

Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

Modern material technologies in aerospace industry

Plastyczne kształtowanie stopów magnezu (kucie precyzyjne, tłoczenie, wyciskanie, itd..)

Plastic forming of magnesium alloys (precision forging, stamping, extrusion and the like)

Politechnika Śląska, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Lubelska, Instytut Lotnictwa w Warszawie, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

Wyniki badań Results

Próby piasty ze stopu magnezu

Magnesium alloy hub tests

Przedmiot prób stanowi piasta koła samolotu z plastycznie kształtowanego stopu magnezu. W dokumencie przedstawiono wyniki prób koła z plastycznie kształtowanego stopu magnezu na obciążenia promieniowe graniczne, na obciążenia złożone graniczne oraz próbę toczenia koła pod maksymalnym obciążeniu statycznym wg Programu Prób nr 0056/65/BZ/2011/PRG dla piasty koła PR=10.

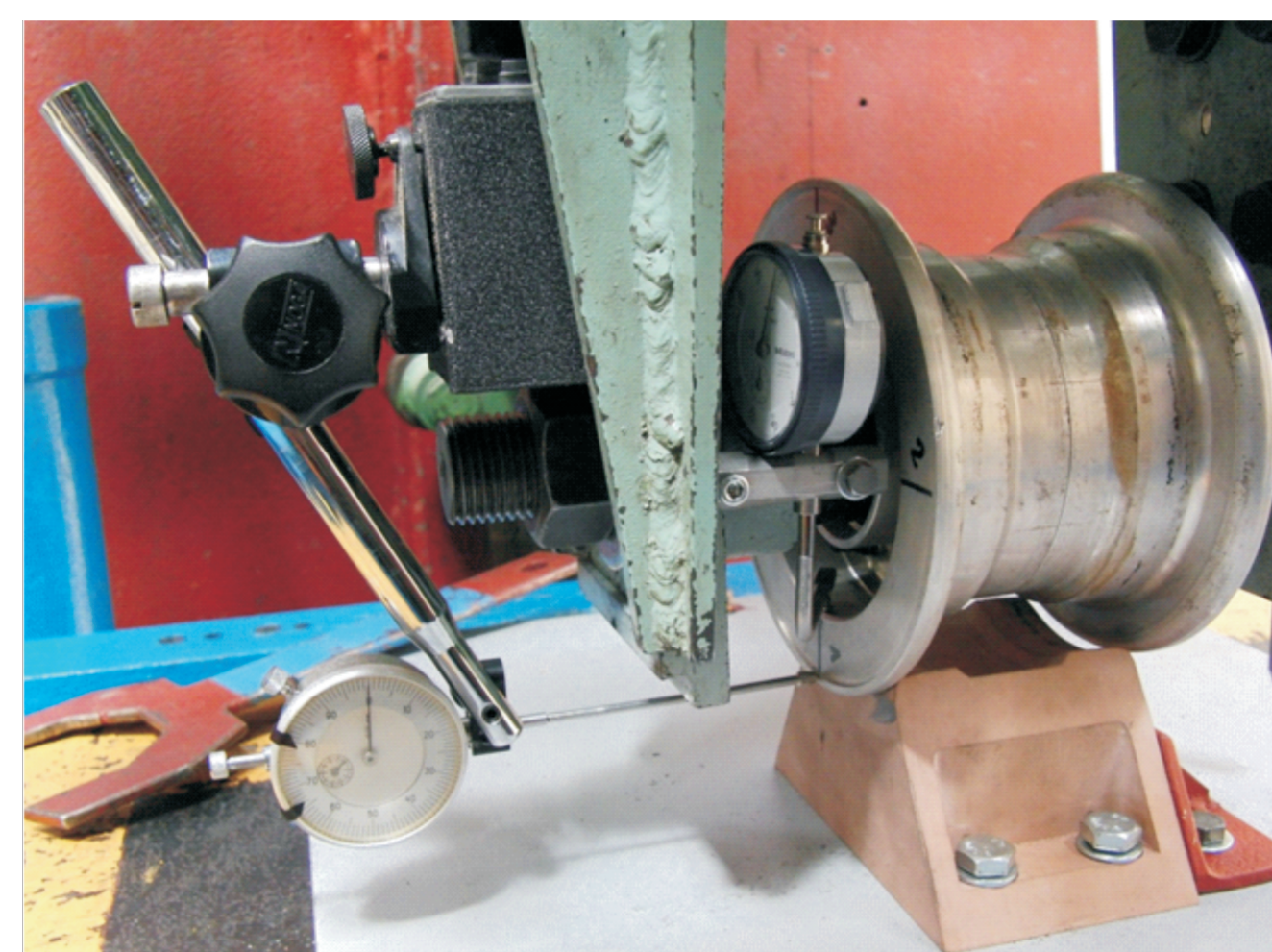
Próby wykonano na zgodność z przepisami: TSO-C26d Subject: Aircraft wheels, brakes and wheel/brake assemblies for parts 23,27,29 Aircraft.

