

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

**Wyniki badań**  
Results

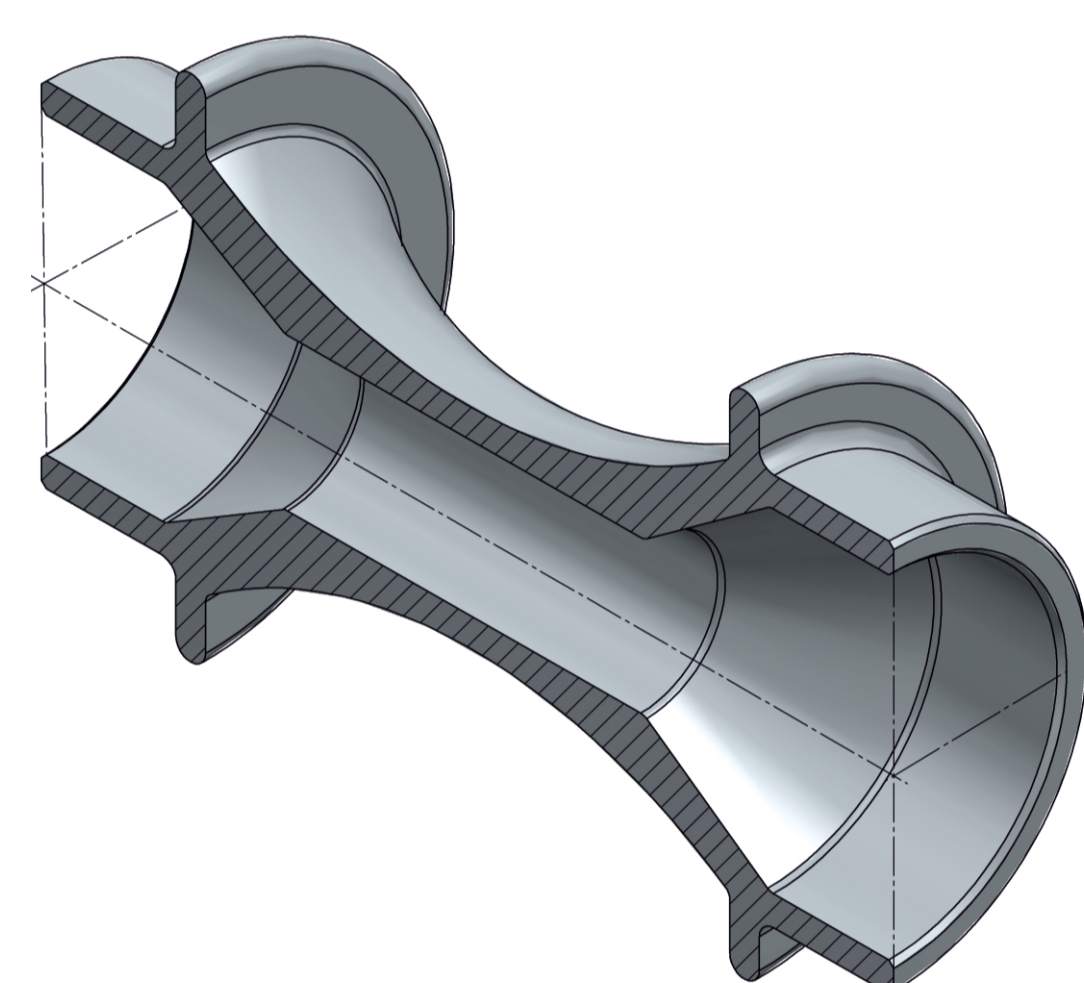
**Zadanie 1**

**Analiza procesu kształtowania odkuwek drążonych typu piasta**

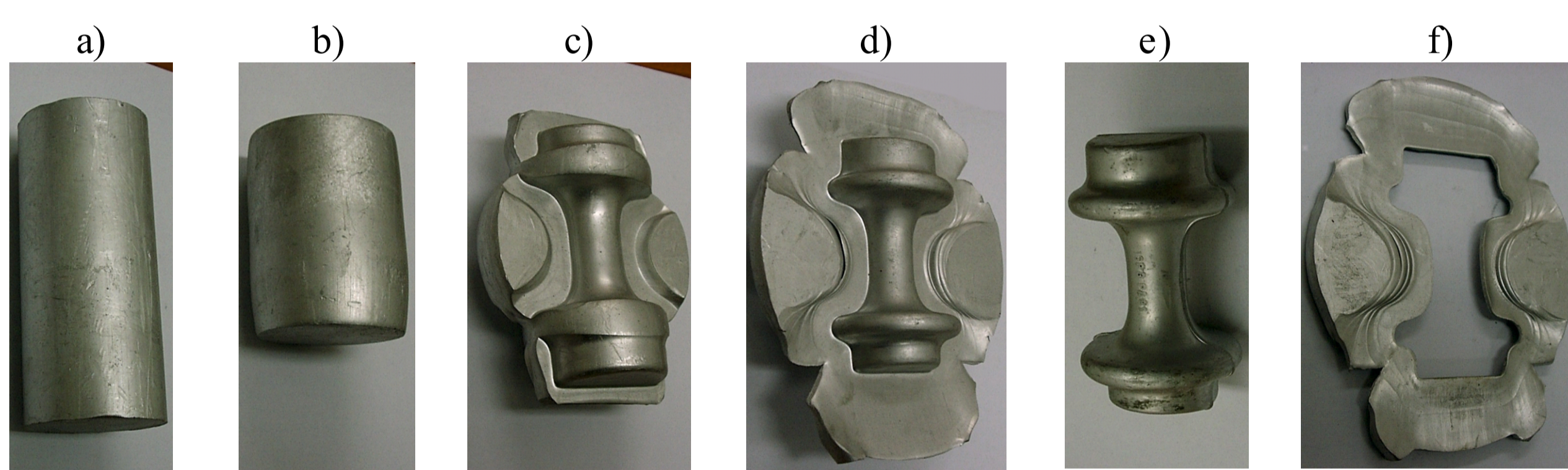
**Analysis of forming process of hollowed hub forgings**

