

Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

Modern material technologies in aerospace industry

Tplastyczne kształtowanie lotniczych stopów Al (w tym Al - Li) oraz Ti

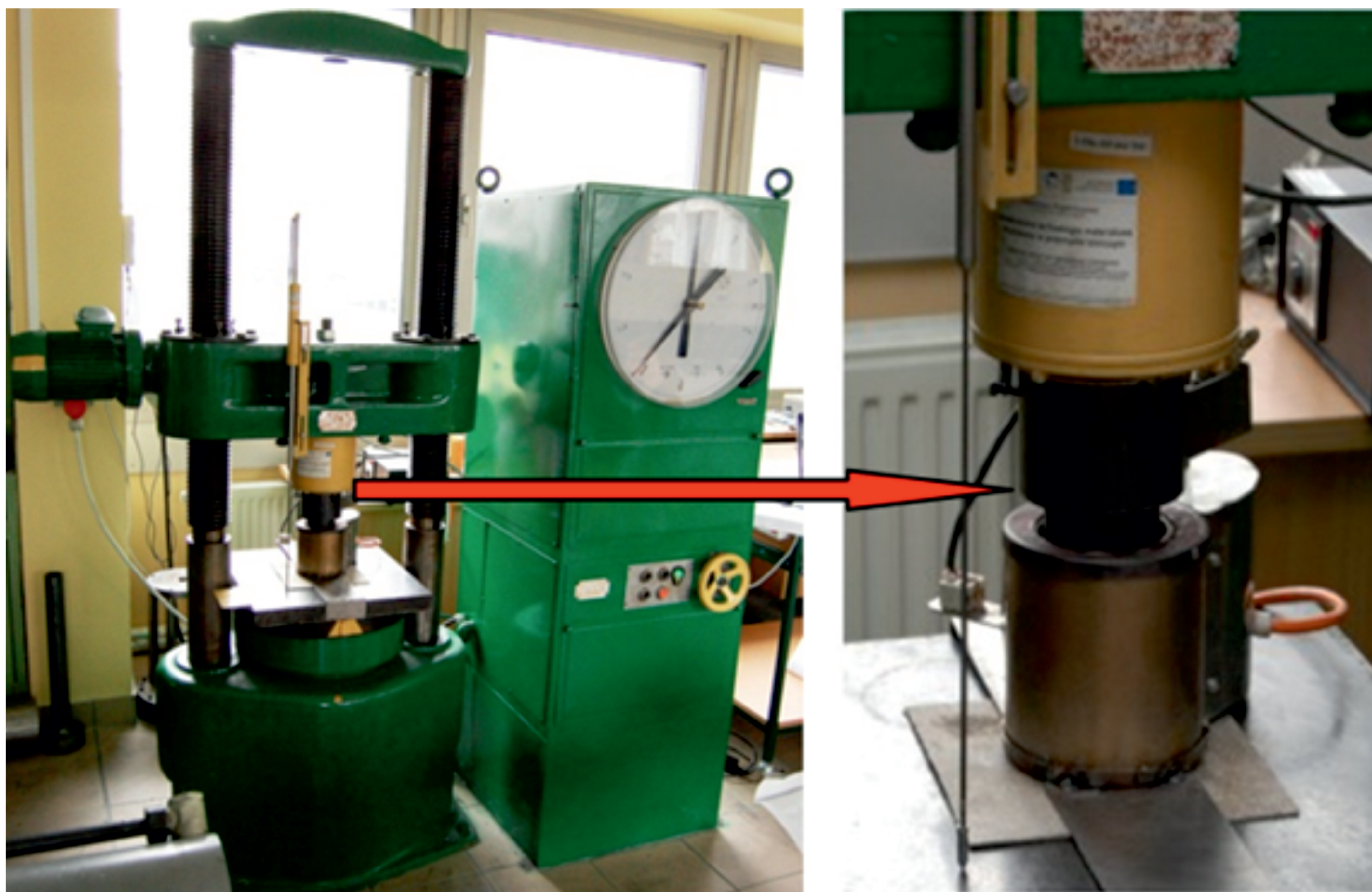
Plastic forming of aeronautical Al (including Al-Li) and Ti alloys

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

Wyniki badań Results

Właściwości mechaniczne badanych stopów Al.
