Harcsik Béla – Józsa Róbert – Kiss László

AZ ÜSTMETALLURGIA ÉS A FOLYAMATOS ÖNTÉS TECHNOLÓGIATERVEZÉSÉNEK GYAKORLATI SZEMPONTJAI

Miskolci Egyetem
2013

Nemzeti Fejlesztési Ügynökség
www.ujszechenyiterv.gov.hu
06 40 638 638

MAGYARORSZÁG MEGÚJUL

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Dr. Harcsik Béla - **Józsa Róbert** - **Dr. Kiss László**
PhD. **okl. kohómérnök** **dr. techn.**
adjunktus **vezető mérnök** **c. egy. docens**

AZ ÜSTMETALLURGIA ÉS A FOLYAMATOS ÖNTÉS TECHNOLÓGIATERVEZÉSÉNEK GYAKORLATI SZEMPONTJAI

A digitális tananyag a TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1-2011-0071 számú, *Kompetencia alapú, korszerű, digitális komplex tananyagmodulok létrehozása és on-line hozzáférésük megvalósítása fémtechnológiákhoz kapcsolódó felsőfokú műszaki képzési területeken* című projekt keretében készült

Lektorálta:

Károly Gyula
Prof. emeritus
a műsz. tud. doktora

TARTALOMJEGYZÉK

Tartalomjegyzék 3
Előszó 5
1. Bevezetés 6
2. Acélüst 7
2.1. Üst feladata 7
2.2. Az üst szerkezete 8
2.3. Üst falazat kialakítása 11
2.3.1. Döngölt üstök 12
2.3.3. Samottbélésű üst 12
2.3.4. Magnezit bélésű üstök 12
2.3.5. Üstfalazás 12
2.4. Üst szárítása 14
2.5. Üst előkészítése öntésre 15
3. Az üstmetallurgia gyakorlata 18
3.1. Energiaközlés nélküli üstmetallurgiai eljárások gyakorlata 19
3.1.1. A folyékony nyersvas hőközlés nélküli üstmetallurgiai kezelése 19
3.1.2. A folyékony acél hőközlés nélküli üstmetallurgiai kezelése 22
3.1.2.1. Inertgázzal történő üstmetallurgiai kezelés 22
3.1.2.2. Szilárd anyag injektálása a folyékony acélba (porbefúvásos technológia) 28
3.1.2.3. Példa az inertgázas öblítés gyakorlatára 30
3.1.2.4. Szintetikus salakkezelés 31
3.1.2.5. Példa a szintetikus salak gyakorlatára. 31
3.1.2.6. Vákuumozás 32
3.1.2.7. Porbeles huzallal történő acélkezelés 38
3.1.2.8. Példa a porbeles huzaladagolási technológia gyakorlati megtervezésére. 40
3.2. Energiaközléses üstmetallurgiai eljárások 41
3.2.1. Üstkemence szerkezete 41
3.2.2. Üstmetallurgiai kezelés tervezési szempontjai 42
3.3. Ötvözés gyakorlata 47
3.3.1. Ötvöző anyagok típusai 48
3.3.2. Ötvözési megoldások 49
3.3.3. Primerkemencébe adagolható (nem oxidálódó) ötvözők 49
3.3.4. Csapolás közbeni ötvözés-dezoxidálás 50
3.3.5. Üstmetallurgiai kezelés során történő ötvözés-dezoxidálás 50
3.3.6. Ötvözés számítás 50
3.4. Üstmetallurgiai kezelés gyakorlata 51
3.4.1. Hevítése nélküli üstmetallurgiai kezelés 52
3.4.2. Csak hevítéses üstkezelést alkalmazó technológiák 54
3.4.3. Komplex üstkezelést alkalmazó technológiák 61
3.4.3.1. Metallurgiai szempontok 61
3.4.3.2. Komplex üstmetallurgiai eljárások 62
3.4.3.3. VAD-eljárás példaszerű bemutatása 63
3.4.3.4. VOD-eljárás példaszerű bemutatása 66
4. Hagyományos acélöntés 73
4.1. Hagyományos öntés eszközei 73
4.1.1. Kokilla 74
4.1.2. Felöntés 76

4.1.3. Alátét lap 76
4.1.4. Beöntőtölcsér 76
4.2. A hagyományos öntés gyakorlata 76
4.2.1. Alsó öntés 77
4.2.2. Felső öntés 77
4.3. Különleges tuskóöntési eljárások 77
4.3.1. Példa a vákuum alatti tuskóöntés kivitelezésére 79
4.4. Öntött tuskó (öntecs) kezelése, tovább feldolgozása 80
5. Folyamatos öntés 81
5.1 Öntőgép szerkezete 83
5.1.1. Fordítótorony 84
5.1.2. Közbensőüst 84
5.1.3. Kristályosító 88
5.1.4. Másodlagos hűtőzóna 90
5.1.5. Száldarabolás 91
5.1.6. Reoxidáció elleni védelem 92
5.1.6.1. Sugárvédőcső 92
5.1.6.2. Fedőpor alkalmazása 93
5.1.6.3. Merülőcső 94
5.1.6.4. Öntőpor 96
5.1.7. Elektromágneses keverés 96
5.2. Öntőgép üzemeltetése 97
5.2.1. Öntés előkészítése, indítása 97
5.3. Hazai folyamatos öntőművek műszaki jellemzői 101
5.4. Folyamatos öntés dunaújvárosi gyakorlata 102
5.4.1. Példa bramma folyamatos öntésének kivitelezésére 103
5.5. Folyamatosan öntött bugák minőséghibái 107
5.6. Folyamatos öntési technológia tervezése 112
6. Üstmetallurgia szimulációja 113
6.1. A szimuláció bemutatása 113
6.2. A szimuláció működtetése 114
6.3. A gyártható acélfajták jellemzése 116
6.4. Adaggyártás 116
6.5. Tanácsok a szimuláció sikeres működtetéséhez 122
7. Folyamatos öntés szimulációja 123
7.1. A szimuláció bemutatása 123
7.2. A szimuláció működtetése 123
7.3. A gyártható acélfajták jellemzése 125
7.4. Öntési paraméterek meghatározása 125
7.4.1. A hűtés paramétereinek meghatározása 126
7.4.2. A kristályosítás paramétereinek meghatározása 126
7.4.3. A szekvens időzítése 126
7.4.4. A beállított paraméterek ellenőrzése 127
7.5. Öntés megkezdése 127
7.6. Tanácsok a szimuláció sikeres működtetéséhez 131
Függelék - Folyamatos öntés fejlesztésére tett korábbi kutatások 132
F.1. Kísérleti folyamatos öntőmű létesítése Diósgyőrött 132
Irodalomjegyzék 144
Teszt-feladatok ..... **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**

ELŐSZÓ

250 évvel ezelőtt, Mária Terézia királynő 1762.október 22-i rendeletével indult be – a világon elsőként – a bányász-kohász akadémiai szintű képzés a selmecbányai tanintézetben. Az 1867-es osztrák-magyar politikai kiegyezéssel a selmecbányai akadémia magyar állami intézmény lett. Kerpely Antal professzor az 1872-ben alapított Vaskohászat és Vasgyártás Tanszéken még az 1872/73-as tanévben megjelentette az első magyar nyelvű kohászati tankönyvet, a kétkötetes Vaskohászattan-t. A hazai kohómérnökképzés azóta eltelt 140 éve alatt – Selmecbányán – Sopronban – Miskolcon – a tematikában, az oktatásszervezésben, a jegyzetellátottságban számos változás következett be. Most, a 2012/2013-as tanévben a kor követelményeinek megfelelően – a **TÁMOP-4.1.2.A-1-11/1** sz. pályázat elnyerése alapján megindult jegyzet- korszerűsítésnél – elsőként jelennek meg digitális jegyzetek az acélgyártás témakörében (az egymásra épülés sorrendjében az alábbiak):

Dr. Károly Gyula:
Acélmetallurgia alapjai

Dr. Károly Gyula – Józsa Róbert:
Konverteres acélgyártás

Dr. Károly Gyula – Dr. Kiss László - Dr. Harcsik Béla:
Elektroacélgyártás

Dr. Károly Gyula – Dr. Kiss László - Dr. Károly Zoltán:
Acélok üstmetallurgiai kezelése

Dr. Károly Gyula – Dr. Réger Mihály – Dr. Harcsik Béla:
Acélöntés, speciális acélgyártás

Dr. Tardy Pál – Dr. Kiss László – Dr. Károly Gyula:
Speciális acélok gyártásának metallurgiai, energetikai, környezetvédelmi, minőségbiztosítási szempontjai *

Dr. Tardy Pál – Dr Károly Gyula:
Acélgyártásnál a technológia fejlesztés, adagvezetés elméleti megfontolásai, vertikális szempontjai

Dr. Kiss László – Józsa Róbert – Dr. Harcsik Béla:
A primer acélgyártás technológia tervezésének, technológiafejlesztésének gyakorlati szempontjai

Dr. Kiss László – Józsa Róbert – Dr. Harcsik Béla:
Az üstmetallurgia és a folyamatos öntés technológia tervezésének, technológiafejlesztésének gyakorlati szempontjai

Az utóbbi három jegyzet az Európai Unióban mindmáig egyetlenként elfogadott közös tananyag, a steeluniversity magyar nyelvű adaptációját, ill. hazai vonatkozásokkal kiegészítését jelenti, mely rövidesen a www.steeluniversity.org honlapon található. Jegyzetkorszerűsítéseink során figyelembe kellett vennünk, hogy az a mai kohómérnökképzés négyes lépcsőjének (felsőfokú szakképzés: BSc, MSc, PhD) megfeleljen, segítse az elméleti felkészülés mellett a gyakorlatorientált mérnökképzést is. Ezen jegyzetek mindegyike a www.tankönyvtár.hu honlapon, ill. a Vaskohászat és Vasgyártás tanszék mai jogutódjának, a Miskolci Egyetemen működő Metallurgiai és Öntészeti Intézetnek a honlapján (www.metont.uni-miskolc.hu) tekinthető meg.

Miskolc, 2013. szeptember hó. Szerzők

1. BEVEZETÉS

Az acélgyártás elmélete, a primer acélgyártás, továbbá az üstmetallurgiai, öntéstechnológiai tárgyak keretében a hallgatók megismerkednek az acélgyártás legfontosabb elvi és gyakorlati szempontjaival.

A metallurgus (fémelőállító) – elsősorban a szaktárgyakat csak általános jelleggel oktatott a BSC-képzésben résztvevő – hallgatók számára szükség van annak megismerésére is, hogy az acélgyártásról szerzett ismeretanyag hogyan hasznosítható, az általános technológiai leírás, a különböző minőségű acélminőségek és a vertikális (acélgyártás, öntés, képlékenyalakítás, kikészítés, termékminősítés) technológiai leírások megtervezésénél.

Az előszóban felsorolt jegyzetek közül az utolsó három jegyzet elválaszthatatlanul kapcsolódik egymáshoz, hiszen egy acéltermék előállítási folyamat, a rendelésvállalástól a késztermék kibocsájtásáig vertikális technológia láncolatot képez. *Ezért a primer acélgyártási, vagy üstmetallurgiai, öntési, hengerlési technológiákat csak úgy lehet biztonságosan megtervezni és az adott acélminőség(ek)nél alkalmazni, ha előtte komplexen vizsgáltuk és ellenőriztük, az előírt minőségi paraméterek teljesíthetőségét.*

Ezt az elvet felhasználva készült, az elméleti anyagot tartalmazó – előszóban felsorolt – jegyzetek folytatásaként ez a jegyzet.

Az üstmetallurgia és az öntés technológiatervezési és fejlesztési tananyag magába foglalja:

- az öntőüst felépítését, falazásával és hevítésével kapcsolatos tudnivalókat,
- az üstmetallurgiai eljárások felosztását és a legelterjedtebb technológiai módszerek gyakorlati ismereteit,
- az acél leöntésének ismérveit,
- az acél minőségét befolyásoló technológiai tényezőket, azok javítási lehetőségeit és
- a tananyaggal összefüggő, nagyüzemi gyakorlatból vett példák bemutatását.

A tananyag megismerését a steeluniversity.org által adaptált szimulációs módszerek közös tantermi bemutatása segíti, egyéni feladatok megoldása mellett.

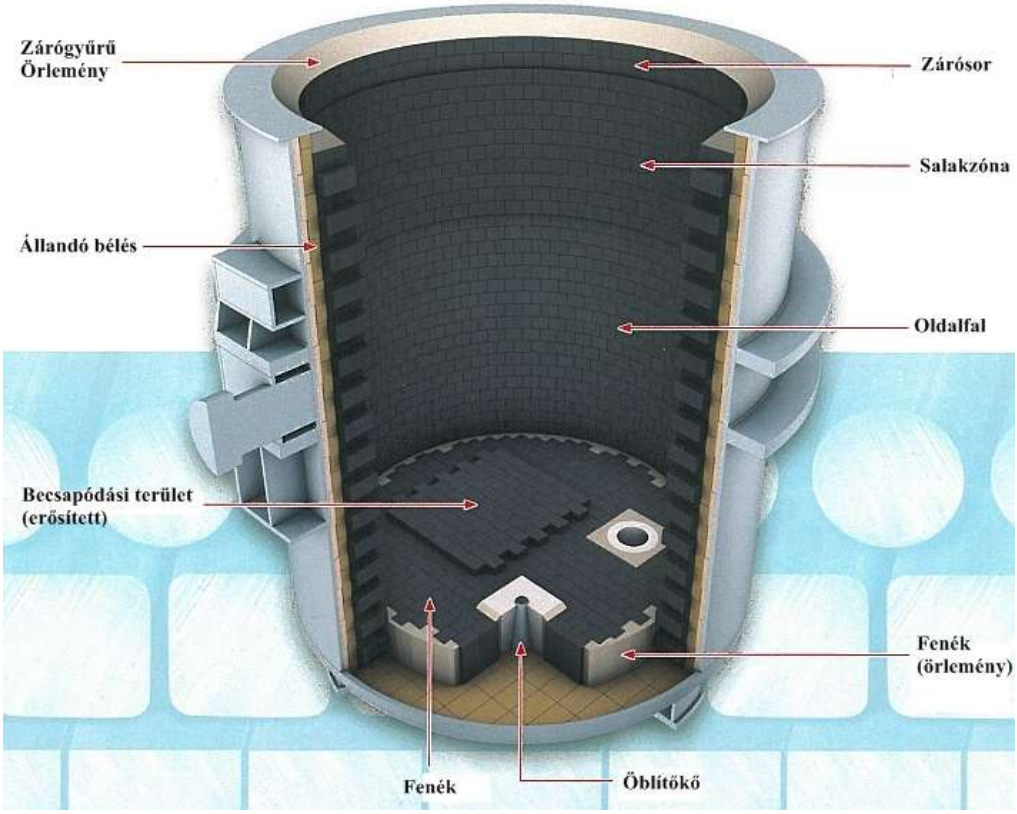
A jegyzet az MSc hallgatók oktatását szolgálja, de jól segítheti a BSc és más BSc szakokon végzett, felzárkózóként csatlakozó hallgatók képzését is. Mivel az utóbbi hallgatók az acélgyártásról csak átfogó jellegű oktatásban részesülnek, szükségesnek tartottuk a www.steeluniversity.org honlapon található szimulációs anyag adaptációját további metallurgiai és gyakorlati ismeretekkel is kiegészíteni. Fontos lehet továbbá a már praktizáló mérnököknek, ismeretük kiegészítésére.

2. ACÉLÜST

Az acélgyártás elengedhetetlen eszköze az üst, feladata az acél tárolása, eljuttatása az öntésre. Az acélgyártás intenzifikálása eredményeként a kikészítés áthelyeződött az üstbe és kialakult az üstmetallurgia (secondary metallurgy).

A primerkemence típusától függetlenül mindig öntőüstbe – továbbiakban üst – (2.1. ábra) csapolják a folyékony acélt, amely tűzálló falazattal van ellátva. Az öntőüstben történik az – esetleges – üstmetallurgiai kezelés és ezzel szállítják öntésre a kész acélt.

Az üst felfelé bővülő csonkakúp alakú alul zárt, felülnyitott edény. Az üst, a daruval végzett szállítás miatt – a megtöltött állapoti súlypont felett elhelyezett – kettő darab csappal van ellátva, hogy megtöltve is stabil maradjon. Munkavédelmi okok miatt az üst méreteit úgy kell megválasztani, hogy a falazattal ellátott üstöt, a lecsapolt teljes adag, legfeljebb a 7/8-áig töltse meg. [1].



2.1. ábra Öntőüst felépítése [2]

Az üstpáncél a nagy fizikai igénybevétel miatt, öregedésálló acéllemezből készül.

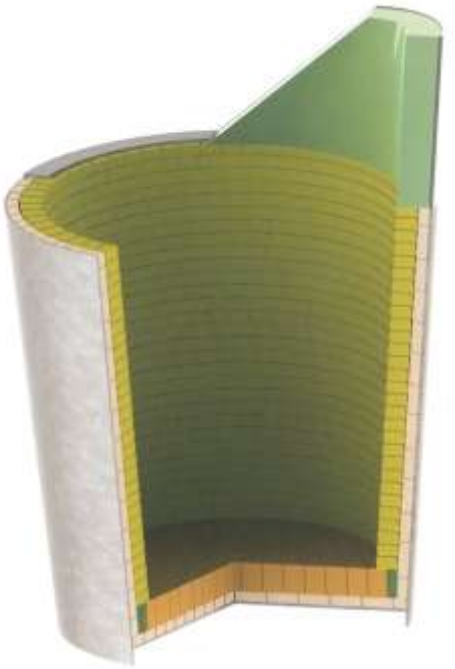
2.1. Üst feladata

A régebbi elektroacélművekben és a legtöbb acélöntödében, kétperiódusú elektroacélgyártás történik, ezért ott az üst szerepe az acél fogadására, semleges gázzal való átöblítésére és szállítására korlátozódik. Ezeknek, az elvárásoknak a kielégítéséhez, elégséges olyan falazóanyagot használni, amely képes ellenállni rövidebb idejű igénybevételeknek.

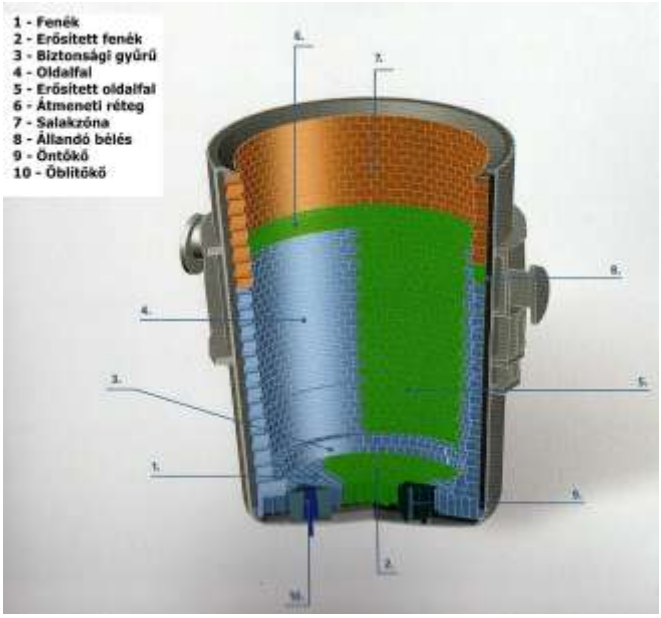
A korszerű acélművekben az üst feladata kibővül az üstmetallurgiai kezelés során előforduló salakhúzás és -képzés, hevítés és hűtés, oxidáció és dezoxidáció, porbefúvásos és porbeles kezelés, inertgázos és indukciós keverés, ötvözés és vákuumkezelés lehetővé tételével is. Ehhez a kombinált feladathoz nagy tűzállóságú és hosszú élettartamot biztosító üstfalazatra van szükség.

2.2. Az üst szerkezete

A vasöntödékben, illetve az acélművekben a nyersvas beöntésére csőrös üstöt (2.2. ábra), az acél öntésére kagylós üstöt alkalmaznak. Utóbbinál az üst aljára beépített kagylón (2.3. ábra) keresztül távozik az acél. Ennek oka az, hogy az olvadék salakkal való lefedése elengedhetetlen az öntés során, mivel az acél érzékeny az atmoszféra hűtőhatására és a gázfelvételre. Létezik kétkagylós kialakítás is a gyorsabb öntés miatt (pl. acélöntödékben nagyobb öntvények esetén).



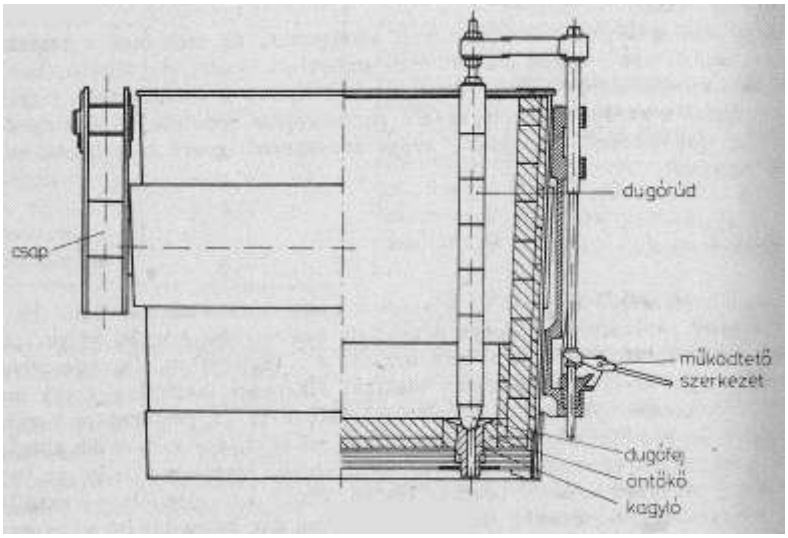
2.2. ábra Csőrös üst [2]



2.3. ábra Üst beépített kagylóval [2]

Az üst felépítése a funkciójától függ:

- öntödékben és kisebb acélművekben dugós üst (2.4. ábra),
- tuskó és folyamatos öntés esetén tolózáras üst (2.5. ábra).

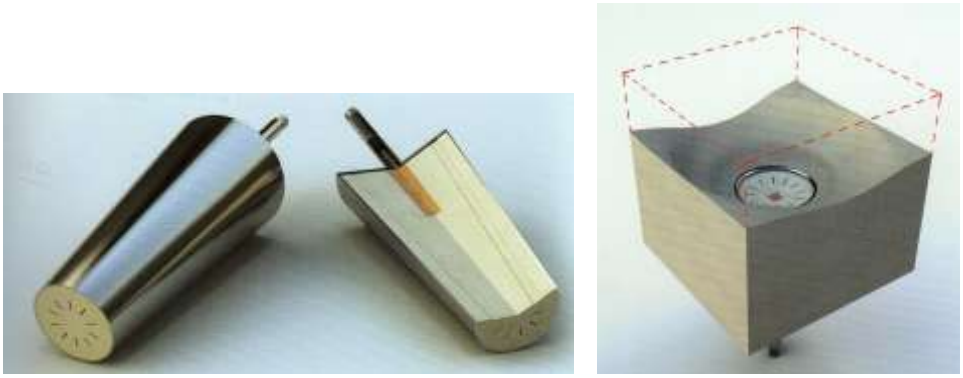


2.4. ábra Dugósüst

2.5. ábra Tolózáras üst [2]

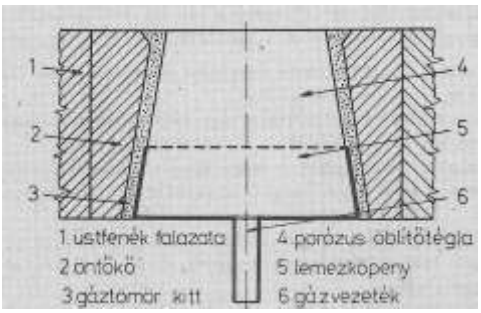
A dugóval szemben a tolózár előnye, hogy több adagnál is felhasználható, azonban nem tesz lehetővé egymás utáni többszöri zárást, mivel záráskor a kagylóba dermed az acél, és onnan csak oxigénnel lehet eltávolítani.

Az üstben az alsó gázöblítés céljára porózustéglá(ka)t – vagy- öblítőkövet– építenek be (2.6a-b. ábra). Ezek száma az üst befogadóképességétől függ.



2.6a-b. ábra Üst fenekére beépíthető porózustégla [2]

A porózustéglát az üstfalazat élettartama során többször is cserélik, ezért egy ún. öntőkövet (méhszájtéglát) falaznak az üstfenékbe, amiben könnyen cserélhető a betét (2.7. ábra). Beépítésnél a megfelelő szigetelés eléréséhez az öntőkő és az öblítőkő közé nagytűzállóságú massza kerül.



2.7. ábra Porózustégla beépítése

A tégla külső oldalán lévő acélcsőre csatlakoztatják az inertgáz rendszer leágazását (2.8. ábra).

2.8. ábra Porózustégla csatlakozása

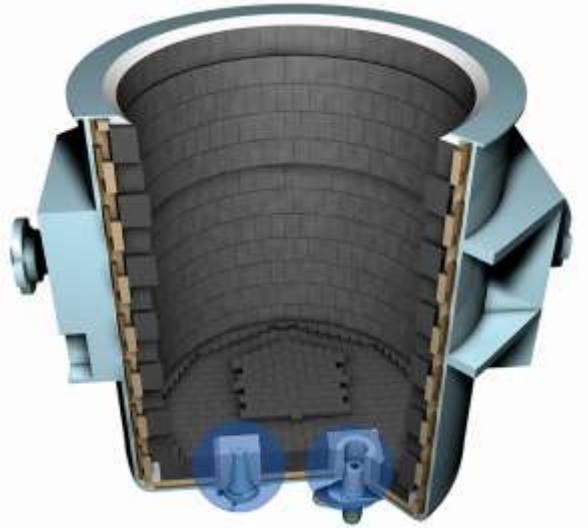
2.3. Üst falazat kialakítása

Az üst falazata készülhet tűzállóőrleményből döngöléssel, és/vagy tűzállótéglából készült falazással. Az üst kialakítása és a tűzállóanyag összetétele az üst funkciójától, azaz a felhasználási feladatától függ.

Bármilyen is legyen az üst felhasználási területe, a bélés állandó és munkabélésből áll (2.1. ábra). Az állandó bélés az üstpáncél és a munkabélés között található, melyet csak megsérülése esetén javítják, illetve cserélik. Ez általában tűzállóbetonból vagy – a magnezitnél olcsóbb – samott laptéglákból áll (habarccsal rögzítve).

Hagyományos, kétperiódusú elektroacélgyártásnál, mivel nem történik üstmetallurgiai kezelés (többnyire forma- vagy kokillaöntésre kerül az acél), az üstnek mindössze szállítási feladata van, ezért csak a manipulációs időt és hőszükségletet kell „elviselnie”, ezért többnyire a jóval olcsóbb – bár kevésbé tartós – samottbélést választják.

A nagyteljesítményű korszerű acélművekben (oxigénes konverteres és UHP) az üstmetallurgiai kezelés fontos része az acélgyártásnak, ezért ott az üstnek a szerepe jelentősen megnő. Mivel az üstmetallurgiai kezelés eléri, sőt gyakran meg is haladja az egy órát, ezért magnezitbélésű üstöt (2.9. ábra) használnak az ilyen az acélművekben.



2.9. ábra Magnezit bélésű üst

2.3.1. Döngölt üstök

A döngölt üstök előnye, hogy nem kell megfizetni a téglák elkészítésének költségét, azonban kevésbé tartósak. A falazat elkészítésekor vibrációval alakítják ki a falazatot.

Először a fenék készül el, ezt követően egy – az indukciós kemence döngölésekor használthoz hasonló funkciójú – döngölő betétet helyeznek az üstbe, majd a döngölőanyag rétegesen adagolva kerül a résbe. Az egyes réteget vibrációval vagy pneumatikus döngölővel zömítik.

Az üst fenéken, illetve az üst felsőrészén téglából alakítanak ki zárósort.

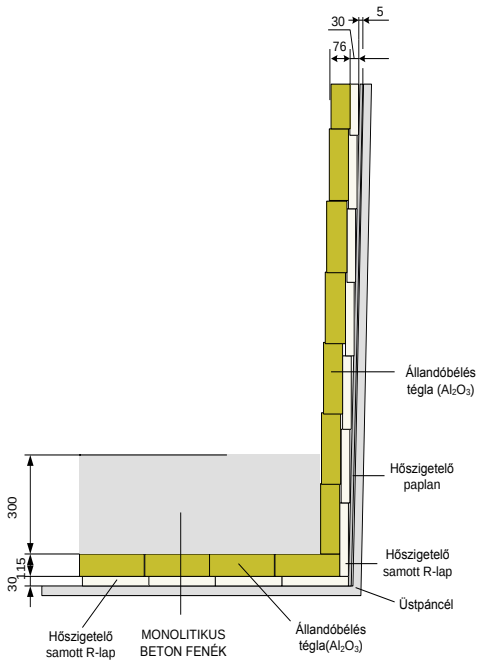
2.3.3. Samottbélésű üst

A samott bélésű üst olcsó alternatívája az üst falazásnak, de mivel a bázikus salak megbontja a falazatot, ezért jóval kisebb üsttartósság érhető el.

A samott téglák kisebb élettartama miatt szinte csak acélöntödékben használatos.

2.3.4. Magnezit bélésű üstök

Magnezitbélésű üstök (2.10. ábra) zónás kialakításúak, melyek eltérő minőségű téglákból készülnek. A fenéken nagyobb mechanikai igénybevétel, a salakzónában pedig inkább a salak eróziós hatása jellemző.



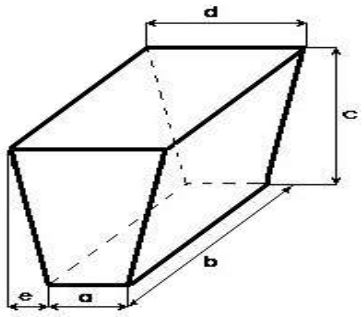
2.10 ábra Magnezitbélésű üst falazási rajza

2.3.5. Üstfalazás

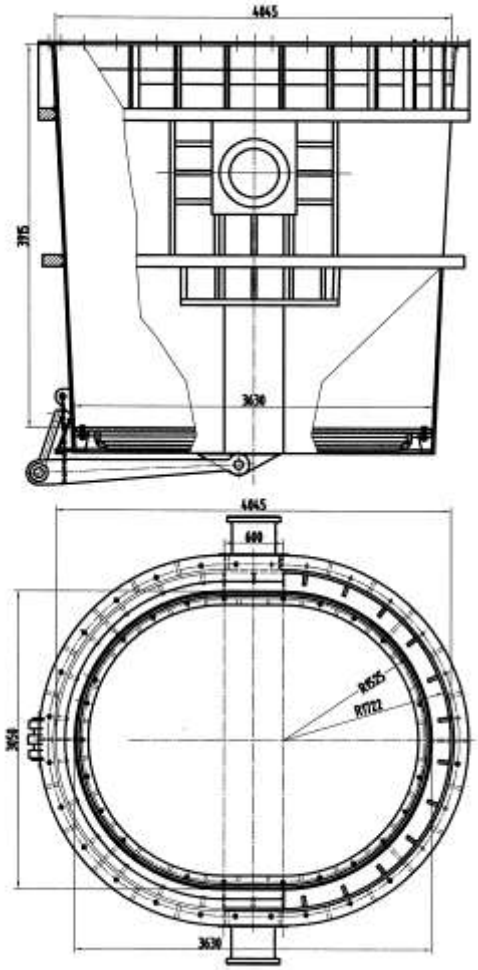
Az üst falazása a páncélzat mechanikai állapotának vizsgálatával indul, majd az állandó bélés ellenőrzése és javítása következik (vagy elkészítése).

Először az üstfenék készül el tűzálló téglából- vagy betonból (2.11.a. ábra), majd az oldalfal (2.11b. ábra) téglából. Az üsttéglák ékes alakúak (2.12. ábra), hogy az íves alakot (kör vagy ellipszis keresztmetszetű) kialakíthassák (2.13. ábra). A téglák forgatásával oldható meg az egyes üstök közötti deformáció adta különbség. A téglákat vízpermettel portalanított téglavágóval vágják méretre (2.14. ábra).

2.11a-b. ábra Üstfalazás (a-fenék, b-oldalfal elkészítése) [2]



2.12. ábra Üsttégla



2.13. ábra 140 tonnás üst rajza

2.14. ábra Téglavágó gép

2.4. Üst szárítása

Az üstöt falazás után ki kell szárítani, ami a tűzállóanyag gyártója által megadott program szerint történik. Újabban földgáz-oxigén kombinált égővel végzik a szárítást (2.15. ábra) a nagyobb hatékonyság miatt.

2.15. ábra Üstszárítás

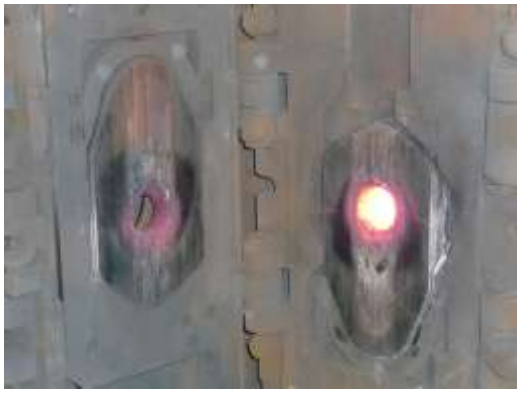
2.5. Üst előkészítése öntésre

Az üst öntésre való előkészítése előkészítése a következő műveletekből áll:

- reoxidáció megelőzésére el kell távolítani az előző adag felragadt salakját (2.16. ábra),
- ki kell tisztítani a kagylót (2.17. ábra),
- le kell takarítani (oxigénnel lefúvatni) a porózustégla felületét, vagy szükség esetén cserélni,
- ellenőrizni, esetleg cserélni a tolózárat (2.18. ábra),
- üst felhevítése kb. 1100 °C-ra.(2.19. ábra).

2.16. ábra Üstsalak eltávolítása

2.17a-b. ábra Üstkagyló kifúvatása

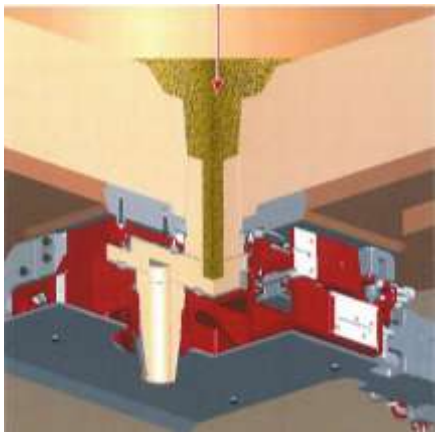


2.18a-b. ábra Tolózár cseréje

2.19. ábra Üst előmelegítése

A frissen falazatott üstöt tilos minőségi adag öntésére használni, mivel még felúszhatnak tűzállóanyag maradványok, valamint hidrogén szabadulhat fel a kötőanyagból, ami ronthatja az adag tisztaságát.

A felfűtött öntésre előkészített üstöt, behelyezik a csapoló kocsiba. Rácsatlakoztatják az inertgáz vezetéket, majd a tolózár feletti kagylóba – biztonsági okokból – tűzállóhomokot öntenek (2.20. ábra).



2.20. ábra Záróhomok betöltése a tolózár feletti részbe [2]

Az ismertetett technológiai műveletek hagyományos öntőüstre vagy üstkemencére egyaránt érvényesek.

3. AZ ÜSTMETALLURGIA GYAKORLATA

Üstmetallurgia alatt értjük mindazokat a technológiai műveleteket, amelyeket a folyékony nyersvas vagy acél kezelése közben hajtanak végre, a primer berendezésből való csapolás közben vagy az üstben tartózkodása alatt, azzal a céllal, hogy a fémolvadék kémiai és fizikai tulajdonságait javítsák, öntésre előkészítsék. Az üstmetallurgia a múlt század hetvenes éveiben vált elfogadottá, azóta folyamatos fejlődésben van. A primer acélgyártó berendezés napjainkban egyre inkább csak olvasztó berendezéssé válik, az acél finomítása az üstmetallurgiai berendezésekben történik.

Az üstmetallurgia nem újdonság. Már régóta ismert a következő technológiai folyamatok elvégzése az üstben:

- salakképzés,
- homogenizálás,
- dezoxidálás,
- ötvözés,
- öntési hőmérséklet beállítása,
- kéntelenítés (egy bizonyos határig),
- öntés időzítése,
- zárványmodifikálás.

Az acélok minőségének javítása (hidrogén, nitrogén, nemfémes zárványok csökkentése) terén fontos lépést jelentett, az 1960-as években bevezetett vákuumozási technológiák (üst- és/vagy sugárvákuumozás, DH és RH eljárás stb.) alkalmazása. Ezzel elérték, hogy a primer acélgyártó berendezések napjainkban egyre inkább csak olvasztó berendezéssé váljanak és az acél finomítását üstmetallurgiai berendezésekben végezzék.

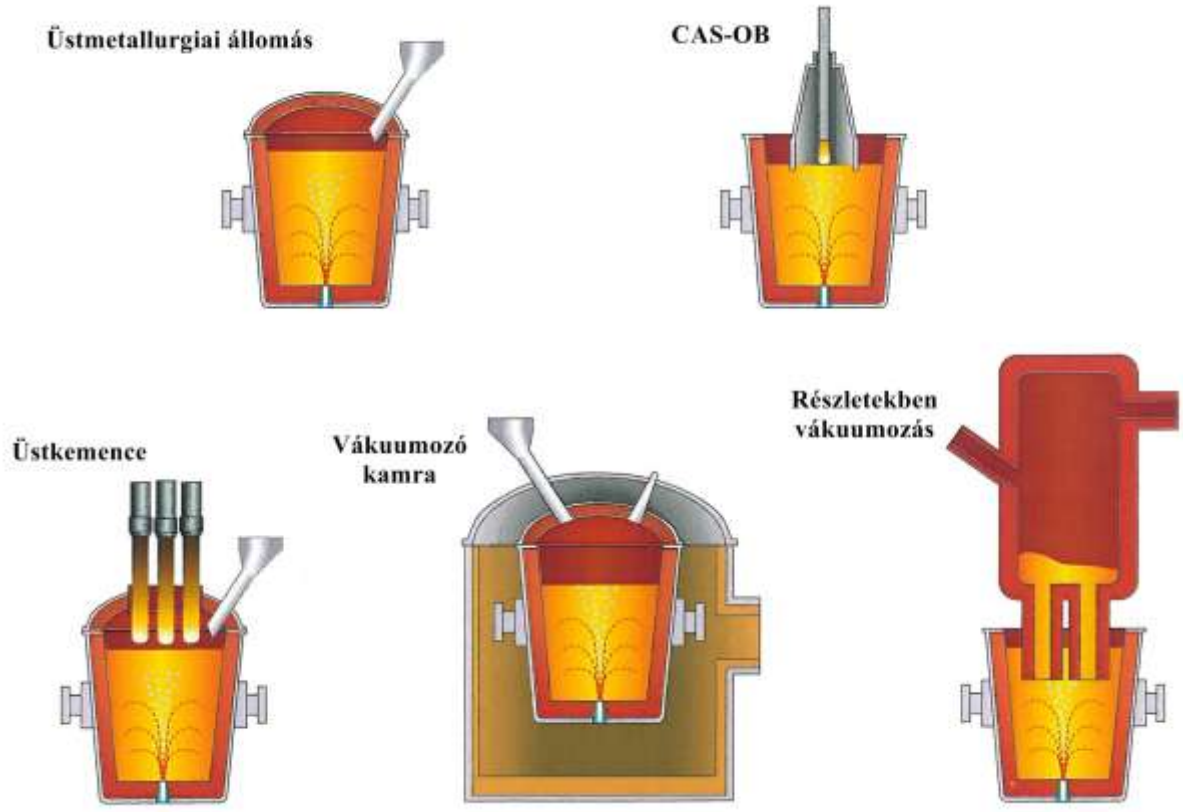
Üstmetallurgiai technológiák segítségével az acélok tisztaságával és számos más tulajdonságával szemben támasztott követelmények költségcsökkentéssel és nagyobb biztonsággal elégíthetők ki, mint az acélgyártó kemencékben lehetséges metallurgiai módszerekkel.

Üstmetallurgiai műveletek közben az acél energiatartalma megváltozik. A legtöbb folyamat csökkenti a fémolvadék hőmérsékletét, ezért az üstmetallurgiai kezeléseknél kedvező megoldás, hogy pótlólagos hőenergiát visznek a rendszerbe. Ez az elv érvényesül az üstmetallurgiai eljárások csoportosításánál is, melynek egyik változata a 3.1. ábrán látható.

Az üstmetallurgiai eljárások kivitelezésénél fontos követelmény, hogy a csapolást lehetőleg salakmentesen végezzék, ezt követően pedig – a reoxidáció megakadályozása érdekében – azonnal megkezdődjön a folyékony acél felületének szintetikus salakokkal és szigetelő anyagokkal való lefedése. Ilyen anyagok:

- égetett mész (szemnagyság: 5-10 mm),
- alumíniumoxidos másodtermék (aluminátsalak),
- csapolás közben képzett $CaO + Al_2O_3$ tartalmú keverék.

Az így képezett (korrekciós) salak tetejére, őrölt kivitelű perlit adagolása is használatos.



3.1. ábra Szekunder metallurgia fontosabb eljárásai [2]

A pótlólagos energiabevitel nélküli metallurgiai műveleteket gyakran passzív üstmetallurgiai műveleteknek, az energiai bevitellel történő (aktív) üstmetallurgiai műveleteket szekunder acélgyártásnak nevezzük.

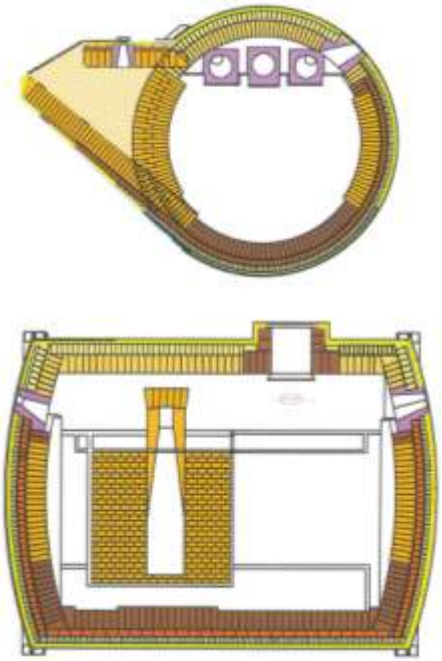
3.1. Energiaközlés nélküli üstmetallurgiai eljárások gyakorlata

Az energiaközlés nélküli üstkezeléseket általában a hagyományos kétperiódusú acélgyártásnál alkalmazzák, ahol a folyékony acél visszahűlését csapolás előtti túlhevítéssel (kb. 30 °C) kompenzálják.

3.1.1. A folyékony nyersvas hőközlés nélküli üstmetallurgiai kezelése

A nagyolvasztóból kicsapolt folyékony nyersvasat az acélműbe nyersvasüstben vagy a torpedóüstben szállítják, majd magában a torpedóüstben, vagy a nyersvaskeverő-kemencében tárolják a konverterbe adagolásig.

A keverőkemence (3.2. ábra) tűzálló téglával bélelt hengeres alakú tartály, ahol a folyékony nyersvas beöntésére általában két beöntőnyílás, míg az acélgyártáshoz szükséges folyékony nyersvas kiöntésére egy csapolónyílás szolgál. A keverőkemencéket földgázégőkkel is felszerelik a nyersvas hőntartása céljából. A kemence feladata a konverter zavartalan ellátása.



3.2. ábra Nyersvaskeverő kemence metszete [2]

Az üstökben érkező nyersvasról a salakot gépi úton eltávolítják, megmérik a hőmérsékletét, mintát vesznek (3.3. ábra), majd beöntik a keverőkemencébe.

Az acélgyártó anyag- és hőmérleg segítségével meghatározza a konverteres adaghoz szükséges nyersvas mennyiségét: a gyártásra kerülő acélminőség, az átlagos nyersvas összetétel, a nyersvas hőmérséklet és a termelési program függvényében. A nyersvaskeverőből csőrrel ellátott üstbe csapolják a nyersvasat. Csapolás közben kifolyó folyékony nyersvas tömegét az üstszállító kocsiba beépített elektronikus mérleggel lehet a kemence-buktatópulton lévő monitoron nyomon követni, majd a tervezett mennyiség elérésekor a buktatást megszakítani. A nyersvaskeverő tűzállófalazatát meghatározott időközönként (a dunaújvárosi gyakorlatban átlag kétévente) átépítik. Ekkor a nyersvasüstből közvetlenül a csőrös üstbe öntik a nyersvasat, amiből veszik az összetételi mintát (3.3. ábra).

3.3. ábra Nyersvas mintavétel

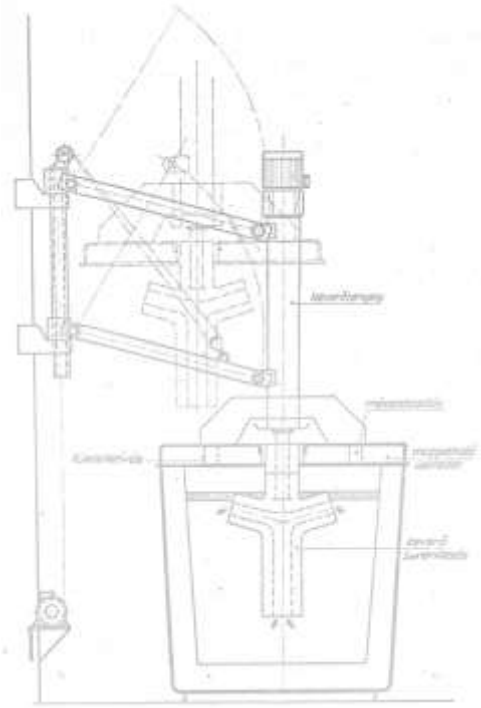
*

Az integrált acélgyártásnál elterjedt megoldások általában a nyersvas kohón kívüli kéntelenítésére használatosak.

