

Sveučilište u Zagrebu,
Metalurškifakultet, Sisak
University of Zagreb
Faculty of Metallurgy, Sisak, Croatia



Univerza v Ljubljani,
Naravoslovnotehniška fakulteta,
Ljubljana, Slovenija

University of Ljubljana
Faculty of Natural Sciences and
Engineering, Ljubljana, Slovenia



Sveučilište Sjever, Koprivnica
University North, Koprivnica, Croatia



ELKEM AS, Norveška

ELKEM AS, Norway



**15. MEĐUNARODNO SAVJETOVANJE LJEVAČA
INOVACIJE – Temelj konkurentne proizvodnje odljevaka
*Studentska poster sekcija***

**15th INTERNATIONAL FOUNDRYMEN CONFERENCE
INNOVATION – The Foundation of Competitive Casting Production
*Students poster section***

**KNJIGA SAŽETAKA
BOOK OF ABSTRACTS**



Opatija
11.-13. svibnja 2016. / May 11th-13th, 2016



15. MEĐUNARODNO SAVJETOVANJE LJEVAČA
INOVACIJE – Temelj konkurentne proizvodnje odljevaka
Studentska poster sekcija



15th INTERNATIONAL FOUNDRYMEN CONFERENCE
INNOVATION – The Foundation of Competitive Casting Production
Students poster section



ORGANIZATORI

Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, Sisak

Sveučilište Sjever, Koprivnica

Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Ljubljana, Slovenija

Elkem AS, Norveška

KNJIGA SAŽETAKA

15. MEĐUNARODNO SAVJETOVANJE LJEVAČA: INOVACIJE – Temelj konkurentne proizvodnje odljevaka, Studentska poster sekcija

UREDNIK

Ljerka Slokar

TEHNIČKI UREDNICI

Ljerka Slokar, Zdenka Zovko Brodarac

IZDAVAČ

Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, Aleja narodnih heroja 3, 44103 Sisak

TISAK

Sveučilište Sjever, 104. Brigade 3, 42000 Varaždin

BROJ PRIMJERA

50 kopija

ISBN

978-953-7082-20-8



15. MEĐUNARODNO SAVJETOVANJE LJEVAČA
INOVACIJE – Temelj konkurentne proizvodnje odljevaka
Studentska poster sekcija



15th INTERNATIONAL FOUNDRYMEN CONFERENCE
INNOVATION – The Foundation of Competitive Casting Production
Students poster section



ORGANIZERS

University of Zagreb Faculty of Metallurgy

University North, Koprivnica, Croatia

University of Ljubljana, Faculty of Natural Sciences and Engineering, Ljubljana, Slovenia

Elkem AS, Norway

BOOK OF ABSTRACTS

15th INTERNATIONAL FOUNDRYMEN CONFERENCE: INNOVATION – The Foundation of Competitive Casting Production; Students poster section

EDITOR

Ljerka Slokar

TECHNICAL EDITORS

Ljerka Slokar, Zdenka Zovko Brodarac

PUBLISHER

University of Zagreb Faculty of Metallurgy, Aleja narodnih heroja 3, 44103 Sisak, Croatia

PRINT

University North, 104. Brigade 3, 42000 Varaždin, Croatia

ISSUE

50 copies

ISBN:

978-953-7082-20-8



15. MEĐUNARODNO SAVJETOVANJE LJEVAČA
INOVAČIJE – Temelj konkurentne proizvodnje odljevaka
Studentska poster sekcija



15th INTERNATIONAL FOUNDRYMEN CONFERENCE
INNOVATION – The Foundation of Competitive Casting Production
Students poster section



