

# 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, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

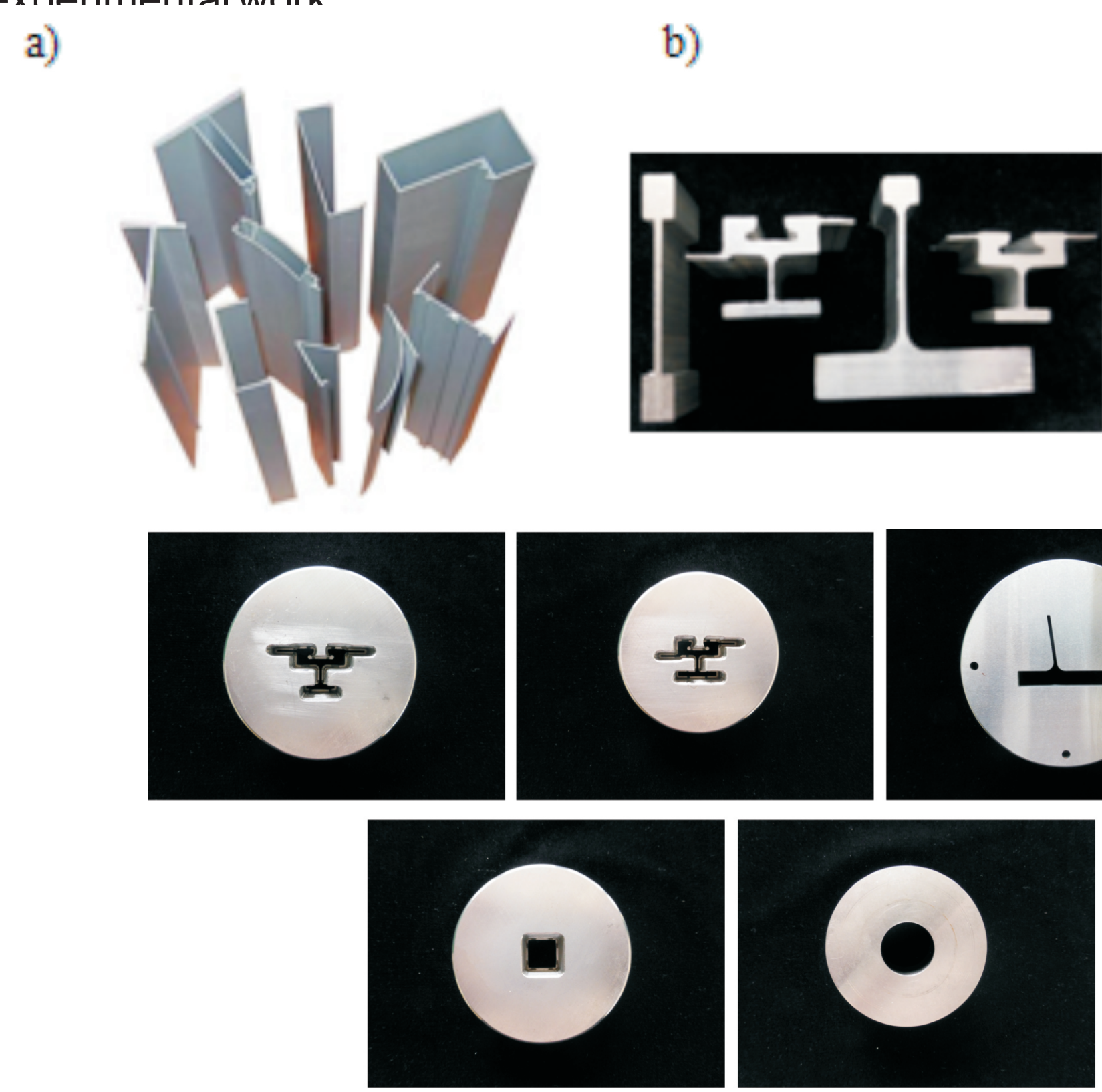
#### Wyniki badań Results

Lotnicze profile konstrukcyjne ze stopu aluminium 7075 otrzymane w technologii wyciskania

Aluminium alloys 7075 aircraft structural profiles obtained by extrusion

Badania wpływu parametrów procesu wyciskania stopów aluminium, ze szczególnym uwzględnieniem stopu 7075 na właściwości mechaniczne, mikrostrukturę i jakość powierzchni wyciskanych wyrobów. Dokonano analizy wpływu kształtu przekroju poprzecznego profile wyciskanych na wielkość siły wyciskania. Zaproponowano modyfikacje analitycznych formuł do obliczeń siły z uwzględnieniem zaproponowanych czynników kształtu. Dokonano porównania wyników teoretycznych obliczeń sił z wartościami zmierzonych w procesie sił wyciskania.

