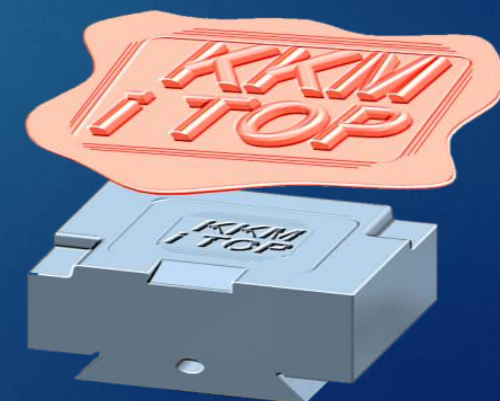




# Innowacyjna technologia kucia odkuwek z żebrami ze stopów magnezu



# PLAN PREZENTACJI

1. Zastosowanie wyrobów uźebrowanych w przemyśle
  - 1.1. Zastosowanie wyrobów z źebami w przemyśle lotniczym
  - 1.2. Zastosowanie wyrobów z źebami w przemyśle motoryzacyjnym
  - 1.3. Zastosowanie wyrobów z źebami w przemyśle rolniczym
2. Metody wytwarzania wyrobów płaskich z źebami
3. Charakterystyka stopów magnezu
4. Kształtowanie plastyczne stopów magnezu
5. Zastosowanie stopów magnezu w przemyśle
6. Koncepcja nowej technologia kucia odkuwek z źebami ze stopów Mg w trójsuwakowej prasie kuźniczej
7. Rezultaty analiz teoretycznych opracowanych procesów





# PLAN PREZENTACJI

## 8. Badania doświadczalne

### 8.1. Badania doświadczalne – stanowisko badawcze

### 8.2. Badania doświadczalne kucia półswobodnego odkuwki z dwoma żebrami ze stopu Mg

### 8.3. Monitorowanie temperatury podczas kucia półswobodnego odkuwki z dwoma żebrami ze stopu Mg przy użyciu kamery termowizyjnej firmy FLIR

### 8.4. Wyniki badań doświadczalnych

## 9. Rezultaty badań jakościowych

## 10. Demonstratory technologii

## 11. Podsumowanie

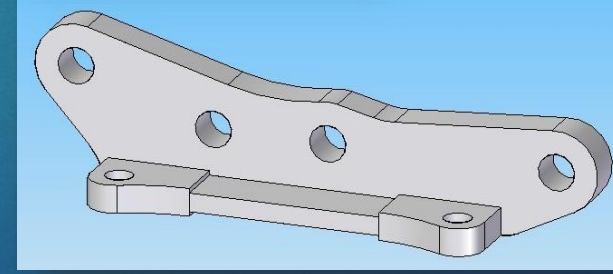
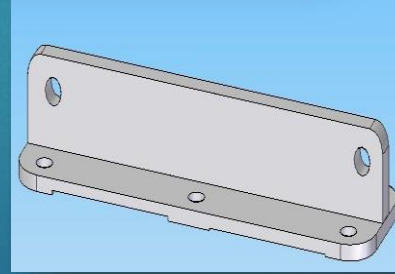
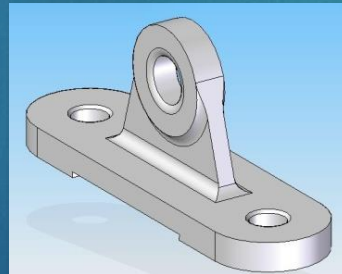
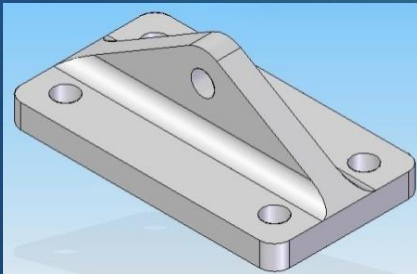
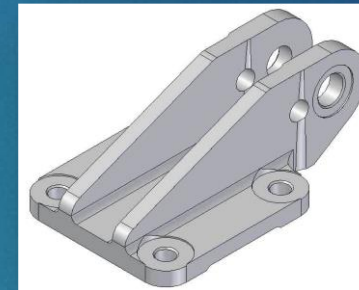
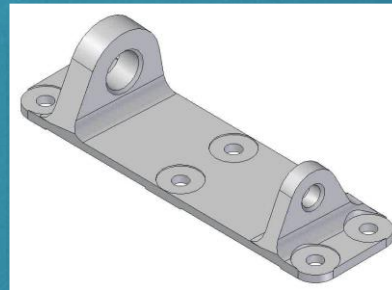
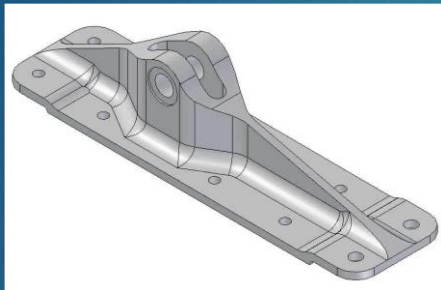
## 12. Przewaga opracowanej technologii nad dotychczas stosowanymi metodami

## 13. Uzyskane patenty na nową technologię



# 1. ZASTOSOWANIE WYROBÓW UŻEBROWANYCH W PRZEMYŚLE

Wyroby płaskie z żebrami znajdują szerokie zastosowanie w przemyśle lotniczym i motoryzacyjnym. Części te używane są głównie w konstrukcji samolotów, pojazdów samochodowych i rolniczych jako wsporniki, pokrywy, zasłony, klapy.



Rys. 1. Przykładowe wsporniki uźebrowane stosowane w lotnictwie



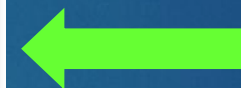
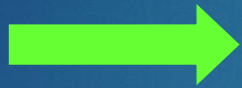
# 1.1. ZASTOSOWANIE WYROBÓW Z ŻEBRAMI W PRZEMYŚLE LOTNICZYM



Rys. 2. Lokalizacja części uźebrowanych ze stopów magnezu wytwarzanych z odlewów wykorzystywanych w budowie śmigłowców

# 1.2. ZASTOSOWANIE WYROBÓW Z ŻEBRAMI W PRZEMYŚLE MOTORYZACYJNYCH

a)



c)



b)



d)

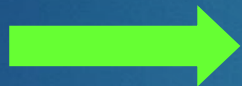


Rys. 3. Części samochodowe w postaci wsporników mocujących:  
a) i b) silnik; c) i d) tylną część zawieszenia



# 1.3. ZASTOSOWANIE WYROBÓW Z ŻEBRAMI W PRZEMYSŁE ROLNICZYM

a)



c)



b)



d)



Rys. 4. Wsporniki ciągnika rolniczego: a) uchwytu lewego, b) zaczepu, c) siłownika podnośnika, d) błotnika przedniego

## 2. METODY WYTWARZANIA WYROBÓW PŁASKICH Z ŻEBRAMI

Analiza metod wytwarzania wyrobów płaskich z żebrami wykazała, że w celu otrzymania takich elementów można zastosować następujące metody:

- obróbkę skrawaniem (jest metoda materiałochłonna, czasochłonna);
- odlewanie (metoda obecnie jest najczęściej stosowana, przy czym występują przy niej obniżone własności mechaniczne i odporność na korozję);
- spawanie (mała wydajność, duża pracołłonność, obniżone własności spoiny);
- wyciskanie (występują duże siły, mała trwałość narzędzi);
- kucie matrycowe (ograniczona możliwość kształtowania wysokich żeber).

Dotychczasowe metody wytwarzania tych elementów są mało efektywne i posiadają wady.





