

Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

Modern material technologies in aerospace industry

Plastyczne kształtowanie lotniczych stopów Al (w tym Al - Li) oraz Ti

Plastic forming of aeronautical Al (including Al - Li) and Ti alloys

Politechnika Lubelska, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Śląska, Politechnika Warszawska, Instytut Lotnictwa w Warszawie

Wyniki badań
Research results

Przykłady współpracy z przemysłem
Collaboration with industry

Przykłady zastosowania w lotnictwie
Examples of application in aviation

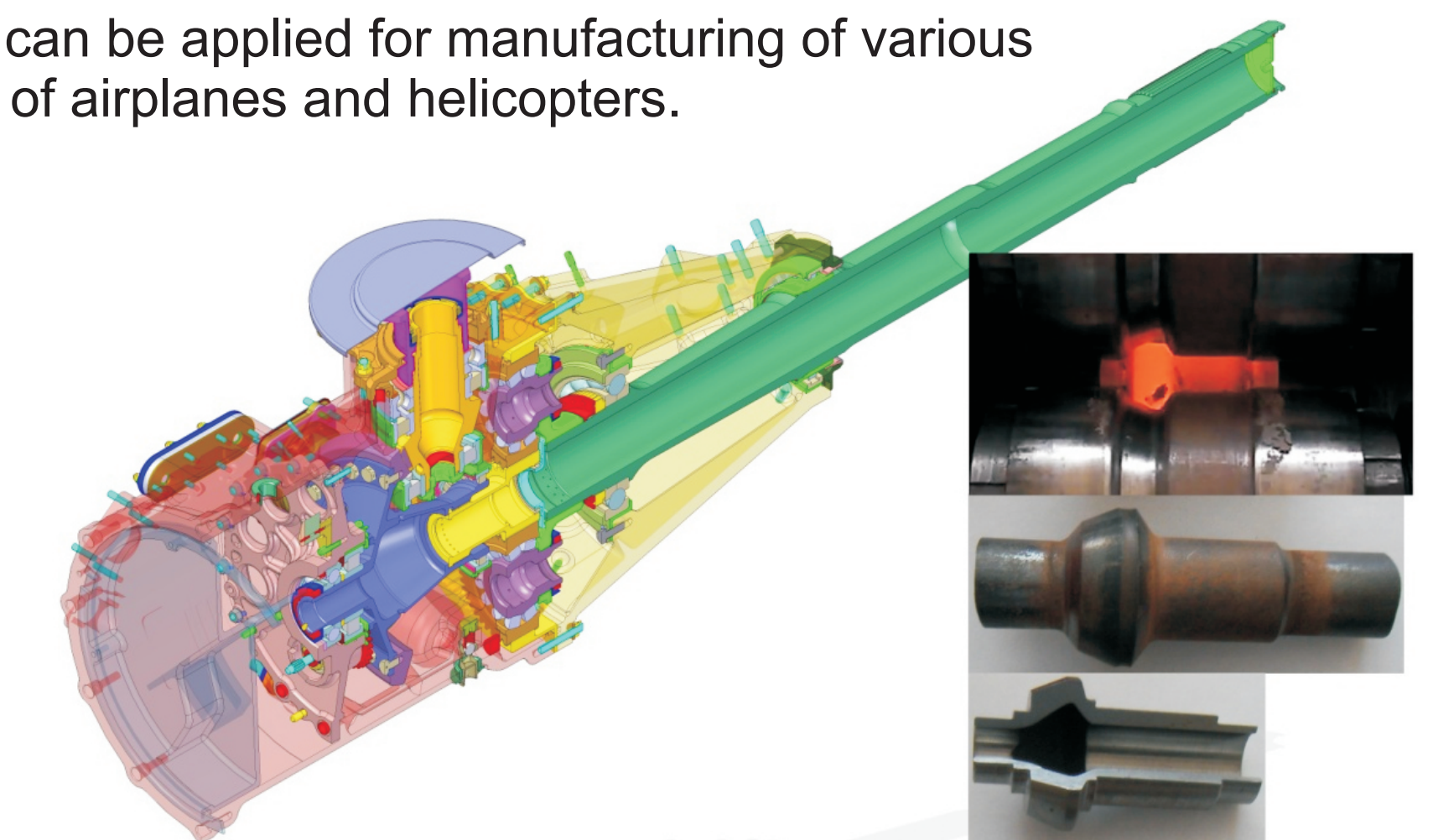
Wskaźniki realizacji celów projektu
Indicators of the project

Zakład Obróbki Plastycznej Sp. z o.o. Świdnik
Kucie wybranych odcinków części dla przemysłu lotniczego ze stopów tytanu i aluminium.
Forging of selected titanium and aluminium alloy parts for the aerospace industry.

Neapco Europe Sp. z o.o.
Zainteresowanie metodą obciskania obrotowego.
Interest in rotary compression method.

PZL Mielec
Ustalenie części samolotów i helikopterów, które mogą być wykonywane w badanych procesach kształtowania plastycznego.
Selection of the aircraft parts which can be produced by analysed metal forming methods.

