

Marcin KRUPA, Mirosław WITASZEK

BADANIA WŁAŚCIWOŚCI TRYBOLOGICZNYCH MATERIAŁÓW CIERNYCH HAMULCÓW SAMOCHODOWYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych tarcia i zużycia materiałów stosowanych w parach ciernych hamulców samochodowych. Badania prowadzono na stanowisku typu trzpień - tarcza. Stwierdzono występowanie zależności współczynnika tarcia od temperatury.

RESEARCH OF TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF FRICTION MATERIALS FOR AUTOMOTIVE BREAKS

Summary. This paper presents results of laboratory wear and friction tests of materials for automotive brakes. These tests were carried out on pin-on-disk machine. Dependence between coefficient of friction and temperature has been detected.

1. WPROWADZENIE

Kierunki rozwoju pojazdów samochodowych stawiają stosowanym w nich hamulcom coraz to większe wymagania eksploatacyjne wyrażające się między innymi zwiększonym zapotrzebowaniem na moment i energię hamowania oraz zwiększonym znaczeniem trwałości i niezawodności działania hamulców, szczególnie w sytuacjach hamowania awaryjnego. Ze względu na kryteria działania i trwałości hamulca podstawowe znaczenie mają właściwości trybologiczne materiałów ciernych. Wynika stąd potrzeba pełnej znajomości tych własności dla materiałów stanowiących skojarzenie cierne w danym hamulcu.

Należy się spodziewać wdrożenia coraz to nowszych, bardziej wyspecjalizowanych materiałów ciernych, które to powinny odznaczać się dużym ustabilizowanym współczynnikiem tarcia, małym zużyciem, wystarczającą wytrzymałością i redukcją hałasu. Pożądane jest, aby współczynnik tarcia był niezależny od temperatury, prędkości poślizgu i zanieczyszczeń w postaci np. wody, oleju czy płynu hamulcowego. Ważne jest również zachowanie danego materiału ciernego w wysokich temperaturach, ponieważ w czasie pracy hamulca temperatura może przekraczać nawet 500°C. Szczególne znaczenie ma więc odporność termiczna materiałów ciernych, zdolność do odprowadzania ciepła oraz nieduża rozszerzalność termiczna.

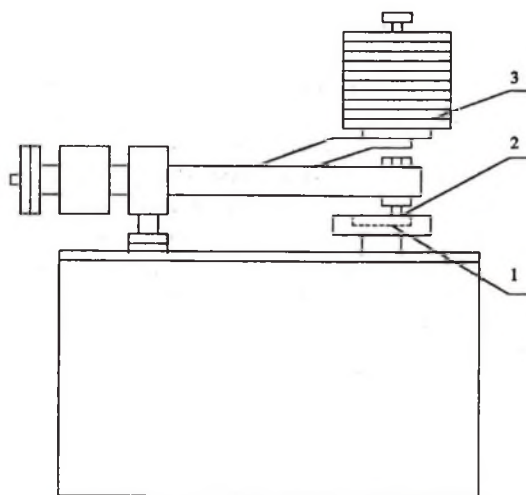
Materiały, okładziny cierne, elementy, zespoły i układy hamulcowe poddaje się na różnych etapach prac konstrukcyjnych i rozwojowych badaniom:

- laboratoryjnym,
- stanowiskowym na bezwładnościowych dynamometrach,
- eksploatacyjnym, trakcyjnym lub drogowym.

W ramach pracy przeprowadzono badania laboratoryjne właściwości trybologicznych wybranych materiałów używanych w budowie hamulców samochodowych.

2. BADANIA WŁASNE

Badania laboratoryjne zostały przeprowadzone na testerze T-01M (rys. 1) przeznaczonym do oceny własności trybologicznych materiałów używanych na trące się elementy maszyn i urządzeń współpracującym z komputerem klasy PC.



Rys. 1. Schemat urządzenia badawczego T-01M, 1- przeciwpróbka, 2- próbka, 3- ciężarki
Fig. 1. Scheme of testing machine T-01M: 1- counter specimen, 2- specimen, 3- load

Węzeł tarcia był utworzony przez obracającą się tarczę i dociskany do niej trzpień przy stałym obciążeniu styku, pozwalającym na uzyskanie nacisków powierzchniowych między próbką a tarczą w zakresie 0 – 1,5 MPa. W trakcie badań mierzono i rejestrowano:

- siłę tarcia,
- prędkość liniową przeciwpróbki w miejscu styku z próbką,
- temperaturę próbki w pobliżu węzła tarcia.

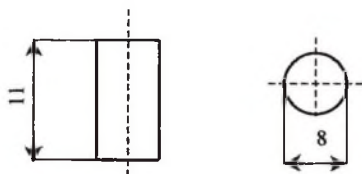
Miarą zużycia ściernego próbki oraz przeciwpróbki był ubytek masy.