W ramach zadania przeprowadzono badania teoretyczno-doświadczalne procesu kształtowania plastycznego odkuwki drążonej typu piasta ze stopu aluminium (rys. 1). Dokonano analizy stosowanego procesu kucia na młocie z wypływką tego wyrobu (rys. 2). Zaproponowano trzy nowe procesy charakteryzujące się dużą oszczędnością materiału w porównaniu do typowej technologii. Pierwszy zaproponowany proces polega na kształtowaniu odkuwki z osiowymi wgłębieniami (rys. 3). Drugi polega na kształtowaniu odkuwki piasty z wsadu drążonego (rys. 4). Realizacja tych dwóch procesów jest możliwa przy użyciu trójśladowej prasy kuzniczej wyposażonej w trzy ruchome narzędzia robocze. Trzeci wariant procesu oparty jest na obciskaniu obrotowym (rys. 5). Badania teoretyczne wykonano na podstawie symulacji numerycznych opartych na metodzie elementów skończonych. Symulacje wykonano głównie w celu analizy kinematyki płynięcia materiału oraz określenia dokładności kształtu i wymiarów wyrobów (rys. 6-8). Pierwszy z zaproponowanych procesów zweryfikowano doświadczalnie uzyskując wyrób o dobrej jakości. Dokonano również porównania materiałochłonności analizowanych procesów oraz innych czynników wpływających na ich efektywność.

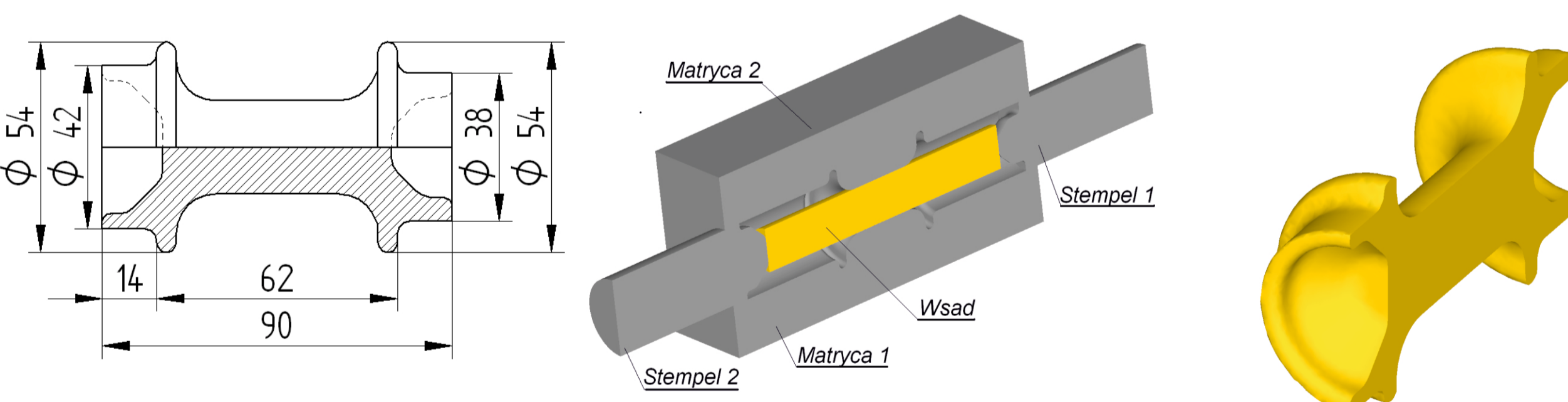
Within this scope of analysis, theoretical and experimental research works on metal forming process of a hollowed hub from aluminium alloy (Fig. 1) were made. A typical technology of forging on hammer of this part with flash was discussed (Fig. 2). Three new processes of a hub forging were proposed, characterized by large material savings in comparison with typical technology. The first process is based on forming without flash of a forging with axial cavity (Fig. 3). The second one is connected with forming of forging from pipe billet (Fig. 4). The realization of these processes is possible at the application of a press with three movable working tools. The third variant of forming is based on rotary compression process (Fig. 5). Theoretical research works were done on the basis of simulations by means of finite element method. Simulations were made mainly in order to determine kinematics of material flow in forging processes and precision of shape and dimensions of obtained products (Figs. 6-8). The first of the proposed processes was experimentally verified and a product of good quality was obtained. Material consumption of the analyzed processes and other factors acting on their effectiveness were also compared.



