

Metallurgiai folyamatok és a vasbuca szénttartalmának kialakulása a 7-13. századi hazai bucavaskohászatban

Ez az írás a 7-13. századra jellemző kis, kb. 1m magasságú kohókban (bucakemencékben) kialakuló vasbucák szénttartalmát meghatározó alapvető, legfontosabb folyamatokat foglalja össze.

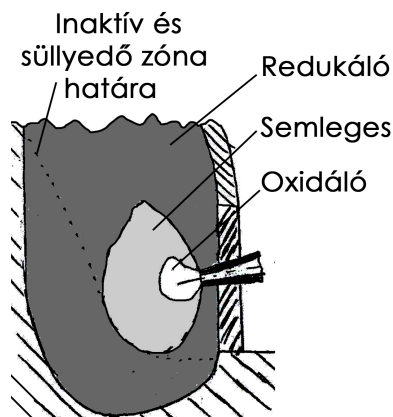
A kohó főbb zónái

Mindenekelőtt tekintsük át a kohó atmosféráviszonyait (1. ábra). Az egyszerűség kedvéért képzeljük el most azt, hogy a kohóban csak faszén van, semmi más nincs. A fúvóka előtt kb. öklömnyi méretű térfogatban az atmosféra oxidáló (pontos CO/CO₂ arányokat nem tudok az egyes zónákra mondani, de a korábbi gázösszetétel mérések nyújtanak némi támpontot, ezek részletezésébe azonban nem akarok itt belemenni). Az oxidáló zónában minden elég, nemcsak a faszén, de vasfázis is (ld. a nagyon hasonló felépítésű, oldalszeles kováctűzhelybe a fúvókához közel helyezett vasbucarészek leégését, azonban ezt a képet az írás későbbi részében még árnyalom). A fúvóka orrától távolodva a semleges zónába érkezünk. Erre a kb. emberfej nagyságú területre az jellemző, hogy faszén itt még elég, de a vas már nem, ezért ebben a zónában áll össze a vasbuca. Tovább távolodva a fúvóka orrától a redukáló zóna következik, amely tehát a kohó nagy részét kitölti. Itt az atmosféráviszonyokra jellemző CO/CO₂ arány olyan, hogy már a faszén sem tud elégni (vö. „halott ember” a nagyolvasztóban). Ez a redukáló zóna két fő részre osztható (ld. 3. ábra). Az egyik a kohó hátsó fala közelében és a medence alján elhelyezkedő inaktív zóna, ahol a faszén mozdulatlan. A másik része a fúvóka feletti, a kohó elülső, homlokfala előtt elhelyezkedő süllyedő zóna, ahol a faszén (kohósítás közben pedig a vasérc, a vasszemcsék és a salak is) mozgásban van, lefele süllyed, a fúvóka előtt eléggő faszén helyére.

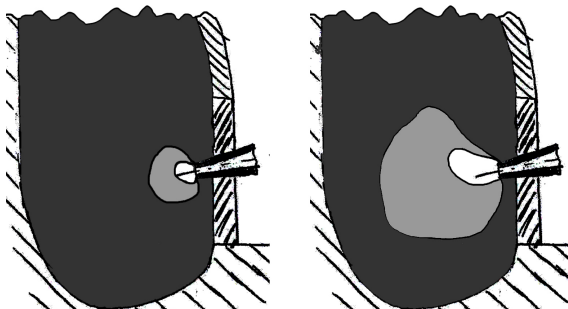
Nyilvánvalóan, ha növeljük a befújt levegő mennyiségét, akkor az oxidáló és a semleges zóna a redukáló zóna rovására kiterjed, ha pedig csökkentjük, akkor visszahúzódik (ld. 2. ábra). A semleges zóna mérete perig meghatározza a kialakuló vasbuca lehetséges méreteit, azaz több befújt levegő esetén nagyobb, kevesebb esetén kisebb lesz a vasbuca.

Itt jegyezném meg azt, hogy a korabeli kohók medencéjének és a fúvósíkjának geometriai méreteit az előzőekben leírtak alapján egyértelmű, hogy a befújt levegő mennyisége, vagyis az ennek hatására kialakuló semleges zóna mérete határozta meg. Nyilvánvaló, ha csak nagyon kevés levegőt tudtak volna befújni a kohóba, és ezáltal csak egy apró semleges zóna alakult volna ki (ahol a faszén égése történhetett, ld. a 2. ábra bal oldali képe), akkor felesleges lett volna olyan „kövér” kohót építeni. Ezáltal csak az inaktív (teljesen passzív) zóna méretét növelték volna, azaz szükségtelenül sok faszenet nyelt volna el a kohó a feltöltése során.