Mechanical properties of aluminum alloys

Stop	Właściwości mechaniczne		
	R _{0.2} [MPa]	R _m [MPa]	A [%]
7075	390-470	480-540	6-8
2024	250-290	360-435	12-14
2099	597-603	615-621	5-10

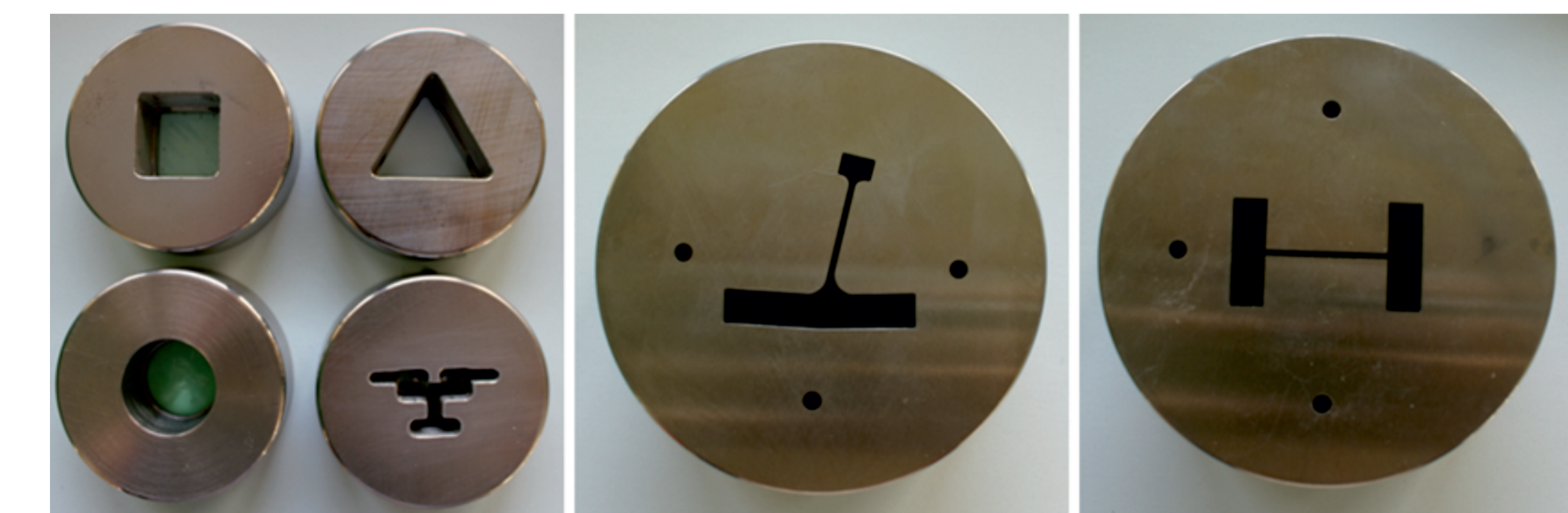


Narzędzia stosowane podczas spęczania w temperaturach podwyższonych na prasie hydraulicznej o sile nacisku 1MN
Set-up of the upsetting test tools in elevated temperatures mounted on 1MN hydraulic press