Object of the tests is wheel hub made of plastic formed magnesium alloy in accordance to TSO-C26d Subject: Aircraft wheels, brakes and wheel/brake assemblies for parts 23,27,29 Aircraft aviation standards



Fot. 1. Sposób pomiaru odkształcenia piasty podczas prób obciążenia promieniowego.
Fig. 1. Measurement principle of hub deflection for radial loads test

Fot. 2. Konfiguracja stanowiska Mlot 10T do zadawania sił złożonych.
Fig. 2. Mlot 10T test stand configuration for complex load test



Fot. 3. Sposób pomiaru odkształcenia piasty podczas prób obciążenia złożonego.
Fig. 3. Measurement principle of hub deflection for complex load test

PRÓBY STATYCZNE SPRAWDZENIE ODPORNOŚCI KOŁA NA OBCIĄŻENIE PROMIENIOWE

Koło z oponą zamocowano na Mlocie 10T zgodnie z Programem Prób nr 0056/65/BZ/2011/RAP p. 3.1.1 oraz postępowanie podczas próby było zgodne z w/w punktem.

OBCIĄŻENIA PROMIENIOWE GRANICZNE (TSO 5.2.1.3)
Obciążano koło oparte na poziomej nieodkształcalnej płaszczyźnie oporowej ustawione w położeniu, przy którym zawór ładowania leży na linii łączącej środek koła z punktem styku opony z płaszczyzną oporową dla położenia 0°.

Parametry próby dla PR=10:
- obciążenie graniczne: Pp = 38714 [N]
- obciążenie na klocko

Obciążenie graniczne utrzymane było przez minimum 3 sekundy. Wykonano pomiar odkształcenia w punkcie „1”.

Wyniki próby:

Punkt	L Przed próbą		L Po próbie		Fz - Pionowa [kN]	Fx - Pozioma [kN]
	Pion [mm]	Poziom [mm]	Pion [mm]	Poziom [mm]		
„1”	0,00 (zerowanie)	0,00 (zerowanie)	-0,17	0,44	3,87	0,00
„1”	0,00 (zerowanie)	0,00 (zerowanie)	0,00	0,00	3,87	0,1

Pomiar średnicy piasty pomiędzy punktami:

Punkty	Δd	
	[mm]	[mm]
Strona zewnętrzna:		
„1-3”	-0,03	-0,04
„2-4”	0,00	0,00
Strona wewnętrzna:		
„1-3”	0,00	0,00
„2-4”	0,04	0,04

Obciążenie promieniowe graniczne nie spowodowało uszkodzeń piasty.

SPRAWDZENIE ODPORNOŚCI KOŁA NA OBCIĄŻENIA ZŁOŻONE

Koło z oponą zamocowano na Mlocie 10T zgodnie z Programem Prób nr 0056/65/BZ/2011/RAP p. 3.2.1 oraz postępowanie podczas próby było zgodne z w/w punktem.

OBCIĄŻENIA ZŁOŻONE GRANICZNE (TSO 5.2.2.3)

Obciążano koło oparte na poziomej, płaszczyźnie oporowej tak, że zawór ładowania leży na linii łączącej środek koła z punktem styku opony z płaszczyzną oporową (położenie 0°).

