

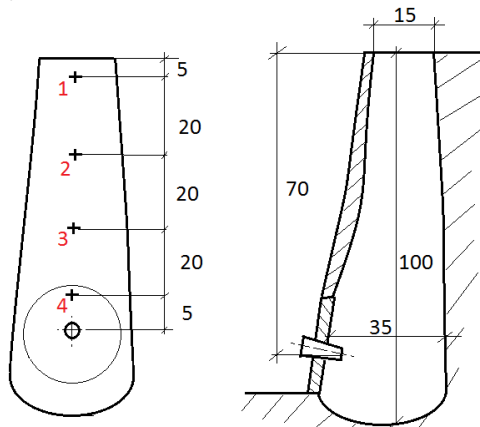
Rekonstrukciós kísérletek Zamárdiban

Célok

A vasbuca kémiai összetételének és a vaskihozatalnak a változtatása a technológiai paramétereken keresztül

Módszerek

Minden kísérlet ugyanabban a bucakemencében történt. A bucakemence geometriai kialakítása az 1. ábrán látható feltüntetve a hőmérséklet- (1-4) és a gázösszetétel-mérési (1,3) pontokat. A hőmérsékletmérés az 1-3. pontban Ni-CrNi termopárral, a 4. pontban Pt-PtRh(10%) termopárral történt. A gázösszetétel méréséhez a helyszínen vett gázminták utólagos gázkromatográfiás mérések történtek (Miskolci Egyetem, Tüzeléstechnikai Tanszék, Baranyai Viktor Zsolt).



1. ábra: A kísérleti bucakemence geometriai kialakítása a mérési pontokkal

Két kísérleti bucakemencét építettünk meg egy műhelygödörben (Thiele Ádám, BME ATT, PhD hallgató) (2. ábra). A jobboldali bucakemencében 5 kísérletre (exp1, 2, 3, 5 és 6) került sor, míg a baloldali csak egy próbakohósítás történt (exp4).



2. ábra: Balra: A műhelygödör a két bucakemencével (a baloldali üzem közben). Jobbra: a jobboldali bucakemence a mérési pontokkal.

A kohósításhoz felhasznált gypvasérc a Libizkozma melletti Aranyosi-árokban talált gypvasérc lencse kibúvásából származik (3. ábra).



3. ábra: Gypvasércbányászat az Aranyosi-árokban

A gypvasérc kémiai összetétele pörkölés után a főelemekre nézve XRF-vegyelemzés (ISD Dunafer, Spektrometriai Főosztály, Dr. Fehér András és Dr. Botz András) alapján az 1. táblázatban látható.

1. Táblázat: A kohósított pörkölt gypvasérc kémiai összetétele a főelemekre nézve

SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MnO	P ₂ O ₅	As ₂ O ₃
7	63,8	0,63	15,3	6,8	3,11	0,2

Próbakohósítások

A próbakohósítások (Thiele Ádám, BME ATT, PhD hallgató) előre kiszárított, kiégetett bucakemencével történtek. A próbakohósítás előtt mellfalazatot építettünk, amelybe betapasztottuk a samottból készült fúvókát. Ezután a bucakemencét fával majd faszénnel melegítettük elő. Az előmelegítés addig tartott, míg a 3. mérési pontban mért hőmérséklet az egyenletes fűtátás következtében tartó emelkedése megállt és állandósult. Ekkor adagoltuk be az első adag pörkölt gypvasércet a bucakemence torkán keresztül, amelyet egy adag faszén követett. Egy adag pörkölt gypvasérc tömege minden esetben 250g volt. A faszén:vasérc arány általában 1:1 volt. A betétanyagokat az elegyoszlop süllyedésének megfelelően folyamatosan adagoltuk. A kísérletek során általában szükséges volt salakot csapolni, erre szolgált a fúvóka alatt elhelyezkedő salakcsapoló nyílás, amelyet a salakcsapolást követően betapasztottunk. Amikor elfogyott a kohósításra szánt pörkölt gypvasérc (ált. 7,5kg), akkor hagytuk, hogy az elegyoszlop lesüllyedjen a fúvósík közelébe, majd a mellfalazat kibontásával kihúztuk az izzó vasbucát, amelyet farönkön, fakalapáccsal tömörítettünk meg. A kapott vasanyag tömegét és a tömörített vasbuca tömegét lemértük, így kiszámítható volt a vaskihozatal.