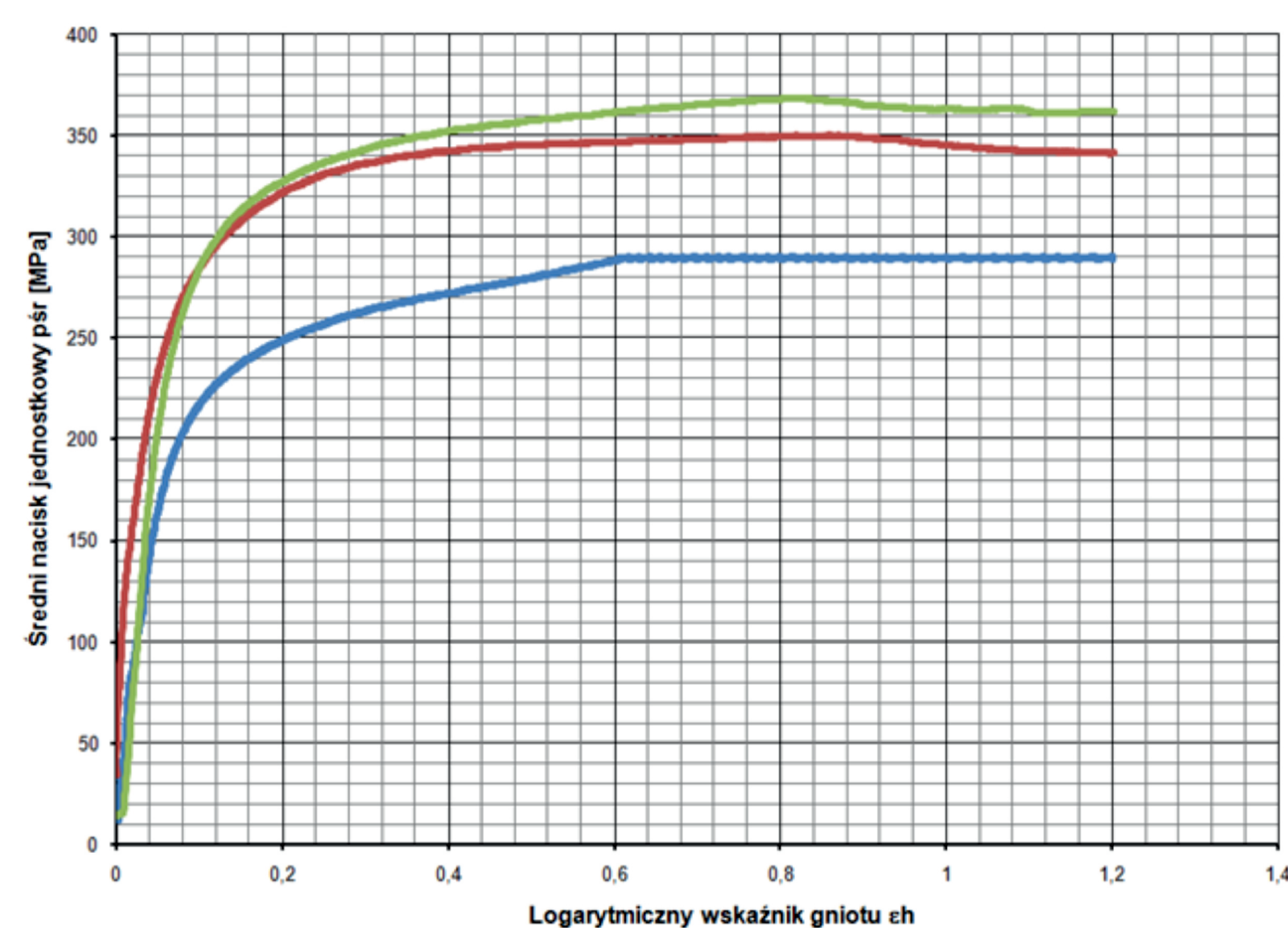
Wymiary wstępniaka	
d ₀ [mm]	95
h ₀ [mm]	125
Stan	wyciskany
Parametry procesu	
Temperatura nagrzewania wstępniaka, [°C]	450
Czas nagrzewania, [min]	~ 40
