 10^{-9}$  m)

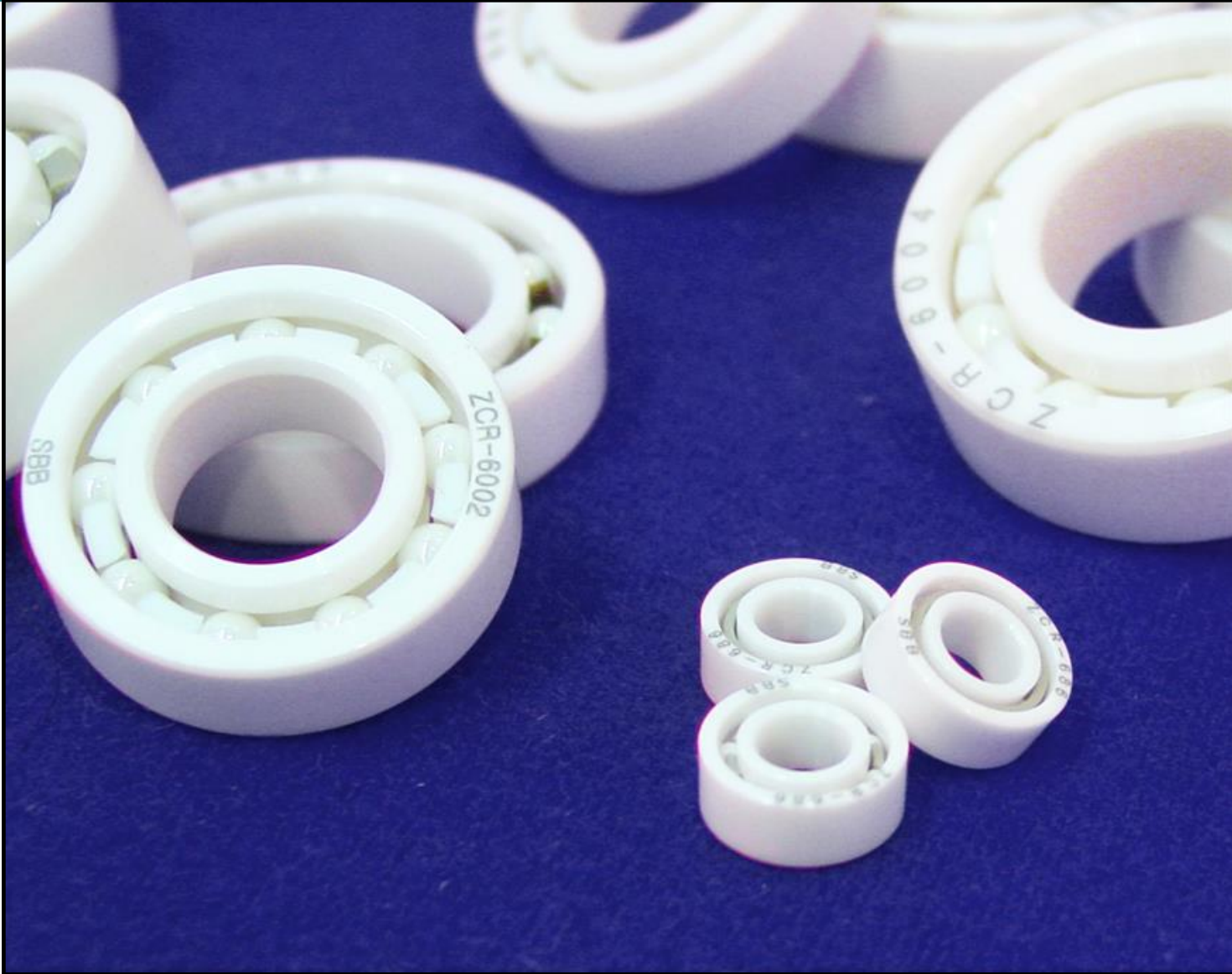
- Egyedülálló mikroszerkezet, fizikai tulajdonságok
- Kis anyagvesztés és gyártási hulladék
- Könnyen és egészében automatizálható
- Különleges ötvözetek és álötvözetek, mechanikus ötvözés
- Nagy tisztaságú anyagok is feldolgozhatók
- Jó pontosság (IT7) és felületi minőség
- Homogén / inhomogén anyagok
- Porózus, önkenő anyagok is előállíthatók
- Nagy olvadáspontú anyagok is feldolgozhatók
- Újra feldolgozható
- Nagy teljesítményű kerámiák porai is
- Fémes és keramikus kompozitok

- Nagy anyagköltség
- Nagy beruházási költség
- Tömeggyártási technológia, kritikus darabszám 50000 és 100000 között
- Általában csak kis és közepes tömegű (20-500 g) darabok
- Egyes porok robbanásveszélyesek és mérgezőek

