

ДОКУМЕНТАЦИЈА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

„Електрична метода за контролу реолошког понашања полуочврслих растопа основних легура и композита при извођењу рео/компокастинг поступка“

Подтип техничког решења – битно побољшана постојећа технологија

Аутори техничког решења

- Др Илија Бобић, виши научни сарадник, ИНН „Винча“, Београд
- Мр Биљана Бобић, истраживач сарадник, ИР центар ИХИС Техноекспертс, Београд
- Др Мирослав Бабић, редовни професор, Машински факултет, Крагујевац
- Др Слободан Митровић, доцент, Машински факултет, Крагујевац
- Др Александар Венцл, доцент, Машински факултет, Београд
- Др Бранко Тадић, редовни професор, Машински факултет, Крагујевац

Наручилац техничког решења

- Пројекат ТР-14005 (Развој напредне опреме за трибодијагностику и ММС на бази лаких метала)

Корисник техничког решења

- Предузеће „РАР“, Батајница
- Лабораторија за материјале, ИНН „Винча“

Година када је техничко решење урађено

- 2009.

Област технике на коју се техничко решење односи

- Материјали, Машинство, Ливарство

1. Опис проблема који се решава техничким решењем

Уколико се полуочврсли растоп неке легуре изложи дејству смицајних напрезања он поприма својства псеудопластичних нењутновских флуида, односно са повећањем интензитета смицања смањује се његов вискозитет. Вискозитет полуочврслог растопа се означава као привидни вискозитет јер се о њему може говорити само у периду док траје дејство смицајних напрезања (односно при одговарајућој температури, притиску и градијенту брзине смицања). Током дејства сила смицања долази до трансформације у структури тј. до трансформације дендритне у више или мање недендритну структуру. Применом погодних параметара процеса, трансформисану структуру је могуће задржати и при собној температури. Појава трајне промене структуре назива се тиксотропија, а одливак добијен на тај начин тиксоодливак [1].

У нашем експерименталном раду у области добијања композита са металном основом, у првој фази врши се тзв. реокастинг обрада полуочврслих растопа основних легура (ZA27 и A356) које чине основу композита. У другој фази врши се добијање композита уз инфилтрацију честица ојачивача у полуочврсле растопе основних легура (компокастинг поступак). Инфилтрацију је могуће вршити у периоду док се полуочврсли растоп понаша као флуид, односно док се налази под дејством смицајних напрезања, што се обавља применом мешања. Понашање полуочврслог растопа током дејства смицајних напрезања одређено је величином привидног вискозитета. С обзиром на значај овог технолошког параметра у фази инфилтрације честица ојачивача и током додатног мешања смеше полуочврслог растопа и честица ојачивача (ради постизања повољне дистрибуције ојачивача у основној легури), уобичајено је да се пре дефинисања процесних параметара, а у циљу добијања жељеног композитног материјала, испита реолошко понашање система. Реолошко понашање дефинисано је следећим параметрима: привидним вискозитетом, брзином смицања и смицајним силама (напрезањима) [2].

Предложено техничко решење (електрична метода) омогућава праћење промене привидног вискозитета полуочврслих растопа основне легуре и композита током мешања, на основу једноставног мерења снаге мешања.

2. Стање решености проблема у свету – приказ и анализа постојећих решења

Од првих реолошких радова, чији је предмет био проучавање реолошког понашања полуочврслих растопа легура [3,4] и полуочврслих растопа композита [5], до данас [6], експериментални рад био је заснован на коришћењу вискозиметара. Углавном су коришћени прецизни вискозиметри који раде на принципу смицања танких слојева медијума, са малим ефектима мешања [3,4]. Потреба за повећаним ефектима мешања, која се остварује применом активних делова мешача сложених облика, условљава реолошку контролу процеса, при чему резултати добијени помоћу вискозиметара служе као оријентација.