PREDGOVOR

Znanstvene organizacije u Hrvatskoj posjeduju dobar znanstvenoistraživački potencijal i predstavljaju čvrstu osnovu za razvoj konkurentnog gospodarstva utemeljenog na inovacijama. Hrvatska srednja i velika poduzeća ulažu više od 90 % svih privatnih investicija u istraživanje i razvoj, od čega velika poduzeća ulažu najveći udio (više od 60 %), za razliku od mikro i malih poduzeća (nešto manje od 8 %). Zbog nedovoljne javne potpore znanstvenoistraživačkim aktivnostima i relativno niskog interesa poduzeća, ulaganja u razvoj istraživanja i inovacija proteklih godina stagniraju. Aktivnosti istraživanja i razvoja, uz ostale aktivnosti povezane s uvođenjem inovacija u poduzeća, neophodne su da bi hrvatsko gospodarstvo postalo konkurentnije putem rasta produktivnosti poduzeća, pristupanja novim tržištima s većom dodanom vrijednošću i naposljetku dovođenjem do održivog zapošljavanja u kontekstu oštrog globalnog natjecanja. Misija je Metalurškog fakulteta biti prepoznatljiv kao mjesto stalnog unapređenja i poboljšanja studiranja i stjecanja znanja i kompetencija iz područja metalurgije, metalnih materijala i zaštite okoliša. Fakultet ostvaruje suradnju na međunarodnoj razini unapređujući svoju misiju kroz transfer znanja i mobilnost zaposlenika i studenata. Potiče se inovativnost, posebnost i izvrsnost svakog pojedinca prema svjetskim mjerilima vrednovanja. Pritom se nametnula i potreba uspostavljanja Studentske poster sekcije u okviru Međunarodnog savjetovanja ljevača, koju u budućnosti treba proširiti sudjelovanjem studenata suradnih ustanova.

PREFACE

Scientific organizations in Croatia possess good scientific and research potential and represent a solid basis for the development of a competitive economy based on innovation. Croatian medium and large enterprises invest more than 90% of all private investment in research and development, of which large companies investing the largest share (over 60%), as opposed to micro and small enterprises (just under 8%). Due to the lack of public support for scientific and research activities and relatively low interest of companies, investments in the development of research and innovation in recent years has stagnated. Research and development activities, among other activities associated with the introduction of innovation in enterprises, are essential to the Croatian economy in order to become more competitive through companies productivity growth, access to new markets with higher value added, and finally bringing to sustainable employment in the context of a sharp global competition. The mission of the Faculty of Metallurgy is to become recognized as the place of permanent enhancement and improvement of study conditions and acquiring knowledge as well as competences in the field of metallurgy, metallic materials and environment protection. The Faculty cooperates with institutions at an international level by enhancing its mission through the transfer of know-how, as well as student and faculty mobility. It encourages innovation, uniqueness and excellence of each individual according to global evaluation standards and act. Thereby, an imperative of Student poster sessions establishment in the frame of International Foundrymen Conference has been imposed, which should in the future be expanded with the participation of the cooperating institutions students.

Ljerka Slokar, Zdenka Zovko Brodarac



15. MEĐUNARODNO SAVJETOVANJE LJEVAČA
INOVACIJE – Temelj konkurentne proizvodnje odljevaka
Studentska poster sekcija



15th INTERNATIONAL FOUNDRYMEN CONFERENCE
INNOVATION – The Foundation of Competitive Casting Production
Students poster section



ORGANIZACIJSKI I PROGRAMSKI ODBOR

Ljerka Slokar, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, Sisak
Zdenka Zovko Brodarac, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, Sisak
Anita Begić Hadžipašić, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, Sisak
Natalija Dolić, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, Sisak
Stoja Rešković, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, Sisak
Ivan Jandrlić, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, Sisak
Ivan Brnardić, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, Sisak
Stevče Arsoski, Tehnička škola Sisak, Sisak

ORGANIZING AND PROGRAMME COMMITTEE

Ljerka Slokar, University of Zagreb Faculty of Metallurgy, Sisak, Croatia
Zdenka Zovko Brodarac, University of Zagreb Faculty of Metallurgy, Sisak, Croatia
Anita Begić Hadžipašić, University of Zagreb Faculty of Metallurgy, Sisak, Croatia
Natalija Dolić, University of Zagreb Faculty of Metallurgy, Sisak, Croatia
Stoja Rešković, University of Zagreb Faculty of Metallurgy, Sisak, Croatia
Ivan Jandrlić, University of Zagreb Faculty of Metallurgy, Sisak, Croatia
Ivan Brnardić, University of Zagreb Faculty of Metallurgy, Sisak, Croatia
Stevče Arsoski, Technical School Sisak, Sisak, Croatia



SADRŽAJ / CONTENTS:

Vanja Šuica, Zdenka Zovko Brodarac

| | |
|--|---|
| Niskotlačno lijevanje AlSi11 legure | 1 |
| Low pressure die casting of AlSi11 alloy | 1 |

Darko Ević, Stojan Rešković, Ivan Jandrić

| | |
|--|---|
| Primjena neuronskih mreža u određivanju utjecaja kemijskog sastava čelika na mehanička svojstva | 2 |
| The application of artificial neural networks to determine the influence of the chemical composition of steel on its mechanical properties | 3 |