Parametry próby dla PR = 10:
- siła promieniowa: Pp = 25456 [N]
- siła boczna działająca do środka samolotu: Pb in= 23924 [N]
- obciążenie na klocko

Obciążenie graniczne utrzymane było przez minimum 3 sekundy. Wykonano pomiar odkształcenia w punkcie „1”.

Wyniki próby:
Siła skierowana do środka samolotu: Pb in= 23924 [N];

Tabela 6. Wyniki próby obciążenia złożonego granicznego. Siła skierowana do środka samolotu.

Punkt	L Przed próbą		L Po próbie	
	Pion [mm]	Poziom [mm]	Pion [mm]	Poziom [mm]
„1”	0,00 (zerowanie)	0,00 (zerowanie)	0,21	-0,36

Obciążenie złożone graniczne utrzymano przez 3 sekundy, nie stwierdzono uszkodzeń koła.

PRÓBA TOCZENIA KOŁA

Koło z oponą zamocowano na Mlocie 3T z bieżnią zgodnie z Programem Prób nr 0056/65/BZ/2011/RAP p. 4.1.1 oraz postępowanie podczas próby było zgodne z w/w punktem.

PRÓBA TOCZENIA KOŁA POD MAKSYMALNYM OBCIĄŻENIEM STATYCZNYM



Fot. 4. Konfiguracja stanowiska do próby toczenia.
Fig. 4. Mlot 3T test stand configuration for wheel rolling test

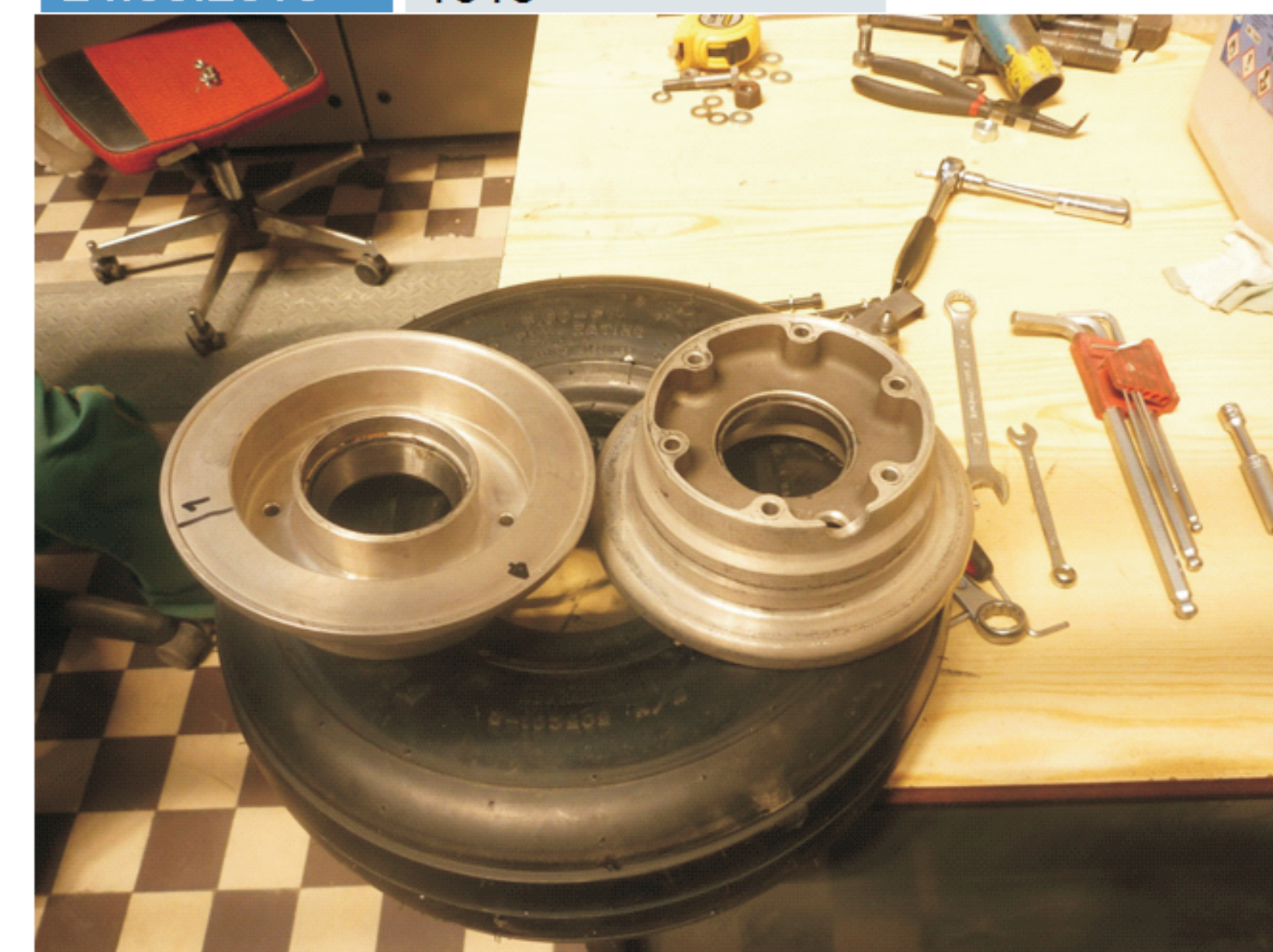
Parametry próby dla PR = 10:
- obciążenie koła: S= 9570 [N]
- droga toczenia: Dt= 1609.3 [km]
- maksymalna temperatura opony: 350K (77oC)
- liczba obrotów bieżni: nb= 366 000
- prędkość toczenia: Vt= 30 [km/h]
- czas trwania próby: tp= 53.64 [h]
- ciśnienie napełniania opony pop= 0.61 [MPa].

