

Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

Modern material technologies in aerospace industry

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

Nowe możliwości badawcze w zakresie niekonwencjonalnych metod kształtowania plastycznego
New research possibilities in the field of non-conventional metal forming

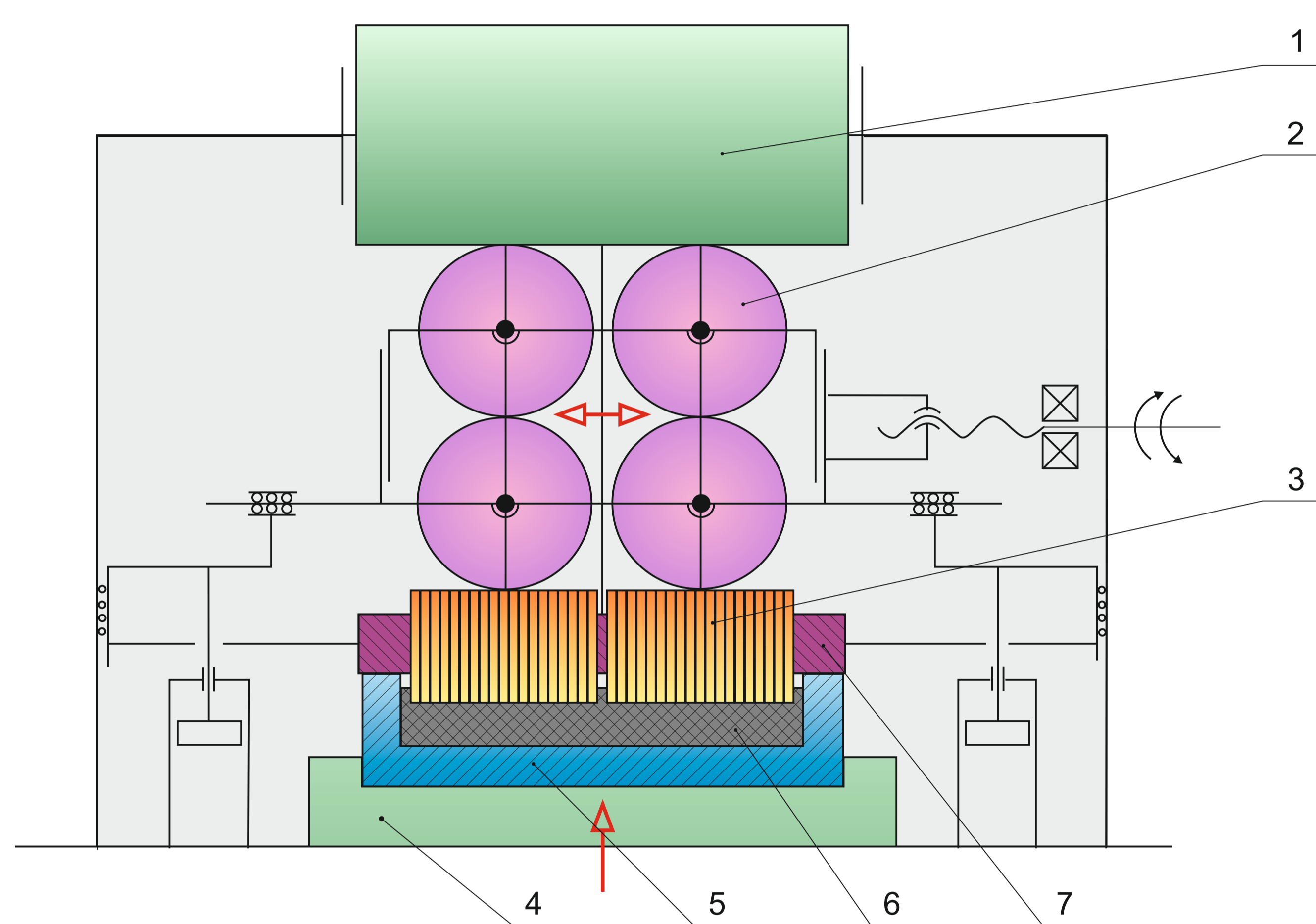
Wyniki badań
Results

Kształtowanie segmentowe z posuwisto-zwrotnym ruchem rolek roboczych

Incremental forming with reciprocating motion of working rolls

Istota metody:
Zastosowanie segmentów i rolek (rys.1) powoduje, że chwilowy nacisk jest przekazywany na niewielki fragment powierzchni kształtowanego materiału, co daje możliwość zmniejszenia wymaganych jednostkowych nacisków prasy, a zatem - wykorzystania znacznie mniejszych pras niż w przypadku kucia konwencjonalnego.

