



Anyagtudomány és Technológia Tanszék



Fémek technológiája

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

1



Fontos Tudnivalók



- Az anyagszerkezetant tudni kell
- Cél: mérnöki anyagok, alakadási és kötési technológiák, anyagválasztás
- Laborok a G épületben, gyülekező az aulában
 - Beugró, pótlás
- Beadandó feladat: anyagválasztás
- Szóbeli vizsga
- Szakkollégium – GLSz
- Szakosztályok – HSzO, ASzO, OTSz





2 / 59

2



Szakirodalom



KÖTELEZŐ SZAKIRODALOM

Fémek és kerámiák technológiája

Artinger – Csikós – Krállics – Németh – Palotás
Könyvtár, antikvárium

Ajánlott a könyvespolcra

Acélok, öntöttvasak

Szabadíts Ödön

3 / 59

3

att Anyagtudomány és Technológia Tanszék

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
MÜEGYTEM 1782

Nyersvas- és acélgártás

Fémek Technológiája
Dr. Orbulov Imre Norbert
BMEGEMTBGF1

4

att Az előadás fő pontjai

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
MÜEGYTEM 1782

- A nyersvas és az acél definíciója
- A nyersvasgyártás technológiája
 - Érc, betétanyagok
 - A nagykohó működése
 - A kész nyersvas
- Acélgártás
 - Linz-Donavitz eljárás
 - Elektroacélgártás
- Félkész acéltermékek

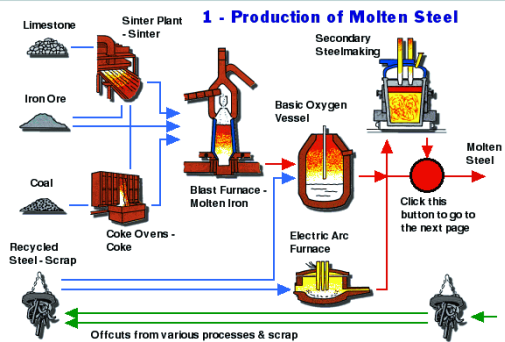


5 / 59

5

att Mit fogunk ma megtanulni?

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
MÜEGYTEM 1782



6 / 59

6



Mi történik a nagyolvasztóban?



- A nagyolvasztóban redukció történik
 - Vasérc redukciója – Fe
 - Ötvözők is redukálódnak
 - Mn, Si, Ni, Co, V, Cr, Ti, Cu, ... (max. néhány százalék)
 - Szennyezők is bekerülnek
 - S – MnS, FeS, komplex vegyületek, zárványok
 - P – komplex vegyületek
 - O – oxidok: nagy olvadáspontú, rideg zárványok

16 / 59

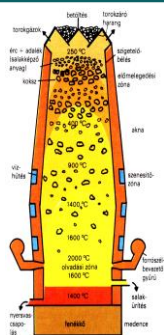
16



Redukció



- Redukálószerke
 - C – direkt redukció
 - CO – indirekt redukció
 - H₂
- Reakciók
 - $\text{Fe}_x\text{O}_y + \text{C} \leftrightarrow \text{Fe}_x\text{O}_{y-1} + \text{CO}$
 - $\text{Fe}_x\text{O}_y + \text{CO} \leftrightarrow \text{Fe}_x\text{O}_{y-1} + \text{CO}_2$
 - $\text{Fe}_x\text{O}_y + \text{H}_2 \leftrightarrow \text{Fe}_x\text{O}_{y-1} + \text{H}_2\text{O}$
- Továbbá
 - $\text{CO}_2 + \text{C} \leftrightarrow 2\text{CO}$



17 / 69

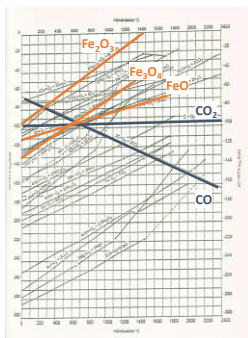
17



Termodinamikai alap



- Oxidképződés szabadenergia változása
- Kisebb szabadenergia
- FeO már 690 °C-tól redukálható