Przed próbą stwierdzono niedostateczny zacisk pomiędzy piastą a łożyskiem.
Po Dt = 354 [km] stwierdzono luzy pomiędzy łożyskiem a piastą. Przeprowadzono tulejowanie piasty.

Przebieg próby:

Data	Droga Dt [km]
19.12.2014	354
16.03.2015	466
17.03.2015	681
18.03.2015	899
19.03.2015	1091
20.03.2015	1282
23.03.2015	1501
24.03.2015	1613

Koło przebyło drogę nie krótszą niż Dt = 1609.3 [km] w zadanych warunkach.
W czasie próby nie wystąpiły odkształcenia trwałe koła.
Nie wystąpiły również przecieki powietrza poprzez koło lub uszczelnienie koła albo zaciski między krytycznymi powierzchniami.
Nie wystąpiły pęknięcia materiału piasty.



Fot. 5. Rozebrana piasta po badaniach toczenia.
Fig. 5. Disassembled hub after wheel rolling test

Wyniki badań Results

Próba statyczna dźwigni ze stopu aluminium Pa31

Próba była wykonywana w celu porównywania wytrzymałości dźwigni magnezowej AZ 31 i dźwigni aluminiowej PA 31. Ze względu na niezgodność wykonania dźwigni z dokumentacją porównanie nie jest miarodajne. Poniżej przedstawiono wyniki badań wytrzymałościowych (statycznych) dla dźwigni z PA 31.

Stanowisko badawcze



Rys. 1. Stanowisko badawcze
Fig. 1. Test stand

Stanowisko badawcze (Rys. 1) składa się z następujących elementów: siłownik hydrauliczny o zakresie 140 [kN], który posłużył do zadawania obciążeń, do pomiaru siły użyto siłomierza FA00 (zakres pomiarowy - 50 [kN]). Na dźwigni zainstalowano tensometry oporowe w celu zweryfikowaniu poziomu naprężeń podczas badań statycznych (Rys. 2)

Akwizycja siły i naprężeń odbywała się za pośrednictwem aplikacji pomiarowej LabView na PXle.