A nyersvas üstmetallurgiai kezelésekor a kéntelenítéshez felhasznált reagensek a következők:

- kis frakciójú égetett mész,
- szóda (Na_2CO_3),
- magnéziumfém,
- karbid- és/vagy szintetikus salak

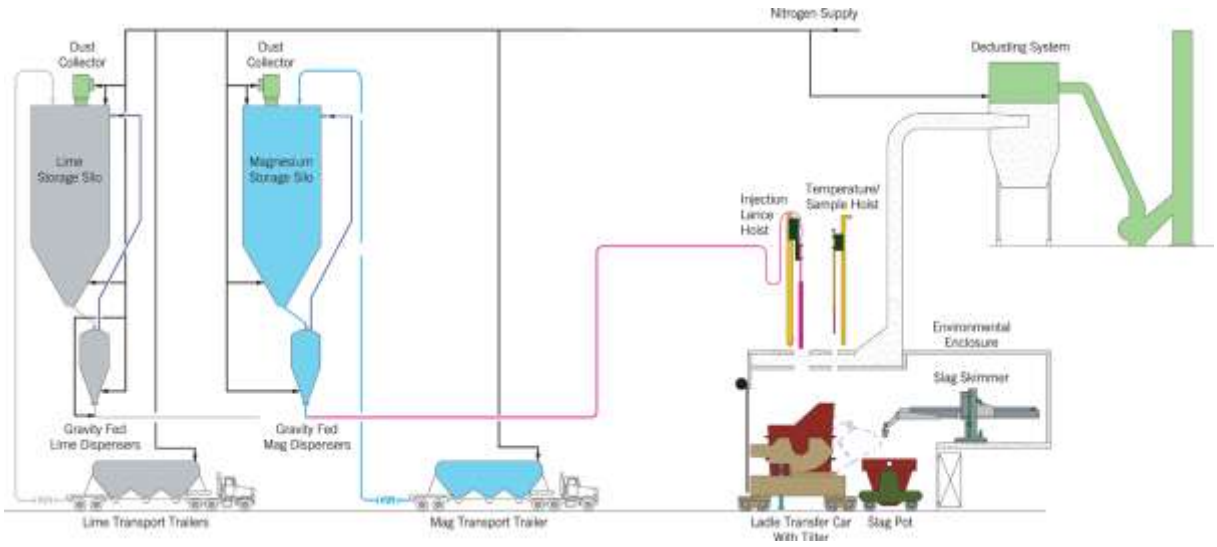
A kéntelenítő anyagokat őrlés után injektálással, porbeles huzallal vagy mechanikus keveréssel juttatják a folyékony nyersvasba. Példaként az utóbbi megoldást ismertetjük, a Diósgyőrben korábban alkalmazott DEMAG-ÖSTBERG-QUIRL lapátos módszer bemutatásával (3.4. ábra). A kéntelenítő berendezés egy forgókonzolra szerelt emelhető és süllyeszthető üstfedélből és az ezzel egybeépített keverő-berendezésből áll. A fedélen lévő egyik nyíláson történik a mészadagolás, a másikon pedig a füstgázelszívás. A keverőlapát egy üreges, tűzálló-anyagból készült test, melyet egy villamos meghajtású tengelyre szerelnek.



3.4 ábra DEMAG-ÖSTBERG-QUIRL rendszerű kéntelenítő berendezés [2]

A keverőtest mozgásával egy időben őrölt mészgrízt juttatnak az előzőleg lesalakolt nyersvas felszínére. A keverőtest üregébe behatoló nyersvas, a centrifugális erő hatására a nyilakkal jelzett irányba áramlik, intenzív érintkezésbe lép a kéntelenítő anyaggal és igen rövid idő (6-8 min.) alatt nagy hatásfokú (min. 80-%-os) kéntelenítést végez.

Modernebb megoldást, egy co-injektáló típusú (Mg és CaO reagenst felhasználó) kohón kívüli nyersvaskéntelenítő berendezést mutat be a 3.5. ábra.



3.5. ábra A co-injektáló típusú nyersvas kéntelenítő berendezés elvi rajza

3.1.2. A folyékony acél hőközlés nélküli üstmetallurgiai kezelése

A gyakorlatban használatos energiabevitel nélküli acélmetallurgiai eljárások a következők:

- az acél kezelése inertgázzal (gázöblítéses üstmetallurgia),
- szilárd anyag injektálása a folyékony acélba (porbefúvásos üstmetallurgia),
- szintetikus salakkezelés (salakkezeléses üstmetallurgia),
- porbeles huzallal történő acélkezelés.
- vákuumozás.

3.1.2.1. Inertgázzal történő üstmetallurgiai kezelés

Az acélfürdőbe befúvatott gáz buborékká alakulva a Stokes törvény értelmében felemelkedik, miközben intenzív keveredést is végez:

$$v = \frac{2g}{9} \cdot \frac{1}{\eta} \cdot \Delta\rho \cdot r^2 \text{ , cm s}^{-1}$$

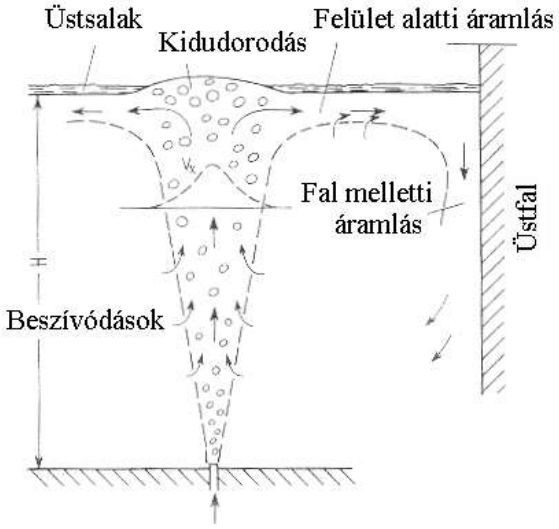
$g = 9{,}81$ cm.s^{-2} , η = folyékony acél viszkozitása, $\Delta\rho$ = az acélfürdő és a dezoxidáció termékeinek sűrűsége (g.cm^{-3} értéken), r = lebegő részecskék sugara (cm)

Tekintettel arra, hogy a buborék felúszásának a sebessége a buborék sugarának négyzetével arányos, így a buborék méretének változtatásával kedvezően szabályozható a felúszási sebesség. Homogenizáláshoz a nagyobb méretű, zárványfelúsztatáshoz a kisebb méretű buborékok az előnyösek. Gáztalanításhoz a kettő közötti optimumot kell a gyakorlatban kikísérletezni.

Az inertgázas acélöblítés hatása:

- Az acélban oldott H_2, N_2 gázok parciális nyomása az öblítőgáz-buborékokban nulla, ezért ezekbe a buborékokba diffundálva távoznak el a légtérbe (3.6. ábra).
- A folyékony acélban lebegő zárványok, a felfelé haladó gázbuborékok felületéhez tapadva a salakba távoznak.

- Az öblítőgáz keverő hatására a salak és folyékonyfém közötti határfelületek megnövekednek, segítve ezzel a közöttük végbemenő fiziko-kémiai folyamatokat (dezoxidálás, kéntelenítés)



3.6. ábra Alsó átöblítésnél az argonfáklya elhelyezkedése [5]

A gázöblítés intenzitásának a megtervezésénél figyelembe kell venni a következő szempontokat:

- az üst mérete,
- az adag hőmérséklete,
- feladat jellege (homogenizálás, hűtés vagy zárványtalanítás).

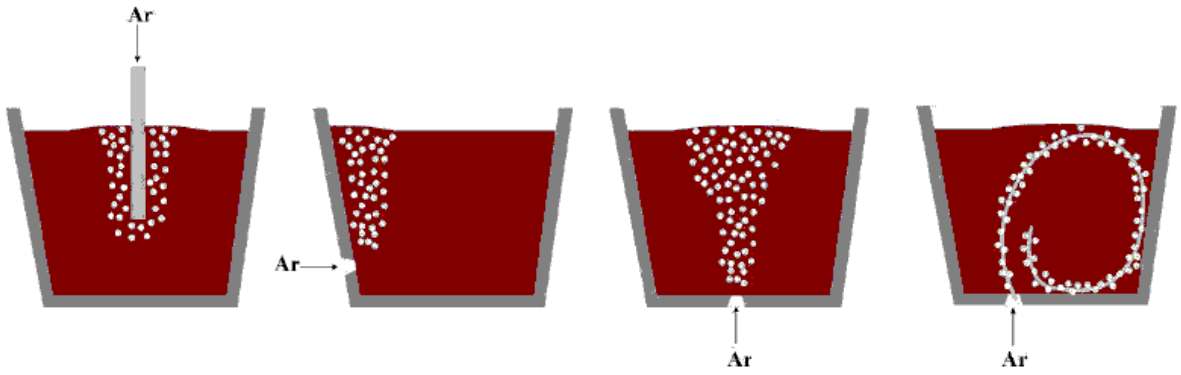
Acélgyártásban inertgázként argon- és/vagy nitrogéngáz használatos. Mivel a nitrogén az acélban oldódik, sőt vegyületet is alkothat, elterjedtebb az argongáz alkalmazása, ezért a továbbiakban ezt a megoldást ismertetjük.

Az argon-injektálásos módszerekkel elérhető fiziko-kémiai jellemzők a következők:

- az acélolvadék kémiai összetételének és hőmérsékletének homogenizálása,
- zárványok hatásos eltávolítása,
- kéntelenítés hatásfokának javítása,
- folyékony acél visszahűtése a folyamatos öntésnél előírt hőmérsékletre.

A keveréshez szükséges (felhajtó)erő a befúvatott gázbuborékok mozgása által indukált impulzusok hatására jön létre, melyet a folyékony acélban uralkodó nyomás- és hőmérséklet viszonyok befolyásolnak.

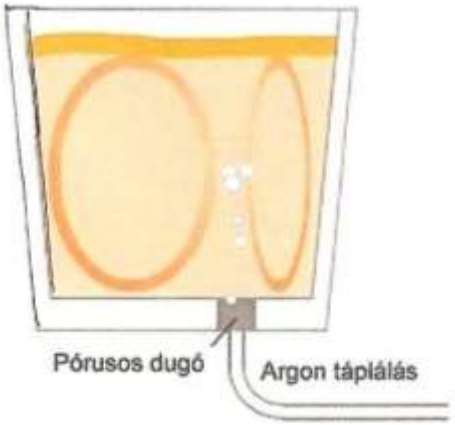
A gázt az üstfenékbe (vagy oldalába) beépített egy vagy több porózus téglán (kagylón) keresztül, esetlegesen felső lándzsa alkalmazásával vezetik be az olvadékba (3.7. ábra). Az alsó argonkagylót kezdetben a fenék közepébe építették. Ezt a megoldást hamar elvették, mivel nem volt biztosítható a folyékony acél felső és alsó része közötti cseremozgás lehetősége.



a. b. c. d.

3.7a-d. ábra Az argon befúvás lehetséges helyei [6]

Lényegesen javult a helyzet a porózus tégla aszimmetrikus beépítésével (3.7d., 3.8. ábra). Ilyenkor a gázbuborékok a fenéktől a salakig tartó útjukon, a gáz nyomásától függően 0,8-0,9 m/min sebességre felgyorsulva ütköznek a salak határfelületével, majd azt áttörve sebességüket 0.4-0,5 m/min értékre lecsökkentve segítik a salak és acél határfelületén végbemenő reakciók lefolyását.



3.8. ábra Alulról történő argonozás elve [7]

Keverés közben a buborékok egy része eltávozik a rendszerből, egy része azonban ellentétes irányba visszafordulva, az üst felső harmadában úgynevezett lebegtető hatású köráramlással segíti a zárványok koagulálását, majd salakba való felúszását.

Az üzemi gyakorlatban egy kb. 140 tonnás adag alsó argonos kezeléséhez, homogenizálás esetében min. 5 perc, zárványtalanítás és kéntelenítés esetében pedig min. 15 perc átöblítési idő szükséges. A javasolt keverési intenzitás egy asszimetrikusan elhelyezett fenékre beépített porózus tégla esetén:

- homogenizálásra ~ 400 l/perc,
- huzaladagolás közben max. 300 l/perc,
- zárványtalanításra max. 100-150 l/perc intenzitású lágyargon-kezelés.

Az utóbbi években az egy porózus fenéktégláról fokozatosan tértek át a két porózus fenéktéglás módszer alkalmazására. Ezzel a következő előnyök érhetők el:

- A két kagyló főleg biztonsági célokat szolgál arra az esetre, ha valamelyik kagyló eltömődne.
- Az üstkezelés kezdeti fázisában, a ledermedt salak áttörése két porózus kagyló együttes használatával könnyebben elérhető.
- Csapolás közben beadagolt ötvözőfémek és salakképzők oldódásának befejezése, majd homogenizálása két porózus téglával hatásosabban végezhető.

A fenti előnyök mellett a két kagylóval történő argonozásnak hátrányai is lehetnek:

- Az acél kezelés alatti visszahűlése fokozottabb mértékű.
- Túlzott mennyiségű és intenzitású Ar gáz beáramoltatásával a felfelé körgyűrű-szerűen haladó gázbuborékok egymás hatását leronthatják, az irodalom szerinti „lebegtetéses zárványtalanító hatás" vagy üzemi nyelven a „tisztító-öblítő hatás" kevésbé érvényesül.
- Az erős keverés elősegítheti az acél reoxidációját.

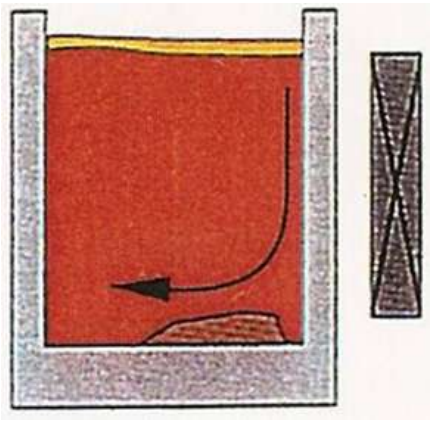
A felső merülőlándzsás és az alsó porózus téglán keresztül történő inertgázas módszer eredményességének összehasonlítása több szakcikkben megtalálható. A korábban üzemelő Diósgyőri Kohászatban mindkét módszert alkalmazták. Az ottani tapasztalatok eredménye a 3.1. táblázatban látható.

3.1. táblázat Az alsó és felső inertgázas kezelés hatásának összehasonlítása [8]

Megnevezés	Felső fúvatás	Alsó fúvatás
Homogenizálás	A merülőlándzsa végét, az acélfürdő 1/3-áig engedik le. Az öblítőgáz keverő hatása, az üst alján lévő acéltömegnél kevésbé érvényesül.	Az üst alján egy vagy több porózus téglán keresztül befúvatott semleges gáz gradiens-jellegű hatása jól érvényesül. Az öblítő hatás az üst alsó sarkaiban ugyan kevésbé hatékony, de az örvénylő mozgás az acélfürdő csaknem 90 %-át átöblíti.
Zárványtalanítás	A semleges gáz áramlásának iránya – felülről lefelé – ellentétes a zárványok salakzóna irányába történő felúszásának irányával. Gyenge a zárványtalanítás hatásfoka.	Az alulról befúvott öblítőgáz intenzitása, ezzel az acélfürdő keverése jól szabályozható. „Lágy fúvatás" (v ~ 150 Nl/min) beállítása jól segíti a dezoxidációs termékek salakba távozását.
Gáztalanítás	Mivel a felsőlándzsa csak 1/3 mélységig merül be az acélfürdőbe, az alatta lévő acéltömeg mozgása, ezzel az itt lévő H_2, N_2 gázok felúszása korlátozott.	Az acélban oldott H_2, N_2 gázok parciális nyomása az öblítőgázbuborékokban nulla, ezért ezekbe a buborékokba diffundálva távozhatnak a légtérbe. Alsó fúvatáskor ez az áramlás már az üst fenekétől megindul. Az ezekbe a buborékokba diffundálva távoznak el a légtérbe.

Hőmérséklet beállítás	Megfelelő (kb. 1 °C/ 3 min). Ettől nagyobb hűtőhatást biztosító acélkeverés azonban hátrányos, mert az erős salakmozgás hatására érintkezhet a levegő oxigénjével a folyékony acél.	Kevésbé hatékony. A salakréteg részleges besűrűsödésével a hőszigetelő hatás növekszik.
Reoxidáció	A lándzsa bemerítésekor, illetve öblítéskor besodródik a salak a fürdőbe.	Túlzottan nagy intenzitásnál kipúposodik a salak és megnyílik a salak felülete, illetve besodródhat a salak a fürdőbe. Megfelelő intenzitás esetén azonban minimalizálható

Számos irodalom foglalkozik azzal, hogy a folyékony acél üstmetallurgiai kezelésére az inertgázas- vagy az indukciós keverés (3.9. ábra) az előnyösebb. A vizsgálatot a Diósgyőri Kohászatban is elvégezték, a kapott eredmények összefoglalása a 3.2. táblázatban olvasható.



3.9. ábra Indukciós acélkezelés elvi vázlata

3.2. táblázat Semleges gázzal, indukciós keveréssel és a kettő kombinációjával elért eredmények összehasonlítása [8]

Megnevezés	**Inertgázas keverés**	**Mágneses keverés**	**Inertgáz + indukciós keverés**
Előnyök	Nem igényel antimágneses üstköpenyt és mágneses keverő berendezést. Tömegacélgyártásnál, amikor nem kell nagy mennyiségű ötvözőfémet adagolni, megoldható az előírt kémiai összetétel reprodukálható módon való biztosítása és a kívánt hőmérséklet beállítása	Mágneses keveréssel az üstben lévő folyékony acél teljes mértékben, az üst sarkaiban is átmozgatható. Indukciós keverésnél a tűzállófalazat kopása egyenletes. A keverés iránya változtatható, segítve ezzel az ötvözők gyorsabb oldódását	A semleges gáz + indukciós keverés egyidejű alkalmazásának szükségessége a VOD eljárásnál kerül előtérbe. Használatával a vákuum alatti karbonos dezoxidáció hatásfoka jelentősen javul, segítve ezzel az ELC acéloknál előírt igen kis karbon tartalom (C = max. 0,02 %) eléré-

	Az acél semleges gázzal történő átöblítése jól segíti a zárványok és nem kívánatos gázok felúszását illetve eltávolítását	A keverési intenzitás, nagy pontossággal szabályozható	sét.
Hátrányok	A keverési időt a tűzállófalazat gyors kopása behatárolja.	A mágneses keverő felöli oldalon az üstköpenyt ausztenites, nem mágnesezhető acélból kell készíteni.	A kezelési idő mértéke, a tűzállóanyag túlzott igénybevétele miatt korlátozott.

Mindkét ma működő hazai acélműben eredményesen alkalmaznak üstöblítési technológiát. Az ISD Dunaferr Zrt. acélművében több állásos, korszerűen felszerelt inertgázas üstmetallurgiai rendszer üzemel, az Ózdi Acélművek Kft-ben pedig – újszerű megoldásként – a két öblítőkövön történő argonbefúvásos módszert vezették be.

A Dunaferrben alkalmazott gyártástechnológia előnye, hogy az acél minőségének javításán túlmenően, segíti a folyamatos öntőműi ciklusidők kiegyensúlyozását, a következők technológiai és üzemszervezési műveletek alkalmazásával:

- keramikus golyót használnak csapoláskor, a primer salak visszatartására,
- csapolás közben, folyékony acél reoxidáció elleni védelemére, valamint az inertgázos keverés hatásfokának javítására finom frakciójú égetett mész + aluminátsalakos salakképző anyagokat adagolnak,
- csapolás alatt és üstkezelő állomásra történő áthúzás közben is alkalmazzák az alsó argonozást,
- üstkezelő állásban folytatják a homogenizáló és zárványtalanító átöblítést,
- a technológiailag szükséges argonozási időn túlmenően, az adott üzemi viszonyok (pl. FAM-ra várás) függvényében határozzák meg, azt az argonozási időszükségletet, amellyel az acél hőmérsékletét a folyamatos öntéshez előírt értékre tudják beszabályozni.

Diósgyőrben – amikor még üzemelt – ezeket a műveleteket a következő technológiai műveletekkel bővítették:

- A technológiai folyamatláncolat, úgynevezett „minőségellenőrzési kapu”-inál hőméréseket végeztek. Így pl. a FAM toronyban folyamatosan, a metallurgiai hossz végén pedig szakaszosan mérték a folyékony acél hőmérsékletét, és az öntési sebesség változtatásával biztosították – a minőségi szempontból igen fontos – likvidusz + 25 °C ± 5 °C öntési hőmérsékletet.
- Az adag, az üstkezelő állásból a FAM toronyba érkezéséig „pihentetés” szakaszban van, miközben a zárványok salakba való felúszása – a Stokes-tétel értelmében – csak lassan, a zárványok és a folyékony acél sűrűség különbözőségének függvényében mennek végbe. Ezt a hatást fokozták azzal, hogy az adagot, a FAM toronyban való várakoztatása alatt *lokalizált intenzitású argonozással keverték.*

Fontos feladat az argonozás közbeni keverési intenzitás megválasztása. A technológiák gyakorlati megtervezéséhez ad segítséget – az elérendő minőségi kívánalmak és a Dunaferrhez hasonló üzemi adottságok esetén – a 3.3. táblázat.

3.3. táblázat Keverési intenzitás megválasztása argonkezelésnél [8]

S.sz.	Megnevezés	Keverési intenzitás (l/min)	Egykagylós keverés	Kétkagylós keverés
1.	Hőmérséklet csökkentés	300 – 400	(x)	x
2.	Homogenizálás	250 – 300	x	x
3.	Zárványtalanítás kezdeti szakaszban	150 – 200	x	(x)
4.	Zárványtalanítás végső szakaszban	50 – 150	x	(x)

A táblázatban szereplő értékeket tájékoztató jellegűek. A ténylegeses értékeket az adag gyártását és üstmetallurgiai kezelését irányító acélgyártó határozza meg, az adott technológiai- és fizikai tényezők és szabályok figyelembe vételével. Fontosabbak:

- Argonátöblítés közben a folyékony acélfelület, közvetlenül soha sem érintkezhet a szabad levegővel. Ennek érdekében a salakáramlási amplitúdó nem haladhatja meg a 200 mm értéket.
- A kémiai összetétel és hőmérséklet homogenizálás esetén, az argon öblítés idejének meghatározásánál figyelembe kell venni, hogy a csapolás közben beadagolt ferroötvözők és salakképző anyagok oldódásához megfelelő idő álljon rendelkezésre.

Az oldódási idők megállapításához támpontul szolgálhatnak, egy 80 tonnás LD-konverterből kicsapolt adagnál és üstmetallurgia kezelésénél, izotópos módszerrel mért oldódási időszükségletek, melynek értékei a 3.4. táblázatban láthatók.

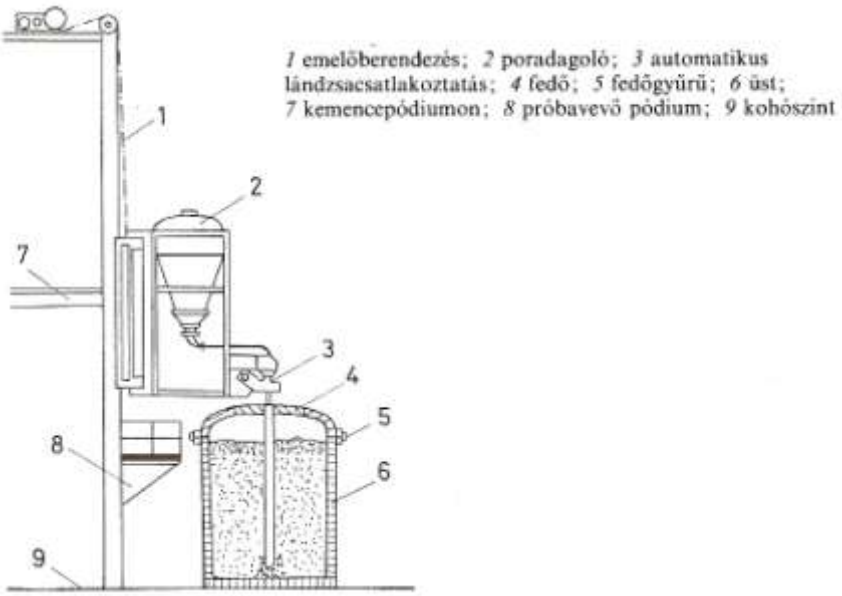
3.4. táblázat Ferroötvözők oldódási időszükséglete [9]

Megnevezés (kg)	FeMn (min.)	FeSi (min.)	FeCr (min.)	CaO (min.)	Alkalmazott vizsgálati módszer
LD csapolásnál, kb. 1/3 mennyiségű acél kifolyása után adagolva: FeMn: 1100 FeCr: 1350 FeSi: 400 CaO: 850	5	3	9	8 (darabnagyság: 30-50 mm)	Az ötvözők beadása után, a folyékony acélból történő minták kivétele és meghatározása, az adagolást követő 1 perces időközönként, 3-3 db minta kivételével és a kapott értékek átlagolásával történt.
ASEA kezelés 10. perc utáni időszakban adagolva: FeMn/300 FeCr/300 FeSi/100 CaO/300	4	3	7	8 (darabnagyság: 30-50 mm)	Adagolást követően a minták kivétele és meghatározása üstkezelés közben, 1 perces időközönként, 3-3 db minta/átlag kiszámításával történt

3.1.2.2. Szilárd anyag injektálása a folyékony acélba (porbefúvásos technológia)

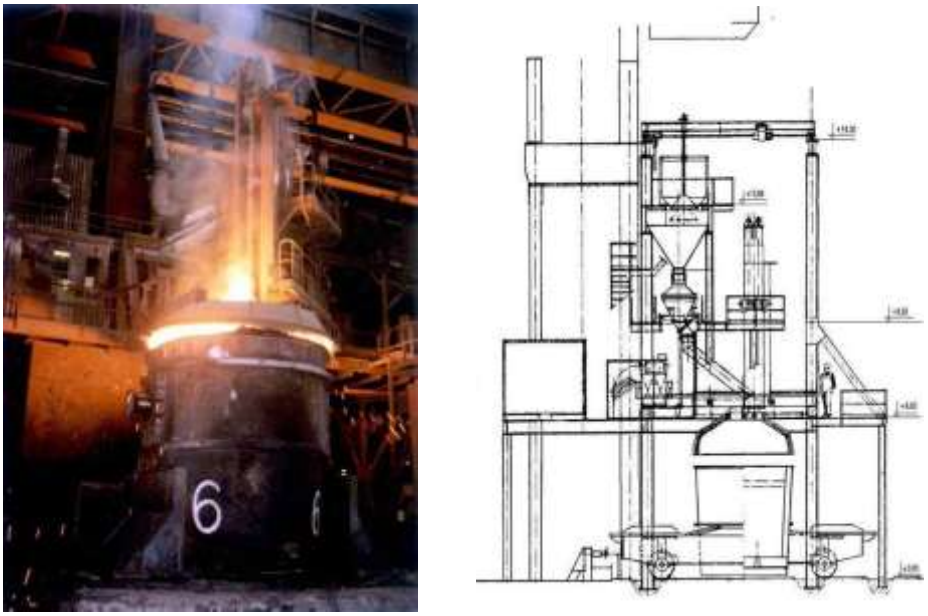
Az injektálásos technológiával a gyakorlatban főleg kéntelenítő, dezoxidáló és zárványmodifikáló anyagokat fúvatnak a folyékony fémbe. Vivőgázként általában argongázt alkal-

maznak. A szállítógáz merülő-lándzsán keresztül viszi be a folyékony fürdőbe, a kívánt anyagot (3.10. ábra).



3.10. ábra Porbefúvásos eljárás elve [10]

A lándzsából a folyékony fémbe áramló, gázzal szállított szemcsés anyag, mozgási energiáját a fürdőnek átadva erőteljes keverést, ezzel megfelelő homogenizálást hoz létre. Az eljárásnak további előnye, hogy a kis sűrűségű és forráspontú, hagyományos technológiával nem, vagy csak nehezen adagolható ötvözőanyagok is jó hatásfokkal hasznosíthatók. A berendezések és módszerek több változata terjedt el, a 3.11a-b. ábrán a Dunaújvárosban 2010-ig üzemelt Scandinavien Lancers (SL) berendezés látható.



3.11a-b. ábra ISD Dunaferr-ben alkalmazott porbefúvó svédlándzsa (SL) berendezés

A befújt szemcsék a gyors fürdőmozgásnak köszönhetően könnyen reakcióba lépnek az acélolvadékkal és a felületen keresztül gyorsan végbemennek a diffúziós reakciók. A lándzsán

keresztüli porbefúvás hatékonyabbnak mondható a porbeleshez viszonyítva nagy sebessége miatt, de a reoxidáció valószínűségét is jelentősen növeli a nagy fürdőmozgás miatt.

3.1.2.3. Példa az inertgázas öblítés gyakorlatára

Figyelembe vett szempontok:

Minőség:	Szilíciumszegény lágyacél
Gyártási útvonal:	LD konverter → SL_{Ar} → FAM

Célösszetétel (%):

C =	0,05-0,08
Mn =	0,30-0,50
Si =	max. 0,050
P =	max. 0,030
S =	max. 0,030
N =	max. 0,090

Tervezett hőmérsékletek (°C):

Likvidusz:	~ 1525
Csapolás előtt:	~ 1660
Csapolás után:	~ 1625
$SL_{kezdeti}$:	~ 1620
$SL_{vége}$:	~ 1590
$FAM_{toronyba\ érkezés}$:	~ 1580
$FAM_{közbensőüstben}$:	~ 1540

Tervezett aktív oxigén szintek:

a_O: $LD_{csapolás}$: ~ 800 ppm ; $SL_{kezdeti}$: max. 8 ppm; $SL_{vége}$: max. 4 ppm

Csapolás műveletei és sorrendje:

Salak(mentes)szegény csapolás,
1/5 kifolyás utáni adagolási sorrend:
(Karbonizálás)→FeMn→$Al_{tömb}$ →Mész + Al_{salak}

Argon intenzitás: ~ 400 l/min

Csapolás alatt és az SL áthúzásáig folyamatos, *~ 400 l/min intenzitású (homogenizáló) alsó Ar-ölítés.*

SL kezelés:

Az Ar-öblítés megkezdése. Intenzitás: ~ 350 l/min

Oxigéntartalom csökkentése Al huzal injektálásával, hőmérsékletmérés.

Zárványtalanító Ar-öblítés

Intenzitás: 150-200 l/min

Tisztító Ar-öblítés

Intenzitás: 100-150 l/min. Ideje: minimum 5 perc. Közben és utána az üstbe minden nemű adagolás tiltott!

Átadás öntésre

3.1.2.4. Szintetikus salakkezelés

A szintetikus salakkezelésre kezdetben előre megolvasztott bázikus, nagy kénfelvevő képességű, főleg kalcium-aluminát tartalmú salakot alkalmaztak, majd – költségcsökkentési célból – áttértek az acélgyártás során előállított szintetikus salakok alkalmazására.

Szintetikus salakkezelésnél, a folyékony fém és salak fázishatárán lejátszódó reakciók hatékonyságát az érintkező felületek keverésével javítják. Erre a célra főleg $CaO:Al_2O_3:CaF_2$ = 60:36:4 % tömegarányú keveréket használnak, melyet – az alkalmazott technológiától függően – $Al_{fém}$ őrleménnyel egészítenek ki. A salakalkotókkal szembeni követelmények::

- tiszta, meddő, illetve szennyezőanyagoktól való mentesség,
- száraz állapot,
- 3-20 milliméteres szemnagyság,
- nem tartalmazhatnak finom, lisztszerű port, mert ezek nagy része a levegőbe vagy az elszívó-berendezésbe kerül.

Szintetikus salakkezelésre salakhígítási célból az alumíniumgyártásnál előállított timföld vagy a melléktermékeként keletkező – fémes alumíniumot is tartalmazó – aluminátsalak is felhasználható.

Az eljárást – többféle formában és variációban – a hazai acélkohászati üzemek is alkalmazzák. Ilyenek:

- csapoláskori szintetikus salakkezelés,
- üstmetallurgiai kezelés közbeni salakfolyósítás.

Eredményesség szempontjából fontos követelmények:

- a kemencében lévő oxidálósalak visszatartása csapoláskor,
- csapolás közben, a dezoxidáló és salakképző anyagok megfelelő összetételben, időben és sorrendben történő adagolása. A szintetikus salak mennyisége: 2-4 $kg/t_{acél.}$
- a folyékony acél megfelelő esési magasságának biztosítása, a salakalkotókkal való hatásos keveredés céljából.

3.1.2.5. Példa a szintetikus salak gyakorlatára.

A szintetikus salakkezelésre példaként a csapolás közbeni megoldást ismertetjük.

Acélgyártó berendezés:

80 tonnás UHP-elektrokemence

Minőség:

ZF6

Technológiai útvonal:

$UHP \rightarrow ASEA_{hevítés + vákuumozás} \rightarrow FAM_{zárt}$

Csapoláskor elérendő hőmérséklet:

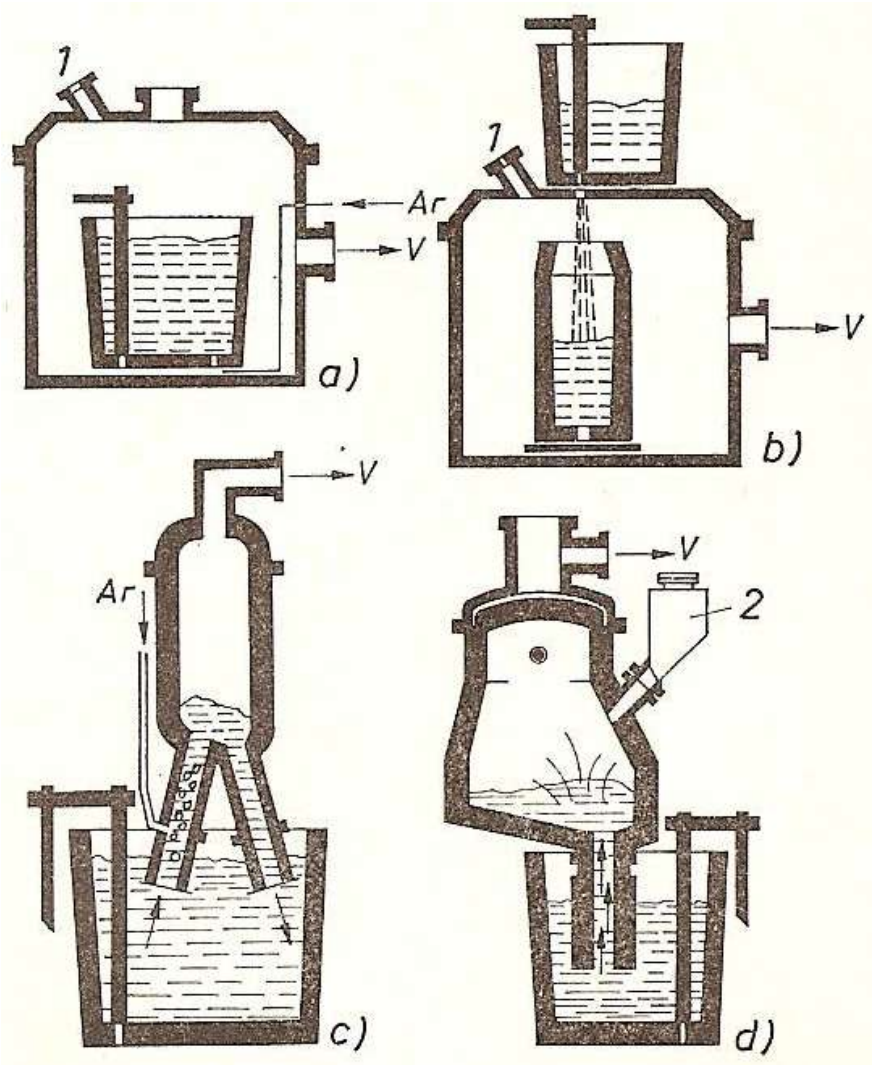
Csapolás közbeni ötvözés, dezoxidálás, szintetikus salakképzés (alkotók vastag betűvel jelölve) tervezése: 3.5. táblázat szerint.

3.5. táblázat Szintetikus salakkezelés alkalmazása csapolás közben

<table>
<tr><th>UHP</th><th>Hőmérséklet (°C)</th><th>C (%)</th><th>P (%)</th><th>S (%)</th><th>Salak bázicitás</th></tr>
<tr><td>Beolvadás</td><td>1570-1580</td><td>0,30-0,50</td><td>max. 0,020</td><td>max. 0,025</td><td>~ 2,5</td></tr>
<tr><td>Csapolás</td><td>1660-1670</td><td>0,08-0,12</td><td>max. 0,007</td><td>max. 0,020</td><td>~ 3,2</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="5">
<table>
<tr><td colspan="3">~ 5 t acélkifolyást követően, az a_O tartalom függvényében</td><td>~ 30 t acélkifolyást követően</td><td>~ 60 t acélkifolyást követően</td></tr>
<tr><td>a_O (ppm)</td><td>$Al_{tömb}$ (kg)</td><td>Timföld (kg)</td><td>Ötvözők és salakképzők</td><td>$Al_{tömb}$ (kg)</td></tr>
<tr><td>≤ 300</td><td>30</td><td>100</td><td>400 kg CaO</td><td>40</td></tr>
<tr><td>301 - 600</td><td>50</td><td>50</td><td>FeMnSi</td><td>40</td></tr>
<tr><td>601 – 800</td><td>80</td><td>30</td><td>(FeMn, FeSi)</td><td>50</td></tr>
<tr><td>≥ 801</td><td>120</td><td>20</td><td>$FeCr_{LC}$, FeCr</td><td>60</td></tr>
</table>
Argonöblítés: 60 t acél kicsapolásáig intenzív (~ 150 l/min/4 bar), az üst elszállításáig lágy öblítés (~ 50 l/min/2 bar)
</td></tr>
</table>

3.1.2.6. Vákuumozás

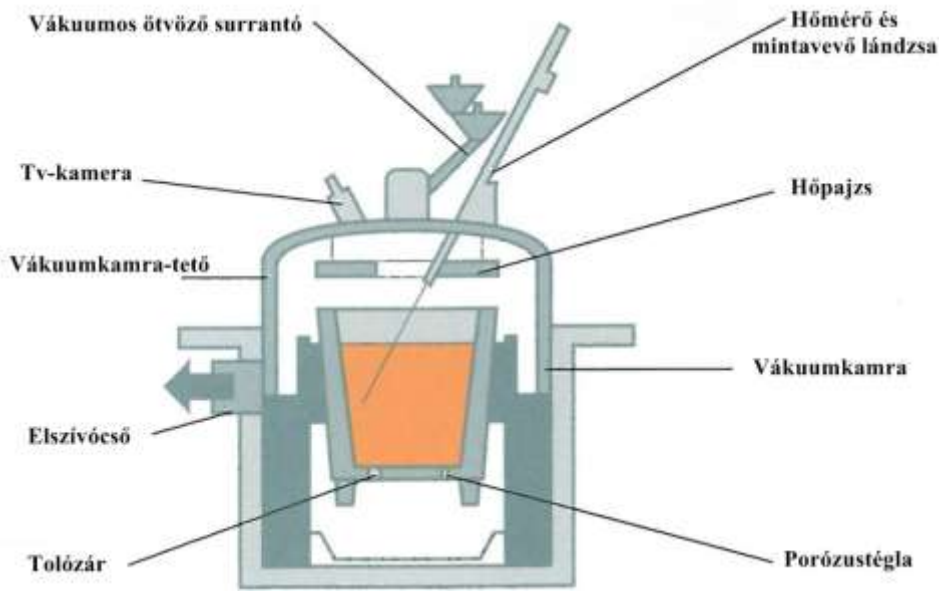
A folyékony acél kemencén kívüli vákuumos kezelésére, sokféle megoldás született, amelyek csoportosítását üstvákuumozás, sugárvákuumozás, részadagonkénti vákuumozás szerint lehet összefoglalni. Ezeket foglalja össze a 3.12. ábra.



3.12a-d. ábra Vákuumozási eljárások [4]
a.) Üstvákuumozás; b.) sugárvákuumozás; c.) RH-eljárás; d.) DH-eljárás
V: vákuum; 1: megfigyelő ablak; 2: ötvözőtartály

a.) Üstvákuumozás

Üstvákuumozásnál a folyékony acéllal teli üstöt egy légmentesen lezárható tartályba (kamrába) helyezik, majd az előállított vákuumtérben argonnal átöblítik (3.13. ábra). Az eljárást a Csepeli- és Diósgyőri Acélművekben is alkalmazták, de használatukat az üstkemencék belépése egyre-jobban kiszorította.



3.13. ábra Üstvákuumozó felépítése [2]

Az eljárás minőségjavító hatása Diósgyőrben, 1973. évi eredmények alapján, a 3.6. , és 3.7. táblázatokban látható.

3.6. táblázat Minőségjavító hatás kamrás és üstből-üstbe történő vákuumozással

Megnevezés	Vákuumkezelt termelés (t)	Selejt (%)	Vákuumkezelés nélkül (%)
Ötvözetlen acél	1300,3	1,36	3,6
Ötvözött acél	950,5	0,96	3, 6
Vasúti abroncs	2700,5	8,15	13,6
Tengely	1340,5	8,5	3,8
Golyóscsapágy	264,2	0,76	1,94

A kovácsmű részére gyártott nagy tuskókat (28 és 50 t) igen kis nyomású (0,5-1 Hgmm) vákuumban, üstből-kokillába öntötték. A minőségjavulás mértékét a 3.7. táblázat mutatja

3.7. táblázat Minőségjavító hatás kamrás és üstből-kokillába történő vákuumozással

Megnevezés	Vákuumkezelt termelés (t)	Selejt (%)	Vákuumkezelés nélkül (%)
Ötvözetlen acél	3241	1,77	4,5
Ötvözött acél	2737	2,30	3,6

b.) Sugárvákuumozás

Sugárvákuumozás történhet: csapolás közben; üstből-üstbe; üstből kokillába. Diósgyőrben mindegyik eljárást alkalmazták. Ipartörténetileg is jelentős eseménynek számít, hogy a csapolás alatti vákuumozó berendezés első európai példányát, a francia Hoertey (?)cég Diósgyőrben kísérletezte ki és állította üzembe 1965-ben.

A berendezés korhű fényképe a 3.14. ábrán látható. A 17 tonnás öntőüst légmentesen hegesztett acélköpenyből készült – melyre tömítőgyűrű közbeiktatásával – egy 3 tonnás kisüstöt

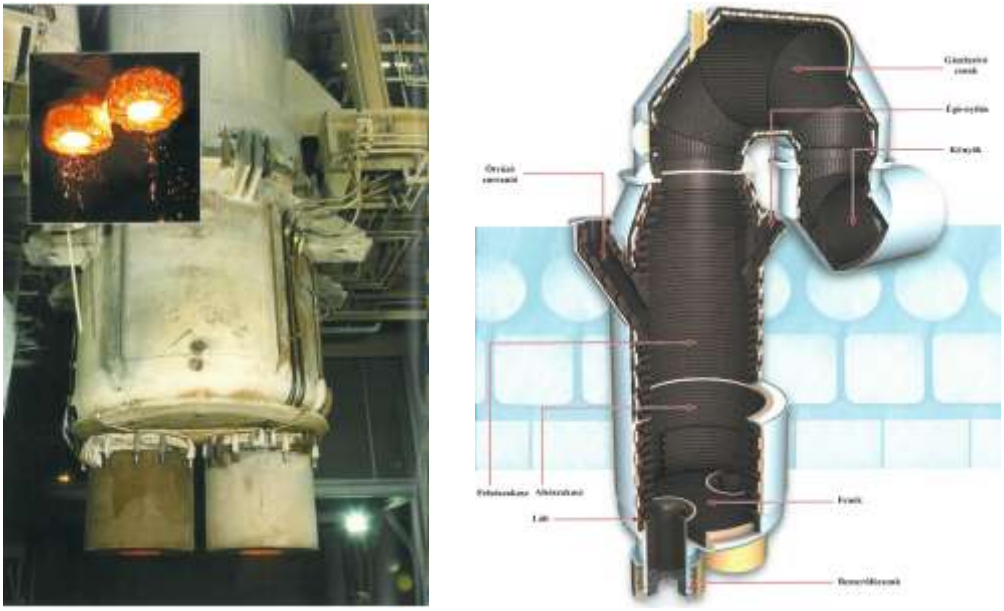
szereltek, ahol a dugómozgatást távirányítással végezték. Ebbe csapolták bele a kemencéből kifolyó acélt, miközben a nagy üstöt folyamatosan vákuum alatt tartották. A nehézkes összeszerelési műveletek miatt, a berendezés üzemszerű használatát 1977-ben beszüntették.

3.14. ábra Diósgyőri csapolás közbeni vákuumozó berendezés fényképe

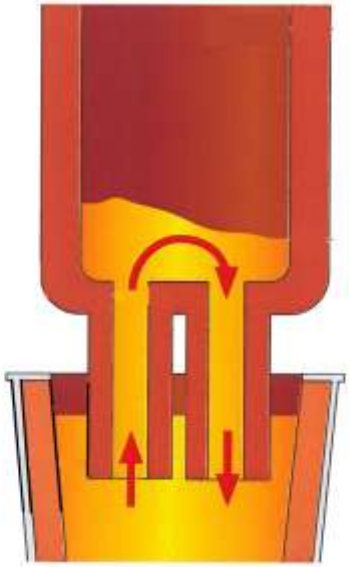
c.) RH (Ruhrstahl - Hattingen)-eljárás

Az eljárást vákuumszifonos eljárásnak is nevezik.

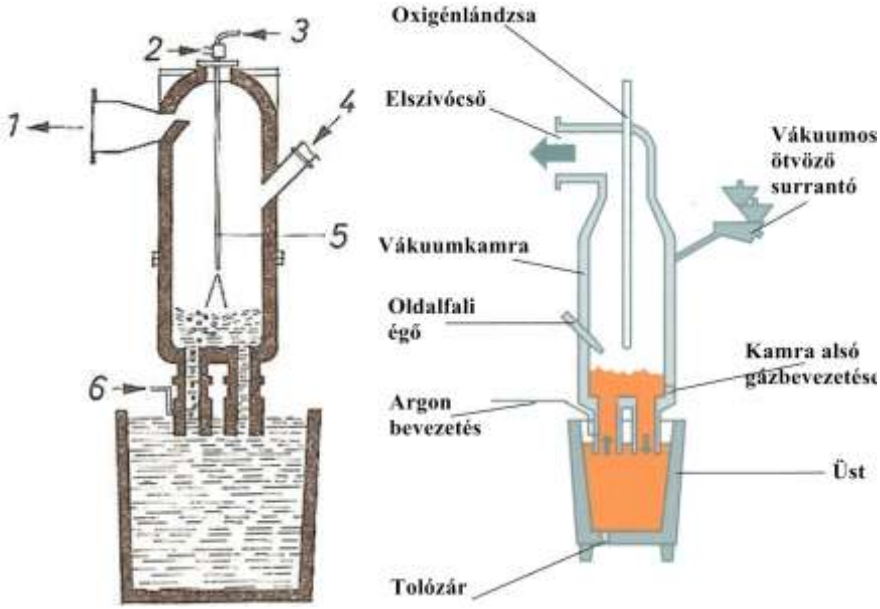
Vákuumszifonos berendezés olyan evakulálható tartályból áll (3.15. ábra, amelynek alsó részére két csőalakú toldatot hegesztettek. A tűzállóanyaggal bevont toldatokat, az üstben lévő folyékony acélba süllyesztik, majd az egyik csőbe semleges gázt áramoltatnak. A gáz fajsúly-csökkentő hatására, az acél a csonkban felemelkedve bejut az igen kis nyomásra (1-3 torr) csökkentett vákuumkamrába, ahol gáztalanodik, sűrűsége növekszik, majd a másik csonkon visszafolyik az üstbe (3.16. ábra). Egyes berendezésbe oxigént is befúvatnak (RHO-eljárás) lándzsa segítségével, dekarbonizálás céljából (3.17. ábra).



3.15a-b. ábra RH-eljárás berendezése [2]



3.16. ábra RH-eljárás működési elve [2]



3.17a-b. ábra RHO-eljárás elve [2]
1: vákuumcsonk; 2: hűtővíz; 3: oxigén; 4: ötvöző- és hozaganyag adagoló nyílás,
5: oxigénlándzsa; 6: semlegesgáz

Az eljárás gyakorlati alkalmazására példaként a Peine-Salzgitter acélműben alkalmazott eljárást ismertetjük [11].

