Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym
Modern material technologies in aerospace industry

INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO

KONFERENCJA ROCZNA
Projektu Kluczowego
10-11 Grudnia 2012

ZB 8

Plastyczne kształtowanie lotniczych stopów Al (w tym Al - Li) oraz Ti
Forming of aeronautical Al (including Al - Li) and Ti alloys

Politechnika Śląska, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Lubelska, Politechnika Warszawska, Politechnika Częstochowska

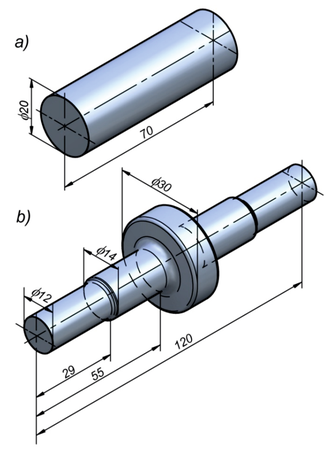
Wyniki badań
Results

Badania procesu walcowania poprzeczno-klinowego ze spęczaniem wałka ze stopu aluminium 2618A

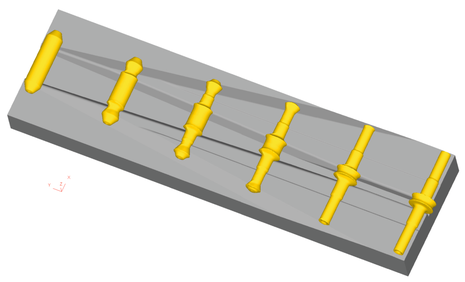
Research of cross wedge rolling process with upsetting of shaft from 2618A aluminium alloy

Przeprowadzone badania dotyczyły procesu walcowania poprzeczno-klinowego ze spęczaniem, w którym można kształtować osiowosymetryczne wałki ze stopniami o większej średnicy od średnicy wsadu. Stosując modelowanie numeryczne określono wpływ podstawowych parametrów walcowania (kąta rozwarcia klina, kąta kształtującego, stopnia gniotu i długości walcowania) na efekt spęczania (charakteryzowany przez współczynnik wzrostu średnicy). Przedstawiono także wyniki prób doświadczalnych walcowania wałka stopniowanego, którego jeden ze stopni miał średnicę o 50% większą od średnicy zastosowanego materiału wsadowego.

The conducted research works concerned cross wedge rolling with upsetting, a process in which axially symmetric parts with steps whose diameters are larger than billet diameters can be formed. Taking advantage of numerical modeling, the effect of such basic geometric parameters of the rolling process as the spreading angle, forming angle, reduction ratio, and rolling length on upsetting (defined by the diameter increase ratio) was determined. The paper also presents the results of experimental tests performed to roll a stepped shaft whose one step had a diameter half as large as that of the billet.



Rys. 1. Kształt i wymiary: a) wsadu, b) analizowanego wałka
Fig. 1. Shape and dimensions of: a) billet, b) analyzed shaft



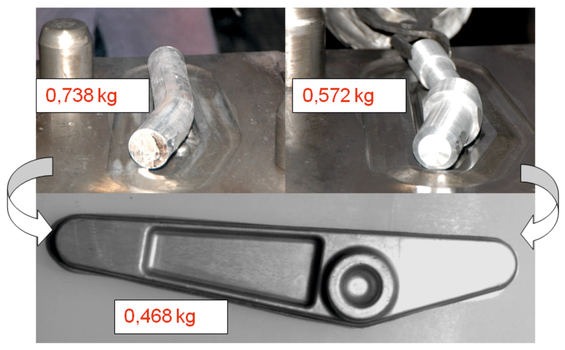
Rys. 2. Progresja kształtu wałka w procesie walcowania poprzeczno-klinowego ze spęczaniem – wyniki symulacji
Fig. 2. Shape progression of shaft in cross wedge rolling with upsetting - simulation results

