

Henryk BĄKOWSKI

WPLYW PARAMETRÓW EKSPLOATACYJNYCH NA WYBRANE CECHY GEOMETRYCZNE PŁATKOWYCH PRODUKTÓW ZUŻYCIA STALI SZYNOWEJ 900A

Streszczenie. W ramach pracy przeprowadzono ilościową ocenę wybranych cech geometrycznych płatkowych produktów zużycia stali szynowej 900A powstałych w czasie badań trybologicznych na stanowisku Amslera.

EXPLOITATION FACTORS INFLUENCE ON SELECTED GEOMETRICAL CHARACTERISTIC OF WEAR DEBRIS OF 900A RAIL STEEL

Summary. Investigations of the quantitative measurement of wear debris of 900A rail steel obtained in the roller-roller system on the Amsler stand have been carried out.

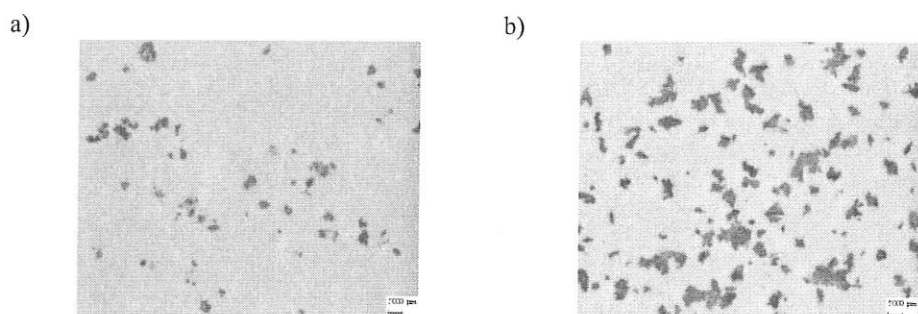
1. WPROWADZENIE

W dobie wzrastającego zainteresowania metodami wczesnego wykrywania i określania uszkodzeń, ilościowy opis geometrii płatkowych produktów zużycia ułatwia prognozowanie trwałości układu koło-szyna. Stały wzrost poziomu jakości produkowanych szyn pozwala na bezpieczną i szybką podróż koleją. Metody metalografii ilościowej [1], analiza chemiczna oraz badania mechaniczne pozwalają na ocenę formy i charakteru zużycia. Badania laboratoryjne prowadzone na maszynie do oceny zużycia typu Amsler w układzie rolka-rolka umożliwiają określenie zmian w warstwie wierzchniej badanego materiału zachodzących w wyniku oddziaływania naprężeń stycznych i normalnych, bez konieczności długotrwałej i kosztownej obserwacji obiektu w warunkach eksploatacyjnych. W niniejszej pracy została przedstawiona metodyka ilościowej analizy geometrii produktów zużycia powstałych w styku toczno-ślizgowym na stanowisku Amslera.

2. MATERIAŁ I URZĄDZENIA STOSOWANE W BADANIACH

W pracy badano produkty zużycia stali perlitycznej gatunku 900A po i bez obróbki cieplnej o składzie chemicznym i własnościach mechanicznych podanych w normie UIC 860 [2], do produkcji szyn kolejowych typu UIC 60. W czasie badań wyznaczono wagowe ubytki masy i wykonano obserwacje powierzchni próbek, a także gromadzono produkty zużycia.

Obrazy produktów zużycia rejestrowano za pomocą kamery przemysłowej sprzężonej z komputerem, mikroskopu świetlnego OLYMPUS oraz mikroskopu skaningowego. Pomiar realizowano przy użyciu programu Met-Ilo [3], uzyskane wyniki obrobiono programem Statistica. Przykładowe obrazy produktów zużycia przedstawiono na rys. 1.



