

Zmiany chropowatości tarcz hamulcowych motocykla klasy E2 w zależności od warunków użytkowania

Tadeusz Bil, Grzegorz Chomka, Jerzy Chudy, Kamil Zubrzycki

Słowa kluczowe: motocykl, tarcze hamulcowe, chropowatość

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań dotyczących oceny zużycia ściernego tarcz hamulcowych motocykla Enduro klasy E2 marki KTM EXC 200. Badania przeprowadzono w warunkach suchych na podłożu piaszczystym i asfaltowym oraz w warunkach błotnistych.

Wstęp

Jednym z najważniejszych elementów w konstrukcji motocykli terenowych jest układ hamulcowy. Duże prędkości jazdy, gwałtowne i intensywne hamowanie oraz zmniejszanie wymiarów pary cieplnej hamulca przekłada się na wzrost siły nacisku klocków hamulcowych na tarczę, po to by zachować odpowiednią skuteczność hamowania. Jak do tej pory najczęściej stosowanym materiałem do produkcji tarcz jest stal szlachetna, ale by sprostać rosnącym wymaganiom, w bardzo zaawansowanych motocyklach sportowych stosuje się także tarcze carbonowe. Istotniejsze zmiany rozwojowe zachodzą w kształtach tarcz, poprzez stosowanie nawierceń i wycięć, w celu jak największej redukcji masy, a dodatkowo usprawnienia odprowadzania ciepła i poprawienia skuteczności samooczyszczania. Praca w tak ciężkich warunkach przekłada się na intensywne zużycie tarcz, które jest silnie zależne nie tylko od materiału zastosowanych klocków hamulcowych ale również od kształtu samej tarczy [1].

1. Metodyka badań

Do przeprowadzenia badań wykorzystano motocykl marki KTM EXC 200 wyposażony w jednocylindrowy silnik dwusuwowy o pojemności 193cm³. Jest to chłodzony cieczą silnik zasilany gaźnikowo o stopniu sprężania 11:1.

Z uwagi na bezpieczeństwo i większe możliwości opanowania pojazdu, do badań wykorzystany został zespół hamulca tylnego. Do badań użyte zostały nowe elementy układu hamulcowego, dlatego przed rozpoczęciem badań każda para cierna została poddana procesowi docierania. Próby hamowań podzielono na 10 serii, po 20 zahamowań z przerwami czasowymi trwającymi ok. 60 sekund. Prędkość początkowa w każdym hamowaniu wynosiła 50 km/h. Po każdym cyklu odbywano przerwę trwającą ok. 15 minut, potrzebną do schłodzenia zespołu hamującego. Badania przeprowadzono w trzech warunkach użytkowania charakterystycznych dla motocykli klasy Enduro, w których rajdy odbywają się zarówno na szosie, na podłożu asfaltowym jak i poza nią w warunkach szutrowo - piaskowych gdy jest sucho, gdy pogody są mniej sprzyjające motocykle te są eksploatowane w warunkach błotnistych a więc szczególnie niekorzystnych ze względu na długotrwałe oblepienie pojazdu mieszaniną wody, ziemi i piasku.

Do badań wykorzystano dwa rodzaje klocków hamulcowych. Były to klocki hamulcowe typu „TT”, które są powszechnie stosowane w motocyklach enduro. Tradycyjny skład mieszanki oparty jest na bazie grafitu i składników organicznych. Atutem klocków organicznych jest dobra przewodność cieplna, korzystnie wpływająca na odprowadzanie ciepła do elementów współpracujących z wkładkami, które to oddają je następnie do otoczenia. Użytkownicy preferują stosowanie tego typu klocków do jazdy przy dużych prędkościach w suchych warunkach jazdy. Zasadniczą wadą okładzin na bazie węgla jest niski współczynnik tarcia, wynoszący zaledwie 0,4 [2].

Drugim rodzajem użytych klocków były klocki ze spieków metalicznych, które stały się standardem na rynku motoryzacyjnym i są bardzo często wybierane przez użytkowników motocykli. Klocki takie posiadają współczynnik tarcia wynoszący około 0,7. Ich kolejną zaletą jest wysoka odporność na wysokie temperatury, brak konieczności docierania oraz zachowanie jednakowej skuteczności hamowania w dużym zakresie temperaturowym. Minusem klocków ze spieków metalicznych jest większy wpływ na zużycie tarczy hamulcowej oraz znacznie wyższa cena w porównaniu do klocków organicznych [2].