Badania doświadczalne kucia odkuwki dźwigni ze stopu 2618A z przedkuwki walcowanej

Experimental research of a forging process of lever forging from 2618A alloy using rolled preform

W ramach zadania wykonano próby doświadczalne procesu kucia odkuwki dźwigni z przedkuwki walcowanej wzdłużnie ze stopu aluminium 2618A. W rezultacie przeprowadzonych badań stwierdzono, że dzięki zastosowaniu w procesie kucia, wstępnie ukształtowanego półfabrykatu (przedkuwki) możliwe jest ok. 23% zmniejszenie zużycia materiału.

Experimental research of a forging process of lever forging from 2618A alloy using rolled preform were carried out. On the basis of obtained results it was stated, that application of rolled preform in forging process allows reduction of material consumption about 23%.



Rys. 3. Zużycie materiału w procesie kucia z pręta i przedkuwki walcowanej
Fig. 3. Material consumption in lever forging process using rod and rolled preform

Badania teoretyczno-doświadczalne kształtowania kołnierzy wsadów rurowych ze stopów aluminium

Theoretical and experimental research of flange forming of pipe from aluminium alloy

W ramach zadania wykonano teoretyczno-doświadczalne badania procesu wywijania kołnierzy wsadów rurowych ze stopów aluminium. Na podstawie uzyskanych wyników zidentyfikowano zjawiska ograniczające, określono optymalną geometrię narzędzi i parametry procesu.

Theoretical and experimental research of flange forming process of pipe from aluminium alloy were carried out. On the basis of obtained results, identification of limiting phenomena and optimum shapes of tools and process parameters were determined.

Rys. 4. Proces wywijania kołnierzy: a) zaciskanie wsadu rurowego, b) operacja kształtowania kołnierza, c) przykład wyrobu

Fig. 4. Flange forming process: a) clench of pipe, b) flange forming operation, c) sample of part

Przykłady zastosowania w lotnictwie
Examples of application in aviation

Technologia wywijania kołnierzy wsadów rurowych jest alternatywą dla materiałochłonnych i czasochłonnych metod obróbki ubytkowej w zakresie wytwarzania części drążonych z kołnierzami, których przykłady podano na rys. 5.

Rys. 5. Przykłady wałów przeniesienia napędu stosowanych w przemyśle lotniczym

Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym
Collaboration with aviation industry

Prowadzona jest ścisła współpraca z Zakładem Obróbki Plastycznej Sp. z o.o. w Świdniku m.in. w zakresie kucia odkuwek ze stopów aluminium i tytanu

Wskaźniki realizacji celów projektu
Indicators of the project

Referaty

1. Arkadiusz Tofil, Janusz Tomczak, Zbigniew Pater: ***Walcowanie poprzeczno-klinowe ze spęczaniem***. VIII Seminarium Naukowe Zintegrowane Studia Podstaw Deformacji Plastycznej Metali, 20 – 23 listopada 2012r., Łańcut-Zamek
2. Janusz Tomczak, Zbigniew Pater, Tomasz Bulzak: ***Thermo mechanical analysis of a lever preform forming from magnesium alloy AZ31***, VIII Seminarium Naukowe Zintegrowane Studia Podstaw Deformacji Plastycznej Metali, 20 – 23 listopada 2012r., Łańcut-Zamek
3. Andrzej Gontarz, Zbigniew Pater, Krzysztof Drozdowski: ***Kucie na młocie odkuwki felgi ze stopu tytanu Ti6Al4V.*** VIII Seminarium Naukowe Zintegrowane Studia Podstaw Deformacji Plastycznej Metali, 20 – 23 listopada 2012r., Łańcut-Zamek
4. Tofil A.: ***Badania nowego procesu dzielenia wsadów rurowych ze stopu aluminium 2618A bazującego na walcowaniu poprzeczno-klinowym***. VIII Seminarium Naukowe Zintegrowane Studia Podstaw Deformacji Plastycznej Metali, 20 – 23 listopada 2012r., Łańcut-Zamek
5. Gontarz A., Pater Z., Tofil A., Drozdowski K.: ***Manufacturing process of plane rim from aluminum alloy***. 7th International Conference Supply on the Wings, 6-8.11.2012, Frankfurt, Niemcy
6. B. Pawłowska, R. Śliwa: ***Wyciskanie przeciwbieżne kształtowników ze stopów aluminium stosowanych na elementy konstrukcji lotniczych***, VIII Konferencja Zintegrowane Studia Podstaw Deformacji Plastycznej Matali PLASTMET 2012, 20-23.11.2012 Łańcut,