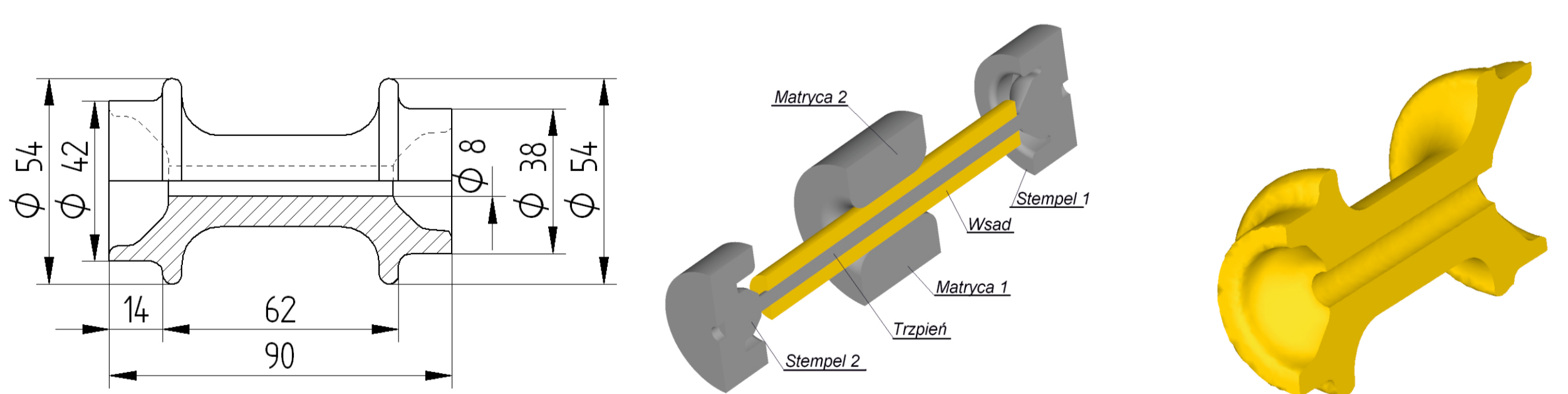
Rys. 1. Model analizowanej części  
Fig. 1. Model of analysed part



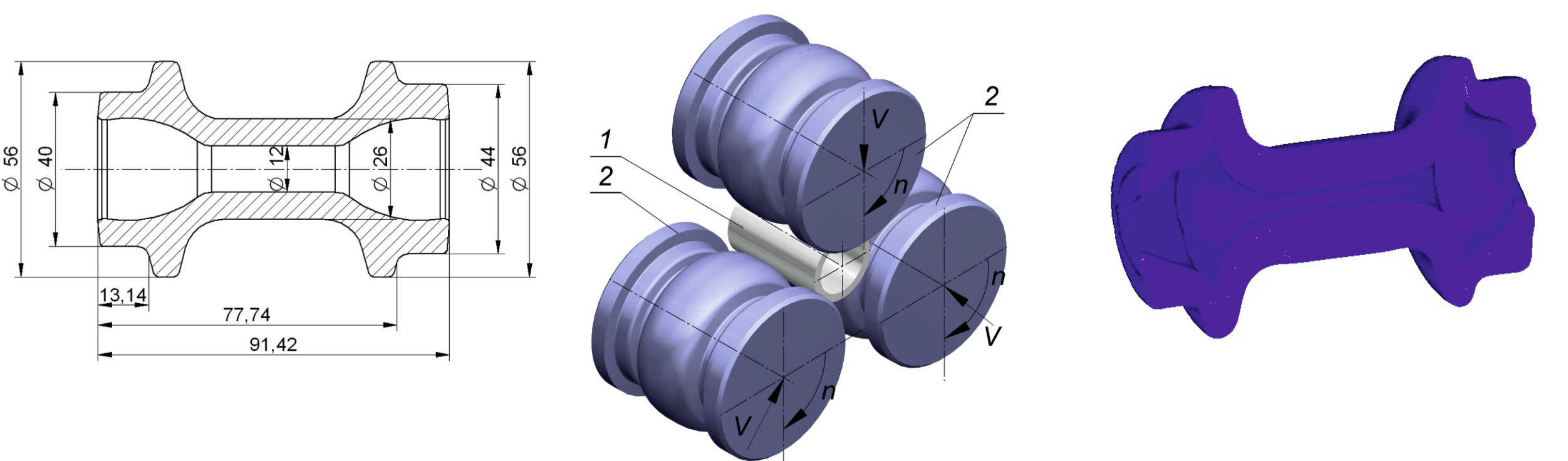
Rys. 2. Kolejne operacje kucia piasty na młocie: a) wsad, b) spęczanie, c) kucie w wykroju wstępnym, d) kucie w wykroju wykańczającym, e) odkuwka piasty, f) wypływka  
Fig. 2. Successive stage of hammer forging process: a) workpiece, b) upsetting, c) forging in initial die impression, d) forging in final die impression, e) drop forging, f) flash



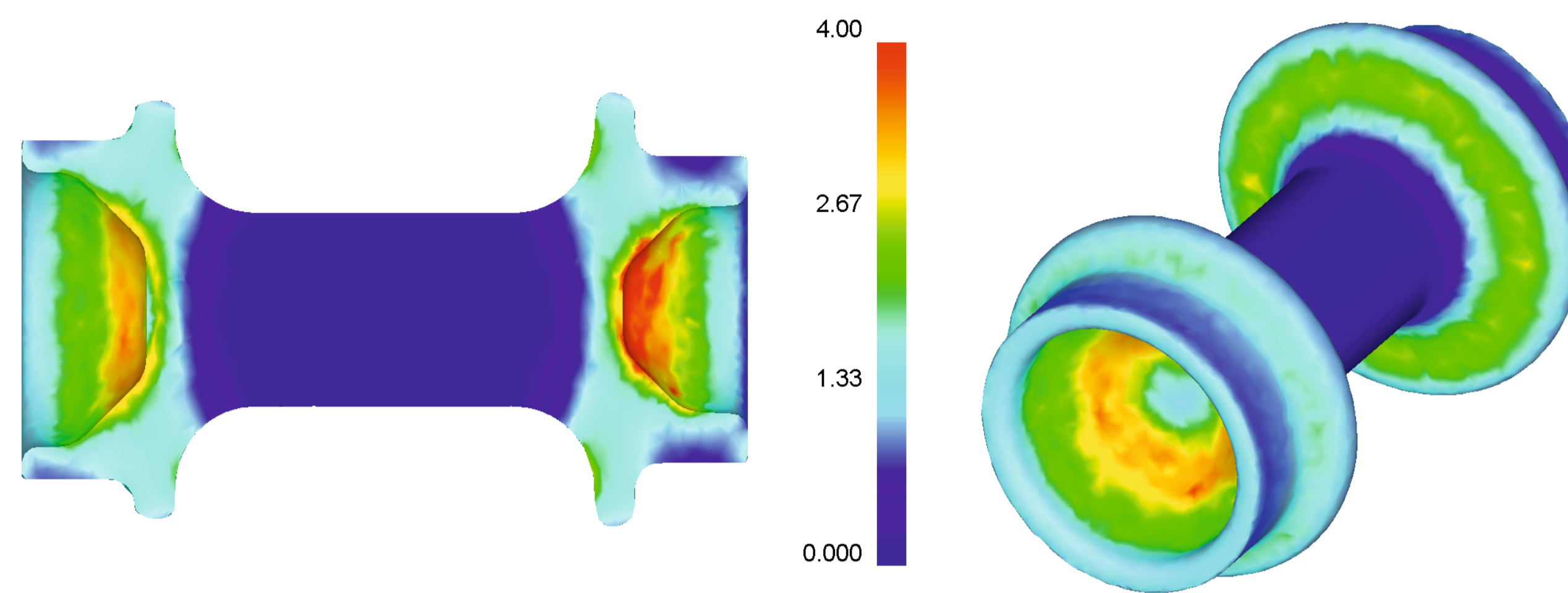
Rys. 3. Wariant 1 - kucie piasty z osiowymi wgłębieniami w trójśladowej prasie kuzniczej  
Fig. 3. Variant 1 - forging of hub with axial cavity on three slide forging press