Przedstawione metody kształtowania mogą mieć zastosowanie do wytwarzania między innymi elementów układu przeniesienia napędu w samolotach i helikopterach.
Presented metal forming methods can be applied for manufacturing of various parts of drive transmission system of airplanes and helicopters.

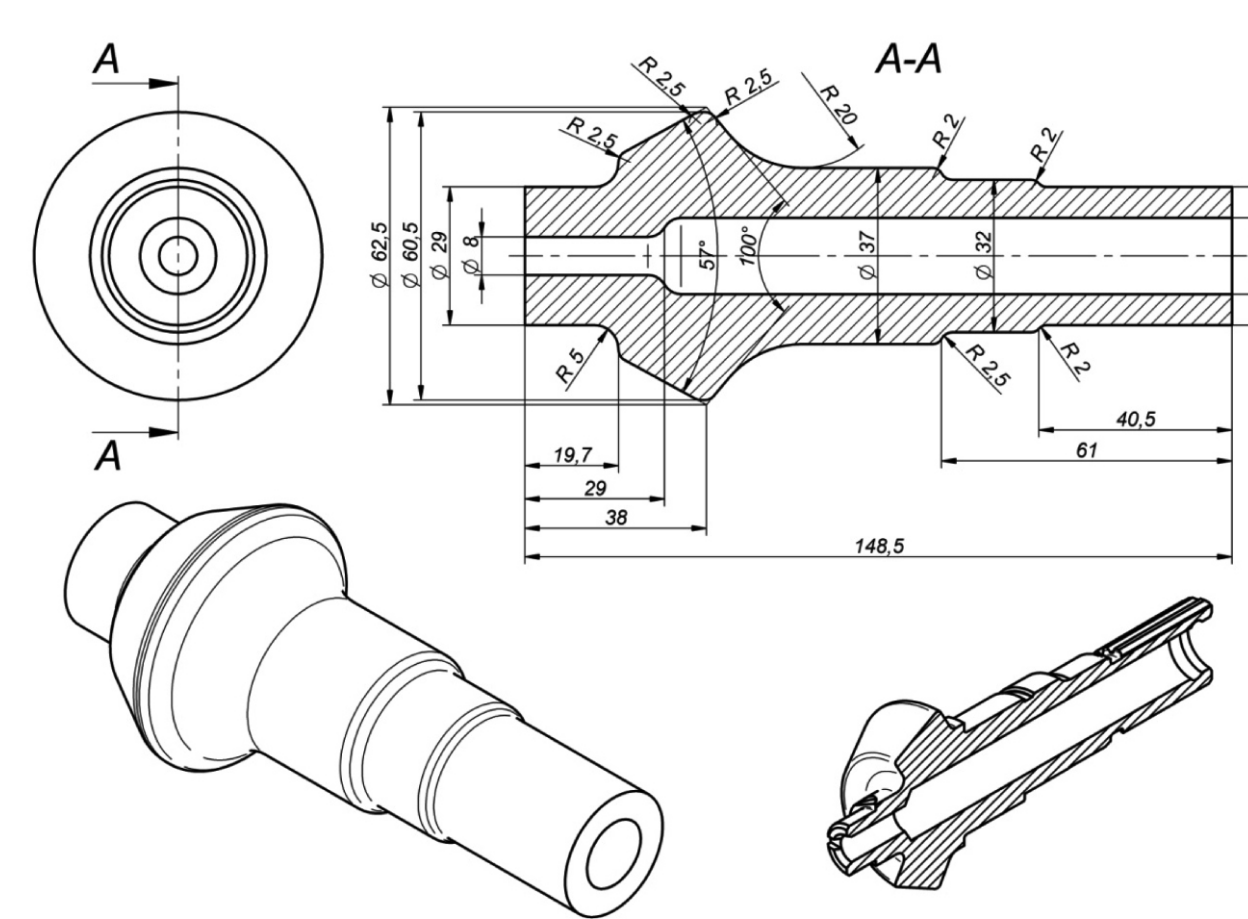


Badania teoretyczno-doświadczalne technologii walcowania poprzeczno-klinowego wałka przekładni tylnej śmigłowca ze stopu Ti6Al4V (Ti Grade 5)