Temperatura wyciskania, [°C]	460
Prędkości wyciskania, [mm/s]	0,25 ÷ 1
Współczynnik wydłużenia λ	20, 60
Temperatura matrycy, [°C]	450



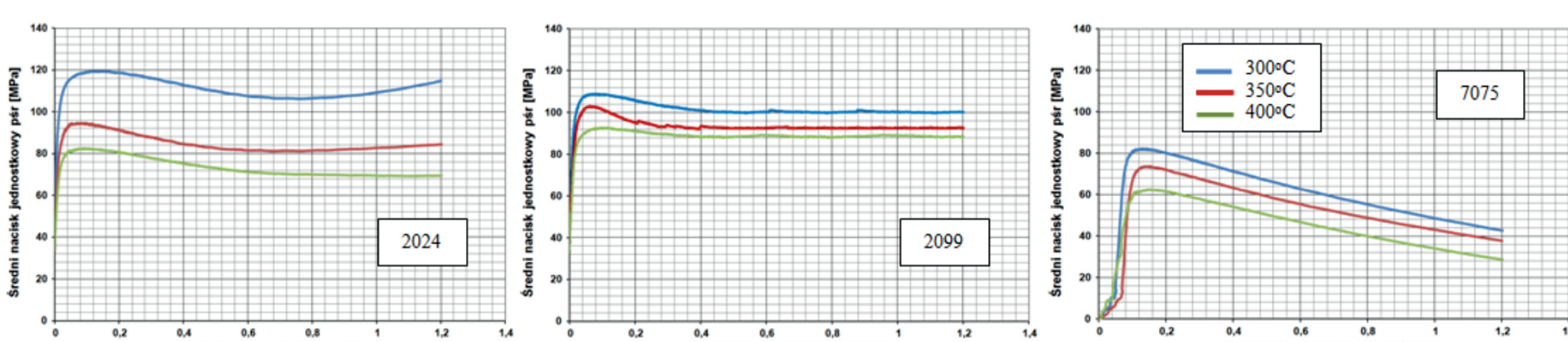
