

*Univerza v Ljubljani*



***Naravoslovnotehniška fakulteta  
Oddelek za materiale in metalurgijo***

## **18. seminar o procesni metalurgiji izdelave jekla**

*Hotel Brdo – kongresni center Brdo,*

*Dvorana Virgo*

*Sreda, 20. april 2016*

**Soorganizator in generalni pokrovitelj:**



**Organizacijski odbor:**

*Prof.dr. Jakob Lamut*

*Prof.dr. Jožef Medved*

*Doc.dr. Matjaž Knap*

*Doc.dr. Maja Vončina*

*Janko Čevka, univ. dipl. inž. met.*

## ***Program posvetovanja:***

**9<sup>00</sup> J. Lamut**

*OTVORITEV IN POZDRAVNI NAGOVOR*

**J. Čevka**- Exoterm

*POZDRAV UDELEŽENCEV*

**9<sup>30</sup> M. Jamnik** – Metal Ravne

*OPTIMIZACIJA PROCESA V UHP PEČI*

**9<sup>50</sup> L. Krajnc** – Štore Steel

*GRADNJA IN ZAGON NOVE NAPRAVE ZA KONTINUIRNO LITJE JEKLA V PODJETJU ŠTORE STEEL*

**10<sup>10</sup> M. Fazarinc** – Acroni Jesenice

*SPREMEMBA PRODAJNEGA PROGRAMA PODJETJA ACRONI IN IZZIVI, S KATERIMI SE OB TEM SREČUJEMO*

Odmor za kavo

**11<sup>00</sup> J. Pristavec** – Exoterm-IT

*PREDVIDEVANJE KAKOVOSTI INGOTOV Z VIRTUALNIM NAČRTOVANJEM POSKUSOV*

**11<sup>20</sup> J. Burja** – Inštitut za kovinske materiale in tehnologije

*TVORBA SPINELOV MED VPIHAVANJEM KISIKA V TALINO Fe-Cr-C*

**11<sup>40</sup> J. Medved** – Oddelek za materiale in metalurgijo, NTF, UL

*OPTIMIZACIJA EKSOTERMNO IZOLACIJSKIH MATERIALOV ZA JEKLARSTVO*

**12<sup>00</sup> Okrogla miza:** IZZIVI SLOVENSKEGA JEKLARSTVA V

*GLOBALNI EKONOMIJI*

Kosilo

## **Uvod v 18. seminar**

*Ob uvodnem nagovoru se pred vsakim, sedaj že tradicionalnim seminarjem o »Procesni metalurgiji proizvodnje jekla«, spomnimo aktualnih dogodkov povezanih z vsebino seminarja.*

*Ob letošnjem, že 18. seminarju, ki je po krajši prekinitvi zopet na sporedu, je prav, da se spomnimo njegovih začetkov. Namen teh srečanj je bila povezava med ljudmi iz jeklarske, in s proizvodnjo jekla povezane industrije, s tistimi iz izobraževalnih in raziskovalnih institucij. S skupnimi močmi smo v začetku devetdesetih let prejšnjega stoletja lažje prebrodili težave s katerimi se je spoprijemalo gospodarstvo v samostojni državi. Takrat je zaradi izgube tradicionalnih trgov močno upadla proizvodnja, zato je bilo potrebno iskanje novih tržišč in programov.*

*Zglede za povezovanje med industrijo in izobraževalno-raziskovalno sfero smo dobili na tujih univerzah. Omenim naj samo Tehniško univerzo Clausthal, s katero letos praznujemo 60. letnico neprekinjenega sodelovanja. Primere dobre prakse iz tujine smo uporabili tudi pri reševanju problema manjšega zanimanja za tehniške poklice, kar se je močno poznalo pri vpisu na študij metalurgije.*

*Ideja za organizacijo seminarjev je bila v industriji močno podprta, saj so tudi iz nje prihajali signali o organizaciji srečanj, kjer bi si strokovnjaki iz neposredne proizvodnje izmenjali izkušnje s sodelavci na fakulteti in inštitutu. Prvi seminar je bil na fakulteti v Ljubljani, sponzorstvo za organizacijo »okrogle mize«, ki je sledila strokovnemu delu srečanja, pa je prevzelo podjetje Termit.*

*Prvi seminar je bil ocenjen kot zelo uspešen, zato smo z organizacijo nadaljevali. Naslednji seminarji so bili na Jesenicah (Acroni), Ravnah na Koroškem (Metal), Štorah (Štore Steel), Naklem (Exoterm), Moravče (Termit), Zagorju ob Savi (IGM Zagorje) in Ljubljani (Gospodarska zbornica Slovenije). Za štirinajsti seminar smo načrtovali srečanje v Rušah (Metalurgija). Dva seminarja 12. (2007) in 17. (2012) sta bila dvodnevna, z mednarodno udeležbo. Poročilo s 17. seminarja s sliko udeležencev je bil objavljen v reviji »Stahl und Eisen«.*

*Na dosedanjih srečanjih so številni sodelavci pripravili nekaj preko dvesto predavanj, večina zbranih v zbornikih. Ob posameznih seminarjih smo se dotaknili tudi mednarodnih tem, ki so imele, ali bodo imele, vpliv na jeklarsko proizvodnjo. Na 9. seminarju (2004), ki je bil en teden po vstopu Slovenije v EU, smo govorili prestrukturiranju proizvodnje jekla v nekaterih novih članicah. Na 10. seminarju (2000) smo govorili o Lizbonski strategiji, ki daje pomen jeklu, saj so od njega odvisne številne industrijske panoge in delovna mesta, govori pa tudi o sonaravnem razvoju.*

*Za še uspešnejšo integracijo v jeklarski prostor smo na Strateškem svetu Slovenske tehnološke platforme - Jeklo sprejeli tri cilje razvoja slovenske jeklarske industrije:*

- *čisto jeklo (vključki),*
- *proizvodnja jekla brez odpadkov, vmesni proizvodi so obravnavani kot sekundarne surovine in*

- *uvajanje inteligentne proizvodnje.*

*Danes o tem pišejo v strokovnih revijah pod oznako »Industrija 4.0«.*

*Za 18. seminar je pomembna tema, ki polni časopisne stolpce, protesti jeklarjev po Evropi. Zaradi okoljevarstvenih predpisov, ki vplivajo na konkurenčnost jeklarske proizvodnje, so ogrožena delovna mesta v številnih industrijskih panogah. Potekajo zamisli o združevanju največjih Evropskih proizvajalcev jekla in prodaji ali zapiranju proizvodnih zmogljivosti.*

*Druga možnost za soočanje s predpisi za varovaje okolja, ki so vedno ostrejši, je razvoj in inovacije v proizvodnji. Z razvojem modificiranih tehnologij lahko vmesne produkte, brez tveganja za okolje, uporabimo kot sekundarne surovine. Tu mislim predvsem na žindre pri katerih je problem luženja nekaterih elementov. Rešitev je morda, da se po luženju iz lužine oborijo škodljive snovi.*

*Ponovno se iščejo tudi rešitve pri večji uporabi direktnih postopkov, kjer se za redukcijo uporablja zemeljski plin. S tem se znižajo izpusti CO<sub>2</sub> pri proizvodnji grodlja. To pa zahteva modifikacijo procesne tehnike v jeklarnah. To pa ni več lokalni ali kontinentalni problem, temveč svetovni in je povezan s sonaravnim razvojem, delovnimi mesti in stroški proizvodnje.*

*Jakob Lamut*



**Univerza v Ljubljani**  
**Naravoslovnotehniška fakulteta**  
**Oddelek za materiale in metalurgijo**

# 18. seminar o procesni metalurgiji proizvodnje jekla

UVOD v 18. SEMINAR

EXOTERM

Hotel Brdo – Kongresni center Brdo

20. 4. 2016

**12. mednarodni seminar  
o procesni metalurgiji jekla**

**12. Internationales Symposium zur  
Prozessmetallurgie der Stahlherstellung**



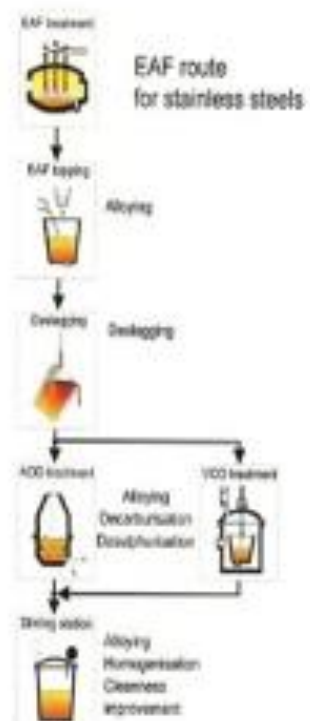
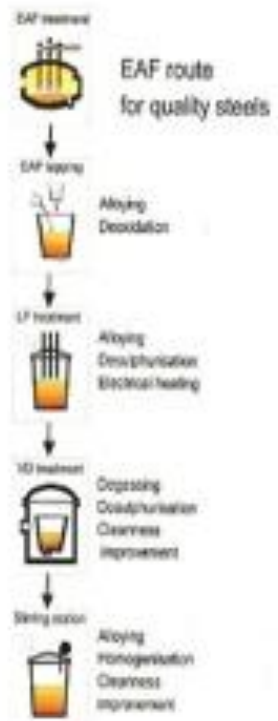
**Table of contents:**

<i>K. Koch: Drei Jahrzehnte Lanit-Koch- Kooperation in der Stahl-Metallurgie (Technische Universität Clausthal)</i>	1
<i>H. Schläpke: Unser Stahl sorgt für Antrieb (Georgsmarienhütte GmbH – Osnabrück)</i>	12
<i>E. Korte: Philosophie der Saarstahl AG in Völklingen zur Qualitätssicherung beim Stranggießen (Saarstahl AG – Völklingen)</i>	21
<i>F. Ritz: Iron ore Ancient raw material – Newly valued product (Studien-Gesellschaft für Eisenerz Aufbereitung – Liebenburg)</i>	30
<i>M. Knap: The prediction of hardenability using neuronal networks (University of Ljubljana, Faculty of Natural Sciences and Engineering – Ljubljana)</i>	40
<i>E. Wülfelder: A new Cold Work Steel with excellent Strength and Toughness Properties (Deutsche Edelstahlwerke GmbH – Witten)</i>	46
<i>R. Bruchhaus: Erzeugung von Linepipe-Stählen mit höchsten Reinheitsgradanforderungen (Dillingerhütte – Dillingen)</i>	61
<i>J. Stišović: Experience in Salzgitter with different types of ceramic burners in hot stoves (Salzgitter Flachstahl GmbH)</i>	77
<i>J. Fajna: Hybrid model of vacuum steel refining for process control in RH unit (AGH University of Science and Technology – Krakow)</i>	73
<i>M. Avkari: Desulphurisation in the production of FeNi in the Electric Arc Furnace (European Patent Office)</i>	84
<i>P. Sanderz: CONARC® - Metallurgie mit zukunftsweisender Flexibilität (SMS Demag – Düsseldorf)</i>	89
<i>J. Lovat: Schlacken – vom Rennfeuer zur Edelstahlherzeugung (University of Ljubljana, Faculty of Natural Sciences and Engineering – Ljubljana)</i>	100
<i>M. Tolar: Kohärente Zone und Abschmelzbereich im Hochofen (Institute of metals and technology – Ljubljana)</i>	102

# Deutsche Edelstahlwerke Witten

- Ekkehard Wulmeier: A new Cold Work Steel with excellent Strength and Toughness Properties

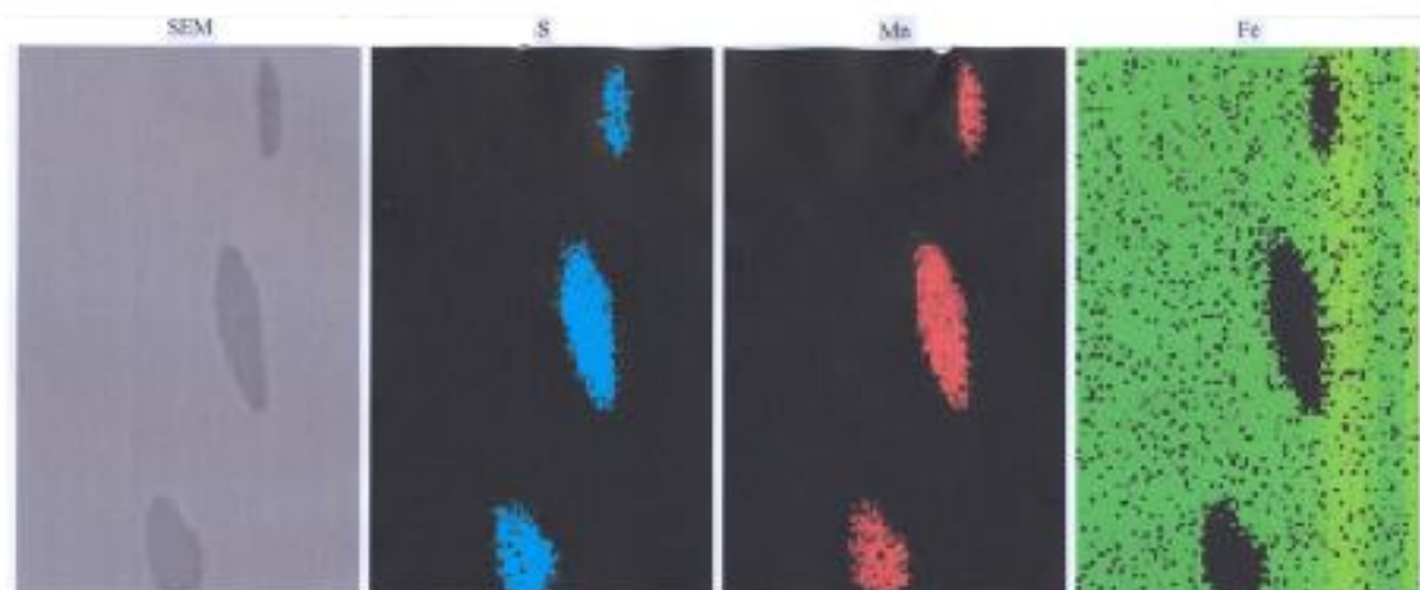




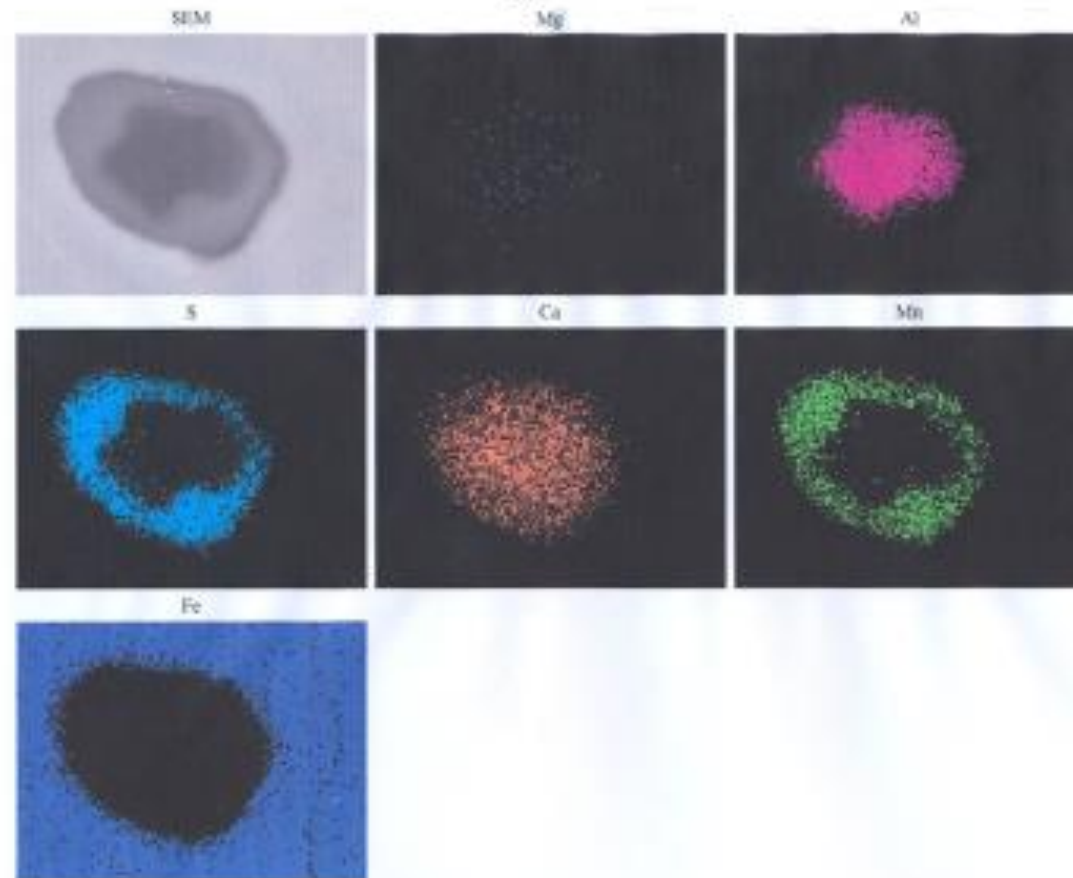
# Slovenska tehnološka platforma - JEKLO

- Strateški tehnološki cilji
- Čisto jeklo- vključki
- Proizvodnja jekla brez “odpadkov”, vmesni proizvodi so obravnavani kot sekundarne surovine
- Uvajanje inteligentne proizvodnje