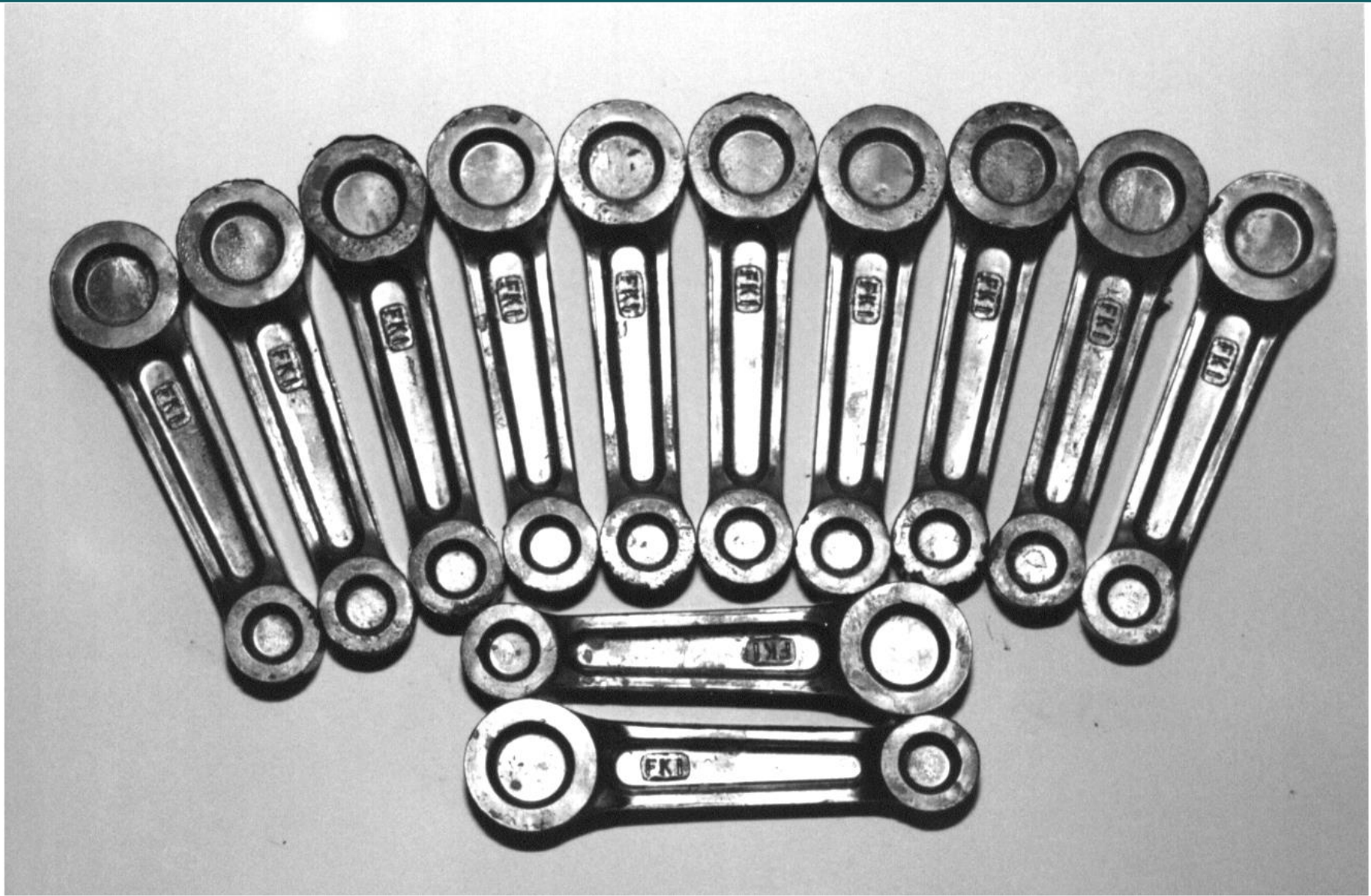
- Különleges, más eljárásokkal nem biztosítható tulajdonságok
  - Porozitás, homogenitás
- Nagy olvadáspontú anyagok esetén
  - Olvasztás nélkül nagy tisztaság, W, Ta, kerámiák...
- NNS technológia igénye (anyag- és energia-kímélés esetén)
- Nagy sorozatoknál (gazdaságosság)







