

## WPLYW RODZAJU OSNOWY I GRAFITU NA WLAŚCIWOŚCI TRYBOLOGICZNE ŻELIWA SZAREGO

F. BINCZYK<sup>1</sup>, G. ŚMIESZNY<sup>2</sup>, J. BZYMEK<sup>3</sup>, J. SITKO<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup> Katedra Technologii Stopów Metali i Kompozytów,  
Politechnika Śląska, ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice

<sup>4</sup> Katedra Zarządzania Jakością Procesów i Produktów, Politechnika Śląska, Zabrze,  
ul. Roosevelta 26, 41-800 Zabrze

### STRESZCZENIE

W pracy stwierdzono, że najwyższą odporność na zużycie ściernie w systemie trzpień-tarcza wykazują pary trybologiczne żeliwo szare (trzpień)-żeliwo szare stopowe (tarcza) o osnowie ausferytycznej po wyżarzaniu izotermicznym, zwłaszcza w 300°C. Najwyższe zużycie wykazują pary jednoimienne, a zwłaszcza żeliwo szare - żeliwo szare. Wprowadzono wskaźnik odporności na zużycie ściernie, wyrażający ilość energii wymaganej do zmniejszenia w wyniku ścierania jednostki masy badanego tworzywa.

*Key words: microstructure, grey cast iron, abrasive wear, coefficient of friction*

### 1. WSTĘP

Niszczenie i zużywanie się elementów maszyn i urządzeń w wyniku tarcia powoduje znaczne straty i obok zużycia korozyjnego jest czynnikiem najbardziej destrukcyjnym w gospodarce. Analizy dowodzą, że około 1/3 światowej energii jest zużywana na pokonanie sił tarcia. W silnikach samochodowych jest to około 41% energii [1]. Tak więc cel ograniczania tych strat jest w pełni uzasadniony. Cel ten można między innymi realizować poprzez dobór tworzywa i struktury współpracującej pary cieńszej oraz przez stosowanie różnego rodzaju smarów. Działania te zmierzają najczęściej do obniżania wartości współczynnika tarcia. Ubytek masy układu

---

<sup>1</sup> *prof. dr hab. inż.*, [binczyk@polsl.katowice.pl](mailto:binczyk@polsl.katowice.pl)

<sup>2</sup> *mgr inż.*

<sup>3</sup> *mgr inż.*

<sup>4</sup> *dr inż.*

trybologicznego powodowany jest działaniem wielu „mechanizmów charakterystycznych dla danego typu zużycia [2,3]. Są nimi najczęściej: mikroskrwanie i bruzdowanie (zużycie abrazyjne), szczepianie i zrywanie połączeń pomiędzy ścieranymi ciałami (zużycie adhezyjne), tryboutlenianie oraz erozja. Dominacja jednego lub kilku jednocześnie mechanizmów zużycia układu trybologicznego zależy głównie od warunków współpracy. Istotny wpływ wywiera również rodzaj tworzywa elementów stanowiących układ trybologiczny, a zwłaszcza struktura materiałów [4].

## 2. METODYKA BADAŃ

Do badań nad określeniem wpływu rodzaju osnowy metalowej oraz formy grafitu w żeliwie na jego odporność na ścieranie wytypowano następujące układy trybologiczne (trzępień/tarcza):

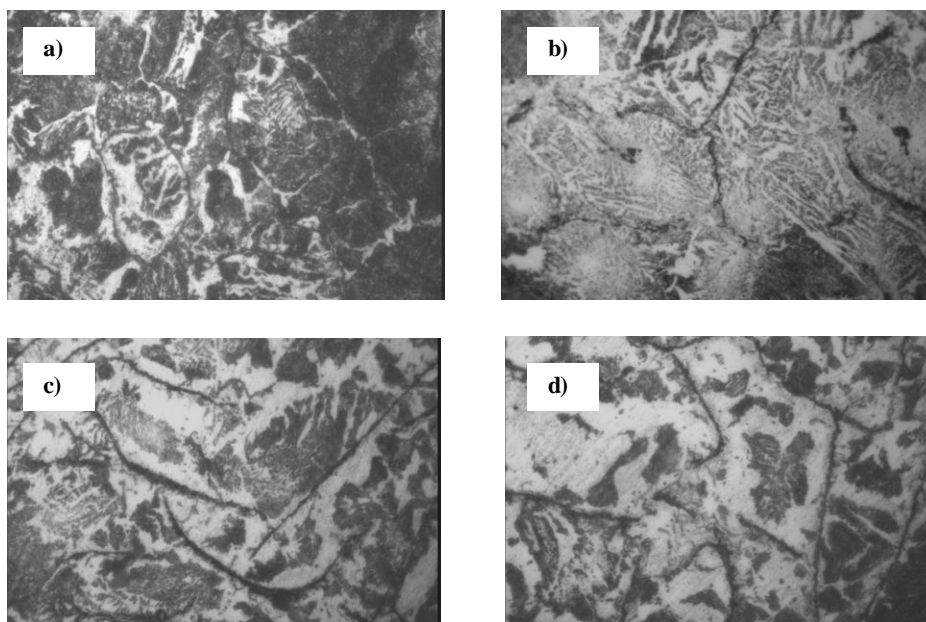
- żeliwo szare EN-GJL-200 – żeliwo szare EN-GJL-200,
- żeliwo szare EN-GJL-200 – żeliwo sferoidalne EN-GJS-500-7U,
- żeliwo sferoidalne EN-GJS-500-7U - żeliwo szare EN-GJL-200,
- żeliwo sferoidalne EN-GJS-500-7U - żeliwo sferoidalne EN-GJS-500-7U,
- silumin AK 20 - żeliwo szare EN-GJL-200,
- silumin AK 20 - żeliwo sferoidalne EN-GJS-500-7U,
- żeliwo szare EN-GJL-200 – żeliwo szare stopowe po wyżarzaniu izotermicznym.