Karlo Štengl, Natalija Dolić

| | |
|--|---|
| Utjecaj vremena homogenizacije na razvoj mikrostrukture aluminijske slitine EN AW-5083 | 4 |
| Influence of homogenization time on the microstructure development of aluminum alloys EN AW-5083 | 4 |

Matko Kolić, Ljerka Slokar

| | |
|--|---|
| Utjecaj sredstva za nagrizanje na mikrotvrdoću dentalnih Ti-Zr legura | 5 |
| The influence of etching solutions on microhardness of dental Ti-Zr alloys | 6 |

Barbara Tubić, Natalija Dolić, Anita Begić Hadžipašić

| | |
|--|---|
| Elektrokemijska ispitivanja bakrene i mesingane cijevi u vodovodnoj vodi | 7 |
| Electrochemical examinations of copper and brass tube in drinking water | 8 |

Dario Lučić, Ivan Brnardić

| | |
|--|----|
| Čeličanske troske iz procesa proizvodnje elektropečnim postupkom | 9 |
| Steel slags from the electric arc furnace process | 10 |

Ivana Gavranović, Zdenka Zovko Brodarac, Stevče Arsoški

| | |
|------------------------------|----|
| Solarni električni automobil | 11 |
| Solar electric vehicle | 12 |



NISKOTLAČNO LIJEVANJE AlSi11 LEGURE¹

Vanja Šuica, Zdenka Zovko Brodarac

Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, Aleja narodnih heroja 3, 44103 Sisak
e-mail: vanja.suica@hotmail.com

Aluminijske legure su okarakterizirane izvrsnim mehaničkim, fizikalno-kemijskim i tehnološkim svojstvima čime su veliku primjenu pronašle u automobilskoj industriji. Legura AlSi11 spada u skupinu eutektičkih legura koje se odlikuju visokom livljivošću, niskom temperaturom lijevanja i uskim intervalom skrućivanja što ju čini prikladnom za lijevanje niskotlačnom tehnologijom.

U ovom je radu praćen proces lijevanja naplataka od pripreme taline do lijevanja konačnog proizvoda. Cilj ovog rada bio je karakterizirati materijal naplatka, AlSi11 leguru, putem ispitivanja kemijskog sastava, vlačnih mehaničkih svojstava i procjene mikrostrukturnih značajki uzoraka uzetih direktno iz odljevaka. Procjena razvijene mikrostrukture ukazuje na kvalitetan uložni materijal koji, uz ispravno vođenje procesa taljenja i metaluršku obradu taline, rezultira izuzetno visokim vrijednostima vlačnih mehaničkih svojstava konačnog proizvoda.

Gljučne riječi: AlSi11 legura, mehanička svojstva, mikrostruktura, naplatci

LOW PRESSURE DIE CASTING OF AlSi11 ALLOY¹

Vanja Šuica, Zdenka Zovko Brodarac

University of Zagreb Faculty of Metallurgy, Aleja narodnih heroja 3, 44103 Sisak, Croatia
e-mail: vanja.suica@hotmail.com

Aluminium alloys possess an excellent mechanical, physically-chemical and technological properties which have found an extensive application in the automotive industry. Alloy AlSi11 belongs to a group of eutectic alloys, which are characterized by high castability, low pouring temperature and narrow solidification interval which makes it suitable for low pressure casting technology.

In this paper, casting process of wheels has been followed from melt preparation to the casting of the final product. The aim of this study was to characterize the wheel material, AlSi11 alloy, by examining the chemical composition, tensile mechanical properties and microstructural characteristics of samples, taken directly from the castings. Assessment of developed microstructure indicates a quality charge material which, beside correct management of melting process and metallurgical melt treatment, results in extremely high values of tensile mechanical properties of the final product.

Keywords: AlSi11 alloy, mechanical properties, microstructure, wheel

¹ Rad je prezentiran na 19. Tehnologijadi/Paper was presented on 19th Tehnologijada/Makarska, 2015.



