

# Fémek technológiája

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

- 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



# KÖTELEZŐ SZAKIRODALOM

## **Fémek és kerámiák technológiája**

Artinger – Csikós – Krállics – Németh – Palotás

Könyvtár, antikvárium

Ajánlott a könyvespolcra

## **Acélok, öntöttvasak**

Szabadíts Ödön

# Nyersvas- és acélgyártás

Fémek Technológiája

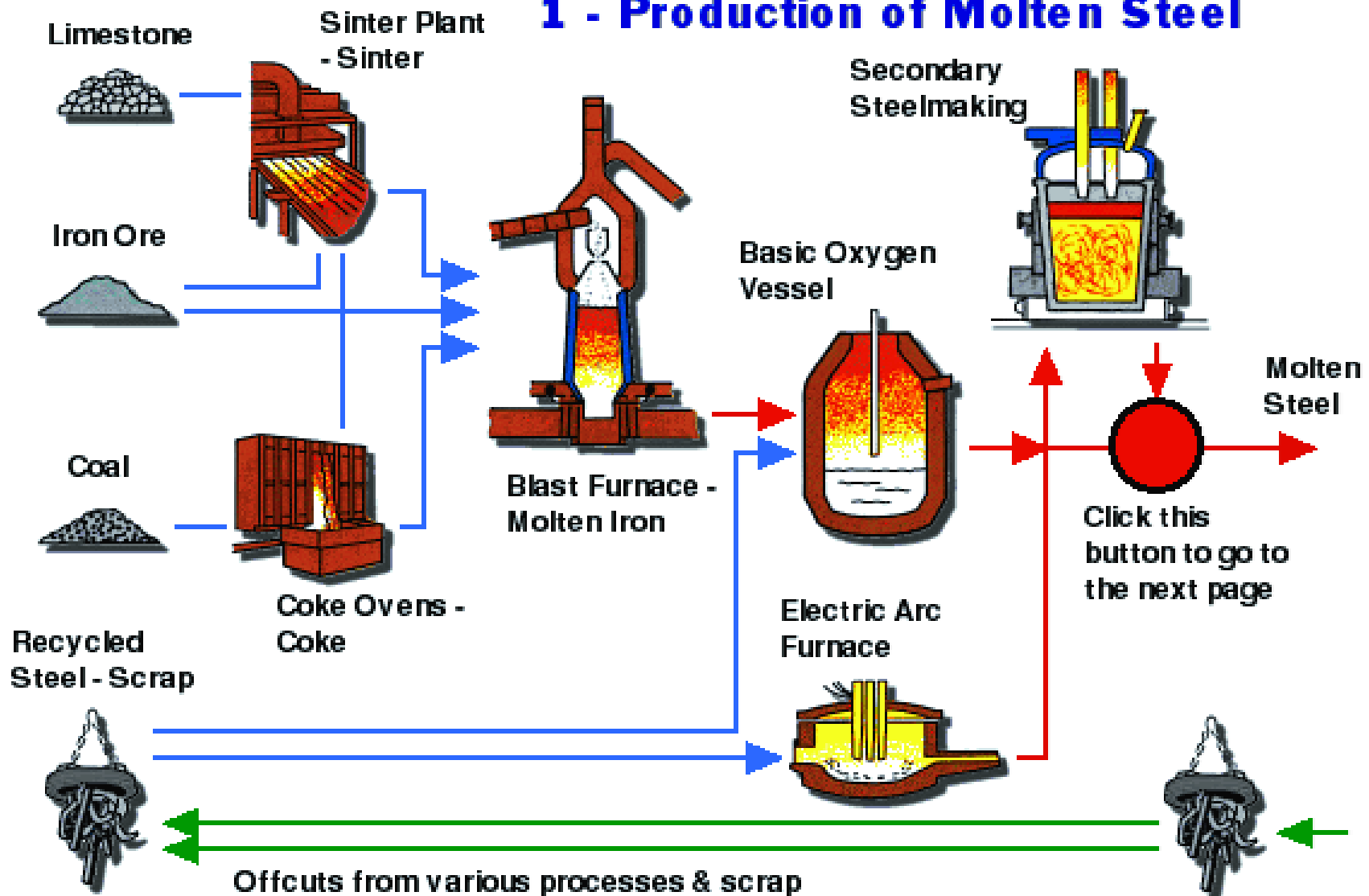
Dr. Orbulov Imre Norbert

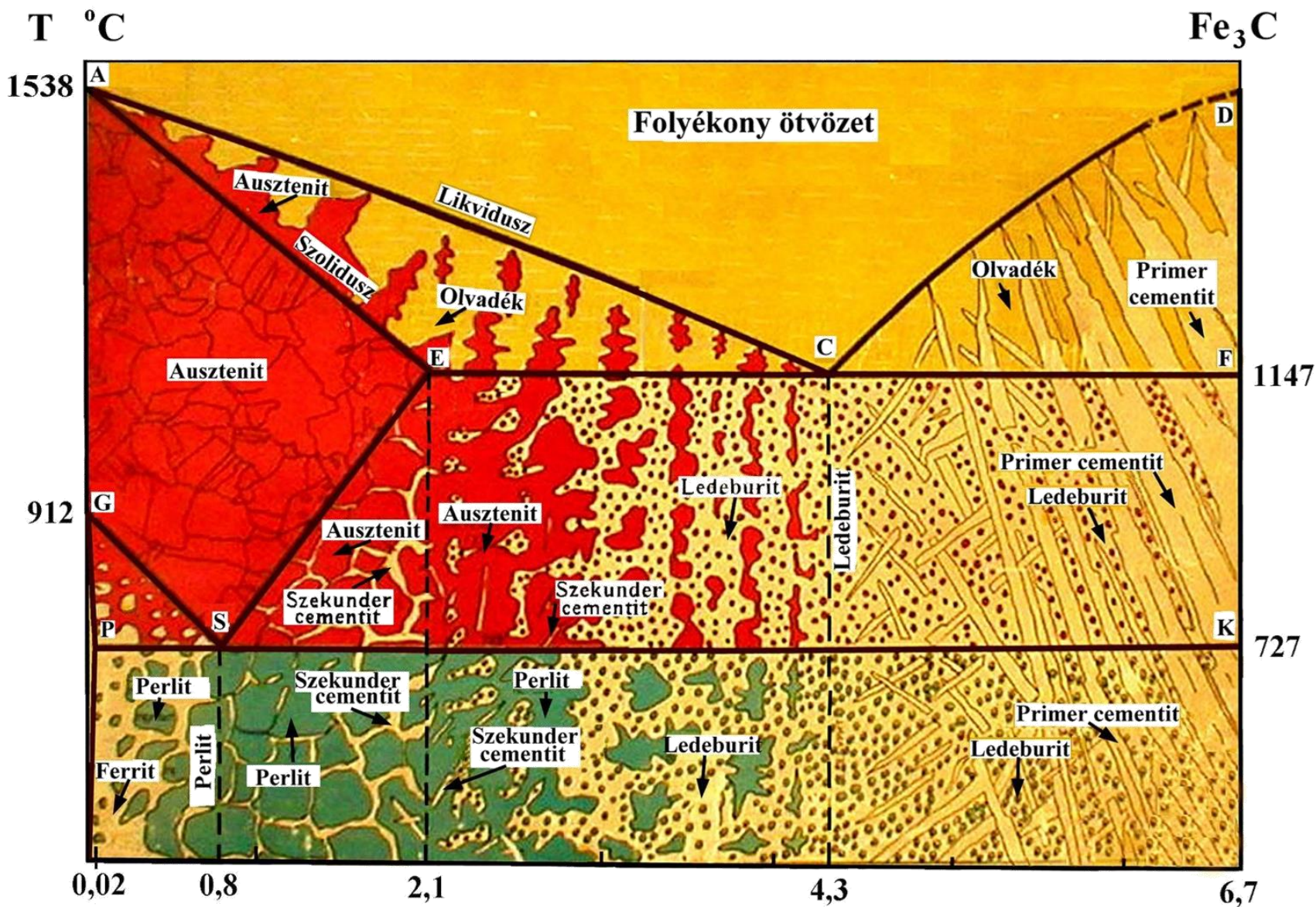
BMEGEMTBGF1

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



## 1 - Production of Molten Steel





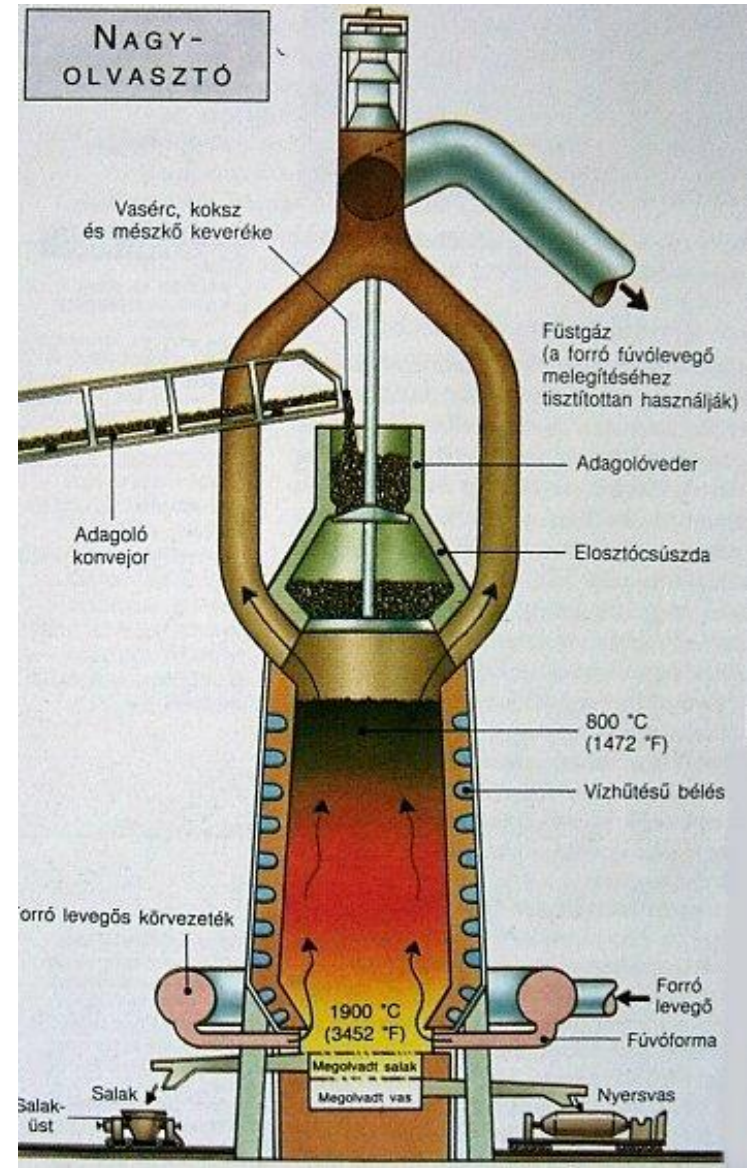
- A nyersvasgyártás ércbányászattal kezdődik
  - Hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 50-70% Fe, vörösvasérc)
  - Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , 35-65% Fe, mágnesvasérc)
  - Hidrohematit
  - Goethit
  - Limonit
  - Sziderit