Żeliwo szare stopowe, zawierające około 0,75% Ni i 0,28% Mo zostało wytopione w piecu indukcyjnym w „Technologie BUCZEK S.A. w Sosnowcu. Żeliwo to, w celu uzyskania osnowy ausferytycznej, poddano wyżarzaniu izotermicznemu w piecu oporowym typu „Carbolite” w następujących warunkach:

- austenitzacja w 950°C w czasie 5h,
- wyżarzanie izotermiczne w 250, 300, 350 i 400°C w czasie 2h z następnym chłodzeniem w powietrzu (odpowiednio żeliwo stopowe nr 1, 2, 3 i 4).

## 3. WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Mikrostruktury próbek po wyżarzaniu izotermicznym przedstawiono na rys. 1. W próbce wyżarzanej w 250°C obok ausferytu występuje jeszcze martenzyt. W próbkach nr 3 i 4 obok ausferytu występują bainit i perlit. Typową ausferytyczną osnowę uzyskano po wyżarzaniu izotermicznym w 300°C (żeliwo stopowe nr 3). Badania odporności na ścieranie prowadzono na testerze trybologicznym T-01M. Układ trybologiczny stanowiła próbka (trzępień) o średnicy 6mm i długości około 25mm oraz przeciwpróbka (tarcza) o średnicy 38mm i grubości 4mm. Badania zużycia prowadzono przy nacisku 0,7 MPa, prędkości obwodowej 0,6m/s oraz na drodze tarcia 2000m, w warunkach tarcia suchego.



Rys. 1. Mikrostruktura żeliwa szarego stopowego po wyżarzaniu izotermicznym: a) 250°C/2h , b) 300°C/2h, c) 350°C, d) 400°C/2h

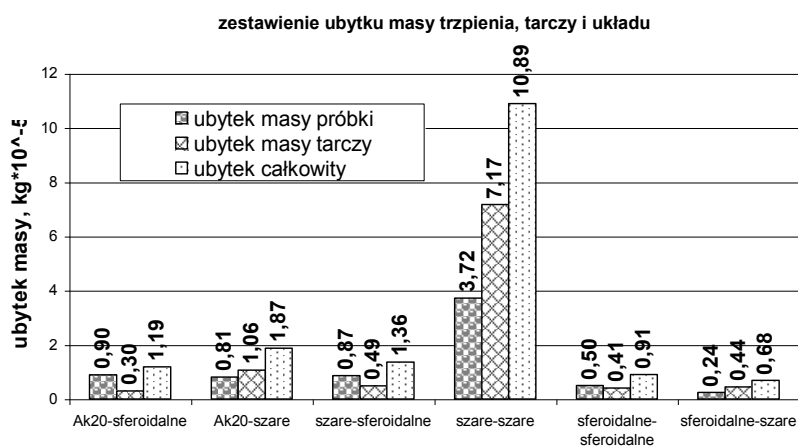
Fig.1. Microstructure of alloy cast iron after isothermal annealing: a) 250°C/2h , b) 300°C/2h, c) 350°C, d) 400°C/2h

Wyniki pomiarów zużycia poszczególnych układów trybologicznych zamieszczono na rys. 2 i 3.

