

A 13. Őskohász Tábor kísérleti eredményeinek összefoglalása

Bevezetés, hipotézisek

Az idei tábor során egy új hipotézist próbáltunk meg kísérleti régészeti eszközökkel igazolni. A hipotézist a következőkben vázolom fel. A somogyi honfoglalás- és avar kori vasbucák, amik előkerülnek meglehetősen nagyméretűek, pl. a petesalmi Vidraparki ékelt betömörített buca 12kg-os, de a Somogyfajszai Őskohó Múzeumban is van 3,6kg-os tömörített vasbuca, a tábor alatt pedig kaptunk egy fél ékelt vasbucát, amit Pusztakovácsi határában talált egy helyi barátunk. Ez a fél tömörített buca 2kg-os volt, az egész kb. 4kg-os lehetett mielőtt kettétörték. Ilyen nagy vasbucákat nekünk soha sem sikerült egy kohósítással nyerni olyan méretű kohóban, amilyenek a korszakra jellemzőek voltak. A maximális méretű tömörített vasbuca valahol 3kg körül lehet (néhányszor revéből, tehát nem gypvasércből sikerült ekkorákat csinálni), de általában inkább csak 1-2 kg körül szokott lenni a tömegük. Az igazolandó hipotézis az volt, hogy ezek a nagyméretű bucák több kisebb buca kovácshegesztésével készültek egy bizonyos munkaszervezési technikával, amely szerint egyszerre, egy időben kohósítottak a bucakemencékben, amelyeket szintén egy időben bontottak ki és a kapott vasbucákat összekovács-hegesztették. A nagyméretű bucákon túl erre utal a régészeti feltárt műhelygödrök elrendezése, bennük egymástól megfelelő távolságra (úgy, hogy mindegyikhez oda lehessen férni – Gömri János minapi telefonos közlése szerint) hasonló állapotú bucakohók kerülnek elő, azaz ezek egy időben, egyszerre működhettek. Másrészt vannak olyan salakgödörös újraizzító tűzhelyek, amelyekben feltételezhetően nagy méretű, sok salakot adó bucákat hevítettek újra, és/vagy több kis bucát kovácshegesztettek bennük össze. Ezek alját nagy, szimmetrikus salakmedve tölti ki, ami körszimmetrikus, több felől történő befúvásra utal (Tena Karavidovic régész, PhD hallgató mutatott nekem ilyenekről képeket, amiket a Dráva Horvát oldalán találtak).

A táborban nem teljesen sikerült a munkaszervezést és a technológiát rekonstruálni elsőre, de négy párhuzamos kohósítás vasbucáját egy kb. 6kg-os nagy bucává (többszöri tömörítés, kovácsolás utáni tömeg) tudtuk összekovácsolni. A tapasztalatok alapján a helyes, feltételezhetően alkalmazott eljárás során az egyszerre kibontott kohókból az egyenletes hőmérsékletű, sárgán izzó bucákat egy farönkre rakva fakalapácsokkal ütötték össze. A bucáról a kohóból való kihúzás után „lenyesték” egy ösztökeszerű szerszámmal az aljára tapadt salakmedvét, így a farönkre már csak a vasszivacs került, aminek a felületén nagy salakfeltapadások már nem nagyon vannak. Ezzel egy nagy méretű, előtömörített bucához jutottak, amit, ha szükséges volt, további újraizzításokkal tovább lehetett tömöríteni, végül pedig, ahogy gyakran látjuk, ékelni. Valószínű, hogy a rutinos kohászok már ebből az egy melegből képesek voltak egy kompakt, tömörített vasbucát megcsinálni, és esetleg már csak az ékelés miatt hevíthették párszor még újra a nagy bucát, sőt talán még azt is megoldották az első melegből. Mi a táborban ettől a munkamenettől annyiban térünk el, hogy nem egyszerre, hanem sorban bontottuk a négy kohót, a kivett bucákat egyesével tömörítettük be, majd ezeket próbáltuk egy máglyába rakva újrahevíteni és összekovács-hegeszteni. Ez utóbbi lépés nem sikerült, a máglyában nem tudtunk elegendően nagy hőmérsékletet elérni, így sem ott, sem pedig azon kívül a farönkön sem sikerült a négy bucát összekovács-hegeszteni (kettő ímmel-ámmal azért összeragadt). Ezért a bucákat sorban hegesztettük egymáshoz a táborban a szokásosan vasbucák újrahevítéséhez használt kovácstűzelyben, tehát először kettőt kovácsoltunk egygé, majd ehhez egy harmadikat, végül ehhez egy negyediket (vö. Delhi vasoszlop). A bekezdés elején felvázolt elképzeléssel szemben, ezeknek a tömörített bucáknak kisebb volt a fajlagos felülete, tulajdonképpen sík felületeket kellett kovácshegeszteni, ami nehezebb volt. Ráadásul az újraizzítás során jelentkező nagy leégési veszteségek mellett az is gond volt, hogy nem tudtuk egyenletesen melegre hevíteni a nagy munkadarabot, annak inkább csak a fúvóka felé eső fele érte el a kovácshegesztési hőmérsékletet (a tűztérben való forgatás ellenére is). Az általunk végzett eljárásban az is „hiba” volt, hogy a végeredmény ilyen módon egy a régészeti leleteknél sokkal tömörebb buca lett, ugyanis az egyes előzetesen betömörített bucák már olyan szilárdak voltak, hogy azokat farönkön fakalapáccsal nem lehetett összekovács-hegeszteni, csak üllőn vaskalapácsokkal. Ezek a nagyméretű vasszerszámok viszont úgy feltételezem, hogy nem álltak az őskohászok rendelkezésére kint, a településektől távol eső műhelygödrökben.

