https://doi.org/10.62753/ctp.2002.13.4.4

Jerzy Myalski[1]
Politechnika Śląska, Katedra Technologii Stopów Metali i Kompozytów, ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice

KOMPOZYTY CIERNE Z OSNOWĄ ALUMINIOWĄ O NISKIM WSPÓŁCZYNNIKU TARCIA

Przedstawiono wyniki badań tribolgicznych nowej grupy materiałów ciernych przeznaczonych do wytwarzania elementów stosowanych w przemyśle motoryzacyjnym. Kompozyt uzyskano metodą wprowadzania cząstek węgla o strukturze amorficznej do osnowy aluminiowej. W celu zabezpieczenia cząstek węgla przed degradacją termiczną na cząstki została naniesiona powłoka niklowa. Pomiaru współczynnika tarcia dokonano na testerze T-01M w warunkach tarcia suchego i ze smarowaniem. Przeprowadzone badania współczynnika tarcia wykazały, że dodatek węgla zmniejsza zarówno wartość współczynnika tarcia, jak i podwyższa odporność na zużycie. W odróżnieniu od innych materiałów kompozytowych zawierających cząstki ceramiczne o dużej twardości stwierdzono nieznaczną różnicę pomiędzy wartością współczynnika tarcia w skojarzeniu ciernym bez i ze smarowaniem.

ALUMINIUM MATRIX COMPOSITE WITH LOW VALUE OF COEFFICIENT OF FRICTION

Durability and reliability of abrasive system depends on of the construction of friction system and physicochemical properties of the applied materials. These characteristics may by obtain choosing optimal composition of the friction materials e.g. binding agent, modificators, and fillers. One of these materials is amorphous carbon, which increase thermal stability of friction materials. Hard particles of amorphous carbon may change wear and coefficient of friction parameters. Composite was made in mixing technology glass like carbon particles in liquid metal matrix. Before mixing in liquid metal, carbon particles were been prepared in chemical process of galvanisation. Ni coating layer on the particles has about 1÷2 μm thickness. This coating protected carbon particle before thermal destruction in high temperature and assures good distribution particles in matrix (Fig. 1a). On the boundary surface was obtained good bonding between components (Fig. 1b). In this paper the results of investigation of the influence of glass carbon in metal matrix composite, their tribological properties have been shown. Investigation has been led in pin-on-disc system on the tribological tester T-01 M for velocity $v = 0.1 \div 1.0$ m/s and load 20, 30, 40 and 50 N in friction distance 200m (Figs 2 and 3). The investigation has been led in dry and liquid friction. Addition 10% glass like carbon into MMC's friction materials leads to decreasing coefficient of friction and increasing abrasive wear also. Decreasing of friction coefficient, in investigating composite was about 3÷4 times less then in composite materials containing SiC or Al_2O_3 particles e.g. Duralcan composites. The results of investigation let to design a construction, which possible apply to the modification of friction materials. The glass like carbon may be apply to the producing of new friction materials, for example brake discs and pistons.

WSTĘP

Kompozyty na osnowie metali lekkich zawierające cząstki ceramiczne znajdują coraz szersze zastosowanie w przemyśle samochodowym. Wiąże się to przede wszystkim z ich wysoką wytrzymałością właściwą, dobrymi właściwościami termicznymi, zdolnością do tłumienia drgań, wysoką sztywnością oraz bardzo dobrą odpornością na zużycie. Mogą one być stosowane zarówno w elementach narażonych na działanie wysokich temperatur (tłoki, bloki silników), układach poddawanych intensywnemu zużywaniu (tarcze hamulcowe, cylindry), jak i w układach napędowych (łożyska), zapewniających uzyskanie małego współczynnika tarcia i dużej zdolności do pochłaniania drgań [1, 2]. Takie zróżnicowanie zastosowania wiąże się przede wszystkim z możliwością zastosowania różnych rodzajów cząstek ceramicznych jako komponentu zbrojącego. Wykorzystanie jako komponentu zbrojącego cząstek o dużej twardości, odporności na ścieranie (cząstki Al_2O_3, SiC, SiO_2) zapewnia uzyskanie kompozytu charakteryzującego się podwyższoną wartością współczynnika tarcia, odpornego na ścieranie i zużycie, dobrym przewodnictwem cieplnym i odpornością termiczną [3, 5]. Natomiast wprowadzenie do kompozytu cząstek, takich jak grafit, mika, obniża przede wszystkim wartość współczynnika tarcia, zapewnia samosmarowność, odporność na zatarcie, dobre właściwości cieplne [4]. Można zatem poprzez świadomy wybór zbrojenia o określonych właściwościach fizycznych kształtować cechy użytkowe kompozytów zawierających cząstki ceramiczne. Trudno jest jednak uzyskać materiał cierny, który charakteryzowałby się np. dużą odpornością na ścieranie, a jednocześnie zapewnił niską wartość współczynnika tarcia. Z reguły wprowadzenie twardych, odpornych na ścieranie cząstek powoduje zmniejszenie zużycia kompozytu, jednak przyczynia się do zwiększe-