An essence of the method:
Application of segments and rolls (fig.1) causes temporary load exertion only on a small fragment of the workpiece surface, enabling reduction of the required press load. Thus, significantly smaller presses are needed than for conventional forging.



Rys.1. Schemat ideowy przyrządu do kształtowania segmentowego z posuwisto-zwrotnym ruchem rolek roboczych
1 - suwak prasy, 2 - rolki robocze, 3 - stempel segmentowy, 4 - stół prasy, 5 - matryca, 6 - odkształcany materiał, 7 - oprawa stempla

Fig. 1. A schematic diagram of the device for incremental forming with reciprocating motion of working rolls
1 - punch, 2 - working rolls, 3 - segmental punch, 4 - press table, 5 - die, 6 - workpiece, 7 - punch retainer

Możliwości badawcze urządzenia:

Badania na próbkach prostopadłościennych w warunkach opisanych parametrami przedstawionymi w tabelcy 1.

Testing opportunities of the device:

Tests performed on cuboidal samples within the ranges of parameters collected in table 1.

Tabela 1. Charakterystyka techniczna przyrządu do kształtowania segmentowego z posuwisto-zwrotnym ruchem rolek roboczych

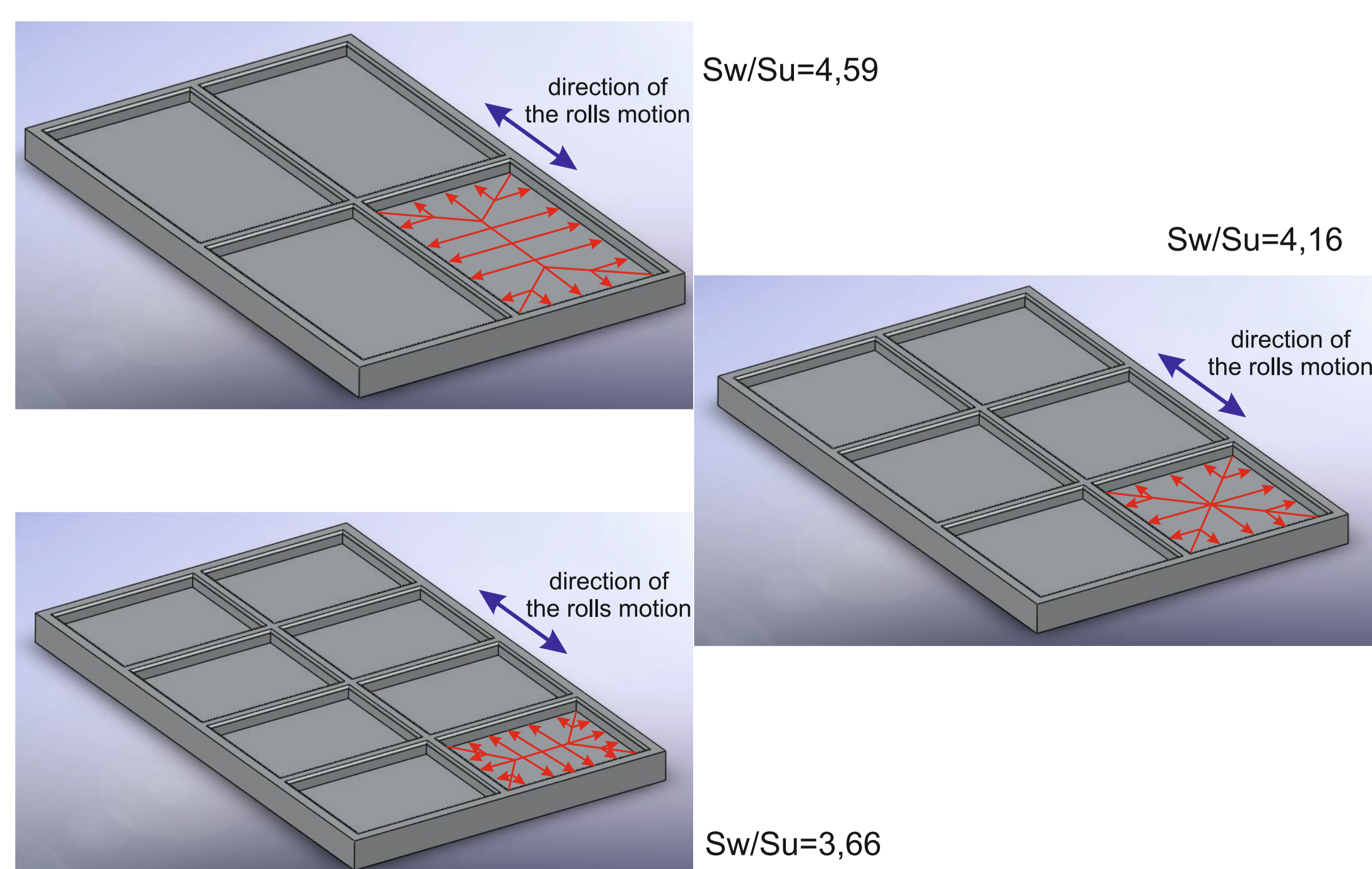
maksymalna siła nacisku maximum press load	1.0 MN
zakres częstości ruchu rolek roboczych frequency range of the working rolls motion	0.1+1.0 Hz
maksymalny skok rolek roboczych maximum travel of the working rolls	120 mm
średnica rolek roboczych diameter of the working rolls	100 mm
długość beczki rolek roboczych length of the working rolls	130 mm
powierzchnia odkuwki plan view area of the forging	215x135 mm