# 3. CHARAKTERYSTYKA STOPÓW MAGNEZU

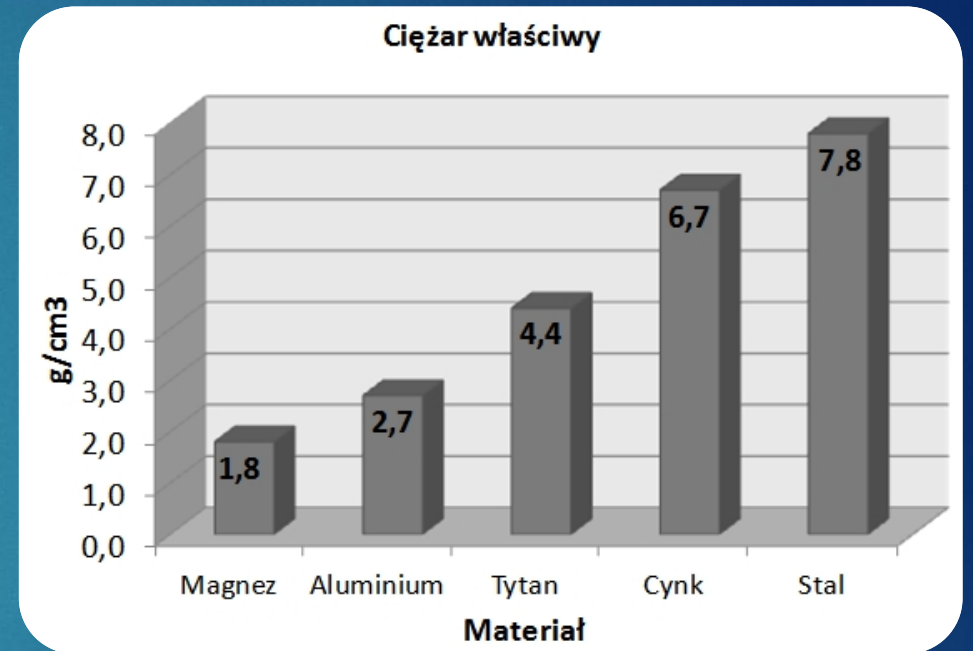
## Zalety stosowania stopów magnezu w przemyśle:

- ❑ najlżejsze ze wszystkich metali konstrukcyjnych,
- ❑ wytrzymałe i dobrze tłumiące drgania,
- ❑ możliwość produkcji złożonych i cienkościennych elementów,
- ❑ dobre własności w stosunkowo wysokich temperaturach,
- ❑ przy obróbce mechanicznej nie nagzewają się gwałtownie co wpływa na trwałość narzędzi.

## Ograniczenia stosowania stopów magnezu w przemyśle:

- ❑ mała odporność na korozję, skłonność do zapalania się w kontakcie z tlenem i parą wodną,
- ❑ mała plastyczność (w efekcie pękanie przy odkształceniach plastycznych).

Rys. 5. Wykres zależności gęstości od rodzaju materiału



# 4. KSZTAŁTOWANIE PLASTYCZNE STOPÓW MAGNEZU

Kształtowanie plastyczne stopów magnezu jest zadaniem trudnym ze względu na specyficzne właściwości tych materiałów. Charakteryzują się one:

- ❑ niską plastycznością,
- ❑ wąskim zakresem parametrów temperaturowych kształtowania ( $290\div 450^{\circ}\text{C}$ ),
- ❑ czułością na dużą prędkość odkształcenia,
- ❑ konieczność podgrzewania narzędzi przy kształtowaniu ( $205\div 350^{\circ}\text{C}$ ),
- ❑ zaleca się realizację procesu w warunkach izotermicznych lub zbliżonych do nich.

Stopy magnezu przeznaczone do przeróbki plastycznej poddawane są procesom: wyciskania, walcowania, wytłaczania, kucia, prasowania obwiedniowego itp.





# 4. KSZTAŁTOWANIE PLASTYCZNE STOPÓW MAGNEZU



Rys. 6. Poszczególne etapy kucia odkuwki piasty ze stopu AZ31 na młocie

# 5. ZASTOSOWANIE STOPÓW MAGNEZU W PRZEMYŚLE

W lotnictwie ze stopów magnezu wykonuje się pełną gamę elementów konstrukcyjnych, od części do skrzyni biegów, części silnika, odlewów skrzyni przekładniowych, skrzydeł, poszyc kadłubów, drzwi, kół, podwozia, paneli desek rozdzielczych, elementów siedzeń. Przykładowo w samolocie Boeing 727 występuje około 1200 części magnezowych.

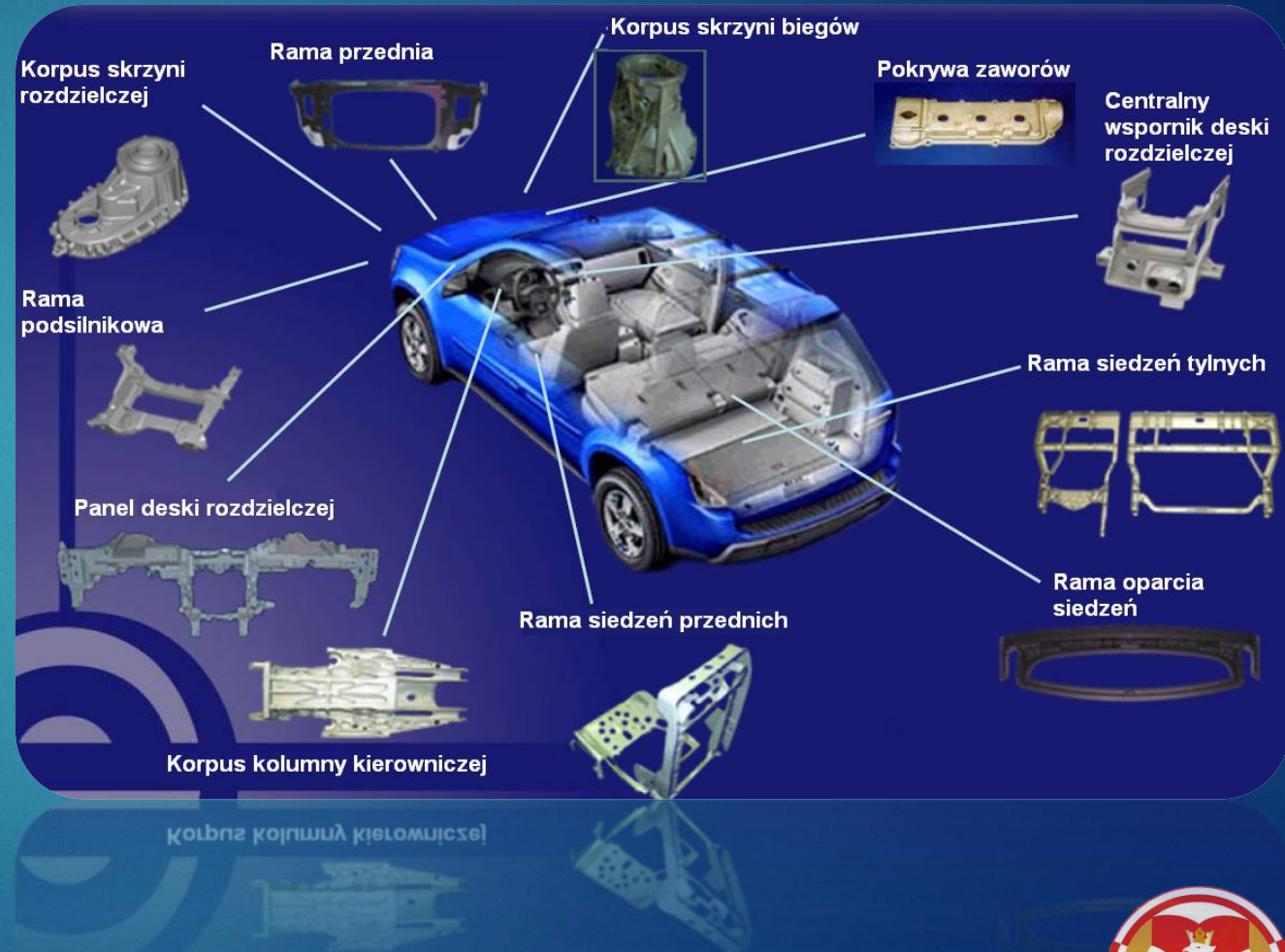


Rys. 7. Zastosowanie stopów magnezu w przemyśle lotniczym



# 5. ZASTOSOWANIE STOPÓW MAGNEZU W PRZEMYŚLE

W przemyśle motoryzacyjnym coraz więcej części pojazdów samochodowych wytwarzanych jest ze stopów Mg. Związane jest to z dyrektywami UE dotyczącymi oszczędności energii, w tym paliw. Poprzez zastosowaniu stopów Mg możliwe jest zmniejszenie wagi całej maszyny, a w konsekwencji obniżenie zużycia paliwa. Wykonywane części w przemyśle samochodowym to: elementy silnika i karoserii, pokrywy głowic cylindrów, szkielety siedzeń i okien dachowych, wspornik pedałów i inne.



