

Kémiai technológia

Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszék

Kun Róbert



A szervetlen vegyipar ágazatai

Vas- és acélgyártás

Fémek felhasználása - Rézkor

A korszak fő jellemzője, hogy az ember használni kezdte az első fémeket: a **rezet**, az **aranyat** és az **ezüstöt**.

Kialakult a fémolvasztás és fémmegmunkálás technikája. Nemcsak az aranyból és ezüsből, hanem a rézből készült tárgyak is elsősorban díszítő és vallási célokat szolgáltak, illetve a hatalmat és gazdagságot fejezték ki. Munkaeszközként és fegyverként a rezet és annak első ötvözetait vagy nem alkalmazták, vagy csak a kőeszközökkel együtt.

A kőrézkor pontos időbeli behatárolása földrészenként és területenként eltérő, attól függően, hogy az adott területen mikor kezdődött meg a fémmegmunkálás. A Közel-Keleten és Európa délkeleti részén (Balkán) ez nagyjából az **i. e. 4500 - 3300 közötti időszakra** tehető.

Más területeken ennél később volt a rézkor, ahol pedig nem a réz, hanem a bronz vagy a vas volt az első használatba vont fém, ott egyáltalán nem volt rézkor, hanem a kőkorszak után rögtön a bronzkor, illetve a vaskor következett (például Afrika egyes területein).

Fémek felhasználása - Bronzkor

A **bronzkor** a civilizáció fejlődésének azon szakasza, amikor a legtöbbet fejlődött a fémmegmunkálás. A természetes módon felszínre került érc tartalmú ásványokból a réz és ón kiolvasztásával, majd ötvözésével állították elő a bronzot. A rezet és bronzot ettől a kortól kezdve módszeresen és széles körben alkalmazták. A bronzkor a világ bizonyos területein a rézkort követte. Egyes területeken nem volt bronzkor, például Szubszaharai-Afrika legnagyobb részén az újkőkort közvetlenül a vaskor követte.

A délnyugat-ázsiai bronzkor három fő korszakra osztható (időpontok közelítőlegesen):

- Korai bronzkor (i. e. 3500 - 2000 körül)
- Középső bronzkor (i. e. 2000 - 1600 körül)
- Késő bronzkor (i. e. 1600 - 1200 körül)

- Közép-Európai bronzkor i. e. 2200 – 800 körül

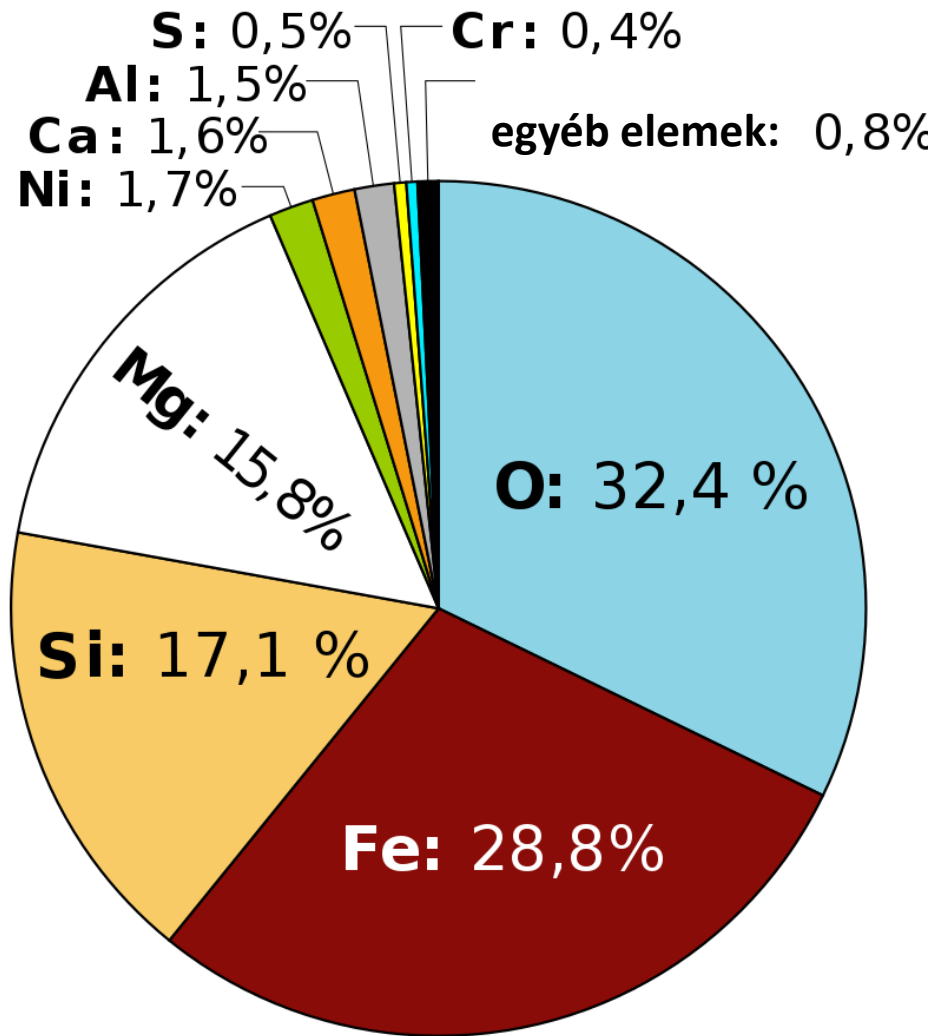
A bronzkohászat a Kaukázus után először Anatóliában, a mai Törökországban fejlődött ki. Az Anatóliai-felföld hegységei gazdag réz- és ónlelőhelyeket rejtettek. A rezet Cipruson, Egyiptomban a Negev-sivatagban, Iránban és a Perzsa-öböl környékén is bányászták. Az itteni réz azonban gyakran arzénnal keveredett, és a bronzelőállításához szükséges ón iránti kereslet is folyamatosan növekedett. Az értékes rezet és ónt tengeren is szállították a Közel-Kelet nagy birodalmaiba, mint például Mezopotámiába és az ókori Egyiptomba.

Fémek felhasználása - Vaskorszak

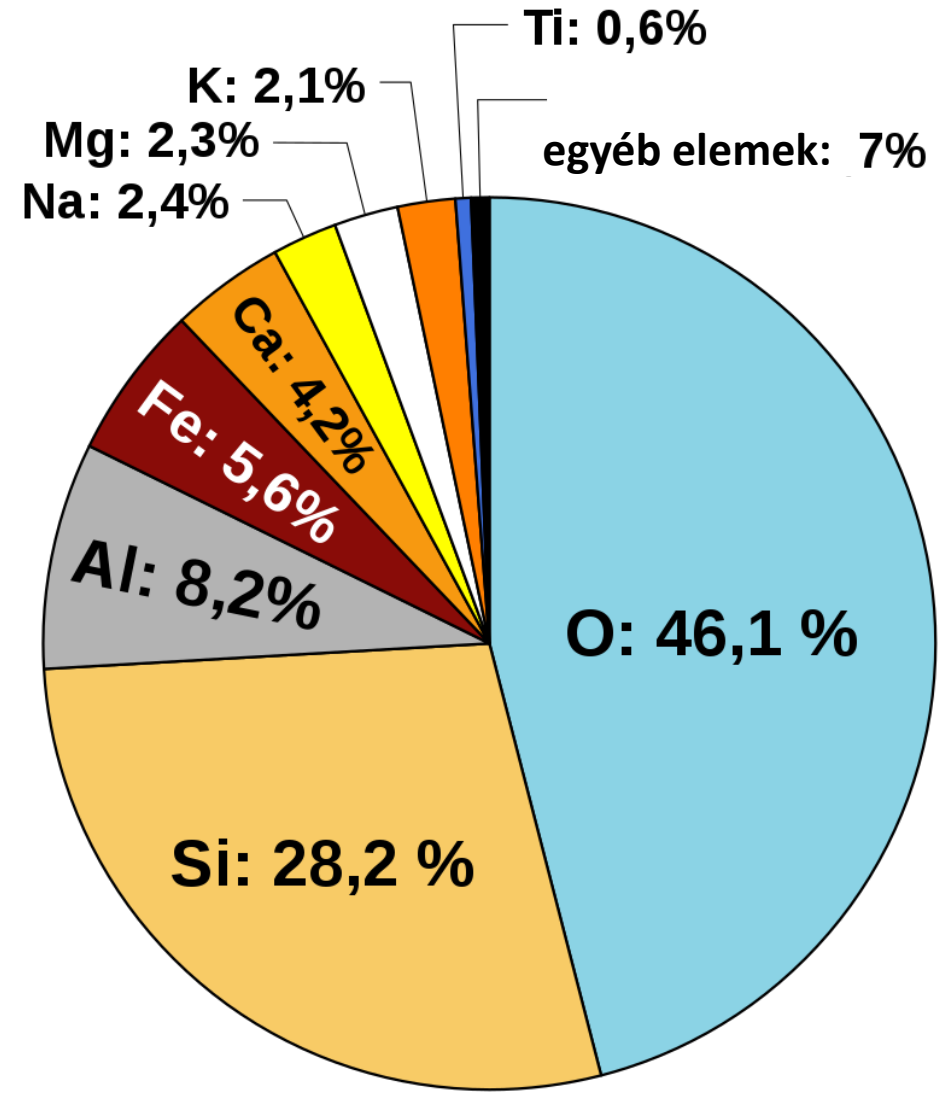
A **vaskor** az egyes népek fejlődésének az a fázisa, amikor a vaseszközök (szerszámok és fegyverek) használata kiemelkedő. Egyes korai társadalmakban a vas használatának térnyerése más változásokkal esett egybe, például új földművelési módokkal, vallási elképzelésekkel és művészeti stílusokkal, jóllehet ez nem minden esetben figyelhető meg.

A vaskor a legtöbb helyen az ún. háromkorszak-rendszer utolsó szakasza, az kőrézkor és a bronzkor után. Időbeli kiterjedése országonként és földrajzi régióként változik. Hagyományosan az **i. e. 12. századot** tekintik a vaskor kezdetének a Közel-Keleten, Indiában és Görögországban. Az első nagy mértékben vasat használó állam a **Hettita Birodalom** volt az i. e. 14. században, innen jutott el a görögökhöz is. Európa más területein jóval későbbre teszik a kezdetét: Közép-Európában az i. e. 8. századra, Észak-Európában pedig csak az i. e. 6. századra. A vashasználat (olvasztás és szerszámok kovácsolása) i. e. 1200 körül jelent meg a nyugat-afrikai Nok kultúrában. A korszak végét a Mediterránumban a hellenisztikus kor illetve a Római Birodalom kezdetére, Indiában a buddhizmus kezdetére, Észak-Európában pedig a kora középkor beköszöntére teszik.

Elemek előfordulás a környezetünkben



Föld bolygó teljes



Földkéreg

Gazdaságilag fontos fémek koncentrációja a földköpenyen

Metal	Concentration (% by weight)
Aluminum	8.0
Iron	5.8
Copper	0.0058
Nickel	0.0072
Zinc	0.0082
Uranium	0.00016
Lead	0.001
Silver	0.000008
Gold	0.0000002

Emlékeztetőül - Si: 28 %, O: 46 %

A vas és gyártása

A vas az emberiség nagyon fontos (legfontosabb?) féme. Ipari jelentőségű fém.

A vas:

- Átmentifém, rsz.: 26 (Fe)
- Szilárd
- Sűrűség: $7,87 \text{ g/cm}^3$ (nehézfém)
- Op. = $1528 \text{ }^\circ\text{C}$
- Puha, képlékeny, jól alakítható fém
- 100% tiszta vas nagyon ritka (szennyezői: C, Mn, P, stb.)
- A gyakorlatban alkalmazott vasfajták ötvözetek (Fe-C)
- Elemi állapotban nem fordul elő (kivéve meteoritok)
- Fontos élettani szerep (klorofill bioszintézise, enzimszisztemek alkotója növényekben, hemoglobin alkotórésze (Fe(II)))

Előállítás:

Vas-tartalmú ércek pörkölése (pl. FeS_2), redukciója.



1) **Nyersvas**, több mint 1,7 % C-tartalommal, 1150-1300 °C olvad

- **Fehér nyersvas:** az összes szenet vas-karbid (Fe_3C) formájában tartalmazza. Törési felülete *fehér*, rendkívül rideg és kemény. Sem hidegen, sem melegen nem munkálható meg. Az acélgyártás alapanyaga.
- **Szürke nyersvas:** A szén nagyobb részét grafit alakjában tartalmazza, magasabb a Si és kisebb a Mn-tartalma. Törési felülete szürke. Lágyabb és szívósabb, mint a fehér nyersvas. Forgácsolással megmunkálható, de melegalakítással (pl. kovácsolás) nem. Túlnyomóan öntött árú gyártására szolgál (öntött vas).

2) **Acél**, kevesebb mint 1,7 % C-tartalommal, 1400-1500 °C olvad

- Hidegen és melegen is jól megmunkálható
- Szénacélok: 1,7-0,5% C: kemény acél; 0,5-0,2% C: közép-kemény acél; <0,2% C: lágyacél (kovácsvas)
- Nemesacélok: lágyacél + ötvöző anyagok
- Acélgyártási eljárás szerint: Thomas-, Bessemer-, Siemens-Martin-, elektroacél
- Ötvözőanyag tartalomtól függően: Mn-, Si-, Ni-, W-, CrNi- (stb.) acél

A vas-szén ötvözetek egyensúlyi diagramja

A-C vonal mentén op. csökken a C-tartalommal, **C-D** vonal mentén emelkedik.

A-C vonal alatt: a kivált szilárd részek (γ -vas, nem mágnesezhető) és Fe_3C szilárd oldata.