PRIMJENA NEURONSKIH MREŽA U ODREĐIVANJU UTJECAJA KEMIJSKOG SASTAVA ČELIKA NA MEHANIČKA SVOJSTVA²

Darko Ević, Stoja Rešković, Ivan Jandrlić

Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, Aleja narodnih heroja 3, 44103 Sisak
e-mail: daevic@simet.hr

Ovaj rad prikazuje primjenu umjetnih neuronskih mreža u određivanju utjecaja kemijskog sastava čelika na njegova mehanička svojstva. Ovom metodom moguće je predvidjeti sumarni utjecaj pojedinih elemenata na konačna svojstva čelika. U radu je proveden trening neuronske mreže za određivanje utjecaja kemijskog sastava na mehanička svojstva toplovaljane čelične trake. Neuronska mreža trenirana je na rezultatima ispitivanja kemijskih i mehaničkih svojstava od 150 uzoraka. Za zadani je problem određena najpovoljnija građa neuronske mreže, a to je ona koja najbolje aproksimira funkcionalnu ovisnost izlaznih varijabli o ulaznima. Dokazano je da korištenjem većeg broja eksperimentalnih mjerenja, u našem slučaju 150 mjerenja kemijskog sastava čelika i mehaničkih svojstava, moguće je pouzdano istrenirati mrežu. Na taj način moguće je istrenirati mrežu koja može predvidjeti prema kemijskom sastavu konačna mehanička svojstva toplovaljane trake s vrlo malom pogreškom. Provjerom i testiranjem ustanovljena je srednja relativna pogreška neuronske mreže 0%, iz čega slijedi da je mreža dobro naučila međuovisnost kemijskih i mehaničkih svojstava. Srednja apsolutna vrijednost pogreške na izlaznim vrijednostima mehaničkih svojstava je 1-3 MPa.

Ključne riječi: neuronske mreže, čelik, kemijski sastav, mehanička svojstva

²Rad je prezentiran na 19. Tehnologijadi/Paper was presented on 19th Tehnologijada/Makarska, 2015.



**THE APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS TO DETERMINE
THE INFLUENCE OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF STEEL ON
ITS MECHANICAL PROPERTIES²**

Darko Ević, Stoja Rešković, Ivan Jandrić

University of Zagreb Faculty of Metallurgy, Aleja narodnih heroja 3, 44103 Sisak, Croatia
e-mail: daevic@simet.hr

This paper presents the application of artificial neural networks to determine the influence of the chemical composition of steel on its mechanical properties. With this method it is possible to predict the summary impact of individual elements on the final properties of the steel. In this investigation a training of a neural network was carried out to determine the influence of chemical composition on the mechanical properties of hot-rolled steel strip. The neural network was trained on the results of tests of chemical and mechanical properties on 150 samples. For a given problem it is determined the best structure of neural network, which is the one that best approximates the functional dependence of the output variables on input. It has been shown that by using a larger number of experimental measurements, in our case, 150 measurements of the chemical composition of the steel and mechanical properties, it is possible to reliably train network. In this way it is possible to train a network that can according to the chemical composition predict the final mechanical properties of hot-rolled strip, with a very small error. By verification and testing of network it is established that the mean relative error of neural network is 0%, from which it follows that it has properly learned the interdependence of chemical and mechanical properties. Average absolute error value on the output values of mechanical properties is 1-3 MPa.

Keywords: neural networks, steel, chemical composition, mechanical properties



UTJECAJ VREMENA HOMOGENIZACIJE NA RAZVOJ MIKROSTRUKTURE ALUMINIJSKE SLITINE EN AW-5083³

Karlo Štengl, Natalija Dolić

Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, Aleja narodnih heroja 3, 44103 Sisak
e-mail: stenglinho.91@gmail.com

U okviru ovog rada određivan je utjecaj različitog vremena homogenizacije na razvoj mikrostrukture uzoraka uzetih s kraja bloka aluminijske slitine EN AW-5083, lijevanog polukontinuiranim, vertikalnim postupkom s izravnim hlađenjem vodom (Direct Chill postupak). U eksperimentalnom dijelu ovog rada provedena su ispitivanja prisutnih izlučenih faza, na uzorcima bloka koji su homogenizirani pri različitim vremenima držanja pri temperaturi od 520 °C.

Kvantitativnom analizom putem energijsko disperzivne spektrometrije (EDS) utvrđeni su slijedeći mikrostrukturni konstituenti: intermetalne faze $Al_6(Fe, Mn)$ i Mg_2Si , te je utvrđena prisutnost pora. Ukupni površinski udio pojedinih intermetalnih faza i pora, njihov broj, veličina i raspodjela u ovisnosti o vremenu homogenizacije ispitana je svjetlosnim i skenirajućim elektronskim mikroskopom (SEM).

