

**OCENA MIKROSTRUKTURY W ASPEKCIE WŁAŚCIWOŚCI
EKSPLOATACYJNYCH WALCÓW HUTNICZYCH**A. PIREK¹, Z. STRADOMSKI², S. STACHURA³^{1,2,3} Instytut Inżynierii Materiałowej Politechniki Częstochowskiej
42-200 Częstochowa, al. Armii Krajowej 19**STRESZCZENIE**

Przedmiotem badań była analiza mechanizmu zużycia wysokowęglowego staliwa stosowanego na walce hutnicze. Materiał badawczy pobrano z walców hutniczych, obrobionych cieplnie, o zróżnicowanej zawartości węgla (w ramach gatunku G200CrMoNi4-3-3). Badania przeprowadzone metodą „Rolka-Klocek” w warunkach suchego tarcia pozwoliły na ocenę odporności na zużycie materiału. Przeprowadzona analiza metalograficzna, stereologiczna i fraktograficzna pozwoliły na określenie mechanizmów zużycia trybologicznego staliwa.

Key words: high carbon cast steel, heat treatment, wear

1. WPROWADZENIE

Odporność na zużycie ścierny walców podnosi się przez zwiększanie ilości twardych węglików w strukturze, stąd skład chemiczny staliwa jest jedną z podstawowych charakterystyk. Zawartość węgla i pierwiastków węglilotwórczych staliwa G200CrMoNi4-3-3 jest tak dobrana, by procesy segregacyjne towarzyszące krzepnięciu, spowodowały w resztkowej fazie ciekłej rozmieszczonej w przestrzeniach międzydendrytycznych oraz przy granicach krzepnących ziaren austenitu, wzbogacenie w węgiel i pierwiastki węglilotwórcze do zawartości wystarczającej dla powstania ledeburytu a w czasie stygnięcia po krzepnięciu wydzielanie cementytu wtórnego [1,2]. W efekcie staliwo G200CrMoNi4-3-3 po krzepnięciu posiada dużą ilość cementytu

¹ mgr inż., pireka@mim.pcz.czyst.pl

² dr hab. inż. prof. P. Cz., zbigniew@mim.pcz.czyst.pl

³ prof. dr hab. inż.

rozmieśczonego w postaci siatki w strukturze. Ponieważ siatka cementytu podnosi odporność na zużycie ściernie, parametry obróbki cieplnej walców są tak dobrane, by rozmieszczenie cementytu powstałego w czasie i po krzepnięciu zostało „odziedziczone” przez strukturę wtórną, powstałą w czasie obróbki cieplnej. Pozytywny wpływ zwiększonej grubości siatki węglików pierwotnych, korzystny ze względu na odporność na zużycie, stwarza duże problemy technologiczne związane ze wzrostem skłonności odlewów do pęknięć „na gorąco” [3].

Celem badań była analiza wpływu składu chemicznego staliwa G200CrMoNi4-3-3 (L200HNM) na mikrostrukturę i właściwości użytkowe. Badano wpływ zmiennej zawartości węgla w ramach gatunku staliwa (zgodną z PN-90/H-83161). Do badań wybrano staliwo z walców o minimalnej i maksymalnej zawartości węgla i porównywalnych zawartościach pierwiastków węglilotwórczych. Odporność na zużycie staliwa badano określając ubytek masy próbki w suchym kontakcie ślizgowym oraz analizując mechanizm zużycia.

2. MATERIAŁ DO BADAŃ

Materiałem do badań było staliwo pobrane z masywnych, 5-cio do 12-tonowych, monolitycznych odlewów walców hutniczych, wyżarzonych normalizująco i odpuszczonych. Walce ze staliwa G200CrMoNi4-3-3 w zabiegu wyżarzania normalizującego austenitują się w temperaturze znacznie niższej od A_{cm} , wskutek czego struktura staliwa złożona jest z drobno płytkowego perlitu, drobnych globularnych węglików wtórnych oraz węglików pierwotnych, powstałych w czasie i po krzepnięciu odlewu. Te ostatnie rozmieszczone są w postaci siatki cementytu wtórnego i ledeburytu, jak i płytek w układzie Widmannstättena.

Skład chemiczny staliwa pobranego z trzech walców przedstawiono w tabeli 1

Tabela 1. Skład chemiczny badanego staliwa
Table 1. The chemical composition of steel examined

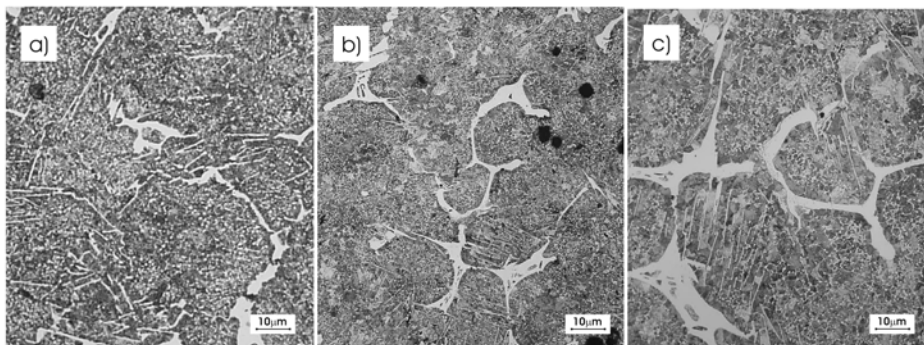
% masowy	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo
PN-90/H-83161	1,90	0,50	0,50	Max	max	0,90	0,50	0,20
	2,10	0,80	0,80	0,040	0,030	1,20	0,80	0,35
walec 130	1,90	0,58	0,42	0,028	0,007	1,15	0,58	0,37
walec 214	2,12	0,72	0,55	0,017	0,005	1,13	0,74	0,40
walec 207	2,20*	0,59	0,53	0,019	0,006	1,11	0,65	0,40

* zawartość C podwyższona

2. WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Zróznicowane zawartości węgla w staliwie walców po jednakowej temperaturze austenitacji powoduje pozostanie w strukturze różnej ilości węglików pierwotnych w postaci siatki cementytu wtórnego, ledeburytu oraz płytek w układzie Widmannstättena. Siatka węglików pierwotnych pozostała ze struktury surowego odlewu, pokazana

na rys 1, znacznie twardsza od perlitycznej osnowy, istotnie zwiększa odporność na zużycie staliwa. Badanie udziałów objętościowych węglików pierwotnych przeprowadzono za pomocą oprogramowania do analizy obrazu Image-Pro Plus wersja 3.0. Wyniki zestawiono w tabeli 2 i przedstawiono na rys 1.



Rys. 1. Mikrostruktura staliwa o osnowie perlitycznej i siatce węglików pierwotnych walec a) 130 b) 214 c) 207

Fig. 1. The microstructure of L200HNM cast steel roll a) 130 b) 214 c) 207

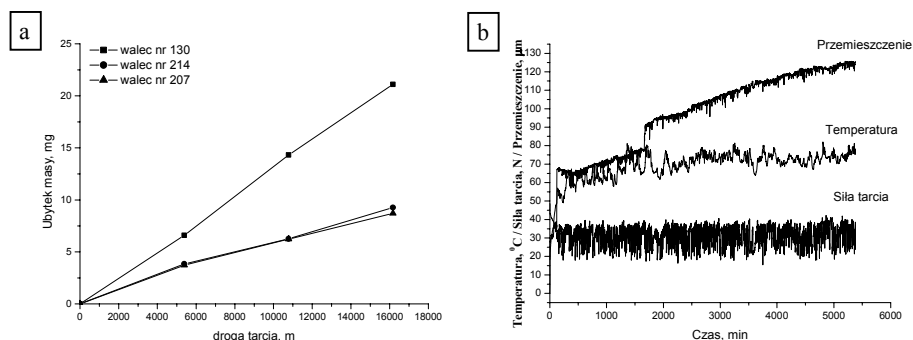
Widoczne jest, że wraz ze wzrostem zawartości węgla zwiększa się udział objętościowy węglików pierwotnych. Większemu udziałowi objętościowemu węglików pierwotnych towarzyszy wzrost twardości staliwa. Walec oznaczony 130 posiadał najniższą twardość 293 HB i najmniejszy udział objętościowym węglików pierwotnych, natomiast walec 207 o największej zawartości węgla wykazywał najwyższą twardość wynoszącą 312 HB i największą zawartością węglików pierwotnych wynoszącą 22,6%.