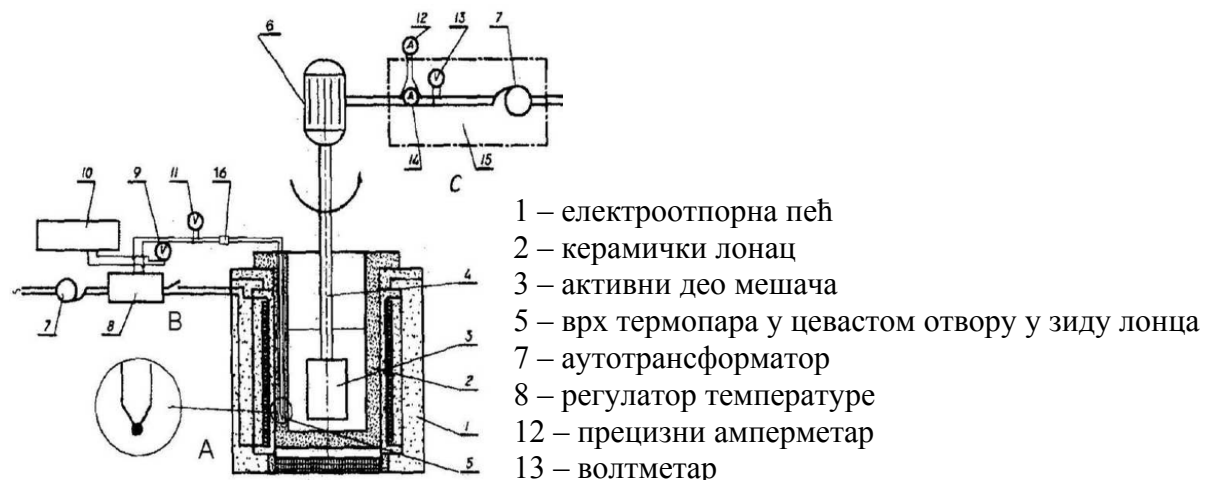
Реалнији приступ изучавању реолошких особина полуочврслих растопа остварила је група јапанских истраживача [7]. Развијен је метод за праћење промена привидног вискозитета током мешања полуочврслих растопа низа Al-Si легура непосредно у лабораторијској металуршкој пећи. При томе је растојање између активног дела мешача и зида пећи било знатно веће него код раније коришћених вискозиметара са зазором.

3. Суштина техничког решења

Предложено техничко решење (електрична метода) омогућава праћење вискозног понашања полуочврслог растопа током мешања. Метода се заснива на континуалном мерењу промене снаге мотора мешача при извођењу рео или компокастинг поступка, независно од облика активног дела мешача. У суштини, врши се мерење јачине струје у току мешања полуочврслог растопа (основне легуре или композита), при константном напону. На основу измерене вредности јачине струје, применом одговарајућих математичких израза могуће је израчунати вредност привидног вискозитет полуочврслих растопа [2]. Овај израз доводи у функционалну зависност електричне величине (које се могу лако мерити), физичке карактеристике полуочврслог растопа, геометријске факторе и интензитет смицајних напрезања који се остварују мешањем полуочврслих растопа.

4. Детаљан опис техничког решења (укључујући и пратеће илустрације и техничке цртеже)

Примена основне идеје техничког решења односно примена електричне методе за праћење и контролу привидног вискозитета полуочврслих растопа основних легура и композита, извршена је коришћењем апаратуре која је шематски приказана на слици 1. Апаратура се састоји из три дела: процесни (А), део за мерење, контролу и регулацију температуре (В) и део за контролу електричних величина током мешања (С).