C-D vonal alatt: a kivált fázis Fe_3C (cementit)

A-E-C-F vonal alatt: teljes egészében szilárd Fe-C ötvözetek

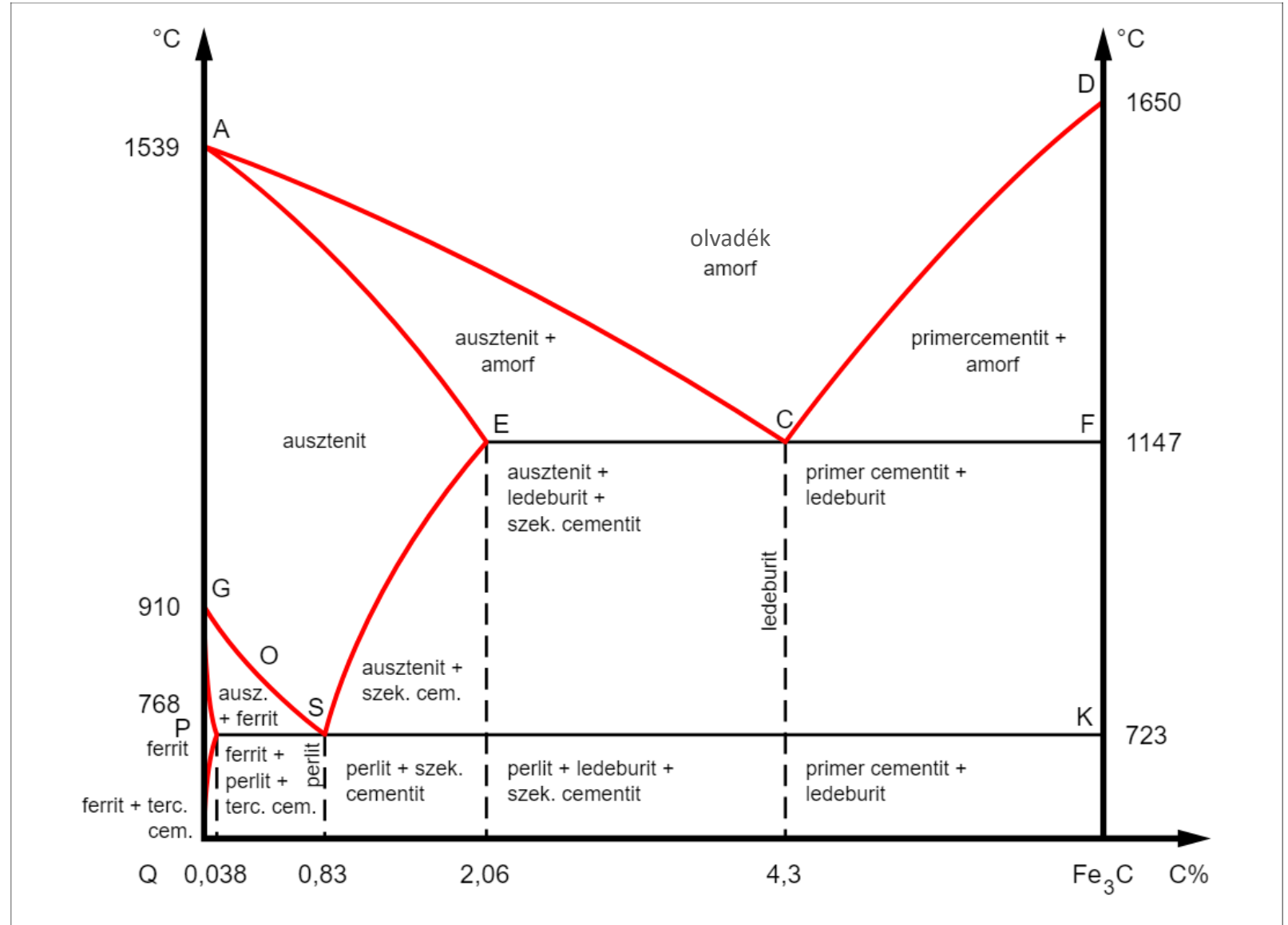
Ausztenit: γ -vas (lapközepes, FCC)

Ferrit: tiszta (~100%) Fe

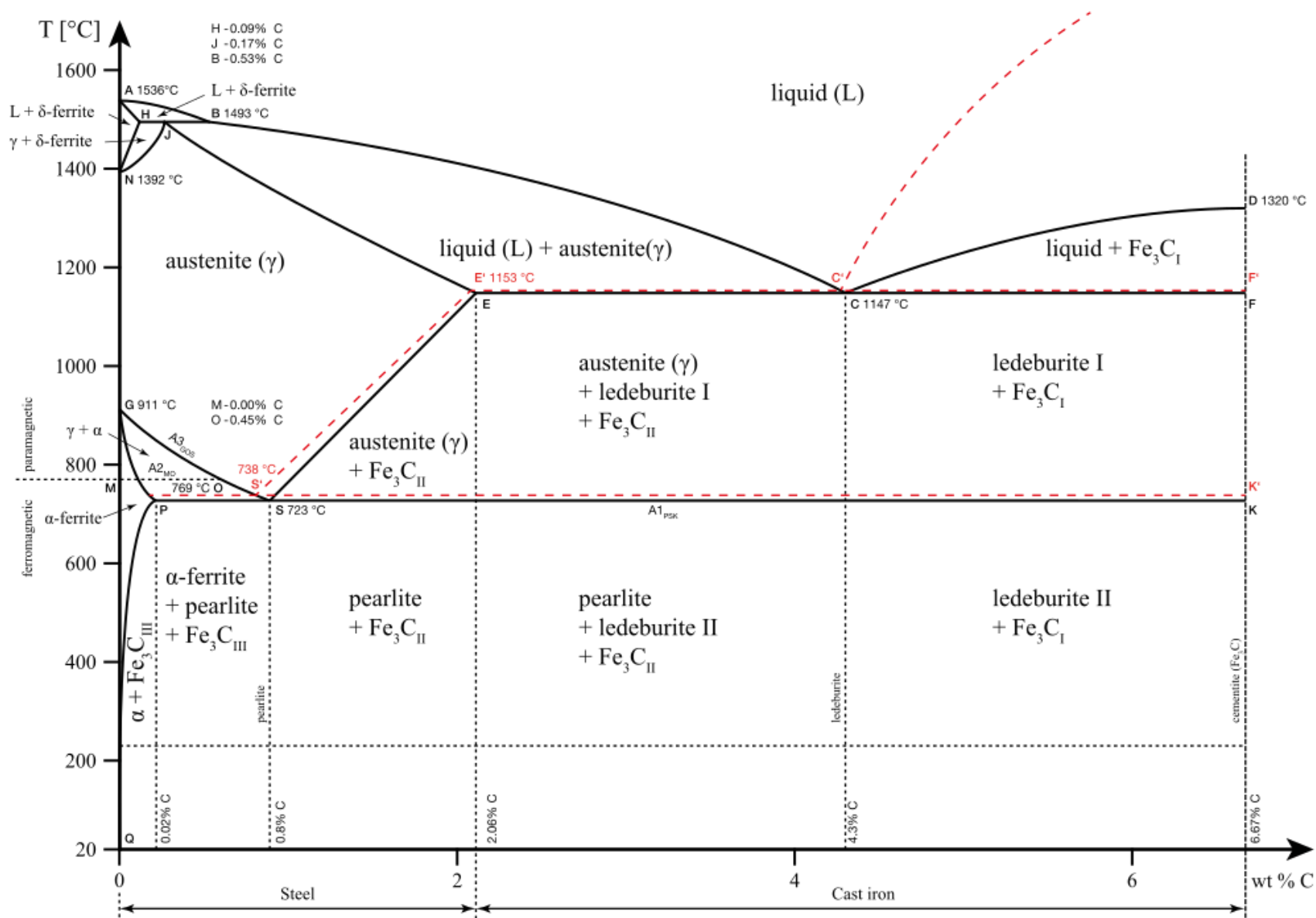
Cementit: Fe_3C

Perlit: ferrit + cementit

Ledeburit: perlit + cementit



A vas-szén ötvözetek egyensúlyi diagramja (angol)



A vas- és acélgártás főbb technológiai részlépései

- Vasérc elkészítése
- Alapanyagok adagolása: vasérc, koks, salakképzők (CaCO_3 , szilikátok, alumínátok)
- Kohósítás (indirekt [CO] és direkt [C] redukció)
- Nyersvas kitermelése, salak szeparálása
- Acélgártás (széntartalom beállítása, egyéb szennyezők [Si, S, P] eltávolítása)

Vasérc



Magnetit (mágnésvasérc)
 Fe_3O_4 , vastartalom: 50...70%



Hematit (vörösvasérc)
 Fe_2O_3 , vastartalom: 40...60%



Limonit (barnavasérc)
 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, vastartalom: 30...50%



Sziderit (vaspát)
 FeCO_3 , vastartalom: 25...35%

Koks



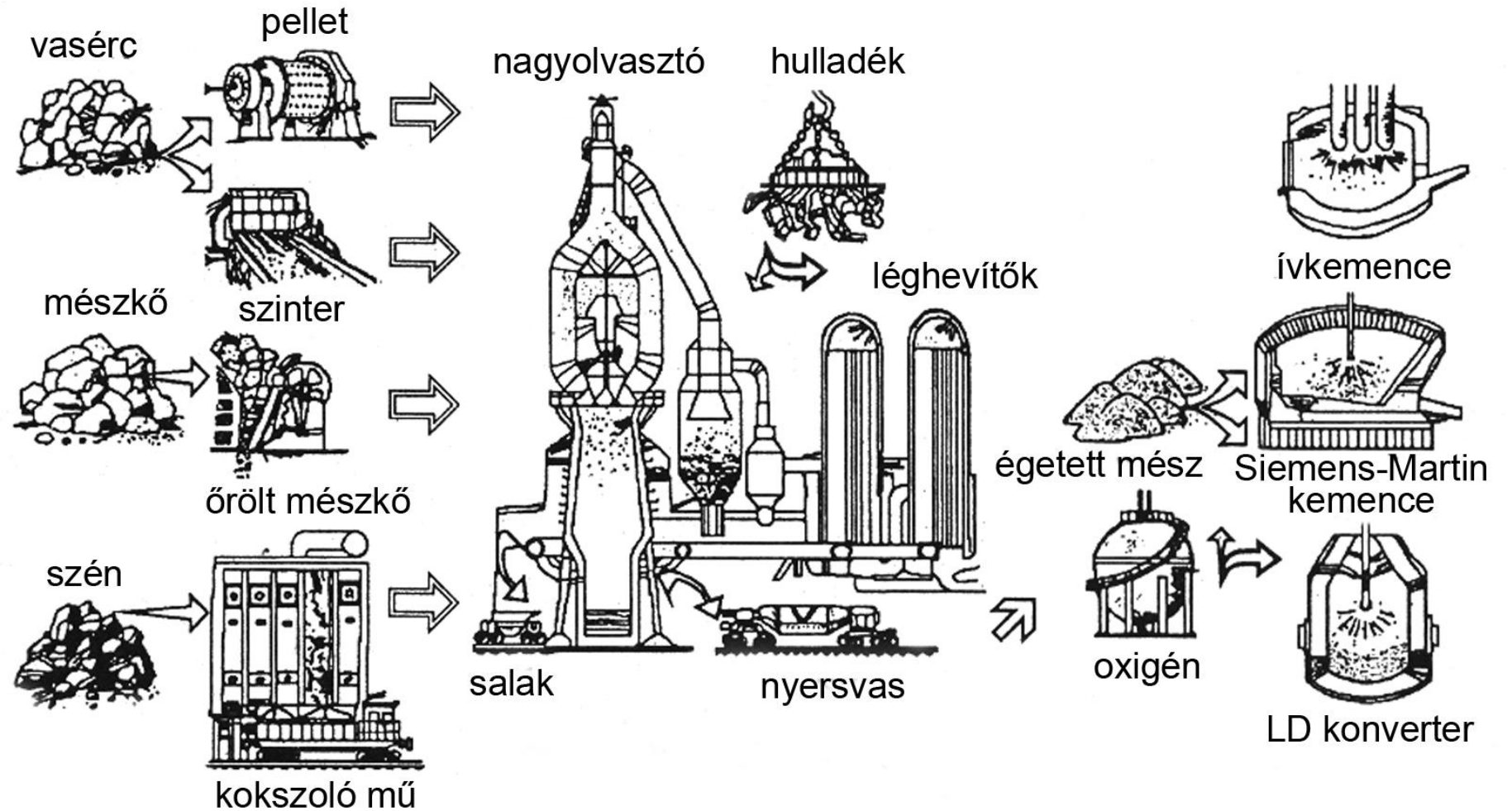
Mész



A vasgyártás helyzete Magyarországon

- Kohászat nyersanyagait nem lehet hazai forrásból fedezni.
- Importra szorulunk szén és vasérc területén is.
- 1986-ban bezárták az ország egyetlen akkor még működő vasércbányáját Rudabányán.
- A magyar vaskohók import ércet dolgoznak fel.
- Az ércek beszerzése importból főként orosz, ukrán forrásból történik (ISD Dunaferri).
- A kohókokszt kb. 66%-a import (kis hányadban komlói feketeszén).
- Mangán-tartalmú ötvöző ércet a Bakonyban termelik, ebből jut exportra.
- Az acélgyártáshoz szükséges hulladékvas belföldi forrásokból származik.
- Az acélgyárak pakurát és földgázt használnak fűtésükhöz.
- A mészkezelésre iránti szükségletet bőségesen fedezi a hazai készlet.
- Ózdon és Diósgyőrben nincs nagyolvasztó (csak Dunaújvárosban – ISD Dunaferri).

A vas- és acélgyártás folyamatai

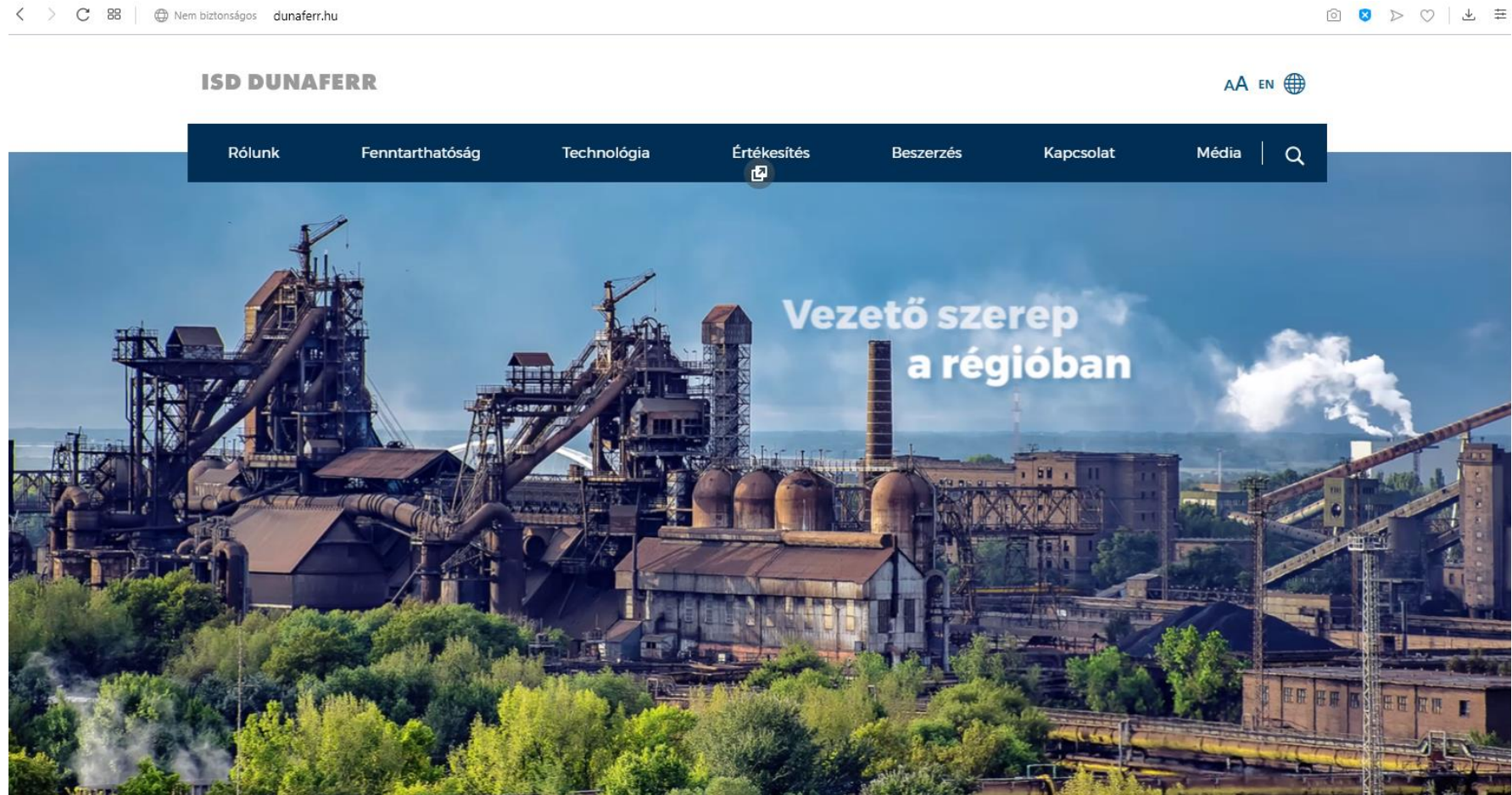


érc előkészítés

nyersvas gyártás

acél gyártás

ISD DUNAFERR DUNAI VASMŰ ZÁRTKÖRŰEN MŰKÖDŐ RÉSZVÉNYTÁRSASÁG 2400 Dunaújváros, Vasmű tér 1–3.



