



Anyagtudomány és Technológia Tanszék




Öntészet, porkohászat


Fémek technológiája

Dr. Orbulov Imre Norbert
Anyagtudomány és Technológia Tanszék

1



Miről lesz ma szó?



- 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

2 / 60

2




ÖNTÉSZET

3 / 60

3



Alapelv



- Az öntészet alapelve, hogy a folyékony fémeket 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

4 / 60

4



Alakadó technológiák összevetése



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

5 / 60

5



Az öntészet rövid története



- 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

6 / 60

6



7

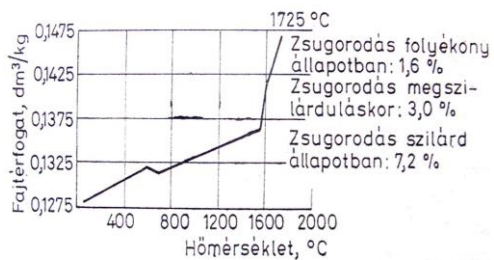
att Milyen anyagokat öntenek? MŰEGYTEM 1782

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

8 / 60

8

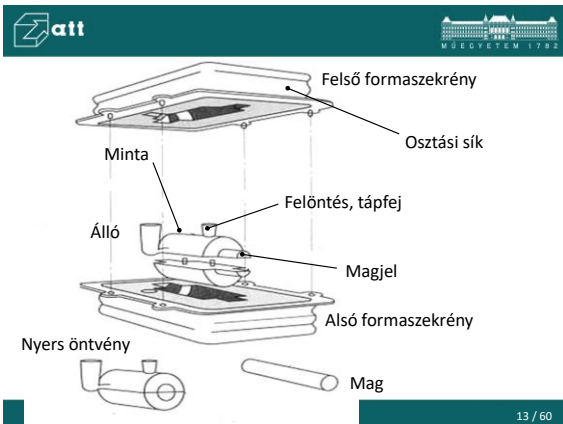
att Zsugorodás MŰEGYTEM 1782



1.46. ábra. A 0,35% korbontartalmú acél

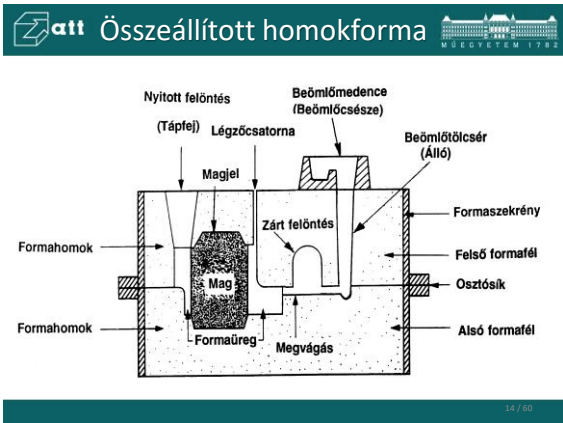
9 / 60

9



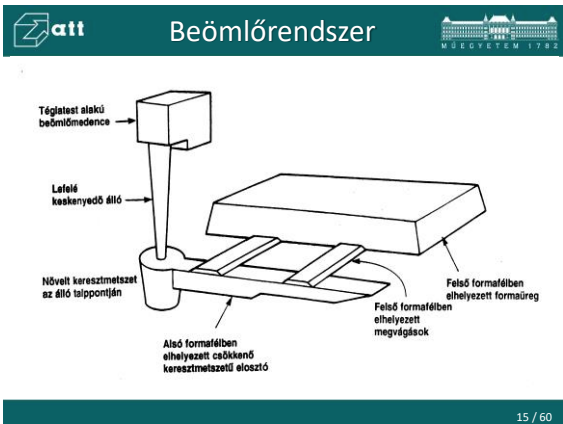
13 / 60

13



14 / 60

14



15 / 60

15

att Kötőanyagok homokformázás

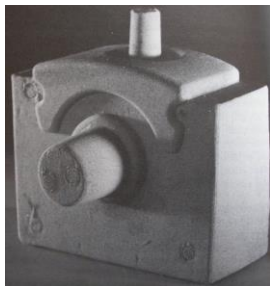
- Nagyobb, tagoltabb formák esetén
 - Amikor az agyagos homok szilárdsága már nem elegendő
- Száritott homokformák
- Kötőanyagok
 - Növényi olajok
 - Vízüveges (+CO₂)
 - Műgyantás
 - Hőre keményedő (hot box)
 - Vegyi kötésű (cold box)
- Héjformázás
- Cementkötés