18 / 59

18



A folyamat terméke



- A nyersvas és a salak a nagyolvasztó alján gyűlik össze
 - Salak felül
 - ~4% C tartalmú nyersvas alul
 - Eltérő magasságokban történő csapolás üstökbe
- Fehérnyersvas (Mn, karbidos)
- Szürkenyersvas (Si, grafitos)
- Acél- / öntödei nyersvas



19 / 59

19



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

Csapolás
0:41

20 / 59

20



Szennyezők csökkentése



- Már a nagyolvasztóban igyekeznek a szennyezők mennyiségét csökkenteni
 - S
 - P
 - Cu
- A kén nagy része salakba vihető, az oldékonyság a salak összetételével változik

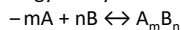
21 / 59

21

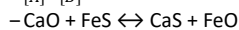


• Tömeghatás törvénye

– A reakciók kiinduló és termék anyagainak dinamikus egyensúlyából indul ki



$$-\frac{[\text{A}_m\text{B}_n]}{[\text{A}]^m[\text{B}]^n} = K(T)$$



$$-\frac{[\text{CaS}][\text{FeO}]}{[\text{FeS}][\text{CaO}]} = K(T)$$

– [] – fémfürdőben

– () – salakban

22 / 59

22



• Megoszlási törvény

– Azt mutatja meg, hogy az anyagok, reakciótermékek milyen arányban oszlanak meg a salak és a fémfürdő között

$$-\frac{(\text{FeO})}{[\text{FeO}]} = L(T)$$

– [] – fémfürdőben

– () – salakban

– Ha $\frac{(\text{FeO})}{[\text{FeO}]} > L(T)$, akkor a salak oxidáló

– Ha $\frac{(\text{FeO})}{[\text{FeO}]} < L(T)$, akkor a salak redukáló

23 / 59

23

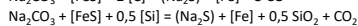
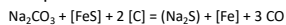


• A nagyolvasztón kívül, külön üstben történik

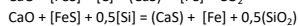
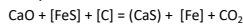
• Keverékes eljárás

• Célja: 0,005...0,012% S tartalom elérése

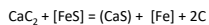
• Szóda alapú salakkal



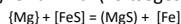
• Mész alapú salakkal



• Kalcium-karbiddal



• Magnéziummal (költséges)



24 / 59

24



- Bázikus béléstű kemence
- Sok CaO és FeO a salakban
- A keletkező salak lehűzése és újraképzése
- $4(\text{CaO}) + 5(\text{FeO}) + 2[\text{P}] + 5\text{C} = ((\text{CaO})_4\text{P}_2\text{O}_5 + 5[\text{Fe}] + 5\{\text{CO}\})$

25 / 59

25

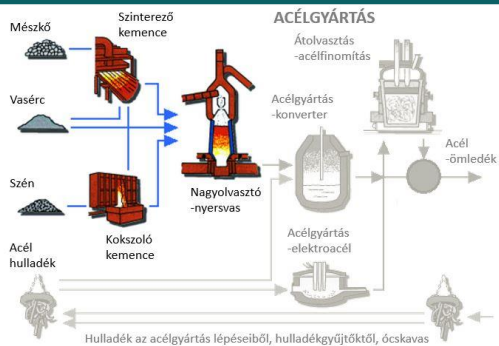


<http://www.youtube.com/watch?v=kPH4dJUVofc>

Üstmetallurgia
2:29

26 / 59

26



27 / 59

27



Acélgyártás



- Az acél a vas legfeljebb 2,1% karbonnal alkotott ötvözete (további elemeket is tartalmaz(hat))
- Az acélgyártás kiinduló anyaga az acélnyersvas és az ócskavas
- A szénttartalom beállításáról és a „káros” elemek eltávolításáról kiégetéssel gondoskodnak
- Az acélokat „hasznos” elemekkel folyékony állapotban ötvözik
- A folyékony acélt kokillákba, vagy folyamatos öntőgépekbe öntik és kristályosítják