The work presents an analysis of interdependence of technological parameters of extrusion of Al alloy on a horizontal hydraulic press as well as its effect on mechanical properties, microstructure and quality of the product. The obtained results made the basis for an analysis of influence of extrudate shape on the extrusion load. Proposals of modification of analytic relationships which enable to assess extrusion load for case of complexity of the extrudate cross-section for 7075 aluminum alloy is presented. The proposed modification is based on introducing "shape factor" to analytic relationship according to special selection for the defined groups of the shapes. The obtained results were compared with the values of the extrusion load received in the experimental work



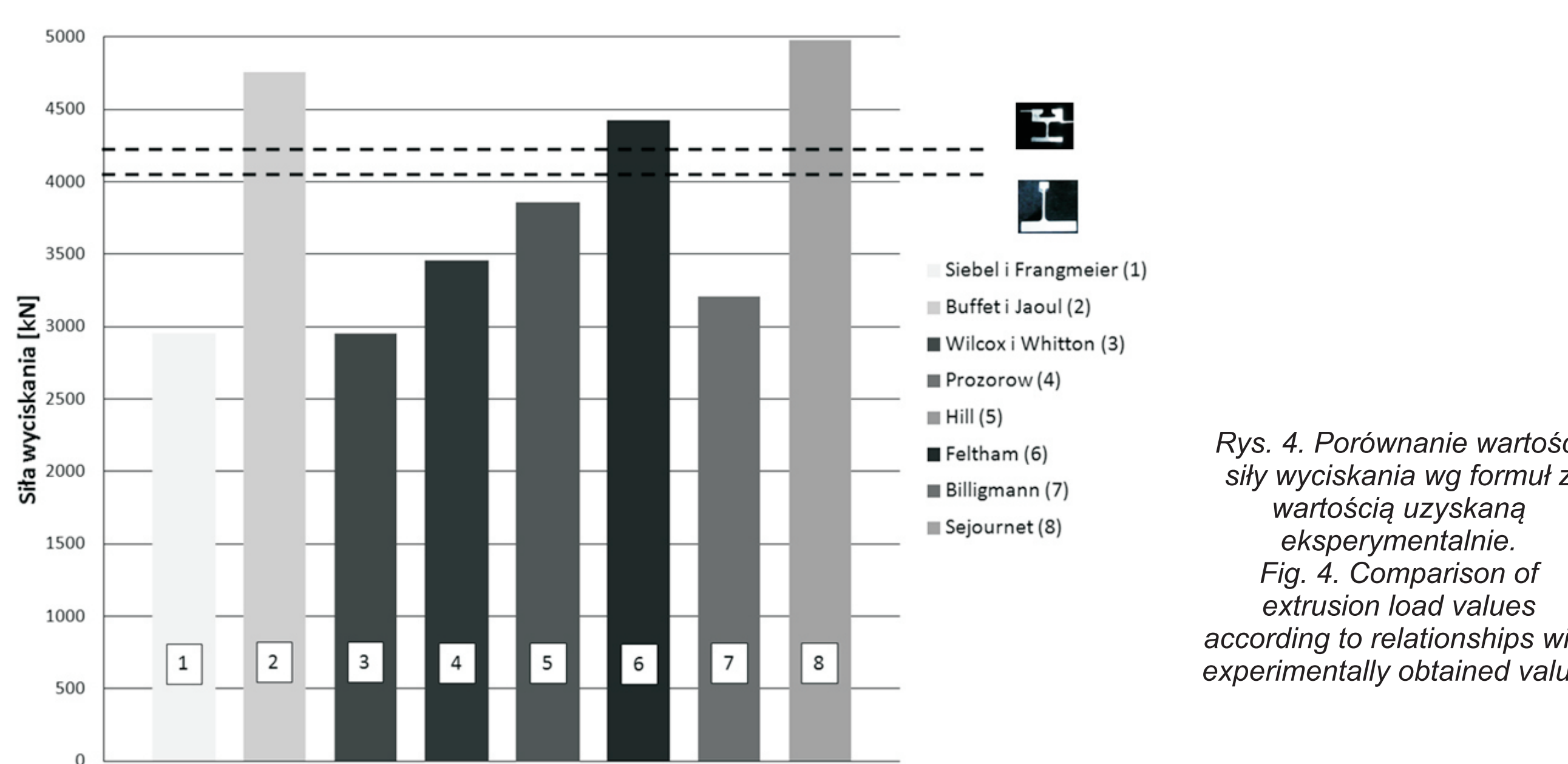
Rys. 1. Przykłady profili wyciskanych ze stopów Al stosowanych w konstrukcjach lotniczych: a) cienkościennie o tej samej grubości ścianki, b) o różnej grubości segmentów przekroju poprzecznego