Gyártott minőség kategória: tűzi zománcozás céljára gyártott durvalemez

- Primer gyártóberendezés: 180 tonnás LD_konverter
- Üstmetallurgiai eljárás: RH-vákuumozás
- Elérhető vákuum: 0,5 Hgmm
- Vákuumozás ideje: max. 20 min

A gyártás időrendi lefolyása:

- A lecsapolt adag ellenőrzése (hőmérés, acél-, gázmintavétel),
- Vákuumozó egység csatlakoztatása az öntőüsthöz,
- Többfokozatú gőzszivattyú bekapcsolása,
- 0,5 Hgmm nyomás elérésekor 3,5 Nl/min intenzitású argon öblítés megindítása,
- Vákuum alatti dekarbonizálás: keringtetési fok (keringtetési idő/összes kezelési idő): <5; a karbon csökkenés mértékét másodlagos információs rendszer (CO és CO_2 gázkoncentráció változás a füstgázban) segítségével ellenőrzik,
- Dehidrálás, keringtetési fok: < 20,
- Szintetikus salak adagolása: 8-11 kg/adag,
- CaSi-os kéntelenítés: keringtetési fok: < 20,
- Vákuumozás leállítása, hőmérséklet, kémiai összetétel és gáztartalom ellenőrzés.

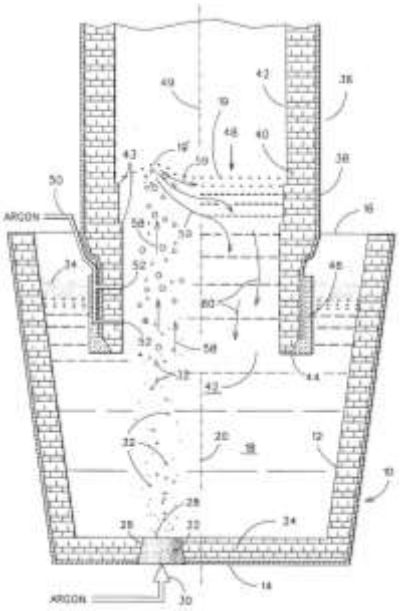
Elért eredmények:

hidrogén : ≤ 2 ppm; kén: 20 ppm; karbon: ~ 0,010 %

d.) DH (Dortmund – Hörder)-eljárás

Az eljárást vákuumlopós eljárásnak is nevezik.

A kívül-belül tűzálló anyaggal bélelt evakuálható tartály aljába épített csőtoldatot, az üstben lévő folyékony acélba merítik (3.18. ábra). Vákuum hatására a légköri nyomás, az üstben lévő acél kb. 1/5 részét a tartályba felnyomja, ahol gáztalanodik. Ezután a tartályt kissé felemelik, miközben a vákuumozott acél visszafolyik az üstbe. A folyamat többszöri megismétlésével az üst teljes tartalma gáztalanítható.



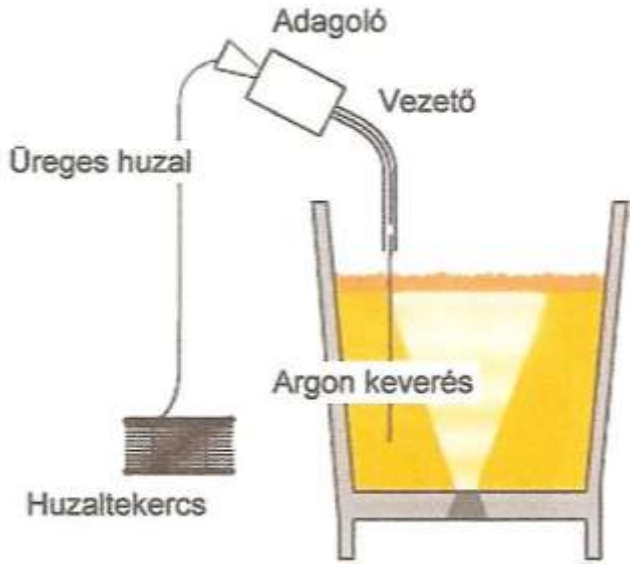
3.18. ábra DH-eljárás elve [2]

3.1.2.7. Porbeles huzallal történő acélkezelés

A porbeles huzallal (3.19. ábra) végzett kezelés (3.20. ábra) elterjedését egyszerűsége, a kezeléssel elért minőség javítási és költségtakarékossági előnyök segítették. A kezelés eredményeképp:

- javul az acél tisztasága,
- kedvezőbb zárványalak és zárványeloszlás jön létre,
- szűk határközben, jó kihozatallal végezhető el a mikroötvözés, olyan esetben is, amikor hagyományos eljárással nem vagy csak nehezen lehet megoldani a kis forráspontú elemek beötvözését az acélba.
- jó kihozatallal végrehajtott mikroötvözés, minden más üstmetallurgiai módszerhez képest gazdaságosabb megoldást biztosít.

3.19a-b. ábra Porbeles huzal metszeti és csévélt kivitele [2]



3.20. ábra Porbeles huzaladagolás elve [7]

A technológia sikeres végrehajtása megköveteli:

- az acélfürdő és salak megfelelő előzdezoxidálását,
- a kezelés alatt és az adagolás befejezése utáni argonos lágyöblítést.

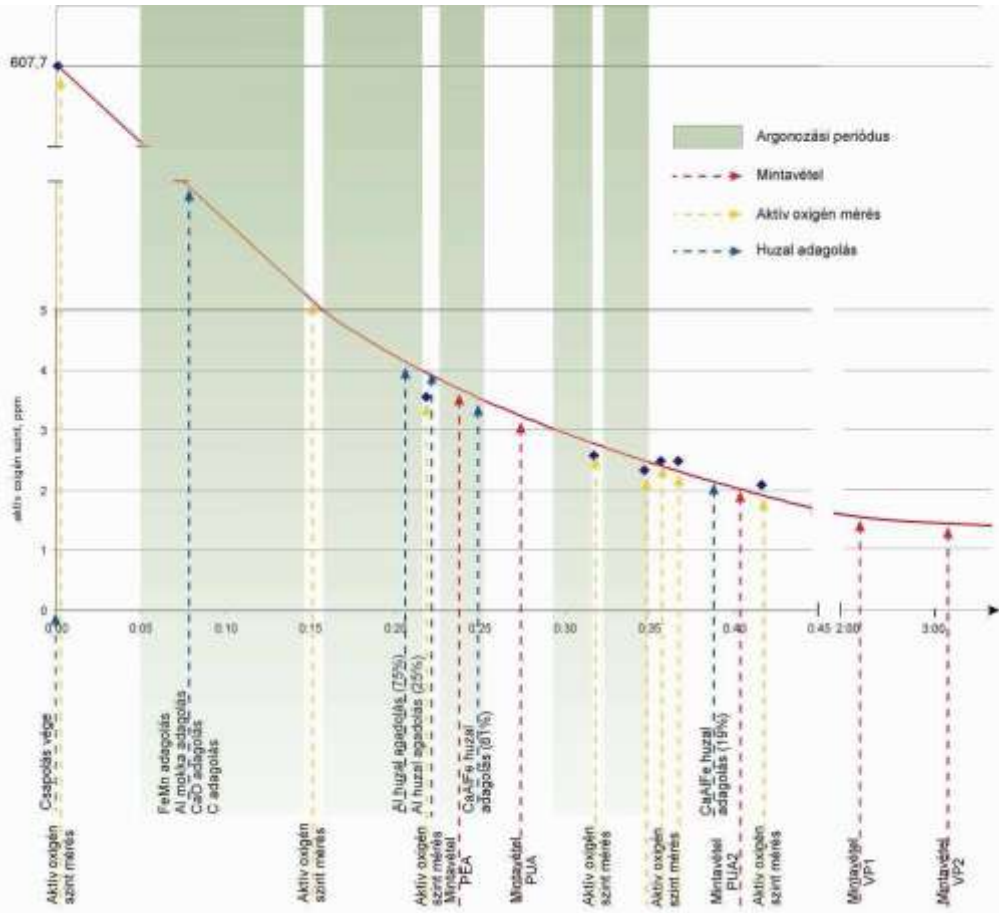
A porbeles és a tömör kivitelű huzaladagolást, a gyártandó acélminőségtől függően, végdezoxidálásra (Al, FeTi, stb.), mikroötvözésre (FeB, Bi, S, C stb.) és zárványmodifikálásra egyaránt alkalmazzák.

Az adagolás géppel történik, amibe több szálat (pl. négy) vezetnek be, és a kezelő által megadott hossz automatikusan kerül beadagolásra (3.21. ábra).

3.21 a-b. ábra Huzaladagoló berendezés

3.1.2.8. Példa a porbeles huzaladagolási technológia gyakorlati megtervezésére.

Az előzőleg bemutatott üstkezelési módszereket nemcsak külön-külön, hanem – kiemelt minőségű és speciális acélminőségek esetében – a többi kezelési módszerekkel kombinálva, együtt is alkalmazzák.
A 3.22. ábrán a dunaújvárosi gyakorlatnak megfelelő üstmetallurgiai kezelés időbeli lefolyása látható.



3.22. ábra Az aktív oxigén tartalom csökkenése a csapolástól az üstmetallurgiai kezelés végéig [11]

Az eljárás lényege:

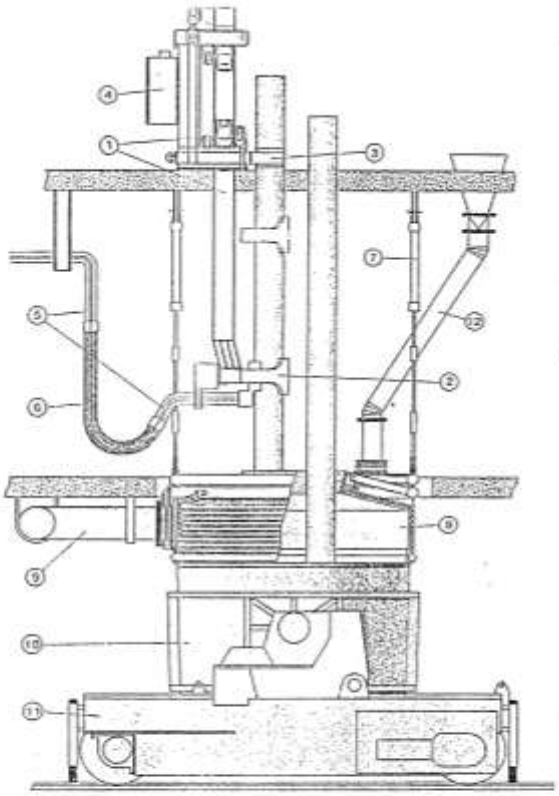
- salakszegény csapolás közben elődezoxidálást, szintetikus salakképzés,
- többszöri mintavétel (hőmérséklet, aktívoxigén-szint, összetétel, salak),
- huzaladagolás (Al-, CaAlFe-huzal) több lépésben.
- a folyékony fürdő mozgatását – ezzel a zárványok eltávolítását – alsó argoninjektálással segítették.

3.2. Energiaközléses üstmetallurgiai eljárások

Energiaközléses üstmetallurgiánál kémiai (CAS-OB eljárás), vagy elektro-ívfényes hőfejlesztési módszereket alkalmaznak. Mivel az utóbbi az elterjedtebb és hazánkban is csak ilyen található, ezért ezt a módszert ismertetjük.

3.2.1. Üstkemence szerkezete

Hevítést is alkalmazó üstmetallurgiai eljárásoknál a kemence szerepét, az erre a célra átalakított öntőüst képezi. Az üstkemence a hevítés kivitelezése,– az ívfényes elektroacélgyártáshoz hasonlóan – elektromos energiával történik. (3.23. ábra). Az üstkemence további funkciója az ötvözés, salakképzés, illetve az ezekhez használt anyagok megolvasztása.



1. elektróda-tartó
2. elektródafogó
3. emelő
4. szelep
5. energiacsatlakozás
6. hűtővíz csatlakozás
7. üstfedél-hűtés
8. üstfedél
9. füstgáz elszívás
10. üst
11. üstkocsi
12. ötvöző adagolás

3.23. ábra Üstkemence szerkezete [12]

Az elérhető hevítési sebesség (3-5 °C/perc) és az öntés megkezdésének ideje, behatárolja a folyékony acél hevítés során elérhető hőmérséklet növelését, azaz nem lehet a primerkemencéből túlzottan kis hőmérsékletű olvadékot csapolni!

3.2.2. Üstmetallurgiai kezelés tervezési szempontjai

Az üstben elvégezhető technológiai folyamatoknak határt szab az acél visszahűlése, ezért a csapoláskori túlhevítés mértékétől függően lehet megválasztani az elvégezhető technológiai műveleteket. Lényeges minőségi fejlődés akkor következett be, amikor bevezetésre kerültek az energia bevitelt is biztosító üstmetallurgiai rendszerek.

Az *üstmetallurgiai rendszerek megtervezésénél* figyelembe kell venni azt a két tényezőt, hogy feladatuk nem más, mint a hagyományos kétperiódusú ívkemencéknél alkalmazott második periódus (kikészítés) kivitelezése olyan szinten, hogy a nemesacélokkal szemben támasztott minőségi szigorítások is teljesüljenek.

Az üstmetallurgiai rendszerek megtervezésénél számolni kell továbbá, az alábbi technológiai kívánalmak megoldásával:

- Csak energiabevitellel (ívfűtéssel) az acél teljes keveredése nem oldódik meg, mivel csak az üstkemencében lévő acél felső 1/3 részében biztosított a villamos ív által keltett keverő hatás. Feltétlen szükség van a semleges gázzal vagy indukciós berendezéssel való fürdőkeverésre!
- Üstkemencénél a salak mennyisége – az üstkemence geometriai méretétől függően – nem haladhatja meg a folyékony acél tömegének 0,5 %-át! Ezért fontos, hogy csapoláskor az oxidsalak a primerkemencében kerüljön visszatartásra, vagy más módon legyen (salakhúzás) eltávolítva.
- Az üstkemencében végbemenő folyamatokat kezelés közben ismerni, szükség szerint befolyásolni kell. Ehhez nemcsak a kémiai összetétel, hőmérséklet ismerete szükséges, hanem elengedhetetlen a kezelés közbeni oxigénszint, hidrogén, nitrogén tartalom követése is. Mindez megkívánja a berendezés automatikus kiszolgálását, kellő műszerezettségét, a számítógéppel történő folyamatirányítást és az acélgyártók nagy szaktudását.
- A vákuumozó eljárások célja főleg a folyékony acél gáztartalmának csökkentése. A berendezések típusának megválasztásánál, az elérendő minőségi célkitűzés az irányadó. Általános rendeltetésű (tömeg) acéloknál az RH-, DH-eljárások, speciális minőségű acéloknál inkább az önjáró kocsiba helyezett üstkemence vákuumtető (torony) alá szállításával (ASEA-SKF eljárás) oldották meg a kombinált üstkezelést. Kombinált kezelés időigényes folyamat, ezért az öntés ciklusidő betartásához általában két hevítő egységet terveznek.
- Az üstmetallurgiai módszerek megválasztása és végrehajtása a gyártandó acélminőség minőségi előírásaitól függ. Fokozott minőségi igények kielégítéséhez, kombinált üstmetallurgiai rendszerre van szükség.

Vannak olyan metallurgiai feladatok, amikor nagyon kis, max. 0,02 % C-tartalom és 15 ppm alatti összoxigén-tartalom elérése szükséges. Elérésükhöz az acél hevítésére vákumozására és/vagy vákuum alatti oxigén frissítésére, vagyis komplex üstmetallurgiai kezelésre van szükség.

Az igen kis karbontartalom elérése több tekintetben is jelentősnek számít. Megoldható az:

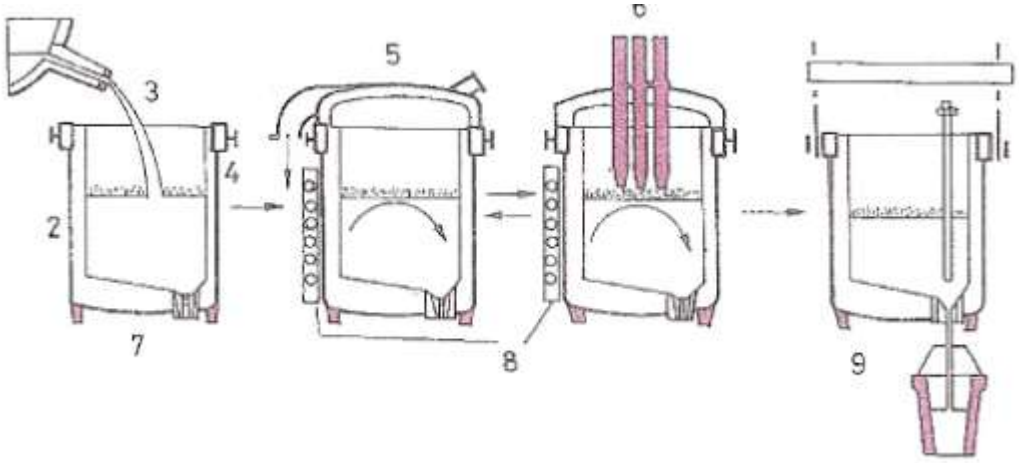
- ELC kategóriájú korrózióállóacélok gyártása. (felhasználás: orvosi műszerek, implantátumok, atomtechnika, járműipar, élelmiszer és energetikai berendezések stb.).
- Elektrotechnikai acéloknál csökkenthető a hiszterézis illetve örvényáram veszteség (felhasználás: radartechnika, dinamó- és transzformátorgyártás, áramvezető sínek, számítógép alkatrészek stb.).
- Csökkenthető az acélok öregedési hajlama (felhasználás: turbina tengely, járműipar, stb.).
- Javíthatók az acélok mechanikai tulajdonságai (felhasználás: anyag és energiatakarékos szerkezeti acélok stb.).
- Tovább növelhetők az acél belső tisztasága (felhasználás: élet- és vagyon biztonság célú hőálló- és maraging acélok).

A hazai acélkohászati üzemek közül csak Diósgyőrben működött komplex üstmetallurgiai rendszer Az ott alkalmazott több száz technológia gyakorlatából mutatjuk be a fontosabbakat, beleértve a VAD (Vacuum-Arc-Degassing) és VOD (Vacuum Oxygen Decarburisation) eljárásokat is.

A diósgyőri Kombinált Acélmű leírását több szakcikk és egyetemi jegyzet [3, 13, 14, 15] tartalmazza, ezért itt csak vázlatosan ismertetjük az ott működött berendezéseket. Ezek a következők:

- 80 tonnás, cserélhető testű LD-konverter,
- 80 tonnás UHP Toschin típusú ívkemence,
- több állású ASEA-SKF komplex üstmetallurgiai rendszer,
- automatikus hozag- és ötvözőanyag ellátás, illetve kiszolgálás,
- nagymértékű műszerezettség, számítógéppel segített termelés- és folyamatszabályzás.

Az ASEA-SKF üstmetallurgiai rendszer elvi elrendezési vázlata a 3.24. ábrán, a látképe a 3.25. ábrán látható.



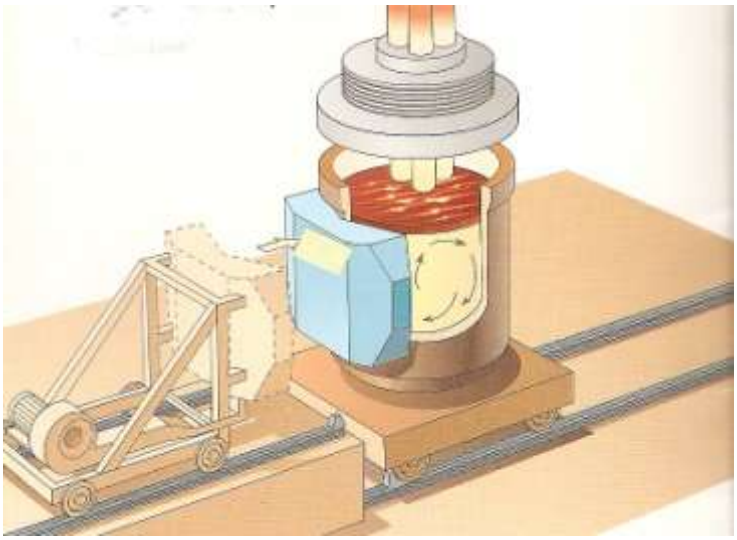
1. primer kemence; 2. anti-mágneses üstköpeny; 3. acélsugár; 4. vízhűtésű karima; 5. vákuumtető; 6. ívvel hevítő berendezés; 7. üstkemence; 8. indukciós keverő; 9. öntés

3.24. ábra A diósgyőri komplex üstmetallurgiai rendszer elrendezési vázlata

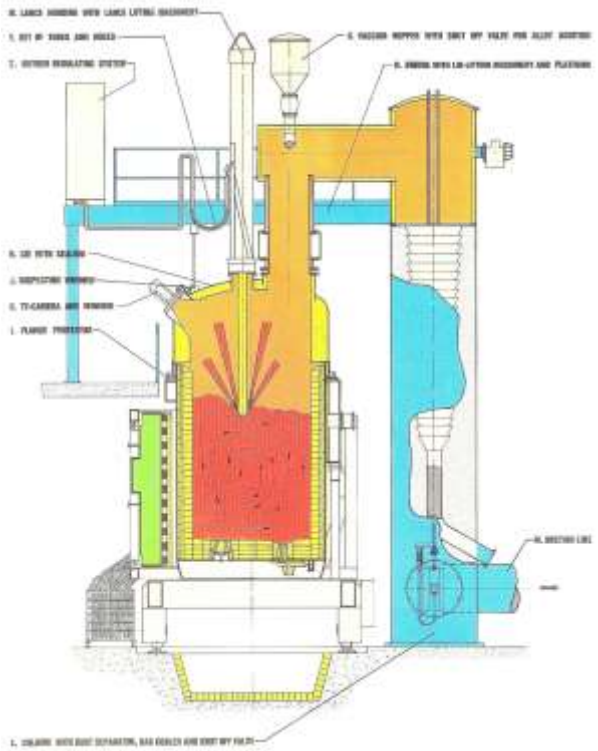
3.25. ábra ASEA-SKF berendezés működés közben

Az üstmozgató kocsin lévő mágneses keverő berendezés, az üst köpenyéhez illesztve az 3.26. ábrán látható fürdőkeverést biztosít.

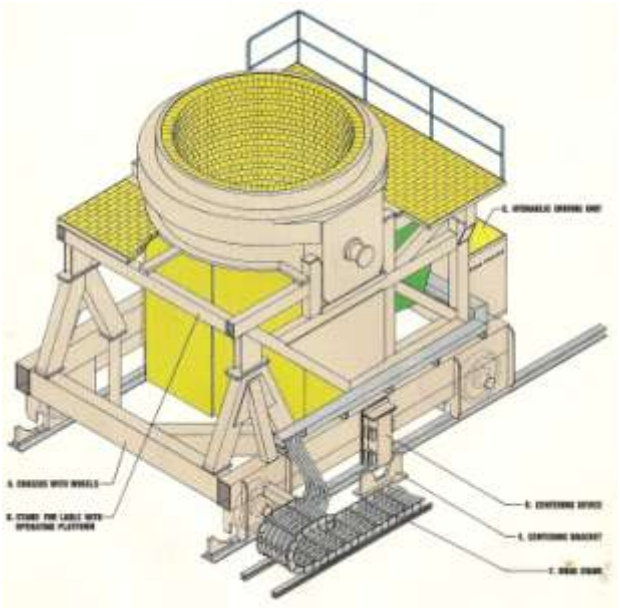
A komplex üstmetallurgiai rendszer két hevítő (3.26. ábra), egy argonozó, egy vákuumozó- és vákuumfrissítő állásból (3.27. ábra), két önjáró és buktatható üstkocsiból (3.28. ábra), két gépi salaklehúzó berendezésből (3.29. ábra.) és ötfokozatú gőzszivattyú egységekből állt.



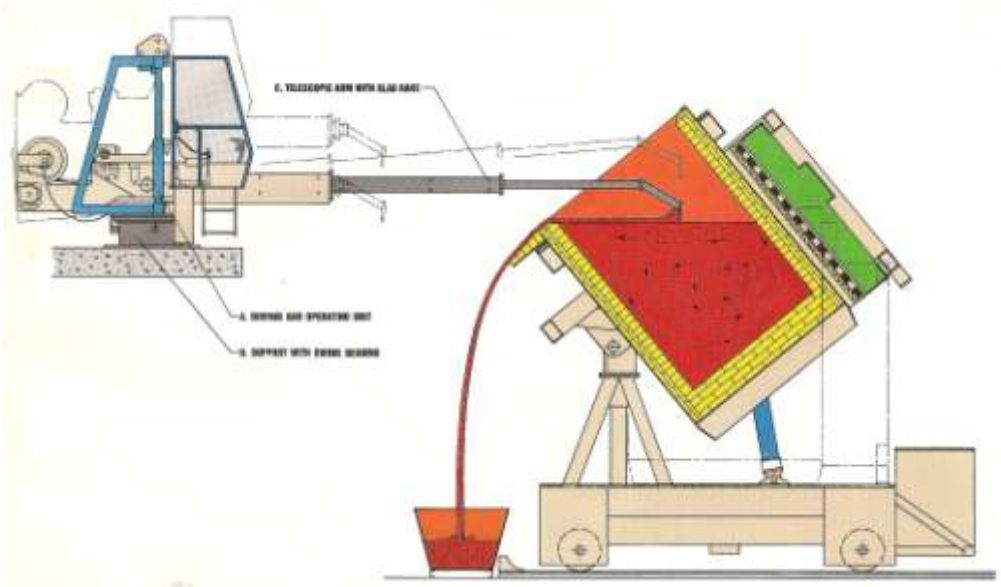
3.26. ábra Hevítés és indukciós keverés szemléltetése



3.27. ábra Vákuumozó- és vákuumfrissítő berendezés vázlata

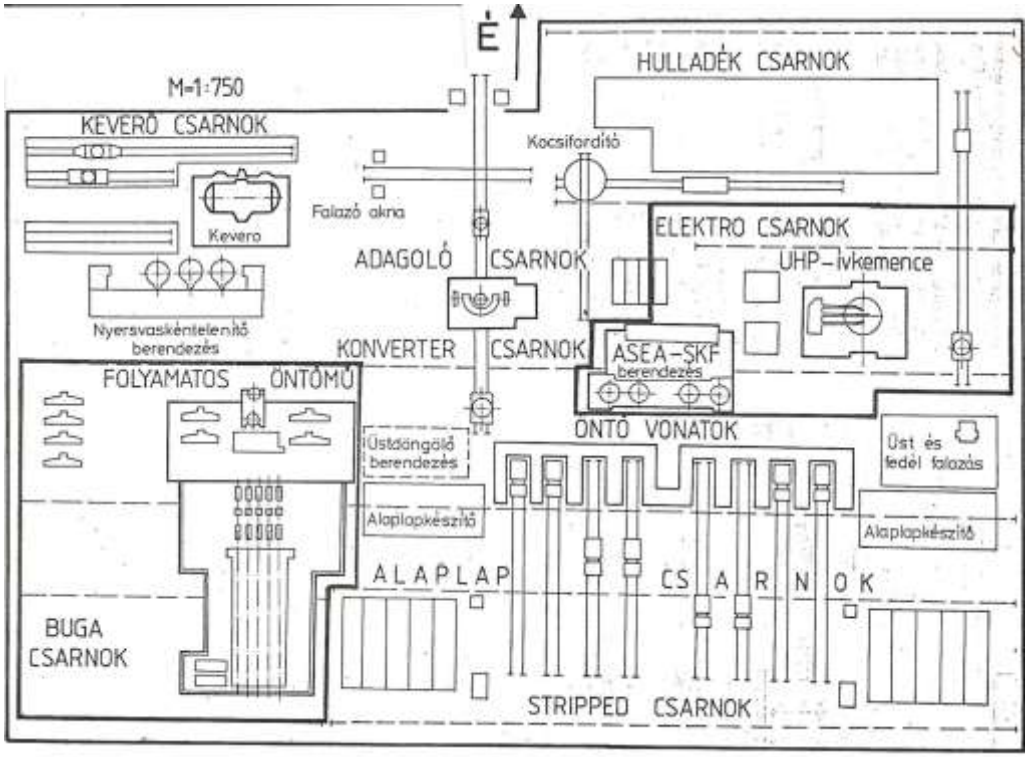


3.28. ábra Önjáró- és buktatható üstkocsi

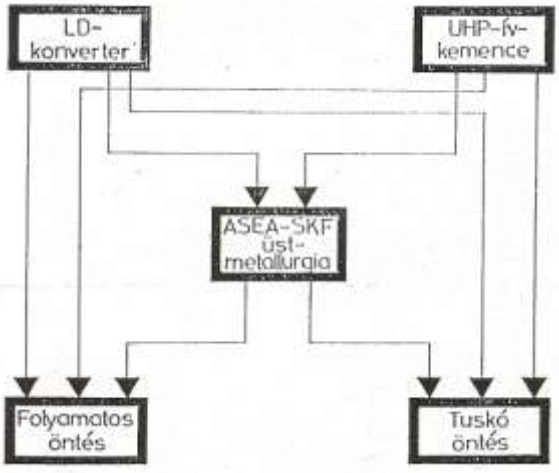


3.29. ábra Indukciós keverővel segített gépi salakolás

A 3.30. ábrán egy olyan acélmű technológiai elrendezése a 3.31. ábrán pedig az alkalmazható technológiai variánsok láthatók, ahol az üstmetallurgiai rendszer kiszolgálását egy UHP ívkemence és egy felső fúvatású konverter látja el. A kombinált üstmetallurgiai rendszernél két hevítőegység üzemel, így egyszerre mindkét primerberendezében előállított nyersacél kezelése megoldható. A telepített két hevítőegység használatával, egyszerre mindkét primerberendezésben előállított nyersacél kezelése megoldható.



3.30. ábra Kombinált Acélmű elrendezése



3.31. ábra Kombinált Acélmű technológiai folyamatábrája

3.3. Ötvözés gyakorlata

A frissítés végén még csak nyersacél áll rendelkezésre. Ez nem alkalmas öntésre, tovább feldolgozásra, mivel nem megfelelő sem a tisztasága, sem a hőmérséklete, sem az összetétele. Az összetételt ötvözés során állítják be. A frissítés végi és a célösszetétel ismeretében pontosan meghatározható az ötvözés menete.

3.3.1. Ötvöző anyagok típusai

Az ötvözés darabosan (3.8. táblázat), poralakban (3.9. táblázat) és huzalformájában (3.10. táblázat) történhet. A gyártástechnológiától függ, hogy melyik alakot választják:

- darabos ötvözőket: kemencében vagy csapolás közben,
- poralakú ötvözők: csapoláskor (pl. kokszpor), porbefúvással (pl. CaO, CaSi, CaC_2), salakra adagolva (pl. kokszpor, Al-por/dara),
- huzal formájában üstmetallurgiai kezelés során adagolják.

3.8. táblázat Legjellemzőbb darabos ötvözőanyagok

Ötvözőfajta	C	Mn	Si	Cr	P	S	Egyéb
	Összetétel %						
FeMn karburé	max. 7,0	60-75	max. 2,0	-	max. 0,3	max. 0,04	-
FeMn affiné	max 1,0	80-90	max. 2,0	-	max. 0,2	max. 0,02	-
FeSi 75%-os	max. 0,2	max. 1,0	70-80	-	max. 0,1	max. 0,1	-
FeSi 90%-os	max. 0,1	max. 1,0	86-91	-	max. 0,1	max. 0,1	-
FeSiMn	max. 1,0	min. 65,0	14-20	-	max. 0,1	max. 0,05	-
CaSi	-	-	50-60	-	max. 0,05	max. 0,04	Ca=min. 30
FeCr LC	0,03	-	max. 3,0	60-70	max. 0,06	max. 0,04	-
FeCr HC.	4-8	-	max. 5,0	60-65	max. 0,06	max. 0,04	-
FeMo	-	-	-	-	-	-	Mo= 65-75
Ni-katóda	–	–	–	–	–	–	Ni = 99
Al-mokka	_	_	Max. 1%	_	_	_	Al = 97

3.9. táblázat Legjellemzőbb poralakú ötvözőanyagok

Ötvözőfajta	C	Mn	Si	Cr	P	S	Egyéb
	Összetétel (átlag) %						
Kokszpor/Stoll-C	85/92						
Al-por/dara							Al < 90
CaSi			60				Ca kb.30
CaO							CaO_{min} 94

3.10. táblázat Legjellemzőbb huzalalakú ötvözőanyagok

Ötvözőfajta	C	Mn	Si	Al	Fe	Nb	Ca

	Összetétel (átlag) %						
Al				min. 98			
CaSi			60				30
CaAlFe				30	30		40
CaFe							30
FeNb						65	
C	Min. 92						

3.3.2. Ötvözési megoldások

Az üstmetallurgiai kezelés az utolsó állomás, ahol nagy hatékonysággal beadagolhatóak az ötvözőanyagok. Mivel a keveredés mértéke korlátozott, sőt a környezeti hőmérsékletű ötvözők az olvadékba kerülve általában hőfogyasztó folyamat során oldódnak (kivéve a szilícium és alumínium), ezért igyekezni kell a mielőbbi ötvözés (illetve salakképzés) elvégzésére, hogy üstkezelésnél már csak a korrekciós ötvözést és dezoxidálást keljen elvégezni.

Az ötvözőelemek több úton, illetve periódusban kerülhetnek az olvadékba:

- ötvözött hulladék formájában,
- betétbe adagolva,
- frissítés közben,
- csapoláskor, sugárba adagolva (darabos, illetve poralakban),
- üstmetallurgiai kezelés során (darabos, illetve huzal formájában).

Mivel a primer acélgyártások többnyire oxidáló periódust tartalmaznak, ezért a vasnál kevésbé nemesebb elemek (vagyis: adott hőmérsékleten, az oxidációs reakciójuk normál szabadentalpia változása negatívabb a vasénál) ötvözése korlátok közé van szorítva. Azaz csak a dezoxidált fürdőbe kerülhetnek, megakadályozva ezzel a túlzott oxidációjukat.

Mint ahogy az a „**A primer acélgyártás technológia tervezésének, technológiafejlesztésének gyakorlati szempontjai**„ című jegyzetben bemutatásra került, létezik oxidáló periódus nélküli acélgyártás is. Mivel ekkor elmarad az oxidáció, ezért az acélgyártás során egyébként oxidálódó elemek is visszahasznosíthatók az ötvözött hulladékból. Természetesen az atmoszférával való találkozás okozta reoxidáció és az ív ionizáló hatása, ezeknél is okoz(hat) némi leégést.

3.3.3. Primerkemencébe adagolható (nem oxidálódó) ötvözők

A primer acélgyártásnál általában jelentős az oxidáció, ezért igen nagy az acélolvadék aktívoxigén-tartalma (a_O), amely reakcióba lép a vasnál kevésbé nemes elemekkel, amelyek így jelentős mértékben oxidálódnak. A vasnál nemesebb (kisebb az oxigénhez való vegyrokonságuk) ötvözők (pl. nikkel, molibdén, kobalt) a frissítés során nem oxidálódnak , ezért már hulladékkal is bevihetők (jelentős megtakarítást eredményezve), a betétbe adagolva, esetleg frissítés közben is adagolhatók.

3.3.4. Csapolás közbeni ötvözés-dezoxidálás

A csapolás fontos metallurgiai feladata a folyékony acél jelentős mértékű ($a_{O\,=}$ ~ 500 ppm → ~15 ppm) (elő)dezoxidálása és a készacélra előírt összetétel alsó határértékére való (elő)ötvözés kivitelezése.

A karbonizáló-, ötvöző-, salakkiegészítő- és a kicsapásos dezoxidációhoz szükséges anyagok üstbe történő adagolása az adag 1/5 részének kifolyása után kezdődhet, és a csapolandó tömeg 2/3 részének kifolyásáig véget kell érnie. A csapolást lehetőleg salakmentesen kell végezni és salakkorrekció céljára redukáló (szintetikus) salakot kell adagolni.

3.3.5. Üstmetallurgiai kezelés során történő ötvözés-dezoxidálás

Üstmetallurgiai kezelésnél a pontos összetétel és aktívoxigén-tartalom beállítása a feladat. Mivel a fürdőmozgás már nem lehet annyira intenzív, mint csapolás közben (pl. a reoxidáció miatt), ezért inkább a huzaladagolásos technológia alkalmazása használatos.

A huzaladagolás során olyan sebességgel és olyan mélységben kell bejuttatni a (porbeles)huzalt, az acélfürdőbe, ahol már kisebb a ferrosztatikus nyomás, azaz nem tud a huzal anyaga azonnal felúszni, hanem beolvadva elkeveredik a folyékony acélban.

3.3.6. Ötvözés számítás

Az ötvözés mértékének tervezése a következő alapadatok felmérésére épül:

- csapolandó nyersacél összetétele, aktív- és összoxigén-tartalma, hőmérséklete,
- alkalmazott technológiánál (argonátöblítés, hevítés, vákuumozás, vagy ezek kombinációja) bekövetkező kihozatal veszteségek figyelembe vétele
- az készacél tömege,
- rendelkezésre álló ötvözők összetétele, ára, tisztasága, leégési hajlama.
-

A fentiek figyelembe vételével az ötvözőanyagok tömegének meghatározását egy példán keresztül mutatjuk be.

Kiindulási adatok:

- A betét tömege: 100 tonna,
- anyagminőség: **100Cr6**,
- összetétel (3.12. táblázat),
- aktívoxigén-tartalma frissítés végén: ~ 400 ppm,
- ötvözők összetétele (3.9. táblázat), alumínium hasznosulása ~ 70 %,
- számított ötvözők tömege.

3.12. táblázat 100Cr6 adag csapolási és célösszetétele

Alkotó	Csapolási összetétel	Célösszetétel	Ötvözési célérték
C	0,85 %	0,95-1,1 %	1,02 %
Si	0,0 %	0,1-0,4 %	0,25 %
Mn	0,20 %	0,15-0,40 %	0,30 %
Cr	0,20 %	1,30-1,65 %	1,45 %
Al	0,0 %	0,02-0,06 %	0,035 %

3.13. táblázat Ötvözők tömege

Alkotó	Beviendő ötvöző	Ötvöző tömege
C	0,17 %	$FeMn_{karb}$: $\frac{128\,kg \cdot 0{,}07\,\%}{100.000\,kg} = 0{,}01\,\%$ FeCrHC : $\frac{1984\,kg \cdot 0{,}08\,\%}{100.000\,kg} = 0{,}016\,\%$
Si	0,25 %	FeSi (75 %) : $\frac{0{,}25 \cdot 100.000\,kg}{75\,\%}$ =333 kg
Mn	0,10 %	$FeMn_{karb}$: $\frac{0{,}10 \cdot 100.000\,kg}{78\,\%}$ = 128 kg
Cr	1,25 %	FeCrHC: $\frac{1{,}25 \cdot 100.000\,kg}{63\,\%}$ = 1984 kg
Al	0,0 %	Al-tömb: $\frac{0{,}035 \cdot 100.000\,kg}{70\,\%}$ = 50 kg

Természetesen amennyiben az ötvözők egyéb alkotójából (pl. C, Si, Mg, Mn, P, S stb.) bevitt mennyiség meghaladja az arra az elemre vonatkozó előírást, akkor azt az elemet egy másik ötvözővel kell bevinni:

- $FeMn_{karb}$ helyett $FeMn_{affiné}$ vagy FeMnSi,
- FeCrHC helyett FeCrLC vagy $FeCr_{szüraffiné}$.

3.4. Üstmetallurgiai kezelés gyakorlata

A jelen és a kapcsolódó társjegyzetekben többször hangsúlyoztuk, hogy a gyártandó minőségcsoportok, illetve speciális acélminőségek gyártástechnológiájának a megtervezése, az elérendő minőségi tulajdonságok és a kohászati vertikum materiális és inmateriális erőforrásainak a függvényében történhet

A diósgyőri kohászatban közel 1000-féle acélminőség gyártási eredményeinek feldolgozása alapján kialakult az a gyakorlat, mely szerint az ötvözetlen alap(tömeg)acélokat közvetlenül a primer kemencéből, a minőségi karbon- és ötvözött acélokat pedig az ASEA-SKF berendezésekben gyártották.

Az ASEA-SKF eljárásnál bevezetett technológiai megoldások:

- argonöblítés,
- vákuumozás,
- hevítés,
- porbefúvás,
- porbeles kezelés.

Ezeket a megoldásokat külön-külön is alkalmazták, speciális acélok esetében azonban az előírt igen szigorú minőségi követelmények teljesítéséhez szükség volt ezeknek a műveleteknek komplex formában történő alkalmazására.

3.4.1. Hevítése nélküli üstmetallurgiai kezelés

Dunaújvárosban nem épült sem hevítő berendezés, sem vákuumkezelés, mindössze csak inertgázos kezelés (felső és alsó befúvás), porbefúvás és porbeles kezelés, illetve ötvözés és salakképzés lehetséges.

A Dunai Vasmű először a Siemens-Martin acélművébe telepített skandinávlándzsás berendezést, amely elsősorban az argonátöblítési lehetőség kihasználásával az acélok homogenizálását célozta. A második berendezés a konverterhez került letelepítésre egyállásos kivitelben. A növekvő termelés és az üstmetallurgiára háruló komplexebb feladatok kényszerítették ki a jelenlegi háromállásos berendezés kifejlesztését, amely saját tervezéssel és kivitelezéssel 2000-ben lépett üzembe.

A háromállásos üstmetallurgiai berendezés két szélső állása a csapoló konverterekkel szemben az acélüst mozgató kocsik pályája végén került kialakításra. A középső állásba került áttelepítésre a korábbi SL (Scandinavian Lancers) berendezés porbefúvó része és a régi kétszálas huzaladagoló. A Dunaferr üstmetallurgiai berendezése ún. passzív üstmetallurgiai berendezés, ami azt jelenti, hogy az acéladag hőmérsékletének emelésére nincs lehetőség. Az I-es (az I-es konverterrel szembeni) és a II-es állás szimmetrikus, azaz egyforma felszereltségű, amelyeknél az alábbi kezelések végezhetők:

- A kémiai összetétel korrekciója pótlólagos ötvözéssel.(Lehetőség van darabos FeMn, FeSi adagolására és huzalbevitellel történő kémiai összetétel módosításra FeNb és C-huzal segítségével).
- Az acéladag hőmérsékletének csökkentése hűtőhulladék adagolásával.
- Az acéladag aktívoxigén-szintjének szabályozása Al huzal adagolásával.
- Az acélban lévő zárványok eltávolítása alsó (öblítőkövön keresztüli argonozással) és felső (merülőlándzsás) argonöblítési megoldással.
- Az Ar átöblítés hatására az acél kémiai összetétele és hőmérséklete homogenizálható.
- Lehetőség van a zárványok modifikációjára Ca töltetű huzalok (CaFe vagy Casi huzal) acélfürdőbe adagolásával.
- A III-as állásban lehetőség van CaSi por befúvatására.

Az I-es és II-es állások négyszálas huzaladagolókkal vannak felszerelve. Mindegyik huzalféleség az üstmetallurgiai pódiumról adagolható.

A kezelés tűzállóanyaggal védett fedél alatt történik. A kezelés közben keletkező gázokat és port porleválasztó rendszerbe juttatják. A porleválasztó zsákos rendszerű.

Mérési lehetőségek, mintavételek, fontosabb paraméterek a dunaújvárosi üstmetallurgiai kezelésnél

Az acélöntőüstbe csapolt acélból a pódiumról üstpróbát vesznek, majd a villamos mozgatású acélkocsival az üstmetallurgiai kezelőhelyre szállítják. A fedél leengedése után 2 perc felsőlándzsás homogenizáló öblítést végeznek (Ca-al kezelt acélminőség esetén), majd automatikus hőmérsékletmérés, aktívoxigén-mérés és acél mintavétel következik.

A salakmintát mintavevő kanál segítségével veszik ki a fedélen kiképzett nyíláson keresztül. Ezután elvégzik a szükséges kezeléseket (oxigénszint beállítás, összetételi korrekció, hőmérséklet beállítás, Ca-kezelés (amennyiben előírt), mikroötvözés, homogenizálás, zárványfelúsztatás stb. Az alkalmazott huzalok 13 mm átmérőjűek. CaFe, CaSi, C, Al és FeNb huzalok használatosak. Az argonozás intenzitása 100-600 liter között változtatható percenként (RHI típusú réselt fenékbe épített kövek állnak rendelkezésre). A felső argonozás intenzitása

kb. 900 liter percenként. Az alsó argonöblítőkövek tartóssága megfelel az üstfalazat tartósságának, tehát menet közben nincs szükség cserére.

A kezelések végén a méréseket és mintavételeket megismétlik. A hőmérséklet mérésére Pt-RhPt termoelemet, az aktívoxigén meghatározására redox elektródot alkalmaznak. Az eredményt CELOX műszerrel jelzik ki. Az acél próbatesteket a konverter laboratóriumban optikai emissziós spektrométerrel elemzik. A próbatestek szárából HORIBA műszerrel lehetőség van az acél összes oxigén tartalmának meghatározására is. A salakmintákat röntgenberendezéssel (XRF - röntgenfluoreszcens spektrométerrel) elemzik. Az acélminták eredményeit 3 percen belül, a salak és összoxigén elemzések eredményeit kb. 10 perccel a laborba érkezés után tudják prezentálni. A kezelések átlagos időtartama 20-30 perc.

Az acél minősítő végpróbáját a folyamatos öntés közben veszik ki a szálméret 1/3-ánál és 2/3-ánál. A laboratórium az alábbi elemzési eredményeket adja: C, Mn, Si, S, P, Al, V, Nb, Mo, Cr, Ni, Cu, Ti, Sn, Pb, Sb, N, Ca, és összes oxigén tartalom. Ezen adatok birtokában történik az acélok sorolása az egyes felhasználási területekre. A minősítés alapja az adag gyártási és öntési lapja, az acélműi ORACLE rendszerben készített „Minősítési paraméterek” és a szintén ebből a rendszerből lekérhető „Kémiai elemzések” állomány.

Az üstmetallurgiai kezelés már a csapoláskor megkezdődik, mivel már csapolás közben megkezdődik az argonöblítés. Az ötvözés több lépcsőben történik: előötvözés csapolás közben, majd az üstmetallurgiai kezelő állomáson egy vagy több lépcsőben a végösszetétel beállítása (3.14. táblázat).

3.14. táblázat Adagnapló részlet üstmetallurgiai kezelésről (ISD Dunaferr Zrt.)