Rys. 8. Wykorzystanie stopów magnezu w przemyśle motoryzacyjnym

# 5. ZASTOSOWANIE STOPÓW MAGNEZU W PRZEMYŚLE

Stopy magnezu w przemyśle elektronicznym najczęściej stosuje się na obudowy sprzętu elektronicznego z uwagi na dwie bardzo istotne właściwości: niską wagę oraz zabezpieczenie przed promieniowaniem elektromagnetycznym. W seryjnej produkcji z tych stopów wytwarzane są obudowy: laptopów, telefonów komórkowych, aparatów fotograficznych, kamer cyfrowych. Dodatkowo stopy Mg wykorzystuje się do produkcji elektronarzędzi ze względu na właściwości tłumienia drgań.

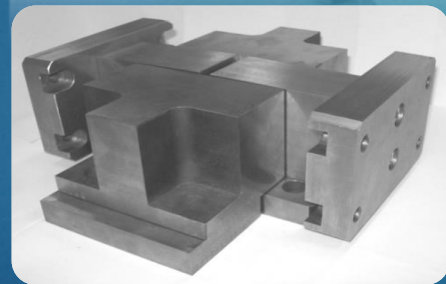
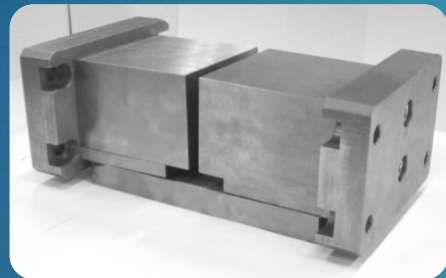


Rys. 9. Zastosowanie stopów Mg w elektrotechnice



# 6. KONCEPCJA NOWEJ TECHNOLOGIA KUCIA ODKUWEK Z ŻEBRAMI ZE STOPÓW MG W TRÓJSUWAKOWEJ PRASIE KUŹNICZEJ

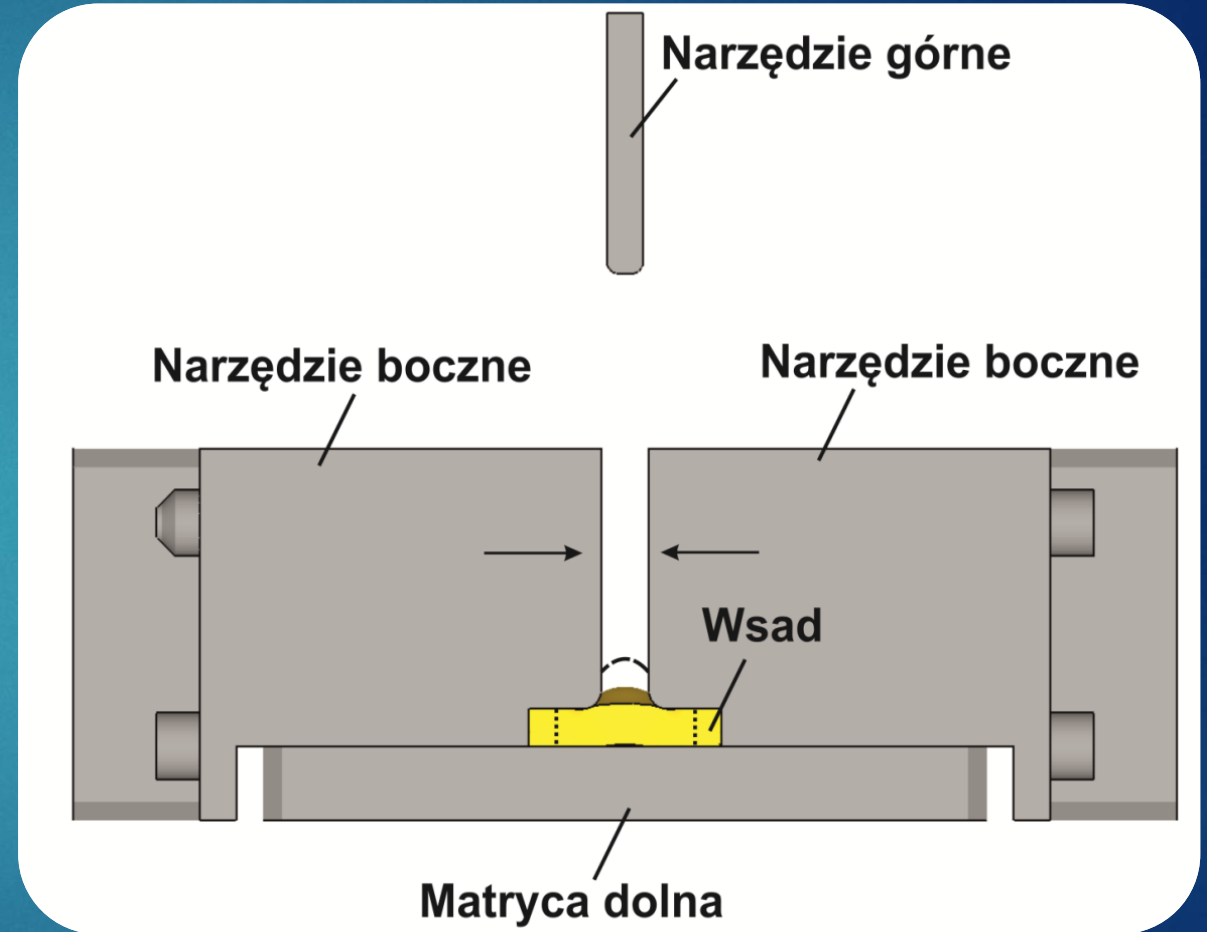
Nowe możliwości kształtowania wyrobów płaskich z żebrami stwarza zastosowanie prototypu trójsuwakowej prasy kuźniczej (TPK). Prasa ta charakteryzuje się trzema ruchomymi suwakami (jednego pionowego i dwóch bocznych) działającymi niezależnie. Posiada ona możliwości techniczne znacznie przewyższające typowe maszyny kuźnicze.



Rys. 10. Trójsuwakowa prasa kuźnicza i przykładowe komplety narzędzi do badań

# 6. KONCEPCJA NOWEJ TECHNOLOGIA KUCIA ODKUWEK Z ŻEBRAMI ZE STOPÓW MG W TRÓJSUWAKOWEJ PRASIE KUŹNICZEJ

Schemat procesu polega na tym, że wsad w kształcie płyty umieszcza się na matrycy dolnej i spęcza się za pomocą narzędzi bocznych. W wyniku wzajemnego i przeciwbieżnego, poziomego przemieszczenia się tych narzędzi kształtuje się żebra w środkowej części płyty. Istnieje możliwość kształtowania dwóch żeber lub zarysu żebra przy użyciu górnego narzędzia. Schemat postępowania w przypadku wszystkich opracowanych sposobów kształtowania plastycznego wyrobów uźebrowanych w trójsuwakowej prasie kuźniczej jest podobny.