Rys. 2. Matryce do wyciskania kształtowników o zróżnicowanej grubości ścianki, symetryczne i niesymetryczne, o różnej złożoności kształtu przekroju poprzecznego

INGOT DIMENSIONS	
$d_w$ [mm]	95
$h_w$ [mm]	125
State	extruded
PROCESS PARAMETERS	
Heating temperature of the perform, [°C]	450
Heating time, [min]	~40
Extrusion temperature, [°C]	460
Extrusion rate, [mm/s]	0,25
Coefficient of elongation $\lambda$	60
Dia temperature, [°C]	450



Rys. 3. Hydrauliczna prasa pozioma 5MN do wyciskania przeciwnieżywno, wymiary wlewa oraz parametry procesu wyciskania.



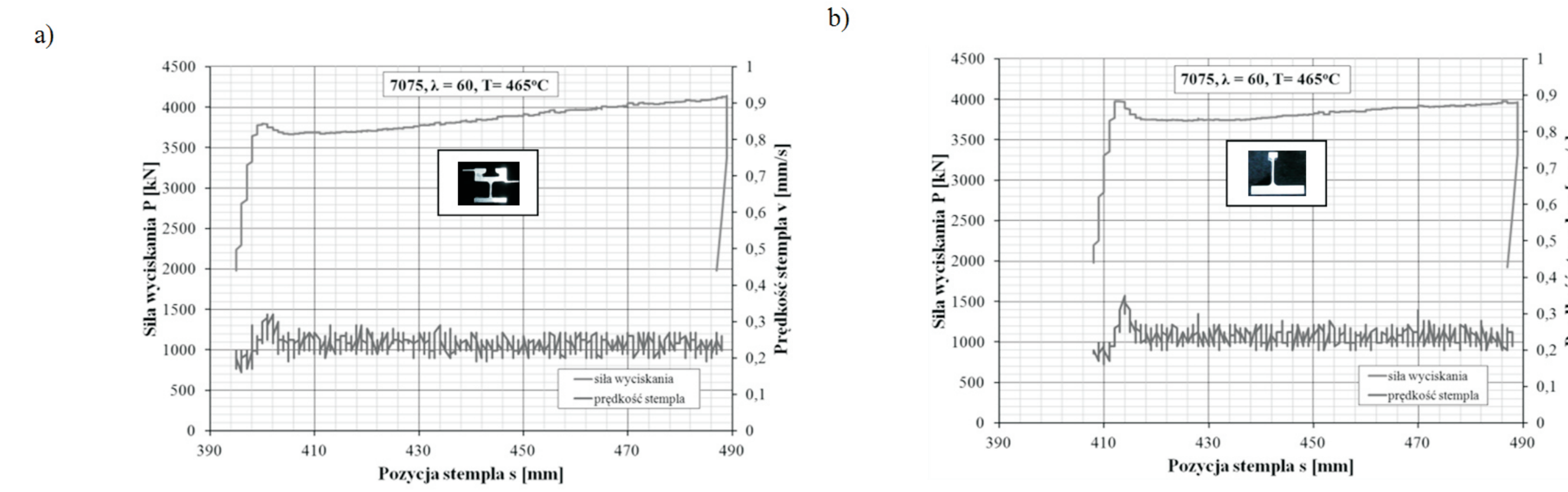
Rys. 4. Porównanie wartości siły wyciskania wg formuł z wartościami uzyskaną eksperymentalnie.

Propozycje cząstkowych czynników kształtu dla wyciskanego profilu o złożonym kształcie przekroju poprzecznego

