

Mgr inż. Zygmunt GARCZYŃSKI, mgr inż. Andrzej KARPIUK,  
dr inż. Stanisław ZIÓŁKIEWICZ  
Instytut Obróbki Plastycznej, Poznań

## **Badania wpływu obróbki laserowej i azotowania na własności warstwy wierzchniej próbek ze stali WCL**

*Investigation of the influence of laser treatment and nitriding  
on the surface layer of WCL steel samples*

### **Streszczenie**

W artykule przedstawiono wyniki badań trwałości narzędzi kuźniczych prowadzonych w Instytucie Obróbki Plastycznej. Określono wpływ wzajemnego oddziaływania laserowej obróbki cieplnej i azotowania jonowego na powierzchnię stali WCL obrobionej konwencjonalnie. Przedstawiono rozkłady mikrotwardości, obserwacje mikroskopowe, chropowatość powierzchni oraz badania zużycia ściernego.

### **Abstract**

*The paper presents the results of forging tool life investigations carried on by the Metal Forming Institute. The influence of the interaction of laser heat treatment and ion nitriding on the conventionally treated WCL steel surface has been determined. Microhardness distribution, microscopic observations, surface roughness and abrasive wear investigation have been presented.*

**Słowa kluczowe:** laserowa obróbka cieplna, azotowanie jonowe, trwałość narzędzi

**Key words:** laser heat treatment, ion nitriding, tool life

## **WSTĘP**

Przy wytwarzaniu dokładnych odkuwek matrycowych na gorąco udział kosztów narzędzi stanowi istotny czynnik i może osiągnąć 15-30% wartości odkuwki. Przyczyną tego jest szybkie zużywanie się narzędzi, wynikające z niekorzystnych warunków pracy: wysokiej temperatury materiału obrabianego, pozostałości zgorzeli, niedokładności pokrycia powierzchni roboczych smarem oraz uderowego charakteru pracy maszyn kuźniczych.

W Instytucie Obróbki Plastycznej od kilku lat prowadzone są badania nad zastosowaniem nowych technologii wytwarzania narzędzi kuźniczych. Celem tych badań jest podniesienie trwałości narzędzi w czasie eksploatacji, co ma wpływ na obniżenie kosztów odkuwek produkowanych w dużych seriach. Obecnie prowadzone są prace nad wykorzystaniem wiązki

lasera w obróbce cieplnej narzędzi kuźniczych. W artykule omówiono wyniki badań przeprowadzonych w latach 2004-2005.

## **1. CEL BADAŃ**

Celem badań była ocena własności powierzchni obrobionych wiązką lasera oraz po obróbce laserowej z azotowaniem jonowym.

## **2. PRZYGOTOWANIE PRÓBEK I ZAKRES BADAŃ**

Do badań przyjęto stal narzędziową stopową do pracy na gorąco WCL w postaci płytki o wymiarach 152,6x152,6x10, o twardości 48-56HRC. Powierzchnię płytki hartowano laserowo przy różnych parametrach mocy

i prędkości przemieszczenia wiązki. Dzięki temu uzyskano strefy bez przetopienia oraz strefy z przetopieniem warstwy wierzchniej. Hartowanie laserowe wykonano za pomocą lasera diodowego HPDL ROFIN DL 020 w Katedrze Spawalnictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Dane techniczne lasera przedstawiono w tabelicy 1.

Tablica 1. Dane techniczne lasera diodowego  
Table 1. Technical data of the diode laser

Długość fali promieniowania laserowego	808 [nm] $\pm$ 5 [nm]
Maksymalna moc wyjściowa wiązki laserowej (promieniowanie ciągłe)	2500 [W]
Zakres płynnej regulacji mocy	100 – 2500 [W]
Długość ogniskowa wiązki laserowej	82 [mm] / 32 [mm]
Wymiary ogniska wiązki laserowej	1,8 x 6,8 [mm] / 1,8 x x 3,8 [mm]
Zakres gęstości mocy wiązki laserowej	0,8-36,5 [kW/cm <sup>2</sup> ]

Hartowanie laserowe wykonano stosując 16 różnych parametrów mocy wiązki lasera. Do dalszych badań przyjęto dwa warianty obróbki laserowej:

- moc wyjściowa wiązki 1000 W, liniowa prędkość przemieszczenia 200 mm/min odpowiadająca hartowaniu z przetopieniem.
- moc wyjściowa wiązki 400 W, liniowa prędkość przemieszczenia 200 mm/min odpowiadająca hartowaniu bez przetopienia.