28 / 59

28



Az acélgyártás lépései



- Frissítés
- Dezoxidálás
- Ötvözés
- Öntés
 - Kokillába
 - Folyamatos
- Finomítás
 - Átolvasztás, vákuum alatti átolvasztás



29 / 59

29



Frissítés vagy oxidáció



- Cél a C, P és H₂ tartalom csökkentése
- 99% tiszta O₂ befúvatása
- A kiegészítő elemek nyomán hő szabadul fel
- A CO és CO₂ keletkezése nyomán a fürdő élénk fővésben van
- Ciklusidő: 18-20 perc
- S és P tartalom csökkentéséhez további mészpórák és folyópát adagolás

30 / 59

30



Dezoxidálás vagy csillapítás



- Cél a frissítés során az acélba oldott O tartalom csökkentése, a gázhólyagok elkerülése
- Mn, Si és Al adalékolásával érik el a célt
 - Mn: O tartalom csökken, de öntéskor még mindig reakcióképes mennyiség, CO szabadul fel – csillapítatlan acél
 - Mn+Si(+Al): nincs CO fejlődés – csillapított acél
- A csillapítószer oxidokat képez – salak

31 / 59

31



Ötvözés



- Az acélok tulajdonságai az ötvözőik pontos és tervezett beállításával széles határok között változtathatók
- Az ötvözés történhet az acélglyártás során, vagy külön üstben
- Az ötvözőket általában előtömbök formájában adagolják az ömledékhez

32 / 59

32




Primer öntés

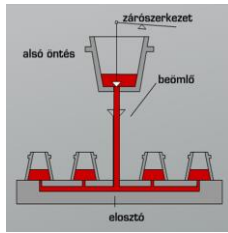
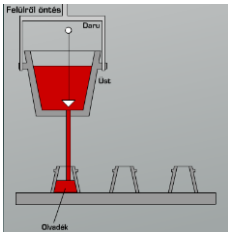


- Cél: a megolvadt acél megszilárdítása további feldolgozásra alkalmas formában
 - Tuskó- vagy kokilla öntés
 - Folyamatos öntés
- Meghatározó: további felhasználás
 - Hengerlés, öntés, kovácsolás stb.
- A kokillába öntés mára már visszaszorult, kovácsolás, csőhengerlés előtt alkalmazzák, illetve különleges acélminőségeknél (kis adag)
- Folyamatos öntéssel általában melegalakító hengerműre dolgoznak

33 / 59

33


att Kokillába öntés  MŰEGYTEM 1782



- + egyszerű, termelékeny
- - fröccsenés
- + egyenletes kitöltés
- - lassú, oxidálódik

34 / 59

34

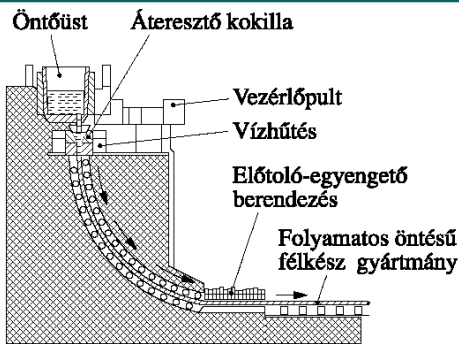
att Kokillába öntés  MŰEGYTEM 1782



35 / 59

35

att Folyamatos öntés  MŰEGYTEM 1782



36 / 59

36



Acélgártó eljárások



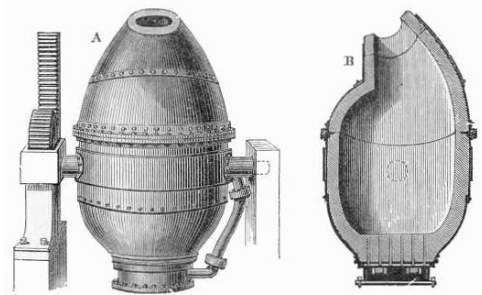
- Bessemer-féle szélfrissítéssel eljárás
- Siemens-Martin eljárás
- Linz-Donavitz eljárás
- Elektroacélgártás
 - Ívfényes kemencében
 - Indukciós kemencében

