

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

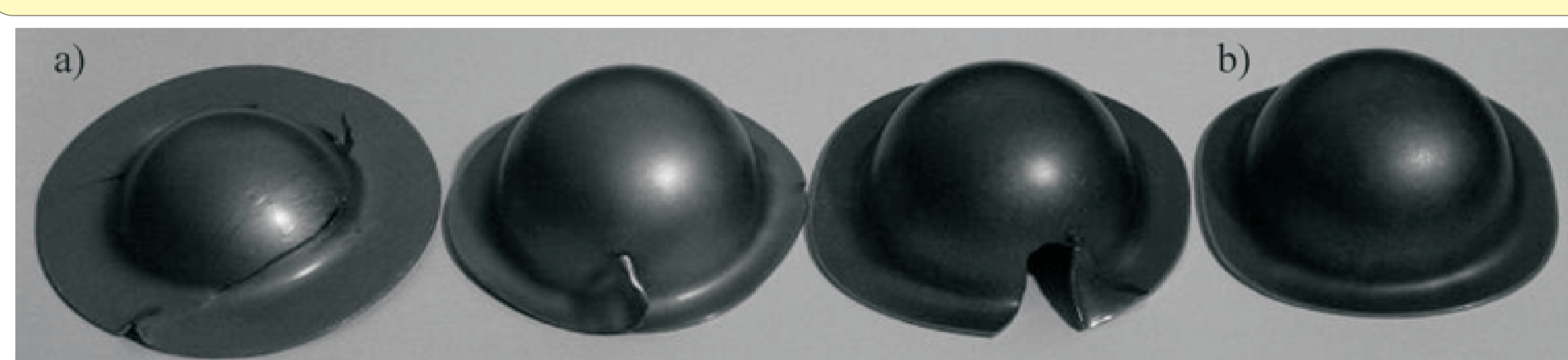
Tytuł rozwiązania Innowacyjnego
Title of the innovative solution

Technologia tłoczenia na zimno blach z materiałów trudnoodkształcalnych
Cold forming technology of hard to deform sheet-metals

Krótki opis rozwiązania
Brief description of the solution

Blachy tytanowe, zwłaszcza ze stopów tytanu charakteryzują się niską tłocznością. Zgłoszone projekty wynalazcze: P.398250 (07.02.2012), P.398236 (27.02.2012), P.405705 (21.10.2013), P.406104 (18.11.2013), P.406105 (18.11.2013), P.406106 (18.11.2013), P.409887 (21.10.2014) pozwalają na kształtowanie na zimno znacznie głębszych wyciętek ze stopów trudnoodkształcalnych aniżeli jest to możliwe za pomocą konwencjonalnych metod tłoczenia. Titanium sheets, especially titanium alloy sheets, are characterized by low formability. The solutions presented in patent applications P.398250 (07.02.2012), P.398236 (27.02.2012), P.405705 (21.10.2013), P.406104 (18.11.2013), P.406105 (18.11.2013), P.406106 (18.11.2013), P.409887 (21.10.2014) allow for cold forming of significantly deeper cups than it possible using conventional forming methods.

Graficzna prezentacja rozwiązania innowacyjnego
Visualization of the innovative solution



Rys. 1. Wyniki kształtowania czasz kulistych z blachy ze stopu tytanu Ti6Al4V a) przy niewłaściwie dobranych parametrach procesu i średnicy wykojki, b) właściwie ukształtowana wyciętka

P.398250, P.398236. Dzięki zastosowanej metodzie, mimo niskiej tłoczności blach tytanowych i skłonności do pęknięcia wytłoczono na zimno czasze kuliste o średnicy 48 mm (rys.1). Tłoczenie realizowano w specjalnie zaprojektowanym narzędziu. Istotną rozwiązaniem jest komora, zamknięta od dołu płytą oporową, w której umieszczony jest materiał elastyczny o grubości warstwy nie mniejszej niż głębokość wyciętka. Znajdujący się nad elastycznym materiałem dociskacz zamocowany jest suwliwie w komorze, natomiast stempel jest nieruchomy (rys. 2).

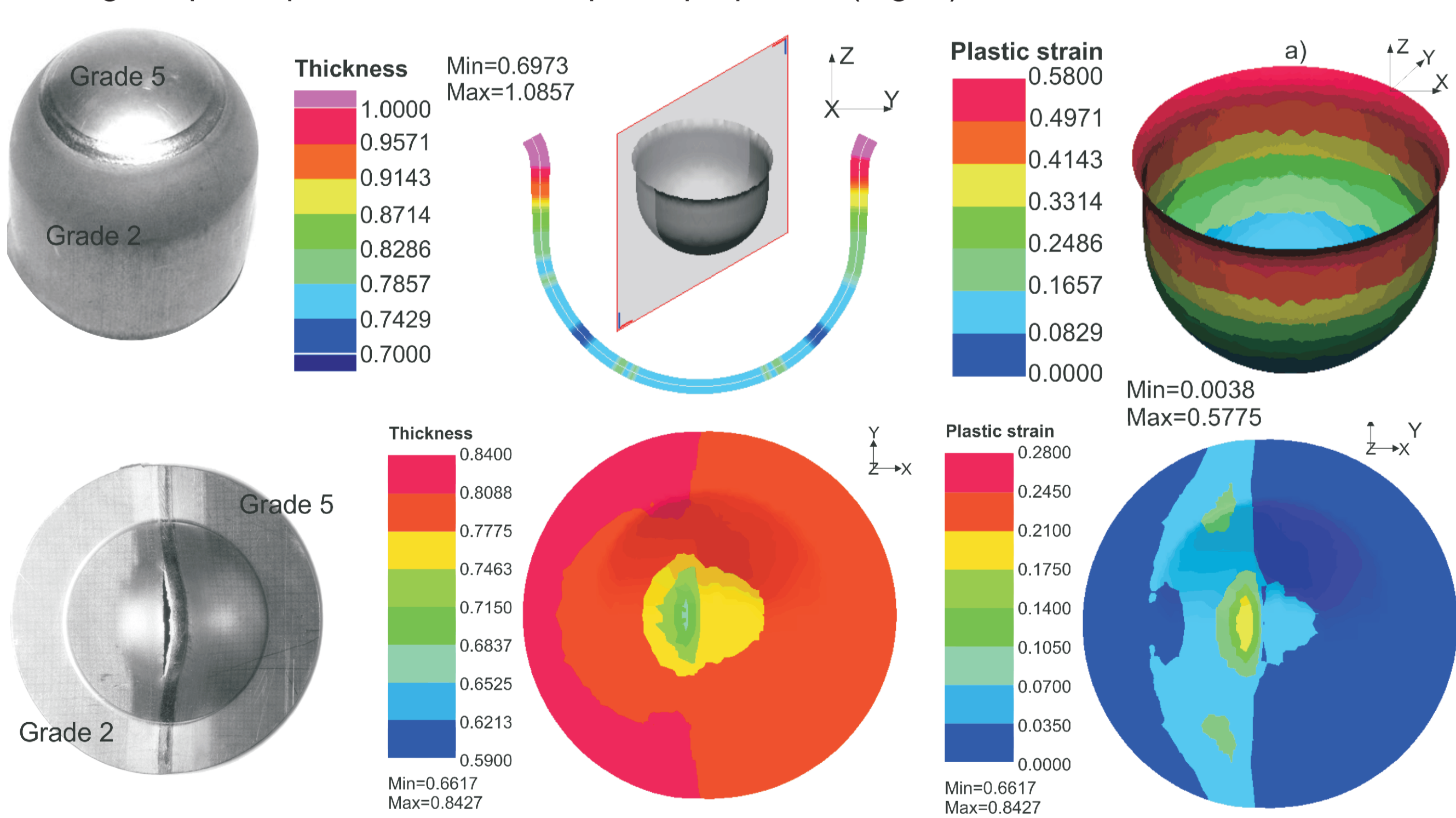
P.398250, P.39823 The suggested solution allows for cold forming of spherical cups having diameter of 48 mm (Fig. 1) despite titanium sheets' low formability and susceptibility to cracking. The forming process was performed using dedicated tool. The salient part of the solution is chamber enclosed at the bottom with a resistance plate. Above the plate there is layer of elastic material having thickness not lower than the depth of the cup (Fig. 2).



Rys. 2 Wyniki kształtowania na zimno blach trudnoodkształcalnych: a) model numeryczny analizowanego procesu, b) Widok sferycznych czasz kształtowanych ze stopu tytanu Gr 5 (Ti6Al4V)

P.405705. Istotą rozwiązania jest połączenie zewnętrznego pierścienia wykonanego z blachy o większej tłoczności (titan Gr 2) z krążkiem blachy o mniejszej tłoczności (Gr 5). Przeprowadzone badania wykazały, że stosując tego typu wsad spawany możliwe jest kształtowanie wyciętek o większej głębokości, zapewniających pożądane właściwości użytkowe(rys. 3).

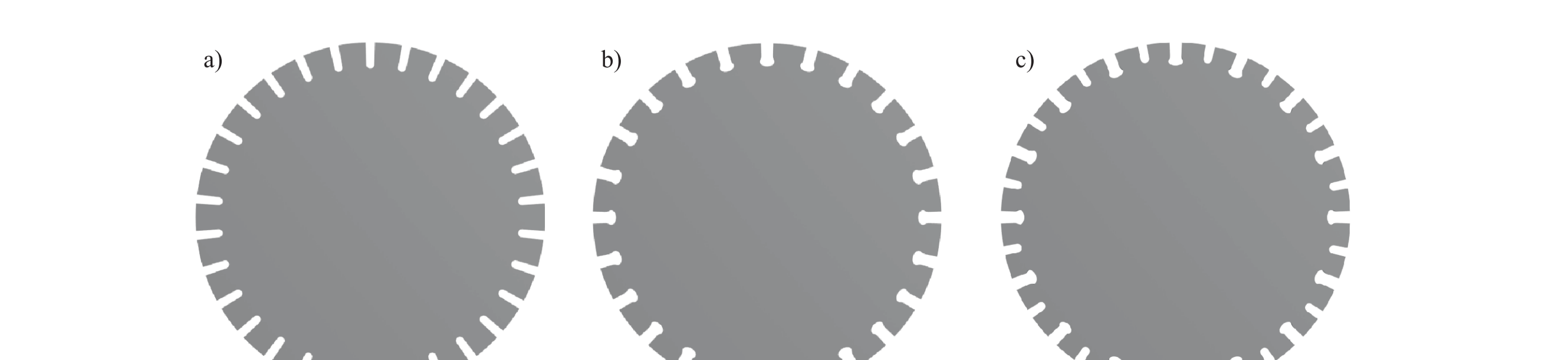
P.405705. The salient point of the solution is the joining of an external ring made of sheet having higher formability (titanium Gr 2) with disk made of sheet having lower formability (Gr 5). The carried out research showed that the application of such welded blank enables forming deeper cups that have the required properties (Fig. 3).



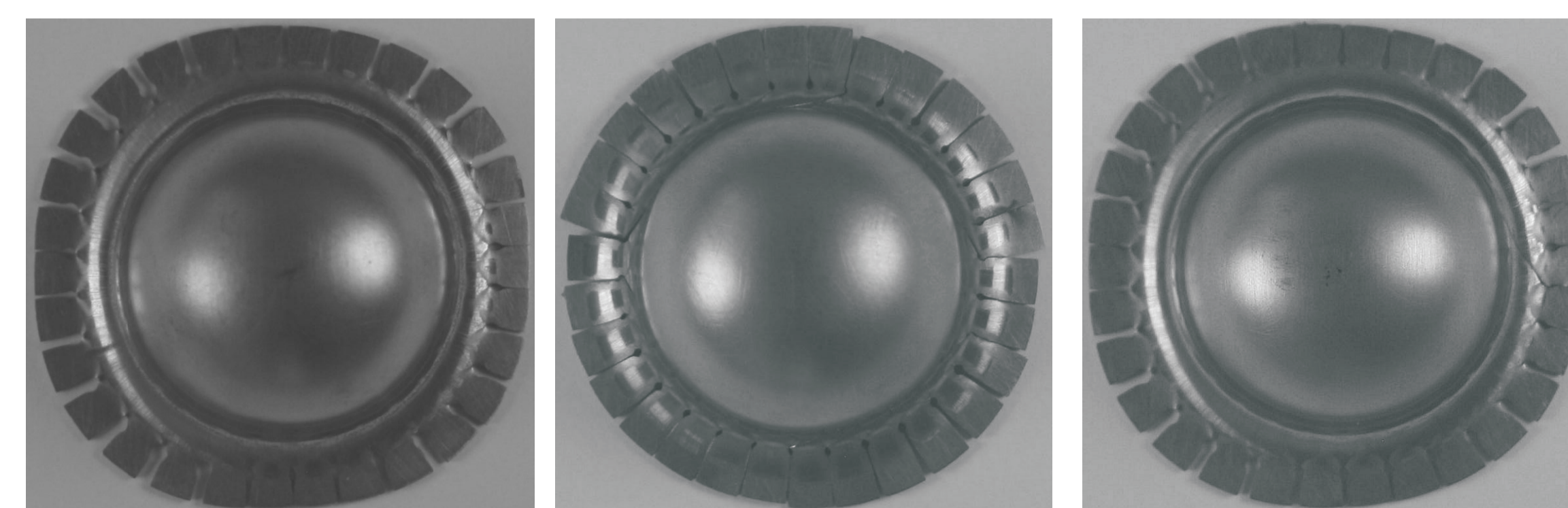
Rys. 3. Wyniki symulacji numerycznych procesu tłoczenia spawanych blach tytanowych

P.406104, P.406105, P.406106. Rozwiązanie innowacyjne obejmuje zastosowanie specjalnych wykojek z wycięciami na obrzeżu (rys. 4). Dzięki czemu, mimo niskiej tłoczności i skłonności do pęknięcia blach tytanowych wytłoczono na zimno czasze kuliste (rys. 5). Wycięcia na obwodzie wykojki powodują zmniejszenie oporów kształtowania, co w konsekwencji prowadzi do zwiększenia maksymalnej głębokości tłoczenia i bardziej równomiernego rozkładu odkształceń (rys.6-7).

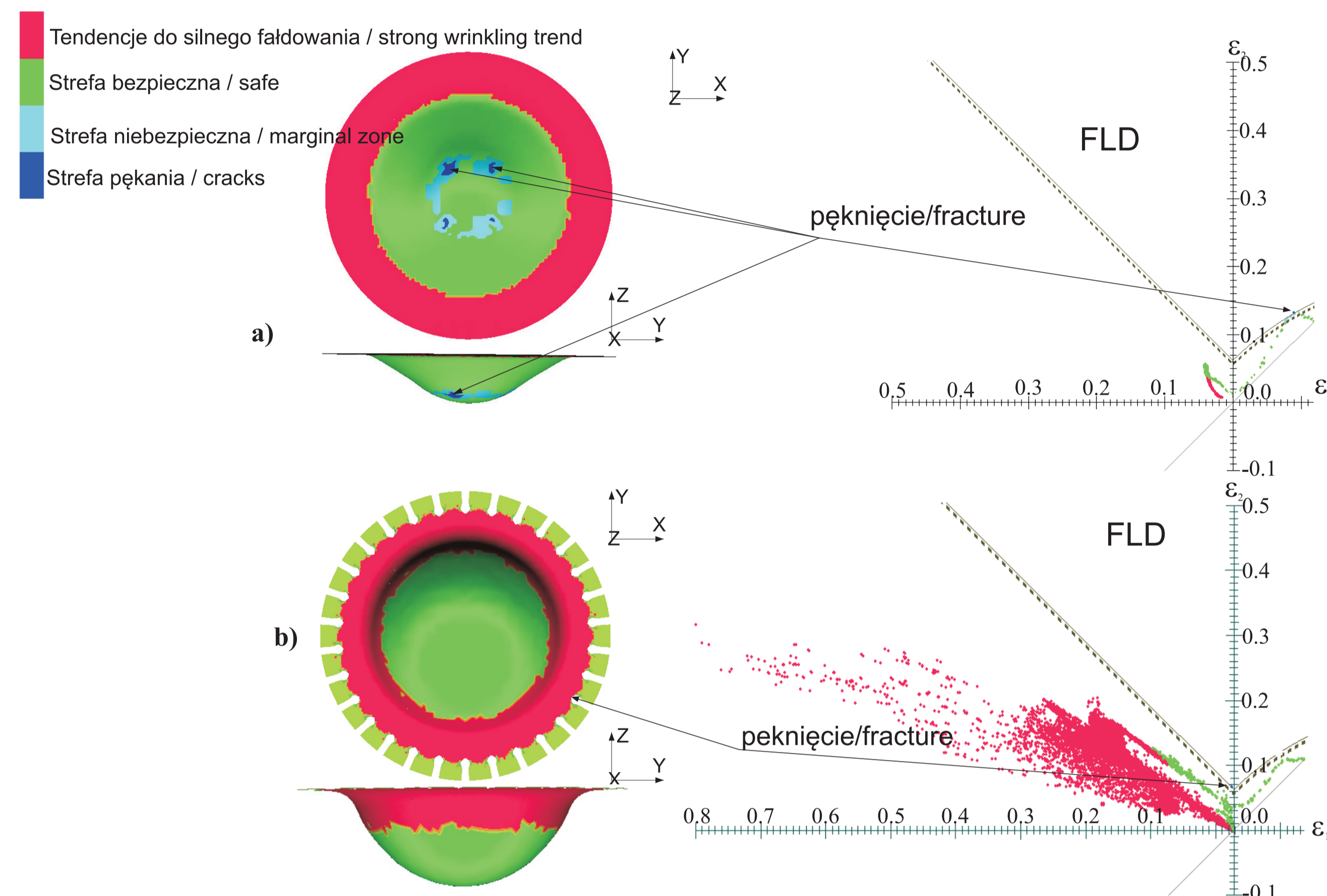
P.406104, P.406105, P.406106. The innovative solutions covers the application of dedicated blanks with cut out pattern at the rim (Fig. 4). Despite their low formability and susceptibility to cracking titanium sheets can be formed into spherical cups (Fig. 5). The cut out pattern at the rim decreases forming resistance which in turn leads to increase in maximum drawing depth and more uniform strain distribution (Fig. 6-7).



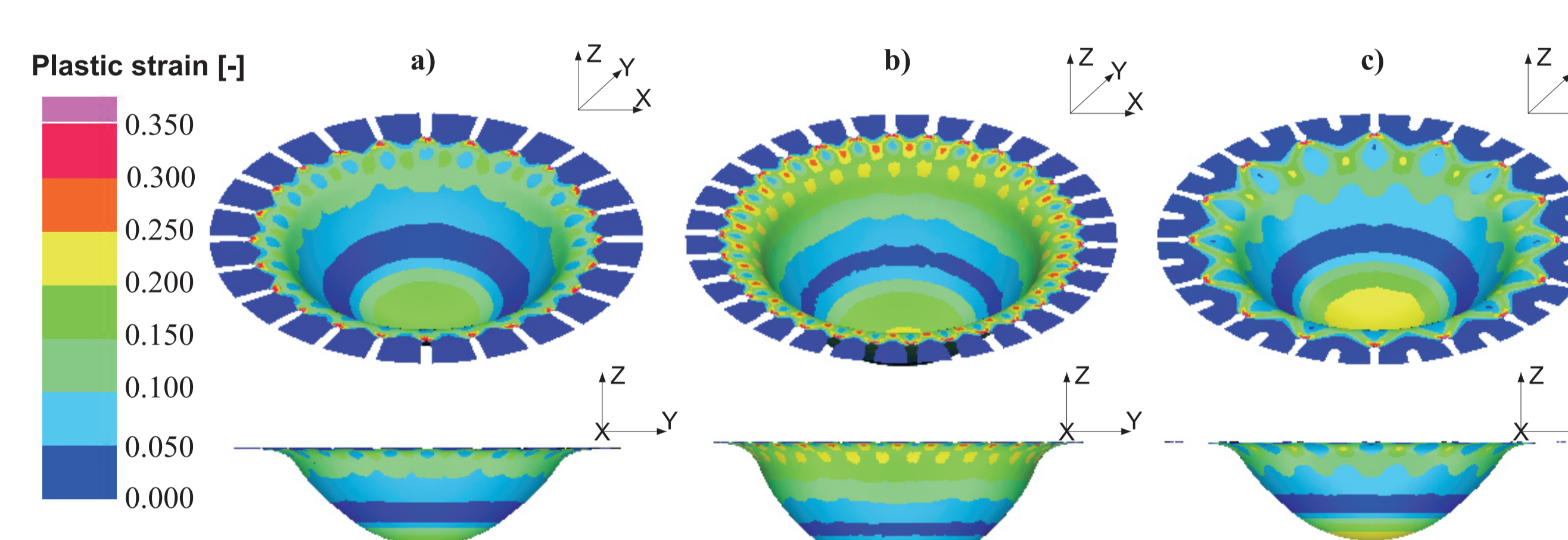
Rys. 4. Rozmieszczenie wycięć w wykojkach: a) P.406105, b) P.406104, c) P.406106



Rys. 5. Wyniki formowania wg P.406104 z trzydziestoma wycięciami



Rys. 6. Porównanie odkształceń w wyciętku z krzywą odkształceń granicznych a) pełny krążek, b) P.406104



Rys. 7. Rozkład odkształceń plastycznych w wybranych wyciętkach: a) P.406105, b) P.406104, c) P.406106

Tytuł rozwiązania Innowacyjnego
Title of the innovative solution

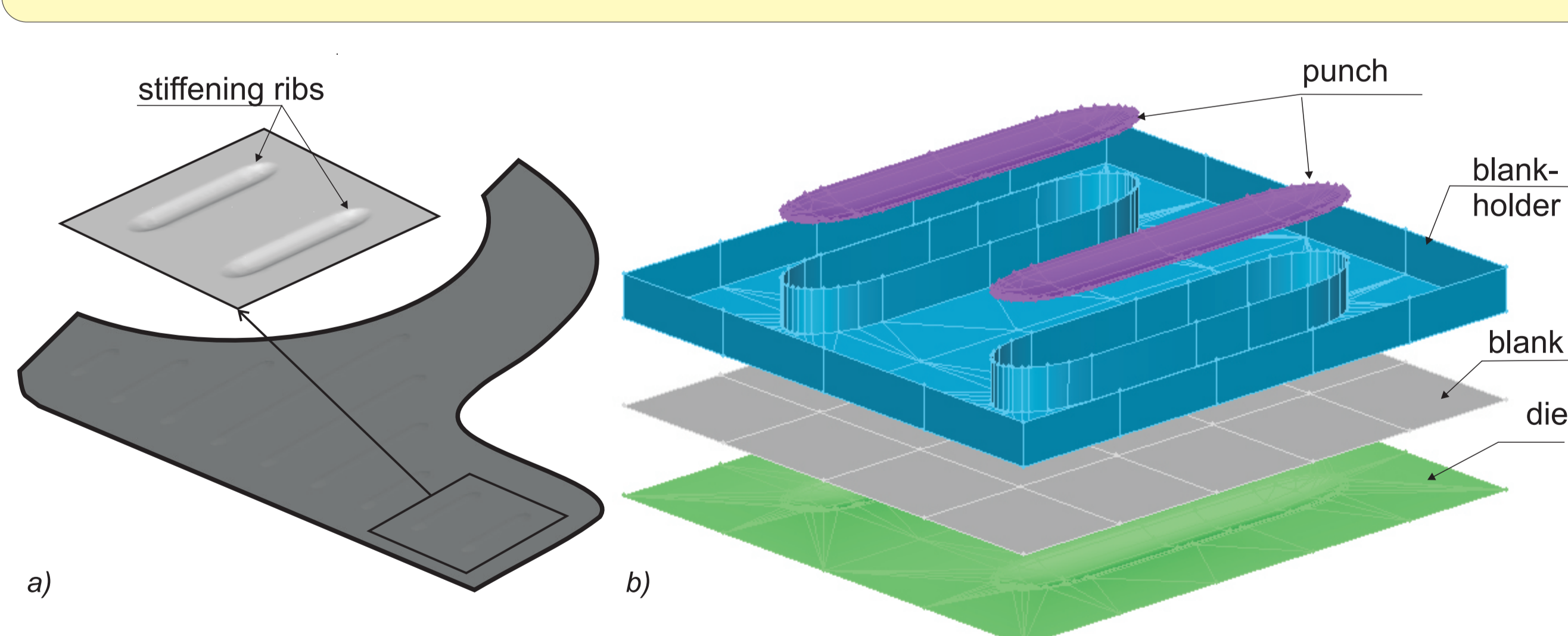
Modelowanie numeryczne procesów kształtowania blach z materiałów trudnoodkształcalnych
Numerical modelling of forming processes of hard to deform sheets

Krótki opis rozwiązania
Brief description of the solution

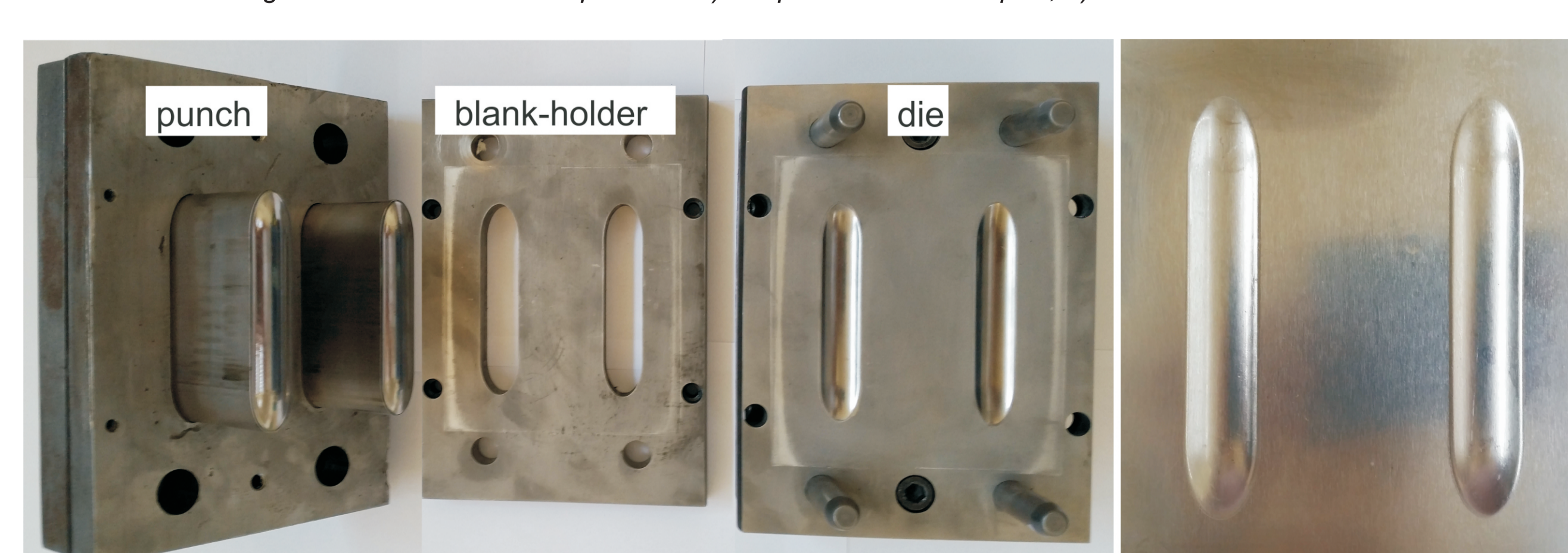
Symulacje numeryczne pozwalają na: analizę stanu odkształcenia materiału wyciętek już na etapie projektowania, dobór optymalnych parametrów kształtowania (siła docisku, warunki tarcia itp.) oraz projektowanie narzędzi kształtujących. M.in. analizowano kształtowanie fragmentów elementów osłonowych wykonanych z dużych arkuszy blach tytanowych o grubości 0,4 mm z przetłoczeniami usztywniającymi (rys. 8-10). Dokładność wykonania elementów cienkościennych jest bardzo ważna podczas ich montażu i wpływa na jakość pracy całego zespołu po montażu, dlatego do sprawdzenia dokładności kształtowania opracowano metodykę pomiarową z wykorzystaniem systemu Aramis (rys. 11-12).

Numeric simulation allow for: analysis of blank material strain state at the stage of design, selection of optimal forming parameters (plunging force, friction conditions etc.) and design of forming tools. The forming of cover components made of large sheets having thickness of 0.4 mm with stiffening depressions was analyzed (Fig. 8-10). The accuracy of thin-walled component is very important during assembly and impacts the post-assembly operation of the whole structure. Thus the measurement methodology for checking the geometric and dimensional accuracy was developed. The measurement methodology utilizes Aramis system (Fig. 11-12).

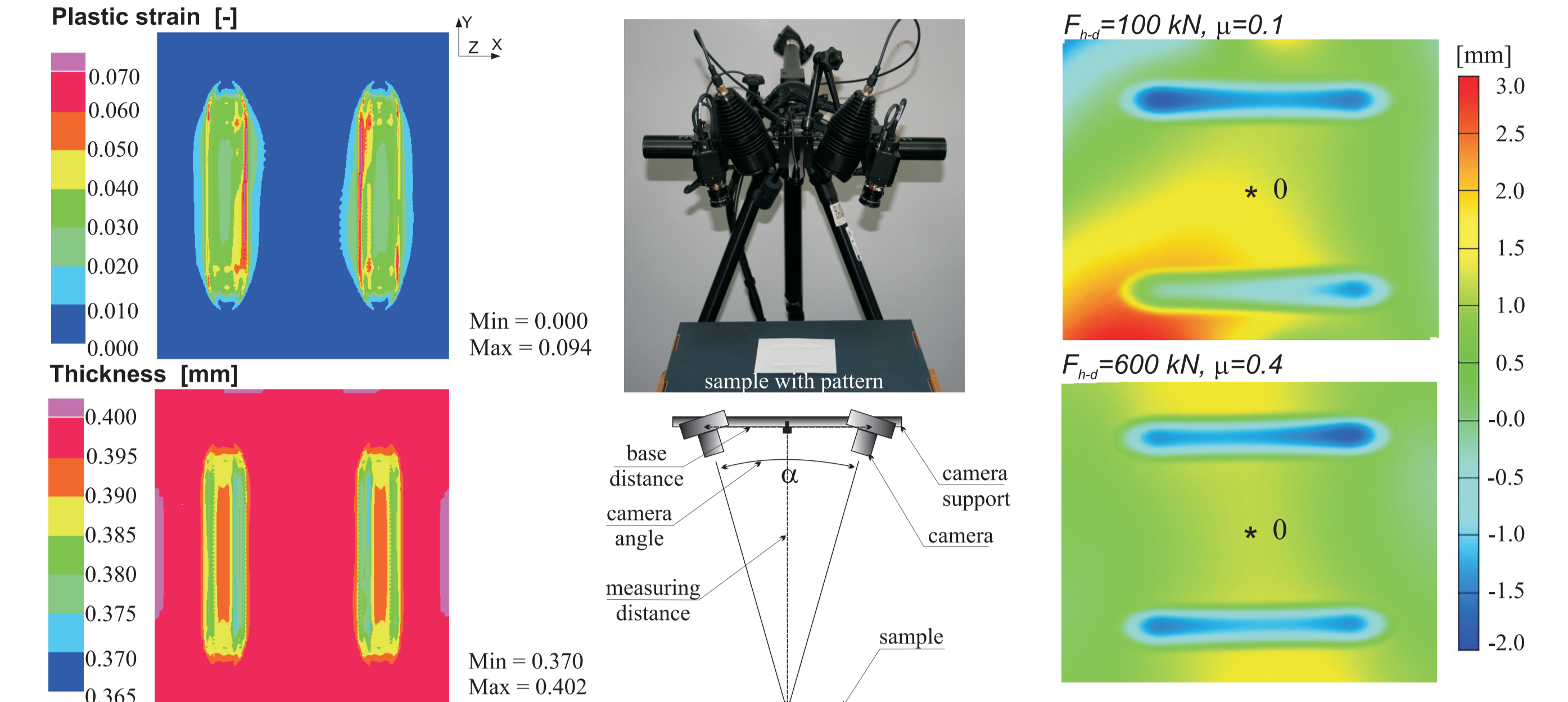
Graficzna prezentacja rozwiązania innowacyjnego
Visualization of the innovative solution



Rys. 8. Model numeryczny procesu: a) rozmieszczenie żeber na wyciętku, b) model numeryczny narzędzia



Rys. 9. Widok narzędzia i tłoczonego elementu



Rys. 10. Rozkład odkształceń plastycznych $\epsilon [-]$ oraz grubości blachy [mm]

Tytuł rozwiązania Innowacyjnego
Title of the innovative solution

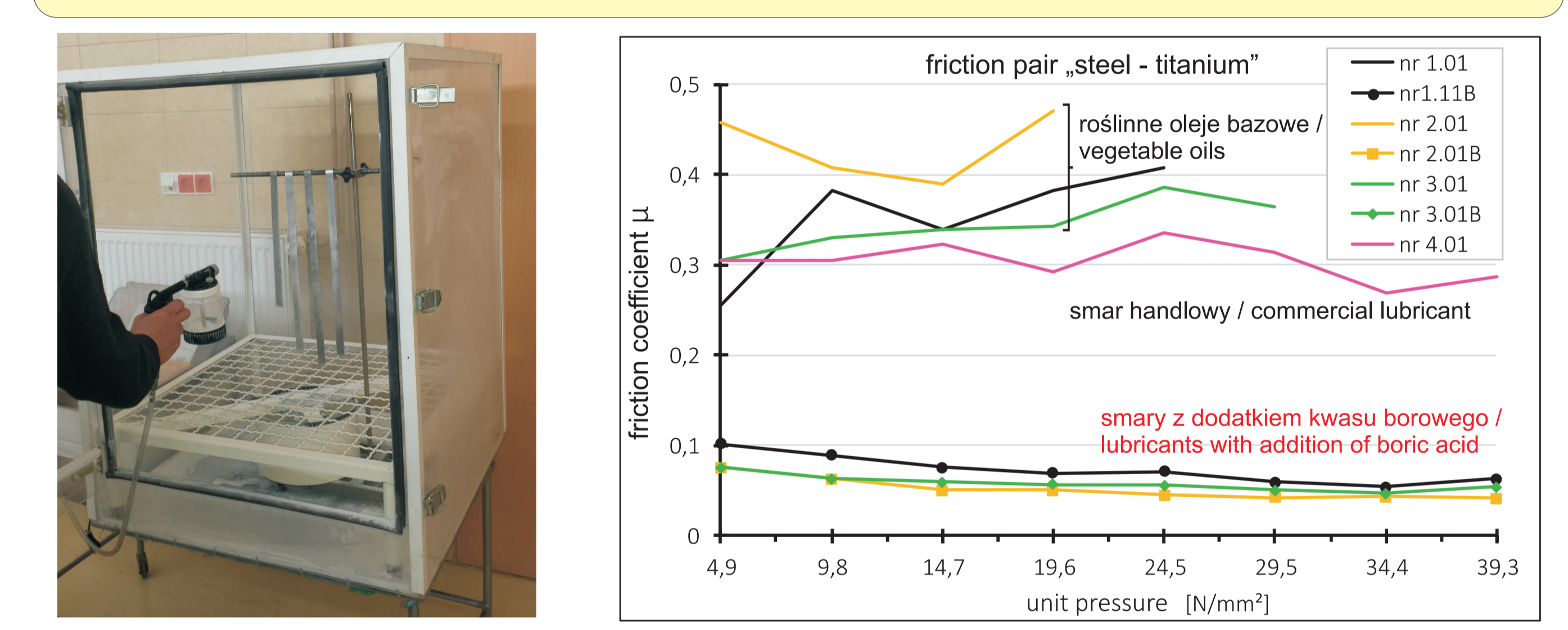
Sposób noszenia smaru na powierzchnię arkusza blachy z materiału trudnoodkształcalnego przed operacją tłoczenia na zimno
The method of lubricant application at the surface of sheet made of material having low formability before cold forming operation

Krótki opis rozwiązania
Brief description of the solution

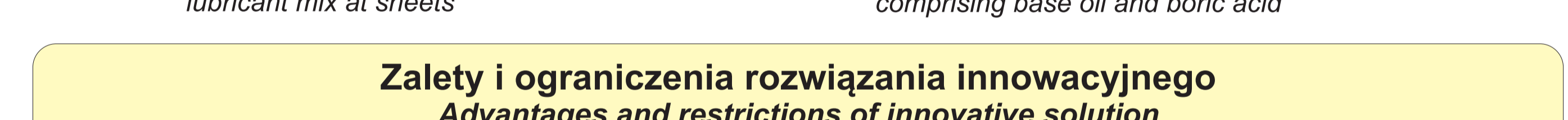
P.409887. Prezentowane rozwiązanie innowacyjne obejmuje sposób noszenia smaru, na powierzchnię arkusza blachy z materiału trudnoodkształcalnego przed operacją tłoczenia na zimno, zwłaszcza blach ze stopów tytanu i aluminium. Sposób według wynalazku polega na tym, że na powierzchnię arkusza blachy nanosi się jednorodną warstwę oleju np. rzepakowego, a następnie na warstwę oleju napyła się sproszkowany kwas borowy (rys.13-14).

P.409887. The presented innovative solution covers the method for applying lubricant at the surface of sheet made of material having low formability before cold forming operation, especially for titanium and aluminum sheets. According to the invention, the uniform layer of colza oil is applied at the sheet external surface, subsequently powdered boric acid is sprayed at the oil layer (Fig. 13-14).

Graficzna prezentacja rozwiązania innowacyjnego
Visualization of the innovative solution



Rys. 13. Widok stanowiska do noszenia smaru na powierzchnię arkusza blachy



Rys. 14. Współczynnik tarcia dla pary tarczej stal-tytan w obecności olejów bazowych z dodatkiem kwasu borowego

Zalety i ograniczenia rozwiązania innowacyjnego
Advantages and restrictions of innovative solution

Proponowane rozwiązania: P.398250, P.398236, P.405705, P.406104, P.406105, P.406106, wiąże się z następującymi korzyściami:
- możliwość tłoczenia na zimno blach z materiałów trudnoodkształcalnych (eliminacja operacji nagrzewania materiału, brak konieczności stosowania atmosfer ochronnych bądź próżni),
- następuje umocnienie materiału wskutek odkształcenia plastycznego na zimno.

Zalety zastosowanego rozwiązania innowacyjnego P.409887:
- redukcja oporów tarcia podczas kształtowania,
- ograniczenie nalepiania się odkształcanego materiału na powierzchnię narzędzia,
- obniżenie kosztów operacji kształtowania blach z uwagi na niski koszt wytwarzania smaru,
- ochrona środowiska (smar jest nietoksyczny i łatwo usuwalny z wyrobu).

The suggested solutions: P.398250, P.398236, P.405705, P.406104, P.406105, P.406106 have the following advantages:
- cold forming of sheets made of materials having low formability (elimination of material heating, no need for protective gases or vacuum)
- plastic strain hardening due to cold forming.
The advantages of innovative solution P.409887:
- reduction of friction resistance during forming,
- reduction of material build-up at tool external surface,
- decrease in sheet forming operation costs due to low cost of lubricant production,
- environment friendly (lubricant is non-toxic and can be easily removed from product surface).

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

Proponowane rozwiązania mogą znaleźć zastosowanie w tłocznich produkujących wyroby z blach trudnoodkształcalnych (m.in. ze stopów tytanu) dla przemysłu lotniczego, motoryzacyjnego, zbrojeniowego oraz medycznego itp.

The suggested solution can be applied in forming facilities producing components made of materials having low formability (among others titanium alloys) in aerospace, automotive, defense and medical industries.

Oferta dla przemysłu
The offer for industry

Zespół badawczy Politechniki Częstochowskiej proponuje współpracę w zakresie kształtowania na zimno blach z materiałów trudno odkształcalnych. Mamy doświadczenie w modelowaniu numerycznym i kształtowaniu elementów aluminiowych, tytanowych i stalowych.

Czestochowa University of Technology research team offers cooperation in developments of cold forming processes for materials having low formability. We have experience in numerical modeling and forming of aluminum, titanium and steel components.

W zakresie realizowanych badań zespół P.Cz. współpracuje z podmiotami przemysłowymi: In the scope of the carried out research Czestochowa University of Technology team cooperates with industrial partners:

- WSK "PZL-RZESZÓW" S. A.,
- Wytwórnia Sprzętu Komunikacyjnego "PZL-Swidnik" S.A.
- Polskie Zakłady Lotnicze Sp. z o.o. - PZL Mielec

Dane kontaktowe:
Politechnika Częstochowska, Wydział Budownictwa;
Dr hab. inż. Piotr Lacki, prof. PCZ; e-mail: piotr@lacki.com.pl ; tel. +48 601-764-957