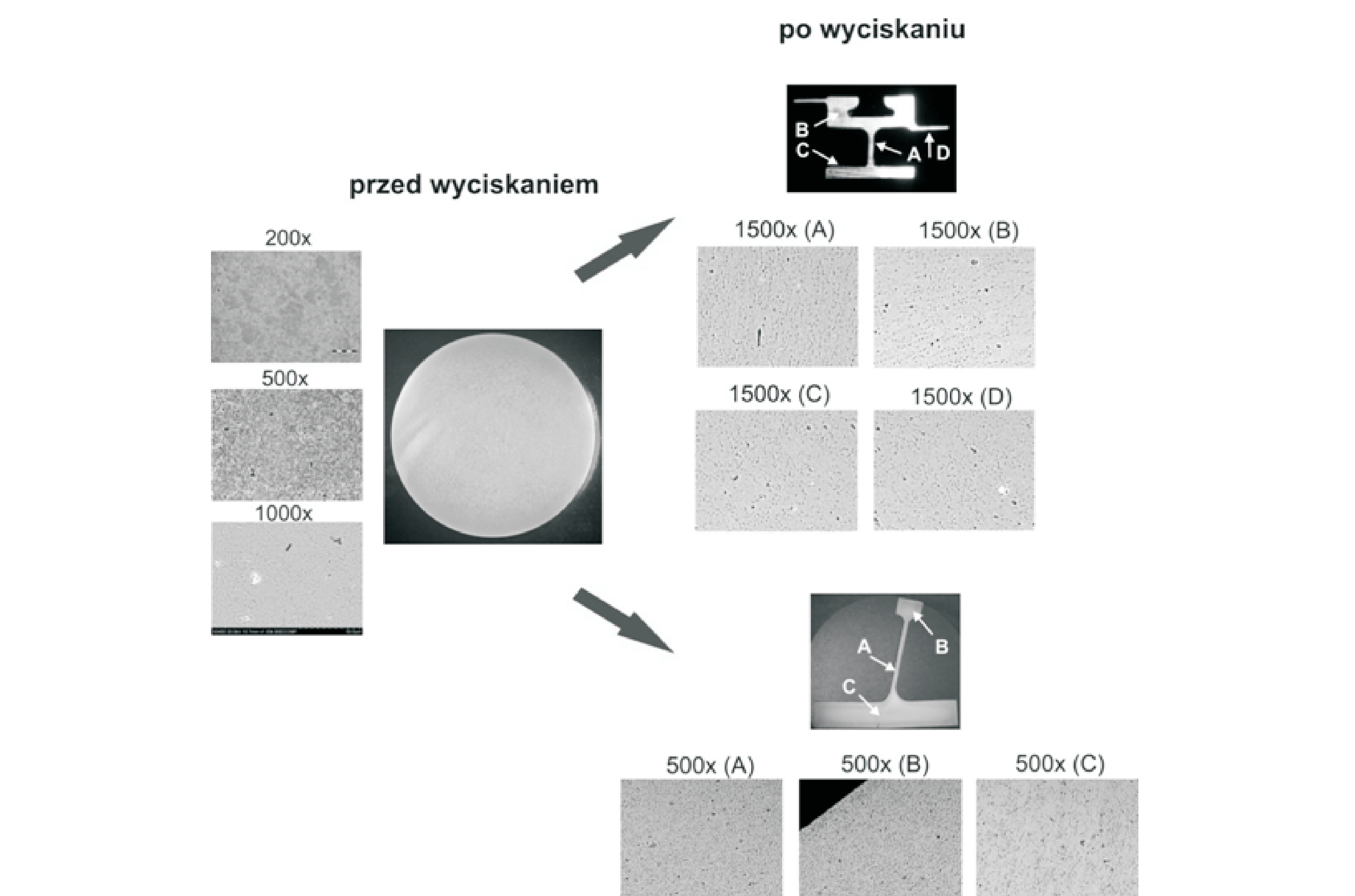
Partial shape factors	
$S_{pf1} = \frac{C_{ncs}}{C_{csa}}$	$C_{ncs}$ – profile cross-section perimeter
$S_{pf2} = \frac{C_{csa}}{C_{ccsa}}$	$C_{csa}$ – perimeter of a circle with the same area as the extruded profile
$S_{pf3} = \frac{g_{min}}{g_{max}}$	$C_{ccsa}$ – circumscribed circle cross-section of the extruded profile
	$g_{min}, g_{max}$ – minimum and maximum thickness of the section wall

Propozycje głównych czynników kształtu dla wyciskanego profilu o złożonym kształcie przekroju poprzecznego