Ötvözés

idő	FeMn	Al	CaO	AL-s.P
10:25:02	117			
10:25:07		257		
10:25:34			711	
10:25:50				50
10:28:11		28		
Összesen	117	285	711	50

Alsó argon öblítés

Kezelőhely	kezdet	vége	idő	mennyiség
I. LD	10:22:44	10:26:42	3.97	767
I. LD	10:28:30	10:31:25	2.92	568
I. LD	10:32:54	10:37:38	4.73	1854
I. LD	10:38:00	10:42:04	4.07	1026
I. LD	10:43:18	10:46:27	3.15	309
I. LD	10:47:28	10:48:38	1.17	446
I. LD	10:49:25	10:50:06	0.68	103
Összesen:			20.68	5073

Üstmetallurgia

SL kezelés: 10:31:59 - 10:49:43 17.73 perc

ARGON				POR / HUZAL				
Kh	kezdet	idő	mennyiség	Kh.	Megnevezés	kezdet	idő	mennyiség (argon)
(1)	Al 99% 13mm	10:38	0.70	20	0			
(1)	Al 99% 13mm	10:47	0.79	25	0			

	C	Mn	Si	S	P	Al	V	Nb	Mo	Cu	Cr	Ni	Ca	N	B	idő
1.LDU	.03	0.206	0.012	.017	.005	.049	.002	.001	.004	.06	0.044	.040				10:34
1.SLEA	.03	0.208	0.011	.016	.006	.049	.002	.002	.004	.06	0.044	.040				10:38
1.SLUA	.03	0.211	0.011	.015	.007	.059	.002	.002	.004	.06	0.045	.040				10:56

Celox mérések:
10:32->4.32ppm,1620°C,Al.034%; 10:38->3.48ppm,1606°C,Al.039%; 10:42->2.96ppm,1599°C,Al.046%;
10:47->3.33ppm,1594°C,Al.033%;

SALAK	SiO2	CaO	FeO	MnO	MgO	Al2O3	SumS	P2O5	Báz.
1.SLES	7.91	57.43	9.69	3.07	3.09	18.17	0.16	0.38	7.26
1.SLUS	7.98	55.71	7.29	3.18	3.57	21.72	0.17	0.28	6.98

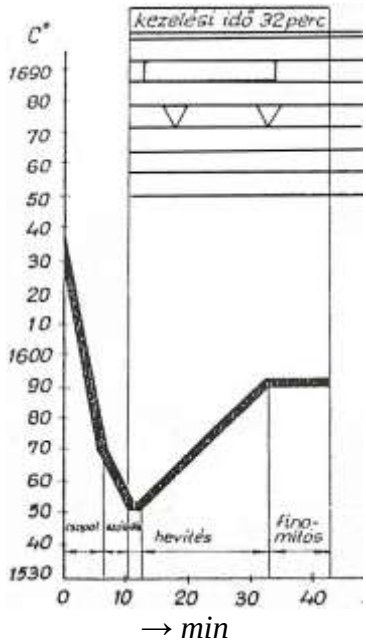
Dezoxidálás-ötvözés két lépcsőjében (elő- és végötvözés/dezoxidálás) zömében eltérő anyagokat adagolnak:

- Csapoláskor:
  - aluminium mokka vagy Al- sredder
  - zsákos kokszpor,
  - darabos ferroötvözők,
- Üstmetallurgiai kezelés során:
  - alumíniumhuzal,
  - porbeleshuzalok
  - darabos ferroötvözők.

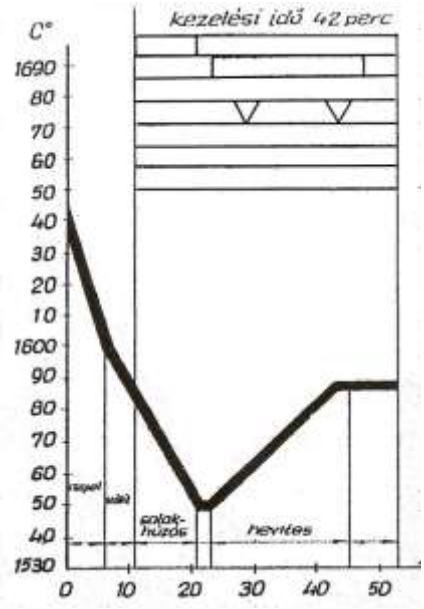
Ennek oka az, hogy amíg a csapolás során megfelelnek az olcsóbb anyagok is, addig az üstmetallurgia során a pontosság és a tisztaságra törekvés felülírja a takarékossági szempontokat.

3.4.2. Csak hevítéses üstkezelést alkalmazó technológiák

A hevítéses üstmetallurgia alaptechnológiáit folyamatábrákkal szemléltetjük. Az „A” és „B” technológia (3.32. és 3.33. ábra) egyszerűbb szerkezeti acélok gyártására szolgál.

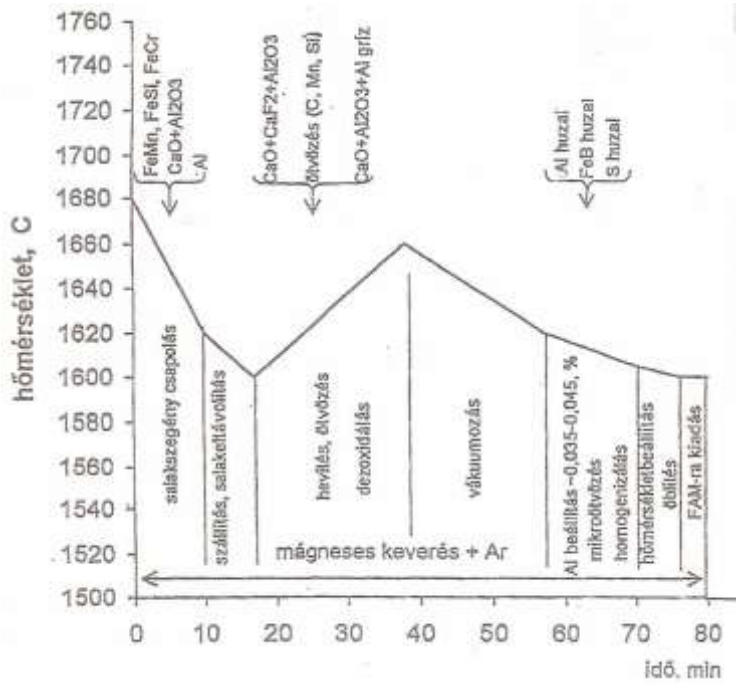


3.32. ábra „A” jelű technológia



3.33. ábra „B” jelű technológia

Az „A” és „B” jelű technológiák csak a hevítő munkaállást veszik igénybe, Ennél fogva az acél hőmérséklet növelésére és szabályozására, ötvözésére, dezoxidálásra, kéntelenítésre, homogenizálására, és salakképzésére alkalmas. Olyan acélminőségek gyártásához célszerű választani, amelyekkel szemben nem támasztanak fokozott követelményeket hidrogénre és nitrogénre. Ilyenek a hegeszthető szerkezeti acélok. Egy ilyen minőségre mutat példát a 3.34. ábra és a 3.15. táblázat.



3.34. ábra Porbeles huzaladagolási technológia alkalmazása a kombinált üstmetallurgiai kezelés végén

Példák az „A”- és „B”-jelű üstmetallurgiai kezelések gyakorlati kivitelezésére

a.) Példa a hideg zömíthető acélminőség kezelése

Minőség:

C 10 Z

Tömeg:

80 tonna

Kémiai összetétel előírás:

C: max. 0,1; Si: 0,17 0,37; Mn: 0,30 – 0,60; P: max. 0,035; S: 0,035

Technológiai útvonal:

LD → ASEA- $SKF_{hevítés}$ → FAM_{ny}

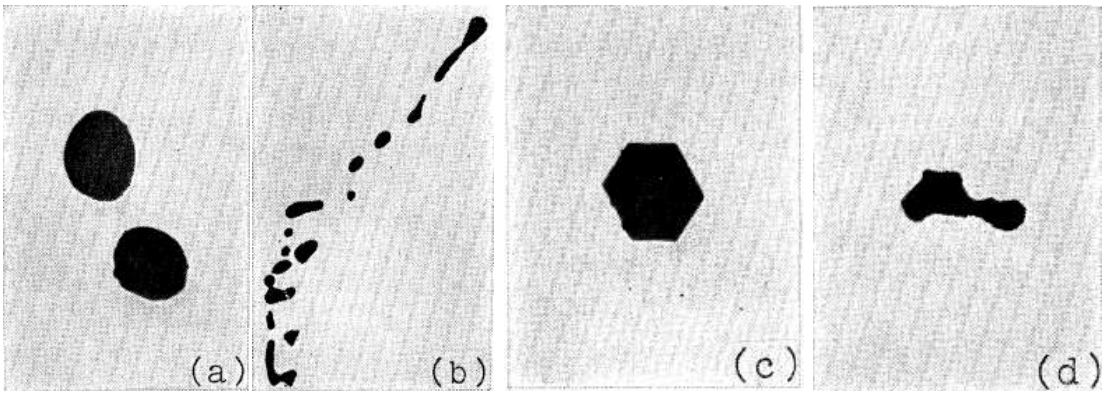
3.156. táblázat Az adaggyártás és üstmetallurgiai kezelés lefolyása [8]

Művelet ssz.	Berendezés	Idő (min)	Művelet	Eredmény
1.	Nyersvaskeverő		Csapolás közben mintavétel	Összetétel (%): C:4,2; Si:0,81; Mn:0,76; P:0,074; S:0,031 Hőmérséklet: 1380 °C
2.	LD -konverter		Acélhulladék + CaO beöntés	Hulladék: 20,5 t CaO: 5010 kg
4.			Nyersvas beöntés	Tömeg: 70,5 t
5.			Oxigénfúvatás és hozag adagolás	Oxigén: 3770 m^3 CaO = 570 + 940 kg CaF_2: 464 kg
6.			Mintavétel	Összetétel (%): C:0,10, Mn:0,21; P:0,032; S:0,021
7.			Hőmérsékletmérés	1679 °C
8.			Csapolás	Ötvözés (kg); FeMn: 572; FeSi: 510; Al: 10
9.	ASEA-SKF hevítés		Salakoló állásba érkezés	
10.			Hőmérséklet mérés	1559 °C
11.			Mintavétel:	Összetétel (%): C:0,11; Si:0,29; Mn.0,41; P:0,021; S:0,018;
12.			Salakkorrekció	320 kg CaO
13.			Hevítés közbeni kezelés:	Adagolás: 30 kg FeSi; 300 kg

			argonos és mágneses keverés, ötvözés, salakkorekció diffúziós dezoxidálás, homogenizálás	CaO; 100 kg CaF_2; FeMn:150 kg
14.			Hőmérsékletmérés:	1580 °C
15.			Mintavétel	Összetétel (%): C: 0,11; Si: 0,34; Mn. 0,54; P: 0,020; S: 0,014;
			Hőmérséklet mérés	1546 °C,
15.	**FAM**		Érkezés	
20.	FAM_{ny} öntés			Méret: 120x120 mm
21.	FAM buga vizs-gálat			Felület ellenőrzés, Hengerműbe szállítás

b.) Példa az automata acélminőségek kezelésére

Az automata acélok legfontosabb tulajdonsága a jó forgácsolhatóság. Ez döntően a termékben kialakuló MnS-ok morfológiájával függ össze. Forgácsolóság szempontjából a kis alaktényezőjű gömbölyded szulfidok az előnyösek (3.35. ábra).



a) I. típus: gömbszerűek (x500), b) II. típus: láncszerűek (x100),
c) III. típus: szögletesek (élekkel határoltak) (x500), d) X. típus: szabálytalan alakúak (x500)

3.35. ábra A négyféle szulfidtípusról készített fémmikroszkópos felvételek [18]

Alapanyag általános minőségi előírása:

Minőségjel:

9SMn36Bi (DIN 1651)

Kémiai összetétel:

3.16. táblázat szerint

3.16. táblázat 9SMn36BI kémiai összetétele (%)

	C	Si	Mn	P	S	Bi	Cu	Al
min.			1,00	0,050	0,320	0,06		
max.	0,14	0,05	1,40	0,090	0,380	0,15	0,30	0,01

A társminőségek nemzetek szerinti minőségjelét 3.17. táblázat tartalmazza.

3.17. táblázat Automata acélminőségek jelölése nemzeti szabványok szerint

Megnevezés	Magyar - MSZ	Német - DIN	USA - ASTM	Angol - BS	Japán - JIS G	Francia - NF
Automataacélok	4339	1651	A 29/ A29M	970 Part1	4804	A 35-51
FREE-cutting steels Automatenstähle	AS4 ANS2	9SMn28 9SMn36Bi	SAE 1213 SAE1146	230M07 212M44	SUM 22	A 35-561

Automata acélok jellemzése

Az automata acélok olyan jól forgácsolható acélok, amelyeket általában kénnel, ritkábban tellurral, szelénnel ötvöznek. Az utóbbi típusok elterjedését korlátozza, hogy ötvözésükkel romlanak a termékek alakíthatósági, szilárdsági és szívóssági tulajdonságai.

A forgácsoló eljárások nagy nyomás, hő és koptató hatását, sok esetben sem a szerszám, sem a megmunkált anyag nem képes elviselni. A felmerülő követelményeket a gyártási technológiák fejlesztésével és új összetételű acélok bevezetésével sikerült kielégíteni. A hagyományos kénnel ötvözött automata acélok forgácsolhatóságát új fémötvözési technológiák kifejlesztésével lehetett javítani.

Az automata acélok fejlesztésénél fontos szerepe van a kémiai összetétel megválasztásának és új, korábban nem alkalmazott mikroötvözők alkalmazásának. A kén a legfontosabb és legolcsóbb ötvözőeleme az automata acéloknak. Kis karbontartalom mellett a kéntartalom 0,10 %-os abszolút értékű növekedése kb. 35 %-al javítja a forgácsolhatóságot, ugyanakkor rontja az acél szilárdsági tulajdonságait.

A mangánnak fontos szerepe van az automata acéloknál. Mivel nagyobb az affinitása kénhez mint a vasnak, az olvadékban, a forgácsolást nagymértékben elősegítő mangán-szulfidot képez. A mangán-szulfid további előnyös tulajdonsága, hogy 1610 °C-ig szilárd halmazállapotú, ellentétben a vas-szulfiddal, amelynek olvadáspontja 1170 °C. Az ausztenit szemcsehatáron kiváló és megolvadt vas-szulfid okozza ugyanis a hengerléskor előforduló vöröstörékenységet.

Mindezek alapján az automata acélok kéntartalmát, kompromisszumként 0,40 %-ban kell maximálni, ugyanakkor a Mn-tartalmat 1,00 % fölé növelni, amely elegendő ahhoz, hogy a kén mangán-szulfid alakjában lekösse.

Környezet- és egészségvédelmi okokból a forgácsolhatóságot nagymértékben javító ólom használata tiltott, kiváltására sokféle próbálkozás történt, melyek *közül igen jó eredménnyel járt a bizmuttal történő mikroötvözés.*

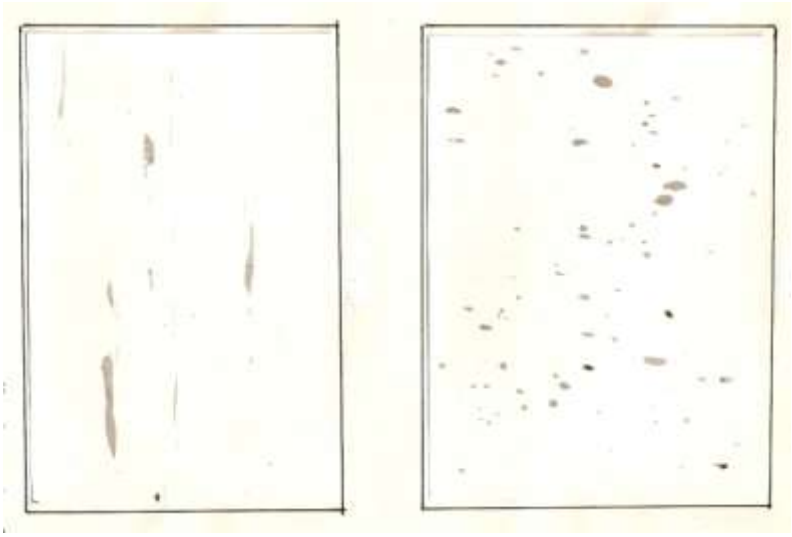
Bizmut tulajdonságai

A bizmut a „félfémek” csoportjába tartozó, ritkán előforduló elem. Kemény, rideg, nagy szemcsékben kristályosodik. Rossz hővezető, nem mágnesezhető, de mágneses mezőben elektromos vezetővé változik.

Sűrűsége: 9,78 g/cm^3
Olvadáspontja: 271,5 °C
Forráspont: 1564 °C

Felhasználási területe: „Wod”-fém (Bi-Cd-Pb ötvözet), műanyagipar, legújabban automata acél ötvözése

A Bi-al mikroötvözött acélok jó forgácsolhatóságát bizonyítja a 3.37. ábra, ahol a hagyományos automata acélokban lévő elnyújtott mangán-szulfidok helyett, kis alakténye zőjű gömbölyded alakú szulfidok láthatók..



3.36. ábra Hagyományos (baloldal) és Bi ötvözésű (jobboldal) automata acél mangán-szulfid eloszlása

Az acélgyártás lefolyása:

Acélgyártás

Kémiai összetétel (%): C: < 0,14; Si: < 0,05; Mn: 1,00-1,40; P: 0,050; S: 0,320-0.380
Cr: < 0,30; Ni: < 0,30; Cu: < 0,30; Al: < 0,01; Bi: 4 kg/t

Az adag fémes betétjének összeállítása UHP kemence esetén a 3.11. táblázat szerint tervezhető.

3.18. táblázat Fémes betét összeállítása

Folyékony acéltermelés:		79,000	t/adag		3	
BETÉTALKOTÓK	Anyagkód	Mennyiség		Fajlagos		
Összes hulladékbetét:		88,000	t/adag	1113,92		kg/t
FeMn.aff. (Mn 90%)		1,200	-"-	15,19		-"-
FeMnSi (70/18 %)		0,200	-"-	2,53		-"-
Al-tömb		0,020	-"-	0,25		-"-
Al-huzal		0,010	-"-	0,13		-"-
S-por		0,280	-"-	3,54		-"-
S -huzal		0,020	-"-	0,25		-"-
C -huzal		0,020	-"-	0,25		-"-
Összes ötvöző		1,750	-"-	22,15		-"-
ÖSSZES FÉMES BETÉT		89,750	-"-	1136,08		-"-

Megjegyzés:

Bi adagolása:

- darabos ötvöző esetén, csapolás közben: ~ 4 $kg_{tömb}$/adag
- porbeles huzal esetén: ∅ 13 mm-es huzallal: ~ 7 folyóméter/t

A gyártás kétféle technológiai útvonalon történhet:

a.) „A"- jelű technológia: UHP vagy LD → Ar injektálás → porbeles S + Bi mikroötvözés → Folyamatos öntés

b.) „C"- jelű technológia: UHP vagy LD → hevítő egységben kikészítés → porbeles S + Bi mikroötvözés → Folyamatos öntés

„A" – jelű technológia tervezése

- Habos salakos technológia befejezése után az acélfürdő hőmérséklete ~1620 °C.
- C tartalma pedig 0,06-0,09 % legyen.
- Csapoláskor az acélsugárba adagolva ötvözendő a S-por, FeP, $FeMn_{affiné}$.
- A dezoxidálás céljára adagolt Al mennyisége nem lépheti túl a 0,5 kg/t mennyiséget!
- Az acélt (lehetőség szerint) salakmentesen kell csapolni és a csapolás utolsó fázisában cseresznye-szemcsenagyságú égetett mésszel kell salakot képezni.
- Az adagot Ar-gázos keverés közben 1570 °C-ra kell visszahűteni.
- Ezután szabad csak a Bi ötvözést elvégezni, ~ 4 kg/ t mennyiségben, porbeleshuzal adagolással.
- A bizmut ötvözés után az adagot Ar segítségével legalább 10 percig homogenizálni kell.
- Az öntésre átadott acél hőmérséklete tuskóöntés esetén ~1550 °C, folyamatos öntés esetén 10-15 °C-al magasabb.
- Öntési hőmérséklet: 1540-1530 °C.

„C" –jelű technológia megtervezése

A technológiai folyamat a primerkemencéből történő csapolás végéig megegyezik az a.) jelű technológiával. Ezt követő folyamatok a következők:

- A lecsapolt adag átszállítása a szekunder hevítő állásba.
- Hevítő állásban elvégzendő feladatok:
  - Salakkorrekció (CaO + Al_2O_3 + kevés Al_{dara}),
  - Hevítés, argonozás, salakkezelés, kéntelenítés,
  - Porbeles huzalos S-ötvözés,
  - Összetétel, hőmérséklet beállítás 1570 °C-ra,
  - Porbeles Bi-ötvözés (∅ 13 mm-es huzalmennyiség: ~ 7 folyóméter/t),
  - Min. 10 perces „lágy argonozás,
  - Öntésre adás.

<u>Folyamatos öntés</u>

A Bi és S ötvözésű adagok a nehezen önthető minőségek kategóriájába tartoznak! Ennek okai:

- A kén, amennyiben zárvány formájában is jelen van az acélban, úgy ezek öntés közben letapadhatnak az öntőüst- és/vagy közbensőüst kagyló falára, gátolva ezzel az előírt öntési sebesség betarthatóságát.

- Ha figyelembe vesszük, hogy a Bi kis olvadáspontja miatt az üstkezelést a likvidusz hőmérséklet (1520 °C) közelében kell lefolytatni, különösen nagy gondossággal kell eljárni a dezoxidálási és újrakénezési technológia betartásánál.
- a Bi ötvözés kivitelezésénél figyelembe kell venni azt a tényt is, hogy rosszul és csak részlegesen oldódik az acélban. Emiatt az acél Bi tartalma szóródást mutathat. Elkerüléséhez a b.) technológia alkalmazása nagyobb biztonságot jelent.
- Meg kell említeni, hogy a Si-os dezoxidáció hiánya, a szigorú Al előírás, a nagy kéntartalom miatt, az automata acélok oxigéntartalma nagyobb a nagy tisztaságú acéloknál, emiatt öntés közben kagylószűkülés, szálszakadás veszélye is fennállhat.

A fentiek miatt nyitott öntéssel csak nehezen, zárt öntéssel aránylag jól önthetők.

3.4.3. Komplex üstkezelést alkalmazó technológiák

3.4.3.1. Metallurgiai szempontok

A komplex üstmetallurgia rendszer az acélfinomítás sokoldalú eszköze. Nemcsak a gáztalanítás valósítható meg, hanem az ívfényes hevítés és indukciós keverés lehetővé teszi, hogy a folyékony acélt sokféle módon kezeljék. Így például a következő technológiai műveletek végezhetők az üstkemencében:

- salaklehúzás,
- salakképzés,
- indukciós keverés,
- vákuumkezelés,
- hevítés,
- dezoxidálás,
- kéntelenítés,
- ötvözés,
- kiválásos keményítés,
- dekarbonizáció (vákuum alatt)
- mikroötvözés (porbevúvás, porbeles kezelés, zárványmodifikálás stb.)

Mindez azt jelenti, hogy a folyékony acél primerkemencéből történt kicsapolását követően, komplex üstmetallurgiai rendszer alkalmazásával – foszfortalanítás kivételével – az összes finomítási műveletek elvégezhetők. Különösen azoknál az acéloknál fontos ez, amelyeknél az előírt minőségi követelmények kétsalakos eljárással már nem valósíthatók (pl.: VAD, VOD eljárás).

Ki kell emelni az *indukciós keverés kedvező hatását*. Alkalmazása nemcsak az elektromos ívfény által keltett hőenergia olvadékba történő átvitele miatt, hanem minőségi szempontból is kívánatos:

- Biztosítja az egyenletes hőmérséklet eloszlást az olvadékban, ami a minőségi előnyökön kívül a tűzállófalazat egyenletes kopását is segíti.
- Lehetővé teszi az ötvözőanyagok gyors és egyenletes beolvadását, eloszlását, reprodukálható kémiai összetétel beállítását.
- Segíti az acél és a salak közötti reakciók gyors lefolyását, aminek dezoxidálásnál és kéntelenítésnél van különös jelentősége.
- A keverés iránya megfordítható. Az óramutató járásával ellentétes irány használata az ötvözésnél, egyező irány a salaklehúzásnál előnyös.

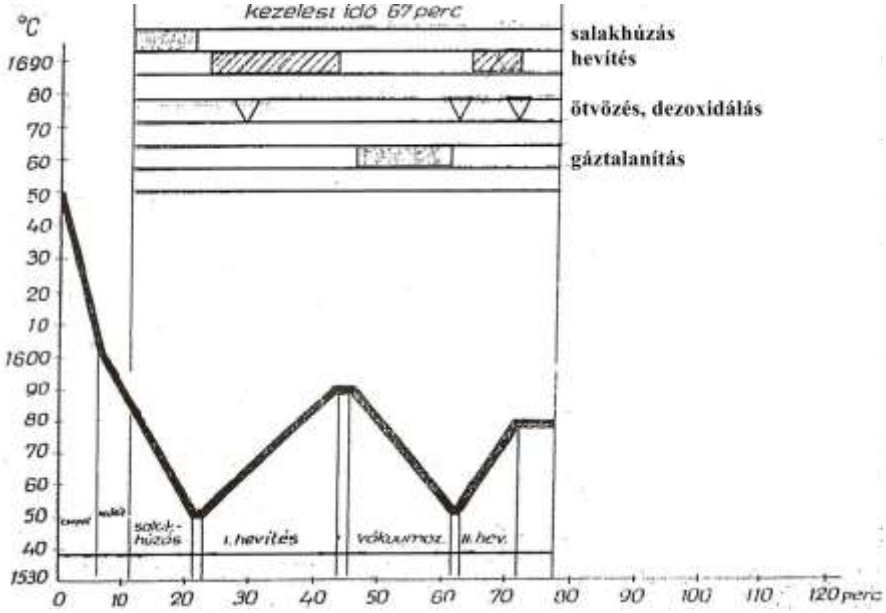
Mindezek a hatások tovább javíthatók, ha az indukciós keverést argongáz befúvásával kombinálják. Ennek különösen az LC és ELC acélkategóriájú acélok gyártásánál van jelentősége (Lásd VOD-eljárást).

Üstmetallurgiai kezelésnél az utolsó művelet mindig a öntésre átadás. Hangsúlyozni kell, hogy ezzel a hagyományos kétperiódusú gyártásnál – kötelezően – alkalmazott kb. 30 °C túlhevítés elhagyható!

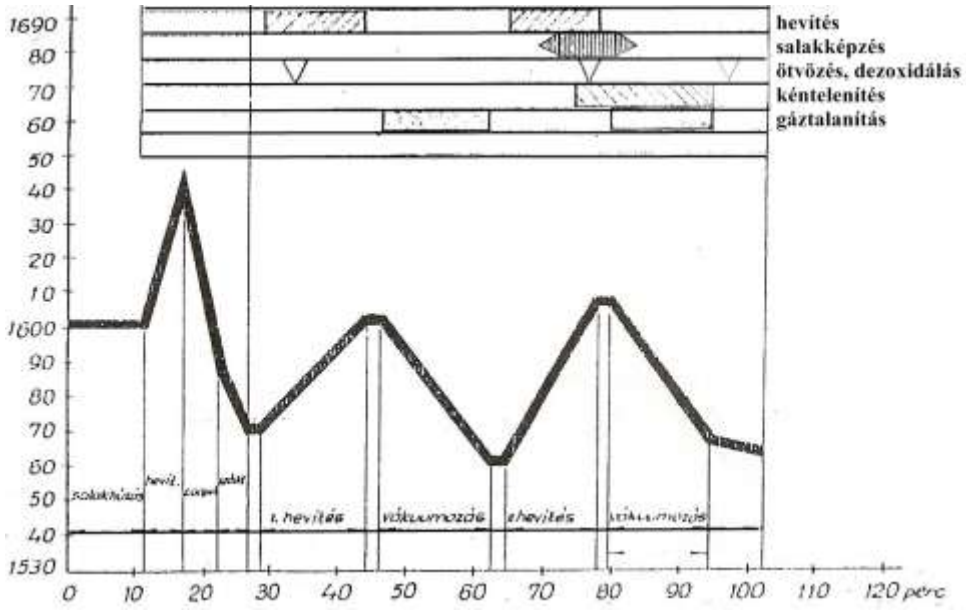
3.4.3.2. Komplex üstmetallurgiai eljárások

A komplex üstmetallurgiai eljárások közül, a VAD („C" és „D"- jelű technológia) és VOD („E" jelű technológia) eljárások a legelterjedtebbek.

A 3.37. ábrán a „C"-jelű, a 3.38. ábrán a „D"- jelű technológiai folyamatok műveletei láthatók, a kezelési idő függvényében.



3.37. ábra VAD kezelési idődiagram



3.38. ábra VAD kezelési idődiagram, igen kis kén- és gáztartalom eléréséhez.

3.4.3.3. VAD-eljárás példaszerű bemutatása

VAD-eljárással gyártott acélminőségek közül, az igen nagy tisztaságú, kénmikroötvözésű acél üstmetallurgiai kezelését mutatjuk be diósgyőri tapasztalatok alapján.

Minőségjel:

38MnSiVS 5

Technológiai útvonal:

UHP → $ASEA_{hevítés}$ (hevítés közben argon + indukciós keveréssel gáztalanítás) → kicsapásos és diffúziós dezoxidálás → kéntelenítés → ötvözés → homogenizálás → hőmérséklet beállítás → $FAM_{zárt\ ontés}$

Az alapanyag általános minőségi előírása

a 3.19. táblázat tartalmazza.

3.19. táblázat Minőségi előírások

Anyagminőség:	38MnSiVS5-05					
Szabványszám:	SEW 101, az alábbi egyedi követelmények betartása mellett					
Alapanyaggyártás:	Elektroacélgyártás, ASEA kezelés					
Szállítási állapot:	folyamatosan öntött buga vagy hengerelt buga					
Felhasználási cél:	süllyesztékes kovácsolás					
Vegyi összetétel:	Összetételi előírás [%]:			Célösszetétel [%]:		
	C	:	0,32-0,38	C	:	0,36
	Si	:	0,50-0,65	Si	:	0,60
	Mn	:	1,20-1,50	Mn	:	1,40

	P	:	max. 0,025	P	:	max. 0,020
	S	:	0,045-0,065	S	:	0,050
	Cr	:	max. 0,25	Cr	:	max. 0,20
	Ni	:	max. 0,25	Ni	:	max. 0,20
	Mo	:	max. 0,08	Mo	:	max. 0,05
	V	:	0,08-0,12	V	:	0,09
	Sn	:	max. 0,03	Sn	:	max. 0,03
	Cu	:	max. 0,25	Cu	:	max. 0,25
	Al	:	0,010-0,030	Al	:	0,023
	Nb	:	max. 0,05	Nb	:	max. 0,02
	Cu + 10 x Sn: max. 0,50			Cu + 10 x Sn: max. 0,40		
	H_2	:	max. 2 ppm	H_2	:	max. 2 ppm
	N_2	:	50-200 ppm	N_2	:	110 ppm

Szemcsenagyság:	ASTM E 112 szerint: 5-8			
Zárványosság:	JK skála szerint A_4, B_2, C_1, D_1			
Mechanikai előírások:	$R_{p0,2}$ [N/mm^2]	R_m [N/mm^2]	A_5 [%]	Z [%]
(BY hőkezelés)	min. 520	800-1000	min. 12	min. 25
Egyéb előírások:	Acélgyártásnál ólom, kadmium, króm VI. és higany felhasználása kifejezetten tilos! A magtartományban makro-dúsulás és laza szövet nem megengedett.			

Rugóacélok jellemzése

A rugók számos gyártmánynak nélkülözhetetlen alkatrészei. Megtalálhatók gépekben, járművekben, hajtóművekben, mérő- és vizsgáló berendezésekben, órákban és villamos érintkezőkben. Rugókkal szemben támasztott minőségi követelmények:

- nagy rugalmassági és nyúláshatár,
- nagy folyáshatár/szakítószilárdság arány
- nagy szívósság, nagy idő- és lengőszilárdság.

A rugók szakítószilárdsága nemesített állapotban igen nagy, elérheti a 2500 N/mm^2 értéket, de hidegalakítással vagy kikeményíthető acéloknál max. 3500 N/mm^2 szilárdság is realizálható.

A rugók alkalmazási területén a következő felhasználási célok különböztethetők meg:

- munkavégzőképesség tárolása (szeleprugó, hajtóműrugó),
- lökésszerű és lüktető igénybevételek csillapítása (járműrugók),
- erő mérése (rugós mérlegek).

Ezekre mutat be példát a 3.20. sz. táblázat.

3.20. táblázat 38MnSiVS5 jelű acél főbb jellemzői

Minőségjel	Minőség jellemzők	Felhasználási terület
38MnSi5	Kielégítő ellenállás a hajlító-fárasztó igénybevétellel szemben	Vasúti járművek: lemezrugók, Gépjárművek: csavarrugók
38MnSiV5	Jó hajlító-lengő tulajdonság,	Vasúti járművek: kúpos csavarrugók

	nagy kifáradási határ, kedvező R_m /R_{eH} viszony	Gépjárművek: lap- és torziós rugók
38MnSiVS5	Ugyanaz mint előbb, plusz jó forgácsolhatóság	Ugyanaz, mint előbb.

A legújabb irányzatoknál a Si, Mn ötvözésű rugóacélok helyett egyre inkább a V-al és a jobb forgácsolhatóság érdekében S-el történő mikroötvözést alkalmaznak. Erre mutat be példát ez a technológia.

Gyártástechnológia:

Az adagok gyártása UHP-kemencéből vagy LD-konverterből egyaránt történhet, az üst-metallurgiai rendszer alkalmazása mellett.

Betétösszeállítás

A fémes alapanyag szükséglet számítását a 3.21. táblázat tartalmazza

3.21. táblázat Fémes betét összeállítás

Acélmű technológia:								Hozaganyagcsoport:					3
C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %	Ni %	Mo %	V %	Cu %	Al %	Sn %	As %	Nb %
0,36	0,50	1,35	-	0,045	0,10	0,03	0,01	0,08	-	0,010	-	-	0,00
0,39	0,65	1,50	0,015	0,065	0,20	0,15	0,05	0,11	0,18	0,020	0,030	0,030	0,02
Gyártási útvonal:			UHP - ASEA						Ti(ppm)	B(ppm)	H(ppm)	N(ppm)	O(ppm)
									80			120	0
Folyékony acéltermelés:				79,000				t/adag	200			170	30
BETÉTALKOTÓK			Anyagkód		Mennyiség				Fajlagos				
Összes hulladékbetét:					86,400			t/adag				1093,67	kg/t
FeMn (75%)					0,400			-"-			5,06		-"-
FeMn.aff. (Mn 90%)					0,840			-"-			10,63		-"-
FeMnSi (70/18 %)					0,500			-"-			6,33		-"-
FeSi (75%)					0,620			-"-			7,85		-"-
FeV (70 %)					0,065			-"-			0,82		-"-
Nitrován (V 70%; N 10%)					0,065			-"-			0,82		-"-
FeMo (Mo 70%)					0,025			-"-			0,32		-"-
FeCr1 HC (Cr 70%, C 8%)					0,190			-"-			2,41		-"-
Ni-katóda					0,070			-"-			0,89		-"-
Al-tömb					0,120			-"-			1,52		-"-
Al-huzal					0,030			-"-			0,38		-"-
S -huzal					0,080			-"-			1,01		-"-
Stoll C					0,200			-"-			2,53		-"-
C -huzal					0,020			-"-			0,25		-"-
FeTi-huzal (70%)					0,040			-"-			0,51		-"-
Összes ötvöző					3,265			-"-			41,33		-"-
ÖSSZES FÉMES BETÉT					89,665			-"-			1135,00		-"-

Elektroacélgyártás

A 38MnSiVS5 minőségű acél gyártása az

UHP → Kombinált üstmetallurgia (hevítés + vákuumozás + porbeles huzalkezelés) → Folyamatos (zárt)öntés → Irányított féltermék visszahűtés

technológiai folyamatúton, a következők figyelembe vételével végezhető.

Az UHP-kemence adagolókosarába, az acélhulladékkal együtt adagolt karbonizáló anyaggal, a beolvadási karbon ~ 0,5 %-ra tervezhető.

Beolvadás végén, habos salak képzése mellett, ~ 0,25 % C oxidálása és ~ 2,5 salakbázicitás biztosítása szükséges.

A csapolást (lehetőleg) salakmentesen kell végezni, az előre kiszámított FeSi, FeMn ötvözése mellett. A csapolás utolsó szakaszában ~ 7 kg/t CaO + Al_2O_3 (timföld) keveréket és végdezoxidálásra ~ 1,1 kg/t tömbösített fémalumínium-adagolása szükséges.

Üstmetallurgiai kezelés

Ellenőrizni kell, hogy sikeres volt-e a salakmentes csapolás, és ha több mint 10 % salak került az acél tetejére akkor salakeltávolítást (gépi salakhúzás) kell végrehajtani. A lesalakolt acélfelület védelme érdekében, azonnal meg kell kezdeni az új salakképzést és az adag hevítését.

Hevítés alatt az acél argon + indukciós keverés folyamatos alkalmazására van szükség, majd – a mintavételi eredményei figyelembe vételével – az esetlegesen szükséges korrekciós ötvözést végre kell hajtani.

Az ötvözés befejezése után Al-huzalos dezoxidálást, majd diffúziós dezoxidálási célból CaO + Al_2O_3 + Al_{dara} keverékkel, szintetikus salakképzést kell alkalmazni. Ezt a műveletet, a hatékony dezoxidálás érdekében – kis részletekben – többször meg kell ismételni.

Tekintettel az aránylag magas kén előírás teljesítésére, az acélüst- és FAM közbensőüstkagylók eltömődésének megelőzése érdekében, speciális, úgynevezett *újrakénezési technológia* [12] alkalmazására van szükség.

3.4.3.4. VOD-eljárás példaszerű bemutatása

A VOD-eljárást az igen nagy műszaki és technológiai színvonalat igénylő, erősen ötvözött hőálló és az igen kis karbon tartalmú (C < 0,02 %) korrózióálló acélok gyártására alkalmazták Diósgyőrben.

ELC kategóriájú acél egyik jellegzetes minősége a magyar szabvány szerinti KO 41 minőség, melynek külföldi társminőségei a 3.22. táblázatban láthatók

3.22. táblázat KO 41 jelű ELC típusú korrózióálló acél nemzetenkénti ekvivalens minőségei

Magyar MSZ	Német DIN 17440	Amerikai ASTM A314	Angol BS1501	GOSZT 5632	Francia NF A35-573
KO 41	17122	A314	320S17	08X17H13M25	Z6CNDT

A korrózióálló acélok jellemzése

Korrózióálló acélokat szövetszerkezet, ötvözőtartalom és fizikai tulajdonságuk alapján osztályozzák. Megkülönböztetünk:

- ferrites
- martenzites és
- ausztenites acélokat

A felsoroltakon kívül megkülönböztetünk még átmeneti, kettős szövetű ausztenit-ferrites acélfajtákat, illetve kiválással keményedő korrózióálló acélokat.

A korrózióálló acélok legfontosabb csoportját az ausztenites acélok képviselik. Ezek króm-nikkel vagy króm-nikkel-molibdén ötvözésű acélok. Jellegzetes összetételük: Cr: 16-26 %; Ni: 7-26 %; C < 0,15 %; Mo ≤ 5 %. A felsoroltakon kívül bizonyos esetekben még titánnal, nióbiummal és rézzel is ötvözik.

Korrózióállóság szempontjából különösen fontos az acélok karbon tartalma. Növekvő karbontartalom csökkenti az általános korrózióval szembeni ellenállást.

A hagyományos eljárással gyártott korrózióálló acélokat – mivel 0,08 %-nál kisebb karbon nem biztosítható a gyártásuknál – a korróziós hajlam elkerülése érdekében stabilizálni szükséges. A stabilizálás rendszerint titánnal vagy nióbiummal történik. Ennek azonban a kristályközi korrózió megszüntetésén kívül, káros hatásai is lehetnek, pl. csökken az acélok polírozhatósága, hegeszthetősége, esetenként romlik a meleg-megmunkálhatósága, mivel a stabilizáló elemek a hengerlési vagy kovácsolási hőmérsékleten elősegítik a kétfázisú rendszer kialakulását.

Az ausztenites korrózióálló acéloknál, a kristályközi korrózió 0,03 % karbontartalom felett lép fel az esetben, ha az acél nincs a karbon lekötéséhez titánnal vagy nióbiummal ötvözve. Ezeknél az acéloknál, a kristályosodáskor keletkező ausztenites szövetszerkezet, lehűlés közben sem alakul át más szövetszerkezetté, hanem szemcsedurvulás nélkül, teljes egészében ausztenites marad.

A minimális karbontartalom jelzésére terjedt el az „LC" (Low Carbon), illetve „ELC" (Extra Low Carbon) jelölés. Az ilyen acélokat csak vákuumfrissítésel (VOD) vagy argon-oxigén fúvással (AOD) lehet előnyösen gyártani.

Az LC és ELC típusú korrózióálló acélok alkalmazási, felhasználási területe az utóbbi időben jelentősen megnövekedett. Ezek közül a legfontosabbak: vegyipar, építőipar járműipar és élelmiszeripar. Ilyen acélból készítik az atomerőművek termikus reaktorának belső szerkezeti elemeit is.

A VOD eljárással történő acélgyártás a következő elméleti alapokra épült:

A VOD (vacuum oxygen decarburizing) a vákuum alatti oxigén frissítés rövidítése, azaz olyan eljárás, amely során vákuum alatt, különböző nyomáson oxigéngáz befúvatással elsősorban a karbontartalmat csökkentik valamilyen folyékony középtermékből kiindulva, amelyben természetesen nemcsak Cr és Ni, hanem más elemek is előfordulhatnak.

Az eljárás lényegéhez tartozó fogalom a *szelektív karbon oxidáció,* azaz olyan körülmények előidézése, amelyek a karbon oxidációjának kedveznek.

A krómtartalmú olvadék frissítése során a karbon

$$[C] + ½ \{O_2\} = \{CO\}$$

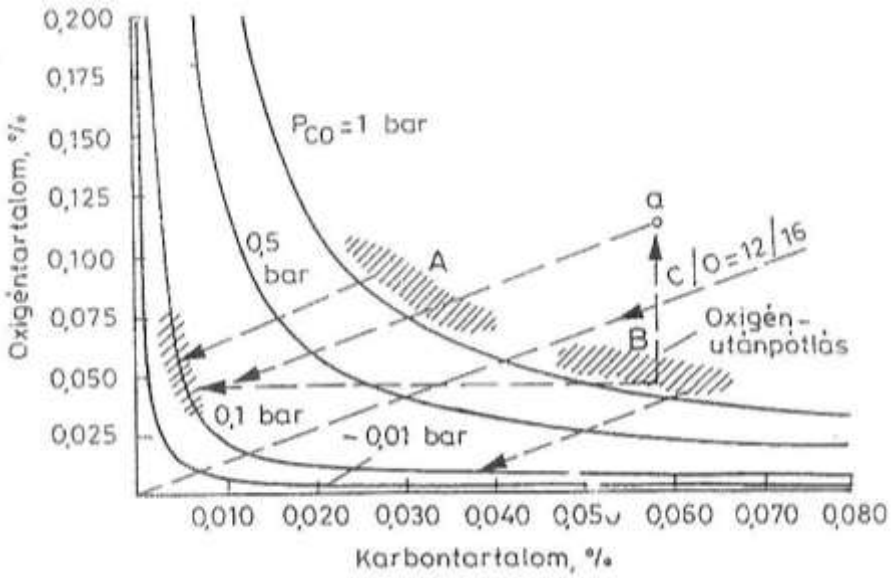
reakció mellett, termodinamikai és kinetikai okokból fennáll az egyidejű Cr oxidáció veszélye, minden esetben adott az alábbi egyenlet szerint:

$$[Cr] + 3/2 \{O_2\} = (Cr_2O_3)$$

vagy ha a fürdő Cr tartalma > 9 %:

$$3 [Cr] + 4 \{O_2\} = (Cr_3O_4)$$

Ezért a folyamatot úgy kell irányítani, hogy a szelektív karbonoxidációnak kedvező körülményeket teremtsünk meg. Ilyen körülmények az igen nagy hőmérséklet (~1670 °C) és a CO gáz kis nyomásérték (3.39. ábra).



3.39. ábra A karbon-oxigén egyensúly és a CO parciális nyomásának összefüggése

A nagy hőterhelést az elektrokemencék falazata nehezen viseli el, ezért költség és termelékenységi okok miatt, háttérbe szorult ez az eljárás, átadva helyét olyan eljárásnak, amely vagy

- a CO gáz kis parciális nyomását hígító gázzal biztosítja (AOD vagy CLU eljárás),
- vagy a CO gáz igen kis nyomásával (VOD, VODK)

segítik a szelektív karbon oxidáció lefolyását.

*

Példa az ELC típusú ausztenites korrózióálló acél gyártásának gyakorlati lefolyására VOD eljárás alkalmazásával.

Minőség:

KO 41

Kémiai összetétel:

3.23. táblázat szerint

3.23. táblázat Kémiai összetétel (%) (MSZ 4360)

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Ti, Nb
min.		0,15	0,60			18.0	10,0	0
max.	0,03	0,30	1,00	0,035	0,025	20,0	12,5	

Acélgyártási technológia:

UHP – Vákuumfrissítés (VOD) – folyamatos öntés

Felhasználási cél:

Gép-, építő-, orvos-, élelmiszeripari gép-, atomipar

Mechanikai tulajdonságok:

Szemcsenagyság: DIN 50601:1985 szerinti 5-8 fokozat
Hidegnyírhatóság: max. 190 HB hengerelt állapotban
Mechanikai előírás: R_m = 480 - 680 N/mm^2; R_{eH} = min.215 N/mm^2 ; A5 = min. 35 %

Végkikészítés:

Ollóvágás vagy fűrészelés, végsorjázással

Jelölés:

darabonkénti pecsételés: adagszám, minőség

Összetétel ellenőrzés:

darabonkénti színképelemzés

Minőségtanúsítás:

DIN EN 10204:1995. 3.1. B. szerint, SEP 1920:1984 3/C

Betétösszeállítás

A VOD eljárás nagy előnye, hogy a vákuumozó berendezéssel előállított igen kis (~1 torr) nyomás, a Cr leégése nélkül biztosítja a karbon 0,02 % alá történő oxidációját. Ez azt is lehetővé teszi, hogy költségmegtakarítás érdekében, akár az egész adag betétje saját (korrózióálló) acélhulladékból készüljön. Ezt figyelembe véve, a 80 tonnás adag betétszámítása a 3.24. táblázatban látható

3.24. táblázat KO 41 minőség alapanyag számítása

Megnevezés (UHP + Üstmetallurgia)	Betéttömeg (t)
Saját (korrózióálló) acélhulladék	71,3
FeCr 70 % (C ~ 7 %)	1,5
FeCr 70 % (C ~ 0,1 %)	4,7
Ni-granália (99 %)	1,1
FeMn affiné (91 %)	0,8
Fémes betét összesen:	84,64

Acélgyártás UHP kemencében

Beolvadásra előírt hőmérséklet: 1620 °C

Az ívkemencében, mivel teljes egészében saját hulladékot használtak fel, oxigénes frissítést nem kellett alkalmazni. Amennyiben C hulladékból + ötvözőkből készül az adag betétje, akkor csak előre válogatott hulladékot szabad felhasználni.

További technológiai műveletek:

- salakkorrekció, salakkezelés.
- acél-, salak és a_O mintavétel,
- összetétel és csapolási hőmérséklet (1690 °C) beállítás,

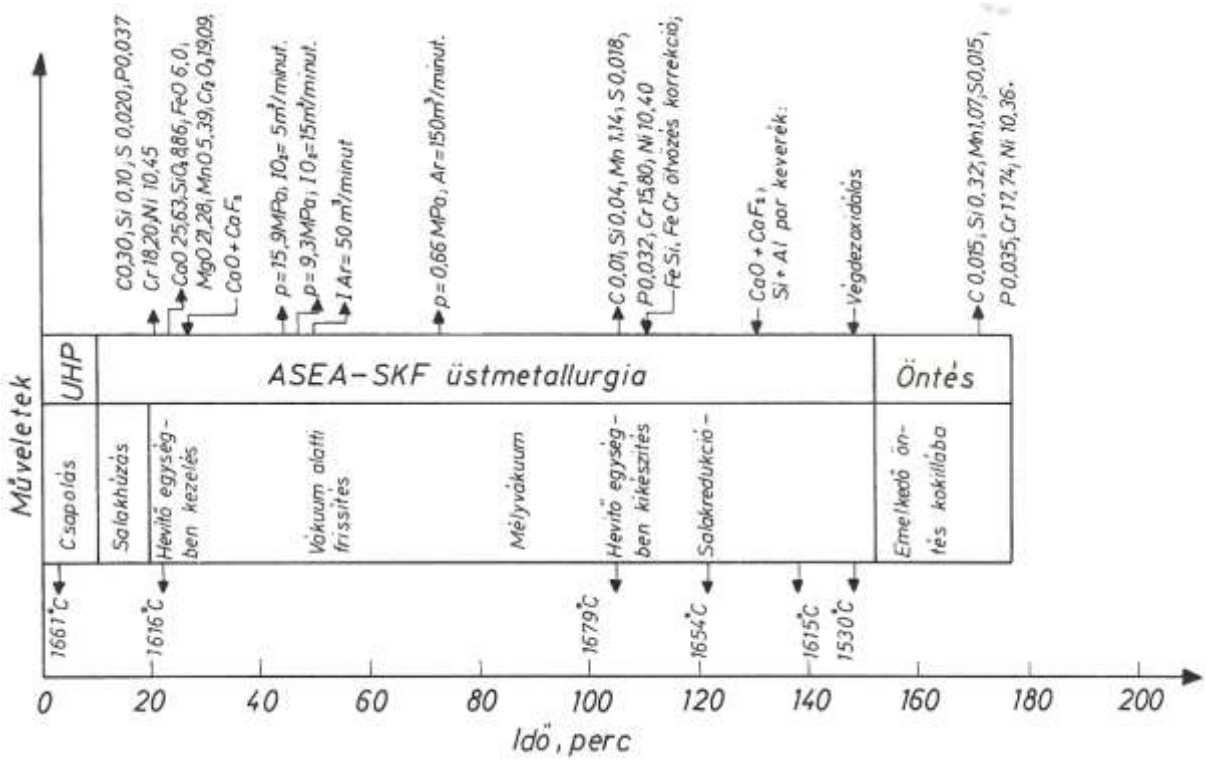
- csapolás.

Vákuum alatti oxigénfrissítés

Technológiai műveletek:

- vákuumfedél üstre helyezése, Ar gázvezeték csatlakoztatása,
- vákuum megindítása, 80-100 torr érték beállítása, folyamatos Ar (+ indukciós) keverés,
- oxigénlándzsa leengedés az acélfürdő szintjéig kamerás figyelés mellett,
- oxigénfúvatás indítása (1600 °C-nál kisebb hőmérsékletnél tilos a frissítést elkezdeni!),
- füstgáz-mérőállás figyelése: CO hullámvölgy és CO_2 hullámhegy „végpont”-nál (3.30. ábra) az oxigénfúvatás befejezése,
- automatikus mintavétel, hőmérsékletmérés,
- laboratóriumi eredmények függvényében fémötvözés,
- vákuumos gáztalanítás (nyomás érték: ~ 1 torr), homogenizálás,
- vákuum leállítása, hevítő egységhez szállítás, Ar (+ indukciós) keveréssel,
- ~ 1560 °C-ra lehűtés.

A 3.40. ábrán egy ELC kategóriájú KO41 minőségű, 80 tonnás adag, vákuum alatti frissítésének lefolyását láthatjuk.

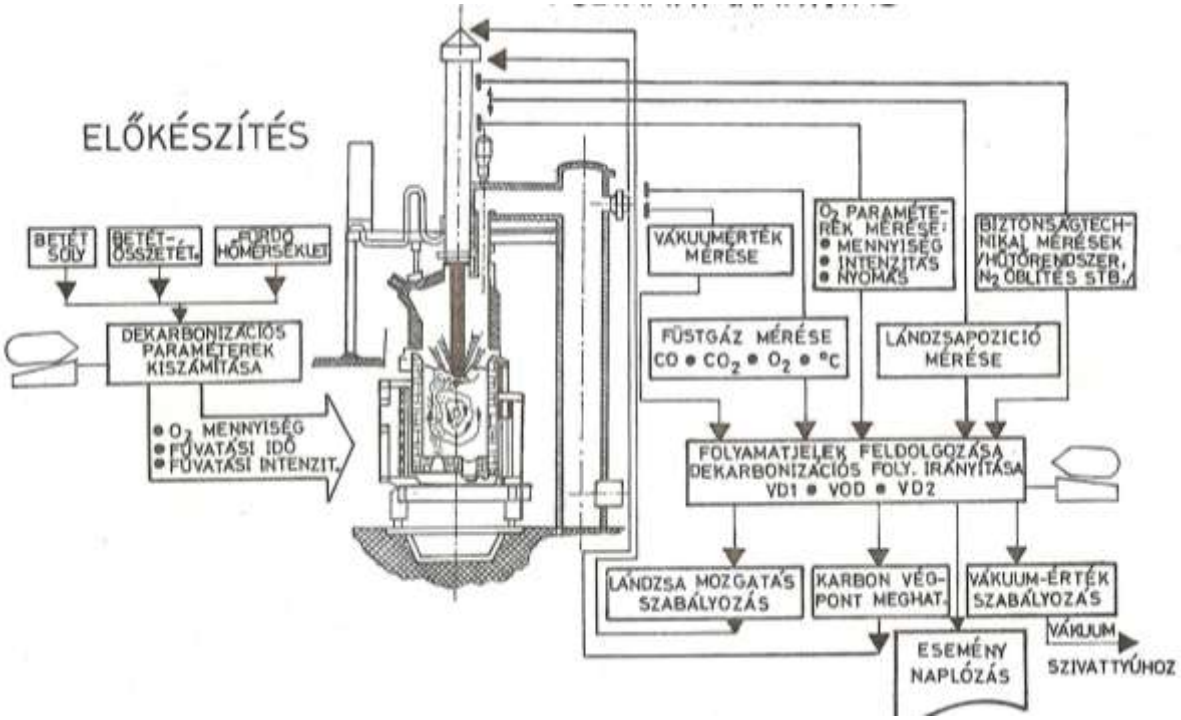


3.40. ábra VOD-eljárással gyártott KO41 jelű ausztenites korrózióálló acélminőség gyártási folyamata.

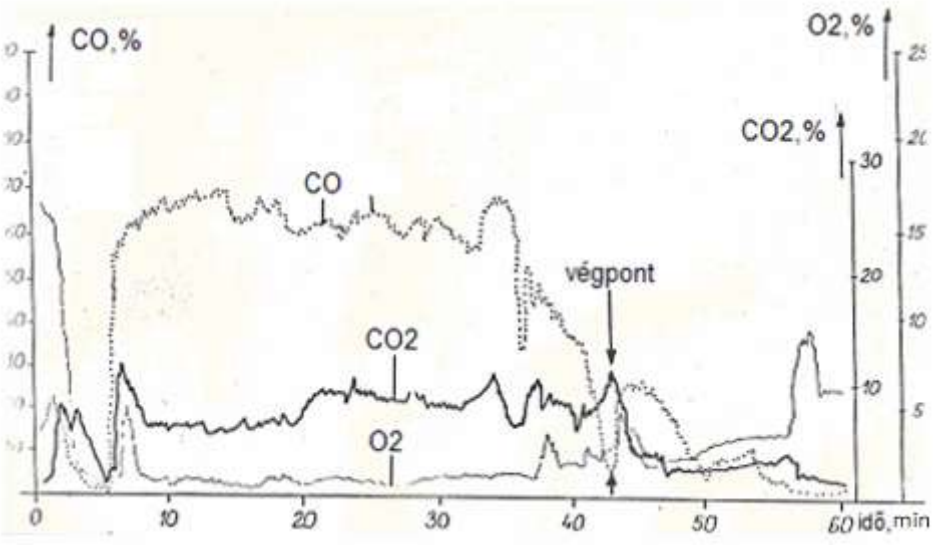
A vákuum alatti frissítés gyakorlati kivitelezése a következő technológiai műveletek elvégzésével történt:

- Vákuumfedél ráhelyezése a vákuumfrissítő állásba beérkezett üstkemencére.

- Oxigénlándzsa beszabályozása az acélfürdő felszínéhez. (Lándzsa leengedés TV-kamerás figyelés közben: számláló „nullázás”-a)
- Indukciós keverő, argonfúvatás, vákuumszivattyú beindítása. Vákuumnyomás csökkentés ~ 80 torr értékig.
- Oxigén fúvatás indítása (intenzitás: ~ 4 m^3/min; bemerülő mélység: ~ 50 mm).
- Oxigén fúvatási intenzitás növelése, a (~ 15 m^3/min).
- Fúvatás közbeni paraméterek: vákuumérték: 80-150 torr (a keletkező gázmennyiségektől függően); argon: 50-150 l/min; fogyólándzsa kopása: ~ 20 mm/min). A fúvatás lefolyását számítógéppel segített folyamatirányítás segíti (3.41. ábra).
- Számított oxigén mennyiség befúvatása közben „karbon végpont elkapása” az erre a célra kifejlesztett másodlagos információs rendszer alkalmazásával (3.42. ábra).



3.41. ábra Számítógéppel segített vákuum alatti frissítés elve



3.42. ábra Karbon végpont meghatározása a füstgáz összetétel változása alapján

A VOD eljárás alkalmazása számos előnnyel jár. Az előállítható igen fontos minőségi tulajdonságaik miatt (nem hajlamos kristályközi korrózióra, öregedésre stb.) használatuk a mai modern technika világában szinte nélkülözhetetlen. Különösen figyelemre méltó a kereslet a stabilizálatlan, igen kis karbontartalmú (ELC) korrózióálló acélok iránt, melyet főleg a felhőkarcoló építőipar, atomipar, élelmiszer gépipar és egészségügyi szerszámipar (implantátum) igényel. Ezek gyártása csak az UHP acélgyártó berendezések és a hozzájuk kapcsolódó modern üstmetallurgiai berendezésekkel és az ott kifejlesztett VOD-eljárás bevezetésével oldódott meg.

Nagy előnye még az így kialakított VOD-eljárásnak, hogy alkalmazásával lehetőség van a korrózióálló acélhulladékok ötvözőfém tartalmának ~ 91 %-os visszanyerésére. Ezzel a hagyományos módszerhez viszonyítva ~ 13 %-os költségcsökkenés érhető el. További előnye az eljárásnak, hogy alkalmazásával lehetőség van újabb, korábban nem gyártott, speciális minőségű, igen kis karbon tartalmú acélok előállítására. Ilyenek:

- C < 0,03 % összetételű jól vezető lágy vasmag alapanyag,
- C < 0,02 %; Cr ~ 18 %; Ni ~ 50 % összetételű maraging acélok,
- C < 0,03 %; Cr ~ 21 %; Al ~ 4 %; fűtőtest ellenálláshuzalok,
- C < 0,02 %; Cr ~ 18 %; Ni ~ 12 %; Mo ~ 18 %; Co ~2 %; orvosi implantátumok,
- C < 0,02 %; Cr ~ 18 %; Ni ~12 %; ~1 % B; atomipari szerkezetek.

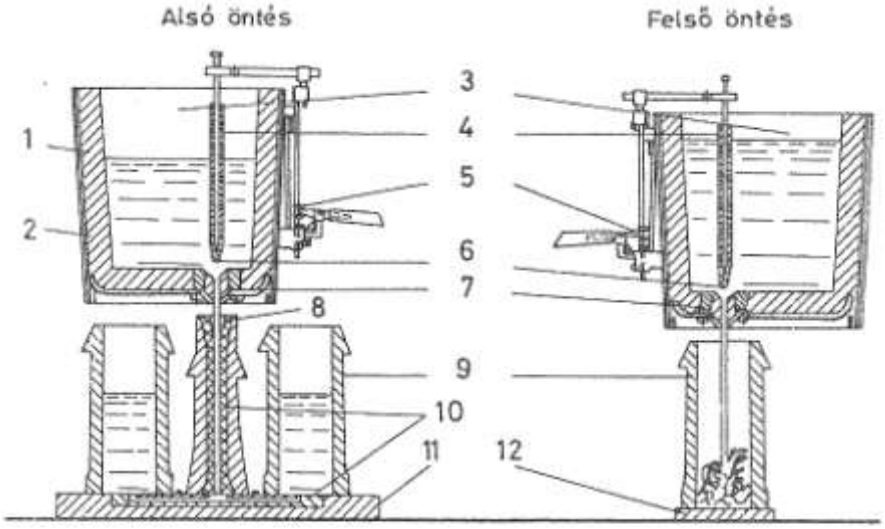
4. HAGYOMÁNYOS ACÉLÖNTÉS

Az acélgyártás vertikális folyamatának végső fázisa, az acélolvadékból előírt tulajdonságú kristályos acélanyag létrehozása. Ez a kikészített folyékony acél kristályosító formába (homok vagy kokilla) vagy kristályosító gépbe (folyamatos öntőgép) történő öntésével hozható létre.

A formába öntött acél megdermedése utáni termék: homokforma esetén acélöntvény, kokillába öntéskor acéltuskó (öntecs). Folyamatos öntésnél a kristályosító gép olyan folyamatos öntő-kristályosító berendezés, melyben a kristályosítást intenzív hűtéssel gyorsítva, öntött bugát, illetve öntött brammát nyernek.

4.1. Hagyományos öntés eszközei

A tuskóöntés – üzemi zsargon szerint öntecsöntés – kivitelezése felső vagy alsó öntéssel történhet (4.1. ábra). Felső öntésnél az acélsugár a kokillába felülről, annak szabad végén kerül a kokillába. Alsó öntéskor beöntő tölcséren keresztül alulról töltik a kokillába az acélt.

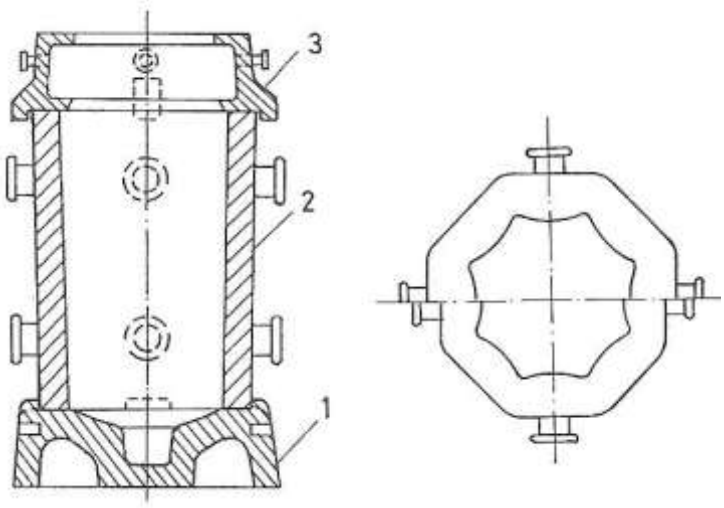


1 acélköpeny; *2* tűzállóbélés; *3* öntőüst; *4* dugórúd; *5* dugórúdemelő szerkezet; *6* dugó; *7* kagyló; *8* beöntőtölcsér; *9* kokilla; *10* tűzálló téglák; *11* öntőlap; *12* kokillaalátét

4.1. ábra Hagyományos (kokilla) öntés típusai [4]

A hagyományosan öntött tuskók lehűlés közben kialakuló durva kristályszerkezet az ún. *primer kristályszerkezet*, a tuskó tengelye mentén feldúsult foszfor és karbon, illetve foszfidok, szulfidok, oxidok és a helyenkénti porozitás miatt közvetlen felhasználásra nem alkalmas.

A megszilárdult acél fajtérfogata kisebb, mint az olvadéké, ezért azon a helyen, ahol az acél legkésőbb dermed meg, zsugorodási üregeket hoz létre. Ez a zsugorodási üreg felső öntésnél a tuskó felső részében, alsó öntésnél a fejben és a lábrészeken is képződik. Mérséklésére, a csillapított acélok öntésénél kokillasapkát (felöntést) helyeznek a kokillára, melyet hőszigetelő anyaggal bélelnek (4.2. ábra). Ezt a felöntést tovább alakításkor levágják, hulladékként kezelik, jelentős (20-25 %) kihozatal romlás bekövetkezése mellett.



4.2. ábra Felöntéssel ellátott kokilla [19]

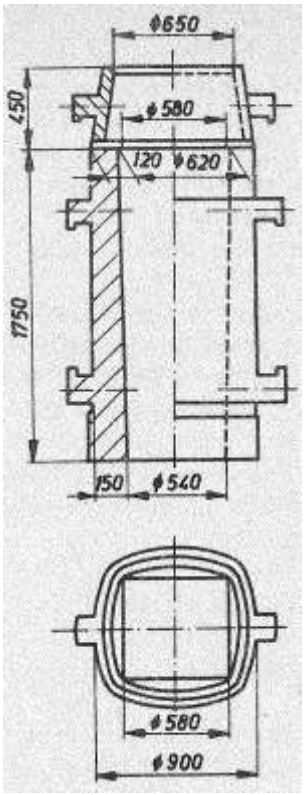
Az 1970-es évekig a zsugorodás elkerülése érdekében csillapítatlan acélokat is gyártottak, amelyeknél az acél aktívoxigén-tartalma nem volt a mai gyakorlatnak megfelelő szintre (10 ppm) csökkentve (csak mangánt adagoltak dezoxidálási célra). A magasabb aktívoxigén-szint eredményeként az acél a megszilárdulása során is fövésben volt ([C] + [FeO] = [Fe] + {CO}), a szerkezete porózus maradt, így csökkentve a szívódási üreget. A pórusos szövet mikroüregei a tovább feldolgozáskor (hengerlés, kovácsolás) összehegedtek. A csillapítatlan acél mellett használatos volt a félig csillapított acél is, azonban a folyamatos öntés ezeknél nem volt megoldható.
Mára mindkét acéltípus gyártása még a hagyományos tuskóöntés esetén is megszűnt.

4.1.1. Kokilla

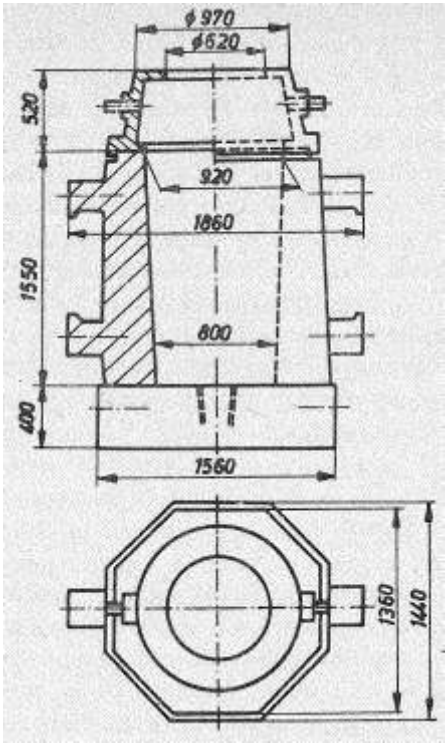
Az acélöntésre használt kokilla öntöttvasból készül. Próbáltak acélból is önteni kokillát, ami bár kopásállóbb volt, de vetemedett, így alkalmatlannak bizonyult.

A kokilla keresztmetszete az öntendő acél feldolgozási céltól függ:

- hengerlésnél négyzet vagy téglalap keresztmetszetű (4.3. ábra),
- kovácsdarabnál sokszög vagy kör alakú (4.4. ábra).



4.3. ábra Hengerlésre szánt tuskó kokillája [20]



4.4. ábra Kovácsolásra szánt tuskó kokillája [20]

Fontos a kokilla falazatának épsége, mert a bemaródások az öntecs kiszedését megakadályozzák, illetve az esetleges gallér képződés megnöveli a tuskó megrepedésének esélyét.

A kokilla előkészítése öntésre:

- el kell távolítani az előző öntésből visszamaradt feltapadt öntőport,
- a kokilla aljáról le kell tisztítani a felragadt agyagot (alsó öntés esetén),
- a kokilla aljára (alsó öntésnél behúzott aljú kokilla esetén) be kell helyezni a kokilla-kagylót,
- kokillamázzal ki kenni (felső öntés esetén),
- elő kell melegíteni.

4.1.2. Felöntés

A felöntést elő kell készíteni az öntésre:

- ki kell tisztítani az elő öntésről visszamaradt salakot,
- szükség esetén a döngöletet/téglasort ki kell javítani,
- ki kell kenni timföldből készült kencével,
- előmelegítés.

Fontos, hogy a kokilla és a felöntés pontosan illeszkedjen, mert a rés gallér képződését okozza, ami a tuskó felöntés alatti megszakadást okozhatja (a gallér intenzív hűtő hatása miatt).

4.1.3. Alátét lap

Az öntöttvasból készült alátét előkészítése alsó öntés esetén:

- az előző öntés maradványainak letisztítása,
- a megfelelő üreges téglák behelyezése az öntőlap vágatába,
- a folyótéglák tűzálló masszával (agyag + tűzálló habarcs) történő összeragasztása,
- a rések száraz homokkal kitöltése,
- az öntőlap előmelegítés kb. 80 °C-ra
- az öntőgödörbe lehelyezés előtt a megfelelő tömítés elérésére „agyaghurkával” veszik körbe a feltörő téglát, az üstkagyló megfelelő illesztéséhez.

Felső öntés esetén az alátétlapban kialakított „üreges fészket” kitakarítás után, grafitosmázzal vonják be, a leöntött tuskó beragadásának megelőzése érdekében, majd az öntőlapot előmelegítik.

4.1.4. Beöntőtölcsér

Az öntvényből készült vascsőbe, a tűzálló csőtéglákat (zárásul egy tölcsér alakú téglával) egy rúdra felhelyezve engedik le az alátét lapra, majd száraz homokkal feltöltik a csőtégla és öntőcső közötti rést.

4.2. A hagyományos öntés gyakorlata

A felső öntéssel gyártott tuskók felületén, a folyékony acél lefelé haladása közben felfröccsenéseket hoz létre, ami a kokilla falára tapadva, majd oxidálódva, a tuskó felületén pikkelyes hibákat okoz. Alsó öntéssel gyártott tuskók felülete sokkal jobb. Előnye még az eljárásnak, hogy egyszerre több kokillát lehet megtölteni, rövidebb az öntési idő, kevesebb alka-

lommal kell az üstöt nyitni-zárni és öntőpor használatával a folyékony acél reoxidációtól való védelme részlegesen megoldható.

Öntés befejezésekor az öntecsekbe számlemezt helyeznek, amibe előre beütik az adagszámot és az állítás sorszámát.

4.2.1. Alsó öntés

Alsó öntéssel általában a kisebb méretű öntecseket (150-5000 kg) állítják elő, amikből egyszerre többet (1-8 darab) is öntenek a megfelelően előkészített öntőlapokon.

Az öntés megkezdése előtt összeállítják az öntőlapot, ráhelyezik a kokillákat, a beöntő tölcsért. Fontos a megfelelő pászítás, amit lámpával és központosító pálcákkal valósítanak meg.

A kokillába papírzsákba csomagolt öntőport lógatnak be, amit a kokilla alján feljövő folyékony acél lyukaszt ki, melynek hatására az öntőpor egyenletesen szétterül az acél felületén. Miközben emelkedik a kokillában az acélszint, a megolvadt por keni a kokilla falát. A kokillák, illetve az ezekre helyezett felöntések megtöltését követően hőtermelő lunkerport szórnak a az acél felületére a szívódási üreg csökkentése céljából.

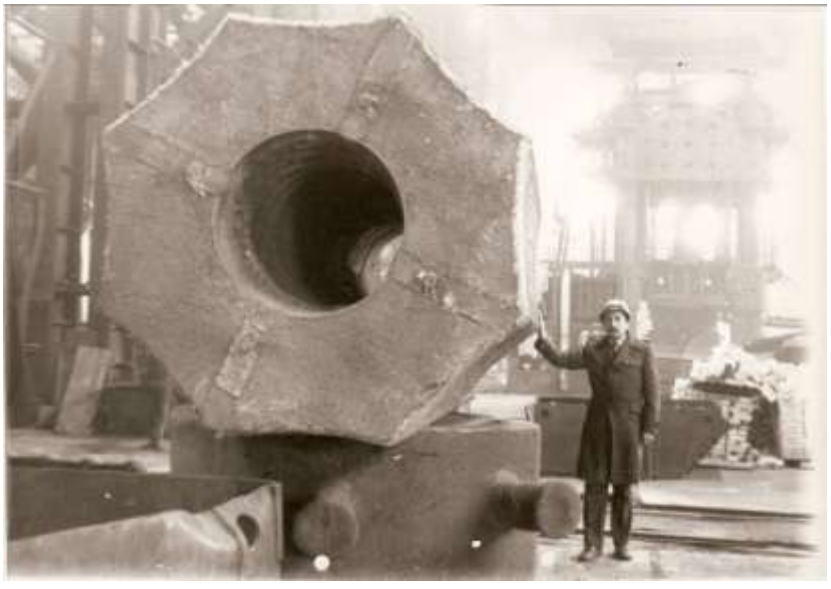
4.2.2. Felső öntés

Felső öntést általában a nagyméretű (6000 kg felett) tuskók öntésére használják. Ekkor a kokillákba egyedileg öntik az acélt.

Mivel öntőport nem lehet alkalmazni (belekeveredne az acélba), ezért grafitos vízből készült kokillamázzal vonják be az előmelegített kokilla belső felületét.

4.3. Különleges tuskóöntési eljárások

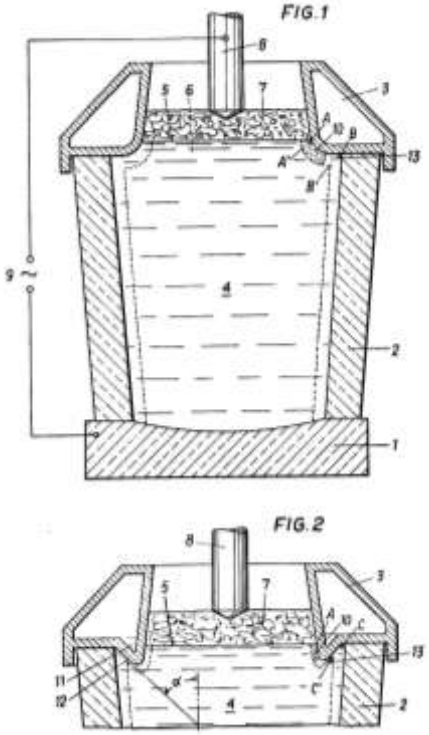
A tuskóval szemben támasztott tovább feldolgozási követelmények alapján lehet – adott esetben – a felső vagy alsó öntésű eljárást kiválasztani, esetleg különleges megoldást alkalmazni. Egy ilyen esetet mutat be a 4.5. ábra.



4.5. ábra Nagy méretű, üregesen öntött tuskó fényképe [21]

A 4.5. ábrán látható igen nagyméretű, 230 tonnás tuskót, az alatta elhelyezett kokillához hasonló, de jóval nagyobb kokillába öntötték, melybe előzőleg egy magnezit alapanyagú belső magot helyeztek el. Az öntés alulról, négy feltörő-nyíláson keresztül, öntőpor alkalmazásával történt.

A hagyományos eljárásokkal gyártott nehéz kovácstuskókban előforduló minőségi hibák csökkentésére vezették be 1967-ben Kapfenbergben, az ún. BEST (Böhler Elektro Slag Topping) eljárást (4.6. ábra) [12].



4.6. ábra BEST-eljárás elve

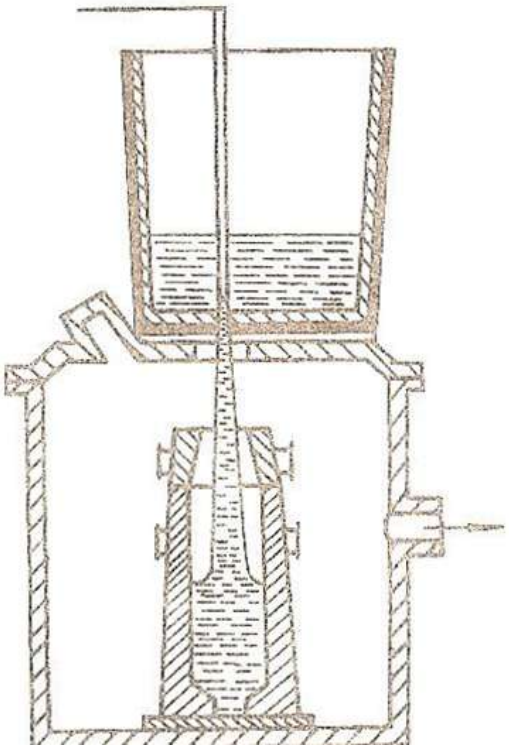
A BEST eljárást főleg nagyméretű és speciális minőségű tuskók (pl. erőműi turbinák), öntésére használják, a durva nemfémes zárványok, „A”- és „V”- alakú dúsulások és a zsugorodási üregek elkerülésére.

A eljárásnál, a hagyományos kokillánál használt felöntőfej helyére, egy hozzá hasonló alakú vízszintes fedelet helyeznek. A tuskóleöntésekor a kokilla felső pereméig öntik az acélt, melyet aktív salakolvadékkal fednek le. Ezt követően egy leolvasztandó elektródot merítenek a salakfürdőbe, melyet villamos energia bevezetésével a tuskó megszilárdulásáig folyékony állapotban tartanak.

Az elektródról leolvadó acél kiegyenlíti a tuskó dermedés alatti zsugorodási veszteségét. A hőenergia bevitelével megakadályozza az olvadék lehűlését és a legfelső acélréteg addig marad folyékony állapotban, amíg meg nem dermed a teljes tömege. Így nem tudnak szabad kristályok túl korán kialakulni vagy a tuskó felső részébe megdermedni. Ezen túlmenően kedvező a feltétel, a maradék olvadékban lévő zárványok felszállására és a salakba kerülésére. Előnye még, hogy a hagyományos öntéssel szemben nem keletkezik szekunder lunkerosság, így nem kell hulladékba vágni a tuskó alsó részének kb. 15 %-át.

*

A felső- és alsóöntés előnyeit-hátrányait, megoldási módjait, az „Acélöntés, speciális acélgyártás” című jegyzet részletesen tárgyalja. Ezek közül is ki kell emelni – a Diósgyőrben is alkalmazott – „vákuum alatt kokillába öntés” jelentőségét, melyet elsősorban a nagyméretű tuskók minőség javítására használtak (4.7. ábra) [15].



4.7. ábra Nagyméretű tuskók vákuum alatti öntésének elve

4.3.1. Példa a vákuum alatti tuskóöntés kivitelezésére

Minőség:

C 45 K

Felhasználási cél:

turbina tengely

Technológiai útvonal:

50 tonnás ívkemence → porbefúvásos kezelés → 53 tonnás tuskóöntés → öntési módszer:üstből-vákuum alatti kokillába

Technológiai paraméterek, műveletek:

- Csapolás előtti túlhevítés mértéke: 25-30 °C
- Csapolás utáni argonos gázöblítés: 4-5 perc
- Az üst porbefúvásos kezelése: CaSi adalékkal.
- Az üst felhelyezése a vákuumkamra zsilippel ellátott nyílására.

- A kamra és a benne lévő kokilla vákuum alá helyezése.
- A 0,5 torr vákuum érték elérésekor, az öntőüst tolózárának megnyitása.
- A meginduló folyékony acélsugárral a zsilip rendszerben lévő alumínium lemez átégetése és a zuhanó öntés megkezdése.
- TV kamerával, a vákuumkamrában végbemenő öntés figyelése és az előírt öntési sebesség beállítása, szabályozása.
- Az acél felöntésbe érkezésekor az öntési sebesség lassítása, majd a felöntés teleöntése után az üst dugószerkezetének lezárásával az öntés befejezése.
- Vákuumszivattyú lezárása, az öntőüst elszállítása, a felöntésben lévő acélfelület hőszigetelő(lunker)-porral való lezárása.
- A leöntött tuskó kokillában történő (32 órás) lehűtése.

4.4. Öntött tuskó (öntecs) kezelése, tovább feldolgozása

A tuskók kokillából való eltávolítása, majd lehűtése szigorúan szabályozott. Általában a tuskó tömegének minden tonnájára 1-1 óra lehűlési időt számítanak.

Gyakori jelenség, hogy a nem megfelelő lehűtés miatt visszamaradt feszültség hatására megrepedt a tuskó.

A repedésre kevésbé érzékeny legfeljebb 0,3 % C-tartalmú ötvözetlen acélokat elegendő egy zárt légtérben lehűteni környezeti hőmérsékletre. A repedésre érzékeny acélokat (C > 0,3 %, illetve ötvözött acélokat) irányított visszahűtésnek vetik alá. Ekkor harangkemencében, vagy egyéb pl. hőkezelésre alkalmazott kemencékben az összetételnek megfelelő program szerint hűtik vissza az öntött tuskókat.

A lehűlt tuskók felületét – amennyiben szükséges – javítják. Lágyacélok esetében lángfúvatást vagy köszörülést alkalmaznak. A későbbi azonosíthatóság céljából festéssel jelölik meg az öntött tuskók felületét.

5. FOLYAMATOS ÖNTÉS

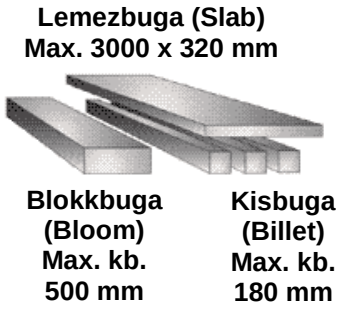
Az acél leöntése világszerte a múlt század hatvanas évekig klasszikus kokillaöntéssel valósult meg. A kokillaöntés nagy (15-20%) anyagveszteséggel dolgozott, és jelentős volt az öntecsek lehűlésével és újra hevítésével fellépő hőveszteség.

Már az 1950-es években voltak sikeres kísérletek az acélok folyamatos öntésének megvalósítására. A folyamatos öntés ipari méretű elterjedése a múlt század hatvanas-hetvenes éveire tehető.

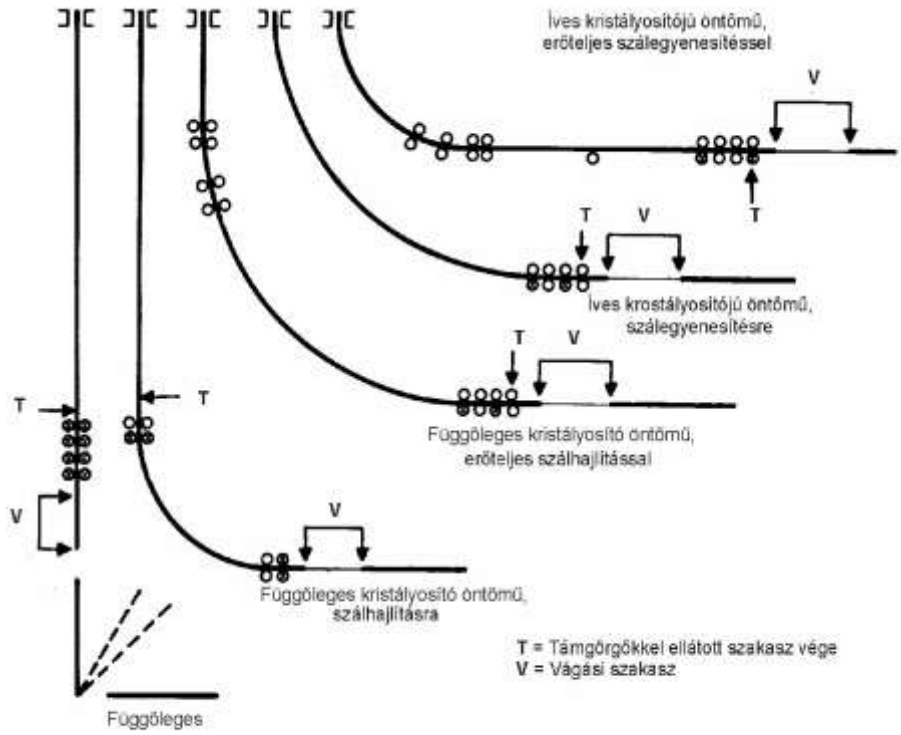
A folyamatos öntés a kohászati folyamat késztermékéhez (lemez, rúd, cső stb.) hasonló alakú öntött félterméket hoz létre, amelyet jól szabályozható folyamat keretében, jóval kisebb (1-2 % körüli) anyag és energiaveszteséggel tudnak feldolgozni késztermékké. A folyamatos öntés ipari méretű elterjedése a múlt század hatvanas-hetvenes éveire tehető.

A folyamatos öntéssel leöntött bugák, brammák felületi minőségét és belső kristályszerkezetét a kristályosítóban (kokillában) és a másodlagos hűtőzónában történő hőelvonás kivitelezése, a mágneses keveréssel segített egyenletes szövetszerkezet, valamint a folyékony acél reoxidációtól való védelmének biztosítása szabja meg [1]. Ezek megoldására a gyakorlatban sokféle típus és technológiai módszer terjedt el:

- Függőleges öntőgép egyenes kristályosítóval, a leöntött bugák elvágása függőleges pozícióban történik,
- Függőleges gép egyenes kristályosítóval, progresszív hajlítással és kiegyenesítéssel,
- Egyenes kristályosító, köríves megoldással és kiegyenesítéssel,
- Ívelt gép ívelt kristályosítóval és kiegyenesítéssel.



5.1. ábra Az öntött termékek jellegzetes méretei [1]



5.2. ábra A folyamatos öntőgépek fejlődése, típusai [4]

Magyarországon világszinten is az elsők között épült kísérleti folyamatos öntőmű 1956-ban Diósgyőrben (6.1. fejezet). Sziklavári János irányításával a régi elektroacélmű csarnokába telepítették, mely 1962 évig üzemszerűen működött. Ezt követően csak jóval később, 1970-es évek elején épült folyamatosan termelő nagyüzemi öntőgép Ózdon és Dunaújvárosban, Diósgyőrben pedig 1981-ben létesítettek új folyamatos öntőművet. Ekkor az előzőekben felsorolt öt öntőgép típusból három működött hazánkban:

- függőleges öntőgép Dunaújvárosban (kettő darab kettőszálas bramma öntőgép),
- köríves gép Diósgyőrben, egyenes kristályosítóval, progresszív hajlítással és kiegyenesítéssel (ötszálas, jelenleg üzemen kívül)
- ívelt gép ívelt kristályosítóval és kiegyenesítéssel a jelenlegi ózdi acélműben (négyszálas).

A folyamatos öntésnél szekvensnek nevezzük azon adagokat, amelyeket közvetlenül egymás után, egy közbensőüsttel öntenek le.
Az egy szekvensben leöntönthető adagok száma több tényezőtől függ. Ilyenek:

- az acél összetételel,
- adag tömege,
- az öntendő buga szelvénymérete,
- az acél kagylószűkülési hajlama stb.

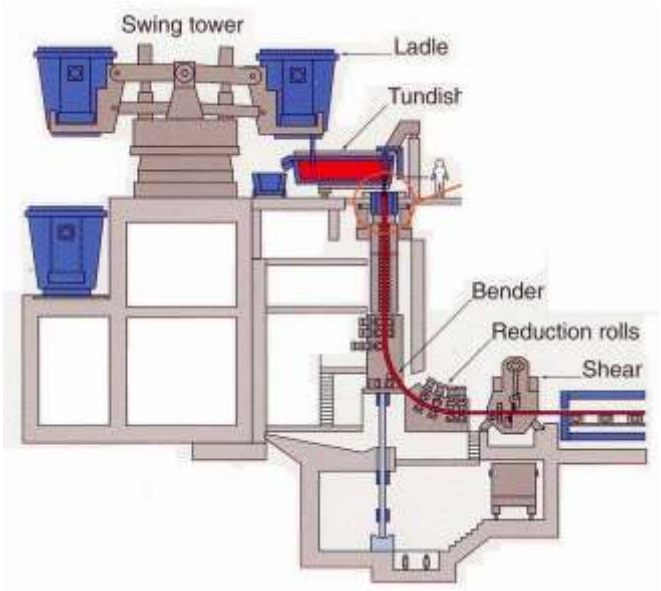
Mivel üst váltáskor az egyes adagokat nem lehet tökéletesen elválasztani egymástól, ezért az egy szekvensbe tartozó adagok összetétele csak az adott minőségre vonatkozó összetételi előírásokon belül lehet.

Diósgyőrben egy szekvensöntés három-öt adag volt, Dunaújvárosban 4-7 adag, addig Ózdon pedig, ahol öntés közben kagylócserét is tudnak végezni (közbensőüst tolózára cserélhető), 20-23 adagból is állhat egy-egy szekvens. Ennek további indoka az, hogy Ózdon szinte

csak betonacélt gyártanak-öntenek, összesen négy összetételben, addig Dunaújvárosban jóval szélesebb a gyártott paletta. Diósgyőrnek a dunaújvárosit többszörösen felülmúló termékskálája volt, de sajnos – többek között – éppen ez tette gazdaságtalanná az ottani kohászatot.

5.1 Öntőgép szerkezete

A folyamatos öntőmű szerkezetét az 5.3. ábra szemlélteti.



5.3. ábra A folyamatos öntés szerkezete [2]

Legfontosabb szerkezeti elemek:

- üstfordító torony (swing tower),
- közbensőüst (tundish),
- közbensőüstfedél
- közbensőüst-kocsi
- **közbensőüst előhevítő**
- **kristályosító** (mould),
- tolózár
- sugárvédőcső (merülőcső)
- **osszcilláló (kokillamozgató) berendezés**
- **szálvezetőgörgők**
- bugadaraboló
- húzóegyengető berendezés (reduction rolls),
- kiadó görgősor.

A reoxidáció elleni védelemre sugárvédő- és merülőcsövet használnak zárt öntésnél (az öntőüst, illetve közbensőüst kagylójára csatlakoztatva), a nyitott öntésnél elhagyják azokat.

A buga primerszövete kristályosodás közben alakul ki, ami fontos befolyással van a leöntött buga minőségi tulajdonságaira. Elsősorban az ötvözött acéloknál tapasztalható dúsulás elkerülésére fejlesztették ki az indukciós keverés öntés közbeni változatait.

5.1.1. Fordítótorony

A fordítótorony feladata az éppen öntött, illetve az öntésre váró üst fogadása, tárolása (5.4. ábra). Azért szükséges két üstöt is befogadnia, hogy a „folyamatos” öntés megvalósulhasson azzal, hogy szekvens adagjait közvetlenül egymás után lehessen közbensőüst felé fordítani úgy, hogy abból még nem csökkent az öntés folytatásához szükséges szint alá az acél mennyisége. A gyors átfordítás és az öntőüst tolózár mozgatásának eredményeként megszakítás nélkül követhetik egymást a szekvens adagjai.

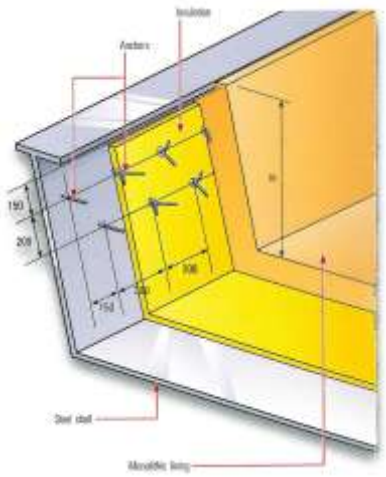
5.4. ábra Üstvilla és modellje [2]

5.1.2. Közbensőüst

A közbensőüst legfontosabb feladatai:

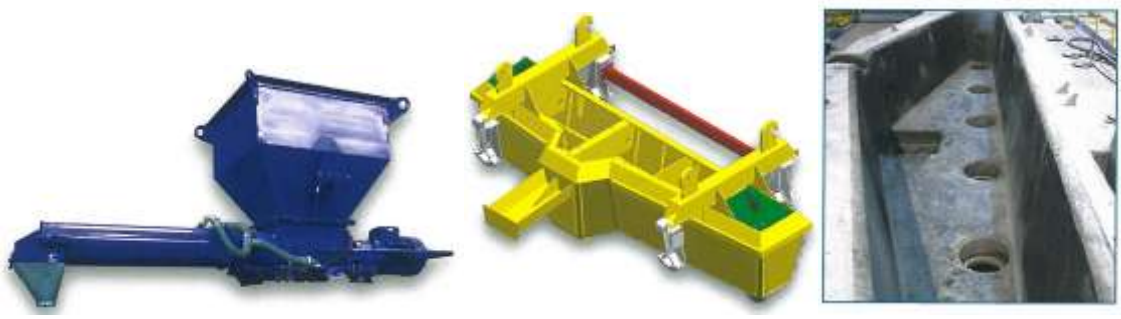
- az acél elosztása az öntendő szálak között, azaz egy üstből akár hét-nyolc szál is önthető egyidőben,
- pufferolás, azaz az öntőüst cseréjekor az olvadék további biztosítása, a szekvens megszakítása nélkül,
- az olvadék további tisztulására, kezelésére lehetőség biztosítása.

A közbensőüst falazata az öntőüstéhez hasonlóan állandó és munkabélésből áll (5.5. ábra).



5.5. ábra Közbenső üst falazatának felépítése [2]

Az állandó bélés betonozással készül (5.6. ábra), amit a munkabélés váltása esetén csak akkor kell cserélni, amikor már nem lehet javítani.



5.6. ábra Közbenső üst állandó bélésének elkészítéséhez használt eszközök, elkészült bélés [2]

Az állandó bélésre kerül felszórással a munkabélés (5.7. ábra). A felszórt bélést a tűzálló-anyag gyártója által megadott felfűtési program szerint kell szárítani, majd öntés előtt kb. 1000 ^{o}C-ra felhevíteni.

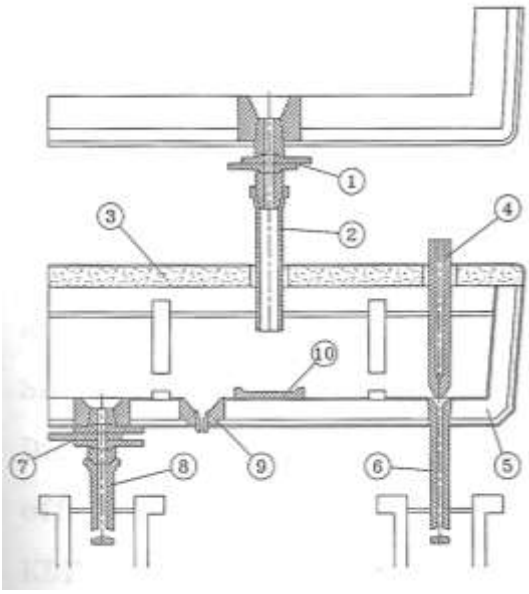
5.7. ábra Közbenső üst munkabélésének elkészítése felszórással, elkészült bélés [2]

Az acél elosztását a közbensőüst aljába épített kagylókkal (5.8. ábra) lehet megoldani.