Cechy geometryczne odkuwek modelowych:

Wytypowano trzy rodzaje odkuwek modelowych, które różnią się ilością i wielkością powierzchni wgłębień oraz stosunkiem powierzchni rzutu z góry wgłębień i uźebrowania. Dzięki temu, analizowane mogą być trzy odmienne schematy płynięcia materiału w lokalnych ogniskach odkształcenia (rys.2).

Geometric features of model forgings:

Three types of model forgings have been selected, differing in the number and the area of indentations as well as the ratio of plan view areas of indentations and ribbing. Thanks to this, three different material flow patterns can be analysed in the local deformation zones (fig.2).



Rys.2. Rodzaje odkuwek modelowych z odmiennymi schematami płynięcia materiału w ogniskach odkształcenia (Sw/Su - stosunek powierzchni rzutów z góry wgłębień i uźebrowania)

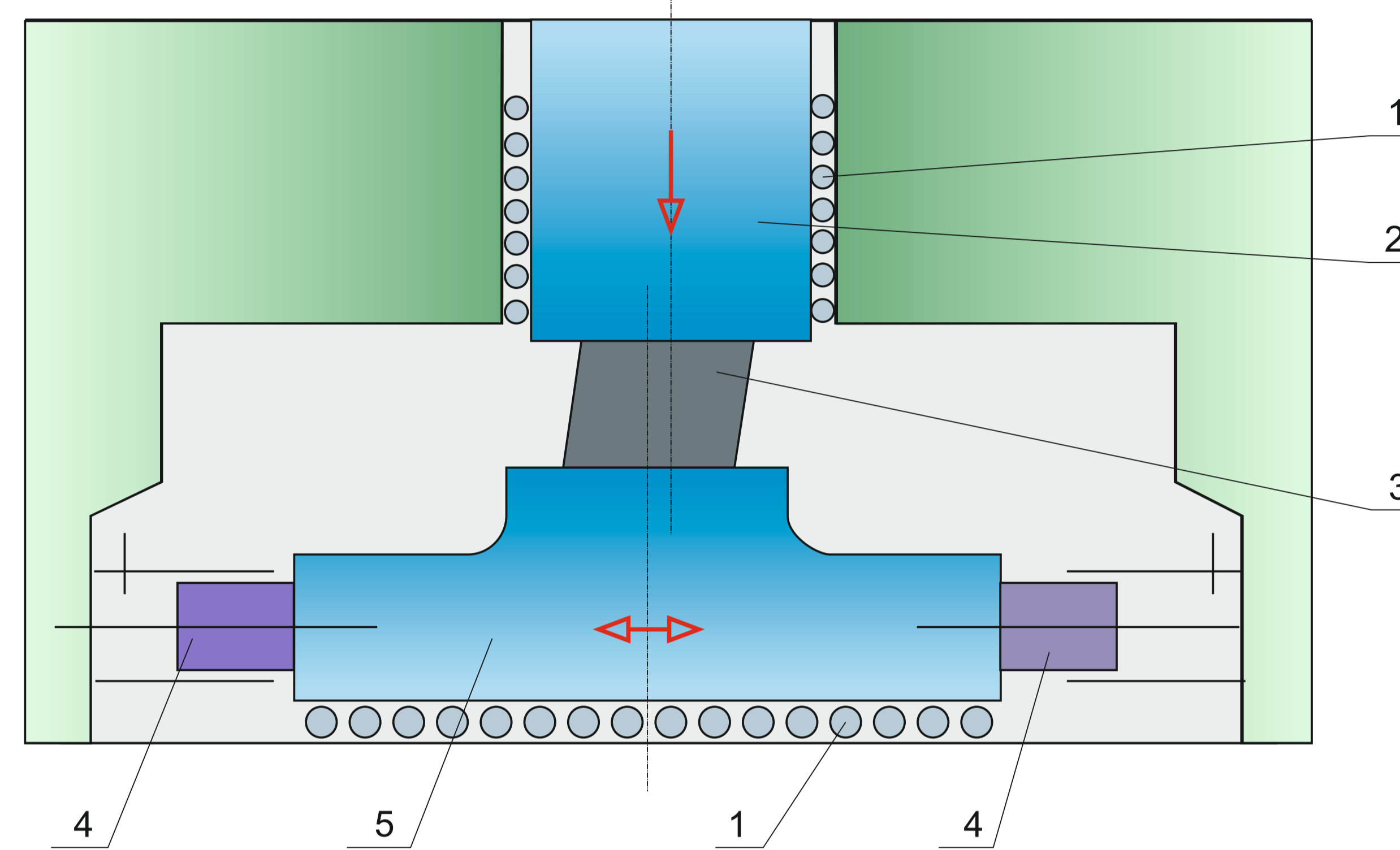
Fig.2. Types of model forgings with different material flow patterns in deformation zones (Sw/Su - ratio of the plan view areas of indentations and ribbing)

Kształtowanie plastyczne wspomagane oddziaływaniem naprężeń ścinających

Metal forming aided by shear stress

Istota metody:
Wprowadzenie poprzecznego ruchu dolnego stempla (rys.3) daje możliwość wymuszenia zmiany drogi odkształcenia, co skutkuje uzyskaniem znacznie większych wartości odkształcenia lokalnego i mniejszych sił niż w przypadku kucia konwencjonalnego.

An essence of the method:
Thanks to additional transverse motion of the lower punch (fig.3), the induced strain path effect can be obtained. As a result, significant increase of local strains and lower forces can be achieved in comparison with conventional forging.



Rys.5. Schemat przyrządu do kształtowania plastycznego wspomagane oddziaływaniem naprężeń ścinających
1 - prowadnice toczne, 2 - stempel górny, 3 - próbka, 4 - cylindry hydrauliczne, 5 - stempel dolny

Fig.5. A schematic diagram of the device for metal forming aided by shear stress
1 - float guides, 2 - upper punch, 3 - sample, 4 - hydraulic cylinders, 5 - lower punch

Możliwości badawcze urządzenia:

Badania na próbkach prostopadłościennych w warunkach opisanych parametrami przedstawionymi w tabelcy 2.

Testing opportunities of the device:

Tests performed on cuboidal samples within the ranges of parameters collected in table 2.

