



Lasery stopowanie stali narzędziowej do pracy na gorąco proszkiem ceramicznym NbC

W. Banaś^a, K. Labisz^b

^a Student Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny

^b Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny,
Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Zakład Technologii Procesów
Materiałowych, Zarządzania i Technik Komputerowych w Materiałoznawstwie
email : krzysztof.labisz@polsl.pl

Streszczenie: Celem niniejszej pracy jest zbadanie struktury i własności stali do pracy na gorąco 32CrMoV12-28 stopowanej laserowo węglikiem tytanu i wykazanie, czy laserowa modyfikacja warstwy wierzchniej stali wpływa na poprawę mechanicznych i trybologicznych własności stali.

Abstract: This paper presents the results of remelting and alloying of the 32CrMoV12-28 hot work tool steel surface layer with NbC ceramic particles, using the high power diode laser (HPDL). Selection of laser operating conditions is discussed, beam face quality after remelting, as well as micro hardness tests and X-ray microanalysis results.

Słowa kluczowe: laser HPDL, stopowanie, przetapianie, proszek ceramiczny NbC, stal do pracy na gorąco,

1. WSTĘP

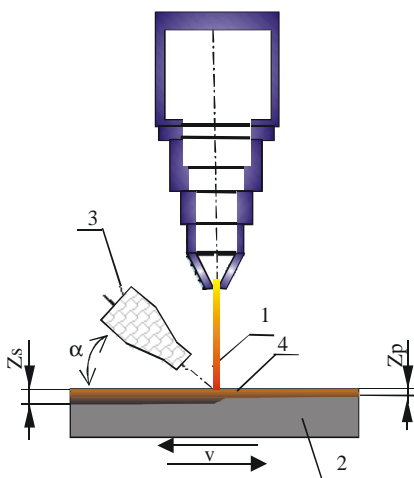
Stopowanie laserowe (Laser Surface Alloying – LSA) polega na wprowadzeniu do warstwy wierzchniej obrabianego przedmiotu pierwiastków stopowych (pochodzących np. z WC, VC, TaC) w czasie topienia powierzchni wiązką laserową. Po zakrzepnięciu tworzy się warstwa o odmiennym składzie chemicznym, strukturze i własnościach w porównaniu do materiału początkowego. W zależności od parametrów obróbki uzyskać można znaczne różnice w stanie końcowym materiału. Istnieje bardzo wiele metod kształtowania warstwy wierzchniej pod kątem jej późniejszego użycia. Obróbka laserowa jest stosunkowo nowym sposobem obrabiania powierzchni. Przetapianie powierzchni laserem powoduje lokalnie silne rozgrzanie się materiału i zmiany jego morfologii, a tym samym własności. Zmiany te są związane z parametrami lasera, jego energią, czasem trwania błysku oraz czasem przerw między błyskami. Obróbka ta jest stosowana w celu poprawy twardości przez wpływ na zmianę struktury oraz poprawę odporności na ścieranie, głównie w wyniku wprowadzenia cząstek węglików lub ceramicznych do osnowy materiału [1-5]. Celem niniejszej pracy jest

zbadanie wpływu kształtowania powierzchni stali narzędziowych stopowych do pracy na gorąco z wykorzystaniem lasera HPDL związanej ze stopowaniem proszkami węglików niobu lub tantalu, na własności.

2. METODYKA BADAŃ

Do badań użyta została stal stopową do pracy na gorąco 32CrMoV12-28, dostarczona w stanie wyżarzonym, o składzie chemicznym podanym w tablicy 1. Ze stali pobrano próbki w kształcie prostopadłościanów o wymiarach 70 x 25 x 5 mm.

Próbki poddano standardowej obróbce cieplnej polegającej na hartowaniu i dwukrotnym odpuszczaniu. Austenitizowanie przeprowadzono w piecu próżniowym w temperaturze 1040 °C, przy czasie wygrzewania 0,5h. Podczas podgrzewania do temperatury austenitizowania zastosowano dwa przystanki izotermiczne, pierwszy w temperaturze 585 °C oraz 850 °C. Po hartowaniu zastosowano dwukrotne odpuszczanie przez 2 h, w temperaturze 550 °C a następne w 510 °C. Po obróbce powierzchnie próbki poddano szlifowaniu i odtłuszczeniu, następnie na próbki nałożono proszek węgla niobu NbC, zmieszany ze szkłem sodowym w proporcji 30% lepiszcza i 70 % proszku. Nakładano powłokę w postaci pasty o grubości 0.5 mm. Na podstawie badań wstępnych stopowania z użyciem lasera dużej mocy HPDL Rofin DL 020 (rys. 1.) o długości fali promieniowania laserowego 940 nm ustalono, iż maksymalna prędkość, przy której proces przebiega stabilnie wynosi $v = 0,5$ m/min. Zastosowano moc wiązki laserowej w zakresie od 1,2 - 2,3 kW.