16 / 60

16

att Műgyantás eljárások

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

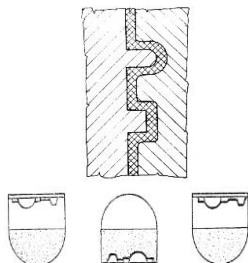


17 / 60

17

att Héjformázás

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



18 / 60

18


att Pontosabb öntési eljárások 

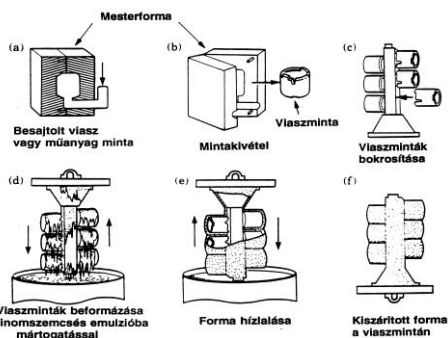
- (Kötőanyagossal) homokformázás
- Precíziós öntés
- Keramikus formázás
- Gravitációs kokillaöntés
- Nyomásos öntés
 - Kisnyomású melegkamrás
 - Nagynyomású melegkamrás
 - Nagynyomású hidegkamrás
 - Sajtoló öntés



19 / 60


19

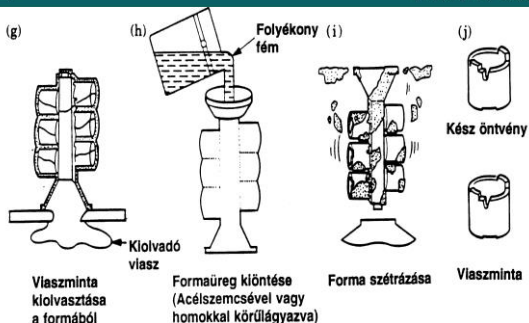
att Precíziós öntés 



20 / 60

20

att Precíziós öntés 



21 / 60

21



Precíziós öntés



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

22 / 60

22



<http://www.youtube.com/watch?v=dOw624j9FDQ>

PRECÍZIÓS ÖNTÉS

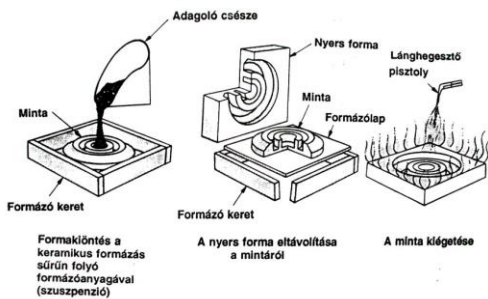
1:38

23 / 60

23




Keramikus formázás



24 / 60

24

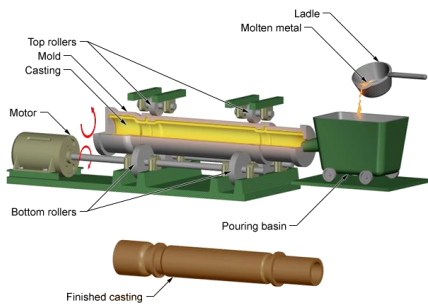
att Gravitációs kokillaöntés  MŰEGYTEM 1782