Tabela 2. Charakterystyka techniczna przyrządu do kształtowania plastycznego wspomagane oddziaływaniem naprężeń ścinających

maksymalna siła nacisku maximum press load	1.5 MN
maksymalna siła dla ruchu poprzecznego stempla dolnego maximum force of transverse motion of the lower punch	0.6 MN
maksymalny skok roboczy stempla górnego maximum travel of the upper punch	50 mm
maksymalna amplituda ruchu poprzecznego stempla dolnego maximum amplitude of transverse motion of the lower punch	±2 mm
zakres częstości ruchu poprzecznego stempla dolnego frequency range of transverse motion of the lower punch	0+3 Hz
zakres prędkości przemieszczania stempla górnego velocity range of the upper punch motion	10+180 mm/min
maksymalne wymiary liniowe próbki : a×b×h maximum linear dimensions of the sample: a×b×h	20×20×30 mm

Przykłady zastosowania w przemyśle lotniczym

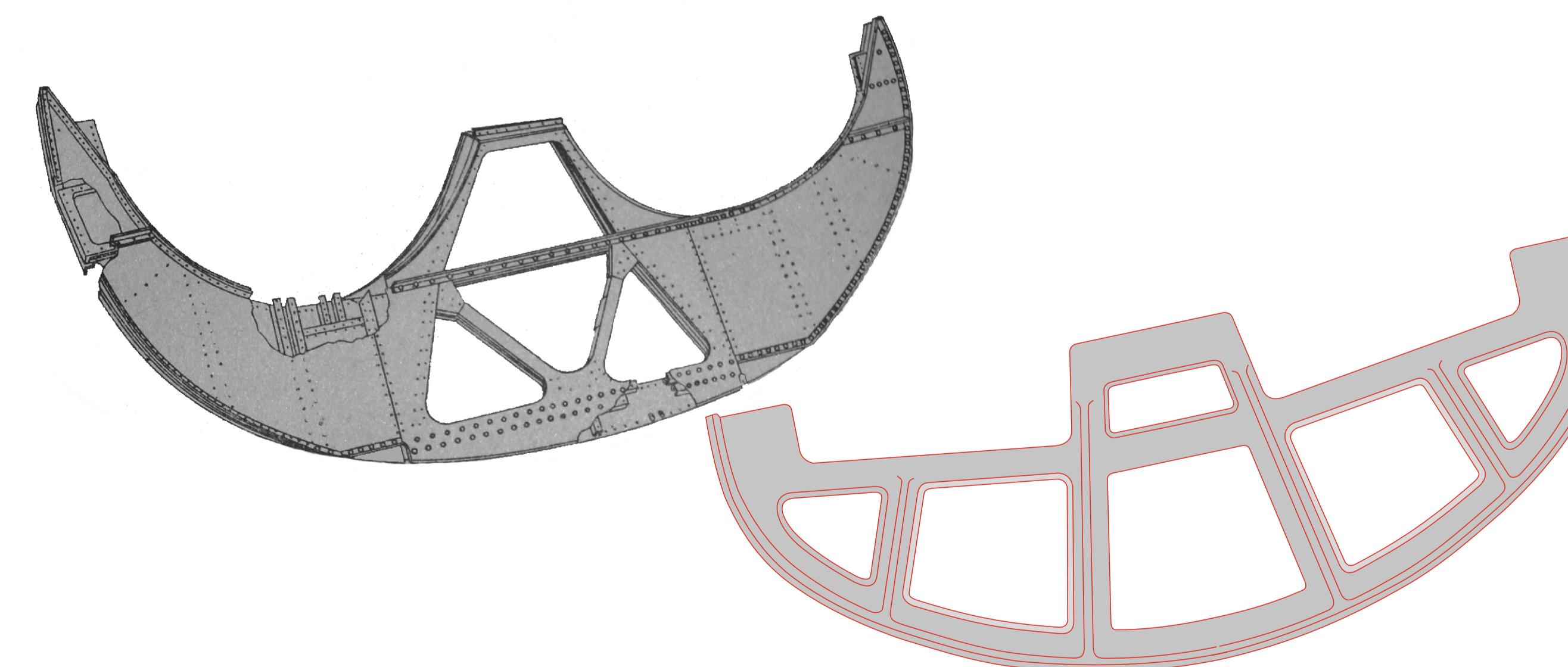
Examples of application in the aerospace industry

Kształtowanie segmentowe:

Wykonanie części konstrukcyjnych samolotu w postaci elementów integralnych (przykład na rys. 4) o bardzo dużej wytrzymałości - umocnionych poprzez odkształcenie plastyczne na zimno lub w podwyższonej temperaturze.

