

GRYGORCEWICZ Paweł, SKORUPKA Zbigniew

BADANIE LABORATORYJNE HAMULCÓW CIERNYCH W LABORATORIUM BADAŃ PODWOZI LOTNICZYCH

Streszczenie

W momencie, gdy powstanie nowa prototypowa konstrukcja hamulca po jego wykonaniu zakładzie produkcyjnym trzeba jeszcze przeprowadzić badania, aby sprawdzić, czy przyjęte założenia konstrukcyjne są spełnione. Hamulce pojazdów mechanicznych ze względu na rolę, jaką spełniają podlegają restrykcyjnym badaniom. Badania te są prowadzone na poziomie wdrożenia nowej konstrukcji do użytkowania oraz w trakcie trwania eksploatacji. W artykule opisane zostały badania jakie przeprowadza się na prototypowych konstrukcjach hamulców w Laboratorium Podwozi Lotniczych Instytutu Lotnictwa.

WSTĘP

Hamulce pojazdów mechanicznych ze względu na rolę, jaką spełniają podlegają restrykcyjnym badaniom. Badania te przeprowadzane są na poziomie wdrożenia nowej konstrukcji do użytkowania oraz w trakcie trwania eksploatacji. Szczególnie dokładne badania dotyczą hamulców o dużej energochłonności przeznaczonych do statków powietrznych, czasem do ciężkich samochodów mogących poruszać się ze znacznymi prędkościami. Hamulce lotnicze bada się według zasad oraz na urządzeniach niespotykanych dla innych rodzajów pojazdów. O ile hamulce samochodowe lub kolejowe bada się przy pomocy urządzeń pozwalających na przeprowadzenie procedur sprawdzenia bez demontażu hamulców z pojazdu o tyle w statkach powietrznych badania przeprowadzane są na hamulcach wyizolowanych. Jednocześnie niedopuszczalna przez przepisy jest sytuacja zmiany materiału, z którego wytworzone są okładziny cierne bez uprzedniego przebadania materiału do użyteczności w hamulcu, jako takim. Ta sytuacja występuje nie tylko w przypadku zmiany materiału na nowy ale również przypadku użycia materiału ciernego z innej partii produkcyjnej niż dotychczas, pomimo braku zmian w jego składzie i technice wytworzenia. W artykule, autorzy przedstawiają proces badań dopuszczających hamulce lotnicze prowadzonych w Laboratorium Podwozi Lotniczych Instytutu Lotnictwa w Warszawie wraz z krótkim opisem urządzeń, technik oraz uzyskiwanych wyników badawczych.

Jedną z ważniejszych kwestii jest zaplanowanie odpowiedniego programu badań będącego podstawą dalszych badań oraz analizy poprawności wyników. Program badań musi być stworzony tak aby przy znanych możliwościach badawczych laboratorium, wykonane próby dawały jednoznaczną podstawę do stwierdzenia poprawności działania hamulca.

1. RODZAJE BADAŃ.

W procesie dopuszczenia lub/i sprawdzenia hamulców przeprowadzany jest szereg badań wynikających z wymagań stawianych przez różnorakie przepisy oraz przez producentów i użytkowników badanych hamulców. Podstawą procesu dopuszczenia hamulca do użytkowania jest przeprowadzenie badań modelowych okładzin ciernych oraz pełnoskalowych badań kompletnego zespołu hamulca na bieżni. Ponadto w zależności od stawianych wymagań przeprowadza się badania wymienione poniżej:

