



„Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym”

**ZB 7. Plastyczne kształtowanie stopów magnezu
(kucie precyzyjne, tłoczenie, wyciskanie, walcowanie itp.)**

Autorzy i liderzy merytoryczni :

Dr hab. inż. Eugeniusz Hadasik, prof. PŚ - lider merytoryczny ze strony konsorcjum CZT

Dr hab. inż. Romana Ewa Śliwa, prof. PRz - lider merytoryczny ze strony koordynatora CZT

Partnerzy w Zadaniu badawczym nr 7 i ich krótka charakterystyka :

- **Politechnika Rzeszowska**
 - *Katedra Przeróbki Plastycznej*
 - *Katedra Materiałoznawstwa*
- **Politechnika Śląska**
 - *Katedra Modelowania Procesów i Inżynierii Medycznej;*
 - *Katedra Nauki o Materiałach.*
- **Politechnika Lubelska**
 - *Katedra Modelowania i Technologii Obróbki Plastycznej*

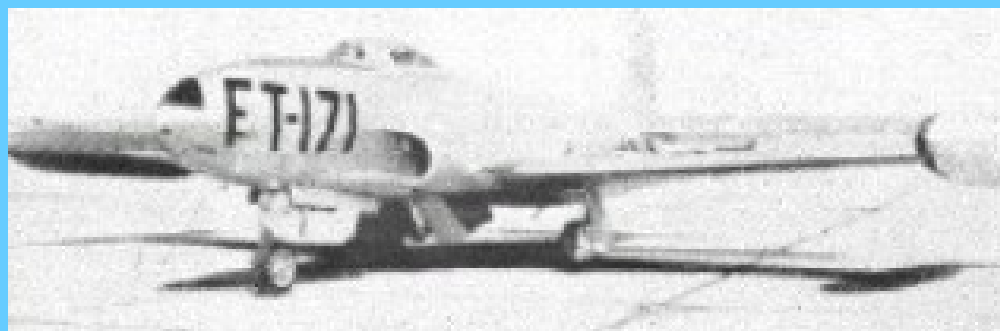
Próby wykorzystania stopów magnezu w lotnictwie:



Bombowiec B36 (US Air Force):
Wykorzystanie stopów magnezu

- 5500 kg blach;
- 700 kg odkuwek;
- 300 kg części odlewanych

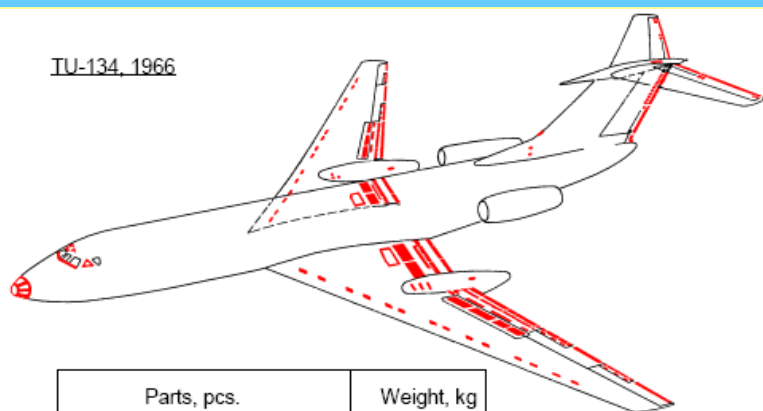
Helikopter typu S55 produkcji Westland Aircraft Ltd (1950 r.) w którym wykonano poszycie z blach ze stopu magnezu ZW 3 – masa użytego stopu 115 kg



Eksperymentalny samolot F80C – US Air Force - całkowicie wykonany kadłub ze stopu magnezu

Wzrost i późniejszy spadek zainteresowania stopami magnezu w konstrukcjach lotniczych