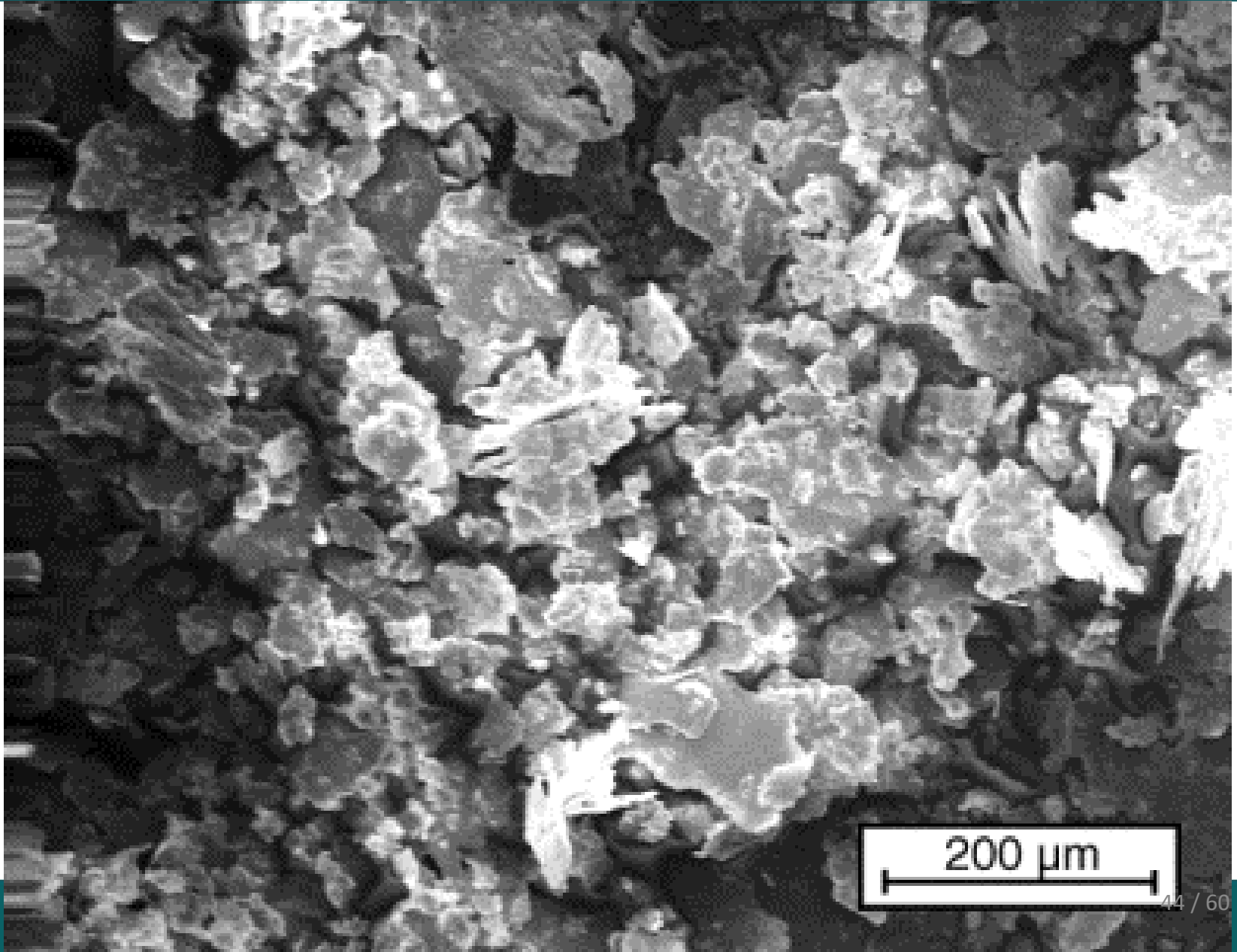


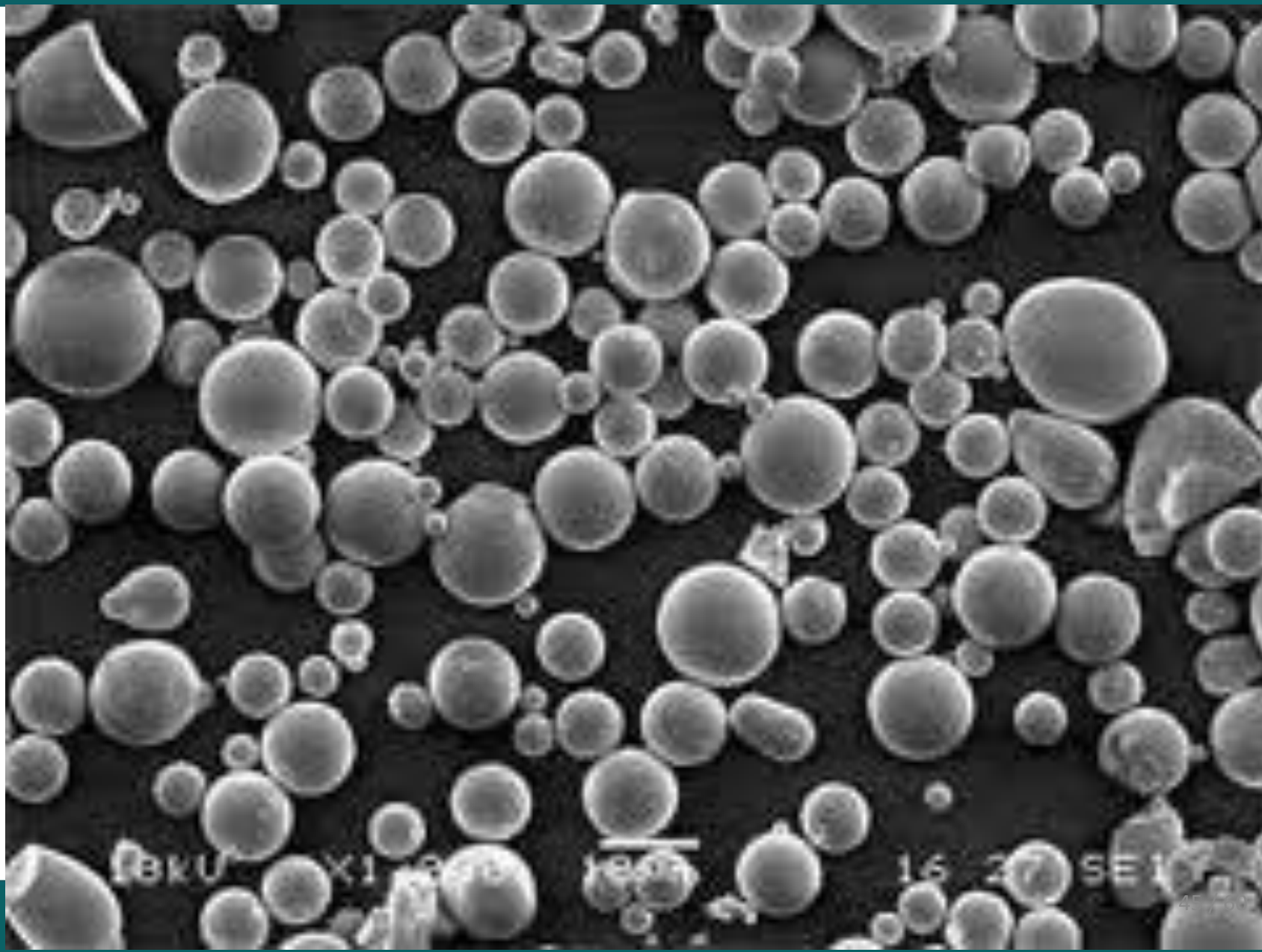


- Porgyártás (a finom por robbanásveszélyes!)
- Por előkészítése
  - Oszályozás, lágyítás, keverés, adalékolás
- Sajtolás, tömörítés
- Hőkezelés (zsugorítás, szinterelés, kiégetés)
- (Esetleg előző két művelet ismétlése)
- Kiegészítő (utó) műveletek
  - Kalibrálás, dombornyomás, felületi kezelés, hőkezelés, átítatás, korrózióvédelem

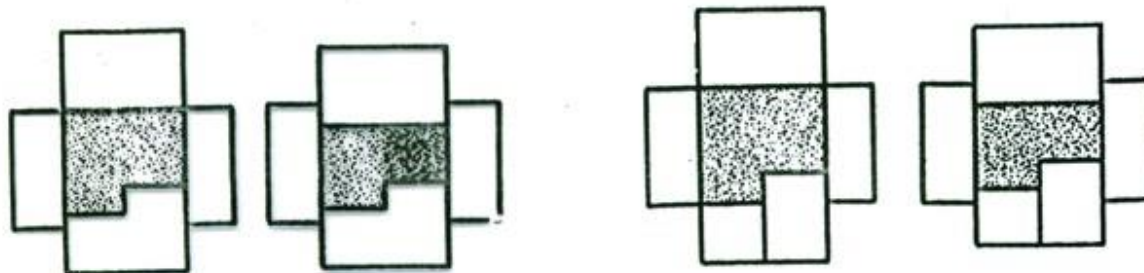