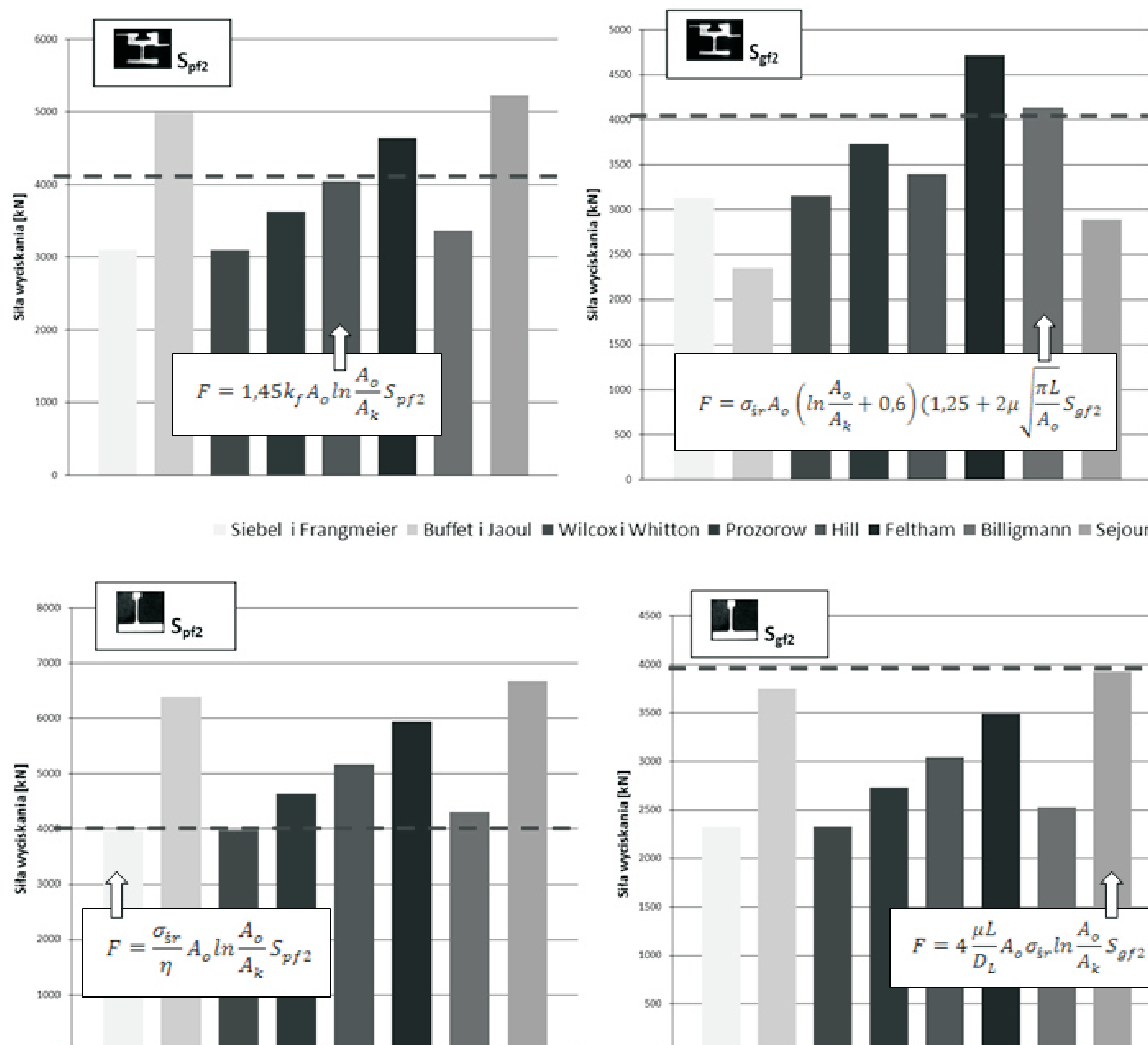
Main shape factors	
$S_{gf1} = S_{pf1} \cdot \dots \cdot S_{pfn}$	$S_{gf3} = (S_{pf1} \cdot \dots \cdot S_{pfn})^n$
$S_{gf2} = \sqrt[n]{S_{pf1} \cdot \dots \cdot S_{pfn}}$	$S_{gf4} = \frac{S_{pf1} \cdot \dots \cdot S_{pfn}}{S_{pf1} + \dots + S_{pfn}}$



Rys. 5. Siła i prędkość wyciskania w funkcji drogi stempla zarejestrowane podczas wyciskania profilu A (a) oraz profilu B (b) ze stopu 7075.



Rys. 6. Makro i mikrostruktura stopu 7075 przed i po wyciskaniu dla analizowanych profili.



#### Wnioski Conclusions

Tradycyjne formuły nie pozwalają na dokładne oszacowanie wartości siły dla przypadków wyciskania profili o złożonej geometrii przekroju poprzecznego w związku z tym wydaje się jak najbardziej uzasadnione stosowanie zmodyfikowanych formuł dla przewidywania wartości sił kształtowania plastycznego w wyciskaniu. Zaproponowane formuły czynników kształtu cząstkowych i głównych należy stosować w zależności od typu wyciskanego wyrobu zależnie od charakterystycznych cech jego przekroju poprzecznego. Zmodyfikowane zależności powinny być wykorzystane w teoretycznym opisie, modelowaniu oraz projektowaniu procesu. Powinno to stanowić uzupełnienie formułowania wytycznych do projektowania procesu wyciskania profili o złożonej geometrii przekroju poprzecznego.