Incremental forming:

Manufacturing of structural parts of an aircraft as the integral elements (the example in fig. 4) of very high strength - strain-hardened by cold forming or forming at elevated temperature (warm forming).



Rys.4. Wregra kadłubowa jako wyrób złożony (po lewej) i jako element integralny możliwy do wykonania technologią kształtowania segmentowego (po prawej)

Fig.4. A fuselage bulkhead as the assembly (left) and as the integral, monolithic part able to be made by incremental forming (right)

Kształtowanie wspomagane oddziaływaniem naprężeń ścinających:

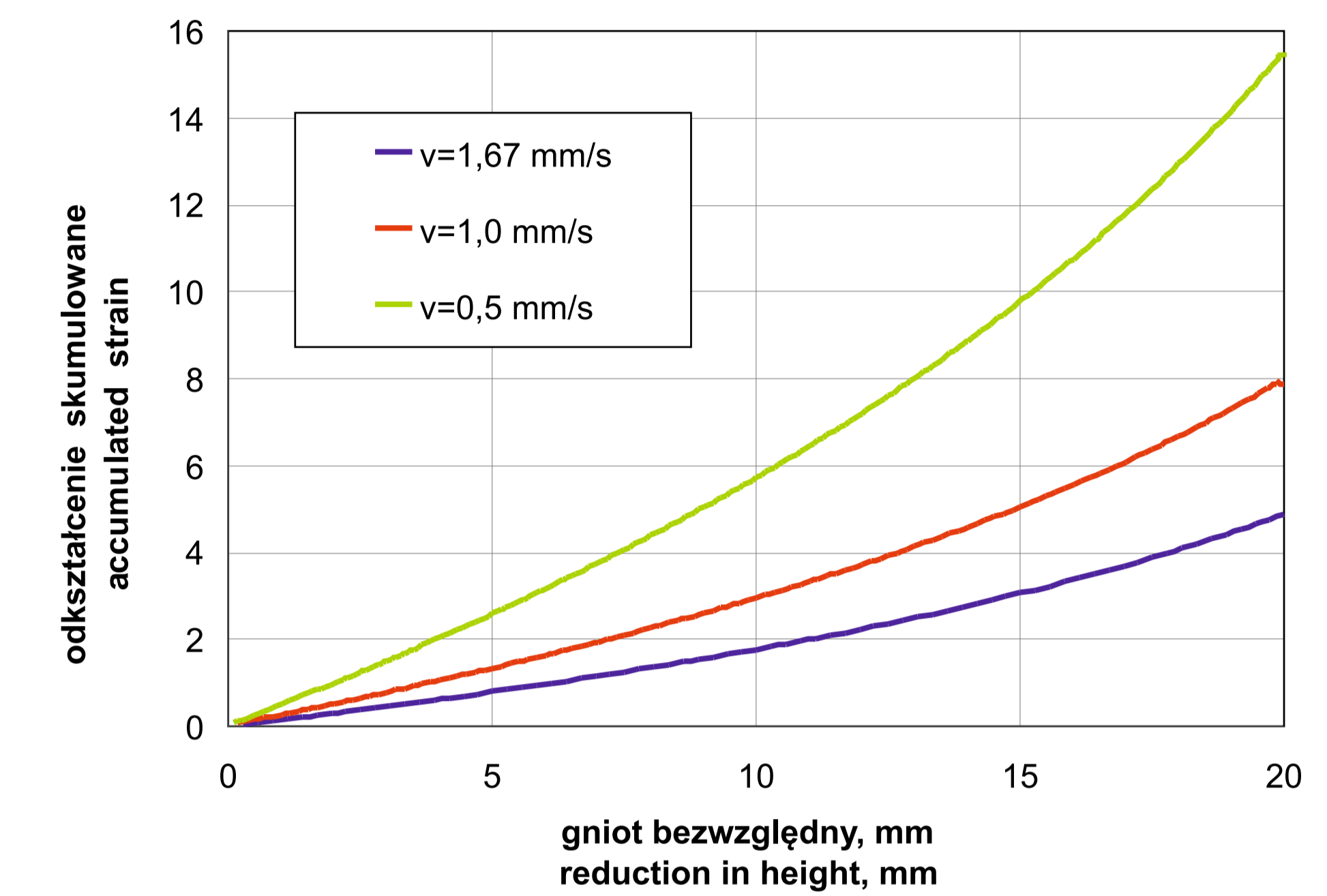
Wykonanie części konstrukcyjnych samolotu w postaci odkuwek matrycowych charakteryzujących się dużym stopniem przerobu plastycznego oraz wstępny przerob materiału wsadowego do kucia matrycowego metodą konwencjonalną.