Jó minőségű kokszot különböző tulajdonságú kokszolható szenek keverékéből lehet gyártani.

A **Szénelőkészítő üzembe** vasúti kocsikban érkeznek a külföldi mára 2/3 részben tengeren túli kokszolható szenek.

A szénelegy összeállítása az adagoló bunkersoron beépített szalagmérlegek segítségével, a komponens szenek laboratóriumban mért paramétereiből számított arányban történik.

A szénelegy megfelelő szemcseösszetételűre aprítva, homogenizálva szállítószalagokkal blokkok széntornyaiba, majd a kamrákba kerül.

A kokszolható szénelegyhez szükség szerint pernyéskátrány, szurok és kokszpor adagolható, és bele kerül a biológiai szennyvíztisztítónál keletkező szerves iszap is.

Kokszolás – Kokszgyártás folyamata és technológiája (ISD Dunafer)

A **Kemenceüzemben** két PVR típusú (páros fűtőcsatornázású, recirkulációs, regeneratív fűtésű) kemenceblokk üzemel.

A blokkokat tisztított kamragázzal fűtik. A kamrák közötti fűtőfalakban égőkkel ellátott fűtőcsatornák, a kamrák alatt a levegőt előmelegítő regenerátorok helyezkednek el.

A fűtőfalakat a kigázosítás idejétől függően folyamatosan 1150 - 1350 °C hőmérsékleten tartják.

A szén szárazlepirálása (pirolízise) során a szenet oxigéntől elzárva hevítik gázok, folyékony termékek és szilárd maradék - **koksz** - előállítására céljából.

A szén magas hőmérsékletű pirolízisét karbonizációnak hívják.

A levegőtől elzárt kamrákban 16 - 24 órán át izzított szénelegyből távoznak az illó anyagok, a kokszot kitológép a pajzskocsi vezetőkosarán keresztül az **oltókocsiba (I. blokk)**, illetve a **konténerbe (III. blokk)** tolja.

Kokszolás – Kokszgyártás folyamata és technológiája (ISD Dunafer)

Az **I. blokkon termelt kokszot** vízzel intenzíven permetezve lehűtik, majd szállítoszalagok továbbítják az I.sz. osztályozóba.

A **III. blokk kokszát** a száraz kokszoltó berendezés oltókamráiban ellenáramban cirkuláltatott inert gázzal (CO₂ és N₂-vel) 150 °C alá hűtik. A felmelegedett inert gázzal hőhasznosító kazánokban magasnyomású gőzt, ezzel – turbina segítségével - *villamos energiát generálnak*.

A **kokszosztályozókban** történik a koksz szemcseméret szerinti szétválasztása, valamint szétosztályozzák a nedves-, illetve száraz oltással lehűtött kokszokat is.

Az ISD DUNAFERR Zrt. részére termelt **25 mm feletti kohókoksz** frakció közvetlenül szállítoszalagokon jut a **nagyolvasztók koksz-bunkereibe**.

Nyitott állapotú kokszoló kemence



**Az izzó koksz
oltókocsiba
történő töltése**



**Az izzó koksz
oltókocsiba
történő töltése**



Kokszolás (Prosper-Bottrop/DE)

**Az izzó koksz
oltókocsiba történő
töltése után készen áll
a tovább szállításra...**



**...szállítás és érkezés
az oltótoronyba**



**Az oltott kokszot
bunkerekben tárolják
a felhasználásig**



Kokszolás – Kokszgyártás folyamata és technológiája (ISD Dunafer)

A kokszolás során az izzított szénből kilépő 700 - 750 °C hőmérsékletű, 60 000 m³N/óra mennyiségű nyers kamragáz öblítővíz permetezés hatására 80 - 85 °C-ra hűl le.

A gázgyűjtő rendszerből **szeparátoron, előhűtőkön és elektromos kátrányleválasztókon** át *exhausztor* (= elszívó) szívja el és továbbítja további gáztisztításra a **Vegyüzembe**.

A gázból leválasztott nyers kátrányt értékesítik.

Az nyers gáz **mosótoronyokba** kerül. A mosófolyadékot desztillációval ammónia- és kénhidrogén mentesítik.

Az ammóniát 1100 - 1200 °C-on alkotó elemeire bontják. A keletkező füstgáz gőzt termel. A kénhidrogén-gőzök a katalitikus **Claus reaktorokban** nagy tisztaságú folyékony elemi kénné alakulnak.

A kamragázból ezután a benzolkinyerő üzem mosó és desztilláló tornyaiban kinyerik a nyersbenzolt, amit kamionba töltve szállítanak el a vevőkhöz.

Nyers kamragáz összetevői:

- Szén-dioxid
- Ammónia
- Kén-hidrogén
- Magasabb szénatomszámú szén-hidrogének
- Aromás CH vegyületek (pl. benzol)

Tisztított kamragáz összetevői:

- 55% H₂
- 25% CH₄
- 10% N₂
- 5% CO

(a kokszolótól és a kiindulási szén minőségétől, fajtájától függ az összetétel)

Kokszolás – Kokszgyártás folyamata és technológiája (ISD Dunafer)

A tisztított kamragáz 45 %-át visszavezetik a kemenceblokkok fűtésére.

A gáz fennmaradó részét az ISD DUNAFERR Zrt. felhasználóihoz továbbítják. A tárolást és nyomáskiegyenlítést 150 000 m³ tárolókapacitású gáztartály biztosítja.

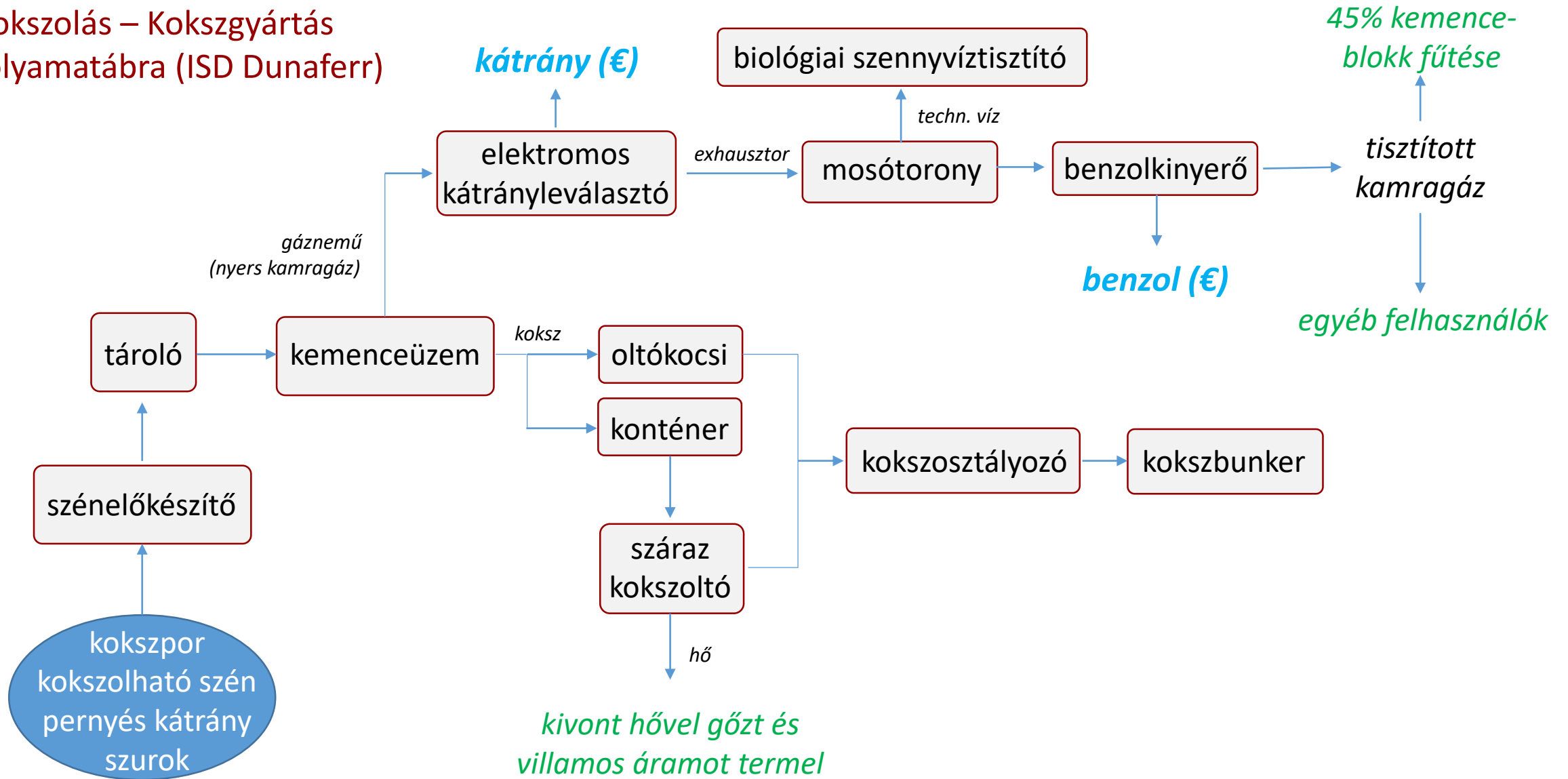
A termelt kátrány mennyisége kerekén 45 ezer tonna, a benzolé 10 ezer tonna, a kéné ezer tonna évente.

A technológiai távozó vizek tisztítására 1985-ben megépült **biológiai szennyvíztisztító telep** üzembevétele környezetvédelmi jelentőségű.

A szennyvíztisztító napi 2000 m³ technológiai szennyvíz tisztítására képes. A 2012-es korszerűsítés óta nitrifikációs/denitrifikációs folyamatokkal egészül ki az eljárás, amivel a szigorú kibocsátási határértékek teljesíthetők.

A Kokszolómű teljes kapacitása évi 0,9 Mt koks.

Kokszolás – Kokszgyártás folyamatábra (ISD Dunaferre)



Vasércek előkészítése (ISD Dunafer)

A nyersvas vasércekből tűzi úton előállított, általában 4-5 %
karbontartalmú és egyéb elemeket is tartalmazó ferrum alapú ötvözet.

Közbenső termék, amely az acélgyártás alapanyaga.

A gyártáshoz szükséges alapanyagok:

Főbb folyamatok:

- Törés
- Őrlés
- Szeparálás
- Flotálás
- Szállítás
- Pörkölés
- Szinterezés

- Vasércpellet
- Zsugorítmány (darabosított érc)
- Salakképző
- Kohókoks (3-as szerep: energiahordozó, redukálószer, ötvözőanyag)



Kohókoks

**Mésző
(salakképző)**

**Zsugorítmány
(darabosított érc)**

Zsugorítmány-gyártás (ISD Dunaferri)

A **Zsugorítómű** végzi a beérkező alap és hozaganyagok fogadását, tárolását, valamint fizikai és tűzi úton való előkészítését.

Az elegyalkotók tárolására 12 db bunker és 2 db mézpor siló áll rendelkezésre.

A zsugorítószalagra feladott elegyet különböző **ércek**, **ércpótlók** és **salakképző** anyagok, valamint a tüzelőanyagként szolgáló **kokszipor** alkotják.

A zsugorítószalagon feldolgozandó elegy optimális szemcsenagysága 1 és 8 mm közötti.

Mivel ez a szemcsenagyság viszonylag ritka, vagy nagyon drága, ezért a finom szemcsés anyagokat kell feldolgozható állapotra előkészíteni, ez a műveletet nevezik elegy-előkészítésnek.

Az elegy-előkészítés egy pelletező eljárás, amelynek során a víz és kötőanyag (égetett mész) adagolás és keverődobokban előidézett görgető mozgás hatására a mikroszemcsés részecskék egymáshoz illetve a nagyobb szemcsés részecskékhez tapadnak.

Zsugorítmány-gyártás (ISD Dunaferri)

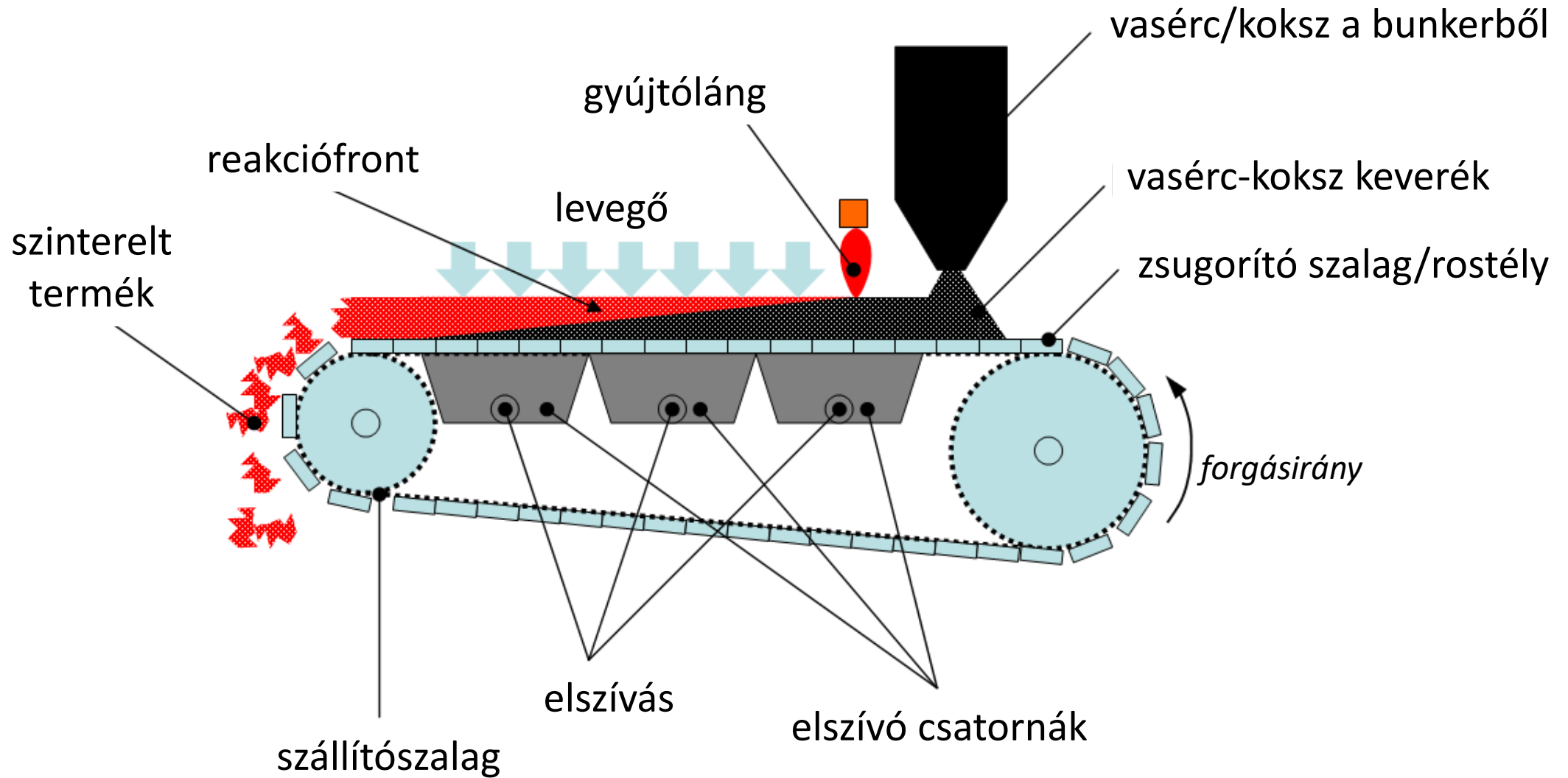
Az ércek tűzi úton történő előkészítése 2 db Dwight-Lloyd rendszerű **vándorrostélyos pörkölő** berendezéseken, ún. **zsugorítószalagon** történik.