A hipotézisben felvázolt munkamenetet kiegészítem azzal az elképzeléssel, ami a vasbucák ékelésére ad magyarázatot. Korábban felvetődött, hogy az ékelés valamiféle minőség-ellenőrzési céllal történhetett, esetleg a bucák könnyebb szállíthatósága érdekében. A táborban sokat beszélgettünk ötleteltünk, ami alapján azt gondolom, hogy az ékelésnek elsősorban technológiai okai voltak. Mégpedig az, hogy az ilyen nagyobb méretű bucák újrahevítése és megmunkálása a kovácsok számára nagyon nehézkes, körülményes, az ékelés viszont lehetővé teszi, hogy a nagy bucát hidegen, egy nagyobb ütéssel félbetörjék, és csak egy kisebb, fél bucával kezdjék a munkát. Erre utal az, hogy van félbetört ékelt bucalelet, vannak olyan nagyobb bucák (talán skandinávok?), amiket több ékeléssel is elláttak, azaz több darabra törhetővé tették őket, és hogy az ékelések jellemzően a korong, vagy sajt alakú buca palástfelületéből indulnak egészek a buca átmérőjének kb. kétharmadáig. Az ilyen éles, mély bemetszések feszültség gyűjtő helyként viselkednek és lehetővé teszik a hidegen való kettétörést. Magyarázatra szorul még az, hogy miért csináltak ilyen nagy méretű vasbucákat, ha aztán amúgy is széttörték őket. Nos, azt hiszem, hogy ennek is alapvetően technológiai okai vannak, de a szakmából kissé kitekintve azt is gondolom, hogy egy műhelyből kikerülő bucaméreték az adott műhely fejlettségét is mutatták, mintegy „státuszszimbólumok” voltak. Egy ilyen nagy buca alapvetően, azt hiszem, egy napi termelési adag lehetett, azaz az adott napon lekohósított kisebb vasbucák kerültek bele néhány, de akár 10 kohóból is. Visszatérve a technológiai magyarázatokra, egy nagy bucának sokkal kisebb a fajlagos felülete, mint egy kicsinek. Ez két okból jelent előnyt. Egy kis, 0,5-1,5kg-os buca rúdszerű előgyártmánnyá tömörítése során a tapasztalati megfigyeléseim szerint munkadarabnak kb. a fele odavész, leég. Kisebb a leégési veszteség, ha nagyobb bucát nyújtunk le, kovácsolunk le rúdszerű előgyártmánnyá. Azt gondolom, hogy amikor valamilyen terméket kovácsoltak a kovácsok, akkor nem a vaskohászati műhelyekből kikerült tömörített bucákból indultak ki közvetlenül, hanem az azokból kikovácsolt rúdszerű előgyártmányokból (én legalábbis így szoktam). Ebből az elképzelésből azt is feltételezni lehet, hogy a kovácsfalavakban lehetett egy nagyobb kovácstűzhely, amiben a koházműhelyekből kapott nagyobb, tömörített bucákból, bucafelekből rúdszerű előgyártmányokat kovácsoltak. Ezekből aztán a falvak kisebb műhelyeiben, kisebb kovácstűzhelyeiben készültek el a kisebb vaseszközök. A nagy buca kovácsolása során jelentkező kisebb leégési veszteség mellett a másik előny, hogy azok a lemezes, leveles leválások, amik a vasbucák kovácsolásakor a felületen gyakran megjelennek, jóval kevesebben lesznek. Ezek nem a leégési veszteséghez tartoznak, de ezek a leválások is gyakran leesnek a kovácsolás közben a munkadarabról. Én ilyenkor hajtogatni szoktam a munkadarabot, hogy a lemezes leválások a hajtás után ismét az munkadarab belsejébe kerülve, visszakovács-hegedjenek az anyaghoz (Ezeket a vékony leválásokat nem lehet normálisan hozzákovács-hegeszti a tömbhöz, mert egyenetlenül melegszenek fel a kovácstűzben, a vékony leválások rendszerint túlhevülnek, nem hegednek hozzá a hidegebb tömbhöz). Összefoglalva tehát egy nagyobb 2-5 kg-os buca rúdszerű előgyártmánnyá kovácsolása fajlagosan sokkal kisebb vasvesztéssel jár, mint a kis bucadarabok esetében. Még egy megjegyzés. A mai acélokhoz képest a vasbucák sok salakzárványt tartalmaznak. Ezek a salakzárványok jelentősen lecsökkentik az alakítóerő szükségletet az átkovácsolás során, azaz a vasbucák melegszilárdasága jóval kisebb, mint a modern acéloké, azaz puhábbak, kisebb ütésekkel is jobban alakíthatóak. Egy 5 kg-os vasbuca rúddá kovácsolása sem okoz különösebb nehézséget két-három ráverő inassal, egy 1 kg-os bucát pedig egyedül is rúddá kovácsolhat az ember. Látni kell tehát ennek a „köztes lépésnek”, az előgyártmánykovácsolásnak a fontos szerepét a korabeli vasiparban (Török Bélával beszélgettünk erről), ami a nagy bucaméreteket is jól magyarázza. Nyilván egy fejletlenebb vasiparban sokkal kisebb léptékek voltak, 1-2 kg-os vasbucákból kovácsoltak előgyártmányokat, de még itt is feltételezhető, hogy ezeket a kisebb bucákat is több kohósítással kapott vasszivacsokból rakták össze.