TU-134, 1966

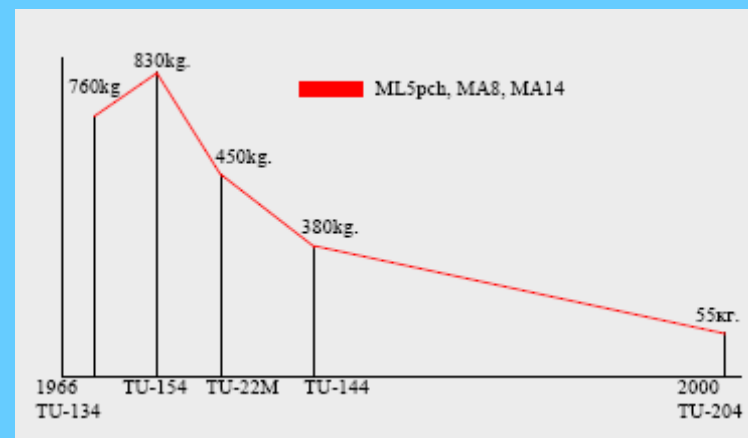


Parts, pcs.	Weight, kg
1325	760

TU-204, 2000



Parts, pcs.	Weight, kg
95	55



Ograniczone zastosowanie stopów magnezu w przemyśle lotniczym :

- szybka korozja stopów,
- opinia o łatwopalności magnezu,
- niska czystość metalurgiczna,
- mała wytrzymałość,
- wysokie koszty przetwarzania drogą przeróbki plastycznej,
- zła obrabialność mechaniczna.

Od początku XXI wieku obserwuje się ponowny, znaczący wzrost zainteresowania stopami magnezu do zastosowań w przemyśle samochodowym i lotniczym oraz kosmonautyce.

Wynika to przede wszystkim z dążenia do obniżenia masy pojazdów i zmniejszenia zużycia paliwa.

Nowe możliwości wykorzystania stopów magnezu wynikają z doskonalenia i opracowania nowych technologii tj:

- opracowania nowych stopów,**
- nowych technologii uzyskiwania półwyrobów metodami odlewania;**
- doskonaleniem technologii kształtowania plastycznego,**
- nowych powłok, które mogą zabezpieczać stopy przed korozją,**

Raport komisji europejskiej MAG TECH 1 (2004)

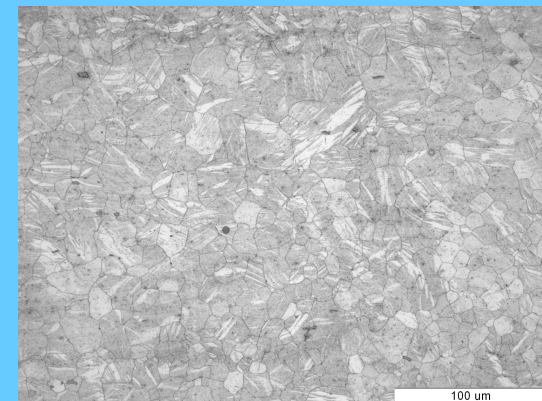
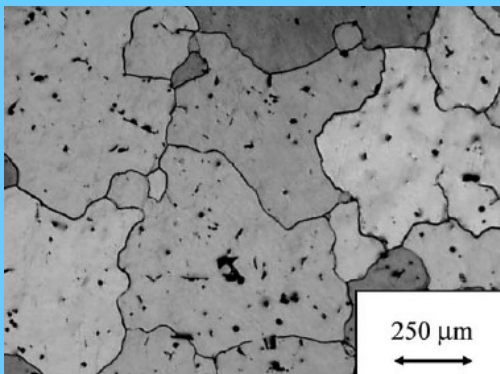
„Magnesium alloys and processing technologies lightweight transport applications”

wskazuje na konieczność intensywnych prac w zakresie stopów magnezu do zastosowań w środkach transportu.

- rozwój technologii odlewniczych;
- rozwój technologii przeróbki plastycznej.