Zakres badań obejmował:

- pomiary mikrotwardości HV z pomocą twardościomierza MICROMET 2104,
- obserwacje mikroskopowe na mikroskopie świetlnym NEOPHOT 2,
- pomiary chropowatości przeprowadzone na profilografie firmy Mitutoyo SJ-201P,
- określenie zużycia ściernego wykonane na maszynie badawczej – MBT-01.

Oceniono łączne działania procesów laserowej obróbki cieplnej i azotowania. Analizowano dwa warianty: hartowanie przed azotowaniem jonowym i hartowanie po azotowaniu jonowym. W obu przypadkach azotowanie jonowe prowadzono w temperaturze 520°C w czasie 10 godz.

### 3. WYNIKI BADAŃ

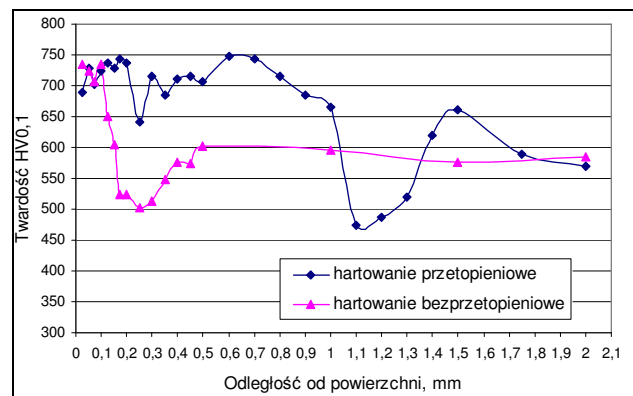
#### 3.1. Pomiary mikrotwardości

Na rysunku 1 porównano rozkłady twardości w warstwie wierzchniej próbek pobranych z narzędzi badawczych, hartowanych laserowo przetopieniowo i bezprzetopieniowo.

W wyniku obróbki laserem nastąpił wzrost twardości warstw przypowierzchniowych o 100-150 HV w porównaniu z obszarami, które nie były poddane obróbce laserem.

Twardość warstw przypowierzchniowych (na głębokości ok. 0,1mm) wynosi odpowiednio po:

- hartowaniu przetopieniowym ok. 710 HV,
- hartowaniu bezprzetopieniowym ok. 720 HV.

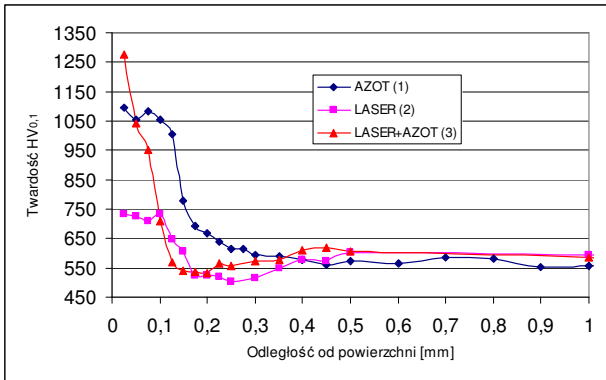


Rys. 1. Porównanie rozkładu twardości próbek hartowanych przetopieniowo i bezprzetopieniowo

Fig. 1. Comparison of hardness distribution of samples hardened with penetration and without penetration

Stwierdzono, że kolejność zabiegów obróbki hartowania laserowego i azotowania powierzchni wpływa zasadniczo na własności warstwy wierzchniej. Na rysunku 2 pokazano rozkłady twardości w warstwie wierzchniej poddanej różnym rodzajom obróbki.

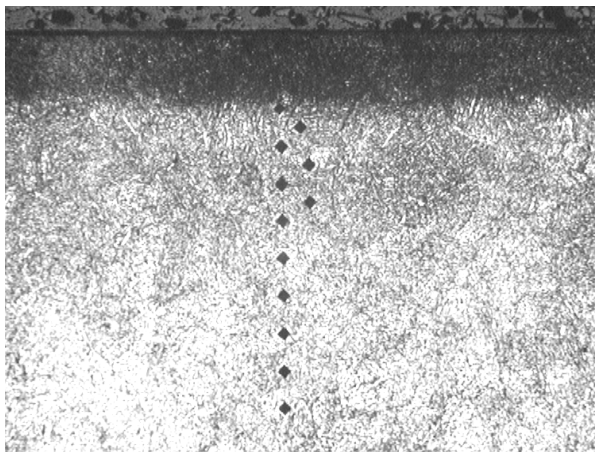
Największą twardość ok. 1270 HV<sub>0,1</sub> wykazała próbka hartowana laserowo i azotowana (3). Niższą twardość próbka azotowana (1) – ok. 1100 HV<sub>0,1</sub>. Po operacji hartowania laserowego powierzchni (2) uzyskano twardość na poziomie 720 HV<sub>0,1</sub>.