Traditional relationships do not allow for accurate assessment of load values in case of complex cross-sections it seems most justified to apply modified relationships for prediction of extrusion load values. The proposed relationships of partial and main shape factors should be applied depending on the extruded product type in relation to its typical parameters and cross-section. Modification of the relationships should be used both in theoretical modeling and process designing. That should be a complement for formulation of criteria in the designing extrusion process of complex cross-sectional profiles.

#### Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

#### Referaty:

- B. Pawłowska, R. E. Śliwa: Czynniki kształtu w określaniu siły wyciskania profili ze stopu 2024, Konferencja Forming 2014, 3 – 6. 09. 2014, Czechy
- B. Pawłowska, R. E. Śliwa: Czynniki kształtu w określaniu siły wyciskania profili ze stopu aluminium 7075, Międzynarodowa Konferencja Naukowa PRO-TECH-MA '14, 4-6 .06.2014, Lublin-Chelm
- B. Pawłowska, R.E.Śliwa, **Extruded aluminium alloys 7075 used in aircraft structural components** Konferencja metalurgia, 2014

#### Publikacja

- B. Pawłowska, R. E. Śliwa: Czynniki kształtu w określaniu siły wyciskania profili ze stopu aluminium 7075, Czasopismo Hutnik, 2014

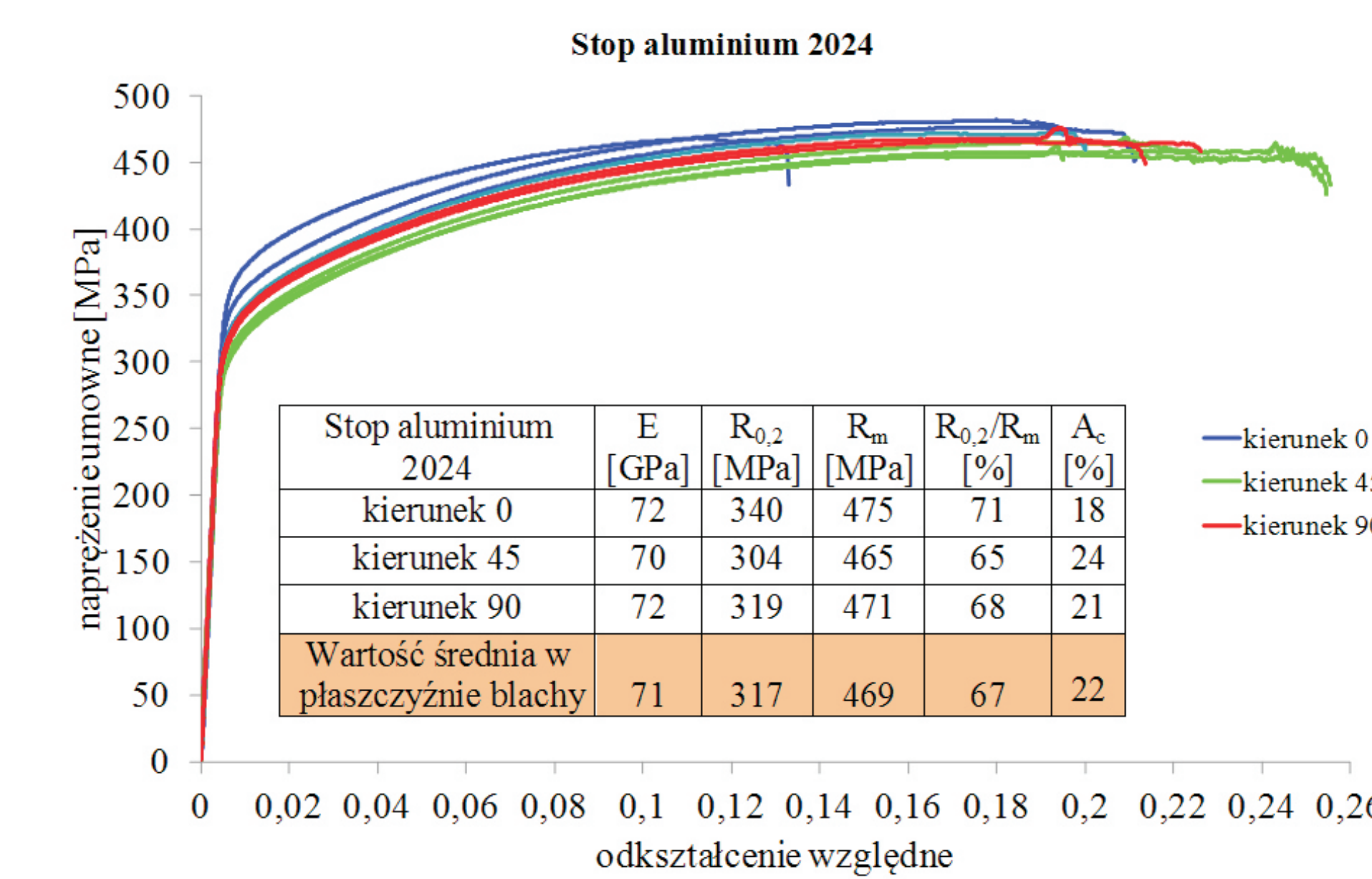
#### Prace mgr, dr, hab.