37 / 59

37



Bessemer-féle eljárás

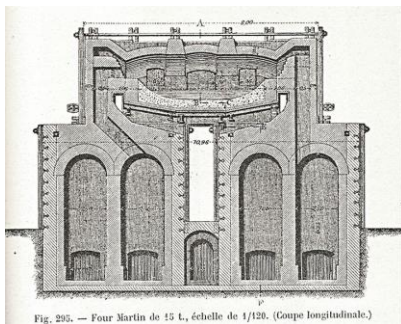


38 / 59

38



Siemens-Martin eljárás



39 / 59

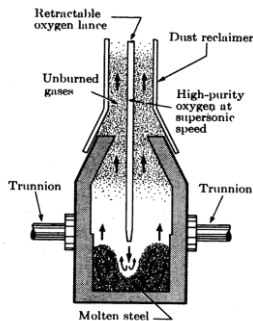
39



Linz-Donavitz acélgártás



- Körte alakú, billenthető konverter
- Betét:
 - Acélhulladék
 - Folyékony nyersvas
 - Adalékok
- Égéstáplálás befúvással
- Hőforrás a kiégések hője
- 0,02-0,3% C tartalom
- ~20 perc ciklusidő

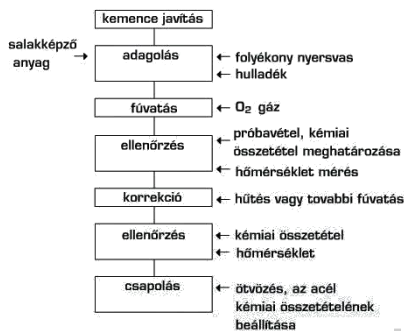


40 / 59

40



A Linz-Donavitz eljárás munkarendje



41 / 59

41



A konverter csapolása



42 / 59

42



- Két fő változata a legelterjedtebb
 - Ívfényes kemence
 - Indukciós kemence
- Nagy villamos energia fogyasztás
- Nagyon jól szabályozhatók
- Ötvözött és különleges acélok gyártásához nagyon kedvezőek jó szabályozhatóságuk okán

43 / 59

43



- Adagberakás
 - Kosaras módszer, a fedél leemelhető
- Beolvasztás
 - Ívgújtás a teljesítmény ~80%-val
 - Indukciós olvasztás
- Frissítés
 - Mész (CaO) és folyópát (CaF₂) ~1630 °C
 - Oxigént is alkalmazhatnak, a C tartalmat kicsit a tervezett alá viszik

44 / 59

44



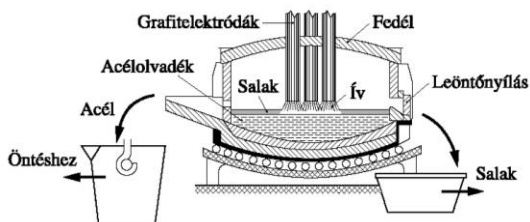
- Salaklehúzás
 - Előtte kémiai elemzés
- Kikészítés
 - Kívánt C tartalom beállítása
 - Ferromangán, ferroszilícium – új salak
 - Ötvözés (gyakran már külön üstben)
- Csapolás
 - Többnyire billentéssel

45 / 59

45



Ívfényes elektroacélgártás



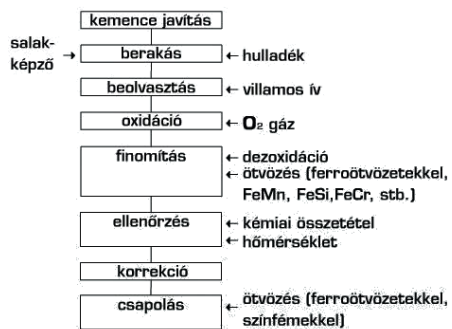
- Fémolvadék és/vagy szilárd betét
- Hő az elektróda és a betét közti ívből
- Jól szabályozható, pontos összetételű acél

