

# 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, Politechnika Warszawska, Politechnika Częstochowska

**Tytuł rozwiązania Innowacyjnego**  
*Title of the innovative solution*

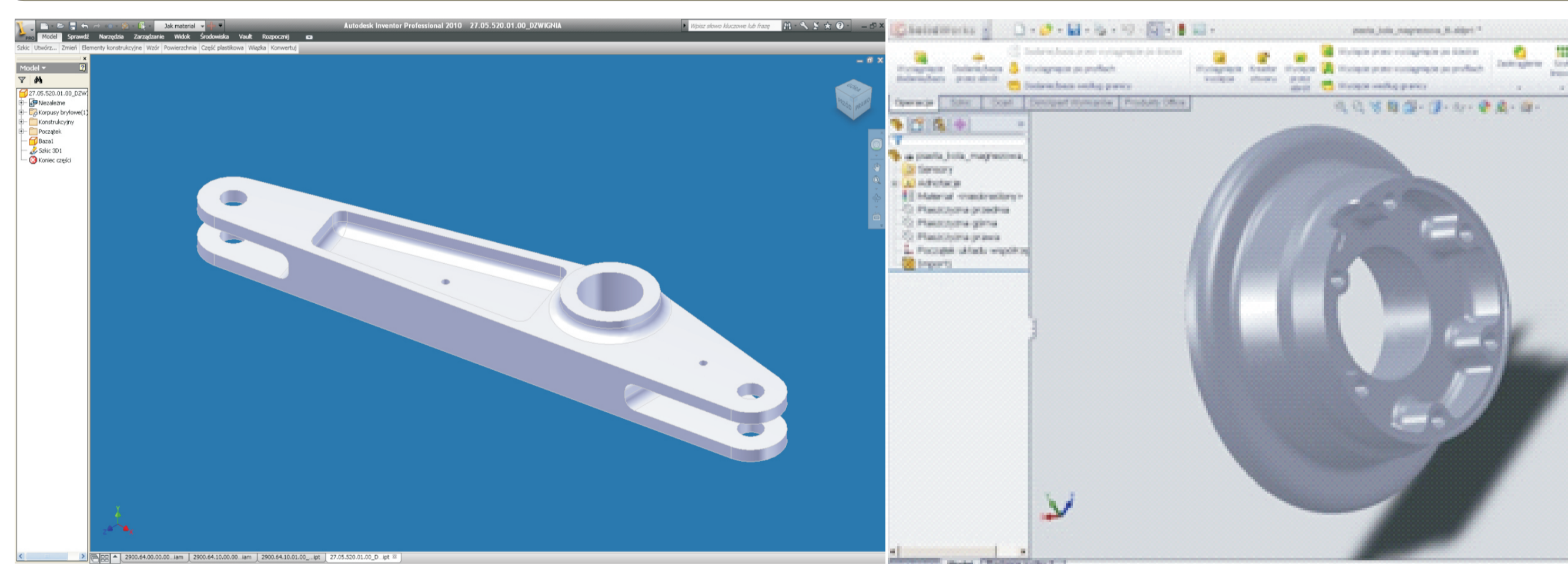
**Badania modelowe elementów konstrukcji lotniczych.**  
*Model studies of aircraft structure components.*