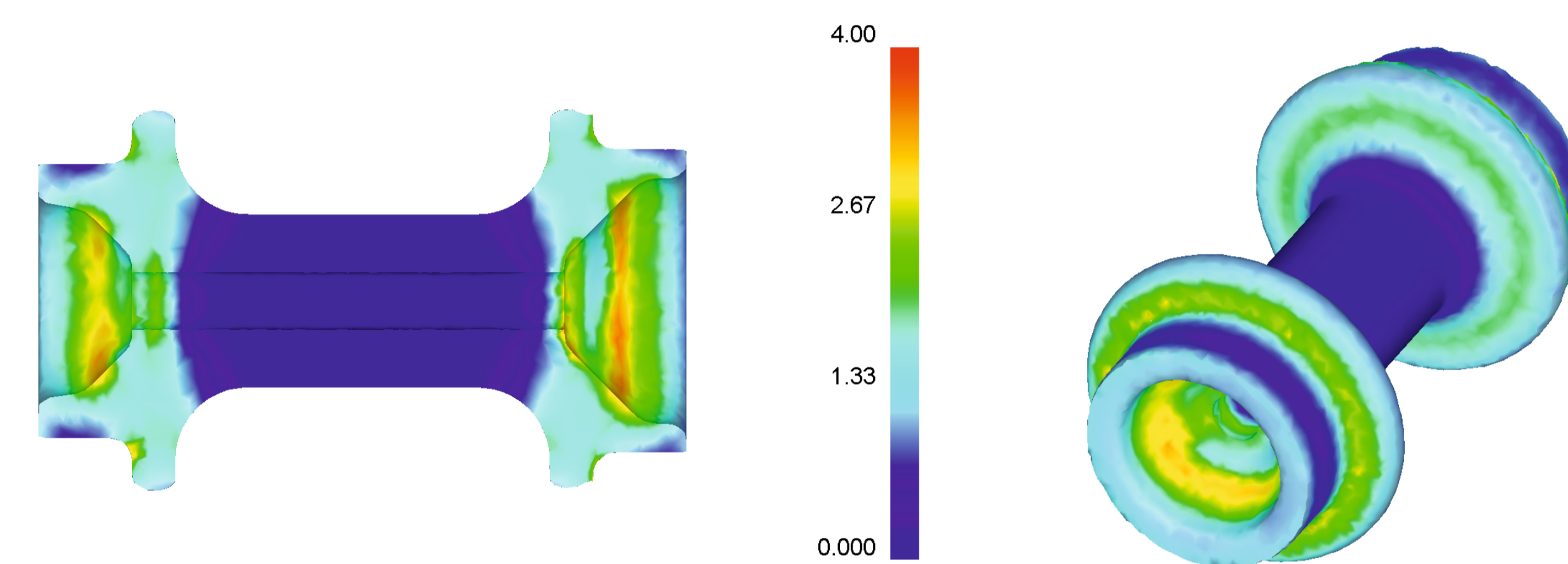
Rys. 4. Wariant 2 - kucie drążonej piasty z wsadu rurowego w trójśladowej prasie kuzniczej  
Fig. 4. Variant 2 - forging of hollowed hub from pipe on three slide forging press



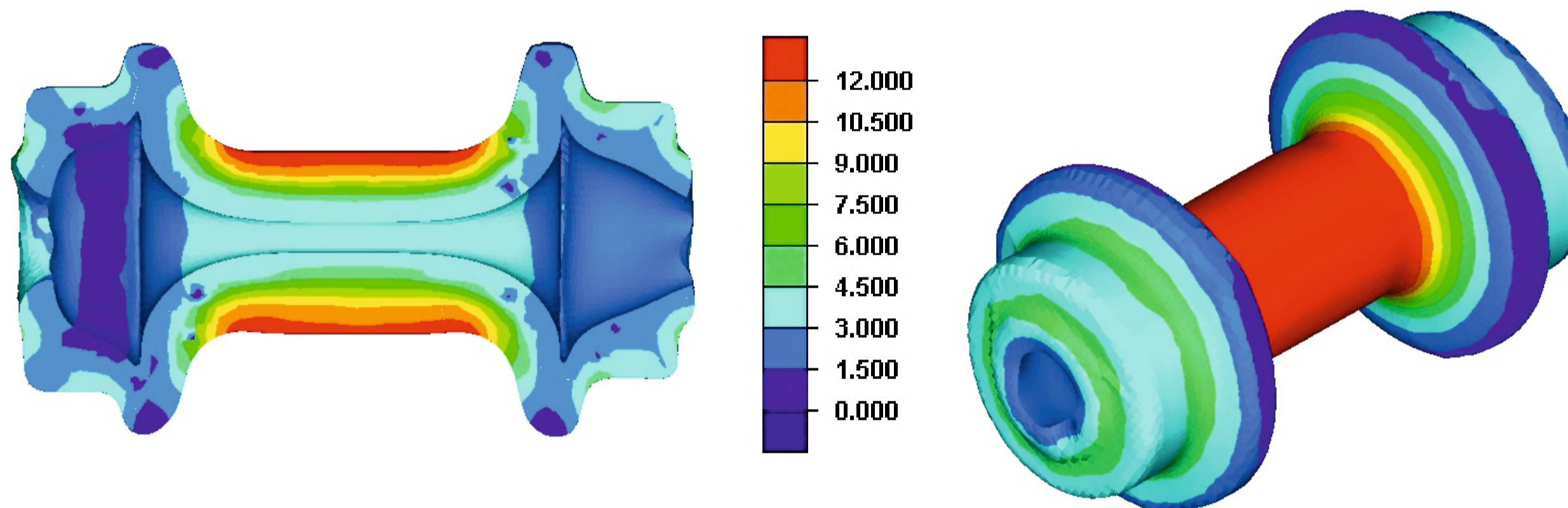
Rys. 5. Wariant 3 - obciskanie obrotowe drążonej piasty z wsadu rurowego  
Fig. 5. Variant 3 - rotary compression of hollowed hub from pipe