Forming aided by shear stress:

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 closed-die forging operations.

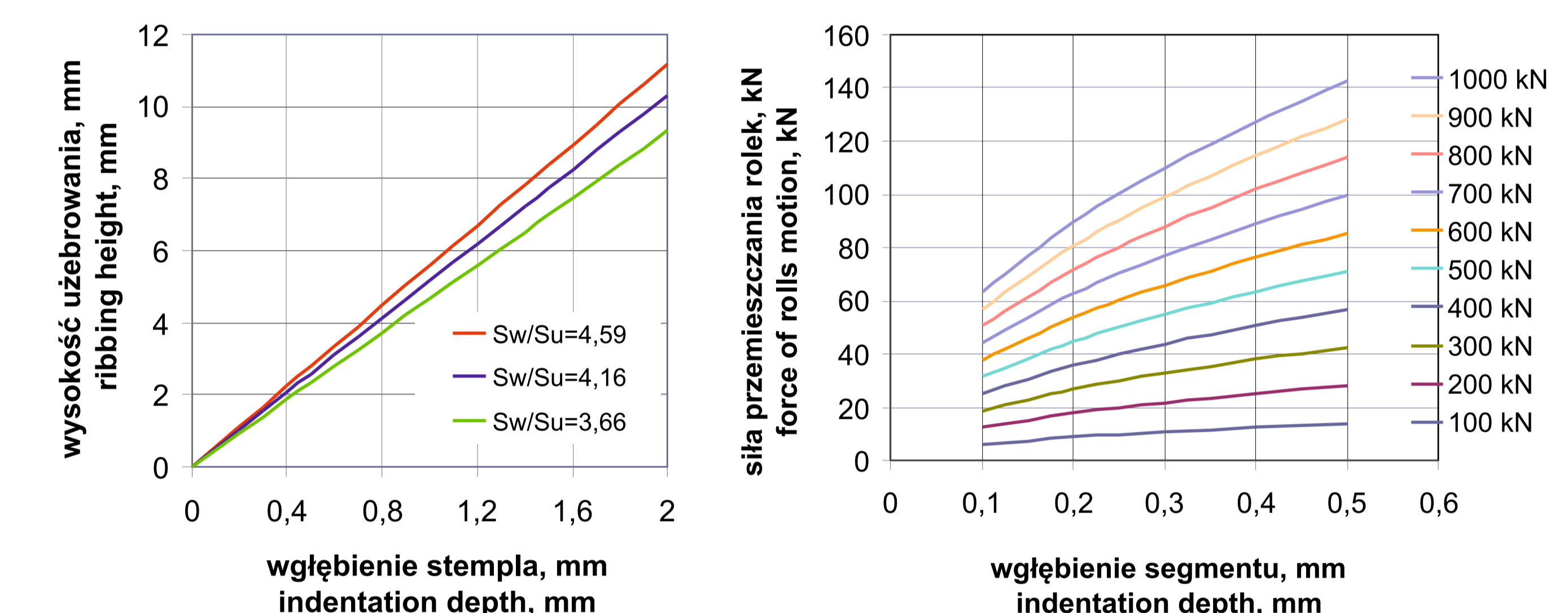
Cel prowadzonych badań:
Ustalenie wpływu warunków odkształcania na parametry siłowo-energetyczne, wielkość odkształceń skumulowanych i charakter płynięcia materiału (przykładowe zależności przedstawiono na rys. 5 i 6).

The goal of conducted research:
Determining the effect of forming conditions on forming forces, accumulated strain and material flow (selected relations are presented in figs. 5 and 6).



Rys.5. Wpływ prędkości przemieszczania stempla górnego na przystosowanie skumulowanego w próbce o wysokości początkowej 30 mm podczas kształtowania wspomagane oddziaływaniem naprężeń ścinających (parametry próby: amplituda ruchu poprzecznego stempla dolnego ±2 mm, częstość ruchu poprzecznego stempla dolnego 3 Hz)

Fig.5. An effect of the upper punch velocity on the increase of accumulated strain in a sample of 30 mm in initial height during forming aided by shear stress (test parameters: amplitude of transverse motion of the lower punch ±2mm, frequency of transverse motion of the lower punch 3 Hz)



Rys.6. Wpływ głębokości wgłębienia stempla na wysokość uźebrowania w analizowanych odkuwkach modelowych (po lewej) oraz na siłę przemieszczania rolek dla zadanego nacisku prasy (po prawej) podczas kształtowania segmentowego (Sw/Su - stosunek powierzchni rzutów z góry wgłębień i uźebrowania)

Fig.6. An effect of the indentation depth on the ribbing height in analysed model forgings (left) and on the force of rolls motion at the assumed press loads (right) during incremental forming (Sw/Su - ratio of the plan view areas of indentations and ribbing)

Wskaźniki realizacji celów projektu

Indicators of the project

Referaty

- Tkocz M., Pawlicki J., Grosman F.: **Flow Stress in Unconventional Metal Forming Processes**. 38th Solid Mechanics Conference, 27-31.08.2012, Warszawa
- Grosman F., Pawlicki J., Tkocz M.: **Opis naprężenia uplastyczniającego dla złożonych cyklicznie zmiennych obciążeń**, VIII Seminarium Naukowe PlastMet, 20-23.11.2012, Łańcut-Zamek
- Grosman F., Tkocz M., Pawlicki J., Lipska B.: **Wytwarzanie elementów integralnych w procesie kształtowania segmentowego**, Międzynarodowa Konferencja Forming 2012, 5-8.09.2012, Zakopane

Publikacja

- Grosman F., Tkocz M., Pawlicki J., Lipska B.: **Wytwarzanie elementów integralnych w procesie kształtowania segmentowego**, Hutnik - Wiadomości Hutnicze, Nr 8, 2012, s.583-586

Praca habilitacyjna

Tytuł: **Wpływ historii odkształcenia na naprężenie uplastyczniające w procesach odkształcania plastycznego na zimno**
Autor: dr hab. inż. Jacek Pawlicki
Status: po obronie (Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii, 30.10.2012)

Podsumowanie

Summary

W Katedrze Technologii Materiałów Politechniki Śląskiej zainstalowano nowe, unikalne urządzenia pozwalające na wykonanie prób objętościowego kształtowania plastycznego dwoma niekonwencjonalnymi metodami, tj. kształtowanie segmentowe z posuwisto-zwrotnym ruchem rolek roboczych oraz kształtowanie wspomagane naprężeniami ścinającymi.

Prowadzone badania eksperymentalne i symulacyjne pozwolą na ustalenie najkorzystniejszych warunków prowadzenia procesów kształtowania segmentowego i wspomagane naprężeniami ścinającymi.

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

The new, unique laboratory devices for conducting tests of non-conventional bulk metal forming processes have been installed at Department of Materials Technology of Silesian University of Technology. The processes investigated are: incremental forming with reciprocating motion of working rolls and forming aided by shear stress.

Conducted experimental investigations and simulations will enable to determine the most favourable conditions of incremental forming and forming aided by shear stress.

Presented forming processes exhibit a great application potential for the aerospace 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.