[1] dr inż.

nia zużycia materiału przeciwpróbki w węźle tarcia. Zmniejszenie zużywania partnera tarcia można osiągnąć poprzez zastosowanie dwóch krańcowo odmiennych pod względem właściwości rodzajów komponentów zbrojących - składników o właściwościach typowo ściernych oraz składników o właściwościach ślizgowych, np. kompozyty zawierające cząstki SiC oraz grafit. Jest to jednak rozwiązanie rzadko stosowane przede wszystkim ze względu na trudności technologiczne wprowadzania dwóch rodzajów cząstek.

W dotychczas stosowanych kompozytach ciernych nie wykorzystywano jako materiału ciernego cząstek węgla o strukturze amorficznej (węgiel szklisty). Otrzymany w wyniku procesów wysokotemperaturowej pirolizy (T = 1000÷1400°C) prekursorów polimerowych węgiel amorficzny cechuje się wysoką twardością, wysoką odpornością termiczną, wysoką przewodnością cieplną, bardzo niskim współczynnikiem rozszerzalności cieplnej i odpornością na szoki termiczne [6, 7]. Korzystny wpływ węgla szklistego na właściwości tribologiczne materiału ciernego (materiału okładziny ciernej) zostały potwierdzone między innymi w pracach [8, 9]. Wprowadzenie węgla szklistego do ciernego materiału z osnową polimerową spowodowały poprawę stabilności współczynnika tarcia w temperaturze podwyższonej, ograniczając w znacznej mierze tzw. fading temperaturowy, zwiększając odporność na zużycie i podwyższając wytrzymałość mechaniczną okładziny. Jednak dodatek węgla szklistego obniżył wartość współczynnika tarcia okładziny. Dodatkową zaletą stwierdzoną podczas badań w różnych skojarzeniach ciernych było to, iż węgiel szklisty zawarty w okładzinie ciernej nie uszkadzał powierzchni partnera tarcia (tarczy żeliwnej) [10].

Przedmiotem niniejszej pracy była przede wszystkim ocena wykorzystania węgla szklistego jako składnika kształtującego właściwości materiałów ciernych z osnową metaliczną. W ramach badań określone zostały zarówno warunki technologiczne otrzymywania kompozytu zawierającego cząstki węgla o strukturze amorficznej (węgiel szklisty), jak i jego podstawowe właściwości tribologiczne, tj. współczynnik tarcia i zużycie kompozytów ciernych.

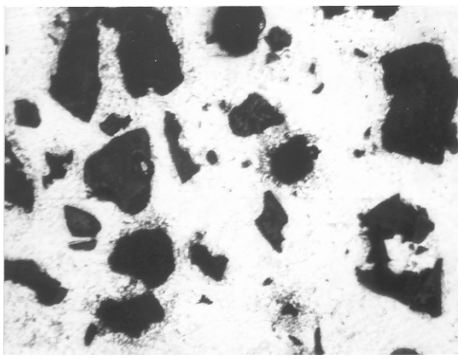
TECHNOLOGIA OTRZYMANIA MATERIAŁU DO BADAŃ

Wprowadzanie cząstek węgla szklistego do ciekłego metalu jest ograniczone nie tylko brakiem zwilżalności cząstek przez ciekły metal, ale również procesami degradacji cząstek węgla szklistego w temperaturze podwyższonej. Węgiel szklisty ulega procesom utleniania, szczególnie w temperaturze powyżej 500°C. W związku z czym wprowadzenie cząstek węgla do ciekłej kąpieli aluminiowej może spowodować jego degradację termiczną i zmianę właściwości.