Ezzel a módszerrel olyan fizikai és kémiai tulajdonságú anyag **zsugorítmány**, vagy *más néven darabosított érc* gyártása folyik, *amely legkedvezőbb a nagyolvasztóba történő feldolgozás szempontjából.*

A zsugorítószalagok gyártókapacitása 1 Mt/év.

Az Ércelőkészítő mű 1955-ben, az Ércdarabosító mű 1956-ban kezdte meg a működését.

Dwight-Lloyd vándorrostélyos pörkölő



A zsugorítmány



A kohósítás (ISD Dunafer)

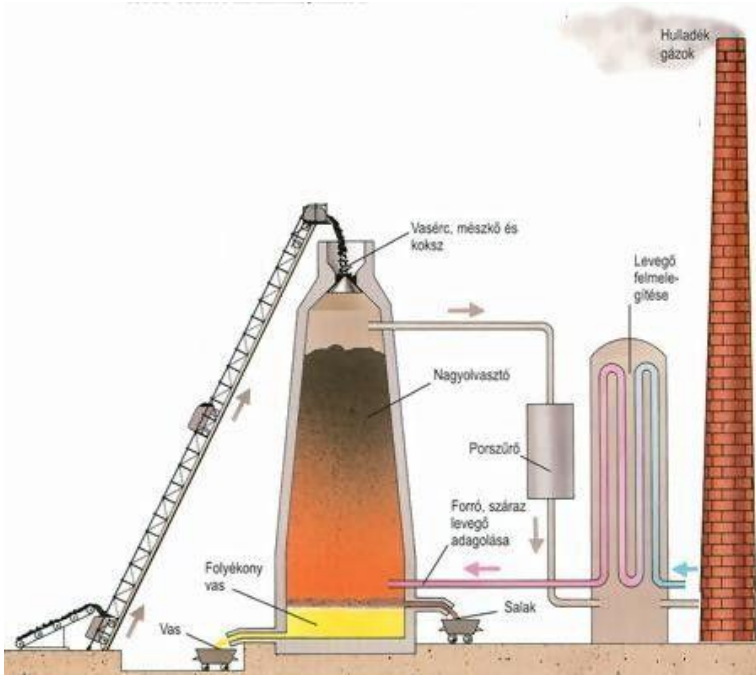
A kohó torok részén beadagolt alapanyagok fentről lefelé a kohó medencéje irányába haladnak.

A kohókokszt C-tartalma az előmelegített (1100 °C) levegő oxigéntartalmával reakcióba lépve elég, és az így képződött gáz felfelé áramolva felmelegíti, redukálja a lefelé haladó ércet.

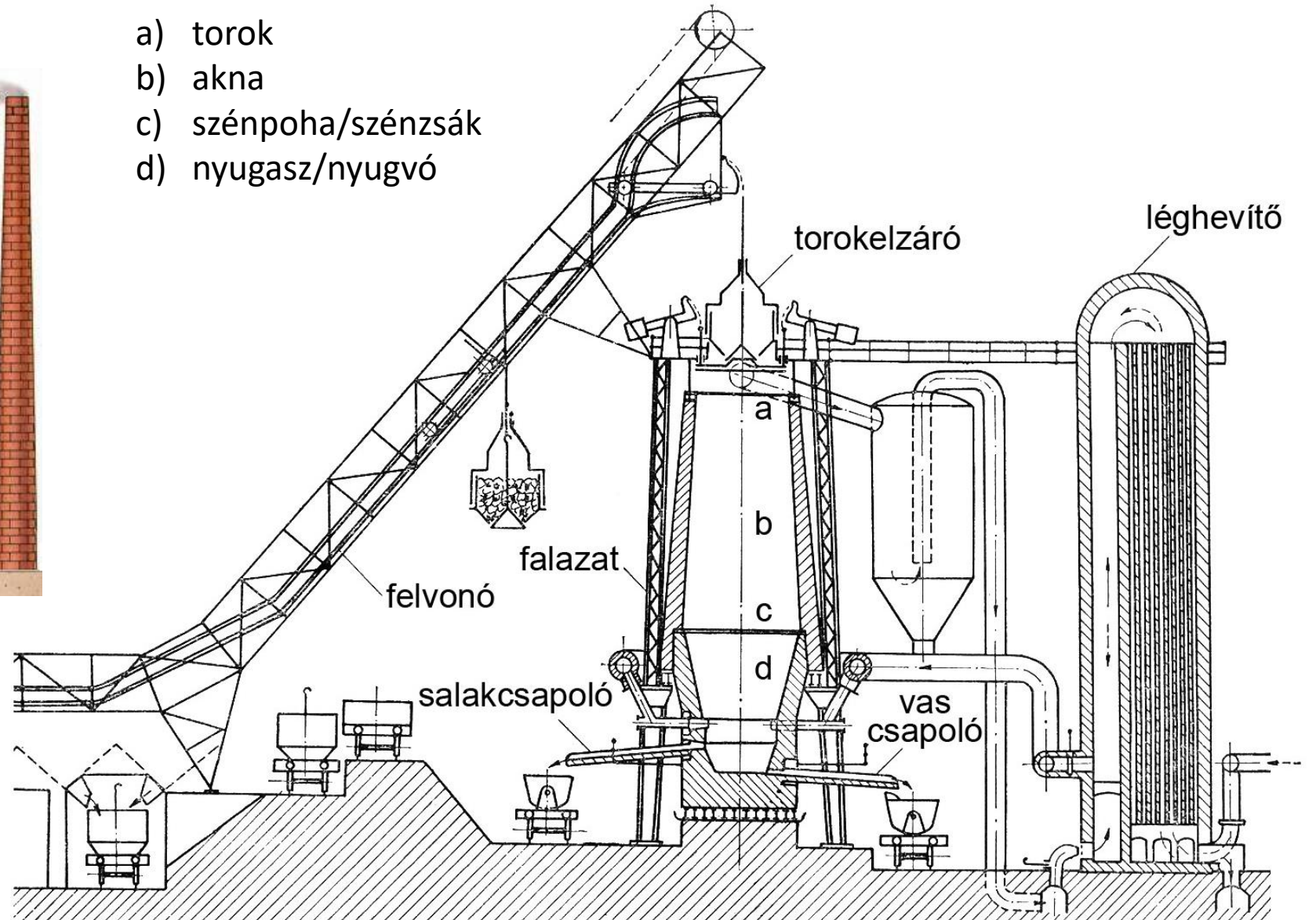
A kohó alsóbb zónáiban – a kokszt égése miatt kialakuló - magas hőmérsékletnek köszönhetően az érc (és meddője) megolvad, a képződött olvadék a kohó alsó részébe a medencébe áramlik.

A képződött termékek a nyersvas és a salak, amiket rendszeres időközönként a kohóból eltávolítanak (csapolás).

A nagyolvasztó felépítése

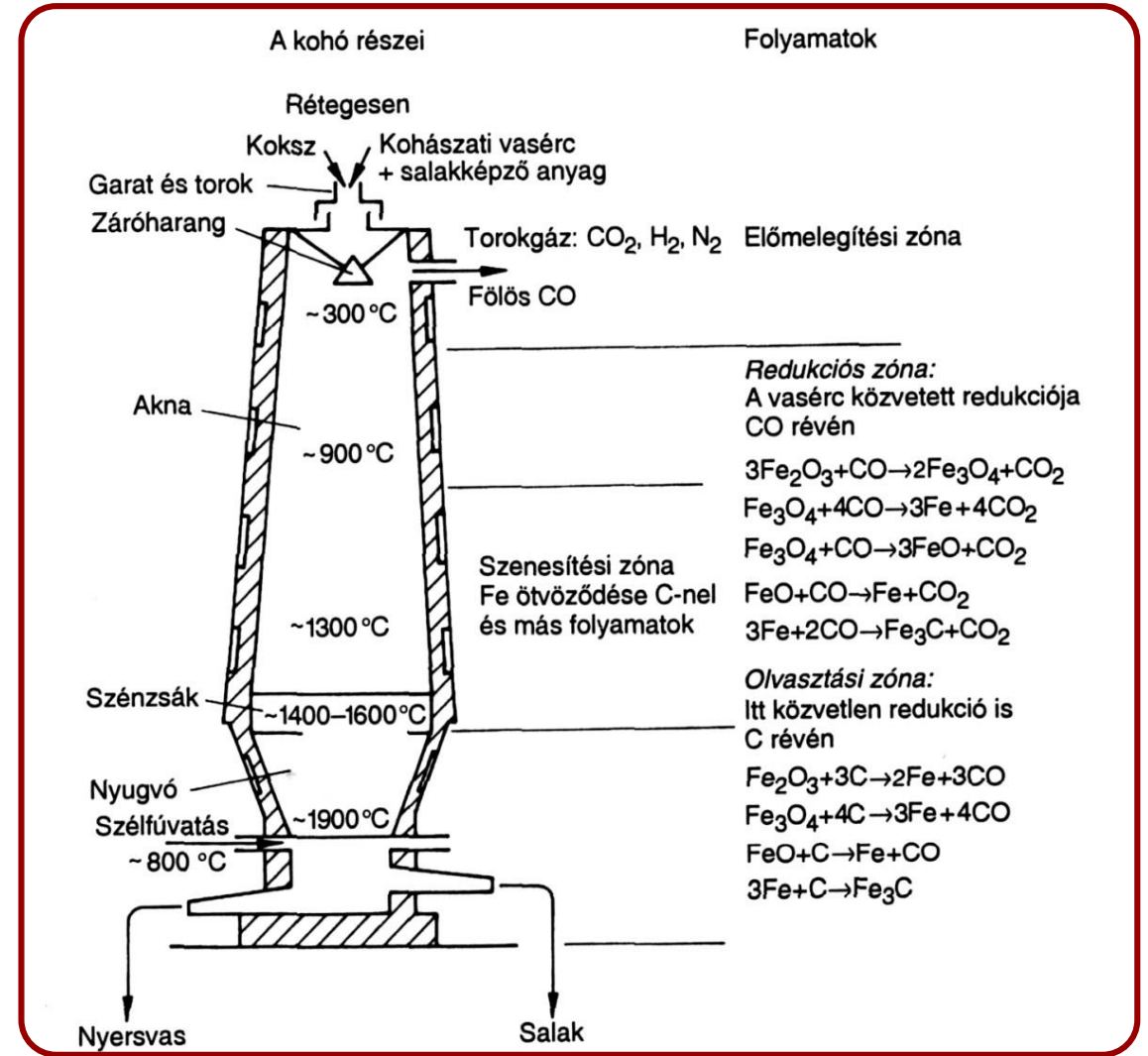
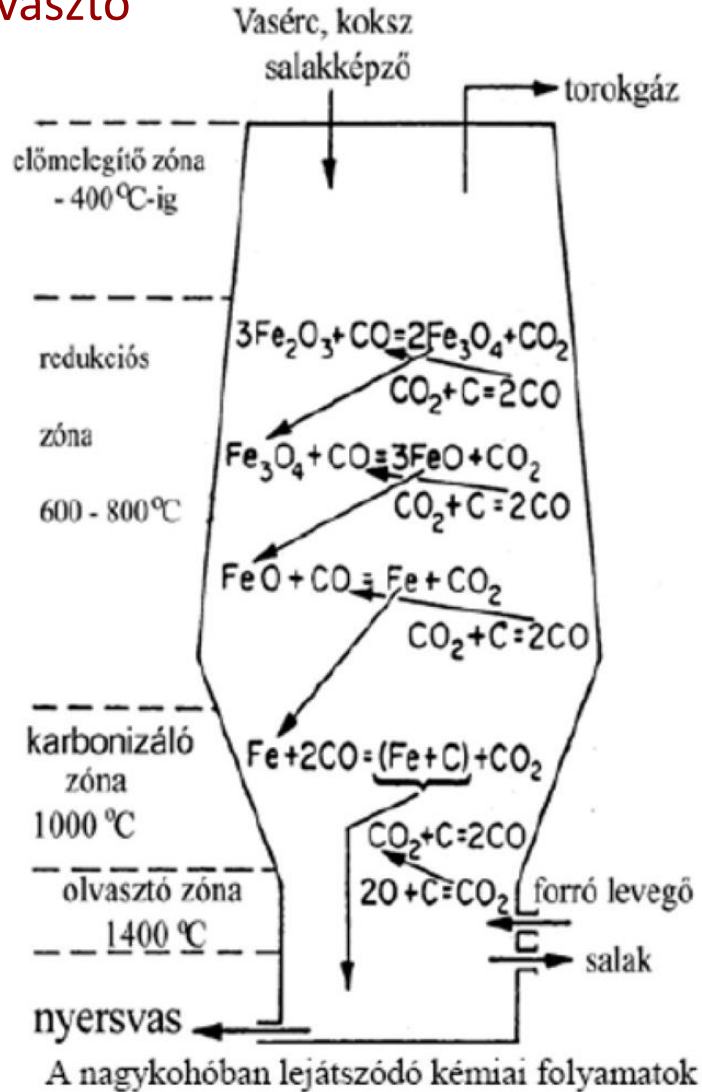


- a) torok
- b) akna
- c) szénpocha/szénzsák
- d) nyugasz/nyugvó

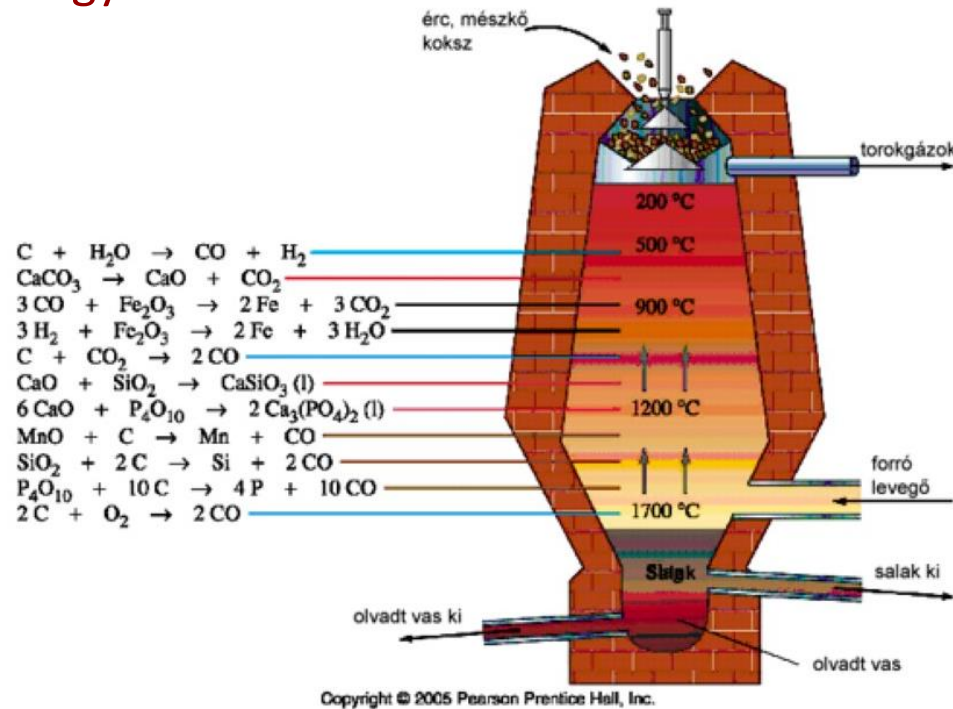


A kohósítás – a nagyolvasztó

A kohósítás egyik mellékterméke a **torokgáz** (fő alkotórésze a szén-dioxid, szén-monoxid, nitrogén és hidrogén), amelyet energiatermelésre, kazánfűtésre, és visszajátatva a kohóba befűjt levegő előmelegítésre használnak.