2.1. Materiały użyte w badaniach

Próbka miała kształt walca o wymiarach jak na rys. 2, poddana została obróbce mechanicznej poprzez toczenie z okładziny ciernej FO – 911 wykonanej na bazie żywic syntetycznych, kauczuku syntetycznego, wypełniaczy metalicznych w postaci proszków i włókien stalowych oraz innych wypełniaczy niemetalicznych. Barwa kompozytu była ciemnoszara z widocznymi błyszczącymi wtrąceniami wełny stalowej i granulatu mosiężnego. Okładzina wy-

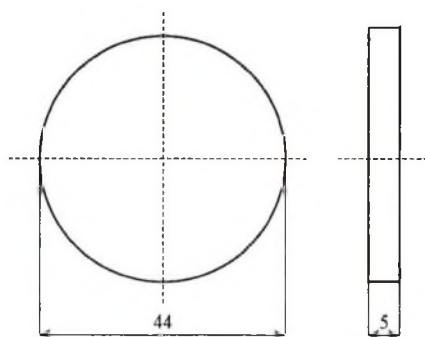
konana była techniką prasowania na zimno, a następnie poddana specjalnej obróbce termicznej stabilizującej właściwości cieple i fizykochemiczne.

Przeciwpółka była w kształcie tarczy o wymiarach jak na rys. 3, poddana obróbce mechanicznej poprzez toczenie z tarczy hamulcowej z żeliwa szarego Gh 190 o twardości 190 HB.



Rys. 2. Próbką zastosowana w badaniach

Fig. 2. Specimen used in tests



Rys. 3. Przeciwpółka zastosowana w badaniach

Fig. 3. Counter - specimen used in tests

2.2. Przebieg badań

Próbka została zamocowana w uchwycie ramienia urządzenia badawczego, natomiast przeciwpółkę umieszczono w oprawie obrotowego elementu urządzenia T – 01M. W zależności od kolejnego cyklu badawczego ustalono odpowiednie parametry badań zestawione w tabeli 1.

Tabela 1

Parametry badań

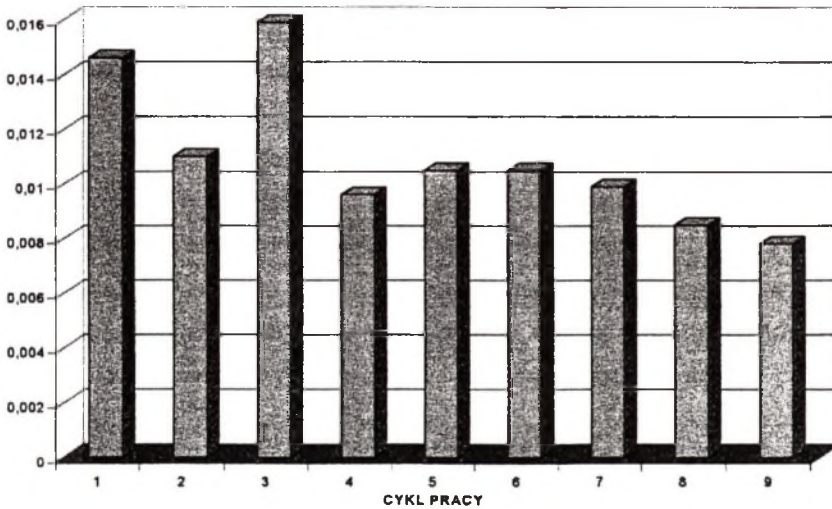
Liczba cykli	Prędkość liniowa v [m/s]	Siła nacisku P [N]	Droga tarcia s [m]
1	1	30	10 000
2	1	40	10 000
3	1	50	10 000
4	1,5	30	10 000
5	1,5	40	10 000
6	1,5	50	10 000
7	2	30	10 000
8	2	40	10 000
9	2	50	10 000

Pomiar wielkości siły tarcia, przemieszczenia liniowego i temperatury przekazywany był do mikroprocesorowego sterownika trybologicznego, a następnie w celu rejestracji do komputera.

