УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ФАКУЛТЕТ ЗА МАШИНСТВО И ГРАЂЕВИНАРСТВО У КРАЉЕВУ

Техничко решење: Ново техничко решење (метода) примењено на националном нивоу (М82)

РЕПАРАТУРА НАВАРИВАЊЕМ ОШТЕЋЕНОГ БАТА КОВАЧКОГ ЧЕКИЋА HUTA ZYGMUNT MPM 5000

Аутори:

Др Миодраг Арсић, научни саветник, Институт за испитивање материјала, Београд

Др Миле Савковић, ред. проф., Универзитет у Крагујевцу, Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву

Др Вукић Лазић, ред. проф., Универзитет у Крагујевцу, Факултет инжењерских наука

Душан Арсић, мастер инж. маш., - истраживач сарадник, Универзитет у Крагујевцу, Факултет инжењерских наука

Др Ивана Ивановић, научни сарадник, Иновациони центар Машинског факултета у Београду

Др Срђан Тадић, научни сарадник, Иновациони центар Машинског факултета у Београду

Краљево, 2018.

Врста техничког решења	М82 - Ново техничко решење (метода) примењено на националном нивоу
Аутори техничког решења	Др Миодраг Арсић, научни саветник, Др Миле Савковић, ред. проф. Др Вукић Лазић, ред. проф. Душан Арсић, истраживач сарадник Др Ивана Ивановић, научни сарадник Др Срђан Тадић, научни сарадник
Назив техничког решења	Репаратура наваривањем оштећеног бата ковачког чекића МПМ 5000
Наручилац и корисник техничког решења	Застава Ковачница, А.Д., Крагујевац
Година израде техничког решења	2017.
Верификација резултата	Резултати су презентовани на више научно-стручних скупова и објављени у више међународних часописа са рецензијом (види поглавље 6. документа Индустријска и научна примењивост техничког решења)
Ко је прихватио техничко решење	Наставно-научно веће Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву Универзитета у Крагујевцу (Одлука бр. 1249/10 од 23. 10. 2018. године).
Примена резултата техничког решења	Индустријски производ

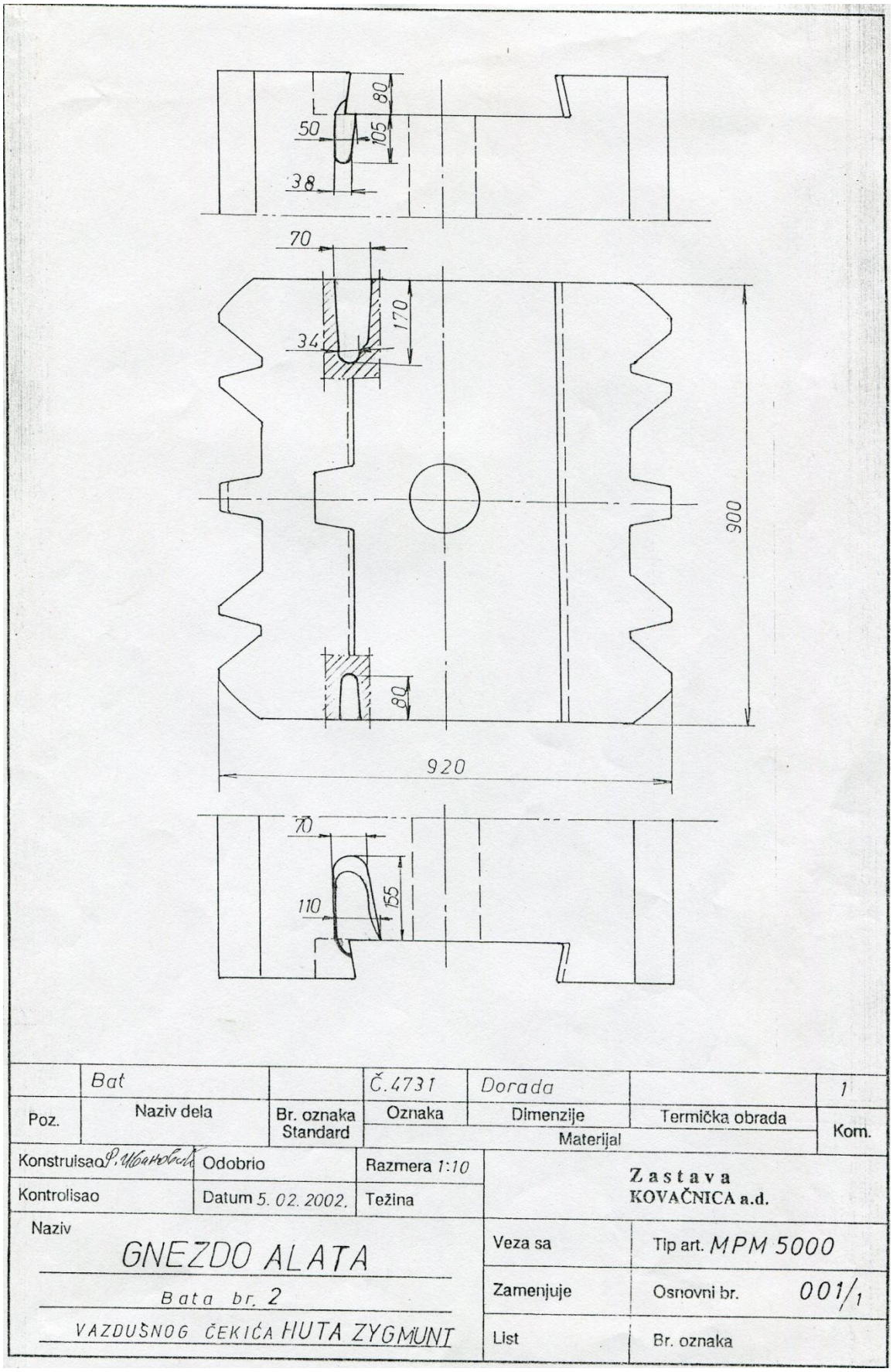
1. Област на коју се техничко решење односи

Техничко решење је примењиво пре свега у индустрији топлог ковања. Техничко решење се може користити за репаратуру заваривањем/наваривањем оштећених делова ковачких машинских система и сличних делова који раде у условима сложених и високих ударно-притисних оптерећења. Репаратура бата ковачког чекића је поред свих техничких предности које су остварене, утицала и на остваривање велике економске добити будући да је целокупна ревитализација изведена у погонима фирме наручиоца и са постојећим капацитетима.

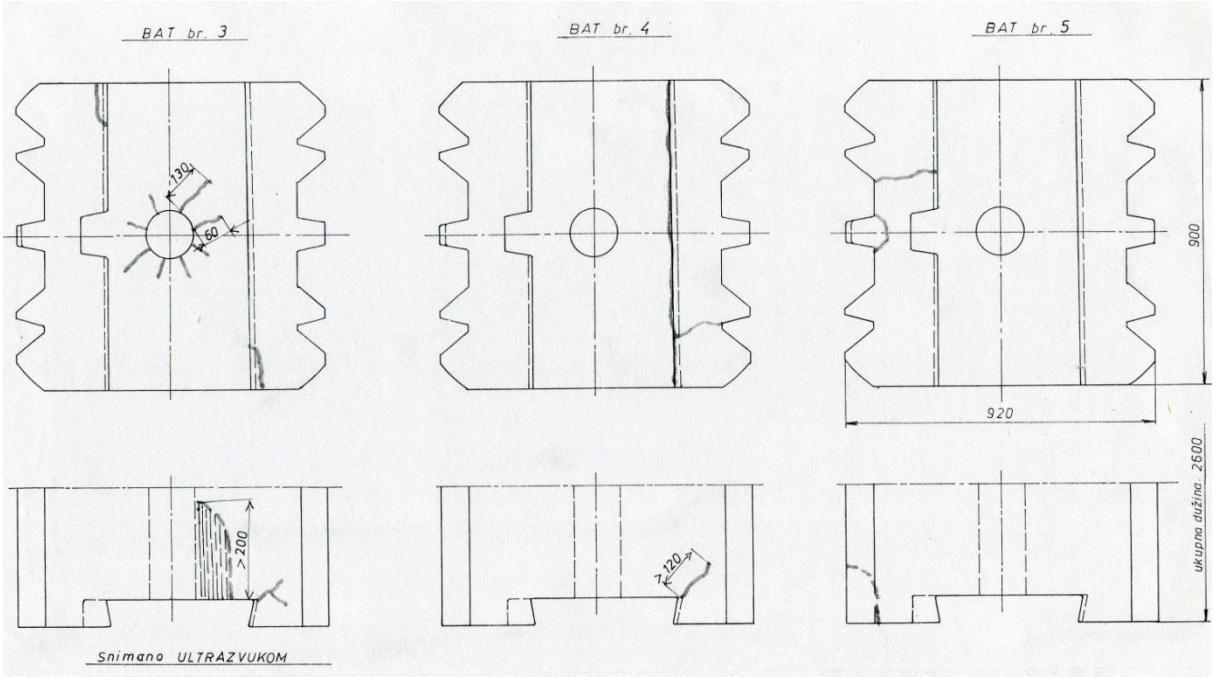
Такође, ово решење се може применити и за решавање проблема сличних оштећених делова велике масе и сложене геометрије, који раде у истим или сличним радним условима.