Rekonstrukciós kísérletek az Őskohász Táborban

A fentiekben bemutatott alapvetően munkaszervezési hipotézis (amely tehát az eddigi, a műhelygödrökben önállóan, a többitől függetlenül működő bucakemence elképzeléssel szemben egy új, csapatmunka-szerű elképzelést hoz a látókörbe) bemutatása után a következőkben képekkel illusztrálva mutatom be a 13. Őskohász Táborban született kísérleti régészeti eredményeket. A képeket és a munka során készített alapos jegyzetekért nagy-nagy köszönet Csonka István vegyészmérnöknek,

őskohásztársunknak!

A kohósításokhoz a somogyfajsi Őskohó Múzeumban látható kohók másolatait építettük meg. 4 kohó volt. A kohósított vasércet a petesmalmi Vidrapark egyik leeresztett halastavának az aljáról lapátoltam fel még februárban. Ebből kb. 600 kg bezsákolt ércet vittünk el a táborba (köszönet Pinkóczi Tamás apukájának, Pinkóczi Józsefnek, Szűcs Istvánnak és Terpó Pistének a fuvarozásban nyújtott segítségért!) A vasérclelőhelyről a youtube csatornámban van videó: <https://youtu.be/GLNxy30HCSQ>. A vasércből többször is küldtünk mintát a Dunaferri Spektrometriai főosztályára XRF vegyelemzésre (köszönet Bocz Andrásnak és Fehér Andrásnak), mindig hasonló eredmények jöttek ki, az egyik mérésnek a főbb elemek oxidra számolt részét mutatom a képen.

12+MgO	0.32
13+Al ₂ O ₃	0.46
14+SiO ₂	3.82
15+P ₂ O ₅	6.6
16+S	0.009
16+SO ₃	0.026
17+Cl	0.0029
18+Ar	0.010
19+K ₂ O	0.19
20+CaO	3.44
21 Sc ₂ O ₃	0
22+TiO ₂	0.032
23 V ₂ O ₅	0
24+Cr ₂ O ₃	0.007
25+MnO	1.61
26+Fe ₂ O ₃	81.0

A petesmalmi vasérc főbb elemek oxidra számolt értékei, XRF vegyelemzés, Dunaferri

Látható, hogy az érc rendkívül nagy vastartalmú ugyanakkor szokatlanus sok benne a foszfor. A meddő tartalmaz még némi CaO-t és SiO₂-t, de ezek mennyisége a legtöbb gyepvasércel összehasonlítva kicsi.



A halasóból összeszedhető még vizes, aprószemű vasérc. A finom, poros frakció itt össze van tapadva.

Az aprószemű, sóderszerű, vas-mangán gumós vasércet, vasborsót, a kohósítás előtt átszitáltuk. A 4 mm-es szitán szemre 1-2 milis és kisebb szemcsék mentek át. Ez megfelel az ökölszabálynak, hogy egy szitán max. a lyukméret felének megfelelő nagyságú szemcsék mennek át. A szitán maradt anyag nagy része 3-4 mm szemcse volt, de akadtak 1-2 centis rögök is, elég keményen összeálltak is. Az érc nedves volt, de pár % víz lehetett rajta, a tömegmérésünk sem volt ennél pontosabb. A szitán maradt nagyszemű frakciót 10%-nyi oltott mésszel keverve kohósítottuk. Az oltott mész azért jobb betétanyag,

mint a szemcsés mész, pl. mészkő, döglöttmész, mész hidrát, stb., mert az oltott mész feltapad a vasércszemcsékre, így teljes mennyiségében elsalakul. A szemcsés mész viszont javarészt leperreg a kohó aljára, reakciókban nem vesz részt, nem salakul el.

A leszítált apószemű frakciót granulálás után kohósítottuk. A granulálás úgy történt, hogy először szárazon 5%-nyi agyagot (ragasztóanyagnak) kevertünk a vasércporhoz, majd a homogenizált keverékhez vasércre számolva adtunk 20%-nyi oltottmeszet (foszfortalanítani). Így egy formázható, granulálható állagú keveréket kaptunk, amiből kézzel 10-30g-os granulákat gyúrtunk (ez eléggé időigényes technika volt). Itt Csonka István javaslatára legközelebb érdemes lesz egy homogén száraz keveréket létrehozni mészhidrát, agyagpor és vasércpor keverékéből, ezt szárazon homogenizálva, majd ezt felönteni a szükséges mennyiségű vízzel (ez már nagyon vegyészkedés, elég távol állhat az ősök világától, de technológiai szempontból nagyon praktikus). Az oltott meszes keverék homogenizálása időigényesebb.

A faszenet illetően a kohósításokat a szokásos módon úgy végeztük, hogy először színig töltöttük a kohókat faszénrel (kb. 12-15kg-nyi faszenet nyeltek el a kohók itt), átizzítottuk, majd, amikor már tartósan, stabilan égett a torokláng, meleg volt a kohó, a vasércet és a faszenet 1:1 tömegarányban adagoltuk. A kohóbontás után sok elégetlen faszén maradt, kb. 5-6kg-nyi, ezzel a z izzó faszénrel a további tömörítésekhez, kovácsolásokhoz hevítettük elő a bucákat. Megjegyzem, hogy a kohósításokhoz használt 4-40mm-es frakciójú faszén a kovácsoláshoz túl kicsi, ezért azt nagyobb szemű faszénhez kevertük, így a kovácstűz jobban átszellőzött, ez a nagyobb bucáknál fontos, főleg, egy több bucából összekovács-hegesztett nagy bucánál.

Itt tennék egy gondolati kitérőt. Nagyon valószínűtlen az, hogy ilyen bonyolult eljárásokat, mint pl. ez a granulációs technika, oltottmeszes foszfortalanítás, stb. a régiek alkalmaztak volna. Azt, hogy valamilyen plusz betétanyag beadagolásával (mészkő, fahamu, stb.) részben foszfortalanítottak, – legalább annyira, hogy kovácsolható legyen a vasanyag (nagy P tartalom esetén ugyanis még csak nem is lesz kovácsolható a vas) – elképzelhetőnek tartom. Erre utal az, hogy az összes eddig somogyból ismert vasbucá, amin vegyelemzést végeztek (petesmalmi, négy somogyfajsi, a mostani pusztakovácsi félbucá) rendkívül sok foszfort, 1% körülit tartalmazott. Valószínű, hogy nem foglalkoztak ezzel a régiek, úgy voltak vele, hogy jó ez a vasanyag így is nekik, lehet kovácsolni, azt meg, hogy hidegen rideg, törékeny, elfogadták. Hasonló a helyzet az arzénrel is. Nekünk, mai mérnököknek, anyagtudománnyal, fémtannal foglalkozó vasipari szakembereknek sokkal nagyobbak az elvárásaink a mai acélokkal szemben. A foszforra, az arzénra vagy a rézre és egyéb esetleges szennyezőkre sokkal alacsonyabb határértékek vannak megállapítva. A régi bucavasak mai szemmel már elfogadhatatlanul rossz minőségűnek számítanak. De látni kell azt is, hogy a régi bucakemencékben szilárd halmazállapotban keletkező bucavasak alapvetően a salakosságuk miatt amúgy is sokkal rosszabb mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek (sokkal kisebbek az alakíthatóságra, szívósságra vonatkozó mérőszámaik), mint a mai kétszer (nyersvas- és acélgyártás során) megolvasztott acélok, még gondos átkovácsolás után is. Ezek az említett szennyezők csak tovább rontják az amúgy is rossz helyzetet. A bucavasak kovácsolása egészen más technikai fogásokat igényel, mint a mai acélké. Pl. kis alakításokat visel csak el repedések, delamináció nélkül, vagy pl. mindig kovácshegesztési hőmérsékletre kell kezdeni az alakításukat, a repedések behegedése érdekében és az újabb repedések kialakulásának elkerülése miatt. Mai acélból le lehet ütni egy szeget egy melegből. Bucavásból nem. Mindezek miatt, ha bucavásból kovácsolunk, sokkal nagyobbak a leégési veszteségek, mint a mai acélknál. Összefoglalóan tehát a régi, bucavással kovácsoló mesterek munkája sokkal keserveesebb, gyötrelmesebb volt, nem véletlen, hogy a vasiparban is egy folyamatos igény mutatkozott a technológiai fejlesztésekre, az egyre jobb minőségű acélokra.

Az első napon építettük meg a kohókat, a második napon mind a négy kohóban egy-egy gyakorló kohósítást végeztünk, a harmadik napon pedig a „bucamáglya projekt” következett négy párhuzamos kohósítással.

Az második nap betétei és bucái (első kohósítás sorozat):

1. Kohó 12 kg 4 mm lyukoldalhosszúságú szitán rostált petesmalmi érc, 2.4 kg oltott mész, 0.6 kg agyag granulálva --> 1.77 kg vastömb üllőn átkovácsolva. Vaskihozatal 14,8%.

2. Kohó 12 kg keverék 10:1 rostán fönn maradt érc:oltott mész simán összekeverve --> 1.82 kg vastömb üllőn átkovácsolva. Vaskihozatal 15,8%.
3. Kohó 8.8 kg keverék 10:1 érc:oltott mész --> 1.05 kg fakalapáccsal tömörített buca, másnap üllőn átkovácsolva a vastömb 0.81 kg. Vaskihozatal 9,2%.
4. 5.5 kg 10:1 érc:oltott mész --> 1.14 kg fakalapáccsal tömörített buca, másnap üllőn átkovácsolva a vastömb 0.81 kg. Vaskihozatal 14,7%.



Kohósítás az 1-es és 2-es kohóban. Az 1-esbe aprószemű granulált érc, a 2-esbe nagy szemű, mésszel kevert érc került.



Az első kohósítási sorozat bucái sorrendben, balról jobbra az 1-4-es kohóból, sorban 1.77 kg, 1.82 kg, 0,81 kg és 0,81 kg. Flexszel, tisztítókoronggal fémtisztára csiszolt felületek a p-xrf mérésekhez

Mindegyik kapott buca jól kovácsolható volt, törekenységet nem tapasztaltunk, a mész hatására mindegyik foszfortartalma kellően alacsony lett. Török Béla végzett p-XRF vizsgálatokat rajtuk és a pusztakovácsi régi bucán is, ezek pontos eredményeit az alábbi táblázat foglalja össze.

Minta	Módszer	Al	Si	P	S	Mn	As	P átlag	As átlag
Sfajsz I 1	Alloy_FP					0,03	0,33	0,37	0,35
Sfajsz I 2	Low alloy	0,21	0,36	0,38	0,08	0,01			
Sfajsz I 3	Alloy_LE_FP	0,00	0,26	0,40	0,02	0,00	0,26		
Sfajsz I 4	Low alloy	0,26	0,72	0,35	0,09	0,01			
Sfajsz I 5	Low alloy	0,19	0,51	0,35	0,08	0,02			
Sfajsz I 6	Alloy_FP					0,03	0,45		
Sfajsz II 1	Alloy_FP					0,03	0,49	0,38	0,54
Sfajsz II 2	Low alloy	0,21	0,48	0,29	0,07	0,02			
Sfajsz II 3	Alloy_FP					0,02	0,85		
Sfajsz II 4	Low alloy	0,48	0,89	0,46	0,08	0,03			
Sfajsz II 5	Alloy_FP					0,04	0,69		
Sfajsz II 6	Low alloy	0,30	1,01	0,44	0,08	0,03			
Sfajsz II 7	Low alloy	0,17	0,53	0,32	0,08	0,01			
Sfajsz II 8	Alloy_FP					0,11	0,14		
Sfajsz II 9	Low alloy	0,25	1,19	0,37	0,07	0,06			
Sfajsz III 2	Alloy_FP					0,10	0,15	0,60	0,24
Sfajsz III 3	Low alloy	0,27	1,75	0,77	0,08	0,07			
Sfajsz III 4	Alloy_FP					0,09	0,41		
Sfajsz III 5	Low alloy	0,34	1,56	0,49	0,08	0,09			
Sfajsz III 6	Alloy_FP					0,12	0,17		
Sfajsz III 7	Low alloy	0,15	1,14	0,60	0,07	0,11			
Sfajsz III 8	Low alloy	0,10	0,49	0,55	0,07	0,01			
Sfajsz IV 1	Alloy_FP					0,04	0,24	0,53	0,27
Sfajsz IV 2	Low alloy	0,10	0,46	0,54	0,07	0,03			
Sfajsz IV 3	Alloy_FP					0,03	0,27		
Sfajsz IV 4	Low alloy	0,14	0,59	0,55	0,07	0,02			
Sfajsz IV 5	Alloy_FP					0,02	0,32		
Sfajsz IV 6	Low alloy	0,16	0,70	0,49	0,07	0,02			
Pkovacsbuca 1	Alloy_FP					0,34	1,23	1,07	1,01
Pkovacsbuca 2	Low alloy	1,16	2,73	1,00	0,11	0,33			
Pkovacsbuca 3	Alloy_FP					0,31	0,63		
Pkovacsbuca 4	Low alloy	2,64	5,50	1,14	0,12	0,25			
Pkovacsbuca 5	Alloy_FP					0,42	1,17		