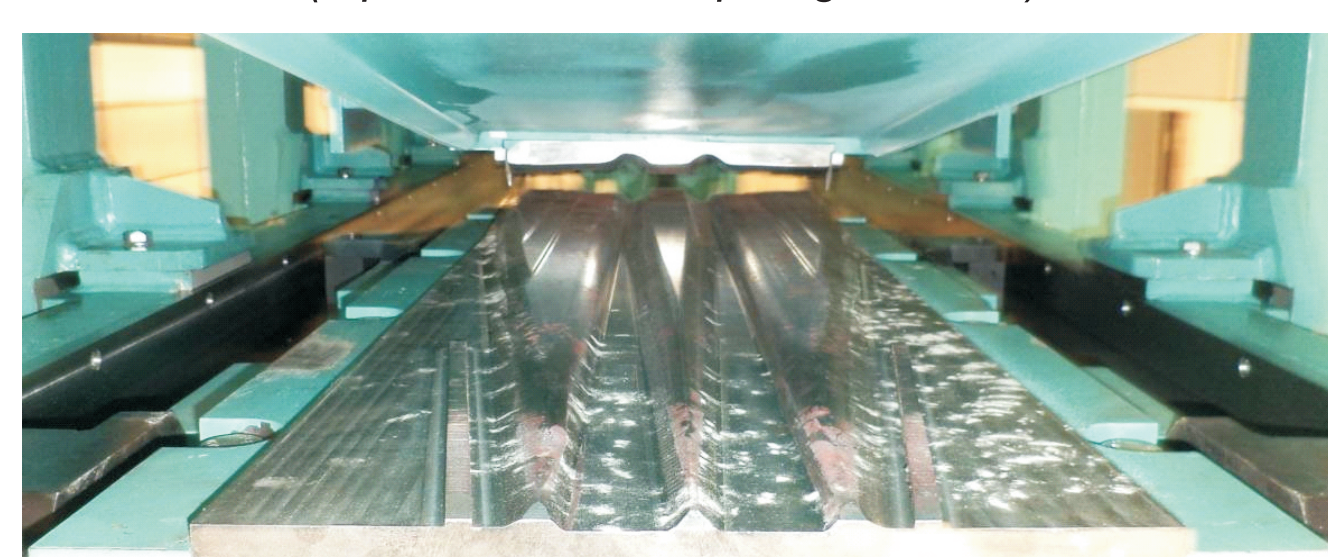
Theoretical and experimental studies on cross-wedge rolling of a helicopter rear gear shaft made of Grade 5 (Ti6Al4V) titanium alloy

W ramach zadania badawczego przeprowadzono kompleksową analizę procesu kształtowania ze stopu tytanu Grade 5 stopniowanego wałka przeniesienia napędu (rys. 1) metodą walcowania poprzeczno-klinowego. Symulacje numeryczne z wykorzystaniem metody elementów skończonych pozwoliły na ustalenie parametrów procesu i kształtu narzędzi (rys. 2). Wyniki symulacji zweryfikowano doświadczalnie w próbach prowadzonych na walcarkę płaskoklinowej (rys. 3).

A complex analysis was performed for cross-wedge rolling of a stepped drive shaft (Fig. 1) made of Grade 5 titanium alloy. Numerical simulations based on the finite element method allowed to determine process parameters and a shape of dies (Fig. 2). Simulation results has just been verified in experimental trials performed on the flat wedge rolling mill (Fig. 3).



Rys. 1. Kształt i wymiary drążonego wałka przeniesienia napędu (elementu napędu przekładni śmigłowca)
Fig. 1. Shape and dimensions of the hollow drive shaft (a part of the helicopter gear drive)



Rys. 2. Narzędzia klinowe
Fig. 2. Wedge-shaped dies



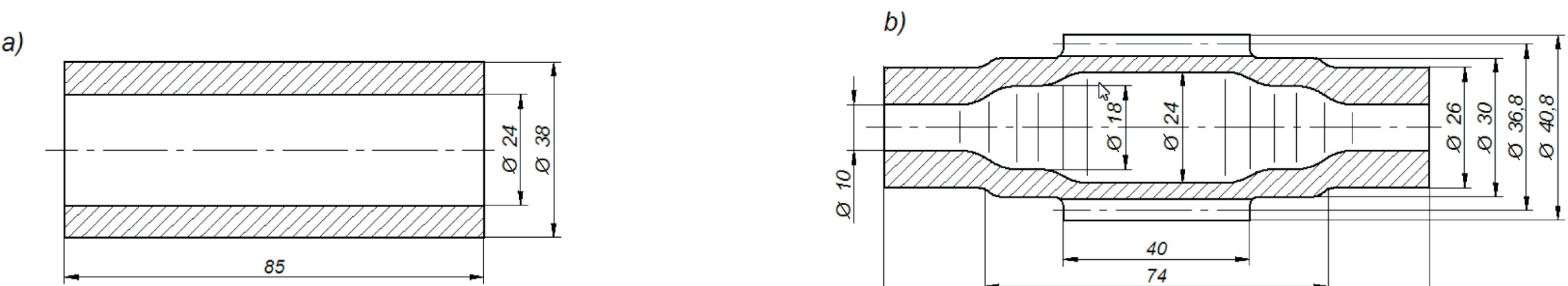
Rys. 3. Walcarka płaskoklinowa wykorzystana w badaniach doświadczalnych
Fig. 3. Flat wedge rolling mill used in the experimental trials

Badania teoretyczno-doświadczalne technologii obciskania obrotowego drążonych wałków uzębionych ze stopu aluminium

Theoretical and experimental studies on rotary compression of aluminum alloy toothed hollow shafts

W ramach zadania badawczego przeprowadzono analizę teoretyczną – doświadczalną procesu obciskania obrotowego odcinków wałków drążonych z wienkami uzębionymi (rys. 4b). Wsadem w procesie są odcinki gładkich tulei ze stopu Al (rys. 4a). Podczas pierwszego etapu badań, polegającego na modelowaniu numerycznym z wykorzystaniem metody elementów skończonych, określono optymalne parametry procesu oraz geometrię wsadu. Drugi etap obejmuje próby doświadczalne procesu obciskania w warunkach laboratoryjnych z wykorzystaniem materiałów rzeczywistych. Do badań przygotowano kuzniczy agregat do obciskania obrotowego (rys. 5), który został wyposażony w segmentowe narzędzia do kształtowania wałków uzębionych (rys. 6).