Rysunek 1. a) Schemat procesu laserowego stopowania materiałów: 1 - wiązka laserowa; 2 - próbka; 3 – nadmuch gazu ochronnego, 4 – materiał stopujący, Z_s - grubość warstwy stopowanej; Z_p - grubość nanoszonej powłoki stopującej; v - prędkość posuwu wiązki lasera, b) laser HPDL Rofin DL 020

Tablica 1.

Skład chemiczny badanej stali narzędziowej do pracy na gorąco

Stężenie masowe pierwiastków w stali, %								
Gatunek stali	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V
32CrMoV12-28	0,308	0,25	0,37	0,02	0,002	2,95	2,70	5,35

Na powierzchni próbki wykonano cztery ściegi przetopienia (rys. 2), odpowiednio o mocach 1,2; 1,6; 2,0; 2,3 kW. Podczas przetapiania zastosowano osłonę w postaci nadmuchu argonu o natężeniu przepływu gazu 20 l/min przez dyszę skierowaną przeciwnie do kierunku przetapiania. Inne parametry procesu przedstawiona w tablicy 2. Skład fazowy badanych próbek, przedstawiony na rys. 5, określono na dyfraktometrze rentgenowskim DRON 2.0. W celu przeprowadzenia pomiarów twardości, posłużono się metodą pomiaru twardości Rockwella.

Tablica 2.

Dane techniczne lasera HPDL Rofin DL 020 oraz parametry stopowania laserowego

Parametr	Wartość			
Długość fali promieniowania laserowego, nm	940 ± 5			
Zakres płynnej regulacji mocy, W	100 + 2300			
Maksymalna moc wyjściowa wiązki laserowej [W]	2500			
Stosowana moc lasera [kW]	1,2	1,6	2,0	2,3
Długość ogniska wiązki laserowej mm	82 /32			
Szybkość przetapiania [m/min]	0,5			
Zakres gęstości mocy w płaszczyźnie ogniska wiązki laserowej[kW/cm ²]	0.8 ÷ 36.5			
Wymiary ogniska wiązki laserowej, mm	1,8 x 6,8 /1,8 x 3,8			
Natężenie przepływu gazu l/min	20			