## MnS v talini pred injektiranjem CaSi

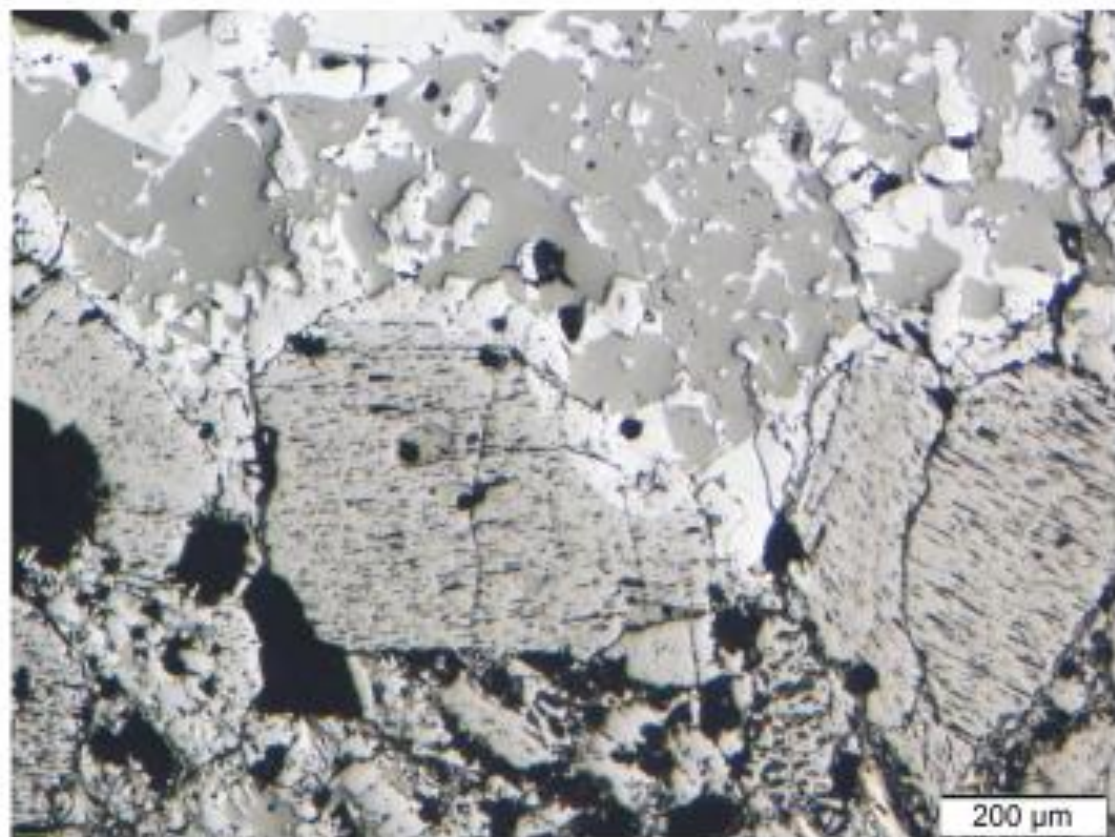


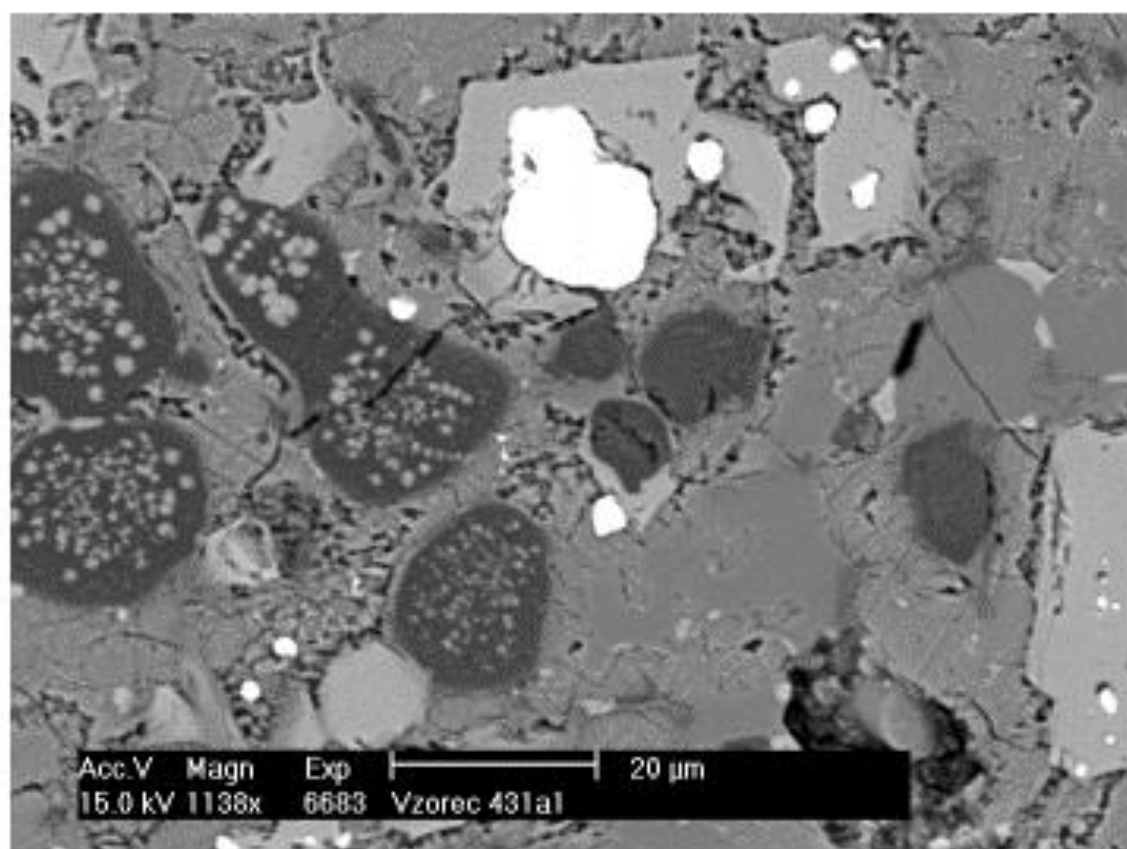
# Kalcijev aluminat s (Mn,Ca)S ovojem



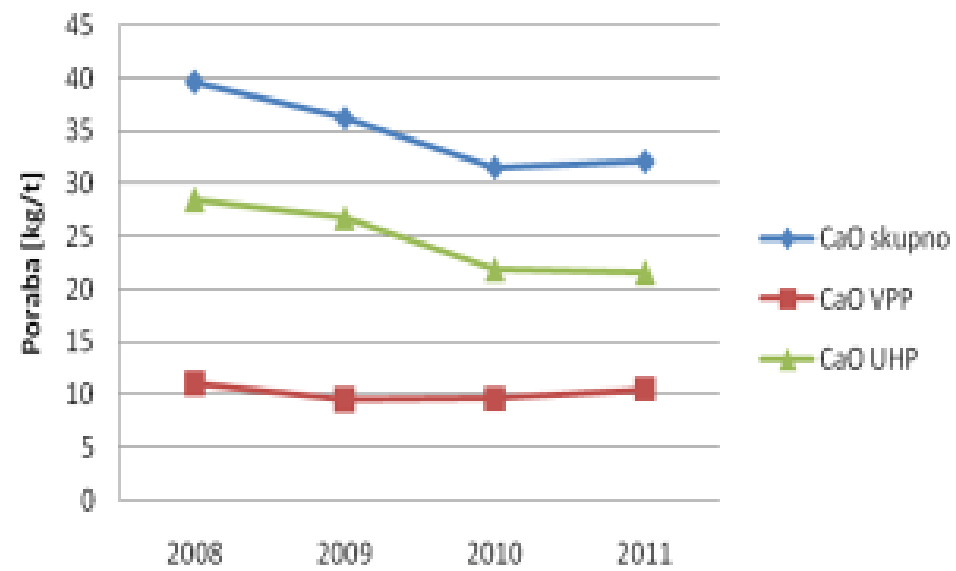
# Žlindra po rafinaciji







## Poraba Apna





# PROTESTI JEKLARJEV

- 7 mio t uvoženega jekla v EU
- OGLJIKOV DIOKSID
- EU: 9,7 mio t                      Uvoz: 13,9 mio t
- 4,2 mio t CO<sub>2</sub>                      2.1 avtov
- Stahl und Eisen 136 (2016) No.1

# Smart Factory

- High-Tech strategije
- Industrija 4.0

## **Optimizacija procesov na UHP peči v Metalu Ravne na Koroškem**

**Marko Jamnik - Metal Ravne d.o.o.**

*Elektroobločne jeklarske peči v zadnjih letih postajajo v glavnem le hitri, energijsko učinkoviti talilniki starega železa. Pri masivni izdelavi jekla se v peči jeklo raztali, odfosfori in ogreje na prebodno temperaturo. Vsi nadaljnji procesi izdelave jekla se potem izvajajo na vakuumski ponovčni peči. Zaradi izdelave visoko legiranih in specialnih jekel časi izdelave v Metalu Ravne niso ravno primerljivi s proizvajalci masivnih jekel, vendar je vseeno potrebno skrbeti, da so ti časi čim krajši in s tem cena izdelave jekla čim nižja. Z uvedbo nove UHP elektroobločne peči 1991 smo dobili moderen agregat, ki je bil že takrat hitrejši kot vakuumsko ponovčna peč. V zadnjih letih izdelujemo vse več kvalitet, pri katerih so se potrebni časi za izdelavo na VPP peči podaljšali, zato smo 2014 pričeli z izgradnjo še druge VPP peči. Ker se je kapaciteta VPP peči podvojila, je bilo potrebno optimirati tudi proizvodnjo na UHP peči. Posodobitev UHP peči je prevzela firma ITECO iz Avstrije. V času remonta 2015 smo tako vgradili štiri kombinirane gorilce v vodno hlajene stene peči, zamenjali vse vodohlajene panele v peči, postavili dodatni hladilni stolp za ohlajanje hladilne vode, postavili nov silos za vpihovanje karburita, zamenjali regulacijo peči, zamenjali obstoječa vrata na peči s swing-door-om, postavili plinsko rampo za gorilce in postavili robota za merjenje temperature in jemanje vzorcev jekla iz peči.*

*Namen celotnega projekta je bil:*

- *znižanje porabe električne energije,*
- *skrajšanje power on časa,*
- *skrajšanje power off časa,*
- *znižanje porabe grafitnih elektrod,*
- *povečanje proizvodnje.*

*Cilji projekta so bili:*

- *izboljšanje produktivnosti,*
- *humanizacija dela,*
- *izboljšanje učinkovitosti,*
- *povečanje zanesljivosti,*
- *znižanje specifičnih porab,*
- *z uvedbo programov taljenja poenotenje dela operaterjev peči,*
- *z možnostjo sledenja veliki količini avtomatsko zajetih podatkov imamo možnost povečanja nadzora nad delovanjem peči.*



# OPTIMIZACIJA PROCESA V UHP PEČI

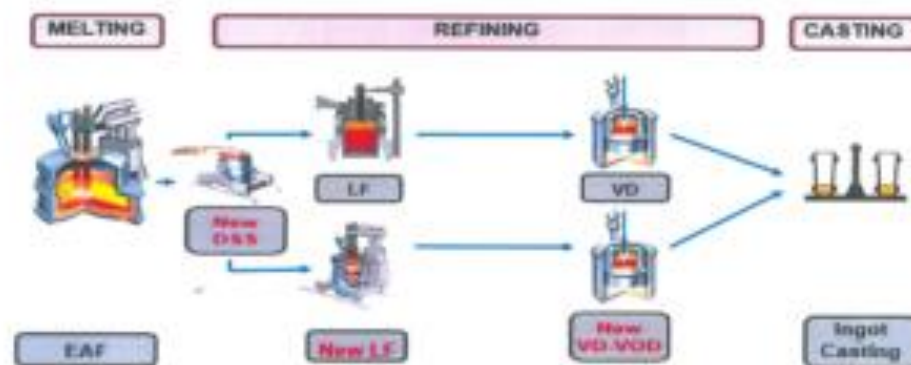
MARKO JAMNIK

RAVNE NA KOROŠKEM 15. 4. 2016



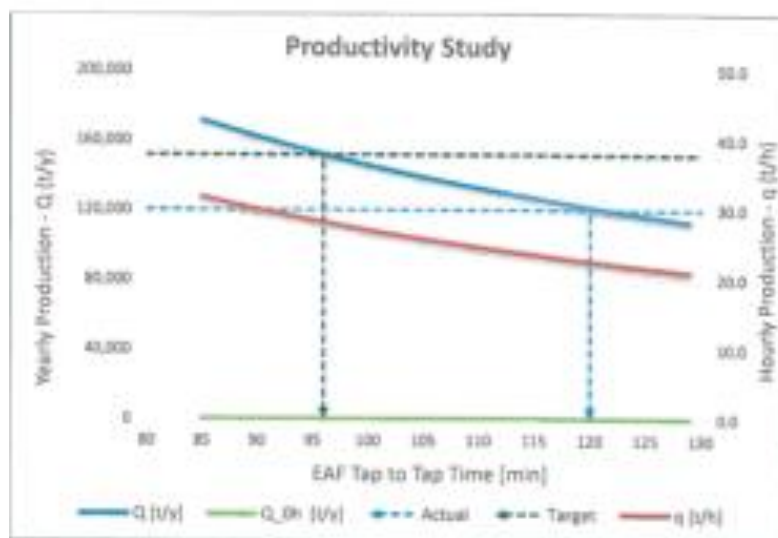
## Proizvodna shema ieklarne v Metalu Ravne

Steel plant production line at metal Ravne





## Študija INTEC-a



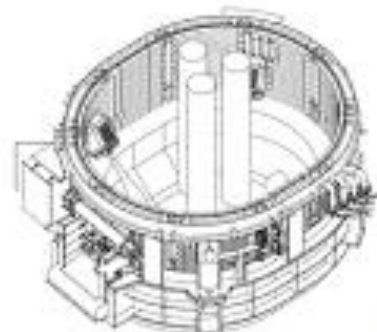
EAF PRODUCTIVITY		Actual	Target
Required EAF production	tyr	120 000	100 000
Required EAF productivity	t/h	22.3	27.8
EAF in operation	#	1	1
EAF Nominal Capacity	t	40.0	40.0
Hot Heat Coverage	t	1.0	1.0
EAF Tapping Capacity	t	40.0	40.0
Not available hours (°)	h	5380	5380
Min Required heat/day	heat/day	11.8	14.8
Min Required heat/year	heat/year	2667	3320
Min Required daily production	tday	524	668
Min Required hourly production	t/h	22.0	27.8
Min Required tap to tap time	min	121.3	97.1
<b>ASSUMED Tap to Tap Time</b>	min	<b>120</b>	<b>98</b>
Required heat/day	heat/day	12.0	13.0
Required heat/year	heat/year	2690.5	3310.8
Required daily production	tday	540.0	675.0
Required hourly production	t/h	22.5	28.1
EAF Production	tyr	121 340	101 678
PLANT Production (Tap Liquid Steel)	tyr	122 521	102 907



## Spremembe na UHP peči

- Komplet vnosa kemijske energije (kombinirani gorilci - plin, kisik in karburit) – INTECO PTI
- Nihajna žlinderna vrata (swing-door) – INTECO PTI
- Sistem regulacije elektrod – INTECO ATEC
- Robotska enota za jemanje vzorcev in merjenje temperature – INTECO, POLYTEC
- Obnova komandne kabine – INTECO ATEC
- Sistem za meritev podtlaka v peči - INTECO

Shema gorilcev v peči

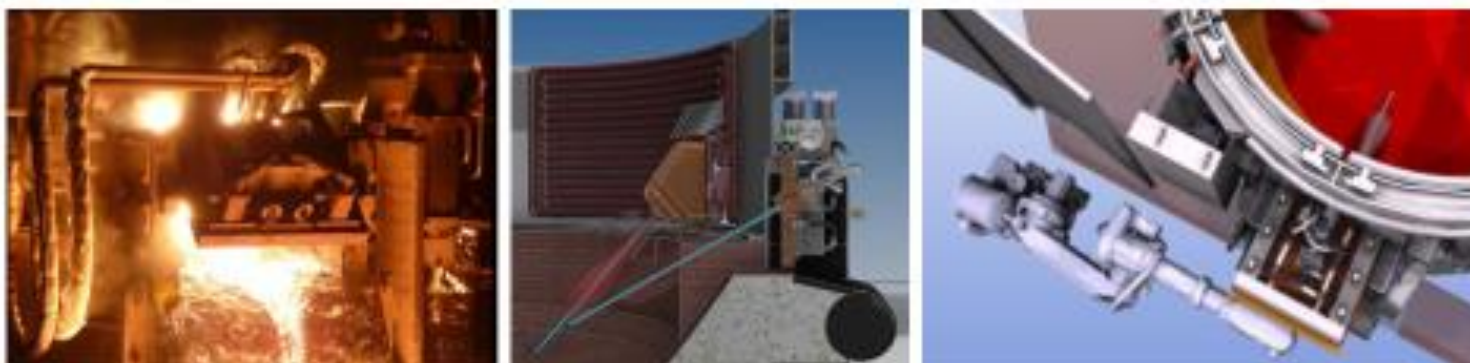


3 x kombiniran gorilec  
1300 Nm<sup>3</sup>/h max. pretok O<sub>2</sub>  
4 MW – moč gorilca

1 x kombiniran gorilec z vpihovanjem karburita  
1300 Nm<sup>3</sup>/h max. pretok O<sub>2</sub>  
4 MW – moč gorilca  
0 – 100 kg karburita/min



## Nihajna žilinderna vrata (swing door) in robot za jemanje vzorcev



- UHP peč dela z zaprtimi vrati
- Rezanje vložka na pragu opravi gorilec
- Poveča se učinkovitost peči zaradi preprečitve vdira hladnega zraka skozi vrata peči
- Delo s penočo žilindro
- Vsa žilindra ostane v peči do jemanja vzorca (dobro odfosforenje)

- Popolnoma avtomatski proces
- Humanizacija dela
- Izboljšana ponovljivost meritev
- Meritve lahko izvajamo med delovanjem peči





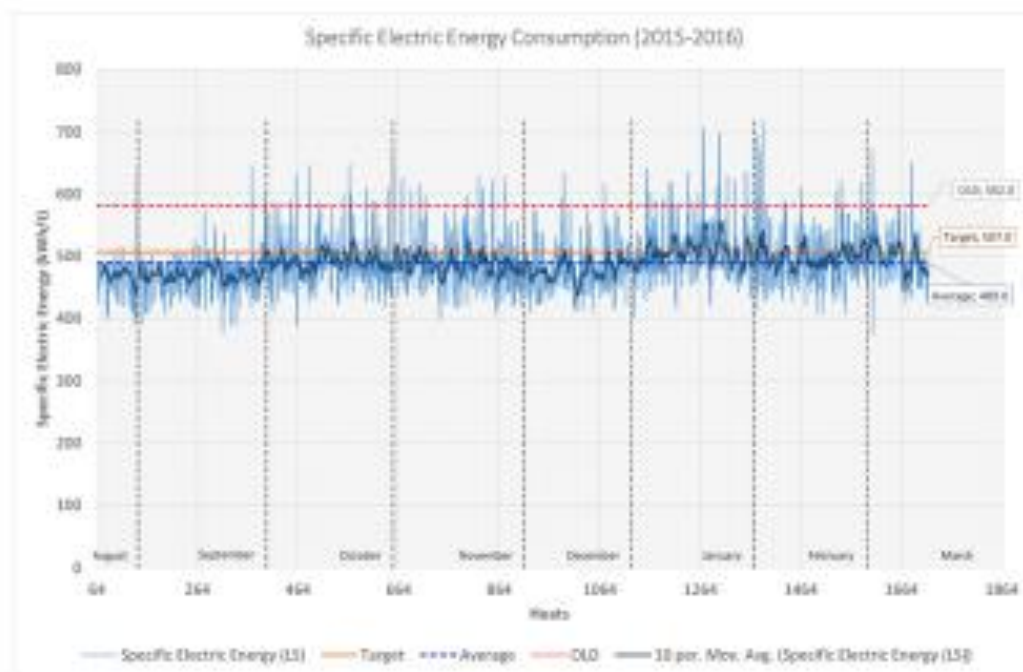
### Cilji modernizacije UHP peči

		pred posodobitvijo	po posodobitvi	izboljšanje
izkripno iz peči	t	45	45	
produktivnost	t/h	22,5	28,1	
tap to tap	min	120	96	
power on čas	min	74	64	10 min
power off čas	min	46	32	14 min
max. aktivna moč	MW	23	23	
povprečna aktivna moč	MW	21,8	20,4	
poraba električne energije	kWh/t	582	507	75 kWh/t
poraba kisika	Nm <sup>3</sup> /t	12	32	
poraba karburita	kg/t	5	5	
poraba metalurškega apna	kg/t	30	30	
prebodna temperatura	°C	1680	1680	
poraba elektrod	kg/t	6,2	4,5	1,7 kg

Z zagotovitvijo označenih parametrov bodo doseženi tudi ostali parametri.

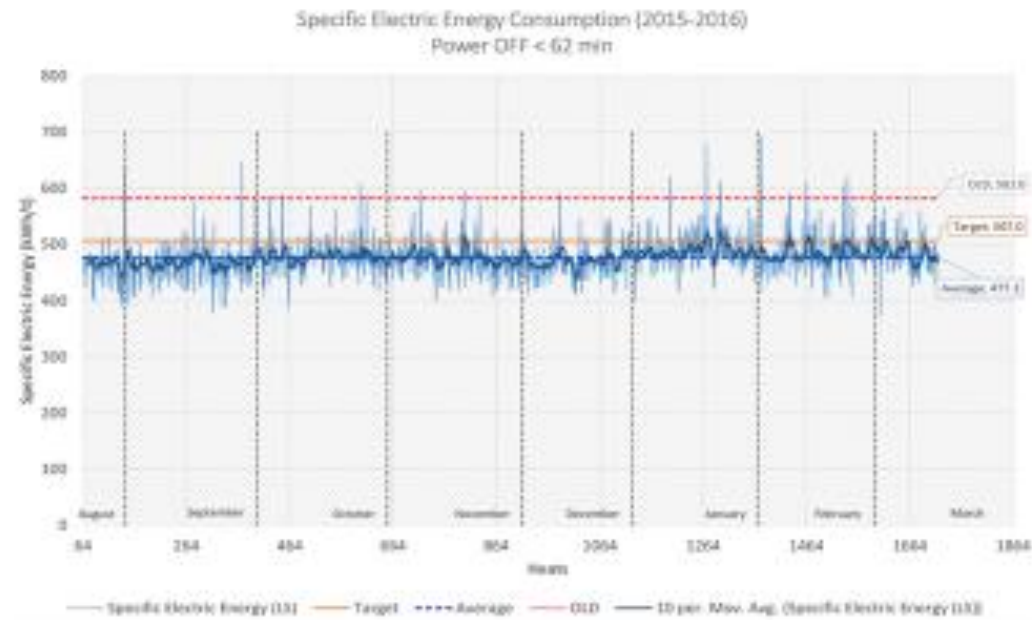


### Specifična poraba električne energije



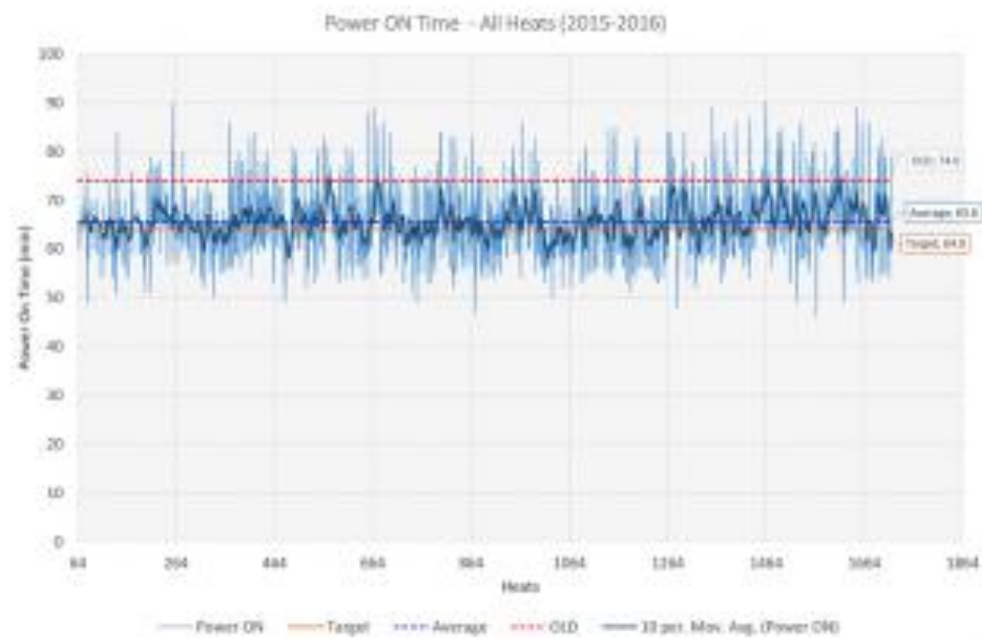


Specifična poraba električne energije pri power off je manjši od 62 min.