2. Технички проблем

Изузетно висока циклично понављана ударно-притисна оптерећења и неравномерно температурско поље, у процесу топлог ковања доводи до оштећења батова ковачких чекића. Та оштећења су најопасније грешке у материјалу у виду заморних прслина (сл. 1). Оне настају услед прекорачења неких критичних вредности напона у материјалу, а у каснијим фазама експлоатације долази до њиховог развоја до критичне дужине која доводи до лома дела.



Слика 1. *Регистрована оштећења бата ултразвучном дефектоскопијом од стране акредитоване институције*



Слика 2. *Регистрована оштећења осталих батова*

Због споменутог механизма оштећена су четири бата ковачких чекића, који су потом стављени ван функције и за њихову ревитализацију је затражена стручна помоћ. Прслине су настале на местима највеће концентрације напона (отвори, жлебови, места са наглом променом попречног пресека и др.). Технологија репаратуре је најпре прописана за бат број 2 (сл. 1) а касније је приближно иста технологија примењена и на остала 3 бата (бр. 3, 4 и 5) који су били истих или сличних димензија и имали слична оштећења (сл. 2).

После извршеног визуелног испитивања оштећења, уочена су различита оштећења наведених батова (сл. 1) настала услед променљивог ударно-притисног оптерећења и променљивог-неравномерног температурског поља (термичког замора). Зависно од разматраних батова те грешке су биле различите:

- код бата бр. 3 уочене су карактеристичне зракасте прслине настале услед понављаног термичког замора око централног отвора, променљивих дужина (од 60 до 130 *mm*), као и једна зракаста прслина у зони клизних вођица ("ластином репу");
- код бата бр. 4 уочена је једна уздужна прслина у правцу клизних вођица ("ластиног репа") и једна попречна прслина (нормално на правац клизне вођице) дужине веће од 120 *mm*;
- код бата бр. 5 уочена је једна попречна прслина у односу на клизну вођицу и потпун прелом ("одваљивање") већег дела једног граничног зуба.

Како би се оштећење што правилније санирало тј. жлебови за заваривање/наваривање што боље припремили, ултразвучном провером је одређена дубина и дужина присутних грешака (прслина), а затим је приступљено њиховом отклањању машинском обрадом, што је уједно била и операција припреме жлебова за заваривање (сл. 2 и 3).

Треба истаћи и то да је пре консултовања стручног тима који подноси ово техничко решење, изведена обимна техно-економска анализа трошкова набавке потпуно нових батова и репаратуре постојећих. Дошло се до закључка да ће предложено техничко решење посредно и непосредно бити неколико пута јефтиније од куповине новог дела.

Проблемима отказа алата (термичким замором) и могућностима за ревитализацију

оштећених алата бавили су се и други истраживачи у радовима [1-7], проблемима појаве прслина у репарираним деловима [8] али и одређивањем оптималне температуре отпуштања наварених ковачких алата [9].

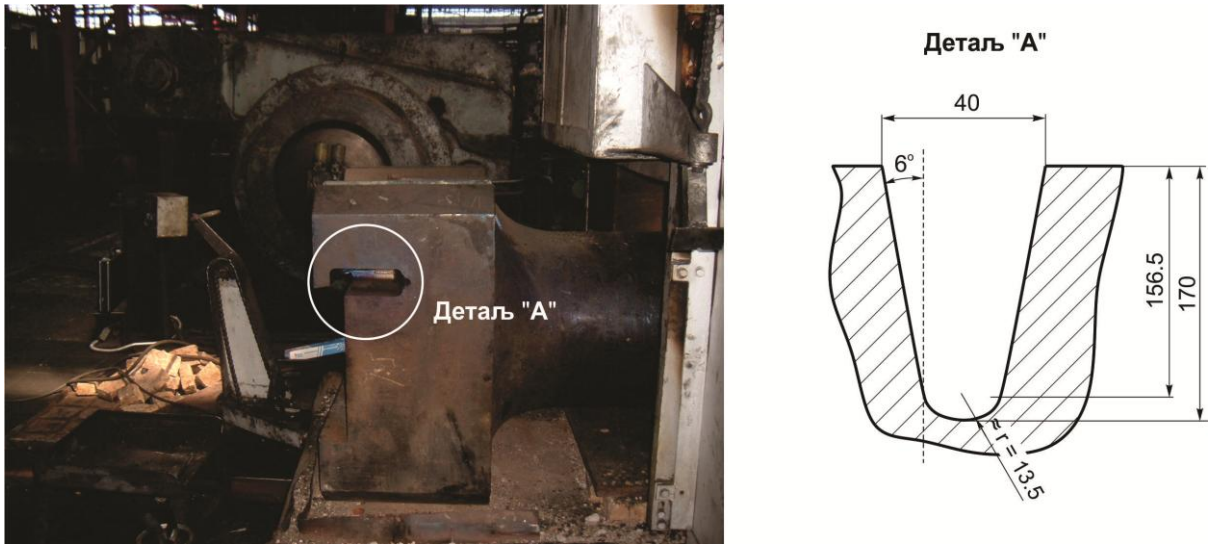
3. Предложено техничко решење

Предложено техничко решење је заправо технологија репаратурног заваривања/наваривања батова ковачког чекића HUTA ZYGMUNT MPM 5000, масе 5000 kg. Целокупна прописана технологија репаратуре је обухватила: анализу оштећења батова, оцену заварљивости основног материјала, прописивање свих припремних активности за заваривање, избор додатног материјала и прописивање параметара и технологије заваривања/наваривања, прописивање режима претходне, текуће и завршне термичке обраде, механичке особине и процену структуре основног материјала и завареног споја.

После анализе степена оштећења наведених батова и консултација са стручњацима Застава Ковачница, договорено је да се најпре започне репаратура бата бр. 2 (2002) а затим по потреби и осталих - бр. 5 (2002), бр. 3 (2005/06) и коначно бат бр. 4 (2017). Дакле, приступило се извођењу и решавању овог веома сложеног и одговорног техничко-технолошког проблема.

3.1 Припрема жлебова бата ковачког чекића бр. 2

Договорено је да се најпре механичком обрадом изведе "ослобађање" попречне прслине на "ластином репу" уз формирање прописаног (оптималног) жлеба за заваривање (сл. 3), као и да се изведе потпуно одстрањивање претходно навареног слоја са површина под углом "ластиног репа" (сл. 3а). Препоручено је да се на месту регистроване прслине изведе пројектовање жлеба са минималном запремином метала шава (сл. 3б). Такође је договорено да се механичком обрадом одстране сви остаци поломљеног зуба и скидањем материјала дође до "здравог" материјала како би се дошло до површине без прслина за надоградњу поломљеног граничног зуба наваривањем.



Слика 3. *Изглед припремљеног жлеба: а) на бочној страни бата и б) схематски приказ жлеба*

3.2 Материјал бата чекића

Поменути делови подлежу у току дуготрајног рада термичком замору услед цикличне промене температуре и ударно-притисног оптерећења. С обзиром на веома високу цену, време набавке, а често и немогућност набавке нових радних делова,

намеће се потреба њихове репаратуре. Бат ковачког чекића ради у веома сложеним условима јер је у току експлоатације изложен механичким и термичким оптерећењима високог интензитета. Као што је напред споменуто, после дуже експлоатације ових делова, тј. великог броја понављаних циклуса на бату чекића уочене су видљиве прслине, а на једном од батова је чак дошло и до потпуног прелома (сл. 4).

Слика 4. *Изглед једног преломљеног бата ковачког чекића*

Батови ковачких чекића се израђују од челика за побољшање примењују (претежно) у каљеном и високоотпуштеном стању. Садржај угљеника се креће од 0.18 до 0.65%. Обично се легирају са Cr, Mo, W i V. Повећана отпорност на хабање најчешће се остварује каљењем или нитрирањем. Примена ових челика је широка. Наваривање овако термички третираних челика захтева претходно високо отпуштање или жарење отврднутог површинског слоја. Код нитрираних површина неопходно је, као и код цементираних, претходно уклањање тог слоја. Цела група челика за побољшање спада у условно заварљиве челике што подразумева примену термичке обраде у току наваривања (предгревање, догревање накнадна термичка обрада).

Узимајући у обзир да је реч о деловима великих димензија и сложеног геометријског облика, и да су то компоненте изложене динамичким и термичким оптерећењима, да се димензионишу на основу повећаних степена сигурности, то се и за технологију израде и репаратуре захтевају посебне мере.

Бат пнеуматског ковачког чекића као један од најоптерећенијих делова у машинској техници израђује се ковањем од нисколегираног челика за побољшање Č4731 (EN: 34CrMo4) (tab. 1).

Табела 1. *Хемијски састав и механичке особине челика за бат чекића*

Део	Хемијски састав, %							Механичке особине				Тврдоћа HB	Микроструктура
	C	Mn	Si	Cr	Mo	P	S	R_m, *MPa*	R_{eH}, *MPa*	A, %	Z, %		
Бат чекића*	0.30-0.37	0.60-0.90	0.40	0.90-1.20	0.15-0.30	0.035	0.030	700-1000	270 -380	15	60	≈ 300	Међуфазна структура
* Бат чекића је израђен у Чешкој.													