Слика 1. Шематски приказ апаратуре за реолошка испитивања

Процесни део апаратуре (А) састоји се из лабораторијске електроотпорне пећи снаге 2,5 kW. Радни простор пећи је цилиндричан отвор у који се смешта керамички лонац (2). У зиду керамичког лонца смештена је кварцна цев на чије је дно смештен врх термопара хромел-алумел. Поред пећи у процесни део апаратуре спада и лабораторијски мешач са монофазним електромотором снаге 250 W и уграђеним потенциометром за ручно подешавање броја обрта активног дела мешача. Са наведеним мотором било је могуће постићи 2000 обртаја у минути. Као активни делови мешача коришћени су цилиндар од печене алумине (цилиндрични мешач) и плоча од челичног лима превучена танким слојем Al_2O_3 праха (уз помоћ плазма технологије). Сваки од поменутих мешача био је круто спојем са вратилом електромотора.

Део за мерење, контролу и регулацију температуре (В) се састојао од следећих елемената: термопара (5) и регулатора температуре мерног распона од 100 до 1200 °C и тачности од ± 5 °C (8).

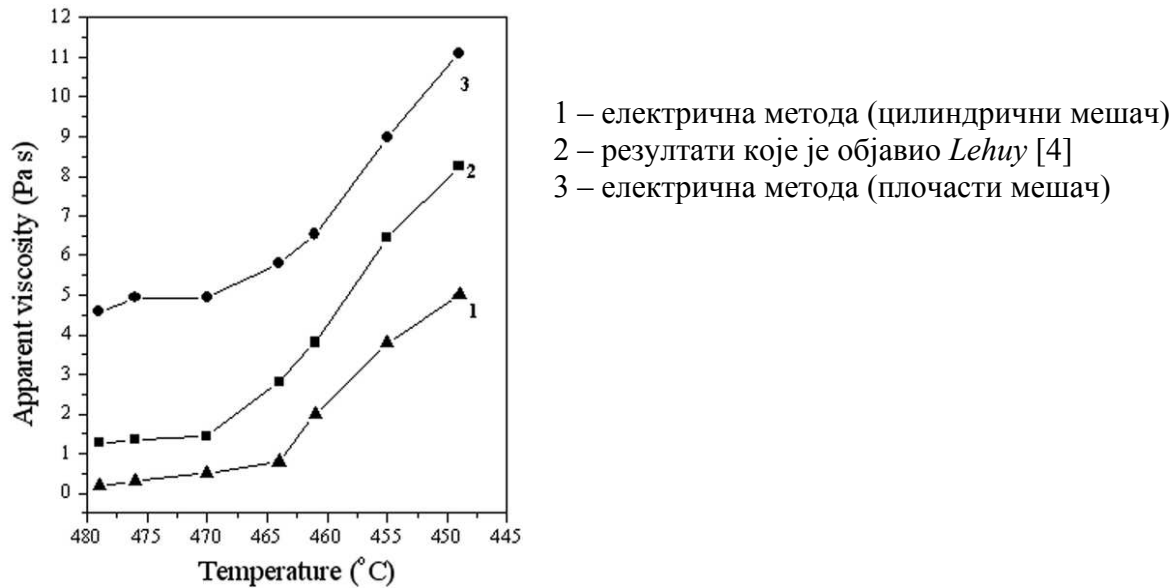
Део за мерење и контролу електричних параметара процеса (С) сачињавали су: напонски трансформатор (7) погодан за рад са наизменичном струјом јачине до 10 А, који је имао функцију стабилизатора напона на тачно 220 V, волтметар за контролу напона и мултиметар за прецизно мерење јачине струје, како при обртању мешача на ваздуху, тако и током мешања. Примењен је изузетно тачан мултиметар (12) (*Keithly 177 Microvolt DMM*) са мерним опсегом од 0 до 2000 mA и дигиталним показивачем вредности. Примена модификоване електричне методе на реолошка испитивања полуочврслих растопа базира се на опште познатим релацијама из електротехнике по којима се може израчунати снага електромотора уколико му је познат фактор снаге, напон и јачина струје. Такође, могуће је израчунати момент мотора ако се зна снага и број обртаја на осовини (у случају мешача на вратилу мешача).