25 / 60

25

att Centrifugális kokillaöntés  MŰEGYTEM 1782



26 / 60

26

att  MŰEGYTEM 1782

http://www.youtube.com/watch?v=113cm_U2EBk

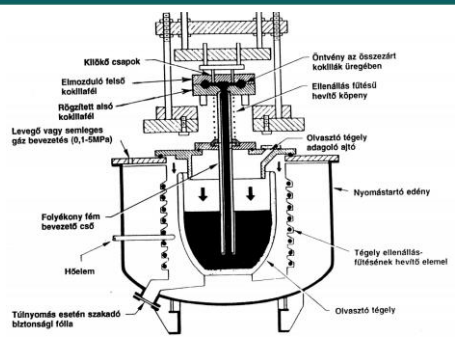
CENTRIFUGÁLIS ÖNTÉS

3:46

27 / 60

27

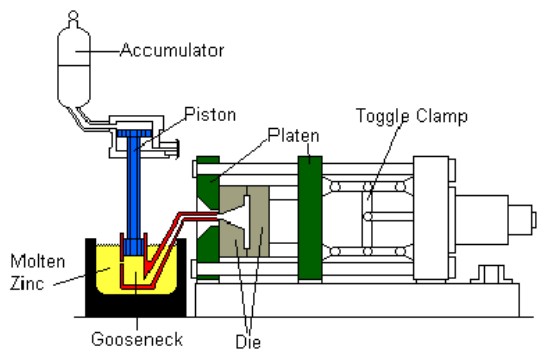
att Kisnyomású melegkamrás öntés 



28 / 60

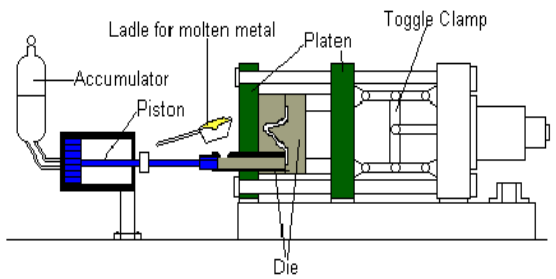
28

att Nagy nyomású melegkamrás öntés 



29

att Nagy nyomású hidegkamrás öntés 



30 / 60

30

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	legalacsonyabb	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

31

Eljárás/tömeg (kg)		0.01	0.1	1	10	100	1000	10000	100000
1	Nyers homokforma								
2	Szárított felületű homok								
3	Szárított homokforma								Ra=100µ
4	Krómmagnezit keverék								
5	Samotkeverék								
6	Vízűveg+CO ₂ 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
Kokillaöntés (Al, Mg, Cu)									
11	gravitációs öntés								Ra10-50
12	nyomásos öntés								Ra1.6-10

32

Eljárás/tömeg (kg)		0.01	0.1	1	10	100	1000	10000	100000
1	Nyers homokforma								
2	Szárított felületű homok								
3	Szárított homokforma								Ra=100µ
4	Krómmagnezit keverék								
5	Samotkeverék								
6	Vízűveg+CO ₂ 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
Kokillaöntés (Al, Mg, Cu)									
11	gravitációs öntés								Ra10-50
12	nyomásos öntés								Ra1.6-10

PORKOHÁSZAT

33



A porkohászat elve



- Porok (+adalékanyagok) sajtólása 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 termelékenyséű, jó kihozatalú, kis energiaigényű technológia
- Tipikus NNS technológia

34 / 60

34



A porkohászat rövid története



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

35 / 60

35



A porkohászat előnyei



- Egyedülálló mikroszerkezet, fizikai tulajdonságok
- Kis anyagveszteség és gyártási hulladék
- Könnyen és egészében automatizálható
- Különlleges 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
- Fémek és kerámiás kompozitok

36 / 60

36

att A porkohászat hátrányai

- 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

37 / 60

37

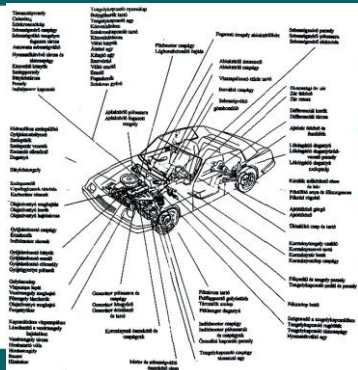
att Mikor alkalmazzuk?

- 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)

38 / 60

38

att



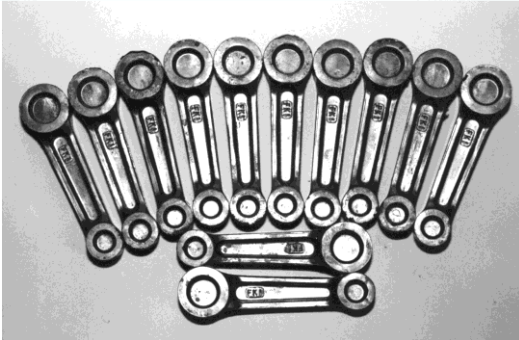
39 / 60

39



40 / 60

40



41 / 60

41

- 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, átitatás, korrózióvédelem