- Metoda badań modelowych procesu tarcia (materiału ciernego).
- Metoda badań eksploatacyjnych na bieżni (pełnego zespołu hamulca).
- Sprawdzenie temperatur w hamulcu np. przy pomocy kamery termowizyjnej. Można także sprawdzić temperaturę po próbie hamowania na stanowisku z bieżnią np. przy pomocy pirometru. Podczas hamowań okładzin ciernych przy badaniach modelowych można wykorzystywać zamontowane w głowicy termopary. Ostre hamowania wykonuje się z przerwą czasową, aby móc schłodzić hamulce zarówno w samolotach jak i w samochodach.
- Badania rewersowe, w których przeprowadza się zakładaną w warunkach technicznych hamulca liczbę hamowań. Następnie hamulec poddaje się przeglądowi, w którym sprawdza się zużycie okładzin ciernych (np. klocków) oraz tarczy hamulcowej. Badania takie są kosztowne i czasochłonne, ponieważ trwają długi czas, ze względu na ilość hamowań mogącą dochodzić do 100.
- Sprawdzenie oporów własnych hamulca, gdzie sprawdza się prawidłowość działania zespołów hamulca oraz istnienie odkształceń trwałych mogących spowodować niepożądane zaciśnięcie hamulca w stanie nieaktywnym. Próbę wykonuje się po włączeniu i wyłączeniu hamulca. Moment hamujący może wynosić $2 \div 2.5 \% M_{nom}$. Próba ta jest głównie wymagana przy hamulcach wielotarczowych oraz przy skomplikowanych układach hamujących.
- Hamowanie w warunkach kołowania jest to próba, która ma na celu sprawdzenie ewentualnych drgań momentu hamowania przy dużym momencie hamowania, a małych prędkościach ruchu koła. Hamulec jest w tej próbie chłodny.
- Sprawdzenie hamulca w warunkach przerwane go startu, gdzie sprawdza się hamulec na zwiększony moment, który wynosi $3 * M_{nom}$ zabezpieczający zatrzymanie się samolotu przy przerwaniu starcie. W tej próbie hamulec może ulec uszkodzeniu, ale musi zatrzymać samolot.
- Sprawdzenie hamulca na wielokrotne hamowania, gdzie sprawdza się hamulec podczas paru hamowań z rzędu bez chłodzenia.
- Sprawdzenie wytrzymałości doraźnej hamulca, które przeprowadza się po zakończeniu wcześniejszych badań gdzie poddaje się badaniu hamulec na moment hamowania i siły niszczące w celu sprawdzenia wytrzymałości doraźnej.
- Sprawdzenie sztywności hamulca. Próba ta jest wykonywana na początku badań w celu sprawdzenia wystarczającej sztywności konstrukcji hamulca, dla stwierdzenia czy nie występują odkształcenia. Do badania, koło obciąża się maksymalną siłą eksploatacyjną. W trakcie próby hamulec powinien się swobodnie, lekko i równomiernie bez zaczepiania obracać.
- Badania klimatyczne, w celu sprawdzenia zachowania się hamulca w obniżonej i podwyższonej temperaturze. Sprawdza się reakcję hamulca na wilgotność np. w warunkach tropikalnych. Podczas badań określana jest odporność antykorozyjna poszczególnych elementów.

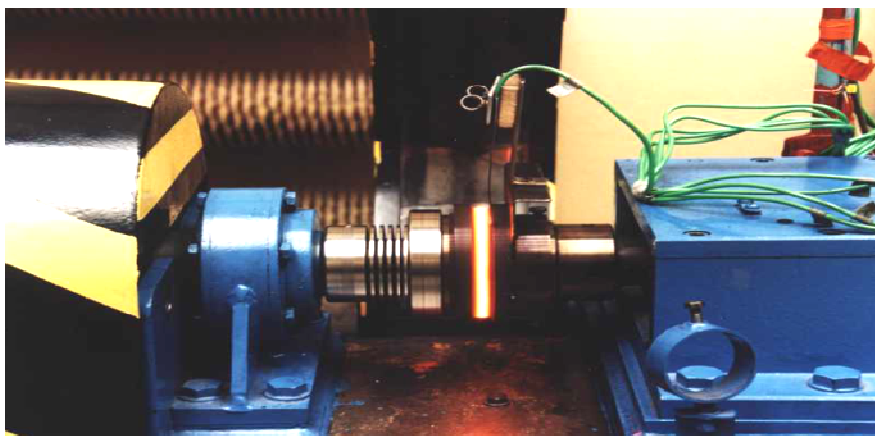
- Badania hamulca w locie, polegające na śledzeniu i sprawdzaniu prawidłowego działania hamulców, zużycia okładzin ciernych w trakcie eksploatacji oraz przestrzegania zaleceń opisanych warunkach technicznych.