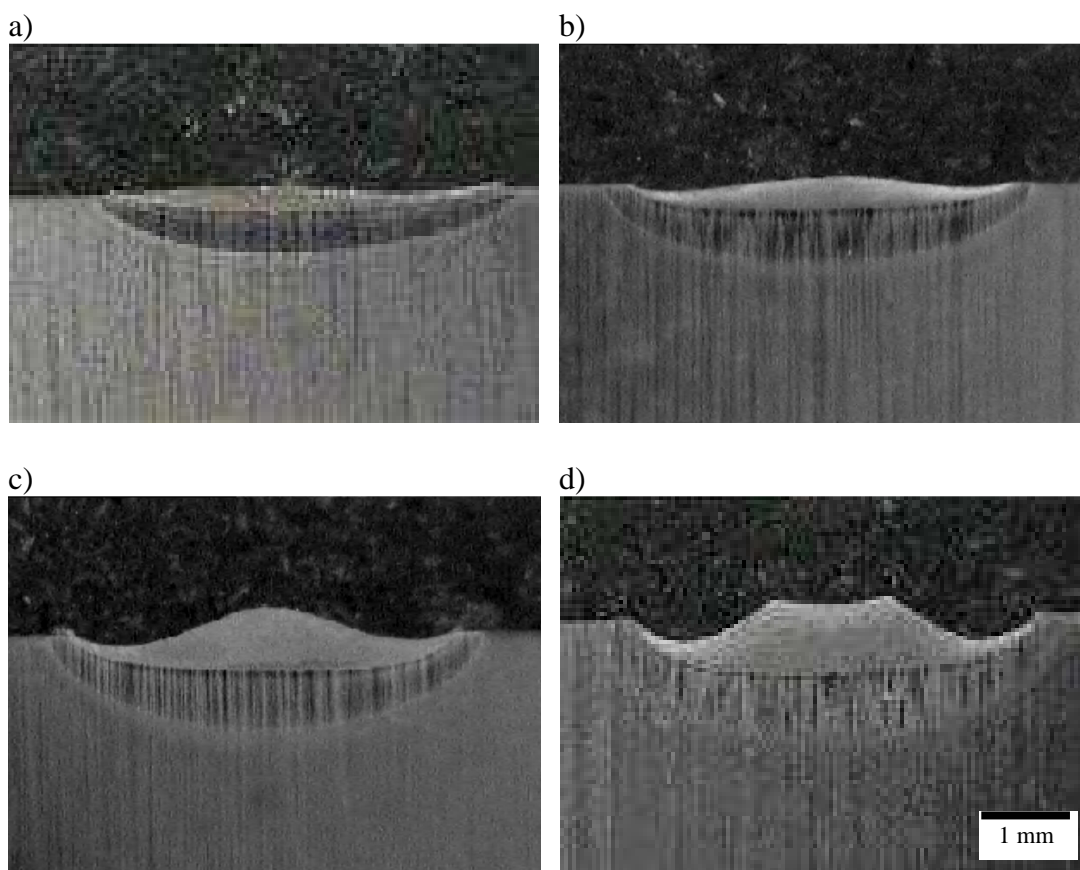


Rysunek 2. Kształt i głębokość ściegu przetopienia stali na przekroju poprzecznym próbki stali 32CrMoV12-28 z użyciem cząstek węgla NbC, 4 ściegi o mocach 1,2; 1,6; 2,0; 2,3 kW

3. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Wstępne badania polegające na stopowaniu stali do pracy na gorąco 32CrMoV12-28 wskazują na wyraźną zależność mocy lasera odpowiednio 1,2; 1,6; 2,0 oraz 2,3 kW na kształt i głębokość łożyska przetopienia. Stwierdzono, że wzrost mocy lasera powoduje wyraźny spadek chropowatości łożyska. Wzrost chropowatości związany jest ze zwiększeniem absorpcji energii wiązki laserowej przez obrabiany materiał w szczególności zaś przez dodawany proszek ceramiczny NbC. Wzrost absorpcji energii powoduje tym samym zwiększenie intensywności procesu przetapiania warstwy wierzchniej stali.

Badana stal wykazuje w stanie zmięczonym strukturę ferrytyczną z węglkami jednorodnie rozmieszczonymi w osnowie. Przewidzianą hartowność tych stali uzyskano przy odpowiednio długim czasie austenitowania, który zapewnia rozpuszczenie się większości węglków stopowych w austenicie.



Rysunek 3. Kształt i głębokość łożyska przetopienia stali na przekroju poprzecznym próbki stali 32CrMoV12-28 z użyciem cząstek węgla NbC a) przekrój poprzeczny próbki, przetapianie z mocą 1,2 kW, b) przekrój poprzeczny próbki, przetapianie z mocą 1,6 kW, c) przekrój poprzeczny próbki, przetapianie z mocą 2,0 kW, d) przekrój poprzeczny próbki, przetapianie z mocą 2,3 kW

Zauważono, że głębokość przetopienia wzrasta wraz ze zwiększeniem mocy lasera, co potwierdzają wyniki przedstawione na rys. 3a do 3d. Można stwierdzić, iż różnica głębokości przetopienia pomiędzy mocą 2,3 kW jest ok. 100 % większa niż w wypadku mocy 1,2 kW. W tablicy 3 przedstawiono wyniki badań twardości warstwy wierzchniej badanych stali po przetopieniu laserem dużej mocy HPDL z użyciem węglików NbC.

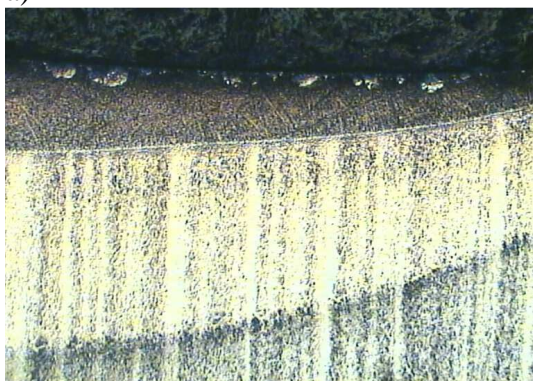
Badania metalograficzne wykonane na mikroskopie elektronowym skaningowym stwierdzają, że struktura materiału krzepnącego po przetopieniu laserowym charakteryzuje jest zróżnicowana. Struktura jest zależna od szybkości krzepnięcia badanych stali. W obszarach, które znajdują się na granicy fazy stałej i ciekłej stwierdzono występowanie struktury o dużych dendrytach rys. 4. oraz obecność węgla niobu NbC.

Tablica. 3.