5.8. ábra Közbenső üstbe épített kagyló [2]

A közbensőüstből az acél kagylón keresztüli távozását dugóval vagy tolózárral lehet szabályozni (5.9. ábra). Mindkettőnek megvan a maga előnye:

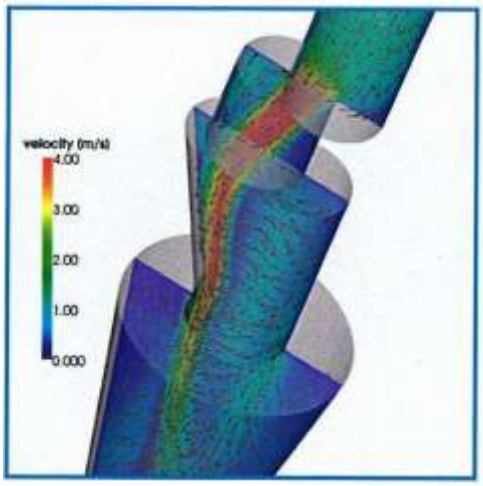
- Dugós öntés kevésbé töri meg az acél kiáramlását, így az olvadék nemfémes zárvány-tartalma kevésbé képes lerakódni, azaz csökken a kagylószűkülés veszélye.
- A tolózárat lehetséges nagyon gyorsan öntés közben cserélni anélkül, hogy az acél be-lefagyna a kagylóba.



5.9. ábra Tolózár és dugó felépítése [1]

Az 5.10. ábra a dugómozgató szerkezetét, az 5.11. ábra az acél útjának megtörését mutatja be tolózáras öntés esetén.

5.9. ábra Dugó automatikus mozgatása

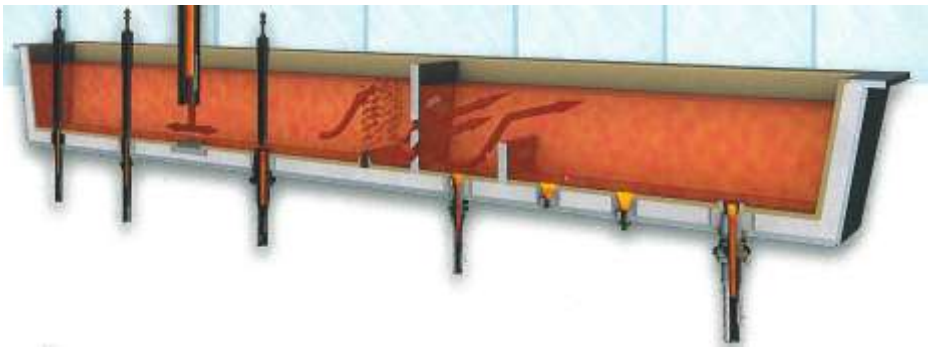


5.10. ábra Acél útja a tolózáron keresztül [2]

Az acél zárványtartalmának túlnyomó többsége eltávozik az üstmetallurgiai kezelés során, azonban, mivel a felúszás a Stokes törvény értelmében kisméretű zárványoknál igen időigényes, ezért egy részük visszamarad. A visszamaradt szilárd zárványoknak és az öntőüst falazatából származó exogén zárványok jelentős részének a közbensőüstbe átkerülésekor – az alacsony fürdőmagasságának köszönhetően – lehetősége van a fürdőből való eltávozásra.

A felúszás esélyét további növelő megoldások (5.11. ábra):

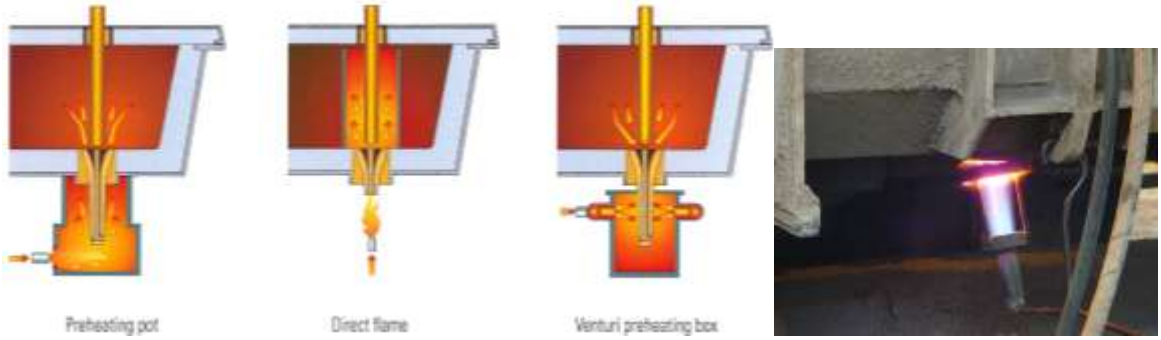
- a becsapódás helyén kialakított acélpárna,
- a fenéken kialakított gátak,
- beépített furatokkal ellátott fal,
- porózustéglákon, illetve a kifolyó kagylókon és dugófejeken kialakított furatokon keresztül áramoltatott kis nyomású argongáz.



5.11. ábra Acél tisztulásának közbensőüstbeli megoldásai [2]

A felszórt és kiszárított közbensőüstöket száraz helyen tárolják (5.12. ábra), amíg felfűtésre nem kerülnek. A fűtés gáz-oxigénégőkkel történik (a beszállító által megadott program szerint), a kagylókat pedig külön melegítik (5.13. ábra)

5.12. ábra Közbensőüstök tárolása



5.13. ábra Közbensőüstök kagylójának hevítési megoldásai [2]

5.1.3. Kristályosító

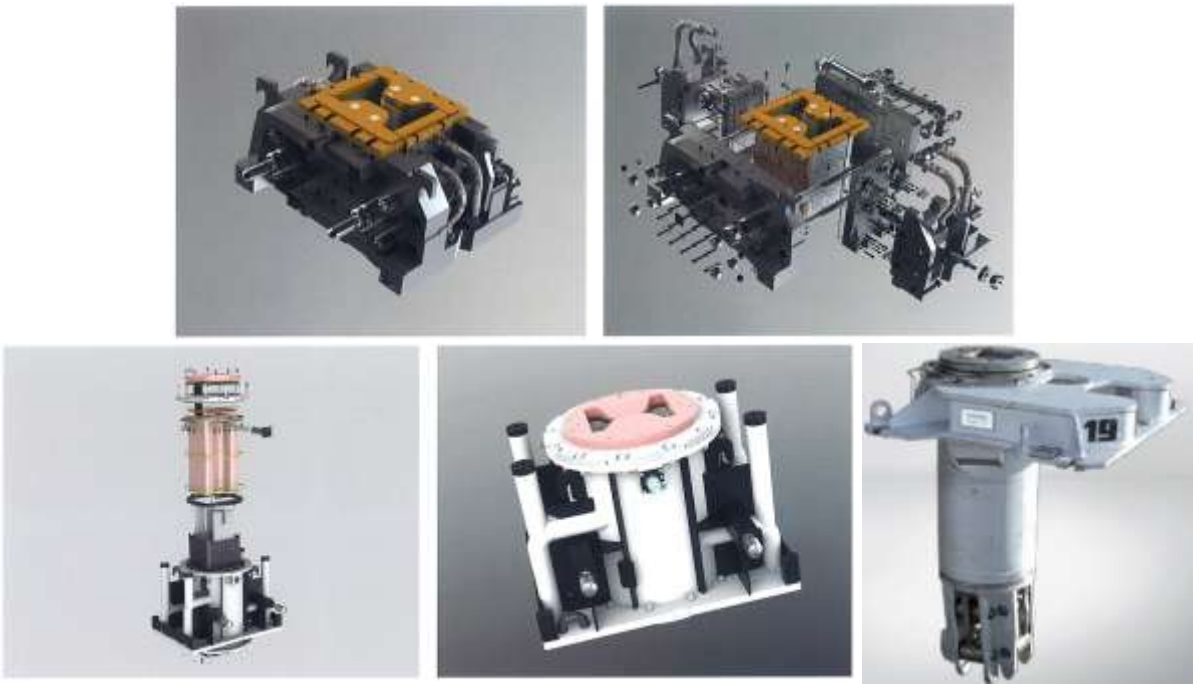
A kristályosító feladata a közbensőüstből átkerült acél olvadék kristályosításának megkezdése egy olyan kéreg képzésével, ami képes ellenállni az acél ferrosztatikus nyomásának, hogy a szekunder zónában víz permetezéssel teljes keresztmetszetében visszahűthető legyen. A kristályosítót tekintjük a hűtés első (primer) zónájának, majd innen kerül a szekunder zónába, ahol a görgők vezetik a húzó-egyengető berendezéshez, Ezek a görgők mozgatják a szálat az öntőgépben és továbbítják a vágóberendezésen keresztül a hűtőpadig.

A kristályosító egy – általában nikkellel vagy krómmal bevont – rézbetétből és egy házból áll, ahol a lágyított víz folyamatosan áramlik (5.14. ábra), hogy biztosítsa az intenzív hűtést. A rézlemez víz felöli oldalán a lemezbe csatornákat munkálnak, a jobb hűtőhatás biztosítására. (5.15. ábra) A bugaöntésre használt kristályosító fix keresztmetszetű, a bramma öntésére használtnak a vastagsága állandó a szélessége viszont változtatható (5.16. ábra).

A megdermedt szál elválasztását a faltól nyitott öntés esetén repceolajjal, zártöntésnél öntőporral, illetve a kristályosító oszcilláló mozgatásával oldják meg. A ciklikus mozgás frek-

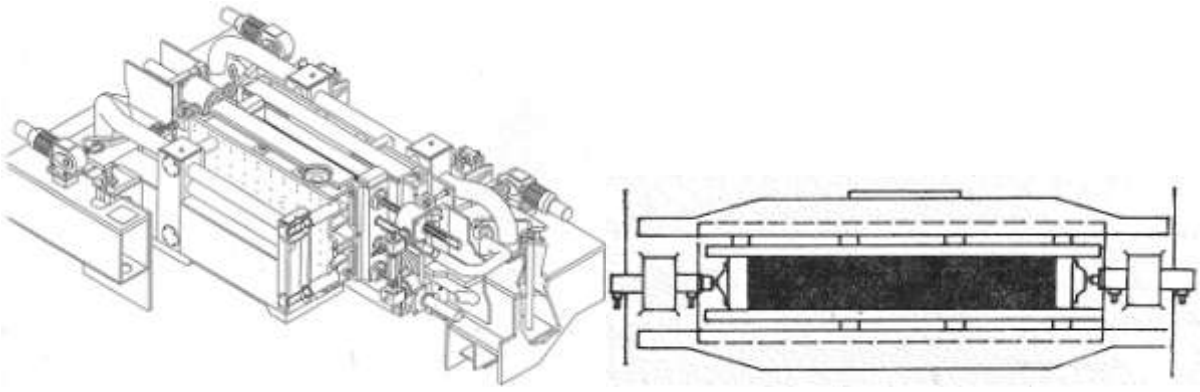
venciáját az elhúzás sebességének függvényében határozzák meg, az úthosszát pedig az acél összetétele és hőmérséklete alapján választják meg.

A kristályosító végén található görgő segíti a szál továbbítását a szekunder zóna felé (5.17. ábra).

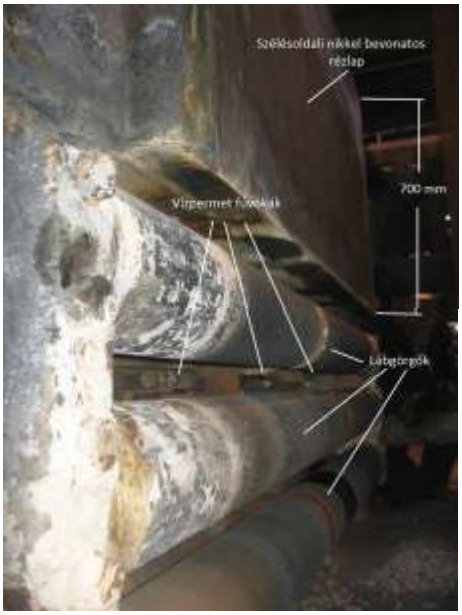


5.14. ábra Buga öntésére alkalmas kristályosítók [2]

5.15. ábra Hűtővíz csatornák kialakítása a kristályosító rézbetétjében [2]



5.16a-c. ábra Állítható méretű kristályosító brammaöntésre [2]



5.17. ábra A kristályosító lábgörgői

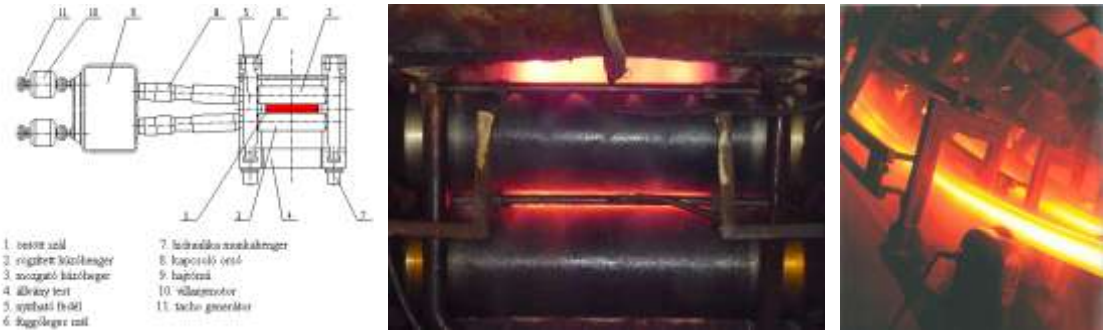
5.1.4. Másodlagos hűtőzóna

A másodlagos hűtés feladata, az acél kristályosítóban kapott kérgének a teljes keresztmetszetre kiterjesztése. A kristályosítótól addig a pontig megtett távolságot, ameddig teljesen megszilárdul az acél metallurgiai hossznak nevezzük. (A meniszkusz és a Mushy-zóna vége közötti távolság). Ez a távolság függ:

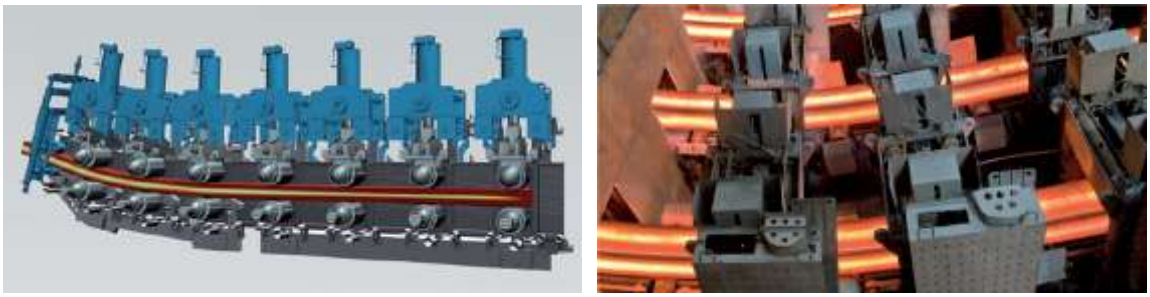
- az öntendő buga a keresztmetszetétől,
- a hűtés intenzitásától,
- az öntési hőmérséklettől,
- az acél összetételétől,
- öntési sebességtől.

A metallurgiai hossztól függ, hogy az adott öntőgépen milyen acélminőségek önthetők. Pl. a magasabban ötvözött acélokat, repedés érzékenységük miatt csak lassabb hűtéssel lehet visszahűteni, ezért hosszabb hűtőzónájú öntőgépen lehet leönteni.

A vízhűtés fúvókákon keresztül valósul meg (5.18a. ábra), miközben az acél folyamatosan mozog a zónában (5.18b-e. ábra). A mozgatást a húzó-egyengető görgők végzik (5.19. ábra), amik biztosítják a szál haladását, és ehhez hangolja az automatika a kristályosító oszcilláló ciklikus mozgásának a frekvenciáját is.



5.18. ábra Vízhűtés és a mozgató görgősor [2]



5.19. ábra Húzó-egyengető berendezések [2]

A szekunder hűtőzónából kilépett szálat vízpermettel, levegővel vagy a kettő kombinációjával hűtik tovább (tercier hűtés), majd darabolásra kerül.

5.1.5. Száldarabolás

A leöntött szálat a továbbfelhasználás célnak megfelelő hosszúságra darabolják. A vágás történhet: ollóval, illetve lánvágással (oxigén, acetilén-oxigén, földgáz-oxigén) (5.20. ábra).

5.20. ábra Bramma vágása oxigénlánggal

5.1.6. Reoxidáció elleni védelem

A folyamatos öntés kialakulásának kezdetekor még nem volt az acél összoxigéntartalmára – bizonyos acéltípusoknál pl. betonacéloknál még ma sem – olyan szigorú előírás, mint a mai korszerű minőségeknél. Ekkor nem okozott különösebb gondot az, hogy az acél az öntőüstből a közbensőüstbe, illetve a közbensőüstből a kristályosítóba jutásakor találkozott az atmoszférával.

Ma, amikor az acélból készült szerkezetek és eszközök minőségének javítását az acél tisztaságának növelésével érik el, hatalmas jelentősége van a reoxidáció elkerülésének, a folyékony acél környezettől való elszigetelésével.

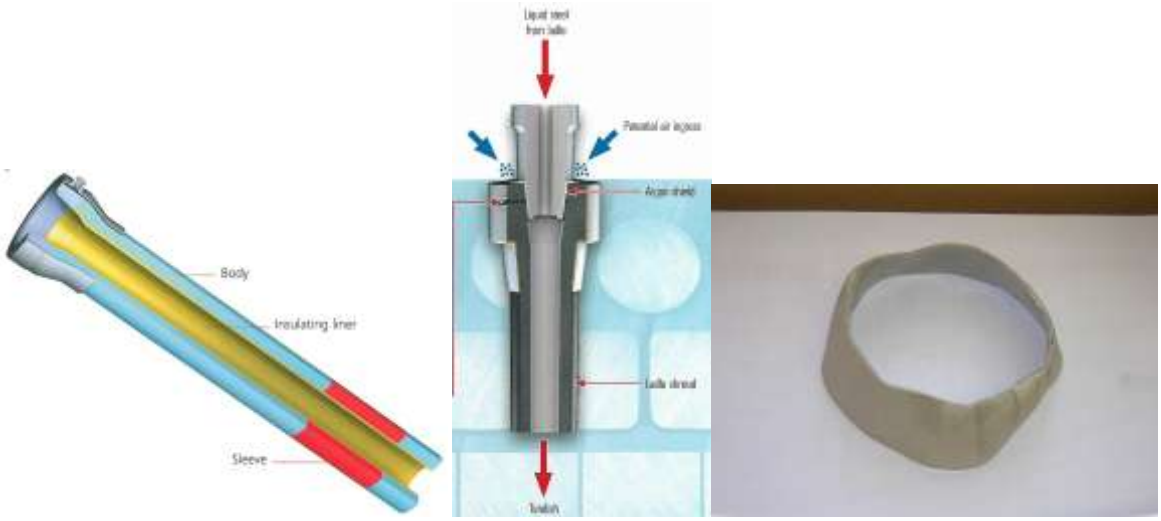
A légkör okozta reoxidáció káros hatásaként bekövetkezik a folyékony acél vastól kevésbé nemesebb alkotóinak az oxidációja, ami különösen az alumínium esetén kritikus, mivel a keletkező Al_2O_3 az acél öntési hőmérsékletén szilárd halmazállapotú. A szilárd alumíniumoxid a kagylókra kirakódva kagylószűkülést (nozzle clogging) okozhat, ami megnehezíti, vagy akár el is lehetetlenítheti az öntést.

A levegő okozta reoxidáció hatását az alábbiakkal lehet csökkenteni:

- üstsalak kémiai összetételének szabályozásával,
- öntőüst kagylójára csatlakoztatott sugárvédőcsővel,
- közbensőüst felszínén képzett salakkal,
- közbensőüst kagylóira csatlakoztatott merülőcsövel,
- a kristályosítóban lévő folyékony acél felületére adagolt öntőporral.

5.1.6.1. Sugárvédőcső

A sugárvédőcsövet (5.21. ábra) az öntőüst kagylójára csatlakoztatják (5.22. ábra) abból a célból, hogy a kilépő acélsugár ne találkozhasson az atmoszférával. A csatlakozások mentén fellépő beszívódások elkerülésére argoninjektálást, vagy tömítőanyagos zárást alkalmaznak. (5.21b-c. ábra).

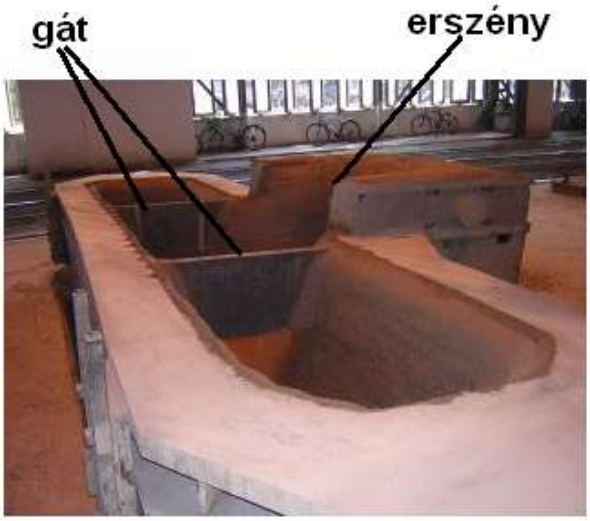


5.21. ábra Sugárvédőcső és reoxidáció elleni védelme [2]

5.22. ábra Sugárvédőcső csatlakoztatása az üst tolózárhoz [2]

5.1.6.2. Fedőpor alkalmazása

A közbensőüst tetejére a redukáló hatású salak kialakításához fedőport adagolnak. A közbensőüst két részre osztható (5.23. ábra), ennek megfelelően kéttípusú fedőport használnak (5.1. táblázat). Az acél beömlésének (erszényének) helyére, ahová a sugárvédőcső merül, bázikus jellegű fedőport adagolnak. Ahol ez, a CaO nagy olvadási hőmérséklete miatt nem megoldható növelt SiO_2-tartalmú porokat használnak. A közbensőüst másik részébe, ahol a dugórúd (vagy tolózár) működik, semleges vagy savanyú kémhatású fedőpor használatos. A 5.1. táblázat a Dunaújvárosban használt kétféle fedőpor összetételét ismerteti.



5.23. ábra Közbensőüst kialakítása az öntés megkezdése előtt

5.1. táblázat Folyamatos öntéskor alkalmazott fedőporok kémiai összetétele

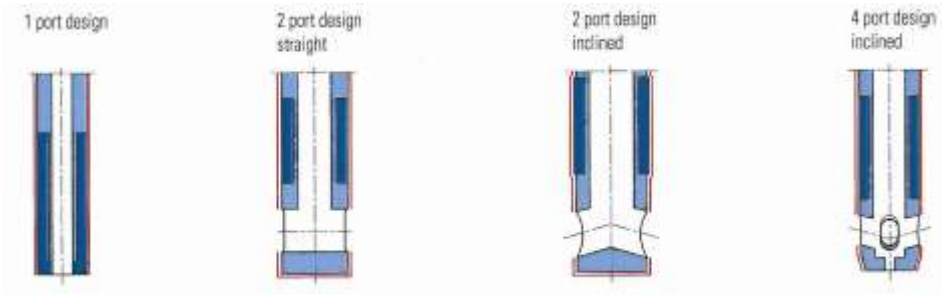
Megnevezés	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O+K_2O	C_{elemi}
Erszénybe adagolva (I. típus)	40 %	20 %	8 %	1 %	1,5 %	3 %	>25 %

Megnevezés	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	K_2O
Dugó köré adagolva (II. típus)	95,55 %	0,46 %	0,74 %	0,4 %	1,83 %

Megjegyzés: Erszénybe, a két gát között: I. típusú por (kb. 33%-a az összes pornak), a dugó köré: II. típusú por (kb. 67%-a az összes pornak) kerül

5.1.6.3. Merülőcső

A közbensőüst aljára szerelt merülőcsőnek nemcsak a reoxidáció elleni védelemben van feladata, hanem a turbulenciák megszüntetésével az áramlás „megnyugtatása” is fontos feladata. Az utóbbi célra kifejlesztett merülőcső típusokat szemlélteti a (5.24 ábra).



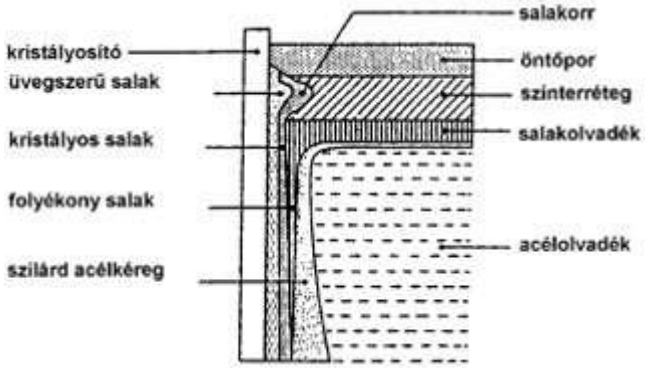
5.24. ábra Merülőcső típusok [2]

A merülőcső végződését az öntött buga/bramma alakjának megfelelően választják meg. Pl. A vékonybramma öntésre alkalmazott merülőcsőnek „lágyabb” elosztást kell biztosítania (5.25a. ábra), mint amit a hagyományos bramma esetén használtnak (5.25b. ábra).

5.25. ábra Vékony és hagyományos brammák öntésének modelljei [2]

5.1.6.4. Öntőpor

A nyitott öntésnél a kristályosítóba adagolt repceolaj megfelelő kenést biztosít a szál kenésére, de ez nem elégséges a reoxidáció ellen. Ezért manuálisan vagy automata segítségével egyenletes mennyiségben, öntőport adagolnak a kristályosítóban lévő folyékony acéltükör tetejére. Az öntőpor a nagy hőmérséklet hatására [22] megolvad befedi a folyékonyacélt, a kristályosító fala mentén megszilárdult acélkérget (5.24. ábra), ugyanakkor biztosítja a megszilárdult acélkéreg és kokilla fala közötti kenő réteget.



5.26. ábra Az öntőporból kialakuló rétegek a kristályosítóban [22]

A reoxidáció megakadályozása használt öntőporral szembeni követelmények olvadási jellemzői:

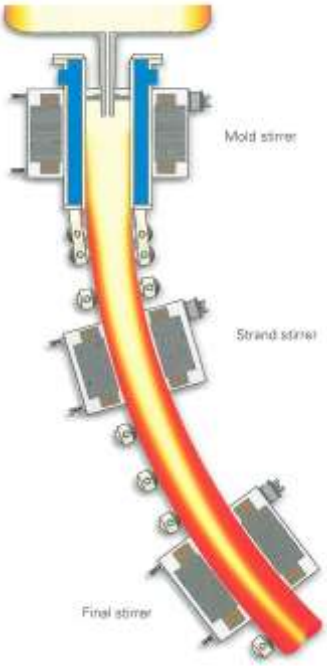
- kis FeO-tartalom, bázikus összetétel, nagy C_{free}-tartalom,
- a kokilla kenését segítő alkotók (SiO_2, Na_2O, K_2O),
- a salak és az oxidok közti felületi feszültség.

A kialakult salaknak további fontos feladata a nemfémes zárványok felvétele, amire fontos hatással van:

- a keletkező salak és a felúszó zárványok közti felületi feszültség mértéke,
- a salak viszkozitása,
- a salak Al_2O_3-oldóképessége.

5.1.7. Elektromágneses keverés

A primerszövetben kialakult dúsulások csökkentését segíti a folyékony acél indukciós keverése. Az induktorok lehetséges helyeit mutatja be az 5.27. ábra.



5.27. ábra Az indukciós keverésre alkalmazott induktorok helyei [2]

Az indukciós keverő-berendezések típusát mutatja az 5.28. ábra.

Szálkeverő | indukcióskeverő metszete | beépített kokillakeverő egység

5.28. ábra Az indukciós keverésre használt induktorok [2]

5.2. Öntőgép üzemeltetése

5.2.1. Öntés előkészítése, indítása

Az öntés előkészítése a kiszolgáló- és öntőberendezések teljes körű ellenőrzésével kezdődik. Elvégzik az előzőleg kifalazott, bekagylózott, dugómozgató berendezéssel felszerelt közbensőüst ellenőrzését, majd elkezdik a felfűtését. Végrehajtják az előzőleg külön munkapadon beszabályozott és hidegen kipróbált kokillák beépítését, a víz- és levegőfúvókák valamint a lábgörgők ellenőrzését.

Ezt követően-megkezdik a 0-szinten lévő ú.n. indító-hidegszál feljuttatását a kokilla aljához. A indítószálat az öntött szállal ellentétes irányban juttatják fel a kokilla alsó 1/5 részébe a húzó-egyengető berendezés segítségével majd a kokilla és a hidegszálfej közötti hézagot tűzálló kötéllel tömítik. A hidegszálfejre kevés acélforgácsot és apró acélhulladékot adagolnak, az öntés megindításakor belépő folyékony acél megszilárdulásának gyorsítására.

Az indítószál alakja és mozgatása függ az öntőgép kialakításától. A függőleges öntőgépnél egy rövid bugát vagy brammát alkalmaznak. Szálelhajlításosnál több tagból álló hevederesen összeállított hidegszálat, használnak.

Az öntés főbb mozzanatait fényképek segítségével mutatjuk be.

1. Öntőüst felhelyezése a fordítótoronyba (5.29. ábra)

5.29. ábra Öntőüst megérkezése, öntőállásba emelése

2. Felszerelik a tolózár mozgató szerkezetet az üst aljára (5.30. ábra), majd öntési pozícióba fordítják az öntőüstöt.

5.30. ábra Tolózár mozgató hidraulika felszerelése és az üst befordítása

3. A közbensőüstöt öntőpozícióba mozgatják (5.31. ábra)

5.31. ábra Közbensőüst öntési pozícióba állítása

4. Sugárvédőcső felhelyezése (5.32. ábra)

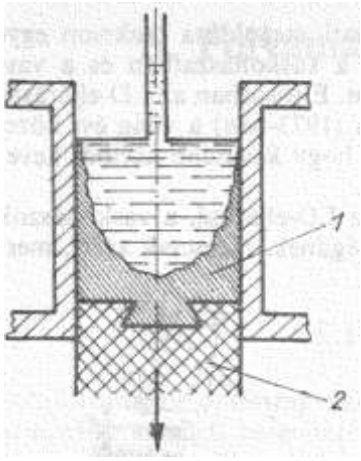
5.32. ábra Sugárvédőcső felhelyezése

5. Üst tolózárának megnyitása, öntés megkezdése (5.33. ábra)

5.33. ábra Öntés megkezdése

6. Szálindítás (5.34. ábra)

Az acélolvadék a kristályosítóban rögtön összedermed az odahelyezett acéldarabokkal, majd amikor eléri a folyékony acél a kristályosítóban az izotópos jellel automatikusan beállított szintet, acél, csökkentett sebességgel elindítják a húzó-egyengető berendezést és kezdetét veszi a folyamatos öntés. Mikor már megfelelő kéreg alakult ki, fokozatosan növelik a húzási sebességet a technológiában előírt értékre.



5.34. ábra Szálindítás menete (1 - megszilárdult acélkéreg, 2 - indítószál)

7. Öntés

Öntés lefolytatását a vonatkozó technológiai előírások szerint végzik. Fontosabb paraméterek zártöntés esetén:

- öntési hőmérséklet,
- öntési sebesség
- öntőpor minőség, adagolandó mennyiség
- mágneses keverőberendezés esetén frekvencia (Hz) érték beállítás,
- darabolási hossz
- bugamegjelölési adatok
- melegbuga visszahűtés módja
- (amennyiben megoldott) hengerműbe melegen beadás

Az öntést kézi irányítással kezdik, azt követően számítógépes vezérlésre térnek át.

Esetleges üzemzavarok esetén, pl. nem nyílik meg indításkor az öntőüst tolózárja, vagy öntés közben beszűkül az üstkagyló, ekkor oxigénnel tisztítják ki a kagylót. A befúvott oxigén azonban szennyezi az acélt, ezért ezt a bugát elválasztják a többitől és acélhulladékként kezelik tovább.

8. Szál leválasztása

Amikor kiért az indítószál vége a bugadaraboló berendezéshez, akkor kb. 300 mm-es bugacsonk ráhagyásával leválasztják a bugától, majd a tároló helyre juttatják. A bugacsonkot mivel nem megfelelő tisztaságú, majd öntési hulladékként visszajáratják a primerkemencébe.

A méretre vágott bugákat hűtőrámákra továbbítják (5.35. ábra), automatikus feliratozó vagy bélyegzőgép segítségével megjelölik (5.36. ábra) és vagy közvetlenül melegen átadják a hengerműnek, vagy irányítottan hűtik vissza (pl. sisakkemencékben, hőpaplanos keszonokban) vagy bugatéri rámákon fejezik be a hűtést.

5.35. ábra Bramma kijáratása vágás után

5.36. ábra Bramma megjelölése vágás után

Természetesen bármikor történhetnek üzemzavarok, pl. nem nyílik meg indításkor az öntőüst tolózárja, vagy öntés közben beszűkül az üstkagyló, ekkor oxigénnel tisztítják ki a kagylót. A befúvott oxigén azonban reoxidációt okozhat, ezért az ekkor öntött bugát elválasztják a többitől, mivel az összetétele és a zárványtartalma eltér az adagból öntött többiétől.

5.3. Hazai folyamatos öntőművek műszaki jellemzői

Diósgyőrön kívül hazánkban Ózdon, Dunaújvárosban létesítettek folyamatos öntőműveket. Az öntőművek főbb jellemzői a 5.2. táblázatban láthatók.

5.2. táblázat Magyarországon 2009-ben működő folyamatos öntőművek adatai

Megnevezés	**ISD DUNAFERR ZRT.**	**jelenleg nem üzemelő diósgyőri öntőmű**	**ÓAM Kft.**
Géptípus	vertikális	Körívben hajlított gép, hajlított kokillával	Íves öntőgép
Öntési szálak	2 x 2 db	5	4
Száltávolság (mm)	4300	1250	
Öntési ívsugár (m)		10	
Öntési szálkereszt-metszetek	230x(860-1550)	□120; □ 150; 180; □225; 240 x 350	□130
Darabolási hossz (m)	4000-8800	3…6	
Üsttartalom (t)	135	80	60
Üstfelfogás	Fordítótorony	Fordítótorony	Fordítótorony
Darabolás	Oxigén lángvágó-gép	Oxigén lángvágógép	Olló

Acélminőségek	Lágyacélok, szerkezeti acélok, nemesíthető acélok. csőacélok, finomszemcsés mikroötvözött acélok…stb.	Karbonacélok, Közepesen ötvözött, Korrózióálló, Golyóscsapágy, Sín, stb.	Karbonacélok
Öntési sebesség tartomány (m/min)	0…0.7	0…2,5 (öntésnél) 0…4 (hidegszálnál)	0…3
Metallurgiai hossz (m)	max. 10.5	max. 13,6	
Buga elszállítás	Vasúti szerelvényen	Keresztirányú hűtőpadról daruval leszedve, kalitkába vagy hőpaplanos hűtőládába	Hengerműbe melegen beadva vagy keresztirányú hűtőpadról daruval leszedve
Öntési mód	Zárt	Nyitott vagy zárt	Nyitott
Mágneses keverés	-	Kokilla (rotációs) ill. szálkeverés	-

5.4. Folyamatos öntés dunaújvárosi gyakorlata

A Dunai Vasmű 1973-ban állította üzembe az első függőleges elrendezésű, kétszálas brammaöntőgépét, amelyet egy év múlva újabb öntőgép átadása követett. A két öntőgép a folyamatos fejlesztések eredményeképpen a Dunaújvárosban gyártott acélmennyiség (1,6-1,7 Mt/év) 100%-át önti le jó minőségben.

Az üstmetallurgiai kezelés elvégzése után az adagot speciális üstszállító vasúti szerelvény segítségével juttatják a folyamatos öntőműbe (FAM). A FAM területére érkezett adagot daru emeli az öntőszintre, majd az üstfordító állvány szabad villaágába helyezi. Ezután a tolózármozgató hidraulika beszerelése történik. A beszerelt adagot az üstfordítóval öntési helyzetbe, a közbensőüst kocsiban lévő közbensőüst fölé fordítják. A közbensőüst tűzállóanyag bélésű, a folyékony acéllal érintkező részeit az öntés megkezdése előtt megfelelő hőmérsékletre hevítik. Az acélöntőüstön lévő tolózár nyitása után megkezdődik a közbensőüst töltése. A közbensőüst feladata az acél két öntőszálra osztása és a zárványfelúszás elősegítésével az acél tisztaságának növelése. Dunaújvárosban a közbensőüst 20 tonna kapacitású. Jellemzően 5 adagos szekvenseket öntenek, a konverter teljesítményének maximalizálása érdekében.

A közbensőüst megtöltése után nyitják a kiömlő kagylókat elzáró záródugókat, aminek következtében a közbensőüstből az acél a kristályosítóba folyik. A folyékony acél reoxidációjának megakadályozása céljából zárt öntési láncot alkalmaznak, amelynek eszközei a sugárvédőcső a nagyüst és a közbensőüst között, valamint a merülőnyúlványok a közbensőüst és a kristályosító között. A közbensőüstben lévő folyékony acélt hőszigetelő fedőporral zárják el a levegőtől. A kristályosítóban lévő acélfelületet öntőpor granulátum védi meg a levegő oxigénjétől, biztosítva egyúttal a kenést a megszilárduló kéreg és a kristályosító fala között.

A kristályosító vízhűtésű, rézlapokkal szerelt mozgatható kokilla, amelynek intenzív hőelvonó hatása révén a kritályosító fala mentén 20-25 mm vastagságú kéreg képződik, megindítva ezzel a folyékony acél megszilárdulását. A szálhúzás sebessége az öntött acél minőségétől és a szélességi mérettől függően 0,4-0,7 méter percenként. A kristályosító biztosítja a folyamatos

öntőgépen a primer hűtést. A kristályosítók téglalap szelvényűek, szélességi méretük állításával 860-1550 mm széles hidegállapotú brammaméretek önthetők. A bramma vastagsága lehűlt állapotban 230 mm, járatos hosszméret 8400 mm.
Az öntés indításakor hideg indítószálat alkalmaznak, amelynek fejrészébe, az ún. fecskefarokba dermed be az acél, megteremtve ezzel a szilárd kapcsolatot és a szálhúzás elkezdésének lehetőségét. Az indítószálat húzóhengerekkel húzzák ki a kristályosítóból, amelyhez kapcsolódva a dermedő szálrész a másodlagos hűtőzónán keresztül áthaladva teljes keresztmetszetében megdermed. A másodlagos hűtőzóna görgős szekciókból áll, ahol a szálat támasztó görgők között vízpermet biztosítja a hőelvonást. Az öntőgépek egyik jellemző adata a metallurgiai hossz, amely a kristályosítóban lévő meniszkusz szint és a hűtés hatására a szálban utoljára megdermedő szálrész közötti távolságot jelenti (tócsamélység). A húzóhengerekből kikerülő dermedt szálról a hűtővizet vízlefúvató berendezéssel fúvatják le és ezután földgáz-oxigén vágópisztolyokkal az előírt méretre darabolják. A levágott brammákat speciális kiadókocsi segítségével vízszintes helyzetbe buktatják, majd a kiadó görgősoron egy brammajelölő gép segítségével festik fel rájuk az azonosításukra jellemző szám és betűkódot.
Az azonosított brammákat daru segítségével szállítják a tárolási helyre, vagy a szállító vasúti szerelvényre. A brammák tárolása és szállítása is adagösszetartással történik. Vasúti szerelvények juttatják a brammákat a Meleghengermű hevítő kemencéihez, vagy a Brammaraktárba. A Brammaraktárban történik a hibás brammák javítása, átmeneti tárolása és a kísérleti adagok felületellenőrzése. Ezen a raktáron keresztül zajlik a brammák külső vevők felé történő kiszállítása és az import adagok leszedése.

5.4.1. Példa bramma folyamatos öntésének kivitelezésére

Dunaújvárosban az egyik legfontosabb termékcsalád a szilíciumszegény, alumíniummal csillapított lágyacéloké. Ennek az egyik jellemző minősége az St24, aminek gyártási előírását a 5.2. táblázat foglalja össze. Egy adagnak az öntési lapját pedig a 5.3. táblázat mutatja be.

5.2. táblázat St24 típusú acélra vonatkozó Acélmű Gyártási Előírás

DUNAFERR

Acélmű Gyártási Előírás

Név: St 24
Szabványszám: 104. VGYU

AcGyE:1040
Vezérminőségkód:100004
0.módosítás

Kémiai összetétel %					**Ötvözési javaslat**		**Fúvatás végi paraméterek**	
	Elfogadási kritérium		**Belső**		**Anyag %**	**kg**		
C:		- 0.06		- **0.06**	FeMn carb.:			
Mn:		- 0.30	**0.15**	- **0.30**	FeSiMn:		C-tartalom:	0.04 %
Si:		- 0.03		- **0.03**	FeSi:		Hőmérséklet:	1650 °C
P:		- 0.020		- **0.020**	CaSi:		Salak bázicitás:	3.00
S:		- 0.020		- **0.020**	Al:	250		
Al:	0.020	- 0.060	**0.025**	- **0.050**	FeV:		Betétösszeállítás:	
V:		-		-	FeNb:		salakhúzás:	nem
Nb:		-		-	FeMo:		Acélhulladék:	Normál
Cu:		- 0.15		- **0.15**	FeP:			
Cr:		- 0.15		- **0.15**	FeCr carb.:		**Adaggyártás:**	
Ni:		- 0.15		- **0.15**	FeCr aff.:		Alsó gázöblítés:	ált.techn.
Ti:		-		-	Al a salakba:		Utánöblítés:	9 m^3
Mo:		-		-	Ti-szivacs:		(3 perc 500 l/perc)	
B:		-		-	FeB:		Salakvisszazárás:	igen
N:		-		-	FeMn aff:		Szekunder salak:	
							fajtája:	menny:

Tlikv(felső-alsó) 1533°C 1526°C CaO+CaF2 800

Tlikv(átlag) 1529°C

	öntés		Üstmetallurgia					
Öntési hőm.:	**1545 °C -1570 °C**							
Öntési osztály:	**1**		Kezelés elötti hőmérséklet: **1615 °C**					
Húzási seb.B09:	**0.70**		Kezelés utáni hőmérséklet: **1595 °C**					
(m/perc) B10:	**0.65**		Kezelés	menny	felső Ar	alsó Ar	akt. O max. [ppm]	
B11:	**0.62**	ssz.	fajtája:	[kg]	[perc]	[perc]	elötte	utána
B12:	**0.60**	1/1	Argonozás	-	2	8	-	4.0

Megjegyzés: Csapolás elején elődezoxidálás 40 kg kokszdarával. Al-mokka a fél adag lecsapolása után.
Öntéskor a reoxidáció elkerülésére tömítőgyűrűs védelem.
Csiszolás nélkül a TK-re irányítható ha,
--a kristályosító beállítás üzemmódban műk. (A=6 mm, f=85 1/p v. A=11 mm, f=95 1/p),
--aktív oxigén SL kezelés végén < 5 ppm,
--összox.-tart. végpr.-ban < 50 ppm, N felv. a végpr. és a közb.üst pr. alapján < 10 ppm,
--öntési hőmérséklet <=1575 °C.
--A szekvens első és utolsó brammáját valamint az öntési rendellenességgel rendelkező brammákat csiszolóra kell irányítani (a nem megfelelő brammák kivételével!).
Cu+Cr+Ni: max 0.2500

Dátum: 2007.05.04

5.3. táblázat St24 típusú acél adagra vonatkozó Öntési lap

DUNAFERR ZRT **II.FAM ÖNTÉSI LAP** oldal: 1
Acélmû AC_02_014-0.verzió Módosítás száma: 1

ADAGSZÁM : 535740 Mûszak szám : 1 Bizonylat dátum:2011-05-04 13:04
Szelvény: B10 -B10 Programozott minõség: St 24

ÖNTÕ SZEMÉLYZET: Váltó mûszak

Foly.ir.kormányos:	Gallai Béla			
Foly.ir.öntõ:	Bukor Gábor			
Nagyüst kezelõ:	Bilinszki Norbert			
	3.szál	4.szál	3.szál	4.szál
Öntõ:	Juhász Gábor	Szabó Péter		
FAM kormányos:	Nagy Gyula	Sebestyén László		

KEZELÉS UTÁNI PRÓBA

C :0.026	Mn:0.211	Si:0.011	S:0.015	P:0.007	Cu:0.063	Cr:0.045	Ni:0.040
Al:0.058	V:0.002	Nb:0.002	Mo:0.004	Ox.:0.000	B:0.000	Ca:0.000	N:0.0000

NAGYÜST	**KRISTÁLYOSITÓ**	**3.szál**	**4.szál**
Üstszám: 15 Nagyüst nyitás: 0	Száma:	421422	471472
Kezdõ súly(t): 207.00 11:15	Öntés száma:	1265	401
Befejezõ súly(t): 81.20 12:07	Vízmennyiség m3:	344.2	333.0
Nettó súly(t): 125.80	Szinttartás:	AUTO	AUTO
Fordító villa: 1	Mozgató/motorsz:	12/8	11/5
	Öntõpor:	Prosimet D7SAT	Prosimet D7SAT

Sugárvédõ típusa: PUYANG CLT TGY
3.szál(m): 33.6-ig 4.szál(m): 33.6-ig

KÖZBENSÕ ÜST

szám	kocsi	adag	dugó 1/2	bélés	fedõpor
14	4	1	Ves.(hasznalt)	Jematun 20H	Nermat BF

ÖNTÉSI HÕMÉRSÉKLET	**MÁSODLAGOS HÛTÉS**	**3.szál**	**4.szál**
Min öntési hõmérséklet: 1556°C * idõ:11:34	1/A zóna,m3/óra:	16.54	16.52
Max öntési hõmérséklet: 1563°C idõ:11:44	1/B zóna,m3/óra:	23.32	23.30
Hõfok különbség: 7°C	2 zóna,m3/óra:	15.58	15.54
	3 zóna,m3/óra:	13.47	13.39
ÖNTÉSI SEBESSÉG 3.szál 4.szál	4 zóna,m3/óra:	10.87	10.89
Ajánlott: 0.65 0.65	5 zóna,m3/óra:	9.56	9.54
Átlag: 0.58 0.58	Összesen:	89.34	89.18

ÖNTÉSI IDÕ	3.szál: B10 **B R A M M Á K** 4.szál: B10									
				ki-	mû-				ki-	mû-
Öntésre várás: 51 perc	szám	hossz	súly	vágva	szak	szám	hossz	súly	vágva	szak
Kezdet: 11:19 2011.05.04	1	301L	8400	15.624	0	1	401L	8400	15.624	0	1
Vég: 12:17 2011.05.04	2	302L	8400	15.624	0	1	402L	8400	15.624	0	1
Tartam: 58 perc	3	303L	8400	15.624	0	1	403L	8400	15.624	0	1
	4	304L	8400	15.624	0	1	404L	8400	15.624	0	1

EGYEBEK	3.szál	4.szál
Bázisméret:	8400	8400
Rend. hely:	TK	TK
Ráöntés szám:	0	
Lábvég,m:	0.400	0.400
Fejvég,m:	0.000	0.000
Közb.üst medve,t:	0.000	
Elfolyás,t:	0.000	
Nagyüst medve,t:	0.000	
Egyéb,t:	0.000	
Kivágva,t:	0.000	
Összesen,t:	1.488	

Össz	4	33600	62.496	0		4	33600	62.496	0	

Adag: 8 db Hossz: 67200 mm Súly: 124.992 t Kivágva: 0 mm 0.000 t

DUNAFERR ZRT **II.FAM** oldal: 2
Acélmû **ÖNTÉSI LAP** Módosítás száma: 1

ADAGSZÁM : 535740 Mûszak szám : 1 Bizonylat dátum:2011-05-04 13:04
Szelvény: B10 -B10 Programozott minõség: St 24

M E R Ü L Õ K

3.szál	m	4.szál	m
RHI-TX18 (1.)	.00	RHI-TX18 (1.)	.00

MINÕSÍTÉS
AcGyE kód: 1040/0
Öntési osztály: 1

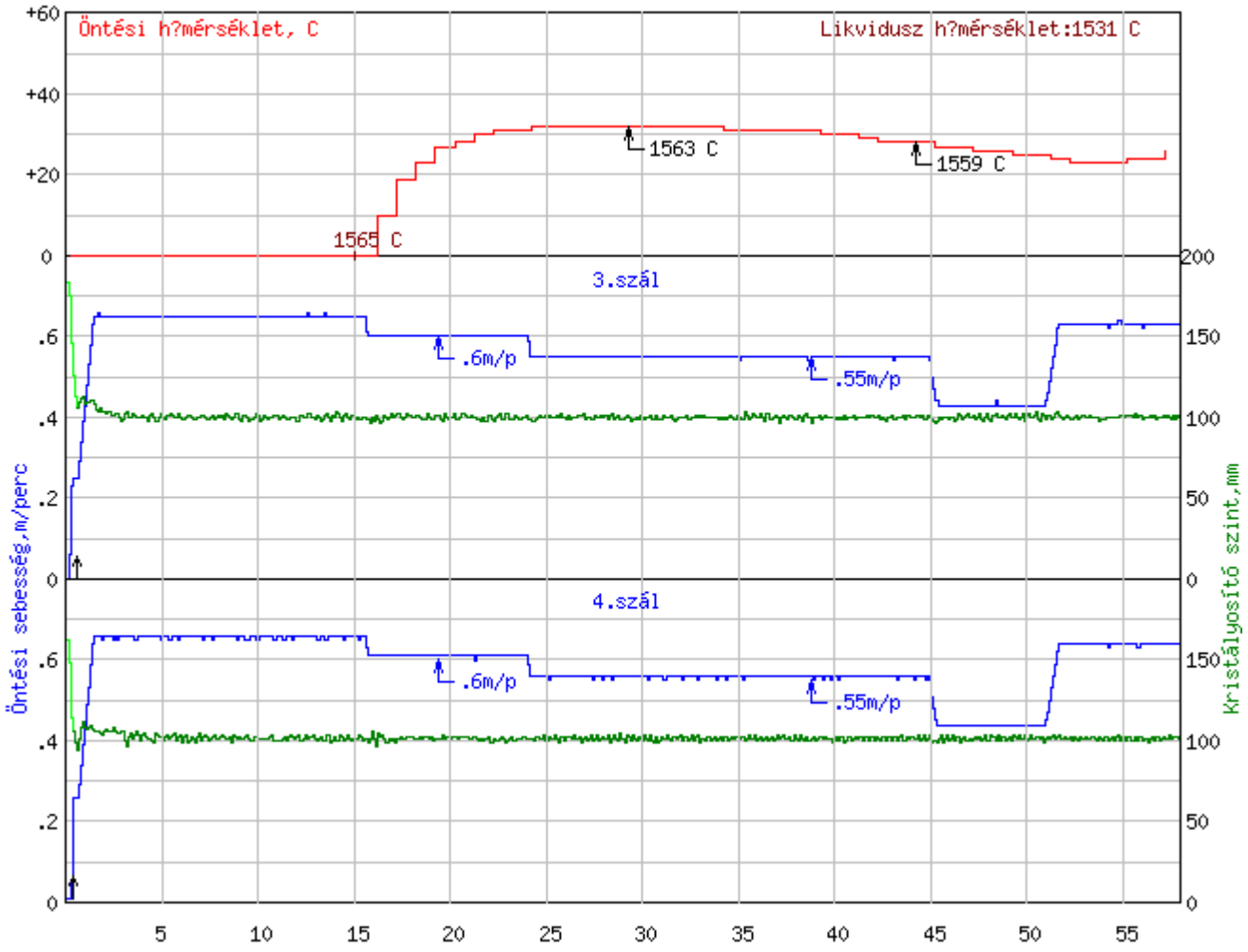
BEAVATKOZÁSOK

3.szál	m - m	4.szál	m - m
Lassítás	9.50-30.00	Lassítás	9.50-30.00

Felület:

Ellenõrzésvezetõ

Megjegyzés: Próbavétel: 4/8.4-25.2 m-nél.
01/2011/AC/KP
301, 401-es bramma csiszolós /CS/.
Lassítás term. vez. utasításra adagra várás miatt.



FAM mûszakos üz.vez.

A minőségbiztosítási rendszer előírásai szerint az utólagos rekonstruálhatóságért a számítógépes rendszer az öntési lapon részletesen rögzíti az öntés legfontosabb adatait. Feltüntetik az adag azonosítóit, az adag üstmetallurgiai kezelés utáni kémiai összetételét. Az öntésben résztvevő személyzet nevét, a használt tűzállóanyagok típusát, az öntés paramétereit. Diagramon ábrázolják az öntési sebességet, az acél szintjének változását a kristályosítóban, a közbensőüstben folyamatosan mért hőmérsékletet.

A leöntött és megjelölt brammákat a fedett brammatéren hűtik vissza környezeti hőmérsékletre. A felületi hibákat a brammaraktár területén javítják.

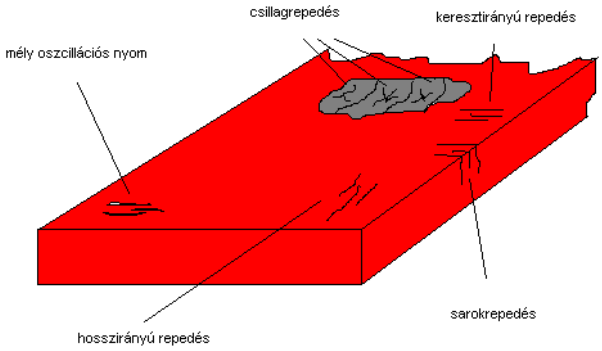
A folyamatosan öntött brammák javításának szabályai a Dunaferrnél (5.37. ábra)

- A brammák felületén keletkező hibákat lángfúvatással javítják.
- A javítás mélysége legfeljebb 25 mm lehet.
- A felületi hibát lejtősen, éles átmenet nélkül úgy kell kijavítani, hogy a melegalakítás során rálapolások, pikkelyek ne keletkezzenek. A javítás mélysége és szélessége közt legalább 1:8 arány legyen.
- A vágási felületen szabad szemmel látható belső anyaghibák-szívódási üregek (lunkerek), rétegződés, repedések, nemfémes zárványok nem lehetnek.
- A javításra sorolt brammákat minden esetben hibamentesre kell javítani.
- A javított felületet a fúvatási sorjától, salaktól mindig le kell takarítani.

5.37. ábra Brammajavítás

5.5. Folyamatosan öntött bugák minőséghibái

A folyamatosan öntött bugák jellegzetes hibáit az egyes acélművek hibaatlaszokban, hibakatalógusokban rögzítik. A brammákra leginkább jellemző hibákat a 6.38. ábra mutatja be.



5.38. ábra Az öntött bramma jellegzetes hibái

Az öntöttbugákra jellemző hibák [16].

a.) Torzult FAM buga keresztmetszet (5.39. ábra)

5.39. ábra Torzult keresztmetszet

Hiba leírása: a négyzetes szelvény szemben lévő két oldalán átló irányú mérettorzulás, konkávíves behúzódás.

Keletkezés oka: egyenlőtlen hűtési viszonyok. A kokillában, majd a szekunder zónában kialakuló egyenlőtlen hőelvezetés miatt feszültségek keletkeznek a szálkéregben, aszimmetrikus kristályosodási frontot indukálva keresztmetszet beszűkülést vagy bővülést, súlyos esetben hosszrepedést okoznak.

Hibamegelőzési javaslat: kisebb mértékű (max. 5 %) szelvénytorzulás az öntést követő hengerlési folyamattal még javítható, nagyobb eltérés esetén a buga hosszirányú repedésével kell számolni. A primer és szekunder vízhűtő-rendszer előkészítésének szigorítása.

b.) Melegbuga felületi sérülése (5.40. ábra)

5.40. ábra Idegen anyag okozta felületi benyomódás

Hiba leírása:	Felületen árokszerű benyomódás.
Keletkezés oka:	A meleg FAM buga továbbítása közben idegen anyag került a görgősori rendszerbe.
Hibamegelőzési javaslat:	Öntés előtt a bugatovábbító rendszer és az öntőgép megfelelő előkészítése és ellenőrzése.

c.) Durva felületi egyenetlenség (5.41. ábra)

5.41. ábra Felületi egyenetlenség

Hiba leírása:	Keresztirányban elhelyezkedő felületi redőzet.
Keletkezés oka:	Oszcilláció és a húzási sebesség nem kellő összehangolása.
Hibamegelőzési javaslat:	Az adott minőségre vonatkozó technológia szigorú betartása. Az öntési sebesség növelésével, az acél viszkozitásának, valamint a kristályosító löketmagasságának csökkentésével a keresztirányú, periódikusan jelentkező hullámosság mértéke csökkenthető.

d.) Csiszolt állapotú FAM buga felületébe pontszerűen benyomódott zárványok (5.42. ábra)

5.42. ábra Öntőporos zárványhibák

Hiba leírása: FAM buga csiszolt felületén több apró, kis átmérőjű bemélyedések.

Keletkezés oka: öntőporos salak betapadásából származó lyukszerűen kialakult bemélyedés. Ezek a késztermékeken pikkelyszerű hibaként is jelentkezhetnek.

e.) Lunkeresség, belső porozitás (5.43. ábra)

5.43. ábra Belső üregesség

Hiba leírása: tengelyirányban eloszló, kisebb üregek az öntött szál magjában, fémhidakkal megszakítva.

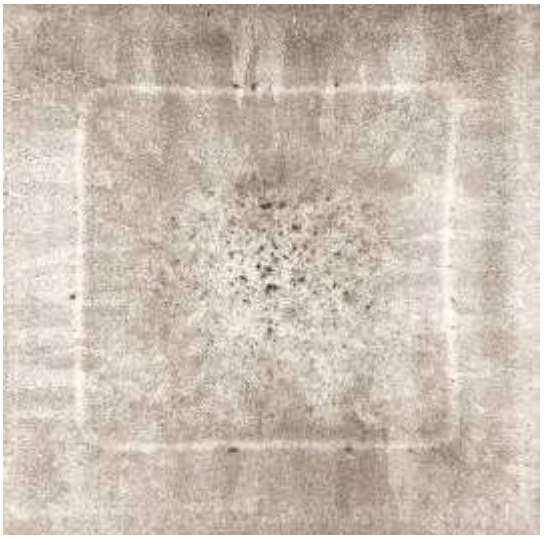
Keletkezés oka: A folyékony acél utánpótlása a középzónában nem lehetséges, növekvő öntési sebesség valamint az erős transzkrisztalizáció miatt.

Ez a lunkerfajta nem tévesztendő össze a normál öntéskor is előforduló, (lásd fenti ábrát) szakaszosan jelentkező folytonossági hiánnyal, amely melegalakításkor – kellően dezoxidált, zár-

ványszegény acél esetében – káros következmény nélkül összeforr.

Hibamegelőzési javaslat: Optimális öntési hőmérséklet és sebesség beállítás

f.) Negatív dúsulás (5.44-45. ábra)



5.44. ábra Mágneses keverés hatásának makrovizsgálata a folyamatosan öntött buga keresztirányú metszetén

5.45. ábra Mágneses keverés hatásának makrovizsgálata hengerelt buga keresztirányú metszetén

Hiba leírása: vékony sávú zárt jellegű (negatív) dúsulás

Keletkezés oka: az öntésnél alkalmazott szálirányú mágneses keverési intenzitás túlzott megnövelése

Hibamegelőzési javaslat: Optimális keverési intenzitás kikísérletezése

5.6. Folyamatos öntési technológia tervezése

Az öntőgépek tervezését a létesülő vagy meglévő acélművek termelési és termékszerkezeti programjához kell igazítani. Tervezésnél egyik fő szempontja a „folyamatos öntés centrikusság" biztosítása, vagyis *a FAM ciklusidőkhöz történő termelési program megalkotása*. És nem fordítva! Csak így lehet a több adagos szekvensöntést megvalósítani és ezzel a költségeket csökkenteni.

A nagy szekvens-számú öntési mód elérése, az acélgyártó- és öntőművek „óraműszerű"összehangolását igényli, beleértve a logisztizált termelés irányítást, a tervszerű megelőző karbantartást és a jól felkészült szakemberek meglétét igényli [24].

Korszerűen megtervezett és működtetett acélműveknél, jelenleg már igen nagy szekvens-számú termelést is elértek. Minőségi- és memesacéloknál, ahol komplex üstmetallurgiai rendszert is működtetnek, egy szekvens-öntéssel 3-9 adagot, alapacélok esetében – közbensőüst „repülő"váltással – a fantasztikusnak mondható több napos, megszakítás nélküli öntést is elérték! Ez a szám hazai üzemeknél is kedvezően alakult (5.4. táblázat)

5.4. táblázat Folyamatos öntési szekvens-számok alakulása

Megnevezés	Átlag		Maximum	Megjegyzés
	Alapacélok	Speciális acélok		
ÓAM	20	-	25	Közbensőüstnél öntés közbeni kagylócsere
DAM	6	3	28	Közbensőüst csere öntés közben
DV	5	2-3	9	Közbensőüst csere öntés közben

6. ÜSTMETALLURGIA SZIMULÁCIÓJA

6.1. A szimuláció bemutatása

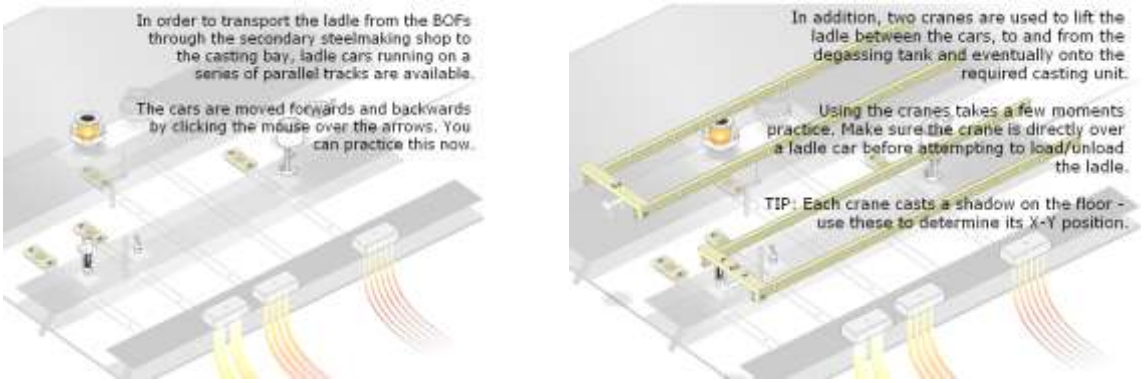
A steeluniversity.org oldalon (6.1. ábra) lehetőség van az üstmetallurgiai kezelések modellezésére egy Flash program segítségével.
A program *Steel Processing* részének *Secondary Steelmaking* modulján belül a 15-ös fejezet (*Secondary Steelmaking Simulation)* (6.2. ábra) tartalmazza a szimulációs programot. A Flash program a csapolást bemutató ábrára kattintva indítható el.

6.1. ábra steeluniversity.org nyitóoldala

6.2a-b. ábra Az üstmetallurgiai eljárások és a szimuláció nyitóoldala

A szimuláció során lehetőség van megismerni a különböző üstmetallurgiai eljárások (6.3. ábra) működését, az oxigénes konverterből lecsapolt nyersacél – az előírtaknak megfelelő összetételű, hőmérsékletű, zárványtartalmú és az előírt időre a kijelölt folyamatos öntőműbe szállított – készacéllá gyártása során. A rendelkezésre álló széles üstmetallurgia palettából (felső argonos kezelés – *Ar Stir Station*, kémiai hevítés - *CAS-OB*, részletekben vákuumozás – *Recirculating Degasser*, üstkemence – *Ladle Furnace*, vákuumozó kamra – *Tank degasser*) gazdaságossági okok miatt mindig csak a feladathoz feltétlenül szükségeseket tanácsos használni.
A program bemutatja az üzemen belüli szállítás módjait, hogy ezzel is még nagyobb rálátása legyen a felhasználóknak az üzemszervezés folyamataira (6.4. ábra). Az egyes állomásoknál üstáthúzó kocsival lehet a berendezés alá, illetve alól kihúzni az üstöt. Az üstöt az egyes csarnokok között, illetve a folyamatos öntőműbe daruval lehet szállítani.

6.3. ábra Az üstmetallurgiai állomások elhelyezkedése az üzemcsarnokban

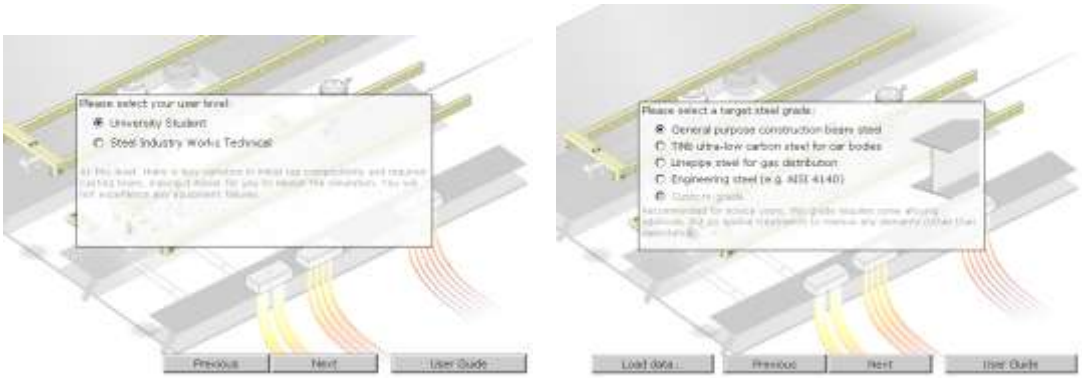


6.4a-b. ábra Az üstmetallurgiai állomások közötti mozgatási lehetőségek: üstáthúzó kocsik, daruk

A konverterből salakmentes a csapolás, az üstök és a berendezések előmelegítése rendben megtörtént, ezért nem kell figyelembe venni az ezekből származó hőveszteséget.

6.2. A szimuláció működtetése

Az új képernyőn megnyíló program több szintet (6.5a. ábra) is felkínál a felhasználó részére.



6.5a-b. ábra Nyitóoldal, lehetséges profilok és acélminőségek kiválasztása

– *University student* (egyetemi hallgató) szint

Ezen a szinten az alkalmazótól azt várják el, hogy tudományosan közelítse meg a problémát, felhasználva a releváns termodinamikai és kinetikai elméleteket a különböző eljárás-lehetőségekkel kapcsolatos döntések hozatala érdekében. Például az alkalmazónak ki kell számítania a beadagolandó ötvöző mennyiségét, a gáztalanítás idejét, a hőmérséklet ingadozásokat, stb.
Ezen a szinten nem kell üzemeltetési problémákat megoldani, és az ütemezés viszonylag egyszerű.

– *Steel Industry Works Technical* (üzemi technikus) szint

Ezen a szinten az a kívánalom, hogy tudományosan közelítsed meg a problémát. De gyakorlatra lehet szert tenni egy sor üzemi problémával kapcsolatban, ami azt igényli, hogy végezzen kiigazításokat tervei és használja fel a tapasztalatait a gyors döntés meghozatalához.
Tipikus üzemeltetési problémákra vonatkozó példák, amelyekkel találkozhat: az öntőműre előírt idő megváltozása, bizonyos acélgyártó egységek helytelen működése vagy rendelkezésre nem állása, az üstszállító kocsijának rossz működése vagy rendelkezésre nem állása, késések a kémiai elemzés eredményeiben stb.

A szint kiválasztása után anyagminőséget (*Target steel grade*) kell választani (6.5b. ábra). Az egyes acélminőségek tömegét, csapolási és végösszetételét, zárványosság szintjét, a folyamatos öntőműbe feladás időpontját és az ekkora elérendő célhőmérsékletét a 6.6. ábra foglalja össze.
Amennyiben többször is futtatjuk ugyanazon acélminőség gyártását, a feltételek többnyire megegyeznek, csak a rendelkezésre álló idő változik véletlenszerűen.

Chosen grade: General purpose construction beam steel

Ladle steel bath mass: ~100000 kg
Tap temperature: ~1650 °C
Aim temperature at caster: 1530-1540 °C
Required inclusion level: Moderate

	Tap	Aim	Min	Max
C	~0.0500	0.1450	0.1300	0.1600
Si	~0.0000	0.2000	0.1500	0.2500
Mn	~0.1200	1.4000	1.3000	1.5000
P	~0.0170	-	-	0.0250
S	~0.0150	-	-	0.0200
Cr	~0.0100	-	-	0.1000
Al	~0.0000	0.0350	0.0250	0.0450
B	~0.0001	-	-	0.0005
Ni	~0.0100	-	-	0.1500
Nb	~0.0000	0.0420	0.0350	0.0500
Ti	~0.0000	-	-	0.0100
V	~0.0000	-	-	0.0100
Mo	~0.0020	-	-	0.0400
Ca	~0.0000	-	-	-
N	~0.0030	-	-	0.0050
H	~0.0003	-	-	0.0005
O	~0.0400	-	-	0.0010

• Within spec • Below spec • Above spec

The ladle is required at: Bloom Caster.
Time until ladle required at caster: 1 hr 18 mins ±5 mins.

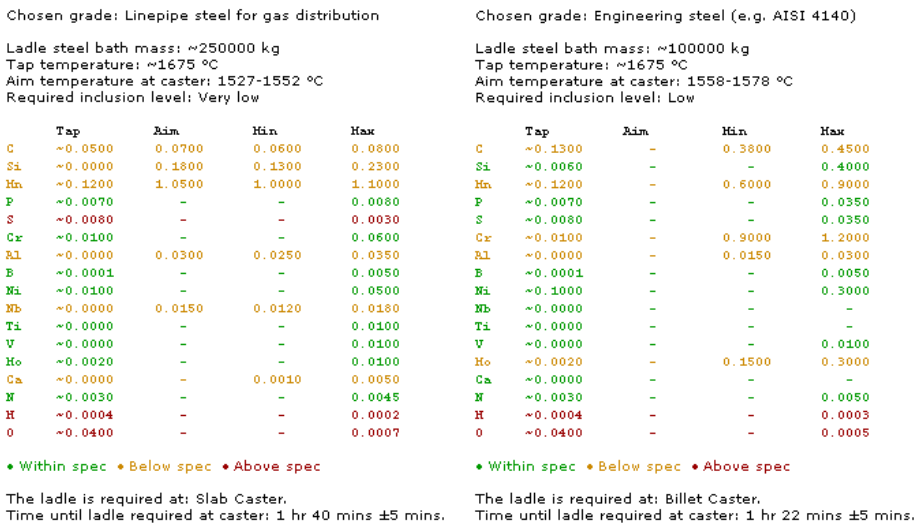
Chosen grade: TiNb ultra-low carbon steel for car bodies

Ladle steel bath mass: ~250000 kg
Tap temperature: ~1685 °C
Aim temperature at caster: 1555-1565 °C
Required inclusion level: Very low

	Tap	Aim	Min	Max
C	~0.0300	0.0030	0.0020	0.0040
Si	~0.0000	0.2100	0.1500	0.2500
Mn	~0.1000	0.7500	0.6500	0.8500
P	~0.0080	0.0650	0.0550	0.0750
S	~0.0100	-	-	0.0120
Cr	~0.0100	-	-	0.0500
Al	~0.0000	0.0450	0.0300	0.0550
B	~0.0001	0.0030	0.0010	0.0050
Ni	~0.0100	-	-	0.0800
Nb	~0.0000	0.0200	0.0100	0.0300
Ti	~0.0000	0.0300	0.0200	0.0350
V	~0.0000	-	-	-
Mo	~0.0020	-	-	0.0100
Ca	~0.0000	-	-	-
N	~0.0020	-	-	0.0040
H	~0.0003	-	-	0.0005
O	~0.0600	-	-	0.0005

• Within spec • Below spec • Above spec

The ladle is required at: Slab Caster.
Time until ladle required at caster: 1 hr 25 mins ±5 mins.



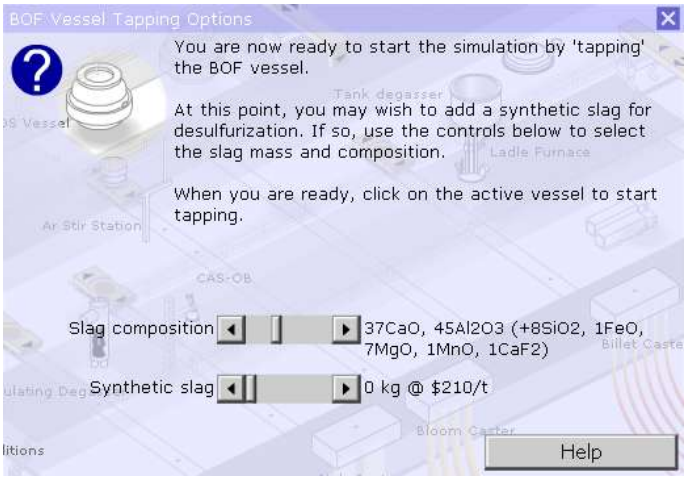
6.6a-d. ábra Összetételi és egyéb előírások az acélminőségek szerint

6.3. A gyártható acélfajták jellemzése

- Az általános rendeltetésű **szerkezeti acél (CON)** viszonylag igénytelen típus, amely minimális kezelést igényel és ezért **kezdő alkalmazók** számára ajánlott. Fő feladat, hogy megbizonyosodjon az ötvöző adagolások helyességéről.
- A **TiNb igen kis karbontartalmú acél (ULC),** a gépkocsi karosszéria részei számára maximálisan 0,0035% C-előírású az optimális alakíthatóság biztosítására. Ez körülbelül tizede a primer acélgyártás végén tipikusan meglevő karbon-szintnek. Fő prioritásod ezért a fölös karbon hatékony eltávolítására megfelelő acélgyártó üstmetallurgiai egység kiválasztása és ellenőrzése.
- A **csővezeték acél (LPS)** gáz szállítására szolgál, igen igényes fajta, mivel a nagy szilárdság és nagy törési szívósság kombinációja extrém kis szennyező (S,P,H,O és N) és zárványszinteket igényel. Csak a nagyobb gyakorlattal rendelkező felhasználónak ajánlott megkísérelni ezt a fajtát.
- A **gépészeti acél (ENG)** hőkezelhető acél típus. Jelentős Cr-t és Mo-t tartalmaz és kis hidrogén szintet igényel.

6.4. Adaggyártás

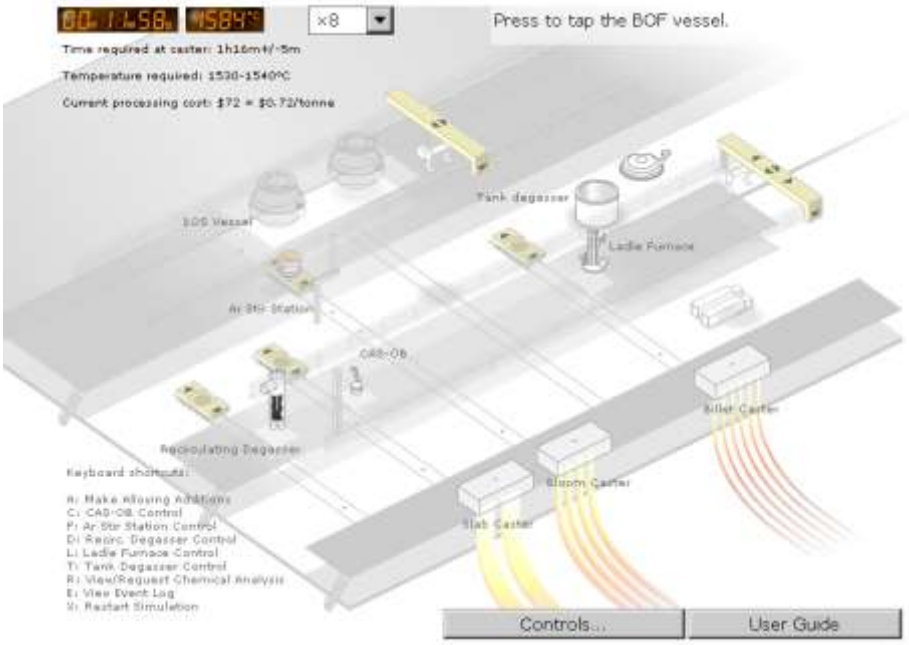
- Az acélminőség kiválasztása után megjelenik egy kérdés (6.7 ábra), miszerint milyen összetételű (33-45 % CaO, 49-37 % Al_2O_3, 8 % SiO_2, 1 % FeO, 7MgO, 1 % MnO, 1 % CaF2) és mennyiségű (0-3000 kg) szintetikus salakot szeretnénk csapolás közben az üstbe kéntelenítési célra adagolni. Az összetételt és a tömeget csúszkák mozgatásával lehet beállítani.
- A szintetikus salak kiválasztása után a konvertertestre kattintva megkezdődik a csapolás.



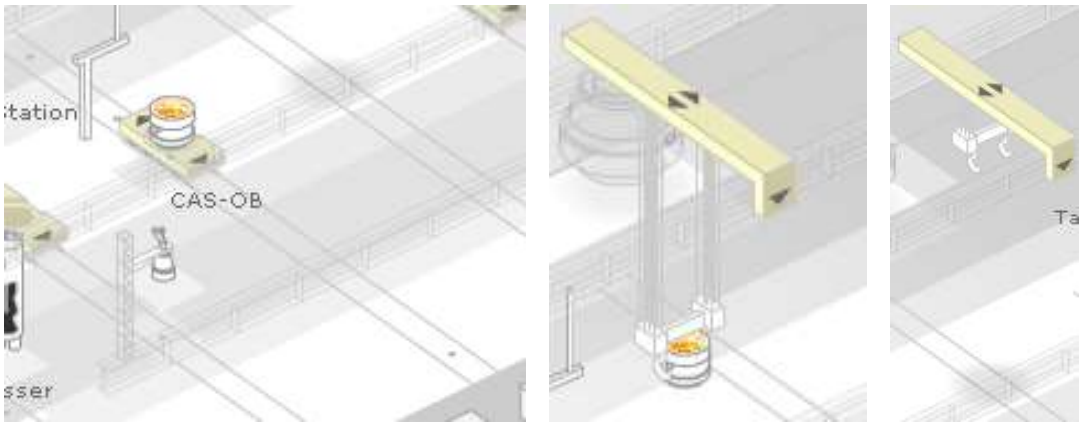
6.7. ábra Szintetikus salak kiválasztása

A csapolást követően az összefoglaló képen (6.8. ábra) megkezdődhet az üstmetallurgiai kezelés. Saját döntésünk, hogy az egyes eljárásokat milyen sorrendben vesszük igénybe. Fontos tudnivalók:

- Az üstöt üstkocsival és darukkal tudjuk a berendezések között mozgatni (6.9. ábra).
- Az üstkocsi a sínen pontokkal jelzett pozíciók között mozgatható (6.9a. ábra) a kocsi elején és végén látható nyilakra kattintva. Amennyiben elindítottuk a kocsit, de meggondoltuk magunkat, menetközben is megváltoztathatjuk az irányát.
- A darukat szintén a daruhídon feltüntetett nyilakkal irányíthatjuk (6.9b. ábra). Az emelést a hídon felül lévő, az emelést-süllyesztést a híd oldalán található nyilakkal végezhetjük. A pozícionálást segíti a daru árnyéka (6.9c. ábra).

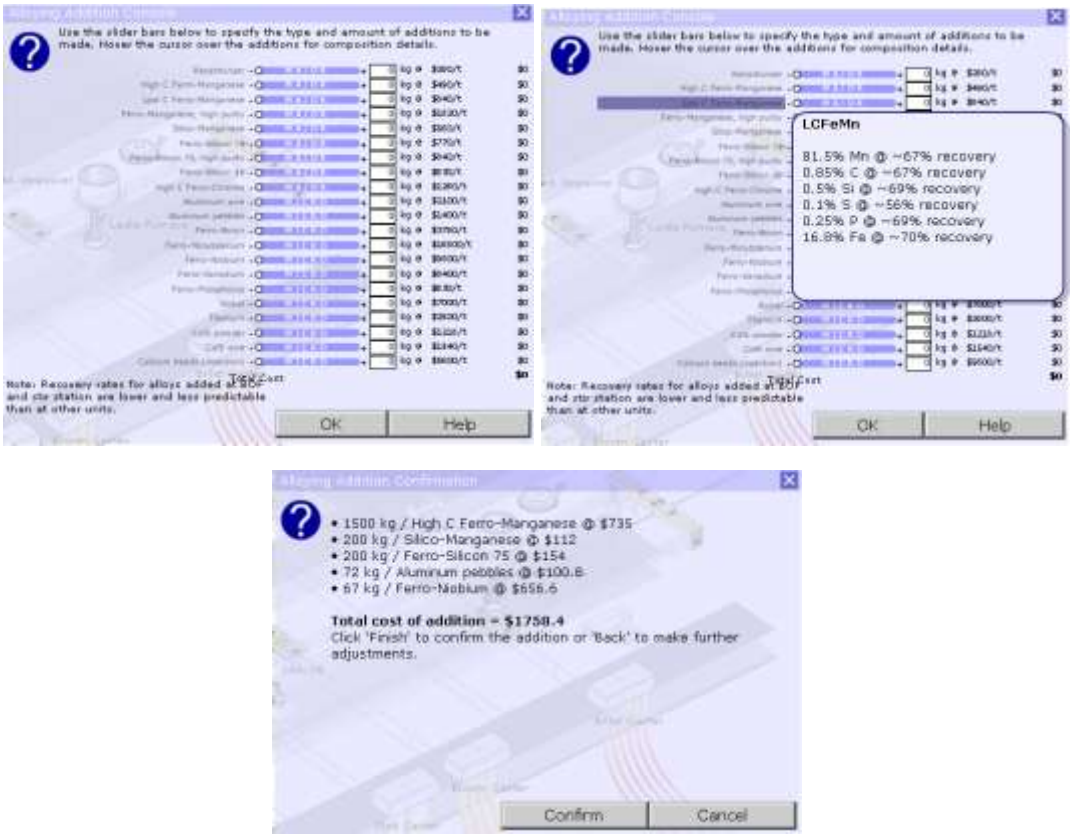


6.8. ábra Az üzemcsarnok összefoglaló képe

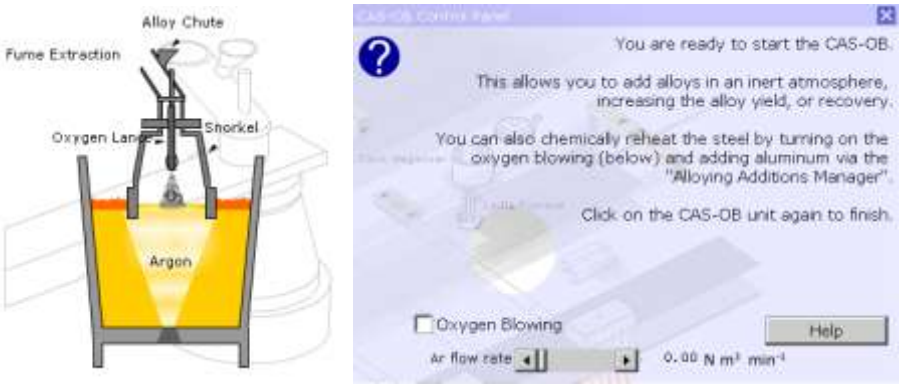


6.9a-c. ábra Üstkocsi és daru mozgatása

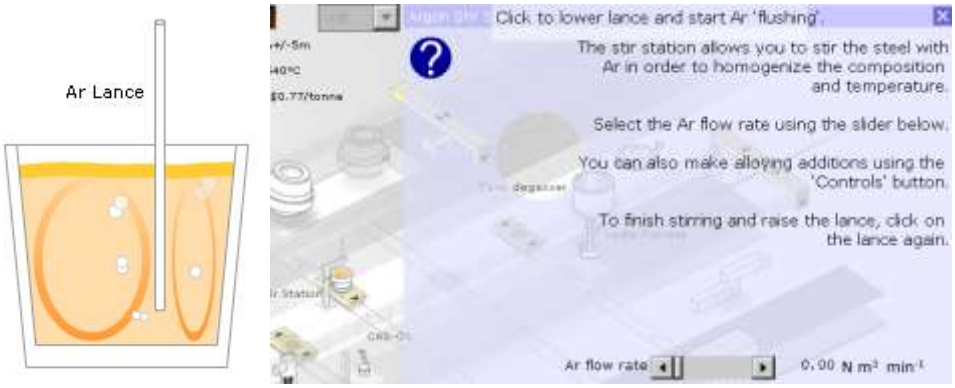
- A szimuláció sebessége szabályozható 1-4-8-16-32-64-szoros értékek között,
- Folyamatosan látható a folyamatos öntőműbe érkezés elvárt ideje és az ott megkívánt hőmérséklet, illetve az eddig felmerült költségek.
- A beállított hőmérséklet a vákuumkezelések és a szállítás során is mérséklődik, azaz némi túlhevítés szükséges.
- Az „***A***” billentyűvel történhet gyártás közben további adagolás (ötvözők, dezoxidálószerek, salakképzők, porbeles és porbefúvásos kezeléshez szükséges anyagok) (6.10a. ábra).
- Az ötvözők és egyéb hozaganyagok adagolása csak valamelyik állomáson, illetve a konverter alatt történhet.
- Az adagolási ablakban az egyes adalékok nevére állítva a kurzort, megjelennek az adott anyag összetevői és azok hasznosulásai (6.10b. ábra).
- A kiválasztott adalékok tömegét jóvá kell hagyni (6.10c. ábra).
- Az egyes berendezések alá kell beállítani az üstöt, majd a berendezésre kattintva indítható el, illetve állítható le az aktuális kezelés.
- A „***C***” billentyűvel lehet megnyitni a kémiai hevítés – *CAS-OB* vezérlő képernyőjét (6.11b. ábra), a berendezés működési elve a 6.11a. ábrán látható.
- A „***F***” billentyűvel lehet megnyitni a felső argonos kezelés – *Ar Stir Station* vezérlő képernyőjét (6.12b. ábra), a berendezés működési elve a 6.12a. ábrán látható.
- A „***D***” billentyűvel lehet megnyitni a részletekben történő vákuumozás – *Recirculating Degasser* vezérlő képernyőjét (6.13b. ábra), a berendezés működési elve a 6.13a. ábrán látható. Lehetőség van oxigénes frissítésre. Lehetőség van oxigén befúvásra is, így érhető el az ultra alacsony karbontartalom.
- A „***L***” billentyűvel lehet megnyitni az üstkemence – *Ladle Furnace* vezérlő képernyőjét (6.14b. ábra), a berendezés működési elve a 6.14a. ábrán látható.
- A „***T***” billentyűvel lehet megnyitni a vákuumozó kamra – *Tank degasser* vezérlő képernyőjét (6.15b. ábra), a berendezés működési elve a 6.15a. ábrán látható.
- Az „***E***” billentyűvel hívható elő az eseménynapló (6.16. ábra),
- Az „***R***” billentyűvel vehető minta, illetve előhívható a legutóbbi minta összetétele (6.17. ábra), a minta elemzése 40 dollárba kerül és 3 perc alatt készül el.
- Amennyiben elkészült az adag (megtörtént a hőmérséklet, összetétel és zárványtartalom előírt szintre való beállítása) az előre megjelölt öntőgépre kell feljuttatni az adagot. Az öntésre átadással befejeződött a feladata, megjelenik a gyártási műveletet értékelő táblázat (6.18a. ábra).
- Az „***X***” billentyűvel újraindítható a szimuláció.



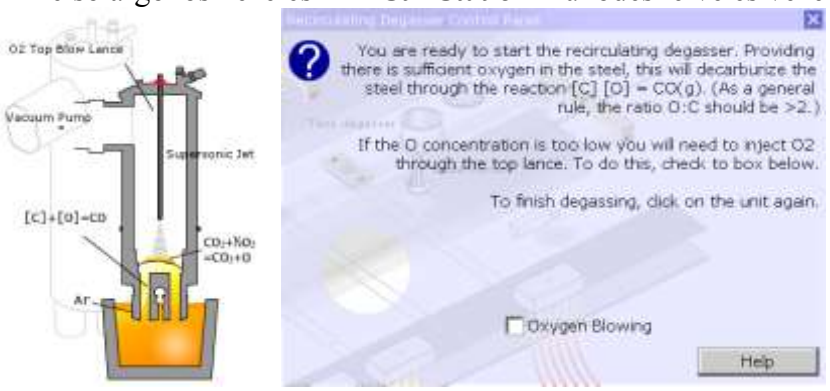
6.10a-c. ábra Adalékanyagok kiválasztása



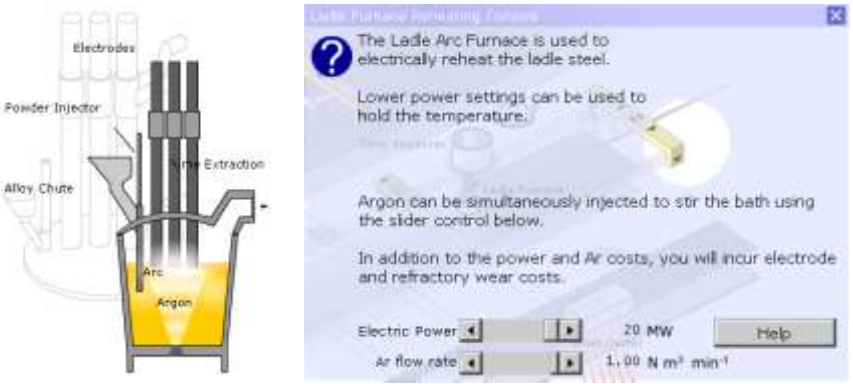
6.11a-b. ábra A kémiai hevítés – CAS-OB eljárás működési elve és vezérlő képernyője



6.12 a-b. ábra A felső argonos kezelés – *Ar Stir Station* működési elve és vezérlő képernyője



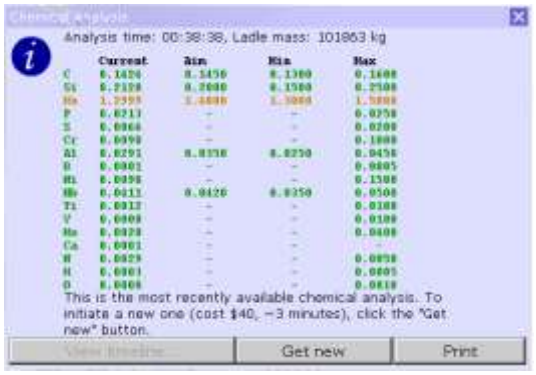
6.13 a-b. ábra Részletekben vákuumozó berendezés – *Recirculating Degasser* működési elve és vezérlő képernyője



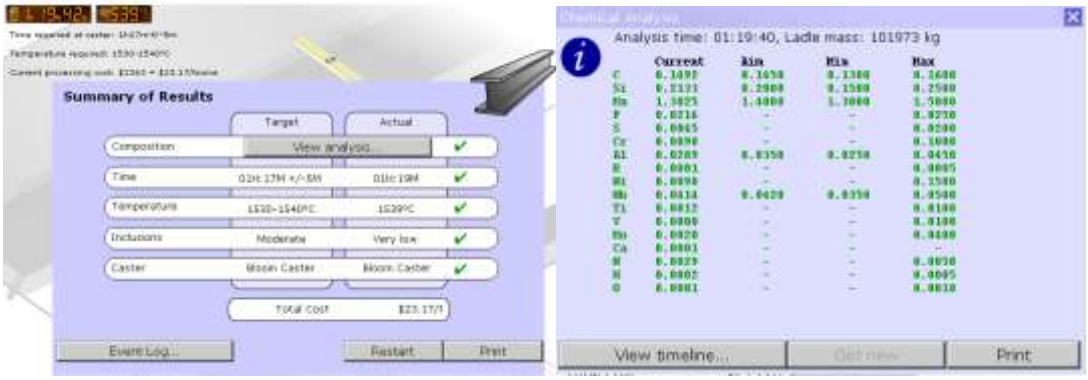
6.14 a-b. ábra Az üstkemence – *Ladle Furnace* működési elve és vezérlő képernyője

6.15 a-b. ábra Vákuumozó kamra – *Tank degasser* működési elve és vezérlő képernyője

6.16. ábra Eseménynapló



6.17. ábra Mintavétel eredménye



6.18.a-b. ábra A gyártás minősítése, a lecsapolt acél végösszetétele

Az öntésre átadás után megjelentik meg a gyártási műveletet értékelő ablakban (7.18a. ábra) a program kiértékeli az acélgyártás művelet technológiai műveletét az alábbi paraméterek ellenőrzésével:

- az acél összetétele (6.18b. ábra),
- az öntésre átadás időpontja (összevetve az előírttal),
- az acél hőmérséklete (összehasonlítva az előírttal),
- az acél zárványtartalma (egybevet az előírással),
- a kijelölt öntőgépre érkezett-e az adag,
- a költségek.

6.5. Tanácsok a szimuláció sikeres működtetéséhez

- A CAS-OB berendezés kémiai úton hevít, ami alumínium adagolásával majd annak oxidációjával történik. A képződött alumíniumoxid alsó argonöblítéssel úsztatható fel a salakba.
- A részletekben történő vákuumozás – *Recirculating Degasser* során lehetőség van oxigén befúvásra is, így érhető el az ultra alacsony karbontartalom.
- Ötvözést követően javasolt a ~3-5 perces argonos átöblítés, a megfelelő homogenitás elérésére, mielőtt próbát vennénk.
- Javasolt csapolást követően felső argonos kezelés – *Ar Stir Station* –az adag összetételének és hőmérsékletének homogenizálása céljából.
- A zárványtartalom csökkentésének egyik eszköze a vákuumos kezelés (részletekben, illetve kamrában), ezért a kis zárványtartalom eléréséhez érdemes a kezelést így befejezni.
- Vákuumkezelés alatt is tanácsos az alsó argonöblítés a homogenitás fokozására.
- A program folyamatosan számon tartja az öntés költségeit, a készítők évente meghirdetett verseny során a megfelelő minőség mellett a költségek minimalizálását preferálják.

7. FOLYAMATOS ÖNTÉS SZIMULÁCIÓJA

7.1. A szimuláció bemutatása

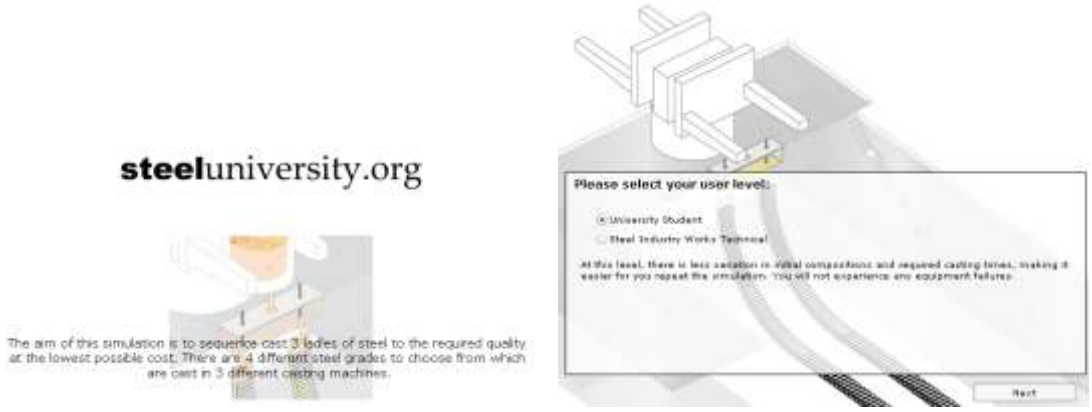
A steeluniversity.org oldalon (7.1. ábra) lehetőség van az acél folyamatos öntésének modellezésére egy Flash program segítségével.
A program *Steel Processing* részének *Continuous Casting* modulján belül a 14-es fejezet (*Continuous Casting Simulation)* (7.2. ábra) tartalmazza a szimulációs programot. A Flash program az öntőgépet bemutató ábrára kattintva indítható el.

7.1. ábra steeluniversity.org nyitóoldala

7.2a-b. ábra Folyamatos öntés, szimulációs nyitóoldala

7.2. A szimuláció működtetése

A szimuláció célja egy három adagból álló szekvens folyamatos öntőgépen való leöntése a választott szintre és minőségre vonatkozó feltételek szerint.
Az új képernyőn megnyíló program (7.3a. ábra) több szintet (7.3b. ábra) is felkínál a felhasználó részére.



7.3. ábra Nyitóoldal, lehetséges profilok kiválasztása

– *University student* (egyetemi hallgató) szint

Ezen a szinten elvárják a hallgatótól, hogy a problémát tudományosan, a releváns termodinamikai és kinetikai elméletek alkalmazásával közelítse meg annak érdekében, hogy a különböző eljárási lehetőségek közül válasszon. Például a felhasználónak meg kell határoznia, hogy melyik öntési sebesség és szekundér hűtési sebesség-kombináció eredményez jó minőségű szálat.

Ezen a szinten nem kell megoldani műveleti problémákat és az öntés viszonylag zavartalan.

– *Steel Industry Works Technical* (üzemi technikus) szint

Ezen a szinten elvárják, hogy tudományosan közelítse meg a feladatot. Azonban tapasztalatot szerezhet egy sor olyan műveleti problémával kapcsolatban, amelyek kiigazítást igényelnek tervezéshez és szükségessé teszi gyakorlat felhasználását gyors döntések megtételére.

Üzemviteli problémákra vonatkozó tipikus példák, amelyekkel találkozhat, az üst megérkezésének csúszása, a kagylószűkülés, és a használatban levő üstök különböző javítási állapota.

A szint meghatározása után anyagminőséget (*Target steel grade*) kell választani (7.4. ábra). A kiválasztott acélminőség összetételét a 7.1. táblázat, a minőségre vonatkozó előírt csapolási hőmérsékletét a 7.2. táblázat foglalja össze.

7.4. ábra Az öntendő acélminőség kiválasztása

7.1. táblázat Maximális összetételi koncentrációk (%-ban) a szimulációban választható acélokra

Elem	CON	ULC	LPS	ENG
C	0,16	0,01	0,08	0,45
Si	0,25	0,25	0,23	0,40
Mn	1,5	0,85	1,1	0,90

P	0,025	0,075	0,008	0,035
S	0,10	0,05	0,01	0,08
Cr	0,10	0,05	0,06	1,2
B	0,0005	0,005	0,005	0,005
Cu	0,15	0,08	0,06	0,35
Ni	0,15	0,08	0,05	0,30
Nb	0,05	0,03	0,018	0
Ti	0,01	0,035	0,01	0
V	0,01	0	0,01	0,01
Mo	0,04	0,01	0,01	0,30
Ca	0	0	0,005	0

7.2. táblázat Előírt csapolási hőmérsékletek a választható acélfajtáknál

	Minimum [°C]	**Maximum [°C]**
CON	*1630*	*1660*
ULC	*1665*	*1695*
LPS	*1655*	*1685*
ENG	*1655*	*1685*

7.3. A gyártható acélfajták jellemzése

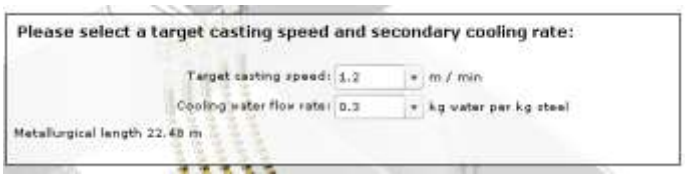
- Az általános célú **szerkezeti acél (CON)** repedésre hajlamos, viszonylag igénytelen acél fajta, amely a **kezdő alkalmazónak** ajánlatos. A szerkezeti acélt blokkbuga-öntőgép alkalmazásával öntik 250 x 250 mm szelvényméretben. A zárványszint mérsékelt szintű lehet különösebb minőségi probléma nélkül.
- A **TiNb igen alacsony karbontartalmú acél (UCL)** kéregrepedésre hajlamos acélfajta, gépkocsi karosszéria részeihez használják maximálisan 0,0035 % C-előírással az alakíthatóság optimalizálása érdekében. Ezt az acélt bramma (lapos buga) öntőgépen öntik 1200 x 230 mm keresztszelvény mérettel. Ezen acélfajta tisztasági követelményeinek teljesítése rendkívül fontos, mivel elvárt az igen alacsony zárványszint.
- A **vezetékcső acél (LPS)** a gáz szállítására igen igényes acélfajta, mivel a nagy szilárdság és a magas törési szívósság kombinációja rendkívül kis szennyező (S,P,H,O és N) és zárványszintet igényel. Az UCL acélfajtával együtt ezzel az acéllal szemben van a legnagyobb igény az igen kis zárványszintre. Mind a két acél fajtát 1200x230 mm keresztszelvényt eredményező brammaöntőgéppel öntik. Az összetételtől függően ez az acél akár repedésérzékeny (peritektikus), akár tapadásérzékeny (hipoperitektikus) lehet. Csak a nagyobb tapasztalatú felhasználónak ajánlott ezzel a fajtával foglalkozni.
- A **gépészeti acél (ENG)** gyengén ötvözött hőkezelhető acél fajta, amelyet 130 x 130 mm keresztszelvénnyel bugaöntőgépen öntenek nagy sebességekkel.

7.4. Öntési paraméterek meghatározása

A választott minőségnek megfelelő öntési paramétereket meg kell adni, hogy a program előzetesen megállapíthassa, hogy lehetséges-e az öntés ilyen értékek esetén (8.5. ábra).

7.4.1. A hűtés paramétereinek meghatározása

Az öntési sebesség és a hűtésre szánt víz általunk megadott mennyisége alapján meghatározza a program metallurgiai hosszt (7.5. ábra), ami megmutatja, hogy a vágás előtt megtörténik-e a dermedés teljes keresztmetszetre vonatkozóan.

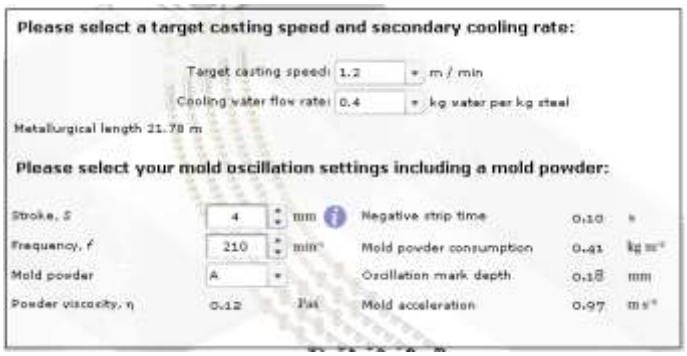


7.5. ábra A hűtés paramétereinek meghatározása

7.4.2. A kristályosítás paramétereinek meghatározása

A kristályosító paramétereinek beállításával tudjuk az öntés lefolyását befolyásolni. Meg kell határoznunk azokat az értékeket, amelyek megszabják a kristályosítóban képződött kéreg vastagságát és leválásának módját (7.6. ábra). Ki kell választani a kristályosító oszcillációjának

- úthosszát,
- frekvenciáját,
- a használt öntőpor típusát (7.3. táblázat).



7.6. ábra A kristályosítás paramétereinek meghatározása

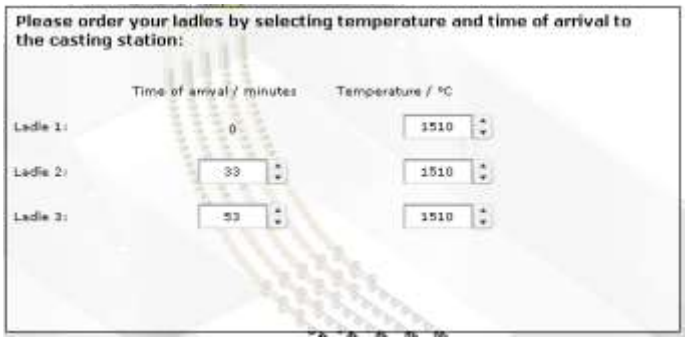
7.3. táblázat Öntőporok tulajdonságai

Típus	Viszkozitás [Pa s]	Megszakadási hőmérséklet [°C]	Ár [$/kg]	Felhasználási terület
A	0.12	1170	0.40	Repedésre érzékeny minőségekhez
B	0.21	1190	0.35	
C	0.19	1130	0.45	Tapadásra hajlamos minőségekhez
D	0.10	1050	0.50	
E	0.03	1050	0.55	Nagy öntési sebességhez

7.4.3. A szekvens időzítése

A három adagból álló szekvens egyes adagjainak öntési hőmérsékletének és érkezési idejének meghatározása kulcsfontosságú (8.7. ábra), mivel a túlzottan alacsony hőmérséklet korai meg-

szilárdulást, a magas pedig a lehűtés megnehezülését okozhatja. Az adagok érkezésének időzítése szintén befolyásolja az öntés kivitelezését.

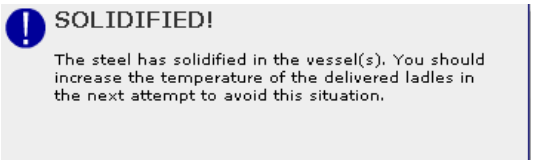


7.7. ábra A szekvens időzítése

7.4.4. A beállított paraméterek ellenőrzése

A megadott paraméterek összefoglaló képernyőjének (7.8. ábra) ellenőrzése után még van lehetőség a korrekcióra.
Amennyiben olyan paramétereket adtunk meg, amik nem megfelelőek hibaüzenettel leáll a program (8.9. ábra) miszerint az üstben megszilárdult az acél mielőtt befejeződött volna az öntés, ezért legyünk körültekintőbbek a hőmérséklet meghatározásánál.

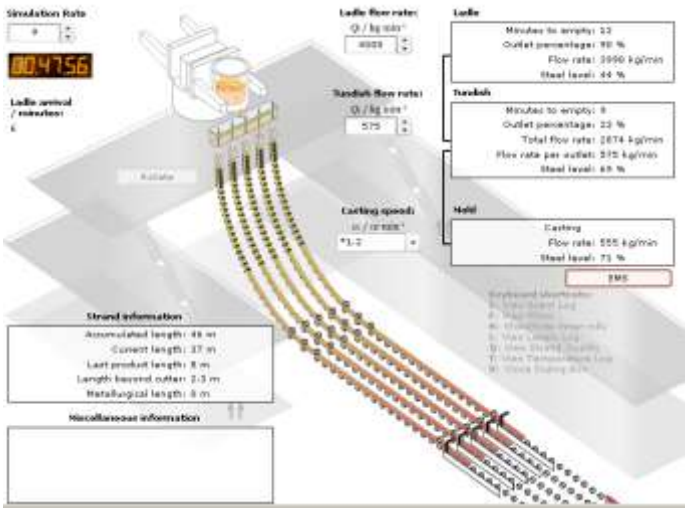
7.8. ábra Öntési paraméterek áttekintő táblázata



7.9. ábra Hibásan megadott öntési paraméterek „következménye”

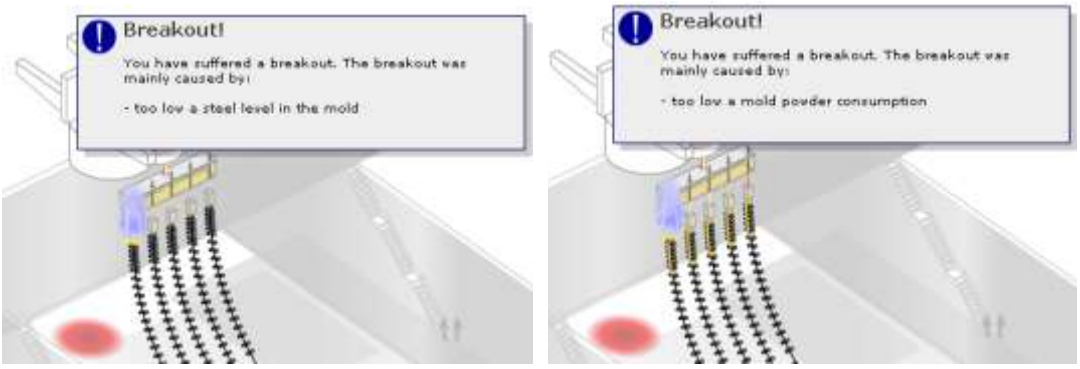
7.5. Öntés megkezdése

A paraméterek megadása és sikeres ellenőrzése utáni megjelenik az öntés átfogó ábrája (4.10. ábra).



7.10. ábra Az öntés átfogó ábrája

- Minden értékmegadás történhet léptetéssel és az érték beírásával.
- A szimuláció sebessége 1-32x között állítható.
- Látható a következő üst érkezéséig hátralévő idő percben.
- Az üst nyitása az üst tolózárának megnyitásával történik (*Ladle Flow rate).*
- A *Ladle* ablakban látható:
  - az üst kiürüléséig hátralévő idő,
  - a tolózár nyitottságának százalékos értéke,
  - a kifolyás intenzitása,
  - acélszint %-ban.
- A közbensőüst üst nyitása az üst tolózárának megnyitásával történik (*Tundish Flow rate).*
- A *Tundish* ablakban látható:
  - A közbensőüst kiürüléséig hátralévő idő,
  - a tolózár nyitottságának százalékos értéke,
  - a kifolyások összesített intenzitása,
  - a kifolyások szálankénti intenzitása,
  - acélszint %-ban.
- A öntés indítása a *Casting speed* növelésével indul.
- A *Mold* ablakban látható:
  - A kristályosító állapota (*Casting/empty*),
  - a kifolyás intenzitása,
  - acélszint %-ban.
- Hibás beállítások vagy az öntés közben beállított rossz értékek esetén szálszakadás léphet fel:
  - a kristályosítóban nem történt meg a megfelelő olvadék utánpótlás (7.11a. ábra),
  - rosszul megválasztott öntőpor (711b. ábra),
  - kifogyott az acél a kristályosítóból
- Üstcserekor automatikusan megérkezik a teli üst, kiürülés esetén a *Rotate* gombra kattintva cserélhető ki az üst.

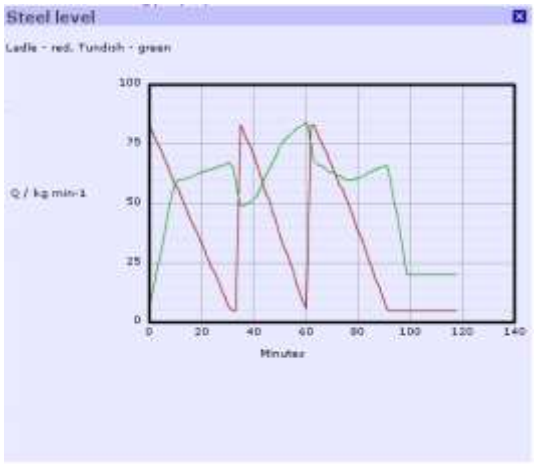


7.11. ábra Szálszakadás

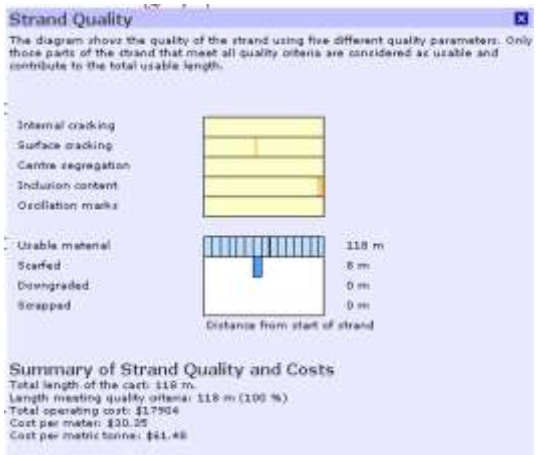
- az „***E***” billentyűvel előhívható az eseménynapló (7.12. ábra),
- az „***F***” billentyűvel előhívható az acélnak az üstből, illetve a közbensőüstből való kifolyásának intenzitása az idő függvényében az öntés során (7.13. ábra),
- az „***H***” billentyűvel előhívhatók vagy eltüntethetőek a húzó-egyengető görgők,
- az „***L***” billentyűvel előhívható az acél szintjének változása az üstben, illetve a közbensőüstben az öntés során (7.14. ábra),
- az „***Q***” billentyűvel előhívható az a leöntött bugák/brammák minősítése (7.15. ábra),
- az „***T***” billentyűvel előhívható az acél hőmérsékletének változása az üstben, illetve a közbensőüstben az öntés során (7.16. ábra),
- az „***X***” billentyűvel bezárható az aktuális ablak,
- amennyiben elhárítható problémát érzékel a program (pl. a kristályosítóban túlzottan magas az acélszint) beavatkozik (pl. elzárja a közbensőüst kifolyását és lelassul 1x-es sebességre),
- az öntés sikeres befejezése után megjelenik az értékelő képernyő (7.17. ábra).

7.12. ábra Eseménynapló

7.13. ábra Az acél üstből, illetve a közbensőüstből való kifolyásának intenzitása az öntés során

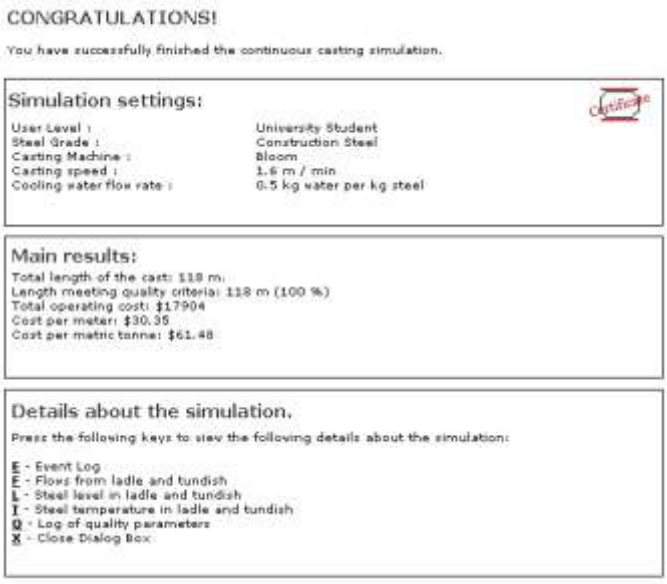


7.14. ábra Az acél szintjének változása az üstben, illetve a közbensőüstben az öntés során



7.15. ábra A leöntött bugák/brammák minősítése

7.16. ábra Az acél hőmérsékletének változása az üstben, illetve a közbensőüstben az öntés során



7.17. ábra A sikeres öntés után megjelenő értékelő táblázat

7.6. Tanácsok a szimuláció sikeres működtetéséhez

- Az öntés megkezdésekor érdemes alacsonyabb sebességgel önteni, amíg nem sikerül beállítani a megfelelő értékeket.
- A kristályosítóban mért acélszintet 60-90 % között ajánlatos tartani.
- Minden minőségnél az acél jellemzői által megszabott tulajdonságú öntőport tanácsos használni.
- A program folyamatosan számon tartja az öntés költségeit, a készítők évente meghirdetett verseny során a megfelelő minőség mellett a költségek minimalizálását preferálják.

FÜGGELÉK - FOLYAMATOS ÖNTÉS FEJLESZTÉSÉRE TETT KORÁBBI KUTATÁSOK

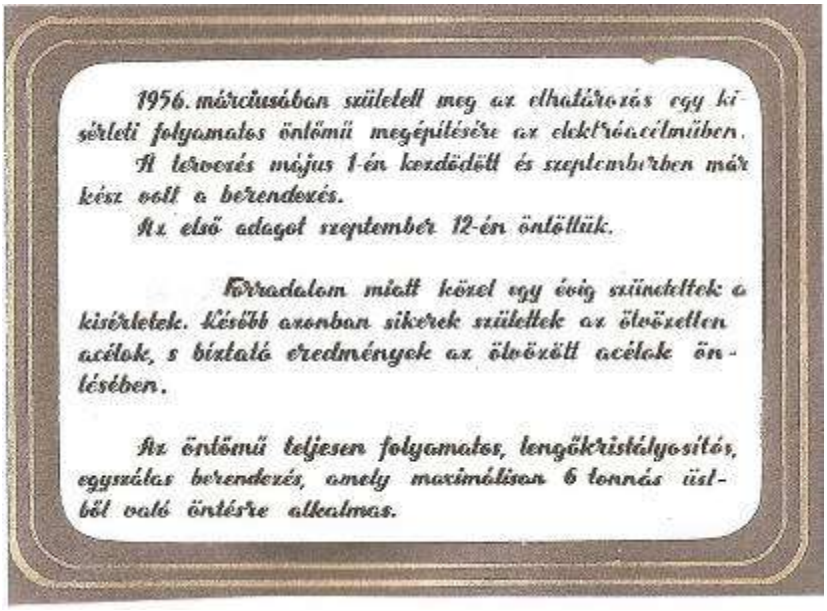
A jegyzetnek nem szorosan vett részeként szükségesnek látják a szerzők, hogy említést tegyenek a folyamatos öntéssel kapcsolatos hazai kísérleteknek. Ezek egyike az előzőekben már említésre került acélok folyamatos öntésének üzemi szintű megvalósítására az 1950-es években végzett kísérletsorozat. Ezen a téren különösen nagyszerű eredményt értek el a hazai mérnökeink, amikor irányításukkal – Európában elsők között – valósult meg a diósgyőri folyamatos acélöntés bevezetése.

Az öntőmű szakszerű felépítése és a kialakított öntéstechnológia egyszerűsége kedvező alapot nyújt a folyamatos öntés lényegének megismerésére, ezért tanulságként – vázlatos illetve képies – formában röviden ismertetjük

F.1. Kísérleti folyamatos öntőmű létesítése Diósgyőrött

A hazai folyamatos öntés kialakulásának fontos momentuma volt a diósgyőri folyamatos öntőmű 1956. évi megépítése. A történelmi jelentőségű öntőgép építését és üzem közbeni működését, korhűen megörökített üzemi kiadvány segítségével mutatjuk be. [22-23].

A kísérleti öntőmű építését és beüzemelését a F.1. ábrán, az ebben résztvevő szakemberek névsorát a F.2. ábrán, és az őket megörökítő csoportképet a F.3. ábrán láthatjuk.



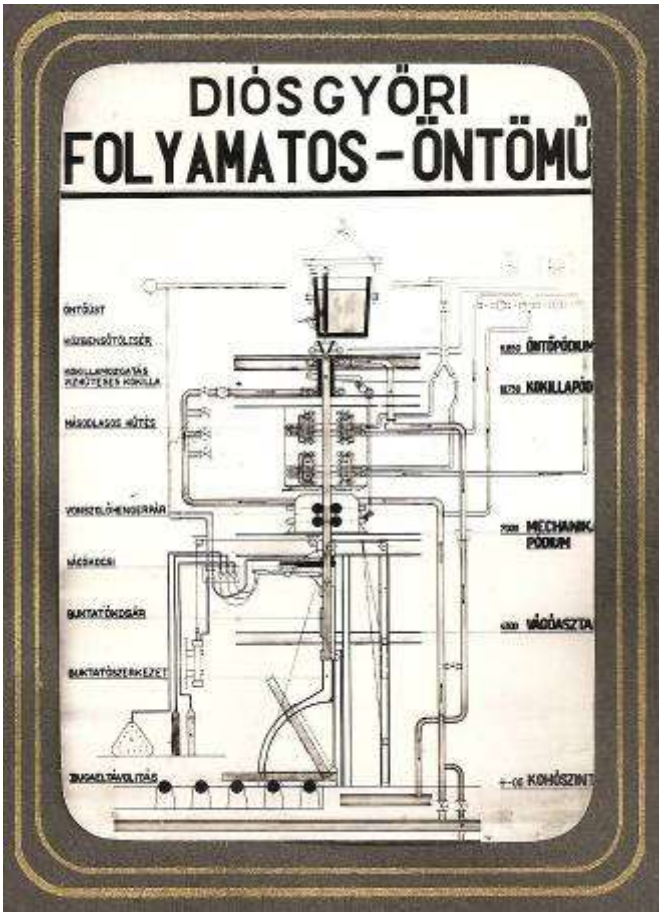
F.1. ábra A diósgyőri öntőmű építésének és kísérleti működésének előzményei [22]

F.2. ábra A diósgyőri folyamatos öntőműi szakemberek névsora [22]

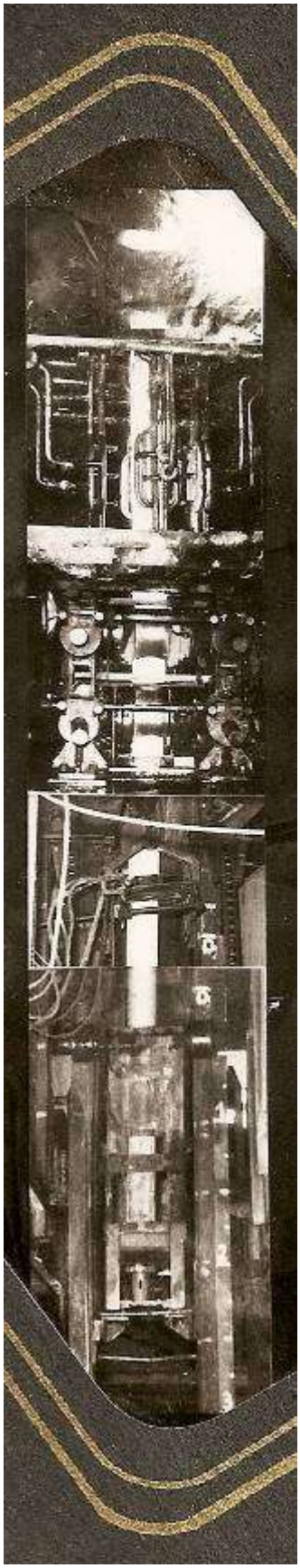
A MŰ tervezésének, műszaki kivitelezésének és az öntéstechnológia elkészítésének irányítását Sziklavári János végezte.

F.3. ábra A diósgyőri folyamatos öntőmű kivitelezésében és beüzemelésében részt vett szakemberek csoportképe [22]

Első sor, balról-jobbra: Gyenes Lajos, Bódi László, Sziklavári János, Valkó Márton, Zambó Pál, Molnár Béla, Kruzsely István, Földi Győző,
Hátsó sor, balról-jobra: Müller Kálmán, Orbán György, Mezei József, Gombos János, Grörgy Sándor, Modla Géza, Tóth Zoltán, Liebhert Antal, Rásztóczki Dezső, Vékony József, Szél Mihály, Zsoldos György



F.4. ábra Az öntőmű vázlata [22]

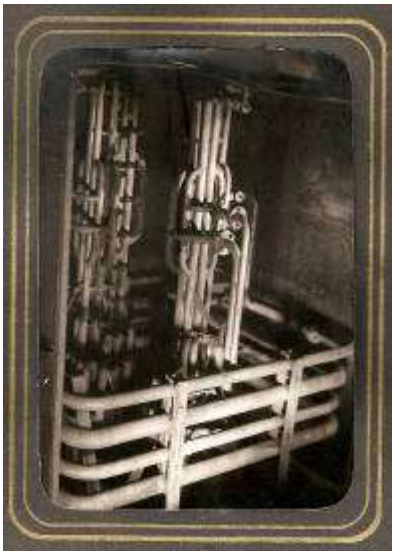


F.5. ábra Az öntőmű hosszirányú felépítése [22]

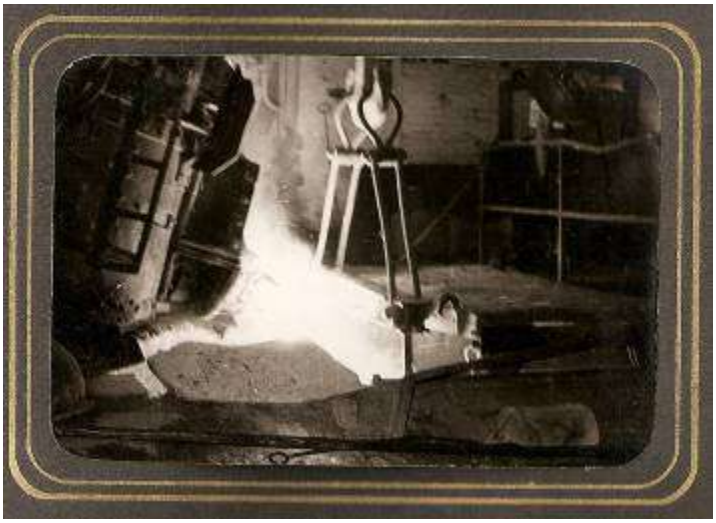
F.6. ábra A kristályosító fényképe beépítés előtt [22]

F.7. ábra A kristályosító fényképe beépítés után [22]

F.8. ábra Kokillamozgató berendezés [22]



F.9. ábra Másodlagos vízhűtés csőrendszere [22]



F.10. ábra Az adag csapolása a 3 tonnás elektrokemencéből [22]

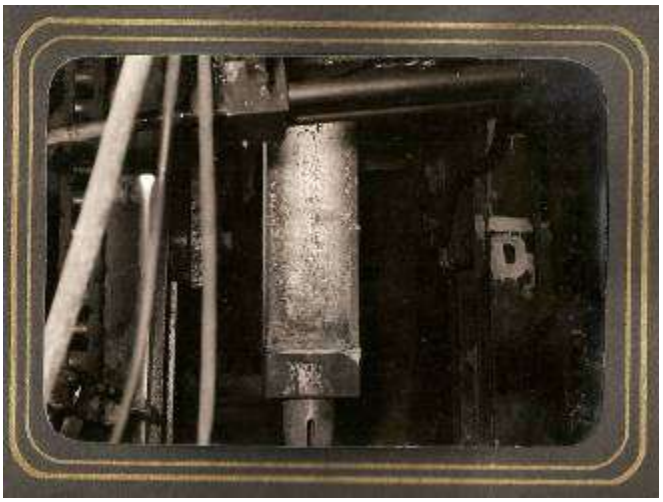
F.11. ábra Az adag szállítása az öntőpódiumra [22]

F.12. ábra Öntőgép műszerháza [22]
(Kezelő: Zsoldos György)

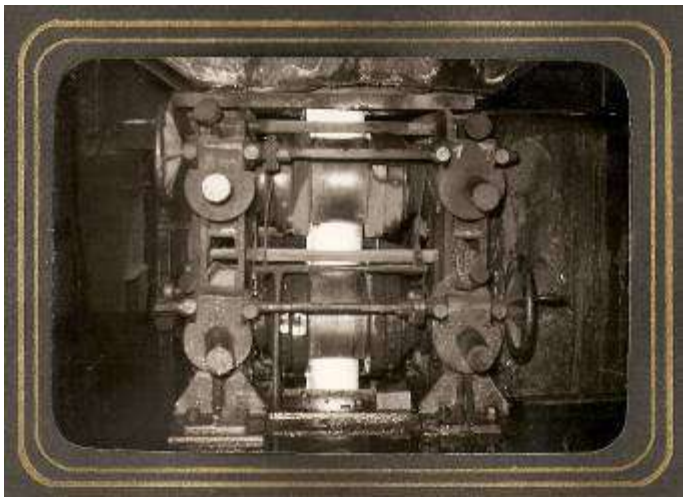
F.13. ábra Az öntőüst kagylóban lévő homokzár eltávolítása [22]
(Végzi: Földi Győző)

F.14. ábra Az öntés indítása [22]
(Öntő: Földi Győző)

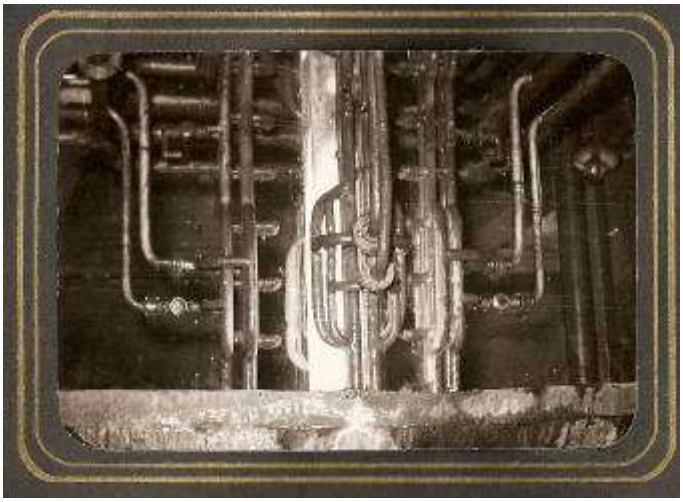
F.15. ábra Az öntéstechnológia irányítása [22]
(Végzi: Sziklavári János)



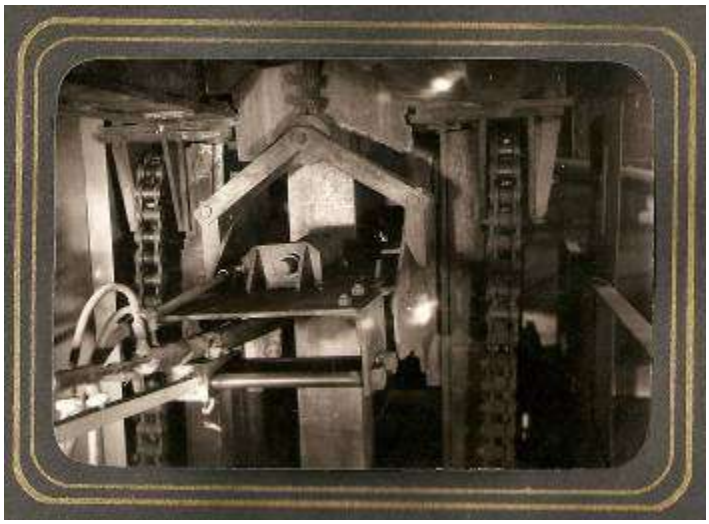
6.16. ábra A húzótüskén megdermedt melegbuga húzása [22]



F.17. ábra Melegbugát vezető lábgörgők [22]



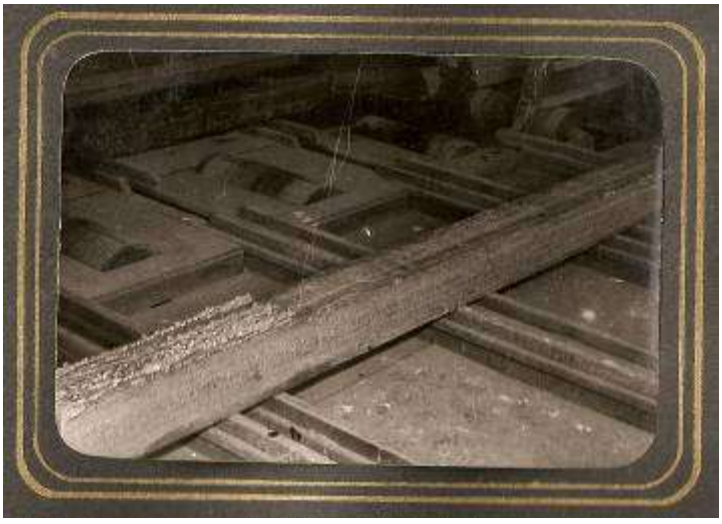
F.18. ábra Másodlagos vízhűtés [22]



F.19. ábra Az oxigénlándzsa beállítása bugadaraboláshoz [22]

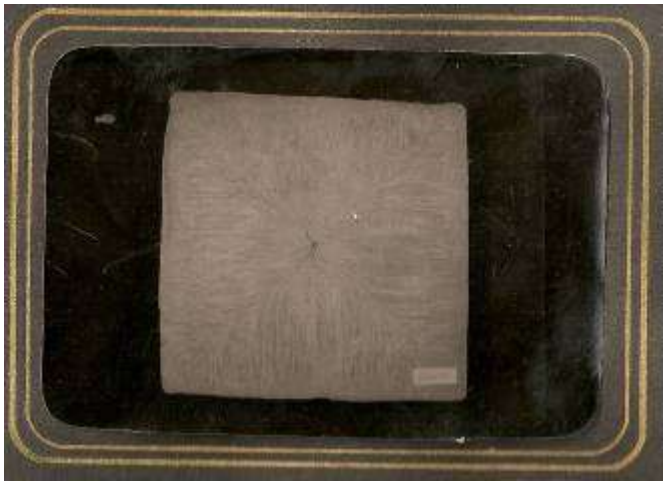
F.20. ábra A melegbuga oxigénes darabolása [22]

F.21. ábra A „0”-szintre érkező buga fogadása a 90 fokos buktató berendezésben [22]



F.22. ábra A vízszintes rámára buktatott buga lehűlés közben [22]

A kezdeti időszakban leöntött bugák belső szövetszerkezetét mutatja be a F.23. ábra. Látható, hogy külső globulitos rétegen belüli oszlopos dentritágak egyenletes eloszlásúak és belső folytonossági hiba sem észlelhető. A makro-csiszolaton lévő 264078 adagszám alapján az is megállapítható, hogy 678 adaggal később leöntött 264678 számú adagnál már további javulást értek el; finomabbak lettek a dentritágak és javult a magporozitás.



F.23. ábra Folyamatos öntésű buga makroszerkezete a kísérletek kezdeti időszakában [22]

F.24. ábra Folyamatos öntésű buga makroszerkezete a kísérletek későbbi időszakában [22]

A bemutatott függőleges szerkezeti felépítés lehetővé tette a köríves-, vagy hajlított elrendezésű öntőgéppel öntött bugák szerkezetében jelentkező belső feszültség kiküszöbölését. Ezért az öntőművet erősen ötvözött acélminőségek (szerszám-, gyors- és hőállóacélok) öntésére is használták. Az öntőgép technológiai jellemzői:

Szelvényméret: 200 x 200 mm és 180 x 210 mm
Öntési sebesség: 0,7 illetve 0,9 m/min
Manuális kokillaszint szabályozás összetevői:

- a húzóhengerek 500 fordulat/min állandó értéken tartása,
- a kokillában lévő folyékony-tükörszint vizuális figyelése,
- a tükörszint tartása az öntőüst dugómozgatásával

Kokillakenőanyag: parafin olaj

Az öntés kivitelezésére szakszerű technológia állt rendelkezésre. Tanulságként idézünk a korabeli öntéstechnológia leírásából néhány részletet [18]:

Előkészület:

„a buktatókezelő a fecskefarkokat megtisztítja, majd az ék segítségével a húzóbetéthez erősíti. A fecskefarokba kiszárított fémpogácsát helyez az összeforradás elkerülése végett a felfelé haladó húzóbetét mozgási sebességét minimálisra kell csökkenteni, amikor a húzóbetét a kristályosító aljához közeledik (100-150 fordulat/perc), hogy esetleg a kristályosítóban kárt ne tegyen, a jól beállított húzóbetétet a második öntősegéd azbeszt zsinórral úgy tömíti el, hogy a tömítés felső síkjával elvágólag legyen”

Öntés:

„Az öntés olyan ütemben történjen, hogy lágyacél esetén 50 mp, kemény acél esetén 70 mp után váljon szükségessé a húzás megindítása a tükörszint szabályozása az öntés szabályozása útján eszközlendő oly módon, hogy a közbenső tölcsérben állandóan folyékony fém maradjon”

Szekunder hűtés:

„A felső zóna vize az öntés pillanatában megnyitandó, hogy a rendszer feltöltődhessen, hogy a húzás megindítása pillanatában már a felső fúvókákon is víz folyjék az alsó hűtőzóna sűrített levegőjét csak a húzás megindítása után eltelt 3 perc múlva nyitják meg. Az alsó hűtőzóna csak külön utasításra hűt vízzel.”

Darabolás:

„A vágás csak álló helyzetben történhet, az öntésvezető által megjelölt időpontban”
Elvágott buga vízszintes helyzetbe buktatása, jelölése:
„A lebuktatott szálakat a buktatókezelő pontosan megméri és adagszámmal ellátja”

„Diósgyőrvasgyár, 1959.I.29. Bárczi Béla Acélmű gyárrészl.v.” [23]

A kísérleti folyamatos öntőművet 1969-ben lebontották, és csak az 1979-82 között épült Kombinát Acélműben telepítettek új öntőgépet.

IRODALOMJEGYZÉK

[1] Harcsik Béla – Károly Gyula – Réger Mihály: Acélöntés, speciális acélgyártás, Digitális jegyzet, Miskolc, 2013.

[2] Katalógusok: Radex, RHI, Siemens VAI, SMS Siemag

[3] Jung János - Kiss László – Séllei István – Sziklavári János: A diósgyőri acélgyártás története a folytacélgyártás bevezetésétől napjainkig. Miskolc, BAZ Megyei Levéltárért Alapítvány Könyvkiadó. 1994.

[4] Vaskohászati Kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.

[5] W.Pluschkell : Grundoperationen pfannenmetallurgischer Prozesse, Stahl u. Eisen 1981 Nr.13-14 pp.97-103

[6] Szabó Andrea: Zárványképződési folyamatok az alumíniummal csillapított szilíciummentes acélolvadékban, Kerpely Antal Doktori Iskola: Kutatószemináriumi előadás 2008

[7] www.steeluniversity.org

[8] Kiss László: A vákuumos kezelés tapasztalatai Diósgyőrben. BKL. Kohászat. 113. évf. 3-4. sz.

[9] Lehofer Kornél – Kiss László – Szarka Gyula – Palánkai Barna: Radioaktív nyomjelzéses kutatási eredmények Diósgyőrben, Xi. Országos Nyersvasgyártó- és Acélgyártó konferencia. Siófok, 1991. szeptember 11-13.

[10] Szőke László: Elektroacélgyártás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1990.

[11] Szabó Andrea: Szilícium-szegény, alumíniummal dezoxidált acéltisztaságának javítása argonos átöblítés finomításával, Ph.D. értekezés, Miskolci Egyetem Metallurgiai és Öntészeti Tanszék, 2009.

[12] Károly Gyula – Károly Zoltán – Kiss László: Üstmetallurgia, Digitális jegyzet, Miskolc, 2013.

[13] Kis László: Vázlatok a diósgyőri kohászkodás 225. éves történetéből. BKL. Kohászat, 129. évf. 5. sz.

[14] Dr. Kiss László – Józsa Róbert – Dr. Harcsik Béla: A primér acélgyártás technológia tervezésének, technológiafejlesztésének gyakorlati szempontjai. Digitális jegyzet. Miskolci Egyetem, 2013.

[15] Marjasné Endrédi Zsuzsanna – Kiss László: A minőségi- és nemesacélgyártás aktuális kérdései a Borsodi Nemesacél Acélgyártó Kft. viszonyai között. BKL. Kohászat. 134. évf. 1. sz.

[16] Harcsik Béla: Hidegen hengerelhető acélok folyamatos öntésénél a kagylószűkülés befolyásolása hevítést nem biztosító üstmetallurgiai műveletekkel, Ph.D. értekezés, Miskolci Egyetem Metallurgiai és Öntészeti Intézet, 2011.

[17] Károly Gyula: Acélmetallurgia elmélete, PowerPoint bemutató, Miskolc Egyetem Metallurgiai és Öntészeti Tanszék, 2006

[18] Yoichi Ito, Noriyuki Masumitsu, Kaichi Matsubara: Formation of Manganese Sulfide in Steel, Transactions ISIJ, Vol. 21, 1981, pp. 477-484

[19] Szőke László: Elektroacélgyártás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1990.

[20] Csabalik Gyula: Acélgyártás III., Tankönyvkiadó, Budapest 1974

[21] Sharam Sheikhi, Ralf Rech, Franz-Josef Wahlers, Dieter Bokelmann und Carl.Dieter Wuppermann: Fortschritte beim Freiformschmieden in den letzten 25 Jahren. Stahl und Eisen 2010.130. Nr. 1.

[22] Dr. Tardy Pál, Dr. Verő Balázs, Dr. Fauszt Anna, Réger Mihály: A folyamatos öntés öntőporai: típusok és hatásmechanizmusok, IV. Diósgyőri Folyamatos Öntés Szimpózium, Miskolc, 1990,
[23] Folyamatos öntés gyártástechnológiája. Diósgyőrvasgyár, 1959. 01.29.
[24] Kiss László – Józsa Róbert – Harcsik Béla: A primer acélgyártás technológia tervezésének, technológiafejlesztésének gyakorlati szempontjai. Digitális jegyzet. Miskolci Egyetem, 2013.
[25] Hans Peter Narzt – sabine Köllerer – Christian Stachelberger- Karl Mörwald – Christian Federspiel und Helmut Wahl: produktinnovationen und Qualitatsverbessergungen beim Brammenstrangiesen. Stahl und Eisen 2007. Vol. 125.
[26] Gerhard Ney Rüppel – Elizabeta Korte – Klaus Jürgen Richter: The new caster SO at Saarstahl. Stahl und Eisen 132. Nr. 1.
[27] Tolnay Lajos-Kiss László: Igen kis karbontartalmú korrózióálló acélok gyártása VOD eljárással a Lenin Kohászati Művekben. BKL. Kohászat. 1984. 117. évf.2. sz.
[28] Kiss László: A Lenin Kohászati Művek új elektroacélműve és az eddigi üzemi tapasztalatok. BKL. Kohászat. 1974. 107. évf. 3. sz.
[29] Dieter Nolle-Ulrich Eulenburg- Armin Jans- Horst Miksa: Ensatz der Pfannenstandentgasung im Verbund mit LD-Konverter und Stranggießanlage. Metallurgie. 1989. szept.
[30] G. Kühnelt- P. Machner: Nagyértékű kovácstuskók gyártása BEST-eljárással. BERG- UND HÜTTENMANNISCHE MONATSHEFTE. Külön lenyomat. 1987.
[31] Kiss László – Grega Oszkár – Gulyás József: Járműipari rúdacélok minőségének javítása. Kutatási jelentés. FUROL Kft. Miskolc. 2007.
[32] Folyamatos öntés gyártástechnológiája. Diósgyőrvasgyár, 1959. 01.29.
[33] Patrick Tassot. Norbert Reichert, Craig Willoughby and Christian Turrel: The tundish as a metallurgical reactor. Jahren. Stahl und Eisen 131. Nr. 1.
[34] Richard Pfeiffer: Global centr for the iron sind steel industry. Stahl und Eisen 2006, Vol. 126. Nr 11. S 70