Tabela 2. Wyniki badań udziału objętościowego węglików pierwotnych i pomiary twardości
Table 2. Volume fracture primary carbides and Brinell hardness of high carbon cast steel

parametr		Oznaczenie walca								
		130			214			207		
twardość	HB	293	296	290	292	303	302	299	325	
śr. twardość		293			305			312		
V_V	%	9,7			20,2			22,6		

Do oceny odporności na zużycie ścierny wykorzystano tester T-05 typu „Rolka-Klocek”. Badania przeprowadzono w styku ślizgowym suchym, w warunkach kontaktu metal-metal, przy stałym obciążeniu 53N, prędkości obrotowej 545 obr/min, średnicy rolki 35 mm i jej twardości ~62 HRC. Podstawową wielkością przyjętą w badaniach były ubytki masy próbek ważonych z dokładnością 0,00001 g, po określonym czasie tarcia, którego jednostkowy cykl ustalono na 90 min. Miarą odporności na ścieranie były ubytki masy zestawione na rys.2 a i w tabeli 3. Układ pomiarowy testera

umożliwia także pomiar siły tarcia (N), głębokości śladu wytarcia (μm) oraz temperatury ($^{\circ}\text{C}$) co przedstawiono na rysunku 2 b.



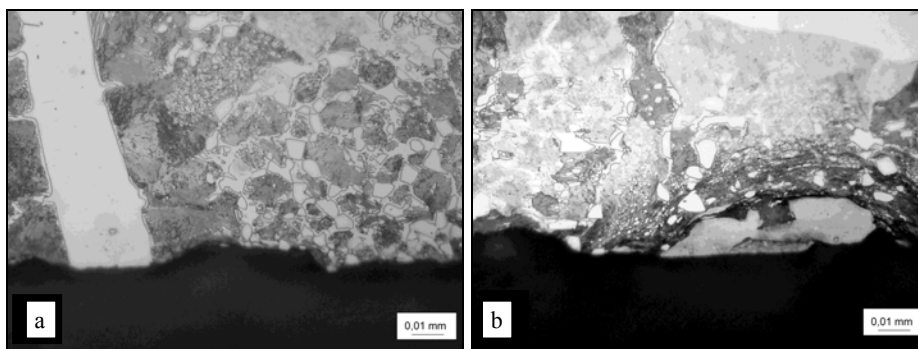
Rys. 2. a) Wykres zależności ubytku masy próbek od drogi tarcia, b)wyniki próby ścierania
Fig. 2. The Results of cast steel unit wear of L200HNM cast steel

Wyniki odporności na zużycie ściernie wskazują, że wzrostowi o 132 % węglików pierwotnych towarzyszy wzrost odporności na ścieranie o 58% co oznacza, że w obrębie jednego gatunku staliwa można uzyskać znaczne różnice właściwości użytkowych. Spostrzeżenia te potwierdzają również dane eksploatacyjne wykazujące większą żywotność walców ze staliwa o wyższej zawartości węgla. Dane użytkowników walców wskazują na konieczność wytwarzania ich ze staliwa w górnych granicach zawartości węgla i pierwiastków węglkotwórczych. Przestrzeganie tego zalecenia nie pociąga za sobą skutków ekonomicznych, ponieważ nie wymaga zmian w technologii wytwarzania.

Tabela 3. Wyniki zużycia jednostkowego w suchym kontakcie ślizgowym
Table 3. Results of cast steel unit wear

czas		Ubytek masy, mg		
		walec nr 130	walec nr 214	walec nr 207
90	min	6,597	3,853	3,716
180	min	14,317	6,263	6,233
270	min	21,107	9,26	8,703

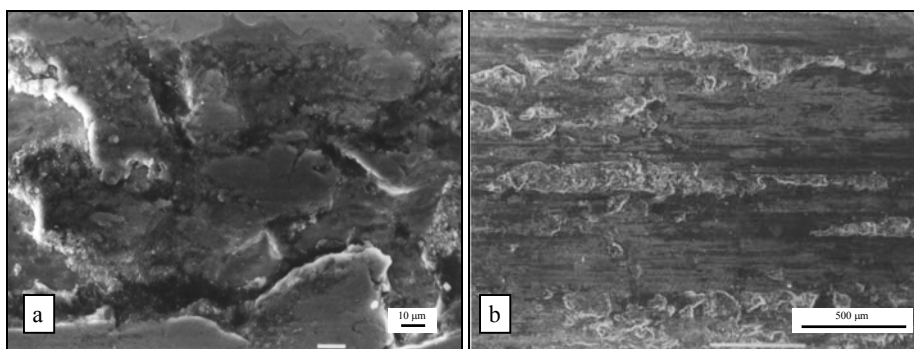
Mechanizm zużycia ściernego badano na zglądach wykonanych prostopadle do powierzchni ścieranej, natomiast powierzchnie zużycia na mikroskopie skaningowym JEOL JSM 5400. Wyniki zestawiono na rysunkach 3 i 4.