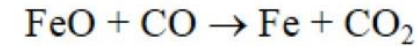
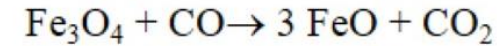
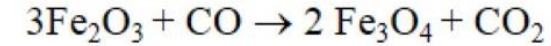
A kohósítás – a nagyolvasztó



- redukáló anyagok keletkezése
- vas-oxid redukció
- salak képződése

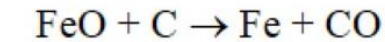
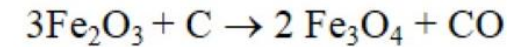
200-300 °C a szabad és kötött vizek eltávoznak
 400-600 °C karbonátok bomlanak, indirekt

redukció

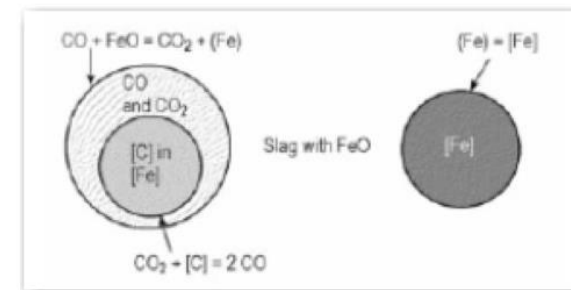
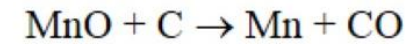
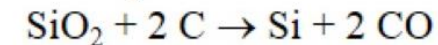
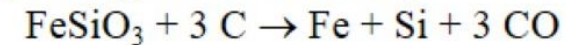


500-900 °C $2CO \rightarrow C + CO_2$

>750 °C direkt redukció

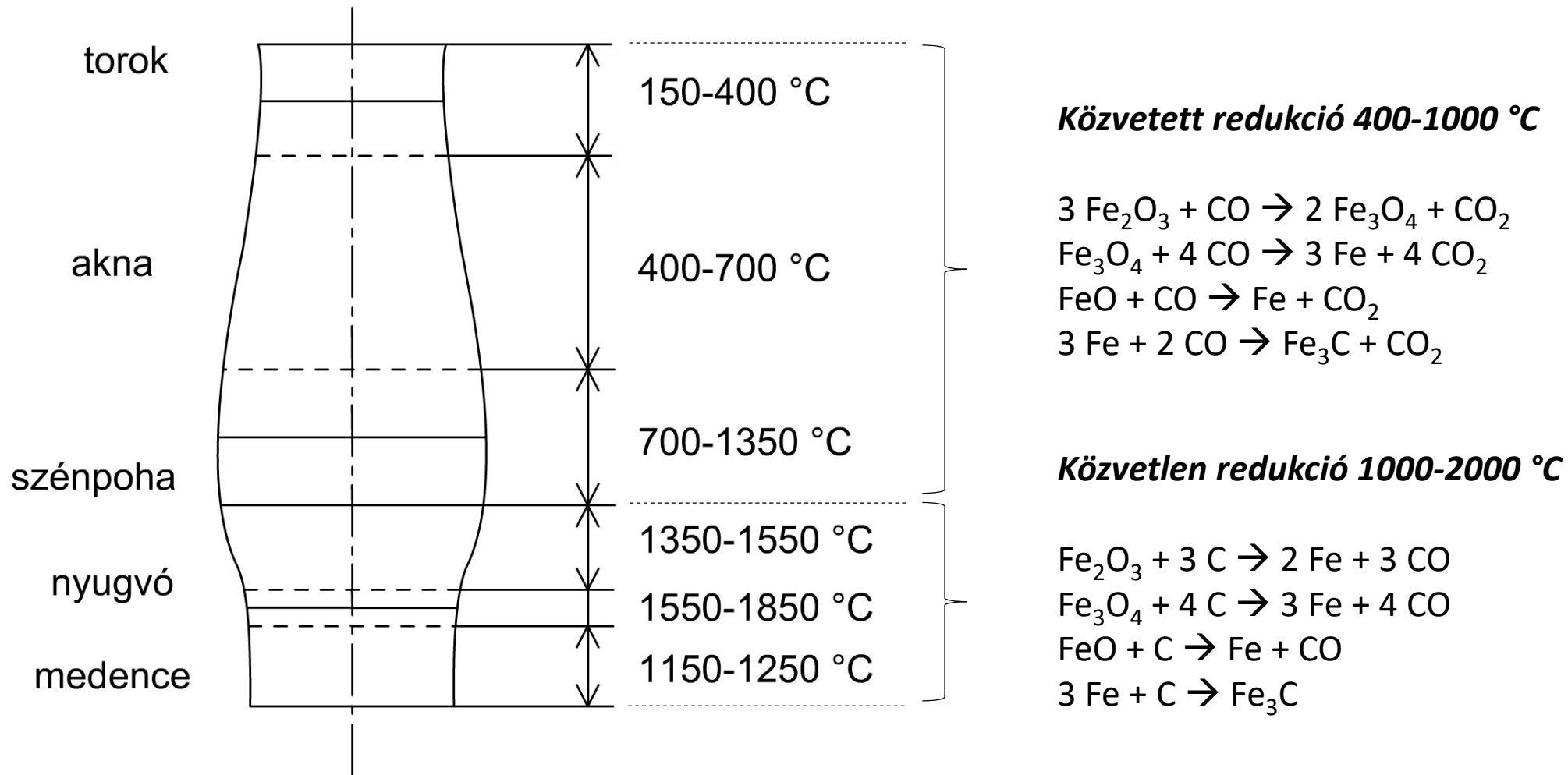


>900 °C egyéb vegyületek redukciója

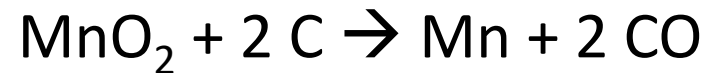
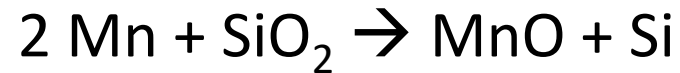
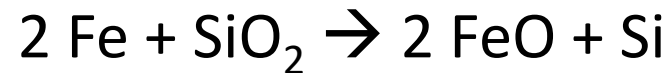
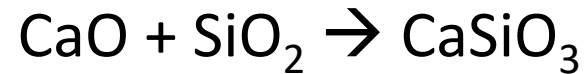


A nagyolvasztó zónái

Kémiai folyamatok a nagyolvasztóban



1000 °C felett CO_2 bomlik CO keletkezésével $\rightarrow \rightarrow \text{CO}$ nem redukálja az oxidokat ezen a hőm.-en, mert maga nem képes CO_2 -dá oxidálódni!

Salakképződés kémiai reakciói:

- A legtöbb vas-tartalmú ásvány homokot (SiO_2) és szilikátokat (SiO_3^{2-}) is tartalmaz.
- Ezek a komponensek nem olvadnak meg a nagykohóban és eldugíthatják.
- Ezeket a komponenseket ömlesztő anyagok segítségével távolítják el, a Si-mal és a szilikátokkal salakot képeznek.
- A salak a nagykohó alsó részében az olvadt állapotú vas tetején gyűlik össze és nem keveredik a vassal.
- Az olvadék-salak réteg megvédi az olvadt állapotú vasat a re-oxidációtól (védőréteget képez).

A lecsapolt salakot szilárd állapotban számtalan célra használják fel a cementiparban és az építőiparban egyaránt.

A salak



A keletkezett salak (átmeneti) elhelyezése

A salak



Darabosított salak

Felhasználás lehetőségei: salaktégla, kohósalak-cement, habsalak (→ építőipari, útépitési felhasználás)

1 tonna nyersvas előállításához szükséges:

- ~1500-2000 kg vasérc
- ~500-650 kg koksz
- ~250 kg mészkő vagy dolomit
- ~1800-2000 kg levegő

Emellett melléktermékként keletkezik:

- ~400-600 kg salak
- ~2500-3500 kg (4500-5000 m³) torokgáz
- ~50-80 kg szállópor

Azt az eljárást, amelynek során a nyersvasból 2,06%-nál kisebb széntartalmú vas-szén ötvözetet állítanak elő, és egyúttal csökkentik az egyéb kísérő elemek, oxidok mennyiségét is, esetleg a tulajdonságok javítása céljából ötvözőkkel látják el a megfelelő arányban, **acélgártásnak nevezzük.**

Acélgártás = {

- széntartalom csökkentése
- kísérő elemek kivonása
- ötvözők bevitele

1) Nyersvas, több mint 1,7 % C-tartalommal, 1150-1300 °C olvad

- **Fehér nyersvas:** az összes szenet vas-karbid (Fe_3C) formájában tartalmazza. Törési felülete *fehér*, rendkívül rideg és kemény. Sem hidegen, sem melegen nem dolgozható meg. **Az acélgyártás alapanyaga.**
- **Szürke nyersvas:** A szén nagyobb részét grafit alakjában tartalmazza, magasabb a Si és kisebb a Mn-tartalma. Törési felülete szürke. Lágyabb és szívósabb, mint a fehér nyersvas. Forgácsolással megdolgozható, de melegalakítással (pl. kovácsolás) nem. Túlnyomóan öntött árú gyártására szolgál (öntött vas).

2) Acél, kevesebb mint 1,7 % C-tartalommal, 1400-1500 °C olvad

- Hidegen és melegen is jól megmunkálható
- Szénacélok: 1,7-0,5% C: kemény acél; 0,5-0,2% C: közép-kemény acél; <0,2% C: lágyacél (kovácsvas)
- Nemesacélok: lágyacél + ötvöző anyagok
- Acélgyártási eljárás szerint: Thomas-, Bessemer-, Siemens-Martin-, elektroacél
- Ötvözőanyag tartalomtól függően: Mn-, Si-, Ni-, W-, CrNi- (stb.) acél

Az öntöttvas

- Szürkenyversvas felhasználási módja.
- A nagyolvasztóból kikerülő termék összetétele ingadozó lehet ezért nem öntik közvetlenül formákba.
- Szürkenyversvasat *kúpoló kemencében* vagy *lángkemencében* újra olvasztják.
- Olvadékot formába öntik.
- Homokból készített (ragasztóval rögzített) öntőformák.
- Öntvény megszilárdulása után az öntőforma egyszerűen leválasztható az öntvényről.
- *Temperöntvények*: fehérszürkenyversvas izzításával (Fe_3C elbomlik, lágy öntöttvas keletkezik), csőkötések (fittingek), kulcsok, kerékpár alkatrészek, stb. „tömegáru”.



600-AS KÖR ALAKÚ ÖNTÖTTVAS AKNAFEDLAP KERETTEL GYALOGOS
ZÖLDTERÜLETI BEÉPÍTÉSRE
62,5 CM



Acélgyártás

Az acélgyártás során a nyersvasban lévő szén és a kísérő, nem kívánatos elemek mennyiségének csökkentése azok oxidációjával (kiégetésével) történik.

A folyamatot **frissítésnek** is nevezik.

Az eljárás alapvető módja, hogy a levegőt vagy oxigént fúvatnak keresztül az olvadt nyersvason, így az oldott szén, és egyéb anyagok az oxigénnel reakcióba lépve nem oldható oxidokká egyesülnek.

A keletkezett szén-dioxid buborékok formájában, az oxidok pedig a salakba távoznak.

Az acélgyártás szakaszai:

- **frissítés/kiégetés**, amelynek során a szén jelentős része kiég (1)
- **dezoxidálás**, ami a keletkezett FeO elbontását jelenti olyan anyaggal (pl. Mn, Si, Al), amelynek az affinitása az oxigénhez nagyobb, mint a vashoz (2)
- **ötvözés** (3)

Frissítés

Szélfriassítás

Folyékony nyersvasba levegőt vagy oxigént fúvatnak.
Az oxidációt közvetlenül a szabad O_2 végzi.

Konverteres acélgártás

- Bessemer-eljárás
- Thomas-eljárás
- Linz-Donawitz-eljárás
(*oxigénes konverter, nem levegő, nem alsó befúvatás*)

Siemens-Martin

Folyékony nyersvas felett levegőt, ill. szabad O_2 -t tartalmazó lángot fúvatnak.
Az oxidációt a keletkező FeO végzi. Vas-oxidok oxidációs hatását használják az ócskavas (oxidos vasércek) adagolásával.

Elektroacél-gártás

Olvasztás, kiégetés ívfényes vagy indukciós kemencékben

S, C, Si, P

A kéntartalom (S)

Közvetlenül nem „égethető ki”. Közvetlen oxidáció nem lehetséges. **FeS** formában van jelen a vasban.

Mészkönek (égetett mész) erős kéntelenítő hatása van.



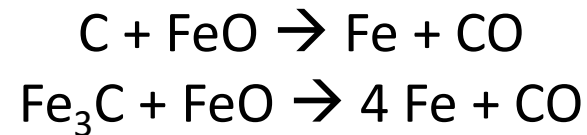
(a keletkezett FeO-t C-nel redukálni kell)

Elektrokemencében jól kivitelezhető, viszont konverteres eljárásokban és Siemens-Martin kemencében jelentős kéntelenítést nem lehet megvalósítani.

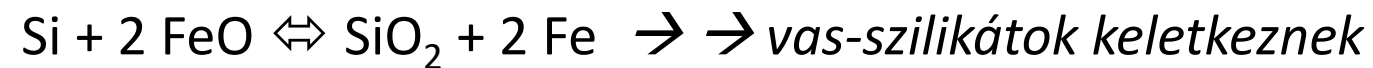
Az acélgártás során a nyersvasból eltávolítandó elemek

S, C, Si, P

A szénttartalom (C)



A szilícium-tartalom (Si)



A salak mésztartalma a FeO-t felszabadítja a vas-szilikátokból:



S, C, Si, P

A foszfor-tartalom (P)



Feleslegben levő FeO-nak a keletkező P_2O_5 -ot le kell kötnie.
Kovasav jelenlétében a P_2O_5 ismét felszabadul a keletkező vas-foszfátokból.
 P_2O_5 -ot a fémes Fe vagy a C visszaredukálja foszforrá!