Z wymienionych powyżej rodzajów badań, ze względu na czas ich wykonywania i wysokie koszty, przeprowadza się tylko te, które są niezbędne w zależności od zapotrzebowania. Część badań odnosi się do wyizolowanego hamulca lub jego części, a część do całego układu hamulcowego. W przypadku badań samochodów stosuje się stacjach diagnostycznych urządzenia rolkowe.[3]

W następnych rozdziałach przedstawione zostaną badania modelowe oraz pełnoskalowe na bieżni jako najistotniejsze dla procesu dopuszczenia oraz cyklicznego sprawdzania jakości używanego materiału ciernego a także poprawności wykonania całego hamulca.

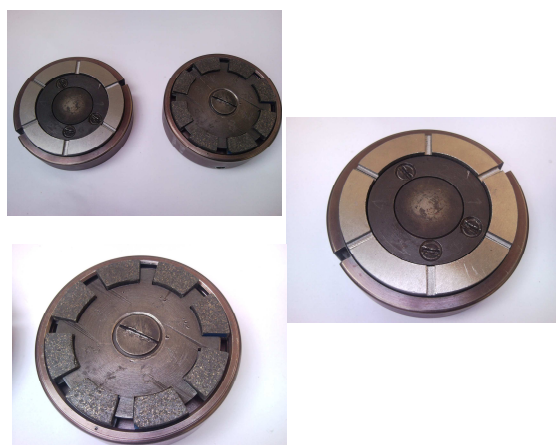
2. BADANIA MODELOWE OKŁADZIN CIERNYCH.

Do modelowych badań okładzin ciernych wykorzystuje się maszynę IL-68 (rys.1).