Rys. 3. Mikrostruktura przekroju powierzchni wytarcia staliwa G200CrMoNi4-3-3, trawiona nitałem

Fig. 3. Microstructure of the abrasion surface cross-section of the G200CrMoNi4-3-3 cast steel, nital etching

Obserwacje mikrostruktury powierzchni prostopadłej do powierzchni wytarcia ujawniły, że gruba siatka węglików pierwotnych tworzy szkielet hamujący proces ścierania powierzchni staliwa. Siatka węglików pierwotnych przeciwstawia się wycieraniu, któremu ulega osnowa perlityczna. Po znacznym wytarciu otaczającej osnowy następuje pęknięcie wystających węglików pierwotnych, wywołane znacznymi naprężeniami ścinającymi oraz wylupywaniem fragmentów cementytu, który jako produkt zużycia w węzle tribologicznym przyczynia się do rysowania i mikroskrawania. Rysunek 4a przedstawia zużytą powierzchnię z wytartą osnową perlityczną i wystającymi węglnikami pierwotnymi, natomiast rysunek 4b powierzchnię zniszczoną mikromechanizmem skrawania.



Rys. 4. Powierzchnia wytarcia po teście ścierania staliwa G200CrMoNi4-3-3

Fig. 4. The abrasion surface after a wear test of the G200CrMoNi4-3-3 cast steel

5. STWIERDZENIA I WNIOSKI

Uzyskane wyniki badań laboratoryjnych jak i dane z eksploatacji walców ze staliwa G200CrMoNi4-3-3 pozwalają na sformułowanie stwierdzeń i spostrzeżeń:

Zawartość węgla w badanym gatunku staliwa wpływa silnie na odporność na zużycie. Górna, dopuszczalna lub nieznacznie zwiększona zawartość węgla, przyczynia się do zwiększenia udziału objętościowego siatki cementytu wtórnego i ledeburytu, powstałej w czasie i po krzepnięciu staliwa i pozostałej w strukturze staliwa obrobionego cieplnie. W staliwie o zawartości węgla 1,90% udział objętościowy wynosi 9,7%, a w staliwie zawierającym 2,20% węgla aż 22,6 %; Górna dopuszczalna dla staliwa zawartość węgla ~ 2,10 %, podnosi odporność na zużycie o około 60 % w stosunku do staliwa zawierającego dolną dopuszczalną zawartość węgla 1,90 %.

Występuje współzależność między mikrostrukturą a mechanizmem zużycia. Siatka cementytu i ledeburytu odgrywa rolę twardego szkieletu zwiększającego odporność na zużycie. W procesie niszczenia następuje wycieranie osnowy między węglkowym „szkieletem”; gdy głębokość wytarcia osiąga krytyczną wielkość, następuje pęknięcie kruchej wystającej „szkieletu”. Twarde oderwane fragmenty cementytu powodują zużycie mechanizmem skrawania. Przytoczony mechanizm wymaga jednak weryfikacji na powierzchni zużytych walców.

LITERATURA

- [1] S. Stachura, T. Borek, J. Jańczyk: *Badanie staliwa wysokowęglowego, stopowego na walce hutnicze*, Zeszyty Naukowe AGH, nr 1163, z. 111, Kraków 1987
- [2] Stradomski Z., Stachura S., Pirek A., Chmielowiec P.: *The affect of the amount of primary carbides on the wear resistance of the G200CrMoNi4-6-3cast steel*. Inżynieria Materiałowa, maj-czerwiec 2004, Nr 3, str. XX-XXIII
- [3] Fraś E.: *Krystalizacja metali*, WNT, Warszawa 2003.

POSSIBILITY OF MICROSTRUCTURE MODIFICATION IN THE ASPECT OF EXPLOATATION PROPERTIES OF ROLLS

SUMMARY

The analysis of abrasive wear mechanism of the high carbon cast steel which is used for metallurgical rolls was shown in this work. The investigated material was taken from the heat treated rolls which had varied carbon and alloying elements contents. The investigations, which were done using a "roll-block" method in the in the dry friction conditions, allowed for the estimation of the material wearing. The metallographic, stereological, and fractographical analysis were done. It allowed for studying of the tribological wear mechanisms of the investigated cast steel.

Recenzował: Prof. Zbigniew Konopka