Erős bázikus hatású anyag kell a lekötéséhez (pl. mészkő):



Eredményes foszformentesítés feltétele:

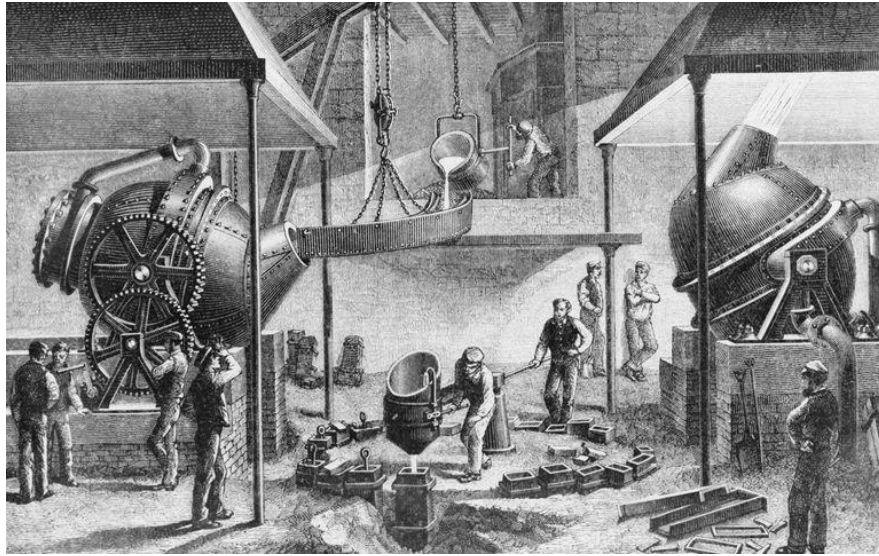
- erősen bázikus salak alkalmazása
- kovasavszegény környezet
- szénben szegény acél
- elegendő mennyiségű FeO

A Bessemer-eljárás



Bessemer-konverter

A Bessemer-eljárás

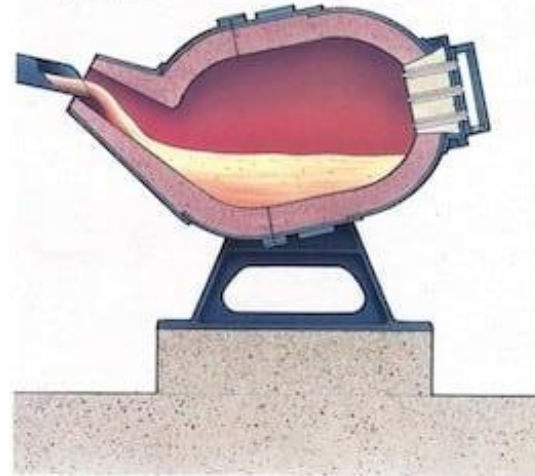


- Folyékony nyersvason hideg levegőt fúvatnak át.
- A konvertert a betöltés előtt koksszal vörösizzóra hevítik.
- Vízszintes helyzetbe hozva beöntik a folyékony nyersvasat.
- Felállításkor a levegő-befúvás automatikusan beindul (nem folyik ki az alsó fúvókákon a nyersvas).
- A nagy sebességgel áramló levegő mozgásban tartja folyékony töltetet.
- 10-30 perc kezelési idő alatt acéllá „finomul” a nyersvas.
- Ferromangánnal (*Fe-Mn-C ötvözet*) dezoxidálhatnak.
- A szélfrissítés folyamán a hőmérséklet egyre nő a konverterben (C kiégése miatt).

BESSEMER'S TILTING CONVERTER

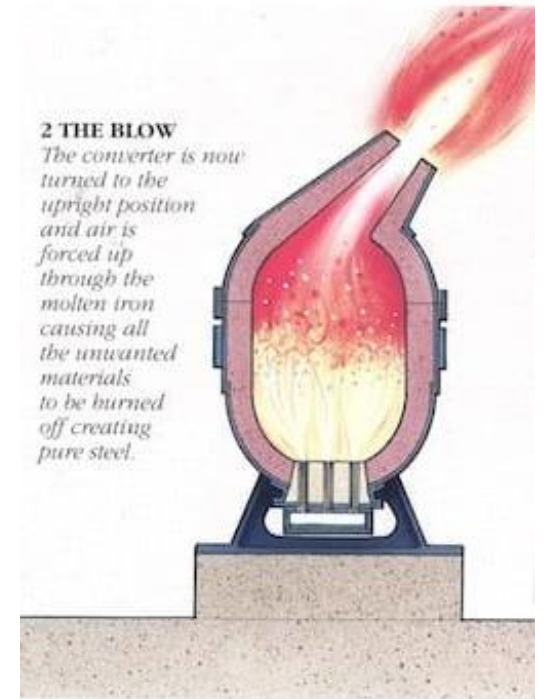
1 CHARGING

The converter is now charged with molten pig iron from another furnace.



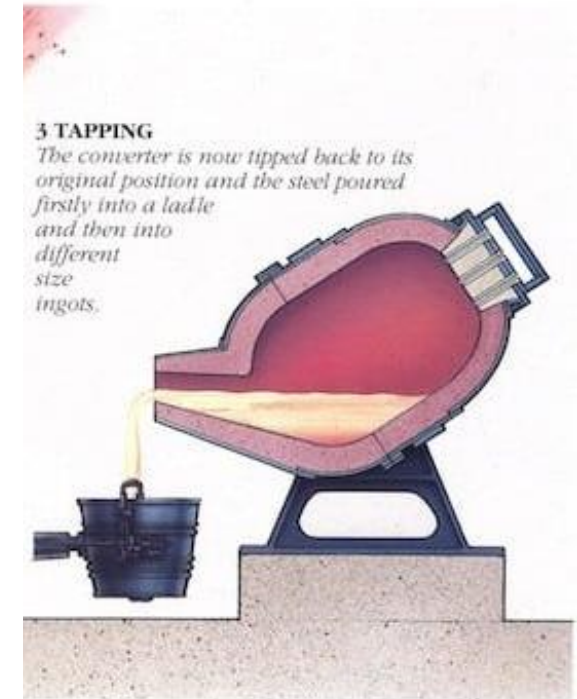
2 THE BLOW

The converter is now turned to the upright position and air is forced up through the molten iron causing all the unwanted materials to be burned off creating pure steel.



A Bessemer-eljárás

- Nyersvas op. 1300 °C, acél 1500 °C.
- Túlhevítik az acél olvadékot, hogy eléggé hígfolyós legyen és öntés során ne dermedjen meg.
- A frissítéshez szükséges hőmennyiséget a nyersvas alkotóinak (pl. Si) égési hője biztosítja!
- 5%-nyi ócskavas beolvasztható.
- ún. *savanyú eljárás* (sok kavasavat tartalmazó szilika-tégla bélés);
következménye: kis P-tartalmú nyersvasat lehet frissíteni;
fűtőanyagként a nyersvas Si tartalma szolgál.
- Külön salakképző anyag adagolása nem jellemző.
- Szennyezők kiégése folytán salak keletkezik.



A Thomas-eljárás

Bessemer-eljáráshoz nagyon hasonló, annak tkp. továbbfejlesztése.

- Thomas-konverter dolomit-téglákból (Ca/Mg-karbonát) álló bázikus béléssel van ellátva.
- ún. *bázikus eljárás*
- P-tartalom elsalakosítására alkalmas
- Nagy P és kis Si-tartalmú nyersvas finomítására alkalmas.
- fűtőanyagként a nyersvas P tartalma szolgál.
- A P_2O_5 lekötése céljából (a nyersvas súlyának 10-20%-nyi) CaO-t adagolnak.
- A C kiegészése után megkezdődik a P-tartalom oxidációja.
- Dezoxidálás előtt a foszfátdús salakot le kell önteni, mivel a ferromangán (Fe-Mn-C) C-tartalma a foszfátot visszaredukálná elemi foszforrá.
- Kis C-tartalmú lágyacél termékek (kénmentes kokszporral a salak leöntése utána kívánt C-tartalom beállítható utólagosan)



Sidney Gilchrist Thomas
(1850.04.16. London –
1885.02.01 Párizs)

A Thomas-salak

Thomas-salak egy Ca-szilikát-foszfát közelítő összetétele: $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot (\text{Ca}_2\text{SiO}_4)$ (15 % P_2O_5 és 5 % CaO), emellett Fe, Mn, Mg és Cr tartalommal.



Handeln, kauft bei diesen Geschäftsteilen!

Thomasmehl

Sternmarke

ist der billigste und bewährteste Phosphorsäure-Dünger für Wiesen und Weiden, für Halm- und Hackfrüchte, für Obst, Gemüse und Wein.

Thomasmehl erhöht die Ernte-Erträge, verbessert deren Qualitäten und steigert also den Gewinn des Landmannes

Erreicht werden diese Vorteile nur durch die Verwendung von reinem und hochprozentigem Thomasmehl

Nachstehende Firma liefert ihr Thomasmehl nur in plombierten Säcken und garantiert für den auf den Säcken angegebenen Gehalt an Phosphorsäure

Thomasphosphatfabriken
G. m. b. H. Berlin W 35

Landwirte, verlangt bei euren Düngertieferanten Thomasmehl „Sternmarke“.
Vor minderwertiger Ware wird gewarnt!

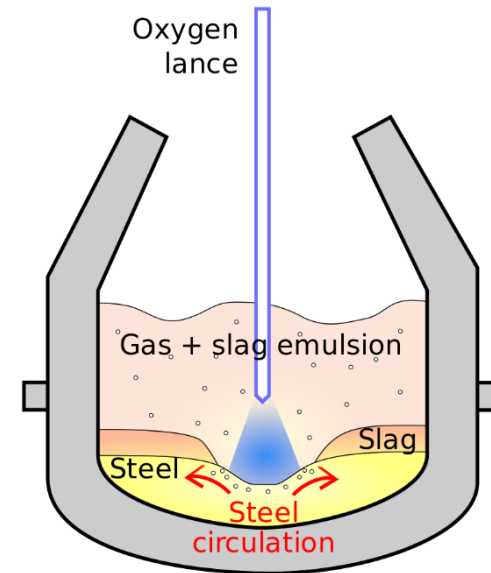
Beacht Euch beim Einkauf auf diesen Kalender!

Linz-Donawitz-(LD)-eljárás

- A konverteres acélgártási eljárások ma is alkalmazott technológiája.
- egyéb elnevezései:
 - Basic Oxygen Steelmaking/Process/Furnace (BOS, BOP, BOF)
 - oxigén-konverteres eljárás



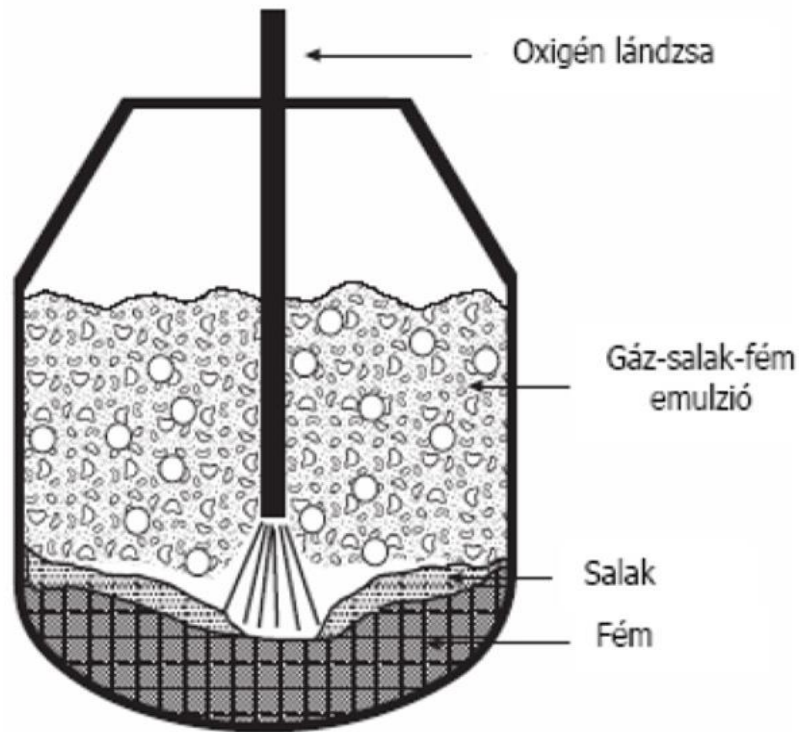
„basic” = bázikus → bázikus tulajdonságú dolomit, vagy égetett mész (CaO) salakképzőket adagolnak.



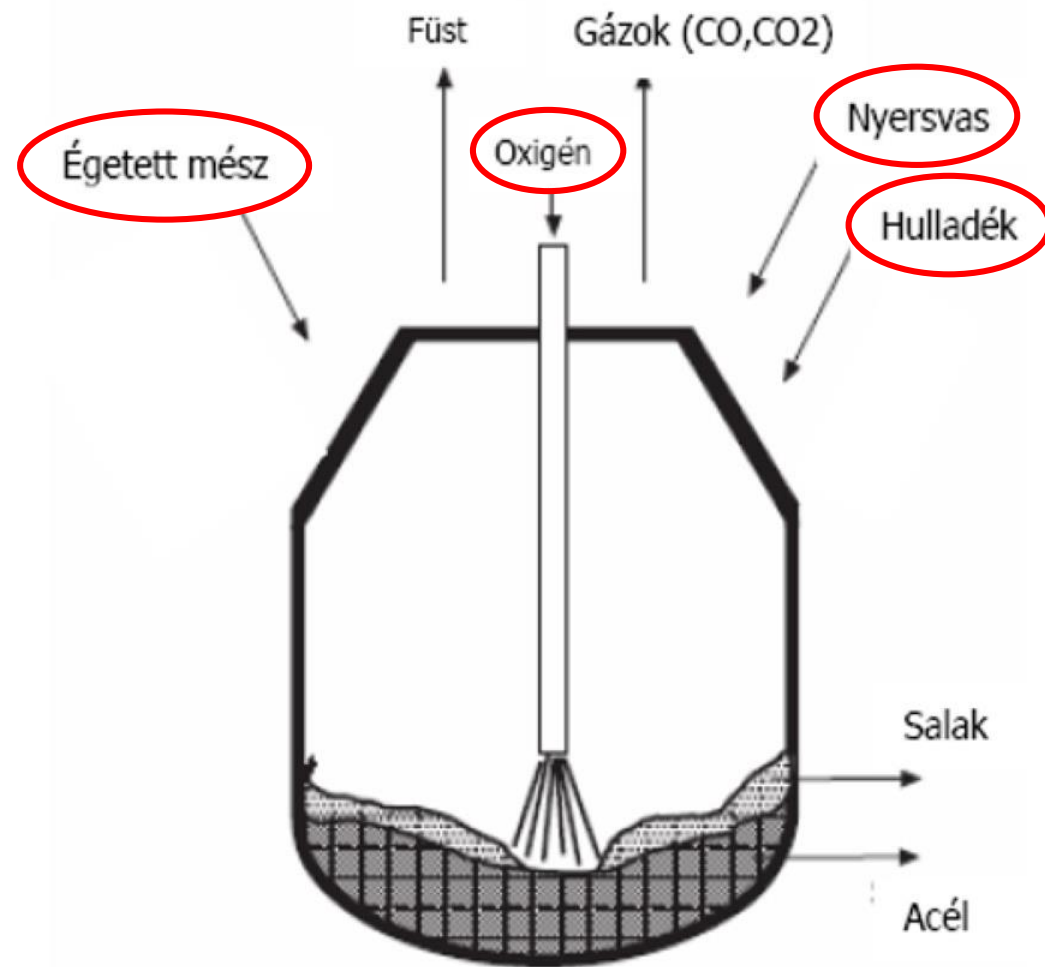
LD-eljárással készül az világ acélgártásának 70-72%-a (2013). Szabadalmak lejártak, szabadon, licenz díjak nélküli. A név az osztrák városok **Linz** (Felső-Ausztria) és **Donawitz** (Steierország) utal, ahol az eljárást fejlesztették.