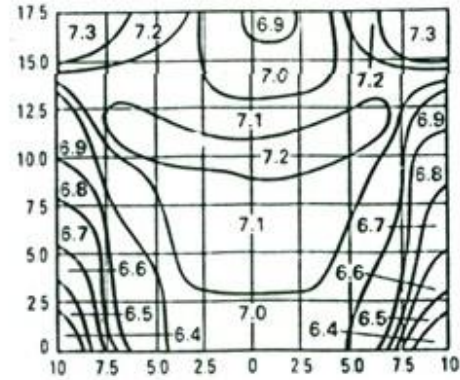
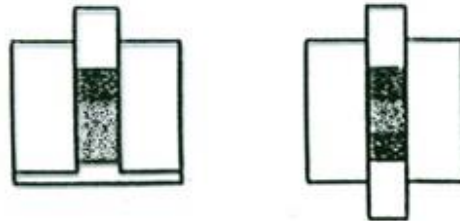
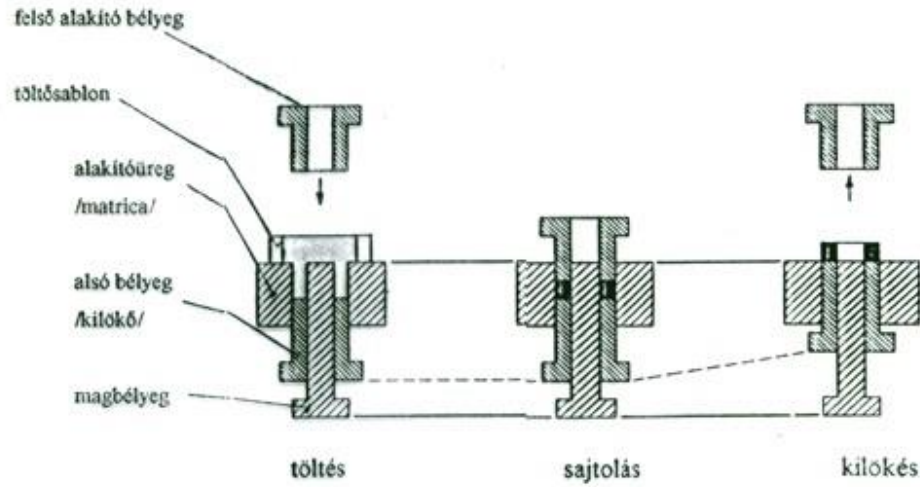
- Mechanikus aprítás
  - Rideg anyagok és ötvözetek
  - Pofás törő, kalapácsos malom, golyós malom, rotációs malom stb.
  - 20-400  $\mu\text{m}$ , szabálytalan alak – filcelődés (jó!)
- Folyékony fémből porlasztással
  - Gáz-, gőz-, vízszugár, forgótárcsa stb.
  - 20-400  $\mu\text{m}$ , szabályos alak
  - Gyorsdermesztéssel különleges ötvözetek



