

LIVARSKI VESTNIK

72/2025

1



DRUŠTVO LIVARJEV SLOVENIJE
SLOVENIAN FOUNDRYMEN SOCIETY



LIVING d.o.o.
Goriška cesta 66A
SI-5270 Ajdovščina
Slovenija

Tel. : +386 (0)5 333 38 10
Fax.: +386 (0)5 333 30 71
e-mail: info@living.si
www.living.si



PRODUCTS FOR FOUNDRIES AND STEELWORKS



COATINGS FOR FOUNDRIES



THERMOINSULATION MATERIALS FOR STEELWORKS AND FOUNDRIES



OTHER PRODUCTS

*ferro alloys, inoculants,
nodulators, recarburisers*



REPRESENTATIVES

*Magma, Tribo - Chemie,
Henschke*

 **exoterm-it**

exoterm@exoterm.si

LIVARSKI VESTNIK

Izdajatelj / Publisher:

Društvo livarjev Slovenije
Lepi pot 6, P.P. 424, SI-1001 Ljubljana
Tel.: + 386 1 252 24 88
E-mail: drustvo.livarjev@siol.net
Spletna stran: www.drustvo-livarjev.si

Glavni in odgovorni urednik /

Chief and responsible editor:

prof. dr. Primož Mrvar, Univerza v Ljubljani
E-mail: primož.mrvar@ntf.uni-lj.si

Tehnično urejanje / Technical editing:

mag. Mirjam Jan-Blažič

Uredniški odbor / Editorial board:

prof. dr. Jožef Medved, Univerza v Ljubljani
dr. Mitja Petrič, Univerza v Ljubljani
prof. dr. Rebeka Rudolf, Univerza v Mariboru
prof. dr. Andreas Bührig-Polaczek, Giesserei
Institut RWTH Aachen
prof. dr. Peter Schumacher, Montanuniversität
Leoben
prof. dr. Rüdiger Bähr, Otto-von Guericke-
Universität Magdeburg
prof. dr. Reinhard Döpp, TU Clausthal
prof. dr. Jerzy Józef Sobczak, Foundry
Research Institute, Krakow
prof. dr. Jaromir Roučka, Institut Brno
prof. dr. Branko Bauer, Univerza v Zagrebu

Prevod v angleški jezik /

Translation into English:

Leemeta d.o.o.

Lektorji / Lectors:

Angleški jezik / English:
Yvonne Rosteck, Düsseldorf
Slovenski jezik / Slovene: Leemeta d.o.o.

Tisk / Print:

Fleks d.o.o.

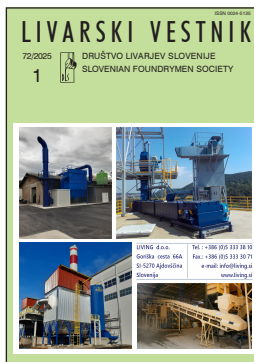
Naklada / Circulation:

4 številke na leto / issues per year
800 izvodov / copies

Letna naročnina: 35 EUR z DDV

Year subscription: 35 EUR (included PP)

Dano v tisk: marec 2025



LIVING d. o. o.
Goriška cesta 66A
5270 Ajdovščina
Direktor: Aleksander FERJANČIČ

T: +386 5 33 33 810
F: +386 33 33 071
E: info@living.si
<http://www.living.si>

VSEBINA / CONTENTS

Stran / Page:

R. Deike: Kaj trenutno vemo o prihodnjem razvoju livarske industrije v Evropi? / What do we currently know about the future development of the foundry industry in Europe?	2
M. Pesci, S. Aljasim: Nova oblika mini napajalnika TELE za večjo toplotno učinkovitost / A New Shape of Tele Mini-Riser for Increased Thermal Efficiency	19
J. Medved, T. Balaško, A. Šalej Lah in M. Vončina: Poslanstvo visokošolskega izobraževanja pri usposabljanju strokovnjakov in prenosu znanja v industrijo / The Role of Higher Education in the Training of Professionals and the Transfer of Knowledge to Industry	30
R. Opacity, S. Murata, K. Wakita: Primerjava različnih keramičnih peskov: pot (ali poti) do okolju prijazne in stroškovno ugodne livarske rešitve / Comparison of various ceramic sands: a way (or ways) to an environmentally friendly and cost-beneficial foundry solution	44

AKTUALNO / CURRENT

Kazalnik razpoloženja evropske livarske industrije (FISI) kaže izboljšanje v januarju 2025	55
Indeks razpoloženja evropske livarske industrije v februarju 2025	57
Livarske prireditve 2025/26	58
Seja organov Društva livarjev Slovenije 2025	59
Poljski dan livarjev 2024	61
Seminar za tlačne livarne v Őgi Leoben, Avstrija	63
Znanstveno- strokovni seminar v Trakošanu na Hrvaškem	64
65. IFC PORTOROŽ 2025	66

Livarski vestnik je vpisan v razvid medijev Ministrstva za kulturo pod zaporedno številko 588
Izdajanje Livarskega vestnika sofinancira ARIS javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije.
Publishing of the Livarski vestnik is supported by Slovenian Researching Agency ARIS

Kaj trenutno vemo o prihodnjem razvoju livarske industrije v Evropi?

What do we currently know about the future development of the foundry industry in Europe?

Povzetek

Zaradi trenutnih razmer v svetu se moramo vprašati, kako zanesljive so dejansko izjave o prihodnjem gospodarskem in družbenem razvoju. To vprašanje si je treba vedno znova zastavljati, pri tem pa upoštevati, za razliko od znanstvenih problemov, kjer so dejstva neodvisna od z njimi povezanih izjav, da gospodarski razvoj temelji na odločitvah ljudi, podjetij, političnih in številnih drugih institucij, ki oblikujejo mnenja in s svojimi idejami spreminjajo družbene sisteme. Pri tem gre lahko za nezavedne spremembe, ki pa jih je treba obravnavati zavestno in načrtno, npr. z ustrezno intenzivno oglaševalsko kampanjo. Ta povezava med razmišljanjem in dejanskim stanjem v gospodarstvu vodi do dejstva, da so »trgi po svoji naravi nestabilni« [1], zato je treba izjave jemati z določeno stopnjo negotovosti. Posebej aktualen primer razvoja trgov, ki se odvija drugače, kot so si zamislili odgovorni ljudje v politiki in gospodarstvu, je razvoj elektromobilnosti v Nemčiji, ki ima katastrofalne posledice za avtomobilsko industrijo in pomembne dobaviteljske panoge. Čeprav se zavedamo, da so trgi nestabilni in da se lahko včasih razvijajo zelo hitro in na skoraj nepredvidljiv način, je zanimivo razmisliti, ali je mogoče opredeliti dejstva, ki kljub negotovosti dajejo določen vpogled v možni prihodnji razvoj.

Abstract

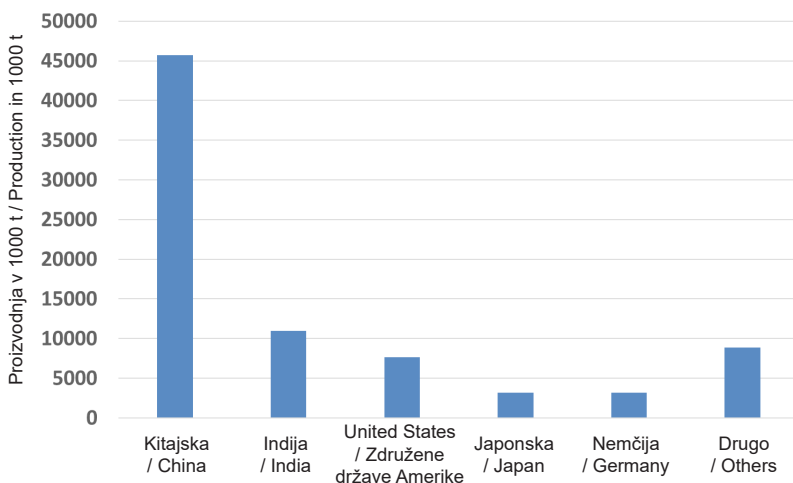
The current situation in the world forces us to ask ourselves how reliable statements about future economic and social developments are possible. This question must be asked time and again, similarly as they are at scientific problems, where the facts are independent of other opinions. The statements about economic future and social developments should not be characterized by the fact that they are shaped by people, companies, political and a multitude of other opinion-forming institutions that change social systems through their ideas. These may be unconscious changes, but as a rule, they are changes to be initiated consciously and purposefully, e.g., through a correspondingly intensive advertising campaign. This connection between thinking and reality in the economy leads to the fact that 'markets are inherently unstable' [1], and therefore, statements are only possible with a certain degree of uncertainty. A particularly topical example of markets developing differently than intended by those in positions of responsibility in politics and business is the development of electromobility in Germany, with catastrophic consequences for the automotive industry and important supplier industries. Even if we recognize that markets are unstable and can sometimes develop very quickly and in an almost unforeseeable way, it is interesting to consider whether facts can be identified that, despite the uncertainty, provide a certain sense of future possible developments.

1 Trenutni položaj svetovne livarske industrije

Izhodišče za takšno analizo je opis trenutnega stanja svetovne livarske industrije. **Sliki 1 in 2** prikazujeta obseg svetovne proizvodnje ulitkov iz železa in jekla (ISC) ter ulitkov iz barvnih kovin (NFC) leta 2021 [2], iz katerega je razvidno, da proizvodnja ulitkov iz železa in jekla s približno 88,9 milijona ton letno presega proizvodnjo ulitkov iz barvnih kovin, ki znaša 18,5 milijona ton letno. Porazdeljenost po državah kaže, da je najpomembnejša proizvajalka Kitajska, zato bo nadaljnji razvoj odvisen od razvoja kitajskega gospodarstva v naslednjih 20 letih. Čeprav se statistični podatki glede na vir lahko precej razlikujejo, je mogoče domnevati, da je trenutna proizvodnja ulitkov iz železa in jekla približno 90 milijonov ton na leto, ulitkov iz barvnih kovin pa približno 20 milijonov ton na leto, pri čemer je zanjo značilna težnja po stagnaciji. Leta 2012 je storitveni sektor na Kitajskem prvič prispeval k bruto domačemu proizvodu več kot predelovalna industrija, kar kaže, da kitajsko gospodarstvo doživlja strukturne spremembe [3], podobne tistim v Evropi in na Japonskem v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja. Malo verjetno je pričakovati večje povečanje proizvodnje ulitkov na Kitajskem. Indija bo v prihodnosti verjetno dosegla največjo rast proizvodnje ulitkov med vsemi gospodarstvi. Leta 2008 je Indija proizvedla 6,8 milijona ton ulitkov iz železa in jekla ter 0,6 milijona ton ulitkov iz barvnih kovin [4]. Po podatkih Odbora združenj evropskih livarn CAEF se bo ta obseg proizvodnje do leta 2021 povečal za 62 % na 11 milijonov ton ulitkov iz železa in jekla ter za 150 % na 1,5 milijona ton ulitkov iz barvnih kovin [2]. V naslednjih nekaj letih pa se bo pokazala dejanska stopnja rasti absolutnega obsega proizvodnje.

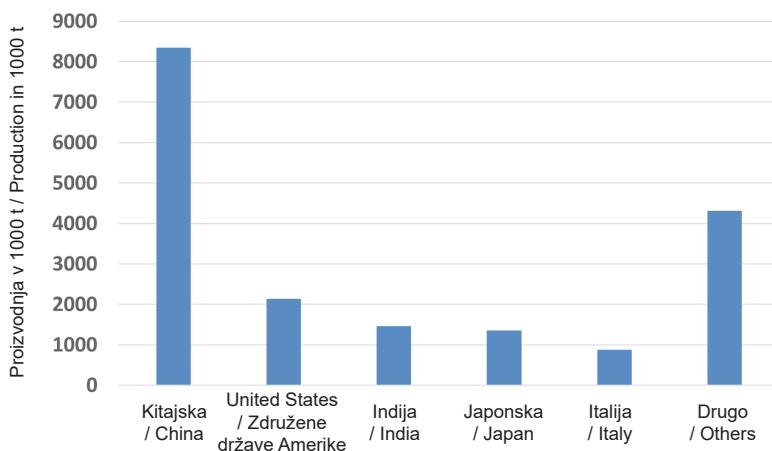
1 The current situation of the global foundry industry

The starting point for such an analysis is a description of the current situation of the global foundry industry. **Figures 1 and 2** show the global production volumes of iron and steel castings (ISC) and non-ferrous metal castings (NFC) in 2021 [2]. It can be seen that, at around 88.9 Mt per year, iron and steel casting production of 88.9 Mt per year, exceeds the production of non-ferrous metal castings at 18.5 Mt per year. The distribution by country shows that China is the most crucial nation here, so further development will depend on how China's economy develops over the next 20 years. Even though the statistical data might vary considerably depending on the source, it can be assumed that the current casting production for iron and steel castings is around 90 Mt per year and for non-ferrous metal castings, around 20 Mt per year, and that tendency towards stagnation characterizes it. In 2012, the service sector in China contributed more to the gross domestic product than the manufacturing industry for the first time, which indicates that the Chinese economy is undergoing a structural change [3] similar to that seen in Europe and Japan in the 1970s. It is doubtful that a major increase in casting production in China will occur. In the future, India will likely have the most considerable growth in casting production of any economy. In 2008, India produced 6.8 Mt of iron and steel castings and 0.6 Mt of non-ferrous metal castings [4]. These production volumes will have increased by 2021, according to CAEF data, by 62% to 11 Mt of iron and steel castings and by 150% to 1.5 Mt of non-ferrous metal castings [2]. However, the next few years will show the actual rate at which growth in absolute production volumes will continue.



Slika 1. Globalna proizvodnja ulitkov iz železa in jekla 88,9 milijona ton v letu 2021 [2].

Figure 1. Global iron and steel casting production of 88.9 mio t in 2021 acc.[2].



Slika 2. Globalna proizvodnja ulitkov iz barvnih kovin 18,6 milijona ton v letu 2021 [2].

Figure 2. Global non-ferrous casting of 18.6 mio t in 2021 acc.[2].

2 Trenutni položaj evropske livarske industrije

Po koncu druge svetovne vojne je bilo za gospodarski razvoj v Evropi in drugih delih tržno usmerjenega zahodnega sveta [3] značilno, da je zaradi potrebe po obnovi

2 The current situation of the European foundry industry

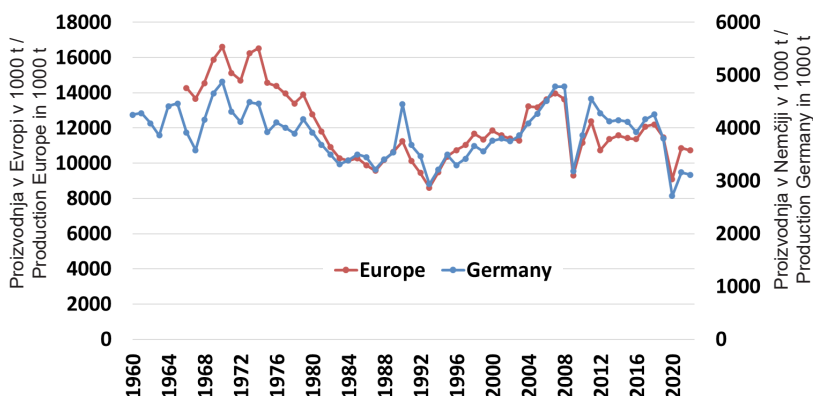
After the end of the Second World War, economic development in Europe and other parts of the market-oriented Western world [3] was characterized by a dominance of

prevladovala industrijska proizvodnja, tj. sekundarni sektor. V začetku sedemdesetih let prejšnjega stoletja so tradicionalne industrijske države v Evropi in na Japonskem začele strukturno prehajati iz sekundarnega sektorja (industrijska družba) v terciarni sektor (storitvena družba).

Tradicionalne industrijske države v Evropi, Japonska in ZDA so zdaj storitvena gospodarstva. Leta 2015 je bil delež sekundarnega sektorja (vključno z gradbeništvom) še vedno 30,4 % v Nemčiji, 19,8 % v Franciji, 20 % v Angliji, 20 % v ZDA, 29,1 % na Japonskem in 41 % na Kitajskem [5]. Zaradi strukturnih sprememb se je od začetka sedemdesetih let prejšnjega stoletja evropska in nemška livarska industrija železa, jekla in tempranega železa razvijala podobno (**slika 3**) kot jeklarska industrija [3]. Iz slike 3 je razvidno, da se je proizvodnja ulitkov iz železa, jekla in tempranega železa v Evropi zmanjšala s približno 16 milijonov ton na leto leta 1970 na 9 milijonov ton na leto leta 1993, nato pa se je zaradi svetovne rasti, ki je bila posledica industrijskega razvoja na Kitajskem, ponovno povečala na 14 milijonov ton leta 2007. Po gospodarski krizi leta 2008 se je obseg proizvodnje ponovno povečal, in sicer na 12 milijonov ton leta 2011, nato pa se je začel bolj ali manj stalno zmanjševati do leta 2020 z izbruhom koronavirusne krize. V tem času se je proizvodnja ulitkov iz železa, jekla in tempranega železa (ISC) v Evropi zmanjšala na 9 milijonov ton. Trenutno proizvodnja znaša 10–11 milijonov ton na leto. V Nemčiji je opazen enak trend, saj se je proizvodnja ulitkov iz železa, jekla in tempranega železa (ISC) zmanjšala s skoraj 5 milijonov ton na leto leta 1970 na 3 milijone ton na leto leta 1993, nato pa se je do leta 2008 skoraj povzpela nazaj na 5 milijonov ton na leto. Proizvodnja ulitkov iz železa, jekla in tempranega železa (ISC) v Nemčiji trenutno znaša približno 3 milijone

industrial production, i.e., the secondary sector, due to the need for reconstruction. In the early 1970s, the traditional industrial nations in Europe and Japan began to undergo a structural change from the secondary sector (industrial society) to the tertiary sector (service society).

The traditional industrial nations in Europe, Japan, and the USA are now service economies. In 2015, the share of the secondary sector (including construction) was still 30.4% in Germany, 19.8% in France, 20% in England, 20% in the USA, 29.1% in Japan, and 41% in China [5]. Due to structural change, Europe's and Germany's iron, steel, and malleable iron foundry industries have developed similarly (**Figure 3**) to the steel industry since the beginning of the 1970s [3]. From Figure 3, it can be seen that iron, steel, and malleable iron casting production in Europe fell from around 16 Mt per year in 1970 to 9 Mt per year in 1993, but then rose again to 14 Mt in 2007 due to global growth as a consequence of industrial development in China. After the economic crisis in 2008, the production volume increased again, up to 12 Mt in 2011, but started to constantly decrease until 2020, the beginning of the coronavirus crisis. During that time, iron, steel, and malleable iron casting production (ISC) in Europe dropped to 9 Mt. Currently, the production is 10–11 Mt per year. In Germany, the same trend can be seen, with output of ISC falling from almost 5 Mt per year in 1970 to 3 Mt per year in 1993, but then nearly returning to 5 Mt per year by 2008. Currently, ISC production in Germany is in the region of 3 Mt per year. The decline in casting production during the coronavirus crisis was particularly drastic, and although it has recovered since then, it has not yet returned to its pre-crisis level.



Slika 3. Razvoj livarske proizvodnje litega železa in jekla v Evropi in Nemčiji od leta 1960 do 2022 [2]

Figure 3. Development of cast iron and steel foundry production in Europe and Germany from 1960 – 2022 acc.[2]

ton na leto. Upad proizvodnje ulitkov je bil med koronavirusno krizo še posebej izrazit, in čeprav se je od takrat okrepil, še ni dosegel ravni pred krizo.

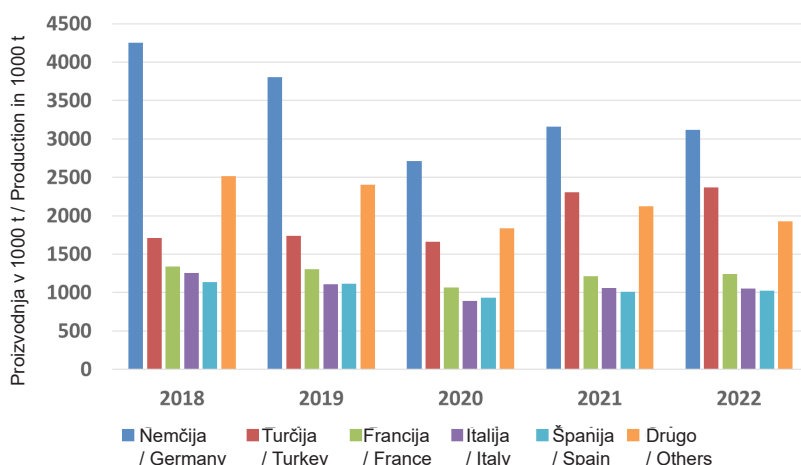
Razvoj evropske proizvodnje ulitkov iz železa in jekla med letoma 1993 in 2008 jasno kaže, kako zelo je ta v Evropi odvisna od svetovne gospodarske rasti, torej prihodnjega gospodarskega razvoja v Aziji.

Sliki 4 in 5 prikazujeta gibanje obsega proizvodnje železa, jekla in tempranega litega železa, ki je zaradi nizkega obsega proizvodnje tempranega litega železa in ulitkov iz barvnih kovin v Evropi od leta 2018 do leta 2022 skoraj enak proizvodnji ulitkov iz železa in jekla (ISC). Leta 2022 bo proizvodnja ulitkov iz železa in jekla z 10,7 milijona ton letno preseгла proizvodnjo ulitkov iz barvnih kovin s 3,8 milijona ton letno. Podatki kažejo, da se je v tem obdobju proizvodnja ISC v Nemčiji zmanjšala za 1,14 milijona ton ali 27 %, medtem ko se je v Turčiji povečala za 0,662 milijona ton ali 39 %. V drugih državah se obseg proizvodnje v tem obdobju ni bistveno spremenil, čeprav so beležile rahel padec.

The development of European iron and steel casting production between 1993 and 2008 clearly shows how dependent casting production in Europe is on global economic growth, which means future economic development in Asia.

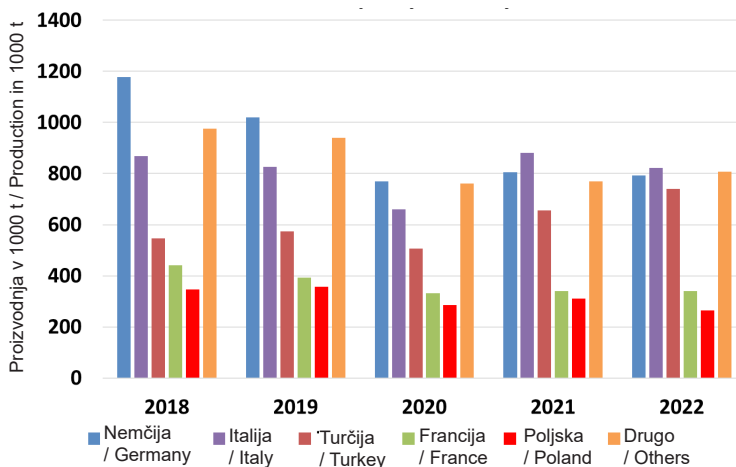
Figures 4 and 5 illustrate the developments in the production volumes of iron, steel, and malleable cast iron, nearly equal to iron and steel casting (ISC) due to low production volumes of malleable cast iron and non-ferrous metal castings in Europe from 2018 to 2022. In 2022, iron and steel casting production, at 10.7 Mt per year, exceeded the volume of non-ferrous metal casting production at 3.8 Mt per year. The data show that in this period, the output of ISC in Germany decreased by 1.14 Mt, or 27%, while in Turkey, it increased by 0.662 Mt, or 39%. In the other countries, production volumes have not changed significantly during this period, although there has been a slight downward trend.

The production of non-ferrous metal castings in Germany has decreased by 0.39 Mt, or 33%, while in Turkey, it has increased by 0.19 Mt, or 35%. In Italy, the



Slika 4. Proizvodnja ulitkov iz železa, jekla in tempranega železa v Evropi po državah med letoma 2018 in 2022 [2]

Figure 4. Iron, steel, and malleable casting production in Europe by countries between 2018 -2022 acc.[2]



Slika 5. Proizvodnja ulitkov iz barvnih kovin v Evropi po državah med letoma 2018 in 2022 [2]

Figure 5. Non-ferrous metal casting production in Europe by countries between 2018 -2022 acc.[2]

Proizvodnja ulitkov iz neželeznih kovin v Nemčiji se je zmanjšala za 0,39 milijona ton oziroma 33 %, medtem ko se je v Turčiji povečala za 0,19 milijona ton oziroma 35 %. V Italiji, državi z drugo največjo

country with the second-largest production of non-ferrous metal castings, production volumes have remained almost constant at approximately 0.8 Mt per year from 2018 to 2022. Slightly decreasing declines

proizvodnjo ulitkov iz barvnih kovin, je obseg proizvodnje od leta 2018 do leta 2022 ostal skoraj nespremenjen in znašal približno 0,8 milijona ton na leto. V drugih državah je opaziti rahlo upadanje obsega proizvodnje.