Rys. 6. Wariant 1 - wybrane wyniki symulacji (rozkład odkształceń) oraz przekrój osiowy odkuwki wykonanej w badaniach doświadczalnych  
Fig. 6. Variant 1 - chosen simulation results (effective strain distribution) and section of the hub forging obtained in experimental research works



Rys. 7. Wariant 2 - wybrane wyniki symulacji - rozkład odkształceń  
Fig. 7. Variant 2 - chosen simulation results - effective strain distribution



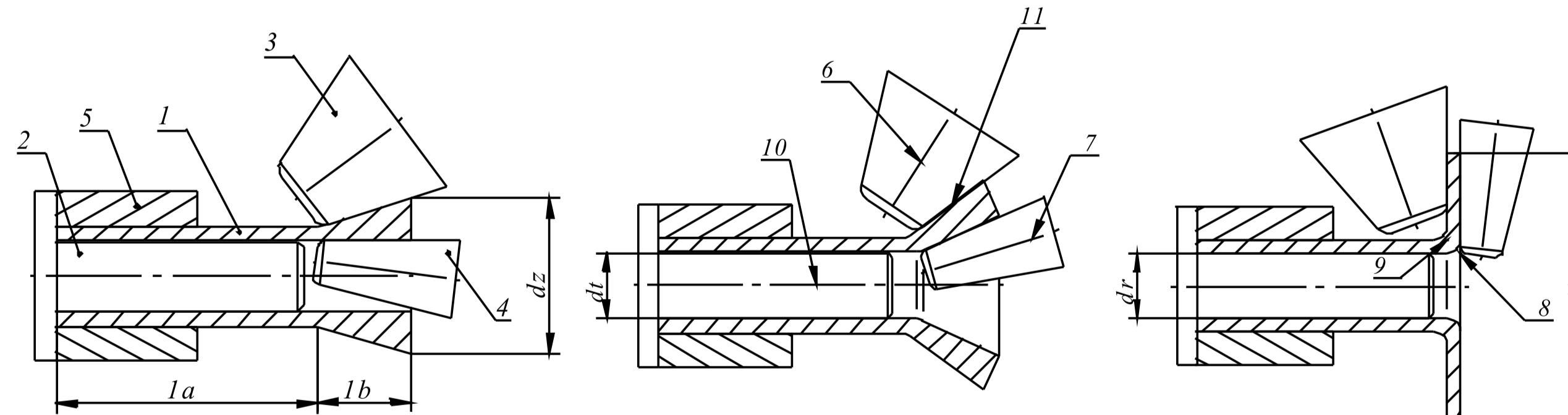
Rys. 8. Wariant 3 - wybrane wyniki symulacji - rozkład odkształceń  
Fig. 8. Variant 3 - chosen simulation results - effective strain distribution

**Zadanie 2**

**Opracowanie nowej metody i urządzenia do kształtowania kołnierzy wałów drążonych**  
**New method and device to forming of flanges of hollow shafts**

W ramach zadania opracowano nową metodę i urządzenie do kształtowania kołnierzy wałów drążonych (rys. 1). W celu objęcia ochroną nowej metody dokonano 2 zgłoszeń patentowych w tym zakresie.

Within this scope of analysis, new method and device to forming of hollow shafts flanges (Fig. 1) was developed. Two patent applications were done due to protect new method.



