

**Технички факултет „Михајло Пупин“, Зрењанин  
Универзитет у Новом Саду**

**Техничко-технолошко решење:**

**ПРОТОКОЛ ЗА ДИЈАГНОСТИЧКО ИСПИТИВАЊЕ ТАНКИХ  
ДЕЛОВА ОД ОБОЈЕНИХ МЕТАЛА НА ПРЕДМЕТИМА  
ПРИМЕЊЕНЕ УМЕТНОСТИ МЕТОДАМА РАДИОГРАФИЈЕ И  
ПЕНЕТРАНТА У ЦИЉУ ОТКРИВАЊА МИКРОПУКОТИНА**

**Аутори:**

Др Зоран Карастојковић, дипл.инж. Слободан Чубриловић,  
Др Сузана Полић, Др Никола Бајић, Др Јасмина Пекез, Др Зоран  
Јањушевић, Др Александра Патарић,

**Зрењанин, 2018.г.**

## НАЗИВ ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКОГ РЕШЕЊА:

**Протокол за дијагностичко испитивање танких делова од обојених метала на предметима примењене уметности употребом метода радиографије и пенетраната у циљу откривања микропукотина**

## АУТОРИ ТЕХНИЧКО- ТЕХНОЛОШКОГ РЕШЕЊА:

Др Зоран Карастојковић, ИХИС Technoexperts ИРЦ, Батајнички пут 23,  
11080 Земун,

Дипл.инж. Слободан Чубриловић, Techcon, 11070 Нови Београд, Јурија Гагарина 37/44,

Др Сузана Полић, Централни институт за конзервацију, 11000 Београд,  
Теразије 26,

Др Никола Бајић, ИХИС Technoexperts ИРЦ, Батајнички пут 23, 11080  
Земун,

Др Јасмина Пекез, Универзитет у Новом Саду, Технички факултет  
„Михајло Пупин“, 23000 Зрењанин, Ђуре Ђаковића бб,

Др Зоран Јањушевић, Институт за технологију нуклеарних и других  
минералних сировина, Франше д'Епереа 86, 11000 Београд

Др Александра Патарић, Институт за технологију нуклеарних и других  
минералних сировина, Франше д'Епереа 86, 11000 Београд.

**КЉУЧНЕ РЕЧИ:** дијагностика, уметнички предмети, радиографија, пенетранти, пукотине, лемљење

## ПРОЈЕКАТ ИЛИ УГОВОР ИЗ КОГА ПРОИЗИЛАЗИ ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ:

Ово техничко-технолошко решење је резултат рада на пројекту ТР 34028, које финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, (2011-2018).

## КАТЕГОРИЈА ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКОГ РЕШЕЊА: **M83**

Према Правилнику о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата истраживача РС и процедури Централног института за конзервацију „Протокол за дијагностичко испитивање танких делова од обојених метала на предметима примењене уметности употребом метода радиографије и пенетраната у циљу откривања микропукотина“, категорија техничког решења М83 јесте „Нови протокол за дијагностичко испитивање стања предмета из примењене уметности“.

НАЗИВ МАТИЧНОГ ОДБОРА Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије компетентног за доношење одлуке о верификацији и валидацији техничког решења:

**Матични одбор за материјале и хемијске технологије**

РЕЦЕНЗЕНТИ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА:

1. Проф. др Бранко Шкорић
2. Доц. др Милија Краишник

КОРИСНИЦИ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА:

1. М.Б.Монт с.р.о. Праха-Нератовице, Чешка Република,
2. „Перић&Перић“ д.о.о.м 12000 Пожаревац, Дунавска 114-116.

## Садржај

<b>1. УВОД</b>	<b>5</b>
<b>2. Дијагностичко испитивање без разарања</b>	<b>6</b>
<b>3. Област примене техничког решења</b>	<b>8</b>
<b>4. Проблем који се решава</b>	<b>8</b>
4.1. Стање решености у свету	9
4.2. Стање решености код нас	10
<b>5. Суштина и опис техничког решења</b>	<b>10</b>
5.1. Анализа стања материјала дела из примењене уметности	10
<b>6. РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА</b>	<b>11</b>
6.1. Визуелни преглед	11
6.2. Рендгенско испитивање састава	11
6.3. Рендгенско испитивање прозрачивањем	12
6.4. Анализа поступка израде листова	15
6.5. Испитивање листова методом пенетраната	16
6.5.1. Опис методе	16
6.5.2. Резултати пенетрантских испитивања	17
6.6. Лемљење као узрок појаве пукотине	19
<b>7. ЗАКЉУЧАК</b>	<b>20</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА</b>	<b>21</b>

## 1. Увод

Предмети из примењене уметности, без обзира да ли припадају металним или неметалним материјалима, као столна лампа која је предмет овог техничког решења, се не смеју испитивати широко прихваћеним методама које, иначе, стоје на располагању у индустријским условима дијагностичких испитивања, контроле или утврђивања грешака насталих у процесу производње. То се редовно односи на методе испитивања са разарањем. За време испитивања овим методама потребна је посебна припрема посматраног дела, део се оштећује тако да се мерења не могу поновити. Ове методе не дају праву слику о посматраном – испитиваном предмету - материјалу већ само у делу одакле је узет узорак. Материјал може да буде порозан, да има шупљине, стране примесе и др., а све то не може да се открије методама испитивања разарањем.

Сечење у циљу узорковања, значи делимично или знатно оштећење (некада и уништавање) испитиваног дела, тако да узорковање из уникатног дела из (примењене) уметности скоро никада није дозвољено.

Увођењем метода испитивања без разарања могуће је имати увид у квалитет материјала, односно посматраног дела, без њиховог оштећења-разарања. Ове методе омогућавају испитивање и контролу посматраног предмета а да при томе он не претрпи било каква оштећења. Такође се смањују и трошкови испитивања јер се испитивани делови не разарају, па у случају позитивног резултата испитивања ти делови могу да се уграде у коначну конструкцију и да се даље експлоатишу [1].

Испитивање материјала без разарања није новијег датума. У развоју цивилизације још од раних почетака, човек је настојао да се критички осврне на свој и туђи рад, што представља визуелну контролу, додиром руке утврђивао је храпавост на предмету, те евентуалну појаву пукотина. Савремено схватање метода испитивања без разарања и њихова свестрана примена долази до изражаја тек развојем технике.

Међу најстарије методе спадају магнетне методе. Још 1868. године су у Енглеској извођени покушаји да се пукотине на топовским цевима откривају и утврђују помоћу металних опиљака и компаса. Позната су истраживања Förster-а у сфери магнетног расипног поља и вртложних струја. Röntgen је 1895. године као успутни резултат, док је истраживао пролазност електрона кроз разређен простор, открио рендгенске зраке и утврдио на комаду цинка замотаном у фотографски папир и озрачен овим зрацима присуство дефеката. Међутим, техничка примена  $x$ -зрака за откривање грешака је наступила тек 1913. године, откривањем рендгенских цеви. Becquerel је 1896. године открио зрачење уранових соли. После њега Pierre и Marie Curie су утврдили да поједини изотопи зраче  $\gamma$  – зрацима. Тек проналаском вештачких радио-изотопа дошло је до свестраније примене ове методе у циљу откривања грешака. Код

рендгенских цеви јачина X-зрака зависи од напона између катоде и аноде. За повећање јачине X-зрака, односно напона морали су се користити велики трансформатори, тако да су рендгенске цеви велике волтаже биле гломазне и непрактичне за транспорт. Тада су се почели користити акцелератори, где се за убрзање електрона користило променљиво магнетно поље.

Године 1928. Sokolow је утврдио да пукотине и друге нехомогености пригушују или рефлектују ултразвучне таласе, те је утврдио да је могуће користити ултразвук за откривање грешака у материјалу. Године 1937. конструисао је ултразвучни апарат [2]. Најпре је кориштена метода прозвучавања, а касније метода одјека.

Пред II светски рат су се почеле користити течности са великом способности пенетрације за откривање површинских грешака.

У последње време освојене су нове методе испитивања без разарања као: акустична емисија, X-томографија, термографија, акустична микроскопија, ласерска испитивања итд.

## 2. Дијагностичко испитивање без разарања

Дијагностичко испитивања без разарања се заснива на физичким законима електромагнетних и механичких таласа, индуковање и отпор електричне струје, ефекте магнетних поља, способности пенетрације неких течности кроз уске просторе, итд.

Постоје разне поделе дијагностичких метода испитивања без разарања: према основном принципу рада, врсти грешака које се откривају, фази испитивања у технолошком процесу производње или коришћења, итд. [3].

С обзиром да се методе контроле без разарања заснивају на визуелној оцени, на интеракцији материјала и унесене енергије или средства с којим је материјал доведен у контакт, уобичајена је следећа подела метода без разарања [3]:

- визуелни преглед (ВП),
- димензионална контрола (ДК),
- пенетрантско испитивање (ПИ),
- магнетно испитивање (МИ),
- ултразвучно испитивање (УИ),
- радиографско испитивање (РИ),
- акустичка емисија (АЕ),

**Визуелни преглед:** пре било које друге методе испитивања својства материјала, примењује се *визуелна контрола*. Та метода испитивања релативно је јефтина, не одузима пуно времена, а може дати врло корисне информације и претходи испитивању неком другом методом.

**Димензионална контрола:** је следећа по реду је метода за испитивање – контролу материјала или посматраних делова, код које се употребљавају различити уређаји, као и направе за мерење дебљине и слично.