3 Glavna področja uporabe lamelnega in nodularnega litega železa

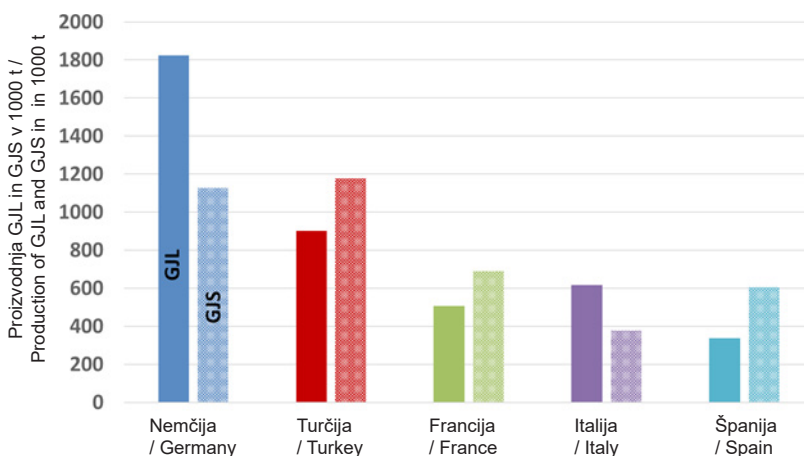
Slika 6 prikazuje obseg proizvodnje lamelnega grafitnega litega železa (GJL) in nodularnega litega železa (GJS) v petih največjih državah proizvajalkah v Evropi. Nemčija in Italija proizvedeta več grafitnega litega železa (GJL) kot nodularnega litega železa (GJS). Po drugi strani pa Turčija, Francija in Španija proizvedejo več nodularnega litega železa kot grafitnega litega železa. Poleg tega je na sliki 6 razvidno, da ima Turčija največjo proizvodnjo nodularnega litega železa v Evropi.

in production volumes can be seen in the other countries.

3 The main areas of application for lamellar and ductile cast iron

Figure 6 shows the production volumes of lamellar graphite cast iron (GJL) and ductile cast iron (GJS) in Europe's five largest producing countries. Germany and Italy produce more GJL than GJS. On the other hand, Turkey, France, and Spain produce more GJS than GJL. Furthermore, Figure 6 shows that Turkey has Europe's most significant GJS production.

The shares of GJL and GJS for applications in the automotive industry and plant and mechanical engineering are illustrated in **Figures 7** and **8**. For Germany and Spain, it can be seen that GJL is used in the automotive industry for approx. 70% and 80%, respectively. In other countries, the share of GJL production for the



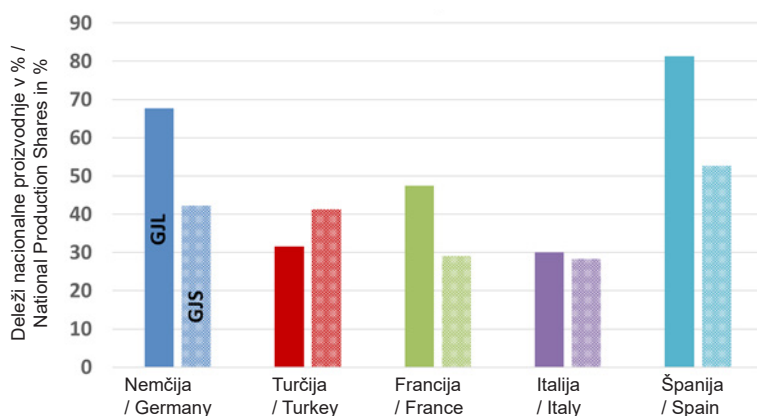
Slika 6. Proizvodnja GJL in GJS v petih največjih evropskih državah proizvajalkah v obdobju 2018–2022 [2]

Figure 6. Production of GJL and GJS in Europe's five largest producing countries in the period 2018–2022 acc.[2]

Delež GJL in GJS za aplikacije v avtomobilski industriji ter strojogradnji in strojništvu so prikazani na **slikah 7 in 8**. Za Nemčijo in Španijo je razvidno, da se GJL v avtomobilski industriji uporablja približno v 70 % oziroma 80 %. V drugih državah delež proizvodnje GJL za avtomobilsko industrijo znaša 30–50 %. Delež uporabe GJS v

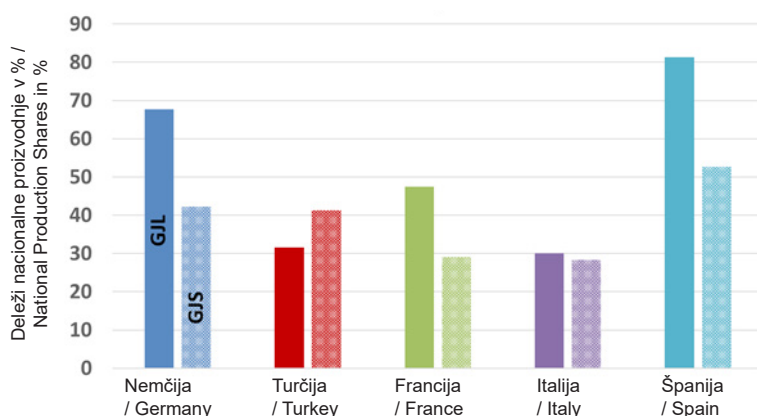
automotive industry is 30-50%. The share of applications of GJS for the automotive industry in the five countries is between 30-50%, with an average of 39%.

Figure 8 shows that in four of the five countries, the share of GJL for plant and machinery construction is between 10% and 30%, and only in Italy is the share around



Slika 7. Delež uporabe GJL in GJS v petih največjih evropskih državah proizvajalkah na področju avtomobilске tehnologije v letu 2022 [2]

Figure 7. Shares of applications of GJL and GJS in Europe's five largest producing countries in automotive engineering in 2022 acc [2]



Slika 8. Delež uporabe GJL in GJS v petih največjih evropskih državah proizvajalkah na področju postrojenj in strojništva v letu 2022 [2]

Figure 8. Shares of applications of GJL and GJS in Europe's five largest producing countries in plant and mechanical engineering in 2022 acc [2].

avtomobilski industriji v petih državah znaša od 30 do 50 %, v povprečju pa 39 %.

Slika 8 prikazuje, da je v štirih od petih držav delež GJL za gradnjo postrojenj in strojev med 10 % in 30 %, le v Italiji je ta delež okoli 50 %. Deleži uporabe GJS za gradnjo postrojenj in strojev se gibljejo med 20 % in 40 %, z izjemo Francije, kjer je ta delež precej nižji.

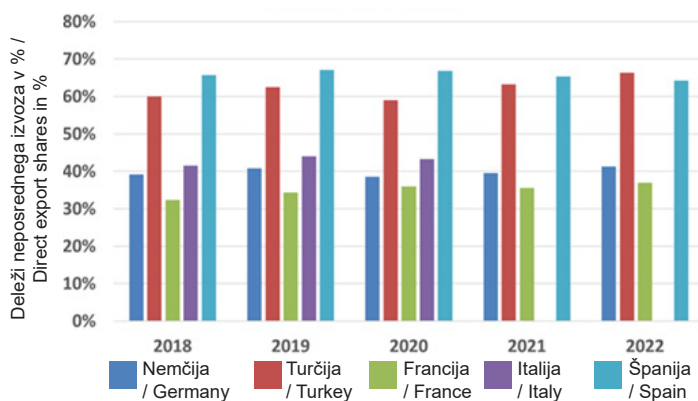
Če deleže uporabe GJL in GJS v avtomobilski industriji ter industriji naprav in strojništvu obravnavamo skupaj, lahko ugotovimo, da se v teh dveh sektorjih uporablja 64–94 % (povprečno 80 %) GJL in 33–78 % (povprečno 64 %) GJS. Slika 9 kaže, da bodo v Nemčiji, Franciji in Italiji deleži neposrednega izvoza železa, jekla in tempranega litega železa v obdobju 2018–2022 ostali razmeroma nespremenjeni in bodo znašali 30–40 %. Nasprotno pa bosta deleža neposrednega izvoza v Turčiji in Španiji prav tako ostala razmeroma nespremenjena in znašala približno 60–70 %.

50%. The shares of applications of GJS for plant and machinery construction are between 20% and 40%, with one exception in France, where the share is significantly lower.

If the shares of applications for GJL and GJS in the automotive, plant and mechanical engineering sectors are considered together, it can be seen that 64–94% (mean 80%) of GJL and 33–78% (mean 64%) of GJS are used in these two sectors. **Figure 9** shows that in Germany, France, and Italy, direct export shares of iron, steel, and malleable cast iron will remain relatively constant at 30–40% in 2018–2022. By contrast, the direct export shares in Turkey and Spain will also remain relatively constant at around 60–70%.

4 The future development of automotive engineering

As described in the previous chapter, the automotive industry (64–94%), is Europe's most crucial customer for iron and steel casting products, besides plant



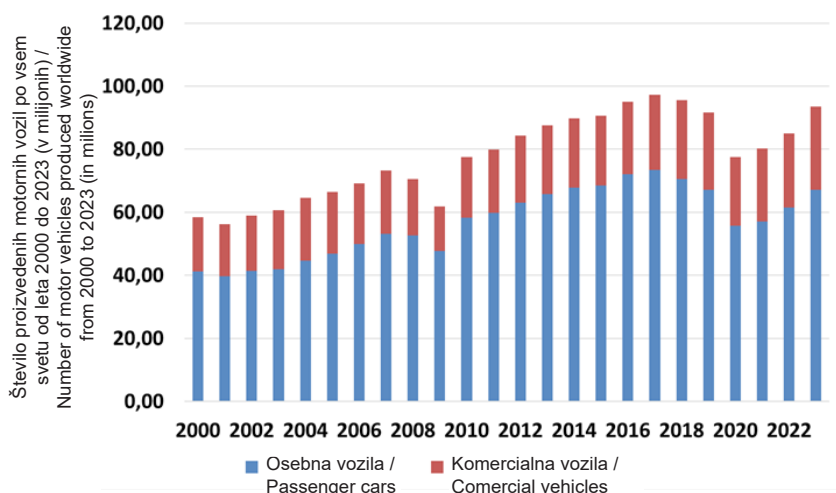
Slika 9. Deleži neposrednega izvoza železa, jekla in tempranega litega železa iz petih največjih evropskih držav proizvajalk v obdobju 2018–2022

Figure 9. Direct export shares of iron, steel, and malleable cast iron from Europe's five largest producing countries in 2018–2022.

4 Prihodnji razvoj avtomobilske tehnologije

Kot je opisano v prejšnjem poglavju, je avtomobilska industrija (64–94 %) poleg strojništva (33–78 %) najpomembnejši kupec izdelkov iz železa in jekla v Evropi. Zato bo prihodnji razvoj avtomobilske industrije po vsem svetu bistvenega pomena za prihodnji razvoj livarske industrije. Slika 10 prikazuje svetovno rast proizvodnje avtomobilov od leta 2000 do leta 2023. Proizvodnja je upadla med svetovno gospodarsko krizo leta 2009 in zaradi koronavirusne krize leta 2020, kar je jasno razvidno iz tega diagrama. Proizvodnja avtomobilov si je po svetovni gospodarski krizi zelo hitro opomogla in še naprej naraščala. To je verjetno posledica svežnjev gospodarskih spodbud, ki so se takrat začeli izvajati po vsem svetu, pri čemer so bili nekateri od njih izrecno namenjeni spodbujanju avtomobilske proizvodnje. Nasprotno pa je povečanje avtomobilske proizvodnje po koronavirusni krizi veliko počasnejše. Po trenutnih podatkih naj bi

and mechanical engineering (33–78%). Therefore, the future development of the automotive industry will be essential worldwide for future developments in the foundry industry. Figure 10 shows the global growth of automobile production from 2000 to 2023. Production slumped during the global economic crisis in 2009 and due to the coronavirus crisis in 2020, which can be seen clearly in this diagram. Automobile production recovered very quickly after the global economic crisis and continued to rise. This is probably due to the economic stimulus packages initiated worldwide at the time, some of which were explicitly designed to promote automobile production. By contrast, the increase in automobile production after the coronavirus crisis is much slower. According to current figures, the global automobile market in 2024, with 78.5 million new registrations, is expected to have exceeded the 2019 figure again. According to [2], an increase in new registrations worldwide of 2% to 80.4 million passenger cars is expected for 2025. With respective growth rates of approx. 2% new



Slika 10. Svetovna proizvodnja motornih vozil v obdobju 2000–2023 [8]

Figure 10. Global motor vehicle production from 2000 - 2023 acc. [8]

svetovni avtomobilski trg leta 2024 z 78,5 milijona novih registracij ponovno presegele rezultate iz leta 2019. Po podatkih iz [2] se pričakuje, da se bo do leta 2025 število novih registracij na globalni ravni povečalo za 2 % na 80,4 milijona osebnih avtomobilov. Leta 2025 se pričakujejo nove registracije na Kitajskem (23,2 milijona), v ZDA (16,2 milijona) in v Evropi (10,8 milijona) s približno 2-odstotno stopnjo rasti. Skladno s [7] bo leta 2024 po vsem svetu prodanih približno 11 milijonov osebnih avtomobilov na izključno akumulatorski pogon (BEV).

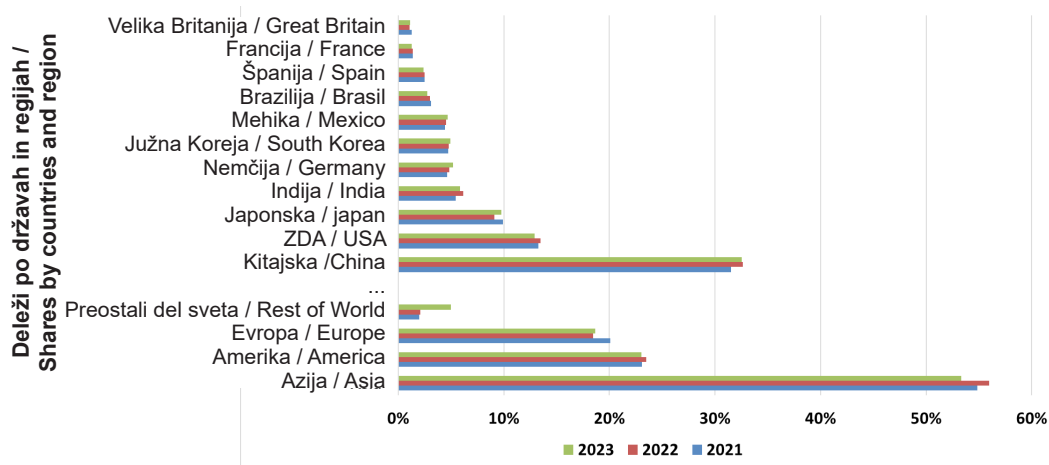
Struktura svetovne proizvodnje avtomobilov na sliki 11 jasno kaže prevlado Azije nad ZDA, Evropo in preostalim svetom. Ob upoštevanju te strukture in predvidenih prihodnjih registracij za leto 2025 se postavlja vprašanje, kakšno vlogo bi Evropa želela imeti v mednarodni avtomobilski industriji v luči prepovedi motorjev z notranjim izgorevanjem, ki jo je Evropska komisija določila za leto 2035.

Hartung [9] meni, da se ob tem postavlja tudi vprašanje, ali je dopustno, da država razglasi za sprejemljivo samo eno vrsto pogona, ne da bi pri tem dovolila

registracij v China (23.2 million), the US (16.2 million), and Europe (10.8 million) are expected in 2025. According to [7], approx. 11 million purely battery-powered passenger cars (BEV) were sold worldwide in 2024.

The structure of global automobile production in Figure 11 clearly shows Asia's dominance over the US, Europe, and the rest of the world. Considering this structure and the predicted future registration figures for 2025, the question arises about what role Europe would like to play in the international automotive industry, given the European Commission's ban on combustion engines in 2035.

According to Hartung [9], the question is whether it is permissible for the state to declare only one type of drive acceptable without allowing all technologies for reducing CO₂ emissions to compete against each other so that they can be evaluated based on their success. In the mobility transition, Germany relied entirely on electric mobility technology through battery electric vehicles (BEV) as the energy source that was in harmony between politics and industry.



Slika 11. Deleži držav in regij v svetovni proizvodnji osebnih avtomobilov leta 2023 [8].

Figure 11. Shares of countries and regions in global passenger car production 2023 acc.[8].

konkurenco vseh tehnologij za zmanjšanje emisij CO₂, tako da jih je mogoče oceniti na podlagi njihove uspešnosti. Pri prehodu na področju mobilnosti se je Nemčija ob podpori politike in industrije v celoti oprla na tehnologijo električne mobilnosti na podlagi baterijskih električnih vozil (BEV) kot vira energije. Po mnenju Schlogla [10] je njihova korist za zmanjšanje emisij CO₂ opredeljena z regulativnimi ukrepi in ne z dejanskim zmanjšanjem emisij CO₂ v celotnem sistemu. Poudarja, da so se drugi veliki onesnaževalci s CO₂, kot je Kitajska, odločili za tehnološko nevtralno strategijo, pri kateri vsi pogonski sistemi tekmujejo med seboj na podlagi dejanskih emisijskih faktorjev v točkovnem sistemu. Iz tega je mogoče sklepati, da je dejanske prihranke verjetno mogoče doseči hitreje in z minimalnimi stroški kot v nemškem in evropskem sistemu toge ideologije idealiziranih mejnih vrednosti voznega parka.

Srednjeročno in dolgoročno bodo električni pogoni najverjetneje prihodnost, vendar bo tovrstna mobilnost uspešna le, če bodo kupci prepričani, da jim takšna vožnja prinaša koristi. Pri tem je ena od nespornih prednosti ta, da ne bo več škodljivih izpušnih plinov posameznih vozil, kar je najpomembnejši doprinos elektrifikacije voznega parka. Zato si je treba prizadevati za povečanje števila tovrstnih pogonskih sistemov. V trenutnih razmerah pa bodo kupci svojo odločitev o nakupu sprejeli na podlagi odgovorov na naslednja vprašanja:

- Ali je na voljo dovolj polnilnih postaj ter kako in kje lahko napolnim avtomobil v stanovanjskih zgradbah v velikem mestu?
- Kako se bodo gibal stroški električne energije zaradi naraščajočih stroškov pospešene širitve omrežja?
- Kakšne bodo cene avtomobilov, če se bodo stroški baterij znatno povečali

According to Schlögl [10], their benefit for CO₂ reduction is defined by regulatory measures and not by the actual system-wide CO₂ reduction. He points out that other major CO₂ emitters, such as China, have opted for a technology-neutral strategy in which all drive systems compete with each other based on their actual emission factors in a points system. Thus, actual savings can probably be achieved more quickly and at a minimal cost than in the German and European systems of the rigid ideology of idealized fleet limit values.

In the medium to long term, electric driving will most likely be the future, but it will only be a real success if buyers are convinced that this type of driving will benefit them. One undeniable advantage is that there will no longer be any harmful exhaust fumes from individual vehicles, which is the most important advantage of electric driving. An increase in electric driving should be achieved. In the current situation, however, buyers will base their actual purchase decision on the answers to the following questions:

- Are there enough charging stations, and how and where can I charge my car in an apartment building in a big city?
- How will electricity costs develop due to increasing accelerated grid expansion costs?
- How will the costs for a car develop if battery costs increase significantly due to the increasing consumption of important raw materials like lithium, nickel, cobalt, and so on?
- Can I afford an electric car in the current economic situation, and what will its resale value be?
- Will CO₂ emissions be reduced if there is not enough green electricity?

In this context, explanations can probably be found for the fact that in Germany, the development of purely

zaradi vse večje porabe pomembnih surovin, kot so litij, nikelj, kobalt itd.?

- Ali si lahko v trenutnih gospodarskih razmerah privoščim električni avtomobil in kakšna bo njegova vrednost pri nadaljnji prodaji?

Ali se bodo emisije CO₂ zmanjšale, če ne bo dovolj zelene električne energije?

V zvezi s tem je verjetno mogoče pojasniti dejstvo, da v Nemčiji razvoj izključno baterijskih električnih vozil (BEV), kot je prikazano na sliki 12, močno zaostaja za cilji, ki jih je določila nemška vlada v koalicijskem sporazumu za leto 2021.

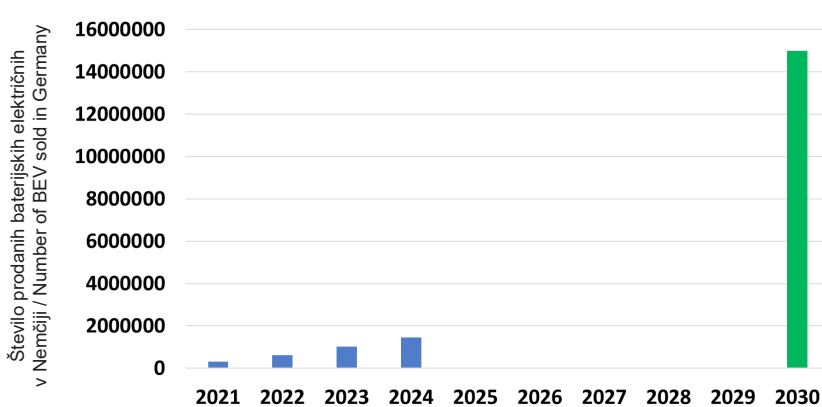
To pomeni, da so bile zgrajene proizvodne zmogljivosti za vozila, po katerih med kupci trenutno ni zadostnega povpraševanja. Zaradi zgoraj navedenih odprtih vprašanj tudi ni mogoče predvideti, kdaj se bo zanimanje povečalo. Glede na to, da je avtomobilska industrija s približno 770.000 zaposlenimi v Nemčiji ena najpomembnejših industrijskih panog [6] in da je njen izvoz leta 2024 znašal približno 289 milijard EUR in je predstavljal približno 18,5 % celotne nemške zunanje trgovine, je

battery-electric vehicles (BEV), as shown in **Figure 12**, lags well behind the targets set by the German government in the 2021 coalition agreement.

This fact means that production capacities have been built up for vehicles that buyers are not currently demanding to the desired extent. Due to the above open questions, it is also unpredictable when demand will change. Given that the automotive industry, with around 770,000 employees in Germany, is one of the most essential industries [6] and that its exports in 2024, at around €289 billion, accounted for around 18.5% of Germany's total foreign trade, it is clear how significant the current difficulties in the automotive industry in Germany are for society.

5 Vision and Reality

Today, the critical rationalism of Karl Popper is more crucial than ever [11]. According to Popper, we shape our current and future reality by trying to solve problems by using



Slika 12. Gibanje števila registracij izključno baterijskih električnih vozil (modra barva) v primerjavi s cilji, ki jih je določila nemška vlada za leto 2021 [8].

Figure 12. Development of registrations of purely battery-electric vehicles (blue) compared to the targets set by the German government in 2021 acc.[8].

jasno, kako pomembne so trenutne težave v avtomobilski industriji v Nemčiji za družbo.

5 Vizija in današnje stanje

Danes je kritični racionalizem Karla Popperja pomembnejši kot kadar koli prej [11]. Po Popperjevem mnenju svojo sedanjo in prihodnjo resničnost oblikujemo tako, da poskušamo reševati probleme s pomočjo znanja, s katerim iščemo »objektivno resnične razlagalne teorije« [12], kar naj bi bil – na podlagi dejstev – sam namen znanosti. V tem kontekstu lahko domnevamo, da je »teorija ali trditev resnična, če dejstva, ki jih opisuje teorija, ustrezajo resničnosti«. Po Popperjevem mnenju je znanje iskanje resnice, čeprav je treba sprejeti dejstvo, da je »človeško znanje zmotno in zato negotovo«. Zato po njegovem mnenju dejstvo, da so vsi labodi, ki smo jih doslej videli, beli, ne pomeni, da so vsi labodi beli. Če se strinjamo, da se lahko motimo, potem moramo biti pri iskanju resnice pozorni na napake v svojih teorijah, kar je še posebej pomembno pri iskanju rešitev za probleme prihodnosti (npr. oskrba z energijo, trajnostna zelena preobrazba, digitalizacija, mobilnost prihodnosti itd.), saj je to iskanje eksistenčnega pomena za življenje in razvojne možnosti prihodnjih generacij v naši družbi. Ne moremo potrditi pravilnost naših teorij, ker ne poznamo resnice. Dokler v svojih teorijah ne najdemo napak, lahko domnevamo, da so pravilne, čeprav dobro vemo, da je to le »predpostavlanje«.