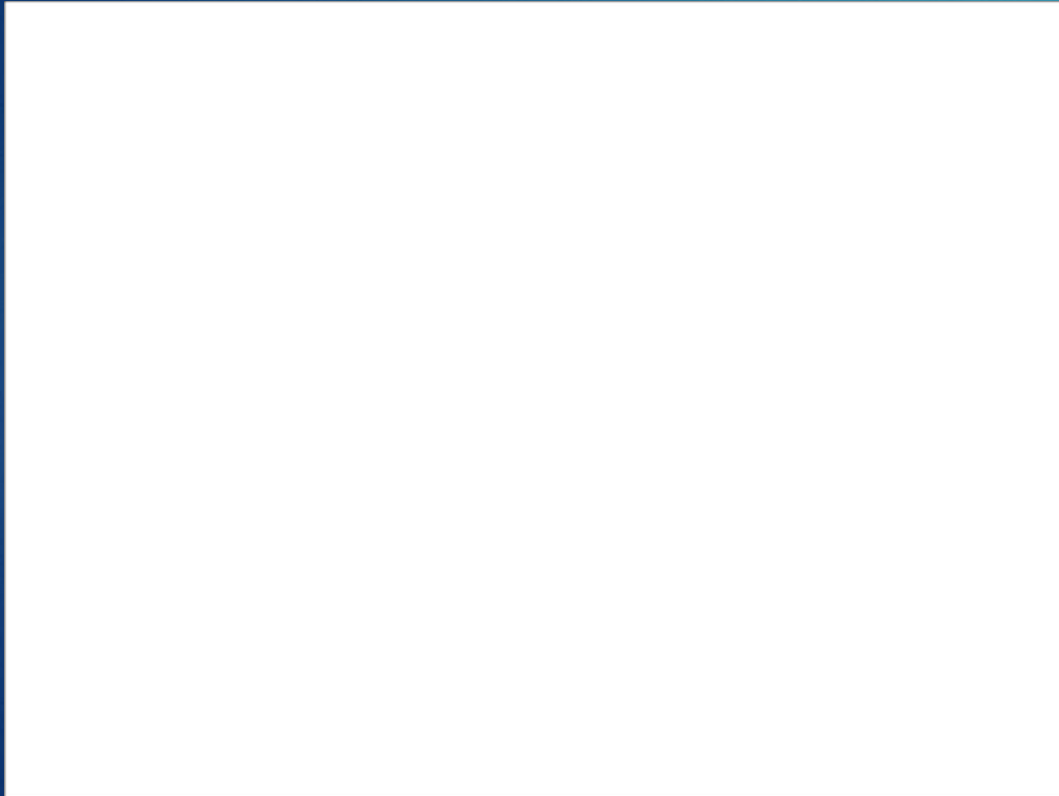




# 6. KONCEPCJA NOWEJ TECHNOLOGIA KUCIA ODKUWEK Z ŻEBRAMI ZE STOPÓW MG W TRÓJSUWAKOWEJ PRASIE KUŹNICZEJ

**Schemat procesu kształtowania plastycznego wyrobów płaskich z jednym żebrem w TPK**

**Kształtowanie półswobodne**



**Kształtowanie w wykroju zamkniętym**



# 6. KONCEPCJA NOWEJ TECHNOLOGIA KUCIA ODKUWEK Z ŻEBRAMI ZE STOPÓW MG W TRÓJSUWAKOWEJ PRASIE KUŹNICZEJ

**Schemat procesu kształtowania plastycznego wyrobów płaskich z dwoma żebrami w TPK**

**Kształtowanie półswobodne**



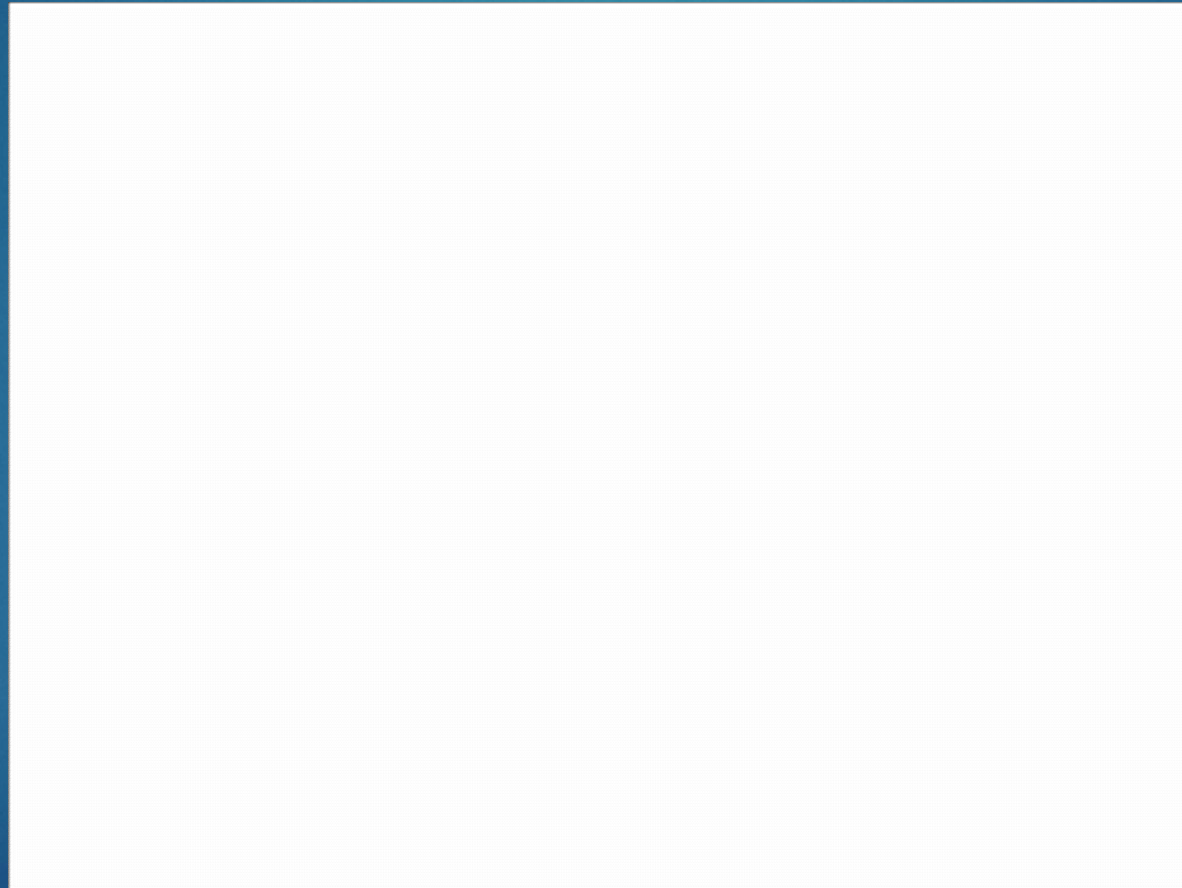
**Kształtowanie w wykroju zamkniętym**





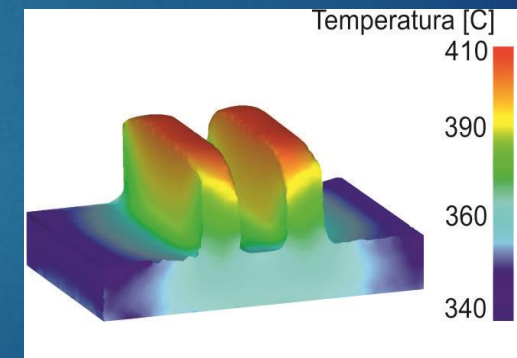
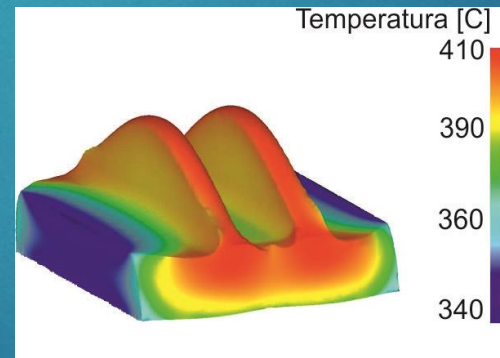
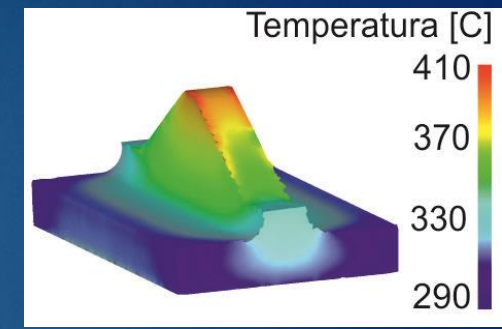
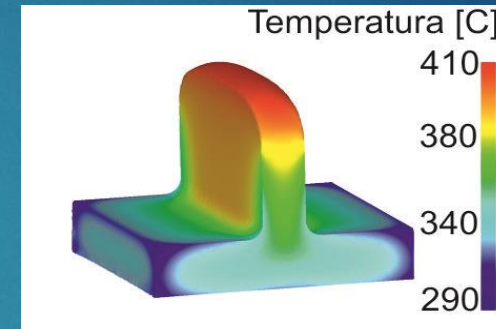
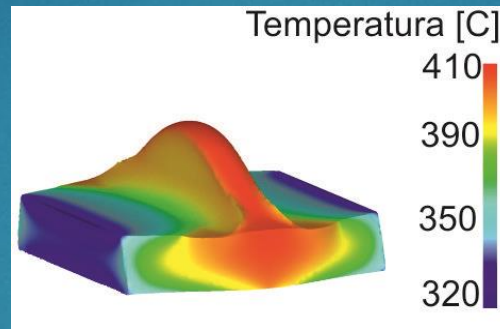
# 6. KONCEPCJA NOWEJ TECHNOLOGIA KUCIA ODKUWEK Z ŻEBRAMI ZE STOPÓW MG W TRÓJSUWAKOWEJ PRASIE KUŹNICZEJ

**Schemat procesu kształtowania plastycznego odkuwek płaskich z jednym żebrem o zarysie trójkątnym w TPK**



# 7. REZULTATY ANALIZ TEORETYCZNYCH OPRACOWANYCH PROCESÓW

Wyniki symulacji potwierdziły możliwość kucia odkuwek płaskich z żebrami według zaproponowanych technologii. Na podstawie obliczeń numerycznych zidentyfikowano istotne parametry procesu oraz zjawisk ograniczające. Uzyskano także ważniejsze informacje o ukształtowanych wyrobach tj. rozkład temperatur, naprężeń, intensywności odkształcenia, kryterium zniszczenia.