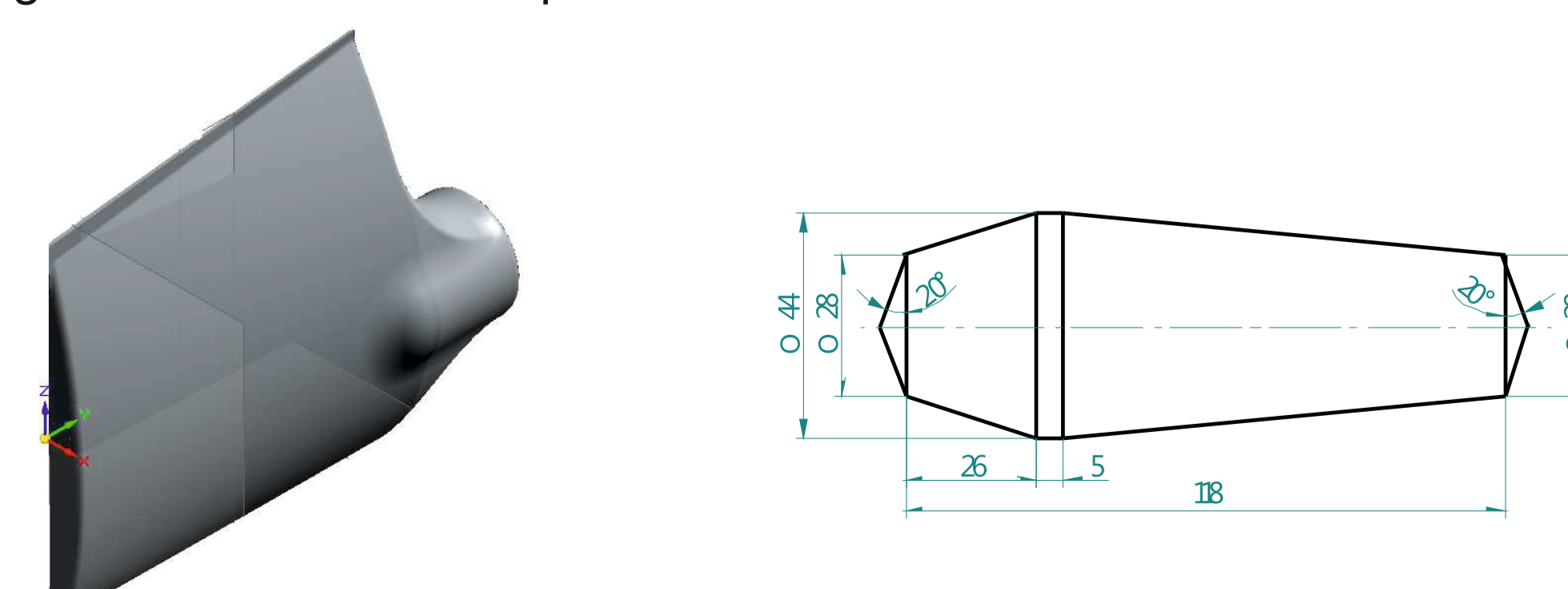
Rys. 1. Kolejne etapy kształtowania kołnierza nową metodą  
Fig. 1. Successive stage of forming process of flange using new method

**Zadanie 3**

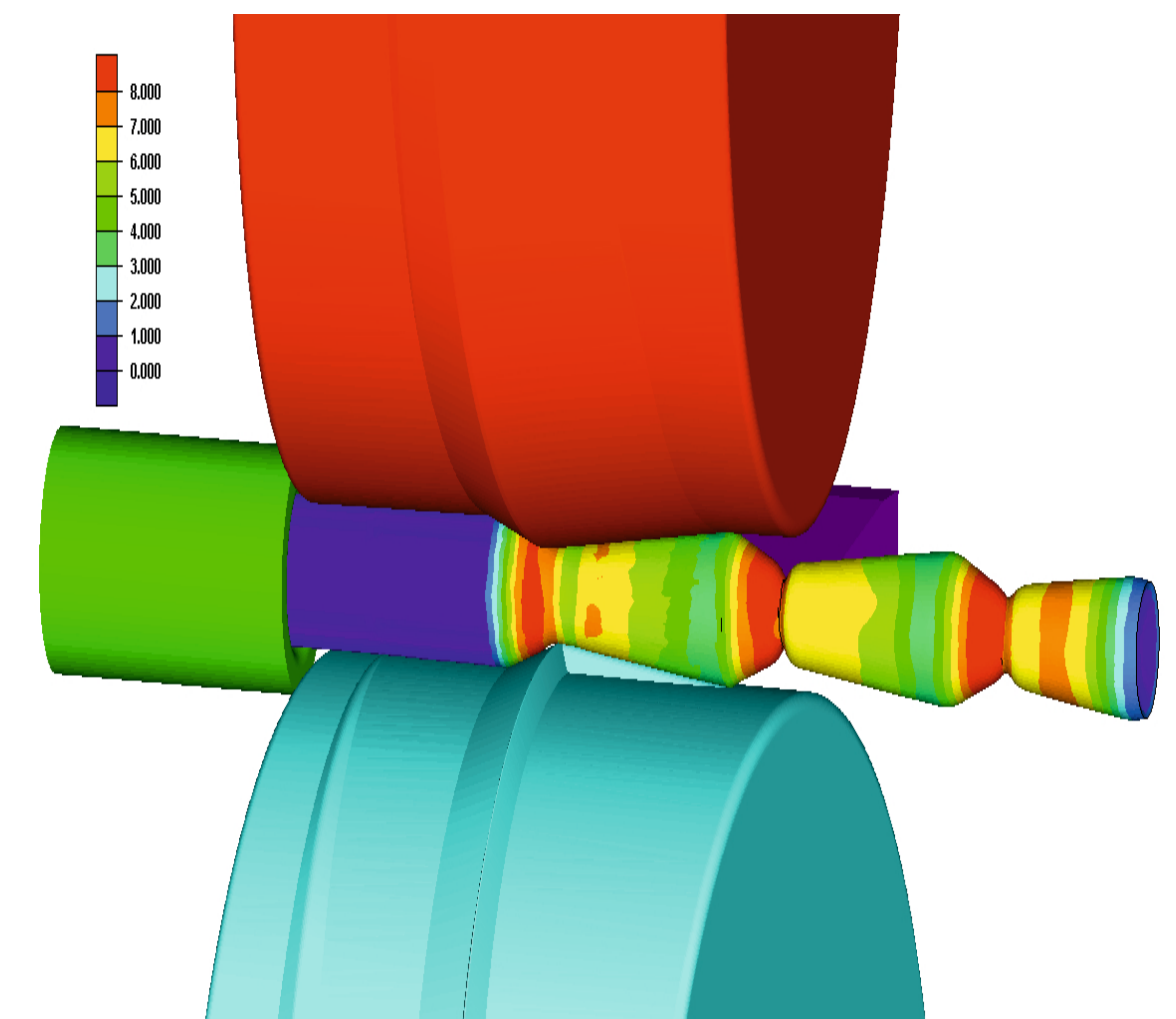
**Analiza procesu walcowania przedkuwki do kucia łopatek turbin silników**  
**Analysis of rolling process of preform for forging process of turbine blades**