Recimo, da na današnjo družbeno razpravo o trenutno bistvenih temah gledamo z nekoliko distance. V tem primeru se zdi, da je kar nekaj ljudi, skupin in institucij, ki verjamejo, da poznajo absolutno resnico, in za katere je skoraj nepredstavljivo, da bi se lahko motili. To pomeni, da smo v nevarnosti, ki jo še

knowledge to search for 'objectively true, explanatory theories' [12], which - based on facts - should be the very purpose of science. In this context, it can be assumed that 'a theory or proposition is true if the facts described by the theory correspond to reality.' According to Popper, knowledge is the search for truth, although it must be accepted that 'human knowledge is fallible and therefore uncertain.' Thus, in his opinion, the fact that all swans we have seen so far are white does not allow us to conclude that all swans are white. If we accept that we can err, then we must look for errors in our theories in the search for truth, which is particularly important for the solutions to future problems (e.g. energy supply, sustainable green transformation, digitization, mobility of the future, etc.), since this search is of existential importance for the life and development opportunities of future generations in our society. We cannot decide whether our theories are correct because we do not know the truth. However, as long as we do not find any errors in our theories, we can assume that they are correct, knowing full well that it is only 'assumed knowledge.'

Suppose today's social discussion on the currently essential topics is viewed with a little distance. In that case, it seems that there are quite a few people, groups, and institutions who believe that they own absolute truth and for whom the fact that one can be wrong is almost inconceivable. This means that we are in danger, highly intensified by the comprehensive and rapid communication and audiovisual reporting in the modern media, which is not new to humanity and was already described by Seneca [13] 2000 years ago as follows: 'And yet nothing involves us in greater harm than to follow the talk of the crowd, in the delusion that this is the best that enjoys general approval.'

povečuje obsežno in hitro komuniciranje ter avdiovizualno poročanje v sodobnih medijih, kar za človeštvo ni novost in jo je že Seneka [13] pred 2000 leti opisal takole: »A nič nam ne škodi bolj, kot če sledimo množici v zablodi, da je to najboljše, kar je deležno splošnega odobravanja.«

Denimo, da se pretežno usmerjamo k tistemu, kar uživa splošno odobravanje. V tem primeru nismo pripravljeni iskati napak v svojih teorijah, da bi jih lahko popravili, to pa ima lahko katastrofalne posledice za družbe, kot kaže zgodovina zadnjih petdesetih let v Evropi ali trenutni zelo različni načini odzivanja na pandemije v svetu. Ne razumemo pa, da je iskanje napak pozitivna stvar, saj se na ta način nekoliko približamo resnici in dejanskim rešitvam problemov.

6 Povzetek

Povezava med razmišljanjem in resničnostjo v gospodarstvu vodi do spoznanja, da so »trgi po svoji naravi nestabilni«. [1] Čeprav se zavedamo, da so trgi nestabilni in da se lahko včasih razvijajo zelo hitro in na skoraj nepredvidljiv način, je zanimivo razmisliti, ali je mogoče opredeliti dejstva, ki kljub negotovosti dajejo določen občutek o možnem prihodnjem razvoju. Čeprav se statistični podatki glede na vir lahko precej razlikujejo, je mogoče domnevati, da je trenutna proizvodnja ulitkov iz železa in jekla približno 90 milijonov ton na leto, ulitkov iz barvnih kovin pa približno 20 milijonov ton na leto, in da je zanj značilna težnja k stagnaciji. Kitajska je najpomembnejša država v svetovnem livarstvu, vendar je malo verjetno pričakovati znatno povečanje proizvodnje ulitkov na Kitajskem. Indija bo v prihodnosti verjetno dosegla največjo rast proizvodnje ulitkov med vsemi gospodarstvi. V naslednjih nekaj letih pa se bo pokazala

Suppose we predominantly orient ourselves towards what enjoys general approval. In that case, we are not willing to look for errors in our theories to be able to correct them, and this can have catastrophic consequences for societies, as the history of the last fifty years in Europe or currently the very different ways of dealing with the pandemic in the world show. What is not understood is that finding mistakes is a positive thing here because, in this way, we come a little closer to the truth and real solutions to problems.

6 Summary

The connection between thinking and reality in the economy leads to the fact that 'markets are inherently unstable.' [1] Even if we recognize that markets are unstable and can sometimes develop very quickly and in an almost unforeseeable way, it is interesting to consider whether facts can be identified that, despite the uncertainty, provide a certain sense of future possible developments. Even though the statistical data can vary considerably depending on the source, it can be assumed that the current casting production for iron and steel castings is around 90 Mt per year and for non-ferrous metal castings, around 20 Mt per year, and that a tendency towards stagnation characterizes it. China is the most crucial nation in the global foundry business, but it is doubtful that a significant increase in casting production in China can be assumed. In the future, India will likely have the most considerable growth in casting production of any economy. However, the next few years will show the actual rate at which growth in absolute production volumes will continue.

Due to structural change, Europe's and Germany's iron, steel, and malleable iron

dejanska stopnja rasti absolutnega obsega proizvodnje.

Zaradi strukturnih sprememb se je evropska in nemška livarska industrija železa, jekla in tempranega železa v zadnjih 65 letih razvijala podobno kot jeklarska industrija od začetka sedemdesetih let prejšnjega stoletja, ko so se tradicionalne industrijske države v Evropi in Japonska preoblikovale v storitvena gospodarstva. Razvoj evropske proizvodnje ulitkov iz železa in jekla od devetdesetih let prejšnjega stoletja jasno kaže, kako zelo je proizvodnja ulitkov v Evropi odvisna od svetovne gospodarske rasti, torej prihodnjega gospodarskega razvoja v Aziji.

V zadnjih letih se je livarska proizvodnja barvnih in nebarvnih kovin v Nemčiji zmanjšala, v Turčiji pa povečala. Avtomobilska industrija (64–94 %) je poleg strojništva (33–78 %) najpomembnejši kupec izdelkov iz železa in jekla v Evropi. Zato bo prihodnji razvoj avtomobilske industrije po vsem svetu bistvenega pomena za prihodnji razvoj livarske industrije. Struktura svetovne proizvodnje avtomobilov jasno kaže prevlado Azije nad ZDA, Evropo in preostalim svetom. Pri prehodu na področju mobilnosti se je Nemčija ob podpori politike in industrije v celoti oprla na tehnologijo električne mobilnosti na podlagi baterijskih električnih vozil (BEV) kot vira energije. Koristi zmanjšanja emisij CO₂ so opredeljene z regulativnimi ukrepi in ne z dejanskim zmanjšanjem emisij CO₂ v celotnem sistemu. Iz tega je mogoče sklepati, da je dejanske prihranke s tehnološko nevtralno strategijo, kjer konkurirajo vsi pogonski sistemi in se jih ocenjuje na podlagi dejanskih emisij, verjetno mogoče doseči hitreje in z minimalnimi stroški kot v nemškem in evropskem sistemu toge ideologije idealiziranih mejnih vrednosti voznega parka.

foundry industries have developed in the last 65 years, similar to the steel industry since the beginning of the 1970s, when the traditional industrial nations in Europe and Japan turned into service economies. The development of European iron and steel casting production since the 1990s clearly shows how dependent casting production in Europe is on global economic growth, which means future economic development in Asia.

Over the last few years, foundry production, ferrous and non-ferrous, has decreased in Germany while increasing in Turkey. The automotive industry (64–94%), besides plant and mechanical engineering (33–78%), is Europe's most crucial customer for iron and steel casting products. Therefore, the future development of the automotive industry worldwide will be essential for future developments in the foundry industry. The structure of global automobile production clearly shows Asia's dominance over the US, Europe, and the rest of the world. In the mobility transition, Germany relied entirely on electric mobility technology through battery electric vehicles (BEV) as the energy source in harmony between politics and industry. The benefit of CO₂ reduction is defined by regulatory measures, not by the actual system-wide CO₂ reduction. It can be assumed that actual savings might be achieved more quickly and at a minimal cost with a technology-neutral strategy in which all drive systems compete and are evaluated based on their actual emission than in the German and European systems of rigid ideology of idealized fleet limit values.

Today, the critical rationalism of Karl Popper is more crucial than ever. According to Popper, knowledge is the search for truth, although it must be accepted that *'human knowledge is fallible and therefore uncertain.'* If we assume that we can err,

Danes je kritični racionalizem Karla Popperja pomembnejši kot kdaj koli prej. Po Popperjevem mnenju je znanje iskanje resnice, čeprav je treba sprejeti dejstvo, da je »človeško znanje zmotno in zato negotovo«. Če predpostavljamo, da se lahko motimo, potem moramo biti pri iskanju resnice pozorni na napake v svojih teorijah, kar je še posebej pomembno pri iskanju rešitev za probleme prihodnosti.

we must look for errors in our theories in the search for truth, which is particularly important for the solutions to future problems.

Literatura / Literature

1. Soros, G.: Die Krise des globalen Kapitalismus, Alexander Fest Verlag, Berlin, 1998
2. Evropska zveza livarn, <https://eff-eu.org/downloads-links/>
3. Deike, R.: Befinden sich die Rohstoffmarkte in einem erneuten Wandel, Chem. Inž. Tech., 92 št. 4, Str. 331–340, 2020, <https://doi.org/10.1002/cite.201900136>
4. Modern Casting, <https://www.moderncasting.com>
5. Deike, R.: Bedeutung der Gießereiindustrie in einer Circular Economy, GIESSEREI, 107, Nr. 1, Str. 26–31, 2020, <https://doi.org/10.17185/dupublico/71307>
6. Piller, T.: Deutsche Autokonzerne beliefern 17% des Weltmarktes, Frankfurter Allgemeine Zeitung (FAZ), 27.01.2025
7. Keller, P.; Wicke, T.: Verkaufszahlen von Elektroautos: Vorübergehende Flaute oder anhaltende Trendumkehr?, 24.10.24 <https://www.isi.fraunhofer.de/de/blog/themen/batterie-update/elektroautos-verkaufszahlen-hybrid-flaute-deutschland-europa.html>
8. Statista, <https://de.statista.com>
9. Astheimer, S; Wagener, B.: Strafen sind eine Gefahr für die Autoindustrie, Interview mit S.Hartung, Frankfurter Allgemeine Zeitung (FAZ), 18.01.2025
10. Schlogl, R.: Mobilität CO2 neutral?, Bunsen Magazin, 22, št. 4, Str. 74–78, 2020
11. Deike, R.: Poppers kritischer Rationalismus und seine Bedeutung für die Transformation, 18.01.2023 <https://transforming-economies.de/popper-kritischer-rationalismus-und-seine-bedeutung-fur-die-transformation/>
12. Popper, K.: Auf der Suche nach einer besseren Welt, Piper Verlag, München 1984
13. Seneca: Vom glücklichen Leben, Nikol Verlagsgesellschaft, Hamburg, 2015

Nova oblika mini napajalnika TELE za večjo toplotno učinkovitost

A New Shape of Tele Mini-Riser for Increased Thermal Efficiency

Povzetek

Svet livarn si nenehno prizadeva zmanjšati količino odpadkov, povečati učinkovitost in izboljšati proizvodne tehnike v okviru občutljivih trajnostnih ciljev. Raziskave za zmanjšanje ogljičnega odtisa in s tem povezan proces optimizacije vključujejo tudi nove inovativne sisteme dovajanja, ki morajo biti v skladu z vse močnejšim upoštevanjem okoljskega vidika. Na podlagi tega je družba Chemex na zadnjem sejmu GIFA 2023 predstavila nov teleskopski mini napajalnik. Ima kroglasto geometrijo, ki združuje prednosti teleskopske tehnologije z izboljšano toplotno učinkovitostjo, s čimer se doseže še lažji in bolj kompakten mini napajalnik. Med vsemi trdnimi oblikami z določeno prostornino je krogla tista z najmanjšo površino; med vsemi trdnimi oblikami z določeno površino je krogla tista z največjo prostornino. Zato ima krogla najmanjše razmerje med površino in prostornino.

Ta študija raziskuje rezultate uporabe novega eksotermnega tulca TELE SF v livarni Kovis-Livarna. V projektu je bila primerjana učinkovitost mini napajalnikov TELE v klasični eksotermni različici (modul 2,1 cm, prostornina dovajanja 155 cm³) z novo sferično tehnologijo (modul 1,9 cm, prostornina dovajanja 110 cm³). Rezultati proizvodnje so pokazali, da ta nova tehnologija omogoča optimizacijo dovajalnega sistema, kar dokazuje povečanje toplotne učinkovitosti zaradi nove sferične geometrije in zmanjšanje teže samega tulca. Tako je bilo mogoče doseči cilj manjšega, lažjega in zmogljivejšega mini napajalnika, ki združuje značilne vidike receptur Chemex: ekološka cold-box veziva, recepture brez fluora ter ničelno degeneracijo grafita.

Ključne besede: dovajanje, okolje, teleskopski, krogla, eksotermno, brez fluora.

Abstract

The Foundry World is constantly aiming at minimizing scraps, maximizing performances, and improving production techniques in the framework of sensitive sustainability goals. The research for a reduced carbon footprint and related optimization process also involves new innovative feeding systems which need to be in line with the growing attention to the environmental aspect. On this basis, Chemex presented a new telescopic mini-riser at the last GIFA 2023. It is provided with a spherical geometry capable of combining the advantages of telescopic technology with improved thermal efficiency, thus obtaining an even lighter and more compact mini-riser. Indeed, among all solids with a given volume, the sphere has the smallest surface area; among all solids with a given surface area, the sphere has the greatest volume. Therefore, the sphere has the minimum surface/volume ratio.

This study explores the results of the new exothermic TELE SF sleeve application at Kovis-Livarna foundry. The project has compared the efficiency of TELE mini-risers in

its classic exothermic version (modulus 2.1 cm, feeding volume of 155 cm³) with the new spherical technology (modulus 1.9 cm, feeding volume of 110 cm³). The production results showed that this new technology allows the optimization of the feeding system, proving the increase in thermal efficiency thanks to the new spherical geometry, as well as a decrease in the weight of the sleeve itself. It has thus been possible to achieve the target of a smaller, lighter, and more performing mini-riser, combining the characteristic aspects of Chemex recipes: ecological cold-box binders, fluorine-free recipes, and zero graphite degeneration.

Keywords: feeding, environment, telescopic, sphere, exothermic, fluorine-free.

1 Uvod

Razumevanje strjevanja ima ključno vlogo pri zagotavljanju pravilne opredelitve sistema dovajanja v postopku litja. Med strjevanjem kovina preide iz tekočega v trdno stanje, kar bistveno vpliva na končno kakovost izdelka. Dobro poznavanje tega procesa omogoča predvidevanje in nadzor nad morebitnimi napakami, kot so poroznost in vključki, s tem pa je zagotovljena enakomerna porazdelitev materiala in homogena struktura. To znanje omogoča načrtovanje učinkovitejših sistemov dovajanja, ki zagotavljajo pravo količino tekoče kovine ob ustreznem času, s čimer se izboljšajo mehanske in strukturne lastnosti končnega izdelka. V naslednjih odstavkih bomo opozorili na nekatere temeljne pojme za razumevanje procesa strjevanja litega železa in na pojme, ki omogočajo pravilno opredelitev dobrega sistema za dovajanje.

1.1 Strjevanje in napajalni sistem

Strjevanje ulitka je odvisno od:

- toplotnih lastnosti zlitine;
- toplotnih lastnosti materiala orodja;
- oblike in mer ulitka.

Med ohlajanjem in strjevanjem večine kovinskih zlitin pride do zmanjšanja volumna kovine, znanega kot krčenje (Slika 1).

1 Introduction

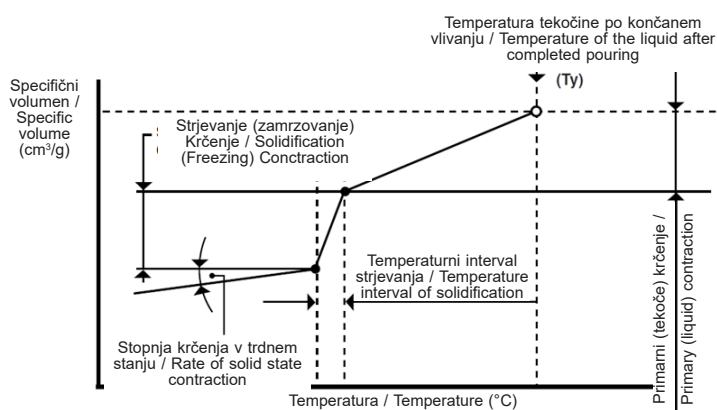
Understanding solidification plays a crucial role in ensuring the correct definition of the feeding system in a casting process. During solidification, the metal transitions from a liquid to a solid state, significantly affecting the product's final quality. A solid knowledge of this process allows the prediction and control of defects that may arise, such as porosity and inclusions, thus ensuring a uniform distribution of the material and a homogeneous structure. This knowledge enables the design of more efficient feeding systems that provide the right amount of liquid metal at the appropriate time, thereby improving the mechanical and structural properties of the final product. In the following paragraphs, some fundamental concepts for understanding the solidification process of cast iron will be recalled, as well as the concepts that allow for the correct definition of a good feeding system.

1.1 Solidification and Feeding System

The solidification of a casting is a result of the:

- thermal properties of alloy;
- thermal properties of mould material;
- shape and dimensions of the casting.

During the cooling and solidification of most metal alloys, there is a reduction in the metal volume known as shrinkage (Fig. 1).



Slika 1. Splošni vzorec spremembe prostornine za kovine (npr. jeklo, belo železo, medenina itd.) [1].

Fig. 1. General volume change pattern for metal (e.g., steel, white iron, brass, etc.) [1].

Da bi se izognili krčilni poroznosti, je treba zagotoviti dodatno tekočo kovino. Teoretično mora biti napajalnik dimenzioniran tako, da vsebuje tekočo maso, uporabno za dovajanje ulitka, ne da bi krčilni stožec segal v sam ulitek. Tako je ob enaki začetni prostornini tekočine njen izkoristek v napajalniku odvisen tudi od njene geometrije. Globina krčenja je odvisna tudi od vseh drugih robnih pogojev, kot je uporaba eksotermnih materialov, ki lahko povečajo izkoristek tudi za več kot 50 % [2].

Dovajanje mora biti ustrezno za vsako točko ulitka in na kateri koli razdalji od dovajalnika. Usmerjeno strjevanje v smeri dovajalnikov ne zagotavlja dovajanja območij na določeni razdalji od območja spoja. To je posledica nizkih toplotnih gradientov in velikega upora pri gibanju tekočine skozi material, ki z večanjem trdnega deleža postaja vse bolj viskozen in s tem vse manj prepusten. Hidrostatični tlak, ki je edina gonilna sila pri gravitacijskem litju, se postopoma zmanjšuje, saj dendriti omejujejo pretok tekočine [2]. Numerični rezultati, ki nam najbolj pomagajo oceniti to težavo pri ulitkih s kompleksno geometrijo, so predvsem toplotni gradient in njegov izračun, ki ga dobimo, če ga delimo s

To avoid shrinkage porosity, it is necessary to supply additional liquid metal. Theoretically, the riser must be sized to contain the liquid mass useful for feeding the casting without the shrinkage cone extending into the casting itself. The liquid yield of a riser thus also depends on its geometry, given the same initial liquid volume. The depth of shrinkage is also a function of all other boundary conditions, such as the use of exothermic materials which can increase the yield even more than 50% [2].

Feeding must be adequate for every point of the casting and at any distance from the feeder. Directional solidification towards the feeders does not guarantee the feeding of areas at a certain distance from the junction zone. This is due to low thermal gradients and the high resistance to fluid movement through a material that becomes increasingly viscous as the solid fraction grows, thus becoming less permeable. Hydrostatic pressure, the only driving force behind feeding in gravity casting, progressively decreases as dendrites limit fluid flow [2]. Numerical results that most help us to evaluate this problem in complex geometry castings are mainly the thermal gradient and its elaboration, obtained by

kvadratnim korenem hitrosti ohlajanja, imenovanim kriterij Niyama (enačba 1) [3]:

$$N_y = G/\sqrt{\dot{T}} \quad (1)$$

kjer:

G je temperaturni gradient [$^{\circ}\text{C}/\text{cm}$];

$\dot{T}$ je hitrost hlajenja [$^{\circ}\text{C}/\text{s}$].

Vse vrednosti so blizu začetne temperature taljenja. Verjetnost nastanka poroznosti se povečuje z zmanjševanjem vrednosti. Če je kriterij Niyama nižji od kritične vrednosti, je nastanek poroznosti zagotovljen [4].

Na srečo ali žalost, ko govorimo o litem železu, imamo grafit, katerega obarjanje lahko nadomesti krčenje kovine zaradi njegovega raztezanja med strjevanjem. V procesu obarjanja lahko tudi elementi, kot je silicij, pomagajo pri nastajanju in raztezanju grafita.

V prvi fazi ohlajanja se tekoča kovina najprej skrči, nato pa se razširi zaradi raztezanja grafita. Proti koncu strjevanja se zadnja preostala tekočina strdi s krčenjem.

1.1.1 Chvorinovo pravilo

Teža ulitka ali debelina stene nista dovolj natančna podatka za opis hitrosti ohlajanja, saj se na primer preproste oblike (kocka, plošča, palica itd.) ohlajajo različno hitro, čeprav imajo enako debelino (Slika 2). Zato je za opis ohlajanja natančnejša metoda uporaba modula (M) [1].

dividing it by the square root of the cooling rate, called the Niyama criterion (Eq. 1) [3]:

$$N_y = G/\sqrt{\dot{T}} \quad (1)$$

where:

G is the temperature gradient [$^{\circ}\text{C}/\text{cm}$];

$\dot{T}$ is the cooling rate [$^{\circ}\text{C}/\text{s}$].

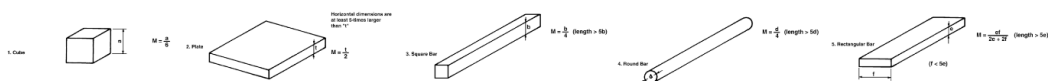
All the values are taken near the solidus temperature. The probability of porosity formation increases with a decrease in value. If the Niyama criterion is lower than the critical value, then the formation of porosity is guaranteed [4].

Fortunately, or unfortunately, when we speak about cast iron, we have graphite and its precipitation can compensate for the metal shrinkage thanks to its expansion during solidification. In the precipitation process, also elements such as silicon can help promote graphite formation and expansion process.

In the first cooling phase the liquid metal initially contracts, then it expands due to graphite expansion. Towards the end of solidification, the last remaining liquid solidifies with contraction.

1.1.1 Chvorinov's Rule

Casting weight or wall thickness is not sufficiently accurate to describe cooling rate, for instance, simple shapes (cube, plate, bar, etc.) cool at different rates even if they have the same thickness (Fig. 2). For



Slika 2. Izračun modula za preproste geometrijske oblike. Razen kocke veljajo vse druge geometrijske oblike za neskončno dolge [1].

Fig. 2. Modulus calculation for simple geometris. Except for the cube, all other geometric shapes are considered infinitely long [1].

M lahko opredelimo kot razmerje med prostornino in učinkovito hladilno površino. Kompleksne geometrijske oblike je treba razdeliti na enostavnejše komponente in izračunati modul za vsako od njih [1].

Makroskopsko lahko dinamiko strjevanja in ohlajanja kovinske zlitine teoretično obravnavamo tako, da ocenimo različne prispevke k prenosu toplote iz tekočine v orodje in zunanje okolje [5]. Odpornost proti toplotnemu toku, ki prihaja iz notranjosti ulitka, lahko na splošno pripišemo strjevanju kovine, vmesniku med ulitkom in orodjem ter orodju samemu; medtem ko lahko toplotni tok v tekočini, pogojen s konvekcijskimi gibanji in pretaljevanjem, ter toploto, ki jo absorbira zunanje okolje, razen v očitnih primerih zanemarimo. Chvorinovo enačbo lahko obravnavamo kot poenostavitev zapletenega problema, ki lahko upošteva te vidike izmenjave toplote, ki bi sicer zahtevali opredelitev številnih diferencialnih enačb, rešljivih le s sodobno simulacijsko programsko opremo.