Oxigénes konvertert töltik nyersvassal (ThyssenKrupp acélművek, Duisburg, DE)

Linz-Donawitz-(LD)-eljárás

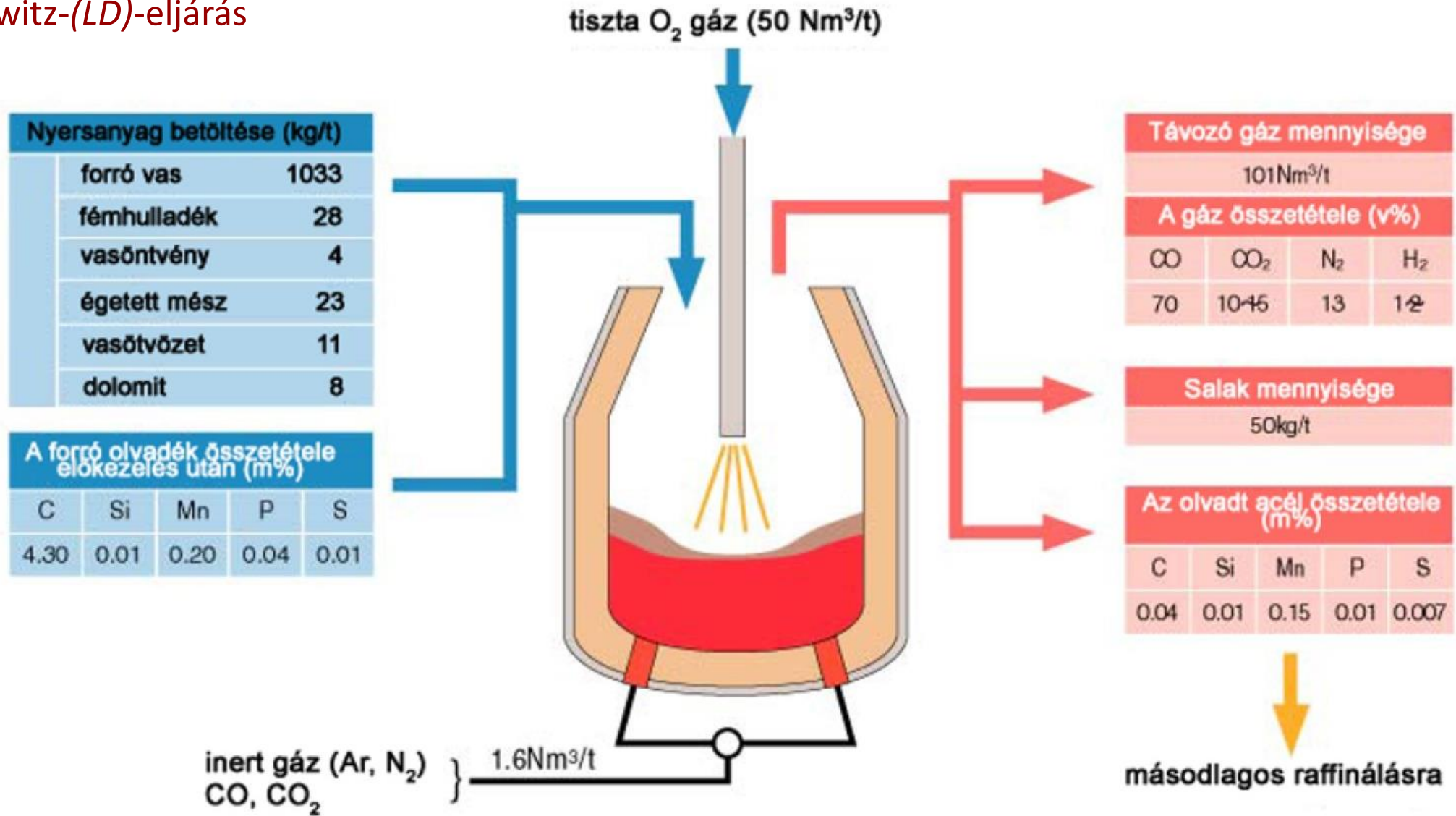


A konverter fizikai állapota fúvatás közben



A konverter bemenő és kimenő anyagai

Linz-Donawitz-(LD)-eljárás



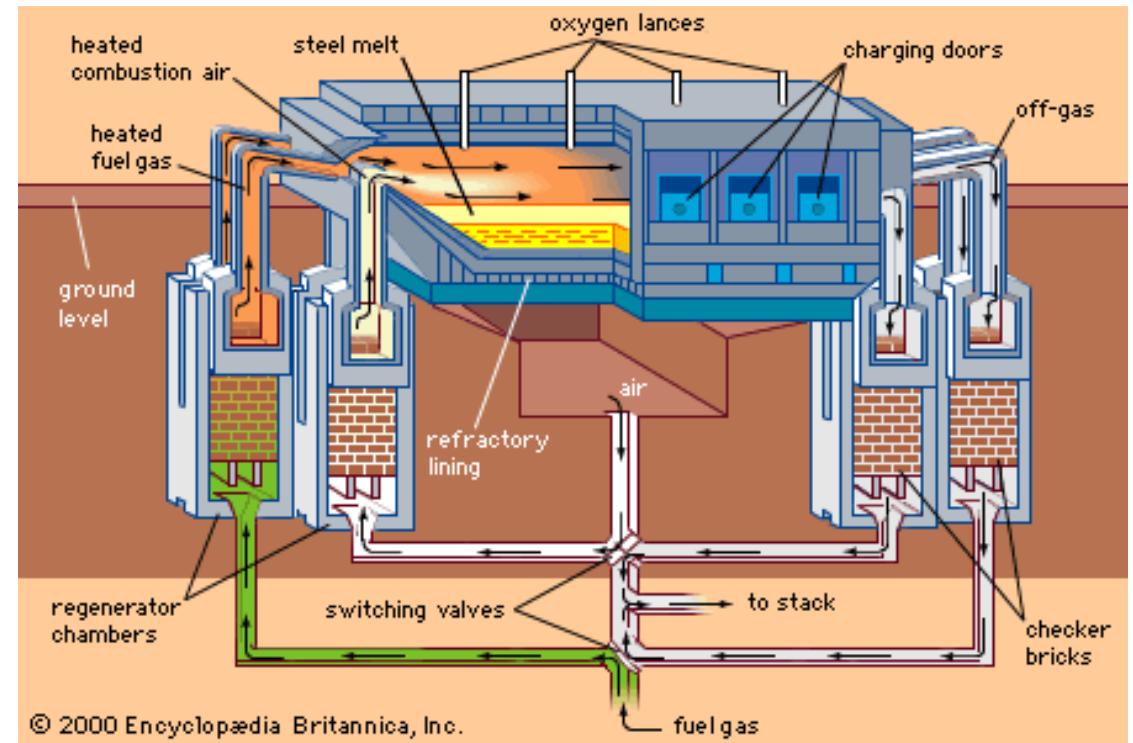
Siemens-Martin eljárás

Nagyméretű sekély *lángkemencében* a folyékony nyersvas ill. vashulladék felett áramoltatott égő gáz levegő keveréke biztosítja a megfelelő hőmérsékletet, és a szén kiégetéséhez szükséges oxigént.

Mivel a levegő nem áramlik keresztül az anyagon csak a felületét éri, így nincs ideje a nitrogénnek oldódni a fémfürdőbe, ezáltal küszöbölte ki a korábbi eljárások okozta öregedési hajlamot (nincs nitrid-képződés).

A gazdaságos acélgártás érdekében a termelt hő kihasználása érdekében a kád alatt hőcserélőt építettek hőálló téglából (*regeneratív tüzelés*).

Regeneratív gáztüzeléses kemence: forró füstgázoktól elvont hővel melegítik elő az égési levegőt/fűtőgázt. 1000 °C-ra melegített levegővel táplált gázláng (1700-1800 °C kemencehőmérséklet lehetséges).



Savanyú és bázikus béléssel is készülhetnek a kemencék.

Siemens-Martin eljárás



A Siemens-Martin kemence belseje

Siemens-Martin kemence betöltőnyílás

(3-5 samott-tégla ajtó, vízhűtéses keretekkel)

Siemens-Martin eljárás

buktatható **Siemens-Martin** kemence

- A salakot frissítés közben egyszerűen lehet csapolni.
- Többször új salakot lehet képezni, így a szennyeződések (P, S) jobban le lehet szorítani.
- 100 tonna acél befogadóképesség feletti kemencék esetén volt használatos ez a konstrukció.

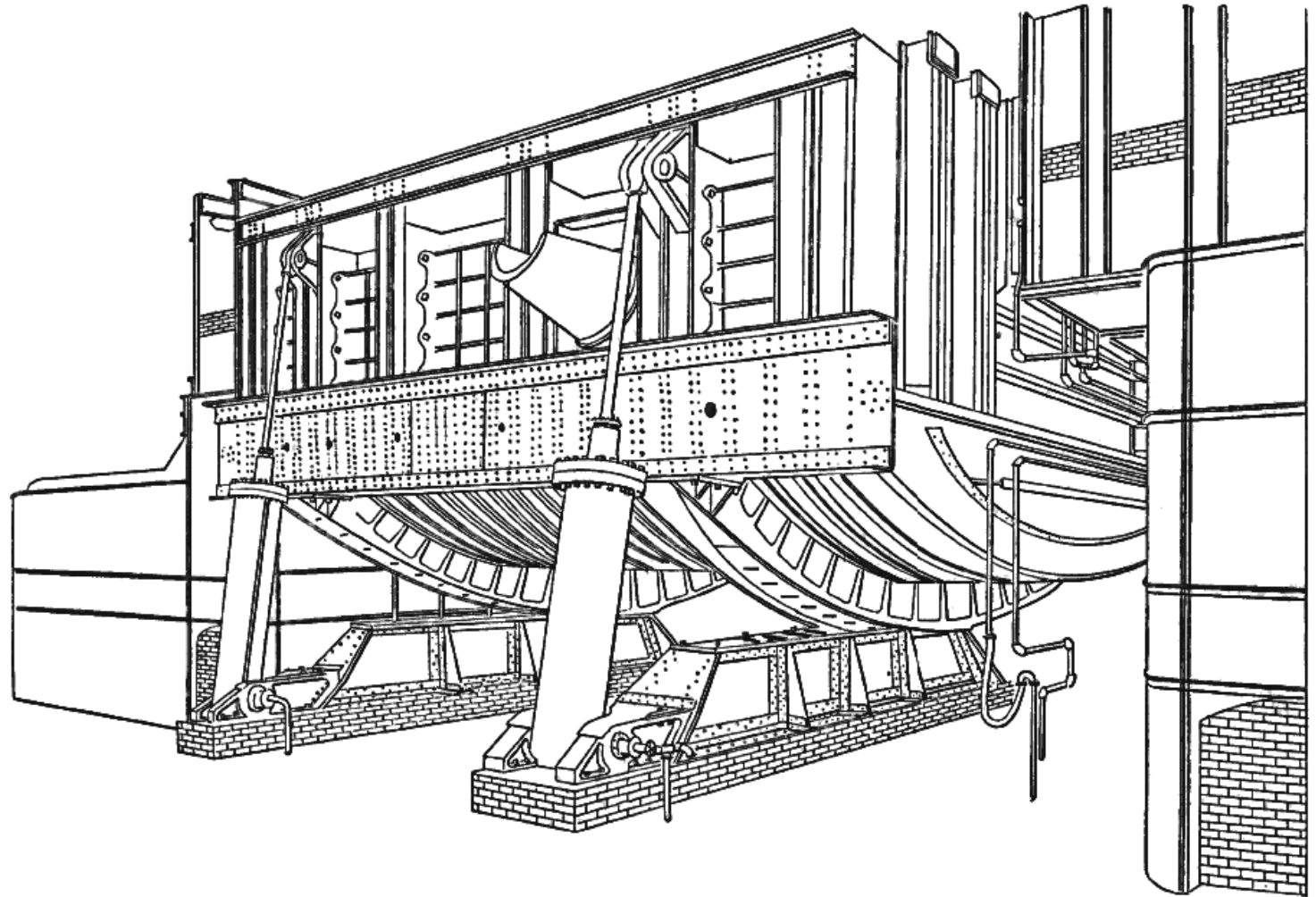


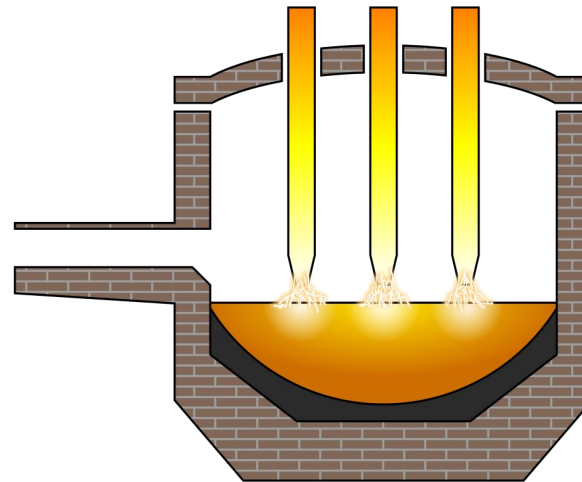
FIG. 102. — WELLMAN TILTING OPEN-HEARTH FURNACE, POURING SIDE, OR BACK.

Elektroacél-gyártás

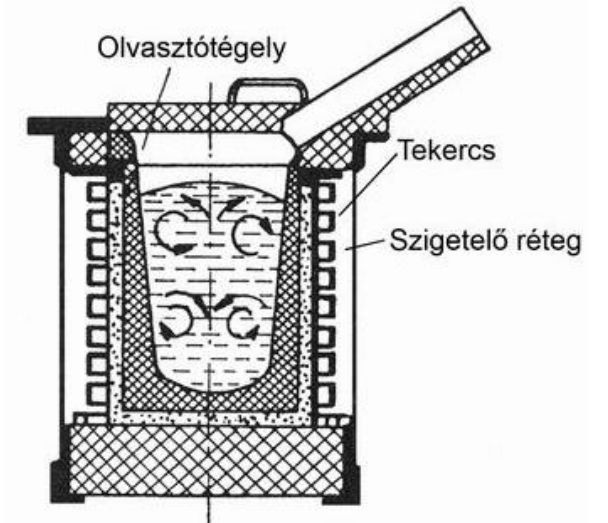
A villamos acélkemencékben a meleget a villamos áram szolgáltatja.

Két fajta kemencetípus terjedt el:

- **ívkemence**
- **indukciós kemence**



Héroult-féle ívkemence



Az **ívkemence**, egy hengeres alakú, belül tűzálló falazattal ellátott, kívül acélköpennyel borított kemence.

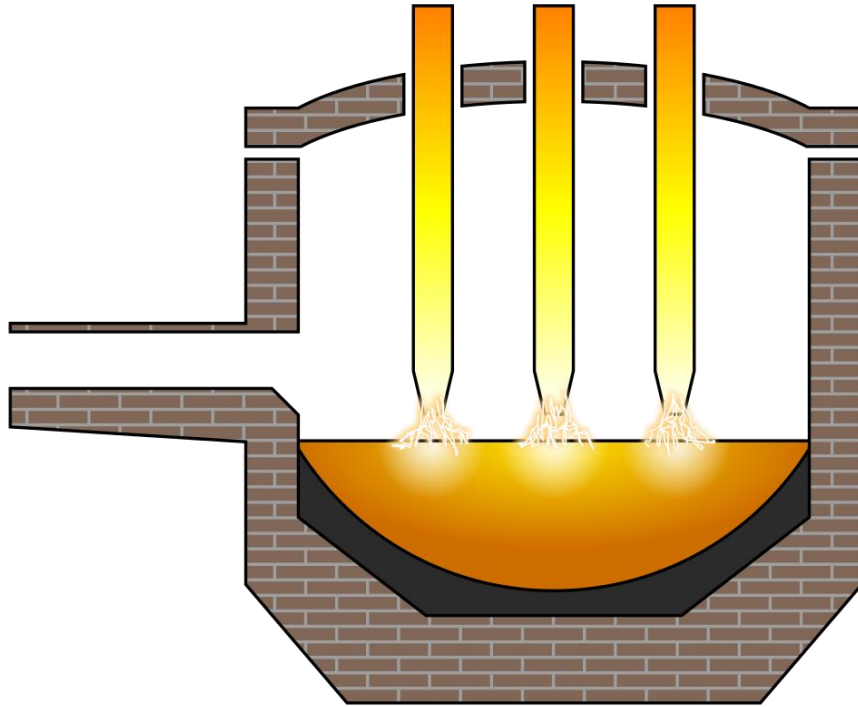
Az ívkemencék betét-anyaga leginkább szilárd. Az acélgyártási folyamat megkezdésekor a három különböző fázisra kapcsolt elektróda között, és a betétanyagon keresztül folyik, az elektródákat függőlegesen lehet mozgatni.

