

ДОКУМЕНТАЦИЈА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

„Технологија добијања композитних материјала са основом од ZA27 легуре уз додатак честица Al_2O_3 “

Подтип техничког решења – битно побољшана технологија

Аутори техничког решења

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

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

- 2008.

Област технике на коју се техничко решење односи

- Материјали, Машинство, Ливарство

1. Опис проблема који се решава техничким решењем

Предмет овог техничког решења је примена основних принципа добијања композита у полуочврслном стању (компокастинг поступком) у циљу добијања композита са основом од ZA27 легуре (легура цинка). Поред карактеристика основне легуре, за квалитет композитног материјала од највећег је значаја врста, количина, величина и распоред честица ојачивача.

У конкретном случају основни циљ био је да се одреде параметри технолошког процеса (компокастинг), тако да се оствари успешна инфилтрација честица ојачивача (честице Al_2O_3) величине 12 и 250 μm (ситне и крупне честице у даљем тексту). Одабрани масени удели честица ојачивача могу се поделити на мање (од 1 до 3 мас. %), средње (од 3 до 10 мас. %) и велике (преко 10 мас. %). Поред тога, стални захтев био је постизање добре дистрибуције честица ојачивача у основној легури. Будући да се компокастинг поступак састоји од инфилтрације честица ојачивача у полуочврсли растоп неке легуре током мешања, одабран је ламинарни режим струјања растопа при мешању. Овакав режим је најједноставнији за регулацију, није потребно решавати проблем вртложења, а и најјефтинији је за евентуалну примену у пракси. Поред тога, највише је примењиван у радовима других аутора.

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

Аутори овог техничког решења суочили су се недостатком информација у оквиру техничких решења која се односе на технолошке процедуре и практичну примену технологије везану за компокастинг поступак. Наиме, такви подаци не могу се наћи у проспектима произвођача који процесирање у полуочврслном стању изводе на комерцијалном нивоу (нпр. *Alcan* из САД). Због тога су аутори били усмерени на коришћење података из радова објављених у међународним часописима. У процесном делу, значајни су били радови [1,2] који су указали на могућности компокастинг поступка. Поред тога су технолошке шеме и параметри компокастинг поступка, приказани у цитираним радовима, доведени у међусобну зависност, што је од највећег значаја за планирање и извођење компокастинг поступка, а у циљу добијања композита. Комплетнија анализа везе процесних и механичких показатеља компокастинг поступка дата је у раду [3]. Веза механичких и триболошких карактеристика композита са основом од легура цинка описана је у више радова, од којих, по значају за формирање овог техничког решења, треба издвојили радове [4,5]. Независно од резултата изложених у описаном техничком решењу, компокастинг поступак је један од поступака који је, практично у сталном развоју [6,7]. Примењује се на више различитих система легура, посебно због тога што је економски повољнији од низа поступака ингот металургије, уз могућност остваривања оптималних укупних особина добијених композита.

3. Суштина техничког решења

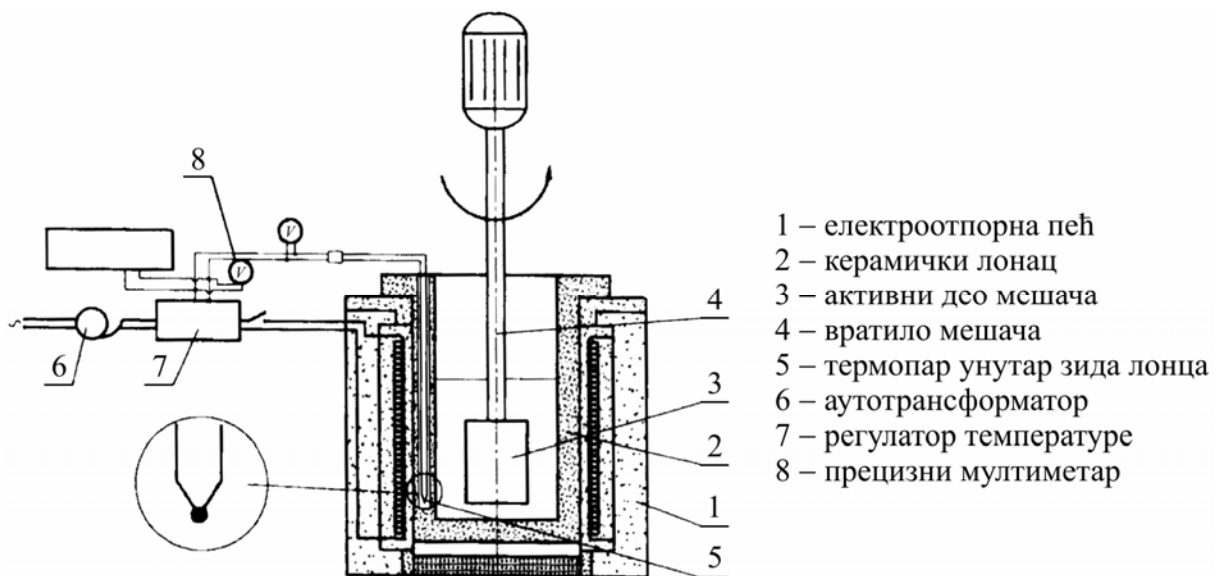
Суштина овог техничког решења је одређивање технолошких параметара компокастинг поступка којим је могуће добити композитне материјале са основом од ZA27 легуре применом ламинарног режима струјања (најеконичнијег и најједноставнијег за контролу) и насипањем честица ојачивача уз вратило мешача. Примењени процесни параметри омогућили су добијање нових материјала, односно композита бољег

квалитета од основне, ZA27 легуре. Инфилтрација крупних честица ојачивача остварена је са свим одабраним масеним уделима док су ситне честице инфилтриране само са мањим масеним уделима (до 3 мас. %).

Добијањем композитних материјала са основом од ZA27 легуре се омогућава ширење поља примене ZA27 легуре, пре свега као трибоматеријала. На основу резултата накнадних експеримената, током којих је направљен композит са основом од ZA27 легуре уз додатак графита, а који су рађени по технологији развијеној за инфилтрацију честица Al_2O_3 у растоп основне легуре, може се констатовати да предложено техничко решење може да се користи за добијање композита са основом од ZA27 легуре уз додатак графита у мањим уделима (до 3 мас. %).

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

За потребе конкретног технолошког решења примењена је апаратура приказана на слици 1, са назначеним најважнијим елементима. Апаратура се састоји од процесног дела који чини електроотпорна лабораторијска пећ (1), са мобилним керамичким лонцем израђеним од алумине из више слојева (2), у чији зид је уграђен врх термопара хромел-алумел (5) за индикацију промене температуре током процеса. Мешач је конструкционо независан од пећи и његов активни део, плоча (3) може се у процесни простор пећи унети по потреби. Вршена је строга регулација температуре, тако што је импурсе од термопара прихватио регулатор (7) и према унапред задатим вредностима укључивао и искључивао пећ. Вршена је и додатна контрола температуре паралелно спојеним веома прецизним мултиметром (8) (*Keithly 177 Microvolt DMM*).



Слика 1. Шема апаратуре за извођење компокастинг поступка

Технолошка процедура за добијање композита састојала се из следећих елемената: припрема полуочврслога растопа ZA27 легуре и честица ојачивача; кратка реолошка обрада припремљеног растопа; инфилтрација честица ојачивача уз мешање; умешавање полуочврслог растопа композита ради постизања добре дистрибуције честица

ојачивача; изливање и топло пресовање одливака – композита ради смањења порозности.

Припрема полуочврслог растопа састојала се од шаржирања комада ZA27 легуре у претходно предгрејани керамички лонац (на око 600 °C). Легура је стопљена (температура топљења од 493 °C), а растоп је прегрејан до 550 °C (57 °C изнад ликвидус температуре) ради чишћења шљаке. После чишћења, растоп је охлађен до 485 °C, односно до температуре предвиђене за уношење активног дела мешача ради лакшег подешавања радне температуре која је иначе нижа. Честице праха Al₂O₃, независно од величине и масеног удела, су уношене у сушницу и предгреване на 150 °C, да би се одстранила влага и умањило снижење температуре у првој фази инфилтрације.

Кратка реолошка обрада полуочврслог растопа извршена је тако што је по достизању задате радне температуре поступка (од 460 °C) вршено мешање полуочврслог растопа ZA27 легуре у трајању од 2,5 минута са учесталашћу обртања активног дела мешача од 500 o/min. Овај кратки додатни поступак уведен је као последица ранијих прелиминарних експеримената који су показали да под горе описаним процесним условима долази до доста брзе трансформације дендритне у претежно недендритну структуру, чиме се олакшава инфилтрација честица ојачивача.

Инфилтрација честица ојачивача Al₂O₃, независно од величине и количине честица, вршена је насипањем уз вратило мешача. Време инфилтрације и температура на којој је вршена инфилтрација приказани су у Табели 1.

Табела 1. Параметри компокастинг поступка

Честице/ δ	Al ₂ O ₃ (12 μ m)	Al ₂ O ₃ (250 μ m)		
G	3	3	8	16
t_r	461	461	464	468
τ_{inf}	7	3	4	5
τ_{uk}	45	45	45	45

Легенда:

δ – просечна величина честица Al₂O₃ (μ m);

G – масени удео честица ојачивача (мас. %);

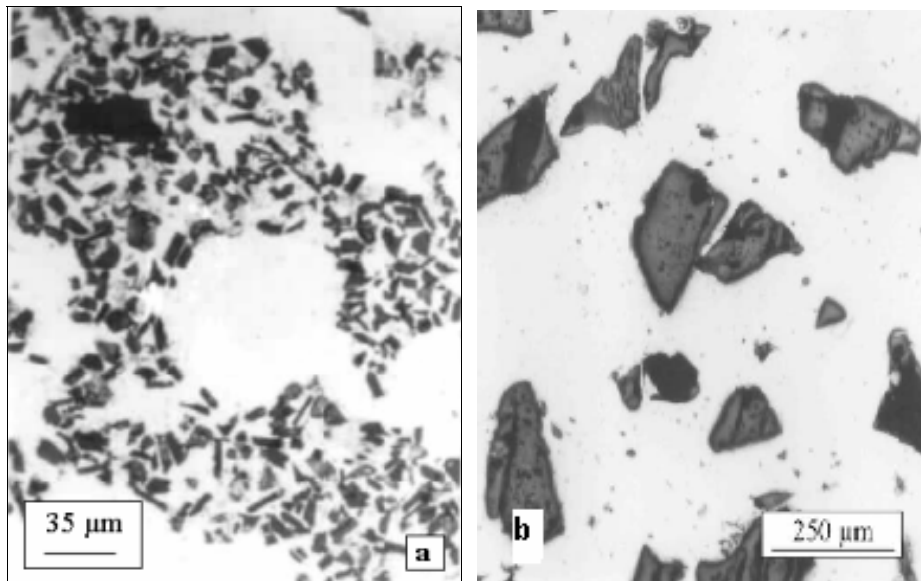
t_r – радна температура компокастинг поступка (°C);

τ_{inf} – време инфилтрације честица ојачивача (минут);

τ_{uk} – укупно време трајања компокастинг поступка.

Укупно време мешања (Табела 1) приказано је ради стварања представе о трајању технолошког процеса. Када се ова вредност одузме од збира времена потребних за кратку реолошку припрему и инфилтрацију, добија се време умешавања, тј. време које је било потребно да се постигне повољна дистрибуција честица ојачивача (просечно око 30 минута). Ово време је у практичном раду одређено брзим пробама са каљењем и испитивањем применом оптичке микроскопије (ОМ). Већ у овој фази технолошког поступка виделе су се значајне разлике у дистрибуцији честица ојачивача различите величине у основној легури. Ово је омогућило да се оцени утицај величине честица ојачивача на одвијање процеса добијања композита. У случају крупних честица, независно од количине инфилтрираних честица, постигнута је задовољавајућа дистрибуција. Као пример, на слици 2 приказан је изглед полираних површина узорака композита основом од ZA27 легуре, и то: композит са 3 мас. % Al₂O₃ честица просечне

величине 12 μm (сл. 2а) и композит са 8 мас. % Al_2O_3 честица просечне величине 250 μm (сл. 2б). У случају инфилтрације ситних честица, честице ојачивача распоређене су у облику накупина, док су крупније честице хомогено распоређене у основи основне легуре, тј. није примећено груписање у накупине.



Слика 2. Микроструктура полираних површина композитних материјала са основом од ZA27 легуре уз додавак Al_2O_3 честица: а) композит са 3 мас. % честица Al_2O_3 величине 12 μm и б) композит са 8 мас. % честица Al_2O_3 величине 250 μm

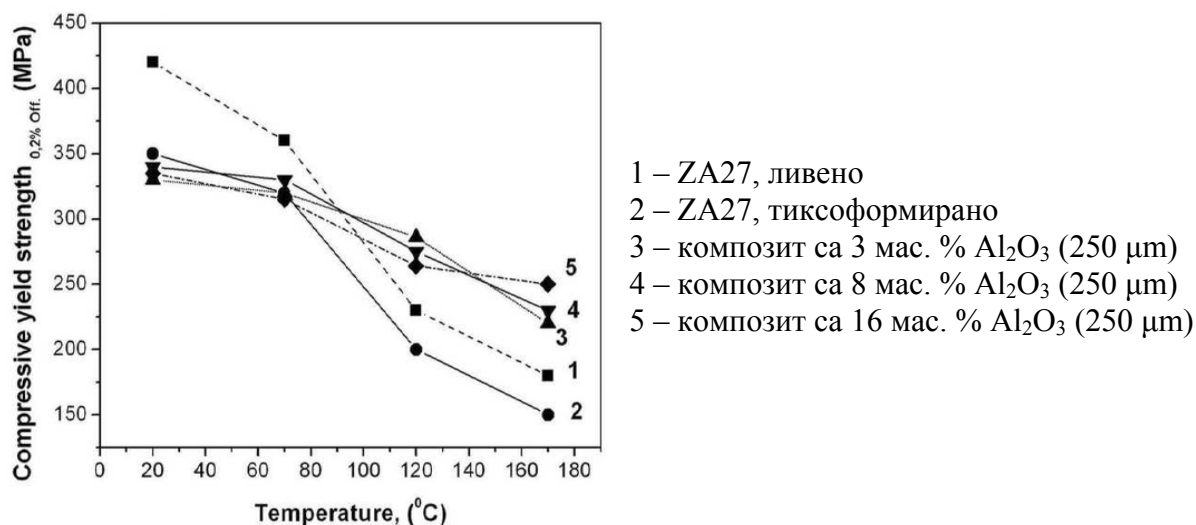
По завршеном промешавању, добијене композитне масе уливане су у челичну кокилу претходно предгрејану на 300 $^{\circ}\text{C}$. Тако су добијени одливци – композити облика цилиндра пречника 36 и висине 140 mm или призматични одливци димензија 20 \times 30 \times 120 mm, у зависности од тога која је кокила коришћена за изливање. Одливци су пресовани на температури од 230 $^{\circ}\text{C}$ у циљу смањења укупне порозности и побољшања механичких особина.

У Табели 2 приказане су вредности тврдоћа добијених композитних материјала. Може се уочити да композит ојачан ситним честицама има највећу тврдоћу, што је у складу са подацима из литературе. У случају композита са крупним честицама може се уочити да тврдоћа расте са повећањем удела честица ојачивача. Од практичног значаја је чињеница да су тврдоће композита са крупним честицама на нивоу тврдоћа ливене легуре (нешто мало више за фракције са већим масеним уделом).

Табела 2. Тврдоће ливене и тиксоформиране ZA27 легуре и ZA27/ Al_2O_3 композита на собној температури

Материјал	Тврдоћа, НВ
ZA27, ливено	111
ZA27, тиксоформирано*	94
Композит са 3 мас. % Al_2O_3 (12 μm)	123
Композит са 3 мас. % Al_2O_3 (250 μm)	85
Композит са 8 мас. % Al_2O_3 (250 μm)	113
Композит са 16 мас. % Al_2O_3 (250 μm)	118

* напомена: тиксоформирано стање ZA27 легуре је карактерисано у прелиминарним експериментима и уврштено је у Табелу 2 због морфолошке сличности са структуром основе композита. Тако се може реалније правити анализа повећања тврдоће услед утицаја честица ојачивача него у односу на ливено стање



Слика 3. Промена границе течења ($R_{p0.2}$) различитих стања ZA27 легуре са променом температуре при притисним испитивањима [8]

Резултати притисних испитивања композита са основом од ZA27 легуре и крупним честицама Al₂O₃ на собној и повишеним температурама приказани су на слици 3. Види се да код свих композита вредности њихових механичких особина, мерене границом попуштања $\sigma_{0.2\%}$, спорије опадају са повећањем температуре (криве 3, 4 и 5, слика 3) у односу на ливено и тиксоформирано стање ZA27 легуре (криве 1 и 2, слика 3), што је од великог значаја за примену, посебно код израде лежаја и сличних компонената, где се може очекивати повишење температуре у конкретним радним условима при истовременом дејству спољњег оптерећења.

Резултати металографских и механичких испитивања композита са основом од ZA27 легуре у коју су инфилтриране крупне Al₂O₃ честице приказани су у научном раду „Microstructure and mechanical properties of Zn25Al3Cu (ZA27) based composites with large Al₂O₃ particles at room and elevated temperatures“ (аутора Биљане Бобић, Мирослава Бабића, Слободана Митровића, Ненада Илића, Илије Бобића и Милана Т. Јовановића), који је прихваћен за објављивање у часопису *International Journal of Materials* (раније *Zeitschrift für Metallkunde*), што такође представља потврду о ваљаности предложеног техничког решења.

На основу резултата металографских испитивања, механичких испитивања на собној и повишеним температурама, као и триболошких испитивања, може се констатовати да композити са основом од ZA27 легуре ојачани крупним честицама Al₂O₃ одликују супериорне укупне особине у односу на класичне материјала за лежаје, што одређује правац њихове могуће употребе и даје смисао и вредност описаном техничком решењу. У погледу квалитета композита са ситним честицама, мишљење аутора је да треба наставити рад у смеру побољшања дистрибуције ситних честица у матричној легури.

5. Литература

- [1] R. Mehrabian, R.G. Riek, M. Flemings, Preparation and casting of metal-particulate non-metal composites, *Metallurgical and Materials Transactions B* 5 (1974) 1899-1905.
- [2] M.C. Flemings, Behavior of metal alloys in the semisolid state, *Metallurgical and Materials Transactions A* 22 (1991) 957-981.
- [3] I.A. Cornie, R. Guerriero, L. Meregalli, I. Tangerini, Microstructures and properties of zinc-alloy matrix composite materials, у: S.G. Fishman, A.K. Dhingra (yp.), *Proceedings of the International Symposium on Advances in Cast Reinforced Metal Composites*, Chicago (1988) 155-165.
- [4] N. Karni, G.B. Barkay, M. Bamberger, Structure and properties of metal-matrix composite, *Journal of Materials Science Letters* 13 (1994) 541-544.
- [5] S.C. Sharma, B.M. Girish, D.R. Somashekar, B.M. Satish, R. Kamath, Sliding wear behaviour of zircon particles reinforced ZA-27 alloy composite materials 224 (1999) 89-94.
- [6] S. Tzamtzis, N.S. Barekar, N. Hari Babu, J. Patel, B.K. Dhindaw, Z. Fan, Processing of advanced Al/SiC particulate metal matrix composites under intensive shearing – A novel Rheo-process, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* 40 (2009) 144-151.
- [7] S.-N. Chou, H.-H. Lu, D.-F. Lii, J.-L. Huang, Processing and physical properties of Al₂O₃/aluminum alloy composites, *Ceramics International* 35 (2009) 7-12.
- [8] **B. Bobic**, **M. Babic**, **S. Mitrovic**, N. Ilic, **I. Bobic**, M.T. Jovanovic, Microstructure and mechanical properties of Zn₂₅Al₃Cu (ZA27) based composites with large Al₂O₃ particles at room and elevated temperatures, *International Journal of Materials* (рад прихваћен за објављивање).

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета у Крагујевцу бр. 01-1/1128-14 од 22.04. 2010. именовани смо за рецензенте техничког решења „Технологија добијања композитних материјала са основом од ZA27 легуре уз додатак честица Al_2O_3 “ аутора :

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

На основу предлога овог техничког решења подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

Техничко решење „Технологија добијања композитних материјала са основом од ZA27 легуре уз додатак честица Al_2O_3 “ аутора Др Илија Бобић, Др Мирослав Бабић, Др Слободан Митровић, Др Александар Венцл, Мр Биљана Бобић, реализовано 2008. године, приказано је на 7 страница формата А4, писаних ћириличним 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 TP-14005. Техничко решење је реализовано у оквиру рада на пројекту: Развој напредне опреме за трибодијагностику и ММС на бази лаких метала.

Основна полазна идеја за ово техничко решење прихваћена је и у међународним часописима Tribology Letters и International Journal of Materials (раније Zeitschrift für Metallkunde).

1. Miroslav Babic, Slobodan Mitrovic, Dragan Dzunic, Branislav Jeremic, Ilija Bobic: "Tribological Behavior of Composites Based on ZA-27 Alloy Reinforced with Graphite Particles", Tribology Letters 37 (2010) 401–410
2. Biljana Bobic, Miroslav Babic, Slobodan Mitrovic, Nenad Ilic, Ilija Bobic, Milan T. Jovanovic: "Microstructure and mechanical properties of Zn25Al3Cu (ZA27) based composites with large Al_2O_3 particles at room and elevated temperatures" International Journal of Materials (раније Zeitschrift für Metallkunde) (рад прихваћен за објављивање).

Примена предложеног техничког решења очекивана је у предузећу „РАР“, Батајница (домаћа индустрија).

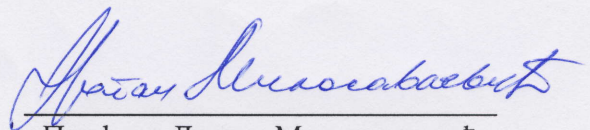
МИШЉЕЊЕ

Анализом текста техничког решења под називом „Технологија добијања композитних материјала са основом од ZA27 легуре уз додатак честица Al_2O_3 “ аутора: Др Илија Бобић, Др Мирослав Бабић, Др Слободан Митровић, Др Александар Венцл, Мр Биљана Бобић, констатовали смо следеће:

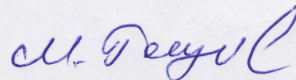
1. Техничко решење припада области нових технологија добијања композита са металном основом процесирањем у полуочврслном стању. Аутори су успели у настојањима да применом модификованог компокастинг поступка произведу композитне материјала са знатно побољшаним карактеристикама у односу на матричну легуру (триболошке особине, тврдоћа и механичке особине на повишеним температурама). Мишљења смо да је тиме остварен мултидисциплинарни прилаз проблемима процесирања легура у полуочврслном стању у циљу добијања композитних материјала..
2. Предложено техничко решење је јасно приказано и поткрепљено експерименталним резултатима и објављеним научним радовима.
3. Анализа техничких детаља изнетих у датом техничком решењу указује на реалну могућност преноса технологије са лабораторијског на индустријски ниво. Апаративно решење, помоћу кога је остварен предложен технолошки поступак, представља типску ливачку опрему која уз додатак одговарајућих уређаја за контролу и регулацију процеса у приложеном техничком решењу омогућава производњу композитних материјала на полуиндустријском и индустријском нивоу.

На основу до сада описаног, предлагемо да се техничко решење „Технологија добијања композитних материјала са основом од ZA27 легуре уз додатак честица Al_2O_3 “ прихвати као ново техничко решење (нова технологија).

14.05. 2010, у Крагујевцу



Проф. др Драган Милосављевић
Машински факултет, Крагујевац



Проф. др Миломир Гашић
Машински факултет, Краљево



Универзитет у Крагујевцу
Машински факултет у Крагујевцу
Број : **ТР-09/2010**
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 „Технологија добијања композитних материјала са основом од ZA27 легуре уз додатак честица Al_2O_3 “, аутора **Др Илије Бобића, Др Мирослава Бабића, Др Слободана Митровића, Др Александра Венцла, и Мр Биљане Бобић.**

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 Драган Милосављевић, ред. проф., Машински факултет у Крагујевцу**
2. **Др Миломир Гашић, ред. проф., Машински факултет Краљево**

Достављено:
Ауторима
Архиви

ДЕКАН МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Др Мирослав Бабић, ред. проф.