3.3 Оцена заварљивости

Заварљивост је релативна способност материјала да ствара заварене спојеве одабраном технологијом заваривања и да изведени спојеви одговарају траженим захтевима и радним условима. То значи да при РЕЛ заваривању, материјал заварљив овим поступком мора образовати спој чија су тражена својства приближно једнака својствима завариваног материјала. Корисна својства своде се на испуњавање

одређених захтева у вези са механичким, структурним и хемијским особинама метала шава и зоне око шава.

3.3.1 Процена заварљивости на основу еквивалнетног угљеника

Као што је споменуто, овај челик спада у класу тешко заварљивих материјала. Поред повећаног садржаја угљеника (C > 0.25%), садржи и легирајуће елементе (Cr, Mo) који поправљају механичка својства (јачину, жилавост, високу отпорност на удар и др.) али погоршавају заварљивост. Према разним изразима за процену заварљивости (1, 2 и 3) може се рачунски оријентационо проценити заварљивост.

$$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + M_0 + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}. \quad (1)$$

$$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cr}{5} + \frac{M_0}{4} + \frac{V}{14}. \quad (2)$$

$$CE = C + \frac{Mn}{20} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr + Mo + V}{10}. \quad (3)$$

Уз велика упрошћења, и занемаривањем низа утицајних фактора, може се прихватити да је челик заварљив ако коначна тврдоћа у ЗУТ-у не надмаши 350 HV, јер се сматра да се до ове вредности не формира мартензитна структура. Ова гранична тврдоћа одговара вредности CE = 0.45%, па се усваја да су челици са CE < 0.45 % заварљиви без примене посебних мера, док су челици са CE > 0.45 % условно заварљиви (уз примену посебних мера) или незаварљиви.

Будући да израчунати еквивалентни угљеник по свим изразима $CE_{(1)}$= 0.82%, $CE_{(2)}$= 0.85% и $CE_{(3)}$= 0.565% знатно надмашује препоручену границу (CE= 0.45%), а узимајући у обзир и дебљину дела који се репарира, све указује да је овај челик неопходно предгревати, догревати и високо отпуштати после заваривања-наваривања.

3.3.2 Хладне прслине

Већина челика, склона је појави хладних прслина, па мере да се то спречи обухватају примену таквих технологија заваривања које искључују трансформациону кртост. Хладне прслине се појављују ако у ЗУТ-у настане мартензитна или доња бејинитна структура и истовремено се појаве велике количине дифундованог водоника и сопствени напони. Два последња фактора условљена су конструкционо-технолошким решењима, те се на њих не може знатније утицати. Стога, остаје могућност да се спречи појава структура каљења при трансформацији, што се углавном постиже повећањем погонске енергије заваривања или предгревањем - то значи смањењем брзине хлађења у области најмање стабилности аустенита.

3.3.3 Температура предгревања

С обзиром на садржај угљеника и легирајућих елемената, челик Č4731 спада у групу условно заварљивих челика, што захтева посебне мере при заваривању, пре свега предгревање. Температура предгревања одређивана је по формули Сеферијана, (таб. 2).

Према рачунским критеријумима за оцену заварљивости, овај део спада у групу условно заварљивих материјала и треба га предгревати из разлога опасности од настанка кртих фаза, односно хладних прслина, јер је склон ка закаљивању. Температура предгревања може се прорачунати или усвојити на основу искуствених препорука. У овом случају примењена је формула Сеферијана, која узима у обзир како хемијски састав челика тако и дебљину завариваног предмета. На основу тога добија се температура предгревања нешто већа од 300ºC, али с обзиром на услов да она не сме

надмашити температуру почетка мартензитне трансформације, усвојена је T_p = 300ºC.

Табела 2. *Одређивање температуре предгревања*

Примењена метода	Формула	Дебљина, s, *mm*	Температура предгревања, T_p, °C	
			Рачунска	Усвојена
Формула Сеферијана	$CE = CE_h + CE_s = CE_h \cdot (1 + 0.005 \cdot s),\ \%$ $CE_h = C + \frac{Mn + Cr}{9} + \frac{Ni + 7\,Mo}{18},\ \%$ $T_p = 350 \cdot \sqrt{CE - 0.25},\ ^{o}C$	> 250	> 300	≈ 300

Искуства репаратурног заваривања показала су да локално предгревање нема значаја код масивних делова због ефекта топлотног "понора" који се тада јавља. Због тога се, после припреме напрслих зона-жлебљења, масивни делови предгревају до највише (350ºC) и задржавају у пећи неколико сати (8-12 h). Кад се део извади из пећи прекрива се ватросталним покривачем тако да слободна остане само зона која се репарира заваривањем. С обзиром на дуго време репаратуре неопходно је и догревање гасним горионицима или гасним пламеном, да би се одржала прописана температура предгревања. Она се у току рада мора контролисати, било термо-кредама, термопаровима или специјалним бесконтактним мерачем температуре. У нашем случају температура предгревања контролисана је ласерским инструментом са двојном скалом (у степенима Целзијуса или Фаренхајта) (сл. 5).

Слика 5. *Бесконтактно мерење температуре помоћу бесконтактног мерача*

Прорачун температуре предгревања челика према Сеферијану или према другим методима-ауторима, не даје увек поуздане вредности, јер се ни једним познатим обрасцем не могу обухватити сви утицајни фактори који могу довести до појаве кртих фаза. Зато, прорачунату вредност температуре предгревања треба узети са резервом, а ослонити се на експерименталну проверу стуктуре ЗУТ-а, увек кад је то могуће. Код условно заварљивих челика корисно је на моделима/узорцима проверити одабрану технологију наваривања, па после добијања задовољавајућих резултата приступити наваривању оштећеног дела. Често, у реалним условима није могуће обавити-спровести

сва потребна испитивања, па се најчешће ослањамо на мерење микротврдоће карактеристичних зона навара, као релативног показатеља присуства кртих структура-фаза. Јасно, ако измерена тврдоћа у ЗУТ-у не надмаши 350 HV може се сматрати да је примењена температура предгревања правилно одабрана.

3.3.4 Мартензитна структура

Појава кртих фаза везана је искључиво за процес закаљивања односно настајања мартензитне и доње бејнитне структуре у делу ЗУТ-а који је био загрејан изнад температуре A_{C1} и после тога се хладио великом брзином.

Мартензитна структура се карактерише изразито високим напонским стањем као последица брзине хлађења и заробљеног угљеника у фериту, као и деформацијом кристалне решетке (кубне у тетрагоналну, тј. фазне бездифузионе трансформације $\gamma \rightarrow \alpha$). Особине овако настале микроструктуре су: веома ниска жилавост и пластичност, а висока тврдоћа и јачина. Особине мартензита искључиво су везане за садржај угљеника у чврстом раствору. Са порастом садржаја угљеника, мартензит постаје све тврђи, а мање пластичнији. Истовремено, са порастом угљеника лакше се образује мартензит, тј. до његовог настанка долази и при веома малим брзинама хлађења.

3.3.5 Дифундовани водоник

Врло утицајан фактор који доводи до настанка хладних прслина је повећана концентрација водоника у ЗУТ-у. Водоник доспева у ЗУТ највише преко растопљеног метала где му је и највећа растворљивост. Ако се у току заваривања изнад металног купатила створи водена пара она ће се под дејством топлоте дисоцирати на водоник и кисеоник. Тако настали водоник се раствара у растопу, а из растопа, дифузијом прелази у ЗУТ. При хлађењу метала опада растворљивост водоника и он бива истиснут из кристалне решетке метала и распоређује се у микро и макро грешкама структуре (границе зрна, поре, укључци, ...). Тако нагомилани водоник, на појединим местима, прелази из атомног у молекуларно стање, чиме се ограничава његово даље кретање и евентуално напуштање метала. Тако сједињени молекули водоника изазивају веома велике локалне притиске који делују у свим правцима. Притисак заосталог водоника може да достигне на хиљаде *бара*. Ако се напони изазвани водоником саберу са напонима које изазива појава мартензита, могу се добити резултујући напони који надмашују јачину метала, што доводи до настанка *хладних прслина*.

Највећи извор влаге (дифузног водоника) је облога додатних материјала (електрода), па је зато и неопходна мера обавезног сушења обложених електрода пре употребе, посебно при наваривању конструкција и делова од закаљивих материјала.