**Пенетрантско испитивање:** или **испитивање пенетрантима** често се примјењује код провере заварених спојева на конструкцијама, порозности одливака итд. На претходно очишћену и одмашћену површину наноси се пенетрант (обично црвене боје). Након пенетрирања у евентуалну пукотину (време пенетрирања, тј. продирања у пукотине зависи од врсте пенетранта и од димензија пукотине, али се приближно узима 10 до 15 минута), уклања се пенетрант на одговарајући начин (водом, сувом крпом). Код пенетраната који се уклањају водом, треба бити пажљив и млаз воде усмерити паралелно с посматраном површином, како млаз воде не би истиснуо пенетрант из пукотине. Након сушења посматране површине наноси се развијач (обично је беле боје), који извлачи пенетрант из пукотине, па је на посматрној белој површини лако уочљива црвена црта од пенетранта из пукотине. Код тањих делова на једну се страну наноси пенетрант, а на другу развијач. Ако постоји пукотина кроз целу дебљину посматраног дела, тада ће развијач извући пенетрант на своју страну, што се види као лако уочљива црвена црта од пенетранта из пукотине на белој (од развијача) површини посматраног дела [4].

**Магнетно испитивање:** користи се за откривање површинских и подповршинских грешака (приближно до дубине 6mm) код феромагнетичних материјала. Заснива се на принципу магнетне индукције. Ова метода испитивања је јефтина и брза, али има ограничење на не феромагнетичне материјале, грешке дубоко испод површине, те немогућности одређивања дубине пукотине која је откривена код феромагнетичних материјала.

**Ултразвучно испитивање:** заснива се на својству ултразвука да се шири кроз хомогене материјале и да се одбија на граници материјала различитих акустичких особина (отпорности), односно од нехомогености (грешака) у материјалу. Од извора ултразвука шире се ултразвучни таласи кроз материјал који се контролише. Ако у материјалу постоји грешка, иза ње ће, у зависности од врсте грешке, ултразвучни таласи ослабити или се неће појавити (одбију се од грешке) [2,3].

**Радиографско испитивање:** при испитивању материјала или посматраних делова методама прозрачавања у пракси се користе рендгенски зраци или гама зраци. Оба су зрачења у основи електромагнетна зрачења [5,6].

**Акустична емисија:** Кад се чврсти материјал изложи напрезању, грешке унутар материјала емитују кратке импулсе акустичних таласа. Као и код ултразвучног испитивања, такви таласи могу открити одређеним пријемницима. Примењују се за откривање присуства евентуалне грешке и њихове локације.

### **3. Област примене техничког решења**

Приказано техничко решење је применљиво за артефакте израђене од металних материјала, у овом случају израђених од обојених метала али је наравно могућа примена и на челике, посебно за делове са елементима/украсима у облику танких и извијених форми. Такви неправилни облици се срећу у индустрији али су посебно карактеристични у уметности какав је овде био случај.

### **4. Проблем који се решава**

Од предмета из (примењене) уметности, који припадају цењеној културној баштини, обично се очекује да дуго трају. Њихова површина је скоро увек изложена дејству атмосферилија, па се и том аспекту поклања дужна пажња. Такви делови, а по правилу то су уникати, се или штите од разорног дејства атмосферилија или се бирају племенити материјали. Али, осим површине и унутрашњост неког масивнијег објекта из примењене уметности може да садржи неке грешке, различите природе, у грађи материје. Такве грешке у материјалу потичу још из фазе израде дела, и оне као такве споља посматрано често нису видљиве. Грешке оваквог типа се временом не смањују, напротив повећавају. Многи аутори као и купци таквих дела, нису увек довољно свесни о могућој даљој деградацији материјала, тиме и неповратног пропадања уметнине. Из тих разлога је неопходно што детаљније испитивање и дијагностификовање стања уметнине.

Успостављање дијагностичког протокола је од важности за стицање праве слике о стању испитиваног уметничког предмета, посебно ако се утврди постојање пукотина у дотичном предмету, било од ливења, ковања, заваривања или слично. За те намене често је довољно употребити само једну методу испитивања или дијагностификовања, обично се то своди на неку методу без разарања.

Свака од расположивих метода показује одређене предности али мало пажње се поклања ограничењима или немогућностима примењене методе. Извесне методе испитивања могу да дају неке скривене резултате, а ови даље могу да изазову нетачна тумачења. Оно што је неповољно



односи се на могуће извођење неких непотребних активности приликом заиста неопходне реконструкције или конзервације испитиваних уметничких предмета.

Непоштовање принципа испитивања у току процеса дијагностификовања стања, посебно се то односи на артефакте, може касније довести до предузимања погрешних и штетних корака, а све то се скоро никада не сме дозволити. Извршена испитивања и притом настала оштећења на третираном предмету могу перманентно да створе више или мање видљиве трагове, ометајући и умањујући почетни визуелни ефекат самог творца артефакта.

#### 4.1. Стање решености у свету

За испитивање уметничких предмета применљиве су бројне методе али већина од њих, појединачно, још увек није поуздана нити стандардизована да би се артефакт само њоме поуздано испитао. Ултразвучна испитивања су брза и безбедна, како по уметнички предмет тако и по особље (околину). Недостатак ултразвучног испитивања је у постојању мртве зоне, која обично износи 6-8мм од површине испитивног предмета. Мртва зона значи да је у тој области непоуздано испитивање стања материјала. Све ово ултразвучну методу чини, ипак, непогодном за испитивање танких предмета.

Једна од широко применљивих метода у испитивању многих индустријских па и уметничких предмета је радиографско испитивање, у којој дебљина испитиваног дела обично не представља проблем, било да се ради о великој или малој дебљини, због чега је ова метода постала референтна за поуздано утврђивање стања, односно хомогености испитиваног предмета. Неповољну страну радиографског испитивања представља штетно зрачење, о чему се итекако мора водити рачуна у току извођења испитивања, понајвише о утицају на извођаче испитивања али и на ближу околину.

Пенетрантским испитивањем се откривају само површинске грешке, дакле не и у унутрашњости (дебљини) испитиваног предмета.

Због свега тога, има разлога за успостављањем дијагностичког протокола, применом комбинованог испитивања танких металних делова у композицији неког уметничког предмета.

У индустријским размерама, овде коришћене методе се користе у свету али нису постала обавезна пракса за документовано испитивање уметничких предмета, као што је то предложено овим Техничким решењем.

## 4.2. Стање решености код нас

Предложено Техничко решење јесте побољшање у циљу добијања поузданих података, коришћењем сертифицираних метода при испитивању и откривању евентуалних грешака у предметном артефакту. Наиме, у току израде или каснијег премештања, односно транспорта могу настати оштећења која су невидљива људским оком, а таква оштећења могу кад-тад да доведу до још већег оштећења па и уништења предметног артефакта.

У овом Техничком решењу се комбинују две методе испитивања, обе без разарања, а које су појединачно сертифициване у индустрији. Појединачно примењене методе испитивања уметничких предмета доводе до тога да је оцена испитиваног предмета остављена испитивачу као слободан избор. Да би се одстранила субјективна процена испитивача и избегло евентуално даље оштећење уметничког предмета, овим Техничким решењем се прописује процедура испитивања коришћењем наведених метода (рендгенском методом прозрачивања целе масе у комбинацији са испитивањем површине – применом површински активних супстанци).

Показано је да је овакво „тандем“ испитивање општег стања материјала уметничког предмета поуздано и да га треба што више препоручивати као корисну методу, јер у току као ни после испитивања не настаје разарање материјала, што је од изузетне важности за сваки уметнички предмет. До наведених сазнања се дошло у процесу наших научних истраживања поузданости артефаката, а примењено је у Институту за конзервацију у Београду у једној домаћој и страниј фирми.

## 5. Суштина и опис техничког решења

### 5.1. Анализа стања материјала дела из примењене уметности

Откривање грешака (индикација) и њихов положај морају бити обавезни кораци у сваком приступу пре рестаурације и/или конзервације уметничког предмета. Такав проблем се јавио приликом испитивања овде посматраног предмета - стоне лампе, дела које припада примењеној уметности направљеног с краја XIX века, аутора Auguste Moreau (1834-1917), приказаног у два погледа на сл. 1.



а)



б)

Слика 1. Поглед: спреда а) и отпозади б) предметне стоне лампе, XIX век

Саставни део утврђивања типа грешке је питање како је дотична грешка могла да настане, има се у виду пре свега технологија израде дотичног уметничког предмета.

## 6. РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА

### 6.1. Визуелни преглед

Предметна стона лампа је израђена још с краја XIX века, тако да је и из тог разлога било потребно визуелно прегледати целу лампу пре предузимања евентуално било каквих даљих корака у сврху конзервације. На телу лампе голим оком нису биле видљиве никакве пукотине или слична оштећења.

Анализом технологије израде испитиваног предмета дошло се до закључка да су тело и постолје лампе израђени поступком ливења док су остали танки делови, листови, израђени деформисањем (ковањем) из танког лима. Причвршћивање орна-менталних делова је извршено механички (вијцима) и лемљењем. На крају технолошког поступка израде

цео комад је површински обрађен, тј. заштићен од корозионог пропадања, у овом случају танким заштитним слојем браон боје, иста слика.