Prace mgr, dr, hab.

Prace doktorskie

- Okoń Łukasz: ***Kształtowanie zewnętrznych kołnierzy rur metodą wywijania przy różnych stanach obciążenia***, promotor: dr hab. inż. Gontarz A. (praca w recenzji)

Prace magisterskie

- Leszczak Marcin: ***Analiza procesu kucia matrycowego wybranej odkuwki z wsadu drążonego***, opiekun pracy: dr hab. inż. Andrzej Gontarz, 04.07.2012 r.
- Magdalena Kornaga: ***Analiza czynników wpływających na proces wyciskania stopu aluminium 2618A,*** promotor: dr inż. Beata Pawłowska
- Iwona Górka: ***Projektowanie matryc do wyciskania stopów aluminium***, promotor: dr inż. Beata Pawłowska
- Paweł Bułat: ***Ocena odkształcalności stopów aluminium w próbie spęczania,*** promotor: dr inż. Beata Pawłowska
- Justyna Bąk: ***Wyciskanie stopu aluminium 2014,*** promotor: dr inż. Beata Pawłowska

Wyniki badań
Results

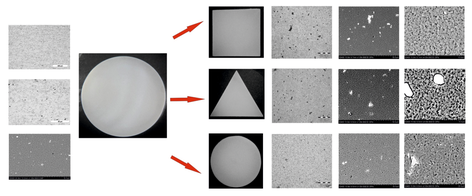
Wyciskanie przeciwbieżne kształtowników ze stopów aluminium stosowanych na elementy konstrukcji lotniczych

Indirect extrusion of aluminum alloys sections used in producing aircraft structural components.

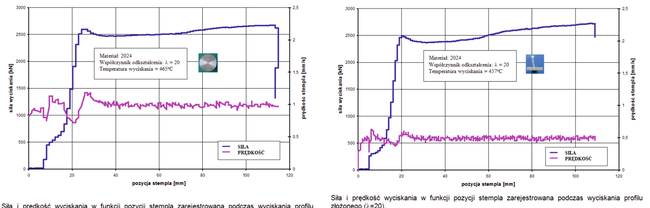
Cel badań:
Określenie technologicznych parametrów wyciskania stopów aluminium na prasie przeciwbieżnej, a także ich wpływu na właściwości mechaniczne, mikrostrukturę i jakość wykonywanego wyrobu. Określono przedział temperatur przeróbki plastycznej na gorąco i prędkości wyciskania dla analizowanych cienkościennych profili lotniczych, wykonano badania mikrostruktury stopów Al w stanie wyjściowym i po wyciskaniu.

Aim of the study:
Determination of the technological parameters of the indirect extrusion press of aluminum alloys, as well as their influence on the mechanical properties, the microstructure and the quality of the product performed. The results of extrusion tests are shown the optimal range of manufacturing temperatures and extrusion rates of different profiles are determined. Microstructural studies were performed for aluminum alloys before and after extrusion.