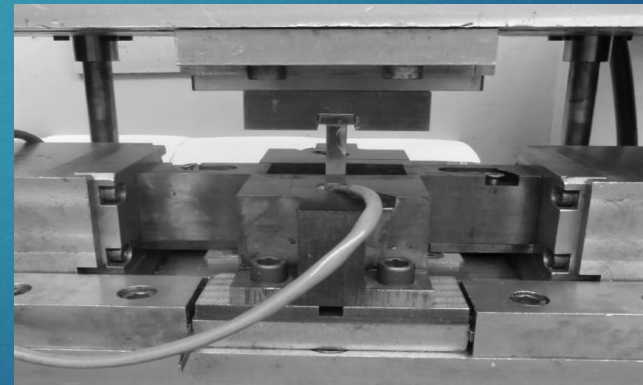
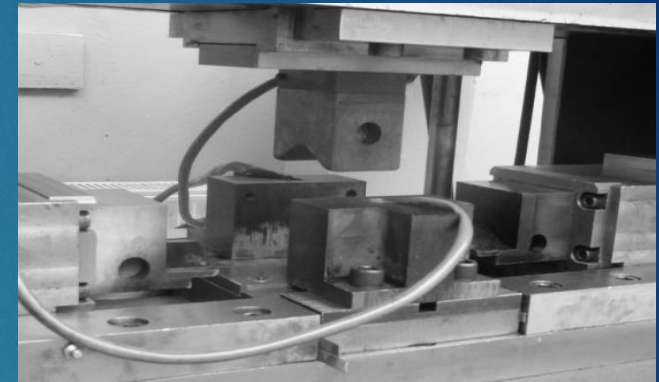


Rys. 11. Prawidłowy kształt odkuwek z rozkładem temperatur uzyskanych z symulacji MES



# 8. BADANIA DOŚWIADCZALNE

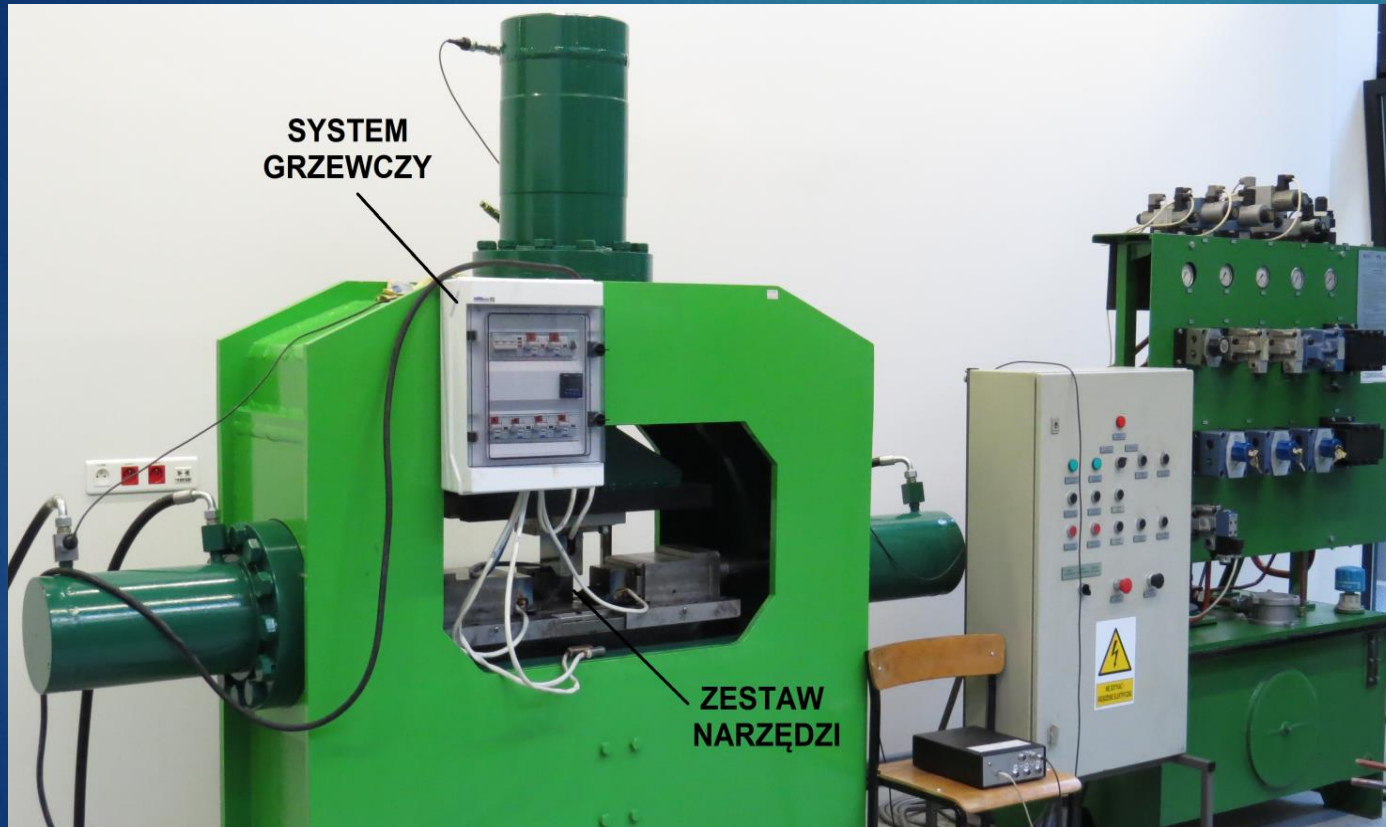
Weryfikację doświadczalną opracowanych rozwiązań teoretycznych przeprowadzono w TPK przy zastosowaniu zestawów narzędzi przedstawionych na slajdzie.



Rys. 12. Zestawy narzędzi wykorzystane w badaniach doświadczalnych

# 8.1. BADANIA DOŚWIADCZALNE – STANOWISKO BADAWCZE

a)



b)



c)



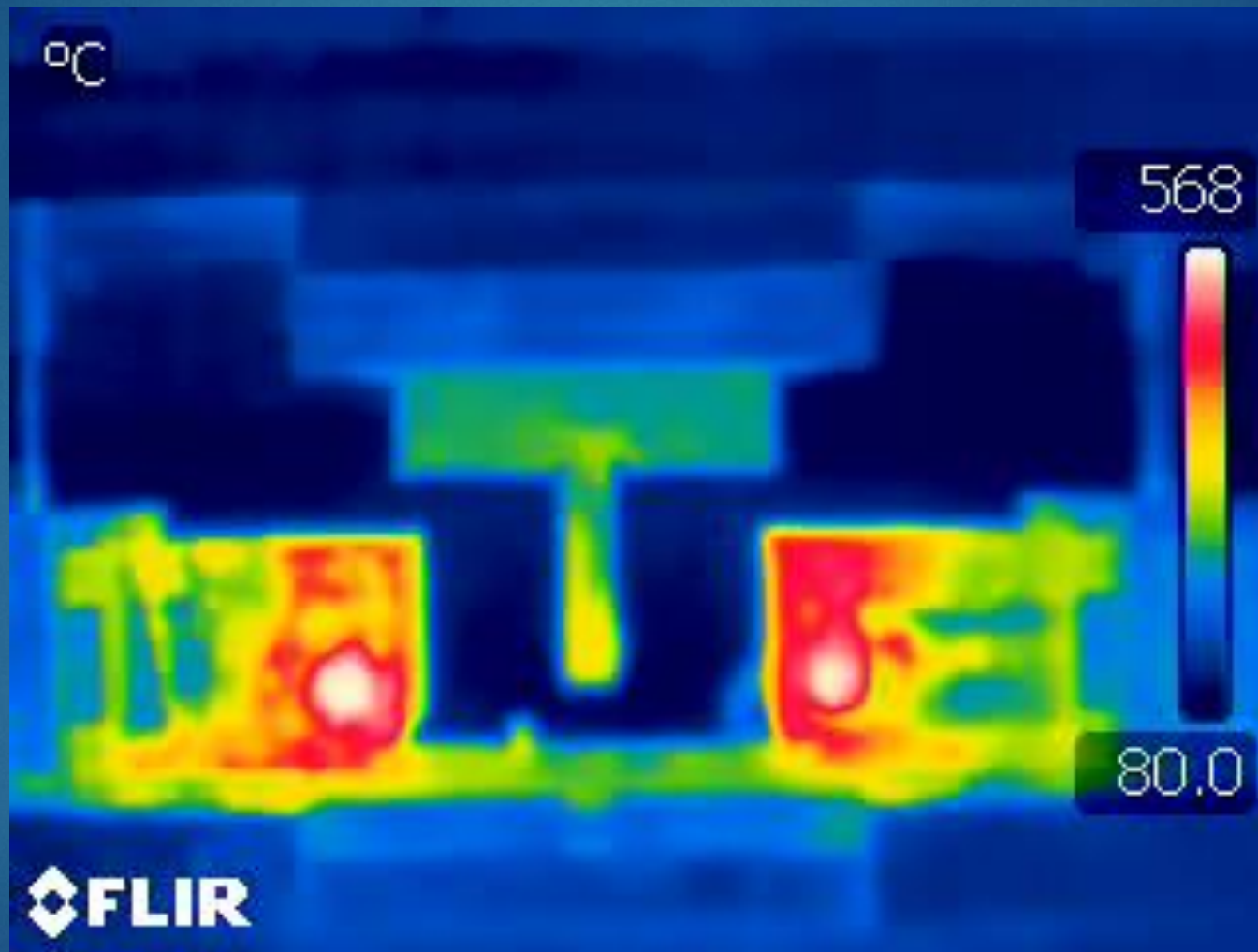
Rys. 13. Stanowisko badawcze: a) TPK, b) zestaw narzędzi, b) wsad (stop magnezu AZ31)



## 8.2. BADANIA DOŚWIADCZALNE KUCIA PÓŁSWOBODNEGO ODKUWKI Z DWOMA ŻEBRAMI ZE STOPU MG



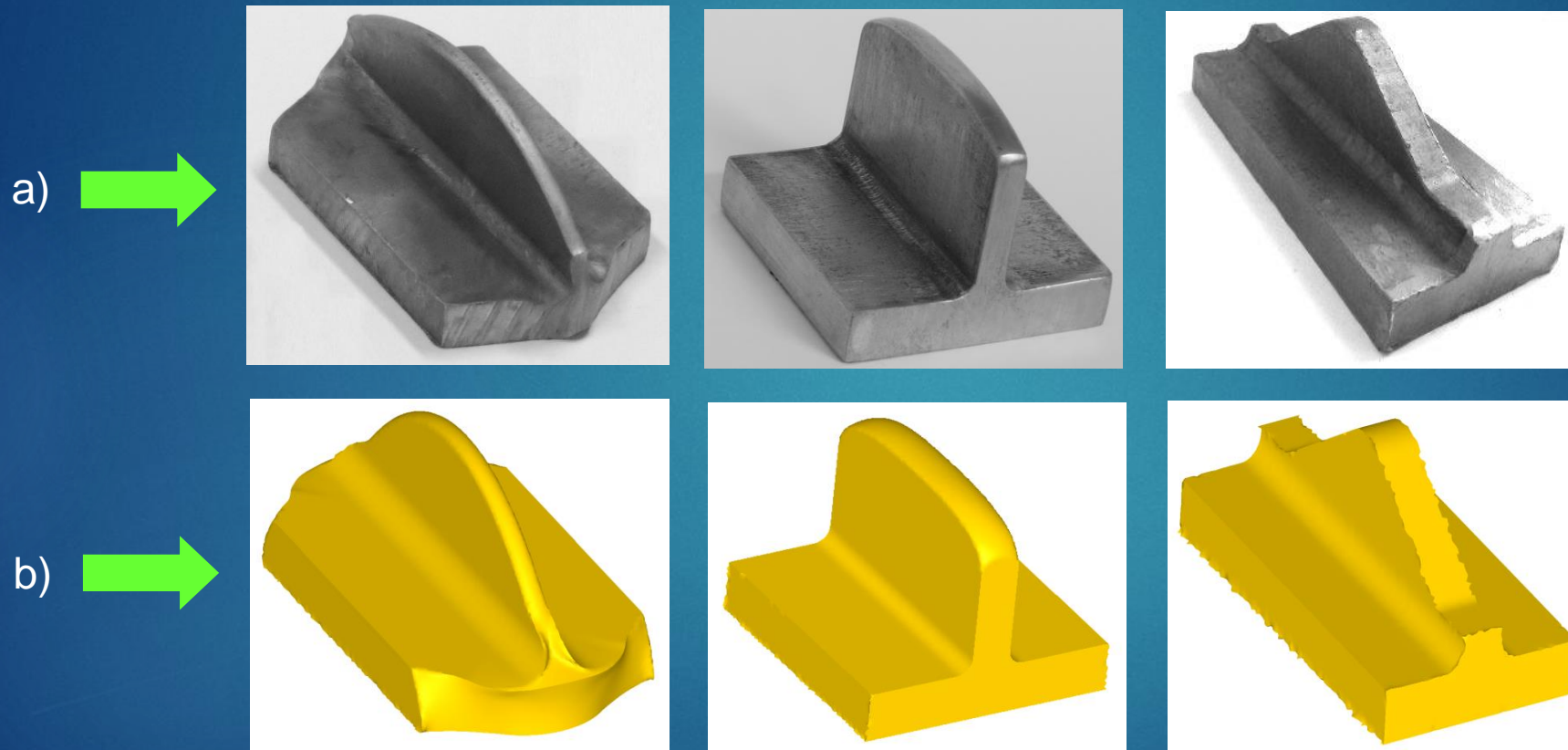
## 8.3. MONITOROWANIE TEMPERATURY PODCZAS KUCIA PÓŁSWOBODNEGO ODKUWKI Z DWOMA ŻEBRAMI ZE STOPU MG PRZY UŻYCIU KAMERY TERMOWIZYJNEJ FIRMY FLIR





# 8.4. WYNIKI BADAŃ DOŚWIADCZALNYCH

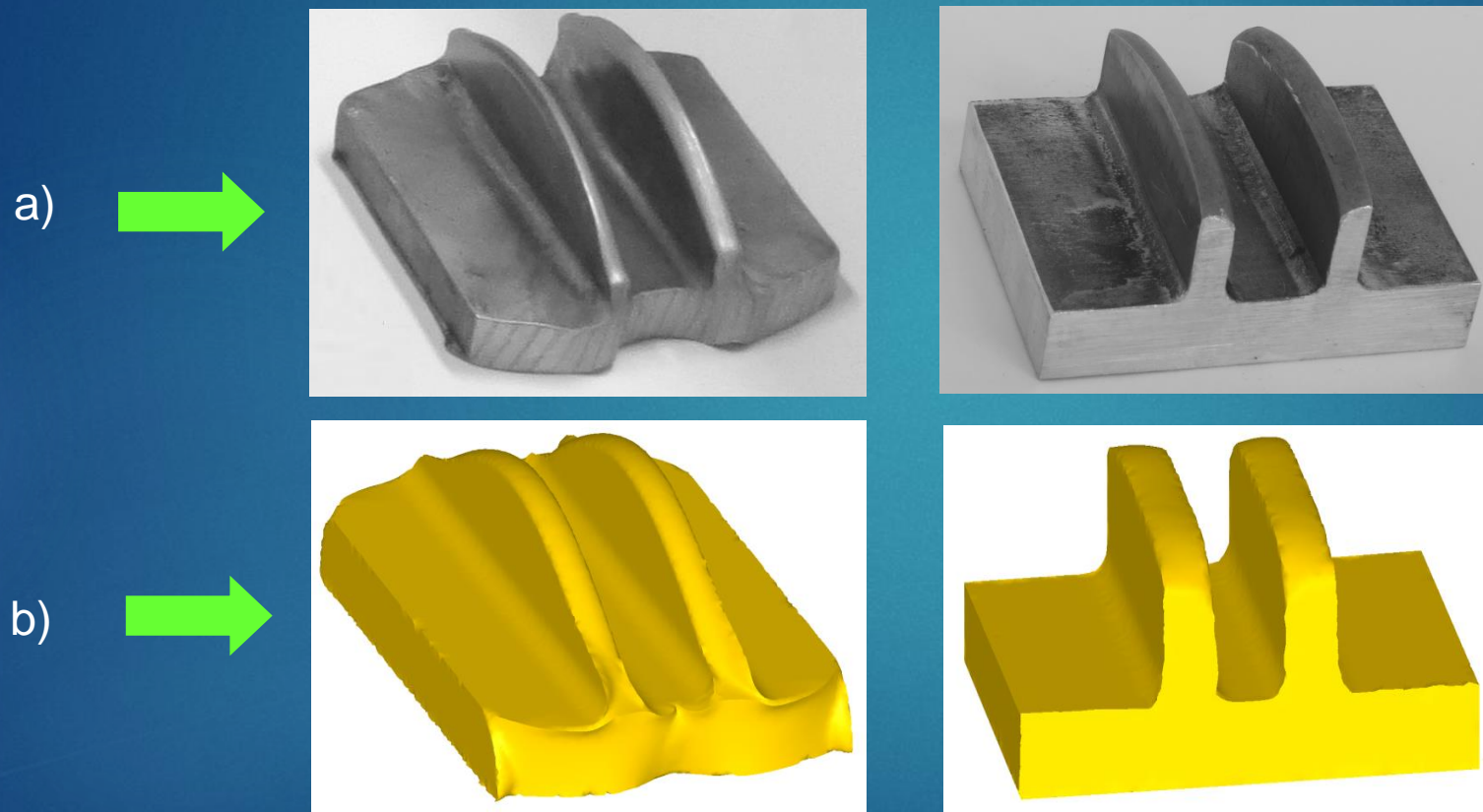
W badaniach doświadczalnych uzyskano prawidłowe odkuwki z jednym żeblem, które porównano z wyrobami otrzymanymi z symulacji MES (rys. 14).



Rys. 14. Porównanie kształtu odkuwek z jednym żeblem ze stopu Mg uzyskanych na drodze: a) badań doświadczalnych, b) symulacji MES

# 8.4. WYNIKI BADAŃ DOŚWIADCZALNYCH

W eksperymencie otrzymano również prawidłowe odkuwki z dwoma żebrami, które zestawiono z wyrobami otrzymanymi z symulacji MES (rys. 15).



Rys. 15. Porównanie kształtu odkuwek z dwoma żebrami ze stopu Mg uzyskanych na drodze: a) badań doświadczalnych, b) symulacji MES

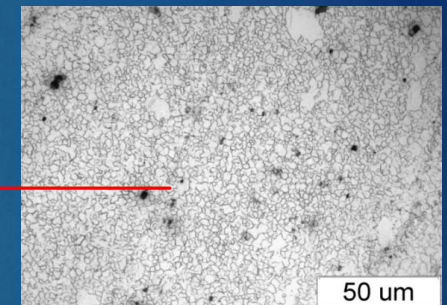
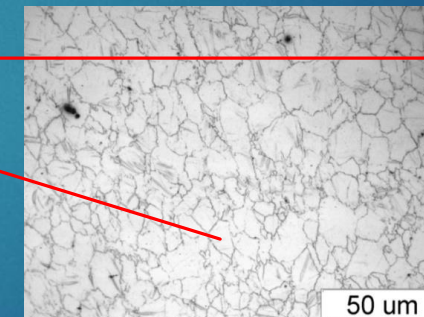
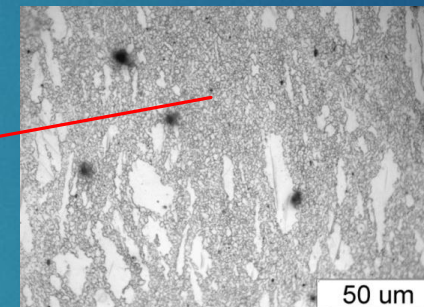
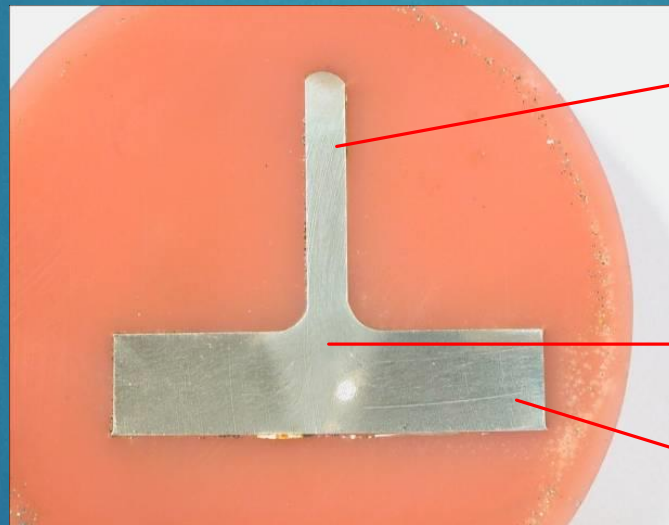
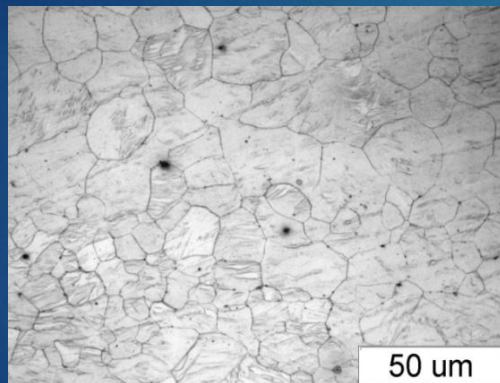


# 9. REZULTATY BADAŃ JAKOŚCIOWYCH

Dla ukształtowanych odkuwek z żebrami ze stopu Mg przeprowadzono badania jakościowe. Dokonano oceny mikrostruktury (rys. 16) i własności mechanicznych stopu w stanie dostawy oraz po procesie kucia.

Stan po przeróbce plastycznej – odkuwka z żebrem

Stan wyjściowy – wsad (AZ31)



Rys. 16. Mikrostruktura wsadu oraz odkuwki płaskiej z jednym żebrem ze stopu AZ31 odczytaną w strefie: żebra, podstawy pod żebrem, z brzegu podstawy

# 9. REZULTATY BADAŃ JAKOŚCIOWYCH

a)



b)



Rys. 17. Przykładowe próbki wytrzymałościowe użyte do badań pobrane z: a) żeber, b) podstaw odkuwek



# 9. REZULTATY BADAŃ JAKOŚCIOWYCH

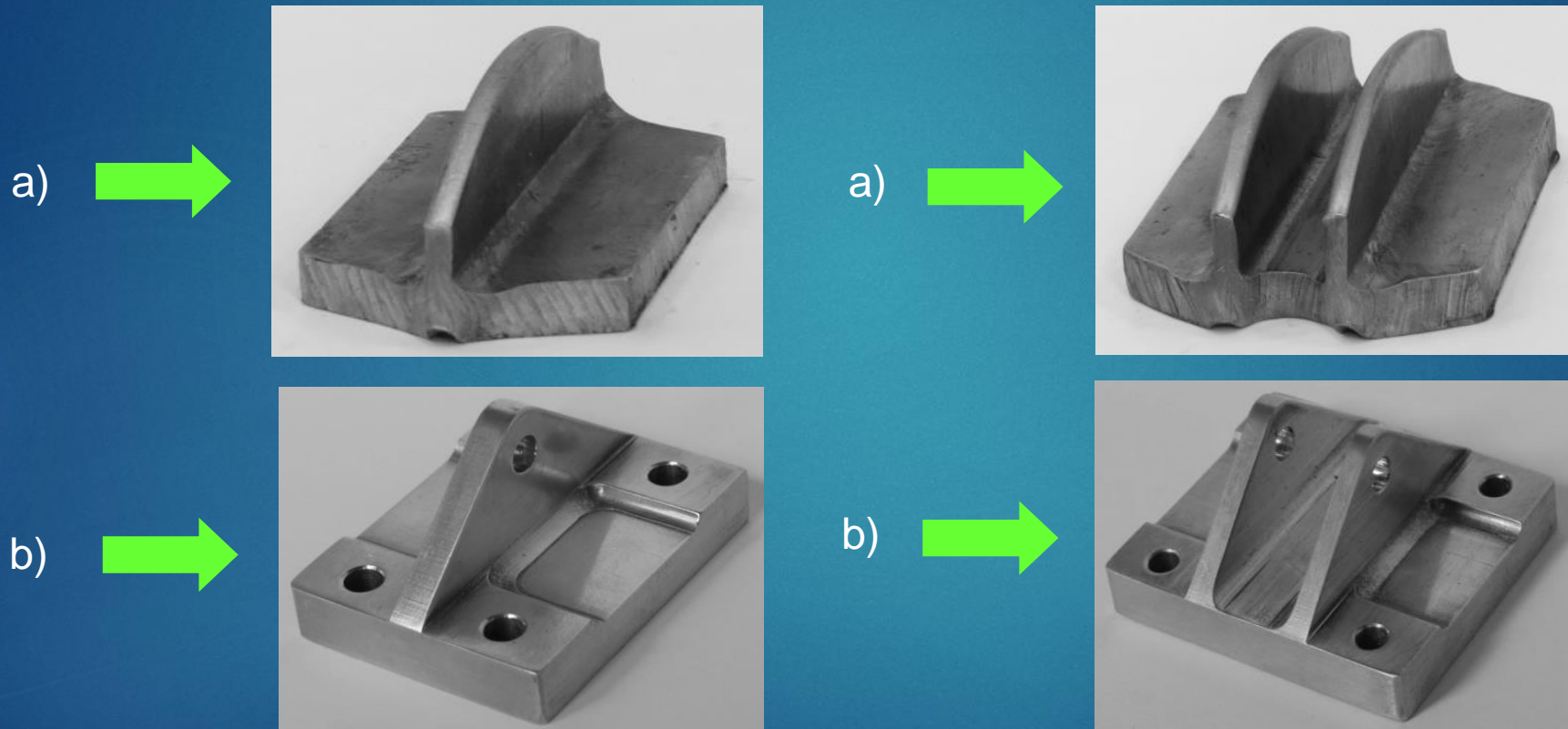
Tab. 1. Własności mechaniczne materiału wyjściowego oraz ukształtowanych odkuwek płaskich z jednym żebrem ze stopu AZ31

<b>Miejsce pobrania próbki do badań</b>	<b>Wytrzymałość na rozciąganie <math>R_m</math> [MPa]</b>	<b>Granica plastyczności <math>R_e</math> [MPa]</b>	<b>Wydłużenie <math>A_5</math> [%]</b>	<b>Twardość [HB]</b>
<b>Materiał wyjściowy</b>	<b>290</b>	<b>171</b>	<b>11</b>	<b>64</b>
<b>Strefa żebra odkuwki</b>	<b>365</b>	<b>298</b>	<b>16</b>	<b>76</b>
<b>Strefa podstawy odkuwki pod żebrem</b>	<b>335</b>	<b>270</b>	<b>13</b>	<b>72</b>
<b>Strefa z brzegu podstawy odkuwki</b>	<b>310</b>	<b>220</b>	<b>11</b>	<b>69</b>



# 10. DEMONSTRATORY TECHNOLOGII

Na podstawie uzyskanych wyników teoretyczno-doświadczalnych zaprojektowano i zrealizowano procesy kucia nową metodą przykładowych wyrobów z jednym żebrem i z dwoma żebrami ze stopu magnezu.



Rys. 18. Ukształtowane odkuwki z żebrami ze stopu magnezu w TPK (a) oraz wykonane z nich gotowe wsporniki (b)



# 11. PODSUMOWANIE

Wyniki analiz teoretycznych oraz badań doświadczalnych potwierdziły możliwość kształtowania wyrobów uźebrowanych w trójsuwakowej prasie kuźniczej. Zaproponowana technologia w znacznym stopniu poprawia ekonomiczność procesu wytwarzania tego typu części dzięki zaletom takim jak:

- znaczące obniżenie zużycia materiału,
- zmniejszenie pracochłonności procesu dzięki możliwości uzyskania wyrobu w jednym cyklu roboczym prasy,
- polepszenie własności użytkowych i wytrzymałościowych gotowych wyrobów,
- ograniczenie zanieczyszczenia środowiska naturalnego poprzez zmniejszenie odpadów do recyklingu i utylizacji.



# 12. PRZEWAGA OPRACOWANEJ TECHNOLOGII NAD DOTYCHCZAS STOSOWANYMI METODAMI

## Zalety:

- ❑ Zmniejszenie zużycia materiału i pracochłonności procesu.
- ❑ Zwiększenie wydajności procesu.
- ❑ Znaczące obniżenie kosztów produkcji części uźebrowanych.
- ❑ Uniwersalność technologii – możliwość zastosowania ich dla różnych gatunków metali i ich stopów.
- ❑ Polepszenie własności mechanicznych i użytkowych ukształtowanych wyrobów.

## Docelowi odbiorcy:

Przemysł lotniczy, motoryzacyjny, maszynowy, budowlany





# 13. UZYSKANE PATENTY NA NOWĄ TECHNOLOGIĘ

- ❑ Sposób kształtowania plastycznego półswobodnego wyrobów płaskich z jednym żebrzem , **Patent 214530**.  
Zatwierdzony 28.01.2013 r.
- ❑ Sposób kształtowania plastycznego w wykroju zamkniętym wyrobów płaskich z jednym żebrzem, **Patent 214513**.  
Zatwierdzony 28.01.2013 r.
- ❑ Sposób kształtowania plastycznego w wykroju zamkniętym wyrobów płaskich z dwoma żebrzami, **Patent 214520**.  
Zatwierdzony 28.01.2013 r.
- ❑ Sposób kształtowania plastycznego półswobodnego wyrobów płaskich z dwoma żebrzami, **Patent 214519**.  
Zatwierdzony 28.01.2013 r.
- ❑ Sposób kucia półfabrykatu, zwłaszcza do wytwarzania wyrobów płaskich z jednym żebrzem o zarysie prostokątnym, **Patent 395392**.  
Zatwierdzony 26.06.2013 r.
- ❑ Sposób kucia półfabrykatu, zwłaszcza do wytwarzania wyrobów płaskich z jednym żebrzem o zarysie falistym, **Patent 395406**.  
Zatwierdzony 25.06.2013 r.
- ❑ Sposób kucia półfabrykatu, zwłaszcza do wytwarzania wyrobów płaskich z jednym żebrzem o zarysie półokrągłym, **Patent 395407**.  
Zatwierdzony 25.06.2013 r.
- ❑ Sposób kucia półfabrykatu, zwłaszcza do wytwarzania wyrobów płaskich z jednym żebrzem o zarysie trójkątnym, **Patent 395408**.  
Zatwierdzony 25.06.2013 r.
- ❑ A method for metal forming in a closed impression of flat products with one rib. **Zgłoszenie patentowe europejskie 12461512**.  
Zatwierdzone 11.04.2012 r.
- ❑ A method for metal forming in a closed impression of flat products with two ribs. **Zgłoszenie patentowe europejskie 12461517**.  
Zatwierdzone 10.05.2012 r.



# DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ !!!

**Innowacyjna technologia kucia odkuwek  
z żebrami ze stopów magnezu**

**POLITECHNIKA LUBELSKA  
Wydział Mechaniczny  
Katedra Komputerowego Modelowania  
i Technologii Obróbki Plastycznej  
dr inż. Anna Dziubińska**

---

Projekt „Politechnika Lubelska – Regionalna Inicjatywa Doskonałości”  
– finansowany ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego



Ministerstwo  
Nauki  
i Szkolnictwa  
Wyższego