Када електромотор мешача ради на ваздуху при сталном броју обрта вратила, могуће је израчунати снагу мотора и момент обртања на основу конкретно измерене вредности јачине струје. Уколико се активни део мешача урони у полуочврсли растоп неке легуре и активира мотор мешача, може се констатовати тренутно повећање оптерећења мотора. Да би био савладан отпор медијума, уз исти број обртаја као на ваздуху, неопходно је повећати снагу мотора, односно јачину струје. Са друге стране, током хлађења полуочврслог растопа спонтано се повећава масени удео чврсте фазе. Са повећањем масеног удела чврсте фазе повећава се и вискозитет медијума. Када се врши мешање уз спонтано хлађење привидни вискозитет медијума расте и да би се одржала стална брзина обртања мора се повећавати јачина струје. То повећање јачине струје са опадањем температуре растопа праћено је и мерено је на свака три степена промене температуре, а поређено је са константном јачином струје измереном при обртању мешача на ваздуху. На основу измерених вредности струје и познатих вредности геометријских параметара система, уз примену познатих математичких релација, израчунате су вредности следећих реолошких параметара полуочврслог растопа: привидног вискозитета, брзине смицања и смицајних сила [2].

Горе описана процедура примењена је, како на полуочврсле растопе основних легура (ZA27 и A356), тако и на полуочврсле растопе композита са Al_2O_3 честицама (величине 12 и 250 μm).

На слици 2 приказане су упоредне вредности привидних вискозитета полуочврслог растопа ZA27 легуре, добијене применом електричне методе, односно применом предложеног техничког решења (крива 1 и 3), и вредности које је добио *Lehuu* (крива 2). Резултати су добијени при малим брзинама смицања (од око 130 s^{-1}). Уочљива је добра сагласност добијених резултата, што указује да се применом предложене електричне методе могу добити поуздане вредности реолошких параметара полуочврслих растопа. Са слике 2 може се видети и утицај облика мешача на вредности прорачунатих величина привидног вискозитета. Види се да су за дати температурни интервал хлађења вредности привидних вискозитета у случају примене плочастог мешача (крива 3) веће од вредности добијених применом цилиндричног мешача (крива 1). Ове разлике су последица типа струјања које је различито у ова два случаја. Будући да је ова метода базирана на промени снаге мешања, мешач који при свом раду прави

комплексније струјање флуида више утиче на повећање снаге мешања и самим тим долази до повећања израчунатих вредности привидног вискозитета.



Слика 2. Вредности привидних вискозитета полуочврслог растона ZA27 легуре у зависности од температуре (током хлађења)

Потпунији резултати примене ове методе објављени су у раду презентираним на међународној конференцији [2], а детаљно су приказани у раду пријављеном за објављивање у међународном часопису [8].

5. Литература

- [1] **A. Vencl, I. Bobić**, Z. Mišković, Effect of thixocasting and heat treatment on the tribological properties of hypoeutectic Al-Si alloy, *Wear* 264 (2008) 616-623.
- [2] I. Bobic, M. Babic, S. Mitrovic, B. Bobic, M.T. Jovanovic, Rheological behavior of ZA27 alloy semi-solid slurries and Al₂O₃ particulate/ZA27 composite slurries, in: *Proceedings of the 3rd International Conference on Manufacturing Engineering (ICMEN)*, Chalkidiki (2008) 363-372.
- [3] D.B. Spencer, R. Mehrabian, M.C. Flemings, Rheological behavior of Sn-15 pct Pb in the crystallization range, *Metallurgical and Materials Transactions B* 3 (1972) 1925-1932.
- [4] H. Lehuu, J. Masounave, J. Blain, Rheological behaviour and microstructure of stir-casting zinc-aluminium alloys, *Journal of Materials Science* 20 (1985) 105-113.
- [5] H.-K. Moon, J.A. Cornie, M.C. Flemings, Rheological behavior of SiC particulate-(Al-6.5wt.%Si) composite slurries at temperatures above the liquidus and within the liquid + solid region of the matrix, *Materials Science and Engineering A* 144 (1991) 253-265.
- [6] D. Brabazon, D.J. Browne, A.J. Carr, Experimental investigation of the transient and steady state rheological behaviour of Al-Si alloys in the mushy state, *Materials Science and Engineering A* 356 (2003) 69-80.
- [7] K. Ichikawa, S. Ishizuka, Improvement of microstructure in hypereutectic Al-Si alloys by rheocasting, *Transactions of the Japan Institute of Metals* 28 (1987) 434-444.