**Krótki opis rozwiązania**  
*Brief description of the solution*

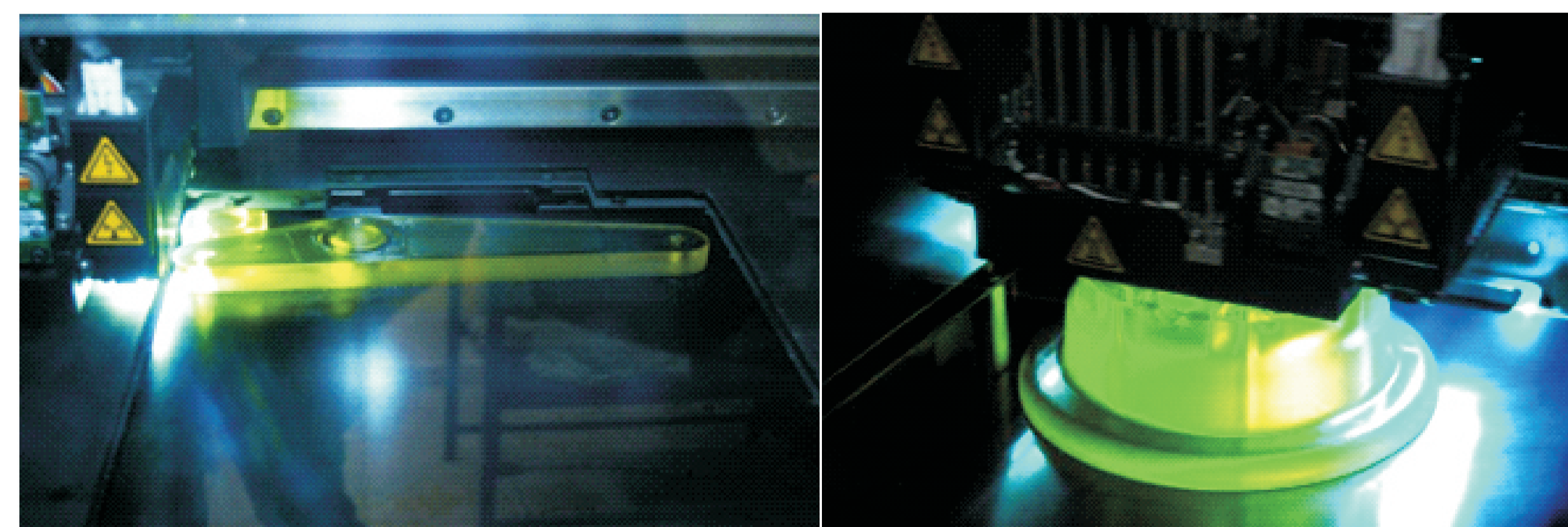
Techniki szybkiego prototypowania (ang. Rapid Prototyping – RP) pozwalają wykonywać modele o skomplikowanej budowie, do których należą elementy konstrukcji lotniczych, w tym poddawana badaniom piasta koła samolotu i dźwignia układu sterowania śmigłowca. Zastosowanie systemów szybkiego prototypowania jest szczególnie istotne w procesie wytwarzania części samolotów, dla których jest trudnione lub wręcz niemożliwe wykorzystanie tradycyjnych technologii, metod i narzędzi. Przedstawiony program badań dotyczy procesu wydruku i polimeryzacji żywicy – Jetting Systems – JS. Prototypy JS są wykorzystywane w procesie badań modelowych dzięki odpowiednim właściwościom wytrzymałościowym, jakości powierzchni modeli oraz wysokiej dokładności wymiarowo – kształtowej techniki. Opracowano technologię elastoopiecznej analizy rozkładu naprężeń wykorzystując metodę światła odbitego. Wyniki badań modelowych umożliwiają modyfikację konstrukcji części oraz wspierają opracowanie technologii wytwarzania dźwigni z materiału docelowego – stopu magnezu i aluminium w procesie kształtowania plastycznego – kucia matrycowego. Zaobserwowane w modelu obszary spiętrzenia naprężeń głównych pozwalają na adekwatne opracowanie procesu kucia oraz poprawę właściwości odkuwek.

Rapid prototyping (RP) techniques allow us to fabricate models of complex structure, including aircraft components such as the tested airplane wheel hub and helicopter steering lever. The use of rapid prototyping systems is particularly important in the process of making aircraft parts for which the application of conventional technology, methods and tools is difficult or even impossible. The present programme involves resin printing and polymerisation process (Jetting Systems (JS)). JS prototypes are used in the model testing process due to their suitable strength properties, model quality surface and high dimensional and shape accuracy offered by the technique. A technology for photoelastic analysis of stress distribution by means of reflected light was developed. The results of model studies enable modifications in part design and support the development of the technology of fabricating the lever from target material, i.e. magnesium and aluminium alloy in the die-forging process. The main stress increase areas observed in the model allow us to design the correct forging process and improve the quality of forgings.