Török Béla méréstechnikai hozzáférése, hogy a műszer Oxford Instrument X-MET8000 Expert hordozható energiadiszperzív röntgenfluoreszcens (ED-XRF) spektrométer volt. Alloy FP (Fundamental Parameters) módszerrel, ami a könnyű elemeket nem méri, és Alloy+ módszerrel, (ami a Mg-tól már mér, így a P-t is és gyakorlatilag Low Alloy módszerként kalibrálja magát, de itt nem normáltam az összetételeket), illetve egyszer Alloy LE (Light Elements) FP módszerrel, de mindig 30 másodperces időtartamokkal mértem. Természetesen minden tömeg%-ban van. A nyers vasbucák alapvetően nem könnyen mérhető az XRF-nek, mert nem tud meglévő modern ipari sztenderdekhez jól igazítani. Bár elképzelhető, hogy a mérések abszolút értékben némileg pontatlanok, azért egymással az eredmények jól összehasonlíthatóak. Látható, hogy a bucák átlag 0,4-0,6 %-nyi P-t tartalmaztak, ez tehát tényleg nem túl magas. Összehasonlításként a régi félbucák P-tartalma 1% körül volt, és emellett kb. 1% As-t is tartalmazott (a közeli Aranyosi-árok biogén gyepvasérc lencséire jellemző a nagy arzéntartalom, más általánosan ismert somogyi gyepvasércnél nem). A mi bucáinkban jóval kisebb As-

tartalom volt mérhető. Érdekes látni, hogy a granulációs technikával és a nagy szemű érc oltott mésszel való keverésével is hasonlóan kis értékre lehetett a P-tartalmat leszorítani. Az 1-es és 2-es kohó geometriája és befújt levegők mennyiségei közel azonosak voltak, nagyjából azonos méretű és kémiai összetételű bucák keletkeztek bennük az eltérő ércelőkészítés ellenére is. A 3-as és 4-es kohó gyengébb fújtatás mellett üzemelt, kisebbek lettek a vasbucák, és némileg nagyobb lett a P-tartalmuk (nem tudom, miért, én inkább a jobban fújtatott, melegebb kohók bucáinak P-tartalmát vártam volna kicsit nagyobbra).

Itt ismét tennék egy kis gondolati kitérőt. A somogyi gyevasércek nagy foszfortartalma ismert, ill. az is, hogy a foszfor bekerül a vassfázisba és törékennyé teszi azt. A vassfázis foszfortartalmát többféleképpen próbáltam már csökkenteni, a leghatékonyabbnak ez a granulálás technika bizonyult. Ennél ugyanis nemcsak foszfortalanító bázikus salakot képezünk, hanem az érc „túlredukálódását” meggátolva (a granulák reakciófelülete kisebb, mint a poros érccé) nagy vastartalmú, jól folyó és nagy mennyiségű salak is keletkezik. A salak nagy vastartalma szintén foszfortalanít, a nagy mennyisége pedig a kohóban kialakuló vasbucát tömörre teszi (ezt nem egészen értem, hogyan, de így van), majd a kovácsoláskor jó kovácsolhatóságot biztosít. A granulák továbbá a kohónak jó átszellőzést is biztosítanak, így a kohó felső részei is jó meleg lesznek. Ezzel szemben a poros érc eltömíti a kohót, fojtja a gázáramlást és az érc túlredukálódik, kevés salak keletkezik, a vasbucá nagy, de „száraz” lesz, nem vagy alig lesz betömöríthető. Egyébként foszfortalanítási szempontból a nagy szemű petesmalmi érc oltott mésszel való keveréssel történő kohósítása is a granulációs technikához hasonlóan eredményes, mert a nagy szemű érc sem tud túlredukálódni, sok salak keletkezik, amelynek bázikusságát az oltott és növeli.