- Az érc a természetben nem szép kristályok, hanem darabos kőzet formájában van jelen
- Örlés
- Dúsítás
- Zsugorítás, szinterezés
- Pelletezés
  - 1-5 mm szemcsenagyság, belső porozitás, nagy fajlagos felület, gáz átjárhatóság



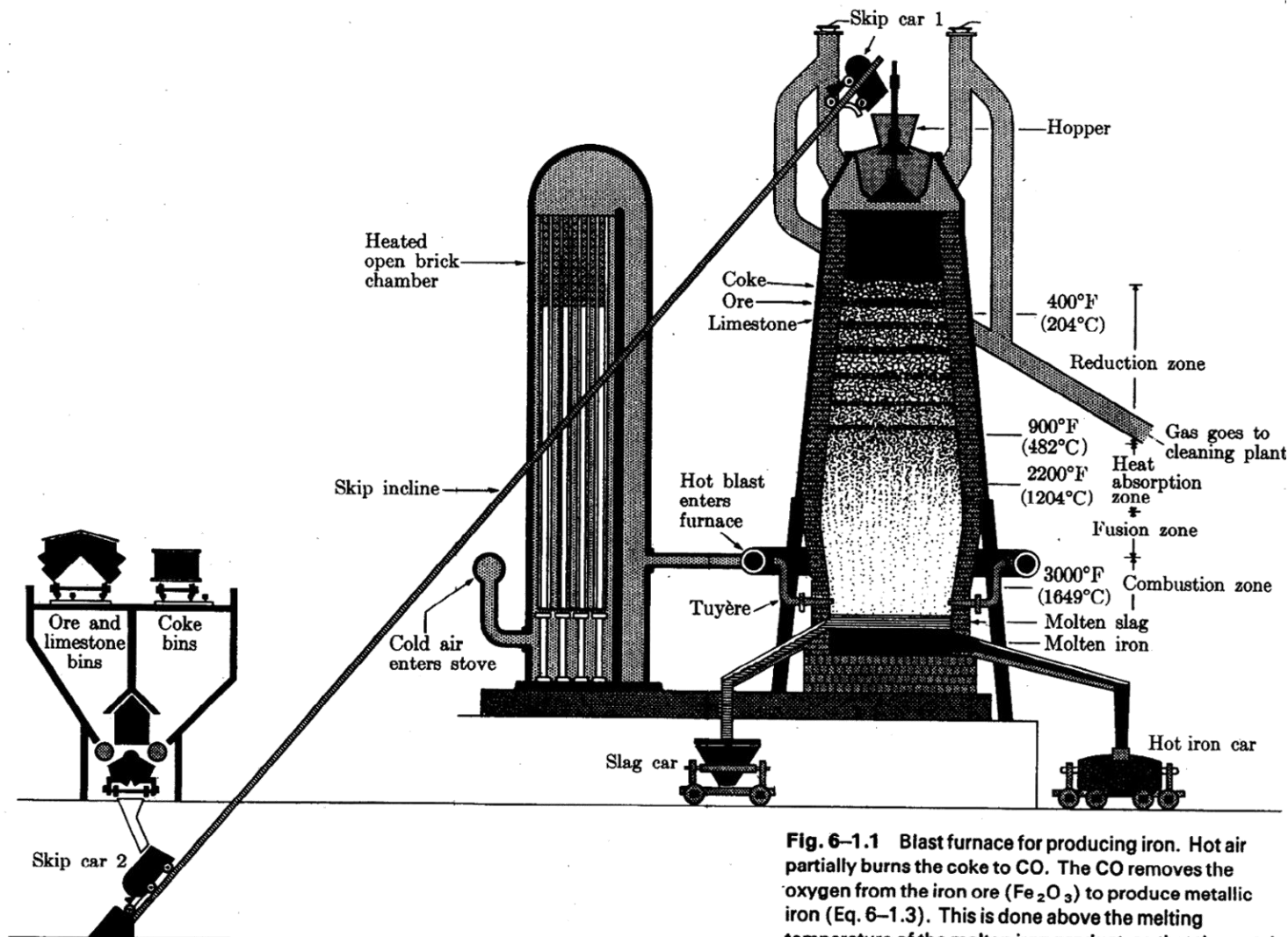


- Vasérc - 2000 kg jó minőségű vasérc
- Koks - 570 kg
  - Megkívánt tulajdonságok
    - Szilárdság
    - Morzsolódás
    - Reakcióképesség
  - ~6% a nyersvasban oldott karbon
  - ~44% az oxidok redukálószere
  - ~50% eléégésével hőt termel (~19 GJ/1000 kg nyersvas)

- Salakképző anyagok 110 kg
  - Mészkeő ( $\text{CaCO}_3$ )
  - Dolomit ( $\text{MgCO}_3$ )
- Levegő – 2200 kg
  - ~20%  $\text{O}_2$ , ~78%  $\text{N}_2$ , ~1% Ar,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , Ne, He
  - ~2000  $\text{m}^3\text{min}^{-1}$
  - 1000-1200 °C
  - 1-4 bar
  - Oxigénnel dúsítható (költséges)

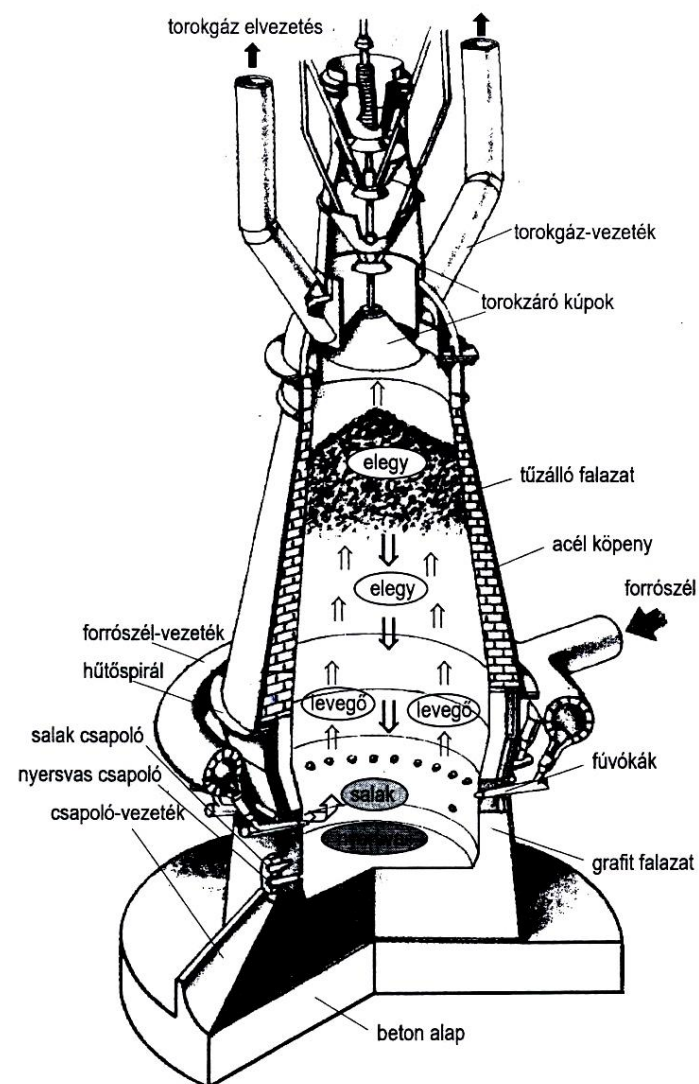
- NYERSVAS – 1000 kg
- Salak – 670 kg
- Torokgáz, por, vízgőz

	C%	Mn%	Si%	S%	P%
Öntészeti nyersvas	3,5-4,0	<1,0	1,5-3,0	<0,06	0,3-2,0
Acél- nyersvas	3,5-4,5	0,4-1,0	<1	<0,04	0,1-0,3



**Fig. 6-1.1** Blast furnace for producing iron. Hot air partially burns the coke to CO. The CO removes the oxygen from the iron ore ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) to produce metallic iron (Eq. 6-1.3). This is done above the melting temperature of the molten iron product, so that the metal may be separated from the residue, i.e., the slag. (A. G. Guy, *Physical Metallurgy for Engineers*, Reading, Mass.: Addison-Wesley).

- A levegő alulról felfelé áramlik
- Az elegy felülről lefelé áramlik
- Kedvező reakció feltételek
- Salak felül
- Nyersvas alul
- Külön csapolás



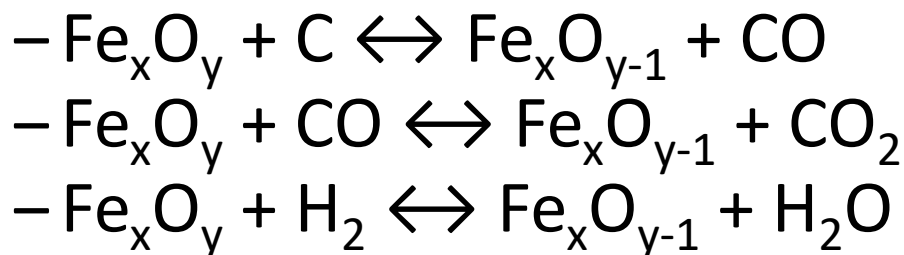
- A nagyolvasztóban redukció történik
  - Vasérc redukciója – Fe
  - Ötvözők is redukálódnak
    - Mn, Si, Ni, Co, V, Cr, Ti, Cu, ... (max. néhány százalék)
  - Szennyezők is bekerülnek
    - S – MnS, FeS, komplex vegyületek, zárványok
    - P – komplex vegyületek
    - O – oxidok: nagy olvadáspontú,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