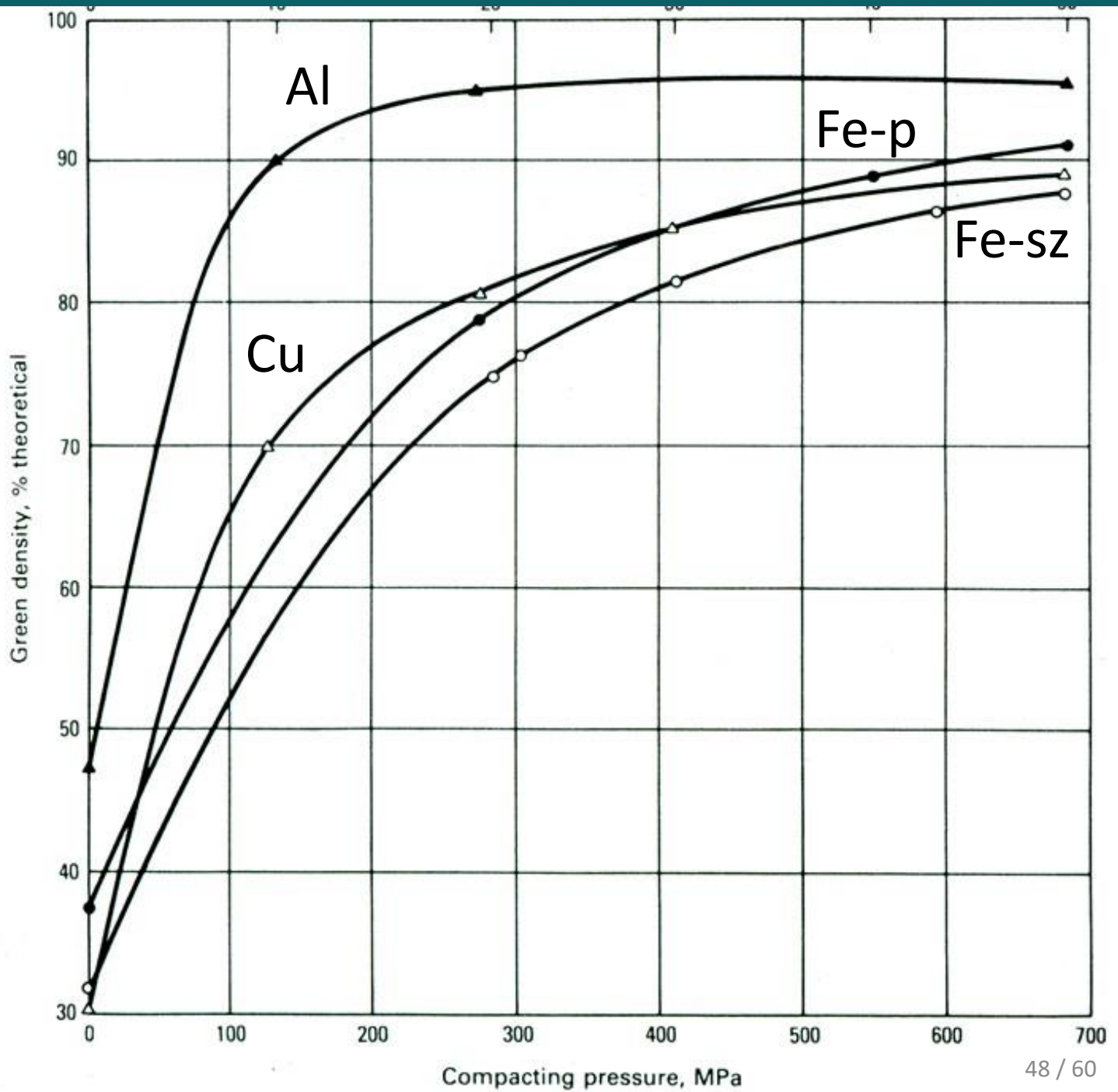




- Kémiai úton
  - Oxidokból redukálással
  - 0,1-10  $\mu\text{m}$
  - Például volfrámoxidból W (hidrogénnel), vagy WC (szénnel) redukálva
- Elektrolízissel (katódon) Cu, Ag, Fe
- Egyéb módszerrel
  - Gőzből kicsapatással, plazmával stb.