Wady materiałów odlewanych ze stopów magnezu :

- porowatość i gruboziarnistość struktury → niskie właściwości mechaniczne



**Struktura stopu AZ 31 po
A- odlewaniu konwencjonalnym**

B – walcowaniu na gorąco

Stopy magnezu do przeróbki plastycznej

1) Mg-Al-Zn (podstawowy składnik stopowy Al)

STOP	ASTM	Skład chemiczny, [% masowy]					OPIS
		Al	Zn	Mn	Cu	Ca	
Al3.0Zn1.0Mn0.3 Blachy 0,5 - 6 mm , profile wyciskane 10-75mm	AZ31	2,5-3,5	0,7-1,3	0,2-1,0	0,05	0,04	Średnia wytrzymałość Dobra spawalność Podatność do tłoczenia oraz walcowania
Al6.0Zn1.0Mn0.3 Profile wyciskane, kute	AZ61	5,7-8,2	0,4-1,5	0,15-0,5	0,05		Średnia wytrzymałość po kuciu Wysoka wytrzymałość po wyciskaniu Dobrze spawalny

Stopy magnezu do przeróbki plastycznej

2) Mg-Zn-Zr

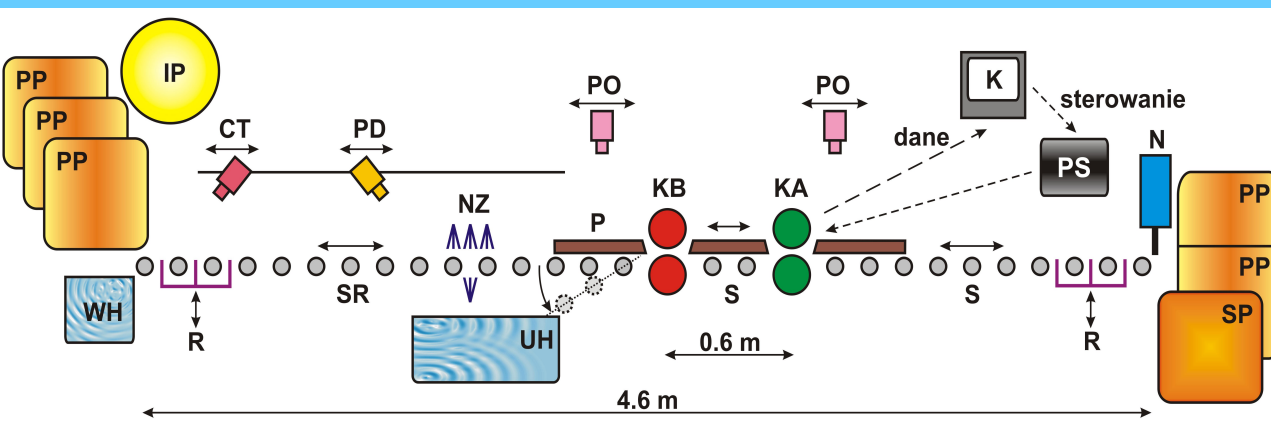
STOP	ASTM	Skład chemiczny, [% masowy]		OPIS
		Zn	Zr	
Zn6.0Zr0.5 Profile wyciskane	ZK60	4.8-6,2	0,45	Wysoka wytrzymałość

3) Mg-Y-REE-Zr, REE – pierwiastki ziem rzadkich Nd, Gd

STOP	ASTM	Skład chemiczny, [% masowy]				OPIS
		Y	Nd	REE*	Zr	
Y4.0Nd2HRE1Zr0.5 Profile wyciskane, kute	WE43	4.0	2.0	1.0	0,45	Wysoka wytrzymałość Dobra spawalność Temperatura pracy do 200C, technologia lotnicza