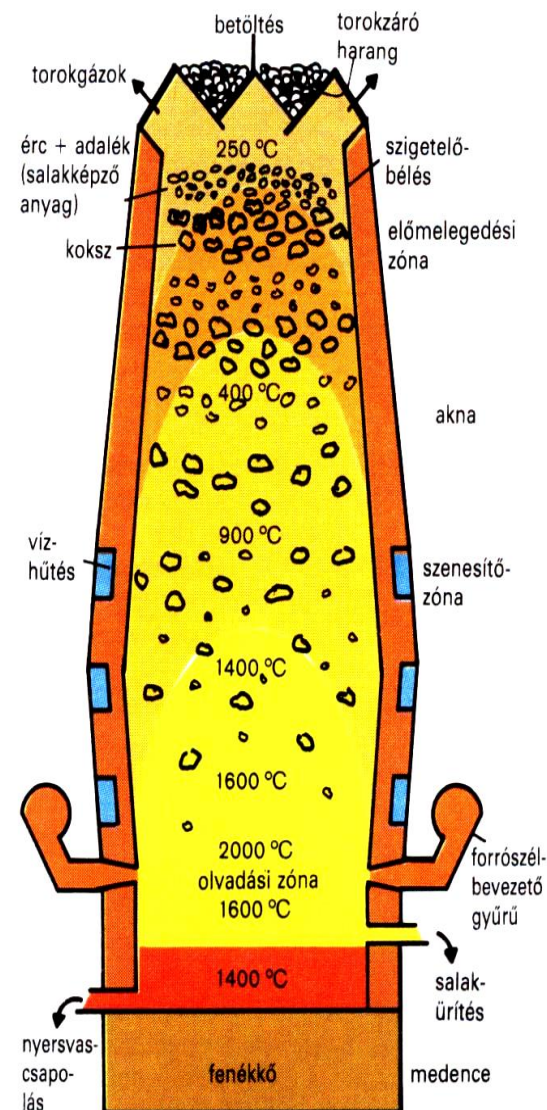
- Redukálószerrek

- C – direkt redukció
- CO – indirekt redukció
- H<sub>2</sub>

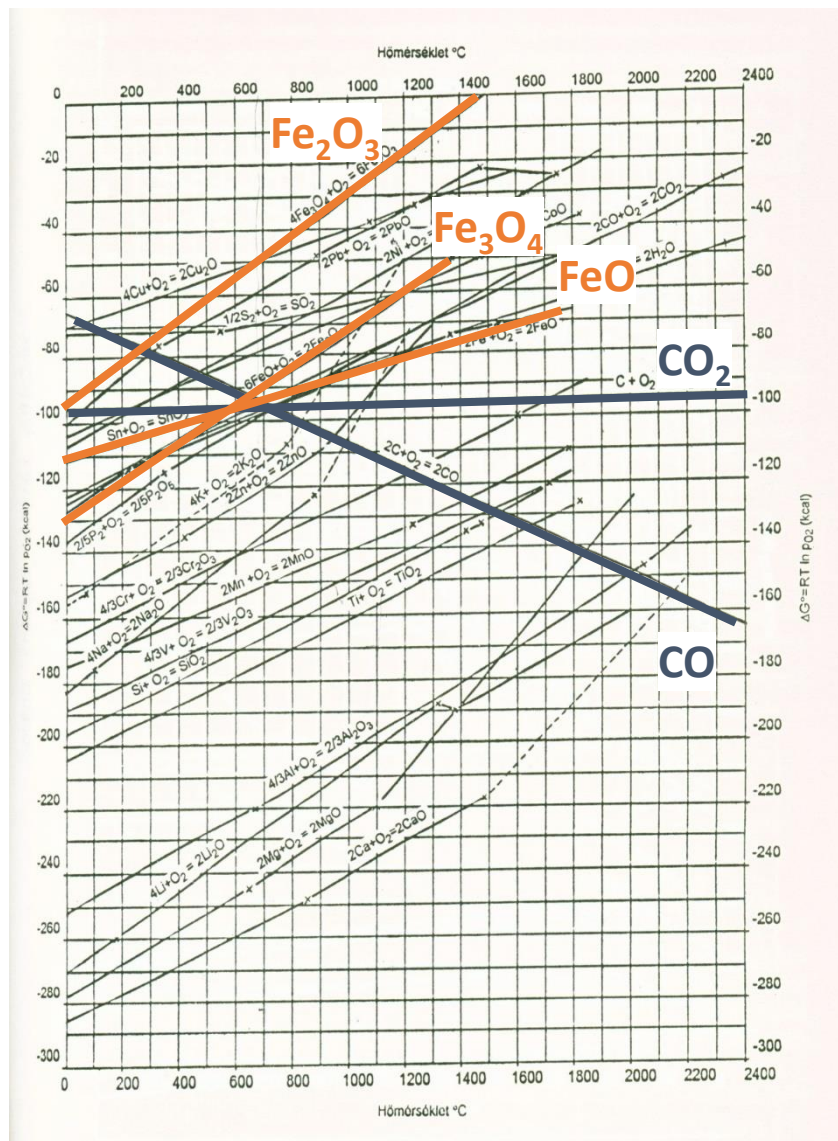
- Reakciók



- Továbbá



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



- 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



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

Csapolás  
0:41

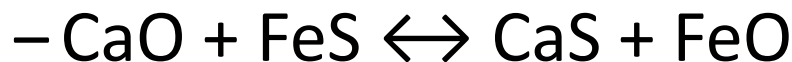
- Már a nagyolvasztóban igyekeznek a szennyezők mennyiségét csökkenteni
  - S
  - P
  - Cu
- A kén nagy része salakba vihető, az oldékonyság a salak összetételével változik

- Tömeghatás törvénye

- A reakciók kiinduló és termék anyagainak dinamikus egyensúlyából indul ki



- $$\frac{[A_m B_n]}{[A]^m [B]^n} = K(T)$$



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

- [] – fémfürdőben

- () – salakban

- Megoszlási törvény

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

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

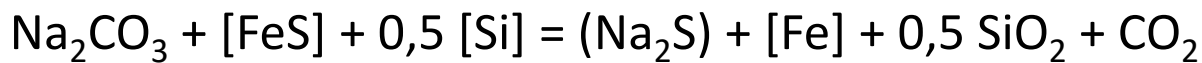
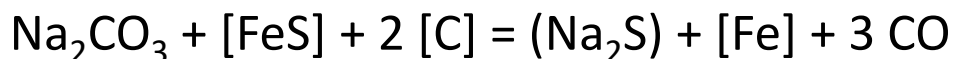
- [] – fémfürdőben

- () – salakban

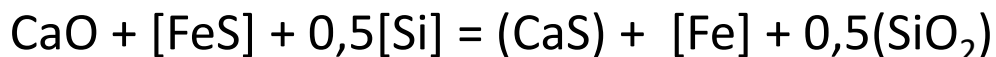
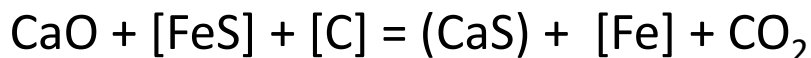
- Ha  $\frac{(FeO)}{[FeO]} > L(T)$ , akkor a salak oxidáló

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

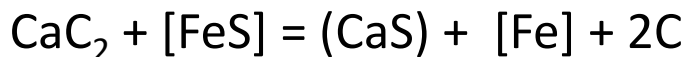
- A nagyolvasztón kívül, külön üstben történik
- Keveréses eljárás
- Célja: 0,005...0,012% S tartalom elérése
- Szóda alapú salakkal



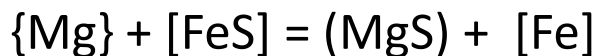
- Mész alapú salakkal



- Kalcium-karbiddal



- Magnéziummal (költséges)

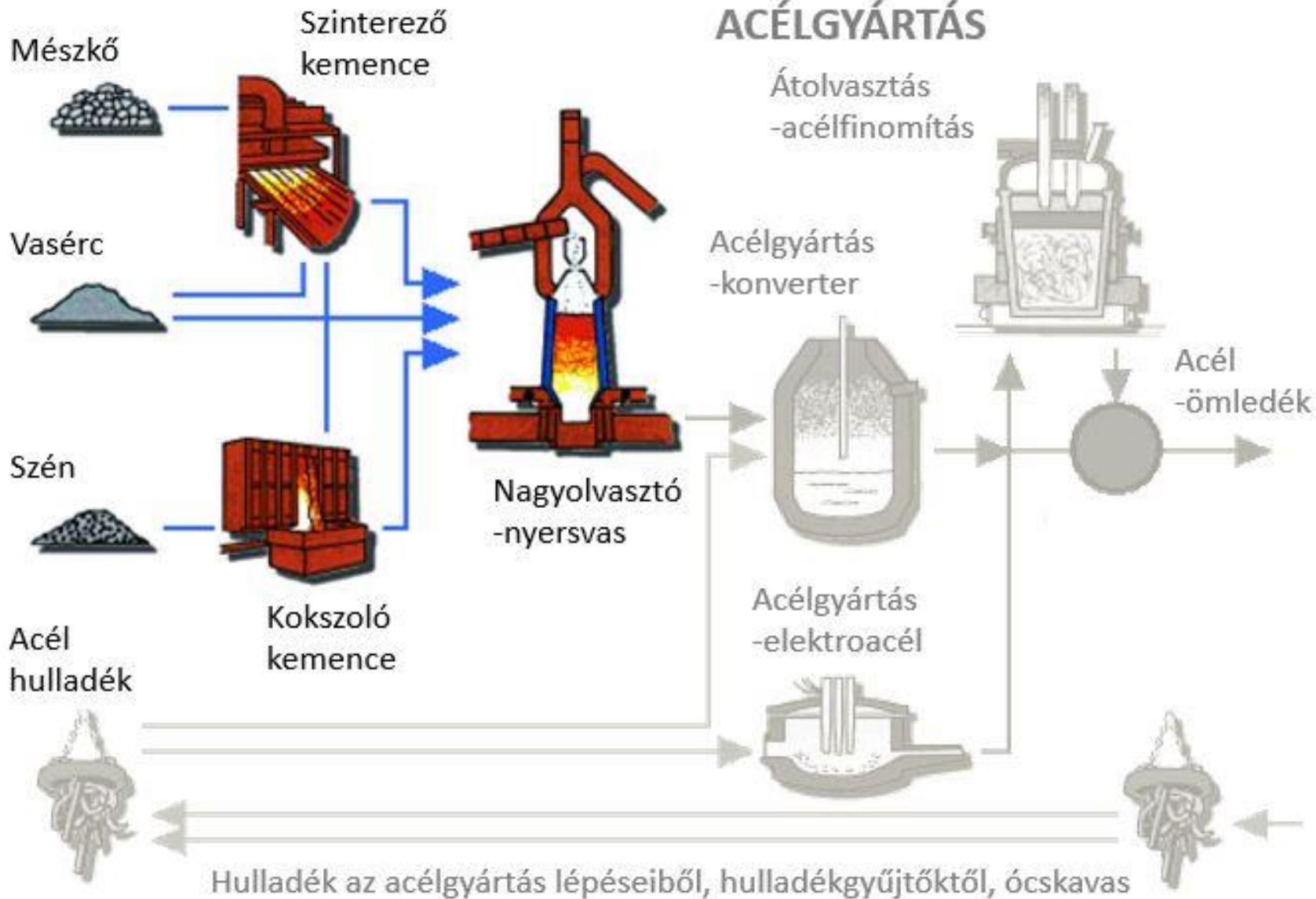




- Bázikus bélésű kemence
- Sok CaO és FeO a salakban
- A keletkező salak lehűzése és újraképzése
- $4(\text{CaO}) + 5(\text{FeO}) + 2[\text{P}] + 5\text{C} = ((\text{CaO})_4\text{P}_2\text{O}_5 + 5[\text{Fe}] + 5\{\text{CO}\})$

<http://www.youtube.com/watch?v=kPH4dJUVOfc>

Üstmetallurgia  
2:29



- 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 öntőgépbe öntik és kristályosítják