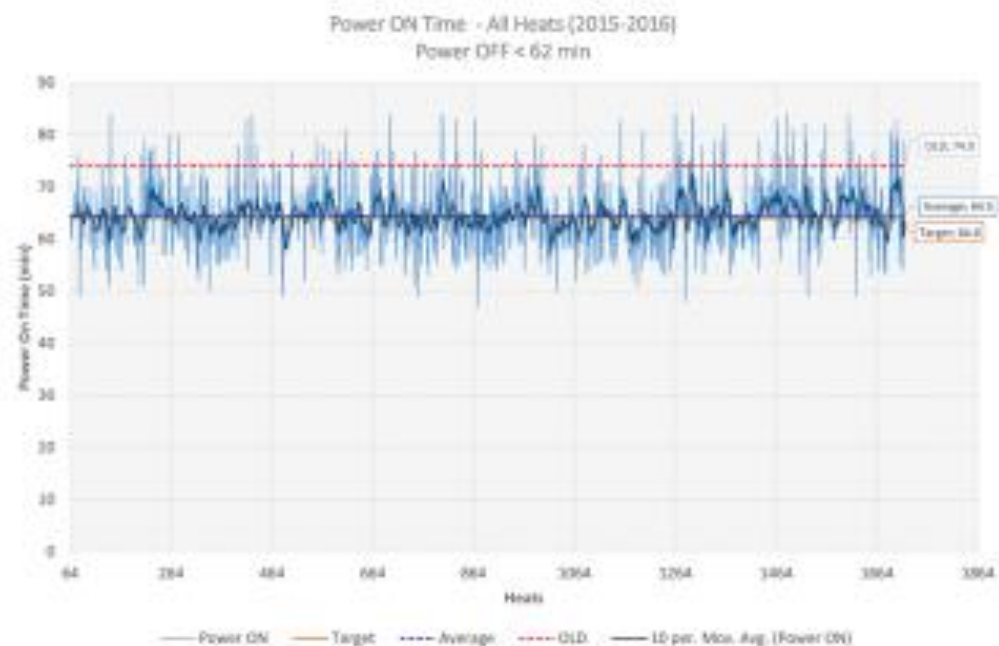


### Dosežen power on čas pri vseh šaržah

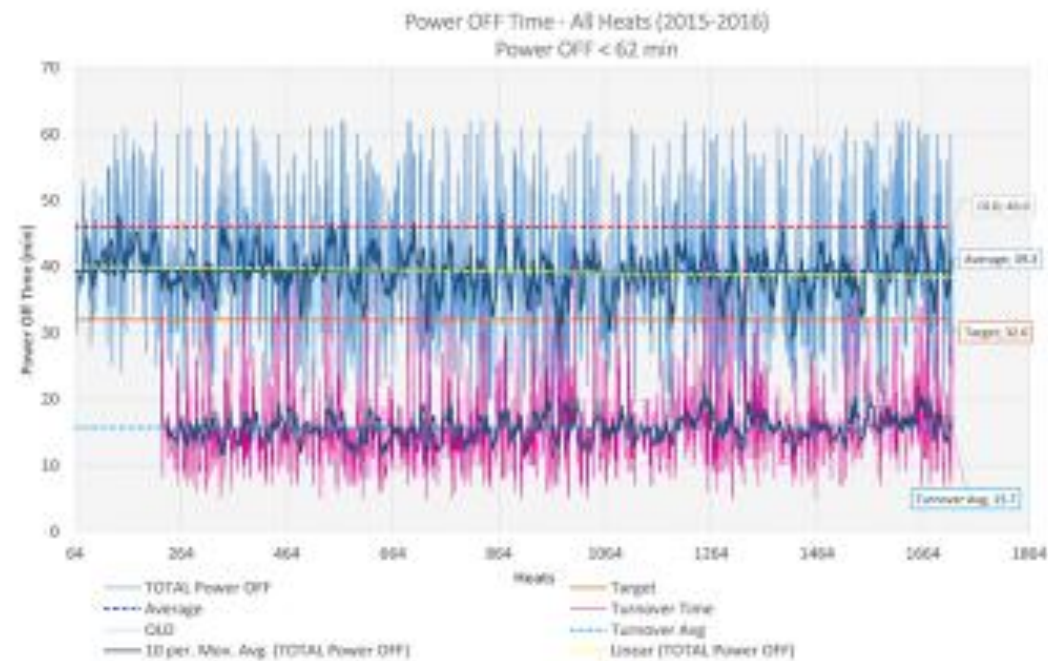




Power on čas pri šaržah, kjer je power off manjši od 62 min.



Power off čas pri šaržah (krajši od 62 min.)

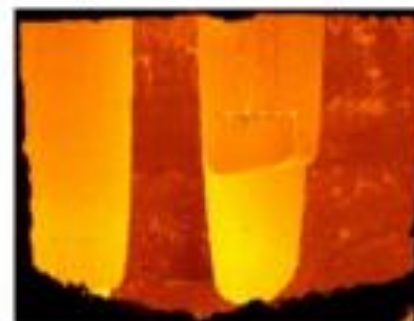




### Poraba grafitnih elektrod

14 izbranih poskusnih šarž določenih v prevzemnih pogojih

poraba elektrod pred investicijo	ciljna vrednost	dosežena vrednost	dosežena vrednost po ocenitvi (slaba kakovost elektrod)
kg/t taline	kg/t taline	kg/t taline	kg/t taline
6,1	4,5	5,47	4,97







### 14 izbranih, testnih šarž

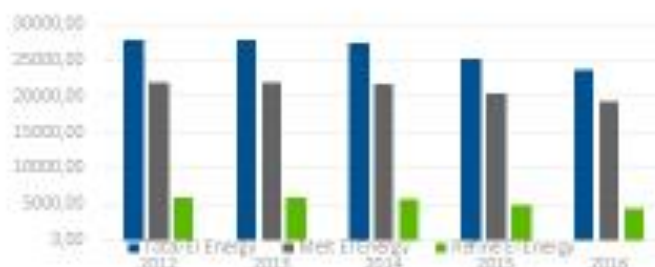
Šarž ID	Šaržna vrsta	Total Steel Top Weight (t)	Top To Top (min)	Power On Time (min)	Power Off Time (min)	Total Specific Energy (kWh/t)	Specific Oxygen Intensity (Nm <sup>3</sup> /t)	Specific Gas Intensity (Nm <sup>3</sup> /t)	Refining (min/h)	Specific Carbon Consumption (kg/t)	Start Temperature (°C)	End (min)
101478	OCR12VM	50,20	125	79	48	480,68	31,79	12,05	71,07	14,17	1658	24
101477	VCV150	45,20	90	87	23	488,95	45,21	11,22	75,88	25,52	1687	8
101476	VCV140	45,40	120	60	60	464,54	45,29	11,75	70,48	22,71	1666	38
101475	VENMO140	48,00	100	63	37	461,04	39,55	10,22	68,17	17,44	1670	8
101474	VCMO125	43,50	99	54	45	437,47	51,99	11,60	49,38	12,62	1737	8
101473	VENMO90	47,00	87	82	25	428,15	49,16	10,64	41,33	15,54	1685	0
101472	OV288	45,00	86	80	28	500,22	22,68	10,52	52,80	16,97	1679	0
101471	OCR12VRL	50,00	106	64	42	483,60	25,53	11,22	0,00	2,19	1696	8
101470	OCR12VM	49,80	103	61	42	468,47	25,14	11,01	32,88	10,64	0	9
101469	UTOPEX2	49,80	119	83	58	499,80	41,84	10,72	96,25	15,11	1677	12
101468	OCR15MD	45,50	93	55	38	478,92	44,40	10,84	0,00	20,02	0	12
101467	UTOPW01	46,50	165	56	109	474,19	42,85	10,16	0,00	21,25	0	84
101466	UTOPW02	44,50	106	76	30	471,91	44,23	11,81	56,18	23,02	1727	26
101465	UTOPW01	48,50	112	79	33	445,57	42,09	10,67	57,95	21,99	1730	31
<b>SREDNJA VREDNOST</b>		<b>47,06</b>	<b>107,95</b>	<b>64,21</b>	<b>45,71</b>	<b>470,04</b>	<b>39,42</b>	<b>11,05</b>	<b>48,00</b>	<b>16,93</b>	<b>1.692</b>	<b>18,14</b>
<b>CILJI</b>			<b>96</b>	<b>84</b>	<b>32</b>	<b>507,00</b>	<b>32,00</b>	<b>8,20</b>		<b>15</b>	<b>1.680</b>	



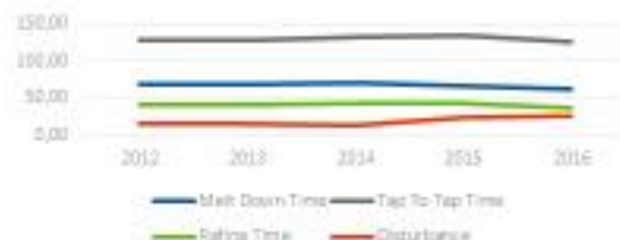
## Primerjava izdelanih šarž 2012 - 2016

Leto	Total EI Energy	Melt Down Time	Melt EI Energy	Tap To Tap Time	Tap Weight	Refine Time	Refine EI Energy	Disturbance
2012	27728,83	68,94	21803,14	127,40	50,61	40,33	5925,69	14,91
2013	27724,11	68,93	21799,79	127,33	50,63	40,29	5924,31	14,89
2014	27328,24	70,32	21609,39	132,97	49,66	43,38	5639,23	12,77
2015	25102,63	66,22	20270,98	134,30	47,32	42,44	4835,25	23,09
2016	23660,50	62,95	19239,59	125,89	48,00	38,15	4426,91	24,87

Poraba električne energije



Časi obdelave taline



## **Gradnja in zagon nove naprave za kontinuirno litje jekla v podjetju Štore Steel**

**Luka Krajnc, Metod Marolt, Katja Vrbek, Nejc Drofelnik - Štore Steel**

*Jeseni 2014 smo v podjetju Štore Steel začeli z gradbenimi deli za novo napravo za kontinuirno litje jekla (Konti Naprava - KN). Stara naprava je obratovala od leta 1987 in na njej je bilo odlitega več kot 3 milijone ton jekla. Čedalje večje zahteve pri kvaliteti jekla so botrovale odločitvi podjetja, da nadomesti staro napravo z novo. Pomemben faktor pri izgradnji nove naprave je bilo dejstvo, da mora stara KN ves čas delovati in da si podjetje ne more privoščiti daljše ustavitve za prestavitev proizvodnje.*

*Gradbena dela so se zaključila maja 2015. Naslednja faza je bila montaža strojne opreme, napeljava cevodov za hidravliko, vodo, komprimiran zrak, zemeljski plin, argon, dušik in kisik, ta faza je potekala do konca poletja 2015, ko se je vzporedno začelo delati tudi električno napeljavo. Oktobra in novembra 2015 je dobavitelj Concast opremo testiral in končal s hladnimi testi v začetku decembra 2015. 6.12.2015 smo na novi KN odlili prvo šaržo. Litje je bilo delno uspešno in je dalo spodbudo za nadaljnje poskuse. Do konca leta 2015 se je število šarž, odlitih na novi KN, vztrajno povečevalo, prekinitev dela ob koncu leta pa smo izkoristili za popravke na delih naprave, ki so se izkazali za bolj izpostavljene. V letu 2016 smo iz tedna v teden povečevali delež šarž, odlitih na novi napravi, dokler nismo 15.3.2016 začeli jeklo liti izključno na novi napravi.*

*Poleg običajnih električnih in mehanskih zagonskih problemov smo imeli največ dela z bistvenim poslabšanjem livnosti pri nekaterih kvalitetah, ki so na stari napravi imele zadovoljivo livnost. Naše osnovno razmišljanje, da se bo livnost zaradi večje hitrosti toka jekla skozi izlivek izboljšala in da nekovinskih vključki ne bodo nasedali na izlivek, so se izkazala za napačna. Rešitev problema je zahtevala natančno analizo sekundarne izdelave jekla, vključitev ugotovitev iz stare naprave in upeljavo nove tehnologije sekundarne obdelave. Rezultat je dober, saj nam sedaj livnost omogoča litje več šarž v sekvenci, kot prej na stari KN, istočasno pa se je izboljšal tudi rezultat izmeta na valjanem materialu.*

*V splošnem ugotavljamo, da so gredice odlite na novi napravi za kontinuirno litje jekla boljše kvalitete. Pri obliki in površini so očitne razlike vidne že s prostim očesom. Take gredice nam omogočajo tudi končni izdelek, ki je dobre kvalitete in zadostuje čedalje večjim zahtevam na trgu.*

# Gradnja in zagon nove naprave za kontinuirno litje jekla v podjetju Štore Steel d.o.o.

Sodelujoči na seminarju:

Metod Marolt, Katja Vrbek, Nejc Drofelnik, Gregor Holobar in [Luka Krajnc](#)



## Motivi za izgradnjo nove KN v Štore Steel

- Stara naprava je že bila dotrajana (na njej je bilo odlitega več kot 3.000.000 ton jekla).
- Posodabljanje stare naprave ne izboljša njene osnovne pomanjkljivosti – *i.e.* radij naprave.
- Temeljita posodobitev je cenovno primerljiva z nakupom popolnoma nove naprave (brez gradbenih del in cevovodov).

## Primerjava stare in nove naprave:

### KN II

- Leto izdelave: 1986
- Število žil: 3
  
- Format litja: 140 in 180 kvadrat
- Radij litja: 6/11 m
- Kapaciteta vmesne ponovce: 9 t
- Globina vmesne ponovce: 750 mm
- Teža pri menjavi sekvenc: 5 t

### KN III

- Leto izdelave: 2015
- Število žil: 2
- **Obračalni stolp**
- Format litja: 180 kvadrat, omogoča od 130 do 220 kvadrat.
- Radij litja: 9/16 m
- Kapaciteta vmesne ponovce: 13,5 t
- Globina vmesne ponovce: 850 mm
- Teža pri menjavi sekvenc: 9 t

## Primerjava stare in nove naprave:

### KN II

- Merjenje nivoja: Cs 137
- Nadzor nivoja: Monoblok
- Zaščita curka: Potopni izlivek
- Dolžina in tip kokile: 800 mm, kvadrat
- Avtomatsko dodajanje livnega praška
- Hitrost litja: 0,95 – 1,2 m/min
- Označevanje gredic: Brez

### KN III

- Merjenje nivoja: Co 60
- Nadzor nivoja: Monoblok
- Zaščita curka: Potopni izlivek
- Dolžina in tip kokile: 1000 mm, Convex
- Avtomatsko dodajanje livnega praška
- Hitrost litja: 1,4 – 2,0 m/min
- Označevanje gredic: Avtomatsko

## Potek gradnje in montaže opreme

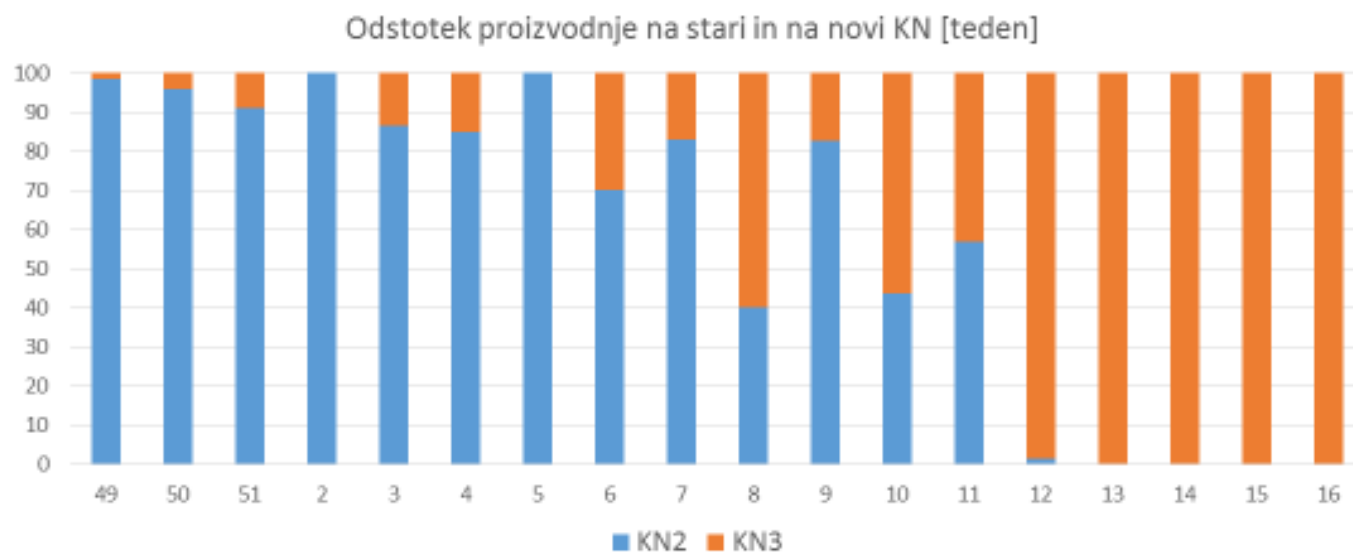
- Jesen 2014 – začetek gradbenih del.
- Maj 2015 – zaključek gradbenih del.
- Od maja 2015 do septembra 2015 – montaža strojne opreme, napeljava cevovodov za hidravliko, vodo, komprimiran zrak, zemeljski plin, argon, dušik in kisik.
- Avgust, september in oktober 2015 – montaža elektro opreme.
- Oktobra in novembra 2015 – dobavitelj Concast testira opremo in konča s hladnimi testi v začetku decembra 2015.
- 6.12.2015 –na novi KN odlijemo prvo šaržo.

Filmček





## Zagon nove KN



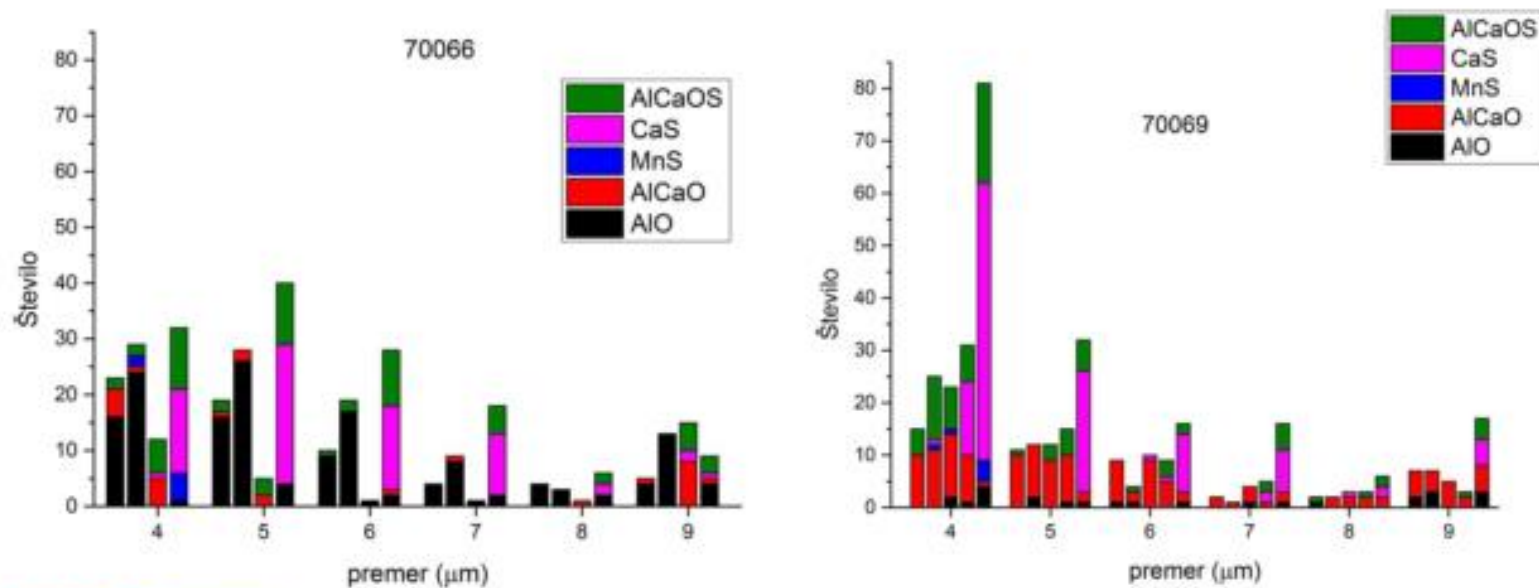
## Problemi z livnostjo pri zagonu nove KN

- Tehnologija sekundarne obdelave jekla je bila optimirana, tako da je omogočala dobro livnost na KN II.
- Imeli smo dva problema, lepljenje nekovinskih vključkov na monoblok in nabiranje nekovinskih vključkov v potopnem izlivku pri meniskusu.
- Zaradi večje hitrosti taline na obeh najbolj kritičnih mestih smo ocenjevali, da se bosta oba problema zmanjšala.
- Dejansko pa sta se povečala. Mehanizem je v tem, da skozi isto odprtino steče 50 % več jekla in se zato nabere 50 % več vključkov.
- Potrebna je bila sprememba tehnologije sekundarne izdelave jekla.

Pozitiven  
pristop k  
reševanju  
problemov.



## Nekovinski vključki pri običajni tehnologiji in pri spremenjeni tehnologiji



## Zaključki

- Litje jekla na KN III omogoča bistveno boljše kvaliteto gredic in valjanih izdelkov.
- Večji radij naprave omogoča litje bolj legiranih jekel.
- Izzivov na KN III je še mnogo, vendar omogoča naprava dobro osnovo za izdelavo zahtevnih kvalitet jekla.

**ŠT**ORE**Q**STEEL

## **Sprememba prodajnega programa podjetja Acroni in izzivi, s katerimi se ob tem srečujemo**

**Matevž Fazarinc – Acroni Jesenice**

*V zadnjih štirih letih so se finančni rezultati skupine SIJ in tudi njene največje družbe Acroni močno odmaknili od sivega povprečja rezultatov, ki jih dosegajo evropski in svetovni jeklarji. Tako smo v letih 2013 na 2014 EBITDA povečali iz 40.4 na 77.8 mio €, dodana vrednost na zaposlenega nam je poskočila za 31 %, leto pa smo zaključili z 25 mio € čistega dobička.*

*Del te razlike seveda pripada stroškovni optimizaciji, ki je bila narejena z združevanjem družb znotraj SIJ, vendar pa največji del predstavlja prav zamenjava strategije trženja in proizvodnega miksa jekel, ki jih tržimo. V družbi Acroni smo tako v letu 2014 proizvedli (v tonaži): 44 % nerjavnih jekel, 21 % specialnih jekel, 27 % elektro pločevine in le še 8 % konstrukcijskih jekel. Prav tako smo v lanskem letu prvič v zgodovini presegli magičnih 100.000 t prodanih nerjavnih jekel. Takšna količina prodanih plošč nerjavne debele pločevine nas uvršča na 3. mesto na svetovni lestvici proizvajalcev teh jekel, kar pa na drugi strani pomeni tudi veliko izpostavljenost nihanjem trga zaradi visokega tržnega deleža. V kolikor bi se zadovoljili s prodajnim programom, ki bi bil podoben tipskim izdelkom, ki prihajajo z Azije, bi bila naša zgodba precej bolj kratkoživa.*

*Tako pa smo z specializacijo proizvodnega programa in vpeljavo nižnih izdelkov še vedno med vodilnimi proizvajalci na trgu. Seveda pa se za uspehom skriva precej trdega dela, neprespanih noči in seveda sreče, katere vpliv seveda poizkušamo zmanjševati z laboratorijskim delom in napovedovanju procesov.*

The background of the slide is a photograph of molten metal being poured from a furnace. The metal is bright orange and yellow, creating a strong contrast with the dark, industrial surroundings. The lighting is dramatic, highlighting the texture and flow of the liquid metal.