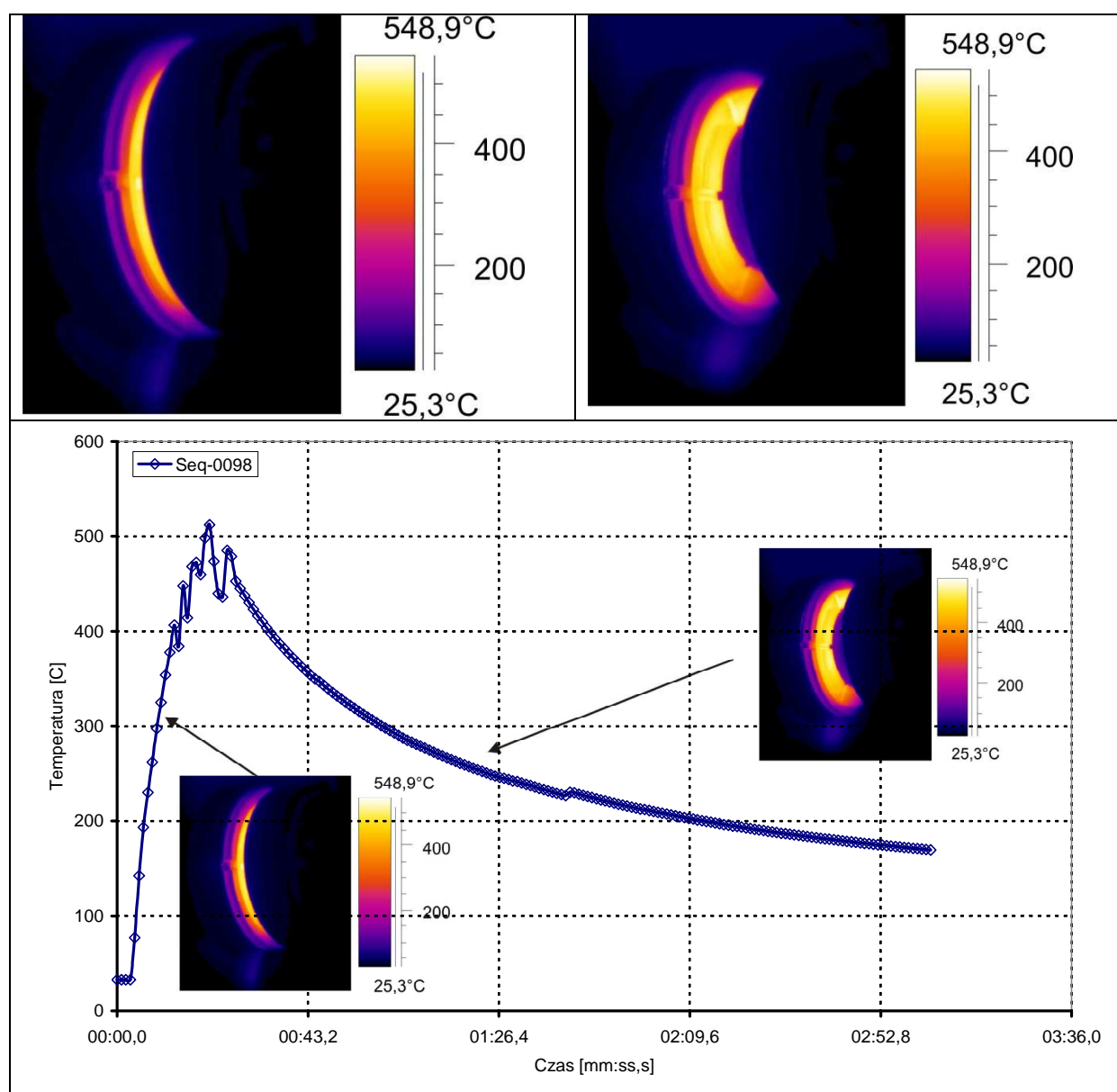


Rys. 1. Stanowisko do modelowych badań okładzin ciernych IL-68

Maszyna Il-68 pozwala na przebadanie materiałów ciernych pod kątem ich właściwości fizycznych. Najpierw wykonuje się próbki (rys. 2), które można zamontować obrotowej i stałej głowicy urządzenia. Próbkę wykonuje się z materiałów ciernych zakładanej pary cierniej, w celu wykonania badań jej własności. W razie doboru pary cierniej do nowego hamulca przygotowuje się co najmniej trzy różne pary ciernie. Następnie wykonuje się serie hamowań i dobiera się najlepszy materiał cierny oceniając jego parametry takie jak: współczynnik tarcia, zużycie, rozkład temperatury (rys. 3) oraz temperaturę maksymalną podczas procesu hamowania. Podczas badań nowej partii stosowanego już materiału ciernego, przygotowuje się co najmniej trzy zestawy par ciernych i wykonuje serie badań porównując wyniki z wzorcowymi zawartymi w warunkach technicznych hamulca.



Rys. 2. Próbkę materiału ciernego zainstalowane w głowicach stanowiska IL-68[2]



Rys. 3. Rozkład temperatury na powierzchni cierniej próbek zarejestrowany kamerą termowizyjną.[2]