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



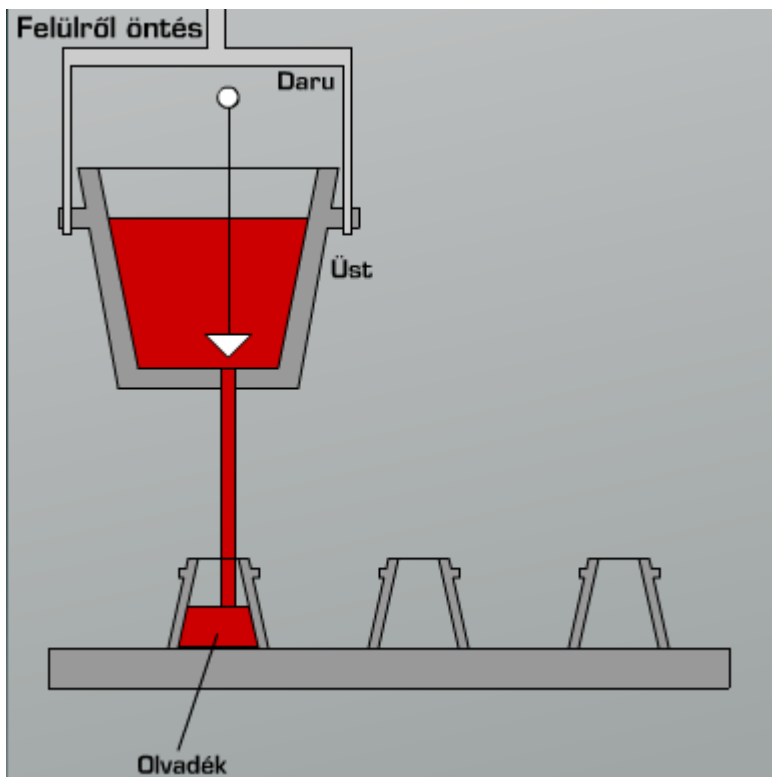
- Cél a C, P és H<sub>2</sub> tartalom csökkentése
- 99% tiszta O<sub>2</sub> befúvatása
- A kiégő elemek nyomán hő szabadul fel
- A CO és CO<sub>2</sub> keletkezése nyomán a fürdő élénk fővésben van
- Ciklusidő: 18-20 perc
- S és P tartalom csökkentéséhez további mészpor és folypát adagolás

- 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

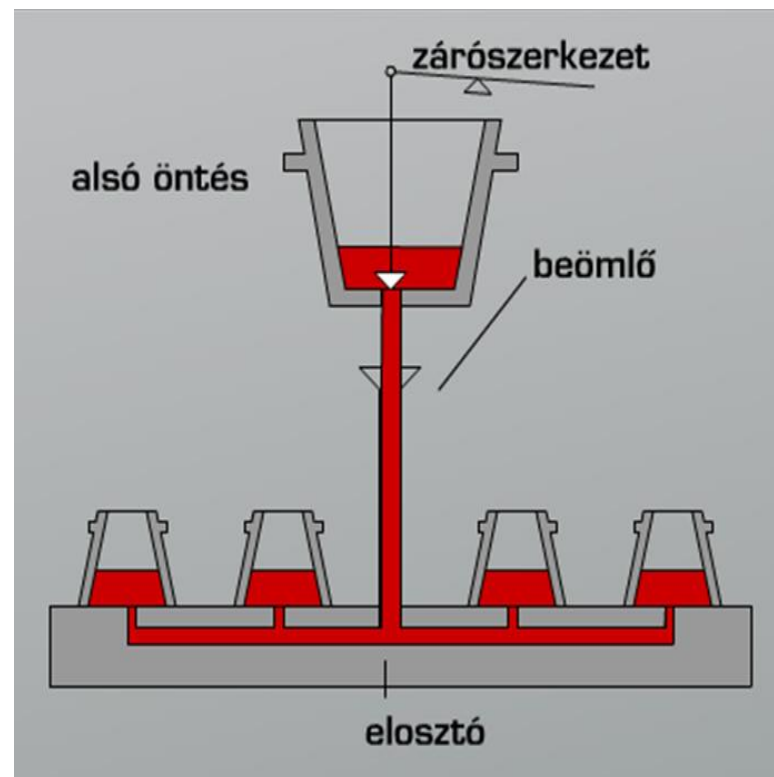
- Az acélok tulajdonságai az ötvözőik pontos és tervezett beállításával széles határok között változtathatók
- Az ötvözés történhet az acélgyártás során, vagy külön üstben
- Az ötvözőket általában előtömbök formájában adagolják az ömledékhez



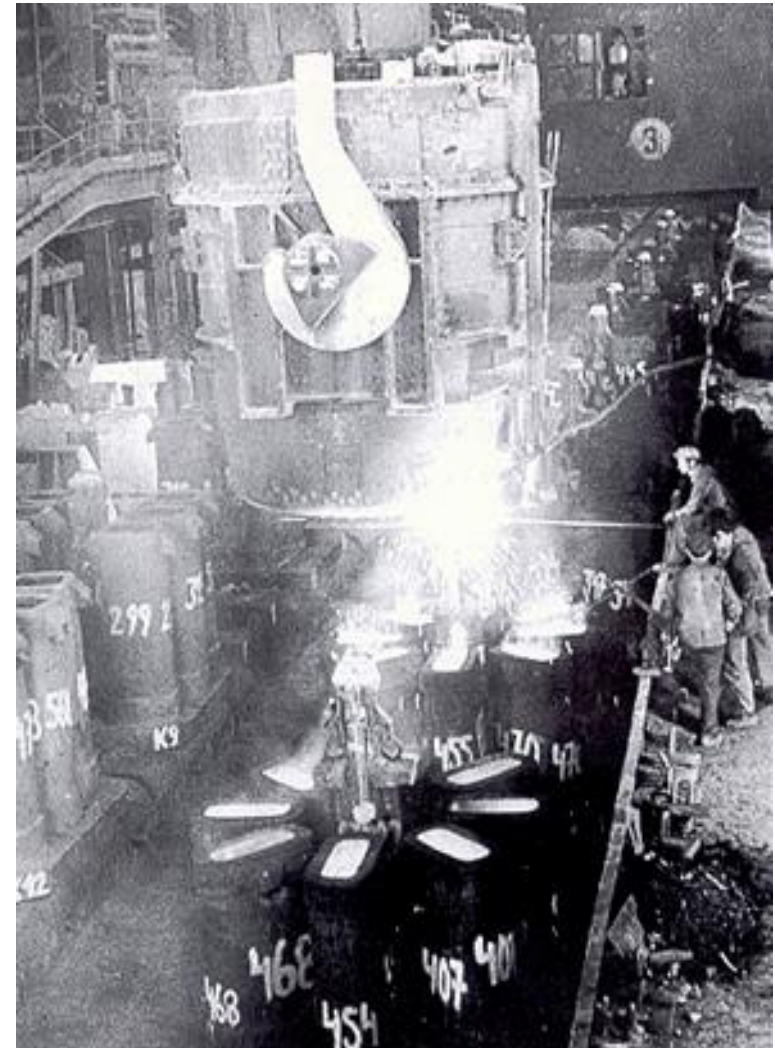
- Cél: a megolvadt acél megszilárdítása további feldolgozásra alkalmas formában
  - Tuskó- vagy kokilla öntés
  - Folyamatos öntés
- Meghatározó: további felhasználás
  - Hengerlés, öntés, kovácsolás stb.
- A kokillába öntés mára már visszaszorult, kovácsolás, csőhengerlés előtt alkalmazzák, illetve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