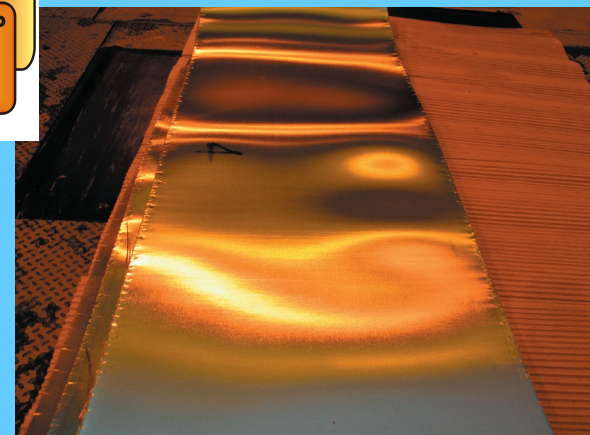
Rozwój technologii

Walcowanie



Walcarka -Tandem

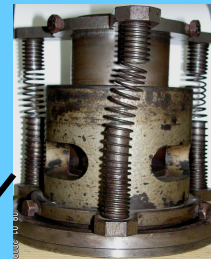
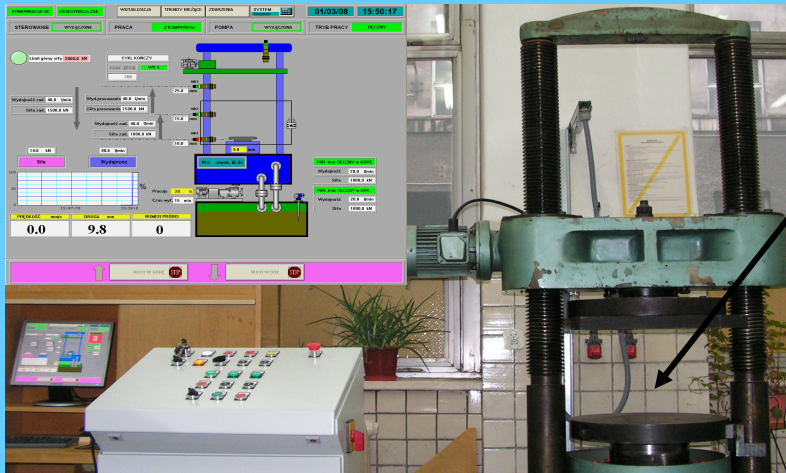
Zaletą tego układu jest możliwość odkształcania z dużymi wartościami gniotu i prędkości (ponad $100s^{-1}$). Układ walcarek i pieców grzewczych w dużym stopniu odwzorowuje m.in. linię walcowniczą typu Steckel do walcowania taśm na gorąco.



Blacha ze stopu magnezu walcowana na gorąco.

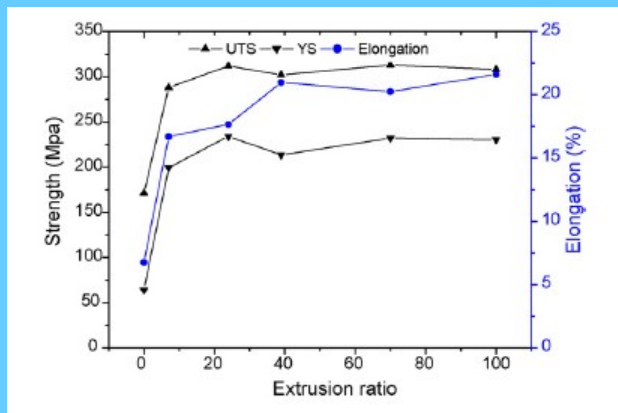
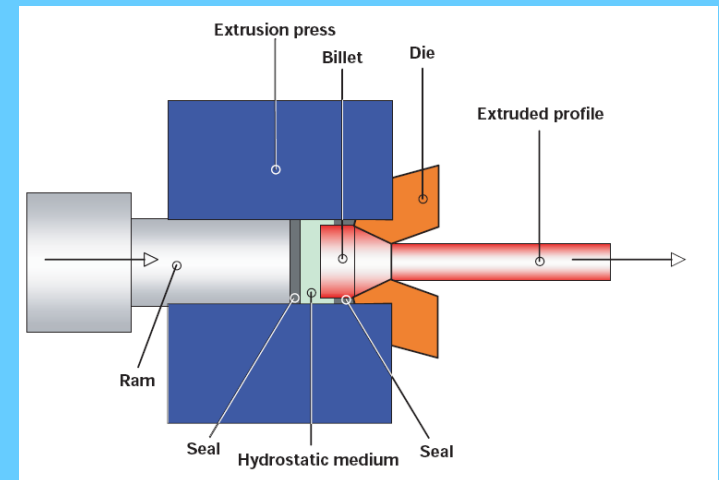
Rozwój technologii