Zato Chvorinova enačba (Enačba 2) velja za preproste oblike in kaže neposredno povezavo med časom strjevanja kovine in kvadratom modula prek konstante, ki je odvisna od pogojev kovine in orodja; torej od difuznosti in kemijsko-fizikalnih lastnosti materialov.

$$t = k \cdot M^2 \quad (2)$$

kjer je:

t čas strjevanja;

k konstanta, ki je odvisna od lastnosti kovine in orodja (npr. gostota, specifična toplota, toplotna prevodnost itd.);

M toplotni modul.

Pri enostavnih ulitkih je na podlagi Chvorinovovih študij mogoče zagotoviti dobro dovajanje z oblikovanjem dovajanja s toplotnim modulom, ki je vsaj za 20 % večji od kritičnega toplotnega modula ulitka.

this reason, it is a more accurate method to use modulus (M) to describe cooling [1].

M can be defined as the ratio between volume and the effective cooling surface area. Complex geometries should be divided into simpler components, and the modulus for each component must be calculated [1].

In macroscopic terms, the dynamics of solidification and cooling of a metal alloy can be theoretically treated by evaluating the different contributions to heat transfer from the liquid to the mould and the external environment [5]. The resistance to the heat flow comes from within the casting can be generally ascribed to the solidification of the metal, the interface between the casting and the mould, and the mould itself; whereas the heat flow within the liquid, conditioned by convective movements and remelting, and the heat absorbed by the external environment, can be neglected with the obvious exceptions. We can consider Chvorinov's equation as a simplification of the complex problem capable of taking these aspects of heat exchange into account that would otherwise require defining numerous differential equations solvable only through modern simulation software.

Therefore, Chvorinov's equation (Eq. 2) is valid for simple shapes, it indicates a direct relationship between the solidification time of the metal and the square of the modulus through a constant that depends on the conditions of the metal and the mould; hence on the diffusivity and the chemical-physical properties of the materials.

$$t = k \cdot M^2 \quad (\text{Eq. 2})$$

where:

t is the solidification time;

k is a constant depending on the properties of the metal and the mould (e.g., density, specific heat, thermal conductivity, etc.);

M is the thermal modulus.

1.2 Razmerje med površino in prostornino (SA:V)

V znanosti o materialih je razmerje med površino in prostornino (SA:V) pomembna količina, ki pomaga razložiti termofizikalne procese, ki potekajo prek površine in prostornine [6], na primer, toplotna prevodnost, ki jo opisuje Fourierjev zakon (Ek. 3), ki pravi, da je toplotni tok zaradi toplotne prevodnosti sorazmeren z velikostjo temperaturnega gradienta in z nasprotnim predznakom [7]:

$$\vec{q} = -k\nabla T \tag{3}$$

kjer je:

$\vec{q}$ toplotni tok [W/m²];

k toplotna prevodnost [W/(m·K)];

∇T temperaturni gradient [K/m].

Veliko razmerje SA:V pomeni večjo površino na enoto prostornine, skozi katero lahko material difundira, zato je difuzija ali toplotna prevodnost hitrejša, veliko razmerje SA:V pa pospešuje termodinamične procese, ki zmanjšujejo prosto energijo.

S primerjavo razmerja SA:V za različne geometrijske oblike (preglednica 1) lahko opazimo, da krogla kaže najmanjše razmerje in ker so toplotne izgube manjše pri majhnem razmerju SA:V, to pomeni, da krogla kaže največji toplotni izkoristek.

In the case of simple castings, based on Chvorinov’s studies, it is possible to ensure good feeding behaviour by designing a feeder with a thermal modulus of at least 20% greater than the critical thermal modulus of the casting.

1.2 Surface Area-to-Volume Ratio (SA:V)

In material science the Surface-to-Volume ratio (SA:V) is an important quantity helpful to explain thermo-physical processes which occur through the surface and the volume [6], for example, the heat conduction described by Fourier’s law (Eq. 3) which states that the heat flux resulting from thermal conduction is proportional to the magnitude of the temperature gradient and opposite to it in sign [7]:

$$\vec{q} = -k\nabla T \tag{3}$$

where:

$\vec{q}$ is the heat flux [W/m²];

k is the thermal conductivity [W/(m·K)];

∇T is the temperature gradient [K/m].

A large SA:V ratio means there is more surface area per unit volume through which material can diffuse, therefore, the diffusion or heat conduction, will be faster as well as a high SA:V ratio speeds up thermodynamic processes that minimize free energy.

Comparing SA:V ratio for different geometries (Tab. 1), it is possible to note that the sphere shows the lowest ratio and because the heat loss is lower with small

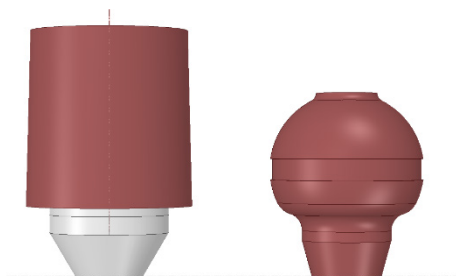
Preglednica 1. Izračun razmerja med površino in prostornino (SA:V) za dve preprosti telesi: kocko in kroglo.

Tab. 1. Calculation of Surface-to-Volume ratio (SA:V) for two simple geometries: cube and sphere.

Oblika / Shape	Površina / Surface Area	Prostornina / Volume	SA:V
Kocka / Cube	$SA = 6l^2$	$V = l^3$	$6l^2 / l^3 = 6/l$
Krogla / Sphere	$SA = 4\pi r^2$	$V = 4/3\pi r^3$	$4\pi r^2 / 4/3\pi r^3 = 3/r$

2 Eksperimentalni del

V tej študiji je bila eksperimentalno ovrednotena toplotna učinkovitost novega kroglična mini napajalnika TELE SF v primerjavi s klasičnim mini napajalnikom Chemex TELE (Slika 3).



Slika 3. CB 43-21 TELE 195 22 38 in CB 31 TELE SF 100 18 40. Opazen je prihranek višine in optimizacija prostornine.

Fig. 3. CB 43-21 TELE 195 22 38 and CB 31 TELE SF 100 18 40. It is noticeable the height saving as well as the optimization of volume.

Tehnični podatki mini napajalnikov, primerjanih v tej študiji, so navedeni v preglednici 2.

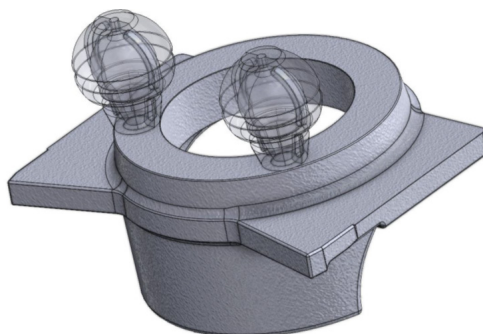
Ta študija je bila izvedena v sodelovanju z livarno Kavis-Livarna na že obstoječem ulitku, ki se redno proizvaja v proizvodnji s standardnimi mini napajalniki Chemex TELE. Prvotni dovodni sistem je bil zasnovan z dvema napajalnikoma TELE

SA:V ratio, this means that the sphere shows the maximum thermal efficiency.

2 Experimental part

In this study, the thermal efficiency of a new spherical mini-riser TELE SF was experimentally evaluated, comparing it with a classic Chemex TELE mini-riser (Fig. 3).

Specifically, the technical data of the mini-risers compared in this study are reported in Tab. 2.



Slika 4. Optimizirana nastavev dovodnega sistema za ta eksperimentalni poskus; zamenjava napajalnika TELE 195 22 z dvema napajalnikom TELE SF 100 18 na enakih položajih.

Fig. 4. Optimized feeding system set-up for this experimental trial; replacing TELE 195 22 with two TELE SF 100 18 in the same positions.

Preglednica 2. Specifikacije mer dveh mini napajalnikov, vključenih v to študijo. Notranji premer vratu dovodnega sistema: 22 mm in 18 mm; zunanji premer vratu dovodnega sistema: 38 mm in 40 mm.

Tab. 2. Dimension specifications of the two mini-risers involved in this study. The inner diameter feeder neck: 22 mm and 18 mm; the outer diameter feeder neck: 38 mm and 40 mm.

Mini-riser / Mini napajalnik	Modul / Modulus (cm)	Višina / Height (mm)	Volumen / Volume (cm ³)
CB 43-21 TELE 195 22 38	2.1	139	190
CB 31 TELE SF 100 18 40	1.9	104	107

195 22, ki sta zagotavljala trdnost ulitka; v novi konfiguraciji sta bila ta mini napajalnika nadomeščena z dvema napajalnikoma TELE SF 100 18 (Slika 4). Sklop vključuje štiri ulitke na orodje in tako skupaj 8 mini napajalnikov na orodje.

Glavni tehnični podatki o ulitku in njegovi izvedbi so navedeni v preglednici 3.

Vse ulitke smo preverili vizualno, stehali in pregledali z rentgensko difrakcijo (XRD) s petkratnim testiranjem.

3 Rezultati

Vizualni pregled je pokazal, da so bili vsi ulitki ustrezni, prav tako je analiza z rentgensko difrakcijo (XRD) potrdila, da so bili vsi ulitki brez krčenja. Kot je mogoče videti na sliki 5 in sliki 6, so bili tudi vrati dovajalnikov brez poroznosti.

Uporaba sistema TELE SF 100 18 je omogočila uporabo manjšega sistema dovajanja ter manjšega in lažje odstranljivega vratu sistema dovajanja.

Ti rezultati so omogočili preverjanje večje toplotne učinkovitosti TELE SF, saj je bila kapaciteta dovajanja primerljiva z nekoliko višjim modulom mini napajalnika.

Z globljo analizo optimizacije je uporaba TELE SF 100 18 prihranila 40 % prostornine na mini napajalnik in približno 4 kg na orodje (preglednica 4).

Poleg tega je treba upoštevati tudi okoljske vidike, na primer, napajalnik TELE SF je omogočil učinkovitejše skladiščenje in logistiko. Dejansko lahko TELE SF poveča

This study was performed in collaboration with Kovis-Livarna foundry on an already existing casting which is produced regularly in production with standard Chemex TELE mini-risers. The original feeding system was designed with two TELE 195 22 that ensure the soundness of the casting; these mini-risers were replaced with two TELE SF 100 18 in the new configuration (Fig. 4). The cluster includes four castings per mould and therefore a total of 8 mini-risers per mould.

The main technical data of the casting and its realization are reported in Tab. 3.

All castings had been checked visually, weighted, and XRD examined by doing five repetitions test.

3 Results

The visual inspection showed that all castings were soundness as well as XRD analysis confirmed that all castings were shrinkage free. As it is possible to see on the Fig. 5 and Fig. 6 the feeder necks were also found without any porosity.

The application of TELE SF 100 18 allowed to apply a smaller feeder as well as a smaller and easier to remove feeder neck.

These results have permitted to verify the increased thermal efficiency of TELE SF because the feeding capacity has been comparable to a slightly higher modulus mini-riser.

Analysing deeper the optimization, the application of TELE SF 100 18 has saved

Preglednica 3. Tehnični podatki o pripravi ulitka.

Tab. 3. Technical data details of casting set-up.

Teža ulitka / Casting weight	Nodularna litina / Ductile Iron	Temperatura vlivanja / Pouring temperature	Najv. modul ulitka / Max. casting modulus
40 kg	EN-GJS-400-18	1360±10 °C	2 cm



Slika 5: eksperimentalni rezultati optimiziranega sistema za dovajanje s TELE SF 100 18 po peskanju in izbitju dovajalnikov.

Fig. 5: experimental results of the optimized feeding system with TELE SF 100 18 after shot-blasting and feeders knock off.



Slika 6. Eksperimentalni rezultati iz Kovis-Livarne: prvotni sistem dovajanja s TELE 195 22 na levi; optimizirani sistem dovajanja s TELE SF 100 18 na desni.

Fig. 6. Experimental results from Kovis-Livarna: original feeding system with TELE 195 22 on the left; optimized feeding system with TELE SF 100 18 on the right.

Preglednica 4. Rezultati primerjave teže mini napajalnikov, uporabljenih v tem projektu.

Tab. 4. Weight comparison results between the mini-risers applied to this project.

Mini napajalnik / Mini-riser	Teža (kg/mini napajalnik) / Weight (kg/mini-riser)	Teža (kg/orodje) / Weight (kg/mould)
CB 43-21 TELE 195 22 38	1,20	9,60
CB 31 TELE SF 100 18 40	0,72	5,76

Preglednica 5. Količina na paleto EUR neposredno vpliva na logistične vidike.

Tab. 5. The quantity per EUR-pallet impacts directly on logistic aspects.

Mini napajalnik / Mini-riser	Količina (kosov/EPAL) / Quantity (pcs/EPAL)
CB 43-21 TELE 195 22 38	576
CB 31 TELE SF 100 18 40	1200

za približno +100 % mini napajalnika na EVRO paleta (Preglednica 5).

4 Sklepne ugotovitve

Postopek strjevanja litine je posledica fizikalnih procesov, ki vključujejo krčenje in raztezanje. Za načrtovanje ustreznega sistema za dovajanje je pomembno, da se določi vsaj zahteve glede prostornine in modula. Modul je koristen za razumevanje strjevanja po Chvorinovem pravilu. Danes lahko natančen toplotni modul izračunamo s sodobno simulacijsko programsko opremo.

V tem članku je bilo tudi poudarjeno, zakaj je razmerje med površino in prostornino ($SA:V$) ključno v toplotni fiziki za razlago termofizikalnih procesov prek interakcij med površino in prostornino. Vpliva namreč na ogrevanje ali hlajenje teh predmetov glede na velikost in material. V znanosti o materialih je razmerje $SA:V$ pomembno za procese, kot je toplotna prevodnost, ki jo opisuje Fourierjev zakon. Krogla z najmanjšim razmerjem $SA:V$ ima največji toplotni izkoristek zaradi manjših toplotnih izgub.

V tej študiji primera smo v Kosis-Livarni opravili primerjalni preizkus med dvema mini napajalnikoma Chemex: CB 43-21 TELE 195 22 38 in CB 31 TELE SF 100 18. Toplotni modul prvega mini napajalnika je 2,1 cm, medtem ko je toplotni modul kroglastega napajalnika TELE SF 1,9 cm. Ker so rezultati pokazali, da so ulitki v obeh konfiguracijah ustrezni, to pomeni, da je napajalnik TELE SF 100 18 pokazal večjo toplotno učinkovitost in je podjetju Kosis-Livarna omogočil, da je prihranilo 40 % tekoče kovine na mini napajalnik, kar pomeni 4 kilograme na orodje.

Ta primer optimizacije omogoča celo zmanjšanje postopka drobljenja, saj ima napajalnik TELE SF manjši vrat dovajalnika.

volume by 40% per mini-riser and about 4 kg per mould (Tab. 4).

Moreover, there are also green aspects to consider, for instance, TELE SF has permitted to have more efficient warehousing and logistics. Indeed, TELE SF can increase by around +100% of mini-riser per euro-pallet (Tab. 5).

4 Conclusions

The Cast Iron Solidification process is driven by physical processes which include shrinkage and expansion. To design the proper feeding system, it's important to define at least volume and modulus request. Modulus is helpful to understand the solidification according to Chvorinov's rule. Nowadays, a precise thermal modulus can be calculated with modern Simulation Software.

In this paper, it has also been underlined why the Surface-to-Volume ratio ($SA:V$) is crucial in thermal physics for explaining thermophysical processes through surface and volume interactions. It affects both, the heating or cooling behavior of those objects based on size and material. In material science, $SA:V$ is significant for processes like heat conduction described by Fourier's law. The sphere having the lowest $SA:V$ ratio, exhibits maximum thermal efficiency due to reduced heat loss.

In this case study, we performed a comparison test in Kosis-Livarna between two Chemex mini-risers: CB 43-21 TELE 195 22 38 and CB 31 TELE SF 100 18. The first mini-riser has a thermal modulus of 2.1 cm; whereas the spherical one TELE SF has a thermal modulus of 1.9 cm. Because the results showed soundness castings in both configurations, this means that TELE SF 100 18 has shown an increased thermal efficiency, and it has permitted

Poleg tega je treba upoštevati tudi okoljske prednosti: TELE SF povečuje učinkovitost skladiščenja in logistike (+100 % mini napajalnikov na EVRO paleto) ter vsebuje okolju prijazne formulacije brez fluora, varčuje s tekočimi kovinami in zmanjšuje stroške prevoza.

Zahvala

Iskrena hvala soavtorju Samerju Aljasimu za njegovo strokovno znanje, predanost in vzajemno spoštovanje. Globoko se zahvaljujemo podjetju Kovis-Livarna za dragoceno sodelovanje in vzpostavljeno močno partnerstvo. Brez prispevka obeh ta projekt ne bi dosegel svojih ciljev. Ustvarjena sinergija je bila bistvenega pomena za uspeh našega dela.

Kovis-Livarna to save 40% of liquid metal per mini-riser which means 4 kilograms per mould.

This optimization case even allows to reduce the grinding process because TELE SF has a smaller feeder neck. Additionally, there are environmental benefits to consider: TELE SF enhances warehousing and logistics efficiency (+100% mini-risers per euro-pallet) as well as it features fluorine-free and eco-friendly formulations, saves liquid metal, and reduces transportation costs.

Acknowledgements

A sincere gratitude to the co-author, Mr. Samer Aljasim, for his expertise, dedication, and mutual respect. A profound appreciation to Kovis-Livarna for their valuable collaboration and the strong partnership established. Without the contribution of both parties, this project would not have reached its goals. The synergy created was fundamental to the success of our work.

Bibliografija / Bibliography

- [1] S. I. Karsay et al., Ductile Iron – The essentials of gating and risering system design, Rio Tinto Iron & Titanium Inc., 2000.
- [2] AA.VV., Manuale della fonderia, Tecniche Nuove, 2007.
- [3] E. Niyama, T. Uchida, M. Morikawa e S. Saito, »Method of shrinkage prediction and its application to steel casting practice«, AFS Int. Cast Met. J., vol. 7, n. 3, str. 52–63, 1982.
- [4] E. Ivanina, V. Monastyrskiy e M. Ershova, »Quantitative Estimation of Formation of Shrinkage Porosity by the Niyama Criterion«, Inorganic Materials: Applied Research, vol. 13, n. 1, str. 100–105, 2022.
- [5] D. Stefanescu e R. Ruxanda, »The Liquid State and Principles of Solidification of Cast Iron«, v Cast Iron Science and Technology, vol. 1A, ASM International, 2017, str. 46–58.
- [6] G. Planinšič in M. Vollmer, »The surface-to-volume ratio in thermal physics: from cheese cube physics to animal metabolism«, Eur. J. Phys., vol. 29, str. 369–384, 2008.
- [7] J. B. J. Fourier, The Analytical Theory of Heat, New York: Dover Publications Inc., 1955.

Poslanstvo visokošolskega izobraževanja pri usposabljanju strokovnjakov in prenosu znanja v industrijo

The Role of Higher Education in the Training of Professionals and the Transfer of Knowledge to Industry

Povzetek

Visokošolsko usposabljanje je proces, ki študentom omogoča pridobivanje naprednega znanja, veščin in kompetenc, potrebnih za uspešno kariero v izbranem strokovnem področju in je ključnega pomena za razvoj in napredek v industriji ter raziskavah. Temeljni cilj visokošolskega izobraževanja na področju materialov in metalurgije je usposobiti strokovnjaka, ki bo pridobil poglobljena in usmerjena znanja in veščine iz temeljnih področij metalurgije in materialov in so bistvena za številne industrijske panoge. Študij na Oddelku za materiale in metalurgijo, Naravoslovnotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani, poteka na vseh nivojih visokošolskega izobraževanja in ima najdaljšo tradicijo izobraževanja v Sloveniji na tem področju. V okviru študija poteka neposredno sodelovanje z industrijsko prakso preko seminarskih del, praktičnega usposabljanja in zaključnih del. Večina zaključnih del študentov (diplomskih, magistrskih in doktorskih disertacij) poteka preko neposrednega sodelovanja z industrijo, industrijskih in aplikativnih projektov. Tako je omogočeno zelo usmerjeno izobraževanje in usposabljanje novih strokovnjakov ter prenos znanja v industrijo. V članku bodo predstavljeni primeri dobrih praks prenosa znanja iz univerze v industrijo v okviru zaključnih del študentov.

Ključne besede: visokošolsko izobraževanje, študij materialov in metalurgije, prenos znanja v industrijo

Abstract

Higher education is a process that enables students to acquire advanced knowledge, skills, and competencies required for a successful career in a chosen professional field and is crucial for development and progress in industry and research. The fundamental goal of higher education in materials and metallurgy is to train an expert who acquires in-depth and focused knowledge and skills in the fundamental areas of metallurgy and materials that are essential to many industries. The study programs at the Department of Materials and Metallurgy of the Faculty of Natural Science and Engineering at the University of Ljubljana take place at all levels of higher education and have the longest tradition of education in this field in Slovenia. As part of the study, there is direct cooperation with industrial practice through seminar papers, practical training, and final theses. Most of the student's final theses (bachelor's, master's, and doctoral dissertations) are carried out in direct cooperation with industry, industrial, and application projects. This enables, highly focussed training and further education of new experts and the transfer of knowledge to industry. The article presents examples of best practice in knowledge transfer from university to industry in the context of students' theses.

Keywords: higher education, study of materials and metallurgy, transfer of knowledge to industry

1 Uvod

Študij materialov je ključna znanstvena panoga, ki ima velik vpliv na številna področja znanosti in tehnologije. Razumevanje lastnosti, strukture in obnašanja različnih materialov je temelj za razvoj novih tehnologij in izboljšanje obstoječih. Z razvojem novih materialov lahko povečamo učinkovitost energetskih sistemov. Na področju obnovljivih virov energije, kot so solarni paneli in baterije, so napredki v materialih ključni za izboljšanje zmogljivosti in zmanjšanje stroškov. Spoznanja na področju materialov tako neposredno vplivajo na zmanjšanje odvisnosti od fosilnih goriv in spodbujanje čiste energije. V mnogih industrijah, od gradbeništva do avtomobilske industrije, je pomembno, da materiali izpolnjujejo visoke standarde varnosti in zanesljivosti. Razumevanje lastnosti materialov in njihovih odzivov na različne obremenitve je ključno za preprečevanje napak in nesreč, kar neposredno vpliva na življenja ljudi. Z naraščajočo skrbjo za okolje postaja študij materialov še pomembnejši. Raziskave usmerjajo razvoj trajnostnih materialov, ki zmanjšujejo odpadke in porabo virov. Materiali, ki so biorazgradljivi ali reciklirani, lahko znatno zmanjšajo okoljski odtis in pripomorejo k trajnostnemu razvoju.

Strateški dokumenti EU obravnavajo materiale kot ključni del evropske industrijske, okoljske in tehnološke politike. Poudarek je na kritičnih surovinah, krožnem gospodarstvu in trajnostnih materialih, ki podpirajo digitalni in zeleni prehod. Vzpostavljena je STEP platforma (2024) strateških tehnologij za Evropo. Z njo želimo okrepiti strateško avtonomijo v zeleni in digitalni dobi in si povrniti vodilni položaj v prebojnih tehnologijah. Seznam kritičnih surovin (EU Critical Raw Materials Act, 2023) določa ključne surovine za

1 Introduction

The study of materials is an important scientific field that has an impact on many areas of science and technology. Understanding properties, structure, and behaviour of different materials is the basis for developing new technologies and improving existing ones. By developing new materials, we can increase the efficiency of energy systems. In the field of renewable energy sources, such as solar cells and batteries, advances in materials are crucial to improving performance and reducing costs. Knowledge in the field of materials has a direct impact on reducing dependence on fossil fuels and promoting clean energy. In many industries, from construction to automotive, materials must meet high safety and reliability standards. Understanding the properties of materials and how they respond to different stresses is crucial to preventing failures and accidents that directly affect people's lives. With increasing concern for the environment, the study of materials is becoming even more important. Research is aimed at developing sustainable materials that use less waste and resources. Biodegradable or recycled materials can significantly reduce the ecological footprint and contribute to sustainable development.

The EU strategy documents deal with materials as a central component of European industrial, environmental, and technology policy. The focus is on critical raw materials, the circular economy, and sustainable materials that support the digital and green transitions. The STEP Platform (2024) of strategic technologies for Europe has been established. With it, we want to strengthen strategic autonomy in the green and digital age and regain a leading position in breakthrough technologies. The list of critical raw materials (EU

evropsko industrijo (litij, kobalt, redke zemlje ipd.). Cilj dokumenta je zmanjšati odvisnost od uvoza in zagotoviti varne dobavne verige. Industrijska strategija EU (EU Industrial Strategy, 2021) poudarja inovacije pri novih materialih in zmanjšanje ogljičnega odtisa ter izpostavlja ključna področja: zelena tehnologija, baterije in polprevodniki.

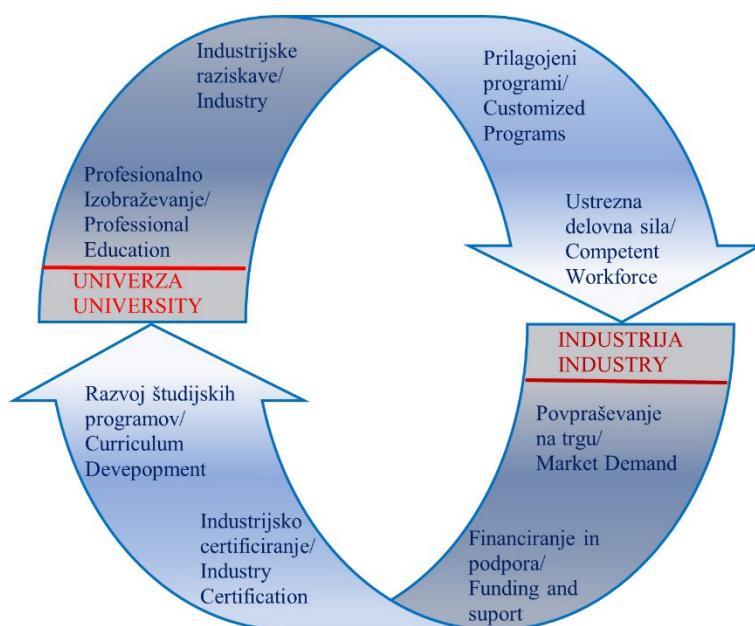
V tem članku je prikazano, zakaj je študij materialov tako pomemben in kako prispeva k napredku človeštva. Visokošolsko usposabljanje je proces, ki študentom omogoča pridobivanje naprednega znanja, veščin in kompetenc, potrebnih za uspešno kariero v izbranem strokovnem področju in je ključnega pomena za razvoj in napredek v industriji in raziskavah. Temeljni cilj visokošolskega izobraževanja na področju materialov in metalurgije je usposobiti strokovnjaka, ki bo pridobil poglobljena in usmerjena znanja in veščine iz temeljnih področij metalurgije in materialov. Ta znanja so bistvena za številne industrijske panoge kot so: metalurška, kovinsko predelovalna, avtomobilska, letalska, gradbena in druga. Strokovnjaki, ki materiale (kovinske, polimerne, keramične in sestavljene oz. kompozitne materiale) razvijajo, sočasno načrtujejo tudi tehnologije za njihovo izdelavo.

Povezanost med univerzo in industrijo (slika 1) je ključna za inovacije, konkurenčnost in razvoj znanja. Gre za sodelovanje, pri katerem akademske institucije prispevajo raziskave, strokovno znanje in izobraževanje, industrija pa ponuja praktične izkušnje, vire in možnosti za prenos znanja v prakso. Sodelovanje poteka tako na študijskem, kot tudi na raziskovalnem področju.

Critical Raw Materials Act, 2023) defines the most important raw materials for the European industry (lithium, cobalt, rare earths, etc.). The document aims to reduce import dependency and ensure secure supply chains. The EU Industrial Strategy (2021) focuses on innovation in new materials and reducing the carbon footprint and highlights the following key areas: green technology, batteries, and semiconductors.

This article shows why the study of materials is so important and how it contributes to the progress of humanity. Higher education is a process that enables students to acquire advanced knowledge, skills and competencies necessary for a successful career in their chosen professional field and is crucial for development and progress in industry and research. The fundamental goal of higher education in materials and metallurgy is to train an expert who acquires in-depth and focused knowledge and skills in the fundamental areas of metallurgy and materials that are essential to many industries such as metallurgy, metal processing, automotive, aerospace, construction and others. Professionals who develop materials (metallic, polymeric, ceramic and composite) also design the technologies for their production.

The connection between university and industry (Figure 1) is the key to innovation, competitiveness, and knowledge development. It is a collaboration in which academic institutions contribute research, expertise, and education, while industry provides practical experience, resources, and opportunities for the transfer of knowledge into practice. Collaboration takes place in both the academic and research fields.



Slika 1. Povezava univerzitetnega izobraževanja in raziskovanja z industrijsko prakso.

Figure 1. Connection of university education and research with industrial practice.

2 Formalne oblike študija materialov

Materiali igrajo ključno vlogo pri razvoju novih tehnologij. Z napredkom v študiju materialov, kot so napredni kovinski materiali, nanomateriali, keramika in kompoziti, se odpirajo nove možnosti za izdelavo lažjih, močnejših in bolj učinkovitih izdelkov. Izobraževanje s področja materialov in metalurgije obsega osnovna in nadaljevalna znanja. Osnovni cilj visokošolskega izobraževanja na področju materialov in metalurgije je podati:

- osnovna naravoslovna in tehnična znanja vključno z digitalizacijo
- mehke veščine (komunikacija, vodenje, računalništvo, itd.)
- osnovna strokovna znanja (Termodinamika materialov, Fizikalna metalurgija)

2 Formal Forms of Materials Study

Materials play a crucial role in the development of new technologies. Advances in the study of materials such as advanced metallic materials, nanomaterials, ceramics, and composites are opening new possibilities for the manufacture of lighter, stronger, and more efficient products. Education in the field of materials and metallurgy includes basic and advanced knowledge. The basic aim of higher education in the field of materials and metallurgy is to introduce:

- basic natural science and technical knowledge including digitalization
- soft skills (communication, management, computer science, etc.)
- basic professional knowledge (Thermodynamics of materials,

- strokovna znanja: Materiali (kovine in zlitine, keramika, polimeri, kompoziti (MMC), itd.) in tehnologije (proizvodnja kovin, toplotna in površinska obdelava, livarstvo, preoblikovanje kovin, varjenje, aditivne tehnologije, itd.).

Praktične veščine so pomemben del izobraževanja (laboratorijski, industrijski, projektni, diplomski, itd.) v povezavi z industrijo ter integracijo in povezovanjem pedagoškega procesa z znanstvenoraziskovalnim delom.

Študij na Oddelku za materiale in metalurgijo ima najdaljšo tradicijo v Sloveniji na področju tovrstnega študija. Vsako leto razpisuje univerzitetna študijska programa Inženirstvo materialov (1. stopnja) in Materiali in metalurgija (2. stopnja) ter visokošolski strokovni program Metalurške tehnologije (1. stopnja) ter doktorski program Znanost in inženirstvo materialov (slika 2). Študenti med študijem sodelujejo tudi pri raziskovalnih projektih, povezanih z gospodarstvom. V okviru programa Erasmus+ pa lahko en letnik ali semester opravijo tudi na eni izmed partnerskih tujih

Physical metallurgy, etc.)

- Professional knowledge: Materials (metals and alloys, ceramic, polymers, composites (MMC), etc. and Technologies (metal production, heat and surface treatment, foundry, metal forming, welding, additive technologies, etc.).

Practical skills are an important part of education (laboratory, industry, projects, thesis, etc.) in connection with industry and the integration and connection of the pedagogical process with scientific research work.

Studies at the Department of Materials and Metallurgy have the longest tradition in this field of study in Slovenia. Every year, it announces the university study programs Materials Engineering (1st level) and Materials and Metallurgy (2nd level) as well as the higher education program Metallurgical Technologies (1st level) and PhD: Materials Science and Engineering are offered (Figure 2). During their studies, students also take part in research projects related to industry. As part of the Erasmus+ program, they can also spend a year or a semester at one of the partner universities. This program allows students to gain international experience, improve their language skills, and broaden their academic and cultural horizons. At the same time, it promotes personal development and independence and improves employability in the job market.



Slika 2. Študij materialov na Oddelku za materiale in metalurgijo

Figure 2. Study of materials at the Department of Materials and Metallurgy

univerz. Ta program študentom omogoča pridobivanje mednarodnih izkušenj, izboljšanje jezikovnih spretnosti ter širjenje akademskih in kulturnih obzorij. Hkrati pa spodbuja osebni razvoj, samostojnost in povečuje zaposljivost na trgu dela.

3 Potencial za sodelovanje med izobraževalnimi ustanovami in industrijo

Potencial sodelovanja med izobraževalnimi institucijami in industrijo je velik in koristen za obe strani. Strokovnjaki iz industrije lahko obogatijo izobraževalni proces z deljenjem spoznanj iz resničnega sveta in praktičnih izkušenj (slika 3), s čimer premostijo vrzel med teorijo in aplikacijo. Skupne seminarske naloge ponujajo študentom priložnost, da se soočijo z izzivi iz resničnega sveta v sodelovanju s strokovnjaki iz industrije, spodbujajo veščine reševanja problemov in praktično znanje. Sodelovanje pri laboratorijskih vajah skupaj z izkušenimi tehniki omogoča praktično učenje s standardno industrijsko opremo. Prakse v industriji zagotavljajo intenzivne izkušnje, ki študentom omogočajo, da svoje znanje uporabijo v poklicnem okolju in zgradijo dragocene mreže (slika 4). Raziskovanje in razvoj diplomskih nalog študentom omogočata, da prispevajo k inovativnim projektom, hkrati pa pridobivajo dragocene raziskovalne izkušnje. Skupni projekti, ki vključujejo študente iz različnih strok in industrijske partnerje, spodbujajo sodelovanje in inovacije, ki odražajo dinamiko sodobnega delovnega sveta. Nazadnje, skupna prizadevanja za posodobitev raziskovalne opreme in učnih pripomočkov študentom zagotavljajo dostop do najnovejših tehnologij, ki jih pripravijo na zahteve hitro razvijajočega se industrijskega okolja. Te združene pobude

3 The potential for Collaboration Between Educational Institutions and Industry

The potential for cooperation between educational institutions and industry is great and beneficial for both sides. Industry experts can enrich the educational process by sharing real-world insights and practical experience (Figure 3), bridging the gap between theory and application. Joint seminar papers offer students the opportunity to engage with real-world challenges in collaboration with industry professionals, fostering problem-solving skills and practical knowledge. Participation in laboratory practicals alongside experienced technicians enables hands-on learning with industry-standard equipment. Industrial placements provide intensive experiences that allow students to apply their knowledge in a professional environment and build valuable networks (Figure 4). Thesis research and development allow students to contribute to innovative projects while gaining valuable research experience. Joint projects involving students from different disciplines and industry partners encourage collaboration and innovation, reflecting the dynamic nature of the modern working world. Finally, joint efforts to modernize research equipment and study aids ensure that students have access to the latest technologies to prepare them for the demands of a rapidly evolving industrial landscape. These combined initiatives create a dynamic ecosystem where education and industry are intertwined, fostering a pipeline of skilled and experienced graduates ready to contribute to innovation and economic growth. Cooperation in the field of study programs and industry also takes place through the SRIP MATPRO partnership.

Below are two examples of good practice in cooperation between industry

ustvarjajo dinamičen ekosistem, v katerem se izobraževanje in industrija prepletata ter spodbujajo nabor usposobljenih in izkušenih diplomantov, ki so pripravljeni prispevati k inovacijam ter gospodarski rasti. Sodelovanje na področju študijskih programov in industrije poteka tudi preko partnerstva SRIP MATPRO.

and educational institutions, i.e. Faculty of Natural Sciences and Engineering, Department of Materials and Metallurgy.

Example 1: A good example of cooperation between industry and the Faculty of Natural Sciences and Engineering certainly is the cooperation



Slika 3. Sodelovanje strokovnjakov iz industrije v študijskem procesu

Figure 3. Participation of industry experts in the study process



Slika 4. Študentje bogatijo študijski proces s strokovnimi ekskurzijami v industriji

Figure 4. Students enrich their study process with professional excursions in industry

V nadaljevanju sta prikazana dva primera dobre prakse sodelovanja med gospodarstvom in izobraževalnimi institucijami, to je Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za materiale in metalurgijo.

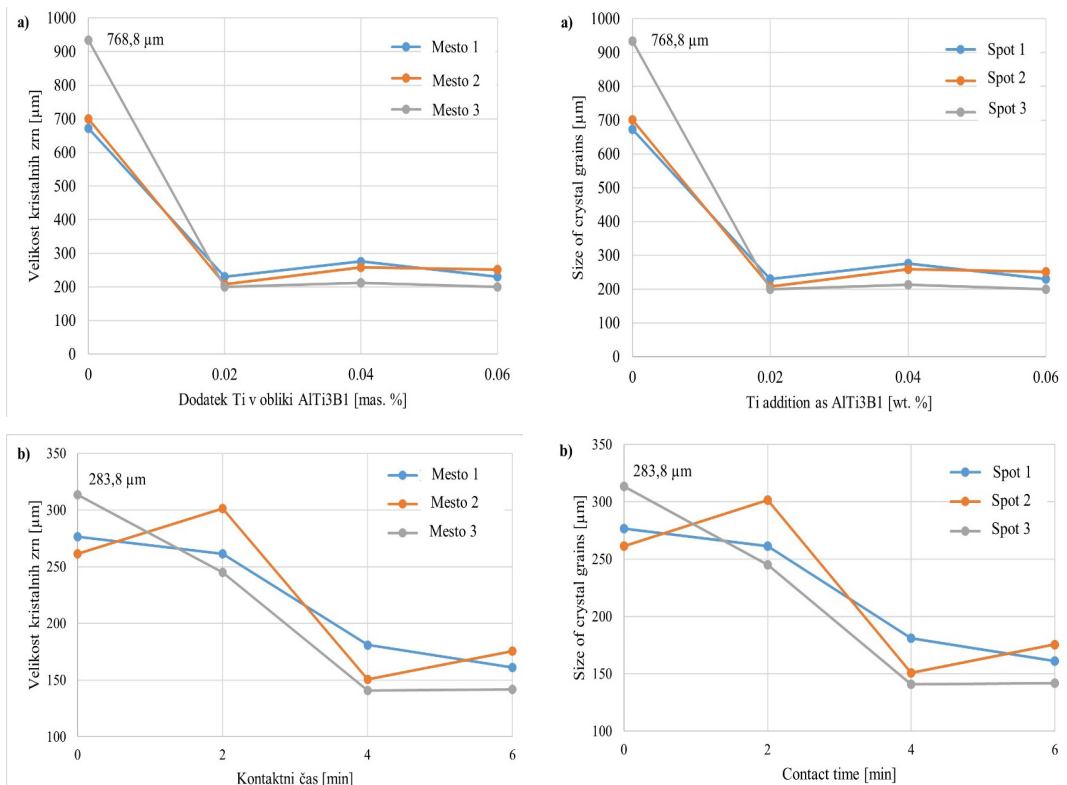
Primer 1: Dober primer sodelovanja med gospodarstvom in Naravoslovnotehniško fakulteto je zagotovo sodelovanje s podjetjem IMPOL. Naslov magistrskega dela je bil DOLOČEVANJE USTREZNEGA DODATKA UDROBNJEVALCA GLEDE NA STANJE TALINE ZLITINE EN AW-6110A.

Livarne običajno izboljšajo zrnato strukturo tako kovanih kot litih aluminijevih

with the company IMPOL. The Master thesis title was DETERMINING THE PROPER ADDITIVE OF THE GRAIN REFINER ACCORDING TO THE STATE OF ALLOY EN AW-6110A MELT.

Foundries usually refine the grain structure of both wrought and cast aluminium alloys to improve the material properties. This is usually achieved by adding master alloys or by processes such as ultrasonic machining or electromagnetic stirring.

While the addition of master alloys is usually standardised, this thesis investigated how the amount of grain refiner can be adapted to the state of the melt of the alloy ENAW-6110A. Thermal analysis and cooling curves were used to measure undercooling



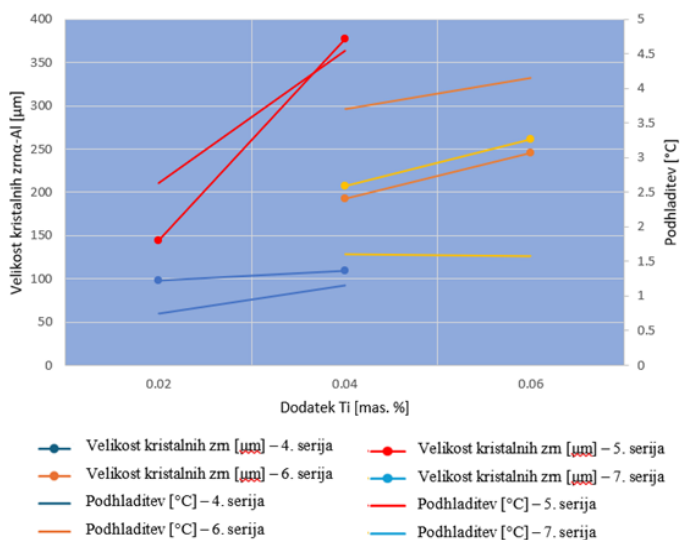
Slika 5. Vpliv dodatka Ti kot AlTi3B1 (a) in kontaktnega časa (b) na velikost kristalnih zrn⁹

Figure 5. Influence of Ti addition as AlTi3B1 (a) and contact time (b) on size of crystal grains⁹

zlitin, da bi izboljšale lastnosti materiala. To se običajno doseže z dodajanjem predzlitin ali pa s postopki, kot sta ultrazvočna obdelava ali elektromagnetno mešanje.

Medtem ko je dodajanje osnovnih zlitin običajno standardizirano, smo v tem diplomskem delu raziskali, kako je mogoče količino udobnilnega sredstva za udobnjevanje prilagoditi stanju taline

and recalescence. These measurements, together with thermodynamic calculations, differential scanning calorimetry, and microscopy with EDS analysis, contributed to the determination of characteristic temperatures and precipitates. The study had two objectives. First, the influence of undercooling and recalescence on α -Al grain size was investigated, with grain



Slika 6. Velikost kristalnih zrn α -Al in podhladitev vzorcev vlitih v jeklene merilne celice z različnimi dodatki titana⁹

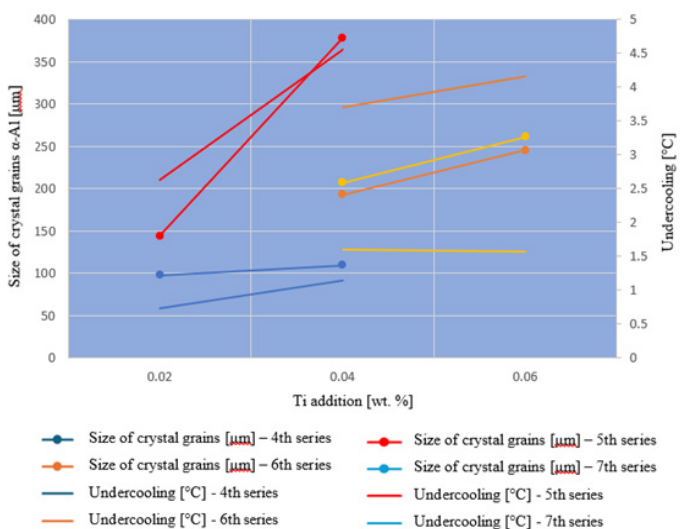


Figure 6. α -Al crystal grain size and undercooling of samples cast into steel measuring cells with different titanium additions⁹

zlitine EN AW-6110A. Termična analiza in ohlajevalne krivulje so bile uporabljene za merjenje podhladitve in rekalescence. Te meritve so skupaj s termodinamičnimi izračuni, diferenčno vrstično kalorimetrijo in mikroskopijo z analizo EDS prispevale k določitvi značilnih temperatur in izločanja. Študija je imela dva cilja. Najprej je bil raziskan vpliv podhladitve in ponovne rekalescence na velikost zrn α -Al, pri čemer je bila velikost zrn optično izmerjena v skladu s standardi ASTM. Ugotovljeno je bilo, da je podhladitev dober napovednik velikosti zrn, zato je bil razvit regresijski model, ki je pokazal močnejšo korelacijo v udrobnjenih vzorcih (slika 5). V nadaljevanju smo raziskali, ali bi manjši dodatki sredstev za udrobnitev zrn lahko dosegli podobne ali manjše velikosti zrn kot večji dodatki, pri čemer se je spet zanašala na podatke o podhladitve in rekalescenci. Rezultati so pokazali, da večji dodatki ne zagotavljajo manjših zrn; kritična dejavnika sta podhladitev in rekalescenca, ki odražata število aktivnih nukleusov. Končno je bilo analizirano razmerje med velikostjo zrn α -Al in parametrom omejitve rasti Q.

Študija je pokazala, da ima nukleacija pomembnejšo vlogo kot omejitev rasti in da lahko preveč titana povzroči aglomeracijo delcev TiB_2 , kar povzroči večja zrna α -Al (slika 6).⁹

Primer 2: Drug primer sodelovanja med gospodarstvom in Naravoslovnotehniško fakulteto je sodelovanje s podjetjem HIDRIA. Naslov magistrskega dela je bil VPLIV SPECIFIČNE POVRŠINE IN DELEŽA SEKUNDARNEGA ALUMINIJA NA KAKOVOST ZLITINE AlSi10Mg(Fe).

Aluminij, lahka neželezna kovina, se zaradi ugodnih mehanskih lastnosti pogosto uporablja takoj za jeklom. Zlitina za ulivanje AlSi10Mg je priljubljena v avtomobilskem

size measured optically according to ASTM standards. Undercooling was found to be a good predictor of grain size, and a regression model was developed that showed a stronger correlation in refined samples (Figure 5).

Secondly, the study investigated whether smaller additions of grain refining agents could achieve similar or finer grain sizes than larger additions, again relying on undercooling and rekalescence data. The results showed that larger additions do not guarantee smaller grains; undercooling and rekalescence, which reflect the number of active nuclei, are critical factors. Finally, the relationship between α -Al grain size and the growth restriction parameter Q was analysed.

The study concluded that nucleation plays a more important role than growth restriction, and that too much titanium can cause agglomeration of TiB_2 particles, resulting in larger α -Al grains (Figure 6).⁹

Example 2: Another example of cooperation between industry and the Faculty of Natural Sciences and Engineering is the collaboration with the company HIDRIA. Master thesis title was INFLUENCE OF SPECIFIC SURFACE AND AMOUNT OF RECYCLING ALUMINIUM ON AlSi10Mg(Fe) ALLOY QUALITY.

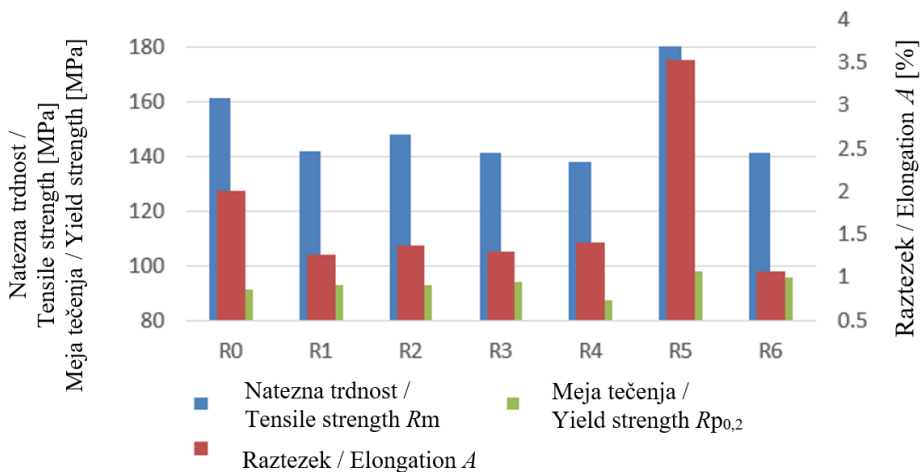
Aluminium, a light non-ferrous metal, is widely used after steel due to its favourable mechanical properties. The casting alloy AlSi10Mg is popular in the automotive sector due to its high temperature resistance and is often produced using the die casting process.

The recycling of aluminium is becoming increasingly important for environmental reasons. Recycled material, which comes from different new and old scrap with different chemical compositions, impurities



Slika 7. Krožni material z različnimi specifičnimi površinami: LSS – velika specifična površina, MSS – srednja specifična površina in SSS – majhna specifična površina²⁰

Figure 7. Circular casting with different specific surfaces: LSS – Large specific surface area, MSS – Medium specific surface area and SSS – Small specific surface area²⁰



Slika 8. Mehanske lastnosti preiskovanih vzorcev: R0 – 100 % primarni aluminij (PA), R1 – 70 % PA, 30 % LSS, R2 – 70 % PA, 30 % SSS, R3 – 70 % PA, 30 % MSS, R4 – 40 % PA, 60 % LSS, R5 – 40 % PA, 60 % SSS, R6 – 40 % PA, 60 % MSS²⁰

Figure 8. Mechanical properties of the investigated samples: R0 – 100 % primary aluminium (PA), R1 – 70 % PA, 30 % LSS, R2 – 70 % PA, 30 % SSS, R3 – 70 % PA, 30 % MSS, R4 – 40 % PA, 60 % LSS, R5 – 40 % PA, 60 % SSS, R6 – 40 % PA, 60 % MSS²⁰

sektorju zaradi svoje odpornosti na visoke temperature in se pogosto proizvaja s postopkom tlačnega litja.

Recikliranje aluminija postaja vse bolj pomembno zaradi okoljskih razlogov.

and surface areas, influences the properties of the resulting alloy.

This work investigates how the proportion of recycled material and its specific surface area affect the solidification,

Recikliran material, ki prihaja iz različnih novih in starih odpadkov z različnimi kemičnimi sestavami, nečistočami in površinami, vpliva na lastnosti nastale zlitine.

To delo raziskuje, kako delež recikliranega materiala in njegova specifična površina vplivata na strjevanje, mikrostrukturo in mehanske lastnosti zlitine AlSi10Mg(Fe).

Pregledanih je bilo sedem vzorcev z različnimi deleži primarnega in sekundarnega materiala ter specifičnimi površinami (slika 7). Ocenili smo kakovost taline, strjevanje pa raziskali s termično analizo in diferenčno vrstično kalorimetrijo. Mikrostrukturo smo pregledali z optično mikroskopijo in Thermo-Calc. Ocenjene so bile tudi mehanske lastnosti (trdota, natezna trdnost, meja tečenja in raztezek). Rezultati so pokazali, da večja specifična površina in večji delež recikliranega materiala korelirata s slabšimi mehanskimi lastnostmi (slika 8), kar lahko pripišemo izgubi elementov pri taljenju, povečani vsebnosti nečistoč in višji vsebnosti železa.

4 Zaključek

Materiali in metalurgija sta ključni znanstveni panogi za tehnološki napredek in trajnostni razvoj. Raziskave na tem področju omogočajo boljše, močnejše in bolj trajnostne izdelke, ki vplivajo na gospodarstvo, okolje in kakovost življenja. Zato so dobro izobraženi strokovnjaki na področju materialov in metalurgije nujno potrebni za napredek in razvoj področja. Od inovacij v tehnologiji do trajnostnih rešitev energetskega sistema, ta disciplina oblikuje prihodnost. Investicija v raziskave in izobraževanje na tem področju bo še naprej prinašala pomembne koristi za družbo kot celoto. S poudarkom na razvoju

microstructure, and mechanical properties of AlSi10Mg(Fe).

Seven samples with different proportions of primary and secondary material and specific surfaces were examined (Figure 7). The quality of the melt was evaluated, and solidification was investigated by thermal analysis and differential scanning calorimetry. The microstructure was examined using optical microscopy and Thermo-Calc. The mechanical properties (hardness, tensile strength, yield strength and elongation) were also evaluated. The results show that a higher specific surface area and a higher proportion of recycled material correlate with poorer mechanical properties (Figure 8), which can be attributed to the loss of elements during melting, the increased content of impurities and the higher iron content.

4 Conclusion

Materials and metallurgy are key scientific areas for technological progress and sustainable development. Research in this field enables better, stronger, and more sustainable products that have an impact on the economy, the environment, and the quality of life. Therefore, well-trained experts in the field of materials and metallurgy are essential for progress and development in this area. From innovations in technology to sustainable solutions for energy systems, this discipline is shaping the future. Investing in research and education in this field will continue to bring significant benefits to society as a whole. By focusing on developing new materials and improving existing ones, we can change the world and meet the challenges of modern times. To ensure a sufficient number of students and future professionals, the promotion of the profession at all levels is crucial. In

novih materialov in izboljšanju obstoječih lahko preoblikujemo svet in se spopademo z izzivi, ki jih prinaša sodobna doba. Za zagotavljanje dovolj velikega števila študentov in kasnejših strokovnjakov je promocija stroke na vseh nivojih ključnega pomena. V promocijo morajo biti vključeni poleg Oddelka za materiale in metalurgijo tudi podjetja s področja materialov in metalurgije ter državne institucije.

in addition to the Department of Materials and Metallurgy, companies in the materials and metallurgy sector and state institutions must also be involved in promoting the profession.

Literatura

1. Priložnost za inovativno transformacijo slovenskega gospodarstva, (2024, <https://stepslovenija.eu>)
2. Evropski akt o kritičnih surovinah, (2024), https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/green-deal-industrial-plan/european-critical-raw-materials-act_sl
3. Evropska industrijska strategija, (2023), https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-industrial-strategy_sl
4. Wang, X. Master Alloys for Grain Refinement. Encyclopedia of Aluminium and Its Alloys, 2018, vol. 1, str. 1417-1430.
5. McCartney, D. G. Grain Refining of Aluminium and Its Alloys Using Inoculants. International Materials Reviews, 1989, vol. 34, no. 1, str. 247-260.
6. Mitrašinović, A. M., Robles Hernandez, F. C. Determination of the Growth Restriction Factor and Grain Size for Aluminum Alloys by a Quasi-binary Equivalent Method. Materials Science and Engineering, 2012, vol. 540, str. 63-69.
7. Han, L., Vian, C., Song, J., Liu, Z., Han, Q., Xu, C., Shao, L. Grain refining of pure aluminium, Light metals, 2012, vol. 2012, 967 str.
8. Iban, G., Viteri, E., Montero, J., Djurdjević, M., Huber, G. The Determination of Dendrite Coherency Point Characteristics Using Three New Methods for Aluminum Alloys. Applied Sciences, 2018, vol. 8, no. 8, 1236 str.
9. Dabanovič, J. Določevanje ustreznega dodatka udrobnjevalca glede na stanje taline zlitine EN AW-6110A / Determining the proper additive of the grain refiner according to the state of alloy EN AW-6110A melt: Magistrsko delo, Ljubljana, 2020, 85 str.
10. Chen, Z., He, Z., Jie, W. Growth Restriction Effects during Solidification of Aluminium Alloys. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2009, vol. 19, no. 2, str. 410-413.
11. Taylor, J.A. Iron-containing intermetallic phases in Al-Si based casting alloys. V Procedia materials science: 11th International Congress on metallurgy & materials (str. 19-33). Brisbane: School of mechanical and mining engineering, The University of Queensland, 2012, str. 19-33.
12. Vončina, M., Mrvar, P., Medved, J. Thermodynamic analysis of AlSi10Mg alloy. RMZ - Materials and Geoenvironment, 2006, let. 52, št. 3, str. 621-633.

13. Liu, Y., L., Kang, S., B., Kim, H., W. The complex microstructures in an as-cast Al-Mg-Si alloy. *Materials Letters*, 1999, vol. 41, str. 267-272.
14. Kvande, H. Production of primary aluminium. V: *Fundamentals of aluminium metallurgy: production, processing and applications: Woodhead publishing series in metals and surface engineering*. Qatar: Qatar University, 2011, str. 49-69.
15. Zyguła, K., Nosek, B., Pasiowec, H., Szysiak, N. Mechanical properties and microstructure of AlSi10Mg alloy obtained by casting and SLM technique. *World scientific news an international scientific journal*, 2000, vol. 104, str. 456-466.
16. Cui, J., Roven, H., J. Recycling of automotive aluminum. *Transaction of nonferrous metals society of China*, 2010, vol. 20, no. 11, str. 2057-2063.
17. Totten, G., E., Mackenzie, S., D. Alloy production and materials manufacturing. *Handbook of aluminium*, 2003, vol. 2, 736 str.
18. Jerina, L., Medved, J., Godec, M., Vončina, M. Influence of the specific surface area of secondary material on the solidification process and microstructure of aluminium alloy AA7075. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 2018, vol. 132, no. 3, str. 455-462.
19. Okorn, M. Vpliv specifične površine sekundarnega aluminija na kakovost zlitine AA7075 / Influence of specific surface area of secondary aluminum on the quality of AA7075 alloy: diplomsko delo, Ljubljana, 2017, 40 str.
20. Rudolf, K. Vpliv specifične površine in deleža sekundarnega aluminija na kakovost zlitine AlSi10Mg(Fe) / Influence of specific surface and amount of recycling aluminium on AlSi10Mg(Fe) alloy quality: Magistrsko delo, Ljubljana, 2021, 64 str.

Primerjava različnih keramičnih peskov: pot (ali poti) do okolju prijazne in stroškovno ugodne livarske rešitve

Comparison of various ceramic sands: a way (or ways) to an environmentally friendly and cost-beneficial foundry solution

Povzetek

Keramični pesek je postal sestavni del livarskih postopkov. Vendar je pomembno vedeti, kako pravilno izbrati in uporabiti keramični pesek za določeno vrsto uporabe. Keramični pesek se glede na vrsto proizvodnje deli v dve glavni skupini, in sicer na sintrani in taljeni. Različne vrste proizvodnje prinašajo različne lastnosti keramičnega peska, s tem pa se razlikujejo tudi možnosti njegove uporabe v livarski industriji. Ker so keramični peski umetno izdelani, je treba posebno pozornost nameniti njihovi kemijski sestavi in vsebnosti nečistoč. Glavne nečistoče v keramičnem pesku so oksidi železa in titana, ki najbolj vplivajo na manjšo ognjevzdržnost, poslabšanje lastnosti in možnost ponovne uporabe v livarskem proizvodnem procesu.

Ena glavnih prednosti keramičnega peska je nedvomno majhen toplotni raztezek, ki je skoraj nič. To obnašanje omogoča uporabo keramičnega peska za izdelavo zelo tankih in dolgih kanalnih jeder, medtem ko večina drugih peščenih jeder počasi in ustvari napake, ki jih je težko odpraviti. Jasno je, da ima kremenčev pesek največji toplotni raztezek, ki je povezan z raztežkom kremenca, vendar ima taljeni keramični pesek večjo nagnjenost k deformaciji kot sintrani pesek. Razlog za večjo stabilnost sintranega peska je povezan z manjšo toplotno prevodnostjo in bolj hrapavo površino zrn peska, zato lahko smola dlje časa ohranja odpornost v vročem stanju kot pri taljenem keramičnem pesku, ki ima večjo toplotno prevodnost in steklasto površino in smola hitreje izgori, jedro pa izgubi odpornost v vročem stanju, kar povzroči njegovo deformacijo.

Taljeni keramični pesek je cenjen zaradi majhnih potreb po odmerjanju veziva. Ta lastnost je posledica steklaste površine in oblike zrna, ki je blizu popolne krogle in ima tako najmanjšo možno površino. Zaradi steklaste površine ima taljeni keramični pesek manjšo vpojnost veziva v primerjavi s sintranim keramičnim peskom, katerega površina je hrapava in ima veliko izboklin. Steklasta površina in večja toplotna prevodnost taljenega keramičnega peska pa vplivata na manjšo termostabilnost mešanic iz taljenega keramičnega peska. Taljeni keramični pesek je približno 20 % gostejši od sintranega keramičnega peska in kremenčevega peska, zato pri fiksnem masnem deležu veziva taljeni keramični pesek porabi 20 % več veziva.

Za učinkovito uporabo keramičnega peska si morajo livarne po najboljših močeh prizadevati za regeneracijo materiala zaradi njegove visoke trpežnosti, saj pri uporabi namesto keramičnega kremenčevega peska v livarni zdrži več kot 10-krat dlje. Zamenjava kremenčevega peska s keramičnim peskom pomaga livarnam znatno zmanjšati vsebnost vdihljivega kristalnega silicijevega dioksida, zmanjšati nakup novega peska na najnižjo potrebno količino ter močno zmanjšati odlaganje uporabljenega peska in prahu. Keramični

pesek ima poleg vseh prednosti zaradi večje učinkovitosti, tudi okoljske in celo ekonomske prednosti v primerjavi z običajno uporabo kremenčevega peska, saj omogoča večkratno uporabo.

Ključne besede: keramični pesek, sintrani pesek, taljeni pesek, toplotna razteznost, regeneracija

Abstract

Ceramic sands have become an integral part of foundry processes. However, knowing how to choose and use ceramic sand correctly for a specific application is important. Ceramic sands are divided into two main groups according to the type of production, namely sintered and fused. Different types of production bring different properties of ceramic sands and the possibilities of its use in the foundry industry will also differ. Because ceramic sands are artificially made, concerted attention should be given to their chemical composition and content of impurities. Major impurities in ceramic sands are oxides of iron and titanium which have the biggest impact on lowering refractoriness, deterioration, and the possibility of repeated use in the foundry production process.

One of the main advantages of ceramic sand is undoubtedly the low thermal expansion, almost zero. This behavior allows the use of ceramic sands to produce very thin and long channel cores where most of the other sand cores crack and create defects that are difficult to repair. It's clear that silica sand has the highest thermal expansion connected with quartz expansion, however, fused ceramic sands have a higher inclination to be deformed than sintered sand. The reason sintered sand is more stable is correlated with low thermal conductivity and rougher sand grain surface so the resin can maintain hot strengths longer than fused ceramic sands which have a higher thermal conductivity and with a glassy surface the resin burns out faster reducing the core hot strength which leads to deformation of the core.

Fused ceramic sands are valued due to the low requirement for binder dosage. This property is due to the glassy surface and shape of the grain, which is close to a perfect sphere and thus has the smallest possible surface area. Due to the glassy surface, fused ceramic sands have a lower absorbency of the binder compared to sintered ceramic sands, where the surface is rough and has many protrusions. However, the glassy surface of fused ceramic sands and the higher heat conductivity of these sands lead to lower thermostability of mixtures made by fused ceramic sands. Fused ceramic sands are about 20% denser than sintered ceramic sand and silica sand, so when binder wt % is fixed, fused ceramic sand uses 20% more binder.

To effectively use Ceramic sand, foundries should do their best to recover and reclaim the material due to its high durability, when used in place of silica ceramic sand lasts more than 10 times longer in the foundry. Replacement of silica sand with ceramic sand helps foundries considerably reduce levels of respirable crystalline silica, reduce the purchase of new sand to a minimum, and significantly reduce disposal of used sand and dust. Together with all the performance benefits of ceramic sand, its repeated use is environmentally and even economically beneficial compared to the conventional use of silica sand.

Keywords: Ceramic sand, sintered sand, fused sand, thermal expansion, reclamation

1 Uvod in razlaga umetnih keramičnih peskov

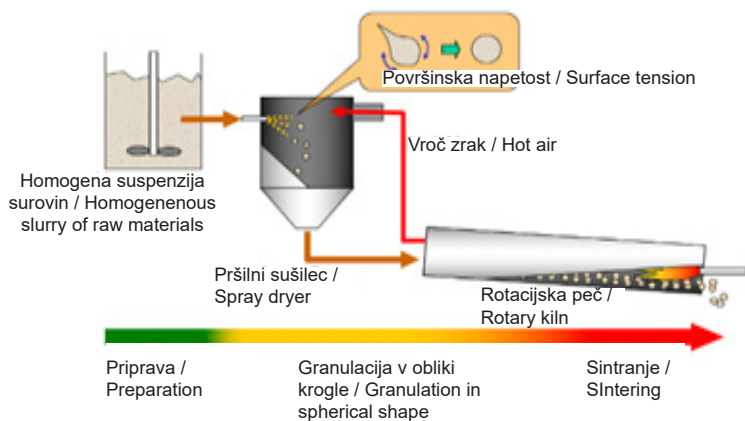
V svetovnem livarstvu se uporablja več vrst umetnih keramičnih peskov, katerih glavna sestavina je aluminijev oksid. Ti keramični peski se razlikujejo glede na surovino in način proizvodnje. Najpogostejša proizvodna postopka sta sintranje in taljenje (Slika 1 in Slika 2).

Pri teh dveh načinih pridobivanja nastajajo popolnoma različne vrste peska, njuna skupna značilnost pa je velika sferičnost zrn. Medtem ko imajo sintrani peski hrapavo površino, kot jo lahko vidimo v keramičnih izdelkih, je za taljene peske značilna gladkost, primerljiva s stekleno površino (Preglednica 1). Taljeni pesek ima stekleno strukturo, ker se talina surovin pred kristalizacijo ohladi in strdi. To pomeni,

1 Introduction and explanation of artificial ceramic sands

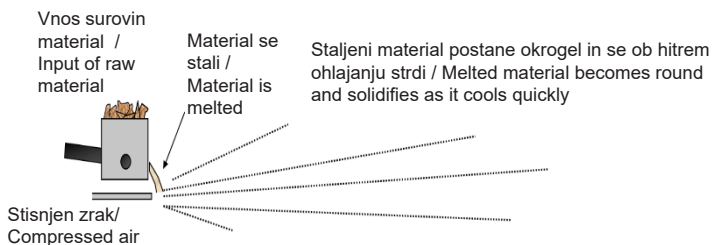
Foundry World uses several types of artificial ceramic sands which have as the main compound alumina oxide. These ceramic sands differ according to the raw material and method of production. The most common production processes are sintering and fusion (Fig. 1 and Fig. 2).

These two production methods produce completely different types of sand, however, they have in common the high sphericity of the grains. While sintered sands have a rough surface as you can see in ceramic handicrafts, fused sands are characterized by a smooth surface comparable to the glass surface (Table 1). Fused sand has a glass structure because its melt of raw material is quenched and solidified before crystallization. This means the properties



Slika 1. Eden od proizvodnih postopkov sintranega keramičnega peska

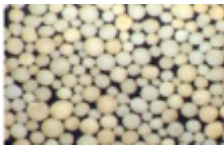
Figure 1. The one of production processes of sintered ceramic sand



Slika 2. Proizvodni postopek peščenega keramičnega peska

Figure 2. The production process of fused sand ceramic sand

Preglednica 1. Proizvodni proces sintranih in taljenih keramičnih peskov**Table 1.** The production process of sintered and fused ceramic sands

Pesek	Surovine	Priprava surovin	Oblikovanje	Sintranje
Sintran keramični pesek / Sintered ceramic sand 	Glina + čisti aluminijev oksid / Clay + Pure Alumina	Mletje in mešanje v tekoči obliki / Grind & blended in liquid form  Nadzorovana kemijska sestava in nečistoče / Controlled chemical composition & impurities	Razpršeno v tekoči obliki / Sprayed in liquid form	Sintrano v rotacijski peči pri temp. 3000 F / Sintered with rotary klin at 3000 F  Kristali mulita (stabilni) / Mullite crystals (stable)
Taljeni keramični pesek / Fused ceramic sand 	Kateri koli črni skrilavec, glina ali boksit / Any of Aluminous shale, clay, or bauxite (Al: 70–80 %)	Staljeno z elektrodami / Melted with electrodes  Vsebnost nečistoč je odvisna od surovine / Content of impurities depends on raw material	Razpršeno v obliki taline / Sprayed in melt form	Brez procesa sintranja / No sintering process  Ni kristalizirano / Not crystallized

da se lahko lastnosti taljenega peska spremenijo, ko se zaradi toplote kristalizira.

Pri opazovanju ognjevzdržnosti z metodo Segerjevega stožca v številnih primerih sintrani in taljeni pesek v teh specifikacijskih listih kažeta podobne vrednosti. Vendar je treba ognjevzdržnosti peskov oceniti glede na to, kako peski prenašajo taljenje pri visokih temperaturah. Razmerje presejanja v preglednici 2 kaže, da je imel sintrani keramični pesek večjo odpornost proti taljenju.

Po drugi strani pa je zaradi številnih nečistoč, ki jih vsebujejo taljeni peski, njihovo razmerje presejanja kljub višji vsebnosti aluminijevega oksida nižje kot pri sintranih peskih, pri katerih sta kemijska sestava sintranega peska in vsebnost nečistoč nadzorovani. Glavni nečistoči, ki najbolj vplivata na ognjevzdržnost, sta železov oksid in titanov oksid. Ko kristalizacija med vlivanjem napreduje, je vpliv nečistoč večji, kot je razvidno iz preglednice 2. To se ne more zgoditi pri sintranem keramičnem pesku, saj se kristalizacija zaključi med proizvodnim procesom, sintrani keramični pesek pa je sestavljen iz kristalov mulita.

of fused sand can change when it receives heat to crystallize.

Observing refractoriness by the Seger cone method, in many cases, sintered sand, and fused sand show similar values in these specification sheets. However, the refractoriness of sands should be evaluated on how the sands withstand fusing under high temperatures. The sieving ratio in Table 2 indicates how sintered ceramic sand had a higher resistance to fusion.

On the other hand, due to many impurities contained in fused sands, their sieving ratio, despite the higher content of alumina oxide is lower than sintered sands, where the sintered sand's chemical composition and level of impurities are controlled. The main impurities with the highest impact on the refractoriness are iron oxide and titanium oxide. When the crystallization progresses during the pouring of casting, the influence of impurities becomes higher, as you can see in Table 2. This cannot happen to the sintered ceramic sand because crystallization is completed during the production process, and sintered ceramic sand consists of mullite crystals.

Preglednica 2. Kemijska sestava in razmerje sejanja sintranih in taljenih keramičnih peskov.

Table 2. Chemical composition and sieve ratio of sintered and fused ceramic sands.

		Sintran keramični pesek / Sintered ceramic sand	Taljeni keramični pesek 1 / Fused ceramic sand 1	Taljeni keramični pesek 2 / Fused ceramic sand 2	Taljeni keramični pesek 3 / Fused ceramic sand 3	Taljeni keramični pesek 4 / Fused ceramic sand 4	Taljeni keramični pesek 5 / Fused ceramic sand 5
Kemijska sestava % / Chemical composition %	SiO ₂	36,49	20,35	16,96	19,72	32,88	55,38
	Al ₂ O ₃	60,73	71,02	76,99	73,01	61,29	5,66
	Fe ₂ O ₃	1,14	2,67	1,66	1,82	1,28	7,27
	TiO ₃	0,44	3,11	3,09	2,94	2,59	0,04
	CaO	0,21	0,37	0,25	0,3	0,66	4,85
	MgO	0,08	0,32	0,03	0,08	0,08	21,96
	K ₂ O	0,13	1	0,21	1,11	0,2	0,1
	Na ₂ O	0,23	0,11	Tr.	Tr.	0,1	0,16
	P ₂ O ₅	0,31	0,08	0,07	0,06	0,14	Tr.
	ZrO	—	—	—	—	—	—
Skupaj / Total		99,76	99,03	99,26	99,04	99,22	95,42
AFS GFN		86,1	74,7	76,7	85,15	80,65	58,83
Razmerje presejanja % 1. 30 minut segrevanja pri 1600 °C (2900 °F) 2. Presejano z mrežo velikosti 6 3. Izmerjen % zm, ki so prestala Sieving ratio % 1. Heated at 1600 °C (2900 F) for 30 minutes 2. Sieved with 6 mesh 3. Measured % of grains that had passed	Novo (ni segrevano) / New (not heated)						
	Enkrat segrevano / Heated once	98,5 	18,7 	Popolnoma stalj. / Completely fused 	54,5 	97 	Popolnoma stalj. / Completely fused
	Dvakrat segrevano / Heated twice	97,0 (98,5) 	Popolnoma stalj. / Completely fused 		47,9 (87,9) 	85,3 (87,9) 	
	Trikrat segrevano / Heated three times	96,5 (99,5) 			46,9 (97,8) 	79,6 (93,3) 	
	Skupaj / Total % (Vsako sejanje / Each sieving v %) Mikrosk. slika / Microsc. SEM image						

Manjša ognjevdržnost taljenega peska je razvidna iz diagrama 1, ki prikazuje rezultate večkratnega segrevanja in mirovanja pri temperaturi 1600 °C v treh ciklih. Večina taljenih peskov takoj po prvem ciklu segrevanja začne izgubljati ognjevdržnost, to poslabšanje pa se nadaljuje v naslednjih ciklih segrevanja. Nasprotno pa je v sintranem pesku ognjevdržnost stabilna in se ne poslabša.

Lower refractoriness of fused sands is visible in Diagram 1. which shows the results of repeated heating and standing at a temperature of 1600°C for 3 cycles. Most fused sands immediately after the first heating cycle starts losing refractoriness and this deterioration continues in the following heating cycles. In contrast, however, in sintered sand, the refractoriness is stable and does not deteriorate.