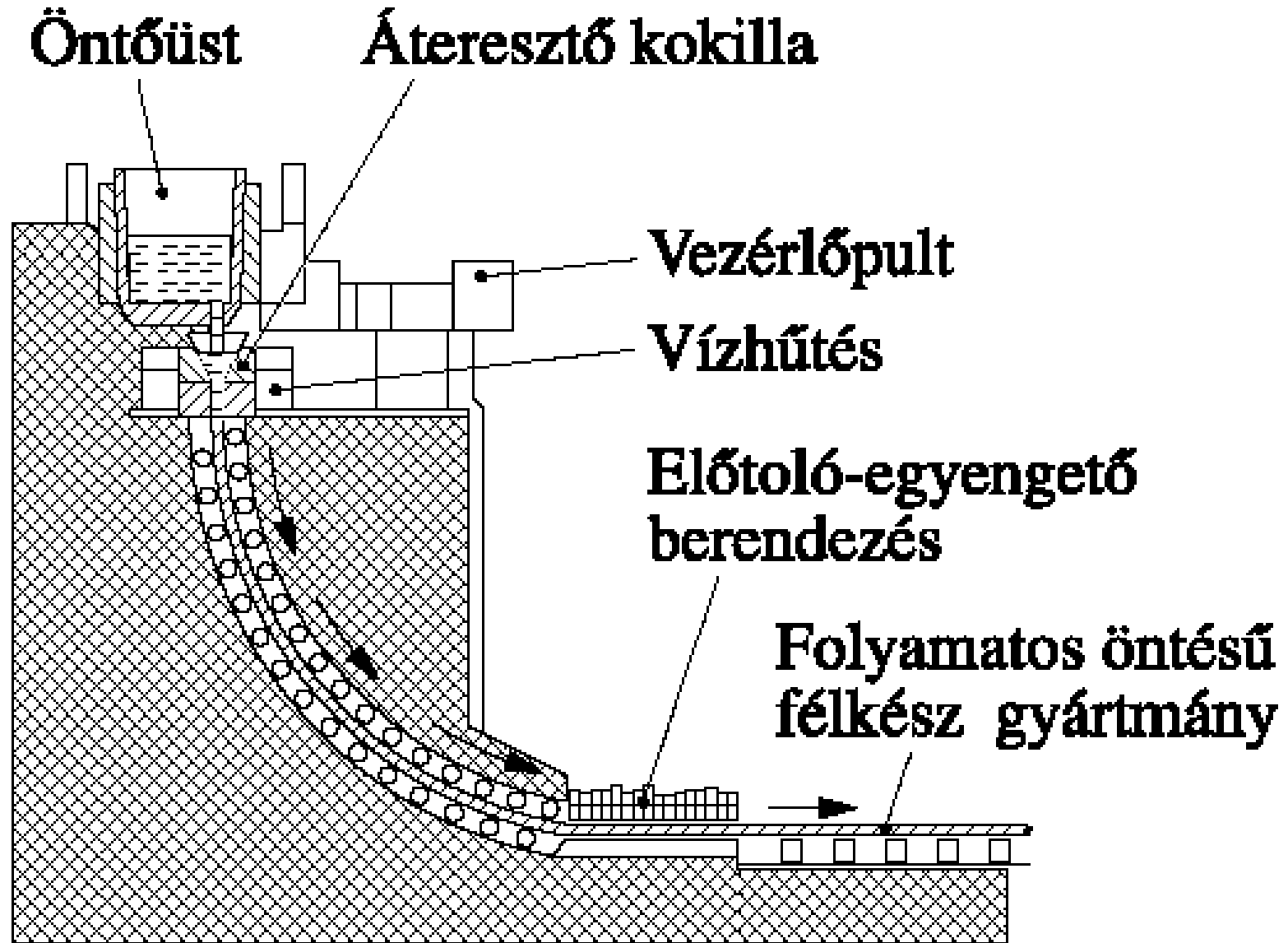


- + egyszerű, termelékeny
- - fröccsenés

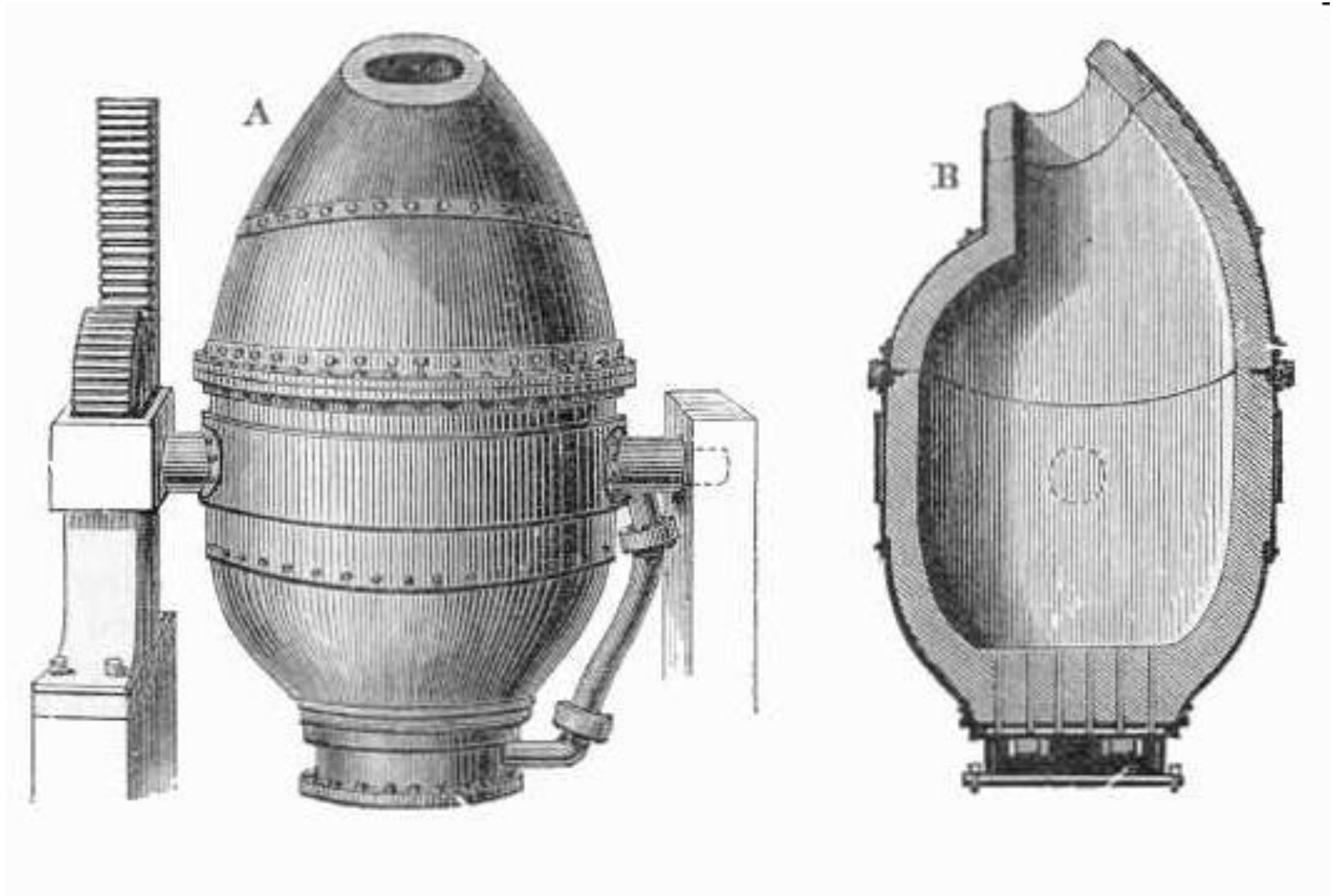


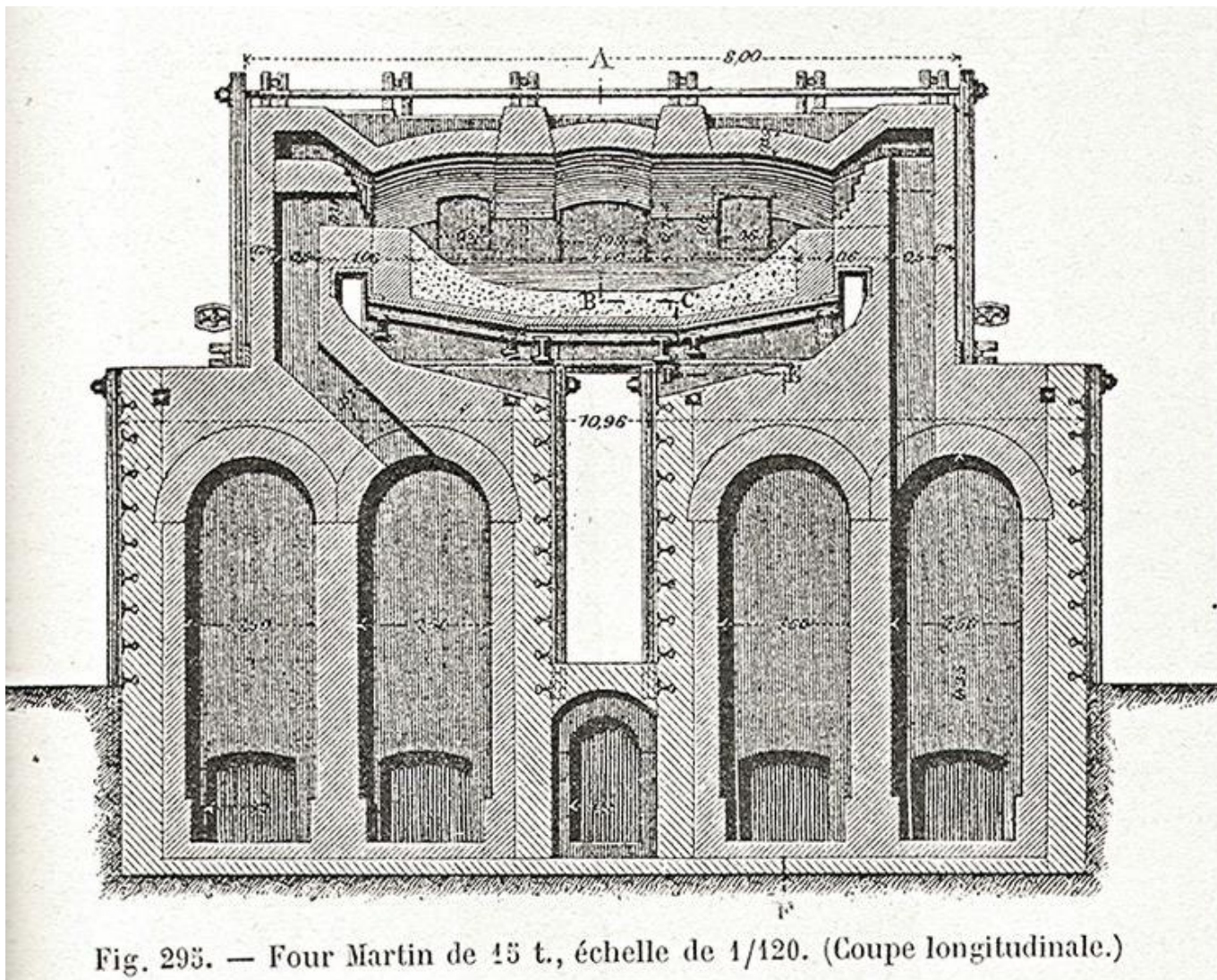
- + egyenletes kitöltés
- - lassú, oxidálódik



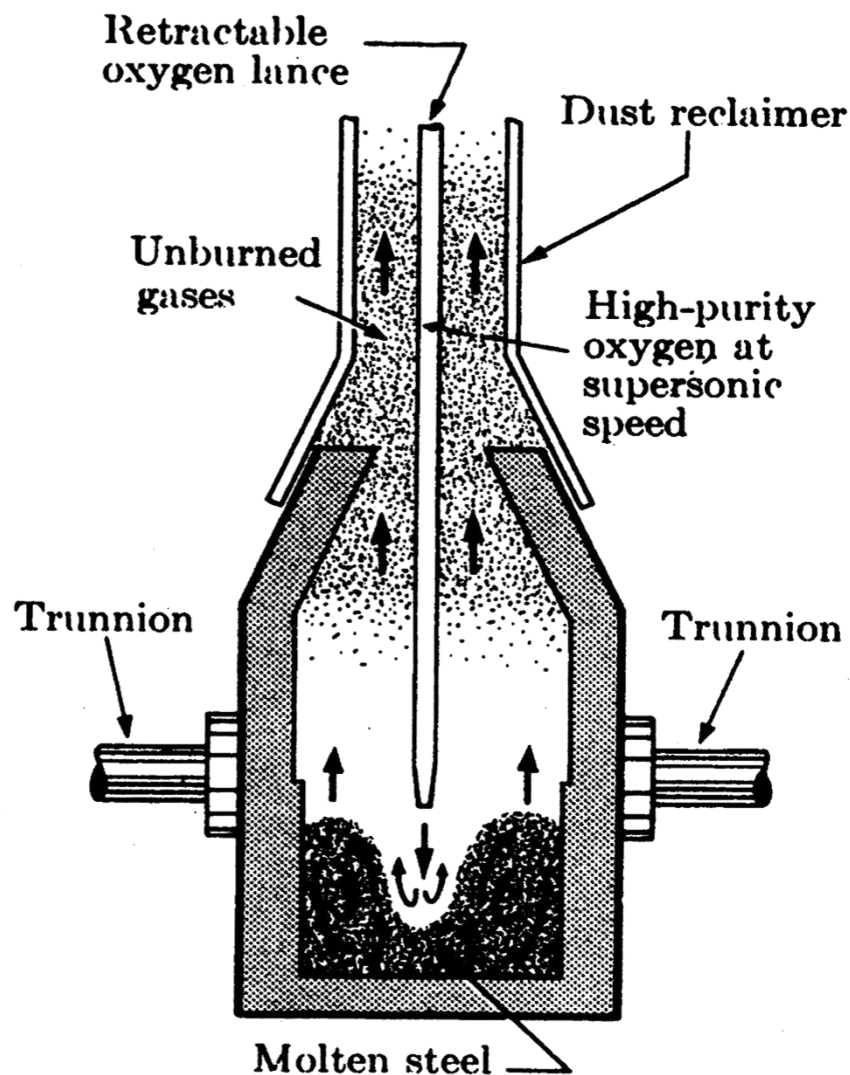


- Bessemer-féle szélfrissítékes eljárás
- Siemens-Martin eljárás
- Linz-Donavitz eljárás
- Elektroacélgyártás
  - Ívfényes kemencében
  - Indukciós kemencében