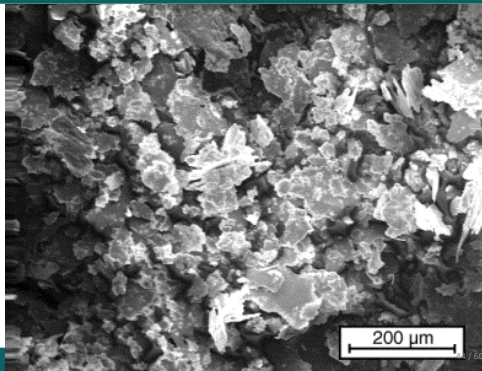
42 / 60

42

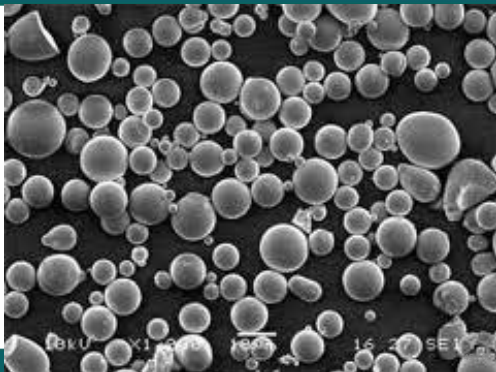
- Mechanikus aprítás
 - Rideg anyagok és ötvözetek
 - Pofás törő, kalapácsos malom, golyós malom, rotációs malom stb.
 - 20-400 μm , szabálytalan alak – filcelődés (jó!)
- Folyékony fémből porlasztással
 - Gáz-, gőz-, vízsugár, forgótárcsa stb.
 - 20-400 μm , szabályos alak
 - Gyorsdermesztéssel különleges ötvözetek

43 / 60

43



44

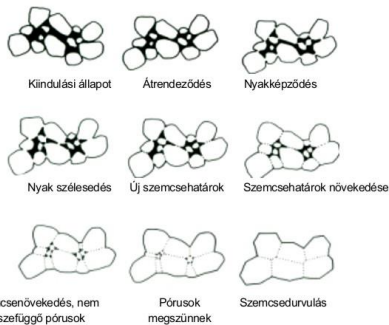


45

- 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

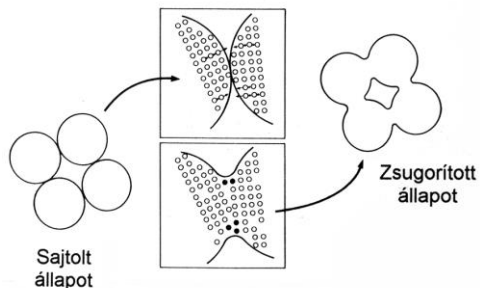
49 / 60

49



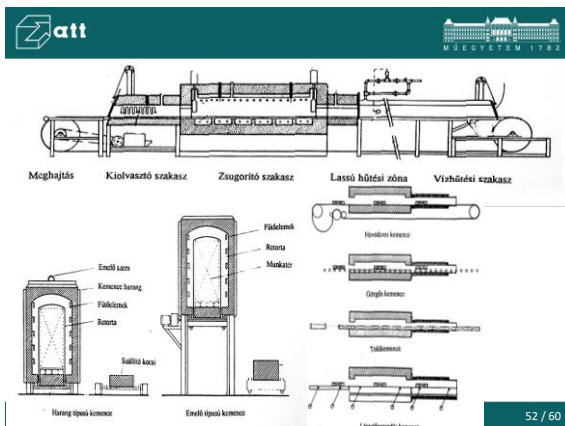
50 / 60

50



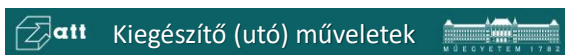
51 / 60

51



52 / 60

52



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

53 / 60


53



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

54 / 60

54


Korszerű porkohászati eljárások


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

55 / 60



55


Kerámia alkatrészek


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

56 / 60

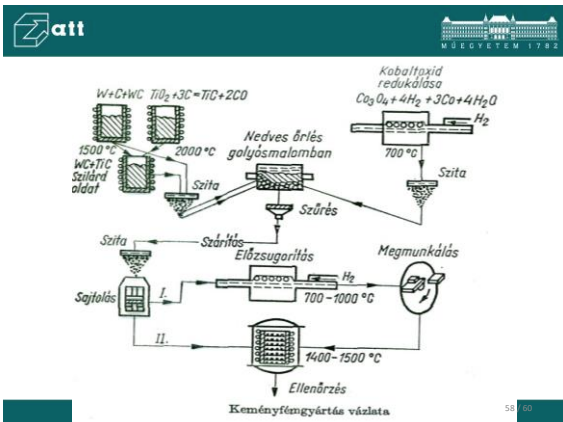
56


Néhány kiegészítő hőmérséklet


- | | |
|---|-------------|
| • 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 ₂ O ₃ , korund | 1400-1900°C |
| • Si ₃ N ₄ | 1700-1850°C |

57 / 60

57



58 / 60

58



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

PORROBBANÁS

1:13

59 / 60

59



Dr. Orbulov Imre Norbert – orbulov@eik.bme.hu

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

60 / 60

60