Hydrauliczna prasa pozioma o nominalnej sile nacisku 5 MN do wyciskania przeciwbieżnego typu PH-LR 500
Backward extrusion 5 MN capacity hydraulic press - type PH-LR 500



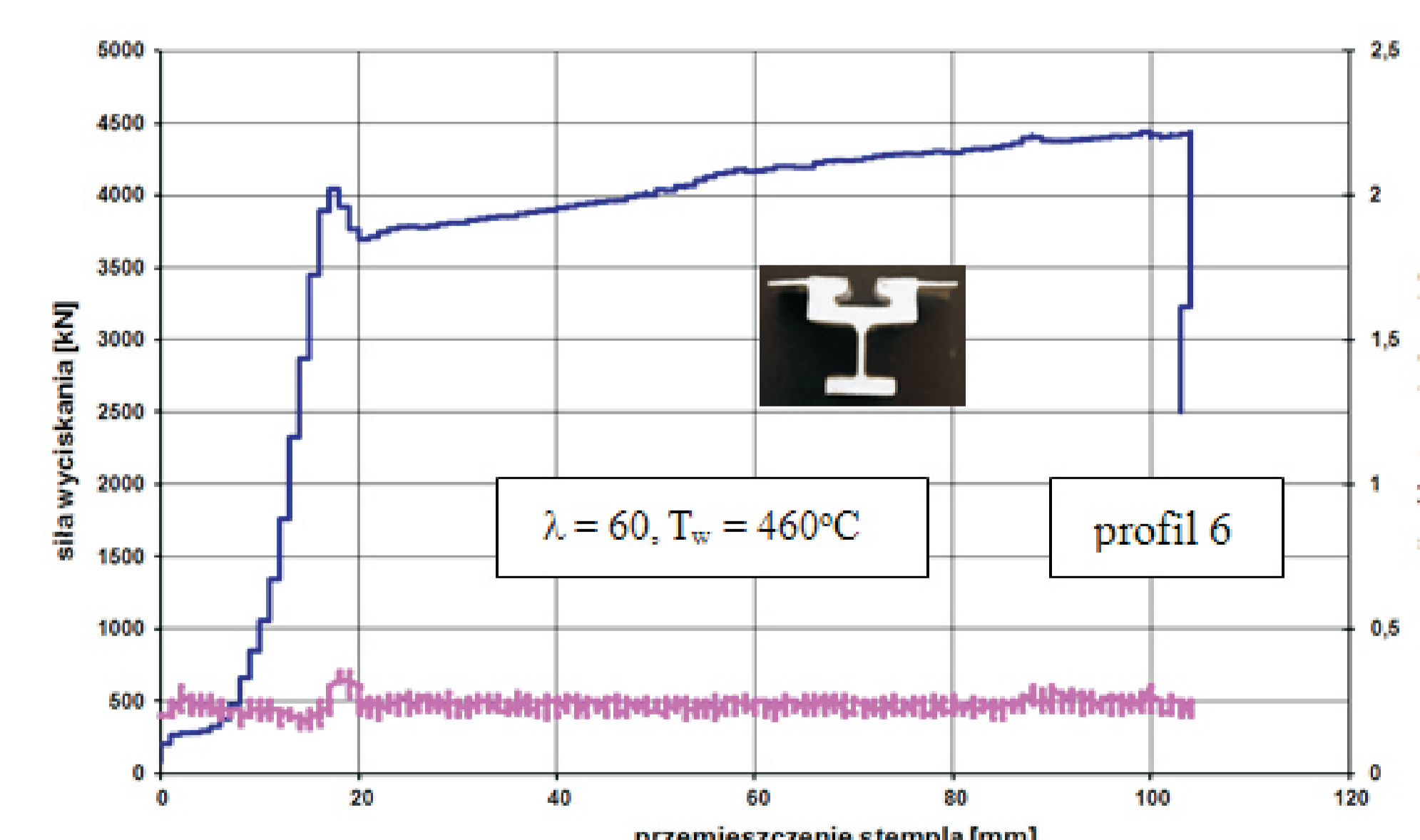