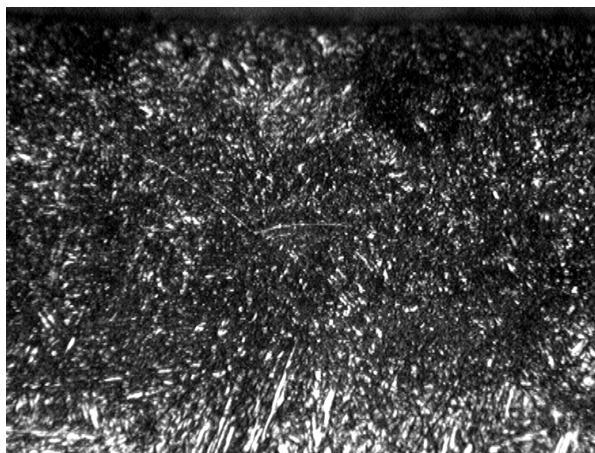
Rys. 2. Porównanie rozkładu twardości dla różnych wariantów obróbki powierzchni (moc wiązki lasera 400 W, posuw liniowy 200 mm/min – hartowanie bezprzetopieniowe)

Fig. 2. Comparison of hardness distribution for different variants of surface treatment (laser beam power 400 W, linear travel 200 mm/min – hardening without penetration)

WCL hartowana bezprzetopieniowo i azotowana jonowo



a) Pow. 100x



b) Pow. 500x

Rys. 3. Struktury próbek azotowanych przed i po obróbce laserowej

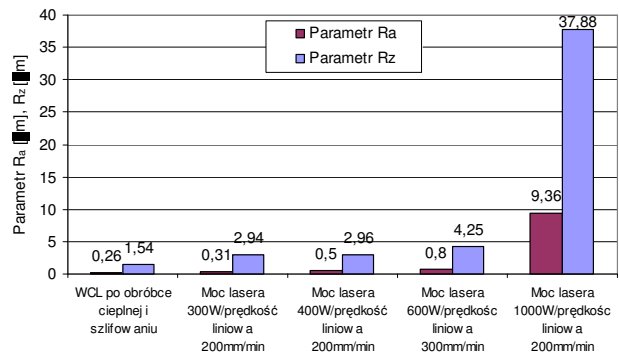
Fig. 3. Structures of nitrated samples before and after laser treatment

### 3.2. Obserwacje mikroskopowe

Na rysunku 3 przedstawiono struktury warstw poddanych azotowaniu jonowemu przed i po obróbce laserowej. Próbkę azotowaną po hartowaniu laserowym (rys. 3a, b) posiada drobnoigalstą jednorodną strukturę warstwy azotowanej.

### 3.3. Pomiary chropowatości

Pomiary chropowatości wskazują, że laserowa obróbka powierzchni powoduje pogorszenie gładkości w stosunku do powierzchni wyjściowej ( $R_a$  0,26  $\mu\text{m}$ ). Najmniejszy wpływ na strukturę geometryczną powierzchni ma hartowanie laserowe bezprzetopieniowe (od  $R_a$  0,31  $\mu\text{m}$  do  $R_a$  0,80  $\mu\text{m}$ ), natomiast w obróbce z przetopieniem warstwy wierzchniej parametr chropowatości  $R_a$  wzrasta do 9,36  $\mu\text{m}$  (rys. 4).