## 6.2. Рендгенско испитивање састава

За одређивање хемијског састава на располагању је више аналитичких метода, једна од најпоузданијих је свакако гравиметријска метода. Међутим, за потребе овакве хемијске анализе мора се узети толика количина материјала која би оставила видљив траг на уметничком предмету. Због тога је за анализу хемијског састава изабрана рендгенска флуоресцентна метода (X-Ray Fluorescence-XRF), када се у једној тачки пречника  $\varnothing \approx 1 \div 3$  мм, врши анализа састава али без остављања трајног оштећења као за потребе гравиметријске хемијске анализе, што је за ове потребе од изузетне важности. Рендгенску флуоресцентну методу је могуће применити у циљу утврђивања присуства елемената чак и у траговима, што ову методу чини широко применљивом у науци, индустрији и посебно у археологији. Резултати хемијске анализе тела стоне лампе, извршене у две тачке, су наведени у табели 1.

Табела 1. Резултати рендгенске флуоресцентне анализе тела стоне лампе, мас. %

Место	Sb	Sn	Ag	Pb	Zn	Cu	Fe	Cr	Ti	P	Si
m.m1	0.011	0,003	0,167	1,076	90,908	6,286	0,245	0,188	0,062	0,026	0,076
m.m2	0.049	0,033	0,019	2,136	89,585	5,041	0,631	0,275	0,056	0,631	1,231

Испитивана легура са око  $\approx 90\%$  Zn припада групи ливачких легура цинка, са бакром као главним легирајућим елементом, које данас нису у комерцијалној нити уметничкој примени.

## 6.3. Рендгенско испитивање прозрачивањем

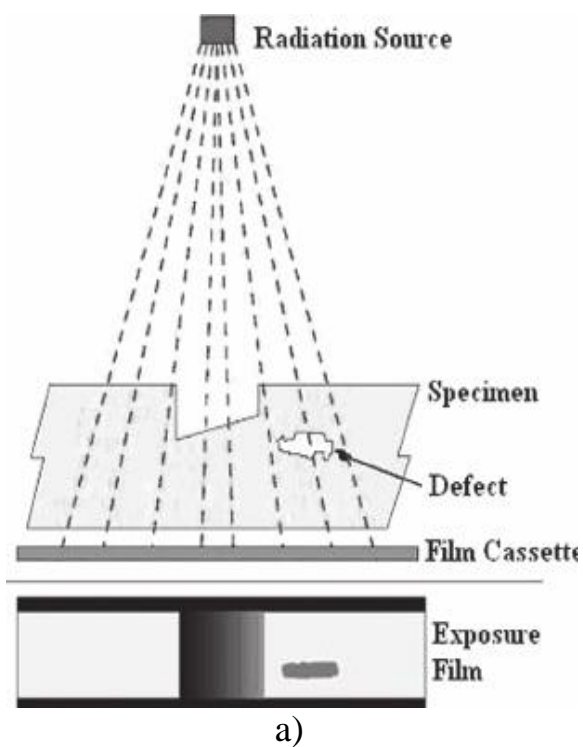
Рендгенска метода испитивања је доста заступљена у испитивању одливака, отковака и/или заварених спојева, подједнако у индустријским као и лабораторијским условима. Рендгенско испитивање прозрачивањем је метода применљива за испитивање без разарања и предмета сложене геометрије и облика, а такви су скоро редовно делови из примењене уметности или слично. Тело испитиване столне лампе јесте сложене геометрије, погледати сл. 1. Резултати рендгенског испитивања прозрачивањем тела нису показали да постоје индикације у смислу прекида хомогености материјала, међутим централни део столне лампе са лепо уобличеним декоративним листовима је привукао пажњу, сл. 2.



Сл. 2. Макро поглед централног дела стоне лампе од интереса за даља испитивања

У рендгенском испитивању прозрачивањем резултат се бележи на филмској плочи, тако да остаје евиденција реалног стања након проласка рендгенских зрака кроз испитивани предмет, сл. 3а). Светле површине на рендгенском филму потичу од интензивније апсорпције рендгенског зрачења на испитиваној локацији и смањене реакције са емулзијом на филму, што за последицу има појаву светлијег филма. Тамније површине на рендгенском филму указују да је дошло до интензивне апсорпције рендгенских зрака, тј. да су они лако прошли кроз испитивани материјал и интензивно реаговали са емулзијом филма. Затамњења на филму директно значе да на том месту постоји или стањење или су присутне неке индикације (обично се сматра да је то прекид, гасна шупљина или пукотина) у испитиваном материјалу.

Рендгенско испитивање прозрачивањем предметне столне лампе, сл. 3б), урађено је под уобичајеним условима за ту врсту испитивања, а изведено је у Лабораторији за испитивање без разарања, која је у саставу Завода за заваривање, Београд.



Сл. 3. Принцип рендгенског испитивања прозрачивањем а) и филм (негатив) целе стоне лампе б)

После рендгенског испитивања евентуално присутне грешке се откривају као затамњења. Негатив рендгенског снимка прозрачивањем делова са танким елементима, приказан је на сл. 4. На листовима са сл. 4. видљиве су светле индикације као танке нити дебљине  $\approx 0.5\text{mm}$  или мање, у облику закривљених линија, око централног „стабла“.



Сл. 4. Рендгенски филм централног дела стоне лампе са листовима ( $\approx 1\text{mm}$  дебљине)

Како су у овом случају остале површине листова тамне, као и околина (ваздушна атмосфера), то се поуздано не може проценити да ли у листовима постоје индикације (тј. грешке) у виду пукотина, или не. Индикације у рендгенским испитивањима прозрачивањем недвосмислено указују на прекид у хомогености материјала, овде су од интереса испитивања листова. По откривању евентуалних нехомогености на оваквим деловима следило би предузимање даљих репаратурних или конзерваторских активности. Улога и значај репаратурних или конзерваторских активности су добро познати стручној јавности, подсећања ради, она се изводе у циљу спречавања настанка још већих оштећења у току каснијег периода, било чувања или коришћења предметног артефакта.

Међутим, резултати рендгенског испитивања прозрачивањем тела нису показали да постоје јасне индикације у смислу прекида хомогености материјала, услед појаве великих тамних површина (од танких листова).

#### 6.4. Анализа поступка израде листова

Листови наведених димензија и облика извесно је да се не могу произвести ливењем, као што је то учињено са телом столне лампе. Овде није извршена посебна хемијска анализа материјала листова али према искуству аутора и материјалима које се примењују за обликовање оваквих уметничких предмета, за израду листова је коришћен бакарни лим, као

пластичан метал. Поступак *искивања* листова је означен као начин обликовања танких елемената – овде су то украсни листови од бакра. Поступак *искивања* је, иначе, био веома популаран начин обликовања јувелирских и уметничких предмета од давнина па све до негде половине XX века.

Индикације у облику закривљених танких линија не потичу од ливења већ од начина израде (обликовања), тачније то су трагови *искивања* и *стањења* лима, тако да не представљају прекиде (лом) у материјалу. Примењена испитивања рендгенским прозрачивањем, овде нису дала задовољавајући одговор о стању хомогености танких елемената (листова), а све то ствара конфузију у тумачењу реалног стања. Регистравање пукотина на оваквом снимку, дакле, није поуздано.

У циљу утврђивања праве природе индикација са сл. 3. морају се извршити даља дијагностичка испитивања о постојању наведених индикација неком другом методом, овде је за примену изабрана метода са осетљивим пенетрантима.

## 6.5. Испитивање листова методом пенетраната

Испитивање пенетрантима на одређен начин наставак је визуелне методе, јер се пенетрантима омогућава боље уочавање грешака на површини, а самим тим и бржа дефектажа. Испитивања пенетрантима у индустријским условима уобичајено је, и изводе се у циљу откривања површинских грешака након ливења, ковања, варења или лемљења, а према нашим сазнањима није до сада коришћена у испитивању уметничких предмета. Ова метода се најчешће користи у циљу утврђивања површинских или подповршинских грешака на неком предмету, а што је указивало да постоји на посматраном предмету – стоној лампи са сл. 4.

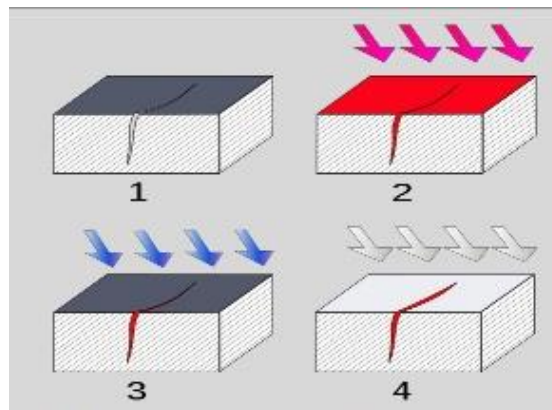
### 6.5.1. Опис методе

Метода испитивања пенетрантима састоји се од неколико фаза - корака који у зависности од посматраног дела могу бити различити. У овом случају ти кораци су:

- 1) чишћење и одмашћивање, односно одстрањивање нечистоћа и садржаја из пукотина и грешака које се настоје открити а чиме је контактна површина припремљена за наношење пенетранта;
- 2) наношење пенетранта на контактну површину и његово пенетрирање у пукотину;
- 3) уклањање вишка пенетранта, и
- 4) примена развијача, када се јасно открива присутна пукотина у



материјалу, сл. 5. видљиво као црвена линија



Слика. 5. Кораци у испитивању површинских грешака методом течних пенетраната

#### 6.5.2. Резултати пенетрантских испитивања

Резултати пенетрантских испитивања на предметноом артефакту су изведена у складу са стандардом EN 10228-1:2005, на сл. 6. су издвојена два корака. На сл. 6а) је снимак после другог корака са сл. 5.



