

## ТЕХНОЛОГИЈА ПРЕРАДЕ РАДНИХ ВАЉАКА У ПОЛУПРОИЗВОДЕ КОЈИ НИСУ ВИШЕ ЗА УПОТРЕБУ У ЖЕЛЕЗАРИ СМЕДЕРЕВО

Дејан Спасић<sup>1</sup>, Немања Јованов<sup>2</sup>, Горан Јованов<sup>3</sup>,

**Резиме:** Радни ваљци Хладне ваљаонице - „Железаре Смедерево“ а.д. раде у строгим и врло тешким условима експлоатације. Они који, према усвојеним критеријумима, трајно испадну из редовне употребе могу се употребити у неке друге сврхе. Такви ваљци могу се прекивати у полупроизводе или коначне отовке према потреби наручиоца. У овом раду бавићемо се радним ваљцима Хладне ваљаонице који су, по разним основама, коначно испали из редовне употребе на ваљачким пругама или становима.

**Кључне речи:** железара, ваљци, полупроизвод, отковак, ваљаоница.

## TECHNOLOGY OF PROCESSING ROLLING ROLLERS INTO SEMI-FINISHED PRODUCTS WHICH ARE NO LONGER FOR USE IN SMEDEREVO IRONWORK

**Abstract:** Working rollers of the Cold Rolling Mill – „Zelezare Smederevo“ a.d. work in strict and very difficult conditions of exploitation. Those that, according to the adopted criteria, permanently fall out of regular use can be used for some other purposes. Such rollers can be cut into semi-finished or final forgings as required by the customer. In this paper, we will deal with the working rollers of the Cold Rolling Mill, which, on various grounds, have finally fallen out of regular use on rolling mills or flats.

**Key words:** Ironworks, rollers, semi-finished products, forging, rolling mill.

### 1. УВОД

Радни ваљци Хладне ваљаонице - „Железаре Смедерево“ а.д. раде у строгим и врло тешким условима експлоатације. Строгост услова рада условљена је квалитетом који треба остварити при ваљању лимова. Радни ваљци су изложени високим механичким напрезањима. Издржљивост радних ваљака за хладно ваљење зависи од две групе фактора, у првом реду од физичко-механичких и металуршких карактеристика нових ваљака и од услова рада у току експлоатације. У прву групу спадају сви они фактори који је произвођач уградио у току процеса производње ваљака. Неки од њих су хемијски састав, технологија израде ваљака, режим ковања, термичка обрада и, коначно физичко-механичке карактеристике обрађених ваљака [1].

У другу групу фактора, који утичу на издржљивост ваљака, спадају сви они који произлазе из услова рада ваљка у ваљачким пругама и становима.

Експлоатација радних ваљака своди се на експлоатацију прокаљеног слоја радне површине ваљка. Прокаљени слој радног дела ваљка троши се у току ваљања лимова. Радни ваљци, као високооптерећени елементи, након извесног времена рада испадају из редовне употребе, трајно или привремено. Они који, према усвојеним критеријумима, трајно испадну из редовне употребе могу се употребити у неке друге сврхе. То су ваљци који због пада тврдоће радне површине испод дозвољене границе, пада пречник радног дела ваљка испод  $D_{\min}$  или хаваријских испада више се не могу употребити за квалитетно ваљање лимова и трака. Такви ваљци могу се прекивати у полупроизводе или коначне отовке према потреби наручиоца.

<sup>1</sup> University of Megatrend Beograd, Faculty of Medicine, Faculty of Civil Aviation, Beograd, Serbia

<sup>2</sup> Faculty of Engineering in Bor - University of Belgrade

<sup>3</sup> Criminal Police University, Beograd, Serbia

## КОНФЕРЕНЦИЈЕ СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ

38. Конференција одржавалаца Србије и 1. Конференције напредне технологије у функцији развоја привреде, Врњачка Бања, 01.06. – 03.06. 2022. године

У овм раду бавићемо се радним ваљцима Хладне ваљаонице који су, по разним основама, коначно испали из редовне употребе на ваљачким пругама или становима, слика 1.