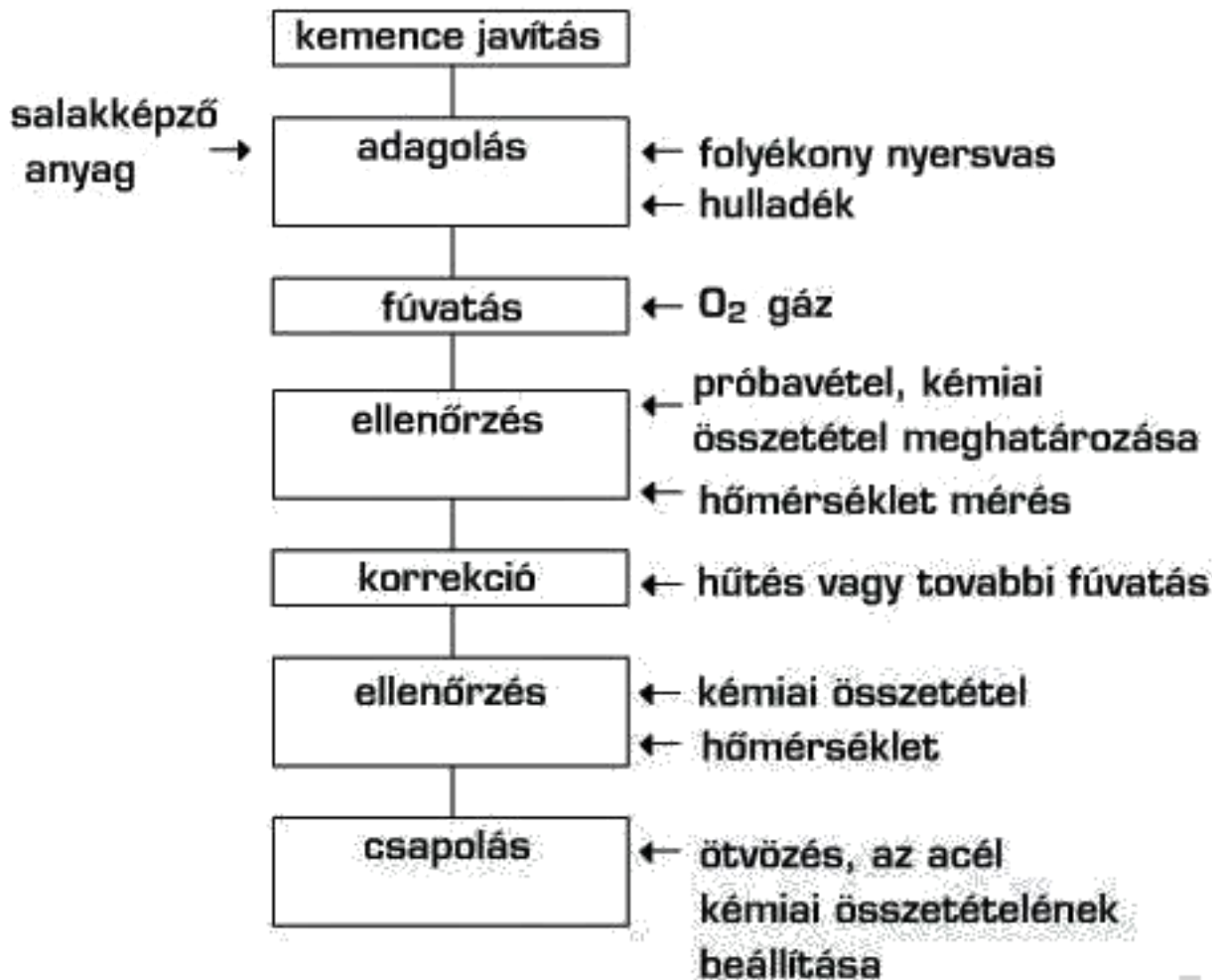


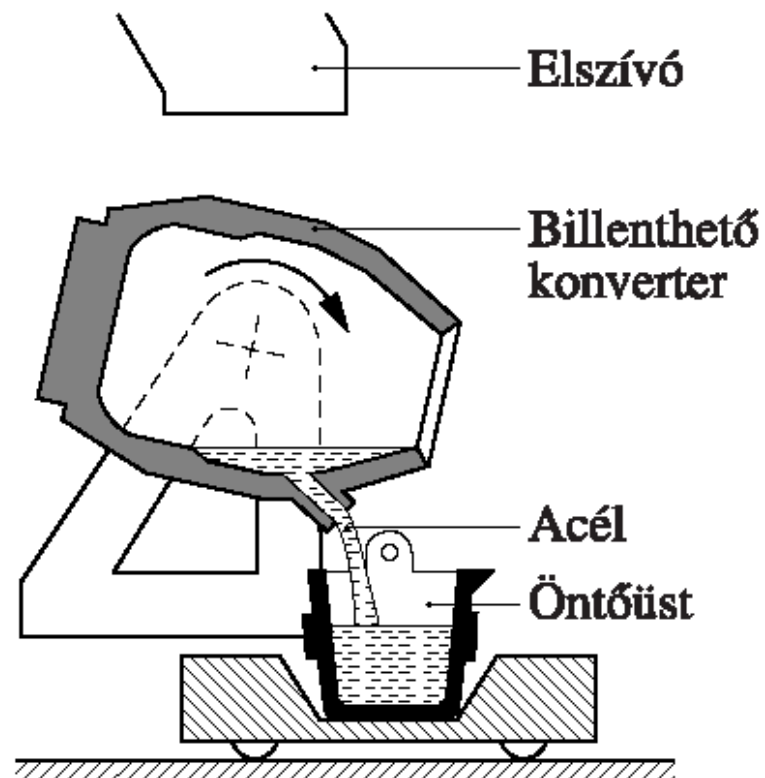
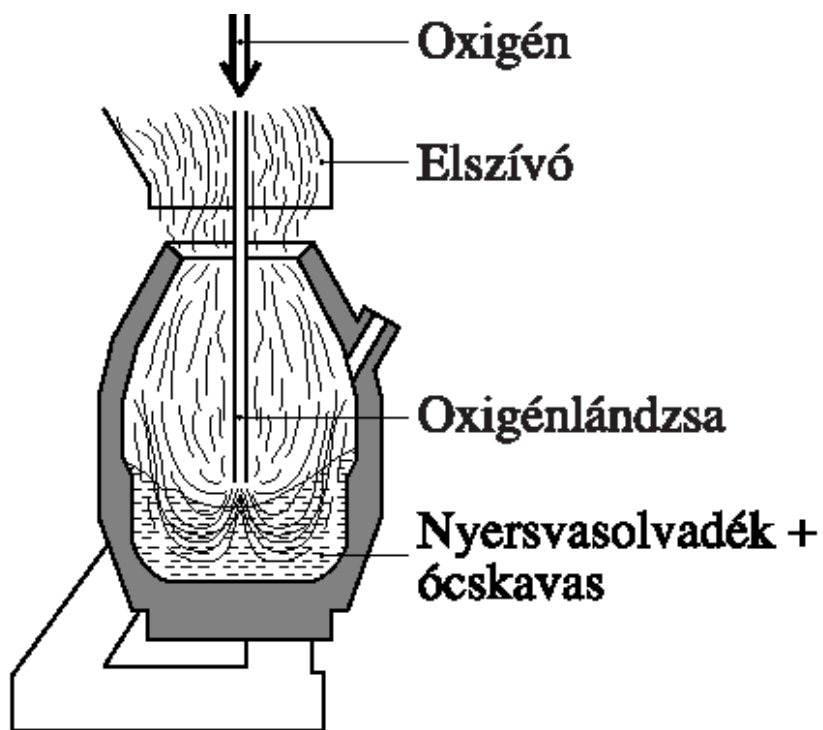


- Körte alakú, billenthető konverter
- Betét:
  - Acélhulladék
  - Folyékony nyersvas
  - Adalékok
- Égéstáplálás befúvással
- Hőforrás a kiégések hője
- 0,02-0,3% C tartalom
- ~20 perc ciklusidő