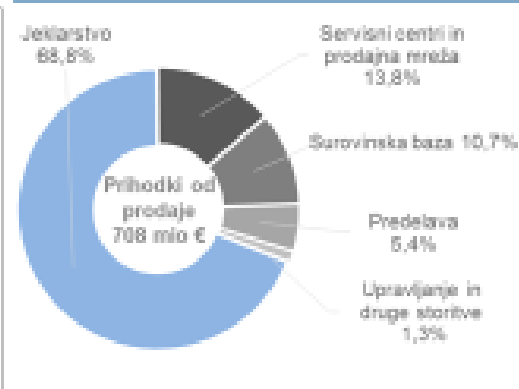
**sij** | group

Dr. Matevž Fazarinc

April, 2016

SPREMEMBA PRODAJNEGA PROGRAMA  
PODJETJA ACRONI IN IZZIVI, S KATERIMI SE  
OB TEM SREČUJEMO

## SIJ je vertikalno integrirana skupina z odličnimi poslovnimi rezultati

Skupina SIJ ima svoj sedež v Ljubljani	Glavni poudarki	Skupina SIJ – deleži poslovnih področij v prihodkih od prodaje
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• V skupini je 24 družb</li> <li>• Prihodki od prodaje znašajo 708 mio EUR, od tega je 87 % izvoza</li> <li>• EBITDA marža v višini 11 %</li> <li>• 55.000 euro dodana vrednost na zaposlenega</li> <li>• okoli 3.200 zaposlenih</li> <li>• Vodilni proizvajalec nerjavne debele pločevine v EU</li> <li>• Med vodilnimi tremi proizvajalci orodnih jekel v EU</li> </ul>	

### Shema skupine SIJ

Surovinska baza	Jeklarstvo	Prodajna mreža		Predelava	Upravljanje in druge storitve
Osloba z jeklenim odpadkom	Jeklarstvo	Servisni centri in prodajna mreža		Predelava	Upravljanje in druge storitve
Odpad Plaka (SI)	Azoni	Ravne Steel Center (SI)	Epopo International (ZDA)	Ravne Systems	SIJ d.d.
Dankor Osijek (HR)	Metal Ravne	Ravne Steel Deutschland (NE)	SIJ Asia (NE)	Elektrode Jesenice	ZIF Center
Metal - Eko Sistem (RS)		Siderforce (IT)	Ravne Knives (VB)	SLJ	Železarna Jesenice
Top Metals (BA)		Niro Wenden (NE)	Ravne Knives (VB Sever)	Serpa	
		Griffon & Romano (IT)	Ravne Knives USA (ZDA)	Oro Met	



## SU d. d. v letu 2014: rast in povečanje dobičkonosnosti poslovanja

	2013	2014	+/-
Prihodki od prodaje (mio €)	658,6	707,8	+ 7 %
EBITDA (mio €)	40,7	77,8	+91 %
MFO/EBITDA	5,7	2,8	
Dobiček (mio €)	-5	25	
Dodana vrednost na zaposlenega (€)	41.585	54.746	+31 %
Maločibe (mio €)	52,3	47,6	-9 %
Izvoz (v % prihodkov)	86%	86%	/

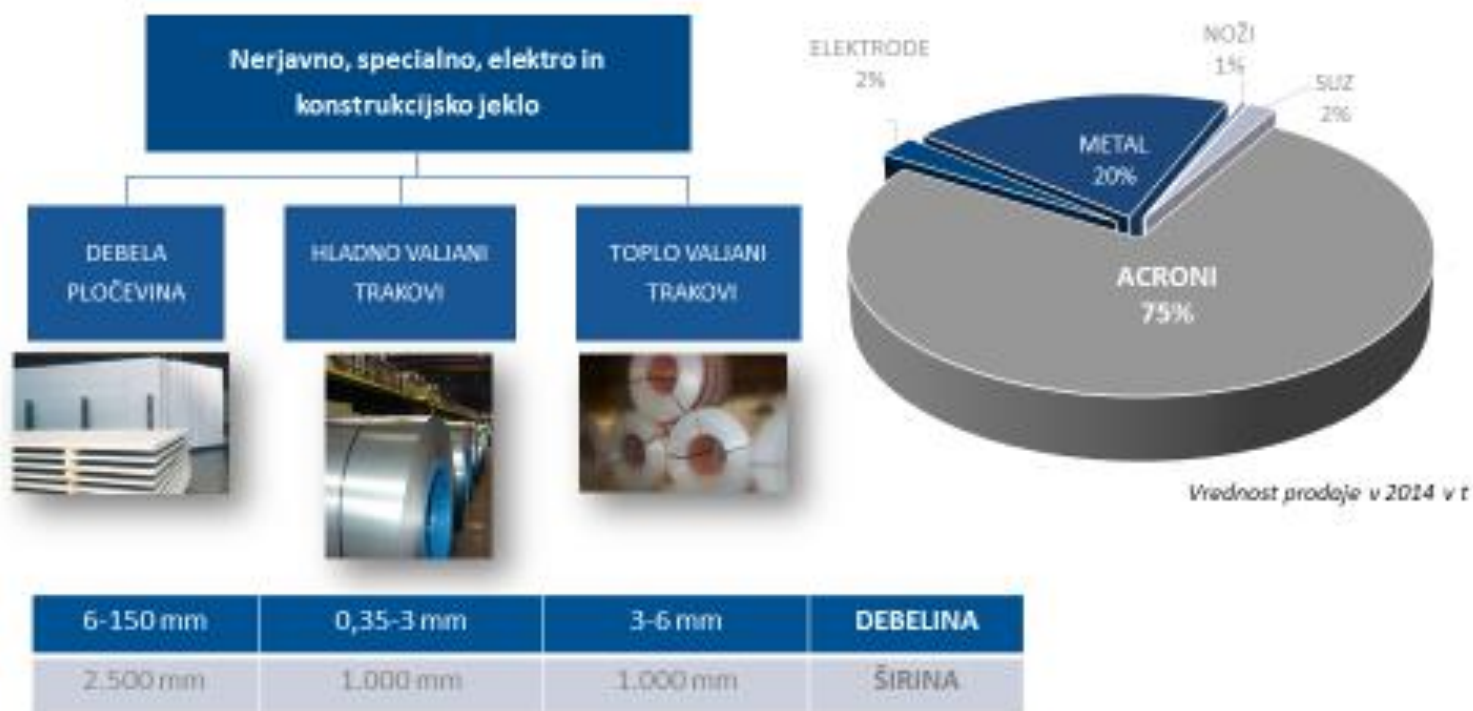
### Ključni vzroki rasti:

- Optimizacija proizvodnega miksa – kot rezultat obsežnih investicij (2007-2014) ter spremembe strategije trženja
- Stroškovna optimizacija
- Iskanje sinergij znotraj skupine (tako na strani nabave, kot tudi prodaje, drugih procesov)
- Pozitivni količinski odmiki v najbolj donosnih programih

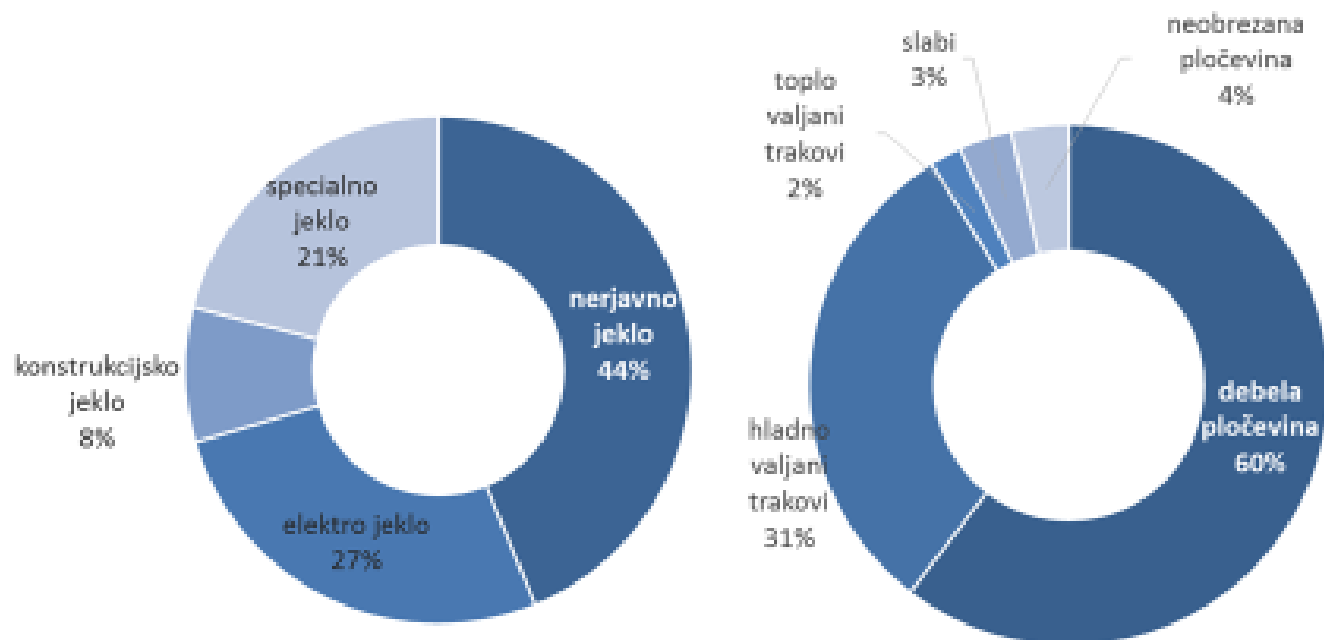
Nov investicijski cikel –  
investiramo v  
dodano vrednost!



**Acroni je največja družba v skupini SIJ**



Program nerjavnega jekla predstavlja največji delež po prodani količini, med izdelki pa debela pločevina



**Primer 1: Jeklo X120Mn12 (W. Nr. 1.3401)**

**Mangalloy ali Hadfield-ovo jeklo**

**Posebne lastnosti:**

- V gašenem stanju ima avstenitno strukturo
- Pod vplivom deformacije se preko dvojčenja začne tvoriti martenzit
- Trdota pri tem naraste iz 200 HB na več kot 600 HB
- Jeklo je nemagnetno

**Uporaba:**

- Obraboodporne plošče v separacijah
- Mlini za premog v termoelektrarnah
- Balistična zaščita za „cash & carry“ aplikacije

**Glavna legirna elementa:**

- C: 1.1 – 1.2 %
- Mn: 11 – 13 %

Hadfield (1882): *"Is there any case similar to this among other alloys of iron, if the term alloy may be used? No metallurgical treatise refers to them;...Possibly when the nature of the laws governing alloys is better understood, this will be found to be only one of other cases..."*

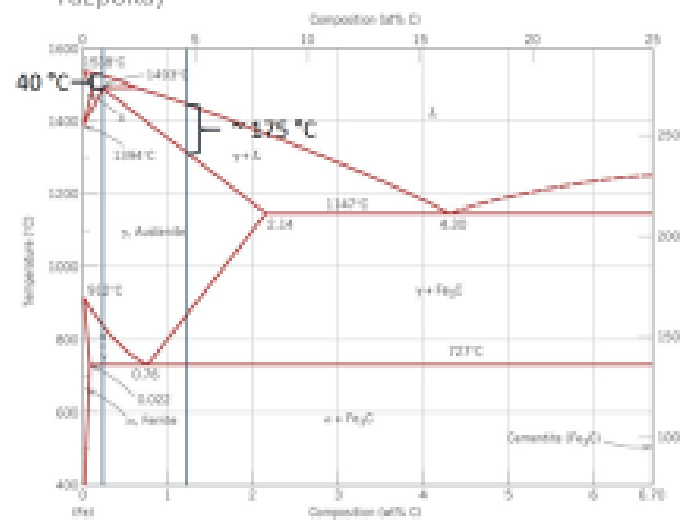


**Problematika izdelave**

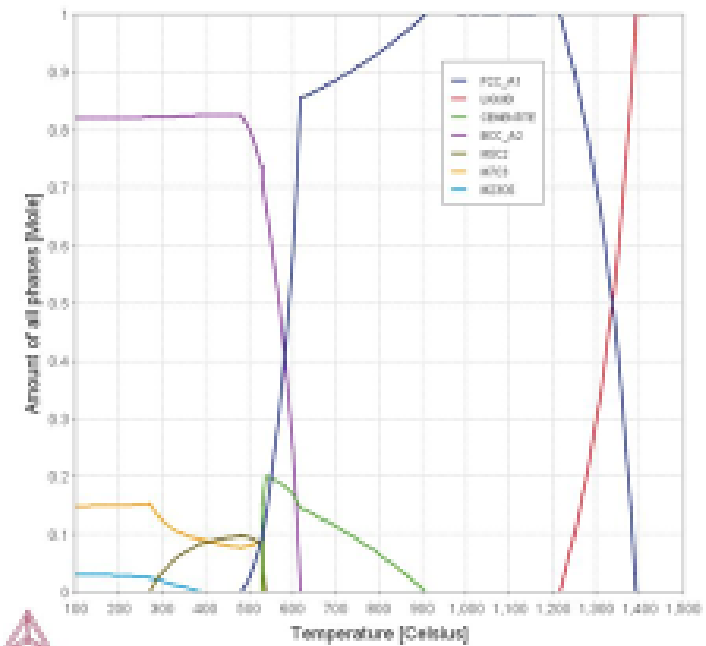
Izredno široko strjevalno področje (zaradi vsebnosti ogljika)

Nevarnost „napihovanja“ v primeru predolge dolžine korena na napravi za kontinuirno litje

Nevarnost razpok na uliti žili („bleeder“-ji ali vzdolžna razpoka)



Daljša faz v solvnosti od temperature



**Rešitev**

---

1. Močna sprememba temperature ulivanja, glede na standardno predpisano s strani proizvajalca naprave.
2. Ročni poseg v model hlajenja na napravi za kontinuirno ulivanje
3. Blokada vseh alarmov, ki prihajajo s tega naslova

**Rezultat:**

1. Več kot 40 uspešno ulitih šarž
2. Eden večjih prodajnih „hitov“ Acronija
3. Še vedno edini, ki to počnemo 😊



---

**Primer 2: Zlitini A800 (1.4876) in A825 (2.4858)**

---

**A800**

**Lastnosti:**

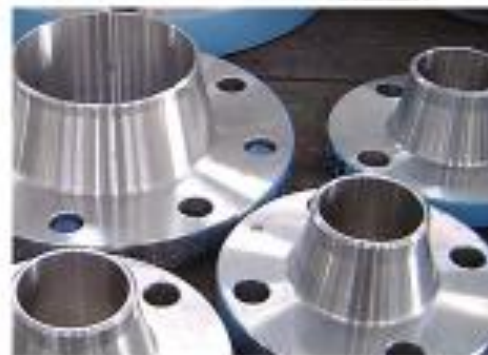
- Ognjeodporna vse do 820 °C (z odličnimi mehanskimi lastnostmi)
- Uporabna predvsem v industrijskih pečeh



**A825**

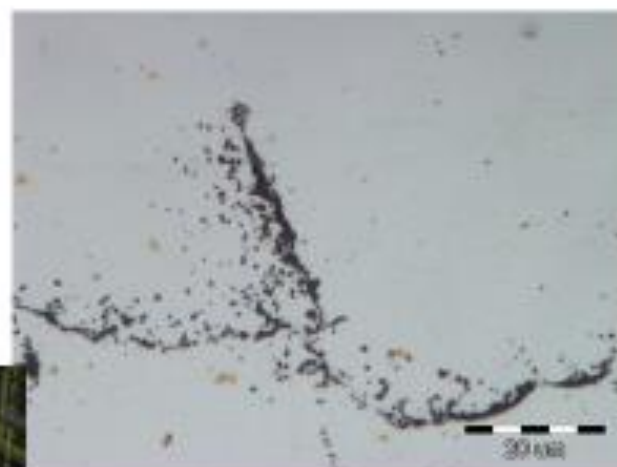
**Lastnosti:**

- Korozijsko odporna zlitina
- Uporabna predvsem v Oil & gas aplikacijah



### Problematika izdelave

1. Velike količine legiranja na ponovni peči (preko 30 t!)
2. Zaradi vsebnosti redukcijskih elementov poteka reakcija med livnim praškom in talino





### **Rešitev**

#### **Legiranje:**

1. Začetek razvoja procesa legiranja večjega dela legur na EOP
2. Izboljševanje kontrole žlinder
3. Sprememba načina legiranja najbolj reduktivnih elementov

#### **Litje:**

1. Kontrola spremembe livnega praška med ulivanjem
2. Začetek razvoja novih praškov s samimi dobavitelji

## Zaključek

- Sprememba proizvodnega programa je izredno dobro vplivala na rezultate poslovanja tako Acronija, kot tudi družbe SIJ kot celote
- Vpeljan je bil širok spekter novih kvalit, kjer smo še vedno „world’s first“
- Izzivi, ki se ob tem pojavljajo so izredno kompleksni in jih je v literaturi in izkušnjah drugih težko najti
- Opcijo reševanja predstavlja tudi razvojno sodelovanje z ponudniki metalurške opreme
- Želeli bi si tudi tesnejšega sodelovanja s fakulteto na teh področjih
- Izzivov, ki nas čakajo v prihodnosti, pa še nekaj časa ne bo zmanjkalo



## ***Predvidevanje kakovosti ingotov z virtualnim načrtovanjem poskusov***

**Janez Pristavec – EXOTERM - IT**

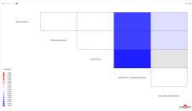
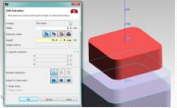
*Tako virtualizacija procesov kot načrtovanje poskusov (DoE) sta vsaka zase uveljavljani metodi pri načrtovanju procesov ali oblikovanju izdelkov, z razvojem programske paketa MAGMA<sup>5</sup>, ver. 5.3 pa sta bili ti dve metodi prvič združeni v enotno orodje za virtualno načrtovanje poskusov na področju ulivanja in strjevanja kovinskih materialov. Simulacije s tem niso več omejene na točno določene procesne ali geometrijske parametre, ampak je s pomočjo vgrajenih statističnih funkcij za načrtovanje poskusov možno preigrati celo paleto različnih parametrov procesa. Statistične metode se uporabljajo tudi kasneje, pri vrednotenju rezultatov simulacij. Omogočajo poiskati najbolj optimalno in robustno rešitev, brez da bi bilo potrebno pregledati množico rezultatov različnih verzij simulacije.*

*V predstavitvi bo prikazana uporaba programskega paketa MAGMA<sup>5</sup>, ver. 5.3 pri optimizaciji višine glave ingota.*

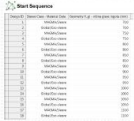
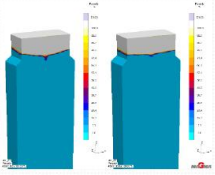
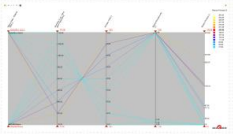
J.Pristavec-Predvidevanje kakovosti ingot ov z virtualnim načrtovanjem poskusov.pdf - Adobe Reader

Datoteka Urejanje Pogled Okno Pomoč

Odpri 1 / 31 128% Orodja Izpolni in podpiši Komentar





# Predvidevanje kakovosti ingotov z virtualnim načrtovanjem poskusov



Janez Pristavec, EXOTERM-IT d.o.o.