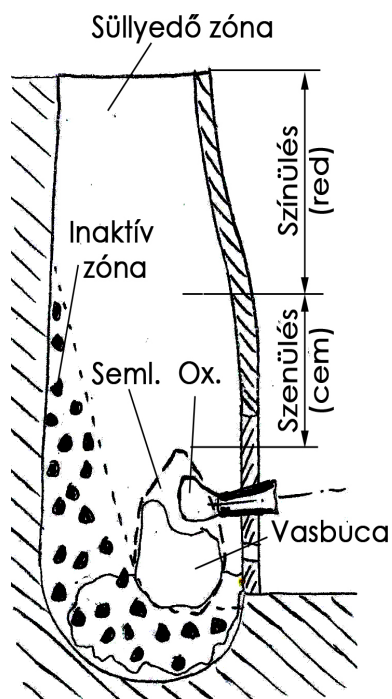
Tekintsük át a kohó teljes magasságában ez egyes főbb zónákat a 3. ábra segítségével. A fúvóka előtt kialakuló semleges zóna feletti részt két fő részre lehet bontani. A kohó aknájának felső részén a vasérc vasoxidjaiból színvas keletkezik (a vas színülése történik), ez a redukációs zóna (red). Az akna alsó részén már színvas szemcsék vannak, itt történhet meg a vasszemcsék felszenülése, cementálódása (cem). Lejjebb haladva, a semleges zónában, a korábban leírtak szerint pedig a vasszemcsékből összeheged a vasbuca. E három zóna mind a süllyedő zóna része. Az inaktív zónában a faszén mozdulatlanul áll. Az inaktív zóna alsó részén, a medencében a faszén szemcsék közé leszivárog a salak a vasbucából, ami feltölti a kohó alját. Az inaktív zónának metallurgia szempontból legfeljebb az alsó, a kohó medencéjébe eső részének lehet szerepe.



1. Ábra: Atmosféráviszonyok



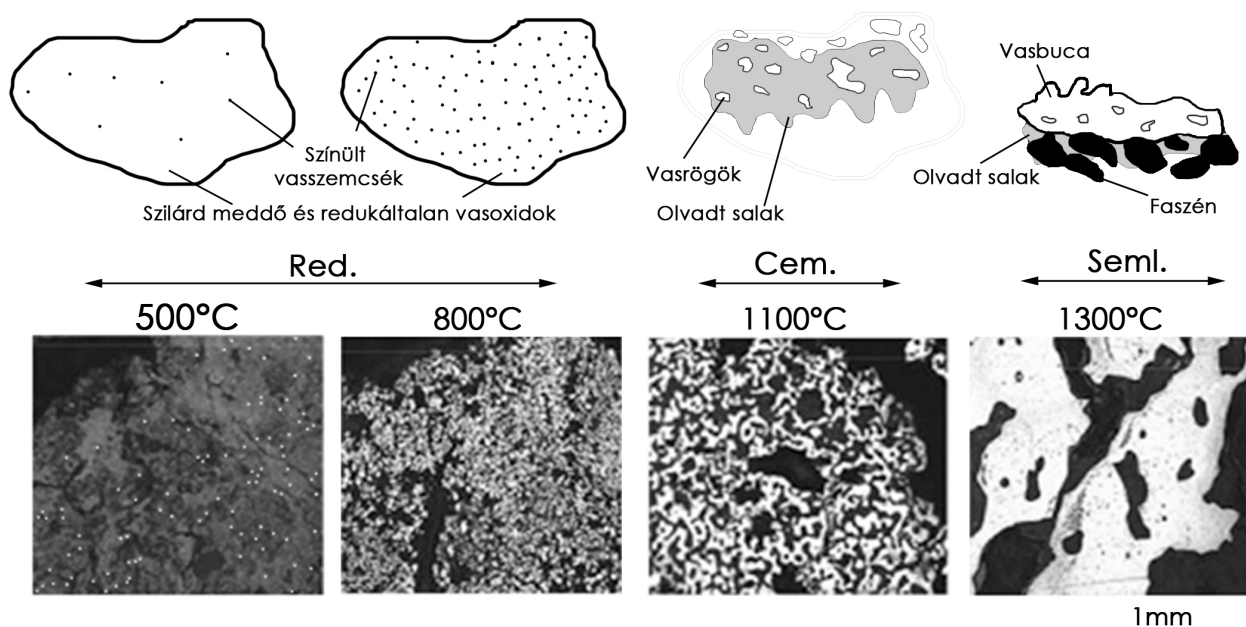
2. Ábra: A redukáló, semleges és oxidáló zóna kiterjedése kevés (balra) és sok (jobbra) befújt levegő esetén.



3. Ábra: A kohó főbb zónái

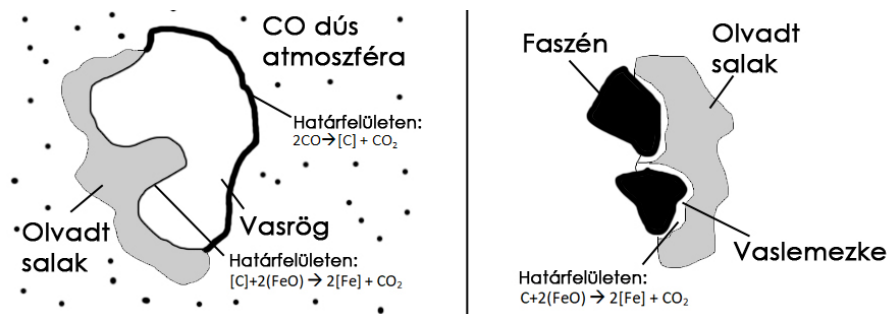
Metallurgiai folyamatok a fúvósík felett – a vasbuca szénttartalmának kialakulása