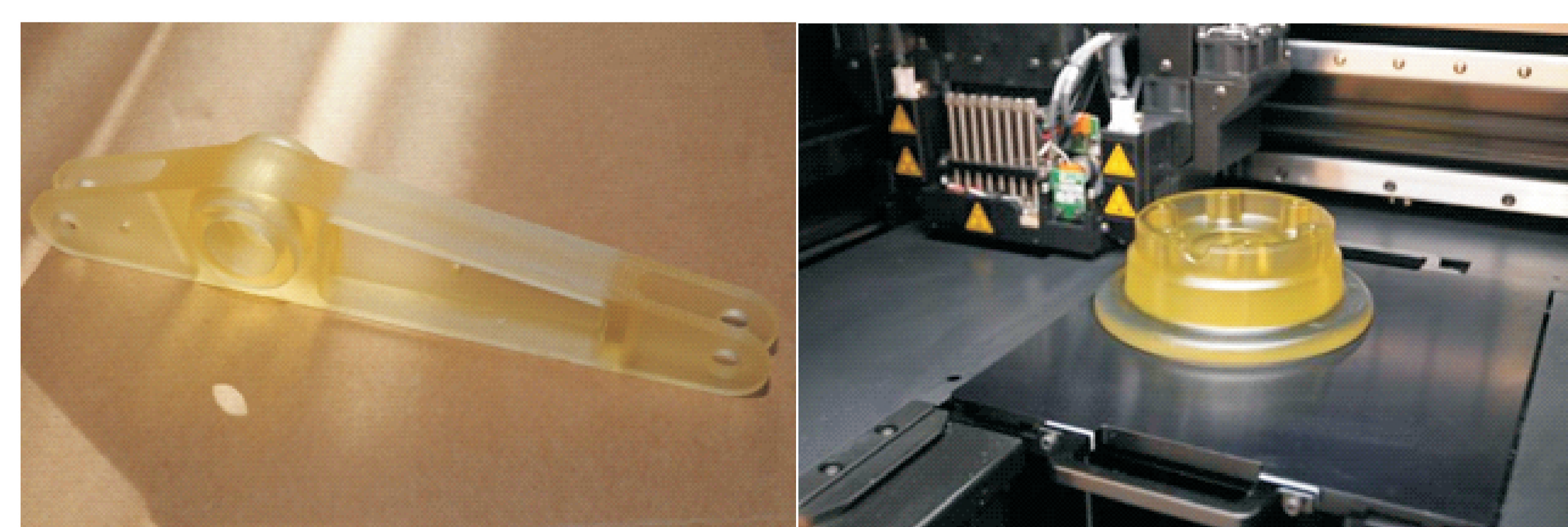
**Graficzna prezentacja rozwiązania innowacyjnego**  
*Visualization of the innovative solution*



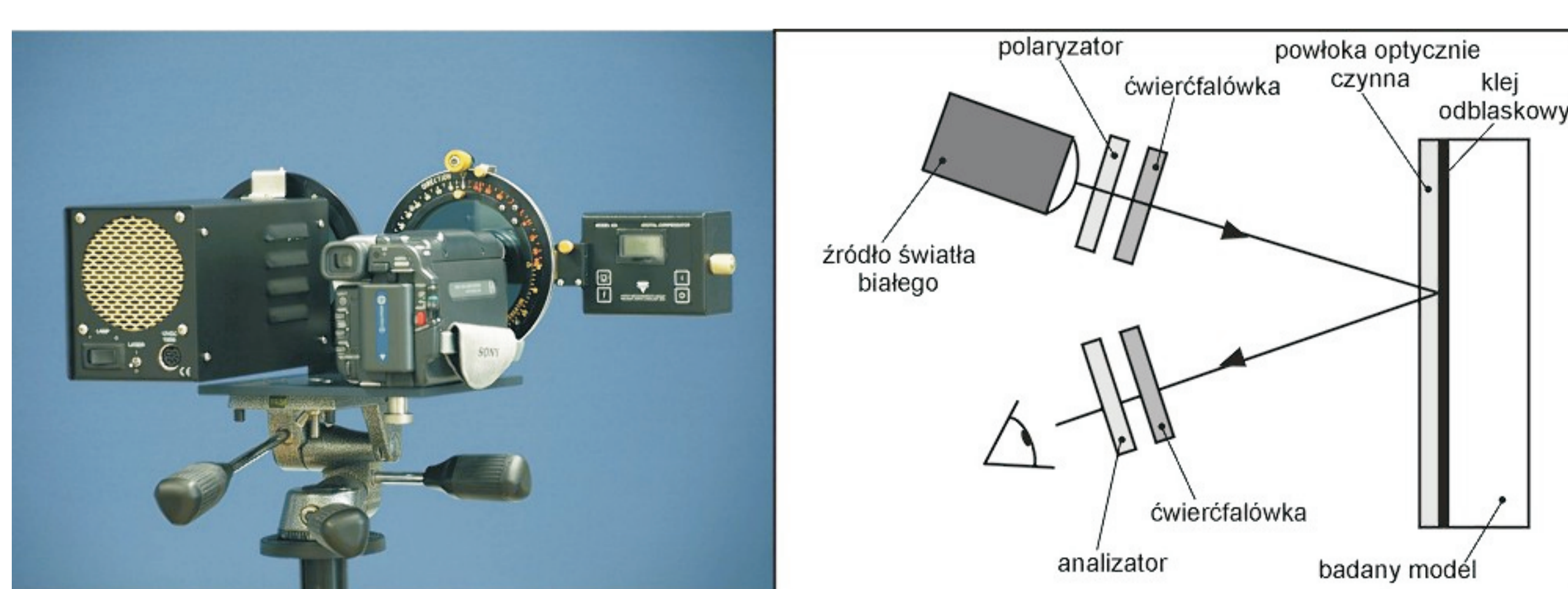
Rys.1. Model CAD dźwigni sterowania śmigłowca i piasty koła samolotu  
Fig.1. CAD models of a helicopter steering lever and an airplane wheel hub