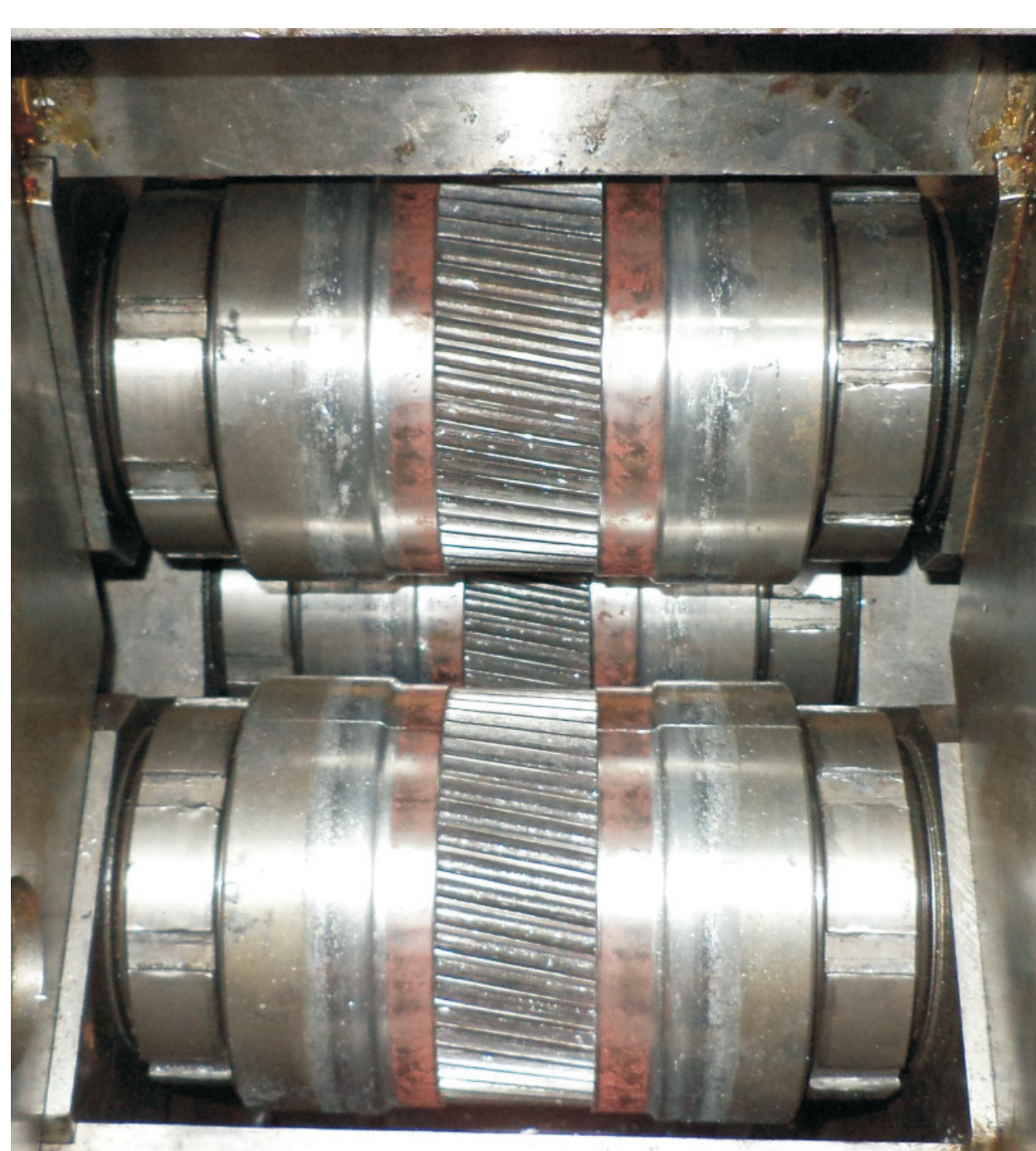
Theoretical and experimental analysis were performed within this research task for rotary compression of toothed hollow shaft forgings (Fig. 4b). The billets are made of aluminum alloy and have a form of smooth sleeve (Fig. 4a). The optimal process parameters and the billet shape were determined on the basis of numerical simulation results obtained during the first phase of the task. Currently, experimental trials in laboratory conditions are conducted within the second phase of the task. A specific forging device for rotary compression has been prepared for experiments (Fig. 5). It is equipped with segmented tools for forming of toothed shafts (Fig. 6).