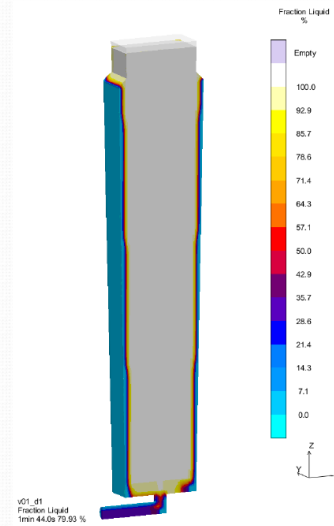
---

 Brdo pri Kranju, 20. 4. 2016 

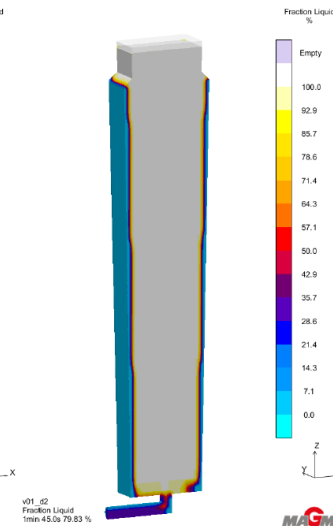
# Dosedanje simulacije

- strjevanje  
80 %  
likvidus faze

Izo kapa



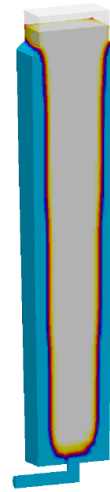
Exo-izo kapa



# Dosedanje simulacije

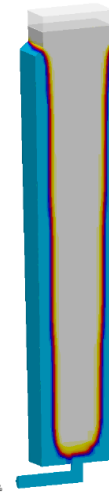
- strjevanje  
40 %  
likvidus faze

Izo kapa



v01\_d1  
Fraction Liquid  
9min 39.0s 39.77 %

Exo-izo kapa



v01\_d2  
Fraction Liquid  
9min 40.0s 39.93 %

MAGMA

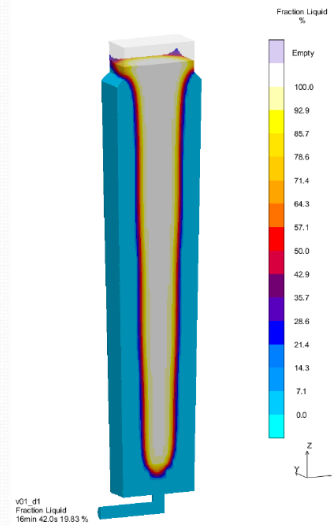
MAGMA 5

exotherm-it

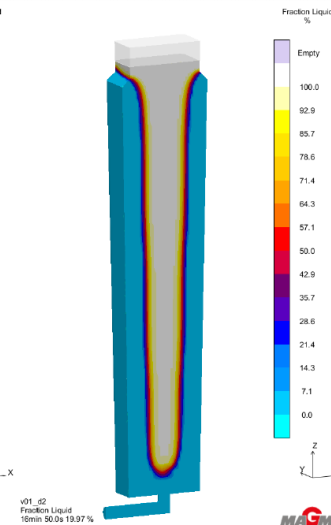
# Dosedanje simulacije

- strjevanje  
20 %  
likvidus faze

Izo kapa



Exo-izo kapa

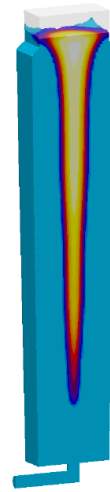




# Dosedanje simulacije

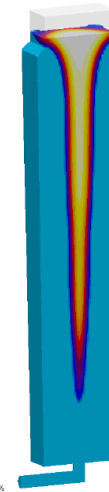
- strjevanje  
5 %  
likvidus faze

Izo kapa



v01\_d1  
Fraction Liquid  
25min 53.0s 4.98 %

Exo-izo kapa



v01\_d2  
Fraction Liquid  
25min 17.0s 4.99 %

MAGMA

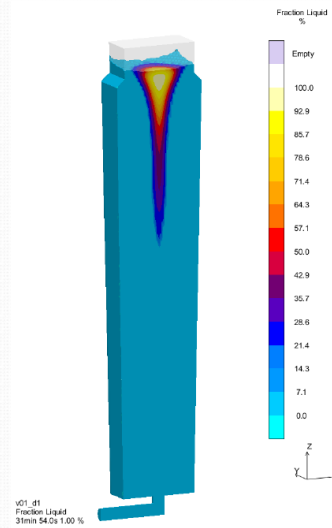
MAGMA 5

exoterm-it

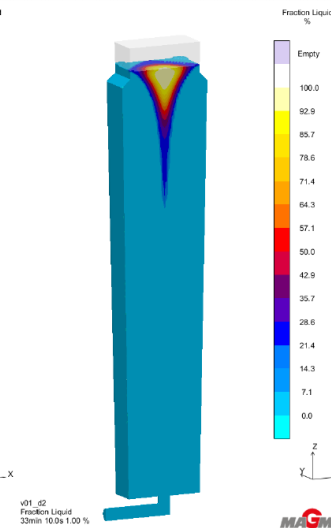
# Dosedanje simulacije

- strjevanje  
1 %  
likvidus faze

Izo kapa



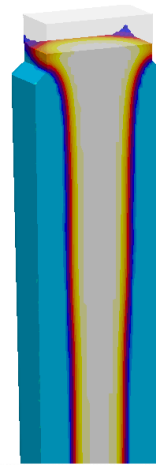
Exo-izo kapa



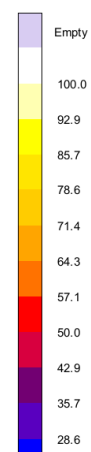
# Dosedanje simulacije

- strjevanje  
18 min po  
končanem ulivanju

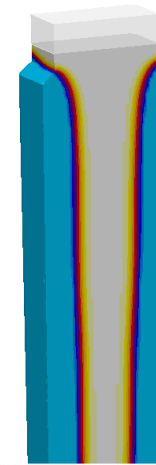
Izo kapa



Fraction Liquid %

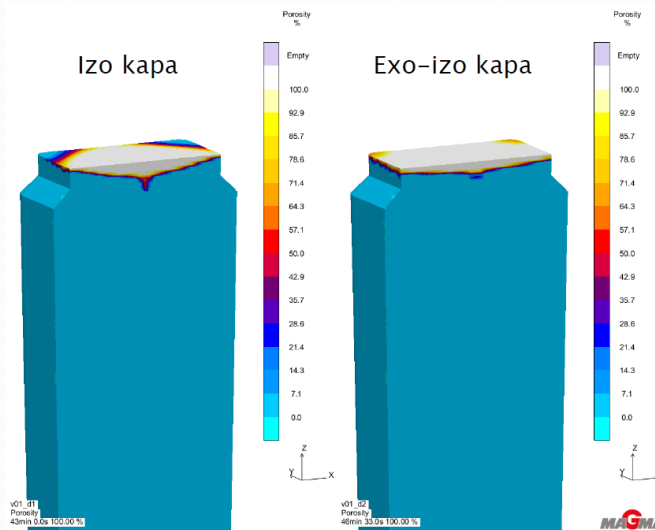


Exo-izo kapa



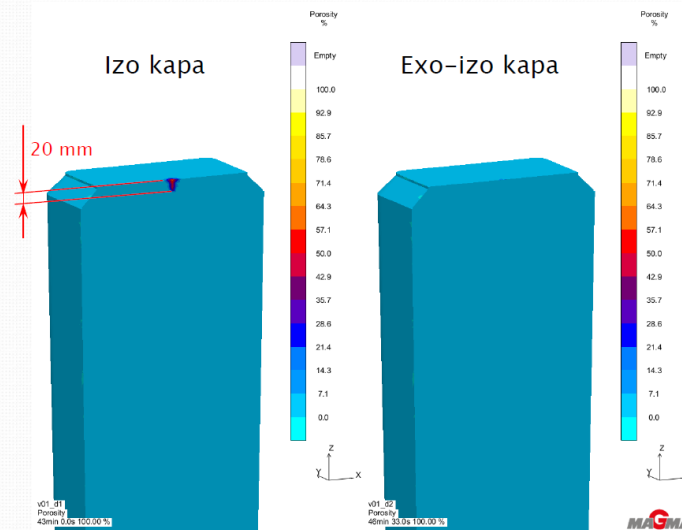
# Dosedanje simulacije

- poroznost



# Dosedanje simulacije

- poroznost



# Optimizacija višine glave

- parametrična geometrija

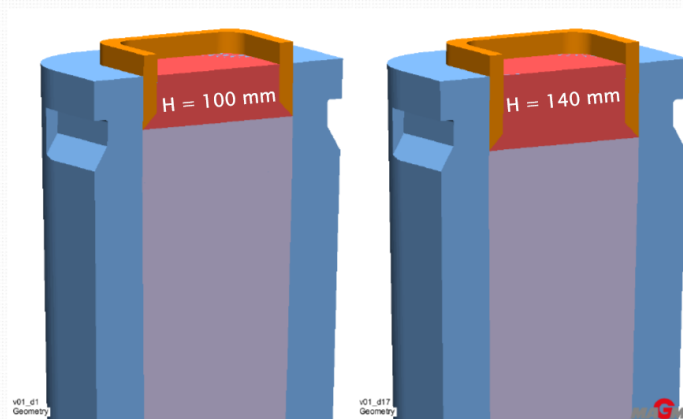
spremenljivka:

višina glave:

od 100 mm

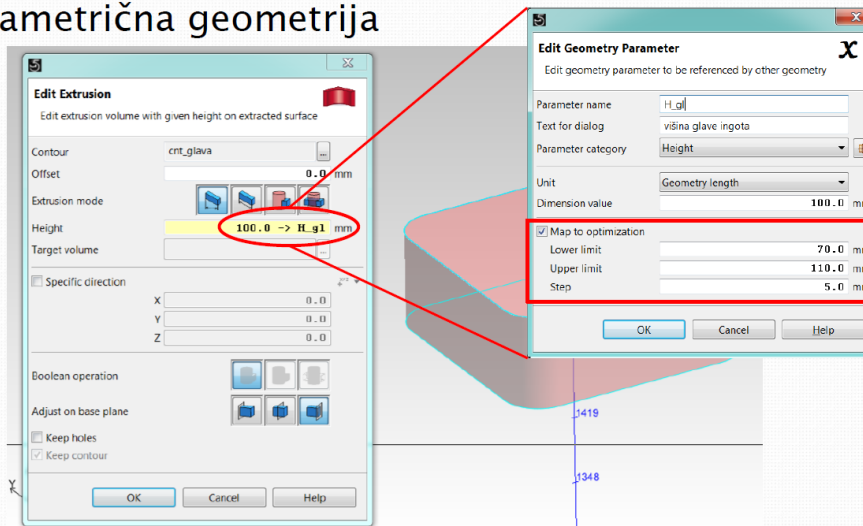
do 150 mm

korak: 5 mm



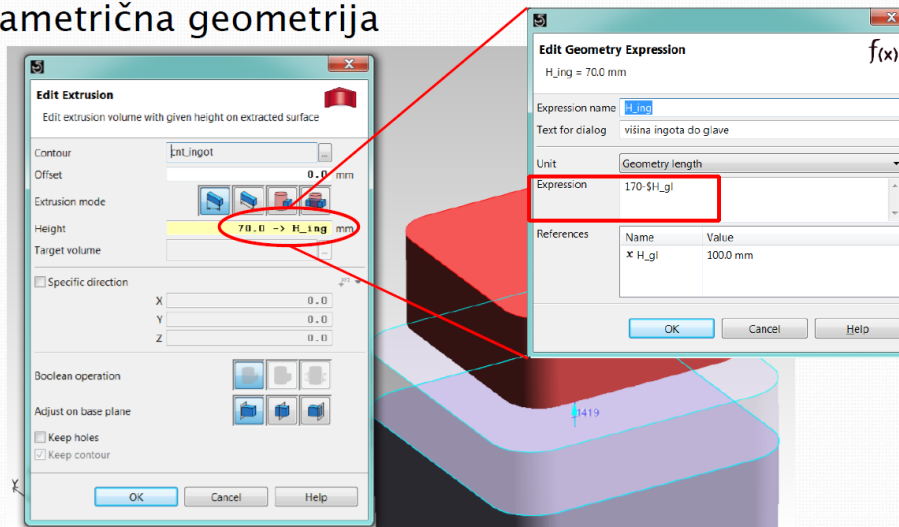
# Optimizacija višine glave

- parametrična geometrija



# Optimizacija višine glave

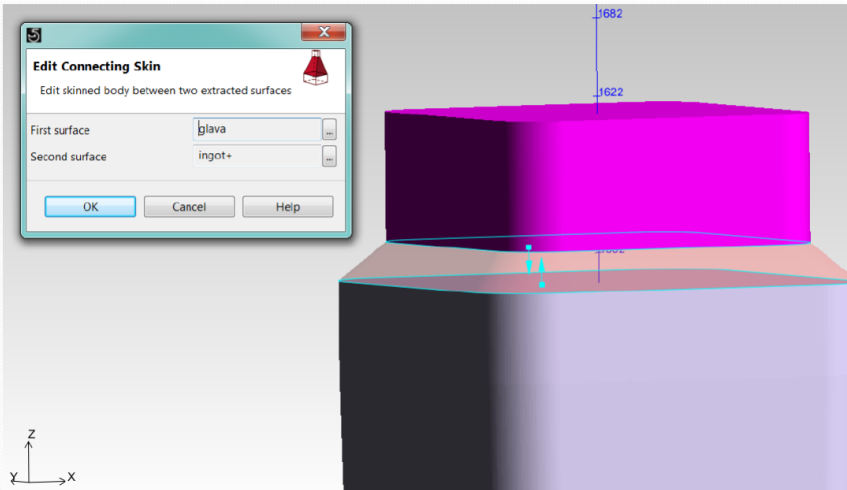
- parametrična geometrija





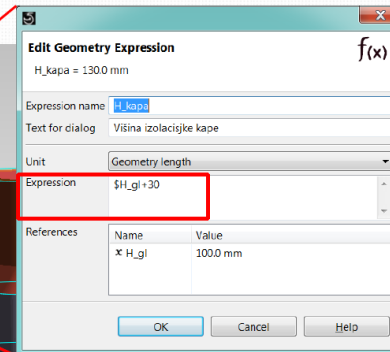
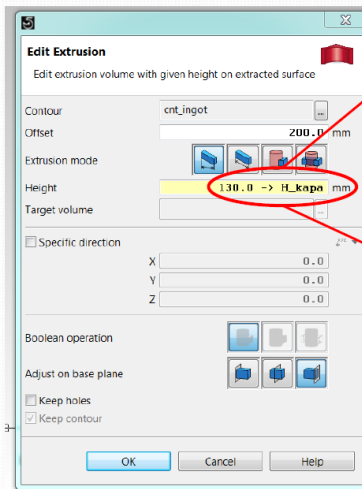
# Optimizacija višine glave

- parametrična geometrija



# Optimizacija višine glave

- parametrična geometrija



J.Pristavec-Predvidevanje kakovosti ingot ov z virtualnim načrtovanjem poskusov.pdf - Adobe Reader

Datoteka Urejanje Pogled Okno Pomoč

Odpri 15 / 31 128% Orodja Izpolni in podpiši Komentar

# Optimizacija višine glave

- spremenljivke

 **Design Variables**

Design Variable	Dataset List	Dependency	
<input checked="" type="checkbox"/> Sleeve Class - Material Data	MAGMA/Sleeve Global/Exo-sleeve	<None>	2
<input checked="" type="checkbox"/> Geometry H_gl - višina glave ingota	70.0	110.0	5.0
			<None>

Design Variable	Lower Limit (mm)	Upper Limit (mm)	Step (mm)	Dependency	
<input checked="" type="checkbox"/> Geometry H_gl - višina glave ingota	70.0	110.0	5.0	<None>	9

18 kombinacij

# Optimizacija višine glave

- ciljne funkcije

**Objectives**

Name	Type	Valu	Expression	Description
<input checked="" type="checkbox"/> Reduce Porosity	Minimize		(Solidification & Cooling/Porosity/End of Solidification)	Add an objective function to reduce the porosity in the casting.
<input checked="" type="checkbox"/> Reduce Microporosity	Minimize		(Solidification & Cooling/Microporosity/Max/Casting All IDs)	Add an objective function to reduce the microporosity in the casting.
<input checked="" type="checkbox"/> Increase Yield	Maximize		(Volume of Casting All IDs) / (Volume of Cast Alloy Class)	Add an objective function to increase yield (ratio of casting mass to total cast mass).

# Optimizacija višine glave

- startna sekvenca

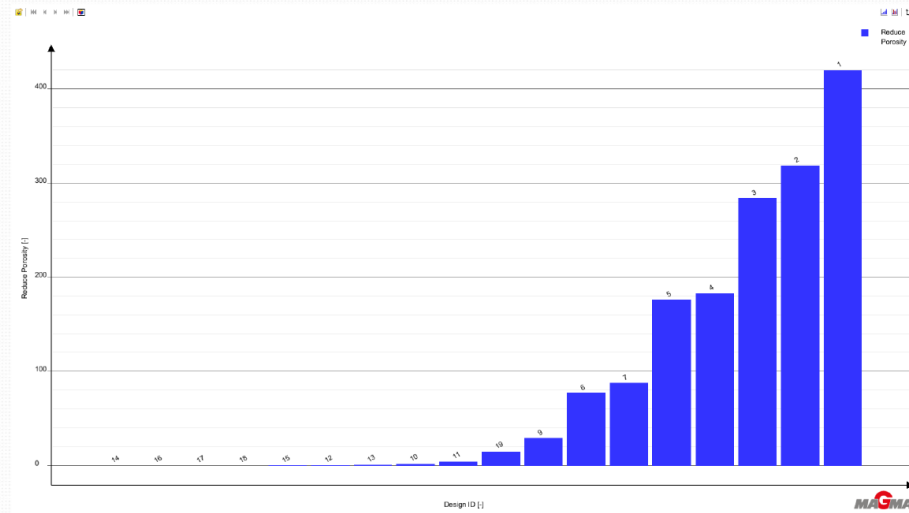
## Start Sequence

Imported version 19

Design ID	Sleeve Class - Material Data	Geometry H_gl - višina glave ingota (mm)
1	MAGMA/Sleeve	70.0
2	Global/Exo-sleeve	70.0
3	MAGMA/Sleeve	75.0
4	Global/Exo-sleeve	75.0
5	MAGMA/Sleeve	80.0
6	Global/Exo-sleeve	80.0
7	MAGMA/Sleeve	85.0
8	Global/Exo-sleeve	85.0
9	MAGMA/Sleeve	90.0
10	Global/Exo-sleeve	90.0
11	MAGMA/Sleeve	95.0
12	Global/Exo-sleeve	95.0
13	MAGMA/Sleeve	100.0
14	Global/Exo-sleeve	100.0
15	MAGMA/Sleeve	105.0
16	Global/Exo-sleeve	105.0
17	MAGMA/Sleeve	110.0
18	Global/Exo-sleeve	110.0

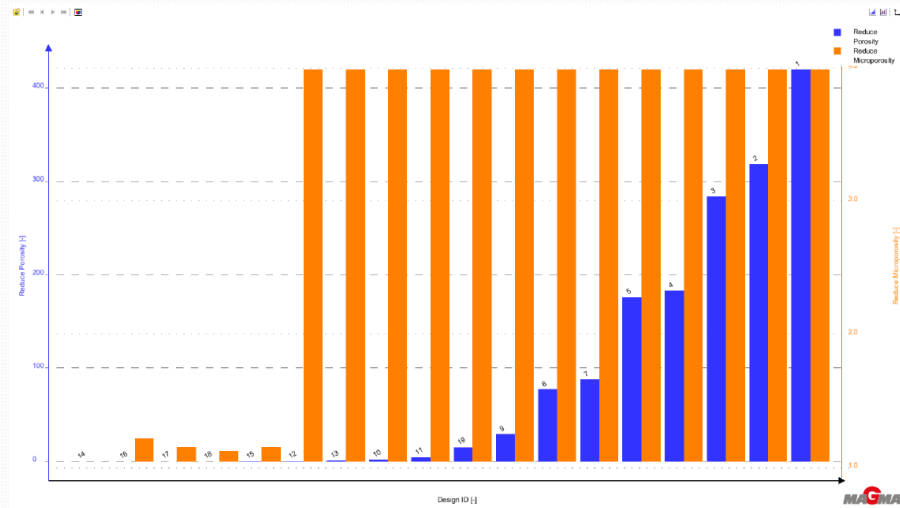
# Optimizacija višine glave

- poroznost – dizajn



# Optimizacija višine glave

- poroznost – mikroporoznost – dizajn

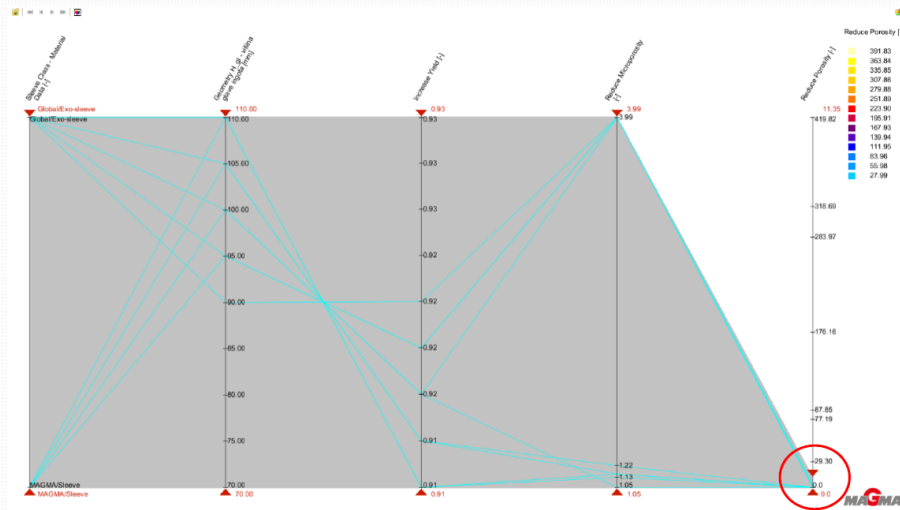






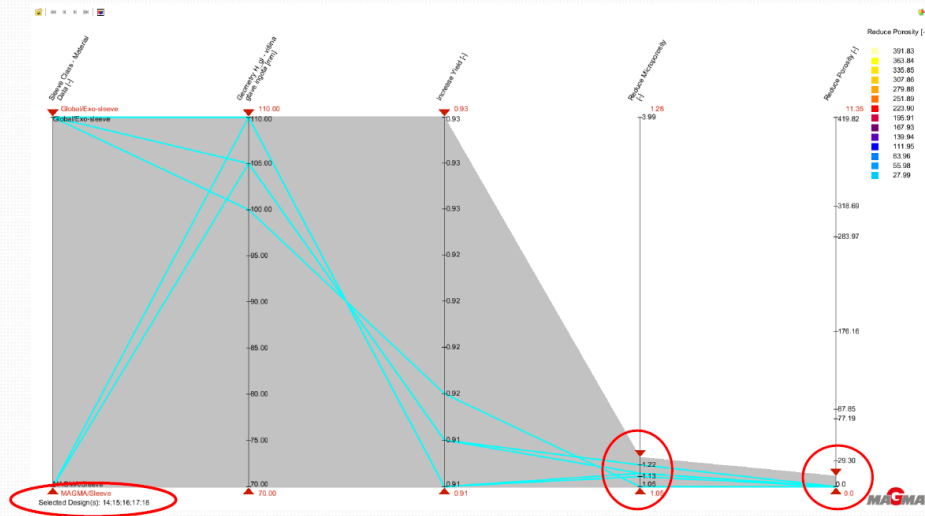
# Optimizacija višine glave

- paralelne koordinate



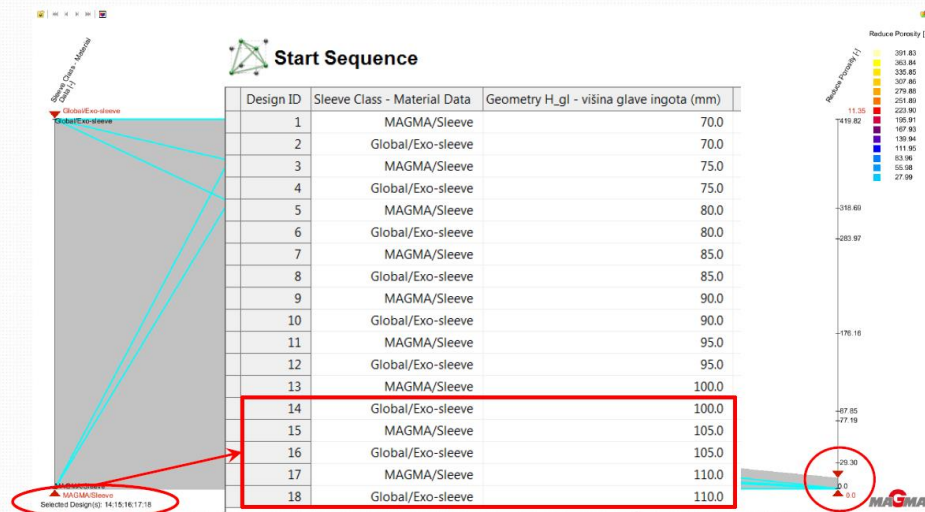
# Optimizacija višine glave

- paralelne koordinate



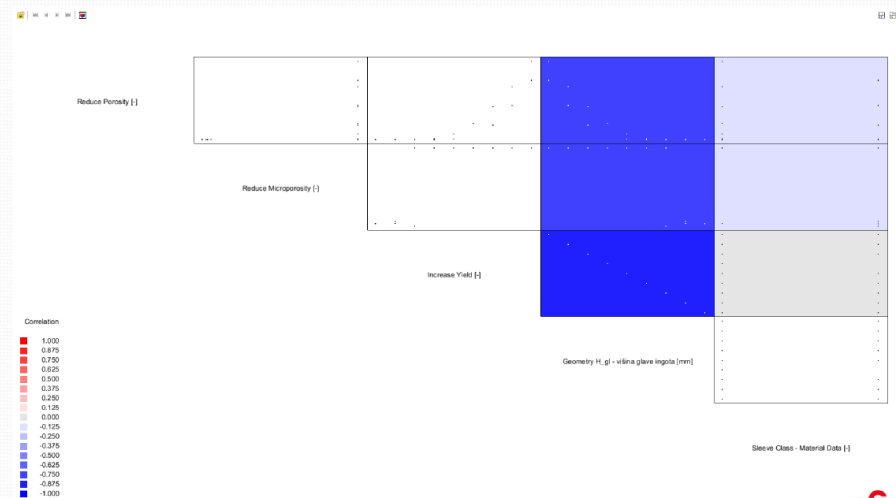
# Optimizacija višine glave

- paralelne koordinate



# Optimizacija višine glave

- korelacijska matrika



MASIMA

MASIMA 5

exoterm-it

J.Pristavec-Predvidevanje kakovosti ingot ov z virtualnim načrtovanjem poskusov.pdf - Adobe Reader

Datoteka Urejanje Pogled Okno Pomoč



Odpri 25 / 31 128%

Orodja Izpolni in podpiši Komentar

# Optimizacija višine glave

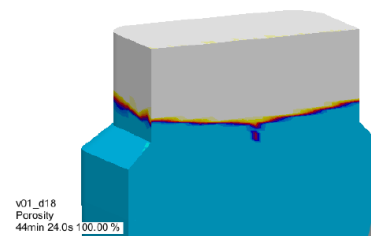
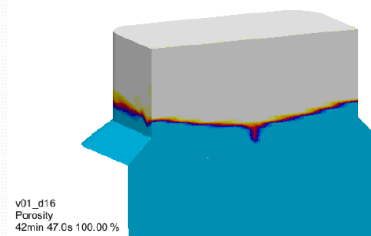
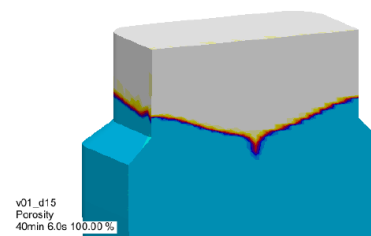
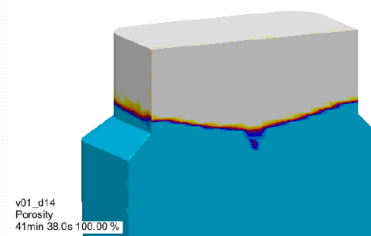
- rangiranje

Rank	Design	Increase Yield (-)	Reduce Microporosity (-)	Reduce Porosity (-)
Rank 1	Design 14	0.92	1.05	0.0
Rank 2	Design 15	0.91	1.15	0.09
Rank 3	Design 16	0.91	1.22	0.0
Rank 4	Design 18	0.91	1.13	0.0
Rank 5	Design 17	0.91	1.15	0.0
Rank 6	Imported Version 19	0.92	3.99	14.95
Rank 7	Design 6	0.93	3.99	77.19
Rank 8	Design 10	0.92	3.99	1.63
Rank 9	Design 4	0.93	3.99	183.11
Rank 10	Design 9	0.92	3.99	29.3
Rank 11	Design 7	0.92	3.99	87.85
Rank 12	Design 12	0.92	3.99	0.29
Rank 13	Design 11	0.92	3.99	4.11
Rank 14	Design 5	0.93	3.99	176.16
Rank 15	Design 13	0.92	3.99	0.85
Rank 16	Design 2	0.93	3.99	318.69
Rank 17	Design 3	0.93	3.99	283.97
Rank 18	Design 1	0.93	3.99	419.82

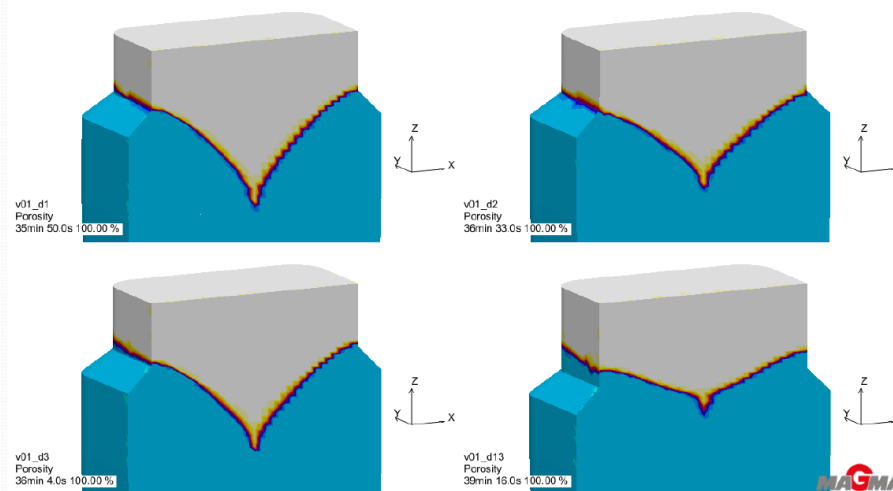
# Optimizacija višine glave

- poroznost - lunker v glavi - „najboljše“ verzije



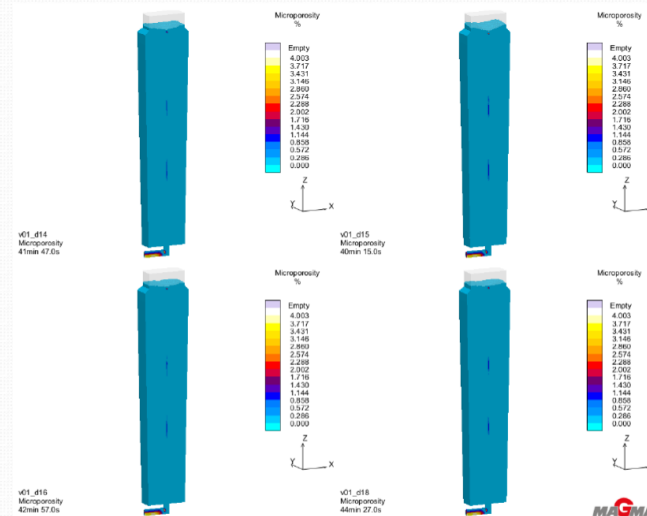
# Optimizacija višine glave

- poroznost - lunker v glavi - „najslabše“ verzije



# Optimizacija višine glave

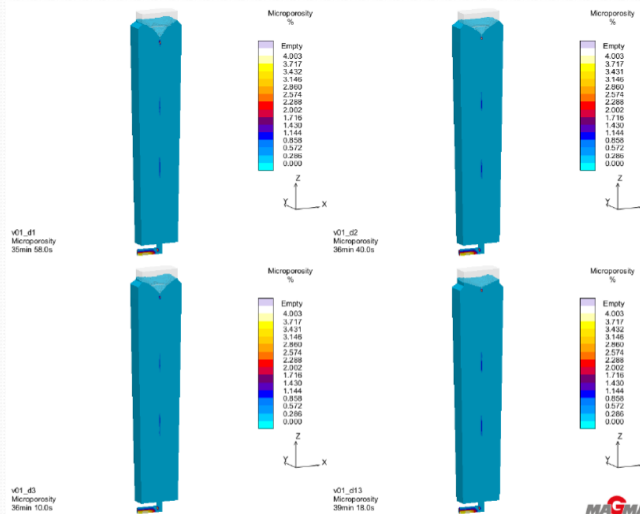
- mikroporoznost – „najboljše“ verzije





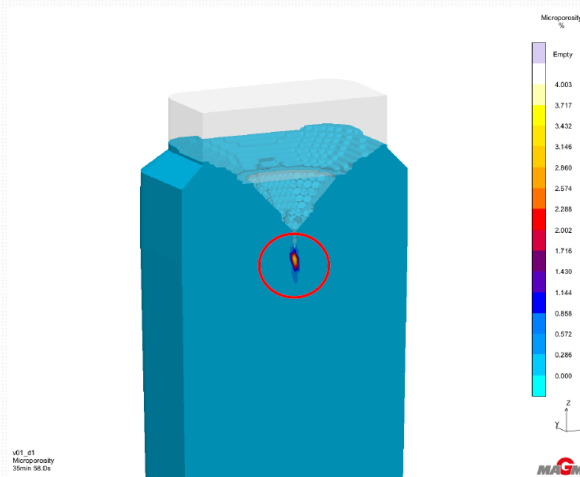
# Optimizacija višine glave

- mikroporoznost – „najslabše“ verzije



# Optimizacija višine glave

- mikroporoznost – „najslabše“ verzije – vzrok



J.Pristavec-Predvidevanje kakovosti ingot ov z virtualnim načrtovanjem poskusov.pdf - Adobe Reader

Datoteka Urejanje Pogled Okno Pomoč

Odpri 31 / 31 128% Orodja Izpolni in podpiši Komentar

# Ugotovitve

- Najmanjša višina glave oz. oziroma izolacijske kape, ki še prepreči, da bi se lunker v glavi potegnil v telo ingota je 130 mm. Pri tem mora biti izolacija v „exo-izo“ izvedbi. Pri višjih kapah je lahko tudi v „izo“ izvedbi.

Rank	Design	material kape	višina glave (mm)	osity (-)	Reduce Porosity (-)
Rank 1	Design 14	14 Global/Exo-sleeve	130.0		0.0
Rank 2	Design 15	15 MAGMA/Sleeve	135.0		0.09
Rank 3	Design 16	16 Global/Exo-sleeve	135.0		0.0
Rank 4	Design 18	17 MAGMA/Sleeve	140.0		0.0
Rank 5	Design 17	18 Global/Exo-sleeve	140.0		0.0
Rank 6	Imported Version 19	0.92	3.99		14.95
Rank 7	Design 6	0.93	3.99		77.19
Rank 8	Design 10	0.92	3.99		1.63
Rank 9	Design 4	0.93	3.99		183.11
Rank 10	Design 9	0.92	3.99		29.3
Rank 11	Design 7	0.92	3.99		87.85
Rank 12	Design 12	0.92	3.99		0.29
Rank 13	Design 11	0.92	3.99		4.11
Rank 14	Design 5	0.93	3.99		176.16
Rank 15	Design 13	0.92	3.99		0.85
Rank 16	Design 2	0.93	3.99		318.69
Rank 17	Design 3	0.93	3.99		283.97
Rank 18	Design 1	0.93	3.99		419.82

MAGMA5

exoterm-it

## **Tvorba spinelov med vpihavanjem kisika v talino Fe-Cr-C**

**Jaka Burja - Inštitut za kovinske materiale in tehnologije**

*Razogličanje taline je ena izmed najpomembnejših faz izdelave nerjavnih jekel. Po dodatku ferokroma se v talini poleg kroma poveča tudi koncentracija ogljika. Razogličanje vršimo z vpihovanjem kisika v talino, poleg ciljne oksidacije ogljika sočasno poteka tudi oksidacija kroma. Ravnotežje med reakcijama oksidacije ogljika in kroma je torej ključnega pomena za razumevanje razogličena. Izvedeni so bili laboratorijski poizkusi vpihavanja kisika v talino Fe-Cr-C, vzorce taline med poizkusi smo kemijsko analizirali ter ovrednotili s pomočjo termodinamskih izračunov in mikroskopije. Iz rezultatov smo predlagali mehanizem oksidacije kroma iz taline preko nastanka spinelov.*

Inštitut  
za kovinske materiale  
in tehnologije



Institute  
of Metals  
and Technology

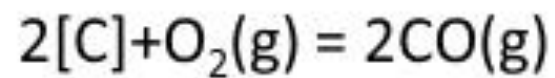


# **TVORBA SPINELOV MED VPIHAVANJEM KISIKA V TALINO Fe-Cr-C**

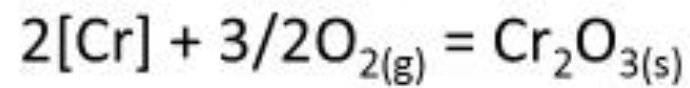
**Jaka Burja, Jožef Medved, Alojz Rozman,  
Franc Tehovnik, Boštjan Arh, Matjaž  
Godec**

## Oksidacija Fe-Cr-C

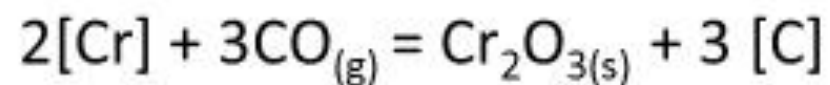
Oksidacija ogljika



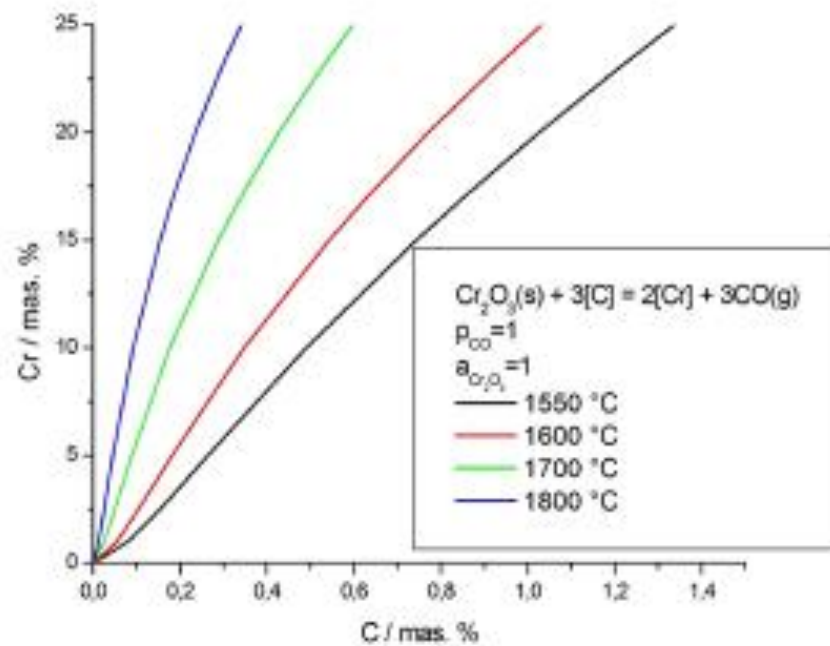
Oksidacija kroma



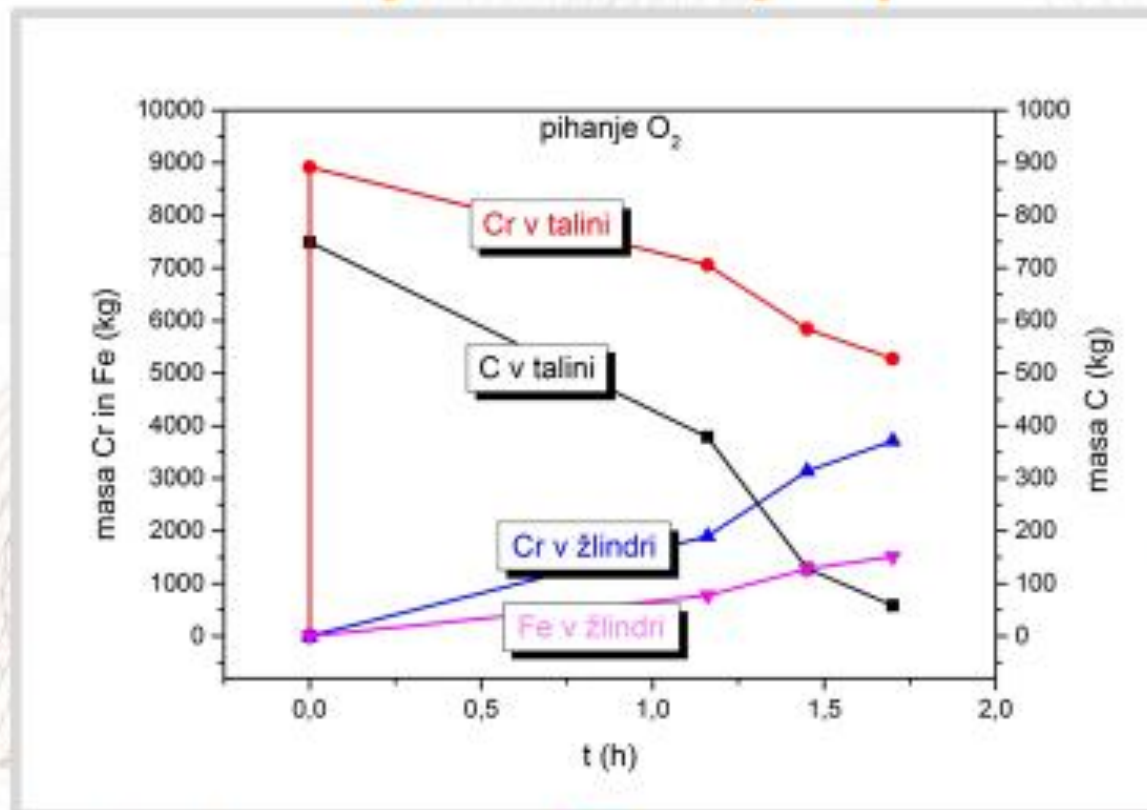
Skupna reakcija



## Oksidacija Fe-Cr-C

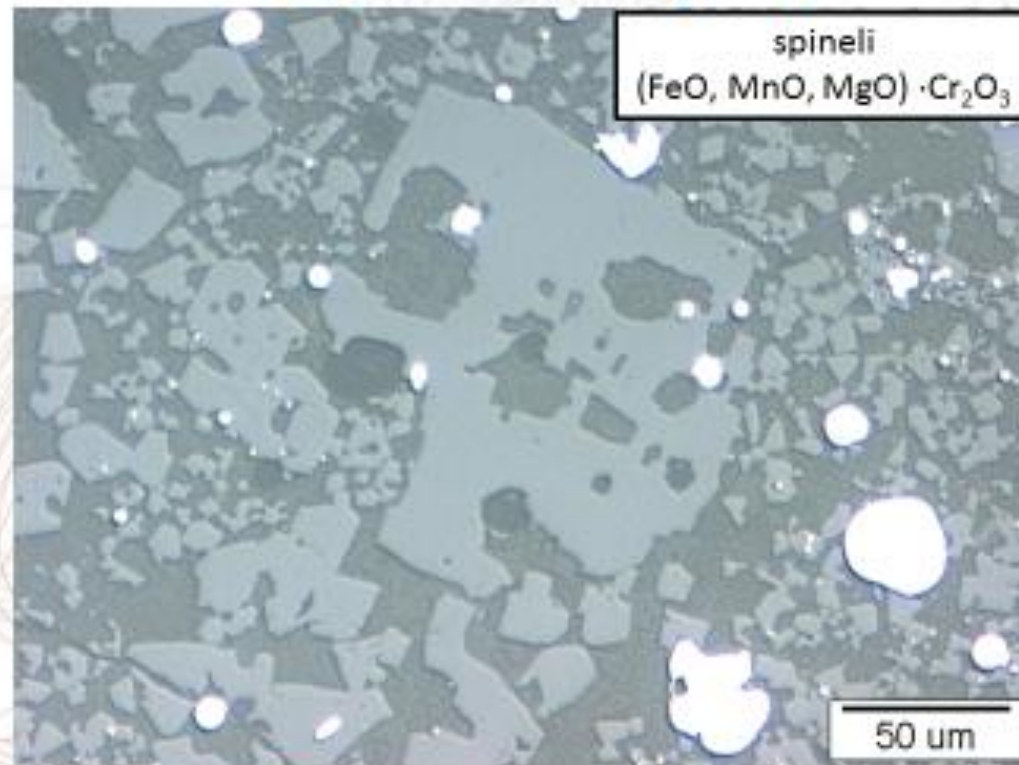


## Oksidacija v industrijski praksi

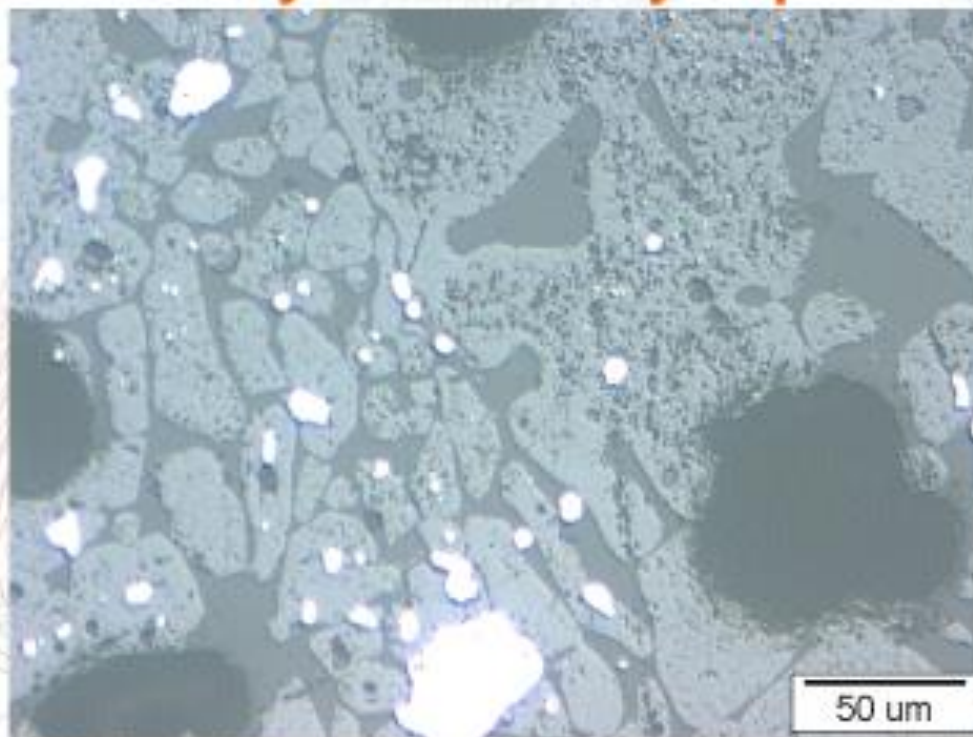




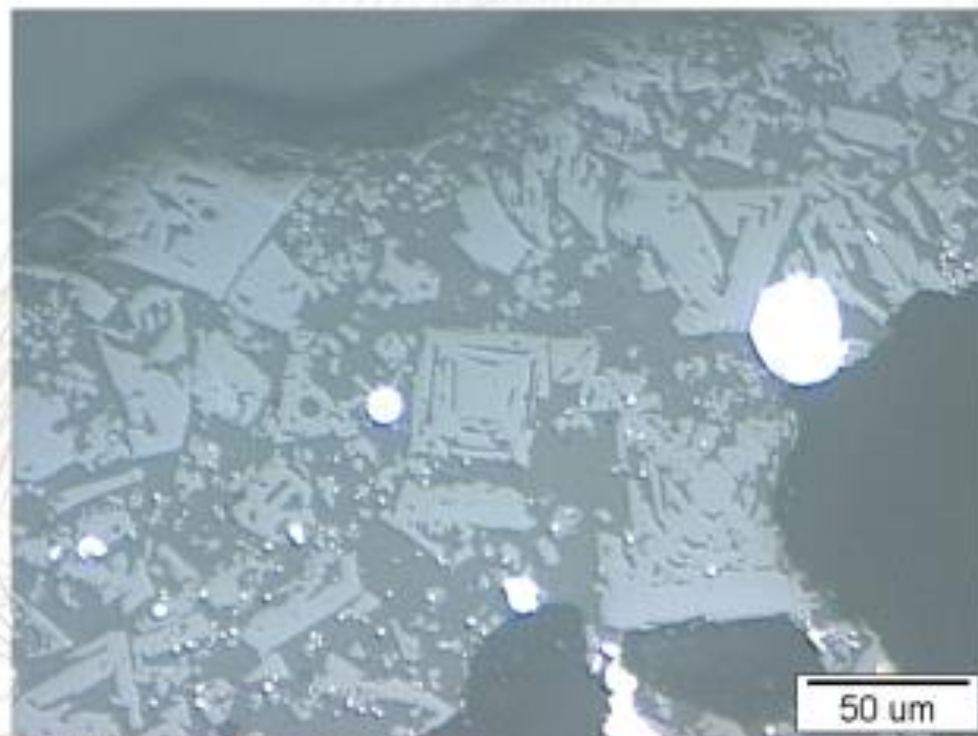
## Oksidacija v industrijski praksi



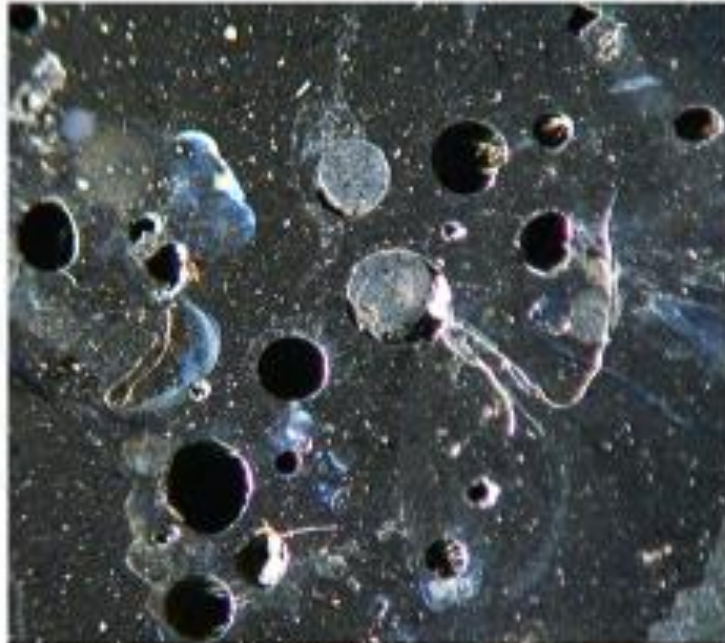
## Oksidacija v industrijski praksi



## Oksidacija v industrijski praksi



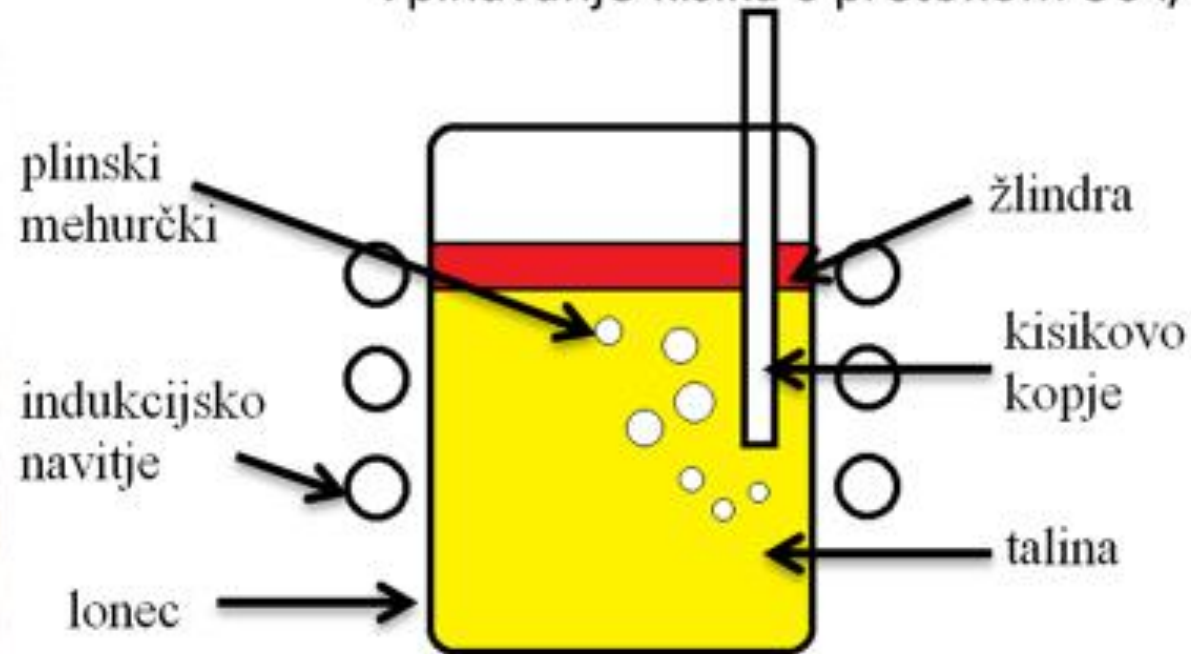
## Oksidacija v industrijski praksi



V vzorcih jekla med oksidacijo v EOP so dezoksidirani z aluminijem, zato ni možno videti produktov oksidacije. Pri laboratorijskih vzorcih nismo uporabili aluminija.

## Laboratorijski poizkusi oksidacije

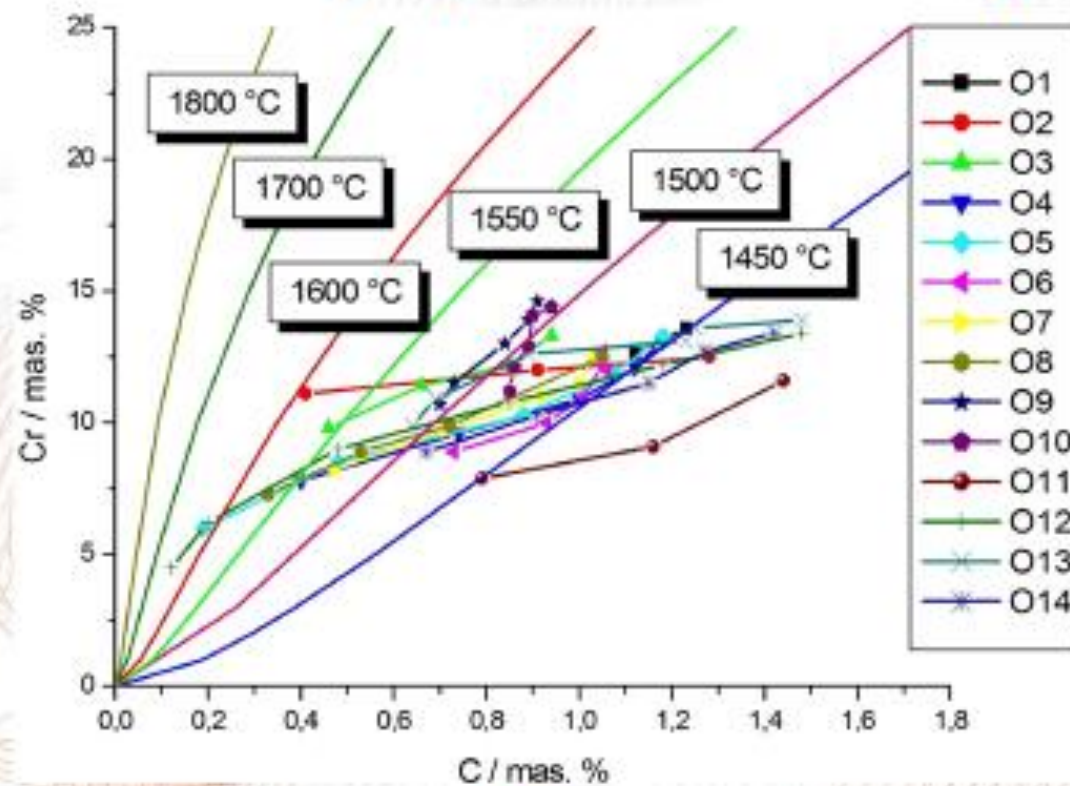
Vpihavanje kisika s pretokom 50 l/min



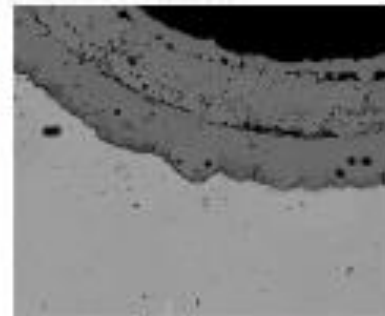
## Laboratorijski poizkusi oksidacije



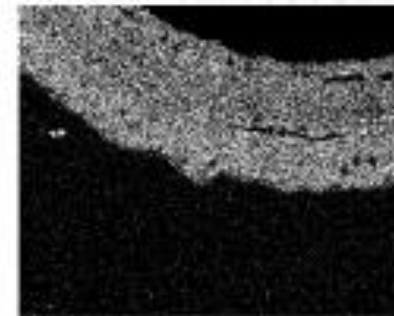
## Laboratorijski poizkusi oksidacije



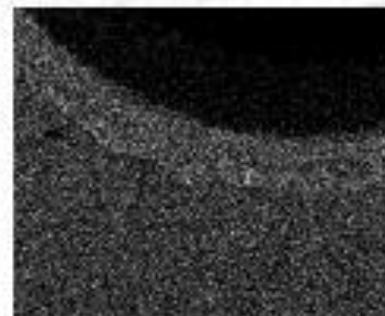
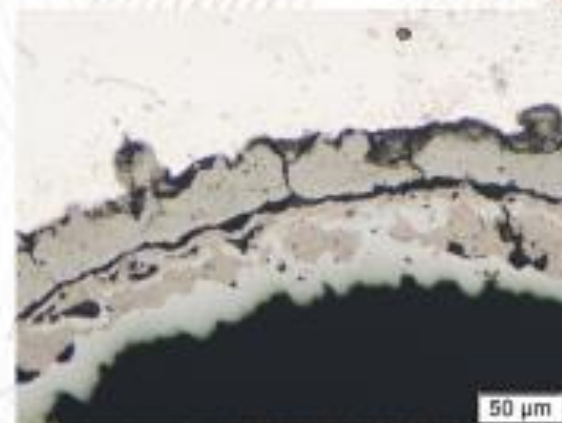
## Laboratorijski poizkusi oksidacije



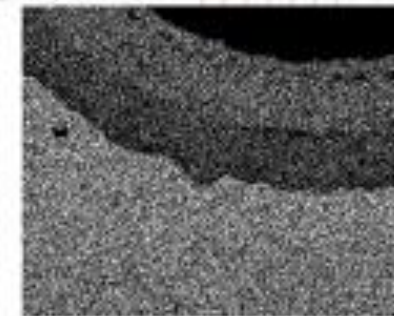
Electron Image 1



O Kα1



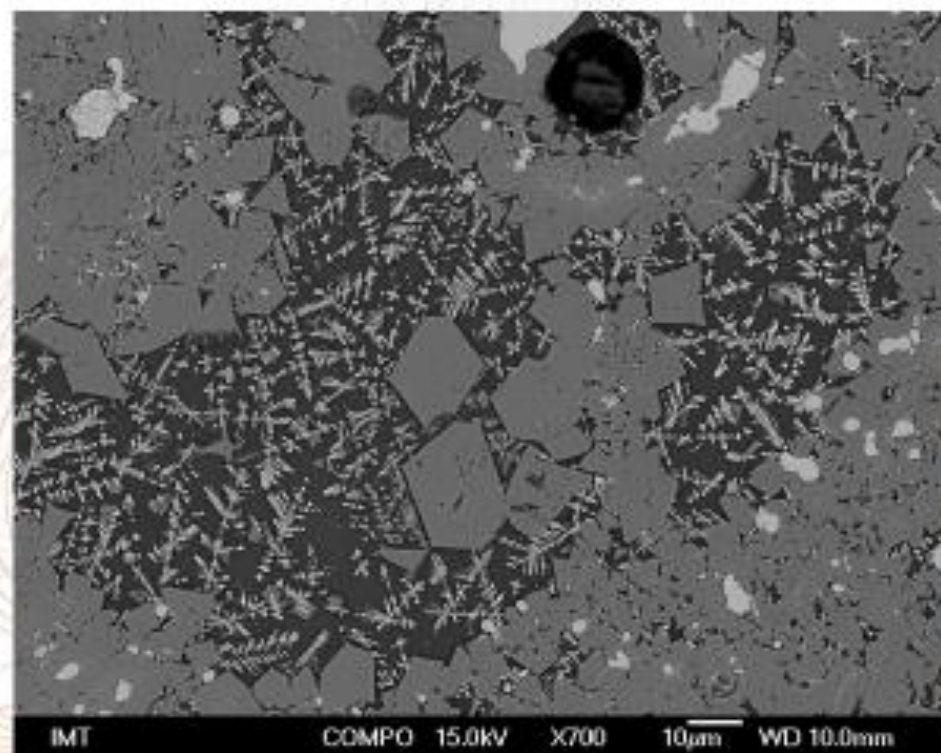
Cr Kα1



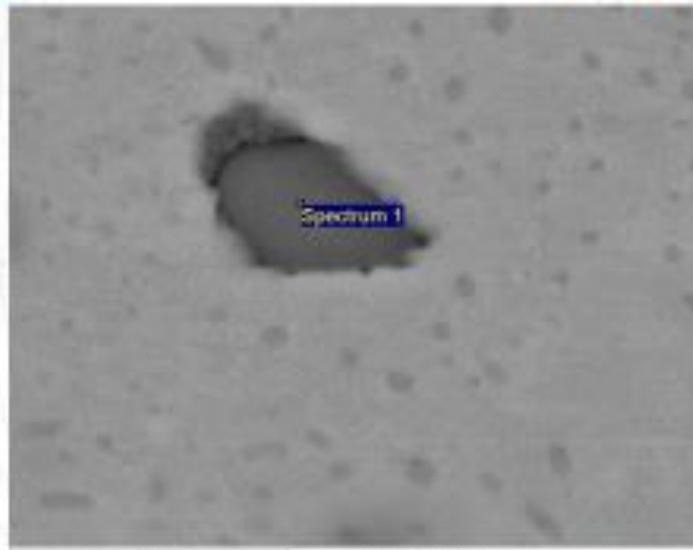
Fe Kα1



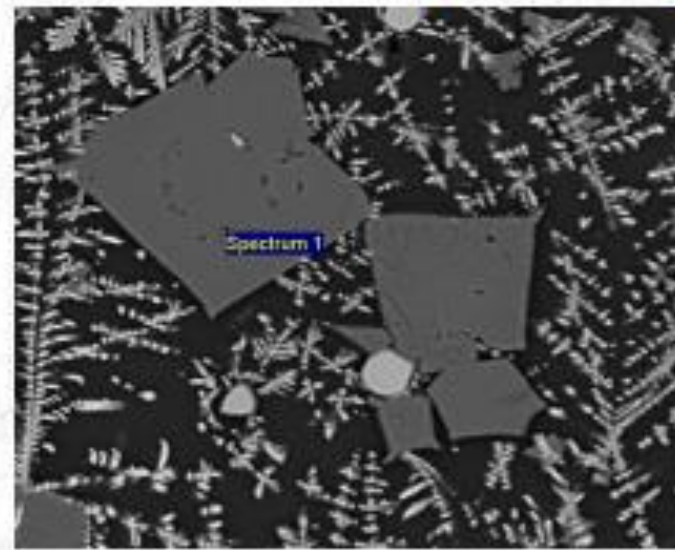
## Laboratorijski poizkusi oksidacije



## Laboratorijski poizkusi oksidacije

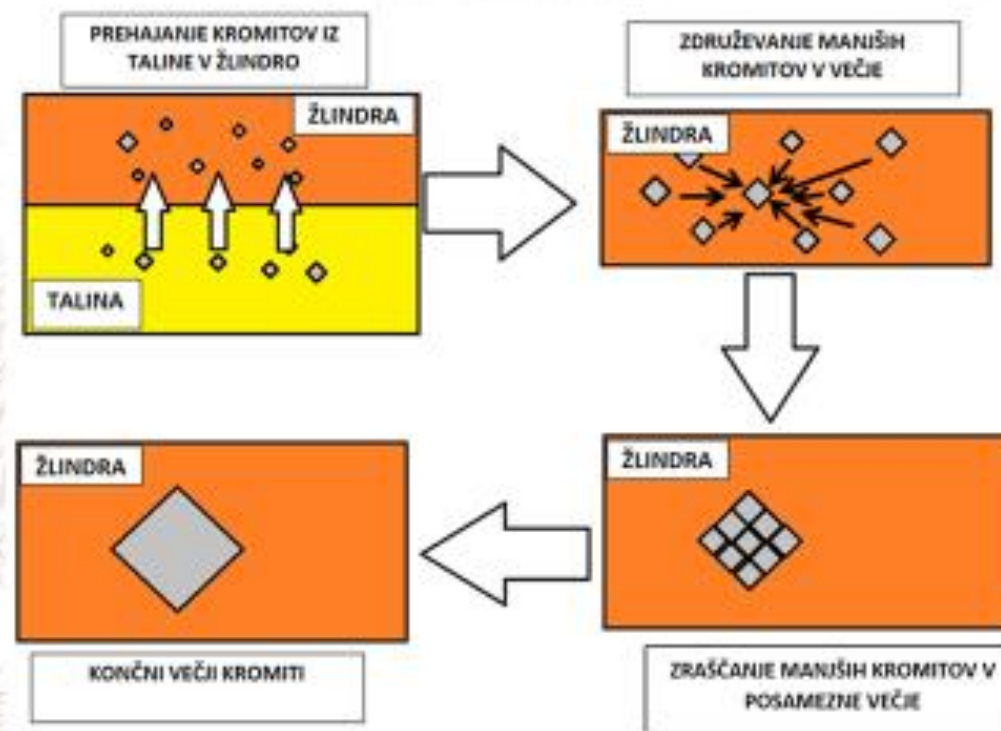


	O	Cr	Mn	Fe
1	31,03	49,39	8,34	11,23



	O	Cr	Mn	Fe
1	37,04	44,51	8,22	10,23

# Laboratorijski poizkusi oksidacije



## **Optimizacija eksotermno - izolacijskih materialov za jeklarstvo**

**Jožef Medved, Maja Vončina - Oddelek za materiale in metalurgijo**

**Janko Čevka - Exoterm d.d.**

*Eksotermno-izolacijskih materialih se uporabljajo kot pomožni materiali v jeklolivarnah, livarnah železovih litin, livarnah neželeznih zlitin in drugod. Materiali z eksotermnim in/ali izolacijskim delovanjem se med seboj razlikujejo po sestavi, eksotermnem učinku, izolacijskih sposobnostih, vžigni temperaturi, načinu izdelave in drugih lastnostih. Za učinkovito uporabo takšnih materialov moramo poznati toplotne lastnosti in eksperimentalne tehnike za doseganje ustreznih lastnosti v procesu izdelave.*

*Za kontrolo eksotermno-izolacijskih materialov ni predpisanih posebnih preiskovalnih metod, ki bi omogočale določitev toplotnih lastnosti, zato tudi ni standardiziranega sistema za njihovo določevanje. Načrtovana in izdelana je naprava za industrijsko kontrolo preiskovanih materialov. Z diferencialno termično analizo (DTA) podrobno raziskujemo toplotne lastnosti surovin in izdelanih eksotermno-izolacijskih materialov z namenom optimiranja in umeritve industrijske naprave v Exoterm d.d..*



**OPTIMIZACIJA  
EKSOTERMNO IZOLACIJSKIH  
MATERIALOV ZA  
JEKLARSTVO**

**18. seminar o procesni metalurgiji  
izdelave jekla**  
Brdo pri Kranju, 20. april 2016

University of Ljubljana  
Faculty of Natural Sciences  
and Engineering

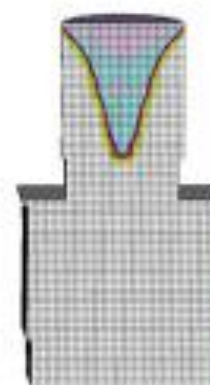
Jožef Medved, Maja Vončina  
Department of Materials and Metallurgy

Janko Čevka  
Exoterm

012408

Vsebina:

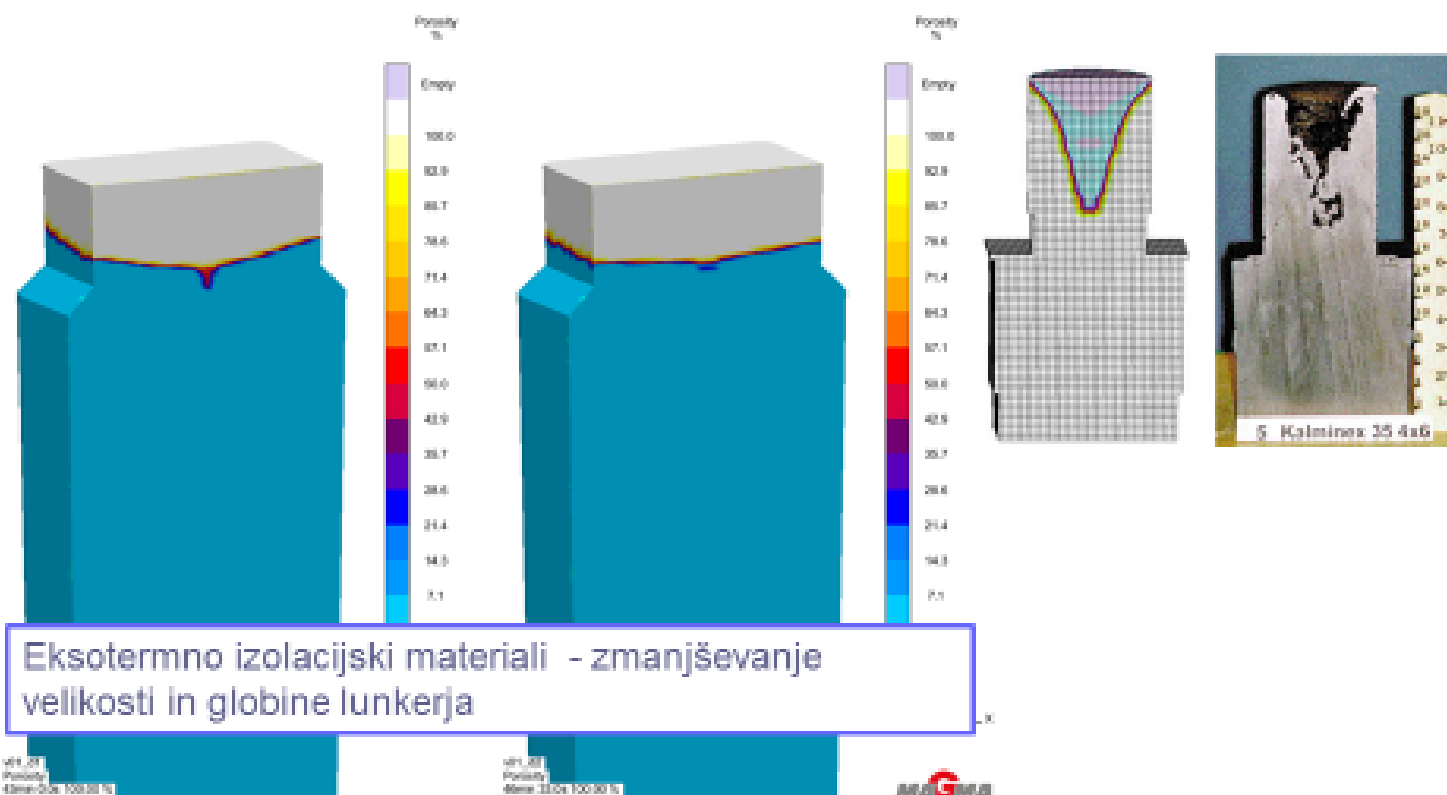
- Uvod
- Eksotermno izolacijski materiali
- Strjevanje
- Preiskave eksotermno izolacijskih materialov
- Predstavitev industrijske kontrolne metode
- Zaključki



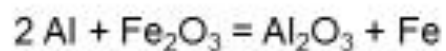
## Uvod - namen

Posledica krčenja kovine pri strjevanju je lunker na mestu ulitka, ki se strdi zadnji.

Posebaj pomembno pri visokokvalitetnih jeklih, ki jih ulivamo klasično.



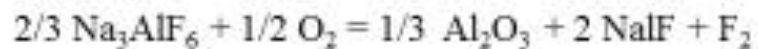
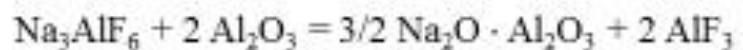
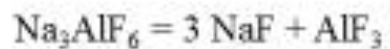
Eksotermna (alumotermična) reakcija



$$\Delta H_f^\circ_{\text{Al}_2\text{O}_3} = \begin{array}{l} -1669,8 \text{ /kJ/mol} \\ - 61,8 \text{ /kJ/g} \end{array}$$



Alumofluoridne reakcije in zgorevanje veziva





**Eksotermno – izolacijski materiali so sestavljeni iz:**

- Aktivnih komponent: aluminij, nitrati, fluoridi,
- Veziv: smole, gline,... in
- Polnil kremenčev pesek, šamot

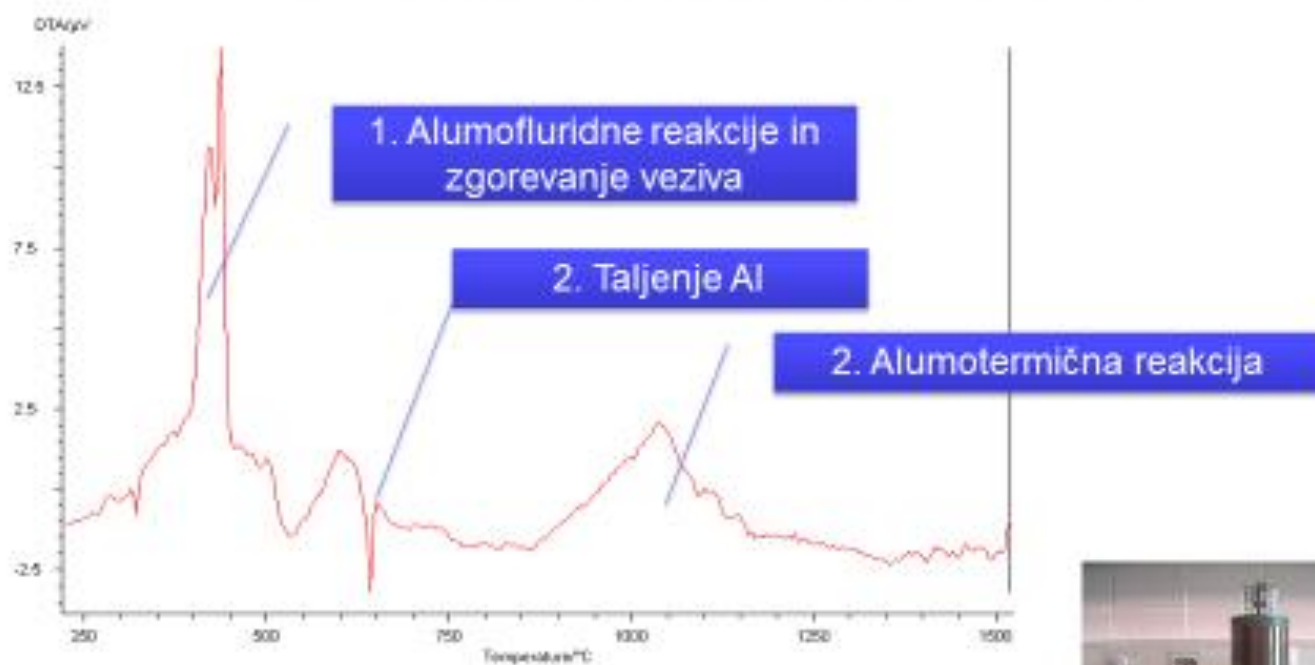
Primeri sestav:

Aluminium powder and grindings	24.0%
Boric acid	1.0%
Sodium cryolite	7.0%
Resin binder	6.9%
Iron oxide	11.0%
Silica sand	17.0%
Alumina	18.5%
Organic fibres	3.6%
Lightweight silica	11.0%

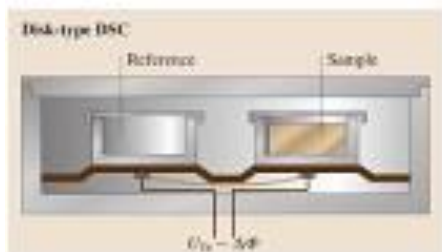
Silica sand	51.5%
Aluminium grindings	26.0%
Sodium cryolite	5.0%
Clay binder	2.0%
Resin binder	3.5%
Sodium nitrate	12.0%



## Delovanje eksotermno – izolacijskega materiala

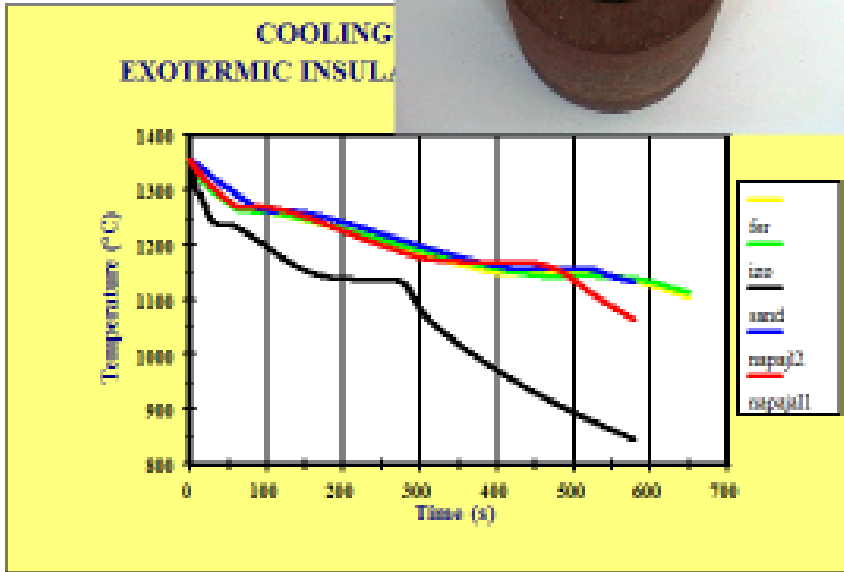
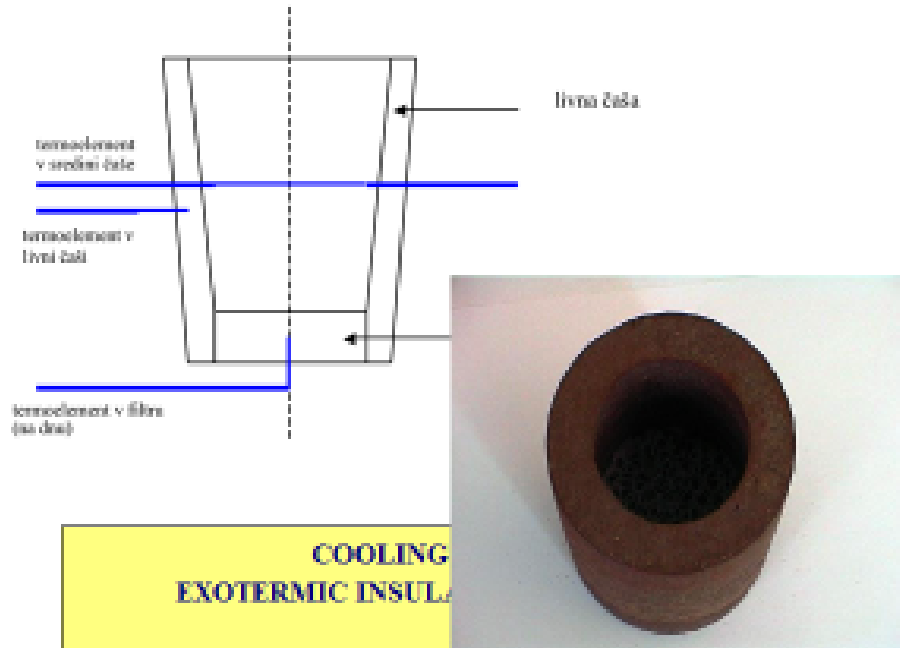
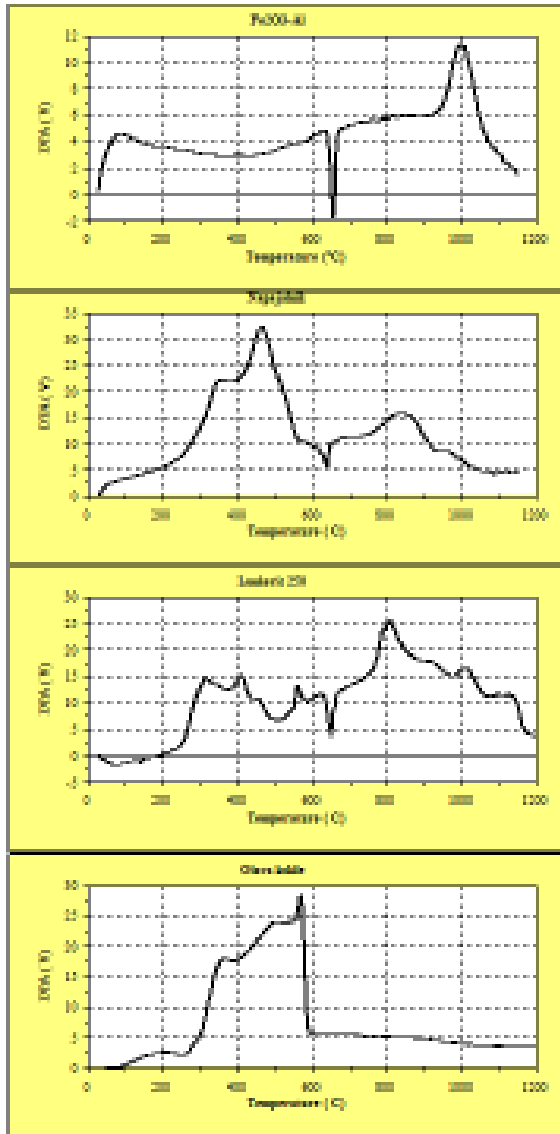


### DSC analiza:

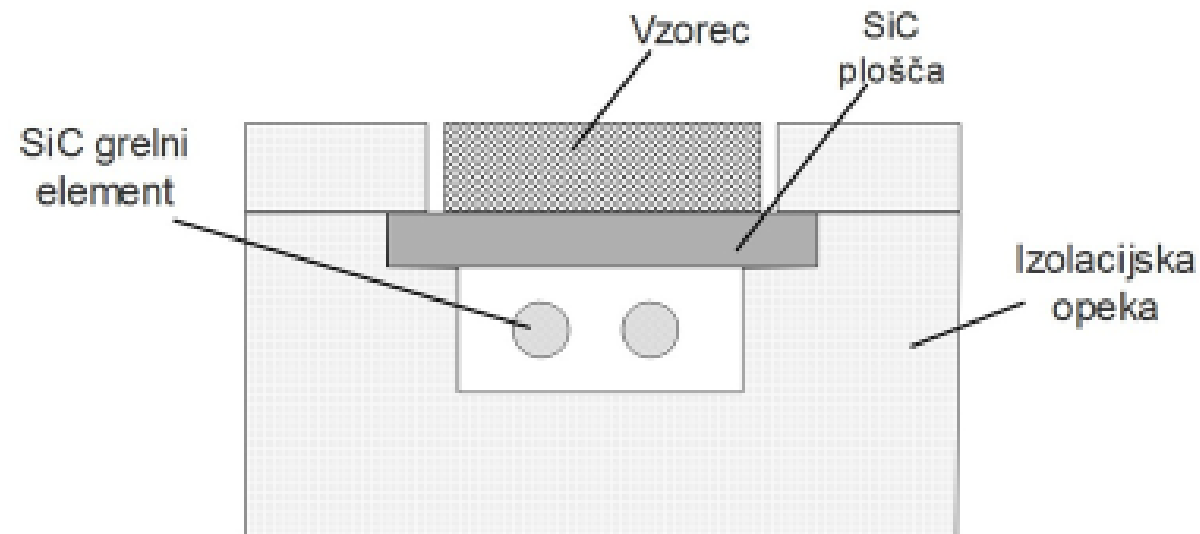


- Določanje karakterističnih temperatur
- Določanje toplot (entalpij), ki se sproščajo pri reakcijah



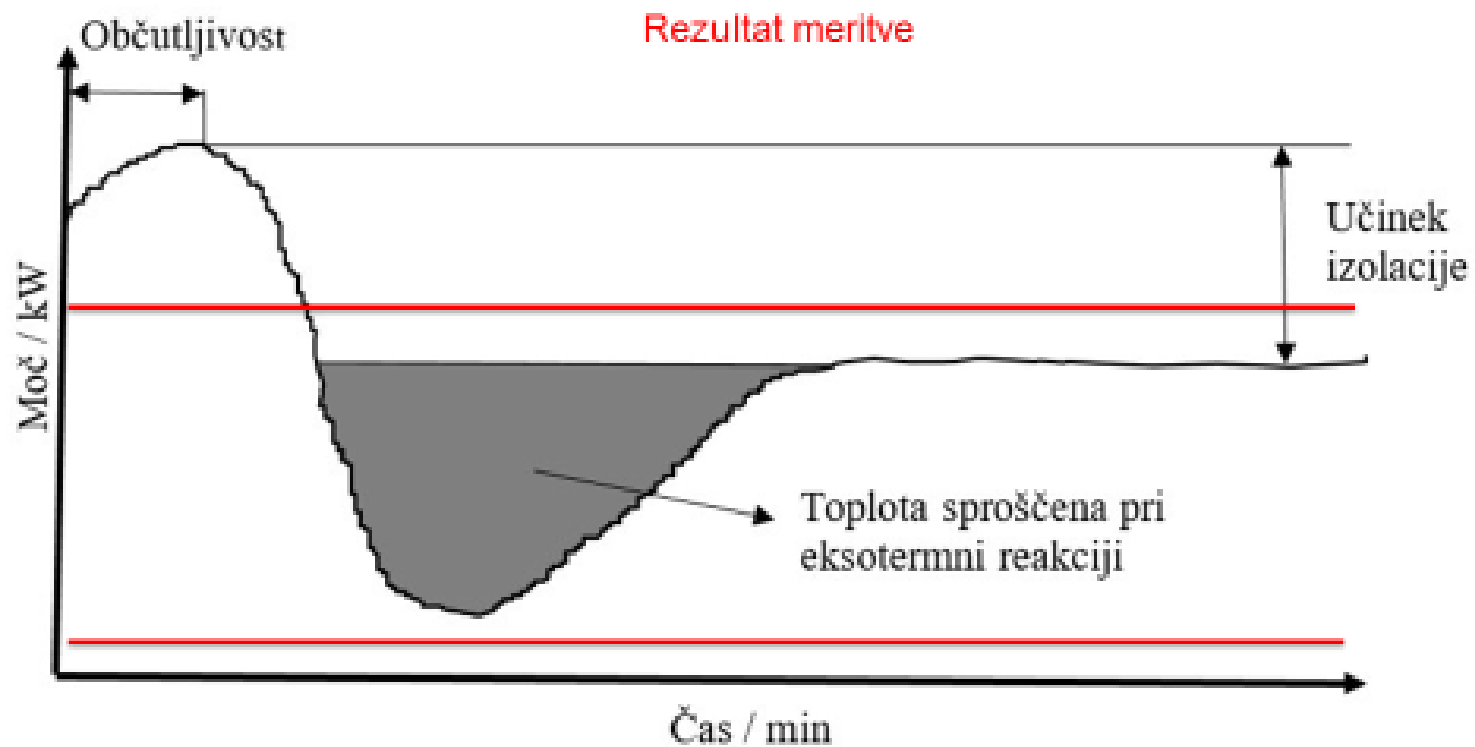


## Industrijska metoda za preizkušanje eksotermno – izolacijskih materialov



Meritev omogoča določanje eksotermnih in/ali izolacijskih lastnosti materialov

Material (kos ali prah) postavimo na predogreto ( $1000, 1100^{\circ}$ ) ploščo iz SiC in pustimo, da poteče reakcija.



Iz krivulje lahko določimo:

- Hitrost vžiga (občutljivost)
- Čas delovanja
- Ustreznost lastnosti

Z umeritvijo preiskave lahko določimo:

- Sproščeno toploto (entalpijo)
- Specifično toploto
- Izolativnost
- Koefficient toplotne prevodnosti

## Industrijska naprava za preiskavo eksotermno-izolacijskih materialov



Pokrov peči

Izolacijska opeka

SIC plošča

SIC grelna elementa

Napajanje in  
regulacija

Omogoča:

- Kontrolo izdelkov za doseganje zanesljive proizvodnje
- Razvoj novih in izboljšanih eksotermno izolacijskih materialov.

## Zaključek

1. Eksotermna reakcija poteka v dveh stopnjah:
  - pri nizkih temperaturah alumofluoridna in zgorevanje veziva
  - pri visokih temperaturah še alumotermična reakcija.
2. Sestava in zrnatost materialov vpliva na:
  - potek (začetek in trajanje) eksotermnih reakcij,
  - najboljše lastnosti pri določenih namenih uporabe ter
  - prilagodljivost oblike.
3. Preiskave eksotermno - izolacijskih materialov s:
  - Diferenčna vrstična kalorimetrija (DSC), diferenčna termična analiza (DTA) in enostavna termična analiza (ETA)
  - Toplotna prevodnost
  - Industrijske preiskave, Carbitec peči.

