

Jerzy Myalski¹

Politechnika Śląska, Katedra Technologii Stopów Metali i Kompozytów, ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice

KSZTAŁTOWANIE WŁAŚCIWOŚCI SKOJARZEŃ CIERNYCH Z WYKORZYSTANIEM MATERIAŁÓW CIERNYCH ZAWIERAJĄCYCH WĘGIEL O STRUKTURZE AMORFICZNEJ

Przedstawiono wyniki badań skojarzeń ciernych materiałów zawierających jako modyfikator węgiel o strukturze amorficznej. Badania współczynnika tarcia oraz zużycia przy współpracy z tarczą żeliwną wykazały, że dodatek węgla zmniejsza zarówno wartość współczynnika tarcia, jak i zużycia. Wpływa również korzystnie na mikrostrukturę geometryczną przeciwpróbek.

FORMING PROPERTIES OF ABRASIVE CONNECTION FOR COMPOSITES CONTAINING GLASS LIKE CARBON

Durability and reliability of abrasive system depends on of the construction of friction system and physicochemical properties of the applied materials. These characteristics may be obtain choosing optimal composition of the friction materials e.g. binding agent, modifiers, fillers. One of these materials is amorphous carbon which increase thermal stability of friction materials. But hard particles amorphous carbon may increase wear of friction partners.

The results of investigation of the influence of glass carbon in conventional friction materials their tribological properties have been shown. Investigation has been led pin-on-disc system for velocity $v = 1,0$ m/s and load $p = 0,05$ MPa in friction time $t = 30$ h. Addition 10% glass like carbon into conventional friction materials leads to decreasing coefficient of friction and increasing also abrasive wear (Tab. 1).

Addition of the glass carbon into friction materials changes a surface of cast iron sample (Figs. 2 and 3). On the surface of the sample containing glass like carbon do not appear furrows and microcutting. The results of investigation let to make a construction, it is possible apply the to modification of friction materials. The glass like carbon may be apply to the producing of new friction materials, for example brake disc.

WSTĘP

Działania polegające na zmianie właściwości fizyko mechanicznych (przewodnictwa cieplnego, odporności termicznej) materiałów ciernych z osnową polimerową są prowadzone przede wszystkim dla węzłów pracujących z intensywnym tarcieniem, przy którym następuje intensywne wydzielanie się ciepła w bardzo krótkim czasie. Ma to miejsce w przypadku układów hamulcowych lub sprzęgłowych. Odpowiednie właściwości eksploatacyjne tworzyw wysokociernych przeznaczonych na elementy sprzęgieł, a w szczególności hamulców, uzyskuje się w wyniku doboru lepiszcza (osnowy) oraz rozmaitych napelniczy, składników włóknistych i dodatków modyfikujących [1].

Ważne są również właściwości fizyczne napelnicza, np. twardość. Wpływa ona na charakter zużycia i topografię warstwy wierzchniej przeciwpróbki i mechanizm przenoszenia naprężeń. W przypadku wprowadzenia do materiału ciernego włókien zbrojących lub napelniczy proskowych obciążenie przenoszone jest przez cząstki materiału wzmacniającego, mimo iż w czasie współpracy elementów materiał polimerowy

jest usuwany w warstwie wierzchniej spomiędzy cząstek napelnicza.

Korzystne zmiany właściwości tribologicznych materiału ciernego uzyskane po wprowadzeniu węgla szklistego, przyczyniające się do poprawy stabilności współczynnika tarcia w temperaturze podwyższonej [3, 4], mogą powodować również negatywne skutki, np. znacznie zwiększać zużycie partnera tarcia lub doprowadzić do znacznej deformacji warstwy wierzchniej. Celem przedstawionych w pracy badań była ocena wpływu cząstek węgla o strukturze amorficznej na procesy związane ze zużyciem przeciwpróbki w węzle tarcia.

MATERIAŁY UŻYTE DO BADAŃ

Materiałem przeciwpróbki było żeliwo Ż1 300, tradycyjny materiał stosowany do wykonywania tarcz lub bębnow hamulcowych.

Jako materiał cierny wykorzystano materiał produkowany seryjnie przez Fabrykę Okładzin Ciernych „Fo-

¹ dr inż.

mar-Roulunds S.A.” i oznaczony katalogowo jako FO 701. Materiał ten zmodyfikowano 10% dodatkiem węgla szklatego, uzyskanego w procesie karbonizacji żywicy fenolowo-formaldehydowej w temperaturze wygrzewania powyżej 1000°C.