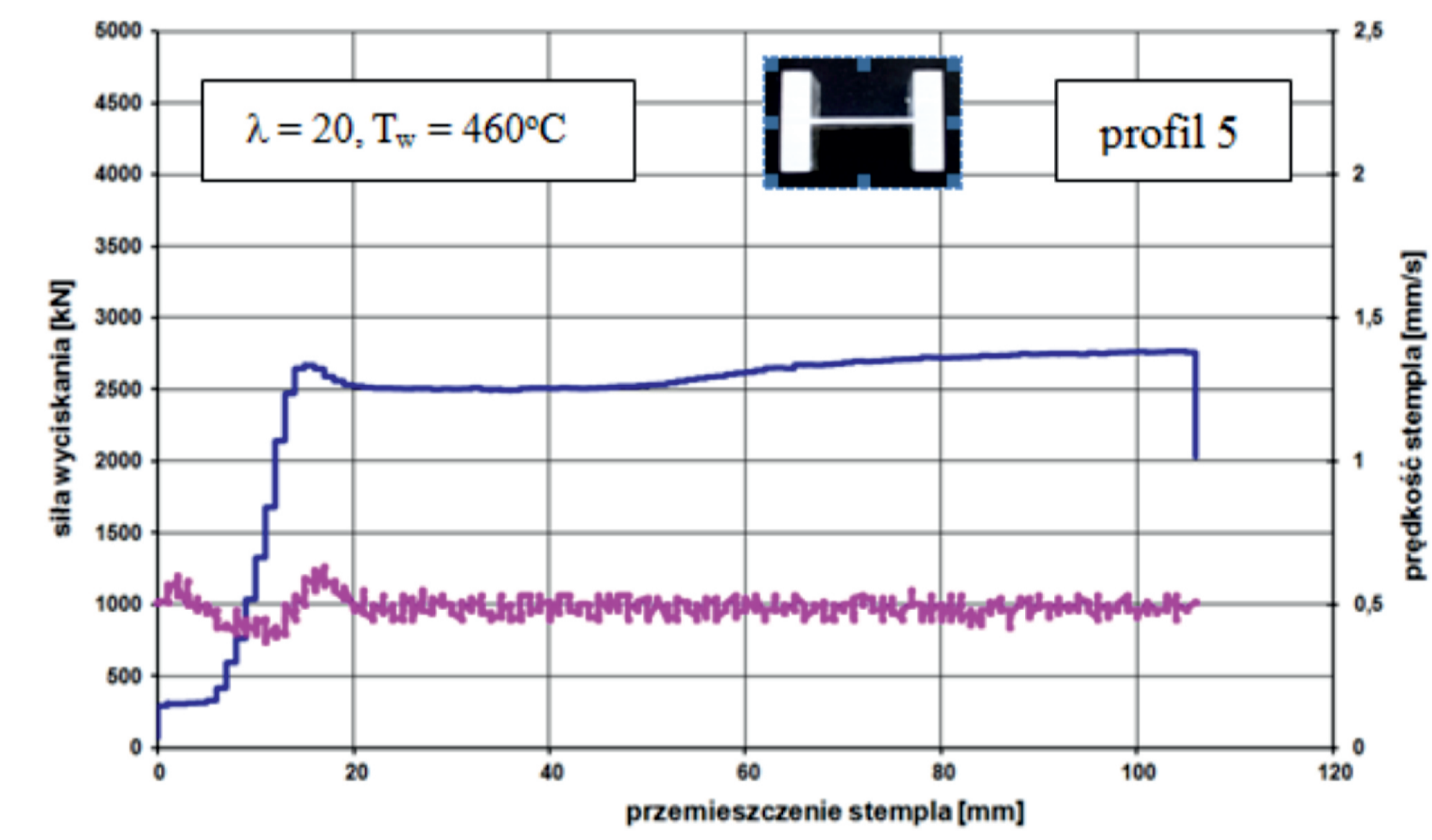
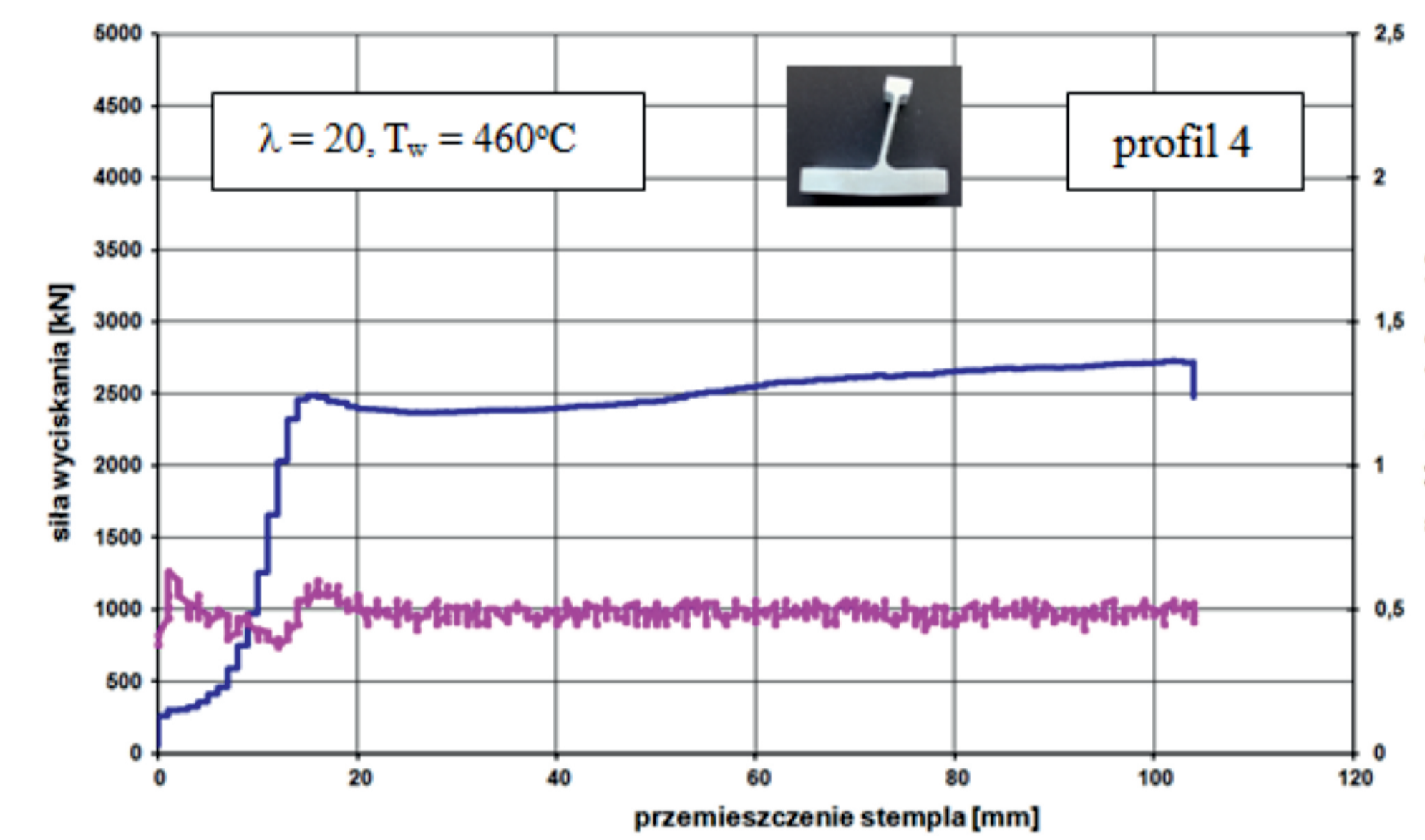
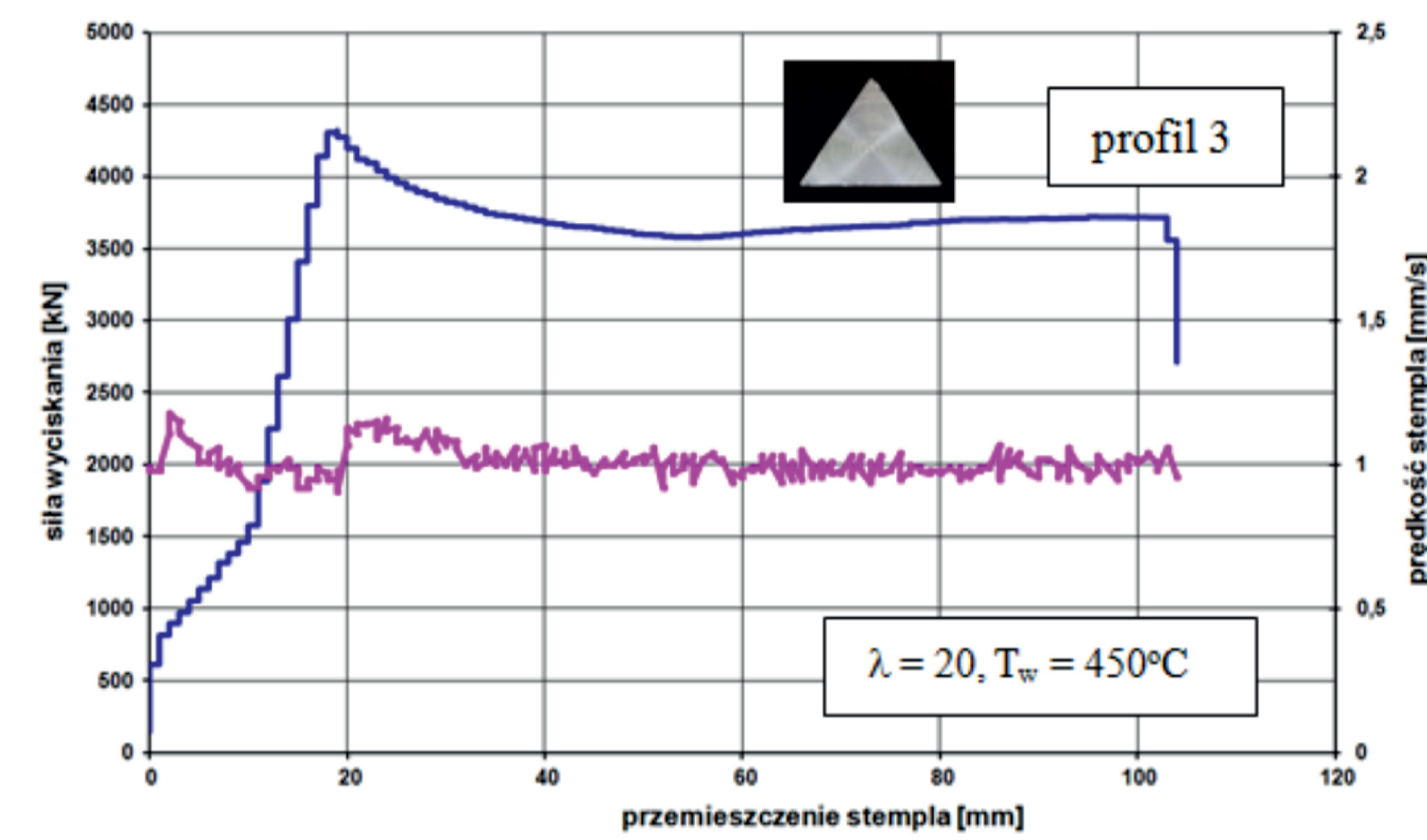
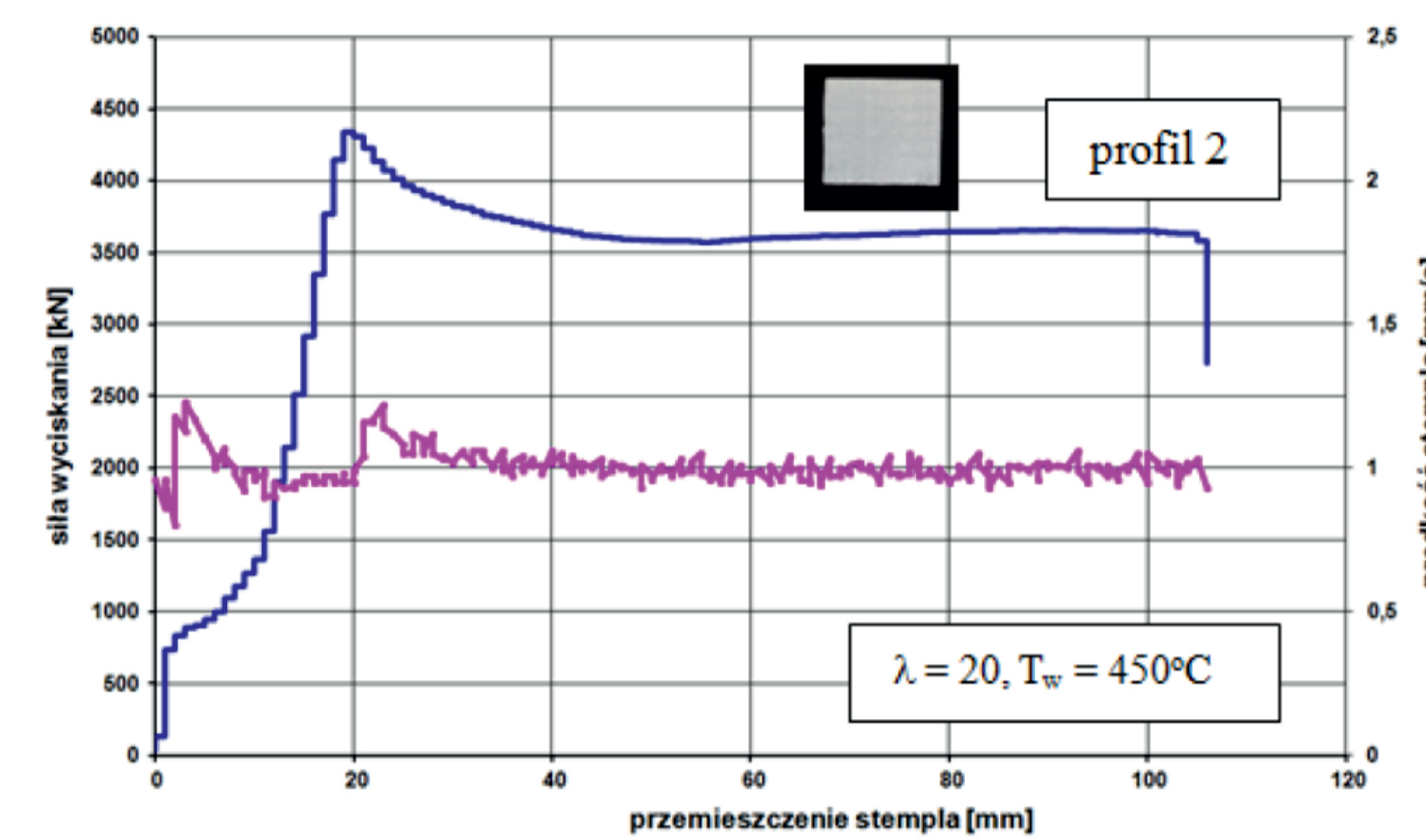
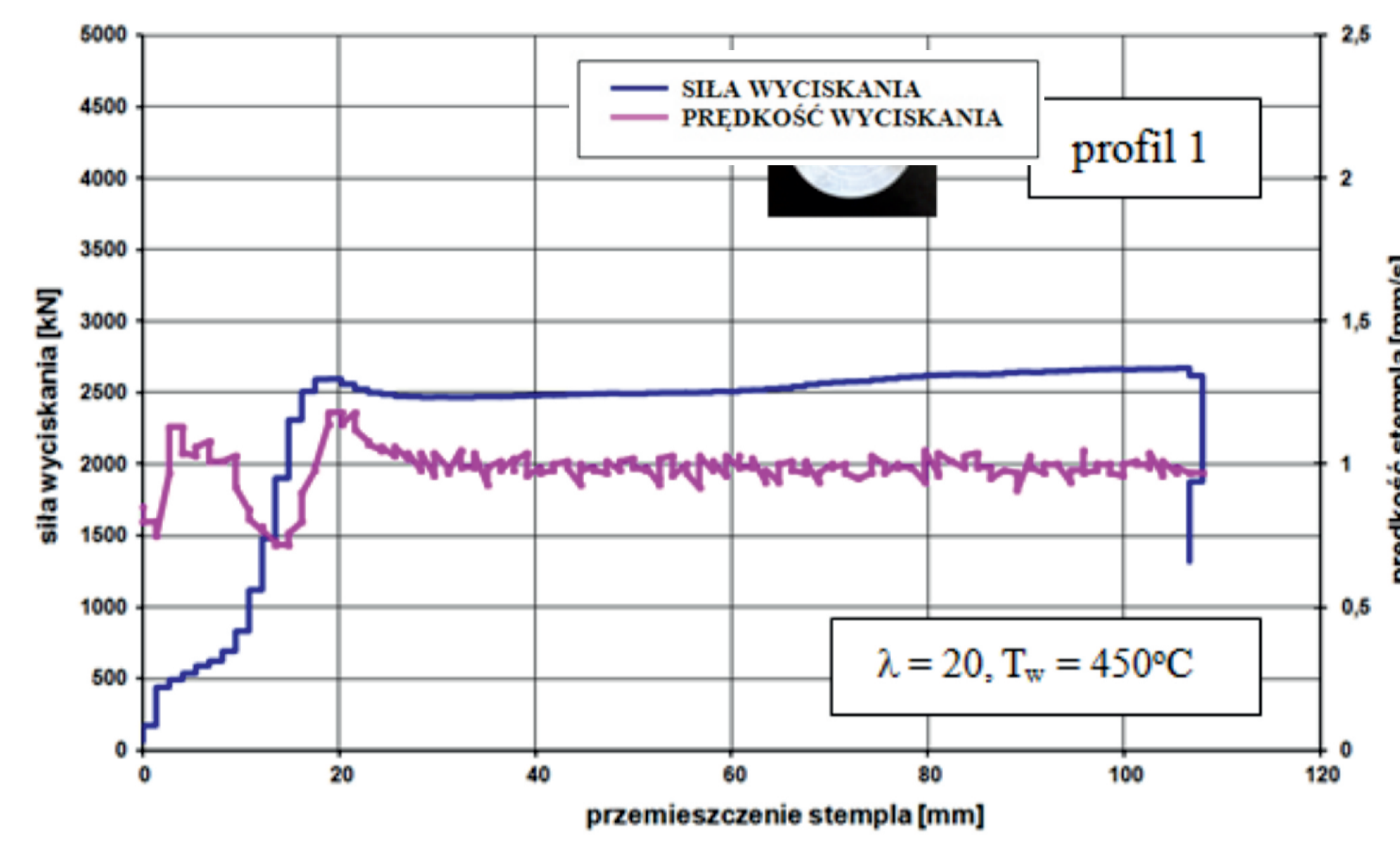
Matryce do wyciskania