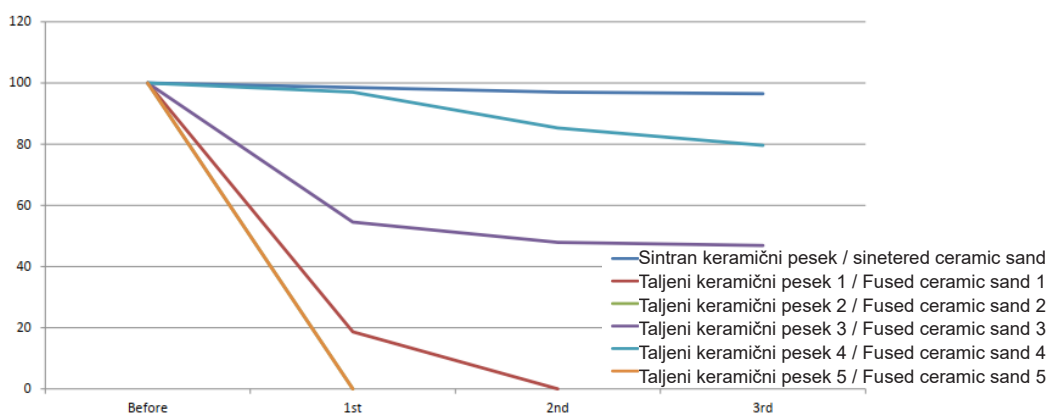


Diagram 1. Razmerje presejanja po več ciklih segrevanja

Diagram 1. Sieve ratio after several heating cycles

2 Načini Uporabe Keramičnih Peskov

V evropskih državah večina livarn uporablja keramične peske za izdelavo notranjih in kompleksnih jeder, medtem ko je zmogljivost drugih naravnih peskov nezadostna. Ena največjih prednosti keramičnih peskov je poleg visoke ognjevdzdržnosti tudi nizka toplotna razteznost, ki je skoraj nič. To obnašanje omogoča uporabo keramičnega peska za izdelavo zelo tankih in dolgih kanalnih jeder, medtem ko večina drugih peščenih jeder poči in ustvari napake, ki jih je težko odpraviti (Slika 3).

Jasno je, da ima kremenčev pesek največji toplotni raztezek, ki je povezan z raztezkom kremenca, vendar ima tudi taljeni pesek večjo nagnjenost k deformaciji kot sintran pesek. Razlog je v korelaciji med manjšo toplotno prevodnostjo sintranega peska in bolj grobo površino zrn peska, zato lahko smola dlje časa ohranja odpornost v vročem stanju kot pri taljenem keramičnem pesku, ki ima steklasto površino in s tem hitrejšo izgorevanje smole.

2 Ways to Use Ceramic Sands

In European countries, most foundries use ceramic sands to produce inner and complex cores whereas performance of other natural sands is not sufficient. One of the biggest benefits of ceramic sands except the high refractoriness is a low thermal expansion which is almost zero. This behavior allows ceramic sands to produce extremely thin and long channel cores whereas most of the other sand cores crack and create defects that are difficult to repair (Fig. 3).

It's clear that silica sand has the highest thermal expansion connected with quartz expansion, however, fused sand is more prone to deformation than sintered sand. The reason why, is due to sintered sand's correlation of lower thermal conductivity and rougher sand grain surfaces so the resin can hold hot strengths longer than fused ceramic sand, which has a glassy surface and faster resin burnout.

Jedro iz / Core made from	Deformacija / Warpage (mm)	Presek / Cross section
Sintran keramični pesek / Sintered ceramic sand	3,5	
Taljeni keramični pesek / Fused ceramic sand	12,9	
Kremenčev pesek / Silica sand	13,0	

Slika 3. Vpliv toplotnega raztezanja na deformacijo jedra

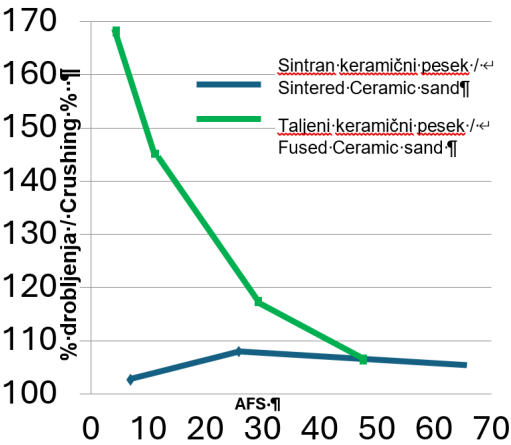
Figure 3. Influence of thermal expansion on deformation of the core

3 Keramični pesek, okolju prijazna in stroškovno ugodna rešitev za livarstvo

Za številne evropske livarne, ki uporabljajo kremenčev pesek je še vedno primerna le preprosta mehanska regeneracija peska, pri katerem se grude peska razbijejo na

3 Ceramic sand, an environmentally friendly and cost-beneficial foundry solution.

For many European foundries using silica sand using only a simple mechanical reclamation is still suitable where sand lumps are broken down to particles and dust removed during this reclamation process as shown in Figure 4 on the left side. This method is possible when the purchasing price of new sand and disposal sand is low and weak regulations from the local government. Sintered ceramic sand is a very durable material, which allows long-lasting usage in the foundry system, usually more than 10 times longer than silica sand. Together with the use of mechanical hard attrition reclamation or thermal reclamation

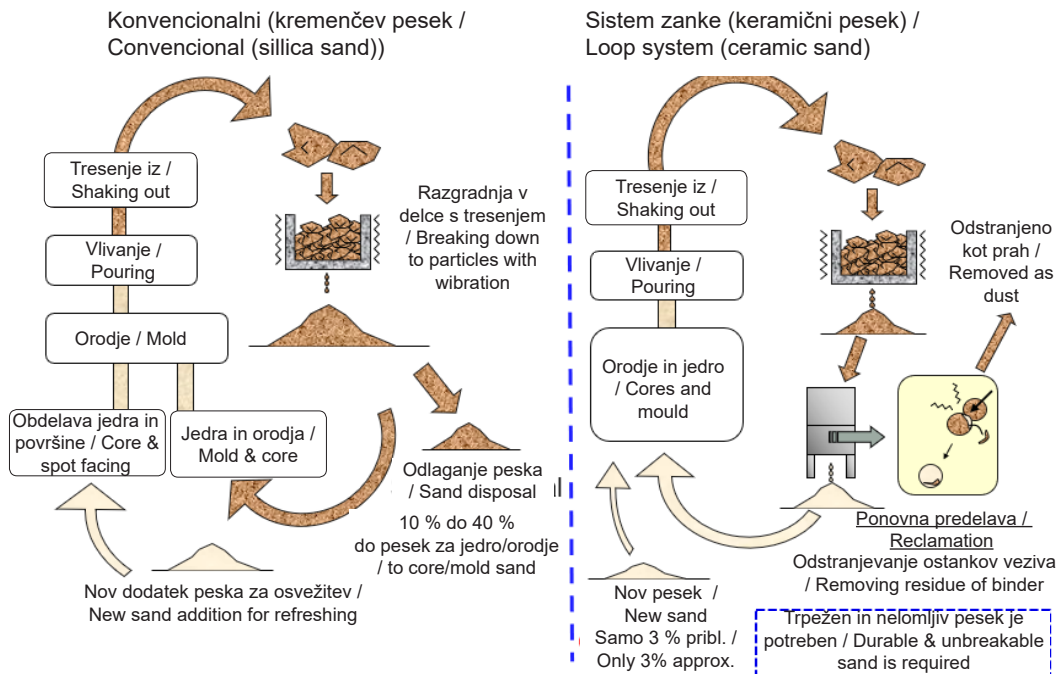


Preglednica 3. Razmerje drobljenja
Table 3. Crushing ratio

delce, prah pa se med procesom odstrani, kot je prikazano na sliki 4 na levi strani. Ta metoda je mogoča, kadar je nabavna cena novega peska in peska za odlaganje nizka in so predpisi lokalnih oblasti šibki. Sintrani keramični pesek je zelo trpežen material, ki omogoča dolgotrajno uporabo v livarskem sistemu, navadno več kot 10-krat daljšo kot kremenčev pesek. Skupaj z uporabo mehanske regeneracije s trdim drobljenjem ali termične regeneracije, ki jo lahko vidite na sliki 4 na desni strani, je lahko stopnja regeneracije med 97 in 99,5 %, če se uporablja postopek z organskim vezivom, v primerjavi s kremenčevim peskom, katerega tipična stopnja regeneracije je med 60 in 90 %. Zaradi visoke trpežnosti zrna sintranega keramičnega peska niso krhka, med ponovnim pridobivanjem pa se površina zrn gladi v primerjavi z zrni

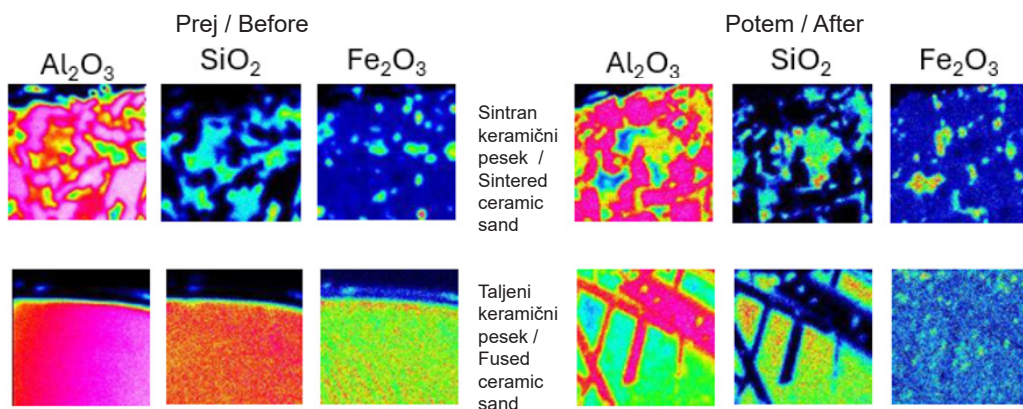
that you can see in Figure 4 on the right side, the reclamation rate could be in the range of 97 - 99,5% when the organic binder is used compared to silica sand with a typical reclamation rate in the range of 60 - 90%. Due to high durability, sintered ceramic sand grains are not brittle, and during reclamation the surface of the grains is polished compared to fused ceramic sand grains where mainly coarser grains are crushed and go to the dust collector. This behavior is shown in Table 3 where you can see the results of mechanical attrition at the ball mill.

Fused ceramic sand after heat exposure mainly when casting steel parts starts the crystallization of glass on the surface of the sand grains compared to sintered ceramic sands where crystallization was previously done during the production phase (Figure



Slika 4. Shema regeneracije za kremenčev pesek in keramični pesek.

Figure 4. Scheme of reclamation for silica sand and ceramic sand.



Slika 5. Primerjava kristalizacije nečistoč po toplotni izpostavljenosti med sintranim keramičnim peskom in taljenim keramičnim peskom

Figure 5. Comparison of crystallization of impurities after heat exposure between sintered ceramic sand and fused ceramic sand

taljenega keramičnega peska, pri katerih se zdrobijo predvsem bolj groba zrna in gredo v zbiralnik prahu. To obnašanje je prikazano v preglednici 3 skupaj z rezultati mehanskega drobljenja v krogljčnem mlinu.

Taljeni keramični pesek po toplotni izpostavljenosti predvsem pri litju jeklenih delov začne steklasta faza kristalizirati na površini peščenih zrn v primerjavi s sintranim keramičnim peskom, kjer je kristalizacija potekala že v fazi proizvodnje (slika 5). Takšno obnašanje taljenega keramičnega peska vodi v postopno slabšanje zmogljivosti, kar vpliva na slabšo kakovost ulitih delov.

Kot je navedeno zgoraj, je čas keramičnega peska v sistemu v primerjavi s kremenčevim peskom več kot 10-krat daljši, zato lahko livarne bistveno zmanjšajo nabavo novega in odlaganje rabljenega peska. Prah kristalnega silicijevega dioksida naj bi povzročal silikozo in pljučnega raka. Keramični pesek pa znatno zmanjša vsebnost vdihljivega kristalnega silicijevega dioksida in tako izboljša delovno okolje.

Evropske države so določile mejne vrednosti za kristalni silicijev dioksid, ki

5). This behavior of fused ceramic sand leads to the gradual degradation of performance, with the effect of lower quality of casted parts.

As written above, compared to silica sand, ceramic sand lasts more than 10 times longer in the system, so foundries can significantly reduce the purchase of new and disposal of used sand. Crystalline silica dust is considered to cause silicosis disease and lung cancer. However, Ceramic sand will significantly reduce the respirable crystalline dust, to improve the working environment. European countries have set limits for respirable crystalline silica in the range of 10-100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Keeping the foundry work environment below those limits while still using silica sand is barely achievable and relates to massive investments in dust extraction with uncertain results. The ceramic sands contain negligibly values of respirable crystalline, as you can see in Table 4 and Table 5, so foundries that adopted ceramic sand have passed the inspection from our experiences, securing a safe working environment for the workers in the foundry and reducing the risk of

Preglednica 4. Koncentracija vdihljivega prahu v livarni samo s sintranim keramičnim peskom (ZDA)**Table 4.** The concentration of respirable dust at the foundry using only sintered ceramic sand (U.S.)

Delovna naloga / Job Task	Skupna koncentracija vdihljivega prahu / Total Respirable Dust Concentration (mg/m ³)	Koncentracija vdihljivega silicijevega dioksida / Respirable Silica Concentration (µg/m ³)	Mejna vrednost silicijevega dioksida, ki ga je mogoče vdihniti / Limit of Respirable silica (µg/m ³)
Pregled kakovosti / Quality inspection	0,2	4,7	50
Vlivanje / Molding	0,26	11	

Preglednica 5. Koncentracija vdihljivega prahu v livarni samo s sintranim keramičnim peskom (Španija)**Table 5.** The concentration of respirable dust at the foundry using only sintered ceramic sand (Spain)

Delovna naloga / Job Task	Skupna koncentracija vdihljivega prahu / Total Respirable Dust Concentration (mg/m ³)	Koncentracija vdihljivega silicijevega dioksida / Respirable Silica Concentration (µg/m ³)	Mejna vrednost silicijevega dioksida, ki ga je mogoče vdihniti / Limit of Respirable silica (µg/m ³)
Območje vlivanja / Molding area	0,003	4	10
Območje stresanja / Shake out area	0,005	4	
Obrat za čiščenje / Cleaning shop	0,011	5	

ga je mogoče vdihniti, v razponu od 10 do 100 µg/m³. Ohranjanje delovnega okolja v livarni pod temi mejnimi vrednostmi ob hkratni uporabi kremenčevega peska je komaj dosegljivo in je povezano z velikimi naložbami v odsesavanje prahu z negotovimi rezultati. Keramični pesek vsebuje zanemarljive vrednosti vdihljive kristalne faze, kot je razvidno iz preglednic 4 in 5, zato so livarne, ki so prevzele uporabo keramičnega peska, po naših izkušnjah uspešno opravile inšpekcijski pregled, kar zagotavlja varno delovno okolje za delavce v livarni ter zmanjšuje tveganje kazni in sodnih postopkov za vodstvo in lastnike livarne.

4 Zaključek

Zaradi skoraj ničelnega toplotnega raztezanja in visoke ognjevarnosti

penalties and court cases for foundry management and owners.

4 Conclusion

Sintered ceramic sands can in some cases help to significantly reduce the usage of refractory wash coating due to almost zero thermal expansion and high refractoriness. This behavior together with higher flowability and compactibility improves the thermostability of the cores and molds during casting and reduces metal penetration into the surface layer of sand. Reduction of refractory wash coating has a positive impact on the working environment at the production site and cost beneficially not only by reduction of refractory wash coating itself but also reduction of demand for labor.

lahko sintrani keramični peski v nekaterih primerih pomagajo znatno zmanjšati uporabo ognjevzdržnih livarskih premazov. To obnašanje skupaj z večjo sipkostjo in zgoščenostjo izboljša termostabilnost jeder in form med litjem ter zmanjša prodiranje taline v površinski sloj peska. Zmanjšanje ognjevzdržnega premaza pozitivno vpliva na delovno okolje na proizvodni lokaciji in je stroškovno ugodno ne le zaradi zmanjšanja samega ognjevzdržnega premaza, temveč tudi zaradi zmanjšanja potreb po delovni sili.

Izboljšana kakovost površine ulitkov zmanjša stroške njihove dodelave, kar vključuje peskanje, brušenje in varjenje ulitkov. Ti postopki dodelave porabijo veliko energije in zahtevajo večje stroške dela, zato lahko že majhno zmanjšanje v tem delu proizvodnega cikla izboljša stroškovno shemo celotnega proizvodnega procesa.

Keramični peski z vsemi zgoraj navedenimi lastnostmi izboljšujejo vpliv na okolje pri proizvodnji ulitkov in zdravje ljudi. Ob uporabi ustreznega postopka regeneracije so skupni proizvodni stroški nižji kot pri ulitkih, izdelanih s formami in jedri iz kremenčevega peska. Taljeni keramični pesek ima v primerjavi s sintranim keramičnim peskom nestabilno delovanje v livarni zaradi kristalizacije steklaste faze v zrnih peska in površinske napetosti po toplotni izpostavljenosti, zaradi česar mora livarna povečati količino novega dodanega peska. Sintran keramični pesek ima po več ciklih celo boljše lastnosti kot novi, saj se nekatere izbokline na površini zgladijo in površina se zmanjša, kar pomeni manjšo količino potrebne smole.

Ko se livarna odloči za uporabo umetnih keramičnih peskov, mora najprej razumeti vse ključne parametre teh izdelkov, saj ji lahko pomagajo odpraviti številne težave v proizvodnem procesu.

The improved surface quality of castings reduces the finishing cost of casting which consists of shot blasting, grinding, and welding of castings. These finishing processes consume high energy and labor costs so even a small reduction at this part of the production cycle can improve cost calculation of the total production process.

With all the characteristics mentioned above, ceramic sands improve the environmental impact on the production of castings and human health. With the use of proper reclamation, the total production costs are lower than castings made with silica sand molds and cores. Fused ceramic sand compared to sintered ceramic sand has unstable performance in the foundry due to the crystallization of glass in the sand grains and surface tension after heat exposition which forces the foundry to increase the volume of new replenishing sand. Sintered ceramic sand has after several cycles even better characteristics than new ones because some of the protrusions at the surface are polished and surface area decreases, which leads to a reduction of resin.

When a foundry decides to use any artificial ceramic sands, it should understand all the key parameters of these products in the first place, because they can help the foundry to solve many issues within the production process.

References

- M. Matsubara, JACT Technical report No. 14-27, (2003)
- M. Matsubara, JACT 2001 Autumn Congress, (2001)
- <https://www.itc-cera.co.jp/english/prod/index.html>
- Internal results of investigation at Itochu Ceratech Corporation

AKTUALNO / CURRENT

Kazalnik razpoloženja evropske livarske industrije v januarju 2025

V januarju 2025 je kazalnik razpoloženja evropske livarske industrije (FISI) narasel na **91,3 indeksne točke**, kar predstavlja izboljšanje v primerjavi z decembrsko vrednostjo **89,0**. Ta porast nakazuje na skromno izboljšanje v obetih za industrijo, saj se kazalnik približuje nevtralni meji **100 indeksnih točk**. To izboljšanje je deloma posledica pozitivnih pričakovanj za drugo polovico leta 2025, saj podjetja pričakujejo morebitno rast in stabilizacijo povpraševanja.

Stabilizacija v proizvodnem sektorju evroobmočja

Najnovejši podatki kažejo znake stabilizacije v proizvodnem sektorju evroobmočja. **Indeks nabavnih menedžerjev (PMI)** za proizvodnjo v evroobmočju se je januarja zvišal na **46,6** (decembra je znašal **45,1**), s čimer se približuje meji **50 točk**.

To izboljšanje pripisujemo več dejavnikom:

- Podjetja kljubujejo rastočim stroškom in morebitnim novim carinam iz ZDA.
- Povečanje novih naročil, ki so januarja dosegla **osem-mesečni vrh**.
- **Evropska centralna banka (ECB)** je z nedavno znižanjem obrestnih mer olajšala pogoje poslovanja, pri čemer obstaja možnost nadaljnjega zniževanja obrestnih mer, kar bi dodatno spodbudilo gospodarstvo.
- **Poslovna samozavest** je dosegla najvišjo raven v skoraj treh letih, kar kaže na večji optimizem glede prihodnjih razmer.

Energetski stroški in odziv livarn

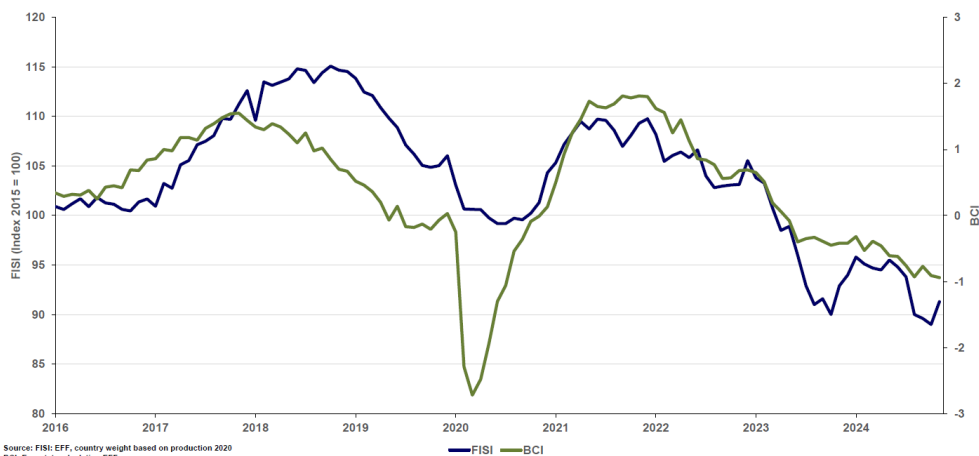
- **Cene energije** so se v primerjavi z najvišjimi vrednostmi nekoliko umirile, kar je zmanjšalo stroškovni pritisk na livarne.
- Kljub temu ostajajo visoki **stroški omrežnin**, inflacijski pritiski pa še naprej vplivajo na stroškovno učinkovitost.
- Livarne se odzivajo z **prilagoditvami dobavnih verig** in uvajanjem bolj odpornih strategij za zmanjšanje tveganj, povezanih z nestanovitnimi cenami energije in geopolitičnimi negotovostmi.

Pogled naprej – previden optimizem za leto 2025

Obstaja previden optimizem za drugo polovico leta 2025. Stabilizacija proizvodnih dejavnosti in možnost dodatnih ukrepov za spodbujanje gospodarstva prispevata k bolj pozitivnim obetom. Čeprav izzivi ostajajo, industrija se pripravlja na izkoriščanje novih priložnosti in pričakuje rast v drugi polovici leta.



European Foundry Industry Sentiment Indicator (FISI) and Business Climate Indicator Euro Area (BCI) January 2025



Kazalnik poslovne klime (BCI):

V januarju 2025 je kazalnik poslovne klime (BCI) zabeležil rahel padec, saj se je znižal z **-0,91** (december) na **-0,94** indeksne točke. Ta upad odraža nadaljnjo previdnost med evropskimi podjetji, zlasti v proizvodnem sektorju, ki se še naprej sooča z:

- visokimi stroški energije,
- zmanjšanim povpraševanjem potrošnikov.

Znaki okrevanja in napovedi:

Kljub trenutnim izzivom obstajajo znaki previdnega optimizma:

- **BDP evroobmočja** naj bi v letu 2025 dosegel **+1,0 %**, kar je več kot **+0,7 %** na leto 2024.
- Čeprav se je BCI nekoliko znižal, obstaja možnost okrevanja v prihodnjih mesecih, ko se bodo podjetja prilagodila spreminjajočemu se gospodarskemu okolju.

Več informacij na www-caef.eu in CAEF LinkedIn.

Kontakt:

Johannes Kappes

CAEF – Evropsko združenje livarjev

Sekretar komisije za ekonomijo in statistiko

Telefon: +49 211 68 71 – 291

E-pošta: johannes.kappes@caef.eu

Informacije v slovenskem prevodu povzela: *Mag. Mirjam Jan-Blažič*

AKTUALNO / CURRENT

Indeks razpoloženja evropske livarske industrije v februarju 2025

Februar 2025 je bil že drugi zaporedni mesec, ki je nakazal rahle znake, da se razmere v evropski livarski industriji počasi izboljšujejo. Mesečni indeks razpoloženja evropske livarske industrije (FISI), ki ga pripravlja Evropska livarska federacija (EFF), kaže znake rahlega gospodarskega okrevanja. V primerjavi z januarjem 2025 se je FISI zvišal s 91,3 na 93,4.