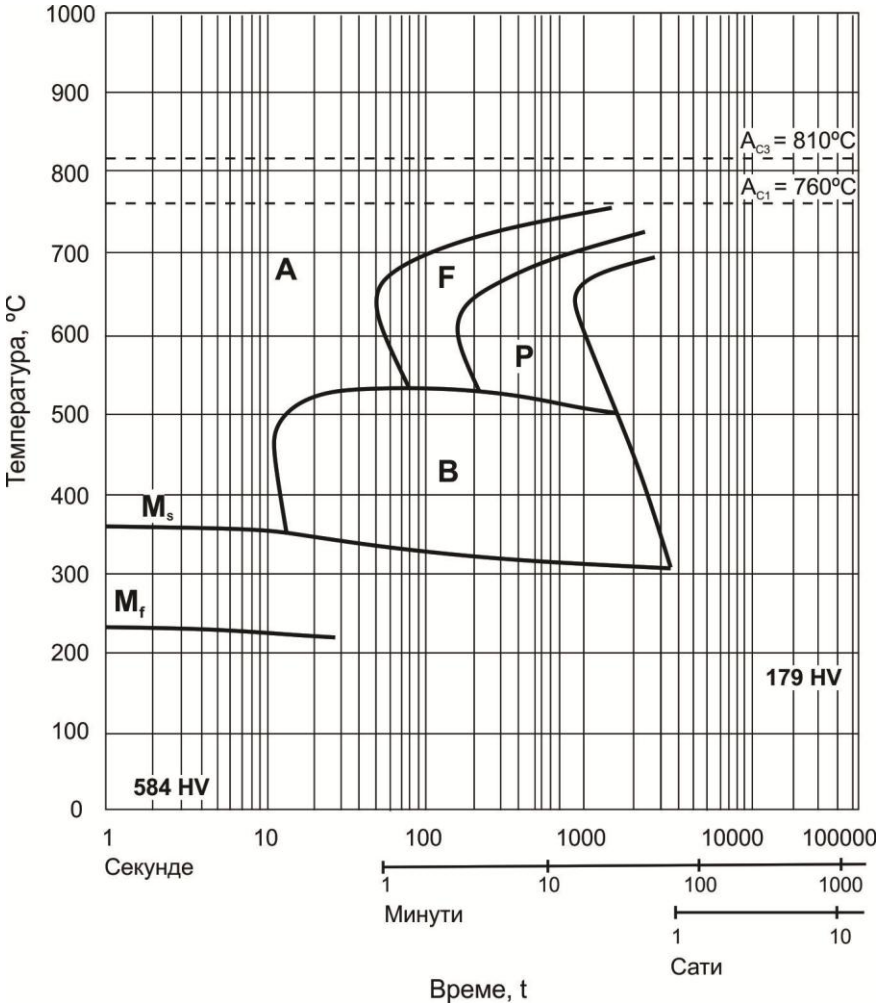
Смањење штетног утицаја водоника постиже се и предгревањем радног комада, јер се загревањем и задржавањем радног комада на температури изнад 120°C омогућава дифузија водоника.

3.3.6 Заостали напони

Због локалног неравномерног загревања долази до локалног термичког издужења метала. Како је при наваривању загрејани део метала опкољен околним хладним металом, при свом ширењу, он ће се или пластично деформисати (код танкозидних конструкција) или ће довести до настанка заосталих напона (код дебелозидних пресека). По правилу свака заварена (наварена конструкција) која није подвргнута накнадној термичкој обради после заваривања-наваривања, има одређени ниво заосталих напона. Предгревањем пре наваривања добијају се знатно нижи заостали напони, ако су наваривани део и електрода различитих термофизичких особина (посебно када су велике разлике у погледу коефицијента линеарног ширења).

3.3.7 Дијаграми континуалног хлађења – ARA (KH) дијаграми

Највише корисних података о заварљивости неког челика можесе добити из дијаграма анизотермалног разлагања (ARA). Врло често се у нашој литератури ови дијаграми називају дијаграми континуалног хлађења – KH дијаграми, односно KHZ, ако се ради о дијаграму континуалног хлађења у условима заваривања. На основу ових дијаграма и познате брзине хлађења може се предвидети која ће структура настати, а тиме и очекивана тврдоћа као критеријум заварљивости. Дијаграми анизотермалног разлагања (ARA) се добијају помоћу специјалних аналитичких дилатометара којима се региструју промене при брзом загревању и хлађењу челика. Најчешће се узорци загревају индукционо до 850ºC у току 10 min, а затим хладе у струји водоника, аргона или керамичким пећима различитих температура што омогућава да се добију различите брзине хлађења. Ови дијаграми су дати у полулогаритамском координатном систему температура-време (log t).



Слика 6. *ARA (KH) дијаграм за челик Č4731 (34CrMo4)*

На слици 6 приказан је дијаграм континуалног хлађења - ARA (KH) за наведени челик бата ковачког чекића. Са овог дијаграма могу се регистровати и температуре A_{C3}= 810ºC и A_{C1}= 760ºC, као и температуре почетка ($M_s \approx 350$ºC) и завршетка (M_f) мартензитног преображаја. У дијаграму су унете и криве хлађења, тако да се за познату брзину хлађења може очитати структура ЗУТ-а после заваривања. Такође су уз криве хлађења уписане и максималне тврдоће које проистичу из одговарајућих брзина хлађења. На дијаграму су дате и линије које означавају поједине структуре (мартензит, бејнит, ферит, перлит).

3.4 Избор додатног материјала

Избор додатног материјала (електроде) је веома значајан технолошки фактор. Приликом избора електроде тежи се да она, најчешће, има приближно исти хемијски састав као и основни материјал. Такође мора имати одговарајуће механичке особине у односу на основни материјал и радне услове. Примена електрода које при заваривању ослобађају много водоника као што су целулозне, киселе и рутилне може да буде узрок појаве прслина. Из овог разлога за заваривање бата ковачког чекића искључиво су коришћене ***базичне електроде*** са ниским садржајем водоника. Базичне електроде се морају чувати на сувом, јер су облоге ових електрода јако хигроскопне. Пре употребе се суше загревањем у пећи на температури од 350ºC, задржавањем на тој температури 2.5 h, што омогућује да се добију хомогени завари добрих механичких особина. Тако се уз друге мере садржај дифундованог водоника у металу шава може свести на мање од 10 *ml*/100 g метала шава (таб. 3).

Таблица 3. *Утицај температуре загревања електрода на садржај дифундованог водоника*

Базичне електроде	
Начин припреме	Садржај водоника, *ml*/100 g
Несушене	12-20
Сушене на 100-150ºC	6-12
Сушене на 400-500ºC	3-7

Базичне електроде су пре свега намењене за заваривање дебелих пресека, тешко заваривљих челика, нисколегираних челика и челика који раде при ниским температурама. Једном речју, базичне електроде се користе за наведене челике ако им јачина надмаши 400 *MPa*, еквивалентни угљеник CE > 0.40%, као и за дебеле пресеке независно од R_m i CE. Такође су погодне за заваривање челика легираних хромом као што је челик бата ковачког чекића, јер базична троска олакшава одстрањивање тешко топљивог оксида хрома који погоршава заварљивост. Троска ових електрода је стакластог изгледа и лако се скида са очврслог завара.

У циљу избора одговарајуће електроде за репаратурно заваривање и наваривање бата чекића бр. 5, коришћени су каталози домаћих и страних произвођача, али и наше искуство при ранијој репаратури оштећених радних делова који раде у сличним условима (рамови преса, велики зупчаници ексцентар пресе, постоља ковачких чекића и др.). С обзиром на велики обим заваривачких радова и количину додатног материјала, а узимајући у обзир и функцију сваке површине бата чекића бр. 5 и њену одговарајућу отпорност на хабање, примењене су следеће електроде:

1. PIVA 351 B – основна електрода за попуну жлебова, пречника 3.25, 4 i 5 *mm*;

2. INOX B 18/8/6 – за облагање страница жлебова (међуслојна), пречника 3.25 и 4 *mm* и

3. PIVA 430 B – за наношење покривних навара због повећања површинске отпорности на хабање неких површина, пречника 4 i 5 *mm*.

<u>1. PIVA 351 B</u> је хром-молибденска легирана базична електрода за заваривање челика чије су радне температуре до 550ºC, као и побољшаних челика јачине до 900 *MPa*. Пре заваривања препоручује се предгревање на 200-250ºC, а после заваривања отпуштање на 620-720ºC.

Табела 4. *Означавање електроде PIVA 351 B према различитим стандардима*

JUS C. H3. 015/81	ISO 3580/75	DIN 8575/84	AWS A5.5-69
E1 CrMo B 20 2H	E1 CrMo B 20	E CrMo 1 B26	E 80 18 B2

Табела 5. *Хемијски састав чистог завара*

Хемијски елемент	C	Mn	Si	Cr	Mo
Садржај, %	0.08	0.85	0.50	1.20	0.50

Табела 6. *Механичке особине чистог завара*

Напон течења, R_p, *MPa*	Затезна јачина, R_m, *MPa*	Издужење, A_5, %	Енергија лома (+20 C) ISO-V, *J*
480-560	560-660	22-26	100-140

Табела 7. *Препоручене вредности струје заваривања*

Врста струје: = (+)					
d_e, *mm*	2.5	3.25	4.0	5.0	6.0
I, *A*	70-90	100-130	150-180	180-220	230-280

Слика 7. *Предвиђени и препоручени положаји заваривања*

<u>2. INOX B 18/8/6</u> је аустенитна базична електрода за заваривање нерђајућих Cr, Cr – Ni челика, за заваривање челика са високом јачином и слабом заварљивошћу, за заваривање разноврсних челика, за наношење међуслојева (ради смањења и уклањања заосталих напона), као и за наношење слојева постојаних према корозији и хабању. Завари су немагнетични, отпорни према оксидацији до температуре 800°C и жилави до температуре -100°C. Мало је распрскавање истопљеног метала. Може се користити за заваривање у положајима датим на слици 7.