а)



Сл. 6. Два корака у испитивању пенетрантима: а) после прскања црвеном суспензијом (други корак) и б) последњи (четврти) корак оваквог испитивања, (димензије су у сантиметрима)

Заостала црвена суспензија, као контрастна боја, испуњава евентуално присутне површинске индикације и тиме на белој подлози омогућује јасну идентификацију евентуално присутних пукотина. Као што се може видети са сл. 6б), ту није било видљивих остатака црвене суспензије. То практично значи да на листовима нису регистроване пукотине, као што је то остало недоречено у претходном, радиографском, испитивању прозривањем на истим местима, видети сл. 4. Танке линије на листовима су утиснуте искривањем, тако да оне никако не представљају пукотине, тј. прекид у материјалу, што би некима који нису блиски технологијама израде могло да изгледа као вероватнио оштећење, настало још у току израде уметничког предмета.

Детаљним испитивањем површине листова откривена је површинска пукотина у облику црвенкасте кривудавае линије, сл. 7.

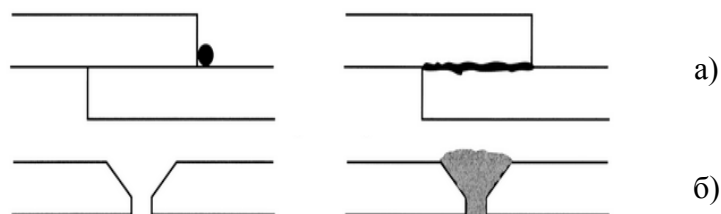


Сл. 7. Пенетрантима откривена пукотина (дужине  $\approx 6\text{mm}$ ) на месту лемљења,  $\approx \times 5$

Чињеница је да је на месту регистроване пукотине извршено спајање листа са дршком листа. Спајање је извршено лемљењем и та чињеница захтева додатну анализу у циљу откривања узрока појаве регистроване пукотине.

### 6.6. Лемљење као узрок појаве пукотине

Квалитет залемљених спојева зависи од: стања површине, конструкције споја, величине зазора, врсте материјала за лемљење, затим врсте додатног материјала али и врсте коришћеног топитеља. Геометрије спојева намењених лемљењу и заваривању се међусобно разликују у детаљима као што је илустровано сл. 8.



Сл. 8. Прикази два споја пре и после: лемљења а) и варења б)

Квашљивост додатног за основни материјал, уопште, је једна од основних карактеристика технологије лемљења, јер је потребно испунити зазор између спајаних површина, сл. 8а). Код заваривања такав проблем није изражен.

За успешно лемљење основни метал барем делимично мора бити растворљив барем у једној компоненти материјала лема, што је ближе проблематика металургије лемљења.

Коришћење топитеља је, иначе, неизбежно у технологијама лемљења. За лемљење бакарних делова данас су применљиве бројне технологије, а с обзиром на време израде столне лампе (XIX век) скоро извесно да је примењено гасно лемљење.

Бакар, од којих су израђени листови, задржава релативно високу корозиону постојаност у атмосферским условима захваљујући стварању заштитног слоја купрооксида ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ). Одавде је јасно да се лемљење мора изводити у редукционој атмосфери. У циљу разарања наведеног оксида обично се примењују топитељи у облику воденог раствора цинкхлорида ( $\text{ZnCl}_2$ ) или такође воденог раствора амонијум хлорида ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ). Ови топитељи добро чисте површину бакра од створених оксида и побољшавају разливање лема, обезбеђујући чврст спој.

Након сваког лемљења неопходно је детаљно чишћење површине у широј околини залемљеног споја. Међутим, сваки остатак топитеља представља опасност од евентуалног одвијања корозионих процеса, који се због своје природе не могу уочити у тренутку рада већ много касније, што се овде и догодило, видети сл. 7.

Регистровану пукотину малих димензија, у техничком смислу, није тешко рестаурирати, односно спој вратити у такво стање да површина буде без пукотине. Коначну одлуку о извођењу или одбијању рестаурације доноси, наравно, власник артефакта.

## 7. ЗАКЉУЧАК

Визуелним прегледом посматраног предмета - лампе нису уочене никакве пукотине. У циљу сигурне дијагностике примењен је поступак испитивања рендгенским прозрачивањем, широко примењиван у контроли одливака, отковака и/или заварених спојева. За контролу евентуалних грешака у дебљим пресецима овај поступак је, свакако, поуздан. Међутим, овде се показало да је рендгенско испитивање прозрачивањем, ипак, недовољно поуздано за контролу артефаката из примењене уметности, јер су исти скоро редовно сложене геометрије и садрже делове различитих димензија, посебно дебљине, а све то на релативно малом простору.

Испитивање пенетрантима се, свакако, показало као поузданија метода за откривање, како се показало присутних, површинских грешака, а која није била откривена методом рендгенског прозрачивања. Рад са пенетрантима није ограничен на дебљину испитиваног комада. Регистровану пукотину технички није тешко рестаурирати, тј. вратити у

првобитно стање, што је допринос оваквог поступка испитивања једног оваквог дела из примењене уметности.

Ослањајући се само на рендгенско испитивање до изнетог сазнања се не би дошло, тј. прслина не би била откривена. Из свега тога, има потпуно оправдања да се у будућности примењује овде описани протокол о испитивању делова из примењене уметности, тачније коришћењем обеју метода, тј. рендгенским прозривањем, за дебље пресеке, и потом пенетрантским испитивањем, за танке пресеке.

Примена оваквог протокола у испитивању, на целој или одређеној површини. неће довести до погрешне, некада непотребне па и штетне рестаурације дела из (примењене) уметности. Овим протоколом се поуздано утврђује стање материјала артефакта у погледу постојања пукотина, тако да се оцена о примени неке методе рестаурације и конзервације не сме изводити брзоплето или само на занатском нивоу.

## Литература

- [1] П.Терзић: Испитивање метала, ТМФ Београд, Београд 1988.
- [2] В. Sladojević: Ispitivanje materijala ultrazvukom, Institut „Kirilo Savić“, Beograd, 1977.
- [3] V. Krstelj: Ultrazvučna kontrola, Zagreb, Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2003.
- [4] Љ. Иванић: Ливење, Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору, Бор 2000.
- [5] V. Krstelj: *Radiografska kontrola*, HD za kontrolu bez razaranja, Zagreb, 2000.
- [6] И. Аничин, А. Фертилио, М. Николић, и др.: Радиографија – Принципи и методе испитивања, Београд 1988, Институт за нуклеарне науке Винча, стр. 91-182.
- [7] F. Schweizer: Bronze objects from like Sites, From Patina to “Biography”, *Ancient&Historic Metals conservation and scientific research*, The Getty conservation Institute, New York 1994, str. 33-50.
- [8] C. Calzaa, D.F. Oliveiraa, R.P. Freitasc, H.S. Rochaa, J.R. Nascimentoa, R.T. Lopesa: Analysis of Sculptures Using XRF and X-ray Radiography, [Radiation Physics and Chemistry](#), 16/2015, november, str. 326–331.
- [9] J. Bassett: An Opportunity taken: the project design for a technical study of 26 bronzes in the exhibition *adriaen de vries: imperial sculptor* at the J. Paul Getty museum, *Objects specialty group postprints*, vol. Nine, str. 68-78.
- [10] [R. Van Langh](#), [E. Lehmann](#), [S. Hartmann](#), [A. Kaestner](#), [F. Scholten](#): The Study of Bronze Statuettes with the Help of Neutron-imaging Techniques,

[Analytical and Bioanalytical Chemistry](#), 395/2009/7, december, str. 1949–1959.

- [11] Б. Кочовски: Металургија обојених метала, Рударско-металуршки факултет у Бору, Бор 1967, стр. 28-174.
- [12] С. Марковић, В. Радовановић, Ж. Камберовић: Уметничко ливење, Београд 2005, Класа д.о.о, стр. 11-68.
- [13] М. Барјановскиј, А. Дмитрович, Н. Интјаков, В. Чајка: Справочник дља технологов, Минск 1966, Беларус, стр. 47-205.
- [14] А.М. Wasserman, V.A. Danilkin, O.S. Korobov, et al: Methods of Control and Testing of Light Metals, Moscow 1985, prevod na ruski, Metallurgiya, str. 61-64.
- [15] J.C. Vickerman: Surface Analysis – The Principal Techniques, Chichester-England 1997, John Wiley & Sons, str. 46-49; 371-389.
- [16] I. Aniĉin, A. Fertilio, M. Nikolić, i dr.: Radiografija – Principi i metode ispitivanja, Beograd 1988, Institut za nuklearne nauke Vinĉa, str. 91-182.
- [17] R.E. Shoy Jr, M.S. van Lysel, M.J. Yaffe: X-ray Equipment, Handbook Biomedical Engineering, Hartford-Connecticut/USA 1995, CRS Press, IEEE Press, str. 953-972.
- [18] К.Н. Богојаљенскиј, В.В. Жолобов, и др.: Деформирование цветних металлов и сплавов, Москва 1973, Металлургија, стр. 217-434.
- [19] Г.И. Бельченко, С.И. Губенко: Основи металографији и процесов обраотки стаљеј, Киев-Доњецк 1987, Вишча школа, стр. 42-119.
- [20] И.К. Суворов: Процеси обраотки металлов, Москва 1973, Висшаја школа, стр. 228-375.
- [21] Ју.Ф. Шени, С.Н. Лоцманов: Технологическиј процес пајки металлических материјалов, у приручнику: Справочник по пајке, Москва 1984, Машиностроение, стр.249-270.
- [22] С. Петрић, С. Полић, Д. Јовановић, Н. Илић, В. Живковић, В. Џикић: Конзервација сребрног појаса типа „Мраморац“, Београд 2015, Централни институт за конзервацију у Београд и Завичајни музеј Јагодина, стр. 5-27.
- [23] З. Карастојковић: Површинска заштита метала, Београд 2016, Висока техничка школа струковних студија – Нови Београд, стр. 79-100.
- [24] Z.M. Karastojković, S. R. Polić, M.Ž. Srećković, N.A. Ilić, Z.V. Janjušević: X-Ray transparent testing of leaves from an artistic desk lamp, Zaštita materijala, 58/2017/2, str. 158-162.