W ramach niniejszego zadania badawczego skonstruowano narzędzia i zweryfikowano teoretycznie proces walcowania śrubowego przedkuwki łopatki turbiny.

Within this scope of analysis, dies were constructed and theoretical verification of rolling with helical rolling mills of blade turbine preform was done.



Rys. 1. Model 3D łopatki turbiny i zaprojektowana przedkuwka  
Fig. 1. 3D model of turbine blade and designed preform



Rys. 2. Kształt przedkuwki w procesie walcowania śrubowego z zaznaczonym rozkładem intensywności odkształcenia  
Fig. 2. Shape of preform in rolling process with effective strain distribution

**Wnioski**  
Conclusions

**Zadanie 1**

Zaproponowane procesy kucia odkuwki piasty w trójśladowej prasie kuzniczej oraz kształtowania metodą obciskania obrotowego posiadają wiele zalet w stosunku do procesu kucia na młocie. W szczególności są mniej materiałochłonne (o około 62%), co wynika z wykonania osiowych wgłębien, osiowego otworu i kształtowania bez wypływki. Ponadto efektywność zaproponowanych procesów kształtowania wynika z:

- zmniejszenia czasochłonności i energochłonności procesu poprzez eliminację operacji spęczania, kucia w wykroju wstępnym i okrawania wypływki,
- zmniejszenia strat na przecięcie o około 70% i zwiększenia wydajności operacji cięcia dzięki zastosowaniu wsadu o mniejszej średnicy,
- zmniejszenia kosztów narzędzi dzięki stosowaniu matryc o mniejszych gabarytach oraz eliminacji oprzyrządowania do okrawania wypływki.

Proposed forging processes in a three slide forging press and forming by rotary compression method of hub have numerous advantages in comparison to hammer forging process. In particular, they are less material consuming (material consumption reduced by about 62%), which results from forming of axial cavities and hole and forging without flash. Moreover, effectiveness of the proposed forging processes results from:

- reduction of time and energy consumption of the process by elimination of upsetting operation, forging in the initial die impression and flash trimming,
- lowering of loss on cutting of about 70% and increasing cutting operation effectiveness due to the application of billet of smaller diameter,
- lowering of tools costs due to the application of dies with smaller dimensions and elimination of devices for flash trimming.

**Zadanie 2**

Nowa metoda pozwala kształtować kołnierze o grubości równej grubości ścianki części rurowej oraz o większych średnicach w porównaniu do innych metod kształtowania. Wyrób z wyiniętym plastycznie kołnierzem charakteryzuje się ciągłym układem włókien w materiale, dzięki czemu uzyskuje się polepszone właściwości mechaniczne produktu.

New method allows forming of flanges with regular thickness and larger diameters in comparison to the other forming methods. Part with formed flange has continuous fibers in material and better mechanical properties.

**Zadanie 3**

Zastosowanie przedkuwki pozwoli zmniejszyć materiałochłonność procesu i uzyskać bardziej jednolite właściwości w objętości łopatki.

Preform application allows to reduce material consumption and obtain uniform properties in blades volume.

**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

**Publikacje**

1. Bulzak T., Tomczak J., Pater Z.: **Modelowanie numeryczne procesu wyoblania wytłoczki stożkowej**. Rudy i Metale Nieżelazne 2013, nr 3, s. 138-142.

**Prace mgr, dr, hab.**

**Prace doktorskie**

Tytuł: **Kształtowanie zewnętrznych kołnierzy rur metodą wywijania przy różnych stanach obciążenia**  
Autor: dr inż. Łukasz Okoń  
Promotor: dr hab. inż. Andrzej Gontarz  
Status: *praca po obronie*  
Ośrodek: Politechnika Lubelska

**Zgłoszenia patentowe**

1. Winiarski G., Gontarz A., Pater Z., Tomczak J.: Sposób i urządzenie do kucia kul. P.403311 z dnia 18.03.2013.
2. Winiarski G., Gontarz A.: Sposób i urządzenie do wywijania kołnierza z rolkami prowadzącymi. P.404040 z dnia 23.05.2013.
3. Winiarski G., Gontarz A.: Sposób i urządzenie do wywijania kołnierza. P.404041 z dnia 23.05.2013.