Na podstawie zmierzonej średniej siły tarcia obliczono energię wprowadzoną do układu trybologicznego. Następnie wartość tak obliczonej energii odniesiono do sumarycznego zużycia próbki i przeciwpróbki. W ten sposób uzyskano wskaźnik odporności na zużycie, wyrażający ilość energii która w danym skojarzeniu jest wymagana do obniżenia jednostki masy układu. Wyniki tych obliczeń zamieszczono na rys. 4 i 5.

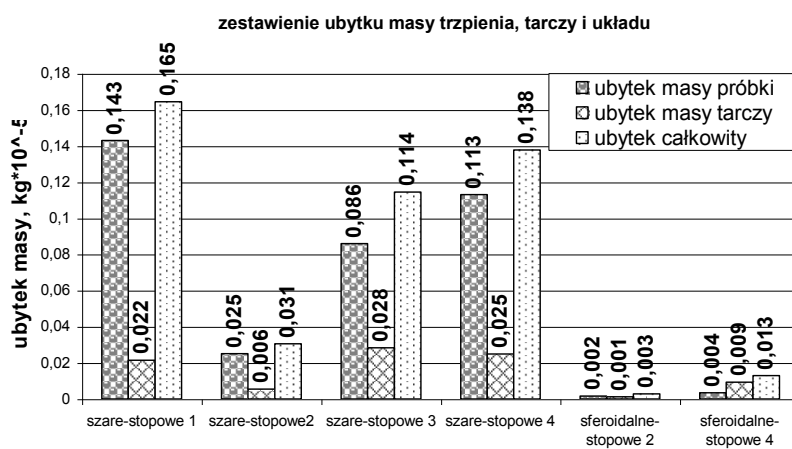
Z przeprowadzonych badań wynika, że największe zużycie wykazują jednoimienne pary cieme, a zwłaszcza żeliwo szare-żeliwo szare. Najniższą wartość zużycia dla żeliwa niestopowego stwierdzono w układzie żeliwo sferoidalne (trzpień) i żeliwo szare (tarcza). Wyniki te znalazły potwierdzenie w wartości wskaźnika odporności na zużycie (rys. 4). Najmniej energii należy dostarczyć do układu trybologicznego: żeliwo szare-żeliwo szare, aby obniżyć jego masę o 1kg. Najwięcej energii należy dostarczyć do układu: żeliwo sferoidalne- żeliwo-szare.

Zdecydowanie najniższą wartość zużycia wykazują skojarzenia żeliwo (trzpień) z żeliwem szarym stopowym po wyżarzaniu izotermicznym. W tym przypadku najlepsze wyniki uzyskano dla pary trybologicznej: żeliwo sferoidalne (trzpień) – żeliwo stopowe nr 2, które poddano wyżarzaniu izotermicznemu w 350°C.



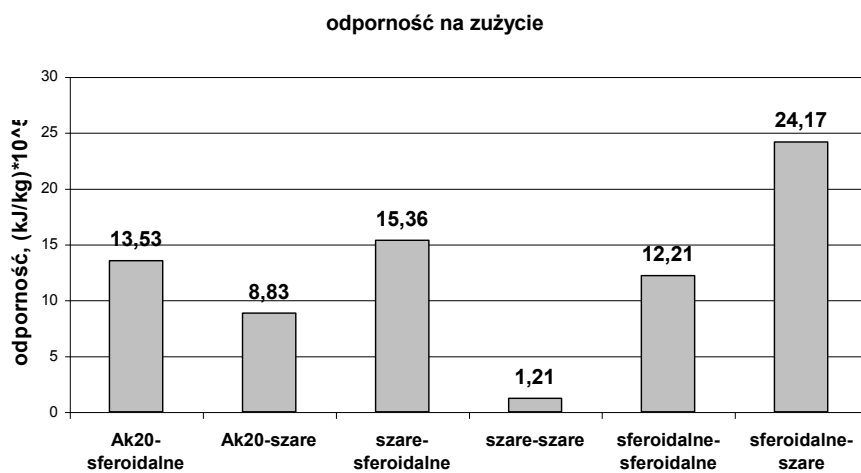
Rys. 2. Porównanie zużycia w układach trybologicznych: żeliwo szare-żeliwo sferoidalne-stop AK20

Fig. 2. Comparison of wear abrasive of tribological systems: grey cast iron-nodular cast iron-AK20 alloy