Prace inżynierskie:  
Agnieszka Penar: **Analiza procesu wyoblania blachy z lotniczego stopu aluminium 2024**, Promotor : dr hab. inż. Tadeusz Balawender

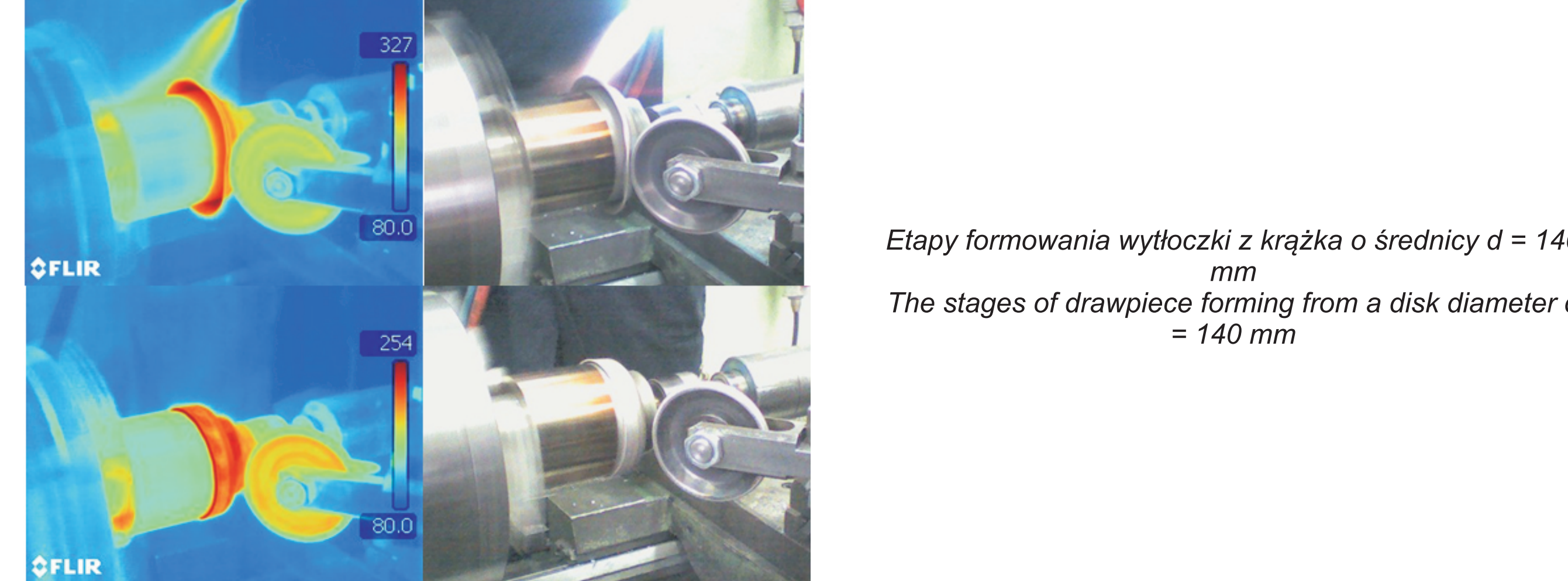
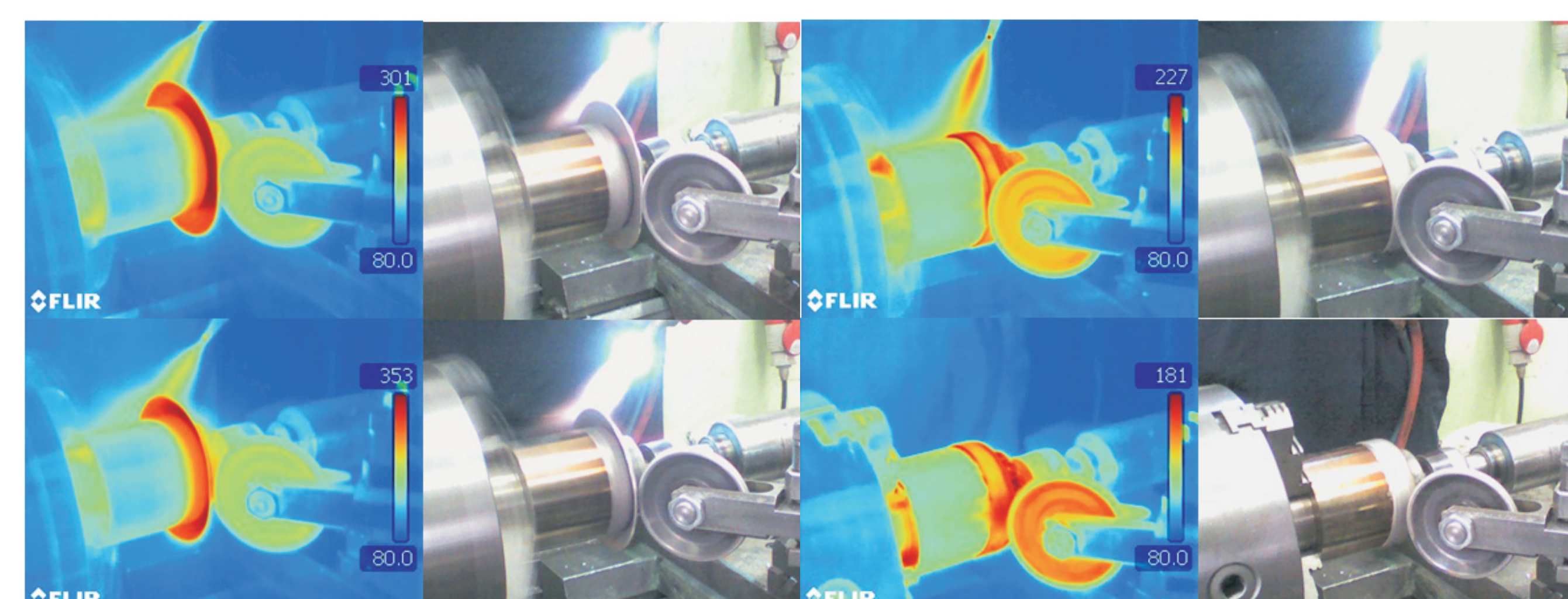
#### Wyniki badań Results