Rys.2. Szybkie prototypowanie elementów konstrukcji lotniczych - proces Jetting Systems  
Fig.2. Rapid prototyping of aircraft structure components – Jetting Systems process

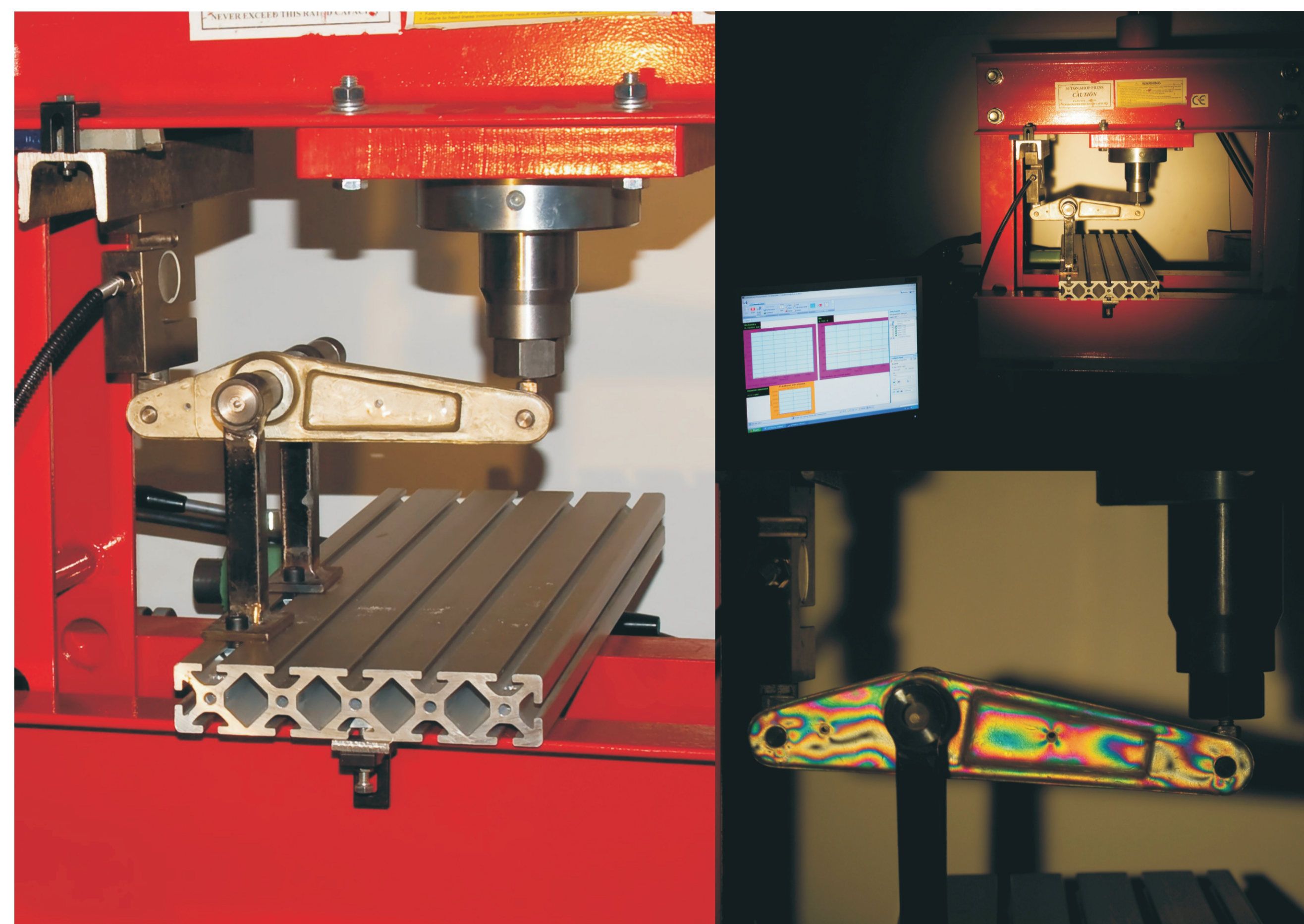


Rys.3. Modele RP dźwigni i piasty  