Nézzük meg most részletesen, hogy a süllyedő zóna három fő részén (red, cem, seml) pontosan mi is történik (ld. 4. ábra). Tegyük fel, hogy a beadott vasérc porózus, nagy fajlagos felületű, szivacsos, azaz olyan, mint a középkori vaskohászatban használt üledékes vasérc, azaz a gyevasérc, vaskalapérc és a konkréciós vasérc (nem olyan, mint a nagyon tömör hematitos, magnetites ércek). Tegyük fel azt is, hogy a beadott vasérc kb. 80% Fe_2O_3 és 20% SiO_2 tartalmú, más pedig nincs is benne. Az akna felső részén, a redukáló zónában megindul a vasércdarabok belsejében a vasoxidokból az apró színvas szemcsék kialakulása. A redukciót az atmoszféra szénmonoxid tartalma végzi. A folyamat előrehaladtával egyre több színvas szemcsé alakul ki a vasércdarab belsejében (ld. 4. ábra felső részének 1. és 2. kis képe). Ezek a színvas szemcsék az olvadt salak megjelenésével elkezdnek összehegedni, rögzödni (ld. 4. ábra felső részének 3. kis képe). Az olvadt salak a redukálatlan vasoxidokból és az érc meddőjéből keletkezik. Az olvadt salak kialakulása a redukáló és a cementáló zóna határán történik. A cementáló zóna alatt tehát én a kohónak azt a részét értem, ahol már megjelenik az olvadt salak. A salak megolvadása jelöl ki a cementáló zóna felső határát. Alulról pedig a cementáló zónát a fúvóka előtt kialakuló semleges zóna határolja. (Ezek alapján lehetne jobb elnevezést is találni ennek a zónának, pl. elsalakulási zóna, vagy valamit, amit már korábban is kitaláltak erre a kohászatban, de most a felszínülés vizsgálata kapcsán maradjunk ennél a cementáló zóna elnevezésnél.) A redukáló zónában tehát a bucavaskohászatra jellemző körülmények között nem lesz teljes a vasoxidok redukciója, mert tudjuk, hogy a salak mindig nagy vastartalmú (legalábbis jóval nagyobb, mint a nagyolvasztó salakjának pár százalékos vastartalma). A redukáló zónában feltételezem, hogy termodinamikailag elsőbbséget élvez a vasoxidok redukciója, színvassá alakulása a már színült kis vasszemcsék felszínülésével szemben, azaz ebben a legfelső zónában még nem indulhat meg a vassfázis cementálódása (ugye?).



4. Ábra: A kohó főbb zónáiban végbemenő alapvető metallurgiai folyamatok

A cementáló zónában viszont már olvadt salak van, tehát a maradék vasoxidok is elsalakulnak, ezért itt a vas színülése már vagy nem folytatódik tovább, vagy nagyon lassúvá válik. Bár nagy vastartalmú az olvadt salak, abból vas szerintem csak kétféleképpen tudna színülni a bucakohóban (ld. az 5. ábrát). Az egyik lehetőség, hogy ez a nagy vastartalmú



5. Ábra: Az atmoszféra, a salak, a vas és a faszén között lehetséges reakciók

olvadt salak közvetlenül érintkezik a faszénnel, rácsurog (ld. az 5. ábra jobb oldalán), ilyenkor a határfelületen vékony vaslemezke alakul ki (erre általában lehet is látni példát a vasbuca alsó részén, de a vasbuca fő tömegét nem ezek a kis vaslemezke adják, mennyiségük elhanyagolható). A másik lehetőség, hogy a cementációs zónában a rögződő vasszemcsék az atmoszférából szenet vesznek fel (ld. az 5. ábra bal oldalán), azaz cementálódnak, és a hozzájuk tapadt, nagy vastartalmú olvadt salak FeO -tartalmát színvassá redukálják (a vassfázis tehát az atmoszféra és a salakfázis között szenet közvetít). Ilyenkor a vasrögöcskék némileg tovább növekedhetnek. De én ezt a folyamatot

sem tartom a vaskihozatal szempontjából meghatározónak, annál inkább fontos viszont a vasrögöcskék felszenülése szempontjából.

A vassfázis felszenülése tehát a cementáló zónában történhet meg. A felszenülést az alábbi főbb folyamatok befolyásolják:

- *A fajlagos felület szerepe.* A salak megolvadásával a redukáló zónában kialakult kis vasszemcsék összehegednek, rögzödni kezdenek, egyúttal így csökken a vassfázis fajlagos felülete is (a diffúziós hegedés, azaz a rögzödés hajtóereje vsz. a felületi energia csökkentése). A felszenülés mértékét befolyásolja a vasszemcsék fajlagos felületének mérete. Nyilvánvalóan lesznek kisebb és nagyobb vasrögöcskék.
- *A salak dekarbonizáló hatása,* azaz a vasrögöcskék és az olvadt salak között végbemenő metallurgiai folyamatok. A cementáló zónában már olvadt salak van. Egyfelől a felszenülésnek nincs a fentebbi, redukáló zónára jellemző termodinamikai akadálya, azaz az FeO színvassá alakulása nem veszi el az atmoszféra szénét a már kialakult vasrögök elől. Másfelől viszont, a nagy FeO tartamú salak dekarbonizál. Azaz, ha a vasrögök felületét sok olvadt salak borítja, amelynek vastartalma nagy, akkor azt gondolom, hogy a vasrög felszenülése nem, vagy csak kismértékben lesz lehetséges, mert a salak FeO-tartalma a felszenülő vasrögöt valamilyen mértékben dekarbonizálni fogja (5. ábra bal oldali kép). A vassfázis tehát tulajdonképpen karbontranszporttal végzi a salakfázis wüstitjének redukcióját. Ez a folyamat az írás során később még egyszer elő fog kerülni.

Itt térnék ki egy korábbi megfigyelésre. Korábban a vizsgáltuk az acél munkadarab kovácstűzbeli elégését, és több videót is készítettünk. Az égési folyamat során megállapítottunk, hogy a kovácstűz oxidáló atmoszférájú területén indul be az acél meggyulladás. Ennek során egy bizonyos folyamat eredményképpen (a frontális és a szemcsehatár menti revésedés közben kialakult oxidréteg megolvad, az olvadt reve pedig a fémfázis széntartalmával reagál és a keletkező széndioxid vagy szénmonoxid gáz tenziós nyomása kilöki a fém szemcséket a munkadarab anyagából, ezeket látjuk az acél hiccelésekor szikraként megjelenni) a munkadarab égő területéről kilökődő acélszemcsék ez része a munkadarabnak a távolabbi, semleges atmoszférára eső részein felrakódnak, szivacsos felrakódásokat képeznek. Ezeknek a szivacsos felrakódásoknak a munkadarab anyagához képest jóval nagyobb a széntartalma. Természetesen az acél égése közben sok olvadt reve, azaz folyékony, nagy vastartalmú salak is keletkezik. Nos, van egy videó, amin jól látszik, hogyan redukálja a nagy vastartalmú salakot a benne tocsogó nagy széntartalmú szivacsos felrakódás. Itt van: <https://youtu.be/WGvC8uxPCow>. Figyeljük meg a kép közepén a videó 05-15 másodperce között a lecsöppenni akaró salak visszahúzódását a szivacsos felrakódásra! Szerintem erre a jelenségre ez a magyarázat, azaz hogy a fémfázis széntartalma színvassá redukálja a salakfázis wüstitjét. Egyúttal persze a fémfázis dekarbonizálódik is, de ez itt most nem lényeges.

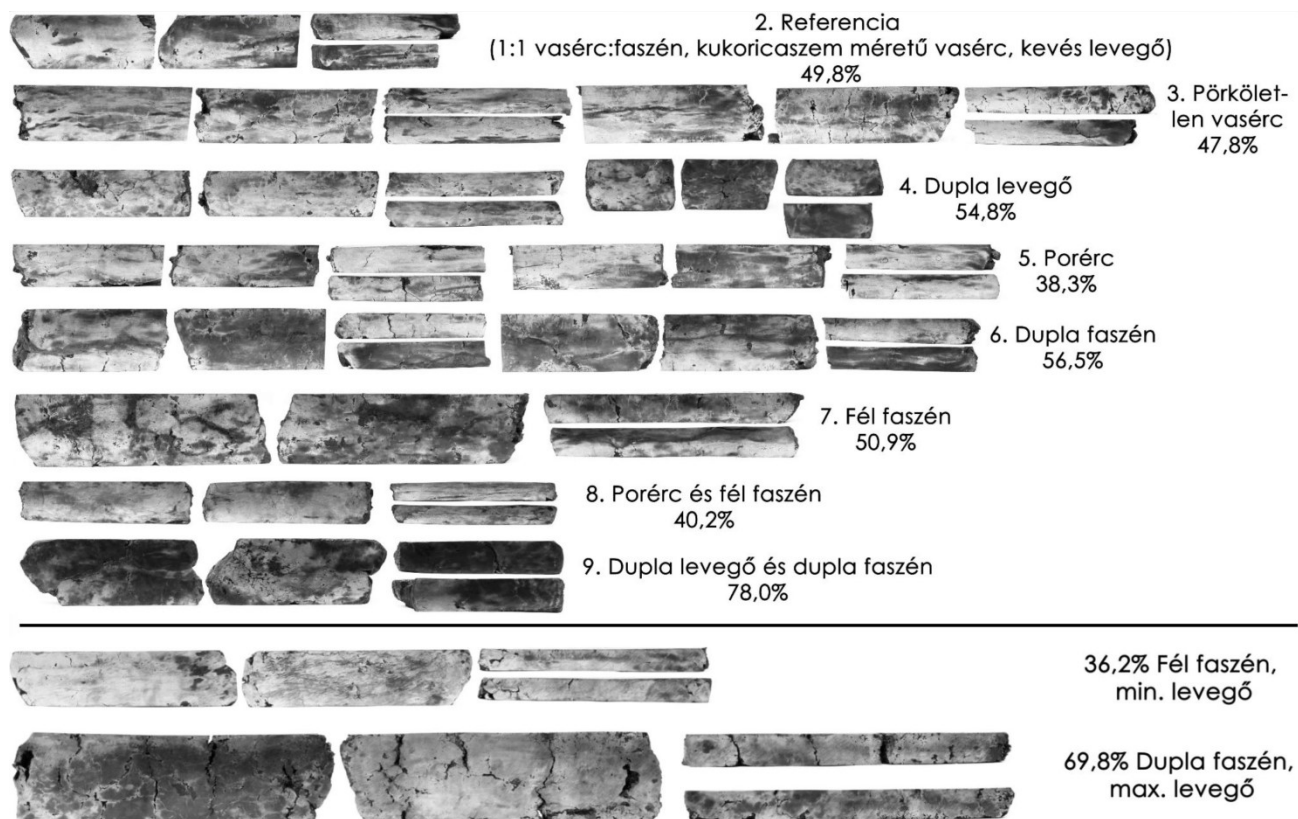
- *A diffúziós gát szerepe.* A vasrögöktől egyre inkább elválik az olvadt salak, és az olyan rögök, amiknek a felszínét kevés salak borítja, diffúziós gát hiányában könnyebben fel tudnak szenülni.
- *Az idő szerepe.* Az egyes vasrögök felszenülésének mértékére ezeken kívül még nyilvánvalóan nagy hatással van az, hogy mennyi időt tudnak eltölteni a cementáló zónában, ide-oda bukdácsolva a faszénszemcséken, vagy a faszénszemcsékhez tapadva.

