

# Obróbka mechaniczna powierzchni napawanych laserowo – toczenie poprzeczne

## Machining of surfaces exposed to laser cladding – facing

ŁUKASZ NOWAKOWSKI  
MARTA WIJAS\*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.311

Przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych toczenia powierzchni napawanych laserowo. Celem pracy było zregenerowanie powierzchni czołowej wałka wykonanego ze stali C45 poprzez napawanie laserowe oraz toczenie poprzeczne. Analizę uzyskanych wyników przeprowadzono na podstawie pomiarów wybranych parametrów struktury geometrycznej zregenerowanej powierzchni.

**SŁOWA KLUCZOWE:** napawanie laserowe, toczenie poprzeczne

*This elaboration presents the results of experiments concerning turning of surfaces exposed to laser cladding. The aim of this elaboration has been to conduct the quality evaluation concerning the process of regenerating a face of the shaft made of steel C 45 through laser cladding and turning. The assessment of the results of the regeneration process has been conducted on the basis of selected parameters of the geometric structure of the regenerated surface.*

**KEYWORDS:** laser cladding, turning

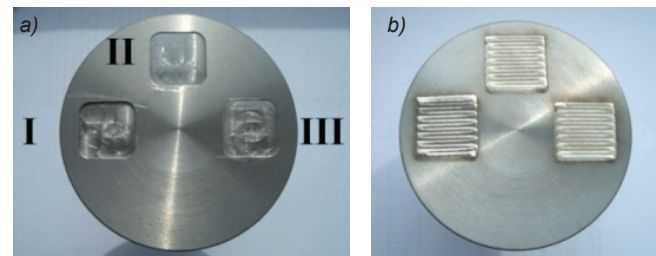
Laserowe nakładanie powłok jest jedną z najnowocześniejszych, ale i kosztownych metod regeneracji powierzchni zużytych części maszyn. Powłoki te w zależności od zastosowanego materiału dodatkowego (proszku, drutu) mają specjalne właściwości, np. zwiększoną odporność na zużycie ścierne i korozję [3].

Napawanie laserowe polega na jednoczesnym topieniu materiału dodatkowego (proszku, drutu) energią wiązki promieniowania laserowego oraz nadtopieniu materiału podłoża. Stopienie i wymieszanie tych dwóch materiałów powoduje utworzenie powłoki zwanej napoiną. Proces napawania można przeprowadzić ręcznie (materiał dodatkowy: drut) lub automatycznie (proszek, drut) [4]. Niezależnie od metody nakładania powłoki w celu zregenerowania powierzchni, powstałą po ostygnięciu warstwę metalu należy poddać obróbce mechanicznej. Dzięki takiemu połączeniu możliwe jest uzyskanie pożądanej dokładności wymiarowo-kształtowej oraz wymaganej struktury geometrycznej powierzchni (SGP) na regenerowanej części [6].

Celem pracy było przeprowadzenie procesu regeneracji powierzchni czołowej wałka wykonanego ze stali C45 poprzez napawanie laserowe oraz przeprowadzenie analizy struktury geometrycznej uzyskanej w wyniku tego procesu.

### Badania eksperymentalne

Badania eksperymentalne rozpoczęto od wyfrezowania na powierzchni czołowej próbki w kształcie walca wykonanej ze stali C45 symulowanych ubytków materiału w postaci trzech kieszeni o wymiarach 20 × 20 mm z promieniem naroża 5 mm i głębokościami 0,25; 0,5; 0,75 mm (rys. 1a).

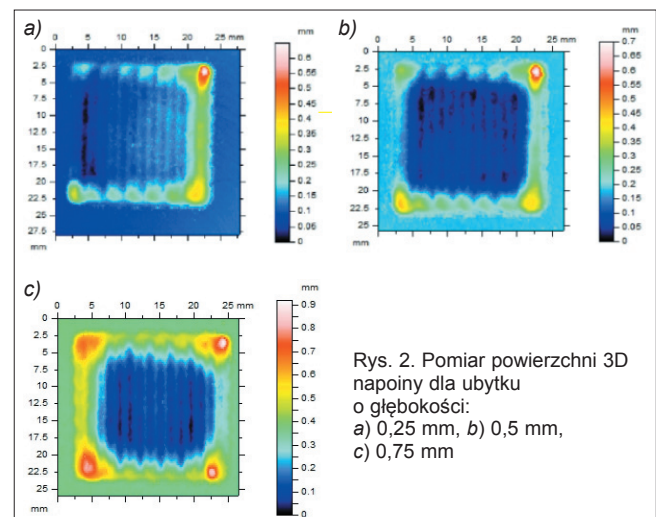


Rys. 1. Zdjęcie próbki: a) z ubytkiem materiału na głębokości: I) 0,75 mm; II) 0,50 mm; III) 0,25 mm; b) po napawaniu laserowym