Ključne riječi: aluminijska slitina EN AW-5083, „DC“ postupak, homogenizacija, mikrostrukturne karakteristike

INFLUENCE OF HOMOGENIZATION TIME ON THE MICROSTRUCTURE DEVELOPMENT OF ALUMINUM ALLOYS EN AW-5083³

Karlo Štengl, Natalija Dolić

University of Zagreb Faculty of Metallurgy, Aleja narodnih heroja 3, 44103 Sisak, Croatia
e-mail: stenglinho.91@gmail.com

Within this work the effect of different homogenization time of samples taken from the end of aluminium alloy EN AW-5083 slab, cast by semi-continuous, vertical process with the direct water cooling (VDC process) on the development of the microstructure has been determined. In the experimental part the presence of precipitated phases on samples homogenized with different time exposure at 520 °C were examined.

By the quantitative analysis through energy dispersive spectrometer (EDS) the following microstructural constituents have been determined: intermetallic phases $Al_6(Fe, Mn)$ and Mg_2Si . Also, the presence of pores has been determined. The total surface area of some intermetallic phases and pores, their number, size and distribution in dependence on homogenization time have been examined by light and scanning electron microscopy (SEM).

Keywords: Al - alloy EN AW-5083, „Direct Chill“, homogenization, microstructural characteristics

³Rad je prezentiran na 17. Tehnologijadi/Paper was presented on 17th Tehnologijada/Makarska, 2013.



UTJECAJ SREDSTVA ZA NAGRIZANJE NA MIKROTVRDOĆU DENTALNIH Ti-Zr LEGURA⁴

Matko Kolić, Ljerka Slokar

Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, Aleja narodnih heroja 3, 44103 Sisak
e-mail: kolic.matko@gmail.com

Titan i njegove legure se koriste u stomatologiji zahvaljujući njihovim izvrsnim svojstvima, kao što su mala masa, visoka otpornost na koroziju. U zadnje vrijeme, nove legure titana se razvijaju u smislu poboljšanja njihove biokompatibilnosti i obradivosti. Stoga su u ovom radu razvijene nove četiri legure titana s dodatkom biokompatibilnog cirkonija od 10, 13, 17 i 20 at.%. Cilj je bio istražiti utjecaj tri otopine tipične za nagrizanje titana na mikrotvrdoću Ti-Zr legura.

Eksperimentalne legure su pripravljene u laboratoriju tako da su prvo izvagane određene mase titana i cirkonija, koje su taljene i lijevane u elektrolučnoj peći u zaštitnoj atmosferi argona. Uzorci su metalografski pripremljeni brušenjem i poliranjem do metalnog sjaja. Mikrostruktura legura je analizirana pomoću svjetlosnog i pretražnog elektronskog mikroskopa s energijsko-disperzivnim spektrometrom. Mikrotvrdoća uzoraka prije i nakon nagrizanja različitim otopinama određena je Vickersovom metodom. Dobiveni podaci obrađeni su analitički i grafički.

Rezultati pokazuju da se tvrdoća uzoraka povećava sa smanjenjem udjela cirkonija u leguri. Izuzetak je legura $Ti_{83}Zr_{17}$ koja odstupa od ostalih legura jer pokazuje drugačiju mikrostrukturu. Dvije od tri primijenjene otopine nagrizaju površinu uzoraka te utječu na vrijednosti njihove mikrotvrdoće. Istraživane legure pokazuju zadovoljavajuće vrijednosti mikrotvrdoće za dentalnu primjenu.

Ključne riječi: dentalne legure titana, mikrostruktura, mikrotvrdoća, sredstvo za nagrizanje

⁴Rad je prezentiran na 18. Tehnologijadi/Paper was presented on 18th Tehnologijada/Crikvenica, 2014.



THE INFLUENCE OF ETCHING SOLUTIONS ON MICROHARDNESS OF DENTAL Ti-Zr ALLOYS⁴

Matko Kolić, Ljerka Slokar

University of Zagreb Faculty of Metallurgy, Aleja narodnih heroja 3, 44103 Sisak, Croatia
e-mail: kolic.matko@gmail.com

Titanium and its alloys are widely used in dentistry because of their outstanding properties. Recently, development of new titanium alloys is increasing in terms of improvement of their biocompatibility and machinability. So, in this work a new four titanium alloys with addition of 10, 13, 17 and 20 at. % of biocompatible zirconium were developed. The aim was to investigate an influence of three solutions typical for titanium etching on microhardness of Ti-Zr alloys.

Experimental alloys were prepared in laboratory. First, the determined amounts of titanium and zirconium are weighted, and then melted and casted in argon's protective atmosphere in arc-melting furnace. Samples are metallographically prepared by grinding and polishing to metal gloss. Alloy's microstructure is analysed by light and scanning electron microscope with energy-dispersive spectrometer. Microhardness of samples was determined by Vicker's method both before and after etching solutions were applied. Obtained data was analytically and graphically analysed.