Република Србија – АП Војводина  
Универзитет у Новом Саду  
Технички факултет «Михајло Пупин»  
Зрењанин, Буре Ђаковића бб  
[www.tfzr.uns.ac.rs](http://www.tfzr.uns.ac.rs)  
Тел.023/550-515 факс: 023/550-520  
ПИБ: 101161200



Дел.број: 03-6458/7

Дана: 12.12.2018. године

### ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

са 108. седнице Наставно-научног већа Техничког факултета «Михајло Пупин»  
Зрењанин одржане 12.12.2018. године

**Непотребно изостављено!**

#### 7. Разматрање записника катедре за машинско инжењерство

7.1.

Након кратког образложења проф. др Драгице Радосав, председнице Наставно научног већа Факултета, а на основу предлога катедре за машинско инжењерство, гласањем, једногласно од укупног броја присутних чланова Наставно научног већа, донета је

### ОДЛУКА

Прихвата се предлог да се за рецензенте техничког решења Протокол за дијагностичко испитивање танких делова од обојених метала на предметима примењене уметности методама радиографије и пенетраната у циљу откривања микропукотина, аутора: др Зорана Карастојковића, дипл.инж. Слободана Чубриловића, др Сузана Полић, др Николе Бајић, др Јасмине Пекез, др Зорана Јањушевића, др Александра Патарића (документација дата у прилогу) именују:

1. Проф. др Бранко Шкорић, научна област: Технологија ливења и термичка обрада и инжењерство површина, микро и нано технологије, ФТН Нови Сад и
1. Доц. др Милија Краишник, научна област: Машинство – производне машинске технологије и материјали, Универзитет у Источном Сарајеву, Машински факултет.

За тачност  
Стојак Ленуца

Доставити:

1. Рецензентима
2. Катедри
3. Архиви



Председница Наставно научног већа  
Проф. др Драгица Радосав



## Рецензија техничког решења

Мишљење о испуњености критеријума за признавање техничког решења

На основу достављеног материјала, у складу са одредбама *Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача*, Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, рецензент Проф. др Бранко Шкорић, оценио је да су испуњени услови за признање својства техничког решења следећем резултату научноистраживачког рада:

**Назив:** Протокол за дијагностичко испитивање танких делова од обојених метала на предметима примењене уметности употребом метода радиографије и пенетраната у циљу откривања микропукотина

**Аутори техничког решења:** Др Зоран Карастојковић, Дипл.инж. Слободан Чубриловић, Др Сузана Полић, Др Никола Бајић, Др Јасмина Пекез, Др Зоран Јањушевић, Др Александра Патарић

**Категорија техничког решења:** М83 (Битно побољшано техничко решење на међународном нивоу)

## Образложење

**Предложено решење је урађено за:** Технички факултет "Михајло Пупин" Зрењанин.

### Корисник решења:

1. M.V.Mont s.r.o. Praha-Neratovice, Czech Republik,
2. „Перић&Перић“ д.о.о.м 12000 Пожаревац, Дунавска 114-116.

**Предложено решење је урађено:** 2018. године.

**Област на коју се техничко решење односи је:** Материјали и хемијске технологије

**Начин верификације:** Верификација техничког решења су извели истраживачи са институција: ИХИС Technoexperts ИРЦ, Земун, Techcon, Нови Београд, Централни институт за конзервацију, Београд, Технички факултет „Михајло Пупин“, Зрењанин, ИТНМС, Београд, као и корисници техничког решења: М.В.Монт s.r.o. Praha-Neratovice, Czech Republik, и „Перић&Перић“ д.о.о.м Пожаревац, Дунавска, што је документовано резултатима истраживања и изјавом корисника о тестирању.

**Проблем који се техничким решењем решава:** Успостављање дијагностичког протокола је од важности за стицање праве слике о стању испитиваног уметничког предмета, посебно ако се утврди постојање пукотина у дотичном предмету, било од ливења, ковања, заваривања или слично. За те намене често је довољно употребити само једну





УНИВЕРЗИТЕТ  
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ  
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија  
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централа: 021 485 2000  
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763  
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndean@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ  
СИСТЕМ  
МЕНАџМЕНТА  
СЕРТИФИКОВАН ОД:



методу испитивања или дијагностификовања, обично се то своди на неку методу без разарања. Непоштовање принципа испитивања у току процеса дијагно-стификовања стања, посебно се то односи на артефакте, може касније довести до предузимања погрешних и штетних корака, а све то се скоро никада не сме дозволити. Извршена испитивања и притом настала оштећења на третираном предмету могу перманентно да створе више или мање видљиве трагове, ометајући и умањујући почетни визуелни ефекат самог творца артефакта.

**Стање решености овог проблема у свету:** Једна од широко применљивих метода у испитивању многих индустријских па и уметничких предмета је радиографско испитивање, у којој дебљина испитиваног дела обично не представља проблем, било да се ради о великој или малој дебљини, због чега је ова метода постала референтна за поуздано утврђивање стања, односно хомогености испитиваног предмета. Неповољну страну радиографског испитивања представља штетно зрачење, о чему се итекако мора водити рачуна у току извођења испитивања, понајвише о утицају на извођаче испитивања али и на ближу околину. Пенетрантским испитивањем се откривају само површинске грешке, дакле не и у унутрашњости (дебљини) испитиваног предмета. Због свега тога, има разлога за успостављањем дијагностичког протокола, применом комбинованог испитивања танких металних делова у композицији неког уметничког предмета.

**Суштина техничког решења:** Откривање грешака (индикација) и њихов положај морају бити обавезни кораци у сваком приступу пре рестаурације и/или конзервације уметничког предмета. Такав проблем се јавио приликом испитивања овде посматраног предмета - стоне лампе, дела које припада примењеној уметности направљеног с краја XIX века, аутора Auguste Moreau (1834-1917). Саставни део утврђивања типа грешке је питање како је дотична грешка могла да настане, има се у виду пре свега технологија израде дотичног уметничког предмета.

**Карактеристике предложеног решења:** У циљу сигурне дијагностике примењен је поступак испитивања рендгенским прозрачивањем, широко примењиван у контроли одливака, отковака и/или заварених спојева. За контролу евентуалних грешака у дебљим пресецима овај поступак је, свакако, поуздан. Међутим, овде се показало да је рендгенско испитивање прозрачивањем, ипак, недовољно поуздано за контролу артефаката из примењене уметности, јер су исти скоро редовно сложене геометрије и садрже делове различитих димензија, посебно дебљине, а све то на релативно малом простору. Испитивање пенетрантима се, свакако, показало као поузданија метода за откривање, како се показало присутних, површинских грешака, а која није била откривена методом рендгенског прозрачивања. Рад са пенетрантима није ограничен на дебљину испитиваног комада. Регистровану пукотину технички није тешко рестаурирати, тј. вратити у првобитно стање, што је допринос оваквог поступка испитивања једног оваквог дела из примењене уметности. Ослањајући се само на рендгенско испитивање до изнетог сазнања се не би дошло, тј. прелина не би била откривена. Из свега тога, има потпуно оправдања да се у будућности примењује овде описани протокол о испитивању делова из примењене уметности, тачније коришћењем обеју метода, тј. рендгенским прозрачивањем, за дебље пресеке, и потом пенетрантским испитивањем, за танке пресеке.



УНИВЕРЗИТЕТ  
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ  
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија  
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централa: 021 485 2000  
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763  
Телефакс: 021 458-133; e-mail: [ftndeap@uns.ac.rs](mailto:ftndeap@uns.ac.rs)

ИНТЕГРИСАНИ  
СИСТЕМ  
МЕНАДЖМЕНТА  
СЕРТИФИКОВАНИ ОД:



На основу детаљне анализе достављених докумената, у својству рецензента, оцењујем да је резултат научноистраживачког рада, под називом: *Протокол за дијагностичко испитивање танких делова од обојених метала на предметима примењене уметности употребом метода радиографије и пенетраната у циљу откривања микропукотина*, претставља ауторско дело, које поред стручне компоненте, пружа оригинални научноистраживачки допринос, који је практично употребљив, и који по важећим критеријумима Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, може се сврстати у категорију М83-Битно побољшано техничко решење на међународном нивоу.

Нови Сад, 21.01.2019. год.

Рецензент

Проф. др Бранко Шкорић  
Факултет техничких наука, Нови Сад

НАСТАВНО НАУЧНОМ ВИЈЕЋУ ТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА „МИХАЈЛО ПУПИН“, ЗРЕЊАНИН УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ

ПРЕДМЕТ: РЕЦЕНЗИЈА ТЕХНИЧКОГ РЈЕШЕЊА ПОД НАЗИВОМ

**ПРОТОКОЛ ЗА ДИЈАГНОСТИЧКО ИСПИТИВАЊЕ ТАНКИХ ДЕЛОВА ОДОБОЈЕНИХ МЕТАЛА НА ПРЕДМЕТИМА ПРИМЕЊЕНЕ УМЕТНОСТИ МЕТОДАМА РАДИОГРАФИЈЕ И ПЕНЕТРАНАТА У ЦИЉУ ОТКРИВАЊА МИКРОПУКОТИНА**

Аутори:

Др Зоран Карастојковић, ИХИС Technoexperts ИРЦ, Земун  
Дипл. инж. Слободан Чубриловић, Techson, Београд  
Др Сузана Полић, Централни институт за конзервацију, Београд  
Др Никола Бајић, ИХИС Technoexperts ИРЦ, Земун  
Др Јасмина Пекез, Универзитет у Новом Саду, Технички факултет „Михајло Пупин“, Зрењанин  
Др Зоран Јањушевић, Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина, Београд  
Др Александра Патарић, Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина, Београд

*Мишљење рецензента*

Одлуком Техничког факултета у Зрењанину, бр. 03-6458/7 од 12.12.2018.г. именован сам за рецензента Техничког рјешења под називом: *Протокол за дијагностичко испитивање танких делова од обојених метала на предметима примењене уметности методама радиографије и пенетраната у циљу откривања микропукотина.*

Ово техничко-технолошко рјешење је резултат рада на пројекту ТР 34028, које финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, (2011-2018).

На основу достављеног штампаног материјала износим сљедеће

## МИШЉЕЊЕ

Цијело Техничко рјешење је урађено сагласно са Прилогом 2 из Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата истраживача Републике Србије.

Рјешење је обрађено укупно на 24 (двадесетчетири) стране, има 1 (једну) табелу и садржи 8 (осам) слика. Састав Техничког рјешења се састоји из општег дијела, 7 (седам ) поглавља, литературе и уговора једне домаће и једне иностране фирме о коришћењу Рјешења.

Општи дио садржи основне податке о установи и ауторима рјешења, као и евиденциони број пројекта РС, потом назив Техничког рјешења, област на коју се техничко рјешење односи, иницијално за кога је рјешење рађено и кога у овом тренутку примјењује. Проблеми који се могу рјешавати овим Техничким рјешењем такође су објашњени.

Проблематика испитивања умјетничких предмета, у циљу дијагностификовања њиховог тренутног стања, представља срж у правилној оцјени постојећег стања, због чега се тек након тога могу предузимати неки даљи подухвати. Овдје, у предложеном Техничком рјешењу, прецизно и јасно је описана рјешавана проблематика са којом су се сусрели аутори. Аутори су изнијели поуздано рјешење за ток испитивања умјетничких предмета у циљу дијагностификовања стања, без оштећења/разарања умјетнине.

Откривање грешака, доминантно се имају у виду микропукотине, које су најчешће настале у технолошком поступку израде, а рјеђе при коришћењу или излагању умјетнине, као и дефинисања њиховог положаја, увијек представљају обавезне и важне кораке у приступу прије сваке рестаурације, односно конзервације умјетничког предмета.

Приказано техничко рјешење је намијењено примјени за испитивање артефаката израђених од металних материјала, у овом случају израђених од обојених метала. Међутим, то никако није ограничење, јер се исти поступак може примијенити и на челике. Посебно се истиче да је предложено Техничко рјешење примјенљиво на често извијене форме различитих димензија и дебљина, што је наравно карактеристика бројних умјетничких предмета комплексне геометрије. Такође је уочљиво да наведена поглавља садрже довољно информација о спроведеним испитивањима, практичности и оствареним резултатима, и недвосмислено дају јасну слику о

примјенљивости предложеног Техничког рјешења – категорије М83, у складу са напријед наведеним правилником.

## ЗАКЉУЧАК

Садржај и сва текстуална документација предложеног Техничког рјешења припремљени су у складу са важећим Правилником о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата (Сл. Гласник РС, бр. 24/2016 и 21/2017 ). Приказано Техничко рјешење садржи непходне информације о области примјене на коју се рјешење односи и проблем који се његовом примјеном рјешава.

Резултати којима је верификовано Техничко рјешење, потврђују примјенљивост метода у циљу откривања микропукотина на предметима примијењене умјетности, без њиховог разарања односно оштећења.

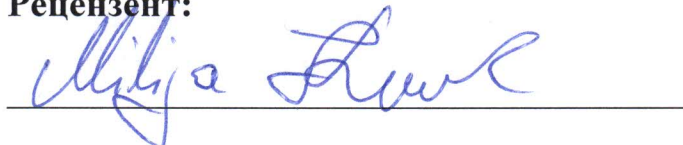
Комбинованом примјеном метода радиографије и пенетраната, врло поуздано се дијагностикују све евентуалне грешке, настале у току израде или експлоатације, на испитиваним умјетничким предметима.

На основу напријед изнијетог, предлажем Наставно-научном вијећу Техничког факултета „Михајло Пупин“, Зрењанин, Универзитета у Новом Саду, да техничко рјешење под називом:

*"Протокол за дијагностичко испитивање танких делова од обојених метала на предметима примењене уметности методама радиографије и пенетраната у циљу откривања микропукотина",*

верификује и сврста у категорију М83 предложену од стране аутора.

Рецензент:



Доц. др Милија Краишник,  
Универзитет у Источном Сарајеву, Машински факултет,  
Научна област: Машинство – производне машинске  
технологије и материјали

Техничко технолошко решење:

**Протокол за дијагностичко испитивање танких делова од обојених метала на предметима примењене уметности употребом метода радиографије и пенетраната у циљу откривања микропукотина**

Аутори:

Др Зоран Карастојковић, дипл.инж.мет.  
Научни сарадник, проф. високе техничке школе  
струковних студија, Нови Београд

Дипл.инж.маш. Слободан Чубриловић  
Београдске електране, Београд

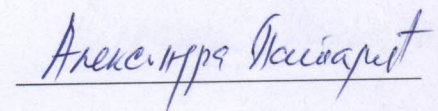
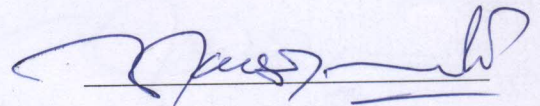
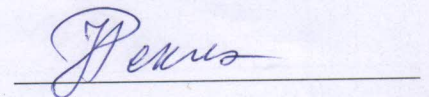
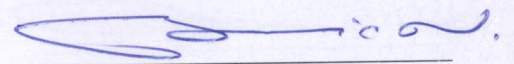
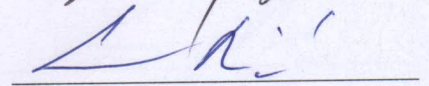
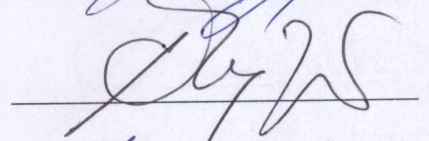
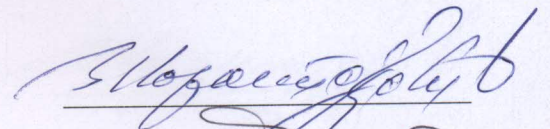
Др Сузана Полић, дипл.инж.маш.  
Виши научни сарадник, ЦИК, Београд

Др Никола Бајић, дипл.инж.мет.  
Научни саветник, ИХИС Technoexperts, Београд

Др Јасмина Пекез, дипл.инж.маш.  
Ванредни професор, Универзитет у Новом Саду,  
Технички факултет, Зрењанин

Др Зоран Јањушевић, дипл.инж.мет.  
Научни саветник, ИТНМС, Београд

Др Александра Патарић, дипл.инж.мет.  
Научни сарадник, ИТНМС, Београд



M.B.Mont s.r.o. Praha-Neratovice, Czech Republik, коју заступа Milan Bazovic, direktor, (у даљем тексту: Наручилац)

и

1. др Зоран Карастојковић, ул. Филипа Вишњића 41/6, 11080 Земун, Србија ЈМБГ 1505951710367
2. Слободан Чубриловић, Нехруова 230/21, 11070 Нови Београд, ЈМБГ 1105956710197
3. др Сузана Полић, Раданска 55, Београд, Србија, ЈМБГ 0611964715148
4. др Јасмина Пекез, XIII Војвођанске бригаде 121, 23000 Зрењанин, ЈМБГ 2602972855011
5. др Никола Бајић, Петра Јовановића 7/25, Раковица, Београ, ЈМБГ 310794972171
6. др Зоран Јањушевић, Радничка 27/3, 11400 Младеновац, ЈМБГ 0408955770020
7. др Сања Патарић, Благоја Паровића 93, 11000 Београд, ЈМБГ 1905971715290

(у даљем тексту: Извршиоци) закључују следећи

## УГОВОР

### Члан 1.

Предмет овог уговора је техничко решење под називом: „Протокол за дијагностичко испитивање танких делова од обојених метала на предметима примењене уметности употребом метода радиографије и пенетраната у циљу откривања микропукотина“.

### Члан 2.

Обавеза Извршилаца је да, по захтеву Наручиоца, осмисле техничко решење из члана 1. овог уговора, у складу са техничким стандардима, као и да изврше неопходне техничке провере које несумњиво доказују функционалност техничког решења.

### Члан 3.

Наручилац се обавезује да Извршиоцима накнади услуге из члана 2 овог уговора, у износу од 100 EURO (стоеура), укупно, за све Извршиоце.

Уплата ће се извршити на рачун првог извршиоца, др Зорана Карастојковића, на рачун бр. 115-0381605478916-95 код Telenor banke.

### Члан 5.

Извршиоци се обавезују да посао који је предмет Уговора заврше у року од 15 календарских дана од дана пријема захтева Наручиоца.

## Ауторска права

### Члан 4.

Уговорне стране потврђују да су Извршиоци, као коаутори техничког решења из члана 1. овог уговора, заједнички креирали техничко решење и дали ауторски допринос, равноправно свако у свом домену рада, те да ће на једнак начин бити заштићена и њихова ауторска права над техничким решењем које су сачинили.

Уговорне стране су сагласне, да научни радови и други текстови проистекли из техничког решења из члана 1. овог уговора, могу бити коришћени од стране Наручиоца, и Извршилаца, у даљем раду, уз обавезно референцирање техничког решења из члана 1. овог уговора и његових коаутора, на начин одређен условима објављивања за сваки поједини научни часопис у коме рад буде објављиван.

Уговорне стране прихватају, да у научним радовима који буду произашли из резултата техничког решења из члана 1. овог уговора, Извршиоци у захвалницама могу навести шифре и/или називе иницијалних истраживања: Министарства за културу и информисање, које је финансијски подржало иницијална истраживања; Министарства

просвете и науке Републике Србије, које је финансијски подржало иницијална истраживања; Централног института за конзервацију, као руководиоца пројекта иницијалних истраживања и осталих партнера – Techcon Београд; Технички факултет „Михајло Пупун“ Зрењанин; ИХИС Technoexperts ИРЦ Земун; Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина Београд - сви из Републике Србије.

#### Члан 6.

Наручилац даје Извршиоцима дозволу да приказују и објављују резултате техничког решења из Чл.1 уговора, у едукативне и промотивне сврхе.

#### Члан 7.

Уговорне стране су сагласне да евентуалне спорове првенствено решавају договором. У случају да се спор не може решити договором, надлежан је суд у Београду.

#### Члан 8.

Уговор ступа на снагу даном потписивања од стране уговорних страна.

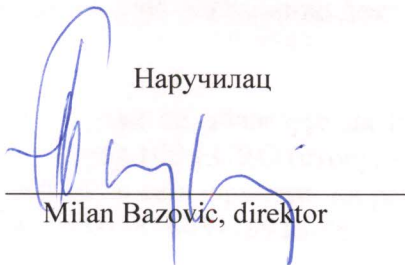
#### Члан 9.

Уговорне стране су сагласне да се свака измена одредби овог уговора врши писаним путем, закључењем Анекса уговора.

#### Члан 10.

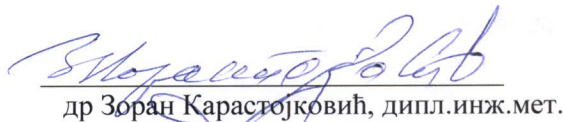
Уговор је сачињен у 4 (четири) истоветна примерка, за сваку страну по 2 (два).

Наручилац

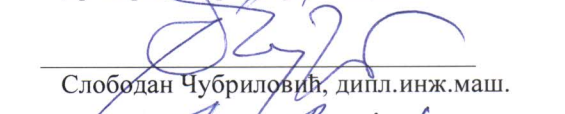


Milan Bazovic, direktor

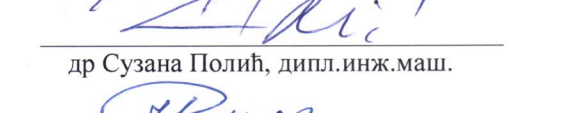
Извршиоци



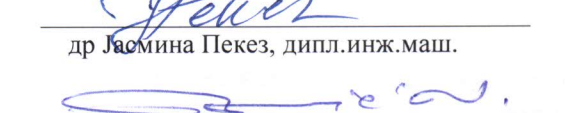
др Зоран Карастојковић, дипл.инж.мет.



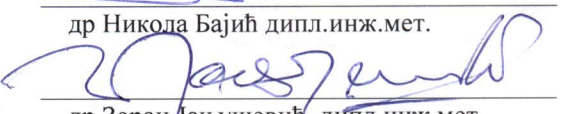
Слободан Чубриловић, дипл.инж.маш.



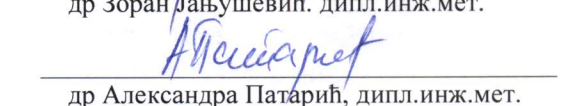
др Сузана Полић, дипл.инж.маш.



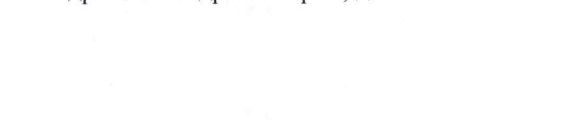
др Јасмина Пекез, дипл.инж.маш.



др Никола Бајић дипл.инж.мет.



др Зоран Јањушевић, дипл.инж.мет.



др Александра Патарић, дипл.инж.мет.

У Београду, 05.6.2018.г.



„Перић&Перић“ д.о.о. 12000 Пожаревац, Дунвска 114-116, коју заступа Радиша Перић,

(у даљем тексту: Наручилац)

и

1. др Зоран Карастојковић, ул. Филипа Вишњића 41/6, 11080 Земун, Србија ЈМБГ 1505951710367
2. Слободан Чубриловић, Нехруова 230/21, 11070 Нови Београд, ЈМБГ 1105956710197
3. др Сузана Полић, Раданска 55, Београд, Србија, ЈМБГ 0611964715148
4. др Јасмина Пекез, XIII Војвођанске бригаде 121, 23000 Зрењанин, ЈМБГ 2602972855011
5. др Никола Бајић, Петра Јовановића 7/25, Раковица, Београ, ЈМБГ 310794972171
6. др Зоран Јањушевић, Радничка 27/3, 11400 Младеновац, ЈМБГ 0408955770020
7. др Александра Патарић, Благоја Паровића 93, 11000 Београд, ЈМБГ 1905971715290

(у даљем тексту: Извршиоци) закључују следећи

## УГОВОР

### Члан 1.

Предмет овог уговора је техничко решење под називом: „Протокол за дијагностичко испитивање танких делова од обојених метала на предметима примењене уметности употребом метода радиографије и пенетраната у циљу откривања микропукотина“.

### Члан 2.

Обавеза Извршилаца је да, по захтеву Наручиоца, осмисле техничко решење из члана 1. овог уговора, у складу са техничким стандардима, као и да изврше неопходне техничке провере које несумњиво доказују функционалност техничког решења.

### Члан 3.

Наручилац се обавезује да Извршиоцима накнади услуге из члана 2 овог уговора, у износу од 12000 динара, укупно, за све Извршиоце.

Уплата ће се извршити на рачун првог извршиоца, др Зорана Карастојковића, на рачун бр. **115-0381605478916-95** код Telenor banke.

### Члан 5.

Извршиоци се обавезују да посао који је предмет Уговора заврше у року од 15 календарских дана од дана пријема захтева Наручиоца.

## Ауторска права

### Члан 4.

Уговорне стране потврђују да су Извршиоци, као коаутори техничког решења из члана 1. овог уговора, заједнички креирали техничко решење и дали ауторски допринос, равноправно свако у свом домену рада, те да ће на једнак начин бити заштићена и њихова ауторска права над техничким решењем које су сачинили.

Уговорне стране су сагласне, да научни радови и други текстови проистекли из техничког решења из члана 1. овог уговора, могу бити коришћени од стране Наручиоца, и Извршилаца, у даљем раду, уз обавезно референцирање техничког решења из члана 1. овог уговора и његових коаутора, на начин одређен условима објављивања за сваки поједини научни часопис у коме рад буде објављиван.

Уговорне стране прихватају, да у научним радовима који буду произашли из резултата техничког решења из члана 1. овог уговора, Извршиоци у захвалницама могу

навести шифре и/или називе иницијалних истраживања: Министарства за културу и информисање, које је финансијски подржало иницијална истраживања; Министарства просвете и науке Републике Србије, које је финансијски подржало иницијална истраживања; Централног института за конзервацију, као руководиоца пројекта иницијалних истраживања и осталих партнера – Techson Београд; Технички факултет „Михајло Пупун“ Зрењанин; ИХИС Technoexperts ИРЦ Земун; Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина Београд - сви из Републике Србије.

**Члан 6.**

Наручилац даје Извршиоцима дозволу да приказују и објављују резултате техничког решења из Чл.1 уговора, у едукативне и промотивне сврхе.

**Члан 7.**

Уговорне стране су сагласне да евентуалне спорове првенствено решавају договором. У случају да се спор не може решити договором, надлежан је суд у Београду.

**Члан 8.**

Уговор ступа на снагу даном потписивања од стране уговорних страна.

**Члан 9.**

Уговорне стране су сагласне да се свака измена одредби овог уговора врши писаним путем, закључењем Анекса уговора.

**Члан 10.**

Уговор је сачињен у 4 (четири) истоветна примерка, за сваку страну по 2 (два).

Наручилац

др Радиша Перић, дипл. инж. мет,  
директор



Извршиоци

др Зоран Карастојковић, дипл.инж.мет.

Слободан Чубриловић, дипл.инж.маш.

др Сузана Полић, дипл.инж.маш.

др Јасмина Пекез, дипл.инж.маш.

др Никола Бајић дипл.инж.мет.

др Зоран Јањушевић, дипл.инж.мет.

др Александра Патарић, дипл.инж.

У Београду, 05.6.2018.г.



## LISTA TRANSAKCIJA



Tekući račun

115-0381605478916-95

85,00

EUR ▼

UKUPNO RASPOLOŽIVO STANJE

IZVRŠENE

ODBIJENE

BUDUĆE

NACRTI

NA ČEKANJU

NOVEMBAR 2018

Podizanje gotovine: ATM  
GLAVNA ZEMUN, ZEMUN  
06.11.2018

15.000,00 RSD

/CZ77010000001982695102...  
M.B.-MONT, S.R.O. MILICOVA  
648/18  
06.11.2018

85,00 EUR

Zaduzenje za naknadu -  
Plaćanje provizije  
02.11.2018

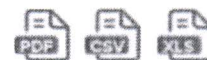
400,00 RSD

PRIVREDNO DRUSTVO ZA  
PROIZVODNJU I  
01.11.2018

12.000,00 RSD

TELEKOM BANKA AD BEOGRAD  
Ekspozicija AI/Port City

EKSPORTUJ TRANSAKCIJE U:



&lt; PRETHODNA STRANA 1 SLEDEĆA STRANA &gt;

Strana 1 od 1

## PRETRAŽI:

Pretraži



## PERIOD

DATUM OD:

09/10/2018



DATUM DO:

08/11/2019



*Tekući račun*                      **Kartica za partiju**                      03-816-0547891.6                      941 RSD

Ime : Zoran  
Prezime : Karastojković  
JMBG : 1455617  
Adresa : ALASKA 032/ BEOGRAD-ZEMUN

Limit : 0.00  
Pocetno stanje: 4,925.35  
U periodu: 01.11.2018 do 02.11.2018

Datum Valute	Datum Knjiž.	Opis	Priliv	Odliv	Stanje	Osnov
01.11.18	01.11.18	PRIVREDNO DRUŠTVO ZA PROIZVODNJU I, DUN AVSKA 116, POŽAREVAC-ISPITIVANJE PO UGOV 221	12,000.00		16,925.35	Priliv
02.11.18	02.11.18	Zaduzenje za naknadu - Plaćanje provizije Zoran Karastojković		400.00	16,525.35	Exp
<b>Ukupno u periodu:</b>			<b>12,000.00</b>	<b>400.00</b>	<b>16,525.35</b>	

TELENOR BANKA A.D. BEOGRAD  
*J. Permetić*  
E-spozivatura Airport City  
3

## Č.j.1902

Firma MB je potpisnik Ugovora sa grupom autora, po pitanju Tehničkog rešenja o načinu ispitivanja prslina u tankim komponentama, pa je u sklopu toga izvršila proveru iznete koncepcije ispitivanja iz domena delatnosti ove firme. Na osnovu izvršenih opita u zavarivanju tankih delova od nerđajućeg čelika X20Cr13 i legure nikla (monel metal) dajemo

## I Z J A V U

Od navedenih materijala se izrađuju izvesni tanki delovi (npr. debljine ispod 2mm), koji se moraju zavariti a neki se u toku procesuiranja podvrgavaju termičkoj obradi. Posle primene navedenih tehnoloških postupaka javlja se realna opasnost od prslina, tako da je kontrola proizvodnog ciklusa neophodna. Kontrola ravnih delova nije komplikovana kao što je kontrola delova složene geometrije, tipični primeri su delovi pumpi iz hemijske industrije, energetike, turbinske lopatice i sl. U njihovoj proizvodnji se javljaju:

- Pukotine usled zavarivanja i/ili usled termičke obrade;
- Registrovanje pukotina na navedenim materijalima nije uvek garantovano primenom samo ultrazvučnih ispitivanja na delovima malih dimenzija;
- Ispitivanje samo penetrantima nije finansijski isplativo na velikom asortimanu proizvoda;
- Primena kombinovanog ispitivanja ultrazvukom i penetrantima se pokazala kao veoma uspešna, naročito na vrhovima lopatica turbina (koji mogu biti okaljeni).

Na osnovu našeg iskustva u primeni predloženog Tehničkog rešenja iznosimo:

- Pouzdano je otkrivanje pukotina malih dimenzija, nastalih bilo po izvršenom zavarivanju ili termičkoj obradi;
- Nije potrebno sečenje (skupog) mašinskog dela u cilju uzorkovanja i
- Postupak ispitivanja je prilično brz.

Na osnovu kratko izloženog stekli smo pouzdanu praksu primenom koncepcije iz dotičnog Tehničkog rešenja, kada je u pitanju kontrola delova od nerđajućih čelika i monel metala, inače teško zavarljivih materijala.

U Pragu, 15.01.2019.g.

**M.B.-mont s.r.o.**  
Seifertova 836/46  
130 00 PRAHA 3  
DIČ: CZ61504602

DIREKTOR:

Milan Bazović, spec. za zavarivanje

Tel.: 315 663 553

KB Mělník č.ú. 190 272 640 247 / 0100

IČO: 615 04 602

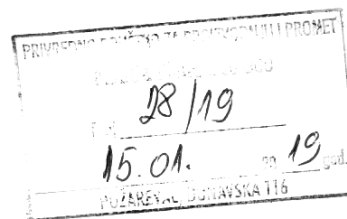
Fax: 315 665 088

DIČ: CZ 615 04 602

E-mail: mbmont@email.cz , mbmont.praha@seznam.cz



PRIVREDNO DRUŠTVO ZA PROIZVODNJU I PROMET  
„PERIĆ & PERIĆ“ Co. d.o.o. Požarevac, Dunavska 116  
Telefoni: +381 012 554 081; 554 082; 554 083  
MB 07380976 PIB 101523278



**ПДПП „Перић&Перић“&Цо д.о.о.  
Дунавска 116, Пожаревац  
ПИБ 101523278, МБР 07380976**

Као потписник уговора са ауторима и потом као корисник предметног Техничког решења, у оквиру нашег производног програма извршили смо лемљење танких делова израђених од легуре 585 (14 каратно злато). На једном броју делова је примењена термичка обрада по лемљењу, и све то је испитивано у оквиру примене Протокола за дијагностичко испитивање, на основу чега дајемо

### **ИЗЈАВУ**

Минијатурни делови, дебљине или пречника мањег од 1мм, а такви су често присутни у обради племенитих метала из нашег производног програма, а такви производи су још сложене геометрије, што све отежава контролу изведених технолошких операција. Као критични параметри у нашој производњи се јављају:

- Процеси лемљења испитиване легуре се изводе на температурама изнад температуре сређивања кристалне решетке (у питању је механизам спинодалног разлагања ове легуре), после чега се могу појавити прелине.
- Превелик унос топлоте и потом неконтролисано хлађење често изазивају настајак прлина, што смо у току рада уочили.
- На дебљим и равним комадима се овакве појаве могу регистровати применом ултразвука али не увек и на танким деловима, посебно када је присутна сложена геометрија радних делова.
- Комбинована испитивања су се показала корисним и после термичке обраде, има се у виду могућа појава прлина.

Применом предложеног Техничког решења установили смо:

- Поступак је брз и једноставан.
- По испитивању не заостају штетне примесе.
- Нису потребни посебни узорци од, иначе, скупих племенитих метала већ било који производи из програма рада Фирме.

После примењених испитивања, предложени поступак из предметног Техничког решења се може поуздано примењивати за контролу изведених поступака лемљења и термичке обраде минијатурних предмета од легуре злата 585.

у Пожаревцу, 15.01.2019.г.



ПДПП „Перић&Перић“&Цо д.о.о.

ДИРЕКТОР:

Др Радиша Перић, дипл. инж. мет.



Република Србија – АП Војводина  
Универзитет у Новом Саду  
Технички факултет «Михајло Пупин»  
Зрењанин, Буре Ђаковића бб  
[www.tfzr.uns.ac.rs](http://www.tfzr.uns.ac.rs)  
Тел.023/550-515 факс: 023/550-520  
ПИБ: 101161200



Дел.број: 03-482/6  
Дана: 06.02.2019.

**ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА**  
**са 112. седнице Наставно-научног већа Техничког факултета «Михајло Пупин»**  
**Зрењанин одржане 06.02.2019. године**  
**Непотребно изостављено!**

**6. Разматрање записника катедре за машинско инжењерство**

6.1.

Након кратке информације проф. др Драгице Радосав, председнице Наставно научног већа Факултета, а на основу предлога катедре, гласањем, једногласно од укупног броја, донета је

**О Д Л У К А**

На основу позитивних рецензија, а у складу са одредбама Правилника о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата истраживача, Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, **прихвата се техничко решење под називом:**

„Протокол за дијагностичко испитивање танких делова од обојених метала на предметима примењене уметности методама радиографије и пенетраната у циљу откривања микропукотина“, аутора:

др Зорана Карастојковића, дипл.инж. Слободана Чубриловића, др Сузана Полић, др Николе Бајић, др Јасмине Пекез, др Зорана Јањушевића, др Александра Патарића,  
као категорија: М 83 (Битно побољшано техничко решење на међународном нивоу)  
(документација дата у прилогу).

За тачност  
Стојак Ленуца

Председница Наставно научног већа  
Проф. др Драгица Радосав

Доставити:

1. Катедри
2. Архиви

