

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

Wyniki badań

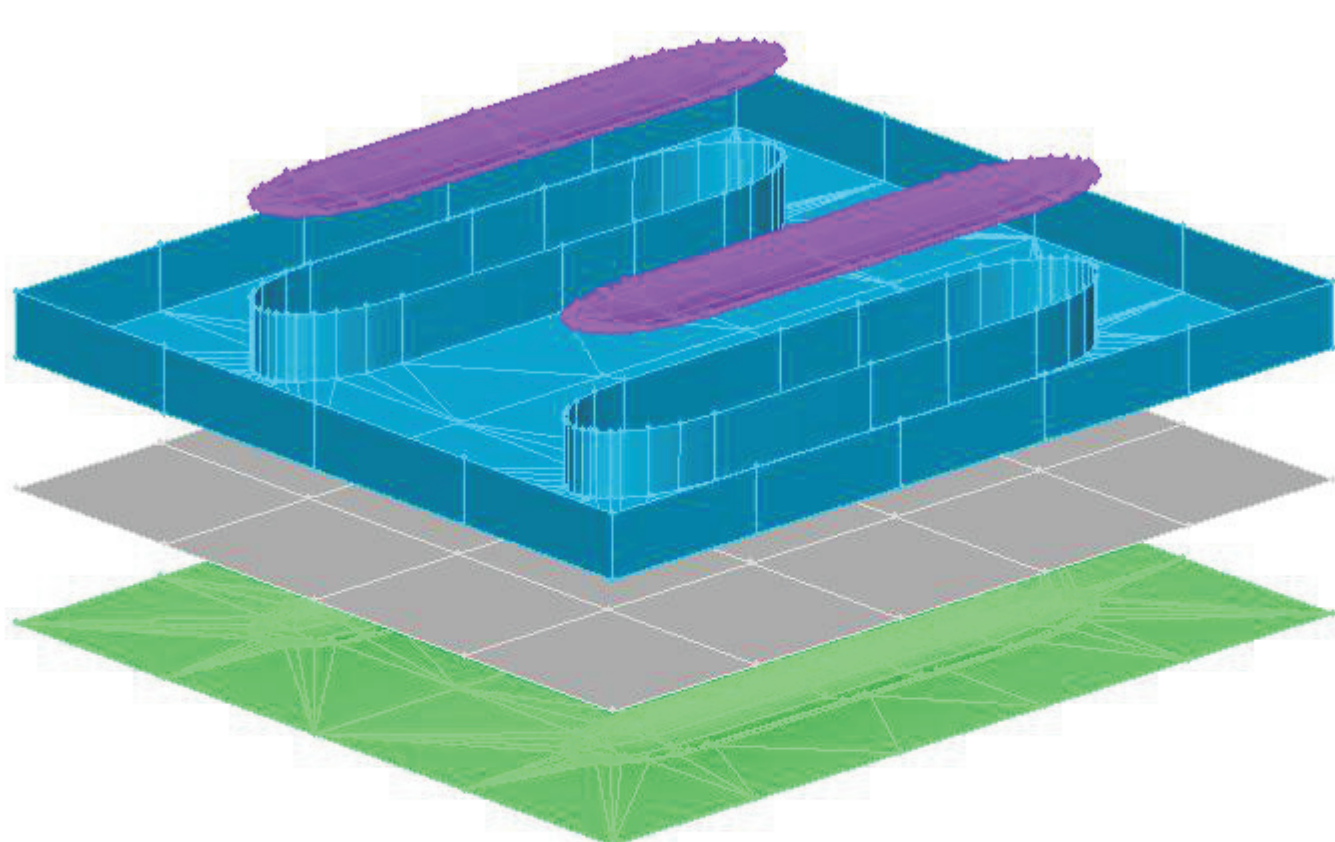
Analiza numeryczna procesu kształtowania tytanowego elementu osłonowego

Numerical analysis of forming shell titanium part

Cel i zakres: Głównym celem pracy jest analiza i opracowanie wytycznych do projektowania tłoczniaka elementu osłonowego wykonanego z cienkiej blachy tytanowej. W tym celu wykonano serię symulacji numerycznych procesu tłoczenia z różnymi parametrami technologicznymi. Analizowano wpływ siły docisku i warunków tarcia na przebieg procesu tłoczenia, zwłaszcza rozkład odkształceń i naprężeń, a stąd jakość kształtowanego elementu. Obliczenia numeryczne wykonano programem PAMSTAMP 2G v2012, bazującym na metodzie elementów skończonych. Analizowano wytłoczkę wykonaną z blachy z czystego tytanu technicznego Grade 2 o grubości 0,4 mm. W celu usztywnienia wytłoczki wykonano 2 przetłoczenia – żebra usztywniające. Model numeryczny narzędzia pokazano na rysunku 1. Dokładność wykonania elementów cienkościennych jest bardzo ważna podczas ich montażu i wpływa na jakość całego zespołu po montażu.

Goal and range: The main goal of the work is an analysis and development of guidelines to form shell panels of thin titanium sheets. In order to do this a series of numerical simulations of the forming process with different technological parameters have been conducted. An influence of the blank-holder force and frictional conditions on the forming process, especially stress and strain state and hence quality of the drawn-part were examined. The numerical calculations have been carried out with the PAMSTAMP 2G, which is specially dedicated to sheet-metal forming processes. A drawn-part made of commercially pure titanium - Grade 2 - sheet with thickness of 0.4 mm was analysed. Two ribs were placed in the drawn-part in order to stiffen the panel. The numerical model of the tool is presented in Figure 1. Correctness of the drawn-part geometry is very important for assembling thin-walled components.

Projekt narzędzia, numer_200_01_01_Stamping



Model numeryczny narzędzia

Tabela 1. Tabela 1. Parametry materiałowe blachy Grade 2

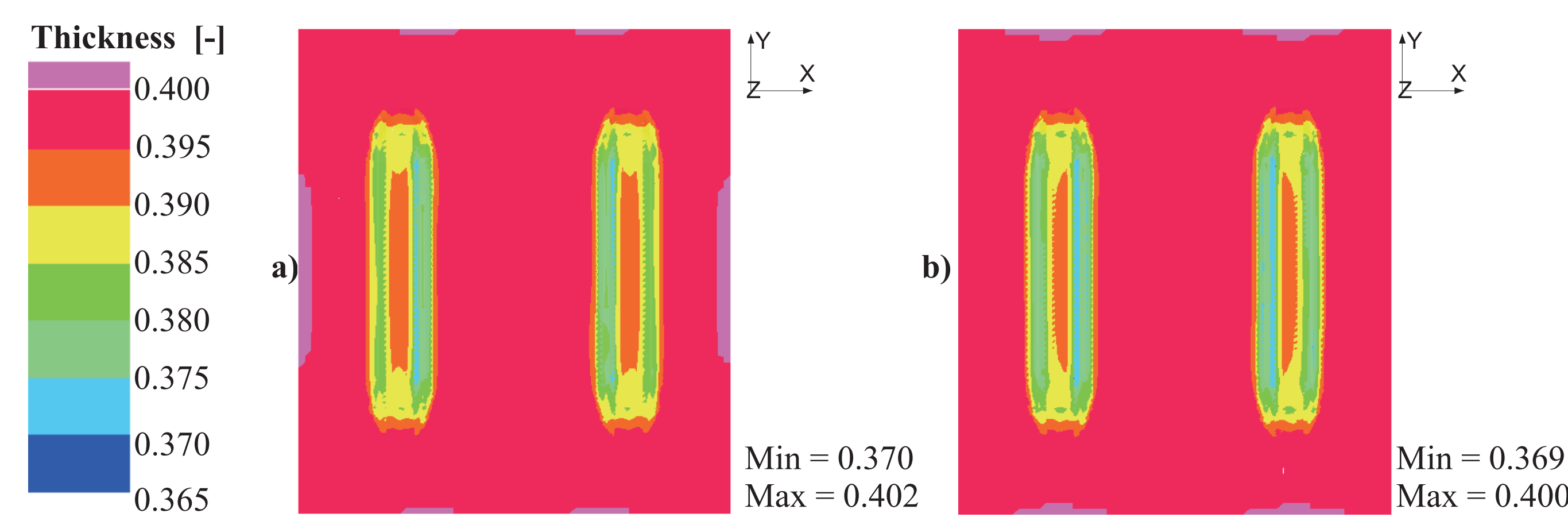
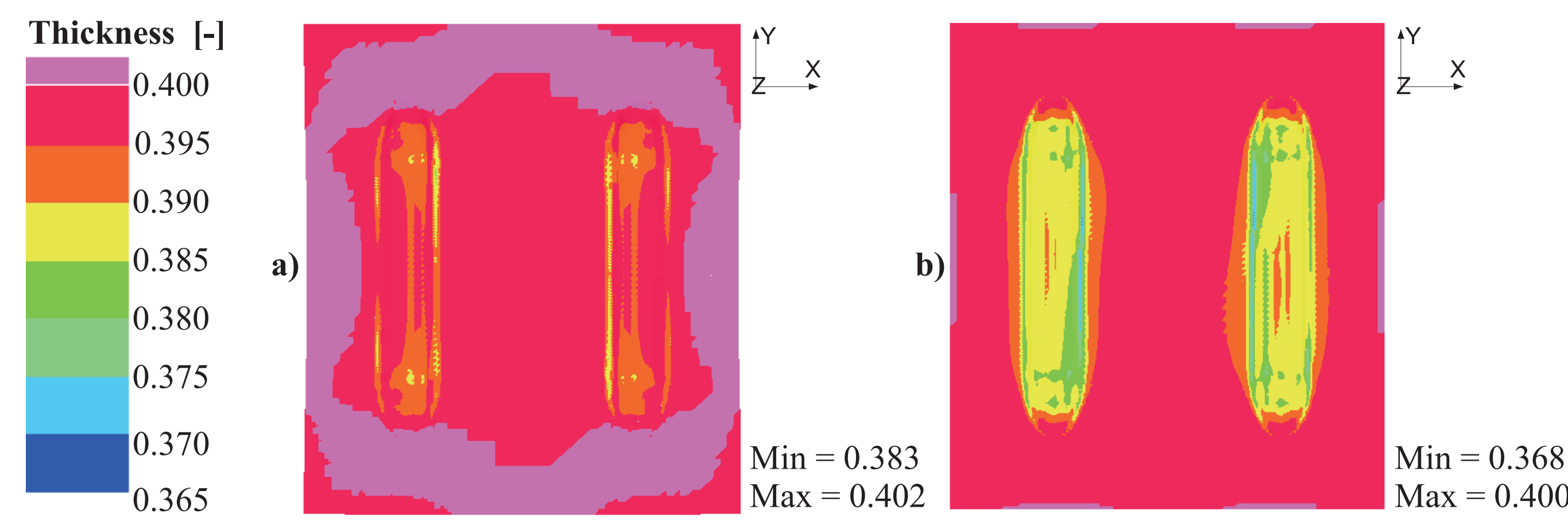
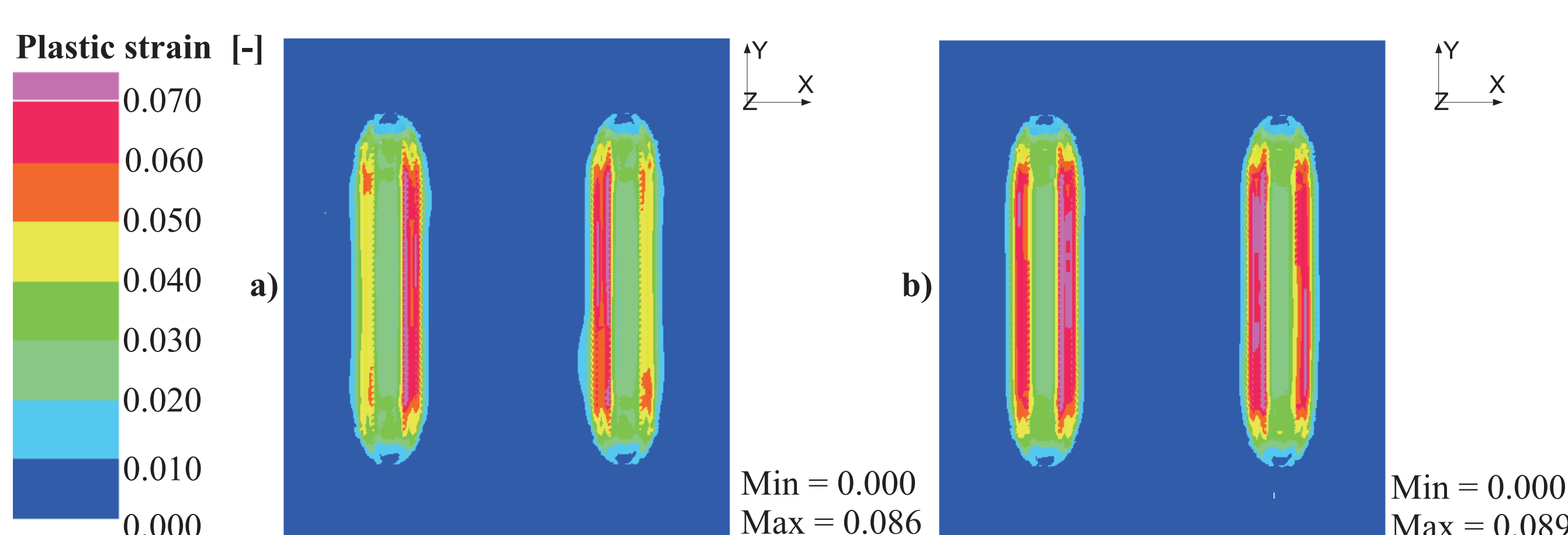
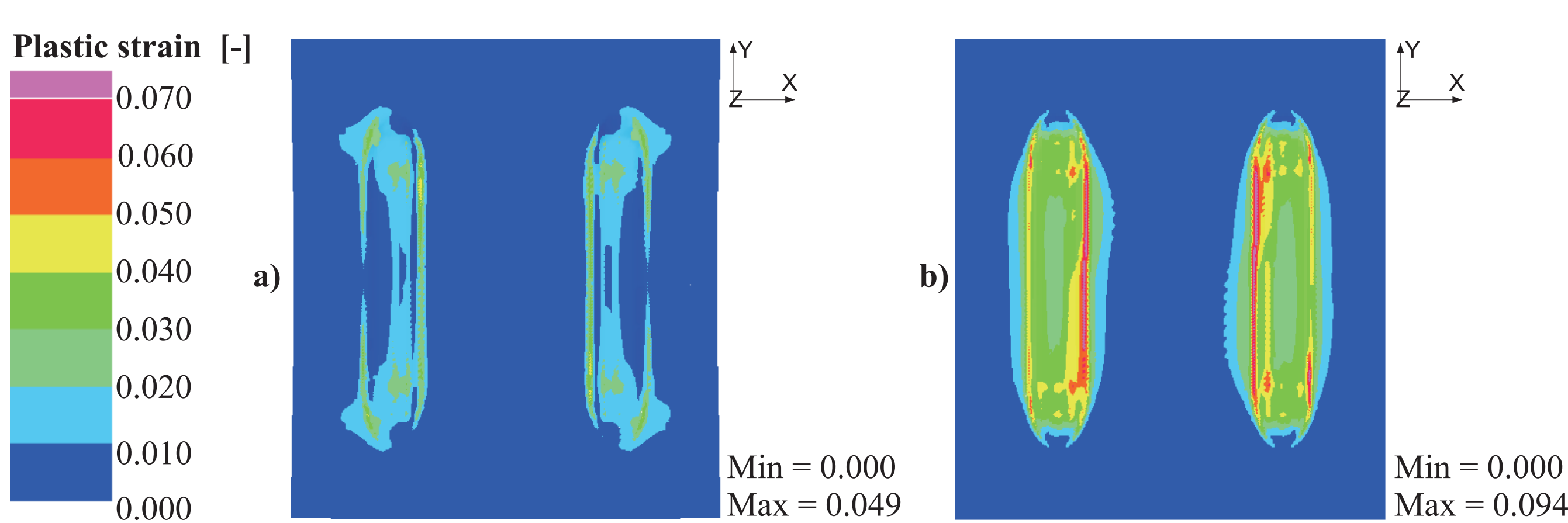
Parametr	Moduł Younga E [GPa]	Granica plastyczności R _{p0.2} [GPa]	Współczynnik Poissona ν [-]	Gęstość ρ [kg/m ³]	Stała materiałowa K [GPa]	Wykładnik umocnienia n [-]
Material	105	0,236	0,37	4500	0,465	0,125

W obliczeniach przyjęto różne warianty współczynnika tarcia i obciążenia, tj.: cztery wartości siły docisku: 100, 200, 300 and 400 kN oraz dwie wartości współczynnika tarcia: μ=0.1 i μ= 0.4.

In the calculations different variants of frictional conditions and load were analysed, i.e.: 4 values of the blank-holder force were assumed: 100, 200, 300 and 400 kN, and 2 values of the friction coefficients were assumed: μ=0.1 and μ= 0.4.

Tabela 2. Podstawowe parametry procesu i niektóre wyniki obliczeń numerycznych.

Współczynnik tarcia Friction coefficient μ [-]	Siła docisku Holding-down force F _{hd} [kN]	Odkształcenie plastyczne Plastic strain ε [-]	Różnica w początkowej i końcowej szerokości panelu Difference in initial and final panel width [mm]	Max. różnica pomiędzy wymiarem nominalnym i po odciążeniu części Max. difference between position nominal and drawn-part after spring-back [mm]
0,1	100	0,048	1,54	3,19
	200	0,065	1,28	1,92
	300	0,087	0,68	1,90
	600	0,094	0,08	1,01
0,4	100	0,086	0,25	1,20
	200	0,088	0,04	1,05
	300	0,117	0,03	0,96
	600	0,118	0,02	0,82



Rozkład grubości blachy [mm] dla współczynnika tarcia μ=0.4 i siły docisku: a) 100kN, b) 600kN
Thickness distribution [mm] for frictional coefficient μ=0.4 and blank-holder force: a) 100kN, b) 600kN

Wnioski

- Na podstawie przeprowadzonych analiz można stwierdzić, że:
- współczynnik tarcia na płaskich powierzchniach kontaktu odkształcanej blachy z narzędziem powinien być jak największy – zaleca się oczyszczenie powierzchni ze środków smarujących oraz zwiększenie chropowatości powierzchni np. poprzez piaskowanie,
 - im większy współczynnik tarcia tym mniejszą siłą docisku można zastosować, a więc można stosować prasy o mniejszym nacisku.

According to the numerical calculation results it can be stated that:

- frictional condition on the flat contact surfaces between the sheet and the tool should be as large as possible – it is recommended to increase surface roughness by e.g. sand blasting
- the higher the frictional coefficient the lower the blank holder force could be, so smaller stamping press is required.

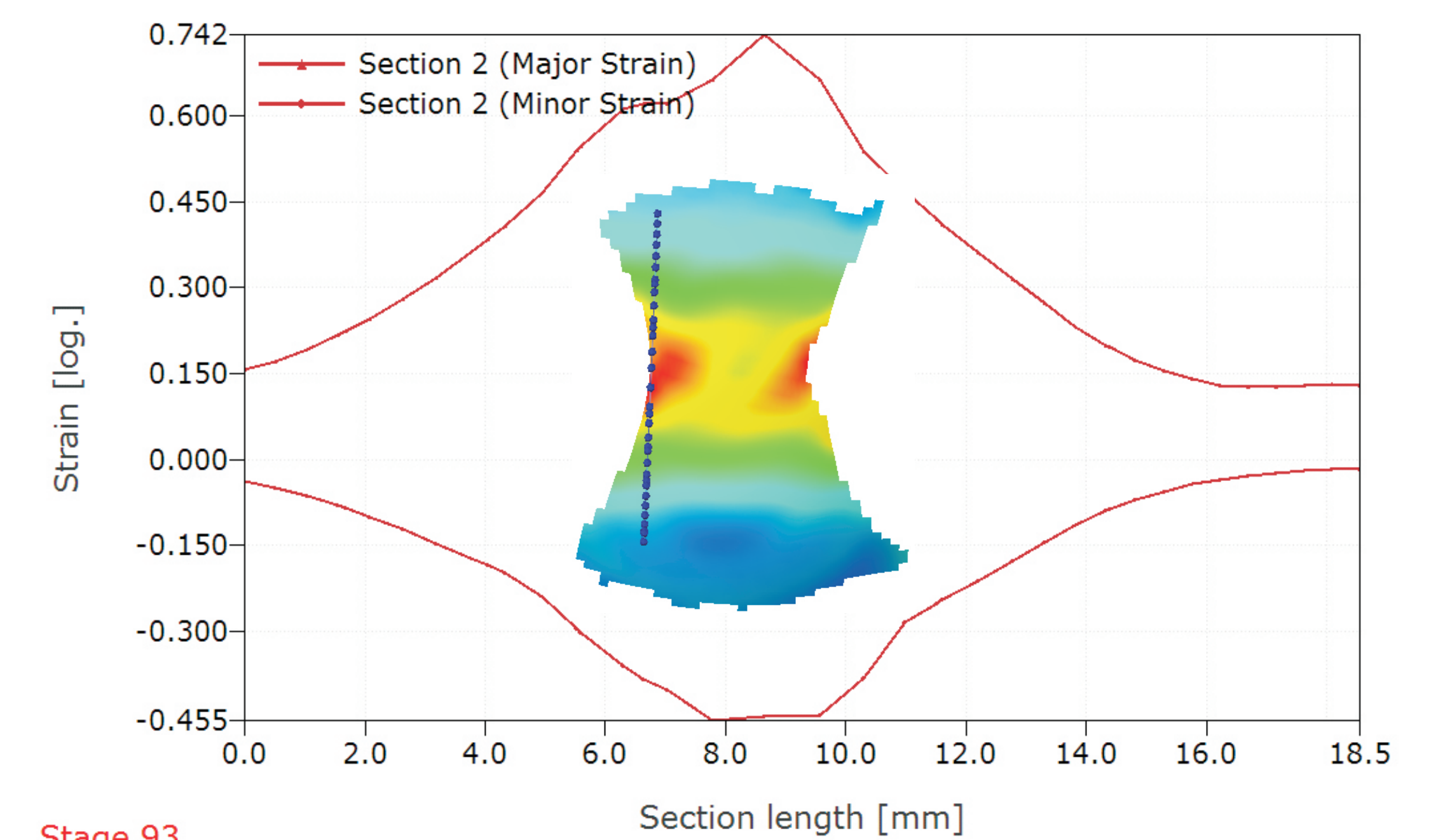
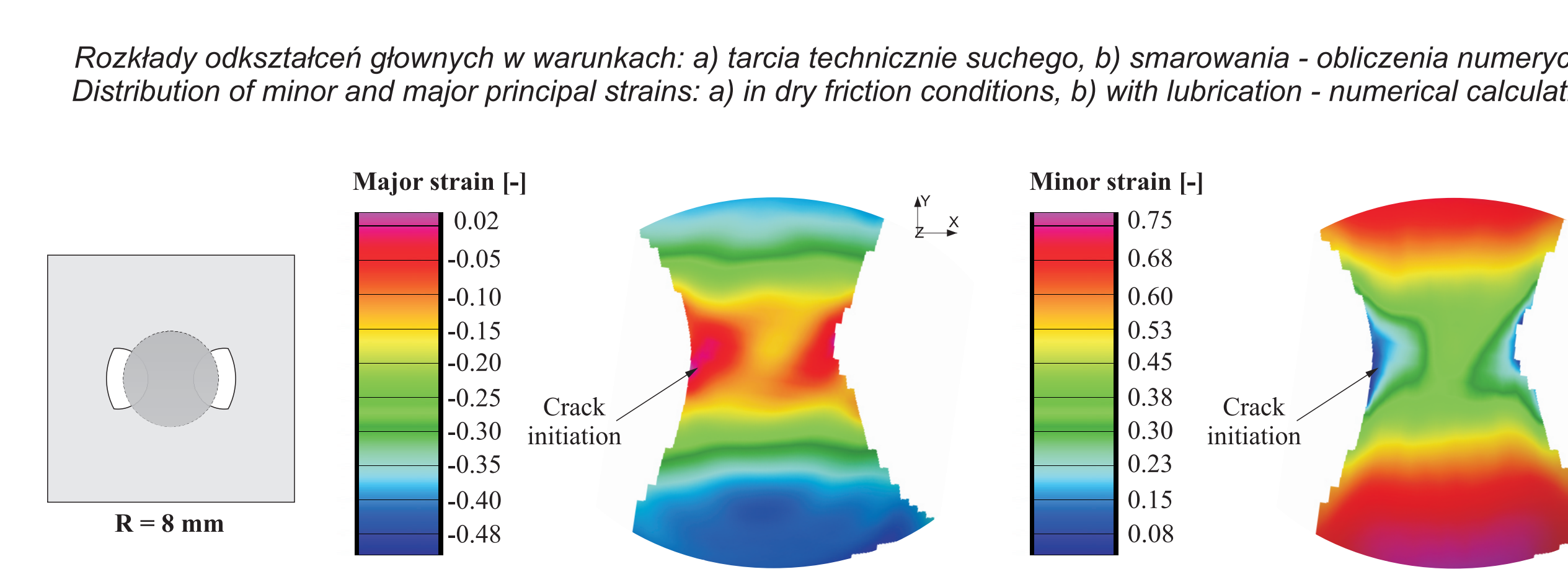
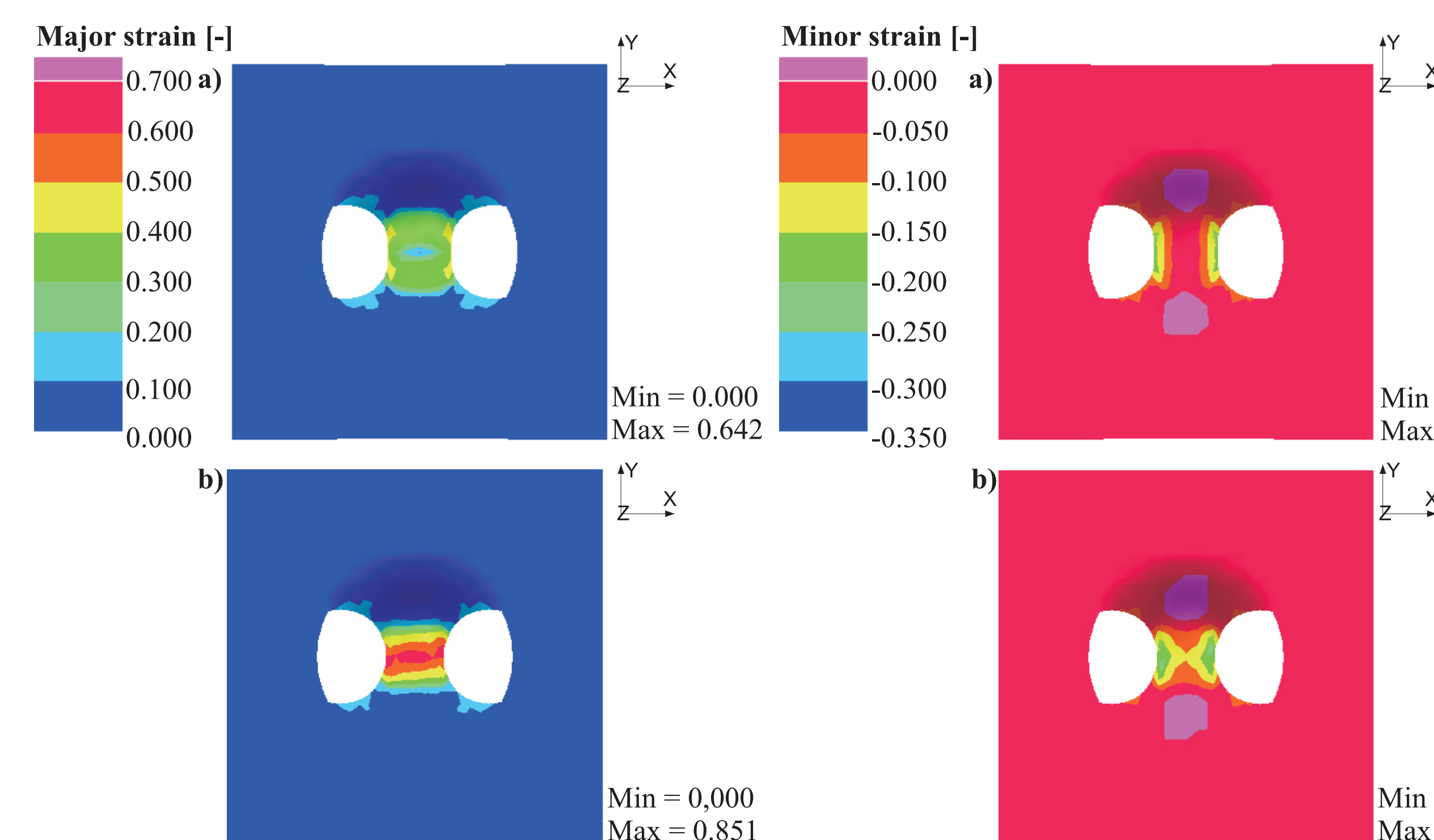
Wyniki badań

Obliczanie krzywej odkształceń granicznych dla tytanu Grade 2 przy wykorzystaniu zmodyfikowanej geometrii próbek

Calculation of Forming Limit Curve for Grade 2 titanium using modified sample geometry

Cel i zakres pracy: wyznaczenie krzywej odkształceń granicznych dla blachy z tytanu Grade 2 w badaniach doświadczalnych połączonej z obliczeniami numerycznymi. Symulacje numeryczne procesu tłoczenia przeprowadzono w programie PamStamp 2G v2012. Analizy prowadzono na specjalnie zaprojektowanych próbkach o różnych wycięciach. Analizowano największe i najmniejsze odkształcenia główne tuż przed pęknięciem wytloczek. W badaniach doświadczalnych odkształcenia plastyczne określano za pomocą systemu ARAMIS, umożliwiającego bezkontaktowy trójwymiarowy pomiar odkształceń. W symulacjach numerycznych rozważano kształtowanie bez i ze smarowaniem. Dzięki temu określono wpływ smarowania na rozkład odkształceń plastycznych.

Goal and scope: In the study forming limit curve for Grade 2 titanium sheet was determined experimentally combined with numerical simulations, which performed using the PamStamp 2G v2012 program. Analysis were conducted on specially designed samples with different lateral cut. The minor and major principal strains occurring in the forming samples before rupture onset were analyzed. In experimental studies, in order to determine the plastic deformation ARAMIS system was used that enables non-contact measurements of three-dimensional deformations. The numerical simulations considered forming with and without lubrication. This approach allowed for determining the effect of lubrication on strain distributions.



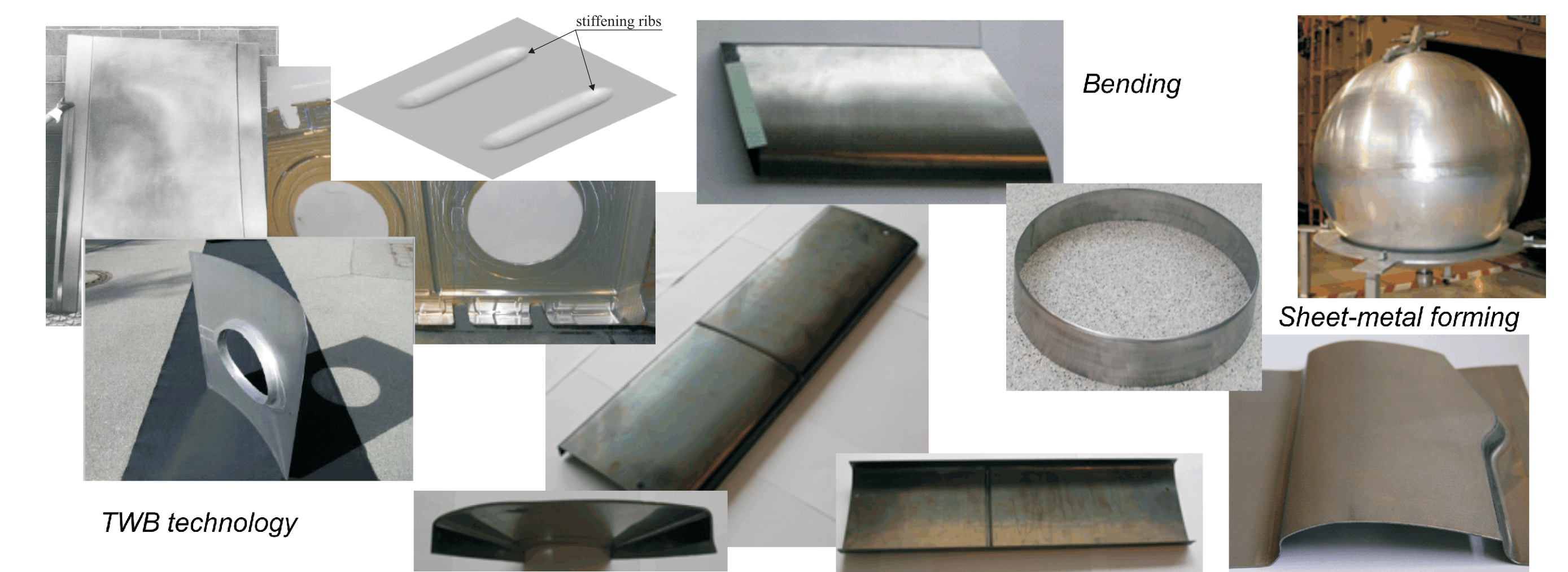
Przekrój dla największych i najmniejszych odkształceń głównych
Multi-section for minor and major strain

Wnioski

1. Możliwe jest wyznaczenie wartości odkształceń głównych stosując metodologię eksperymentalno-numeryczną. Proces numeryczny wspomagany bezkontaktowym systemem pomiaru odkształceń pozwala na dokładne wyznaczenie wartości odkształceń głównych w procesie tłoczenia próbek o zróżnicowanej geometrii.
2. Zastosowanie warunków tarcia technicznie suchego powoduje obniżenie głębokości tłoczenia oraz obniżenie wartości odkształceń głównych w porównaniu z warunkami smarowania. Zakładając współczynnik tarcia odpowiadający smarowaniu otrzymano co najmniej 8% przyrost wartości odkształceń głównych.
3. Inicjacja pęknięcia przy smarowaniu narzędzia następuje w środkowej części analizowanego obszaru, w porównaniu z pęknięciami zapoczątkowanymi przy wycięciu w warunkach tarcia technicznie suchego.

1. It is possible to determine the values of the principal strain using experimental-numerical methodology. The numerical process supporting the contactless strain measurement system allows for precise determination of the minor and major strains in the process of stamping specimens with different geometries.
2. The use of dry friction conditions reduces the depth of stamping and principal strain compared to lubrication conditions. Assuming the friction coefficient corresponding to lubrication, at least an 8% increase in the value of major strain was received.
3. Crack initiation with tool lubrication takes place in the middle of the analysed area, compared with crack initiation near the cutout in dry friction conditions.

Przykłady zastosowania w lotnictwie



Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym

- W zakresie realizowanych badań zespół PCz. współpracuje z podmiotami przemysłowymi:
- WSK "PZL-RZESZÓW" S. A. Opracowanie technologii tłoczenia na zimno części ze stopów Ti stosowanych na elementy kadłuba nośnego silnika lotniczego. Modelowanie numeryczne procesu tłoczenia blach, analiza numeryczna obejmuje wpływ siły docisku, warunków tarcia, rodzaju materiału itp.
 - Wytwórnia Sprzętu Komunikacyjnego "PZL-Świdnik" S.A. Kształtowanie na zimno elementów ze stopów tytanu.

Wskaźniki realizacji celów projektu

Referaty

1. Winowiecka J., Lacki P.: *Calculation of the Forming Limit Curve for titanium grade 2 using modified geometry of samples*, XXII Conference Computer Methods in Materials Technology, KomPlasTech 2015, 11.-14.I.2015, Krynica-Zdrój
2. Adamus J., Motyka M.: *Analysis of tensile test of titanium EBW sheet*, 16th International Conference on Sheet Metal SheMet 2015, 16-18.III.2015, Erlangen

Publikacje

1. Winowiecka J., Lacki P.: *Calculation of the Forming Limit Curve for titanium grade 2 using modified geometry of samples*, Computer Methods in Materials Science 15 (2015), 37-43
2. Adamus J., Motyka M.: *Analysis of tensile test of titanium EBW sheet*, Key Engineering Materials 639 (2015), 339-346
3. Lacki P., Adamus J., Więckowski W., Winowiecka J.: *Forming of spherical titanium cups from circular blanks with cutouts on the perimeter*, Archives of Metallurgy and Materials 2/2015, tom 60 - w druku
4. Adamus J., Lacki P., Motyka M.: *EBW titanium sheets as a material used for the drawn parts* Archives of Civil and Mechanical Engineering 15/2015, 42-47

Prace mgr, dr, hab..

Prace doktorskie

Tytuł: *Analiza zagadnień występujących w procesach tłoczenia blach stosowanych w przemyśle lotniczym.*

Autor: **Julita Winowiecka**

Promotor: **dr hab. inż. Piotr Lacki, prof. Pcz**

Status: data obrony: 11.03.2015

Tytuł: *Tribologiczne aspekty kształtowania blach stosowanych w przemyśle lotniczym.*

Autor: **Katarzyna Dya**

Promotor: **dr hab. inż. Janina Adamus, prof. Pcz**

Status: w trakcie realizacji - w recenzji