A nagy átmeneti ellenállások miatt keletkező nagy hő megolvasztja a fémbetétet és a salakot.

Az ívkemencében használt anyag főleg acélhulladék, szilárd, esetleg folyékony nyersvas.

A gyártott acél minősége érdekében csak gondosan válogatott hulladékvasat célszerű használni.

Elektroacél-gyártás – Ívfényes kemence

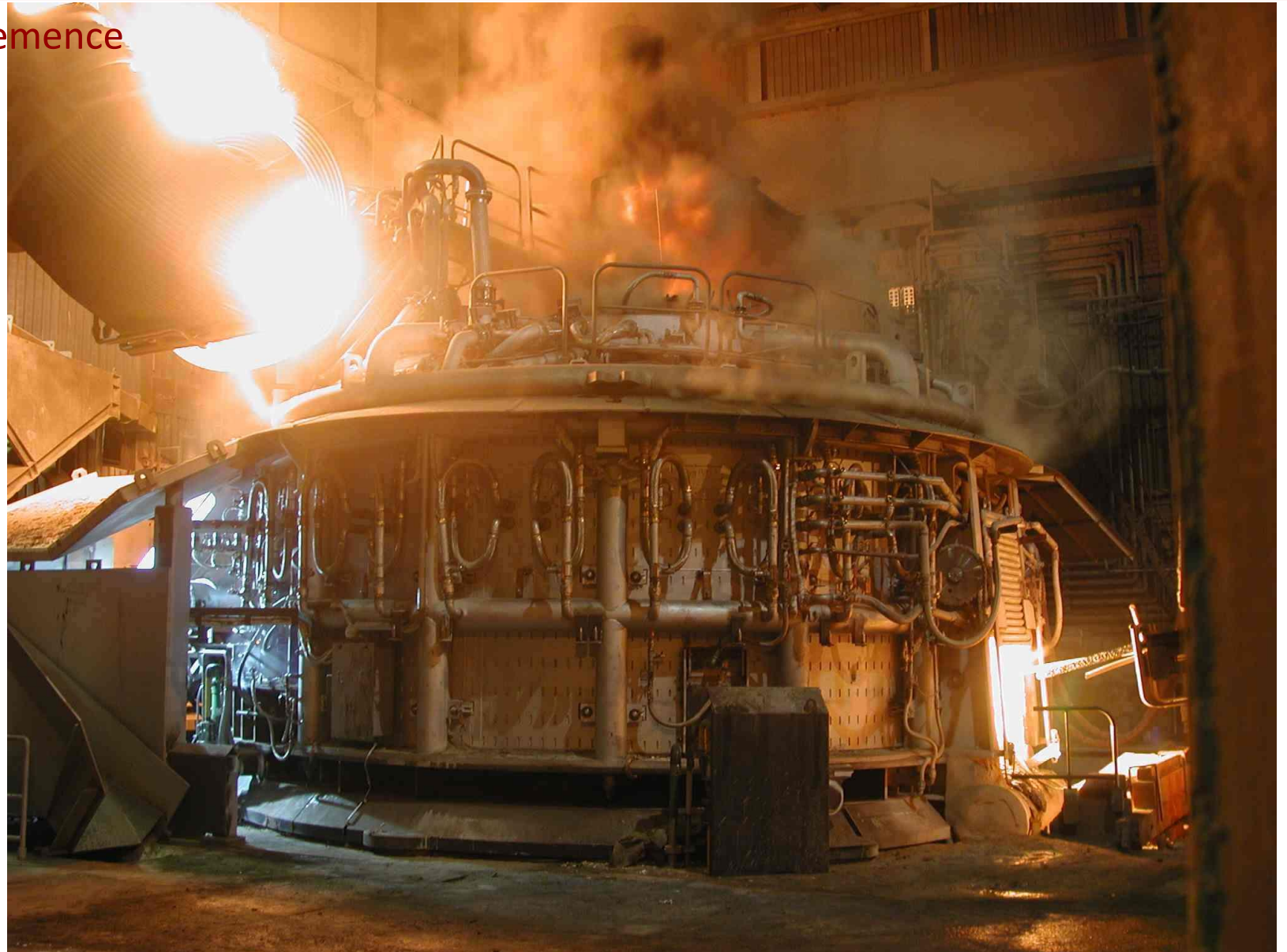


Ívfény keletkezik az elektródok és a fémfürdő között.
Fém felmelegszik és megolvad.
Fényív melege + Joule hő (ellenállásból adódóan).
Savanyú, vagy bázikus bélés.
Szén vagy grafit elektródok.



Elektroacél-gyártás – Ívfényes kemence

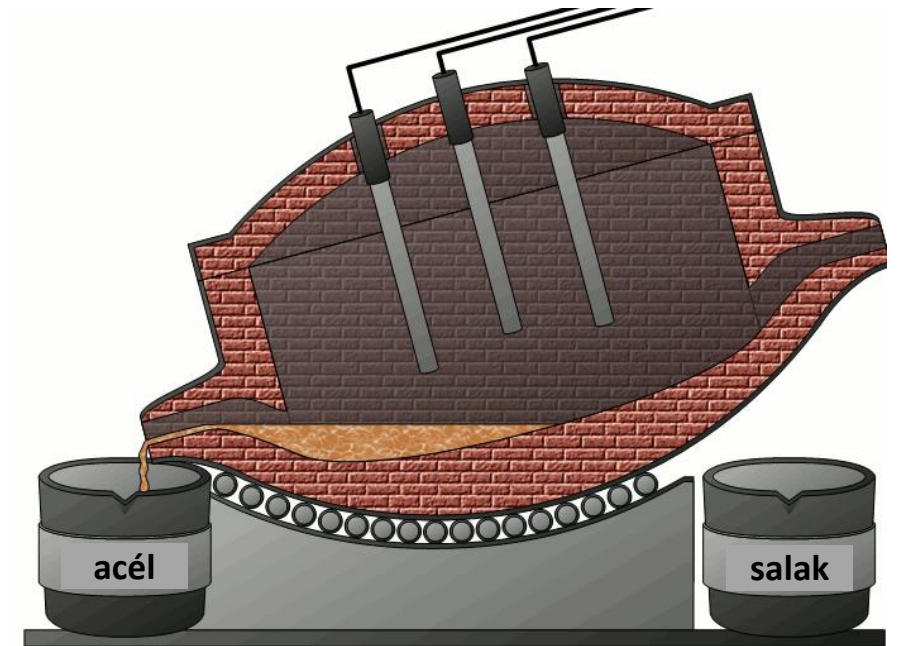
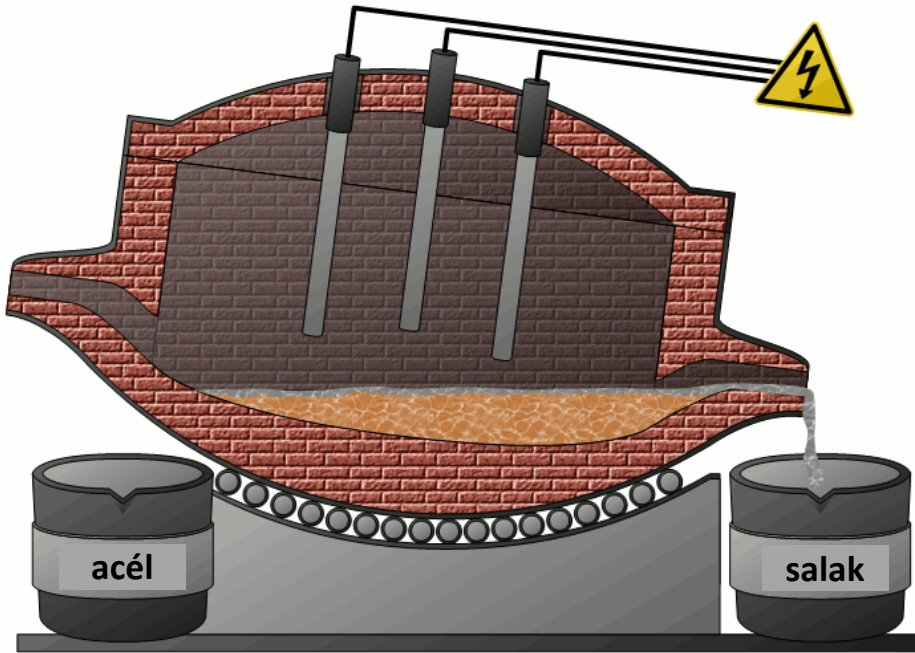
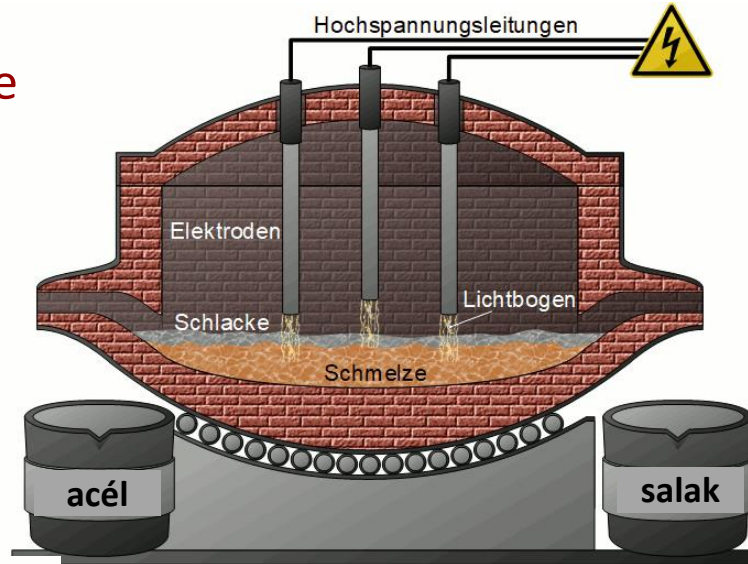
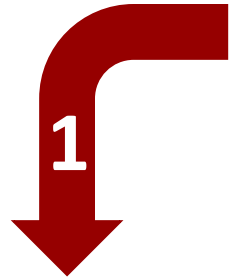
- 1) Felfűtés céljára kokszot töltenek be és ívet húznak.
- 2) Kokszhamu ki, salakképzők (CaF_2 , CaO , CaCO_3) be.
- 3) Ócskavas és nyersvas darabok be.
- 4) A frissítéshez szükséges oxigént a vas-oxid tartalom biztosítja (túlsúlyban ócskavas adagolás).



Elektroacél-gyártás – Ívfényes kemence

Csapolás folyamata

(buktatható kivitel esetén)



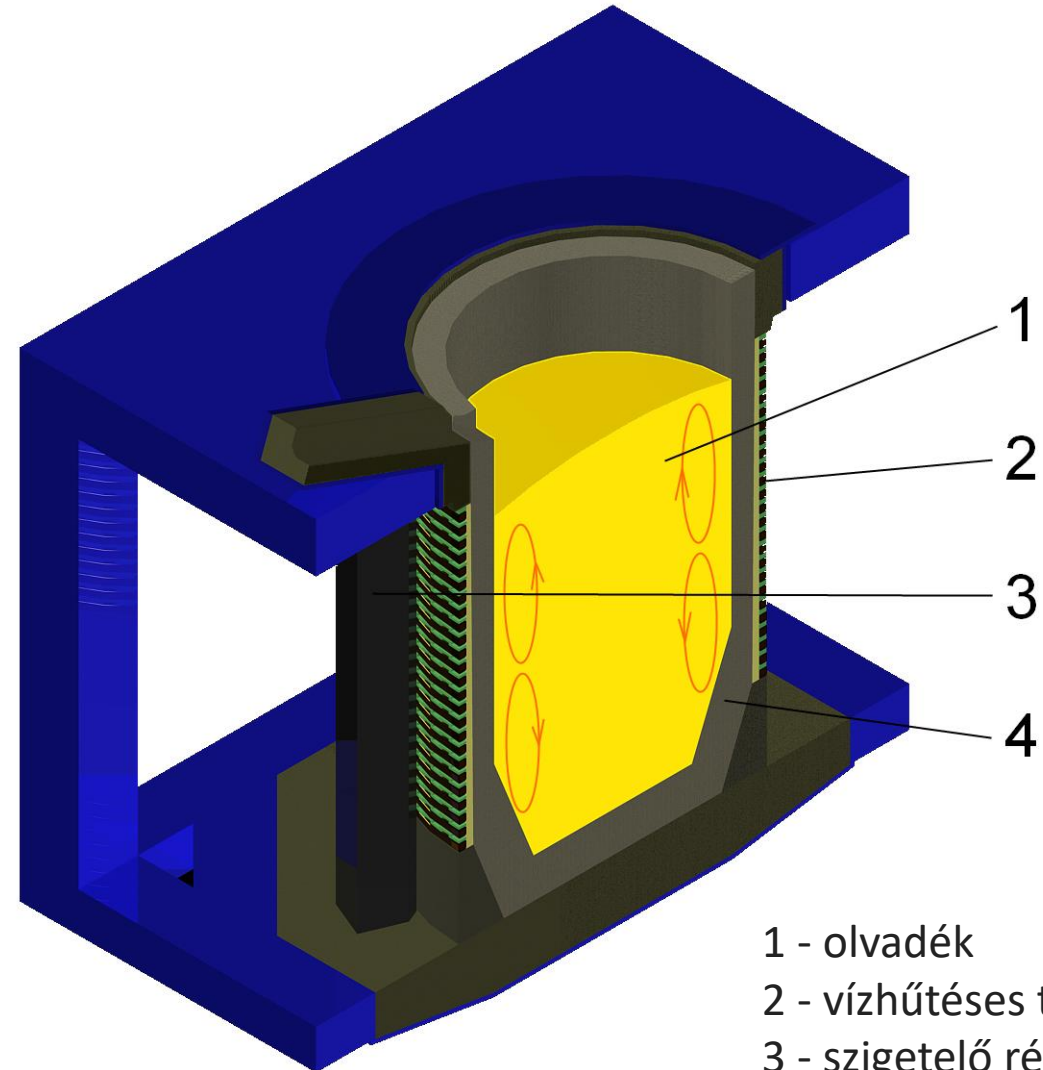
Elektroacél-gyártás – Indukciós kemence

Vasmag nélküli indukciós kemence.

Az indukciós kemencében a gondosan válogatott, különlegesen tiszta betétanyag átolvasztását lehet megoldani oly módon, hogy a kemencét körülvevő indukciós tekercsben nagyfrekvenciás váltóáram a fémbetétet megolvasztja.

A betétanyag átolvasztása nagyon gyorsan végbemegy.

A változó elektromos térben a fémfürdő állandó mozgásban van, ami elősegíti a koncentráció és a hőmérsékleti különbségek kiegyenlítését.



- 1 - olvadék
- 2 - vízhűtéses tekercs
- 3 - szigetelő réteg
- 4 - tégely

Elektroacél-gyártás – Indukciós kemence

Működési elv

Nagyfrekvenciás váltóáram hatására örvényáramok keletkeznek a felmelegítendő tárgyban (tekercs belsejében) → felmelegszik, megolvad Joule-hő miatt



Egy vízűtéses indukciós tekercs

Tulajdonság	Ötvözőelem					
	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W
Keménység	+	++	++	++	+	+
Szilárdság	+	+	++	+	+	+
Rugalmasság	+++	0	+	0	0	0
Melegszilárdság	+	0	+	+++	+++	+++
Kopásállóság	+	+	+	+	+	+
Rozsdaállóság	+	0	+++	++	0	+