Alább látható egy rajz egy „száraz” és egy „nedves” buca kohóbéli alakjáról. A száraz buca a kohóban magasan a fúvóka fölé ér, de laza szerkezetű. A nedves buca sokszor lapos, alacsony, inkább vízszintesen terül el és csak sok vasérc lekohósítása után kezd el a fúvóka szintjéig magasodni. A száraz buca salakmedvéje kicsi, a buca aljához van tapadva, nem is nagyon lehet lenyesni róla. A nedves buca salakmedvéje nagy, egészen ki is töltheti a kohó medencéjének alját, felvéve annak az alakját és a kohó aljának hátulsó hideg részére is elfolyik belőle valamennyi. Száraz bucánál nem, nedvesnél viszont többször is kell salakot csapolni egy kohósítás folyamán. Nagy foszfortartalmú érc esetén továbbá a száraz buca foszfortartalma mindig nagyobb szokott lenni, mint a nedvesé, feltételezhetően a foszfortalanító salak mennyiségével és bázikusságával van ez összefüggésben. A száraz bucánál a vaskihozatal nagyobb, a nedvesnél kisebb.



„Száraz” és „nedves” buca és a salakmedvéje alakja a kohóban

Érdekes módon a száraz buca, így a betömörítéskor széteső buca jelenségét a szinte tiszta Fe_2O_3 -tartalmú (összesen 2% meddő volt benne), ajándékba kapott (köszönet Hevesi Imrének és Fehér Andrásnak) vasműi brazil hematit kohósításakor (kb. 10-szer kohósítottuk a korábbi évek Őskohász Táborában) is megfigyeltük. Ennél az ércnél nem okozhatta a bucák törékenységet semmilyen szennyező, kizárólag a kapott száraz vasbucá rossz fizikai tulajdonságai. Ennél az ércnél a túlredukálódás oka az volt, hogy az érc java része szintén poros frakcióból állt. Salak szinte nem is keletkezett a kohósításakor. A megoldás, amivel végül kiválóan lehetett kohósítani ezt az ércet az volt, hogy 20%-nyi egyszerű, sárga bányahomokot adtunk az érchez (előnytelenül ez szintén poros volt),

ezáltal sok, hígfolys salak keletkezett, csapolni is kellett, a sok salakban pedig szép kis tömör bucák alakultak ki. A bányahomok itt tehát folyósítószerként, salakképzőként működött, és bár némileg csökkentette a vaskihozatalt, a kapott vasbucák tökéletesek voltak.

Itt jegyezném még meg, hogy mostanában a poros betétanyagok kohóátszellőzés-rontó, légáramfojtó hatásást megfigyelve, megértve a faszenet is le szoktam szitálni 7mm-es lyukú szitán. Ezt megelőzően a faszenet egyébként 40mm-es lyukú rostán töröm át, így a kohósításokhoz kb. 4-40mm-es frakciójú faszenet használok. Mivel a betétanyagok térfogatarányában a legnagyobb részt a faszén képviseli, annak portalanítása fontosabb, mint az ércé vagy a salakképzőké. Portalanított faszénnel poros érceket is eredményesen tudunk kohósítani.