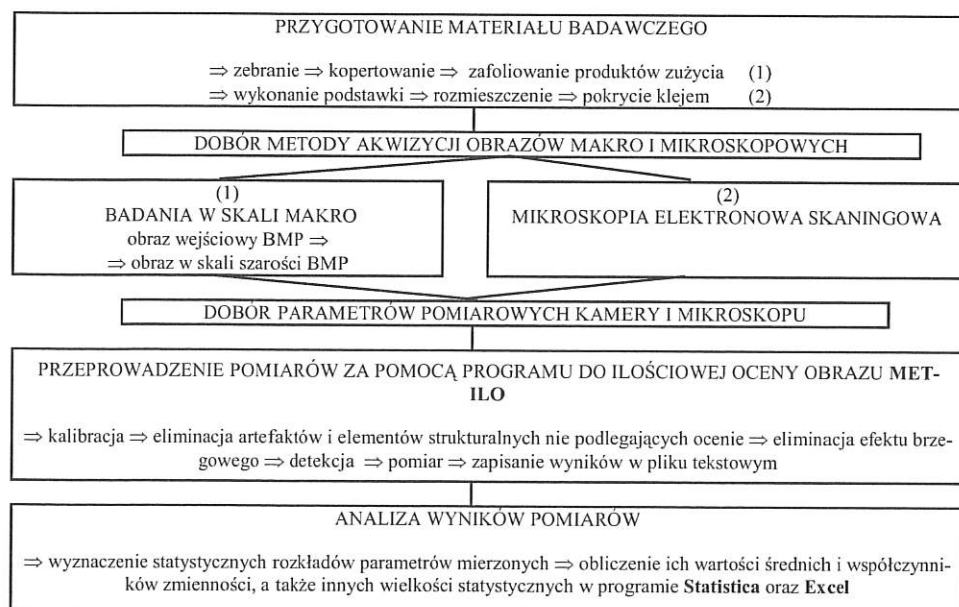
Rys. 1. Analizowane produkty zużycia stali szynowej: a) po obróbce cieplnej, b) bez obróbki cieplnej
Fig. 1. Wear debris of rail steel, a) with heat treatment, b) without heat treatment

Podczas każdego pomiaru stosowano jednakowe oświetlenie, aby uzyskać powtarzalność warunków badania. Aby przeprowadzana analiza była poprawna należy ograniczyć możliwość zachodzenia cząstek na siebie.

3. PRZEBIEG BADAŃ

Badania stali szynowej były prowadzone zgodnie z poliselekcyjnym D-optymalnym planem cząstkowym (zwanym planem Hartley'a) zakładającym 11 punktów pomiarowych dla trzech czynników sterowanych. Za czynniki sterowane przyjęto obciążenie (Q), poślizg (γ) oraz prędkość (n) w styku koło/szyna.

Schemat postępowania przy ocenie geometrii badanych produktów zużycia został przedstawiony na rysunku 2. Efektem analizy ilościowej jest zestaw wartości oraz wykresów opisujących wybrane cechy badanego obiektu.



Rys. 2. Schemat postępowania przy ilościowej statystycznej ocenie produktów zużycia [4,5]

Fig. 2. Scheme of quantitative statistitic estimation of wear debris [4,5]

4. WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

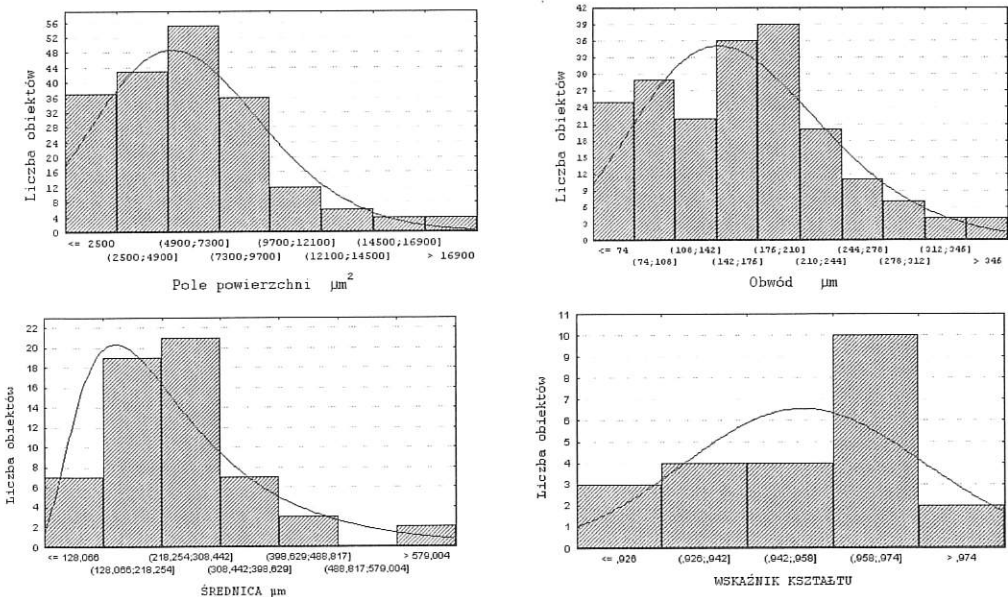
Wybrane parametry eksploatacyjne stanowiska typu Amsler oraz parametry geometryczne produktów zużycia przedstawione zostały w tabl. 1.

Tablica 1

Wyniki ilościowej oceny wybranych cech geometrycznych produktów zużycia w zależności od parametrów eksploatacyjnych

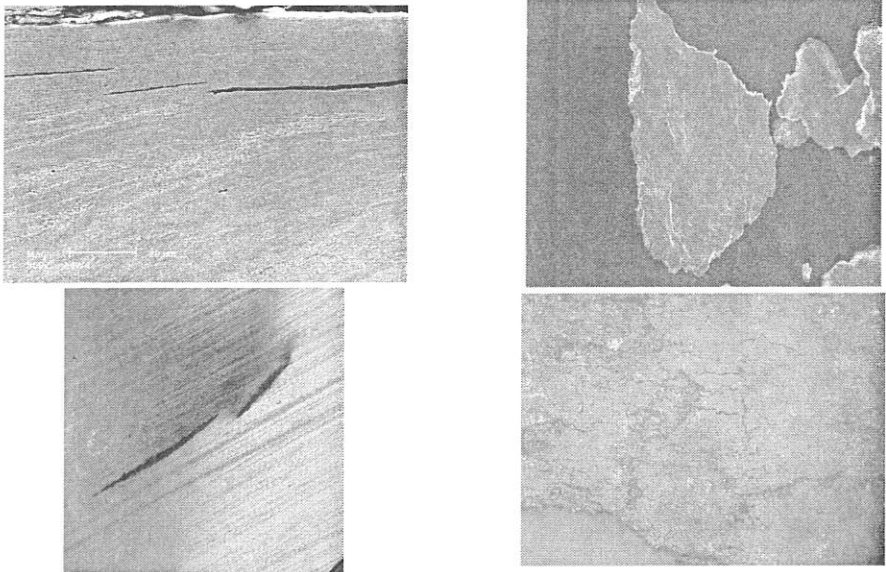
Nr próby	Czynniki sterowane w skali unormow.			Czynniki sterowane w skali rzecz.			Wyniki pomiarów					
	$\bar{Q}$	γ	n	Q [N]	γ [%]	n [obr/min]	$\bar{d}$ [μm]	σ_d [μm]	A [μm^2]	σ_A [μm^2]	L [μm]	σ_L [μm]
01	-1	-1	1	500	0,3	300	179	75	42949	33304	529	274
02	1	-1	-1	2000	0,3	100	183	43	47118	17975	604	159
03	-1	1	-1	500	5,0	100	119	23	20123	9330	329	85
04	1	1	1	2000	5,0	300	149	52	32577	22215	440	184
05	-1	0	0	500	2,0	200	134	23	28124	10208	402	84
06	1	0	0	2000	2,0	200	153	50	42272	23254	481	193
07	0	-1	0	1000	0,3	200	173	67	56084	27483	610	254
08	0	1	0	1000	5,0	200	118	47	27661	15509	352	162
09	0	0	-1	1000	2,0	100	129	40	27403	19657	381	148
10	0	0	1	1000	2,0	300	204	66	66848	17587	669	249
11	0	0	0	1000	2,0	200	145	36	38938	20573	450	140

Rozkłady cech geometrycznych analizowanych produktów zużycia wykazują cechy rozkładu logarytmno-normalnego (rys. 3).



Rys. 3. Przykładowy histogram rozkładu średnicy ($\bar{d}$), pola (A) i obwodu (L) płatkowych produktów zużycia Q=500 N i $\gamma=5\%$, przy l=7687 m

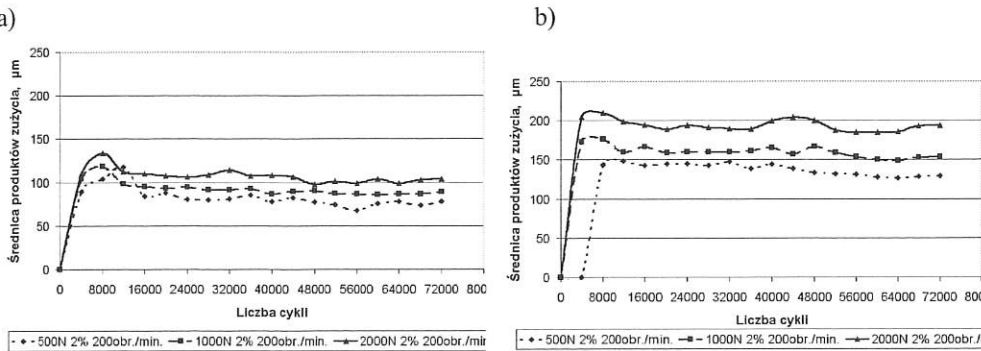
Fig. 3. Histogram of diameter of wear debris Q=500 N i $\gamma=5\%$, przy l=7687 m

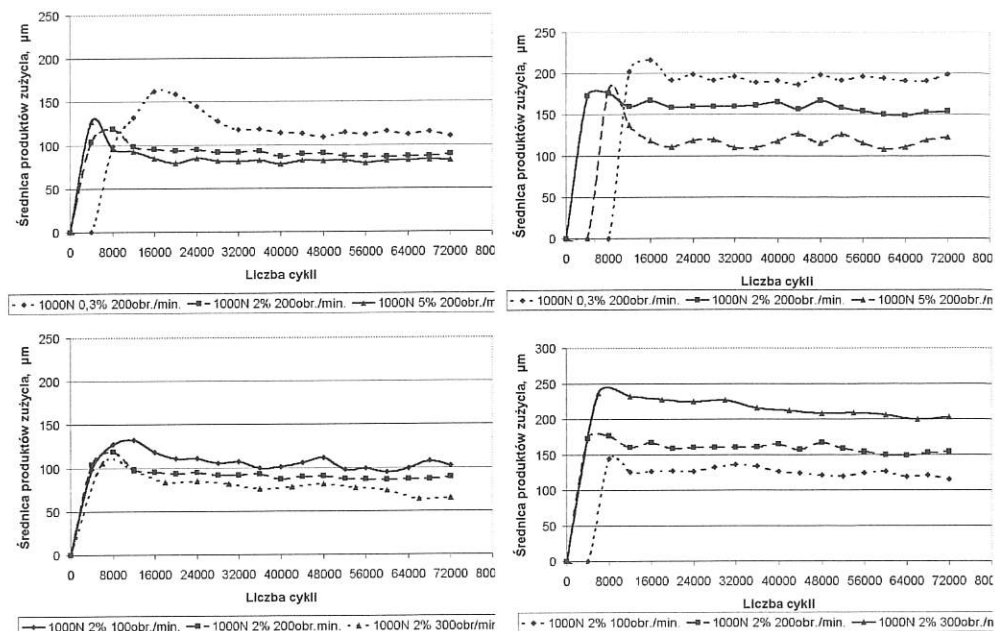


Rys. 4. Warstwa wierzchnia próbki ze stali szynowej oraz otrzymane produkty zużycia; Q = 1000 N, $\gamma = 0,3 \%$, n=200 obr/min, Pow. x100, x500
Fig. 4. Surface layer of specimen made from rail steel and obtained wear debris; Q = 1000 N, $\gamma = 0,3 \%$, n=200rev/min, Magn. x100, x500

Na rys. 4 przedstawiono odkształconą warstwę wierzchnią z licznymi podpowierzchniowymi pęknięciami. Grubość cząstek zużycia określona na podstawie pomiarów zainkludowanych produktów zużycia wynosiła około 21 μm . Odpowiada to głębokości pęknięć podpowierzchniowych pojawiających się warstwie wierzchniej.

W wyniku przeprowadzonych pomiarów średnicy płatkowych produktów zużycia za pomocą programu Met-Ilo określono zależność pomiędzy parametrami eksploatacyjnymi (rys. 5).





Rys. 5. Zależność średnicy produktów zużycia od liczby cykli przy wzrastającym obciążeniu oraz poślizgu a) po obróbce cieplnej, b) bez obróbki cieplnej

Fig. 5. Diameter of wear debris versus number of cycle for loading, sliding and speed roller increase a) with heat treatment, b) without heat treatment

Średnica produktów zużycia zależy od intensywności oraz charakteru zużycia wynikających z warunków eksploatacyjnych.

Wraz ze wzrostem obciążenia punkt największego wyężenia materiału przesuwa się w głąb materiału i pęknięcia inicjowane są głębiej. Prowadzi to do zwiększenia wielkości produktów [6]. W przypadku wzrostu prędkości, warstwa wierzchnia mniej się zużywa i ulega umocnieniu, co z biegiem czasu prowadzi do odrywania się płatkowych produktów o większej średnicy. Zwiększanie poślizgu podczas badań prowadzi do wzrostu siły stycznej. Powstające produkty są wtedy drobniejsze ze względu na ich rozwalcowywanie i rozciąganie.

Stwierdzono, że wraz ze wzrostem obciążenia od 500 N do 2000 N wzrasta średnia średnica cząstek od 150 μm do około 220 μm . Podobny wpływ wywiera prędkość obrotowa, gdyż wraz z jej wzrostem od 100 do 300 obr./min wzrasta średnica produktów zużycia.

5. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych ilościowych badań metalograficznych produktów zużycia stali szynowej R260 stwierdzono, że:

1. Produkty zużycia w styku toczno-ślizgowym powstałe w czasie badań na stanowisku Amslera mają postać płatków. Ich morfologia zależy od parametrów eksploatacyjnych.
2. Pomiary wybranych cech geometrycznych płatkowych produktów zużycia, przeprowadzone za pomocą programu Met-Ilo, umożliwiają określenie wpływu poszczególnych pa-

rametrów eksploatacyjnych na intensywność i charakter zużycia jako procesu powierzchniowego łuszczenia badanego materiału. Pozwala to na szybką identyfikację procesu zużycia i ocenę stopnia zużycia systemu tribologicznego.

3. Wraz ze wzrostem obciążenia oraz prędkości zwiększają się wymiary analizowanych cząstek. Zwiększenie poślizgu prowadzi natomiast do ich rozdrobnienia. Czas trwania próby nie wpływa istotnie na morfologię produktów zużycia.
4. Stan obróbki cieplnej wpływa na cechy stereologiczne płatkowych produktów zużycia. Cząstki pochodzące ze stali bez obróbki cieplnej są większe niż te, które uzyskano w czasie badań ze stali po obróbce cieplnej.
5. Zastosowanie komputerowej analizy obrazu produktów zużycia umożliwia wprowadzenie kryteriów oceny zużycia uwzględniających cechy geometryczne cząstek zużycia w zależności od parametrów eksploatacyjnych.
6. W dalszych prowadzonych badaniach należy uwzględnić również inne właściwości charakterystyczne ułatwiające rozpoznanie danego typu cząstek np. barwa, połysk lub tekstura.

Literatura

1. Ryś J.: Stereologia materiałów. Wydawnictwo Fotobit-Design. Kraków 1995.
2. Kodeks UIC 860.
3. Instrukcja do programu Met-Ilo.
4. Wojnar L., Kurzydłowski K., Szala J.: Praktyka analizy obrazu. Wydawnictwo Polskiego Towarzystwa Stereologicznego. Kraków 2002.
5. Maliński M.: Weryfikacja hipotez statystycznych wspomagana komputerowo. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2004.
6. Suh S.: The delamination theory of wear. Wear nr 25, 1973.

Recenzent: Dr hab. inż. Janusz Szala

Praca wykonana w ramach BW-424/RT1/2005.