Pomiar siły:

Kanał obciążenia	Przetwornik siły	Zakres	Niepewność pojedynczego pomiaru
Ni PXle / kanał 00	FA00	50 kN	~0,007 kN

Pomiary tensometryczne:

Tensometryczne punkty pomiarowe:

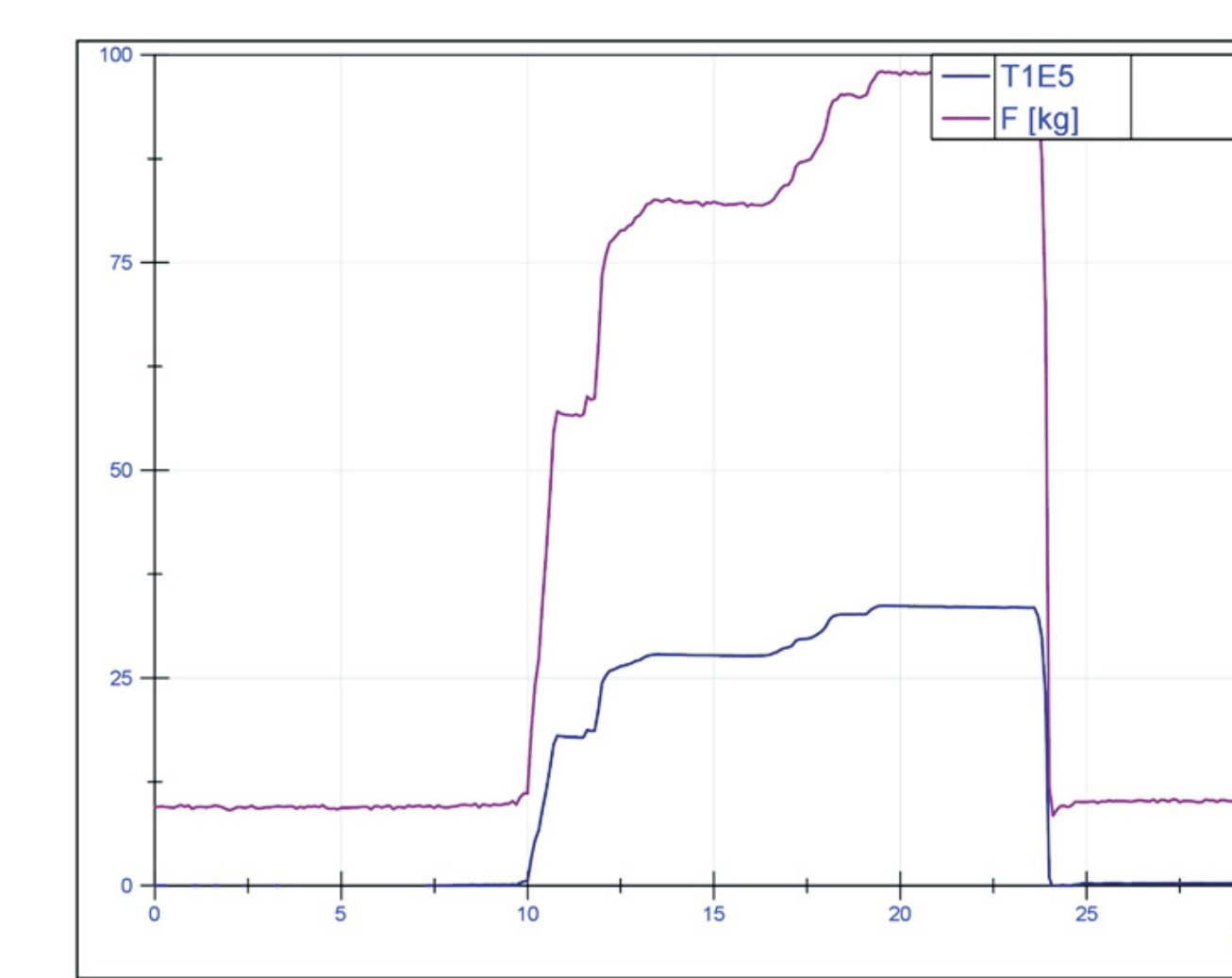
Punkt pomiarowy	Oznaczenie / Kanał fizyczny	Typ tensometru	Stala tensometru k [%]	Niepewność pomiaru tensometrycznego [%]
R1 A, B, C	R1A-RAB / 04	Tfr - 10/120	2,15±0,5	0,53
	R1B-RAA / 05			
	R1C-RAC / 06			
R2 A, B, C	R2A-RBC / 01	Tfr - 10/120	2,15±0,5	0,53
	R2B-RBB / 02			
	R2C-RBA / 03			
T2	T2-A / 07	TF - 3/120	2,15±0,5	0,23

Rys. 2. Schemat montażu tensometrów na dźwigni.
Fig. 2. Schematic of tensometers location on the lever surface

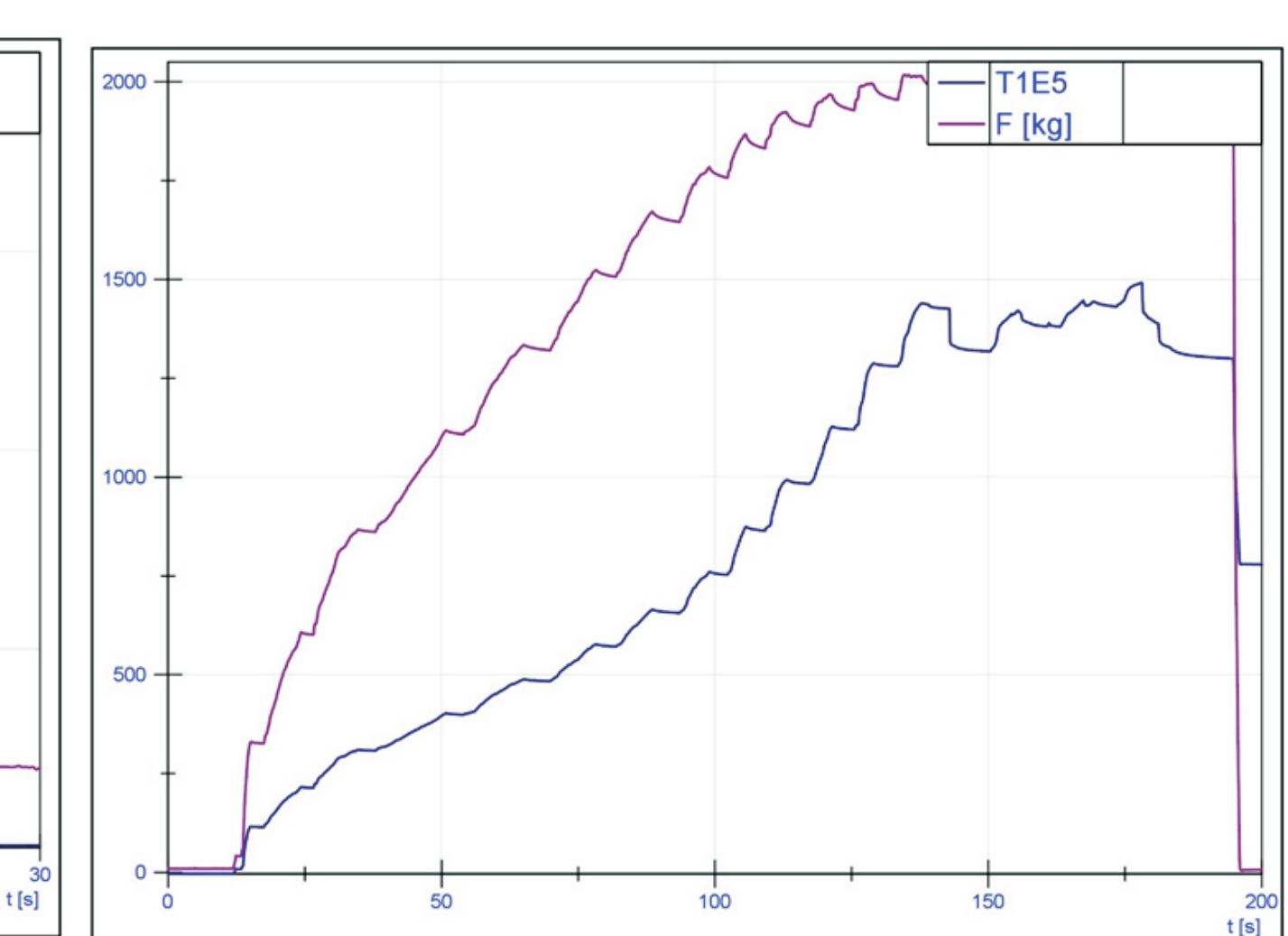


Rys. 3. Miejsca montażu tensometrów.

Na poniższych wykresach przedstawiono przebiegi czasowe siły oraz zachowania tensometru T1 - naklejonego/zamontowanego w miejscu w którym spodziewano się największych naprężeń.



Rys. 4. Przebiegi czasowe w próbie wzorcowania - siła do 1 [kN].
Fig. 4. Load versus time characteristics - force up to 1kN.



Rys. 5. Przebiegi czasowe w próbie do zniszczenia dźwigni.
Fig. 5. Load versus time characteristics - lever break test.

Po wstępnej analizie wyników z rozet tensometrycznych można wnioskować, że nie dają one jednoznacznych wyników naprężeń w miejscach ich montażu.

W ostatnim czasie dokonano zakupów niezbędnych części oraz zamówiono wykonanie detali w metalu niezbędnych do złożenia stanowiska do badania zmęczeniowego dźwigni.

Obraz z opisem stanowiska do badań zmęczeniowych dźwigni.



Rys. 6. Wizualizacja stanowiska do badań zmęczeniowych dźwigni.
Fig. 6. Lever fatigue test stand visualisation

Wnioski Conclusions

Podczas badania prototypowych rozwiązań ważne jest, aby rzetelnie przeprowadzić testy według przyjętej metodologii, która spełnia wymogi norm i przepisów lotniczych. Badane elementy poddawane obciążeniom które mogą ujawnić wewnętrzne wady materiałowe lub błędne założenia konstrukcyjne.

Obciążenie promieniowe graniczne, oraz obciążenia złożone nie spowodowało uszkodzeń piasty

Przed próbą długotrwałego toczenia stwierdzono niedostateczny zacisk pomiędzy piastą a łożyskiem, co po drodze toczenia 354 km wymagało tulejowanie gniazda łożyskowego i próby toczenia zostały przeprowadzone do docelowej wymaganej drogi 1609 km. Nie stwierdzono trwałych odkształceń piasty magnezowej oraz pęknięć.

Próba wytrzymałości statycznej dźwigni ze stopu aluminium w celach porównawczych z dźwignią ze stopu magnezu nie daje miarodajnych wyników gdyż obiekty mają różną geometrię

During prototypes' tests it is necessary to comply aviation regulations requirements. Parts tested under various loads conditions some material defects or erroneous design assumptions might be revealed.

Limit radial load as well as complex loads didn't result in hub damage.

Before wheel rolling test it was observed that bearing seating inside the hub was incorrect what resulted in additional bushing after 354 km of rolling. Tests were resumed and finished as stated in test programme ie. rolling distance of 1609km. After completing the test no cracks or permanent deformations of the hub were observed.

Aluminium alloy and magnesium alloy lever strength comparison tests were not possible in terms of results due to different geometry of both levers.

Przykłady zastosowania w lotnictwie Examples of application in aviation

Piasty koła lotniczego z plastycznie kształtowanego stopu magnezu pomyślnie przeszła długotrwałą procedurę testów w Laboratorium Badań Podwozi Lotniczych Instytutu Lotnictwa w Warszawie. Badane piasty nie posiadały zabezpieczeń antykorozyjnych w postaci powłok lub malowań niezbędnych podczas eksploatacji.

Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

Referaty:

1. Andrzej Tywoniuk „Proces badania magnezowej piasty koła lotniczego”, LOGISTYKA 6/2014