### 2. КАРАКТЕРИСТИКЕ МАТЕРИЈАЛА РАДНИХ ВАЉАКА

Расположиви радни ваљци за прераду потичу од разних светских произвођача и имају различите хемијске саставе, слика 1. Међутим, разлике у хемијском саставу су мале и могу се сматрати униформно дистрибуираним у односу на могућност прераде прекривењем. Најутицајнији елементи материјала ваљка су хром и молибден па се најприближније, могу означити стандардном ознаком 85CrMo7 – (Џ. 4740). Присуство хрома упозорава на опрезност у брзини загревања, хлађења и брзини деформисања материјала у току ковања.

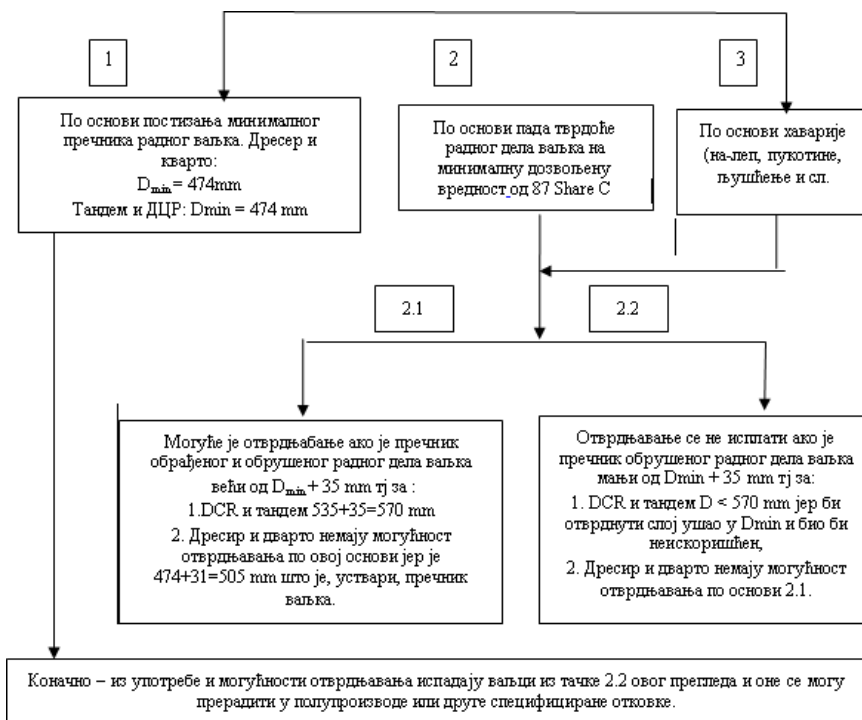
Карактеристике материјала, димензије и масе радних ваљака тандем пруге те ваљака дресир и кварто станова допушатју прераду ваљака у полупроизводе. Такође, могу се прекивати и ваљци са дресир и кварто станова који имају уздужни осни поврт пречника 70 mm, само по другој технологији и за друге производе. Највећи број, око 80% радних ваљака, испао је из редовне употребе због пада тврдоће радне површине испод 87 Shore C. Око 20% ваљка искључује се из употребе по основи налепа, напрслина и хаварија [2], [3].



Слика 1 - Железара Смедерево радни ваљци ваљаонице

## КОНФЕРЕНЦИЈЕ СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ

38. Конференција одржавалаца Србије и 1. Конференција напредне технологије у функцији развоја привреде, Врњачка Бања, 01.06. – 03.06. 2022. године



Слика 2 - Шема критеријума за разврставање радних ваљака за прераду или термичку обраду [4], [10], [11].

### 3. ТЕХНОЛОГИЈА ПРЕРАДЕ РАДНИХ ВАЉАКА У ПОЛУПРОИЗВОДЕ

У Железари Смедерево потребна је велика количина шипкстог материјала, пречника од 100 до 250 mm, дужине 2 m, за израду резервних делова ротационог облика. До сад је за те потребе куповано шипкасти материјал ознаке (Ћ. 4732) – 42CrMo4. Хемијске састав и механичке карактеристике челика (Ћ.4740) – 85CrMo7 приближне су материјалу (Ћ.4732) – 42CrMo4, па је могуће извршити супституцију и искористити расположиве радне ваљке за израду потребних резервних делова из отковака добијених од ваљака.

Неки од радних ваљака израђени су центрифугалним ливењем па је изражен нехомогеност по попречном пресеку. Због тога, код прекривања потребно је извести што већу редукуцију пречника. Да бисмо радне ваљке прековали у шипкасти материјал одабраних пречникја потребно је извести одеређену припрему и контролу ваљака. Пре свега, треба извршити ултразвучну контролу површинског слоја ваљака и установити да ли има пукотина. Прекривати се могу ваљци који немју пукотине и друге дефекте у маси метала. Овде се разматра прекривањем радног ваљка са тандем пруге. Технологија прераде ваљка у полупроизоде се састоји из следећих поступака [2], [3].

#### 3.1. Жарење ради омекшавања

Радни ваљци Хладне ваљаонице коначног испадања из редовне употребе имају тврдоћу око 86 Shore C. Површински слојеви ваљака су тврди, а унутрашњост жилава, па се, тако рећи, не могу прерађивати поступцима скиднаја струготине на рационалан начин. Због тога се пре механичких обрада морају жарити ради омекшавања. Жарење се изводи у електричноје жарној пећи, програмирано, до око 840°C. Хлађење се изводи такође програмирано и коначна тврдоћа ожареног ваљка је око 220 HB [4], [5].

## КОНФЕРЕНЦИЈЕ СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ

38. Конференција одржавалаца Србије и 1. Конференције напредне технологије у функцији развоја привреде, Врњачка Бања, 01.06. – 03.06. 2022. године

### 3.2. Механичка обрада ваљака

Радни ваљци, у односу на процеспрераде прераде прекривањем, овде се појављују као неприпремљена сировина, односно као елемент са специјалним обликом и механичким карактеристикама. Они имају специфичне облике и не могу се прекривати без припреме облика ваљака. Та припрема облика за ковање зависи од потребног асортимана полупроизвода или отковака и врсте ваљака који се прекривају.

Радни ваљак тандем пруге, у складу са својом функцијом, има на себе низ разеа, венаца и жлебова за клин. Те неравнине односно нагли прелази представљају места где у току ковања могу настати дисконтинуетети у структури отковака. То првенствено доводи до преклопа који такве отковке чине неупотребљивим у техничке сврхе. Обрађени радни ваљак тандем пруге са ознакама за сечење приказан на слици 2. Од укупне масе радног ваљка, који износи 4720 kg око 550 kg отпадне на струготину од механичке обраде и сечења ваљака [2], [3].

### 3.3. Ковањем ваљака

Исечени комади ваљака предгревају се у електричној коморној пећи и каоначно загревају у плинској коморној пећи до температуре ковања око 1100° С. Ковање се изводи на ваздушним чекићима маса 1000 kg, 2000 kg и 5000 kg. Хлађење отковака врћи се програмирано. Губитак материјала при ковању је око 210 kg. Ковати се могу пуни отковци и отковци прстенастог попречног пресека [6].

Из услова равнотеже елементарне масе челика у зони ковања добијају се изрази за слике ковања:

за пуне отковке [2], [3]:

$$F = D l_0 \sigma_s (1 + 2/3 \mu l_0 / D) \quad (1)$$

за отковке прстенастог попречног пресека [2], [3]:

$$F = 1.05 l_0 D \sigma_s [1 + \mu (1/s + 1/D) l_0 / 3] \quad (2)$$

где су:

$l_0$  - ширење чељусти,

$D$  - спољни пречник отковака,

$\sigma_s$  - специјални деформациони отпор челика у условима ковања,

$\mu$  - коефицијент трења на спољашњем и унутрашњем пречнику отковака, и

$s$  - дебљина зида отковака.

Специфични деформациони отпор, према (1) за челик (Џ. 4740) – 85CrMo7 износи

$$\sigma_s = (5 + 7,15) 10^7 \text{ [N/m}^2\text{]} \quad (3)$$

За одабране пречнике отковака, димензије чељусти, коефицијент трења и стварног специфичног деформационог отпора добијају се силе ковања преко израза 1 и 2, које се могу остварити на споменутиим чекићима.

### 3.4. Нормализација отковака

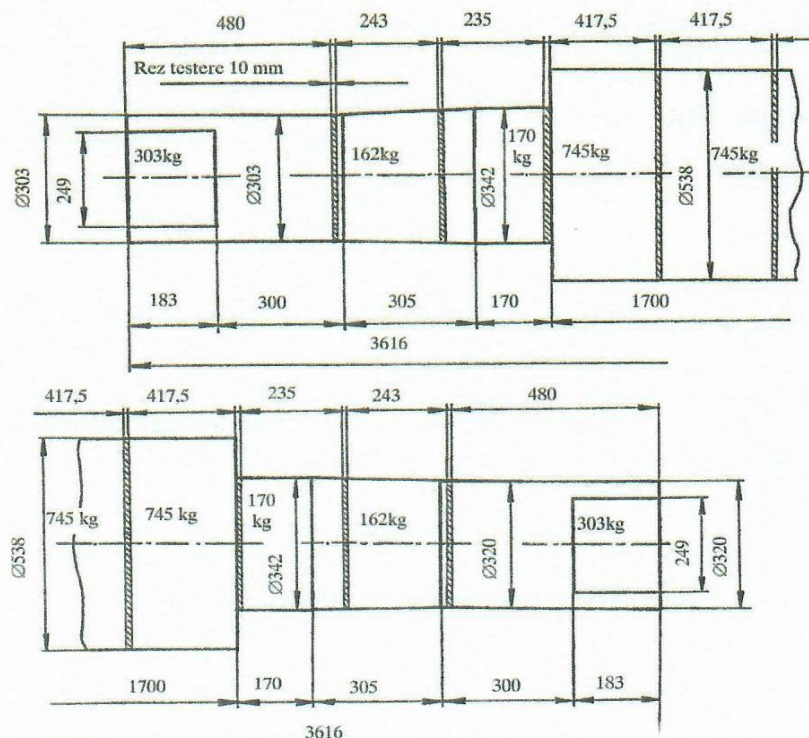
Нормализација отковака има за циљ да предмете обраде доведе у нормали, у равнотежено стање које је поремећено ковањем. Поремећај структуре челика и заостала напрезања настају у отковцима и због делимичног ковања у подручју непотпуне вруће деформације [7], [8].

Нормализовањем, које се спроводи поодреженом режиму, побољшава се структура челика и његове излазне механичке карактеристике, као и обрадивост челика - првенствено поступцима скидања струготине. Након нормализације, тврдоћа отковака је око 220 НВ.

## КОНФЕРЕНЦИЈЕ СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ

38. Конференција одржавалаца Србије и 1. Конференција напредне технологије у функцији развоја привреде, Врњачка Бања, 01.06. – 03.06. 2022. године

Нормализовани отковци могу се довести на одређене пречнике обрадом на стугу или се могу испоручивати без механичке обраде. Отковци се, на крају, испитују ултра - звуком ради откривања евентуалних напрстина, преклопа или укључака. Такође, контролишу се и остале механичке особине материјала [7], [9].



Слика 3 - Радни ваљак тандем пруге припремљен за сечење.

## 4. ЗАКЉУЧАК

Паралелно са израдом студије о могућности прекривања радних ваљака Хладне ваљаонице у полупроизоде извршено је прекривањем у ковачници Лола- Lola Fot Lešak. Добијени су квалитетни отковци од којих се могу израђивати резервни делови за потребе Железаре.

Са техничко-технолошке стране за сада нема никаквих потешкоћа да се радни ваљци, пуни или шупљи, прекривају у полупроизоде или посебне отковке- у складу са техничком документацијом.

Цена прекривања радних ваљака у шипке нижа еј од цене набавке сличног материјала. Прерадом ваљака у полупроизодае избегава се потребе за куповином материјала одговарујећег квалитета, чиом се исклучују нова улгања.

Железара се решава секундарног челика, тренутне масе око 800 тона, оквирно квалитета (Џ. 4740) – 85CrMo7 у своју корист - прерадом у отковке.

Може се закључити да је прерада радних ваљака Хладне ваљаонице технички могућа, економски исплатива и оправдана и организационо поребна.

## 5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Адамовић, Ж.; Илић, Б.: *Наука о одржавању техничких система*, Српски академски центар, Нови Сад, 2013.
- [2] Мусафија, Б.: *Обрада метала пластичном деформацијом*, Универзитет у Сарајеву, Светлост, Сарајево, 1973.

### КОНФЕРЕНЦИЈЕ СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ

38. Конференција одржавалаца Србије и 1. Конференције напредне технологије у функцији развоја привреде, Врњачка Бања, 01.06. – 03.06. 2022. године

- [3] Мишковић, Б.: *Отпор деформацији при пластичној преради метала и легура*, ТМФ Универзитет у Београду, Београд, 1992.
- [4] Пухарић, М.; Адамовић, Ж.: Research of highspeedtrains the subsonic wind tunnel, *Стројарство*, вол.50, бр. 3, стр 151-160, Загреб, Хрватска, 2008.
- [5] Бурзић, М.; Адамовић, Ж.: *Experimental analysis of crack initiation and growth in welded joint of steel for elevated temperature*, *Materials and Technology – materiali in Tehnologije*, vol. 42, br. 6, str. 263 – 271, Ljubljana, Slovenia, 2008.
- [6] Кутин, М.; Адамовић, Ж.: *Tensile failures of welded joint testing by thermography*, *Russian Journal of Nondestructive Testing*, vol.46, br. 5, str. 386 – 393, Moscow, Russian Federation, 2010.
- [7] Čížikov, J. M.. *Procesy obrabokti davljenijem legirovanih stelej i splavov*, Izdateljstvo metalurgija, Moskow, Russian Federation, 1965.
- [8] Strožev, M. V.; Popov, E. A.: *Teorija obrabotki i metalov Davljeniem*, Izdavateljstvo Mašinstrojanje, Moskow, Russian Federation, 1971.
- [9] Djurić, Z.; Josimović, Lj.; Adamović, Ž.; Radovanović, Lj.; Jovanov, G.: An evaluation of formed maintenance programme efficacy, *Strojarski vesnik*, Ljubljana Slovenija, 2012.
- [10] Burzić, M.; Prokić-Cvetković, R.; Grujić, B.; Atanasovska, I.; Adamović, Ž.: Safe Operation of welded structure with cracks at elevated temperature, *Strojarski vesnik*, Ljubljana Slovenija, 2008.
- [11] Đurić, Z.; Maksimović, R.; Adamović, Ž.: Key performance indicators in a joint-stock company, *African Journal of Business Management*, Johannesburg South Africa, 2010.
- [12] Адамовић, Ж.; Вуковић, В.: *Испитивање сложених ванредних машинских конструкција металома без разарања*, друштво за енергетску ефикасност, Бања Лука, 2009.
- [13] Златковић, З.; Максимовић, Р.; Адамовић, Ж.: Key performance indicators in a joint-stock company, *African Journal of Business Management*, Johannesburg South Africa, 2010.
- [14] Златковић, Д.; Adamović, Ž.; Миленковић, Д.: Programme of the water moving through the soil and transport of nitrogen and phosphate fertilizer, *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, Sofia, Bulgaria, 2010.
- [15] Stefanovic, S.; Adamovic, Z.; Cvejic, R.; Petrov, T.: Adaptive control of electrohydraulic system, *Metalurgia International*, Romania, 2012.