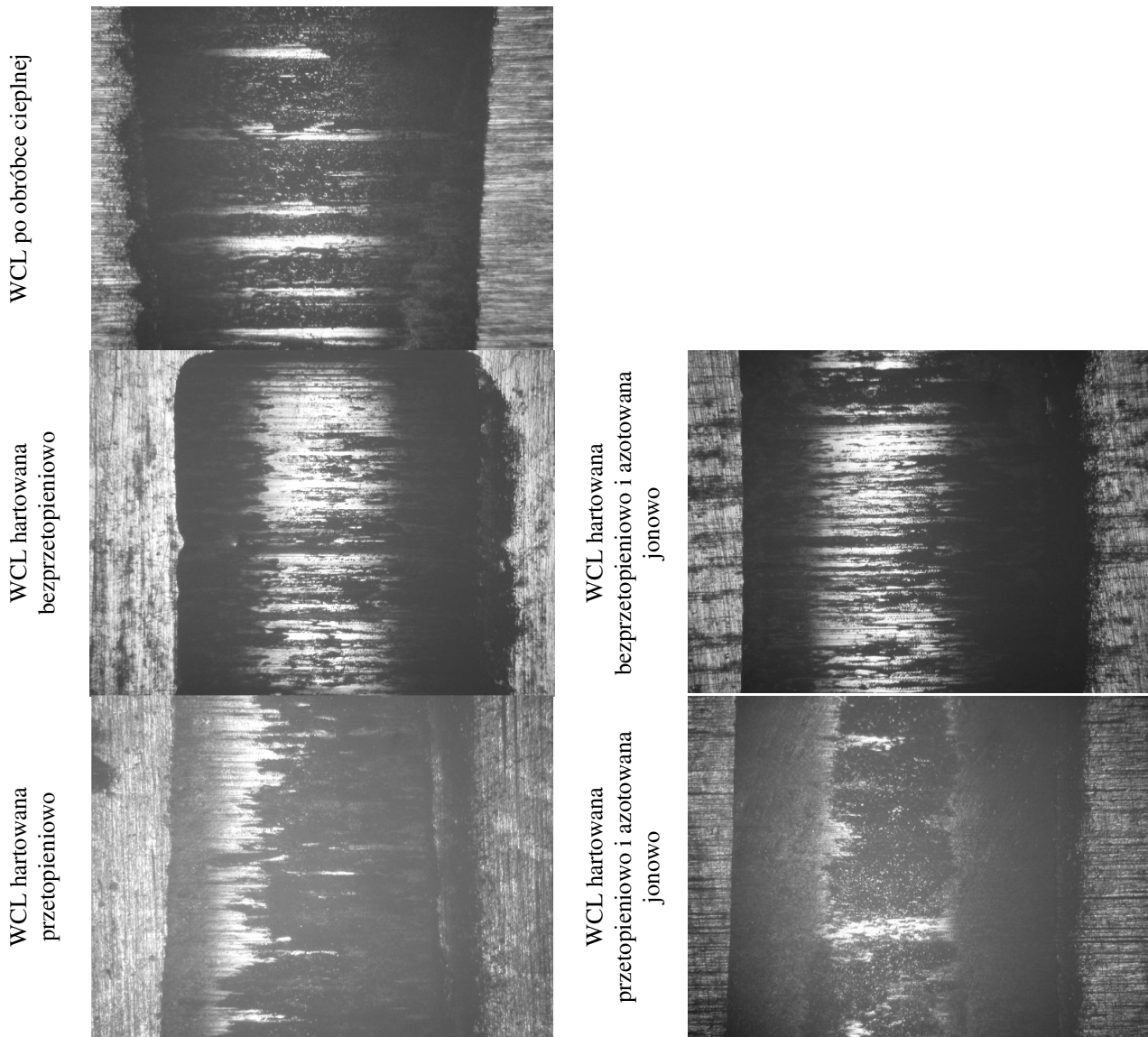
Rys. 4. Parametry  $R_a$  i  $R_z$  po hartowaniu wiązką lasera przy różnej prędkości liniowej przemieszczenia

Fig. 4.  $R_a$  and  $R_z$  parameters after hardening with a laser beam at various linear travel speeds

### 3.4. Badania zużycia ściernego

Badania zużycia ściernego próbek prowadzono w temperaturze otoczenia przy obciążeniu siłą 38,3 N dla stałego okresu 300 000 cykli, bez smarowania. Na rys. 5 pokazano ślady zużycia próbek po badaniu odporności na ścieranie.