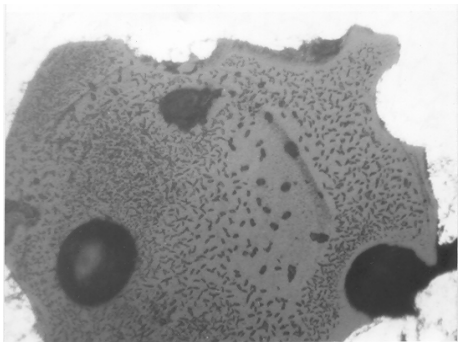
Aby zapobiec utlenianiu i degradacji cząstek w kąpieli metalowej, zdecydowano się na pokrycie cząstek warstwą niklu. Nakładanie powłoki niklowej odbywało się metodą osadzania chemicznego w roztworze soli niklowych, redukowanych przy użyciu wody amoniakalnej. Aktywacji powierzchni cząstek węgla dokonano w roztworze chlorku palladu. Czas nakładania powłoki wynosił około 30 min. Uzyskano powłoki o grubości około 1÷2 μm.

Technologia otrzymywania kompozytów polegała na stopieniu ciekłego stopu AK12Mg2 w atmosferze argonu i wprowadzeniu do metalu podgrzanego do 670°C cząstek węgla szklistego podgrzanych do temperatury około 200°C, przy prędkości obrotowej mieszadła około 300 obr/min, czas mieszania wynosił około 10 min [11]. Ilość wprowadzonych cząstek stanowiła 10% udziału wagowego stopu AK12. Wielkość wprowadzonych cząstek zawarta była od 40÷100 μm. Po homogenizacji suspensji odlano odśrodkowo próbki do badań do kokili metalowej. Kokila miała średnicę 70 mm i wysokość 110 mm. Prędkość obrotowa kokili wynosiła 2000 obr/min. Kokilę przed zalaniem podgrzano do temperatury 250°C. Z uzyskanych wlewków wycięte zostały pierścienie o średnicy 50 mm, grubości ścianki 10 mm i wysokości 5 mm, które po zeszlifowaniu powierzchni stanowiły materiał tarczy do badań tribologicznych.

a)



b)



Rys. 1. Struktura kompozytu ciernego AK12Mg2-cząstki węgla szklistego: a) rozmieszczenie cząstek w osnowie, pow. 40x, b) granica rozdziału węgiel szklisty-metal, pow. 250x

Fig. 1. Structure of friction material AK12Mg2-glass like carbon particles: a) distribution of particles in matrix material, mag. 40x,

b) boundary surface between glass like carbon and metal matrix, mag. 250x

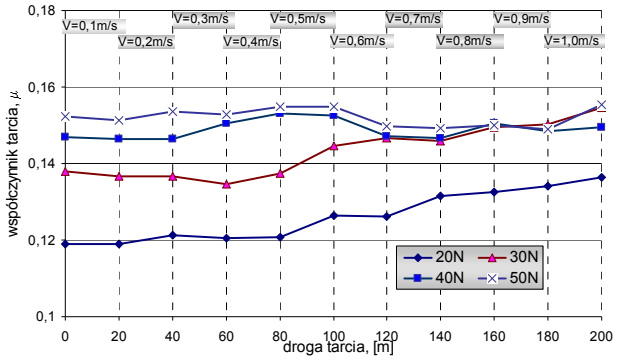
Struktura uzyskanego kompozytu charakteryzowała się równomiernym rozmieszczeniem cząstek w objętości osnowy (rys. 1), jednak można było zauważyć w niektórych obszarach aglomeracje cząstek. Cząstki były dobrze połączone z osnową aluminiową. Na rysunku 1b widać, że granica rozdziału metal-cząstka nie wykazuje defektów strukturalnych, uwidoczniona jest również powłoka niklowa cząstki.