Makro i mikrostruktura stopu 2024

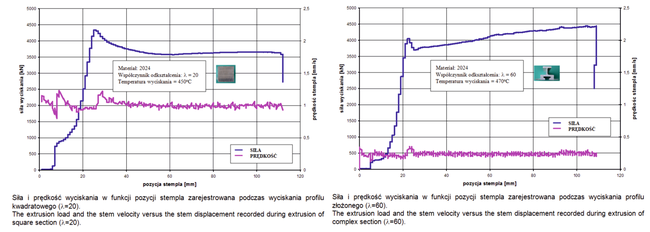


Makro i mikrostruktura stopu 2024 przed i po wyciskaniu.
Macro and microstructure of the 2024 alloy before and after extrusion.



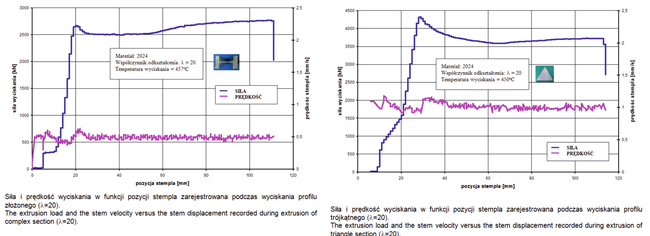
Siła i prędkość wyciskania w funkcji pozycji stempla zarejestrowana podczas wyciskania profilu okrągłego (λ=20).
The extrusion load and the stem velocity versus the stem displacement recorded during extrusion of round section (λ=20).

Siła i prędkość wyciskania w funkcji pozycji stempla zarejestrowana podczas wyciskania profilu złożonego (λ=20).
The extrusion load and the stem velocity versus the stem displacement recorded during extrusion of complex section (λ=20).



Siła i prędkość wyciskania w funkcji pozycji stempla zarejestrowana podczas wyciskania profilu kwadratowego (λ=20).
The extrusion load and the stem velocity versus the stem displacement recorded during extrusion of square section (λ=20).

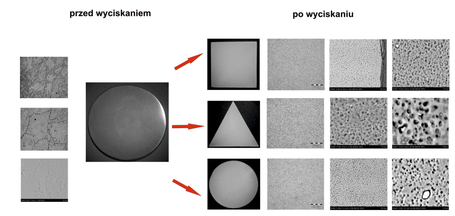
Siła i prędkość wyciskania w funkcji pozycji stempla zarejestrowana podczas wyciskania profilu złożonego (λ=60).
The extrusion load and the stem velocity versus the stem displacement recorded during extrusion of complex section (λ=60).



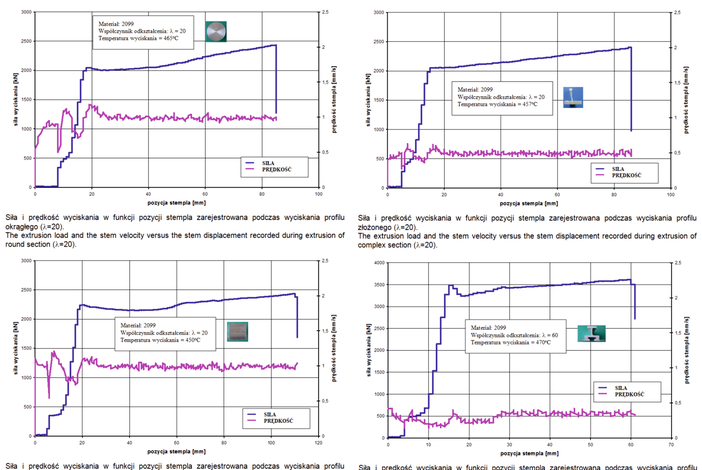
Siła i prędkość wyciskania w funkcji pozycji stempla zarejestrowana podczas wyciskania profilu złożonego (λ=20).
The extrusion load and the stem velocity versus the stem displacement recorded during extrusion of complex section (λ=20).

Siła i prędkość wyciskania w funkcji pozycji stempla zarejestrowana podczas wyciskania profilu trójkątnego (λ=20).
The extrusion load and the stem velocity versus the stem displacement recorded during extrusion of triangle section (λ=20).