# Nyers tömörség – green density

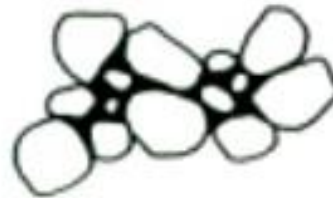




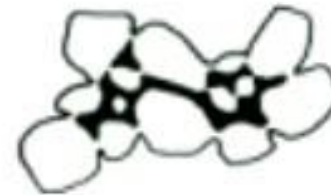
- Cél: diffúziós vagy adhéziós kapcsolat a szemcsék között, miközben az anyag újrakristályosodik
- Nő a sűrűség, a szilárdság, a nyúlás, csökken a térfogat
- Az üregcsökkenés mellett számolni kell a szemcsedurvulással is
- Ez a zsugorítási idő és hőmérséklet összehangolásának kritikus pontja
  - Szemcsenövekedést akadályozó adalékokkal csökkenthető



Kiindulási állapot



Átrendeződés



Nyakképződés



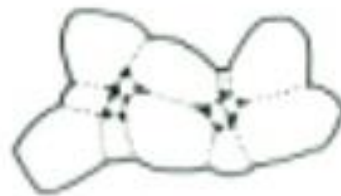
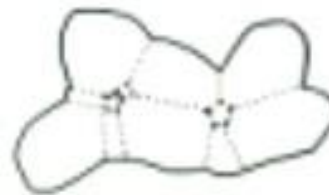
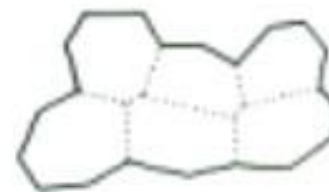
Nyak szélesedés



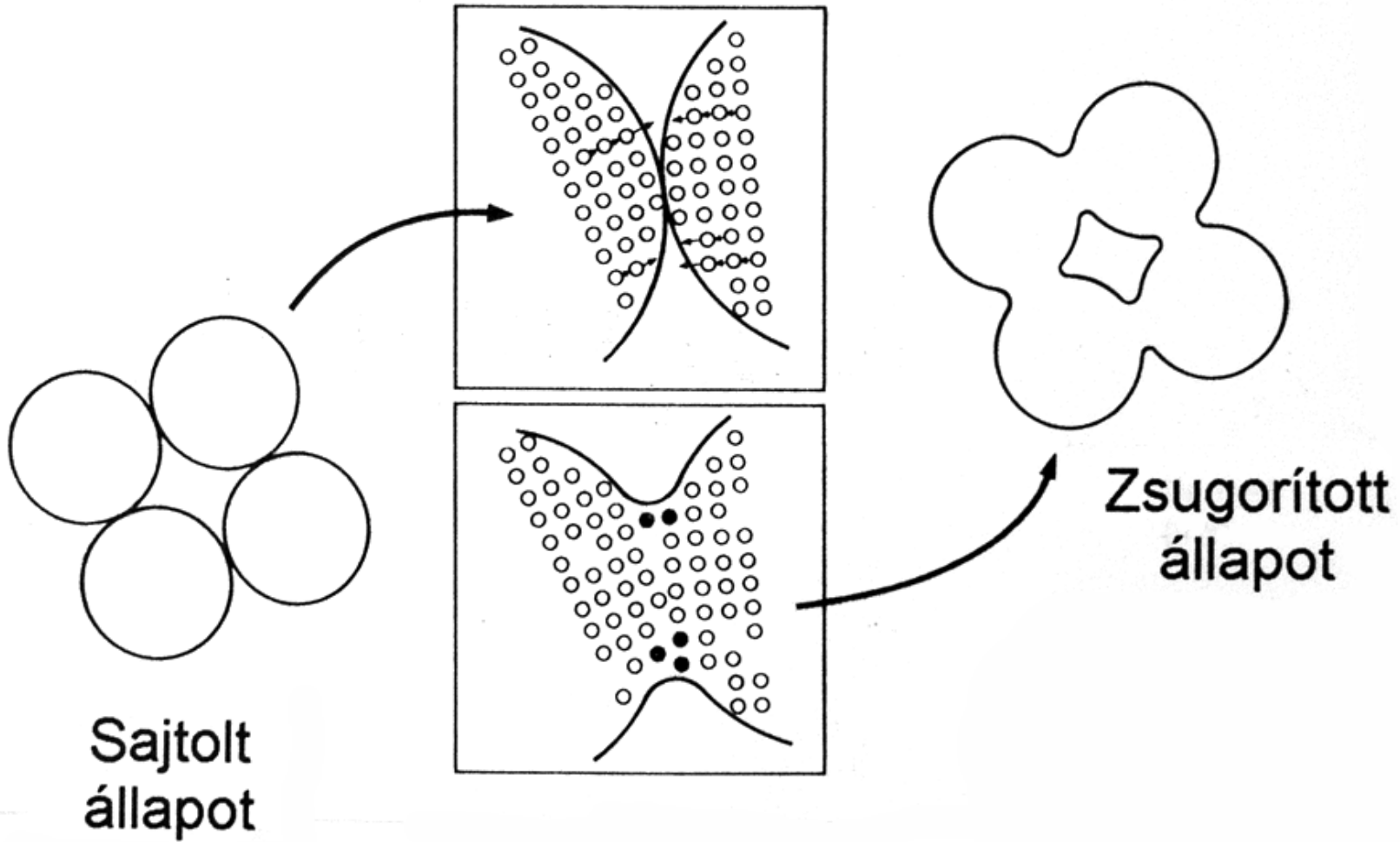
Új szemcsehatárok

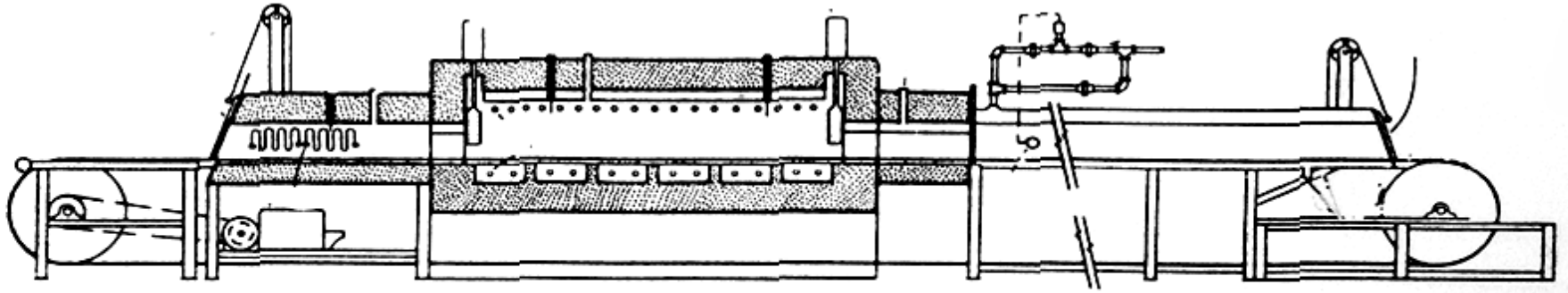


Szemcsehatárok növekedése


 Szemcsenövekedés, nem  
összefüggő pórusok

 Pórusok  
megszűnnek


Szemcsedurvulás





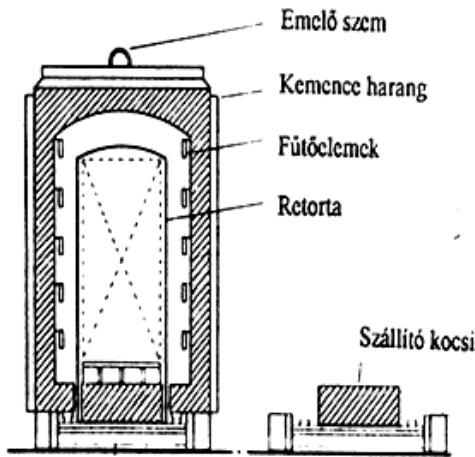
Meghajtás

Kiolvasztó szakasz

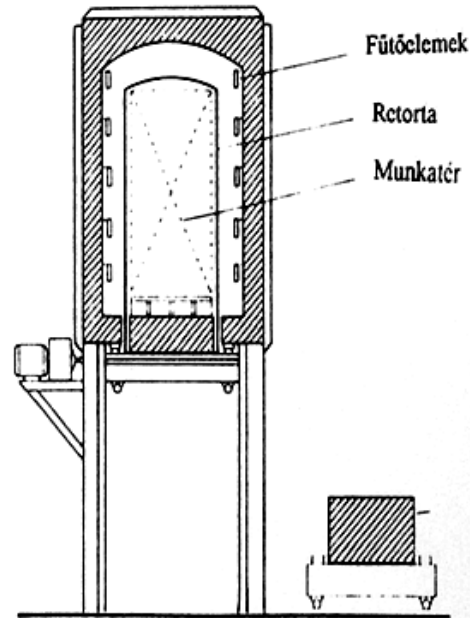
Zsugorító szakasz

Lassú hűtési zóna

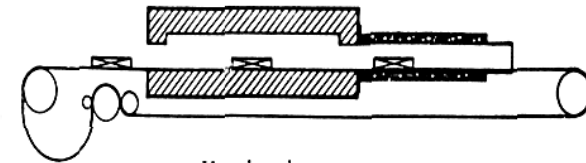
Vízhűtési szakasz



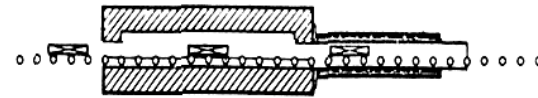
Harang típusú kemence



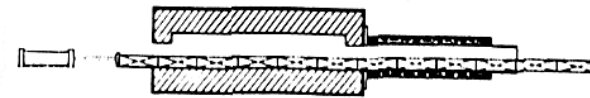
Emelő típusú kemence



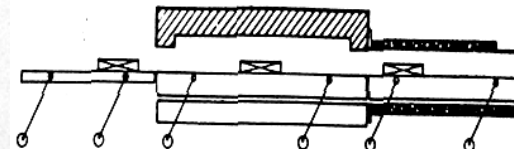
Hevedres kemence



Görgős kemence



Tolókemence



Léptetőgerendás kemence

- Kalibrálás
- Dombornyomás
- Sorjázás
- Hőkezelés
  - Nemesítés, nitridálás, betétedzés, kiválásos keményítés stb.
- Átitatás, telítés
- Felületi kikészítés
  - Gőzölés, festés, galvanikus bevonás stb.

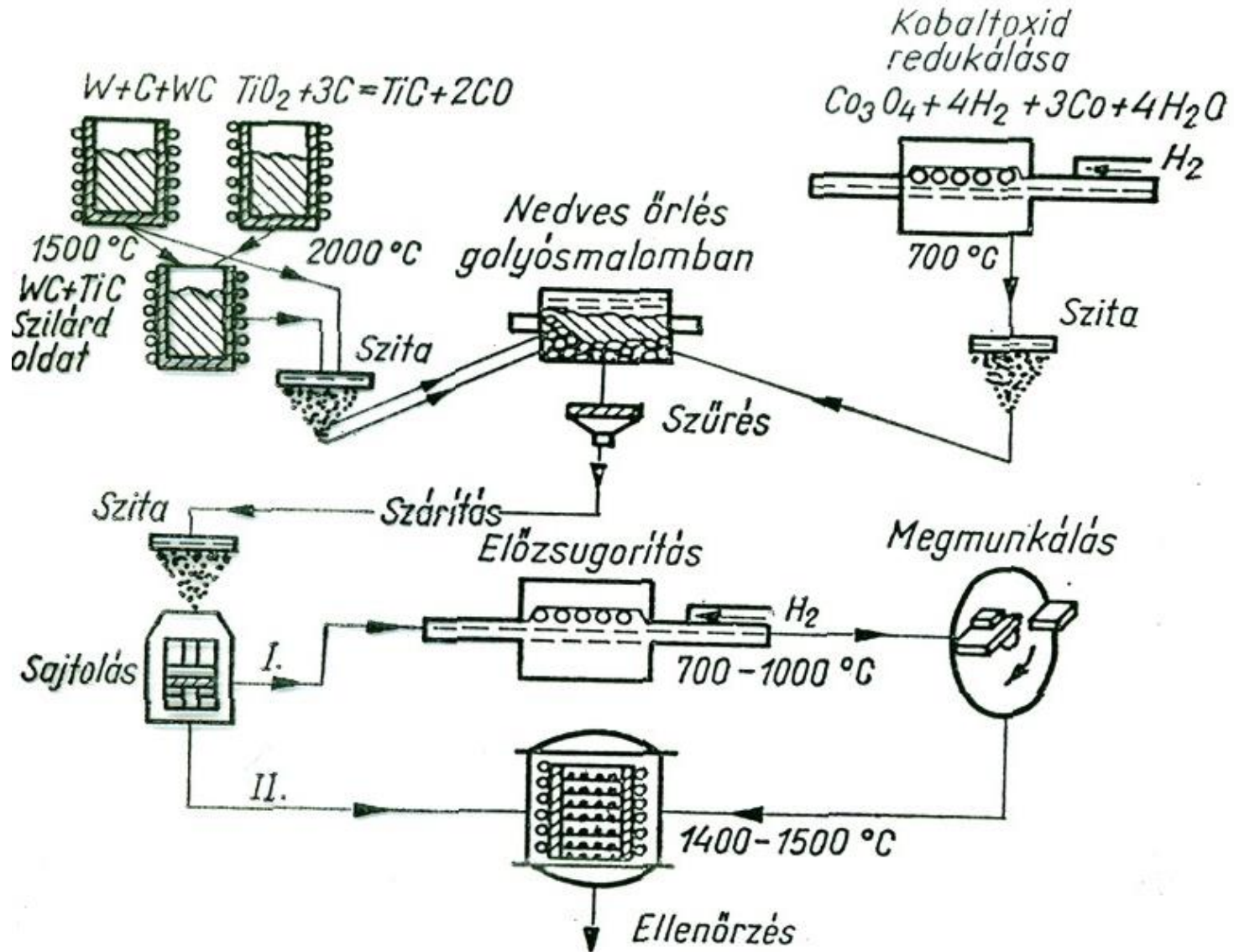
- Anyagköltség 15-25%
- Sajtolás 20-30%
- Szinterelés 20-30%
- Kiegészítő (utó) műveletek 10-20%
- Szerszámköltségek 10-20%



- Izostatikus sajtolás (CIP / HIP)
- Fröccsöntés (fémek, kerámiák)
- Zsugorítás nyomás alatt
- Lézer szinterelés
- Porkovácsolás (kiváló kifáradási határ!)
- Gyorsdermesztett porok, különleges ötvözetek
- Mechanikus ötvözés
- Nanotechnológiák

- Általában porkohászati úton készülnek
- Porsajtólással
- Iszapöntéssel
  - Öntőiszapos eljárás
  - Nyomás alatti présöntés
  - Fröccsöntés
  - Centrifugál öntés
- Zsugorítás

- Cserép, téglá 700-900°C
- Klinker téglá 1150-1250°C
- Csempe, ipari kőanyag 900-1300°C
- Porcelán >1300°C
- WC-Co (Vidia) 1350-1450°C
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, korund 1400-1900°C
- Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 1700-1850°C



Keményfémgyártás vázlatja

<http://www.youtube.com/watch?v=Nt5yXfOE8eE>

# PORROBBANÁS

## 1:13

Dr. Orbulov Imre Norbert – [orbulov@eik.bme.hu](mailto:orbulov@eik.bme.hu)

**KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!**