Wyoblanie blach ze stopu aluminium 2024  
Sheet metal spinning of 2024 aluminum alloy

Proces wyoblania przeprowadzono na tokarce konwencjonalnej. Stosowano wsad w postaci krążków blachy o grubości 1 mm i trzech różnych średnicach: 120, 130 i 140 mm. Wzornik zamocowany we wrzecionie miał kształt cylindra o średnicy 100 mm i promieniu zaokrąglenia krawędzi dno - ścianka boczna  $r = 10$  mm. Prędkość obrotową wrzeciona zmieniano w granicach 100 - 500 obr/min. Ze względu na ograniczoną odkształcalność stopu 2024 w temperaturach otoczenia, proces wyoblania przeprowadzono w temperaturze pokojowej po przesycaaniu z temperatur 445oC i 470oC oraz w temperaturach podwyższonych uzyskiwanych przez podgrzewanie krążka blachy palnikiem benzynowym lub palnikiem acetylenowo-tlenowym. Temperaturę podczas procesu kontrolowano kamerą termowizyjną.



Charakterystyki mechaniczne blach ze stopu 2024 otrzymane w próbie jednoosiowego rozciągania



Półwyrob pokrywy helikoptera po wyoblaniu (stop 2024, wymiary pokrywy: średnica  $d = 284$  mm, wysokość  $h = 42$  mm)

#### Wnioski Conclusions

Wyoblanie blach ze stopu aluminium 2024 w temperaturach otoczenia jest utrudnione ze względu na małą odkształcalność materiału. Przesycanie z temperatur 445oC i 470oC nie zwiększa odkształcalności stopu 2024 w zakresie umożliwiającym realizację procesu wyoblania. Wyoblanie można realizować z podgrzewaniem materiału w obszarze kołnierza i odpowiednim doбором prędkości obrotowej krążka. Optymalne temperatury grzania dla stopu 2024 powinny wynosić ~ 350°C.

Sheet metal spinning of 2024 aluminum alloy at room temperatures is difficult because of low deformability of this material. Hyperquenching from temperatures 445oC i 470oC do not increase the material deformability in the range necessitated for the spinning process. Effectively spinning process can be realized with additional heating of the disk collar and proper choice of its rotational speed. Optimal heating temperature for 2024 alloy should ~ 350°C.