Табела 8. *Означавање електроде INOX B 18/8/6 према различитим стандардима*

JUS C. H3. 015/81	ISO 3580/75	DIN 8575/84	AWS A5.5-69
E 18.8 Mn B 20+	E 18.8 Mn B 20+	E 18.8 Mn B 20+	E 307-15

Табела 9. *Хемијски састав чистог завара*

Хемијски елемент	C	Mn	Cr	Ni
Садржај, %	< 0.12	7.0	19.0	9.0

Табела 10. *Механичке особине чистог завара*

Напон течења, R_p, *MPa*	Затезна јачина, R_m, *MPa*	Издужење, A_5, %	Енергија лома (+20 C) ISO-V, *J*
> 350	590-690	> 40	> 80

Табела 11. *Препоручене вредности струје заваривања*

Врста струје: = (+)					
d_e, *mm*	2.5	3.25	4.0	5.0	6.0
I, *A*	65-70	95-120	110-160	150-190	190-270

<u>3. PIVA 430 B</u> је обложена базична електрода за наваривање похабаних делова, као што су зупчаници, осовине, дробилице, вратила и други машински елементи. Навари су отпорни на хабање и могу се машински обрађивати. Може се користити за заваривање у положајима датим на слици 7.

Табела 12. *Означавање електроде PIVA 430 B*

JUS C. H3. 019/85	ISO 3580/75	DIN 8575/84	AWS A5.5-69
E1 - 300	-	E1 – 300 UMHULLT	-

Табела 13. *Хемијски састав чистог завара*

Хемијски елемент	C	Mn	Si	Cr
Садржај, %	0.15	1.30	0.7	1.2

Тврдоћа навара: 280-330 HB.

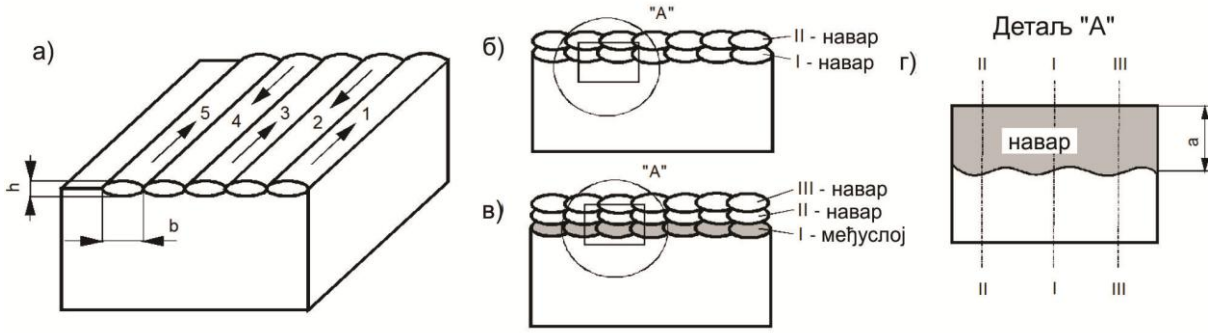
Табела 14. *Препоручене вредности струје заваривања*

d_e, *mm*	3.25	4.0	5.0	6.0
I, *A*	100-130	130-170	190-230	230-270

4. Моделска-експериментална испитивања

После изнетих теоријских сазнања о основном материјалу, а пре практичног рада и примене репаратурног заваривања, на Машинском факултету у Крагујевцу (сада Факултет инжењерских наука у Крагујевцу) изведена су моделска испитивања на узорцима од сличног материјала као што је и бат ковачког чекића (Č4730 – 4 ком.). Узорци су предгревани на 300°C, затим наваривани одговарајућим технологијама и после тога споро хлађени у пећи до собне температуре.

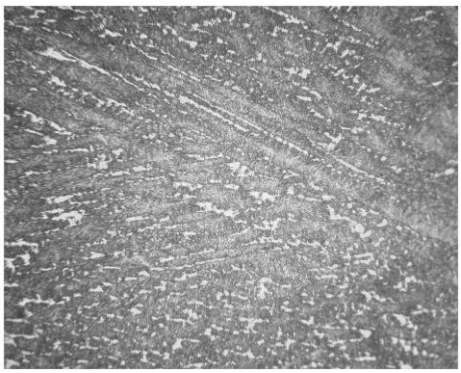
Моделска експериментална испитивања имају за циљ одређивање оптималне технологије наваривања. На моделима се изводе бројна наваривања у једном и више пролаза (слојева) у условима са предгревањем и без предгревања (сл. 8а,б,в). Из тако наварених модела-узорака, сечењем су припремљени металографски избрусци (блокови) (сл. 8г). На њима се уобичајено мери тврдоћа (у више различитих праваца) и оцењује микроструктура карактеристичних зона навара. Узорци за наваривање бирају се на основу геометријске сличности са навариваним делом, а могу бити од добро заварљивог челика, али је у овом случају коришћен Č4730, од материјала сличног хемијског састава као и бат ковачког чекића који се репаратурно заварује/наварује.



Слика 8. *Редослед полагања навара: а-1 слој, б-2 слоја, в-3 слоја, г-металографски избрусак*

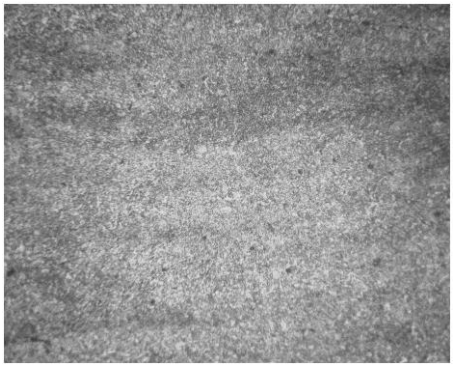
После наваривања, узорци-модели (4 ком.) су споро хлађени у пећи. Два узорка су отпуштана на 650°C/2 h, уз споро загревање, прогревање-задржавање у пећи и најзад споро хлађење, док два узорка нису подвргавана накнадној термичкој обради. На сва четири узорка изведена су одговарајућа лабораторијска испитивања (мерењем тврдоће у карактеристичним зонама навара и очитавањем микроструктура тих зона).

Код узорака који су предгревани, па наваривани и затим отпуштани, нису измерене тврдоће изнад 350 HV, при примени примене електроде PIVA 351 B. То указује на немогућност настанка кртих фаза (мартензита) у зонама навара, уколико се испоштује прописана технологија. Код узорака 3 и 4 (који су само предгревани, али не и отпуштани) тврдоће су биле знатно изнад 350 HB уз појаву кртих фаза-мартензита и доњег бејнита, поготово у случају примене електроде PIVA 430 B. На сликама 9 и 10 приказане су микроструктуре појединих зона навара (навара, ЗУТ-а, међуслоја и ОМ, два узорка) остварених у условима са предгревањем и накнадном термичком обрадом, при чему су коришћени за испитивање PIVA 351 B, PIVA 430 B и INOX B 18/8/6.

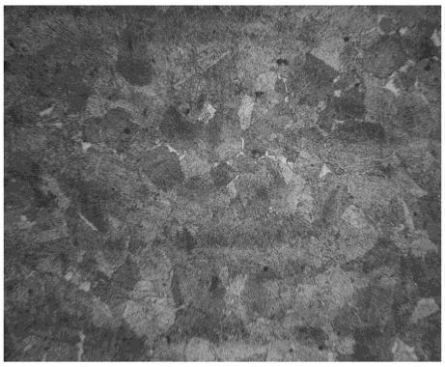


Навар:*Међуфазна + карбиди*

Међуслој: *Иглице мартензита у аустенитној основи*



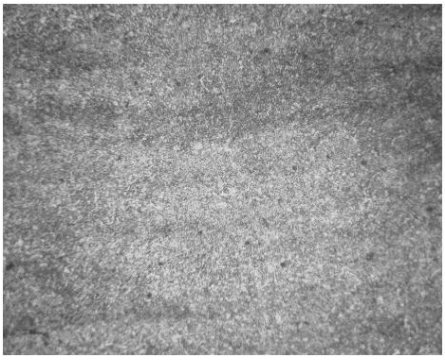
ЗУТ: *Међуфазна + сорбит*



ОМ: *Претежно сорбитна*

Слика 9. *Микроструктуре карактеристичних зона навара, међуслој - INOX B 18/8/6 и навар - PIVA 430 B*

Међуслој: *Иглице мартензита у аустенитној основи* ***Међуслој:****Иглице мартензита у аустенитној основи*



ЗУТ: *Међуфазна структура, претежно сорбит* ***ОМ:*** *Претежно сорбитна*

Слика 10. *Микроструктуре карактеристичних зона навара, међуслој - INOX B 18/8/6 и навар - PIVA 351 B*

На основу анализе микроструктуре, резултата измерених тврдоћа и визуелног прегледа, утврђено је да у навару нема пора, прслина, гасних мехурова, неметалних укључака и других грешака, као и да је постигнуто добро повезивање (стапање) основног метала и метала навара.

Такође, анализиран је упоредно и утицај уноса топлоте-погонске енергије заваривања на излазне особине наварених узорака помоћу одговарајућег трансформационог дијаграма за тај челик (сл. 6). Прорачуном карактеристичног времена хлађења између 800 и 500ºC ($t_{8/5}$), за препоручене параметре заваривања, може се проценити структура и оријентационо одредити тврдоћа у најкритичнијој области ЗУТ-а. Уношењем овог времена у раположиви дијаграм за овај челик (34 CrNiMo 6 – DIN) процењивали смо структуре и одређивали тврдоћу ЗУТ-а. У табели 15 дати су параметри наваривања, као и прорачунато време хлађења.