Results show that microhardness of samples increases with the decrease of zirconium content. Exception is alloy Ti₈₃Zr₁₇ which deviates due to different microstructure. Two out of three used solutions corrode sample's surface and in that way did influenced on microhardness values. Investigated alloys showed satisfied microhardness values for dental use.

Keywords: titanium dental alloys, microstructure, microhardness, etching solution



ELEKTROKEMIJSKA ISPITIVANJA BAKRENE I MESINGANE CIJEVI U VODOVODNOJ VODI⁵

Barbara Tubić, Natalija Dolić, Anita Begić Hadžipašić

Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, Aleja narodnih heroja 3, 44103 Sisak
e-mail: btubi@simet.hr

Opće je poznato da je bakar tehnički vrlo važan materijal zbog svojih pogodnih tehničkih svojstava poput deformabilnosti, visoke električne i toplinske vodljivosti te osobito zbog svoje visoke otpornosti prema koroziji, tj. specifičnog svojstva patiniranja. Primjenjuje se za izradu cijevi za centralna grijanja i to uglavnom sa sadržajem bakra od 99,9 %. Upotreba mesinga kao jedne od značajnijih legura bakra uvjetovana je njegovom korozijskom otpornošću, kao i ostalim tehnički važnim osobinama (obradivost, tvrdoća, rastezljivost, vodljivost itd.).

U ovom radu ispitan je utjecaj tvrdoće i temperature vode na brzinu korozije bakrene i mesingane cijevi u vodovodnoj vodi. Elektrokemijska ispitivanja su provedena na uzorcima voda iz Siska i okolice Slavenskog Broda pri sobnoj temperaturi te pri 60 °C pomoću potencioštata/galvanostata Parstat 2273.

Dobiveni rezultati pokazali su da je brzina korozije bakrene cijevi pri sobnoj temperaturi manja od brzine korozije mesinga, dok je pri povišenoj temperaturi mesing pokazao bolju korozijsku otpornost. Povećanje temperature vodovodne vode uzrokuje značajan porast brzine korozije na oba ispitana materijala. Uočeno je da tvrdoća vode nema značajan utjecaj na brzinu korozije.

Optičkim i skenirajućim elektronskim mikroskopom praćene su promjene u mikrostrukturi i morfologiji površine ispitanih cijevi nakon elektrokemijskih mjerenja. Mapping analizom je utvrđeno da slojevi koji su nastali na cijevima najvećim dijelom odgovaraju kalcijevim i magnezijevim karbonatima.

Sva ispitivanja provedena su na Metalurškom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu u Laboratoriju za kemiju, Laboratoriju za željezo, čelik i ljevarstvo i Laboratoriju za fiziku i strukturalna ispitivanja.

Ključne riječi: bakar, mesing, tvrdoća vode, brzina korozije, mikrostruktura

⁵Rad je prezentiran na 20. Tehnologijadi/Paper was presented on 20th Tehnologijada/Rovinj, 2016.



ELECTROCHEMICAL EXAMINATIONS OF COPPER AND BRASS TUBE IN DRINKING WATER⁵

Barbara Tubić, Natalija Dolić, Anita Begić Hadžipašić

University of Zagreb Faculty of Metallurgy, Aleja narodnih heroja 3, 44103 Sisak, Croatia
e-mail: btubi@simet.hr

It is well known that copper is technically very important material because of its favourable technical properties such as deformability, high electrical and thermal conductivity and especially because of its high corrosion resistance, i.e. the specific ability of patination. It is used for making pipes for central heating, mostly with copper content of 99.9 %. The application of brass as one of the most important copper alloys is determined by its corrosion resistance, as well as other important technical characteristics (workability, hardness, elasticity, conductivity etc.).

In this work, the effect of water hardness and temperature on the corrosion rate of copper and brass pipe in drinking water was investigated. Electrochemical investigations were conducted on samples of drinking water from Sisak and the surrounding area of Slavonski Brod at room temperature and at 60 °C using a potentiostat/galvanostat Parstat 2273.

The obtained results showed that the corrosion rate of copper pipe at room temperature was lower than the corrosion rate of brass, while at elevated temperature brass showed better corrosion resistance. Increasing the temperature of drinking water causes a significant increase in corrosion rate on both materials. It has been noticed that water hardness has not significant effect on the corrosion rate.