Rys. 4. Cechy geometryczne wsadu (a) oraz wałka drążonego ze stopniem uzębionym (b)
Fig. 4. Geometric features of the billet (a) and the toothed hollow shaft (b)



Rys. 5. Agregat kuzniczy do obciskania obrotowego
Fig. 5. A forging device for rotary compression



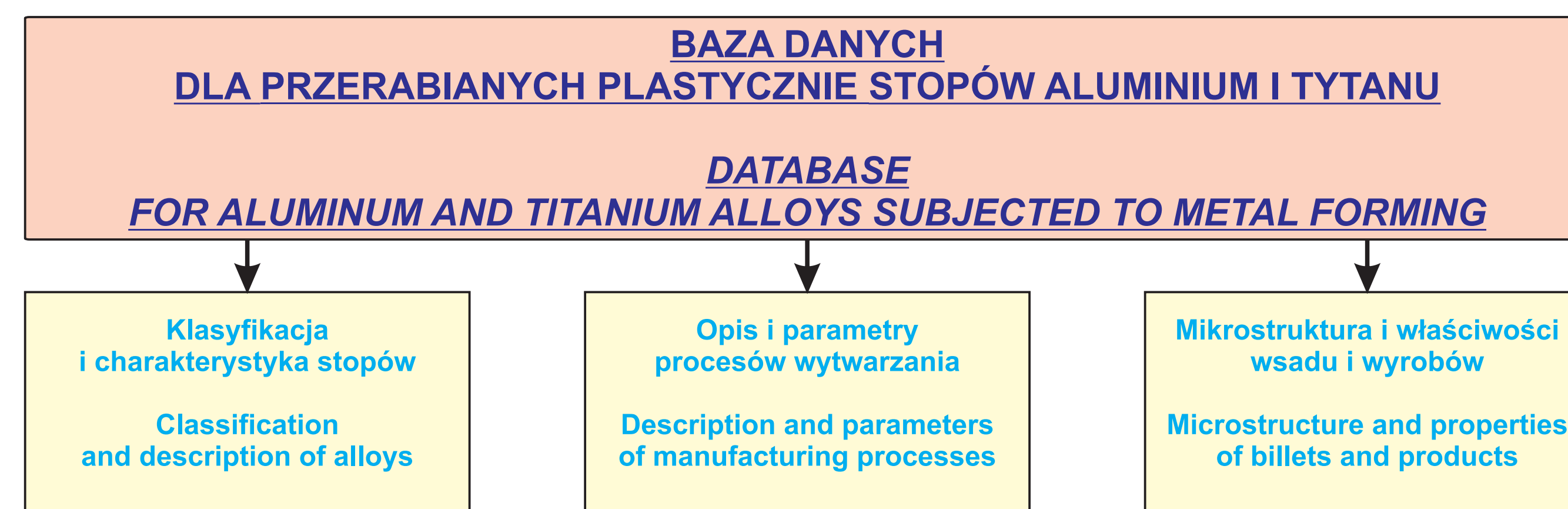
Rys. 6. Narzędzia do kształtowania drążonych odcinków wałków uzębionych
Fig. 6. Dies for forming of toothed hollow shafts

Badania właściwości mechanicznych i wyznaczenie charakterystyk materiałowych wybranych stopów aluminium i tytanu

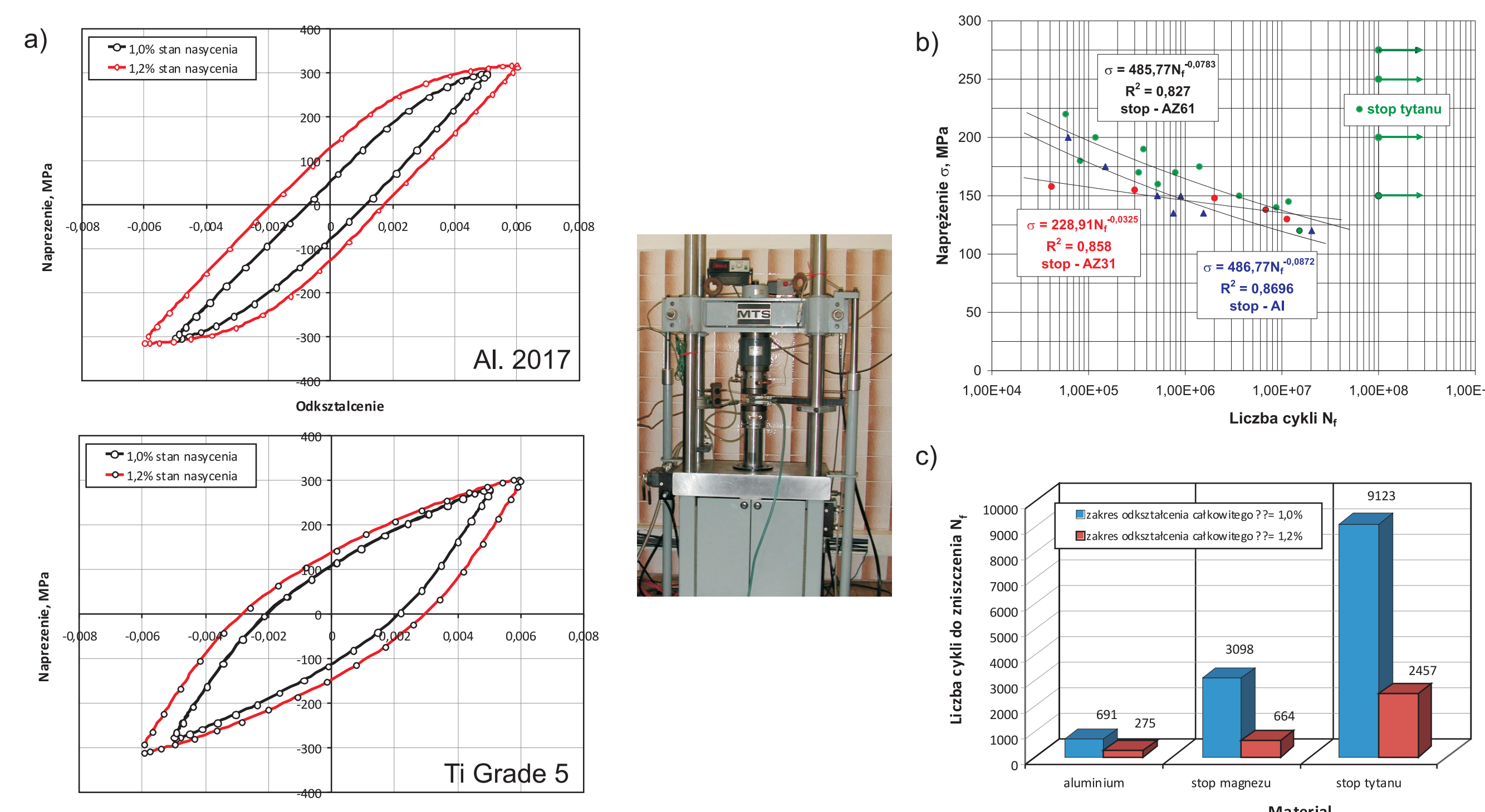
Study on the mechanical properties and determination of material characteristics of selected aluminum and titanium alloys

Przeprowadzono szereg badań (m.in. badania zmęczenia nisko- i wysokocyklowego, badania plastometryczne) które pozwoliły na wyznaczenie charakterystyk materiałowych wybranych stopów aluminium i tytanu. Wyniki badań będą dostępne w przygotowywanej bazie danych (rys. 7). Wybrane wyniki badań przedstawiono na rysunku 8.

A series of tests were conducted (e.g. low- and high-cycle fatigue tests, plastometric tests) that allowed to determine various material characteristics for selected aluminum and titanium alloys. All the results will be collected in a developed database (Fig. 7). The selected test results are presented in Fig. 8.



Rys. 7. Struktura przygotowywanej bazy danych dotyczącej przerabianych plastycznie stopów aluminium i tytanu
Fig. 7. A structure of developed database for formable aluminum and titanium alloys



Rys. 8. Przykładowe charakterystyki materiałowe uzyskane w prowadzonych badaniach: pętla histerezy zarejestrowane w stanie ustalonym (a), charakterystyki wysokocyklowej (b) i niskocyklowej (c) (właściwości zmęczenia)

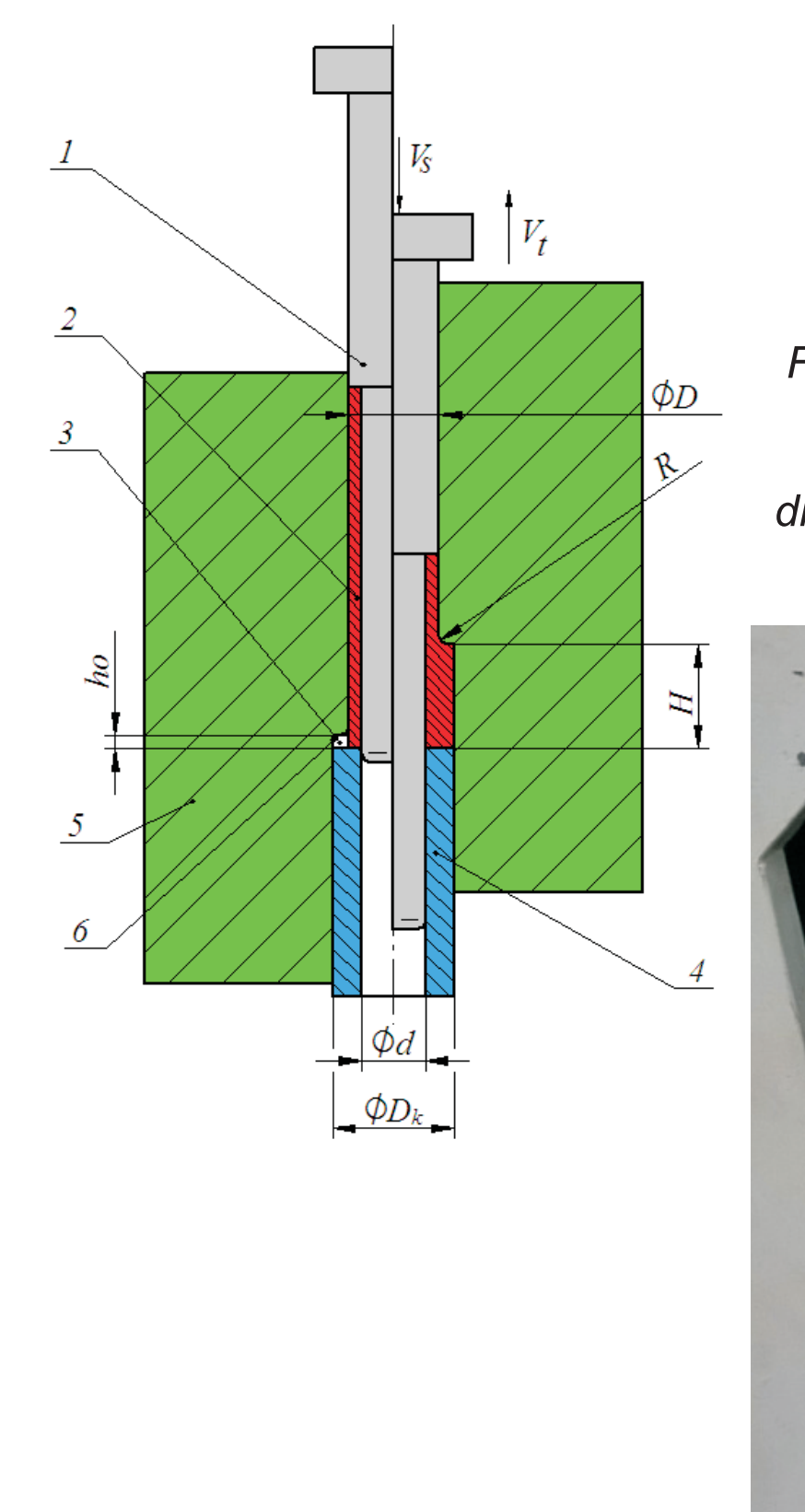
Fig. 8. Selected material characteristics obtained in the conducted tests: hysteresis loops acquired in the stable state of the low-cycle fatigue test (a), characteristics of high-cycle (b) and low-cycle (c) fatigue strength

Badania teoretyczno-doświadczalne procesu wyciskania kołnierza we wsadach drążonych z zastosowaniem ruchomej tulei

Theoretical and experimental studies on flange extrusion in hollow billets with application of a moving sleeve

W ramach zadania przeprowadzono badania nowej metody kształtowania kołnierzy w wyrobach drążonych. Metoda polega na wyciskaniu z zastosowaniem ruchomej tulei, której zadaniem jest przeciwdziałanie zjawisku wyboczenia półfabrykatu (rys. 9). Wprowadzenie ruchomej tulei umożliwiło wykonanie kołnierza o wysokości kilkakrotnie większej od grubości ścianki półfabrykatu. W celu weryfikacji metody wykonano obliczenia numeryczne, wykorzystując metodę elementów skończonych. Ponadto zaprojektowano i wykonano przyrząd (rys. 10) do weryfikacji doświadczalnej procesu, dzięki któremu wykonano serię próbną odcinków drążonych z kołnierzami (rys. 11).

A study on the new method for flange forming in hollow products was performed within this research task. The method consists in extrusion with application of a moving sleeve in order to counteract billet buckling effect (Fig. 9). This solution allows to obtain a flange several times higher than billet wall thickness. Numerical simulations were performed to verify the concept of the method. Moreover, a specific device was developed and produced (Fig. 10) for experimental verification. A test series of hollow forgings with flanges (Fig. 11) has been manufactured recently.



Rys. 9. Schemat przyrządu do wyciskania kołnierza: 1- stempel, 2- półfabrykat, 3- przestrzeń między narzędziami, 4- tuleja oporowa, 5- tuleja ruchoma, 6- czołowa powierzchnia tulei ruchomej Vt - prędkość tulei ruchomej, Vs - prędkość stempla, D - zewnętrzna średnica półfabrykatu, d - wewnętrzna średnica półfabrykatu, Dk - średnica kołnierza, ho - początkowe wysunięcie tulei ruchomej, R - promień zaokrąglenia tulei ruchomej, H - wysokość kołnierza

Fig. 9. A schematic representation of a device for flange extrusion: 1 - punch, 2 - billet, 3 - space between dies, 4 - thrust sleeve, 5 - moving sleeve, 6 - frontal surface of a moving sleeve. Vt - velocity of a moving sleeve, Vs - punch velocity, D - external diameter of a billet, d - internal diameter of a billet, Dk - flange diameter, ho - initial shift of a moving sleeve, R - fillet radius of a moving sleeve, H - flange height



Rys. 11. Tuleje z kołnierzami uzyskane podczas badań doświadczalnych
Fig. 11. Flanged sleeves obtained during experimental trials