Badaniom poddano dwa rodzaje stalowych tarcz, różniących się geometrią zewnętrzną i wewnętrzną krawędzi powierzchni roboczej. Tarcza prosta cechuje się jednakową szerokością powierzchni trącej na całym obwodzie. Drugi rodzaj tarczy posiada falistą zewnętrzną krawędź obwodową, a od wewnętrznej strony znajdują się wycięcia technologiczne. Tarcza pełna waży 754 g, natomiast tarcza typu wave 477 g. Tarcza falista posiada ponadto wycięcia, które zwiększają powierzchnię wymiany ciepła oraz poprawiają skuteczność odprowadzania zanieczyszczeń z powierzchni tarcia.

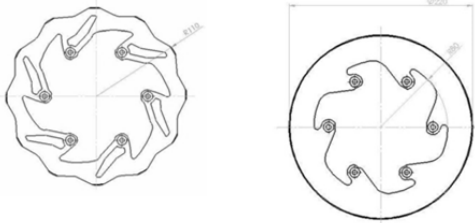
2. Wyniki badań

Pomiary profilu powierzchni trącej tarcz przeprowadzono przy użyciu profilometru Hommelwerke Waverline 60. Profilogramy sporządzone zostały na podstawie profilu powierzchni roboczej tarcz, równoległe do kierunku jej obrotów. Pierwszy profil odtworzony został dla powierzchni tarczy fabrycznie nowej, stanowiący referencyjny profil porównawczy. Wartość średniego odchylenia profilu Ra wynosi jedynie 0,16 µm co świadczy o dużej gładkości tarczy.

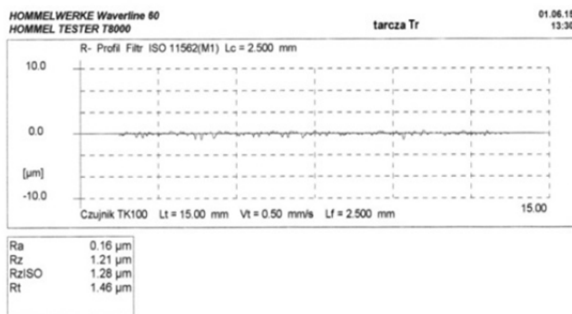
W trakcie badań wykonano pełny zakres eksperymentów polegający na sprawdzeniu współpracy wymienionych wcześniej obu typów tarcz i obu typów klocków hamulcowych dla trzech wytypowanych warunków jazdy. W pierwszym kroku

przetestowano zmiany chropowatości tarcz hamulowych podczas jazdy po asfalcie.

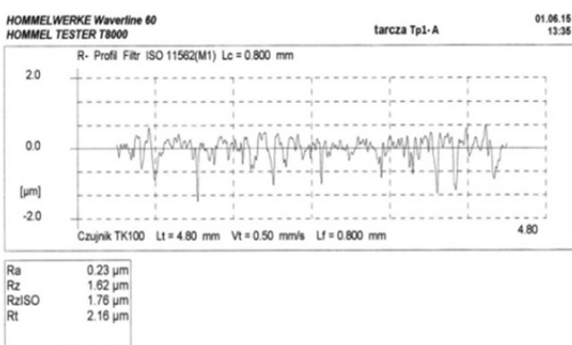
Porównując stan powierzchni tarczy fabrycznie nowej do tarcz po próbie zawierającej 200 hamowań, w warunkach suchych na podłożu asfaltowym, parametr Ra dla tarcz współpracujących z wkładkami ciemnymi z metali spiekanych wzrósł o ok. 0,1-0,2 μm . Zauważono, że większy wpływ na zmianę struktury geometrycznej miała okładzina organiczna, dla której, niezależnie od rodzaju tarczy hamulcowej, parametry Ra czy Rz powierzchni tarczy były każdorazowo większe.