- [8] **B. Bobic**, **M. Babic**, **S. Mitrovic**, M.T. Jovanovic, **I. Bobic**, Rheological behavior of semi-solid mixtures of alloys and metal-matrix composites. Experimental investigation of basic rheological characteristics and power for mixing of semi-solid mixtures of ZA27 alloy and ZA27/Al₂O₃ composites with large Al₂O₃ particles, Submitted for publication in Journal of Composite Materials, Assigned manuscript number: JCM-10-0105, Status: awaiting for editor's decision.

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета у Крагујевцу бр. 01-1/1128-14 од 22.04. 2010., именовани смо за рецензенте техничког решења „Електрична метода за контролу реолошког понашања полуочврслих растопа основних легура и композита при извођењу рео/компокастинг поступка“ аутора:

1. Др Илија Бобић, виши научни сарадник, ИНН „Винча“, Београд
2. Мр Биљана Бобић, истраживач сарадник, ИР центар ИХИС Техноекспертс, Београд
3. Др Мирослав Бабић, редовни професор, Машински факултет, Крагујевац
4. Др Слободан Митровић, доцент, Машински факултет, Крагујевац
5. Др Александар Венцл, доцент, Машински факултет, Београд
6. Др Бранко Тадић, редовни професор, Машински факултет, Крагујевац

На основу предлога овог техничког решења подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

Техничко решење „Електрична метода за контролу реолошког понашања полуочврслих растопа основних легура и композита при извођењу рео/компокастинг поступка“ аутора Др Илија Бобић, Мр Биљана Бобић, Др Мирослав Бабић, Др Слободан Митровић, Др Александар Венцл, Др Бранко Тадић, реализовано 2009. године, приказано је на 6 страница формата А4, писаних ћиричним 12pt (Times New Roman) фонтом, сингл проредом, садржи 2 слике. Састављено је од следећих поглавља:

1. Опис проблема који се решава техничким решењем
2. Стање решености проблема у свету – приказ и анализа постојећих решења
3. Суштина техничког решења
4. Детаљан опис техничког решења (укључујући и пратеће илустрације и техничке цртеже) и
5. Литература.

Техничко решење припада областима: Материјали, Машинство и Ливарство.

Наручилац техничког решења је Пројекат ТР-14005. Техничко решење је реализовано у оквиру рада на пројекту: Развој напредне опреме за трибодијагностику и ММС на бази лакних метала.

Основна полазна идеја за ово техничко решење прихваћена је и објављена у раду који је недавно изложен на међународној конференцији, док су резултати добијени применом наведене методе-техничког решења приказани у раду пријављеном за објављивање у међународном часопису:

1. Ilija Bobic, Miroslav Babic, Slobodan Mitrovic, Biljana Bobic, Milan T. Jovanovic, Rheological Behavior of ZA27 Alloy Semi-Solid Slurries and Al₂O₃ Particulate/ZA27 Composite Slurries, Proceedings of the 3rd International Conference on Manufacturing Engineering (ICMEN), Chalkidiki, Greece, October 2008, 363-372

2. Biljana Bobic, Miroslav Babic, Slobodan Mitrovic, Milan T. Jovanovic, Ilija Bobic, Rheological Behavior of Semi-Solid Mixtures of Alloys and Metal-Matrix Composites. Experimental Investigation of Basic Rheological Characteristics and Power for Mixing of Semi-Solid Mixtures of ZA27 Alloy and ZA27/Al₂O₃ Composites with Large Al₂O₃ Particles. Submitted for publication in Journal of Composite Materials (USA), assigned manuscript number JCM-10-0105. Status: awaiting for editor's decision.

