

# 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

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

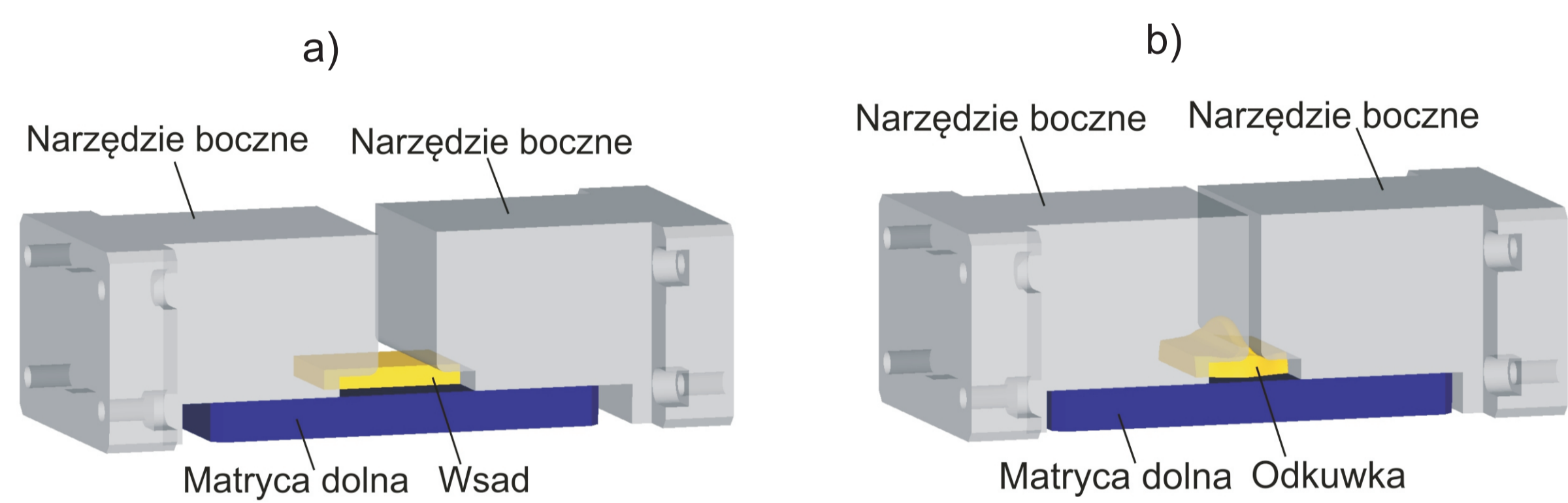
**Kształtowanie odłuków płaskich z żebrami ze stopów magnezu**  
Methods for producing flat forged parts with ribs made of magnesium alloys