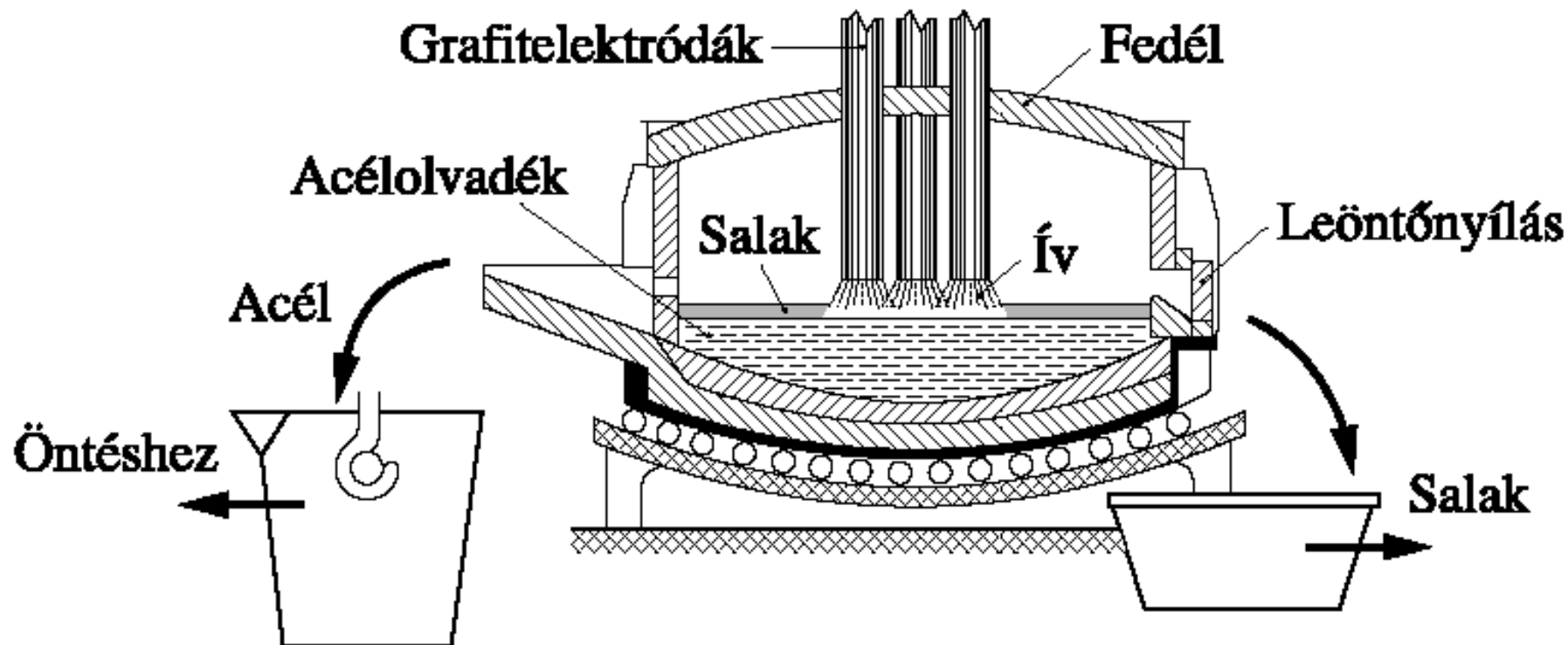




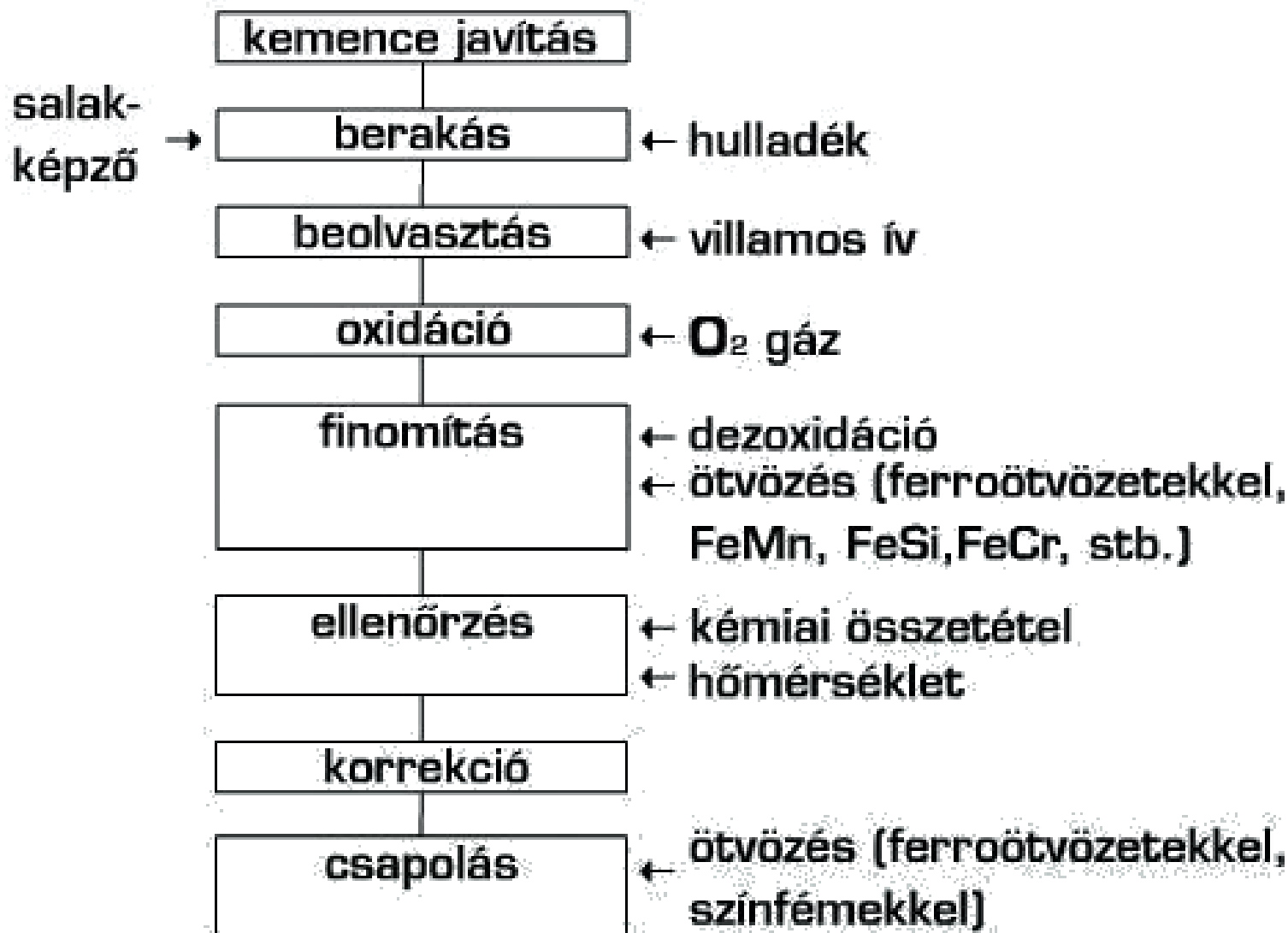
- Két fő változata a legelterjedtebb
  - Ívfényes kemence
  - Indukciós kemence
- Nagy villamos energia fogyasztás
- Nagyon jól szabályozhatók
- Ötvözött és különleges acélok gyártásához nagyon kedvezőek jó szabályozhatóságuk okán

- Adagberakás
  - Kosaras módszer, a fedél leemelhető
- Beolvasztás
  - Ívgyújtás a teljesítmény ~80%-val
  - Indukciós olvasztás
- Frissítés
  - Mész ( $\text{CaO}$ ) és folypát ( $\text{CaF}_2$ ) ~1630 °C
  - Oxigént is alkalmazhatnak, a C tartalmat kicsit a tervezett alá viszik

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



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



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

Elektroacél kemence ócskavas adalékolás  
3:01



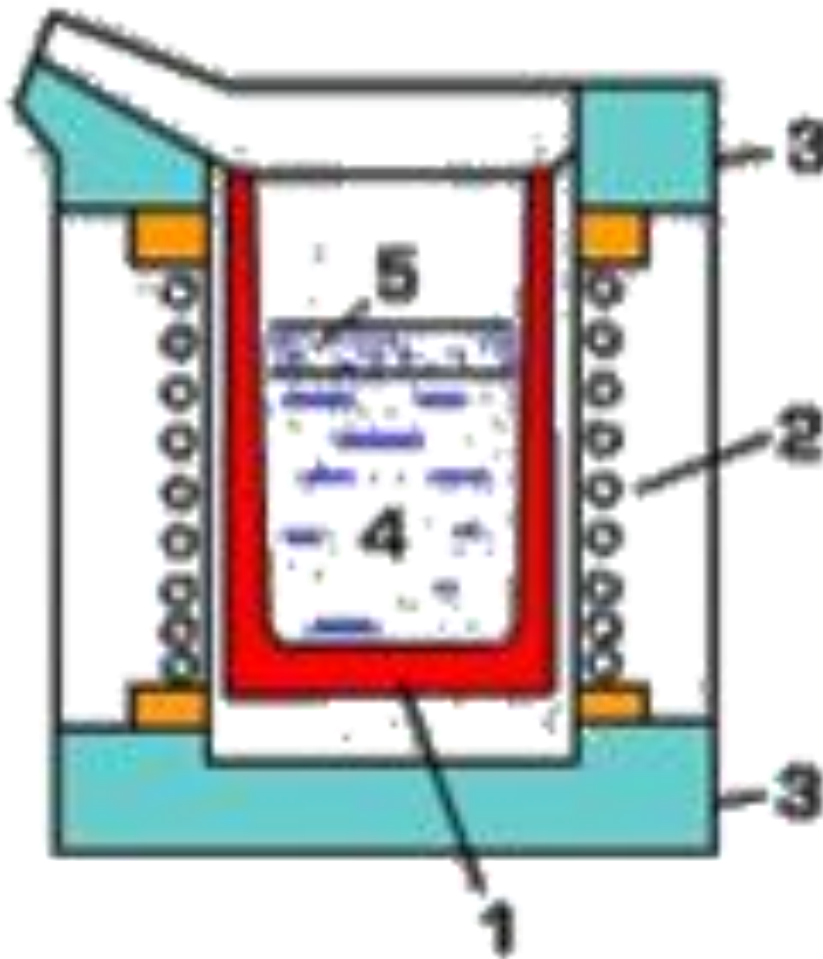
<http://www.youtube.com/watch?v=G6Uxh-xtU-g>

Ívfényes kemence működés közben  
3:17

[http://www.youtube.com/watch?v=3gg9\\_zTlg4M](http://www.youtube.com/watch?v=3gg9_zTlg4M)

Elektróda a kemencében  
1:08

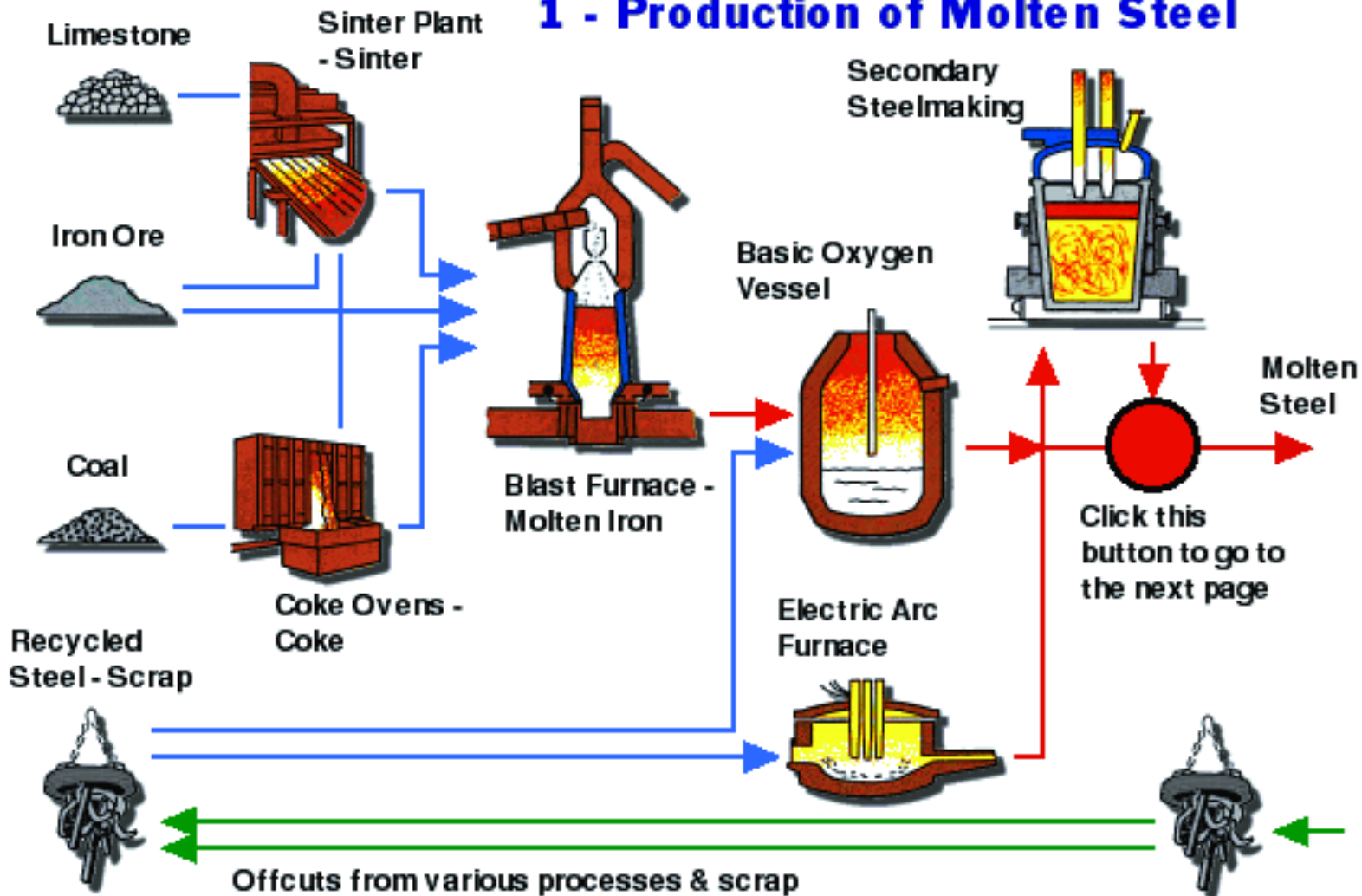
- Szilárd betét
- Hőforrás az indukált áram Joule-hője
- Ötvözéshez kiváló
- Átolvasztáshoz is jól használható
- Nagyon jól szabályozható
- Gyors