Do badań użyto próbek o kształcie sześcianu o boku 10 mm. Przeciwpróbka miała kształt tarczy o średnicy \varnothing 190 mm i grubości 6 mm. Badania przeprowadzono w układzie pin-disc na stanowisku Tribolektrometr W-1/SG-1a. Przeciwpróbka (tarcza) obracała się z zadaną prędkością 1m/s przy nacisku 0,25 MPa. Badania prowadzono w warunkach tarcia suchego.

Uzyskane wyniki badań zużycia ściernego i współczynnika tarcia zestawiono w tabeli 1. Podane wyniki są wartościami średnimi z sześciu pomiarów.

TABELA 1. Wyniki badań tribologicznych materiał cierny/ tarcza żeliwna

TABLE 1. Results of tribological examination of friction material/castiron disc

Materiał cierny	Średni ubytek masy Δm , g	Współczynnik tarcia μ
FO 701	0,006	0,45 \pm 0,55
FO 701+10% węglu szklatego	0,0012	0,40 \pm 0,42

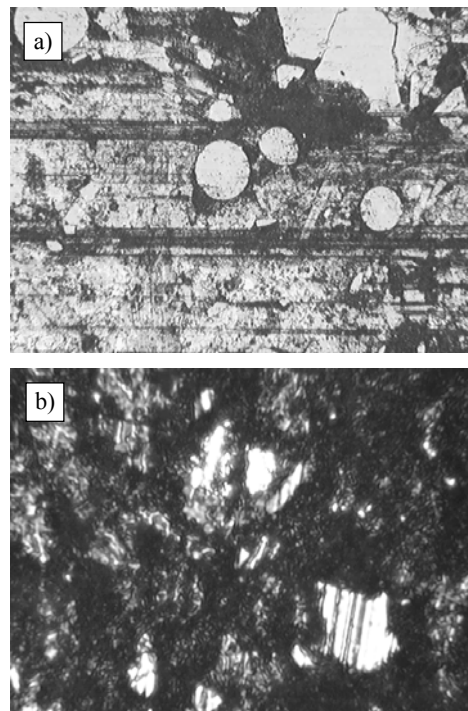
WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Oceny wpływu napełniacza, jakim był węgiel szklisty, na zjawiska zachodzące w warstwie wierzchniej dla różnych skojarzeń materiałów ciernych i hamulcowych dokonano na podstawie badań topografii używających się powierzchni poprzez obserwację mikroskopową i badania profilometryczne.

Wyniki badań współczynnika tarcia wykazały, że dodatek węgla szklatego przyczynia się do nieznacznie obniżenia wartości μ , który w układach wysokociernych powinien mieć dominujące znaczenie. Takie obniżenie współczynnika tarcia materiału ciernego modyfikowanego jest następstwem dużej twardości i małego współczynnika tarcia węgla szklatego [5]. Na przykładzie rysunku 1b widać, iż w procesie tarcia uczestniczą przede wszystkim cząstki węgla szklatego. Świadczą o tym wyraźne bruzdy pojawiające się na powierzchni cząstki. W efekcie przyczynia się to do zmniejszenia rzeczywistej powierzchni kontaktu i obniżenia wartości współczynnika tarcia. Przeciwpróbka żeliwna powoduje dość znaczne uszkodzenia w materiale ciernym (rys. 1a). Obecność węgla szklatego ogranicza procesy bruzdowania powierzchni materiału ciernego.

Duża odporność na ścieranie i twardość węgla szklatego zwiększa odporność na zużycie. Zużycie ściernie znacznie zmniejszyło się w wyniku modyfikacji materiału ciernego 10% dodatkiem węgla szklatego (obniżenie zużycia o 50%). Ubytki masy materiału ciernego kon-