A vassfázis széntartalma tehát a cementációs zónában ezeknek a főbb véletlenszerű folyamatoknak az együttes hatására fog kialakulni. Lesznek tehát kisebb és lesznek nagyobb mértékben felszenült vasrögök, vasgolyócskák. A korai bucavaskohászatban használt kis kohók geometriai viszonyai úgy gondolom, nem teszik lehetővé a vassfázis jelentősebb felszenülését. Korábban, a gönci konkréciós és a rudabányai vaskalap ércel különböző technológiai paraméterekkel elvégzett kohósítások során kapott vascucák vastömbbé kovácsolása és felületeik maratása után láthatóvá tett széneloszlás alapján elmondható, hogy a szén eloszlása nagyon heterogén és a faszén/vasérc arány és a befújt levegő mennyiségének együttes növelése vezetett csak némi felszenüléshez (ld. 6. ábra).

Mivel a korai bucakemencék geometriai viszonyai között mindössze kb. 10-15 perc alatt leér egy beadott vasércszemcse a fúvóka alá, és ebből csak pár percet tölt el a cementáló zónában, a viszonyok nem teszik lehetővé a nagymértékű felszenülést és általában kis széntartalmú vasanyag keletkezik. A későbbi, nagyobb kohókban lassabban süllyedő vasérc és vasszemcsék esetén nyilvánvalóan már a felszenülés is jelentősebb lehetett.

A különböző mértékben felszenült vasrögök ezután tovább süllyednek, le a fúvóka előtt kialakuló semleges zónába, ahol már nincs további lehetőség a felszenülésre, szerintem ebben a szűk, kicsi zónában a széntartalom alapvetően nem változik, mert az atmoszféra semleges. A semleges zóna fúvóka feletti részében nagyon kevés időt töltenek el a vasrögök, gyorsan lesüllyednek a semleges zóna aljára, ahol hozzáhegednek a növekvő vascucához (ld. 4. ábra felső sorának 4. képe).

Itt ki szeretnék még térni a salak vastartalmára is. Úgy gondolom, hogy ha a redukciós zónában a vasérc redukciója nagy mértékű és a cementáló zónában a vassfázis felszenülése is jelentős, akkor a salak vastartalma kicsi lesz. Erre én azt szoktam mondani, hogy a vasérc „túlredukálódik”. Fordított esetben pedig nagy lesz a salak vastartalma. A salak vastartalma tehát a felszenülés mértékével is összefüggésben van.



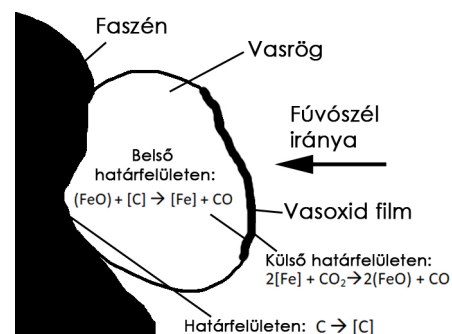
6. Ábra: A szénttartalom befolyásolására elvégzett kohósítások vastömbjei gönci (felül) és rudabányai (alul) vasércel

Visszatérve a 4. ábrához, az ábra alsó részén látható metallográfiai csiszolatok azt mutatják, amit az ábra felső részén stilizálva lerajzoltam. Ezekhez a csiszolatokhoz a mintákat a következők szerint készítettem. A próbakohósítások során a kohó egyes magasságaiban hőmérsékleti értékeket mértünk. Sokszor csinálunk ilyet régebben, sok adat van, a hőmérsékletmérések nagyon szimplán, jellemzően a kohó elülső falába, azaz homlokfalába, függőlegesen, 20cm-enként fúrt lyukakon keresztül bedugott termopárokkal történtek, kb. 15 percenként a kohósítás közben. Gázösszetétel mérések is történek régebben ugyanezen a pontokon, de ez most itt nem lényeges. Az egyes mért hőmérsékleti értékek fentről lefele: torok – 500°C, akna felső – 800°C, akna alsó – 1100°C és közvetlenül a fúvósík felett – 1300°C. Ezekre a hőmérsékletmérésekre alapozva egy lezárt vascsőben faszén-vasérc keveréket melegítettem fel, de hosszú hőtartás nélkül, csupán a hőkiegyenlítődéig, azaz az egyes hőkezelések mindössze pár percig tartottak, ezzel is szimulálva azt, hogy a vasérc a kohó egyes zónáiban csak pár percet tölt el. A csöveket aztán hosszában félbe flexeltem és a kiszedett vasérc illetve vasmintákon metallográfiai vizsgálatot végeztem. Innen van a 4. ábra alján sorakozó négy kis kép. Ezeken maratatlan állapotban vannak a minták. Az első két képen jó megfigyelhető a redukciós zónában kialakuló kis vasszemcsék sokasodása az indirekt redukció folytán. A harmadik és negyedik kisképen pedig a cementáló és semleges zónában végbemenő rögzösödés, a kis vasszemcsék diffúziós hegedése.

Metallurgiai folyamatok a fúvósíkban és alatta

Térjünk ki most arra a kérdésre, hogy közvetlenül a fúvóka előtti oxidáló zónában mi történik. Ezt a térrészt a vasbuca nem tudja kitölteni, mert az ide belógó részei elégnének. Mi lesz viszont azokkal a vasrögökkel, amik éppen itt haladnak át, lefelé vezető útjuk során? Korábban a fúvókán keresztül sötétített üvegen át megfigyeltem ezeket a vasrögöket, amiről videókat és csináltam, ezek egyike itt van:

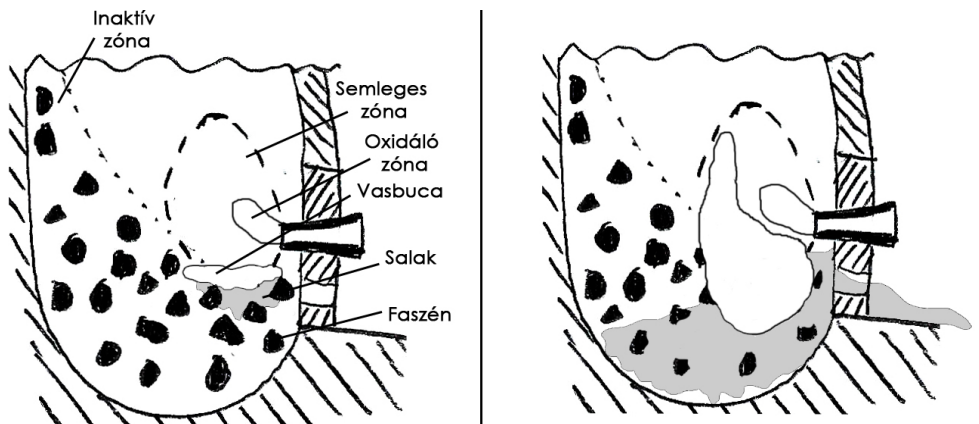
<https://youtu.be/An-bw3J4i9g>. A vasrögök egyébként inkább vasgolyócskák, nagyságrendileg pár mm-esek, esetleg 1cm-esek. A videón a vasrögök fehéren izzó kis gömböcskék, a vasoxid film pedig a felénk eső oldalon alakul ki és fekete. A nagy faszendarabok sárgán izzó, szálás-réteges szerkezetűek. A videón megfigyeltek alapján rajzoltam meg a 7. ábrát. A vasrögök jól láthatóan nem szabadon lebegnek az oxidáló zónában, hanem faszendarabokhoz tapadnak. A fúvósíkj irányából a vasrögök felületén egy vékony, ide-oda szaladgáló vasoxid film alakul ki. A vasrögök azonban nem égnék el, sőt a vasoxid film sem vastagszik meg rajtuk. Ez a vasoxid film ráadásul azonnal visszaalakul színvassá, amint nem éri tovább fúvósíkj a



7. Ábra: Az oxidáló zónában zajló metallurgiai folyamatok

vasrögöt (vö. az 5. ábra bal oldalán magyarázott redukciós folyamat a salak és vassfázis határán). Az oxidáló zónában tehát nem égnék el a vasrögök. Csak akkor égnének el, és alakulnának vissza vasoxiddá, ha nem érintkeznének semmivel, hanem ott lebegnének. (Megfigyeltem például, hogy ha bedugok egy vaspálcát a fúvóka nyílásán, akkor annak vége ebben az oxidáló atmoszférában lecsöpög, vasoxiddá alakul, ami lefolyik.) Az izzó faszéndarabokhoz tapadt vasrögök tehát feltételezem, hogy szenet vesznek fel a faszénből, amely diffúzával a vasoxid filmhez jut, annak belső oldalán visszaalakítva a vasoxidot szénvassá, míg a külső oldalon a szénvas alakul vasoxiddá. Ez egy dinamikus körfolyamat, ami a vasoxid filmet megtartja, de a teljes elégését a vasrögnek meggátolja. A vasrögök nagy része azonban nem kerül be az oxidáló zónába, hanem azon kívül marad és heged össze vassbucává.

Ezek után elérkezünk a semleges zóna alsó részébe, a fúvóka alá. Nézzük meg, hogy itt mi történik. A kohósítás kezdetén, amikor még csak kevés vasércet adagoltunk be a kohóba, akkor a semleges és az inaktív zóna határán kezdődik meg a vasbucá összeállása az összehegedő vasrögökből (ld. a 8. ábrát). A vasbucá a kohósítás során fokozatosan növekszik, magasodik. Ha bőséges salak keletkezik, akkor a növekvő vasbucá fokozatosan lejjebb süllyed, bele a salakba.

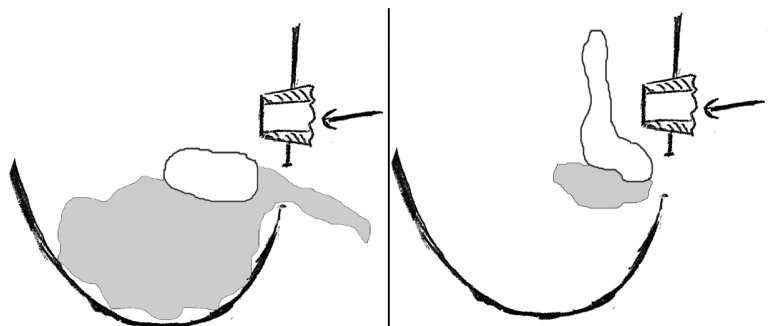


8. Ábra: A vasbucá és a salak a kohósítás kezdetén (balra) és végén (jobbra)

Ugyanis, ha a medencében sok a folyékony salak, akkor annak felszínére felúsznak a szilárd faszéndarabok, így a vasbucá mélyebbre kerül (a növekvő vasbucá fúvósél elterelő, felfelé terelő hatására felfelé mozduló semleges zóna miatt nem tudna lefele süllyedni a buca, de a salak faszénkiszorító hatása miatt viszont igen, tehát a salaknak egy ilyen szerepe is van). Kezdetben tehát nemcsak laposabb, de magasabban is helyezkedik el a vasbucá, ahogyan az a 8. ábra bal oldalán látható. Én a kohósításokat addig szoktam folytatni, míg a fúvóka előtt jól tapintható nem lesz a vasbucá, de nem várom meg, hogy a fúvóka fölé növekedjen, azaz már ne tudjam a tetejét kitapintani. Ha tovább folytatjuk a kohósítást, akkor a vasbucá nagyjából „L” alakú lesz, ahogyan az a 8. ábra jobb oldalán látható. Ilyenkor a felső része laza, szivacsos szerkezetű lesz és magasan felnyúlik a semleges zónában. Ha még tovább folytatnánk a kohósítást, gondolom, a vasbucá fel tudna növekedni egészen a cementáló zónába. Ugyanakkor, ahogyan a vasbucá kezdi kitölteni a faszén égésre rendelkezésre álló semleges zónát, egyre szűkül az a térfogatrész, amelyben a faszén éghet, így a semleges zóna hőmérséklete csökken, a kohó pedig kismértékben hűlni kezd.

Itt térnék ki arra, hogy a kohósítás során keletkező salak mennyiségével milyen összefüggésben van az összeálló vasbucá alakja és helyzete (ld. a 8. ábrát). Az előbbi gondolatmenet alapján érthető, hogy ha sok salak keletkezik a kohósítás során, akkor a vasbucá mélyebben helyezkedik el (ld. a 9. ábra bal oldala). De emellett tömörebb is lesz. Ilyenkor a kohó medencéjét jól kitöltő, nagyméretű salakmedvét szoktunk kapni, és a kohósítás vége felé salak csapolása is szükséges lehet. Ha viszont kevés salak keletkezik, akkor a vasbucá magasan kezd összeállni és magasan felnyúlik a fúvóka fölé (ld. a 9. ábra jobb oldala). Ilyenkor a vasbucá lazább szerkezetű szokott lenni.

Itt lehet megemlíteni az ún. „túlredukálódás” jelenségét, amikor a vasérc laza szerkezeténél fogva a redukáló zónában java részt szénvassá alakul, a salaknak pedig kicsi vastartalma lesz. A kis vastartalmú salak sűrű, általában üveges, viszkózus, nehezen csapolható, nagy dermedési hőközű, törete zöldes-szürke és gázzárványokat, buborékokat lehet látni benne. A töretben gyakran megfigyelhetők kivált mm-es méretű SiO_2 szemcsék is, az ilyen salak szövetszerkezetében feltételezem, nem jelenne meg szabad wüstit. Jóval kedvezőbb salak a bucavaskohászatban a nagy vastartalmú, jól folyó, jól csapolható, kis viszkozitású, fekete töretű, jól átolvadt, kis dermedési hőközű. Ilyen salak többnyire akkor keletkezik, amikor az érc „alulredukálódik”. A 9. ábra bal oldalán egy alulredukálódott a jobb oldalán egy túlredukálódott eset is lehetne.

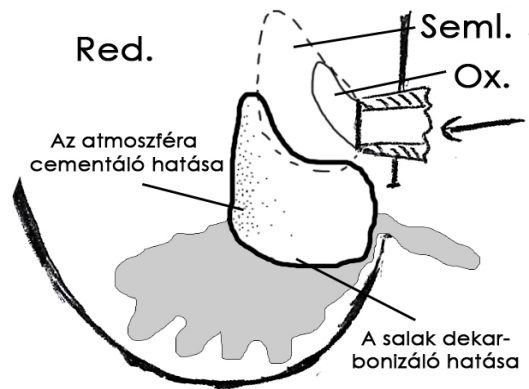


9. Ábra: A vasbucá alakja és a salak mennyiségétől függően

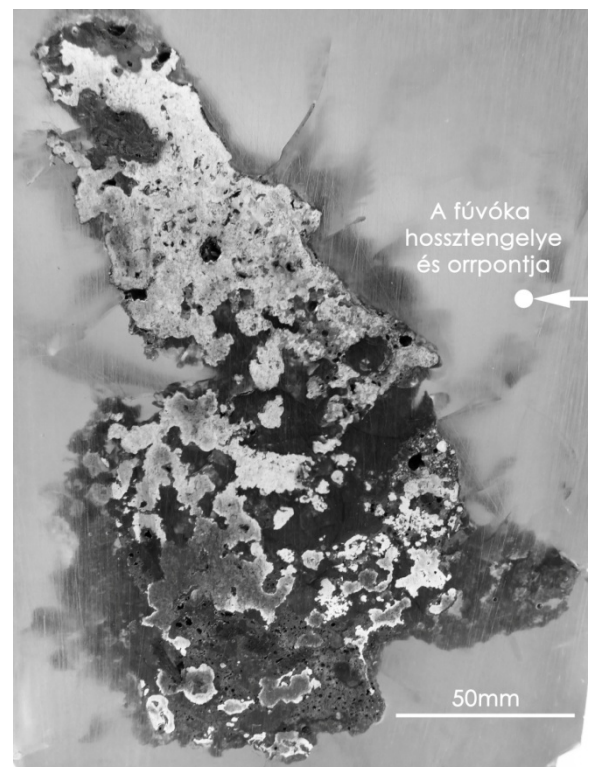
Foglalkozni kell még azzal a kérdéssel, hogy a semleges zóna alsó részén órákat eltöltő vasbuca szénttartalmára vajon milyen folyamatok lehetnek hatással, változhat-e a szénttartalom? Én azt gondolom, hogy alapvetően itt már nem változik meg a vasbuca széntartalma, de bizonyos változások még lehetnek:

- Némely széndiffúzió végbemegy az eltérő szénttartalmú területek között.
- A vasbuca alsó része olvadt salakfürdőben van (ld. 10 ábra), ami inkább dekarbonizál némileg, mintsem szenít. De ez a dekarbonizációs hatás szerintem nagyon enyhe, főleg, ha a medencében lévő salak vastartalma már nem túl nagy.
- A nyugvó és növekvő vasbuca körül megváltozó légáramlások hatására a buca hátsó része szenülhet (ld. 10 ábra), mert az elülső része, ami a fúvóka elé nyúlik, felfelé tereli ez a fúvószelet, ezáltal hátrafelé szűkül a semleges zóna és kiterjed a redukáló zóna. A hátsó részek tehát redukáló atmoszférába kerülve szenülni kezdenek.
- A medencében összeállt vasbuca fajlagos felülete nagyon kicsi, ez lassítja a diffúziót.
- A fúvószelet elterelő hatása a bucának csak a kohósítás második felében vagy a vége felé érvényesülhet, így sok idő sincs már a cementálódásra, diffúzióra.

Végezetül az eddig leírtakkal vessük össze a 11. ábrát, amin megfigyelhetjük a fúvóka előtt kialakult vasbuca keresztmetszetének maratott képét. Én ezen úgy látom, hogy igazán tendencia a fúvóka orrpontjához képest a széneloszlásban csak némileg figyelhető meg, ami inkább a cementáló zónában való véletlenszerű felszenülés nagyobb szerepét mutatja, a medencében történő felszenüléssel szemben. A fúvóka orrpontjához közeli területeken is vannak felszenültebb, sötétebbre maródott részek, bár egy erősebben felszenült rész éppen a fúvókától távolabb a bal alsó sarok környékén látható, ugyanakkor ott is vannak teljesen szénszegény részek.



10. Ábra: A vasbuca fúvószelet elterelő hatása miatt megváltozó atmoszféraviszonyok okozta cementálódása a medencében



11. Ábra: A fúvóka előtt kialakult vasbuca keresztmetszetének maratott képe