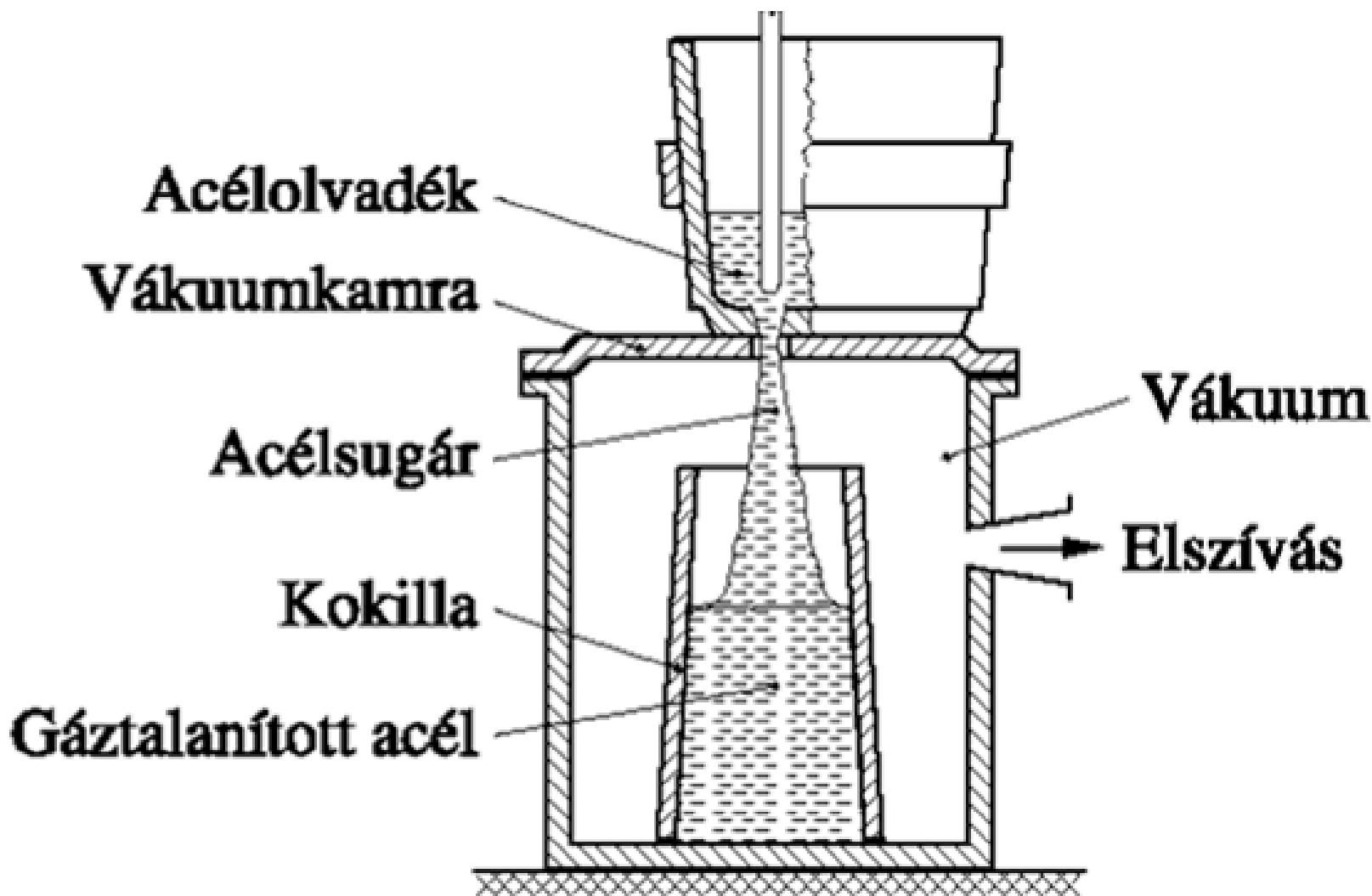
<http://www.youtube.com/watch?v=Q6Zrnv4OtbU>

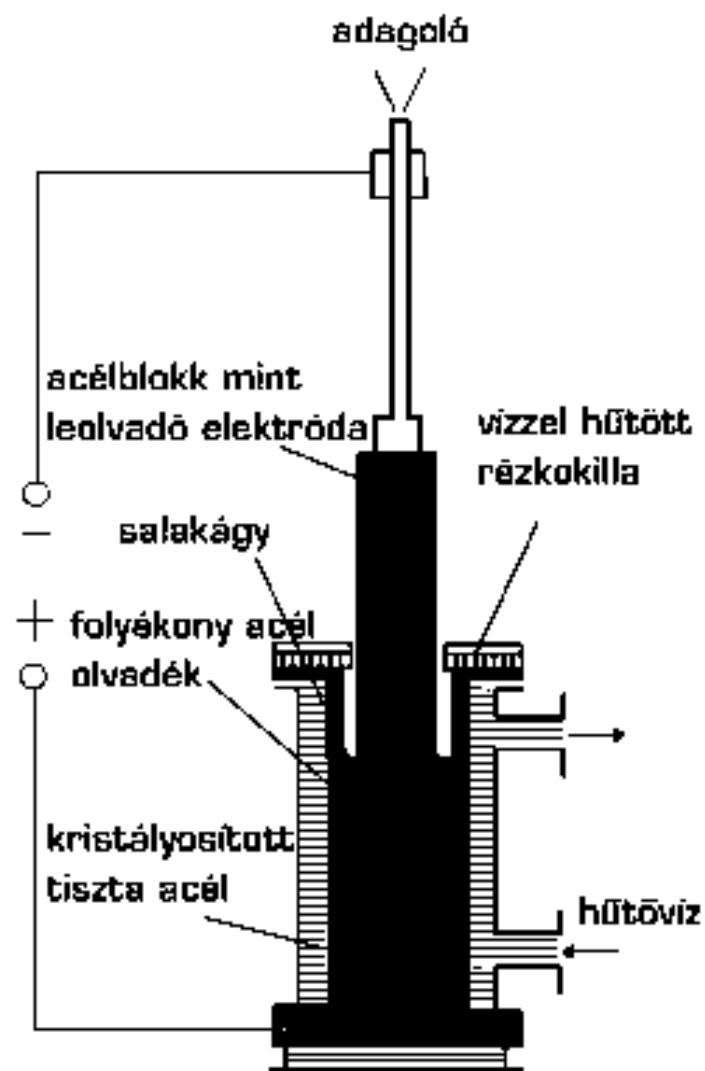
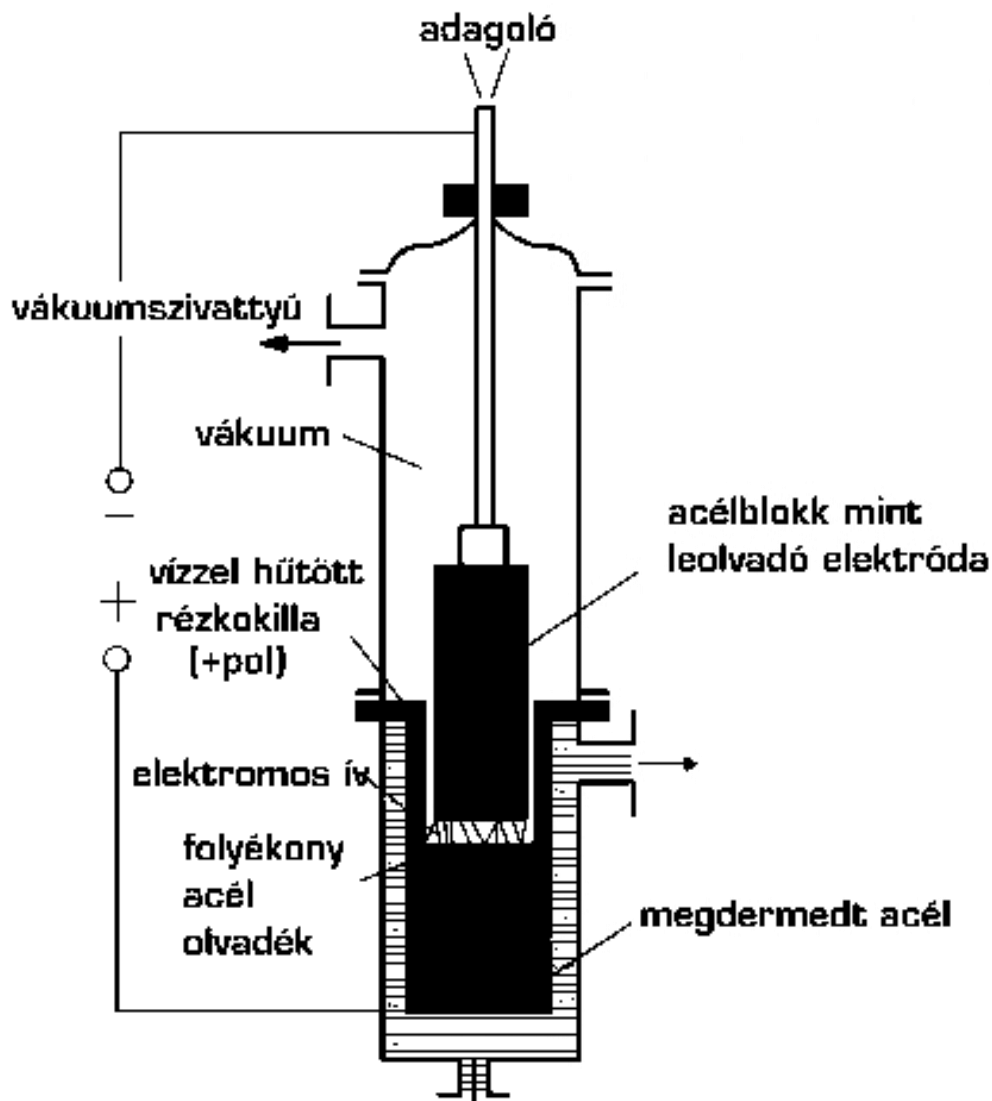
Lebegtetés  
4:03

## 1 - Production of Molten Steel



- 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







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

Ahogyán már ne csináljuk...

2:33

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

AMIÉRT NEM JÓ KÖZEL LENNI...

0:31

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

**Köszönöm a figyelmet!**