Wyciskanie i kucie na prasie



Zestaw narzędzi,

- Komora termiczna – izotermiczne
- warunki procesu wyciskania,
- hydroekstruzja

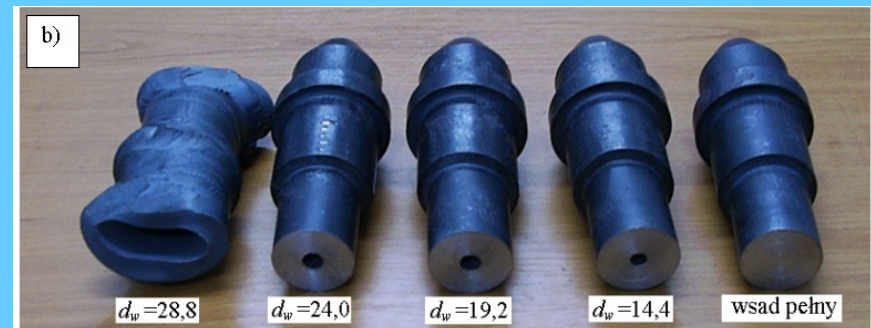


Rozwój technologii

Walcowanie poprzeczno - klinowe



Laboratoryjna walcarka poprzeczno-
klinowa



**Kształtowanie wałów stopniowanych
o dużych różnicach przekrojów poprzecznych.**

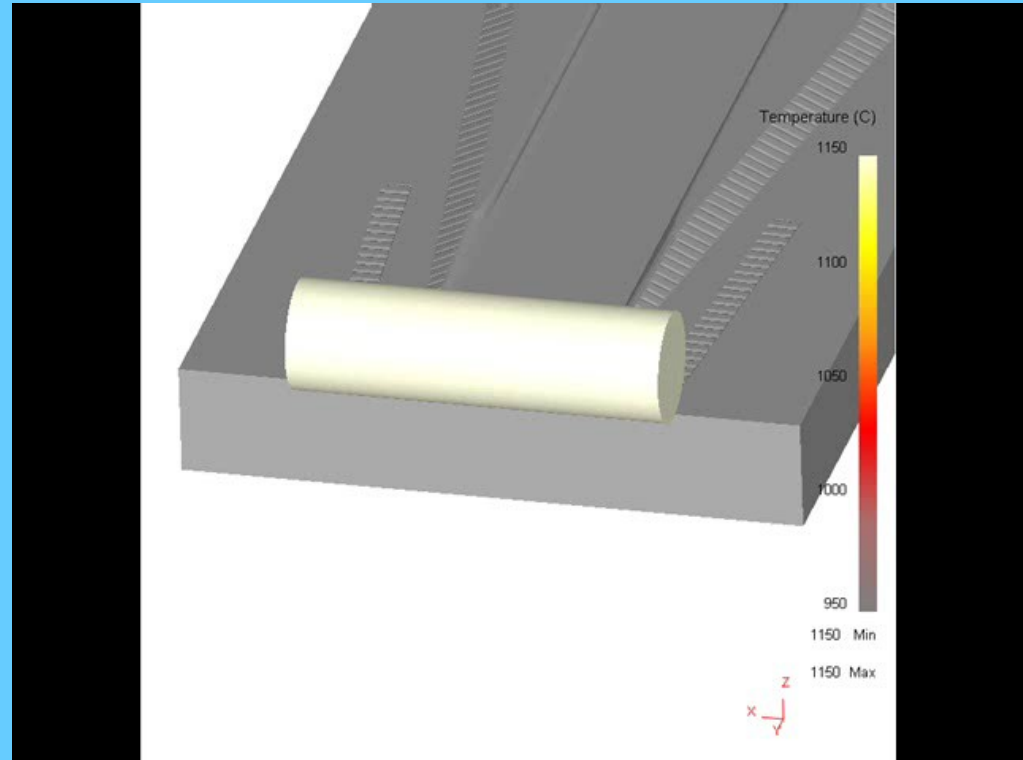
Przekroje – kołowe, kwadrat, sześciokąt, owal