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

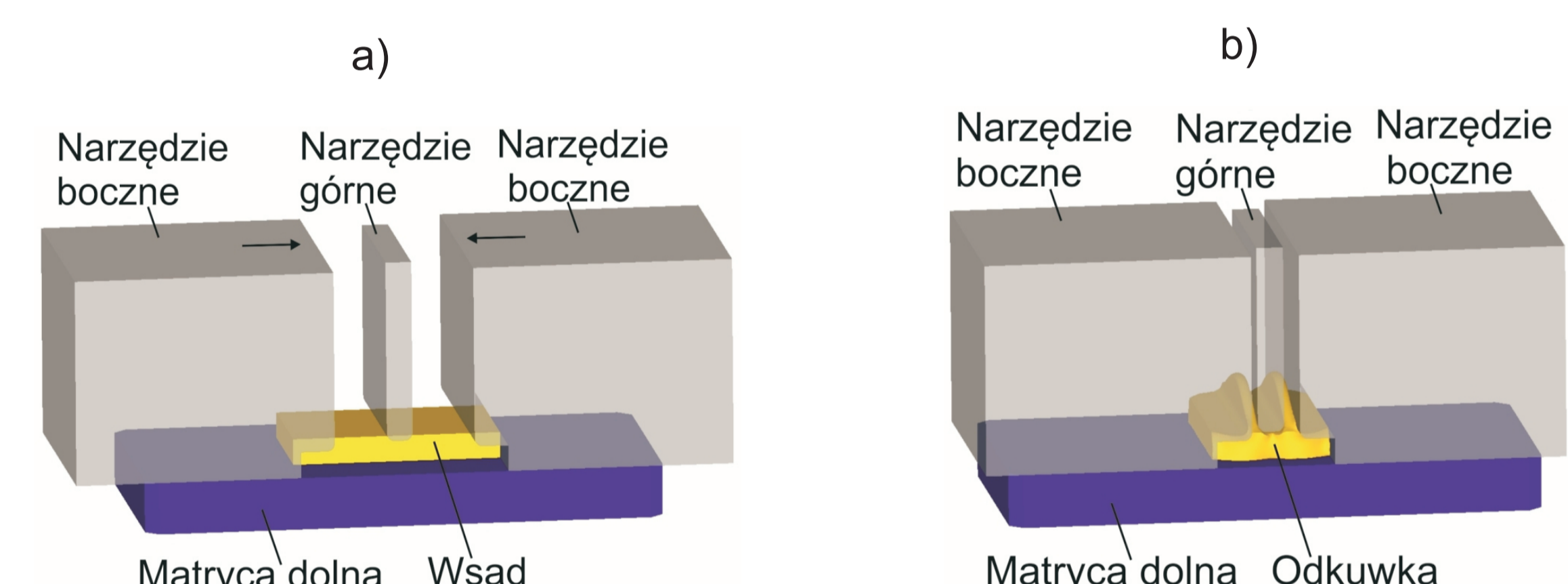
Założono, że proces kształtowania plastycznego uźebrowanych odłuków płaskich będzie realizowany w trójsuwakowej prasie kuzniczej (TPK) skonstruowanej w Politechnice Lubelskiej, która wyposażona jest w trzy ruchome narzędzia robocze. Zastosowanie TPK umożliwia spęczanie wsadu w postaci płaskiej płyty za pomocą stempli bocznych. W wyniku wzajemnego, poziomego przemieszczenia się narzędzi kształtuje się żebro w środkowej części płyty. Dodatkowo istnieje możliwość kształtowania drugiego żebra oraz zarysu żebra poprzez użycie narzędzia górnego. Uwzględniając możliwości TPK opracowano dwa warianty procesu: kucie półswobodne (rys. 1 i 2) i kucie w wykroju zamkniętym (rys. 3-5). Analizę teoretyczną założonych sposobów kształtowania wykonano w oparciu o symulacje numeryczne metodą elementów skończonych. Dokonano oceny rozkładu naprężeń, odkształceń, temperatur (rys. 6). Przeprowadzono weryfikację doświadczalną zaproponowanych rozwiązań teoretycznych (rys. 7). Uzyskano dobrą zgodność pomiędzy eksperymentem i wynikami teoretycznymi. Na podstawie uzyskanych wyników teoretyczno-doświadczalnych zaprojektowano i zrealizowano procesy kucia nową metodą przykładowych wyrobów z jednym żebrzem i z dwoma żebrami ze stopu AZ31 (rys. 8-11).

It was assumed that forming process of flat forgings with ribs should be realized in a three-slide forging press (TSFP), designed at Lublin University of Technology (Poland), which is equipped with three moveable tools. The application of TSFP allows for upsetting of billet in the form of flat plate by means of side tools. Due to reciprocal horizontal movement of tools, a rib is formed in the central part of the plate. Additionally, there exist possibility of forming two ribs and the rib outline by application of the upper tool. Considering TSFP possibilities, two variants of the process were worked out: semi-free forging (fig. 1 i 2) and flashless forging (fig. 3-5). The processes were modelled numerically by the finite element method. The distributions of stresses, strains, temperature are determined (fig. 6). Next, the numerical results are verified in experiments, and the experimental results show good agreement with the numerical findings (fig. 7). Based on the numerical and experimental results, it was possible to design and run forging processes by the new method for one-rib and two-rib parts made of AZ31 alloy (fig. 8-11).

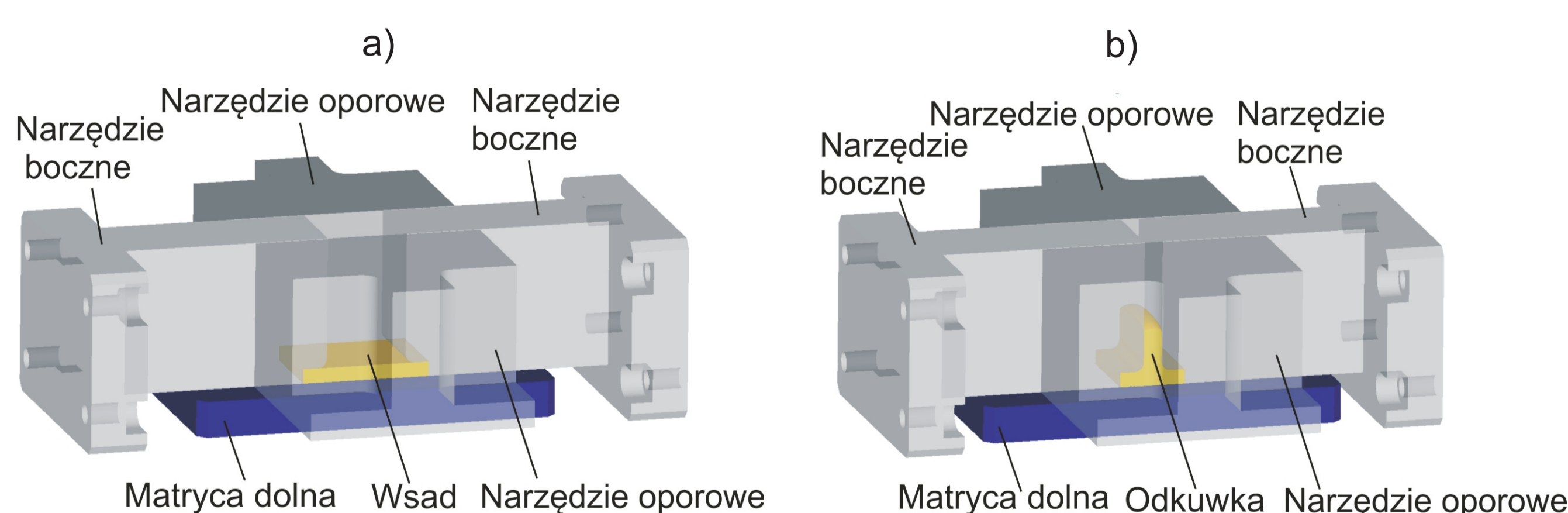
**Graficzna prezentacja rozwiązania innowacyjnego**  
Visualization of the innovative solution



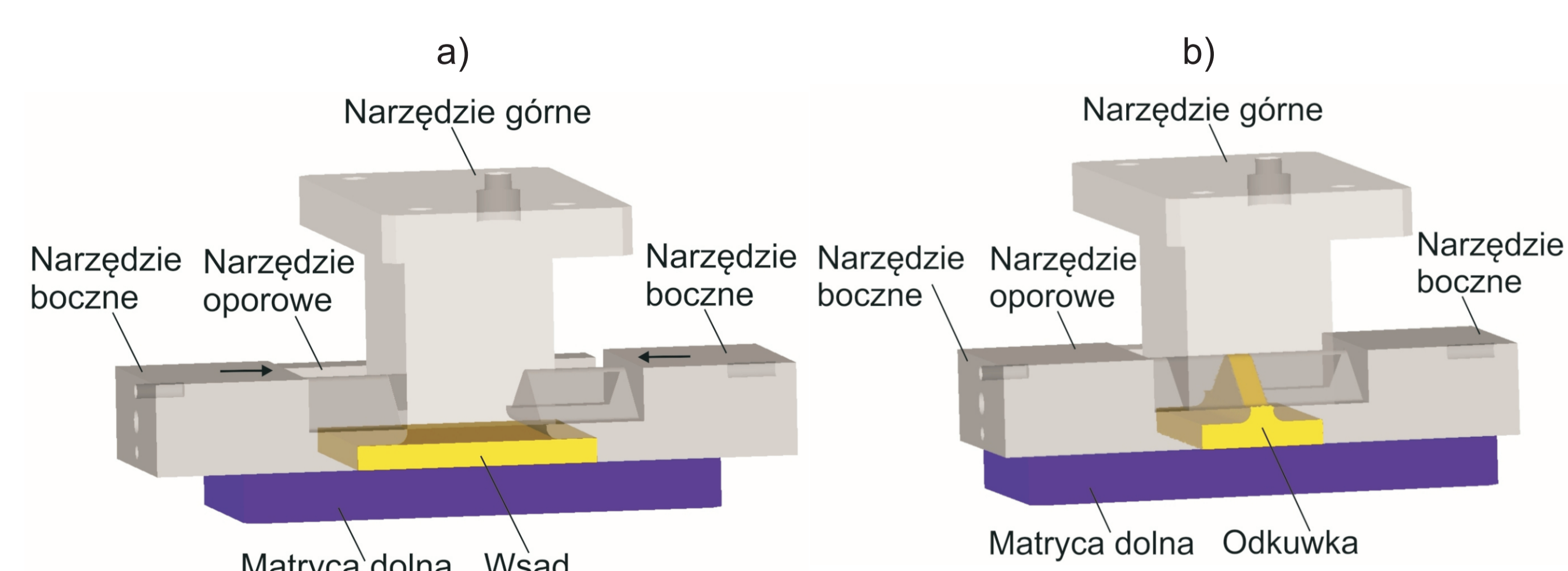
**Rys. 1. Schemat kształtowania półswobodnego odłuki płaskiej z jednym żebrzem:**  
a) początek procesu, b) koniec procesu  
Fig. 1. Schema of the semi-open die forging of parts with one rib:  
a) start of the process, b) end of the process



**Rys. 2. Schemat kształtowania półswobodnego odłuków płaskich z dwoma żebrami:**  
a) początek procesu, b) koniec procesu  
Fig. 2. Schema of the semi-open die forging of flat parts with two ribs:  
a) start of the process, b) end of the process

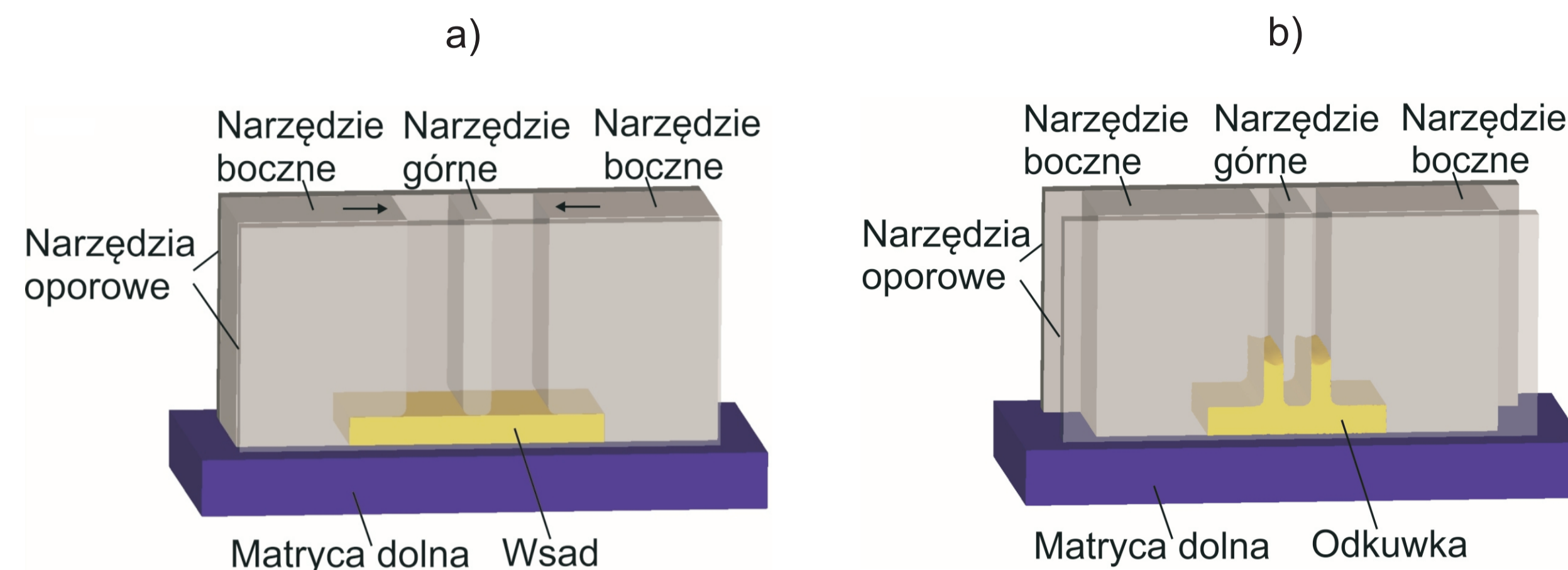


**Rys. 3. Schemat kształtowania w wykroju zamkniętym wyrobu płaskiego z dwoma żebrami:**  
a) początek procesu, b) koniec procesu  
Fig. 3. Schema of the semi-open die forging of flat parts with two ribs:  
a) start of the process, b) end of the process

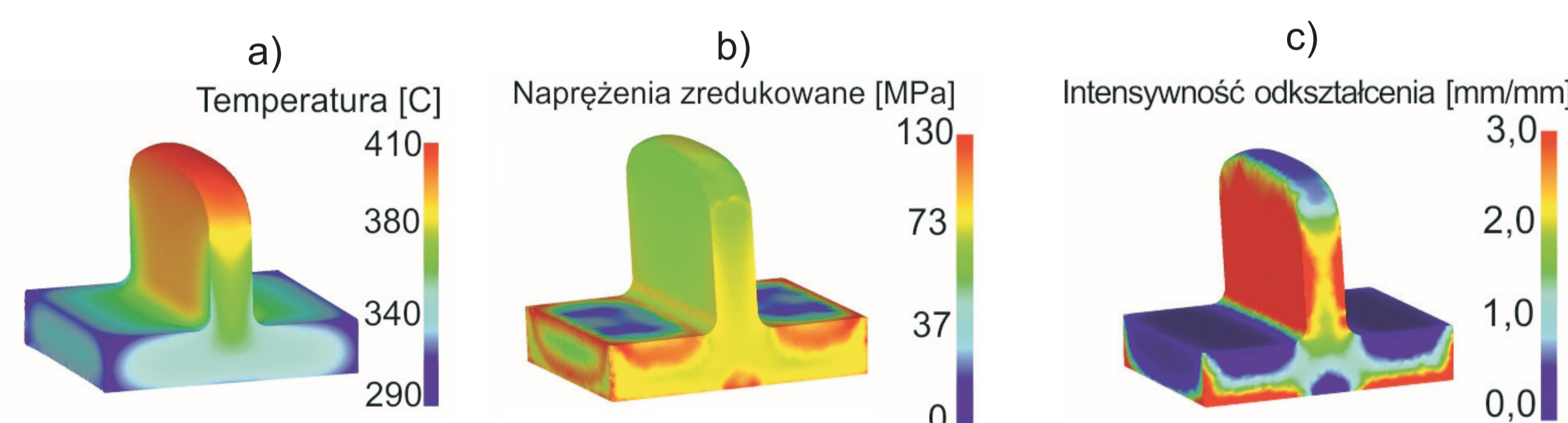


**Rys. 4. Schemat kształtowania odłuki płaskiej z jednym żebrzem o zarysie trójkątnym:**  
a) początek procesu (narzędzie oporowe przednie zostało ukryte w celu lepszego zobrazowania procesu), b) koniec procesu  
Fig. 4. Schema of the closed-die forging process of flat parts with triangular rib:  
a) start of the process (front die was hidden in order to make the process more visible), b) end of the process

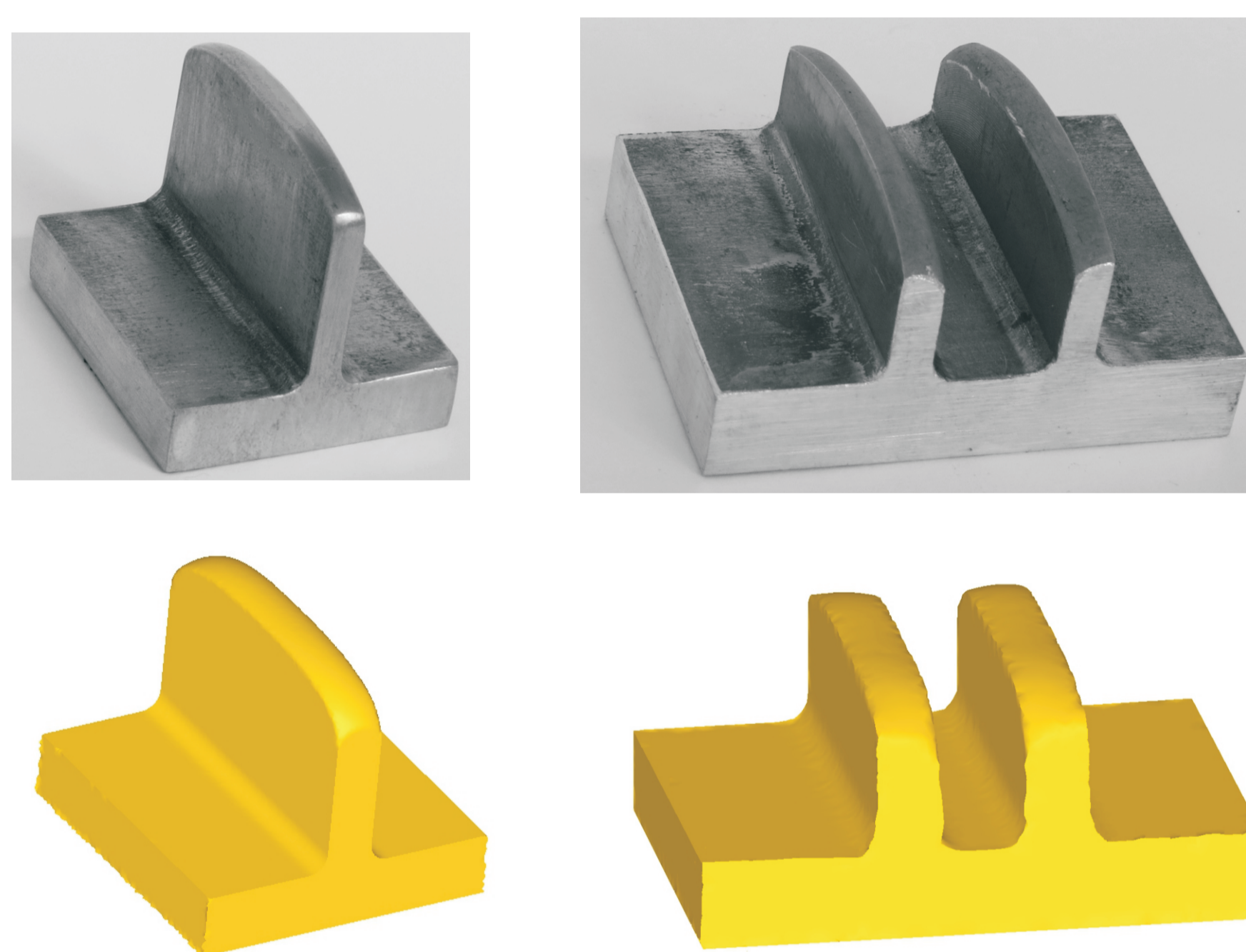
**Graficzna prezentacja rozwiązania innowacyjnego**  
Visualization of the innovative solution



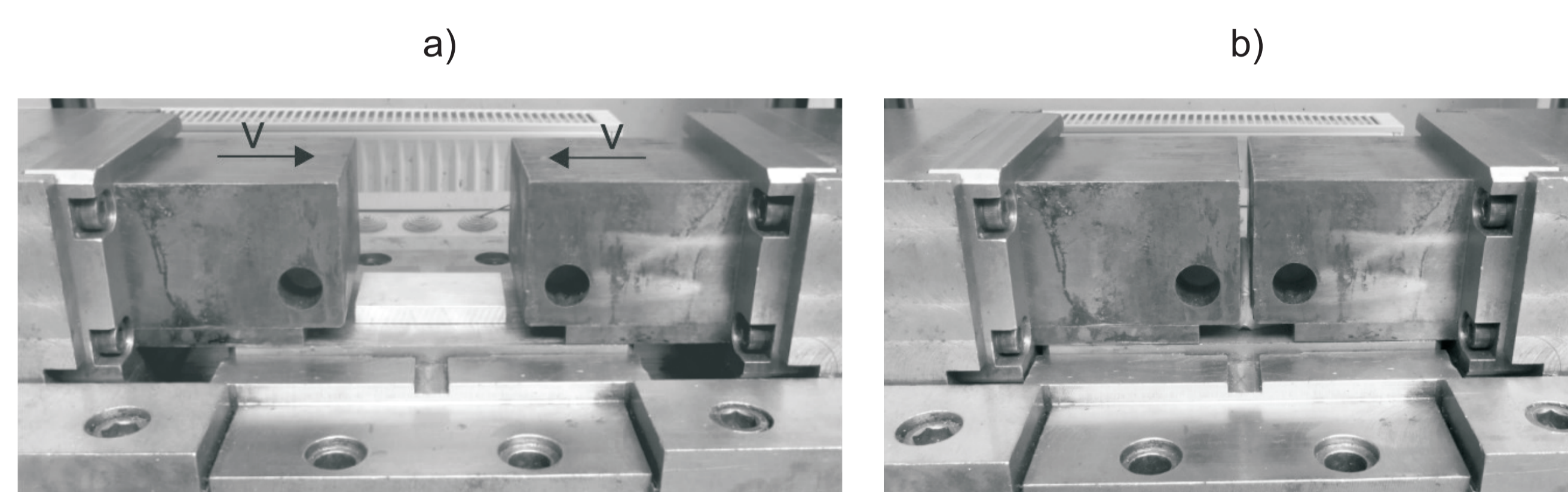
**Rys. 5. Schemat kształtowania w wykroju zamkniętym odłuków płaskich z dwoma żebrami:**  
a) początek procesu, b) koniec procesu  
Fig. 5. Schema of the closed-die forging process of flat parts with two ribs:  
a) start of the process, b) end of the process



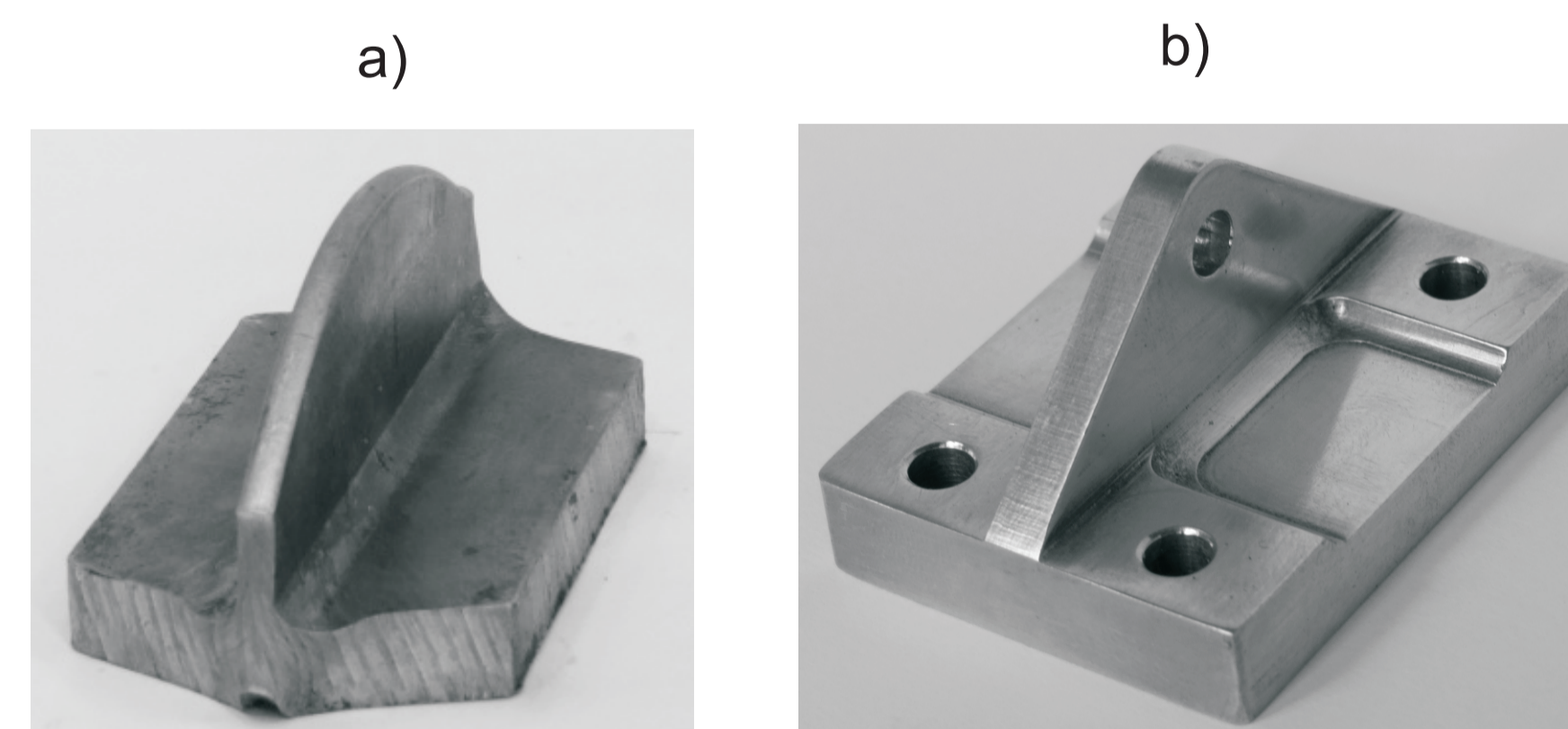
**Rys. 6. Rozkład wybranych parametrów na powierzchni przykładowej odłuki z jednym żebrzem w końcowej fazie procesu:**  
a) temperatury, b) naprężenia, c) intensywności odkształcenia  
Fig. 6. Distributions of selected parameters on surface of exemplary forging with one rib in the final stage of the process:  
a) temperature, b) stress, c) strain effective



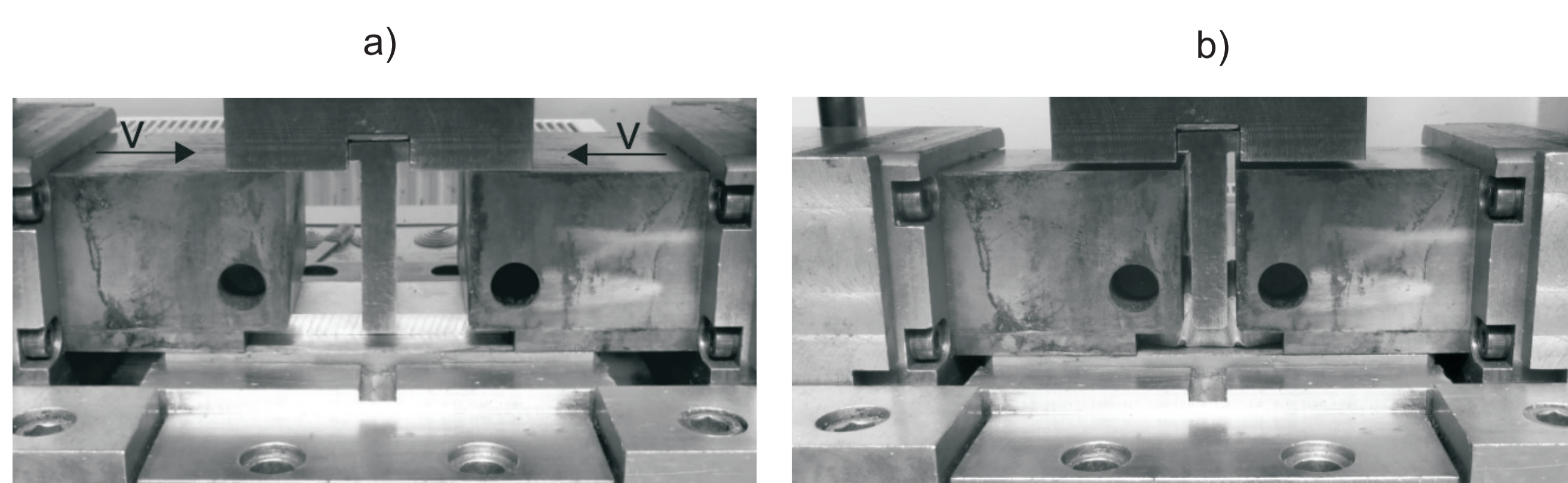
**Rys. 7. Porównanie kształtu odłuki z jednym żebrzem ze stopu AZ31 uzyskane na drodze:**  
a) badań doświadczalnych, b) symulacji MES  
Fig. 7. Comparison of shape of forging with one rib obtained a) in FEM simulations b) in experimental research on magnesium alloy AZ31



**Rys. 8. Schemat procesu kształtowania odłuki z jednym żebrzem ze stopu Az31 w trójsuwakowej prasie kuzniczej:**  
a) początek procesu, b) koniec procesu  
Fig. 8. Schema of the semi-open die forming of forgings with one rib from AZ31 alloy in the three-slide forging press: a) beginning of the process, b) end of the process



**Rys. 9. Ukształtowana odłuki z jednym żebrzem ze stopu AZ31 w TPK (a) oraz wykonany z niej gotowy wspornik (b)**  
Fig. 9. Flat forgings with one rib from AZ31 alloy (a) obtained in the experimental tests and finished brackets made from them (b)



**Rys. 10. Schemat procesu kształtowania odłuki z dwoma żebrami ze stopu AZ31 w trójsuwakowej prasie kuzniczej:**  
a) początek procesu, b) koniec procesu  
Fig. 10. Schema of the semi-open die forming of forgings with two ribs from AZ31 alloy in the three-slide forging press: a) beginning of the process, b) end of the process



**Rys. 11. Ukształtowana odłuki z dwoma żebrami ze stopu AZ31 w TPK (a) oraz wykonany z niej gotowy wspornik (b)**  
Fig. 11. Flat forgings with two ribs from AZ31 alloy (a) obtained in the experimental tests and finished brackets made from them (b)

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

**Zalety rozwiązania innowacyjnego:**  
- mniejsza materiałochłonność,  
- obniżenie czasochłonności i energochłonności procesu dzięki możliwości kucia odłuki w jednym cyklu roboczym prasy,  
- uzyskanie lepszych własności mechanicznych wyrobów.

**Advantages of innovative solution:**  
- smaller material consumption,  
- lowering of energy and labour consumption of the process due to the possibility of part forging in one working cycle of the press,  
- obtaining better mechanical properties of products.

**Ograniczenia rozwiązania innowacyjnego:** konieczność budowy trójsuwakowej prasy kuzniczej do kształtowania tego typu wyrobów.

**Restrictions of innovative solution:** the necessity of building of the three-slide forging press for forming of such products.

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



**Rys. 12. Zastosowanie wyrobów uźebrowanych w przemyśle lotniczym**  
Fig. 12. Application of flat parts with ribs in aircraft industry



**Rys. 13. Wyroby z żebrami stosowane w przemyśle motoryzacyjnym**  
Rys. 13. Flat parts with ribs used in automotive industry



**Rys. 14. Uźebrowane części w przemyśle maszyn rolniczych**  
Rys. 14. Ribbed parts in the agricultural machine industry

**Oferta dla przemysłu**  
The offer for industry

Nowa technologia wytwarzania części płaskich z żebrami metodą kucia.  
New technology for manufacturing of flat parts with ribs by a forging method.