By the optical and scanning electron microscopy, the changes in microstructure and surface morphology of investigated pipes after electrochemical measurements were monitored. Mapping analysis showed that the layers formed on pipes mainly correspond to the calcium and magnesium carbonates.

All tests were conducted at the Faculty of Metallurgy, University of Zagreb in the Laboratory of chemistry, Laboratory of iron, steel and foundry and the Laboratory of physics and structural tests.

Keywords: copper, brass, water hardness, corrosion rate, microstructure



ČELIČANSKE TROSKE IZ PROCESA PROIZVODNJE ELEKTROPEČNIM POSTUPKOM⁶

Dario Lučić, Ivan Brnardić

Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, Aleja narodnih heroja 3, 44103 Sisak
e-mail: dario.lucic.94@hotmail.com

U proizvodnji čelika elektrolučnim postupkom nastaju dvije različite vrste troske, crna koja nastaje u elektrolučnoj peći i bijela koja nastaje u lonac peći. Nastale troske se prije zbrinjavanja miješaju i predaju ovlaštenom sakupljaču uz određene troškove. Da bi trosku, koja kao proizvodni ostatak ima svoju uporabnu vrijednost, tretirali kao nus proizvod, potrebno je zadovoljiti određene uvjete, od kojih je najvažniji utvrđivanje fizikalno-kemijskih karakteristika.

U ovom radu istražen je kemijski sastav troski pomoću elektronske disperzijske spektrometrije X-zraka te je ispitan sastav eluata procijeđene vode kroz pojedinu trosku metodom spektrometrije atomske apsorpcije. Ustanovljeno je da su obje troske neopasni otpad, a kao takav se može koristiti u razne svrhe (cementnoj industriji, cestogradnji kao zamjena prirodnih mineralnih agregata, agrotehnici kao poboljšivač tla itd). Kemijski sastav ispitivanih troski je pokazao da se bijela troska od crne najviše razlikuje po sadržaju Ca i Mg zbog čega se ove troske ne bi smjele miješati. Naime, s obzirom na navedeno, svaka od njih može pronaći svoju specifičnu namjenu i mjesto na tržištu. Stoga bi trebalo i domaćim troskama, uz zadovoljavanje zakonom propisanih uvjeta, preimenovati iz otpada u nusproizvod, a time bi se umjesto odlaganja troske, isti predali kupcima, što bi pridonijelo smanjenju troškova proizvodnje sirovog čelika te u konačnici i do približavanja procesa proizvodnje čelika načelima kružnom gospodarstvu.

Ključne riječi: crna troska, bijela troska, čelik, elektropećni postupak

⁶Rad je prezentiran na 20. Tehnologijadi/Paper was presented on 20th Tehnologijada/Rovinj, 2016.



STEEL SLAGS FROM THE ELECTRIC ARC FURNACE PROCESS⁶

Dario Lučić, Ivan Brnardić

University of Zagreb Faculty of Metallurgy, Aleja narodnih heroja 3, 44103 Sisak, Croatia
e-mail: dario.lucic.94@hotmail.com

In the production of steel by the electric arc furnace (EAF) process two different types of slags were produced, EAF slag or *black* slag and ladle furnace (LF) slag or a *white* slag. Produced slags prior to disposal were mixed and handed to a licensed waste collector with certain costs. In order to treat slags, remains from production with its usage value, as a co product, it is necessary to meet certain conditions of which the most important are physico-chemical characteristics.

In this work the chemical compositions of both slags using electron dispersive x-ray spectrometry and the eluent composition of the leachate slag water on an atomic absorption spectrometry were determined. It was found that both slags are non-hazardous waste, and as such can be used for various purposes (cement industry, road construction as a substitute of natural mineral aggregates, agro technology as soil conditioners, etc.). The chemical compositions of the examined slags showed that the *white* slag differ from *black* by the content of Ca and Mg, wherefore these slags should never been mixed. Namely, with regard to the above, each of them can find their specific purpose and a place in the market. Therefore, domestic slag, through meeting the legal issued conditions, should be renamed from the waste to co-product, and therefore instead of disposal slag should be handed to customers, which would contribute to reducing the production cost of crude steel and at the end to the approaching of steel production process toward principles of the circular economy.