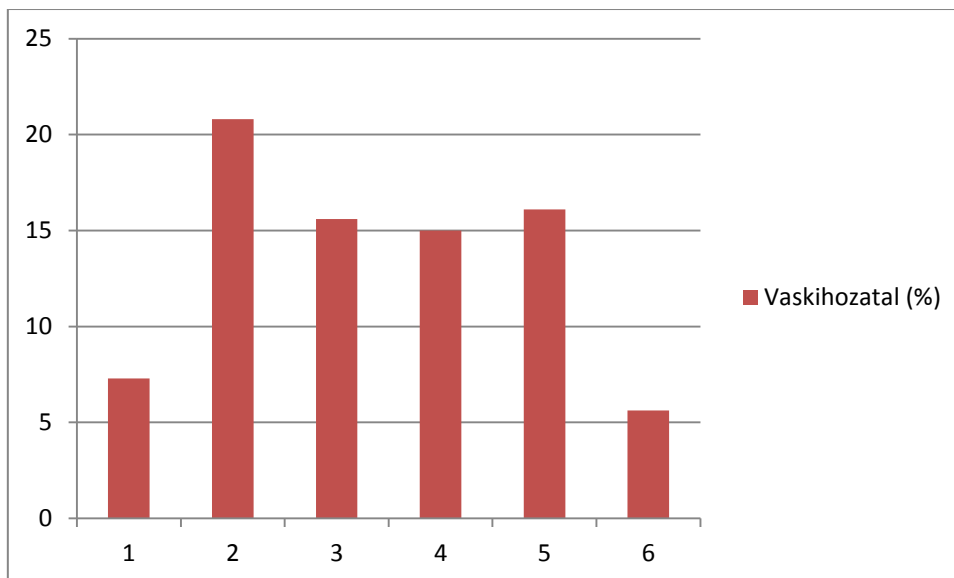
A 2. táblázat a próbakohósítások adatait tartalmazza, az 1. diagram pedig az egyes kísérletek vaskihozatalát mutatja.



4. ábra: Balról jobbra: Salakcsapolás, az izzó vasbuca kihúzása, a vasbuca tömörítése.

2. Táblázat: A próbakohósítások adatai

Technológiai adatok	Kísérlet					
	1 (Hosszabb idő)	2 (Több faszén)	3 (Referencia)	4 (Több levegő)	5 (Mész hatása)	6 (Kevesebb levegő)
Vasérc (kg)	15	7,5	7,5	15	7,5	7,5
Faszén:vasérc arány	1:1	2:1	1:1	1:1	1:1	1:1
Levegő intenzitás	Normál (Kis fűtatóval erős fűtátás)	Normál (Kis fűtatóval erős fűtátás)	Normál (Kis fűtatóval erős fűtátás)	Sok (Nagy fűtatóval)	Normál (Kis fűtatóval erős fűtátás)	Kevés (Kis fűtatóval gyenge fűtátás)
Vas (kg)	1,1	1,56	1,17	2,25	1,23	0,422
Vaskihozatal (Mvas/Mérc, %)	7,3	20,8	15,6	15,0	16,1	5,62
Tömör buca (kg)	0,86	1,33	0,87	1,36	1	0,2
Az elsőtől az utolsó vasércig eltelt idő	520perc (160perc lefűtátás)	320perc (140perc lefűtátás)	100perc (+90perc lefűtátás)	100perc (+100perc lefűtátás)	200perc (+120perc lefűtátás)	240perc (+180perc lefűtátás)
Megjegyzések	Kezdetben gyorsan süllyedő elegyoszlop (7percenként egy adag érc). A fúvóka az első salakcsapolás előtt kissé beszűkült, így kevesebb levegő jutott be, ezért ettől kezdve lassabban süllyedt az elegyoszlop (30percenként egy adag érc). A salak jól csapolható volt. A vaskihozatal rossz, kis buca.	A fúvóka az első salakcsapolás előtt kissé beszűkült, így kevesebb levegő jutott be, ezért ettől kezdve lassabban süllyedt	A fúvóka nem szűkült be, ennek köszönhetően gyorsan, egyenletesen süllyedő elegyoszlop, nagy hőmérséklet értékek. Salakot csapolni későn kell, a salak jól folyt.	A fúvóka nem szűkült be, ennek köszönhetően nagyon gyorsan, egyenletesen süllyedő elegyoszlop. Nem kiugróan nagy hőmérséklet értékek. Nagyon sok, híg salak folyik ki egyszerre.	Adagonként 25g mész beadagolása! A fúvóka kissé beszűkült, normál sebességgel, egyenletesen süllyedő elegyoszlop. Nagyon híg salak, nagyon jól csapolható.	A fúvóka kissé beszűkült, lassan és egyenletesen süllyedő elegyoszlop. Salakot nem kell csapolni.

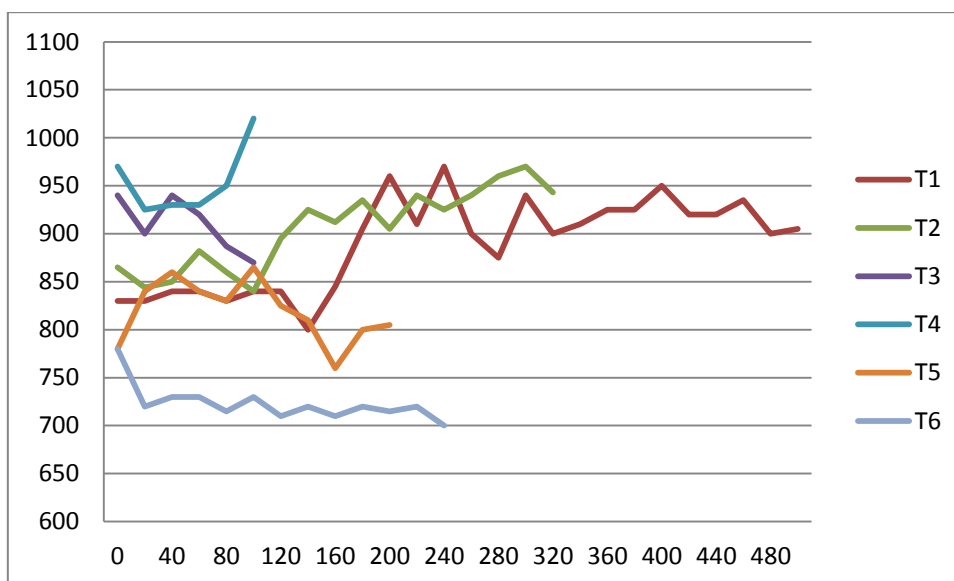


1. Diagram: A vaskihozatal %-os értéke az egyes kísérletekre, függőleges tengelyen a vaskihozatal (%), vízszintes tengelyen a kísérlet sorszáma.

Az eredményekből látható, hogy a mész beadagolása és a faszén:vasérc arány növelése növelte a vaskihozatalt. A befűjt levegő mennyiségének optimuma van a vaskihozatal függvényében, a kísérletek során a „normál” intenzitású fűjtatás volt az optimális. A legjobb vaskihozatal normál intenzitású fűjtatás, mész beadagolásával és minél nagyobb faszén:vasérc arány elérésével lett volna lehetséges.

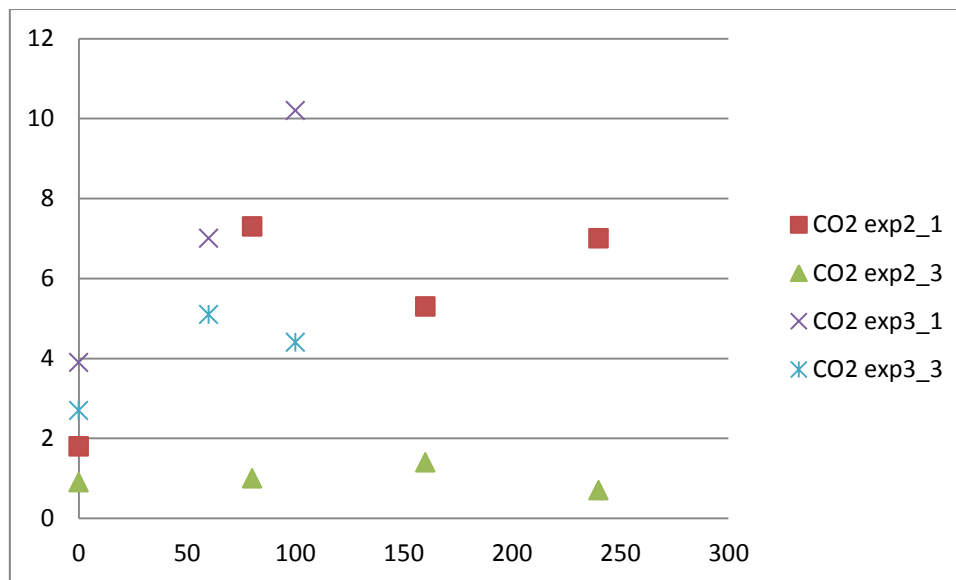
Mérési eredmények

A hőmérséklet- és gázösszetétel-mérési eredményeket a következő diagramok tartalmazzák. Ebben a beszámolóban csak a kiértékeléshez szükséges adatokat közöljük.



2. Diagram: A hőmérséklet a "3"-as pontban az egyes kísérleteknél (1-6), vízszintes tengelyen az idő, függőleges tengelyen a hőmérséklet.

Az 1. diagramból látható, hogy a fűjtatás intenzitása jelentősen befolyásolta a kialakuló hőmérsékletet és a próbakohósítás időtartamát (az elegyoszlop süllyedési sebességét). A 4. kísérletben a nagy mennyiségben befűjt levegő hatására nem növekedett jelentősen a bucakemence hőmérséklete.

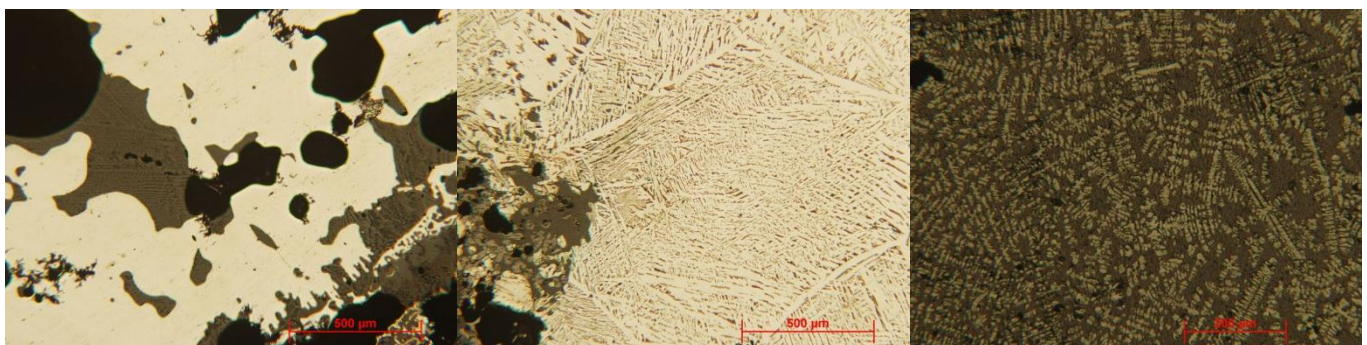


3. Diagram: Az atmosféra CO₂-tartalma a 2-es és a 3-as kísérletkén az „1”-es és a „3”-as mérési pontokban, vízszintes tengelyen az idő, függőleges tengelyen CO₂ vol%.

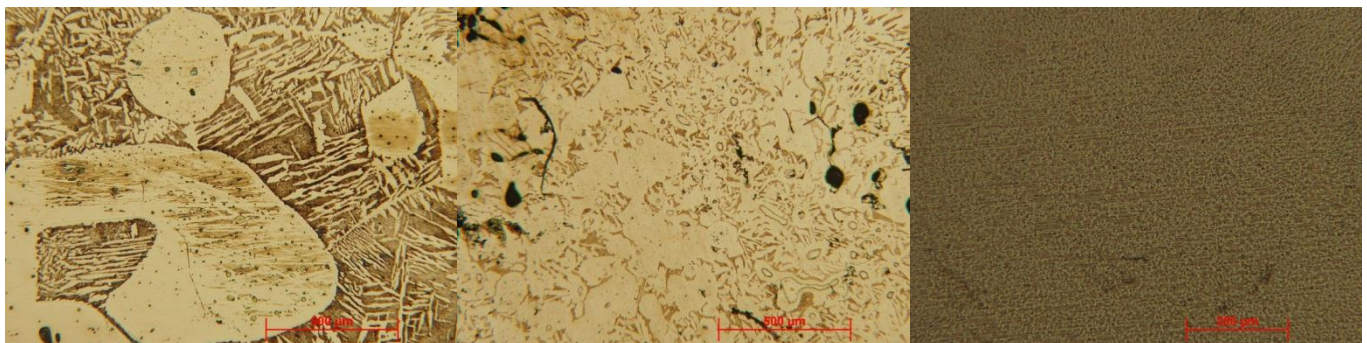
A 2. diagramból látható, hogy a faszén:vasérc arány befolyásolta a mérési pontokban kialakuló gázösszetételt, a nagyobb arányban beadott faszén csökkentette a CO₂ vol%-ot az egyes pontokban, ezzel párhuzamosan növekedett a CO vol%. Látható továbbá, hogy a bucakemence „1”-es és „3”-as mérési pontjában a gázösszetétel különböző: a bucakemencében felfelé haladva növekszik a CO₂ vol%, ezzel párhuzamosan csökken a CO vol%.

Anyagvizsgálatok

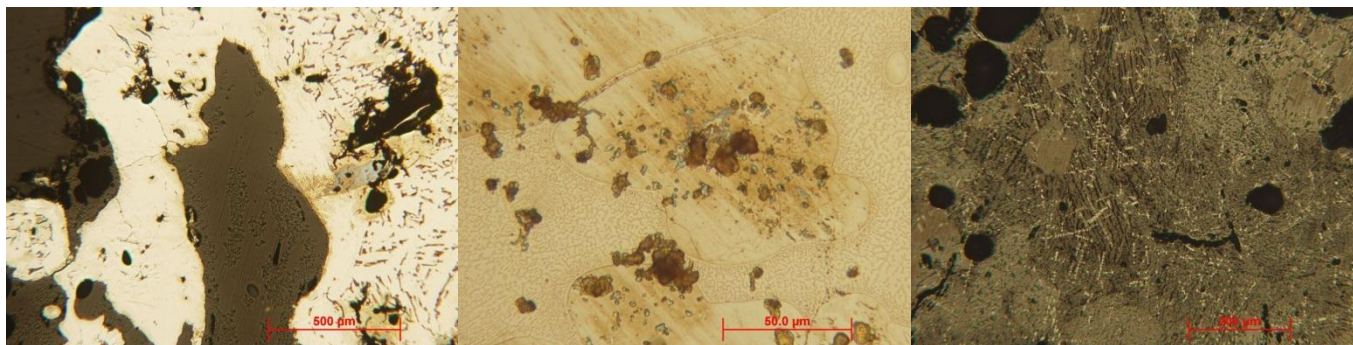
A kísérletek során kicsapolt folyósalak mintákon és a kapott vasbucákból származó mintákon optikai mikroszkópos anyagvizsgálatot végeztünk (Thiele Ádám, BME ATT, PhD hallgató).



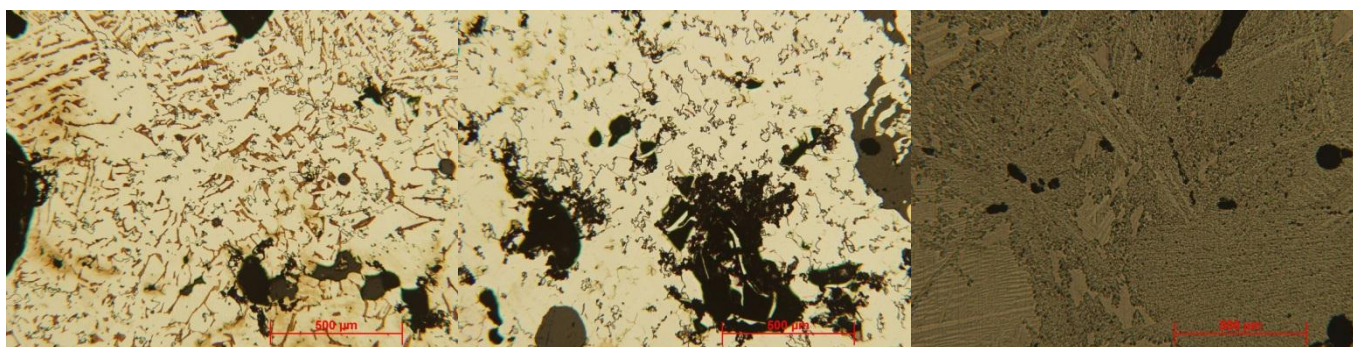
5. ábra: Az 1. próbakohósítás vasbucá mintáinak és salakmintájának optikai mikroszkópos képe. Tisztán ferrites (balra) és kis C-tartalomra utaló wiedmanstadten szövetszerkezet (középen), a salakban sok wüstit (jobbra).



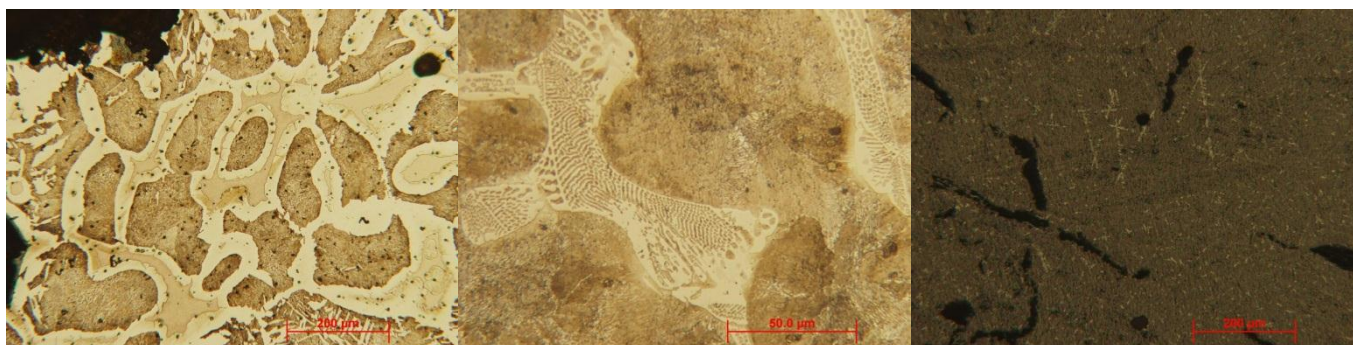
6. ábra: A 2. próbakohósítás vasbucá mintáinak és salakmintájának optikai mikroszkópos képe. As és P szegregációra utaló tisztán ferrites és ferrit-perlites tartományok (balra), ugyanez (középen), a salak üveges (jobbra).



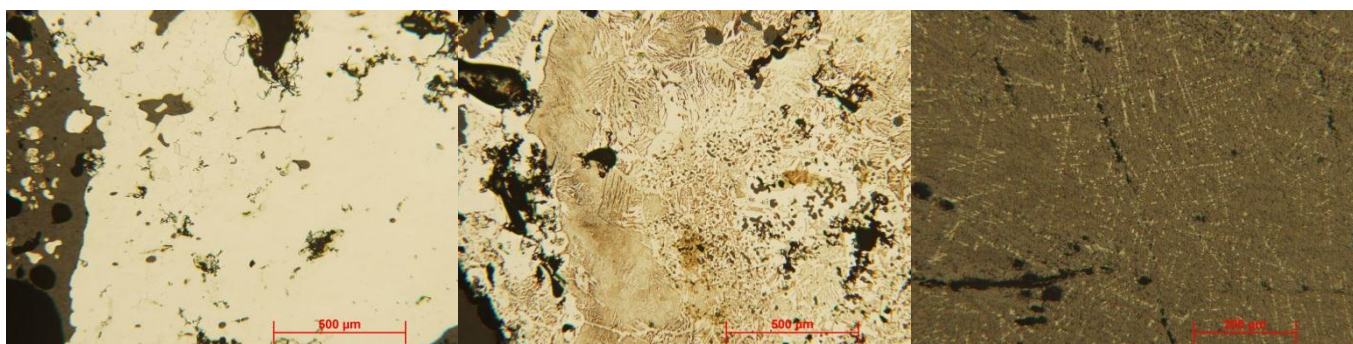
7. ábra: A 3. próbakohósítás vasbuca mintáinak és salakmintájának optikai mikroszkópos képe. Tisztán ferrites szövetszerkezet (balra), ferrit szemcsék és nagy As-tartalmú eutektikum (középen), a salakban kevés wüstit, fayalit táblák és C3P tűk (jobbra).



8. ábra: A 4. próbakohósítás vasbuca mintáinak és salakmintájának optikai mikroszkópos képe. Ferrit-perlites szövetszerkezet (balra), ugyanez (középen), a salak üveges (jobbra).



9. ábra: Az 5. próbakohósítás vasbuca mintáinak és salakmintájának optikai mikroszkópos képe. Perlit-ferrit-eutektikum 3-fázisú tartományok (balra), perlit és eutektikum (középen), a salak üveges kevés wüstittel (jobbra).

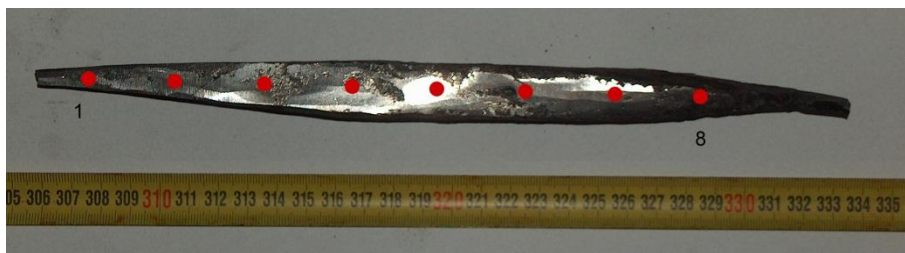


10. ábra: A 6. próbakohósítás vasbuca mintáinak és salakmintájának optikai mikroszkópos képe. Tisztán ferrites (balra) és kis C-tartalomra utaló wiedmanstaden szövetszerkezet (középen), a salak üveges, kevés wüstittel (jobbra).

Az optikai mikroszkópos anyagvizsgálati eredmények alapján jellegzetes szövetelemek azonosíthatók, így pl. az eutektikum (a későbbi p-XRF eredmények alapján feltételezhetően As és nem P). Általában jellemző a kis C-tartalom, kivéve az 5. kísérlet esetén, ahol többnyire perlites szövetszerkezet volt megfigyelhető eutektikummal a perlit szemcsék között. A nagy különbséget mutató szövetelemek alapján is látható, hogy a technológiai paramétereknek volt hatása a vasbuca kémiai összetételére. A mintavételezés azonban nem tekinthető reprezentatívnak, így az OM-os vizsgálati eredmények alapján nem vonhatók le az anyagminőségre vonatkozó általános következtetések. Az átlagos kémiai összetétel p-XRF-fel határoztuk meg (ld. köv. szakasz).

A vasbucák átkovácsolása

A próbakohósításokat követő héten a kapott vasbucákból vasrudakat kovácsoltunk ki (Thiele Ádám, BME ATT, PhD hallgató). Az átkovácsolás közben általában megfigyelhető volt a vasbucák törékenysége. Néhány vasbuca a kovácsolás közben kettétört, így két vagy több vasrúd is készült belőle.



11. ábra: Az 1. próbakohósítás vasbucájából kikovácsolt vasrúd és a kémiai összetétel mérési pontok



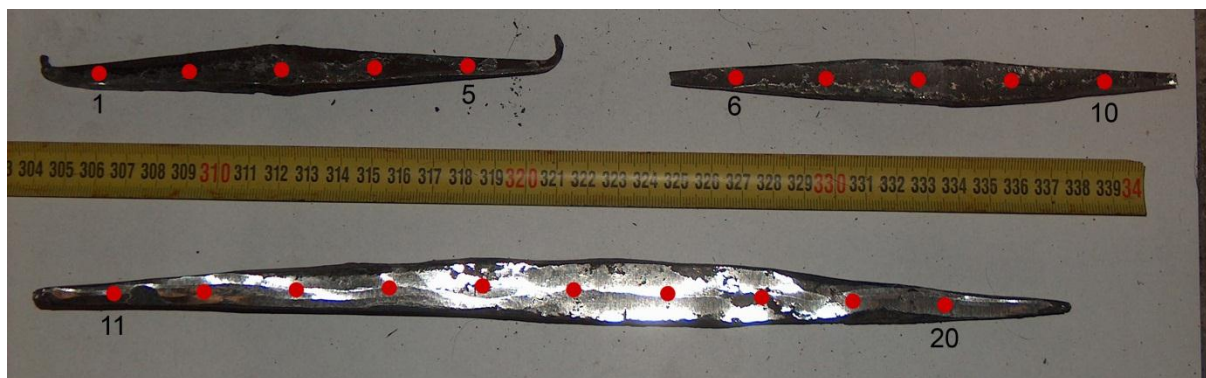
12. ábra: A 2. próbakohósítás vasbucájából kikovácsolt vasrudak és a kémiai összetétel mérési pontok



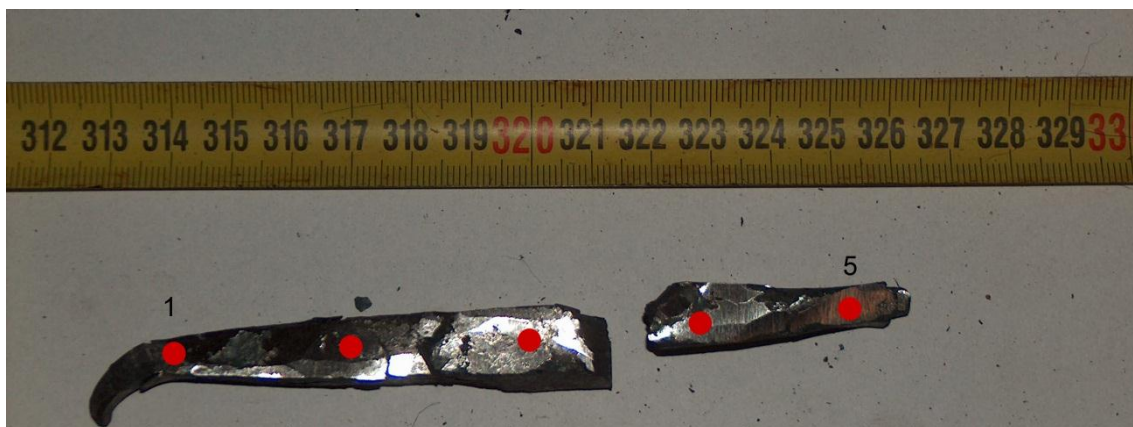
13. ábra: A 3. próbakohósítás vasbucájából kikovácsolt vasrudak és a kémiai összetétel mérési pontok



14. ábra: A 4. próbakohósítás vasbucájából kikovácsolt vasrúd és a kémiai összetétel mérési pontok



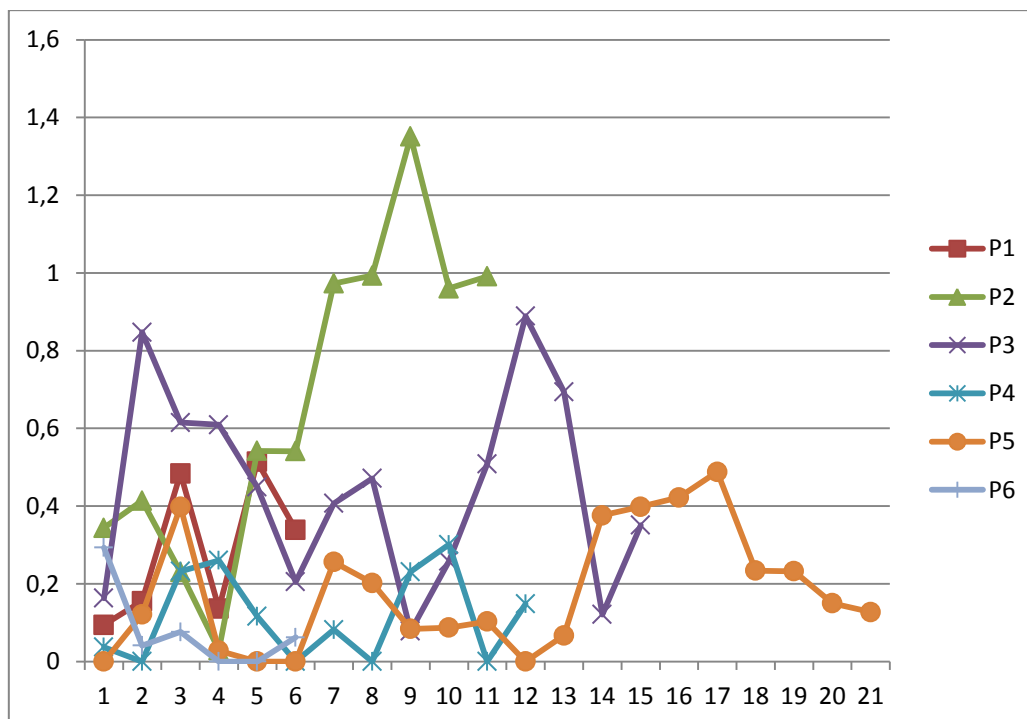
15. ábra: Az 5. próbakohósítás vascucájából kikovácsolt vasrudak és a kémiai összetétel mérési pontok



16. ábra: A 6. próbakohósítás vascucájából kikovácsolt vasrúd és a kémiai összetétel mérési pontok

Mérési eredmények

A kapott vasrudak egyik felületét megcsiszoltuk és hordozható XRF műszerrel 5-10 pontban megmértük a kémiai összetételt (Jirí Hosek PhD, a Cseh Tudományos Akadémia Régészeti Kutatócsoportjának (ARUP) munkatársa), így átfogó képet kaphattunk a vasrúd kémiai összetételéről.



4. Diagram: A vasrudak P-tartalma az egyes mérési pontokban, vízszintes tengelyen a mérési pontok sorszáma, függőleges tengelyen P wt%.

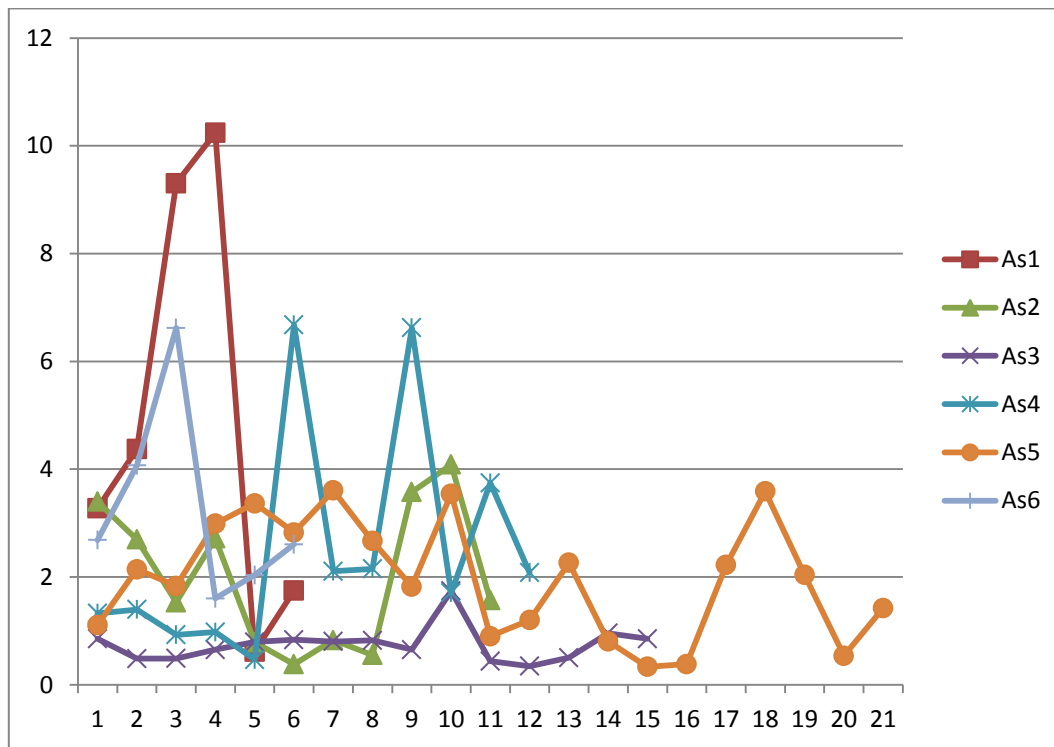
A vasrudak átlagos P-tartalmát a 3. táblázat mutatja.

	1	2	3	4	5	6
P (wt%)	0,287	0,670	0,444	0,117	0,180	0,079

A mérési eredmények alapján látható, hogy a technológiai paramétereknek jelentős hatása volt a kapott vasbucá P-tartalmára. Látható, hogy a P-eloszlás a vasrudak hossza mentén nagyon egyenlőtlen.

Általában látható, hogy egyetlen kísérlet során sem volt jellemző a kapott vasbucá esetében nagy P-tartalom. Ez feltételezhetően annak következménye, hogy a kohósított gyevasérc bár sok P-t tartalmazott, ugyanakkor meddője önmagában is erősen bázikus, nagy CaO-tartalmú volt.

A befújt levegő mennyiségének csökkentése, ezzel a bucakemencében kialakuló hőmérséklet csökkentése jelentősen csökkentette a P-tartalmat (v.ö. P3 és P6 görbék). A beadott mészhatása nem egyértelmű, de a referencia kísérlethez képest láthatóan csökkentette a P-tartalmat (v.ö. P3 és P5 görbék). A legnagyobb P-tartalom a 2:1 faszén:vasérc arány alkalmazásakor mutatkozott. A 4. kísérletben a nagy mennyiségben befújt levegő hatására nem növekedett jelentősen a bucakemence hőmérséklete, a P-tartalom viszont erősen csökkent.



4. Diagram: A vasrudak As-tartalma az egyes mérési pontokban, vízszintes tengelyen a mérési pontok sorszáma, függőleges tengelyen As wt%.

A vasrudak átlagos As-tartalmát a 4. táblázat mutatja.

5. Táblázat: A vasrudak átlagos As-tartalma

	1	2	3	4	5	6
As (wt%)	4,926	2,011	0,748	2,516	1,981	3,270

A mérési eredmények alapján látható, hogy a vasrudak nagyon magas As-tartalommal rendelkeznek, de a technológiai paramétereknek jelentős hatása volt az As-tartalomra. Látható, hogy az As-eloszlás a vasrudak hossza mentén nagyon egyenlőtlen.

A legnagyobb As-tartalom az 1. kísérlet esetén, a legkisebb a 3. esetén látható. A kapott eredmények magyarázatára itt nem térünk ki.

Összefoglalás, legfontosabb következtetések

A technológiai paraméterek jelentős hatással vannak a vaskihozatalra, pl. a faszén:vasérc arány megduplázása a 2. kísérletben kb. egyharmadával növelte meg a vaskihozatalt.

A kohósított gyevasércből nagy mennyiségben került As a vasbucába. Ennek oka nem teljesen világos, ugyanis a vasérc As-tartalma összevetve más vasércekével nem nagyobb.

A vasbucá P-tartalma befolyásolható a technológiai paraméterekkel, bár a kísérletekhez használt gyevasérc a nagy CaO tartalmával nem a legmegfelelőbb kémiai összetételű volt.

A beadagolt CaO-nak nemcsak P-csökkentő hatása volt, de a vaskihozatalt is növelte. Sőt, a salak viszkozitását is csökkentette, jól kezelhetővé tette.

Thiele Ádám

Budapest, 2012.01.29.