Табели 15. *Параметри наваривања РЕЛ поступком и процењене особине ЗУТ-а*

Пречник електроде, *mm*	Струја наваривања, *A*	Напон, *V*	Брзина наваривања, *cm*/s	Погонска енергија, *J/cm*	Време хлађења, $t_{8/5}$, s	Микроструктура ZUT-a	Тврдоћа ЗУТ-а
3.25	110	24.5	≈ 0.124	17387	17.3	Martenzit	573<HV<580
4.0	170	27	≈ 0.160	22950	26.3	Martenzit	573<HV<580
5.00	200	28	≈ 0.169	26509	32.6	Martenzit	573<HV<580

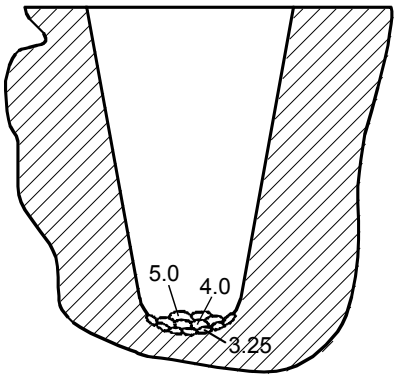
На основу добијених резултата, може се закључити да се независно од погонске енергије добија неповољна микроструктура ЗУТ-а (мартензит) и висока тврдоћа. Зато је неопходно накнадно отпуштање да би се неповољна крта мартензитна структура трансформисала у повољније структуре веће пластичности (међуфазне).

На основу наведених моделских испитивања и анализе добијених резултата, утврђена је оптимална технологија репаратуре која ће бити "пренета" при заваривању – наваривању реалног дела.

4.1 Технологија наваривања реалног дела

На основу претходно изведених моделских испитивања, литературних података и досадашњих сопствених и туђих искустава, одлучили смо се да започнемо ову сложену и рискантну репаратуру. Ту се пре свега мисли на веома тешке радне услове дела, велика ударна и често понављана механичка оптерећења, повишене температуре и тсл. Исто тако услови извођења репаратуре били су веома неповољни због положаја жлебова и места прелома, сложених пресека и тешкоћа при манипулацији са овим масивним и загрејаним деловима (масе око 5000 *kg*).

За санирање мањих прслина, као што је напред наведено, најпре смо извели жлебљење, а на месту прелома и већих прслина предвидели смо израду жлебова минималне запремине (сл. 11а, б).



а) *б)*

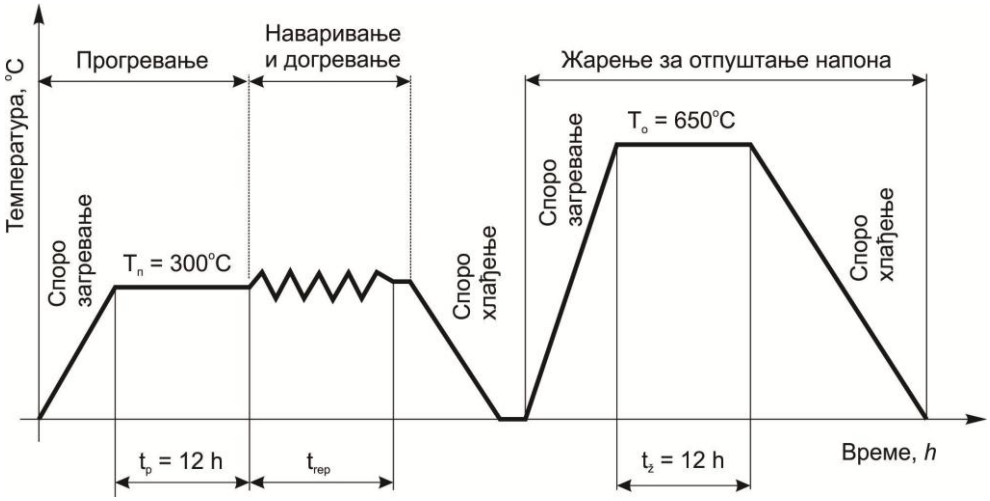
Слика 11. *Изглед жлеба веће прслине бата са редоследом полагања завара*

После спроведене комплетне машинске обраде, бат ковачког чекића је пребачен у хоризонталну пећ са електроотпорским грејачима где је прогреван 12 сати; после тога предмет је делимично извучен из коморе пећи и приступљено је репаратури. По потреби, зависно од измерене температуре, део се догревао гасним грејачима и окси-ацетиленским горионицима. Време прогревања бата износило је око 12 h ($T_p \approx 300^oC$). Процедура репаратуре извођена је према схеми датој на слици 12а. Најпре су полагани коренски завари и завари испуне према редоследу датом на слици 11а. Још неохлађени завари, изузев коренског и покривног, искивани су помоћу алата са затупљеном главом. При површинском искивању завара мора се пазити да не дође до усецања по дубини. Мора се водити рачуна и о деформационом ојачавању односно о томе да се очува ударна жилавост тако што се врућ завар искива само изнад температуре рекристализације ($T > 480°C$). Укупно време репаратуре бата износило је око 20 дана (са једним заваривачем и помоћником). Изглед репарираног бата приказан је на слици 13.

Избор накнадне термичке обраде

Одмах после заваривачких операција, бат је враћен у пећ и заједно с њом хлађен до собне температуре; затим је изведено отпуштање по режиму $T_{otp} = 650^oC/12$ h. У овом случају отпуштање је изведено спорим хлађењем у искљученој пећи. Разлог примене овако сложене процедуре термичке обраде (претходне, текуће и накнадне) је пре свега одговорна функција дела, што намеће потребу да се неповољне промене у околини шава сведу на минимум; то се односи на редукцију заосталих напона, пад тврдоће, добијање повољне микроструктуре, олакшану дифузију водоника и др.

Комплетан циклус репаратуре бата ковачког чекића приказан је на слици 12.



Слика 12. *Комплетан циклус репаратуре бата ковачког чекића бр. 2*

После термичке обраде све шавове који су изведени на бату треба испитати на компактност помоћу ултразвучне дефектоскопије и пенетрантних течности. При томе треба установити грешке које би се овим методама завршне контроле могле открити.

Слика 13. *Изглед репарираног ковачког бата*

Редослед извођења репаратуре

Репаратуру бата бр. 5, као и осталих оштећених батова, треба изводити обавезним спровођењем следеће процедуре:

1. Набавити базичне електроде: PIVA 351 B, INOX B 18/8/6 и PIVA 430 B у потребној количини, пречника 3.25; 4.0 и 5.0 *mm*, просушивати их по одговарајућем режиму да би се одстранила влага из облоге;
2. Коренске заваре полагати предложеним електродама мањег пречника (3.25 или 4.0 *mm*) (најпре жлеб обложити у минимално једном слоју са INOX B 18/8/6), а заваре испуне и покривне заваре електродама (PIVA 351 B и завршне слојеве површина отпорних на хабање са PIVA 430 B) пречника 5.0 *mm* због повећања

продуктивности;

3. Применити одговарајућу технологију блок-секвенци при заваривању-попуни жлеба и при изради завршних слојева наваривањем – комбиновањем међуслојних, електроде за попуну жлеба и специјалне електроде отпорне на хабање, у циљу повећања површинске тврдоће;
4. Тек нанете заваре-наварене гусенице искивати у одговарајућем температурском интервалу, применом специјалног алата са заобљеним врхом, чиме се обезбеђују најповољније излазне механичке особине (повећана ударна жилавост). Искивање треба да поравна површину завара, али без усецања у њу. Да би се очувала зарезна жилавост искивати при температури изнад 480ºC;
5. Троска се најпре обија, затим уклања челичном четком после сваког пролаза - слоја, а затим издувава компримованим ваздухом;
6. Температуру предгревања повремено контролисати-проверавати термокредама, а стално контролисати дигиталним инструментом са термопаром или бесконтактним мерачем температуре;
7. Неопходно је повремено (или непрекидно) догревање гасним пламеном, да би се одржала задата температура, јер догревање помоћу специјално конструисаних гасних грејача није дало очекиване резултате;
8. После изведене (вишедневне) репаратуре заваривањем-наваривањем, регенерисани део треба вратити у пећ и подвргнути одговарајућем режиму отпуштања, који се огледа у постепеном загревању до задате температуре, прогревању на тој температури и спором хлађењу у пећи до собне температуре.

По завршетку комплетног циклуса репаратуре, бат ковачког чекића подвргава се механичкој обради у циљу повратка на првобитне димензије и тражени геометријски облик.

4.2 Детаљи при извођењу репаратуре бата и постоља чекића

На сликама 14/1, 14/2 и 15 дати су детаљи при репаратури заваривањем ових веома одговорних машинских делова.

Слика 14/1. *Неки детаљи из поступка регенерације бата ковачког чекића бр. 2 (2002 година)*

Слика 14/2. *Неки детаљи из поступка регенерације бата ковачког чекића бр. 5 (2006 година)*

Слика 15. *Неки детаљи из поступка регенерације постоља чекића*

5. Техно-економска анализа репарираног бата и исплативост техничког решења

Са становишта техно-економске анализе, технологија репаратурног заваривања јесте комплексан скуп различитих врста обавезних процедура, које узимају у обзир: услове рада дела, идентификацију оштећења, процену заварљивости, поступак заваривања, додатни материјал, режим заваривања и наваривања, примењену термичку обраду, моделска и реална испитивања. С обзиром на сложеност процеса потребно је утврдити најповољнија техничко-технолошка решења, да би се процес репаратуре довео до нивоа кад је могуће донети коначну одлуку, купити нов део или га репарирати.