Proces napawania laserowego, czyli wypełnienie ubytków materiału przeprowadzono na laserze Lasercell 1005 firmy Trumpf. Jako materiał dodatkowy użyty został proszek metalowy PMNi o twardości 57 HRC i granulacji 100÷160 μm. W zależności od głębokości ubytku nałożono kolejno dla: 0,25 mm – trzy warstwy napoiny; 0,5 mm – trzy warstwy napoiny; 0,75 mm – siedem warstw napoiny (rys. 1b)

Kolejnym etapem było wykonanie pomiarów powierzchni 3D napoiny na profilometrze stykowym Form Talysurf PGI 1230 firmy Taylor Hobson, który umożliwia bardzo precyzyjne pomiary topografii powierzchni 2D i 3D [1]. Prędkość pomiaru wynosiła 0,5 mm/s, a analizę wykonano w programie TalyMap Platinum.

Wyniki pomiarów oraz przykładowe pomiary powierzchni 3D napoiny zamieszczono w tabl. I i na rys. 2.



Rys. 2. Pomiar powierzchni 3D napoiny dla ubytku o głębokości: a) 0,25 mm, b) 0,5 mm, c) 0,75 mm

Pomiary powierzchni 3D napoiny po procesie napawania wykazały wystąpienie na brzegach wypływek (pik), a na środku napoiny – wgłębienie spowodowane najprawdopodobniej skurczem materiału napawanego. Analizując wyniki pomiarów zamieszczone w tabl. I, stwierdzono, że dla wszystkich trzech przypadków regenerowanych ubytków wysokość wypływki powstała na styku napoiny i materiału rodzimego jest taka sama i wynosi średnio 0,538 mm. War-

\* Dr inż. Łukasz Nowakowski (lukasn@tu.kielce.pl), mgr inż. Marta Wijas (mwijas@tu.kielce.pl) – Politechnika Świętokrzyska

TABLICA I. Wyniki pomiarów powierzchni 3D napoiny

Głębokość ubytku materiału, mm					
0,25		0,50		0,75	
Liczba napawanych warstw, szt.					
3		3		7	
Powierzchnia, mm <sup>2</sup>					
Otwór	Pik	Otwór	Pik	Otwór	Pik
237	432	385	224	367	245
Objętość, mm <sup>3</sup>					
Otwór	Pik	Otwór	Pik	Otwór	Pik
3,61	28,40	33,90	12,80	64,10	24,80
Maks. głębokość/wysokość wgłębienia, mm					
Otwór	Pik	Otwór	Pik	Otwór	Pik
0,0846	0,537	0,179	0,521	0,361	0,558
Średnia głębokość/ wysokość wgłębienia, mm					
Otwór	Pik	Otwór	Pik	Otwór	Pik
0,0152	0,0859	0,0881	0,0570	0,1750	0,1010

tość wgłębienia powstałego na powierzchni napoiny jest powiązana z głębokością ubytku materiału; dla ubytku 0,25 mm wysokość wgłębienia wyniosła 0,0846 mm, dla ubytku 0,5 mm wgłębienie miało głębokość 0,179 mm, przy ubytku 0,75 mm wysokość wgłębienia osiągnęła 0,361 mm.

Ostatnim etapem procesu regeneracji była obróbka mechaniczna (toczenie poprzeczne) powierzchni napawanych.



Rys. 3. Widok procesu toczenia na tokarce CTX ALPHA 500

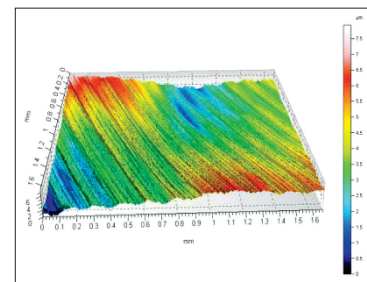
Proces toczenia poprzecznego został przeprowadzony na tokarce CTX ALPHA 500 nożem DCLNL 2020K wyposażonym w płytkę CNMG 120408-PM 4225 z następującymi parametrami skrawania:  $v_c = 100$  m/min,  $f_n = 0,1$  mm/obr,  $a_p = 0,2$  mm (rys. 3) bez użycia cieczy chłodząco-smarującej [5].