46 / 59

46



Az ívfényes kemence munkarendje



47 / 59

47



<http://www.youtube.com/watch?v=nolpiat6Sk0>

Elektroacél kemence ócskavas adalékolás
3:01

48 / 59

48

<http://www.youtube.com/watch?v=G6Uxh-xtU-g>

Ívfényes kemence működés közben

3:17

49 / 59

49

http://www.youtube.com/watch?v=3gg9_zTlg4M

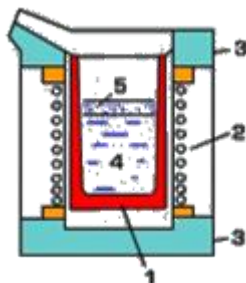
Elektróda a kemencében

1:08

50 / 59

50

- Szilárd betét
- Hőforrás az indukált áram Joule-hője
- Ötvözéshez kiváló
- Átolvasztáshoz is jól használható
- Nagyon jól szabályozható
- Gyors



51 / 59

51

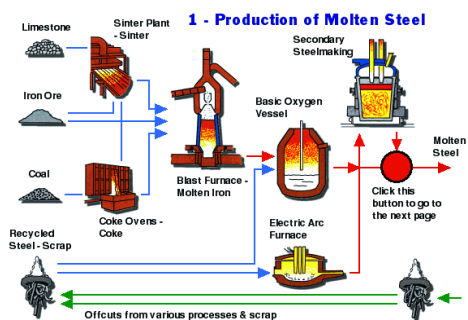
<http://www.youtube.com/watch?v=Q6Zrnnv4OtbU>

Lebegtetés
4:03

52 / 59

52

Hol tartunk most?



53 / 59


53

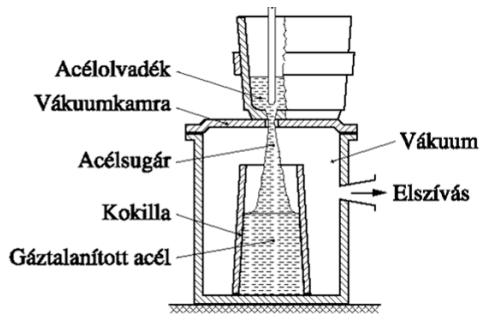
Acélok utókezelése - finomítás

- Üstmetallurgia
 - Dezoxidálás, átöblítés, ötvözés stb.
- Sugárvákuumozás
 - Folyékony acélsugár öntése vákuumban, erős gáztalanító hatás
- Vákuumívfényes átolvasztás
 - Katód az átolvasztani kívánt acélrúd, anód a réz kád, a rúd megolvad és gáztalanodik
- Elektrosalakos átolvasztás
 - A megolvadt salakon átfolyó leolvadt acél elektróda gáz- és szennyezőtartalma csökken

54 / 59


54

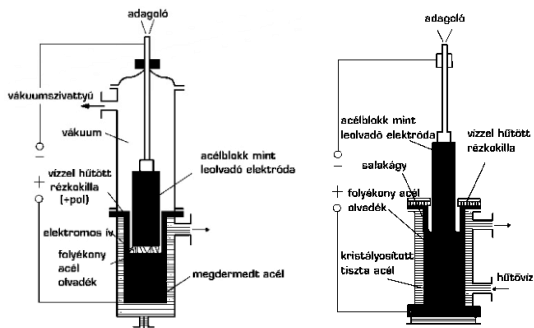
att Sugárvákuozás 



55 / 59

55

att Vákuumíványes és elektrosalakos átolvasztás 



56 / 59

56

att 

<http://www.youtube.com/watch?v=KtbWVp3xEqI>

Ahogy már ne csináljuk...
2:33

57 / 59

57



<http://www.youtube.com/watch?v=8sO7cOUTT84>

AMIÉRT NEM JÓ KÖZEL LENNI...
0:31



58



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

Köszönöm a figyelmet!



59