2.3. Wyniki badań

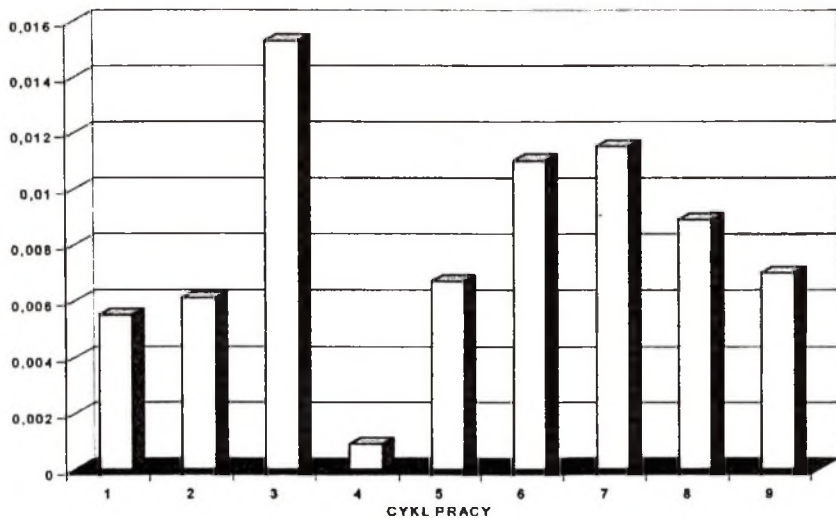
Po każdym cyklu badań dokonano pomiaru ubytku masy próbki oraz przeciwpróbki. Ubytki masy zostały zobrazowane na rysunku 4 i 5. Z rysunków tych wynika, że dla prędkości 1 oraz 1,5 m/s obserwowano zazwyczaj zwiększanie się zużycia ze wzrostem nacisku. Natomiast przy prędkości 2 m/s wzrost nacisku wywołał spadek zużycia materiału okładziny czarnej i tarczy hamulcowej. W celu wyjaśnienia przyczyn tego zjawiska konieczne jest przeprowadzenie dalszych badań.

Typową zależność współczynnika tarcia od drogi przedstawiono na rys. 6. Jak widać, na tym rysunku w początkowym okresie współpracy występuje wzrost współczynnika tarcia, a następnie jego stabilizowanie się. Jest to związane z ustaleniem się temperatury pracy wężła tarcia (rys. 7).

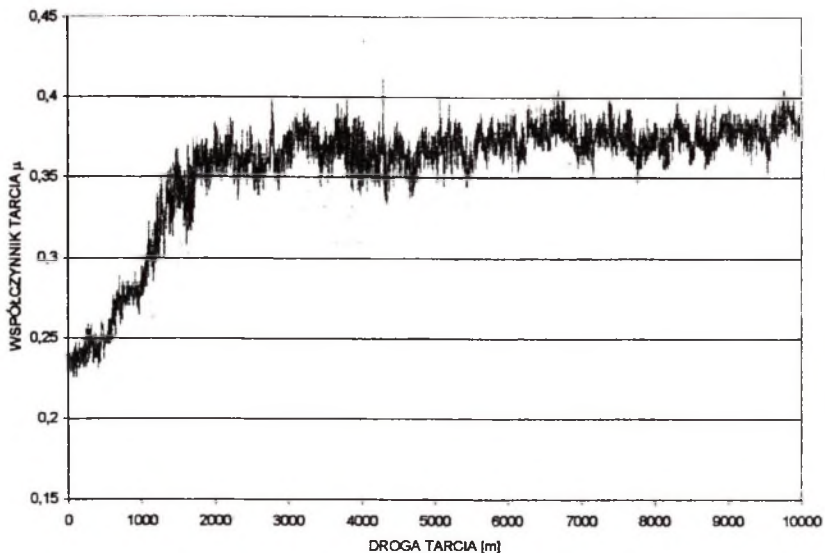


Rys. 4. Ubytek masy próbki po każdym cyklu badań

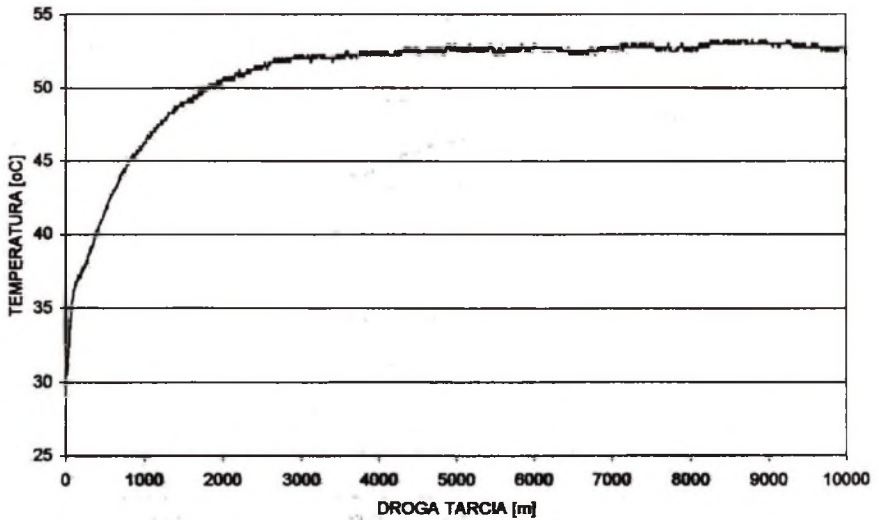
Fig. 4. Weight loss of specimen after each test cycle