Ostatni etap badań polegał na wykonaniu na profilometrze stykowym Talysurf PGI 1230 pomiarów wybranych parametrów struktury geometrycznej powierzchni napawanych po toczeniu poprzecznym [2]. Wyniki zamieszczono w tabl. II i zobrazowano w formie przykładowego pomiaru 3D powierzchni (rys. 4).

TABLICA II. Wyniki parametrów chropowatości

	Materiał rodzimy po obróbce mechanicznej	Materiał po napawaniu (głębokość ubytku materiału, mm)		
		0,25	0,5	0,75
Parametry amplitudy, $\mu\text{m}$ – profil chropowatości				
$R_p$	1,85	1,84	0,72	0,92
$R_v$	1,61	1,63	0,66	0,94
$R_z$	3,46	3,48	1,38	1,86
$R_c$	1,28	1,39	0,63	0,78
$R_t$	4,30	3,48	1,38	2,97
$R_a$	0,48	0,59	0,24	0,32
$R_q$	0,67	0,72	0,29	0,41
Parametr rozmieszczenia, mm – profil chropowatości				
$R_{sm}$	0,073	0,068	0,039	0,035

Zaobserwowano porównywalne wartości parametrów SPG dla powierzchni rodzimej i regenerowanego ubytku materiału o głębokości 0,25 mm. Parametry te miały największe wartości ze wszystkich zmierzonych. Najniższe wartości wybranych parametrów SGP otrzymano dla powierzchni regenerowanej, gdzie wartość ubytku materiału miała głębokość 0,5 mm. Dla ubytku 0,75 mm parametry SGP regenerowanej miały wartości nieznacznie większe, jak w przypadku ubytku 0,5 mm.



Rys. 4. Pomiar 3D powierzchni po obróbce mechanicznej, dla ubytku materiału 0,5 mm

Na rys. 4 przedstawiono przykładową powierzchnię po obróbce mechanicznej powierzchni napawanej dla ubytku materiału 0,5 mm. Na podstawie analizy topografii powierzchni stwierdzono, że SGP będzie zawierała odchyłki kształtu, falistości i chropowatości.

## Podsumowanie

W wyniku prac badawczych przeprowadzono proces regeneracji (napawanie laserowe, toczenie) powierzchni czołowej wałka wykonanego ze stali C45, która jest trudno spawalna. Pomiary powierzchni napoin wykazały wystąpienie na jej brzegach wypłytki o średniej wysokości 0,54 mm oraz wgłębień o wysokości 0,0846 mm dla ubytku 0,25 mm, 0,179 mm dla ubytku 0,5 mm oraz 0,361 mm dla ubytku materiału 0,75 mm.

Wartości wybranych parametrów SPG dla powierzchni rodzimej i regenerowanego ubytku materiału o głębokości 0,25 mm są porównywalne i osiągają największe wartości wśród zmierzonych. Najniższe wartości wybranych parametrów SGP otrzymano dla powierzchni regenerowanej ubytku materiału 0,5 mm. Dla ubytku 0,75 mm parametry SGP regenerowanej miały wartości nieznacznie większe.

Struktura geometryczna powierzchni po procesie regenerowania napawaniem laserowym i toczeniem poprzecznym zawiera zbiór wszystkich nierówności powierzchni rzeczywistej, tj. odchyłki kształtu, falistości i chropowatości.

## LITERATURA

- Adamczak S., Świdorski J., Stępień K., Dobrowolski T., Chmielik I. "Comparative analysis of surface roughness measurements obtained with the use of contact stylus profilometry and coherence scanning interferometry". *XXI IMEKO World Congress "Measurement in Research and Industry"*, 2015, s. 1557÷1560.
- Adamczak S., Świdorski J., Wieczorowski M., Majchrowski R., Miller T., Łętocha A. „Założenia do oceny wiarygodności pomiarów topografii powierzchni w różnych skalach”. *Mechanik*. Nr 3 (2015): s. 81÷87.
- Klimpel A. „Napawanie i natryskiwanie cieplne. Technologie” Warszawa: WNT, 2000, s. 339÷365.
- Nowakowski Ł., Wijas M. "The evaluation of the process of surface regeneration after laser cladding and face milling". *22th International Conference, Engineering Mechanics (2016)*, s. 644÷647.
- Ozimina D., Kowalczyk J., Madej M. "The impact of biodegradable cutting fluid on the tribological properties of the friction pairs". *Tribologia*. T. 1 (2016): s. 69÷80.
- Wijas M., Nowakowski Ł. „Frezowanie powierzchni napawanych laserowo”. *Mechanik*. Nr 8-9 (2015): CD (*IX Konferencja Szkoły Obróbki Skrawaniem*), s. 320÷328. ■