Примена предложеног техничког решења очекивана је у предузећу „РАР“, Батајница (домаћа индустрија). За сада се примењује у Лабораторији за материјале у ИНН „Винча“ на лабораторијском нивоу.

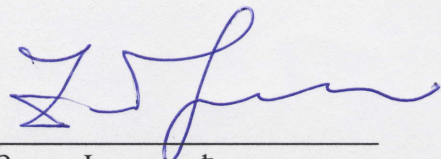
МИШЉЕЊЕ

Анализом текста техничког решења под називом „Електрична метода за контролу реолошког понашања получврслих растопа основних легура и композита при извођењу рео/компокастинг поступка аутора: Др Илија Бобић, Мр Биљана Бобић, Др Мирослав Бабић, Др Слободан Митровић, Др Александар Венцл, Др Бранко Тадић, може се констатовати следеће:

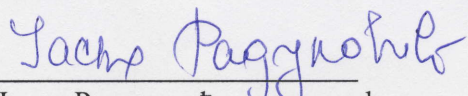
1. Техничко решење је ново и оригинално. Настало је услед потребе да се олакша контрола процеса добијања композита компокастинг поступком, у лабораторијским условима. Предложено техничко решење, односно електрична метода, омогућава једноставно добијање експерименталних података за израчунавање најважнијих реолошких параметара получврслих смеша матричних легура и получврслих смеша композита.
2. Ово техничко решење омогућава да се при извођењу компокастинг поступка са мањим шаржама (око 1 кг металног улошка) дефинишу најповољнији услови за инфилтрацију честица ојачивача, као и услови мешања, због чега је веома значајно за даљи лабораторијски рад у циљу добијања нових композитних материјала бољег квалитета.
3. Сматрамо да се предложено техничко решење може успешно применити и на полуиндустријском и индустријском нивоу.

На основу изложеног, предлажемо да се предложено техничко решење „Електрична метода за контролу реолошког понашања получврслих растопа основних легура и композита при извођењу рео/компокастинг поступка“ прихвати као ново техничко решење (нова метода).

14.05. 2010, у Крагујевцу



Др Зоран Јовановић, научни саветник
Институт за нуклеарне науке „Винча“



Др Јасна Радуловић, ванр. проф.
Машински факултет, Крагујевац



Универзитет у Крагујевцу
Машински факултет у Крагујевцу
Број : **ТР-07/2010**
10. 06. 2010. године
Крагујевац

Наставно-научно веће Машинског факултета у Крагујевцу на својој седници од 10. 06. 2010. године на основу члана 200. Статута Машинског факултета, донело је

О Д Л У К У

Усвајају се позитивне рецензије техничког решења „**Електрична метода за контролу реолошког понашања полуочврслих растопа основних легура и композита при извођењу рео/компокастинг поступка**“, аутора **Др Илије Бобића, Мр Биљане Бобић, Др Мирослава Бабића, Др Слободана Митровића, Др Александра Венцла и Др Бранка Тадића.**

Решење припада класи **M84**, према класификацији из Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, ("Сл. гласник РС", бр. 38/2008).

Рецензенти су:

1. **Др Зоран Јовановић, научни саветник, Институт за нуклеарне науке Винча**
2. **Др Јасна Радуловић, ванредни проф., Машински факултет у Крагујевцу**

Достављено:
Ауторима
Архиви



ДЕКАН МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Др Мирослав Бабић, ред. проф.