A harmadik nap betétei és bucái, ill. a bucamáglya

Mind a négy kohóban nagy szemű petesalmi vasércet kohósítottunk 10% oltott mésszel keverve. Az előző napi tapasztalatok alapján, a kisebb fújtatóméretek, kisebb befűjt levegőmennyiség miatt, a 3-as és 4-es kohót hamarabb indítottuk. A 4. kohónál a táplálás kezdve 14:30, a 3. kohónál a táplálás 15:26. Majd pedig az 1. kohónál 15:42, a 2. kohónál 15:50. A kohóbontások egymás után történtek: 1. és 2. 18:30-19:10 közt bontva, 4. bontva 19:17-től, 3. bontva 19:30-kor. A beadott oltottmeszes érc mennyisége ércre nézve: kb. 12kg, 9kg, 7kg, 7kg az 1-4 kohóra sorban. Ez tehát összesen 35kg vasérc kohósítását jelentette a négy kohóban. A vasbucákat farönkön fakalapáccsal betömörítettük majd lemérlegeltük. A tömörített bucák 3.7 kg, 2.9 kg, 1.8 kg és 1.1 kg az 1-4 kohóra sorban. Ez összesen 9.5 kg. Összekovács-hegesztés után, tömörítés közben a vége fele mértünk tömeget, 6.13 kg. A végső tömeg 5.84 kg lett. Az összekovács-hegesztés technikáját korábban leírtam. A végleges, átkovácsolt nagy vasbucára számított teljes vaskihozatalt illetően 10 kg ércből 1 kg oltott mész és kb. 15 kg faszén (a faszén mennyisége az előfűtésre felhasznált és a bontás utáni maradék bizonytalan mennyiségé miatt nehezen becsülhető) fölhasználásával 1.7 kg vasbuca lett, ami 17%-os vaskihozatalnak felel meg. Az egyes kemencék vaskihozatala eléggé különbözött, 31%, 32%, 26% és 16% az 1-4 kohóra sorban, ha ez egyes, csak betömörített vasbucák tömegeit vesszük figyelembe. A levegő fölhasználásról annyit, hogy a fűjtetés intenzitásától függően a fűjtatóinkkal pár száz liter/percet lehet fűjni. Ez is mindenféle nehezen becsülhető veszteségek levonása után jön ki, a fűjtató ereszt, nem nyitják ki teljesen, nem engedik le teljesen, a levegő egy része nem megy be a fúvókába, stb.

A salakmennyiséget nem néztük, mondjuk nem is volna egyszerű. A kemencéket sem mértük le, de a fúvósíokban kb. 30cm volt az átmérő, a tokornál pedig kb. 15-18cm. A fúvósíktól a torok pereme kb. 65-75cm-re volt. A fúvósíktól lefele 15-30cm hely volt a medence aljáig. A mélyebb kohók aljába befért a salak, nem kellett csapolni, pl. az 1-esnél.

A bucamágjához, újraizzító tűzhelyhez szimmetrikusan helyeztük el a négy fűjtatót. Amíg az adott kohót bontottuk és a bucáját tömörítettük, a korábban előkészített újraizzító tűzhelyhez sorban beállítottuk a fűjtatókat. A már betömörített bucát a kohókból kikerült izzó parázssal feltöltött újraizzító tűzhelybe tettük, kb. középre. Amikor mind a négy buca bent volt, fűjtatni kezdtünk. Azért, hogy lángvisszacsapás ne legyen, egyszerre, egy ütemben kellett fűjni mind a négy fűjtatóval. Ahogyan korábban írtam, nem volt igazán jó az újraizzító tűzhely mérete, túl nagy volt, nem tudtuk rendesen felmelegíteni benne a bucákat. A négyfűjtatós újraizzító tűzhely méretei: gödör átmérő 32 cm, fűjtató végek közt távolság 55-60 cm, samott fúvóka hossza 11-12 cm, samott fúvókák 2-3 centit lógtak ki a falból, tehát egymástól 26-28 cm-re lehettek (ezt a méretet kellett volna kb. 20-22 cm-re venni, így rendesen fel lehetett volna fűteni, de sajnos rosszul saccoltam meg elsőre a fűjtatók teljesítményét), gödör mélység 18 cm az agyagozás felső szélétől, fűjtatóvég rögzítő villák távolsága 65 cm, fal magasság az agyagozástól 20-25 cm, samott fúvókák kimenetének alja 1-2 cm a meglévő agyagtapasztás széle fölött, kimenet külső átmérő 4-4.5 cm, belső 2.5-3 cm.



A bucamáglya elrendezése. Majdnem sikerült :--).

Összefoglalóan tehát bár a bucamáglya nem sikerült pont úgy, ahogyan elterveztük, a bucákat a szokásos kovácstűzhelyben össze tudtuk kovácsheszeszteni és jó tapasztalat volt ez így elsőre, ami alapján egy második próbálkozást már a korábban leírt munkaszervezéssel, technológiával fogunk elvégezni, azaz az egyszerre kibontott kohókból kikerülő, még szivacsos bucákat kovácsheszesztjük össze, és csak ezután következik a tömörítés.



A tömörített vashucák összekovács-hegesztése. Hevítés a szokásos tábori kovácstűzhelyben.



A negyedik tömörített buca rákovács-hegesztése a másik háromból összekovács-hegesztett nagy tömbhöz.



A nagy buca újrahevítése további kovácsoláshoz.



A majdnem 6kg-os nagy buca, négyből összekovács-hegesztve.



Ami a munka után a kohókból maradt. A negyedik kohó a sor végén takarásban, elfordulva.

Thiele Ádám
Bátor, 2021.07.19.