Rys. 5. Ubytek masy przeciwpróbki po każdym cyklu badań
Fig. 5. Weight loss of counter - specimen after each test cycle

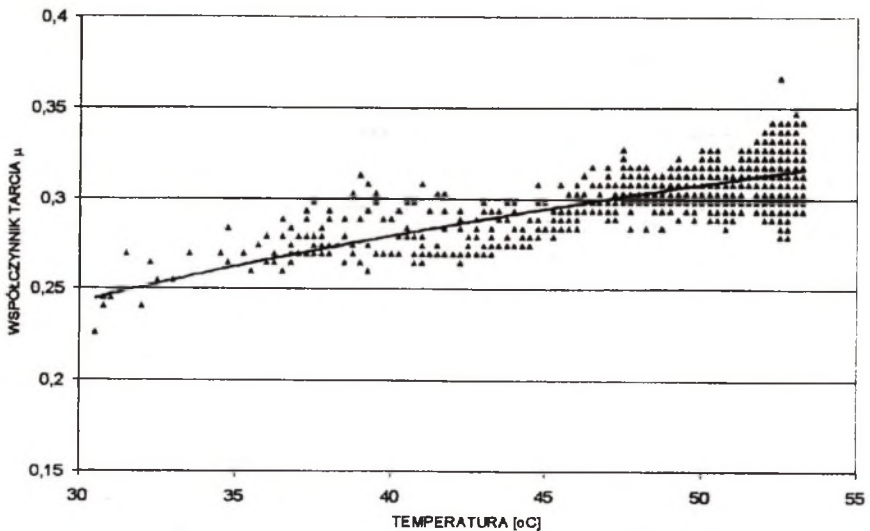


Rys. 6. Zależność współczynnika tarcia od drogi tarcia (cykl nr 3)
Fig. 6. Dependence of friction coefficient on sliding distance (test cycle 3)



Rys. 7. Zależność mierzonej temperatury próbki od drogi tarcia (cykl nr 3)
 Fig. 7. Dependence of measured specimen temperature on sliding distance (test cycle 3)

Na rys. 8. przedstawiono wpływ temperatury na wartość współczynnika tarcia. Jak wynika z tego rysunku, obserwuje się zauważalny wzrost współczynnika tarcia ze wzrostem temperatury mierzonej w pobliżu miejsca styku badanej pary.



Rys. 8. Zależność współczynnika tarcia od temperatury próbki (cykl nr 3)
 Fig. 8. Dependence of friction coefficient on specimen temperature (test cycle 3)

3. UWAGI KOŃCOWE

Przeprowadzone w pracy badania laboratoryjne współczynnika tarcia i zużycia wybranych materiałów stosowanych w hamulcach samochodowych pozwoliły na określenie wybranych właściwości trybologicznych tych materiałów. Zaobserwowano większe zużycie okładziny czarnej niż tarczy hamulcowej, spowodowane różnicą twardości tych materiałów.

Z zależności współczynnika tarcia funkcji drogi wynika, że występuje niewielki wzrost współczynnika tarcia w początkowej fazie badania, a następnie jego ustabilizowanie w zakresie 0,35 – 0,4. Przebieg temperatury ma bardzo zbliżony charakter. Pozwala to na stwierdzenie, że istnieje ścisła zależność pomiędzy temperaturą a współczynnikiem tarcia, co obrazuje rys. 8.

Literatura

1. Lawrowski Z.: Tribologia, tarcie, zużycie i smarowanie. PWN, Warszawa 1993.
2. Janecki J.: Zużycie części samochodowych wykonanych z tworzyw sztucznych. WKŁ, Warszawa 1982.
3. Wrześniński T.: Hamowanie pojazdów samochodowych. WKŁ, Warszawa 1978.
4. Ścieszka St.: Hamulce czarne. ITE, Gliwice – Radom 1998.
5. Auto Moto Servis. Hamulce tarczowe. Poradnik serwisowy nr 11, 2000.
6. Grzybek J., Kołodziej E.: Problemy eksploatacji. Instytut pojazdów samochodowych i silników spalinowych. Politechnika Krakowska, Kraków 2002.
7. Orzełowski S.: Eksperymentalne badania samochodów i ich zespołów. WNT, Warszawa 1995.

Recenzent: Dr hab. inż. Edmund Tasak prof.AGH

Abstract

Tribological properties of elements of automotive brakes are very important. In this work tests of coefficient of friction and wear of composite brake linings and cast iron brake disks have been carried out. Dependences between wear, load and sliding speed have been obtained. Results indicate that coefficient of friction increases with increase of temperature of working elements.