3. BADANIA KOMPLETNEGO ZESPOŁU HAMULCA

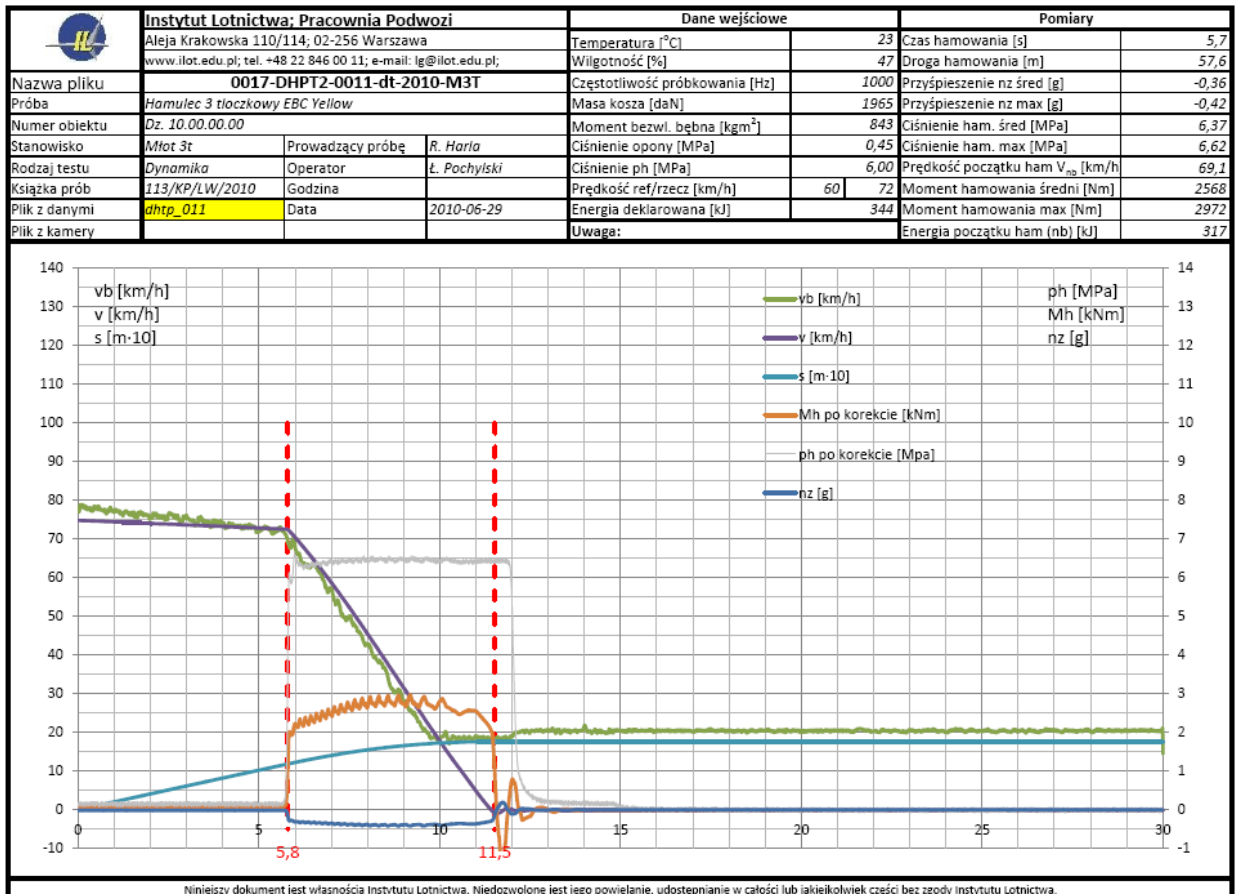
Do badań eksploatacyjnych wykorzystuje się Młot 3T z bieżnią (rys. 4).



Rys. 4. Stanowisko do badań Młot 3T z bieżnią

Młot 3T z bieżnią służy do badań hamulców w warunkach zbliżonych do rzeczywistych. Celem badań jest jak najlepsze odwzorowanie warunków hamowania poprzez odwzorowanie parametrów takich jak obciążenie koła, prędkość, ciśnienie w oponie, moment hamowania, drogi hamowania. Kompletny zespół hamulca (w zależności od badania zmontowany na podwoziu lub wyizolowany) montuje się na stanowisku i sprawdza, czy wszystko działa poprawnie, więc ciśnienie w układzie hamulcowym (szczelność dobranych uszczelnień), prawidłowość działania hamulca. Następnie wykonuje się serie hamowań na bieżni tak, aby sprawdzić czy założenia projektowe są spełnione. Jednocześnie sprawdza się poprawność doboru okładzin hamulcowych wykonany wcześniej na maszynie IL-68.