Keywords: black slag, white slag, steel, electric arc furnace procedure



SOLARNI ELEKTRIČNI AUTOMOBIL⁷

Ivana Gavranović*, Zdenka Zovko Brodarac*, Stevče Arsoski**

*Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, Aleja narodnih heroja 3, 44103 Sisak

** Tehnička škola Sisak, Marijana Cvetkovića 20, 44000, Sisak

e-mail: ivanagavranovic04@gmail.com

Proizvodnjom i upotrebom energije čovjek značajno utječe na okoliš. Energija se još uvijek, većinom dobiva iz fosilnih goriva poput ugljena, nafte i njezinih derivata što uzrokuje onečišćenje okoliša na lokalnoj, regionalnoj i globalnoj razini. Energija je nezamjenjiva u svakodnevnom životu. Viši životni standard podrazumijeva i porast njezine primjene. Energiju je potrebno racionalno koristiti i pritom nastojati zamijeniti upotrebu fosilnih goriva obnovljivim izvorima energije. Obnovljivi se izvori energije mogu gotovo u cijelosti obnavljati. Najznačajniji obnovljivi izvori energije su biomasa, biogorivo, sunce, vjetar, energija vodotoka, i dr. Sunčeva energija je neograničen izvor energije, a prenosi se sunčevim zračenjem. Sunčeva energija može se izravno pretvarati u toplinsku energiju pomoću solarnih kolektora, dok se pomoću fotonaponskih ćelija izravno pretvara u električnu energiju. Električna energija iz fotonaponskih ćelija primjenjuje se za rasvjetu, rad kućanskih aparata, a može se skladištiti u baterijama. Sunčeva energija iz fotonaponskih ćelija primjenjuje se i u automobilskoj industriji. Na temelju takvih spoznaja, izrađen je specifičan, jedinstven i inovativan solarni električni automobil u okviru projekta SOELA (nositelja Tehničke škole Sisak). Osvještavanje nužnosti primjene obnovljivih izvora energije rezultiralo je inženjerskim pristupom dizajniranju i konstruiranju solarnog električnog automobila. Proveden je proračun površine i snage fotonaponskih ćelija prema svojstvima odabranog materijala i odabir baterija prema zahtijevanoj snazi vozila te ostalih konstrukcijskih dijelova nužnih za pretvorbu sunčeve energije u električnu (pretvornika) i potom u mehaničku energiju nužnu za autonomno kretanje automobila. Izrađeni solarni automobili su potpuno funkcionalni što je potaknulo i organizaciju utrka takvih automobila, koje se u Sisku redovito održavaju od 2013. godine.

Ključne riječi: obnovljivi izvori energije, fotonaponske ćelije, solarni električni automobil

⁷Rad je prezentiran na 20. Tehnologijadi/Paper was presented on 20th Tehnologijada/Rovinj, 2016.



SOLAR ELECTRIC VEHICLE⁷

Ivana Gavranović*, Zdenka Zovko Brodarac*, Stevče Arsoski**

*University of Zagreb Faculty of Metallurgy, Aleja narodnih heroja 3, 44103 Sisak, Croatia

**Technical school Sisak, Marijana Cvetkovića 20, 44000, Sisak, Croatia

e-mail: ivanagavranovico4@gmail.com

Production and energy application has a significant influence on environment. The energy is mostly produced from fossil fuels like coal, oil and its derivatives. That way of production causes environmental pollution at local, regional and global level. Energy is irreplaceable in daily activities. A higher standard of living implicate an increase in energy use and according to that we need to use energy rational and endeavour to substitute the use of fossil fuels with renewable energy sources. Renewable energy sources mainly can be fully recovered. The most significant renewable energy sources are biomass, biofuels, solar energy, wind energy, watercourses energy and other. Infinite source of energy which transmits by solar radiation is solar energy. Solar energy can be directly converted into thermal energy by usage of solar collectors, while using photovoltaic cells solar energy can be directly converted into electrical energy. Electrical energy from photovoltaic cells is used for illumination, household appliances, but also it may be stored in batteries. Solar energy from photovoltaic cells applies in the motor vehicle industry. Solar electric car is specific, unique and innovative vehicle which was built within the project SOELA (applicant Technical School Sisak). An application imperative of renewable energy sources use resulted insolar electrical car designing and construction. Experimental part included calculation of area and power strength of photovoltaic cells according to the materials properties, and selection of battery for accumulating the energy according to required vehicle strength as well as other construction parts for conversion of solar energy into electrical. Furthermore, other parts for conversion of electrical into mechanical energy necessary for autonomous vehicle motion. Functionality of cars has been approved by yearly organized solar electrical cars race in Sisak since 2013.

Keywords: renewable energy, photovoltaic cells, solar electric vehicle