Makro i mikrostruktura stopu 2099



Makro i mikrostruktura stopu 2099 przed i po wyciskaniu.
Macro and microstructure of the 2099 alloy before and after extrusion.

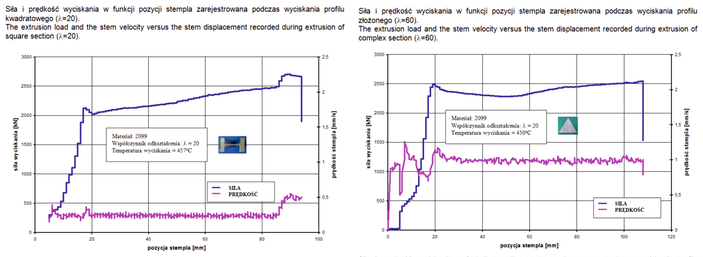


Siła i prędkość wyciskania w funkcji pozycji stempla zarejestrowana podczas wyciskania profilu okrągłego (λ=20).
The extrusion load and the stem velocity versus the stem displacement recorded during extrusion of round section (λ=20).

Siła i prędkość wyciskania w funkcji pozycji stempla zarejestrowana podczas wyciskania profilu złożonego (λ=20).
The extrusion load and the stem velocity versus the stem displacement recorded during extrusion of complex section (λ=20).

Siła i prędkość wyciskania w funkcji pozycji stempla zarejestrowana podczas wyciskania profilu kwadratowego (λ=20).
The extrusion load and the stem velocity versus the stem displacement recorded during extrusion of square section (λ=20).

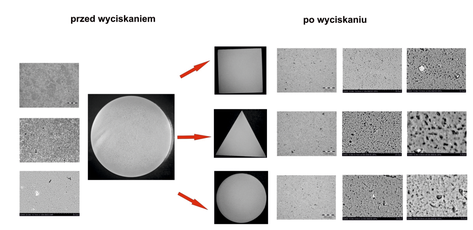
Siła i prędkość wyciskania w funkcji pozycji stempla zarejestrowana podczas wyciskania profilu złożonego (λ=60).
The extrusion load and the stem velocity versus the stem displacement recorded during extrusion of complex section (λ=60).



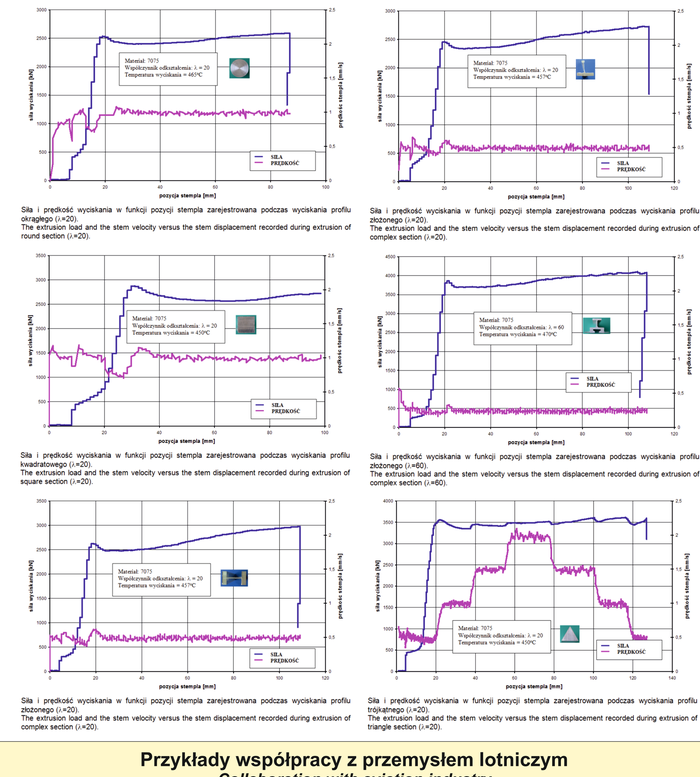
Siła i prędkość wyciskania w funkcji pozycji stempla zarejestrowana podczas wyciskania profilu złożonego (λ=20).
The extrusion load and the stem velocity versus the stem displacement recorded during extrusion of complex section (λ=20).