Referaty

- Gontarz A., Pater Z., Tomczak J., Winiarski G.: *Theoretical and experimental research on a method for producing a triangular rosette-shaped flange*. Metal Forming 2014, 21-24.09. 2014, Palermo, Włochy
- Bartnicki J., Tomczak J., Pater Z.: *Numerical analysis of rolling extrusion process of a toothed shaft from titanium alloy Ti6Al4V*. Metal Forming 2014, 21-24.09.2014, Palermo, Włochy
- Gontarz A., Pater Z., Winiarski G.: *Experimental research of metal forming of a flange in the shape of triangular rosette from titanium alloy Ti6Al4V*. AutoMetForm/SFU 2014: New Materials for Vehicle Components, 3-5.11.2014, Freiberg, Niemcy.
- Tkocz M., Grosman F., Hadasik E.: *Unconventional bulk metal forming methods developed at the Institute of Metals Technology in Politechnika Śląska, Katowice, Poland*. 12.11.2014, Seminarium, VSB-TU Ostrava, Rep. Czeska
- Tofil A., Tomczak J., Bulzak T.: *Teoretyczno-doświadczalne badania procesu walcowania poprzeczno-klinowego odcuwki ze stopu aluminium 6061 w uniwersalnej walcarkie kuzniczej*. Plastmet 2014, 25-28.11.2014, Łańcut.
- Tomczak J., Pater Z., Bulzak T.: *Kształtowanie odcuwki drążonego wałka ze stopu tytanu Ti6Al4V metodą obciskania obrotowego*. Plastmet 2014, 25-28.11.2014, Łańcut.
- Tkocz M., Grosman F.: *Wpływ oscylacyjnie generowanych naprężeń stycznych na efektywność likwidacji wewnętrznych nieciągłości materiału*. Plastmet 2014, 25-28.11.2014, Łańcut.

Publikacje

- Gontarz A., Winiarski G.: *Analiza numeryczna procesu wyciskania kołnierza z zastosowaniem pierścienia ograniczającego*. Hutnik – Wiadomości Hutnicze, 2014, nr 7, 428 - 436.
- Bulzak T., Tomczak J., Pater Z.: *Walcowanie kuznicze odcuwki drążonych ze stopu aluminium 6063*. Hutnik, Wiadomości Hutnicze 2014, nr 8, 523-527.
- Samolyk G.: *Orbital forging of a Ti6Al4V alloy jaw coupling sleeve*. Key Engineering Materials, 2014, vol. 622-623, 1228-1234.
- Samolyk G.: *Charakterystyka obciążenia narzędzi podczas prasowania obwiedniowego*. Hutnik – Wiadomości Hutnicze, 2014, nr 7, 456-459.
- Bartnicki J., Tomczak J., Pater Z.: *Numerical analysis of rolling extrusion process of a toothed shaft from titanium alloy Ti6Al4V*. Key Engineering Materials, 2014, vol. 622-623, s. 1215-1220.
- Gontarz A., Pater Z., Tomczak J., Winiarski G.: *Theoretical and experimental research on a method for producing a triangular rosette-shaped flange*. Key Engineering Materials, 2014, vol. 622-623, 1166-1172.
- Tkocz M., Grosman F.: *Przeróbka plastyczna w złożonych stanach obciążenia generujących oscylacyjnie zmienne naprężenia styczne*. Hutnik - Wiadomości Hutnicze 2014, nr 8, 604-607.

Wnioski
Conclusions

• Zaprezentowane metody kształtowania plastycznego wykazują duży potencjał w zakresie zastosowania w przemyśle lotniczym. Większość opracowywanych technologii ma charakter innowacyjny i jest zabezpieczona zgłoszeniami patentowymi.

• Prowadzone badania eksperymentalne i symulacyjne pozwalają na ustalenie najkorzystniejszych warunków prowadzenia analitycznych procesów kształtowania. Wyniki przeprowadzonych badań potwierdziły możliwość wytwarzania elementów samolotów i śmigłowców za pomocą zaproponowanych metod.

• Demonstratory wybranych elementów samolotów i śmigłowców zostaną przygotowane w najbliższej przyszłości.

• Przygotowywana jest baza danych zawierająca unikalny zestaw informacji dotyczących wybranych stopów aluminium i tytanu, przeznaczonych do wytwarzania elementów konstrukcyjnych metodami przeróbki plastycznej. Baza będzie dostępna w Internecie; poziom dostępu zostanie ustalony w stosownej umowie.

• Presented forming processes exhibit a great application potential for the aerospace industry. The majority of developed technologies are innovative and are protected by patents.

• Conducted experiments and simulations enable to determine the most favourable conditions of the forming methods investigated.

• The results of the conducted research confirmed the opportunity to produce aircraft parts by means of the proposed forming methods.

• A unique database is under preparation. It will consist information on selected aluminum and titanium alloys that can be used for manufacturing of aircraft parts by various metal forming methods. The database will be available via internet; access level will be settled in a specific contract.