Овде ћемо се осврнути на грубе техно-економске показатеље регенерације бата ковачког чекића.

Релевантни су за упоређивање следећи подаци:

А. Цена набавке новог дела износи око: **83987 €** (ова цена укључује: цену новог дела-67470 €, порез-12144 €, царине-3373 € и трошкове шпедитерских услуга и транспорта-1000 €);

Б. Укупни трошкови репаратуре: **3760 €**

Идентификација и откривање оштећења: 3 дана × 8 нч[1] × 10 € = 240 €;

Машинска обрада оштећених површина: 10 дана × 8 нч × 12 € = 960 €;

Наваривање реалног дела: 20 дана × 8 нч × 10 € = 1600 €;

Трошкови накнадне машинске обраде наварених површина: 10 дана × 8 нч × 12 €= 960 €.

На основу наведених података може се закључити да су укупни трошкови репаратуре вишеструко нижи од трошкова цене набавке новог дела (мањи од 5%). Према томе, анализа "купити" или "репарирати" очигледно је решена и без детаљније анализе додатних позитивних ефеката која регенерација бата омогућује.

6. Индустријска и научна примењивост техничког решења

Наведено – предложено техничко решење је у целости прихваћено од стране фирме Застава Ковачница а.д. и са поносом можемо рећи да се репарирани батови бр. 2 и бр. 5 се и данас веома успешно користе за ковање делова сложене геометрије при високим силама ковања. Дакле, век репарираног бата ковачког чекића увелико је надмашио гарантни рок новог бата. Предложеним техничким решењем предузећу је омогућена директна уштеда од више десетина хиљада еура и додатне уштеде у виду скраћеног времена застоја и др. Према предложеном техничком решењу изведена је репаратура више батова ковачких чекића у последњих 12 година од чега последња почетком 2017. године.

Такође, предложено решење је коришћено и на националном нивоу од стране домаће фирме Металска индустрија Пролетер а.д. из Ариља, која је на основу предложеног техничког решења 2005. године, репарирала бат ковачког чекића МРМ 6300 израђеног од челика Č5431.

На основу резултата практичне-индустријске примене наведеног техничког решења у споменутим фирмама, група аутора, укључујући пре свега предлагаче овог решења, публиковала је бројне научно-стручне радове у међународним и домаћим часописима са рецензијом (категорије М20 и М50), као и на међународним и домаћим научно-стручним скуповима (категорије М30 и М60). На овај начин са предложеним

[1] нч - је норма час који се у индустрији примењује при прорачуну трошкова и изради понуда.

техничким решењем упозната је и шира стручна јавност у циљу олакшаног решавања сличних индустријских проблема.

Овде наводимо само неке од најзначајнијих референци:

Радови категорије **M20**:

1. V. Lazić, A. Sedmak, S. Aleksandrović, D. Milosavljević, R. Čukić, V. Grabulov, *Reparation of damaged mallet for hammer forging by hard facing and weld cladding*, Tehnički vjesnik - Tehnical Gazete, Vol. 16, No. 4, pp. 107-113, 2009. M23
2. V. Lazić, A. Sedmak, M. Živković, S. Aleksandrović, R. Čukić, R. Jovičić, I. Ivanović, *Theoretical-experimental determining of cooling time (t8/5) in hard facing of steels for forging dies*, Thermal science, Vol. 14, No. 1, pp. 235-246, ISSN 0354-9836, 2010. M23
3. B., Nedeljković, V., Lazić, S., Aleksandrović, B., Krstić, M., Mutavdžić, D. Milosavljević, M., Đorđević, *Influence of the carbide type on tribological properties of the hard-faced layers*, Metalurgija – Journal of Metallurgy, Vol. 16, No. 2, pp. 77-90, 2010. M24
4. V. Lazić, R. Čukić, S. Aleksandrović, D. Milosavljević, D. Arsić, B. Nedeljković, *Techno-economic justification of reparatory hard facing of various working parts of mechanical systems*, Tribology in Industry, Vol. 36, No. 3, pp. 287-292, ISSN 0354-8996, 2014. M24
5. D. Arsić, V. Lazić, I. Samardžić, R. Nikolić, S. Aleksandrović, M. Djordjević, B. Hadzima, *Impact of the hard facing technology and the filler metal on tribological characteristics of the hard faced forging dies*, Tehnički Vjesnik – Technical Gazette, Vol. 22, No. 5, pp. 1353-1538, ISSN 1330-3651, 2015. M23
6. D. Arsić, V. Lazić, A. Sedmak, R. Nikolić, S. Aleksandrović, M. Djordjević, R. Bakić, I. Samardžić, *Selection of the optimal hard facing (HF) technology of damaged forging dies based on cooling time* $t_{8/5}$, Metalurgija - Metallurgy, Vol. 55, No. 1, pp. 103-106, ISSN 0543-5846, 2016. M22

Радови категорије **M30**:

1. V. Lazić, M. Jovanović, D. Josifović, N. Ratković, D. Adamović, *Regeneration damaged working parts of forging presses and hammers by the welding and hard facing procedures*, JOM – 11, Eleventh International Conference on the Joining of Materials, Helsingor, Denmark, 2003, May 25-28.
2. V. Lazić, M. Živković, D. Rakić, M. Jovanović, D. Adamović, *Theoretical-experimental determining of cooling time* ($t_{8/5}$) *in hard facing*, 5th International conference HEAVY MACHINERY HM 2005, Kraljevo, 28 June – 03 July 2005., pp. II A.17–A 20., The fifth international conference HEAVY MACHINERY HM 2005, Kraljevo, 2005, 28 June – 03 July, pp. II A. 17–A. 20.
3. V., Lazić, M., Jovanović, D., Adamović, D., Josifović, N., Ratković, *Development and application of welding technologies for regeneration of damaged working parts of forging presses and hammers*, Weding and Joining Technologies for a Sustainble Development and Environment, Timisoara, Romania, 2006, 24-26.05., pp. 341-346.
4. Р. Чукић, В. Лазић, М. Јовановић, М, Мутавџић, С. Ракић, *Техно-економска оправданост репаратурног заваривања и наваривања различитих делова техничких система*, XII Научно-стручна Конференције о Железници са међународним учешћем - ЖЕЛКОН '06, Ниш, 2006, pp. 325-328.
5. M. Mutavdžić, V. Lazić, D. Milosavljević, S. Aleksandrović, R. Nikolić, R. Čukić, G. Bogdanović, *Determination of the most proper tempering temperature in hard facing of the forging dies*, 17th International PhD. students' seminar SEMDOK 2012, Zilina-Terchova, 2012, 25-27 January, pp. 46-49, ISBN 978-80-554-0477-6.

Радови категорије **M40**:

1. V. Lazić, R. Nikolić, S. Aleksandrović, D. Milosavljević, R. Čukić, D. Arsić, M. Đorđević, *Application of hard-facing in reparation of damaged forging dies* - Chapter 12 in monograph: Analysis of Technology in Various Industries, Published by: Association of Managers of Quality and Production, Oficyna Wydawnicza (SMJiP), Editors: S. Borkowski, R. Ulewicz, Br. strana: 17, ISBN 978-83-63978-11-2, Częstochowa, Poland, pp. 127-143, 2014. M45
2. D. Arsić, V. Lazić, R. R. Nikolić, M. Mutavdžić, A. Sedmak, B. Hadzima, *Possibility for realizing savings by application of the hard-facing as the revitalization technology of various machine parts* - Chapter 8 in monograph: Technical aspects of materials quality, Association of Managers of Quality and Production, Oficyna Wydawnicza (SMJiP), Editors: J. Pietraszek, D. Klimecka-Tatar, Br. strana: 34, ISBN 978-83-63978-34-1, Częstochowa, Poland, pp. 111-144, 2016. M45

Радови категорије M50:

1. M. Mutavdžić, V. Lazić, D. Milosavljević, S. Aleksandrović, R. Nikolić, R. Čukić, *Determination of the optimal tempering temperature in hard facing of the forging dies*, Materials Engineering, 19, 3(2012), pp. 95-103.
2. D. Arsić, V. Lazić, R. Nikolić, S. Aleksandrović, M. Djordjević, B. Hadzima, J. Vičan, *Influence of tempering on the deformation level of the multi-layer hard faced samples*, Procedia Engineering, Vol. 111, pp. 49-56, Doi 10.1016/j.proeng.2015.07.034, 2015
3. V. Lazić, D. Arsić, R. Nikolić, S. Aleksandrović, M. Djordjević, B. Hadzima, J. Bujnak, *Experimental determination of deformations of the hard faced samples made of steel for operating at elevated temperatures*, Procedia Engineering, Vol. 111, pp. 495-501, Doi 10.1016/j.proeng.2015.07.122, 2015
4. V. Lazić, D. Arsić, R. Nikolić, B. Hadzima, *Experimental determination of residual stresses in the hard-faced layers after hard-facing and tempering of hot work steels*, Procedia Engineering, Vol. 153, pp. 392-399, Doi 10.1016/j.proeng.2016.08.139, 2016

7. Закључак

Свестрана испитивања на моделу и завршна провера рада репарираног бата ковачког чекића бр. 2, у веома ригорозним експлоатационим условима, указала је да се предложена и примењена технологија репаратуре може успешно применити и на деловима (батовима) који раде у сличним условима. Предложена технологија репаратуре бата бр. 2 послужила је као полазна основа за репаратуру више батова у Застава Ковачници односно у фирми Металска индустрија Пролетер а.д. из Ариља.

Неопходно је било применити не само предгревање, већ и догревање и накнадну термичку обраду (отпуштање) ради снижења нивоа заосталих напона. Моделска металографска испитивања и мерење тврдоће нису указала на појаву структура каљења у предложеним условима заваривања, што уз употребу базичних сушених електрода смањује опасност од појаве хладних прслина, те се може претпоставити сигуран и поуздан рад овако репарираног бата.

Цео поступак репаратуре, у трајању од неколико недеља, уз ранија стечена искуства при репаратури сличних радних делова велике масе (рам пресе, велики зупчаник-замајац ексцентар пресе и др.) омогућио је да се добије најповољнији физички модел овог сложеног поступка, као путоказ за будуће репаратурне радове на деловима сличног облика и димензија. Ипак, без обзира на ову чињеницу, свакој појединачној репаратури овако одговорног машинског дела, мора се приступити као веома одговорном и сложеном техничко-технолошком задатку, а не као рутинском послу. Применом најновијих сазнања, најповољнијих технологија и додатних

материјала, реално је очекивати и вишеструке повољне ефекте, пре свега у уштеди скупог увозног дела (основног материјала), скраћењу времена застоја и другим пратећим позитивним ефектима, које нисмо детаљније анализирали у овој пријави.

8. Литература

1. S. Jhavar, C. P. Paul, N. K. Jain, *Causes of failure and repairing options for dies and moulds: A review*, Engineering Failure Analysis, 2013, Vol. 34, pp. 519-535.
2. L. Lavtar; T. Muhic, G. Kugler, M. Tercelj, *Analysis of the main types of damage on a pair of industrial dies for hot forging car steering mechanisms*, Engineering Failure Analysis, 2005, Vol. 18, pp. 1143-1152.
3. D. Mellouli, N. Haddar, A. Koster, H. F. Ayedi: *Hardness effect on thermal fatigue damage of hot – working tool steel*, Engineering Failure Analysis, 2014, Vol. 45, pp. 85-95.
4. D. Klobčar, J. Tušek, B. Taljat: *Thermal fatigue of materials for die-casting tooling*, Materials Science and Engineering A, 2008, Vol. 472, pp. 198-207.
5. D. Klobčar, L. Kosec, B. Kosec, J. Tušek: *Thermo fatigue cracking of die casting dies*, Engineering Failure Analysis, 2012, Vol. 20, pp. 43-53.
6. M. Muhić, J. Tušek, F. Kosel, D. Klobčar, M. Pleterski: *Thermal fatigue cracking of die-casting dies*, Metalurgija, 2010, Vol. 49, No. 1, pp. 9-12.
7. R. Ebara: *Fatigue crack initiation and propagation behavior of forging die steels*, International Journal of Fatigue, 2010, Vol. 32, pp. 830-840.
8. V. Gliha, Z. Burzić, T. Vuherer: *Some factors affecting fatigue resistance in welds*, Structural Integrity and Life, 2008, Vol. 10, No. 3, pp. 239-244.
9. M. Mutavdžić, V. Lazić, D. Milosavljević, S. Aleksandrović, R. Nikolić, R. Čukić, *Determination of the optimal tempering temperature in hard facing of the forging dies*, 2012, Materials Engineering, Vol. 19, No. 3, pp. 95-103.
10. AWS welding Handbook – 9th edition, Volume 1.

У Краљеву, 01. 10. 2018.

Аутори:

Др Миодраг Арсић, научни саветник

Др Миле Савковић, ред. проф.

Др Вукић Лазић, ред. проф.,

Душан Арсић, истраживач сарадник,

Др Ивана Ивановић, научни сарадник,

Др Срђан Тадић, научни сарадник.

ZASTAVA
KOVAČNICA
Zastava Kovačnica a.d.-u stečaju
34000 Kragujevac, Trg topolivca 4

tradicija proizvodnje od 158 godina
je garancija našeg kvaliteta

Zastava Kovačnica, a.d. Kragujevac-u stečaju
Kosovska 4b
Dana: 10.03.2017. godine
34000 Kragujevac

ZASTAVA KOVAČNICA a.d.- u stečaju
Broj 1755
Dana 10-03-2017 god.
Kragujevac

Potvrda o primeni tehničkog rešenja

REPARATURA BATOVA KOVAČKIH ČEKIĆA

Ovim dokumentom potvrđujemo da je profesor dr Vukić Lazić sa svojim stručnim timom predložio propisao kompletnu tehnologiju (elaborat) reparaturnog navarivanja dva oštećena bata kovačkih čekića HUTA ZYGMUNT MPM 5000 mase 5000 kg, 2002. i 2005/06. godine. Primenjena tehnologija reparature se pokazala veoma uspešnom s obzirom na to da je radni vek repariranih batova više od dvostruko nadmašio radni vek predviđen garantnim rokom za nove batove.

Naglašavamo i da je primenom navedenog tehničkog rešenja (reparature) Zastava Kovačnica ostvarila brojne uštede, pre svega u skraćenju vremena zastoja ali i u ekonomskom pogledu, budući da je kompletna reparatura po propisanoj tehnologiji urađena u samoj Zastavi Kovačnici.

Zastava Kovačnica, a.d. Kragujevac-u stečaju
Predstavnik društva

U Kragujevcu, 10.03.2017. god.

Đorđević Nebojša, dipl.maš.ing.

Predstavnici Sektora tehnologije:

Petronijević Dušan, dipl.maš.ing.

M.P.

AKCIONARSKO DRUŠTVO ZA PROIZVODNJU I PROMET OTKOVAKA ZASTAVA KOVAČNICA u stečaju I KRAGUJEVAC

Žižaković Srećko, dipl.maš.ing.

UGOVOR O DELU

ZAKLJUČEN DANA 04.05.2002.GODINE U KRAGUJEVCU IZMEDJU

1. DR LAZIĆ VUKIĆA,dipl. maš ing. IZ KRAGUJEVCA, POZNATOG PO LK BR 266738 SUP KRAGUJEVAC (U DALJEM TEKSTU POSLENIK)

i

2. DRUŠTVA ZASTAVA KOVAČNICA a d - KRAGUJUEVAC, TRG TOPOLIVACA 4 , KOJE ZASTUPA DIREKTOR OTAŠEVIĆ SINIŠA,dipl. ing. (U DALJEM TEKSTU NARUČILAC POSLA)

ČLAN 1

OVIM UGOVOROM REGULIŠU SE MEDJUSOBNA PRAVA I OBAVEZE UGOVORNIH STRANA POVODOM SANACIJE BATA ČEKIĆA MPM 5000

ČLAN 2

POSLENIK SE OBAVEZUJE DA URADI TEHNOLOŠKO REŠENJE ZA SANACIJU BATA ČEKIĆA MPM 5000 I DA VRŠI NADZOR NAD IZVODJENJEM SANACIJE. SANACIJU OBAVLJA NARUČILAC POSLA.

ČLAN 3

ZA IZRADU TEHNOLOŠKOG REŠENJE ZA SANACIJU BATA ČEKIĆA MPM 5000 NARUČILAC JE DUŽAN DA POSLENIKU ISPLATI NETO 36 000 DINARA I TO 24 000 DINARA NAKON IZRADE TEHNOLOŠKOG REŠENJA I IZVRŠENE SANACIJE PO PREDLOZENOM REŠENJU, A NAJKASNIJE DO 20.08.2002.GODINE, A PREOSTALIH 12 000 DINARA NAKON 90 DANA KONTINUIRANOG RADA BATA ČEKIĆA MPM 5000 KOJI JE SANIRAN PO PREDLOŽENOM REŠENJU POSLENIKA

ČLAN 4

UKOLIKO SE U PRVIH 90 DANA KONTINUIRANOG RADA ČEKIĆA MPM 5000 ČIJI JE BAT SANIRAN PO PREDLOŽENOM REŠENJU POSLENIKA POJAVE PRSKOTINE NA BATU POSLENIK JE DUŽAN DA BEZ NOVE NAKNADE DA TEHNOLOŠKO REŠENJE ZA PREVAZILAŽENJE PROBLEMA, A ISPLATA PREOSTALIH 12 000 DINARA ODLAŽE SE DOK SE NE OSTVARI 90 DANA KONTINUIRANOG RADA ČEKIĆA MPM 5000 SA SANIRANIM BATOM BEZ POJAVE PRSKOTINA

ČLAN 5

ZA SVE ŠTO NIJE REGULISANO OVIM UGOVOROM PRIMENJUJE SE ZAKON O OBLIGACIJAMA.
U SLUČAJU SPORA PO OVOM UGOVORU NADLEŽAN JE STVARNO NADLEŽNI SUD U KRAGUJEVCU.

ČLAN 6

OVAJ UGOVOR JE SAČINJEN U DVA ISTOVETNA PRIMERKA, PO JEDAN ZA SVAKU UGOVORNU STRANU.

POSLENIK

NARUČILAC POSLA

13.08.2002

13.08.2002.