Siła i prędkość wyciskania w funkcji pozycji stempla zarejestrowana podczas wyciskania profilu trójkątnego (λ=20).
The extrusion load and the stem velocity versus the stem displacement recorded during extrusion of triangle section (λ=20).

Makro i mikrostruktura stopu 7075



Makro i mikrostruktura stopu 7075 przed i po wyciskaniu.
Macro and microstructure of the 7075 alloy before and after extrusion.



Siła i prędkość wyciskania w funkcji pozycji stempla zarejestrowana podczas wyciskania profilu okrągłego (λ=20).
The extrusion load and the stem velocity versus the stem displacement recorded during extrusion of round section (λ=20).

Siła i prędkość wyciskania w funkcji pozycji stempla zarejestrowana podczas wyciskania profilu złożonego (λ=20).
The extrusion load and the stem velocity versus the stem displacement recorded during extrusion of complex section (λ=20).

Siła i prędkość wyciskania w funkcji pozycji stempla zarejestrowana podczas wyciskania profilu kwadratowego (λ=20).
The extrusion load and the stem velocity versus the stem displacement recorded during extrusion of square section (λ=20).

Siła i prędkość wyciskania w funkcji pozycji stempla zarejestrowana podczas wyciskania profilu złożonego (λ=60).
The extrusion load and the stem velocity versus the stem displacement recorded during extrusion of complex section (λ=60).

Siła i prędkość wyciskania w funkcji pozycji stempla zarejestrowana podczas wyciskania profilu złożonego (λ=20).
The extrusion load and the stem velocity versus the stem displacement recorded during extrusion of complex section (λ=20).

Siła i prędkość wyciskania w funkcji pozycji stempla zarejestrowana podczas wyciskania profilu trójkątnego (λ=20).
The extrusion load and the stem velocity versus the stem displacement recorded during extrusion of triangle section (λ=20).

Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym
Collaboration with aviation industry

Technologia wyciskania kształtowników przeznaczonych na elementy kontrukcji lotniczych wchodzi w zakres zainteresowań: PZL-MIELEC/ a SIKORSKY Company oraz firmy Zakłady Metali Lekkich Kęty S.A. Grupa Kapitałowa KĘTY.

Wnioski
Conclusions

1. Pozytywne efekty wyciskania profili o różnym stopniu złożoności przekroju poprzecznego z badanych stopów aluminium (w tym m.in. 2024, 2099, 7075) otrzymano dla współczynnika wydłużenia = 20 oraz = 60. Zwiększenie współczynnika wydłużenia (do = 60) wymaga zwiększenia temperatury nagrzania wlewka z 450oC do 470oC.

Profiles of various complex shape of cross section (aluminium alloys e.g. 2024, 2099, 7075) and good quality have been extruded (extrusion ratios : = 20 and = 60). For larger extrusion ratio (= 60) higher temperature of the billet (470oC) is required.

2. Zwiększenie stopnia złożoności kształtu przekroju poprzecznego wyciskanego profilu wymaga obniżenia prędkości wyciskania.

More complex shape of cross section of extreded profile requires lower extrusion rate.

3. Mikro and makrostruktura odkształcanych plastycznie stopów aluminium

(tu: 2024, 2099, 7075) wykazuje korzystną transformacje struktury sprzyjającą uzyskaniu dobrych właściwości po wyciskaniu.

Micro and macrostructures of all aluminium alloys 2024, 2099, 7075 before and after extrusion, demonstrate good effect of microstructure transformation leading to obtain good features after extrusion process.

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY PRZEZ UNIĘ EUROPEJSKĄ ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO