

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

Tytuł rozwiązania Innowacyjnego
Title of the innovative solution

Segmentowe kształtowanie plastyczne

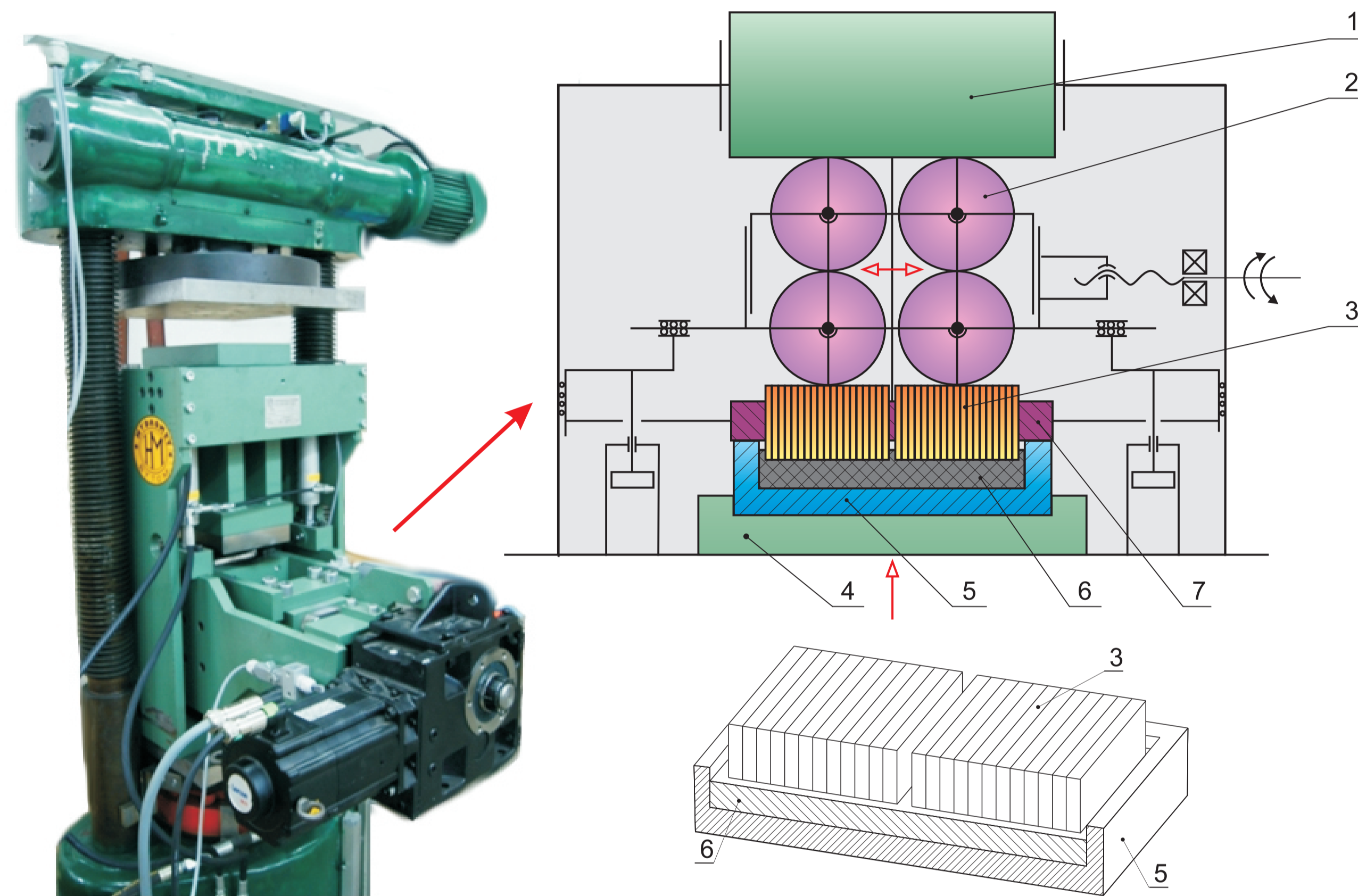
Incremental forming with segmented punches

Krótki opis rozwiązania
Brief description of the solution

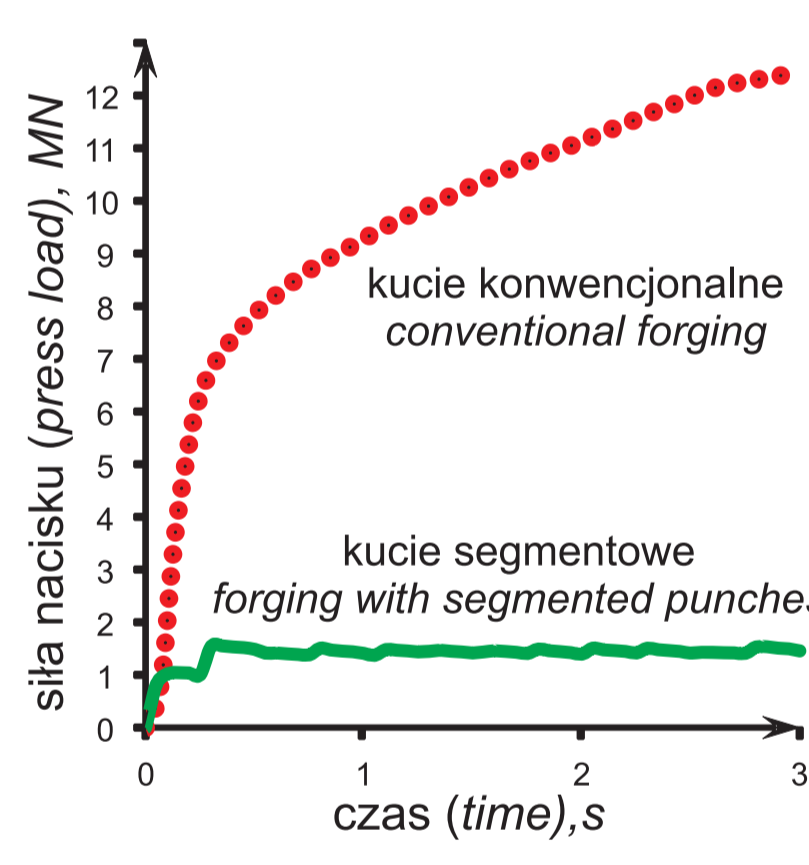
Istotą metody jest zastosowanie stempli podzielonych na segmenty, po których toczą się rolki dociskowe (rys.1), dzięki czemu chwilowy nacisk jest wywierany na niewielkie fragmenty powierzchni kształtowanego materiału. Sumowanie wielokrotnych, niewielkich wgłębień pojedynczych segmentów pozwala zatem na uzyskanie wgłębień o dużej powierzchni i głębokości przy stosunkowo niewielkiej sile nacisku. Metoda może być wykorzystana do wytwarzania elementów uźebrowanych o bardzo dużej powierzchni w stosunku do grubości, np. części konstrukcyjnych samolotu w postaci elementów integralnych.

The method consists in application of segmented punches during forming. The segments are pressed down by movable pressure rolls causing temporary load exertion only on a small fragment of the workpiece surface. Cumulation of multiple, small indentations made by individual segments allows to obtain indentations of a large area and a big depth with relatively low press load. The method can be used to produce ribbed parts with high surface/thickness ratio, e.g. integral parts in aircraft structures.

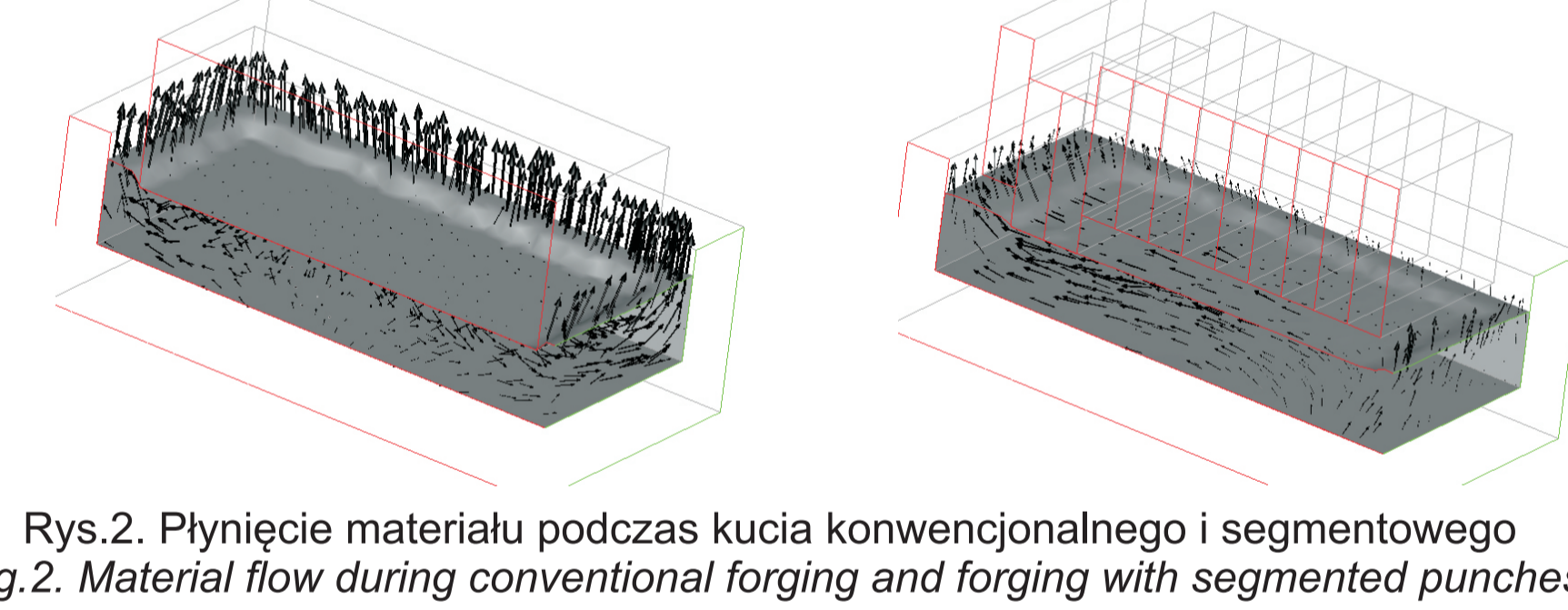
Graficzna prezentacja rozwiązania innowacyjnego
Visualization of the innovative solution



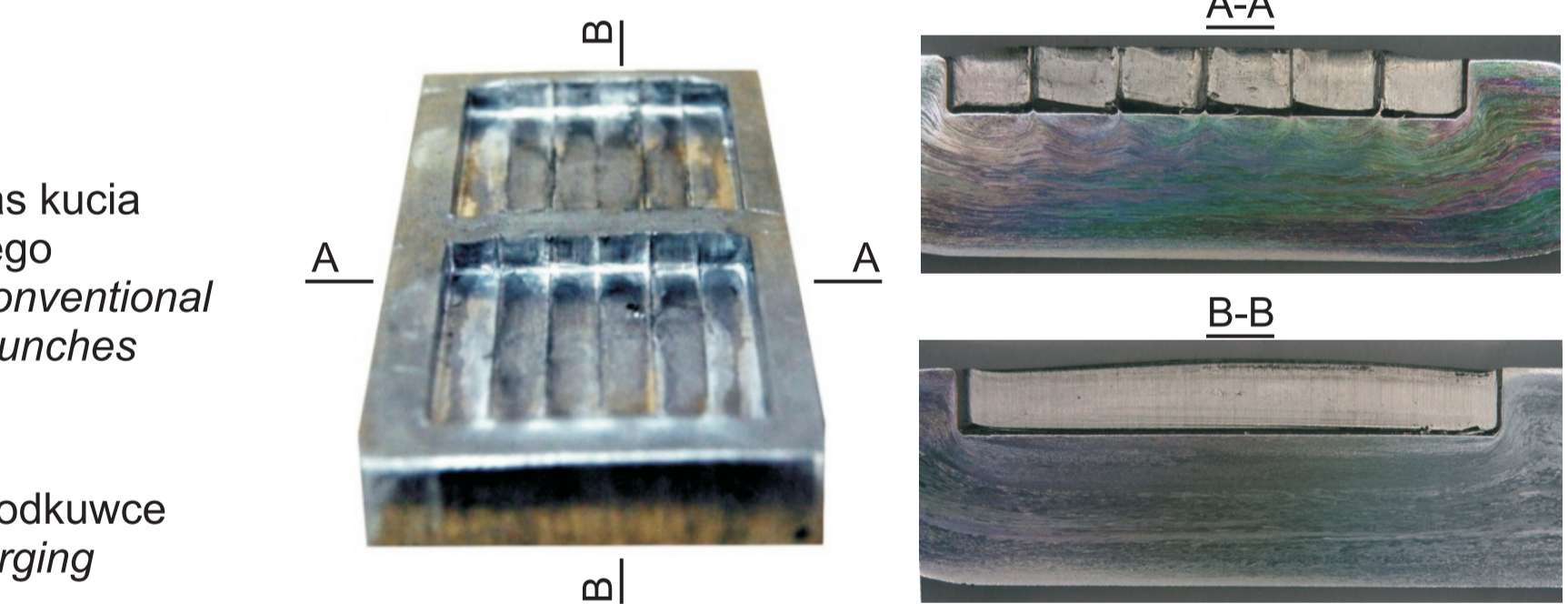
Rys.1. Przyrząd do kształtowania segmentowego: 1 - płyta dociskowa, 2 - rolki dociskowe, 3 - stempel segmentowy, 4 - stół prasy, 5 - matryca, 6 - odciskany materiał, 7 - oprawa stempla
Fig.1. A device for incremental forming with segmented punches: 1 - pressure plate, 2 - pressure rolls, 3 - segmented punch, 4 - press table, 5 - die, 6 - workpiece, 7 - punch retainer



Rys.3. Porównanie sił nacisku podczas kucia konwencjonalnego i segmentowego
Fig.3. Comparison of press load during conventional forging and forging with segmented punches



Rys.2. Płynięcie materiału podczas kucia konwencjonalnego i segmentowego
Fig.2. Material flow during conventional forging and forging with segmented punches



Rys.4. Przebieg włókien w modelowej odkuwce
Fig.4. Grain structure in a model forging

Zalety i ograniczenia rozwiązania innowacyjnego
Advantages and restrictions of innovative solution

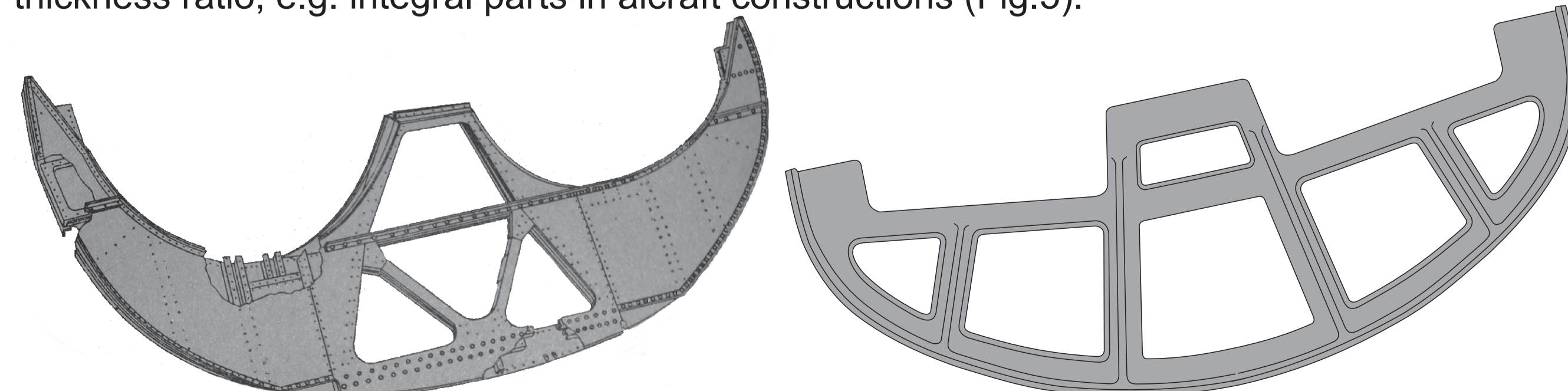
- Zalety:**
- wielokrotne zmniejszenie wymaganych nacisków prasy w porównaniu z kuciem konwencjonalnym (rys.3),
 - bardziej równomierne odkształcenie i umocnienie odkształceniowe materiału (rys.2),
 - znaczne zmniejszenie materiałochłonności w porównaniu z obróbką skrawaniem,
 - zachowanie ciągłości włókien i uniknięcie karbów strukturalnych spowodowanych obróbką skrawaniem lub spawaniem (rys.4),
 - możliwość przetwarzania materiałów trudnoodkształcalnych.
- Ograniczenie:**
- stosunkowo długi czas operacji kształtowania.

- Advantages:**
- substantial reduction of press load in comparison to conventional forging (Fig.3),
 - more uniform strain distribution and work hardening of the workpiece (Fig.2),
 - significant reduction of material waste in comparison to machining,
 - preserving favourable uncut grain structure without structural notches (Fig.4),
 - opportunity to process hard-to-form materials.
- Restriction:**
- relatively long duration of forming operation.

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

Wykonanie części konstrukcyjnych, charakteryzujących się niewielką grubością w stosunku do powierzchni, o bardzo dużej wytrzymałości, z uźebrowaniem, np. elementy integralne w konstrukcjach lotniczych (rys.5).

Manufacturing of ribbed structural parts of very high strength with very high surface to thickness ratio, e.g. integral parts in aircraft constructions (Fig.5).



Rys.5. Wregra kadłubowa jako wyrób złożony (po lewej) i jako element integralny możliwy do wykonania technologią kształtowania segmentowego (po prawej)
Fig.5. A fuselage bulkhead as the assembly (left) and as the integral, monolithic part able to be made by incremental forming (right)

Tytuł rozwiązania Innowacyjnego
Title of the innovative solution

Baza danych o przerabianych plastycznie stopach aluminium i tytanu

Database on wrought aluminum and titanium alloys

Krótki opis rozwiązania
Brief description of the solution

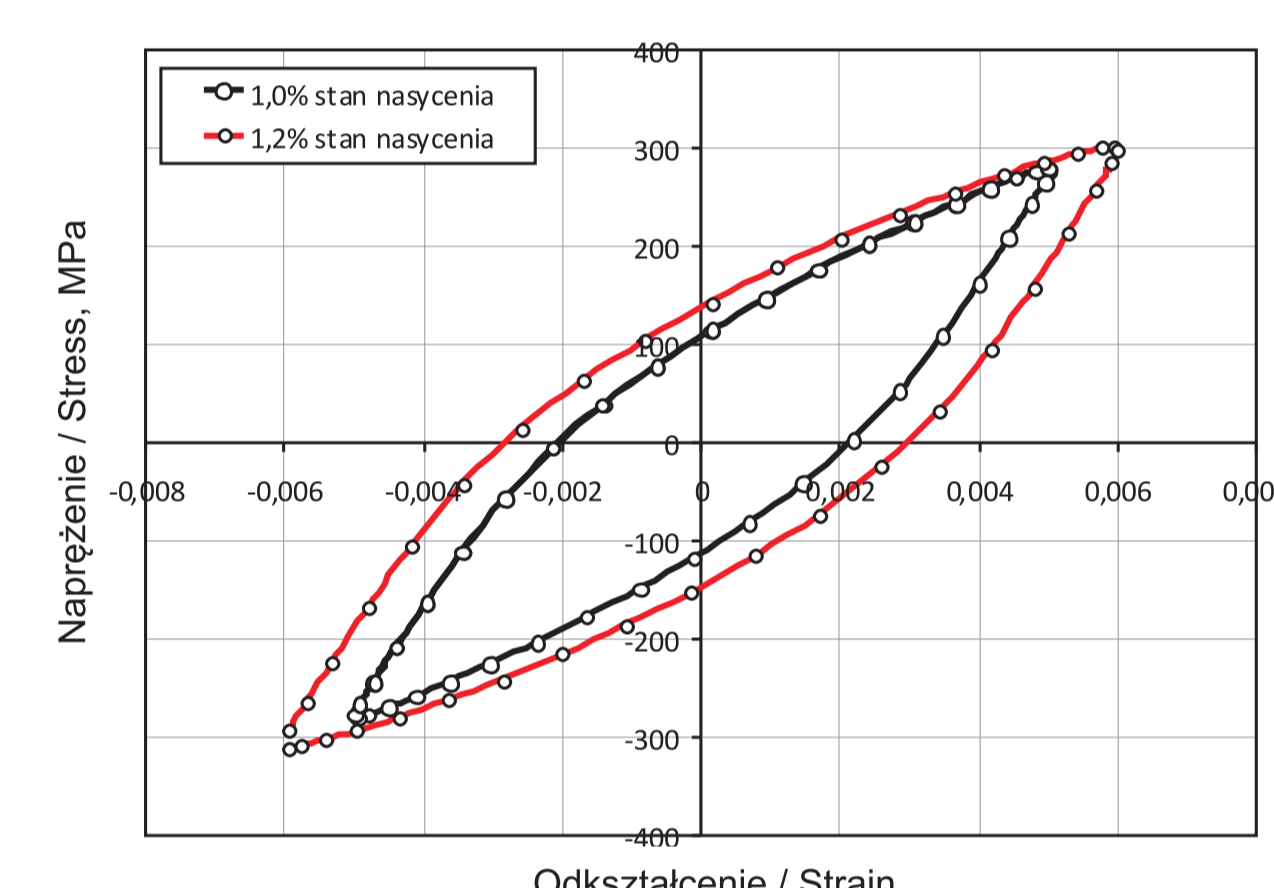
Baza danych (rys.6) zawiera unikalny zestaw informacji dotyczących wybranych stopów aluminium i tytanu, przeznaczonych do wytwarzania elementów konstrukcyjnych metodami przeróbki plastycznej, tj. właściwości użytkowe (rys.7), wpływ parametrów procesu kształtowania na mikrostrukturę i właściwości wyrobów (rys.8), charakterystyki technologicznej plastyczności (rys.9), zalecenia dotyczące technologii kształtowania plastycznego elementów konstrukcyjnych oraz informacje o nowych, niekonwencjonalnych metodach kształtowania plastycznego stopów aluminium i tytanu.

The database (Fig.6) consists a unique set of information on the selected wrought aluminum and titanium alloys: their functional properties (Fig.7), the effects of forming process parameters on microstructure and properties of products (Fig.8), formability characteristics (Fig.9), recommendations concerning forming technologies of structural components as well as description of new, unconventional methods for forming products made of aluminum and titanium alloys.

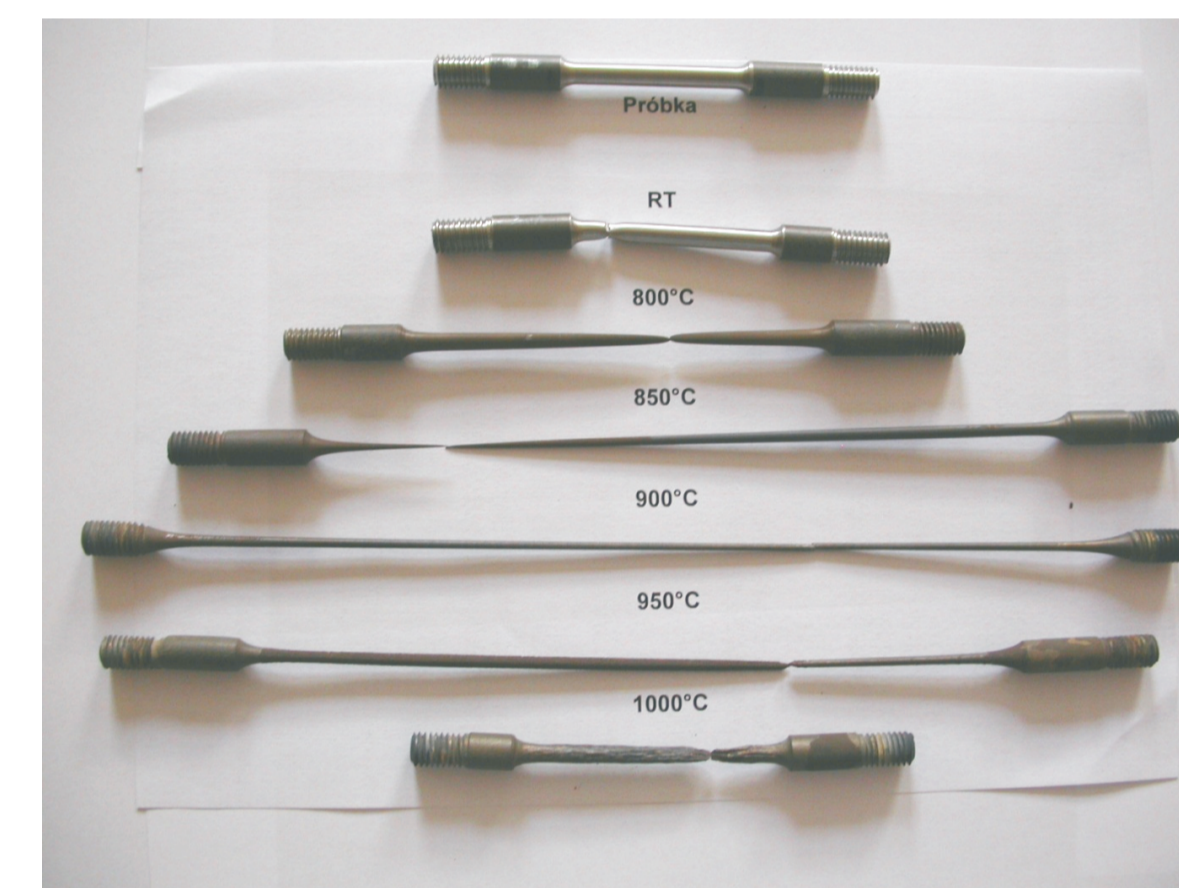
Graficzna prezentacja rozwiązania innowacyjnego
Visualization of the innovative solution



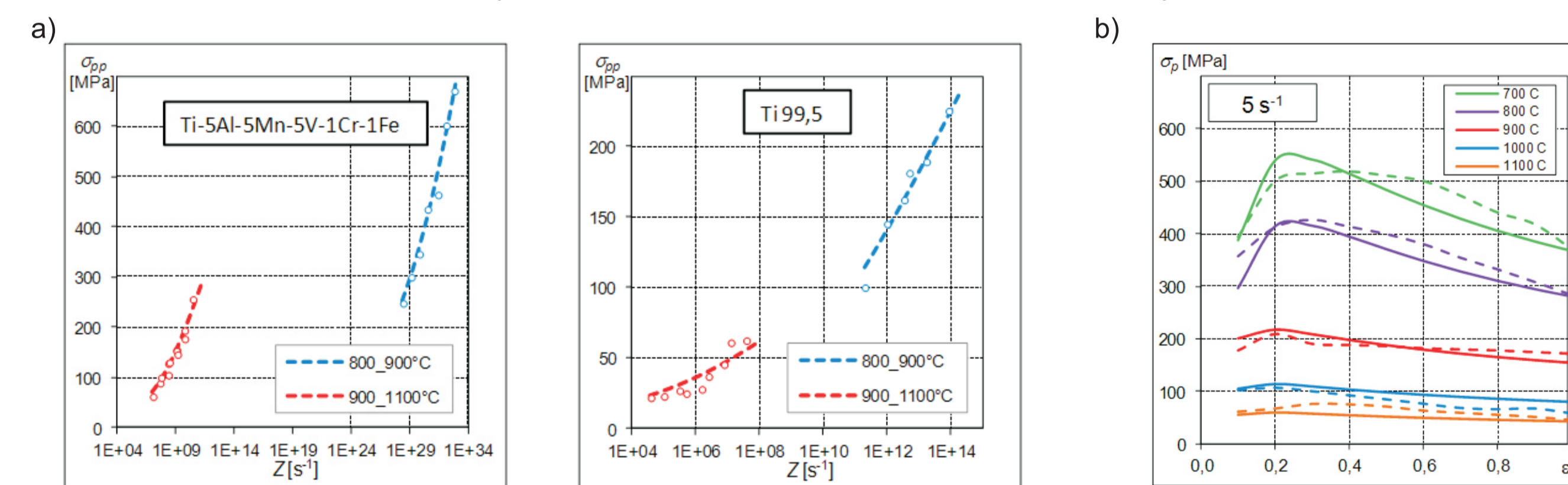
Rys.6. Struktura przygotowywanej bazy danych dotyczącej przerabianych plastycznie stopów aluminium i tytanu
Fig.6. A structure of the developed database on wrought aluminum and titanium alloys



Rys.7. Przykładowe charakterystyki stopu tytanu w warunkach zmniejszenia niskocyklowego
Fig.7. Examples of low-cycle fatigue characteristics for titanium alloy



Rys.8. Wpływ temperatury na wydłużenie stopu tytanu Grade 5 w próbie rozciągania
Fig.8. The effect of temperature on elongation of Grade 5 titanium alloy in the tensile test



Rys.9. Przykładowe charakterystyki technologicznej plastyczności wybranych stopów tytanu (a) zależność naprężenia uplastyczniającego od parametru Zenera-Hollomona, (b) krzywe płynięcia
Fig.9. Examples of formability characteristics for selected titanium alloys: (a) the flow stress - Zener-Hollomon parameter relation, (b) flow curves

Zalety i ograniczenia rozwiązania innowacyjnego
Advantages and restrictions of innovative solution

- Informacje zawarte w bazie danych ułatwią użytkownikowi dobór odpowiedniego stopu na określony element konstrukcyjny oraz wspomogą proces opracowania technologii wytwarzania elementów konstrukcyjnych ze stopów aluminium i tytanu metodami analitycznymi lub symulacyjnymi.
- Information included in the database will facilitate a user to select a proper alloy for a specific structural component and will be helpful for analytical calculations and numerical simulations conducted during development of manufacturing technologies for aluminum and titanium alloys structural components.

Oferta dla przemysłu
The offer for industry

Zaprezentowane metody kształtowania plastycznego wykazują duży potencjał w zakresie zastosowania w przemyśle lotniczym, motoryzacyjnym i maszynowym. Mogą one być szczególnie interesujące dla zakładów planujących produkcję elementów konstrukcyjnych o nietypowych właściwościach, w niewielkich seriach i dysponujących prasami o stosunkowo niewielkim maksymalnym nacisku.

Przedstawione unikalne urządzenia, znajdujące się w Instytucie Technologii Metali Politechniki Śląskiej, mogą być wykorzystane do:

- oceny wpływu parametrów procesu na mikrostrukturę i właściwości wyrobów,
- wyznaczenia charakterystyk technologicznej plastyczności materiałów w warunkach określonego procesu kształtowania,
- wytwarzania małych odkuwek dla celów demonstracyjnych.

Wyniki prób oraz wiedza i doświadczenie zdobyte podczas prowadzenia eksperymentów laboratoryjnych może zostać wykorzystana do opracowania urządzeń przemysłowych spełniających wymagania zainteresowanego producenta.

Presented forming processes exhibit a great application potential for the aerospace, automotive and machinery industry. They can be particularly interested for companies willing to produce structural parts of aircrafts in small series but having a limited press load at their command.

The presented unique devices are located at the Institute of Metals Technology in the Silesian University of Technology and can be used for:

- estimating the effects of process parameters on the microstructure and the properties of products,
- determining material formability under specific forming conditions,
- producing small forgings for demonstration purposes.

The test results as well as know-how and experience gained during laboratory experiments can be used for development of industrial devices that meet the customers requirements.

Tytuł rozwiązania Innowacyjnego
Title of the innovative solution

Kucie wspomagane działaniem dodatkowych naprężeń stycznych

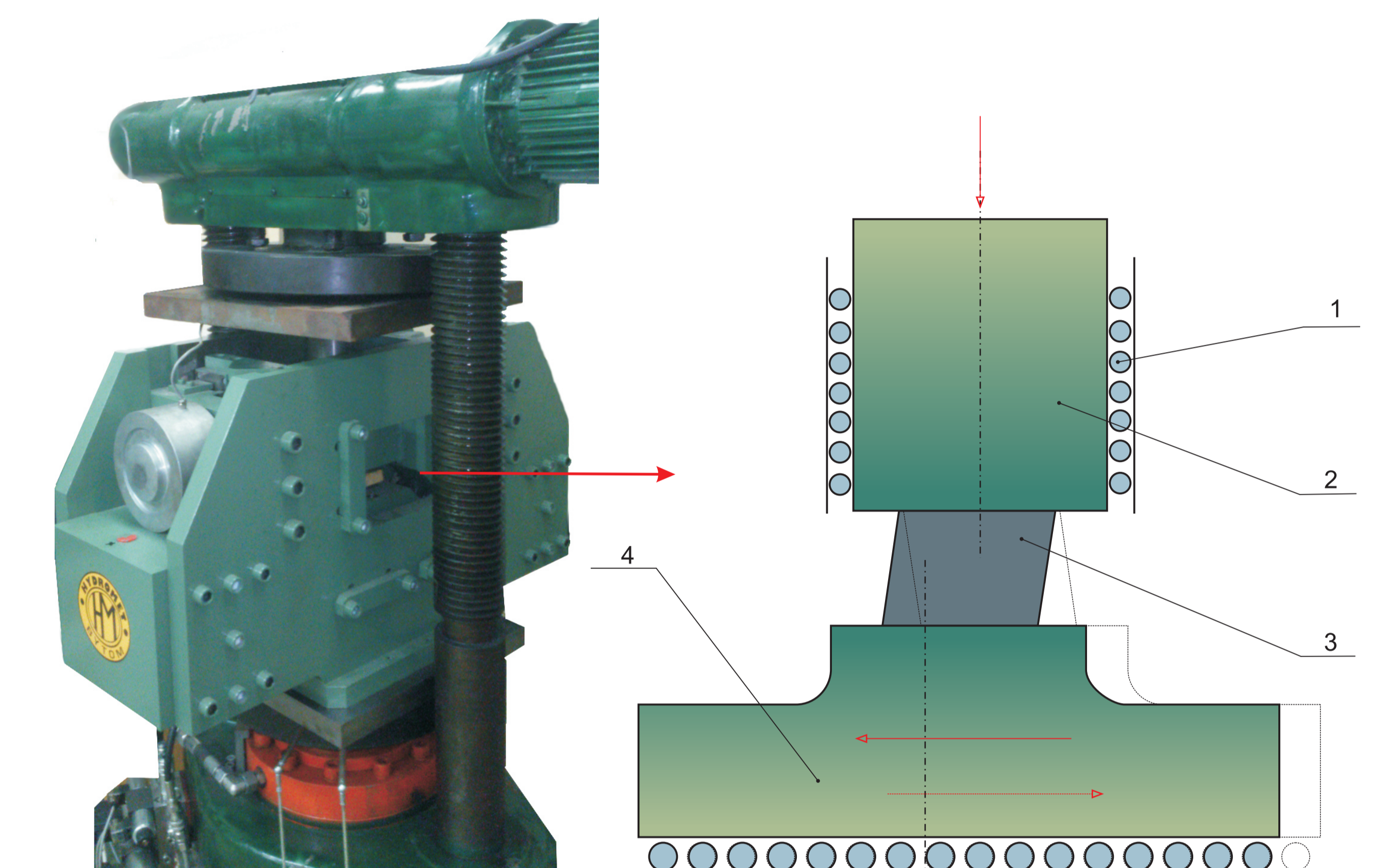
Forging aided by additional shear stress

Krótki opis rozwiązania
Brief description of the solution

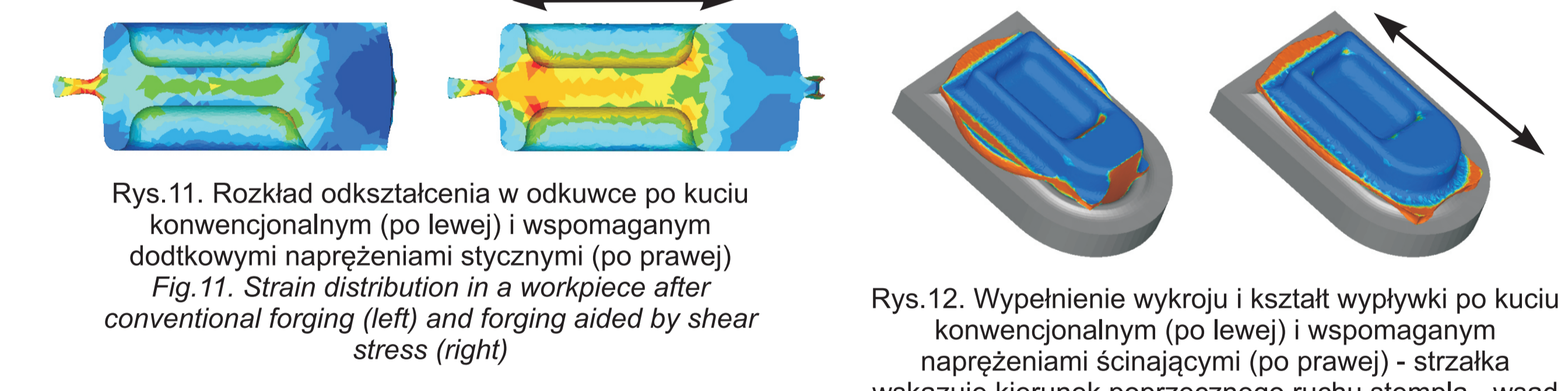
Wprowadzenie cyklicznego, poprzecznego ruchu stempla lub matrycy podczas kucia (rys.10) wymusza zmianę drogi odkształcenia w objętości kształtowanego materiału, co skutkuje uzyskaniem znacznie większych wartości odkształcenia lokalnego (rys.11) i mniejszych nacisków niż w przypadku kucia konwencjonalnego. Metoda ta pozwala na wykonywanie przedkówek do konwencjonalnego procesu kucia matrycowego lub odkuwek matrycowych o skomplikowanych kształtach, charakteryzujących się bardzo dużym stopniem przerobu plastycznego i drobnziarnistą mikrostrukturą.

Transverse motion of a punch or a die during forging (Fig.10) induces cyclic strain path change in a workpiece volume. As a result, significant increase of local strains (Fig.11) and lower forces can be achieved in comparison with conventional forging. This method can be used to prepare preforms for conventional closed-die forging or to produce forgings of complex shape with severely deformed, fine-grained microstructure.

Graficzna prezentacja rozwiązania innowacyjnego
Visualization of the innovative solution

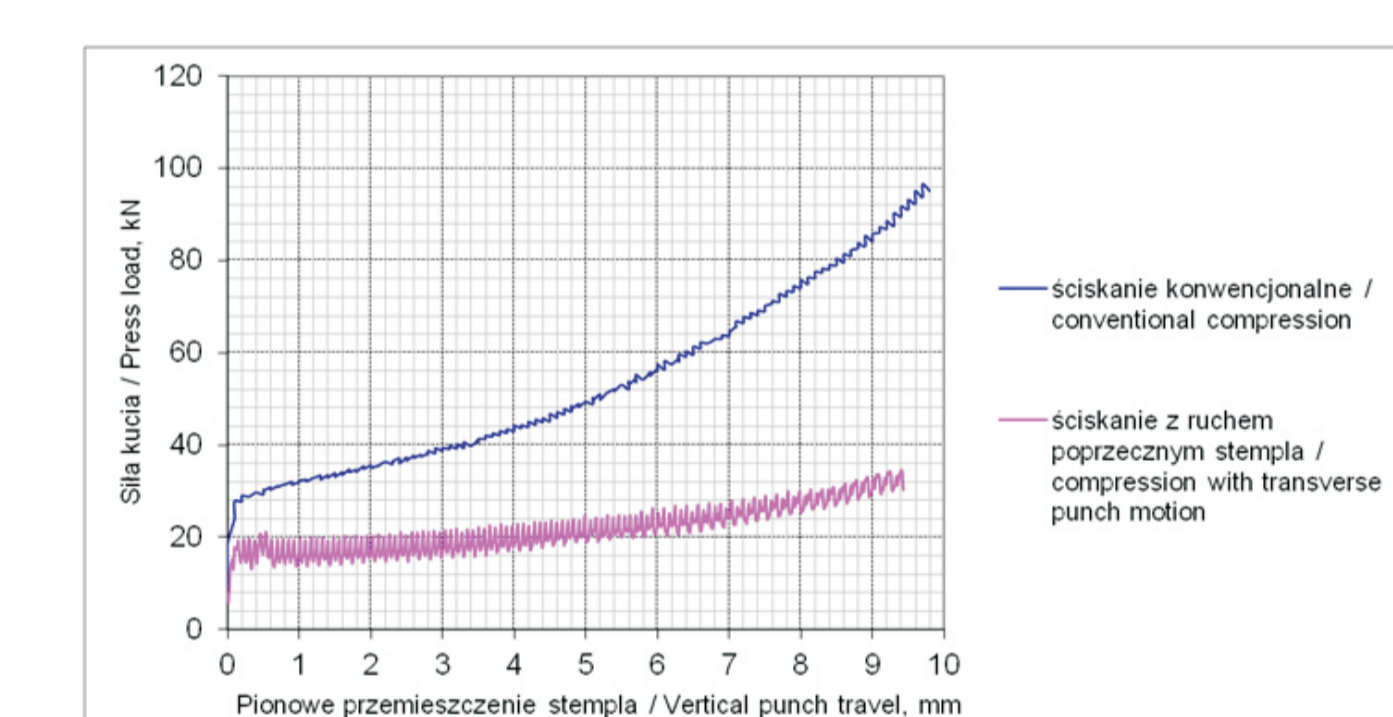


Rys.10. Przyrząd do kucia wspomaganego dodatkowymi naprężeniami stycznymi: 1 - prowadnice toczne, 2 - narzędzie górne, 3 - kształtowany materiał, 4 - narzędzie dolne
Fig.10. A device for forging aided by additional shear stress: 1 - guiding rolls, 2 - upper die, 3 - workpiece, 4 - lower die



Rys.11. Rozkład odkształcenia w odkuwce po kuciu konwencjonalnym (po lewej) i wspomaganym dodatkowymi naprężeniami stycznymi (po prawej)
Fig.11. Strain distribution in a workpiece after conventional forging (left) and forging aided by shear stress (right)

Rys.12. Wypełnienie wykroju i kształt wypłytki po kuciu konwencjonalnym (po lewej) i wspomaganym naprężeniami stycznymi (po prawej) - strzałka wskazuje kierunek poprzecznego ruchu stempla - wsad prostopadłościenny
Fig.12. Die filling and flash shape in conventional forging (left) and forging aided by shear stress (right) - direction of transverse punch motion is indicated by the arrow - rectangular billet



Rys.13. Porównanie sił nacisku podczas konwencjonalnego i wspomaganego naprężeniami stycznymi spękania próbki sześcienniej
Fig.13. Comparison of press load during conventional upsetting and upsetting aided by shear stress of a cubic sample

Zalety i ograniczenia rozwiązania innowacyjnego
Advantages and restrictions of innovative solution

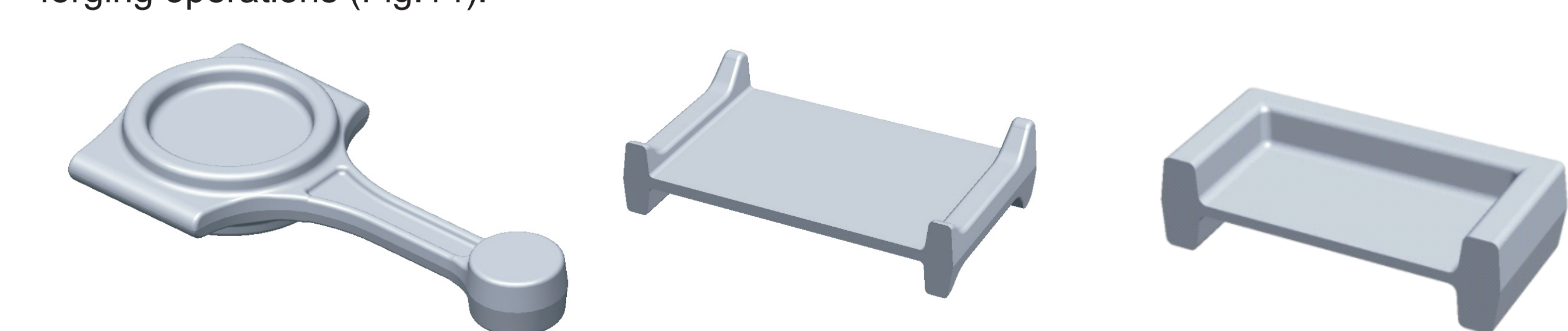
- Zalety:**
- możliwość dużego odkształcenia plastycznego na zimno i rozdrobnienia ziarna,
 - poprawa wypełnienia matrycy i zmniejszenie strat materiałowych (rys.12),
 - możliwość znaczącego obniżenia sił nacisku narzędzi kształtujących (rys.13),
 - możliwość konsolidacji materiałów porowatych,
 - poprawa warunków zamykania i zgrzewania nieciągłości materiałowych,
 - możliwość uzyskania nietypowego zespołu właściwości użytkowych wyrobów gotowych.
- Ograniczenie:**
- stosunkowo długi czas operacji kształtowania.

- Advantages:**
- significant increase of cold deformation and grain refinement,
 - improvement of die filling and reduction of material waste (Fig.12)
 - significant reduction of press load (Fig.13),
 - opportunity to consolidate porous materials,
 - creating better conditions for closing and welding of voids in a stock material,
 - obtaining untypical set of functional properties of the products.
- Restriction:**
- relatively long duration of forming operation.

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

Wykonanie części konstrukcyjnych w postaci odkuwek matrycowych charakteryzujących się dużym stopniem przerobu plastycznego oraz wstępny przerob materiału wsadowego do kucia matrycowego metodą konwencjonalną (rys.14).

Manufacturing of structural parts of an aircraft as the drop forgings exhibiting severe plastic deformation effect and the initial forging of a stock for subsequent conventional closed-die forging operations (Fig.14).



Rys.14. Przykładowe wyroby możliwe do wykonania poprzez kucie wspomagane oddziaływaniem dodatkowych, cyklicznych naprężeń stycznych
Fig.14. Examples of products able to be made by forging aided by additional, cyclic shear stress