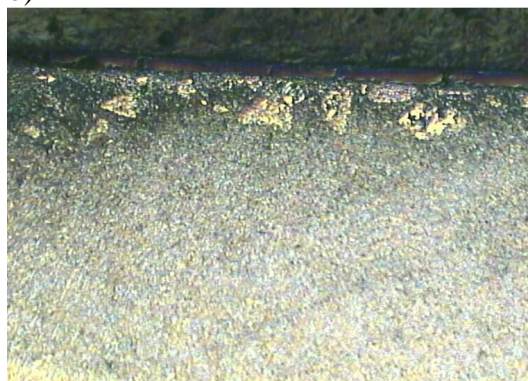
Statystyka opisowa przeprowadzonych badań twardości dla przetopionej warstwy stali 32CrMoV12-28

Obliczenia statystyczne				
Moc lasera, kW	1,2	1,6	2,0	2,3
Średnia, HRC	55	57	59	60
Odchylenie standardowe	0,66	0,76	0,63	0,57

a)



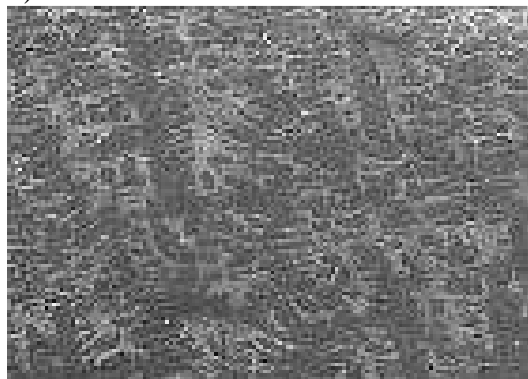
b)



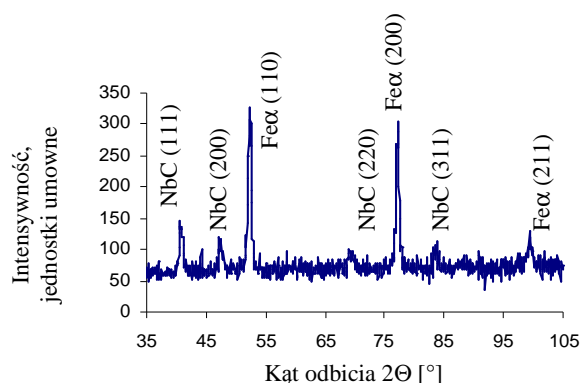
c)



d)



Rysunek 4. Struktura ściegu przetopienia stali na przekroju poprzecznym próbki stali 32CrMoV12-28 z użyciem cząstek węgla niobu NbC, a) strefy w warstwie wierzchniej b), węgliki w strefie przetopionej, c) struktura dendrytyczna na granicy fazy stałej i materiału przetopionego d) struktura dendrytyczna w strefie przetopionej



Rysunek 5. Dyfraktogram rentgenowski stali stopowanej proszkiem ceramicznym NbC

4. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania pozwoliły na stwierdzenie, że w wyniku obróbki cieplnej oraz przetopienia stali narzędziowej 32CrMoV12-28 proszkiem NbC możliwe jest uzyskanie wysokiej jakości warstwy wierzchniej bez pęknięć i wad oraz twardości znacznie wyższej od metalu podłoża. Przeprowadzone stopowanie ze stałą prędkością wynoszącą 215 mm/min pozwala także wykazać wpływ parametrów stopowania laserem diodowym dużej mocy HPDL, na własności i strukturę stali narzędziowych. Wraz ze wzrostem mocy lasera, głębokość przetopienia wzrasta oraz wraz ze wzrostem mocy lasera przetopienie lica jest bardziej regularne, mniej chropowate i bardziej płaskie. Badania metalograficzne na mikroskopie skaningowym z wykorzystaniem przystawki EDX oraz przy użyciu dyfraktometru rentgenowskiego potwierdzają występowanie węgla niobu. Stwierdzono obecność niobu w warstwie przetopionej głównie w postaci konglomeratów.

LITERATURA

1. L.A. Dobrzański: Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo Materiały inżynierskie z podstawami projektowania materiałowego. WNT, Warszawa – 2002
2. L.A. Dobrzański, K. Labisz, M. Piec, A. Klimpel, Modelling of surface layer of the 32CrMoV12-28 tool steel using HPDL laser for alloying with TiC powder, Worldwide Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, Vol. 24 (2007) s. 27-34
3. B. Kosec, M. Brezigar, G. Kosec, J. Bernetič, M. Bizjak, Heat treatment of cold formed steel forgings for the automotive industry, Worldwide Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, Vol. 22 (2007) s.87-90
4. L.A. Dobrzański, K. Labisz, M. Piec, A. Klimpel, A. Lisiecki, Influence of vanadium carbide ceramic powder on structure and properties of hot work tool steel alloyed with HPDL laser, Proceedings of the 2nd International Conference on “Manufacturing Engineering” ICMEN 2005, Kassandra-Chalkidiki-Greece, 2005, s.185-191