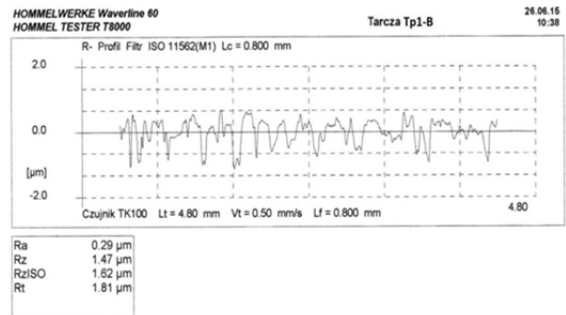
Rys. 1. Tarcza falista i tarcza pełna



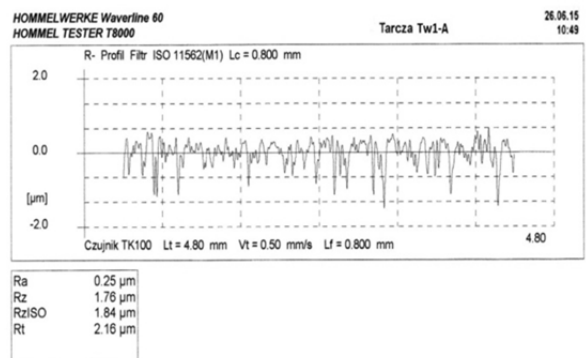
Rys. 2. Profil powierzchni nowej tarczy hamulcowej



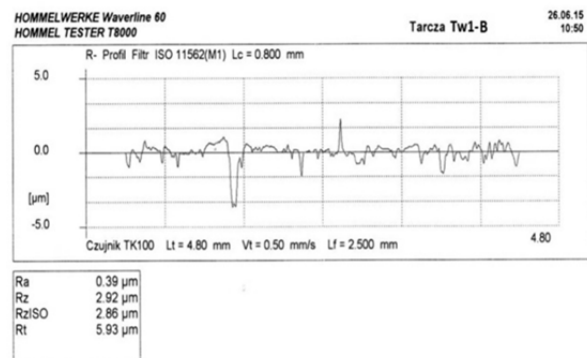
Rys. 3. Profil powierzchni tarczy hamulcowej pełnej współpracującej z wkładką ze spieków metalicznych, eksploatowanej na podłożu asfaltowym w warunkach suchych



Rys. 4. Profil powierzchni tarczy hamulcowej pełnej współpracującej z wkładką organiczną, eksploatowanej na podłożu asfaltowym w warunkach suchych

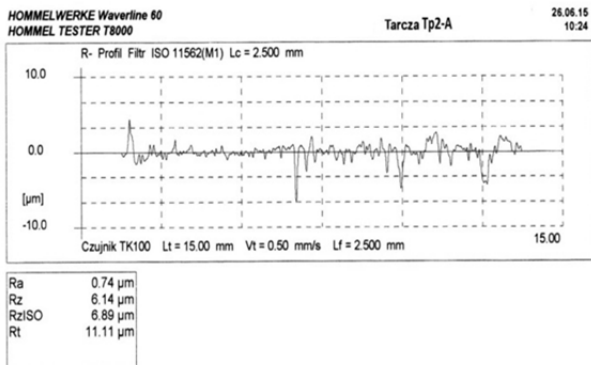


Rys. 5. Profil powierzchni tarczy hamulcowej falistej współpracującej z wkładką ze spieków metali, eksploatowanej na podłożu asfaltowym w warunkach suchych

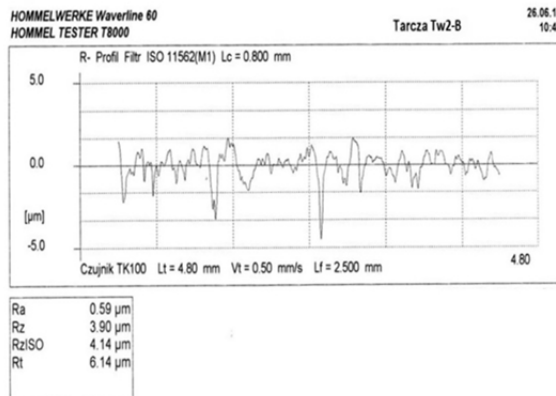


Rys. 6. Profil powierzchni tarczy hamulcowej falistej współpracującej z wkładką organiczną, eksploatowanej na podłożu asfaltowym w warunkach suchych

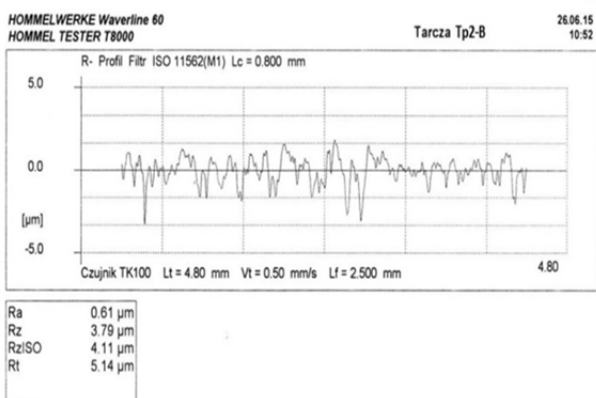
Na nawierzchni piaszczysto-żwirowej, chropowatość tarcz jest większa niż dla tarcz eksploatowanych w warunkach asfaltowych. Szybszy proces zużycia tribologicznego powierzchni roboczej tarcz jest spowodowany osadzeniem się pyłu oraz drobinek piasku. Powodują one, że w początkowej fazie hamowania, kiedy siła docisku okładziny ciemnej nie osiągnie wartości maksymalnej dochodzi do ślizgania się pary ciemnej. Zalegające drobinek piasku wywołują zmianę granic styku tarcziowego elementów trących i koncentrację energii w punktach styku, powodując destrukcję warstw wierzchnich współpracujących elementów.



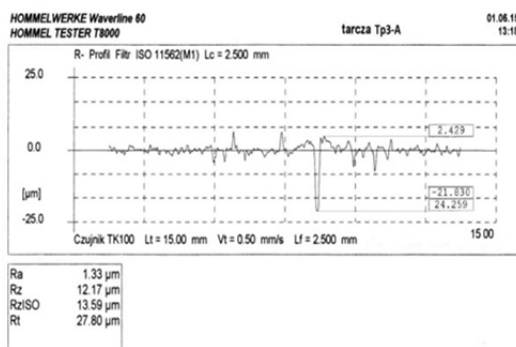
Rys. 7. Profil powierzchni tarczy hamulcowej pełnej współpracującej z wkładką ze spieków metali, eksploatowanej na podłożu piaszczysto-żwirowym w warunkach suchych



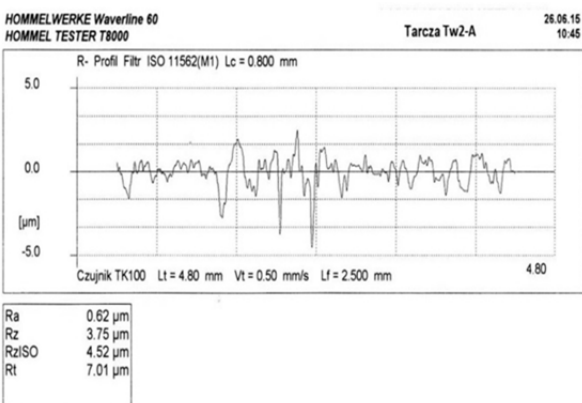
Rys. 10. Profil powierzchni tarczy hamulcowej falistej współpracującej z wkładką organiczną, eksploatowanej na podłożu piaszczysto-żwirowym w warunkach suchych



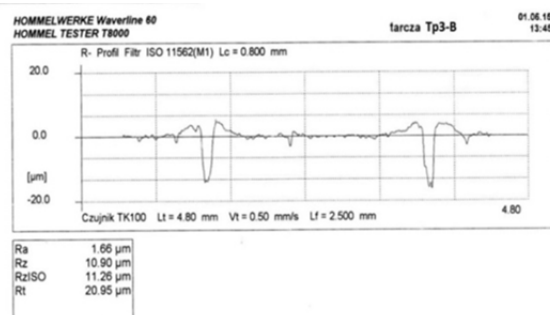
Rys. 8. Profil powierzchni tarczy hamulcowej pełnej współpracującej z wkładką organiczną, eksploatowanej na podłożu piaszczysto-żwirowym w warunkach suchych



Rys. 11. Profil powierzchni tarczy hamulcowej pełnej współpracującej z wkładką ze spieków metali, eksploatowanej na podłożu błotnistym



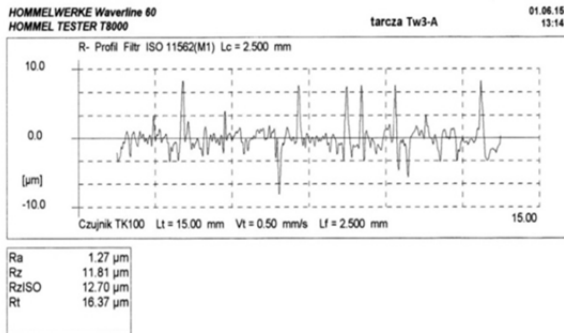
Rys. 9. Profil powierzchni tarczy hamulcowej falistej współpracującej z wkładką ze spieków metali, eksploatowanej na podłożu piaszczysto-żwirowym w warunkach suchych



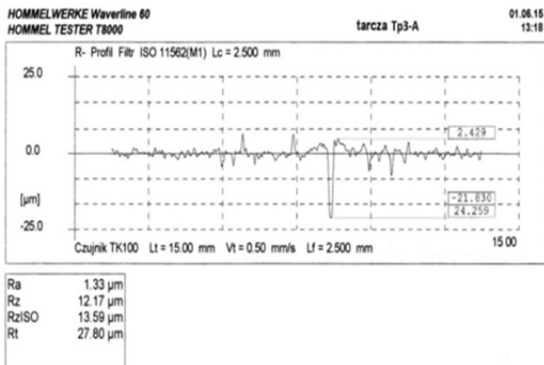
Rys. 12. Profil powierzchni tarczy hamulcowej pełnej współpracującej z wkładką organiczną, eksploatowanej na podłożu błotnistym

Pomiary struktury powierzchni tarcz po trzeciej części badań wykazują znacznie szybsze zwiększenie chropowatości o wielkość przekraczającą 1μm. Krzywe profilu powierzchni roboczej tarczy pełnej obrazują głębokie wyrwania oraz spiętrzenia, wielkości ok 25 μm, co potwierdza profil mierzony zawarty na rysunku 14. Proces tzw. bruzdowania ma bardzo agresywne działanie na powierzchnię roboczą tarczy i następuje w wyniku przedostania się ciała trzeciego między powierzchnie hamowania, wgłębiając się w partnera tarcia powodując plastyczne wyciśnięcie bruzdy. Wskaźnik Rz wykazuje, że

znacznie zwiększyła się głębokość rys na granicy 12 μm . W przypadku tarczy pełnej parametr Rz wynosi 14,25 μm . Świadczy to o gorszej skuteczności samooczyszczania tarczy o stałej szerokości powierzchni trącej. Profilografy i wykresy zużycia okładzin ciernych potwierdzają zależność szybkości zużycia okładzin ciernych od zmian chropowatości [1].



Rys. 13. Profil powierzchni tarczy hamulcowej falistej współpracującej z wkładką ze spieków metali, eksploatowanej na podłożu błotnistym



Rys. 14. Profil powierzchni tarczy hamulcowej falistej współpracującej z wkładką organiczną, eksploatowanej na podłożu błotnistym

Podsumowanie

Podsumowując można stwierdzić, iż:

1. Zużycie elementów ciernych hamulca jest zależne od zewnętrznych warunków eksploatacyjnych.
2. Właściwości materiałów stosowanych na okładziny cierne mają wpływ na zużycie tarcz.
3. Większy wpływ na zużycie powierzchni roboczej tarczy hamulcowej ma okładzina ze spieków metalicznych.
4. Zmiany geometryczne w tarczy typu wave korzystnie wpływają na odprowadzanie zanieczyszczeń z obszaru tarcia elementów hamulca.

Bibliografia

1. G. Chomka, J. Chudy, K. Zubrzycki - Zużycie tarcz i klocków hamulcowych motocykla klasy E2 w zależności od warunków ich użytkowania; Logistyka 01/2016, s. 204-211
2. Materiały informacyjne firmy EBC: www.ebcbrakes.pl

Autorzy:

Prof. nadzw. dr hab. inż. **Tadeusz Bil** – Zakład TM i PKM, Wydział Mechaniczny, Politechnika Koszalińska
 Dr inż. **Grzegorz Chomka** - Zakład TM i PKM, Wydział Mechaniczny, Politechnika Koszalińska
 Dr inż. **Jerzy Chudy** - Zakład TM i PKM, Wydział Mechaniczny, Politechnika Koszalińska
 Inż. **Kamil Zubrzycki**

Changes roughness brake discs motorcycle class E2 depending on the conditions of use

The article presents the results of research on the evaluation of wear of brake discs motorcycle Enduro class E2 brand KTM EXC 200. Tests were carried out in dry conditions on sand and bitumen and in wet conditions on the muddy surface.

Key words: motorbike, brake discs, roughness