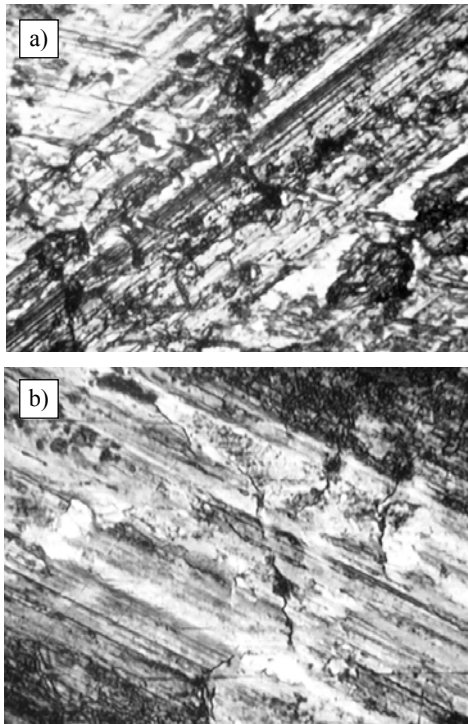
wencjonalnego i modyfikowanego wynosiły odpowiednio 0,006 i 0,0012 g.



Rys. 1. Powierzchnia tarcia kompozytu ciernego: a) materiał konwencjonalny, pow. 160x; b) materiał zawierający 10% węgla szklatego, pow. 160x

Fig.1. Friction surface of friction material: a) conventional material, mag. 160x; b) material containing 10% glasslike carbon, mag. 160x

Zmniejszenie zużycia materiału ciernego w wyniku domieszkowania twardych i odpornych na ścieranie cząstek węgla szklatego nie doprowadziło jednakże do znaczących zmian w strukturze warstwy wierzchniej przeciwpróbki. Badania profilometryczne i strukturalne wykazały, że warstwa wierzchnia materiału konwencjonalnego charakteryzuje się większą chropowatością niż materiał modyfikowany. Świadczą o tym powierzchnie tarczy żeliwnej przedstawione na rysunku 2. W materiale ciernym konwencjonalnym można zauważyć ślady współpracy w postaci wyraźnych zarysowań, będących wynikiem procesów mikroskrawania. Dla skojarzeń ciernych z materiałami konwencjonalnymi (żeliwo) twarde cząstki wchodzące w skład materiału ciernego dość znacznie uszkadzają powierzchnię przeciwpróbki (rys. 2a). Występujące rysy i bruzdy świadczą o zużyciu ściernym i plastycznym deformowaniu stref przypo-wierzchniowych żeliwa. Głównym mechanizmem zużycia jest niszczenie wierzchołków mikronierówności poprzez ścinanie. Natomiast dodatek węgla szklatego łagodzi procesy bruzdowania i mikroskrawania w materiale przeciwpróbki (rys. 2b). Na powierzchni żeliwa nie występują tak wyraźne rysy w skojarzeniu z tarczą żeliwną. W materiale FO 701 modyfikowanym węglem szklistym powierzchnia próbki nie jest tak wyraźnie uszkodzona.



Rys. 2. Powierzchnia tarczy żeliwnej: a) po współpracy z materiałem konwencjonalnym, pow. 400x; b) po współpracy z materiałem ciernym zawierającym 10% węgla szklistego, pow. 400x

Fig. 2. Friction surface of cast iron: a) coweringing with conventional friction material, mag. 400x; b) coweringing with friction material containing 10% glass like carbon, 400x

Weryfikacja badań struktury powierzchni próbki została przeprowadzona na podstawie badań profilometrycznych. Badania przeprowadzono na profilografie Talysurf Series, określając:

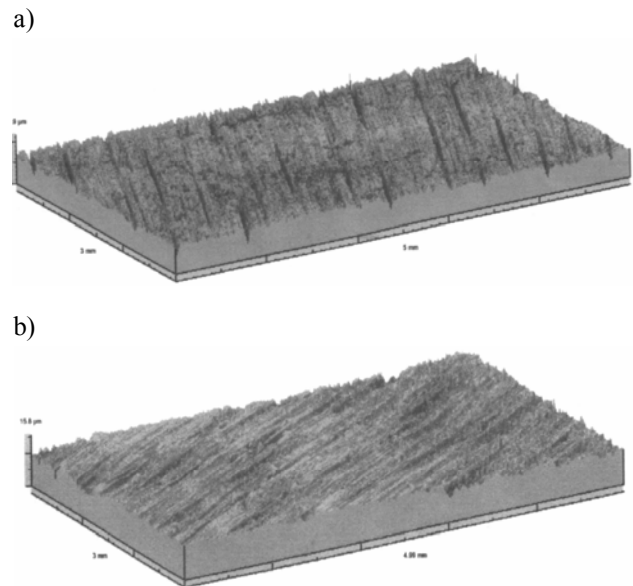
- charakterystyki chropowatości i falistości powierzchni na podstawie badanego profilu w wymiarze XY (2D). Długość odcinka pomiarowego wynosiła 5 mm;
- topografię powierzchni na podstawie obrazu stereometrycznego w wymiarze XYZ (3D). Wymiary pola wykorzystanego podczas badań wynosiły 5x3 mm.