Rozwój technologii

Walcowanie poprzeczno - klinowe



**Laboratoryjna walcarka poprzeczno-
klinowa**



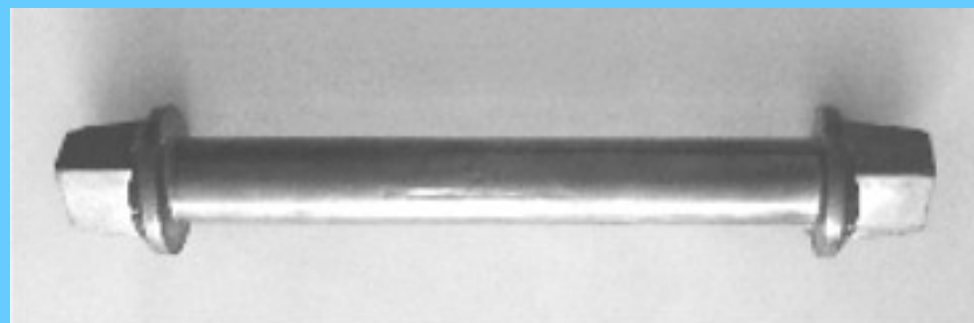
Rozwój technologii

Kucie w trójsuwakowej prasie kuźniczej



**odkuvka trójkąta z trzema
wglębieniami,**

odkuvka wydłużona



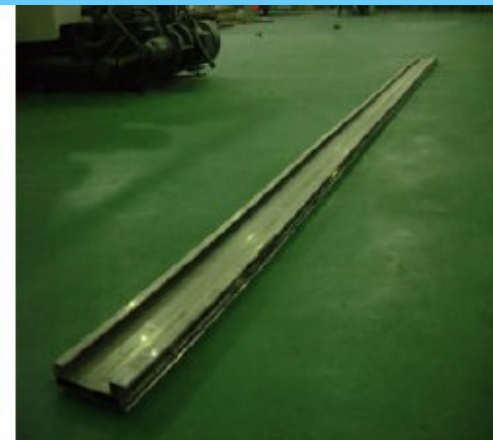
Kształtowanie m.in. odkuwek o złożonych kształtach z wglębieniami i zmniejszonymi naddatkami, często metodą bezwyplwkową.

Projekty Unii Europejskiej dotyczące przerabianych plastycznie stopów magnezu:

- **Aeromag** – zadania dotyczące opracowania nowych stopów magnezu i metod przeróbki (walcowanie, wyciskanie) w celu uzyskania właściwości zbliżonych do stopów aluminium stosowanych w lotnictwie AA5083, AA2024
- Magforming;
- MAGNEXTRUSCO – wyciskanie stopów magnezu.
- MAGFORGING – Kucie precyzyjne



Etapy kucia części ze stopu magnezu



Wyciskane rury i kształtowniki ze stopu Az31

Przykład wykorzystania stopów magnezu w przemyśle lotniczym:



Konstrukcja spawana:

- odlewany pierścień - AZ91
- blacha 2.0 mm – AZ31
- powłoka OXILAN (MG-0611)



Aircraft interior part

Material: MA20C

Fabrication (JSC Tupolew): SPF