To sicer ne pomeni samodejne, nenadne, zanesljive in dinamične gospodarske rasti v prihodnjih mesecih, vendar gre za prve znake, da se evropska livarska industrija po izjemno težkem letu 2024, ko je vrednost indeksa FISI vsak mesec padala – od 96,2 januarja do 89,0 decembra 2024 – počasi pobira.

To zvišanje nakazuje rahlo izboljšanje obetov v industriji in približevanje nevtralni vrednosti 100 točk. K temu razvoju deloma prispevajo pozitivna pričakovanja za drugo polovico leta 2025, saj podjetja pričakujejo morebitno rast in stabilizacijo povpraševanja.

Hkrati se je februarja 2025 indeks poslovnega okolja (BCI), ki ga objavlja Evropska komisija, zvišal z $-0,94$ januarja na $-0,74$. Po zadnjih podatkih naj bi gospodarska rast evroobmočja leta 2025 znašala $+1,4$ %, kar je nekoliko več kot $+0,7$ % v letu 2024.



**European Foundry Industry Sentiment Indicator (FISI) and
Business Climate Indicator Euro Area (BCI)
February 2025**



Nadaljnji pozitivni signali v proizvodnem sektorju evroobmočja

Najnovejši podatki kažejo na normalizacijo razmer v proizvodnem sektorju evroobmočja. Indeks nabavnih menedžerjev (PMI) v predelovalni industriji evroobmočja se je februarja

2025 zvišal na 47,6 (januarja je znašal 46,6, decembra pa 45,1), kar pomeni približevanje 50-točkovnemu pragu, ki ločuje rast od krčenja.

Indeks PMI v evroobmočju je kazalnik gospodarskega stanja proizvodnega sektorja. Temelji na naslednjih dejavnikih: nova naročila, zaloge, proizvodnja, dobave dobaviteljev in razmere na področju zaposlovanja.

Geopolitični dogodki v zadnjih tednih, mesecih in letih so povzročili pretrse v večini industrij po Evropi. V livarski industriji se je to začelo z drastično rastjo cen surovin in energije ter s padcem proizvodnje v skoraj vseh državah članicah EU. Zdaj je vse bolj opazna tudi diverzifikacija livarske proizvodnje. Zaradi geopolitičnih razmer ponovno pridobivata na pomenu orožarska industrija in energetske sektor – panogi, ki sta bili vedno pomembni naročnici livarskih izdelkov.

Informacije v slovenskem prevodu povzela:
Mag. Mirjam Jan-Blazič

Livarske prireditve 2025/26

Datum dogodka	Ime dogodka	Mesto in država
24. - 25. 4. 2025	67. Österreichische Gießerei-Tagung	Leoben, Avstrija
25. 04. 2025	33 rd Global Foundry Sourcing Conference	Shanghai, Kitajska
08. - 09. 5. 2025	Aalener -Gießerei Kolloquium	Aalener Nemčija
21. - 23. 5. 2025	Sejem tehnike	Beograd, Srbija
9. - 10. 6. 2025	Industrijski forum IRT 3000	Portorož, Slovenija
12. - 13. 6. 2025	Deutscher Gießerei Tag 2025	Aachen, Nemčija
16. - 18. 07. 2025	China Diecasting & China Nonferrous Expo	Shanghai, Kitajska
17. - 19. 09. 2025	65. IFC Portorož 2025	Portorož, Slovenija
2. - 3. 10. 2025	World Foundry Summit	Pariz, Francija
24. - 25. 10. 2025	Ledebur-Kolloquium	Freiberg, Nemčija
25. - 28. 10. 2025	The 17th Asian Foundry Congress	Xi'an, Kitajska
12. - 13. 11. 2025	Parts Finishing	Karlsruhe, Nemčija
12. 12. 2025	Polish Foundry Day	Krakov, Poljska
13. - 15. 01. 2026	Euroguss 2026	Nürnberg, Nemčija
09. - 11. 06. 2026	CastForge 2026	Stuttgart, Nemčija

AKTUALNO / CURRENT**Seja organov Društva livarjev Slovenije**

Letos so vse seje organov Društva livarjev Slovenije (Nadzorni odbor, Izvršni odbor in Občni zbor) potekale v Livarni Kovis v Štorah. Na sejah Nadzornega in Izvršnega odbora so bili prisotni vsi člani, prav tako je bila na Občnem zboru zbrana številčna skupina delegatov. Najprej je zasedal Nadzorni odbor Društva, nato Izvršni odbor in na koncu še Občni zbor.

Vsi organi Društva so obravnavali poročilo predsednice o delu Društva v letu 2024, vključno s finančnim poročilom. Nadzorni odbor je poročilo predsednice o delu in poslovanju Društva v letu 2024 potrdil ter ugotovil, da je bilo finančno poslovanje Društva vodeno v skladu z veljavnimi računovodskimi standardi, poraba sredstev pa je potekala skladno s sprejetim programom dela Društva za leto 2024, ki je bil potrjen na letnem Občnem zboru, 5. marca 2024. Poročilo o delu sta soglasno sprejela tudi Izvršni odbor in Občni zbor Društva.

Iz finančnega poročila za leto 2024 je razvidno, da je Društvo ustvarilo skupni prihodek v višini 139.494,07 €, in sicer: največji prihodek in stroški so iz naslova konference livarjev in razstave v Portorožu 60.088,10 €, prihodki iz *Livarskega vestnika* 17.418,29 €, letne članarine 20.027,54 €, pokroviteljska sredstva 16.500,00 €, oglasi za *Livarski vestnik* 11.818,29 € in dotacije ARIS 5.600,00 €.

Skupni stroški so bili za 4 % nižji v primerjavi z lanskim letom in so znašali 138.950,75 €. Večji del stroškov je povezan s konferenco livarjev v Portorožu in izdajo *Livarskega vestnika*. Razlika med prihodki in stroški je znašala 654,12 €, kar pomeni, da je društvo kot neprofitna organizacija poslovala ustrezno s doseženim poslovnim rezultatom, ki je blizu 0.

Izvršni odbor in Občni zbor Društva sta obravnavala in sprejela Program dela Društva za leto 2025. Vsi člani Izvršnega odbora in delegati Občnega zbora so pred sejo prejeli podroben program v pisni obliki.

V Programu dela za leto 2025 so načrtovane naslednje aktivnosti: izdaja štirih števil *Livarskega vestnika* ob koncu vsakega četrtletja, organizacija osrednjega tradicionalnega livarskega dogodka – **65th IFC Portorož 2025** z livarsko razstavo, ki bo potekala od 17. do 19. septembra 2025, izmenjava *Livarskega vestnika* s svetovnimi in domačimi livarskimi ter drugimi strokovnimi revijami, sodelovanje na livarskih dogodkih doma in v tujini ter povezovanje s sorodnimi društvi in združenji, priprava statističnih podatkov o livarski proizvodnji v letu 2024 za svetovno statistiko, organizacija in izvedba naslednjih strokovnih seminarjev:

- **Seminar podjetja Savena Inštituta za spodbujanje energetskih prihrankov** na temo *Spodbujanje energetske učinkovitosti v praksi – Energy Efficiency First*,
- **Seminar podjetja Marbo okolje** skupaj s *Službo za varstvo okolja GZS* – podjetje je specializirano za izdelavo okoljskih poročil, ocen vplivov na okolje, poročil o vplivih na naravo in na površinske vode, pripravo vlog za okoljevarstvena dovoljenja ter varnostna poročila in zasnove za zmanjšanje okoljskih tveganj,
- **Seminar Združenja nemške livarske industrije (BDG)** na temo uporabe orodja *FRED* za izračun ogljičnega otisa,

- **Seminar podjetja RESAND iz Finske** o inovativnih rešitvah pri predelavi in ponovni uporabi odpadnih livarskih peskov,
- **Seminar Katedre za livarstvo Naravoslovno-tehniške fakultete** s praktičnim delom na temo livarskih napak in njihove identifikacije z uporabo merilne opreme,
- **Seminar podjetja SIJ-METAL RAVNE** na temo **orodna jekla za tlačno litje**,
- **Seminar v podjetju Bühler Uzwil, Švica**, na temo **„Squeeze Casting“ -tehnologije**.

Pred letnim Občnim zborom so si vsi delegati imeli priložnost ogledati proizvodnjo v Livarni Kovis s poudarkom na predstavitvi postrojenja za regeneracijo livarskih peskov, ki je bilo v podjetju postavljeno lani. Po zaključku Občnega zbora je gostitelj poskrbel za kosilo in neformalno druženje delegatov.

Direktorici livarne Kovis, Jerici Vranc, se na tem mestu iskreno zahvaljujemo za izkazano podporo ter omogočeno izvedbo sej vseh organov Društva v prostorih podjetja. Prav tako cenimo pripravljenost podjetja za predstavitev pomembnih dosežkov, topel sprejem in odlično gostoljubje, ki smo ga bili deležni.

Poročala:
mag. Mirjam Jan-Blažič



Udeleženci Občnega zbora

AKTUALNO / CURRENT**Poljski dan livarjev 2024**

Lanskega decembra je v organizaciji Poljskega združenja livarjev v Krakovu potekal tradicionalni Poljski dan livarstva.

V nadaljevanju iz programa predavanj izpostavljam naslednja predavanja:

- **José Javier González**, generalni sekretar WFO – Svetovne livarske organizacije, je podal poročilo z naslovom ***Trenutno stanje v svetovni livarski industriji***, v katerem je predstavil aktualno stanje livarstva v Evropi in po svetu ter priložnosti in grožnje, s katerimi se bo livarstvo soočalo. Poročilo temelji na najnovejših podatkih, ki so jih posredovali člani Svetovne livarske organizacije.
- **Dawid Pijocha (Shim-Pol Sp. j.)** iz podjetja *Shimadzu*, ki bo naslednje leto praznovalo 150. obletnico, je predstavil predavanje z naslovom ***Najnovejše rešitve podjetja Shimadzu za livarsko industrijo***. Izkušnje, pridobljene skozi leta, so podjetju omogočile razvoj več kot 6.000 patentov. *Shimadzu* ponuja najsodobnejše rešitve za livarsko industrijo, vključno z rentgenskimi sistemi in naprednimi stroji za testiranje.
- **Błażej Siodmok (Foseco Polska Sp. z o.o.)** je predstavil predavanje z naslovom ***Preverjene rešitve FOSECO izboljšujejo učinkovitost livarn***. Predstavljeni so bili načini za izboljšanje proizvodnje in povečanje produktivnosti z uporabo izbranih materialov podjetja *Foseco*, kot so eksotermni tulci in filtri.
- **Andrzej Ladysz, Adrian Jonczyk (Abas Business Solutions Poland Sp. z o.o.)** sta avtorja predavanja ***Abas ERP v zeleni transformaciji livarne***. *Abas ERP* zagotavlja podporo livarnam z naprednimi moduli za spremljanje proizvodnje, optimizacijo procesov in zmanjšanje stroškov.
- **Przemysław Czapla (Eurocast Industries Sp. z o.o. Sp. k.)** je predstavil predavanje z naslovom ***KOCEL Intelligent Machinery Co., LTD – proizvajalec svetovno priznanih 3D-tiskalnikov za forme in jedra***. *KOCEL* ponuja edinstvene 3D-tiskalnike, namenjene livarskim procesom, s poudarkom na trajnosti in zmanjševanju stroškov.
- **Pierre-Alexander Specht (Foundry Service GmbH)** je obravnaval tematiko z naslovom ***Akku-Drive 0150 2 in SLC-one, „BlaskBox“ za livarske žlice***. Predstavil je novi električni pogonski sistem za žlice, ki optimizira varnost in učinkovitost v livarskih procesih.
- **Piotr Bartkowski (NovaCast Systems AB)** je predstavil temo ***Simulacija procesa ulivanja kot osnova za trajnostno prihodnost livarstva***, v kateri je poudaril, kako lahko simulacija ulivanja prispeva k trajnostnemu razvoju.
- **Marcin Górny (AGH Akademija za rudarstvo in metalurgijo)** je predstavil temo ***NetCastPL4.0 – Novi obzorji v livarski industriji***. Projekt *NetCastPL4.0* omogoča vzpostavljane mednarodne mreže za proizvodnjo trajnostnih ulitkov iz lahkih kovin.
- **Władysław Paul (Krakodlew SA)** je predstavil predavanje z naslovom ***Razvoj inovativne tehnologije za masivne žilindrne posode***. Inovativna tehnologija za proizvodnjo masivnih žilindrnih posod izboljšuje energetske učinkovitost in zmanjšuje

stroške.

- **Dorota Wilk-Kołodziejczyk (AGH Akademia za rudarstwo in metalurgijo)** je predstavila *Analizo možnosti uporabe izbranih algoritmov umetne inteligence za oceno mikrostrukture litega železa*. Obravnavana je uporaba umetne inteligence za avtomatsko analizo mikrostrukture litega železa na podlagi slik.



Jose Javier Gonzales, generalni sekretar WFO; mag. Mirjam Jan-Blažič, predsednica DLS;
Dr Katarzyna Liszka, generalna sekretarka Poljskega združenja livarjev;
prof. Rafał Dańko, predsednik Poljskega združenja livarjev

Na dogodku je potekal tudi forum oziroma okrogla miza na temo *Možnosti in grožnje za livarne v kontekstu globalnih izzivov*. Razprava je zajemala vprašanja, povezana s problematiko energije, zelenega dogovora, spremembami v avtomobilski industriji in sodelovanjem z obrambno industrijo.

Poročala:

mag. Mirjam Jan-Blažič

AKTUALNO / CURRENT

Seminar za tlačne livarne v Ögi Leoben, Avstrija

Društvo livarjev Slovenije je skladno s sprejetim načrtom izobraževanja za leto 2024 organiziralo dvodnevni seminar za livarne tlačnega litja od 21. do 22. 1. 2025 v izvedbi ÖGI – Avstrijski livarski inštitut v Leobnu. Seminar je bil namenjen strokovnjakom s področja litja Al zlitin pod tlakom. Predavali so Dr. Andreas Cziegler, Mirnes Berbić, Reinhold Gschwandtner in Tose Petkov.

Seminarja se je udeležilo 9 slušateljev iz šestih slovenskih livarn: Difa d.o.o., Hidria d.o.o., Iskra ISD d.o.o., LTH Castings d.o.o., P. P. C. Buzet d.o.o. in Talum d.d.

Oba dneva sta bila sestavljena iz dveh sklopov predavanj in praktičnega dela v livarni.

Prvi dan nam je v prvem sklopu predavatelj Reinhold Gschwandtner predstavil osnove mazanja in hlajenja tlačnega orodja z vodotopnimi premazi, prednosti in slabosti mazanja z vodotopnimi premazi in različne tehnike mazanja. Sledila je tema o vplivu vakuumskih sistemov na tlačno litje, pravilna izbira vakuum – ventilov in možnih težav s posameznimi vakuum-ventili.

V drugem sklopu je Mirnes Berbić predstavil koncept testiranja, ki omogoča oceno primernosti uporabe notranje hlajenih jeder za uporabo v orodjih za tlačno litje, ob upoštevanju materiala jedra, načina hlajenja in stanja toplotne obdelave.

Nadaljevali smo s praktičnim delom v livarni, kjer smo spremljali spreminjanje temperature orodja po mazanju glede na čas mazanja in količino mazalnega sredstva in višanje temperature glede na število odlitih strellov. Ogledali smo si tudi proces mazanja z vodotopnim premazom in namensko mazalno glavo. Ob zaključku prvega dne smo se razdelili v dve skupini in vsaka skupina je napisala program mazanja, ki smo ga uporabili med litjem. Spremljali smo temperaturo orodja po mazanju, čas mazanja in porabljeno količino mazalnega sredstva.

Po zaključenem preizkusu smo primerjali podatke obeh skupin in podatke optimalno nastavljenega cikla mazanja.

Drugi dan nam je v prvem sklopu Dr. Andreas Cziegler predstavil simulacije, s katerimi je mogoče predvideti možne napake v ulitku že v razvojni fazi izdelka. V nadaljevanju je sledila simulacija mazanja. Predstavil je Leidenfrostov efekt in test, s katerim so testirali odvod toplote med mazanjem.



Stavba OGI - Avstrijskega livarskega inštituta v Leobnu

V zadnjem predavanju na temo Al zlitin in toplotne obdelave je Tose Petkov predstavil različne lastnosti Al zlitin in vpliv na mehanske lastnosti zlitine glede na različne dodane legirne elemente. Predstavljene so bile tudi različne toplotne obdelave s slikami pod mikroskopom, kjer se je videlo, kako toplotna obdelava vpliva na samo modifikacijo materiala.

Zadnji del seminarja je ponovno potekal v livarni, kjer so nam podrobno predstavili mikromazanje. Med samim litjem z mikromazanjem smo spremljali temperature orodja in jih primerjali s pridobljenimi podatki pri mazanju z vodotopnim premazom.

S predstavljenimi temami se livarji vsakodnevno srečujemo, zato nam bodo pridobljena znanja v veliko pomoč pri reševanju težav v livarnah tlačnega litja.

Poročal: *Marko Bradeško, Difa d.o.o.*

AKTUALNO / CURRENT

Znanstveno- strokovni seminar v Trakoščanu na Hrvaškem

V organizaciji Hrvaškega združenja za livarstvo smo 6. marca 2025 prisostvovali delovnemu delu mednarodnega znanstveno-strokovnega seminarja z livarsko razstavo v Trakoščanu na Hrvaškem, pod naslovom: „Metalurgija železovih in neželezovih zlitin v 21. stoletju“

Seminar je bil dobro obiskan, saj se ga je udeležilo okoli 170 strokovnjakov s področja livarstva, metalurgije, strojništva, kemije ter drugih sorodnih panog in dejavnosti iz 14 držav, vključno s Hrvaško. Okoli 25 % udeležencev je bilo iz Slovenije.

Aktivno smo sodelovali s sedmimi predavanji od skupno 20:

- Grega Klančnik iz podjetja *Prolabor Žalec* je predstavil napredno kontrolo lastnosti sive litine z ozirom na kakovost sekundarnega materiala.
- Jernej Šumečnik iz podjetja *PSR d.o.o., Slovenj Gradec* je imel komercialno predavanje *Vodilni v obrezovanju in končni obdelavi tlačno odlitih komponent*.
- Branko Čeh iz *FEAL-Inženiringa d.o.o., Ptuj* je predstavil uporabo vodnih premazov v različnih kalupnih mešanicah.
- Robert Kočever iz *Livarne Vuzenica, Cimos Group* je predstavil napravo *Foseco MSI-900* za modifikiranje sive litine.
- Andrej Zidar iz *Fanuc Adria d.o.o., Celje* je imel komercialno predavanje o *Fanucovih izdelkih kot rešitvah v proizvodnji*.
- Andrej Resnik iz *Omco Metals Slovenia* je imel zanimivo predavanje o trajni tradiciji obrtniške proizvodnje cerkvenih zvonov, od nekdanjega *Feralita* do današnjega podjetja *Omco Metals Slovenia*.
- Matej Vurcer iz *PSR d.o.o., Slovenj Gradec* je imel komercialno predavanje o *oblikovanju industrije* s rešitvami s peskanjem

Na livarski razstavi se je predstavilo osem slovenskih podjetij.

Zelo zanimivo uvodno predavanje je imel Goran Šaravanja iz Hrvaške gospodarske zbornice, Sektorja za industrijo in trajnostni razvoj, o stanju kovinsko-predelovalne industrije na Hrvaškem s poudarkom na podsektorju livarstva.

Vsi udeleženci seminarja smo prejeli Knjigo izvlečkov predavanj, ki je na voljo v knjižnici Društva livarjev Slovenije. Program predavanj pa je dostopen na spletni strani Hrvatsko udruženje za ljevarstvo: cro-foundry@simet.hr.



Pogled na udeležence seminarja

Hrvaškim kolegom – organizatorjem in soorganizatorjem seminarja – čestitke za strokovno kakovosten livarski dogodek ter odlično organizacijo in izvedbo srečanja.

Poročala: *mag. Mirjam Jan-Blažić*



**DRUŠTVO LIVARJEV
SLOVENIJE**

Vabilo za

65. IFC PORTOROŽ 2025

z livarsko razstavo

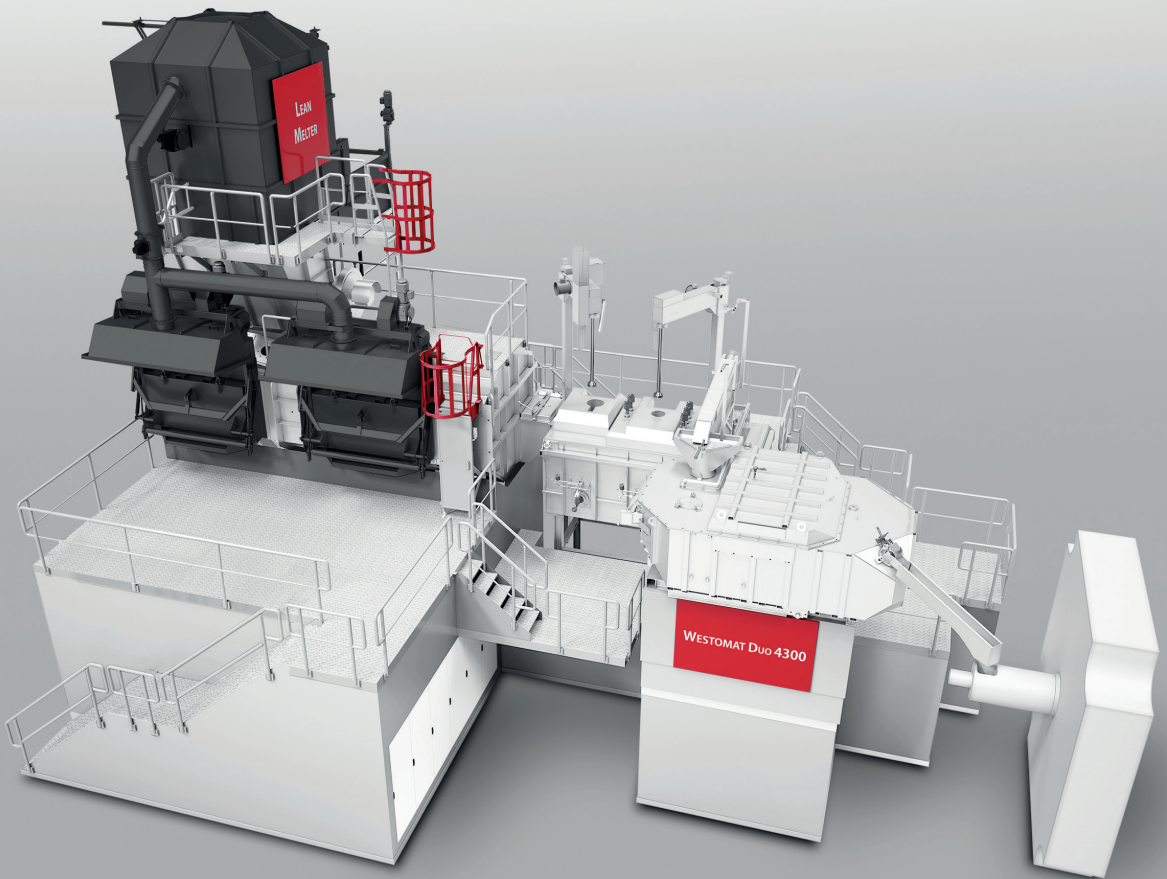
17. - 19. SEPTEMBER 2025

Kontakt: DRUŠTVO LIVARJEV SLOVENIJE,
Lepi pot 6, p.p. 424, 1001 Ljubljana
T: +386 1 2522 488, drustvo.livarjev@siol.net, www.drustvo-livarjev.si

StrikoWestofen[®]
A Norican Technology

Meet our Giants designed for Giant Casting.

Flexible. Modular. Individual.



strikowestofen.com



TERMIT

Družba TERMIT je rudarsko podjetje
za pridobivanje kremenovih peskov



NAŠ PROGRAM:

- Produkcija kremenovega peska za: livarstvo, gradbeništvo, športna in otroška igrišča, travnate površine, vrtnarstvo
- Produkcija keramičnih in kremenovih oploščenih peskov
- Produkcija jader po Croning in Cold box postopku
- Produkcija pomožnih livarskih sredstev za: vse vrste aluminijevih, bakrovih, železovih ter jeklenih zlitin

www.termit.si