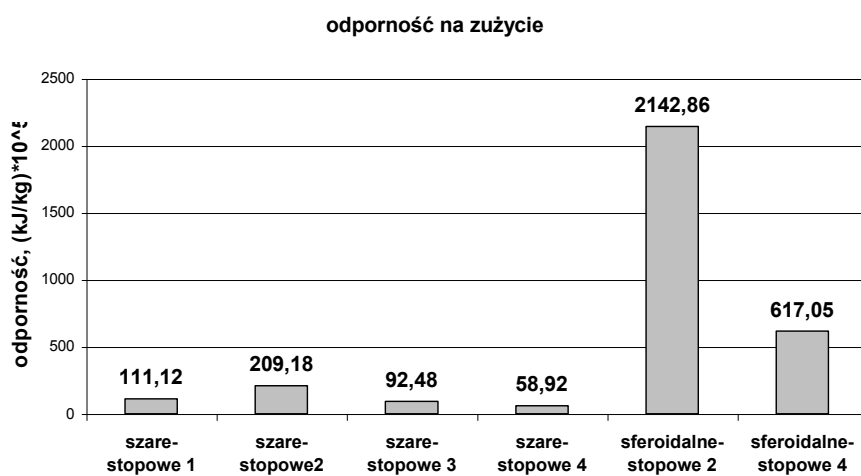
Rys. 3 Porównanie zużycia w układach trybologicznych: żeliwo szare-żeliwo stopowe po wyżarzeniu izotermicznym

Fig.3. Comparison of wear abrasive of tribological systems: grey cast iron-alloy cast iron after isothermal annealing



Rys. 4. Porównanie odporności na zużycie w układach trybologicznych: żeliwo szare-żeliwo sferoidalne-stop AL20

Fig. 4. Comparison of abrasion resistance of tribological systems: grey cast iron-nodular cast iron-AK20 alloy



Rys. 5. Porównanie odporności na zużycie w układach trybologicznych: żeliwo szare-żeliwo sferoidalne-żeliwo stopowe po wyżarzaniu izotermicznym

Fig. 5. Comparison of abrasion resistance of tribological systems: grey cast iron-nodular cast iron-alloy cast iron after isothermal annealing

Zarejestrowane ubytki masy w tych układach mieściły się w zasadzie błędzie pomiaru masy, którą wyznaczano z dokładnością do 0,00001g. Znacznie mniejsze wartości zużycia (w porównaniu do skojarzeń z rys.3) wykazały również pary trybologiczne: żeliwo szare (trzpień) – żeliwo szare stopowe, po wyżarzaniu izotermicznym. Uzyskane wyniki potwierdzają obliczenia wskaźnika odporności na zużyci (rys..5).

Największą wartość energii w celu obniżenia jednostki masy o 1kg, należy doprowadzić do układu trybologicznego: żeliwo sferoidalne(trzpień) – żeliwo szare stopowe, po wyżarzaniu izotermicznym w 300°C. Jest to żeliwo szare o ausferytycznej osnowie, w której występują wydzielania równomiernie rozmieszczonego grafitu płatkowego. Dla tych skojarzeń zarejestrowano ponadto najniższe wartości współczynnika tarcia od 0,07 do 0,12.

Na tym etapie badań trudno jest wyjaśnić tak małe zużycie par trybologicznych z żelivem stopowym. Wydaje się iż jest to wynikiem specyficznych właściwości austenitu (przesyconego węglem) i ferrytu bainitycznego. Austenit jako faza o większej rozszerzalności cieplnej od ferrytu, w wyniku ciepła tarcia może powiększać swoją objętość i “wychodzić” z osnowy, nad wydzielania ferrytu. W utworzonych w ten sposób mikroobjętościach może gromadzić się grafit, intensyfikując swoją rolę czynnika smarującego. Ferryt z kolei, ze względu na większe przewodnictwo cieplne, będzie intensywnie odprowadzał ciepło wynikające z tarcia. Jest to jednak tylko przypuszczenie, wymagające potwierdzenia w wielu następnych eksperymentach.

#### LITERATURA

- [1] Nakada M.: Trends in engine technology and tribology. Tribology International. Vol. 27, nr 1, 1994r, s. 3-7.
- [2] Janecki J., Hebda M.: Tarcie, smarowanie i zużycie części maszyn. WNT Warszawa, 1972r.
- [3] Gierek A. : Zużycie ściernie metalowych elementów roboczych. Skrypt Uczelniany Politechniki Śląskiej. Gliwice, 1993r.
- [4] Binczyk F.: Konstrukcyjne stopy odlewnicze. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice, 2003r.

#### INFLUENCE OF KIND OF MATRIX AND GRAPHITE ON THE TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF GREY CAST IRON

#### SUMMARY

In this work has been confirmed that the highest wear resistance obtained on the pin on disc have system: cast grey iron (pin) and grey alloy cast iron (disc) after isothermal annealing at 300°C. The highest wear obtained for these same wear couple, particularly for grey cast iron. It has been proposed new factor describing of wear resistance as a quality of energy needs to the remove of mass unit (J/kg).

Recenzował Prof. Adam Gierek