Podczas badań na stanowisku Młot 3T rejestruje się parametry hamowania takie jak: moment hamowania, ciśnienie hamowania, prędkość. Przykładowa rejestracja przedstawiona jest na rys. 5.



Rys. 5. Przykładowy wykres z badań hamulców na stanowisku Młot 3T.

4. PRZYKŁADOWA PROCEDURA BADANIA NOWEGO TYPU HAMULCA

W celu doboru materiału na okładziny cierne, najpierw wykonuje się badania na maszynie IL-68. Dla każdej pary wykonuje się hamowania docierające w celu ustabilizowania geometrii układu a przez to i pozostałych parametrów. Następnie wykonywana jest seria hamowań kwalifikacyjnych na dotartych parach ciernych uzyskując powtarzalne wyniki dla każdej z prób. Następuje pomiar zużycia pary ciernej, który pozwala na ocenę trwałości materiału ciernego w przyszłych zastosowaniach. Uzyskane wyniki pozwalają nam na dobór okładzin do naszego hamulca. Duży wybór na rynku okładzin ciernych sprawia, że można przebadać bardzo dużo okładzin hamulcowych i wybrać te najbardziej optymalne do planowanego zastosowania.

W przypadku jak już mamy wybrane okładziny możemy przeprowadzać hamowania eksploatacyjne na maszynie Młot 3T z bieżnią. W badaniach pełnoskalowych wykorzystujemy materiał wytypowany w badaniach modelowych przeprowadzonych na maszynie IL68. Procedura jest podobna do tej znanej z maszyny IL68, przy czym mamy tu już do czynienia z docelowym zespołem hamulca. Najpierw wykonujemy odpowiednią ilość hamowań docierających, a następnie możemy wykonać hamowania kwalifikacyjne przy różnych prędkościach i z różną częstotliwością w zależności od przyjętego programu badań.

Podczas wszystkich badań rejestruje się niezbędne parametry prób.

Na koniec zbieramy wszystkie wyniki w raporcie opisującym przeprowadzone prace i wydajemy opinię o zgodności hamulca z założeniami konstrukcyjnymi lub warunkami technicznymi.

PODSUMOWANIE

Celem zasadniczym tego artykułu było pokazanie spektrum badań hamulców na przykładzie procedur stosowanych przy badaniach hamulców lotniczych. Ukazanie zagadnienia badania hamulców oraz zaprezentowanie maszyn i przykładowej procedury badawczej. W artykule przedstawiono proces badań poglądowo w celu wyjaśnienia złożoności procesu a nie analizy poszczególnych typów badań.

BIBLIOGRAFIA

1. Currey S.N., *Aircraft Landing Gear Design: Principles and Practices*. AIAA, Washington, D.C. 1988.
2. Raport 39/BZ/2010/RAP *Opracowanie hamulców do pojazdów opancerzonych z wykorzystaniem kompozytów o dużej energochłonności i skuteczności hamowania*-Instytut Lotnictwa; Pracownia Podwozi .
3. http://www.castrolprofessionalacademy.pl/upload/files/strefa_wiedzy/warsztat/kontrola_hamulcow.pdf

TESTING FRICTION BRAKES IN LANDING GEAR LABORATORY

Abstract

Nowadays when brake prototype is created the company responsible for it needs to do the laboratory tests to check if the construction is designed well and works correctly. Mechanical brakes due to their important role must be test very carefully. These tests are done when the new construction is implemented and also during vehicle maintenance. This article describes procedure of laboratory testing, which is performed in Landing Gear Department Institution of Aviation for all of the brake systems and friction materials evaluated for aviation and road vehicles.

Autorzy:

mgr inż. **Paweł Grygorcewicz** – Instytut Lotnictwa; Pracownia Podwozi

mgr inż. **Zbigniew Skorupka** – Instytut Lotnictwa; Pracownia Podwozi