Badaniom poddano wycinki tarczy hamulcowej (przeciwpróbki), obejmujące obszar węzła tarcia współpracującego z okładziną i niebiorącego udziału w tarcu, co pozwoliło ocenić stopień chropowatości przeciwpróbki, jak i chropowatości obszaru tarcia.

Porównanie powierzchni tarczy żeliwnej ZL300 po 15 h współpracy z materiałami hamulcowymi FO 701 i FO 701+10% węgla szklistego wykazało różnice w parametrach chropowatości.

Po współpracy z materiałem tradycyjnym na powierzchni tarczy pojawia się wiele rys, które są wynikiem bruzdowania lub mikroskrwania wywołanego przez cząstki materiału ciernego (rys. 3a). We wgłębieniach próbki mogą pojawiać się produktami zużycia. Podobnie wygląda powierzchnia tarczy ZL300 po współpracy z materiałem FO 701 modyfikowanym (rys. 3b). Zarówno ilość, jak i głębokość mikrorys jest w tym przypadku mniejsza. Widać różnicę pomiędzy częścią

próbki współpracującą z materiałem ciernym i niebiorącym udziału w tarcu. Jest to potwierdzeniem wcześniej przeprowadzonej analizy obrazów mikroskopowych próbek żeliwnych.



Rys. 3. Obraz topografii powierzchni przeciwpróbki żeliwnej po współpracy z: a) materiałem konwencjonalnym, b) materiałem z dodatkiem węgla szklistego

Fig. 3. Surface topography of cast iron specimen after coweringing with: a) conventional material, b) friction material containing 10% glass like carbon

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania oraz uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że zawartość węgla szklistego zmniejsza nieznacznie wartość współczynnika tarcia materiału ciernego (wymagana jest zatem optymalizacja jego ilości w zależności od wymagań użytkownika). Powoduje jednak znaczne zwiększenie odporności na zużycie. Dodatek materiału zwęglonego nie wpływa na zwiększenie zużycia się partnera tarcia. Przeprowadzone badania struktury warstwy wierzchniej przeciwpróbki nie wykazały zmiany topografii powierzchni, a wręcz odwrotnie spowodowały ograniczenie procesów zużycia ściernego.

Na podstawie uzyskanych wyników badań można przypuszczać, że dodatek węgla szklistego będzie również korzystnie wpływał na zmniejszenie zużycia się okładzin ciernych w układach hamulcowych, gdzie przeciwpróbką są materiały kompozytowe zawierające cząstki ceramiczne. W danych literaturowych niewiele jest informacji dotyczących zużycia się okładzin hamulcowych współpracujących z kompozytowymi tarczami hamulcowymi [6]. Należy jednak przypuszczać, że kompozytowa tarcza zawierająca cząstki ceramiczne będzie powodowała o wiele większe zużycie się materiału ciernego i częstszą wymianę okła-

dzin hamulcowych w trakcie eksploatacji. Zastosowanie modyfikatora w postaci węgla szklistego w materiałach ciernych może w znaczący sposób temu zapobiec.

LITERATURA

- [1] Ścieszka F., Hamulce cierne, Politechnika Śląska, Instytut Technologii i Eksploatacji Maszyn, Gliwice-Radom 1998.
- [2] Rymuza Z., Trybologia polimerów ślizgowych, WNT, Warszawa.
- [3] Blanco F., Bermejo J., Menéndez R., Chemical and physical properties of carbon an related to brake performance, *Wear*, 213.1W, 1-13.
- [4] Hyla I., Myalski J., Ocena możliwości wykorzystania odpadów laminatów do wytwarzania materiałów ciernych, *Polimery* 1998, 10, 43, 630.
- [5] Hutton T., McEnaney B., Crelling J., Structural studies of wear debris from carbon-carbon composite aircraft brakes, *Carbon* 1999, 37, 907-916.
- [6] Garcia-Cordovilla C., Narciso J., Louis E., Abrasive wear resistance of aluminium alloy/ceramic particulate composites, *Wear* 1996, 129, 170-177.

Recenzent
Andrzej Bochenek