Fig.3. RP models of the lever and the hub

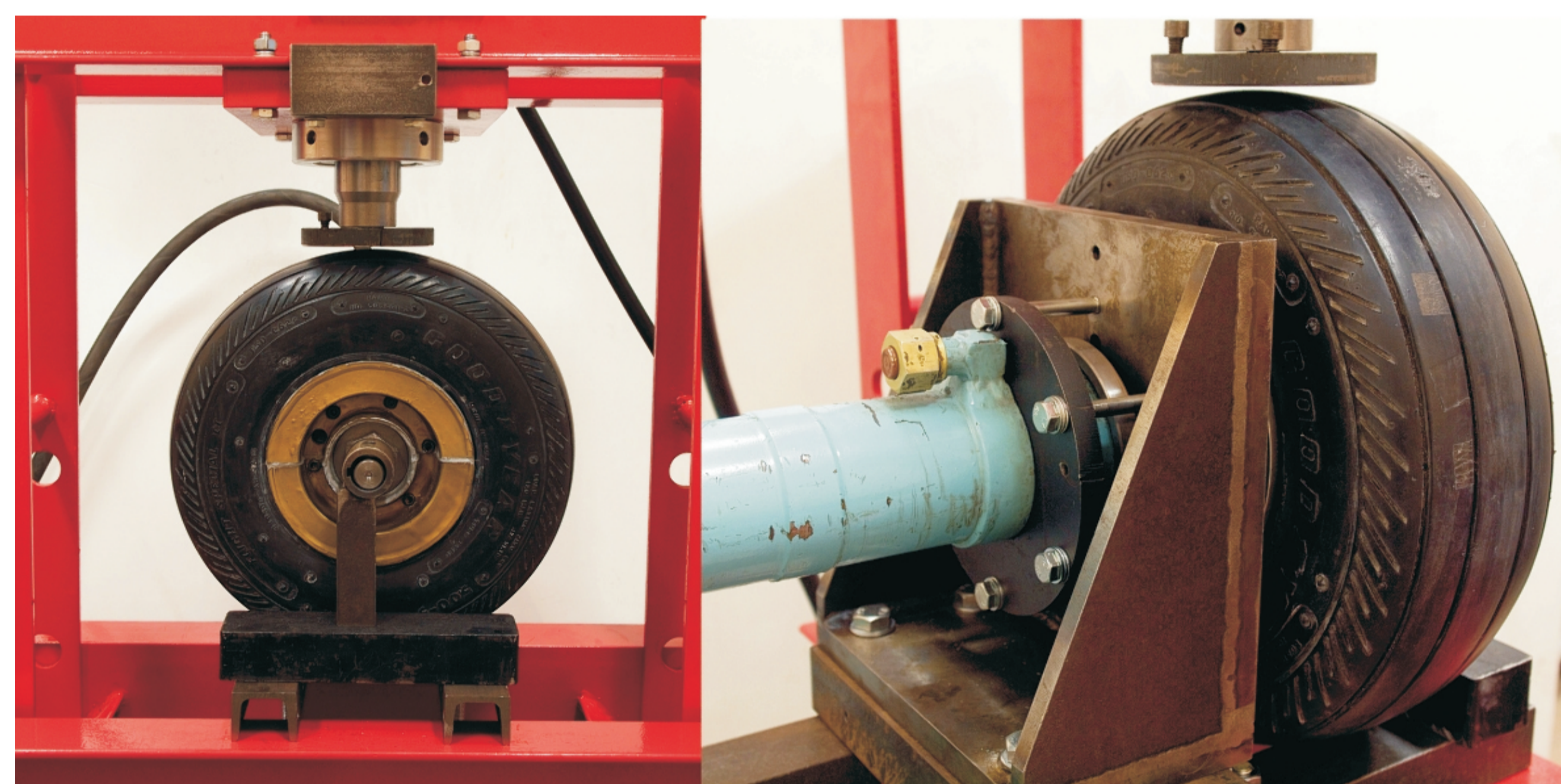


Rys.4. Polaryskop firmy Vishay na świetle odbite oraz schemat badania modelu z wykorzystaniem polaryskopu  
Fig.4. A reflection polariscope by Vishay and the workflow of model tests using the polariscope

**Graficzna prezentacja rozwiązania innowacyjnego**  
*Visualization of the innovative solution*



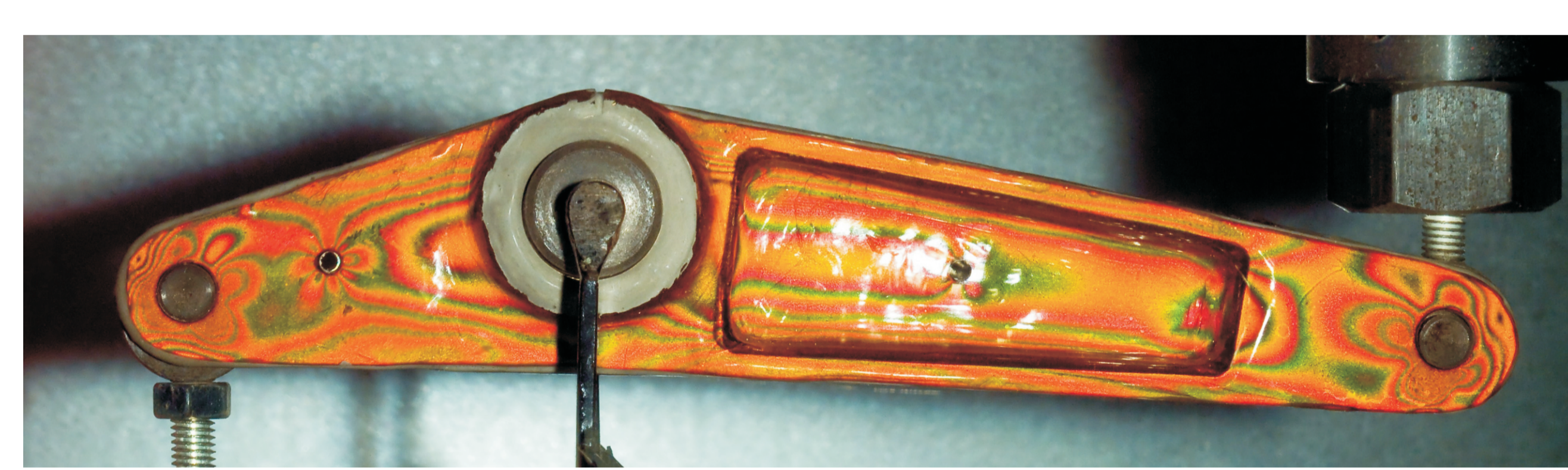
Rys.5. Stawisko badawcze dźwigni  
Fig.5. Lever test workstation



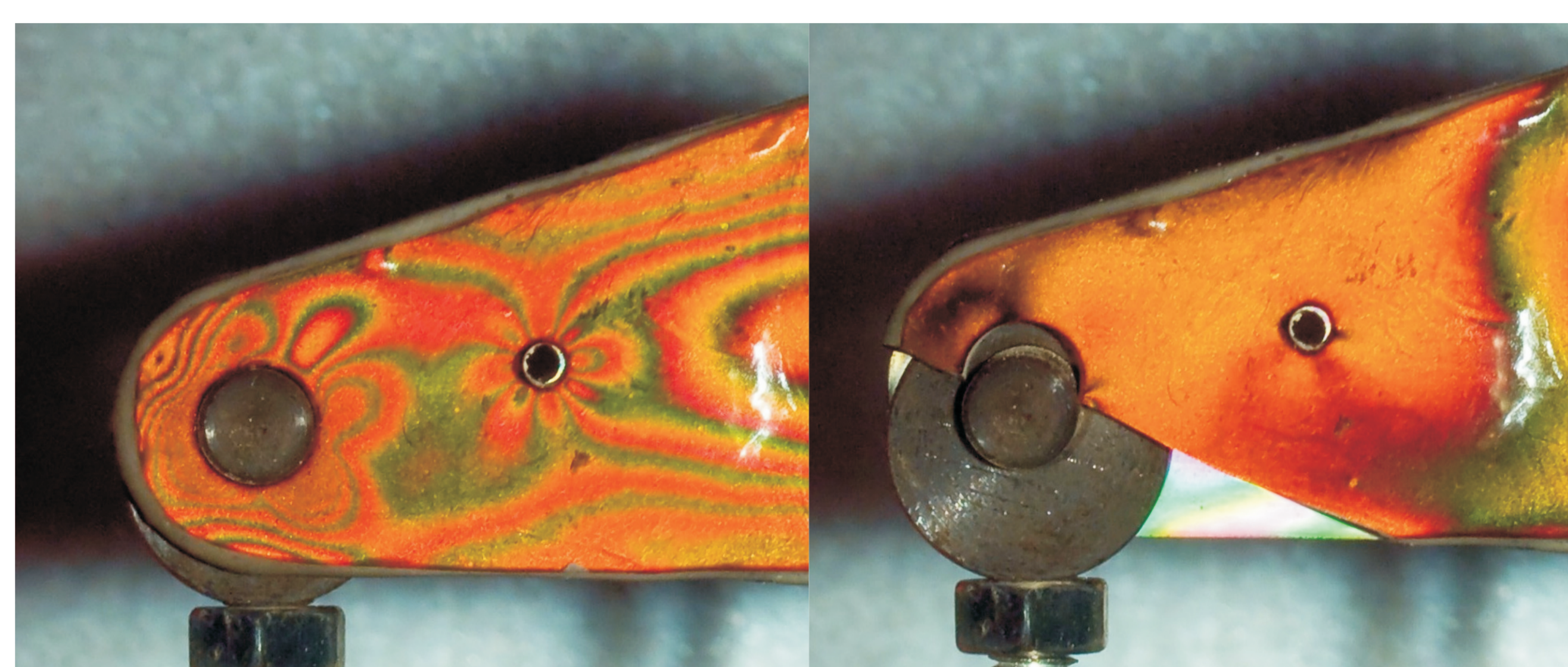
Rys.6. Stawisko badawcze piasty  
Fig.6. Hub test workstation



Rys.7. Wykonanie powłok elastoopiecznych na modelach piasty i dźwigni  
Fig.7. Applying photoelastic layers on hub and lever models

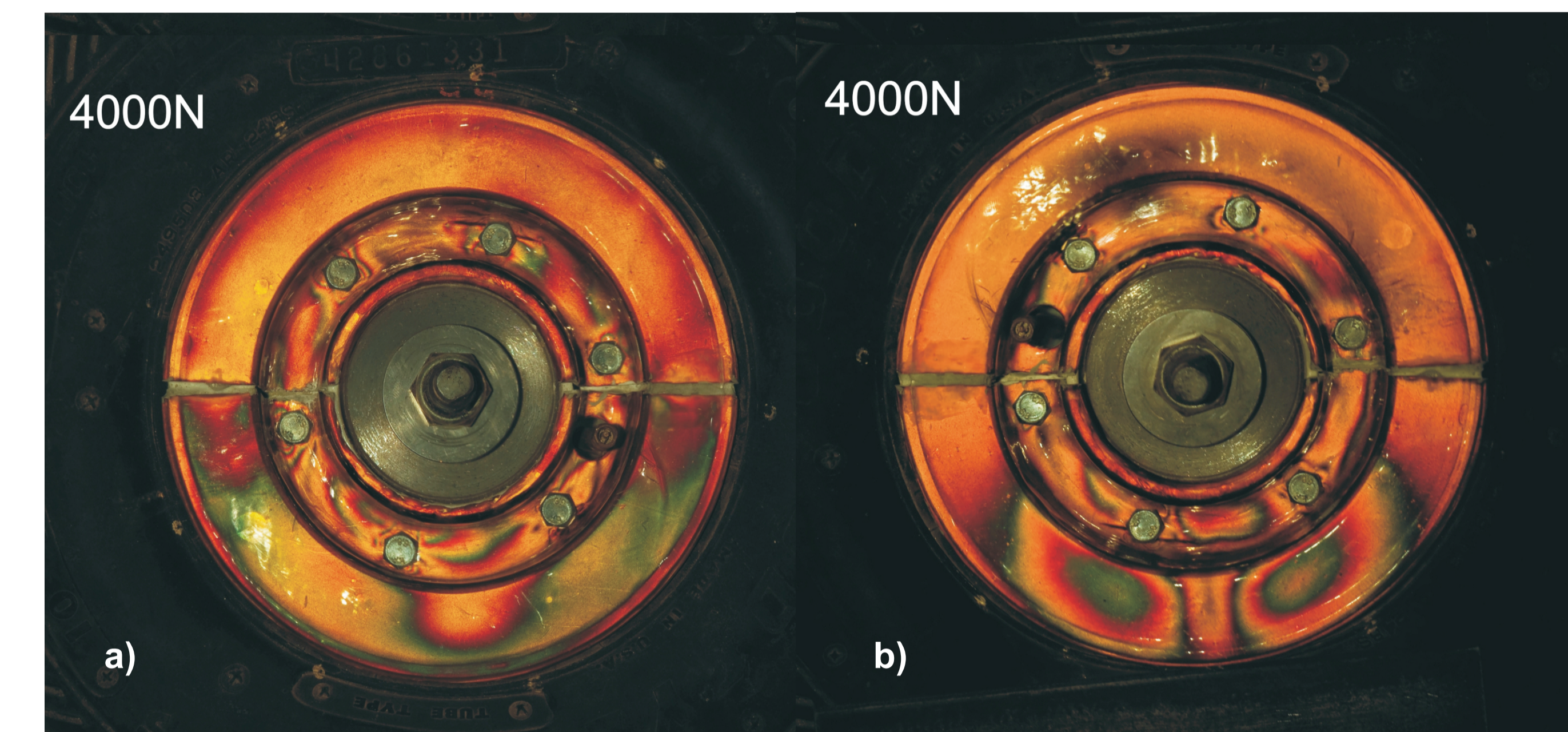


Rys.8. Rozkład naprężeń w modelu JS dźwigni układu sterowania śmigłowca - obciążenie siłą pionową 1600N  
Fig.8. Stress distribution in a JS model of the helicopter steering lever – loaded with a vertical force of 1600N



Rys.9. Obszar zniszczenia modelu JS dźwigni układu sterowania śmigłowca  
Fig.9. Destruction of a JS model of the helicopter steering lever

**Graficzna prezentacja rozwiązania innowacyjnego**  
*Visualization of the innovative solution*



Rys.10. Rozkład naprężeń w piastce koła samolotu - obciążenie siłą pionową 4000N: a) ciśnienie w oponie 1 bar, b) 0.25 bar  
Fig.10. Stress distribution in the airplane wheel hub – loaded with a vertical force of 4000N: a) tyre pressure 1 bar, b) 0.25 bar



Rys.11. Obszar zniszczenia dźwigni w odkuwce ze stopu magnezu oraz modelu wykonanego techniką JS  
Fig.11. Destruction of the lever in the forging made from magnesium alloy and a model made with the JS technique

**Zalety i ograniczenia rozwiązania innowacyjnego**  
*Advantages and restrictions of innovative solution*

Badania modelowe umożliwiają weryfikację i modyfikację konstrukcji danej części bez konieczności wytworzenia jej w docelowym procesie przemysłowym. Modele JS części lotniczych pozwalają na przeprowadzenie badań elastoopiecznych metodą światła odbitego wykorzystując podobieństwo modelowe (współczynnik określany na podstawie stosunku modułów Young'a) między obiektem rzeczywistym (ze stopu magnezu lub aluminium) a badaniem (z fotopolimeru FC720 – żywicy optycznie czynnej wykorzystywanej w procesie JS). Badania modelowe – oparte na analizie rozkładu naprężeń w prototypach elementów konstrukcji lotniczych – pozwalają na adekwatne opracowanie procesu kucia oraz poprawę właściwości odkuwek. Znajomość właściwości materiału docelowego oraz rozkładu naprężeń w modelu rzeczywistym – RP pozwala m.in. na optymalne przygotowanie matrycy tj. określenie grubości ścianek w danej części, rozmieszczenia żeber i otworów technologicznych, jak również określenie parametrów procesu – temperatury wsadu, prędkości odkształcania. Wyniki przeprowadzonych badań na przykładzie prezentowanych części uzasadniają celowość wykorzystania technik szybkiego prototypowania do opracowania i optymalizacji procesów wytwarzania wyrobów drogą plastycznego kształtowania.

Model studies make it possible to verify and modify the design of a given part without the need to fabricate it in the target industrial process. JS models of aircraft parts offer the possibility of carrying out reflected light photoelasticity tests using model similarity (a coefficient determined on the basis of the ratio of Young's moduli) between the real object (made of magnesium or aluminium alloy) and the test object (made of FC720 photopolymer, an optically active resin used in the JS process). Model studies – based on an analysis of stress distribution in aircraft structure components – allow us to adequately design the forging process and improve the quality of forgings. The knowledge of the target material's properties and stress distribution in the real model – RP enables the optimum preparation of the die, i.e. specify wall thickness in a given part, locations of ribs and process openings, and to determine the parameters of the process such as the temperature of the workpiece or deformation rate. The results of the tests, as demonstrated by the sample parts presented, justify the feasibility of the application of rapid prototyping techniques in designing and optimising the process of fabrication by means of plastic-working.

**Możliwe zastosowania w lotnictwie i innych gałęziach gospodarki**  
*Examples of application in aviation and other branches*

Poddawane badaniom modelowym piasta koła samolotu i dźwignia układu sterowania śmigłowca zostały zastosowane w prototypowych konstrukcjach samolotu szkolno-treningowego i śmigłowca bezzalagowego w Instytucie Lotnictwa w Warszawie. Wytworzone w oparciu o wyniki prowadzonych badań docelowe odkuwki części ze stopów magnezu i aluminium zostały poddane certyfikacji i trafią do produkcji.

The airplane wheel hub and the helicopter steering lever were used in prototypes of a training helicopter and an unmanned helicopter in the Institute of Aviation (Warsaw). Target forgings fabricated from magnesium and aluminium alloys on the basis of test results were certified and released for production.

**Oferta dla przemysłu**  
*The offer for industry*

Szybkie prototypowanie elementów konstrukcji maszyn, w tym części lotniczych. Elastoopieczna analiza rozkładu naprężeń z wykorzystaniem metody światła odbitego w oparciu o modele RP.

Rapid prototyping of machine structure components, including aircraft machines. Photoelastic analysis of stress distribution using reflected light method based on RP models.