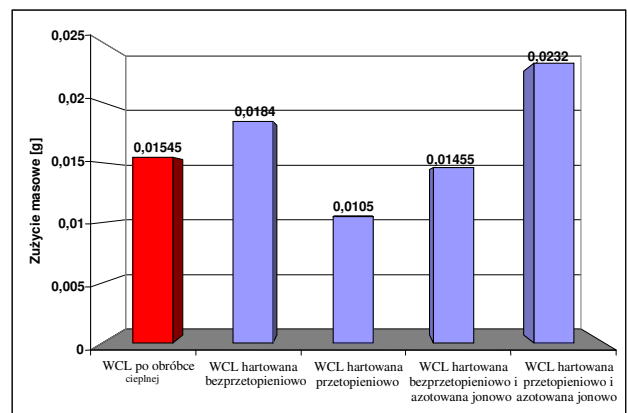


Rys. 5. Ślady zużycia powierzchni po próbach ścieralności

Fig. 5. Traces of the surface wear after abrasion tests

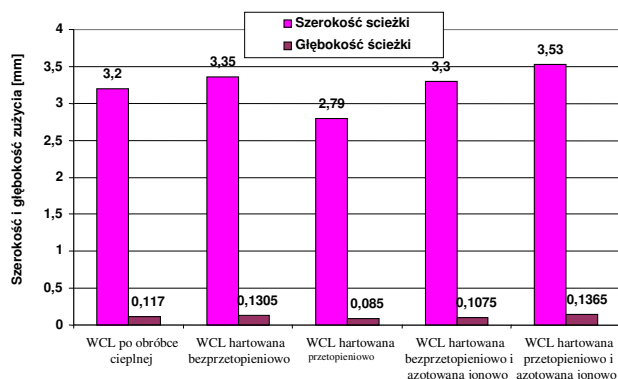
Na rys. 6 przedstawiono wyniki badań zużycia masowego uzyskane w próbie ścieralności a na rys. 7 zmienną szerokość i głębokość ścieżki zużycia próbek dla różnych wariantów technologicznego przygotowania powierzchni stali WCL po tradycyjnej obróbce cieplnej.

Największą odporność na ścieranie, czyli najmniejszy ubytek masy oraz najmniejszą szerokość (2,79 mm) i głębokość (0,085 mm) ścieżki zużycia obserwowano na powierzchni hartowanej przetopieniowo (moc wiązki lasera 1000 W). Stwierdzono wzrost odporności na ścieranie ok. 32%.



Rys. 6. Zużycie masowe dla różnych wariantów obróbki laserowej

Fig. 6. Mass wear for different laser treatment variants



Rys. 7. Zmienna szerokości i głębokości zużycia próbek dla różnych wariantów przygotowania powierzchni

*Fig. 7. Variable sample wear width and depth for various surface preparation methods*

Próbka hartowana bezprzetopieniowo i azotowana jonowo wykazała ok. 6% wzrost odporności. Szerokość i głębokość ścieżki zużycia dla tej próbki wyniosła odpowiednio 3,3 i 0,1075 mm. Próbka hartowana bezprzetopieniowo o mocy lasera 400 W ma mniejszą odporność na ścieranie o ok. 19%. Szerokość i głębokość ścieżki zużycia próbki wyniosła odpowiednio 3,35 i 0,1305 mm.

Warstwa próbki hartowanej laserowo (przetopieniowo) i azotowanej, wykazała bardzo małą odporność na ścieranie. Dla tej próbki szerokość i głębokość ścieżki zużycia wyniosła 3,53 i 0,1365 mm.

## WNIOSKI

Badania wykazały, że:

1. Laserowa obróbka cieplna podwyższa mikrotwardość warstw przypowierzchniowych w porównaniu z obszarami, które nie były poddane obróbce laserem.
2. Laserowa obróbka cieplna pogarsza chropowatość powierzchni obrabianych oraz powoduje odkształcenia cieplne.
3. Najwyższą odporność na zużycie ściernie stwierdzono na powierzchni stali WCL hartowanej laserowo – przetopieniowo (przy mocy wiązki lasera 1000 W).

## LITERATURA

- [1] Sprawozdanie końcowe pt. „Metody wytwarzania i regeneracji narzędzi do obróbki plastycznej o podwyższonej trwałości oraz narzędzi dla serii prototypowych i produkcji małoseryjnej”. Praca nr BO 901.75, INOP 2005
- [2] Sprawozdanie końcowe pt. „Badania nowych metod wytwarzania i regeneracji narzędzi do obróbki plastycznej, celem podwyższenia trwałości i obniżenia kosztów wytwarzania narzędzi dla serii prototypowych i produkcji małoseryjnej.”– Praca nr BO.901.60, INOP 2004