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Badania tribologiczne przeprowadzono w układzie trzpień-tarcza na testerze T-01M. Przeciwpróbką materiału kompozytowego był trzpień wykonany z żeliwa Zl300 o średnicy 3 mm. Badania przeprowadzono dla dwóch różnych rodzajów tarcia technicznie suchego i ze smarowaniem. Zastosowano zmieniające się obciążenie przeciwpróbki, wynoszące 20, 30, 40 i 50 N na drodze tarcia 200 m. Dla danej wartości obciążenia zmieniano na prędkość poślizgu od 0,1 do 1,0 m/s (co 20 m drogi tarcia). Przy pomiarze współczynnika tarcia ze smarowaniem na powierzchnię kompozytu nanoszono olej silnikowy Lotos semisintetic 10W40. Wyniki badań przedstawiono na rysunkach 2 i 3.

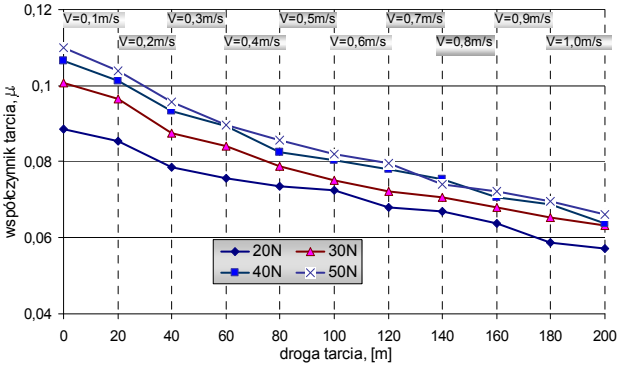
Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że uzyskany materiał kompozytowy zaliczyć należy do materiałów charakteryzujących się niską wartością współczynnika tarcia (o wartościach zbliżonych do układów ślizgowych). Jednak w odróżnieniu od innych materiałów ciernych nie zauważa się znaczących różnic w wartości μ bez smarowania i ze smarowaniem. Przykładowe wartości współczynnika tarcia dla obciążenia 50 N i prędkości poślizgu 1 m/s wynoszą: ze smarowaniem 0,06, bez smarowania 0,15.

Twarde cząstki węgla szklistego (o twardości porównywalnej z twardością SiC i Al_2O_3) nie podwyższają poziomu wartości współczynnika tarcia do 0,4÷0,5, jak to ma miejsce w kompozytach na bazie stopów aluminium zawierających cząstki SiC, np. DURALCAN [8] lub kompozytów AK12-cząstki Al_2O_3 [12]. Analizując przebieg zmian wartości współczynnika tarcią w funkcji prędkości poślizgu oraz obciążenia można zauważyć, iż współczynnik tarcia zachowuje się odmiennie w zależności od rodzaju tarcia (suche lub ze smarowaniem). W tarciu technicznie suchym wzrost obciążenia powodował również wzrost współczynnika tarcia. Jednak przy dużym obciążeniu wynoszącym 40 lub 50 N następowała stabilizacja współczynnika tarcia. Zwiększenie prędkości poślizgu również spowodowało zwiększenie współczynnika tarcia, ale tylko przy małych obciążeniach. Jeżeli pomiędzy współpracujące elementy został wprowadzony smar, to następowało znaczne obniżenie wartości μ. wraz ze wzrostem prędkości poślizgu. Wzrost obciążenia przyczyniał się do zwiększenia współczynnika tarcia, przy czym można zauważyć, że wartości współczynnika tarcia przy obciążeniu 50 i 40 N niewiele się różnią.



Rys. 2. Zależność współczynnika tarcia w funkcji drogi ścierania podczas tarcia suchego

Fig. 2. Dependence of friction coefficient changes as a function of friction distance in dry friction



Rys. 3. Zależność współczynnika tarcia w funkcji drogi ścierania podczas tarcia ze smarowaniem

Fig. 3. Dependence of friction coefficient changes as a function of friction distance in liquid friction

Cechą charakterystyczną badanego materiału kompozytowego jest fakt niewielkiego zużywania się kompozytu AK12Mg2-cząstki węgla szklistego. Po badaniach na drodze tarcia 200 m nie zauważono śladów zużywania się próbki kompozytowej. Przeprowadzone dodatkowe badania zużycia na drodze ścierania 5000 m przy prędkości poślizgu 0,5 m/s i obciążeniu 40 N spowodowały ubytki masy próbki kompozytowej wynoszące 0,002 g. Potwierdziło to wyniki badań dla materiału ciernego polimerowego zwierającego cząstki węgla szklistego, gdzie po wprowadzeniu do okładziny ciernej 10% cząstek węgla szklistego obniżyło zużywanie się takiej okładziny o około 5 do 8 razy [10]. Duża odporność na ścieranie i twardość węgla szklistego zwiększa zatem odporność na zużycie materiału kompozytowego AK12Mg2-węgiel szklisty.

PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że istnieje możliwość wprowadzania cząstek węgla szklistego do osnowy metalicznej metodą mieszania cząstek. Pokrycie cząstek węgla niklem pozwala na zachowanie właściwości cząstek, równomierne ich rozmieszczenie w osnowie, dobre połączenie na granicy rozdziału oraz zapobiega skutkom degradacji termicznej. Uzyskany kompozyt charakteryzuje się małą wartością współczynnika tarcia. Charakterystyki tribologiczne kompozytu zawierającego cząstki węgla o strukturze amorficznej wykazują, że może być on zaliczany do materiałów ślizgowych. Ponadto cechuje go wysoka odporność na zużycie.

Uzyskane wyniki badań należy traktować jako informacje wstępne dotyczące nowej grupy materiałów mogących mieć zastosowanie w przemyśle samochodowym. Stanowią one podstawę do projektowania i optymalizacji materiałów ciernych pracujących w podwyższonych temperaturach i dużych obciążeniach mechanicznych. W dalszych badaniach należy skoncentrować się nad wpływem domieszkowania twardych i odpornych na ście- ranie cząstek węgla szklistego na mechanizmy zużycia, zmiany w strukturze warstwy wierzchniej przeciwpróbki oraz badaniach pozwalających określić charakterystyki tribologiczne w temperaturze podwyższonej.

LITERATURA

[1] Górny Z., Sobczak J., Metal matrix composites fabricated by the sqeeze casting process, Transactions of the Foundry Research Institute, 1995 XLV, 42, Special Issue no 42.

[2] Röhrle M., Kolben für Verbrennungsmotoren, Verlag Modern Industrie, Landshut 1994.

[3] Ścieszka F., Hamulce cierne, Instytut Technologii i Eksploatacji Maszyn Politechniki Śląskiej, Gliwice-Radom 1998.

[4] Konopka Z., Cisowska M., Mikrostruktura grawitacyjnie od- lewanych kompozytów na osnowie stopu AlMg10 z cząstkami grafitu, Kompozyty (Composites) 2001, 1, 1, 86-88.

[5] Garcia-Cordovilla C., Narciso J., Louis E., Abrasive wear resistance of aluminium alloy/ceramic particulate composites, Wear 1996, 129, 170-177.

[6] Hutton T., McEnaney B., Crelllling J., Structural studies of wear debirs from carbon-carbon composite aircraft brakes, Carbon 1999, 37, 907-916.

[7] Blanco F., Bermejo J., Menendez R., Chemical and physical properlies of carbon an related to brake performance, Wear, 213.1W, 1-13.

[8] Hyla I., Myalski J., Grellmann W., Modification of polymer plastics by means of glass-like carbon additive leading to the optimalisation of their tribological properties, Mechanical properties of polymers, Verlag, Berlin 1999.

[9] Myalski J., Śleziona J., Tribological phenomena in the outer layer of friction linings containing composite waste materials, Euromat'99, Monachium 1999.

[10] Myalski J., Posmyk A., Zum Einfluß der verkohlten Additive auf das tribologische Verhalten der in der Automobilindustrie verwendeten Friktionswerkstoffe, Materiały konferencyjne 12th International Colloquium, Tribology 2000 - Plus, 11-13 January, 2000, volume III, 1591-1598.

[11] Śleziona J., Hyla I., Aluminium-ceramic particles composites, CIATF Commission Cast Composites 1996.

[12] Wieczorek J., Dolata-Grosz A., Dyzia M., Śleziona J., Właś-ciwości tribologiczne kompozytowych materiałów o osnowie stopu aluminium AK12 zbrojonych cząstkami ceramicznymi, Kompozyty (Composites) 2001, 1, 2, 203-206.

Recenzent
Jerzy Sobczak