The die to extrusion



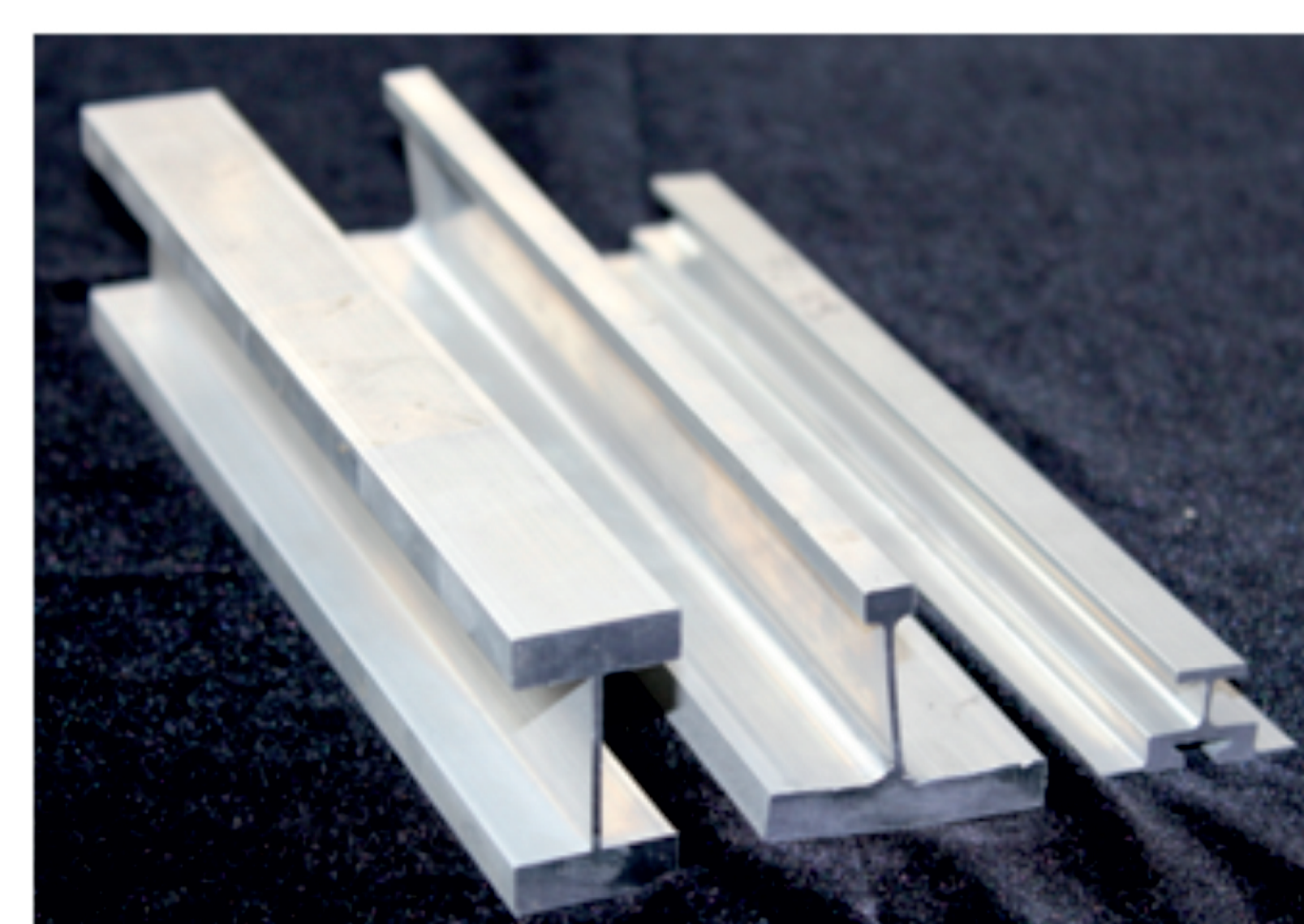
Przykładowe krzywe spęczania stopów aluminium w temperaturze 200°C
Typical flow curves of aluminum alloys at temperature 200°C



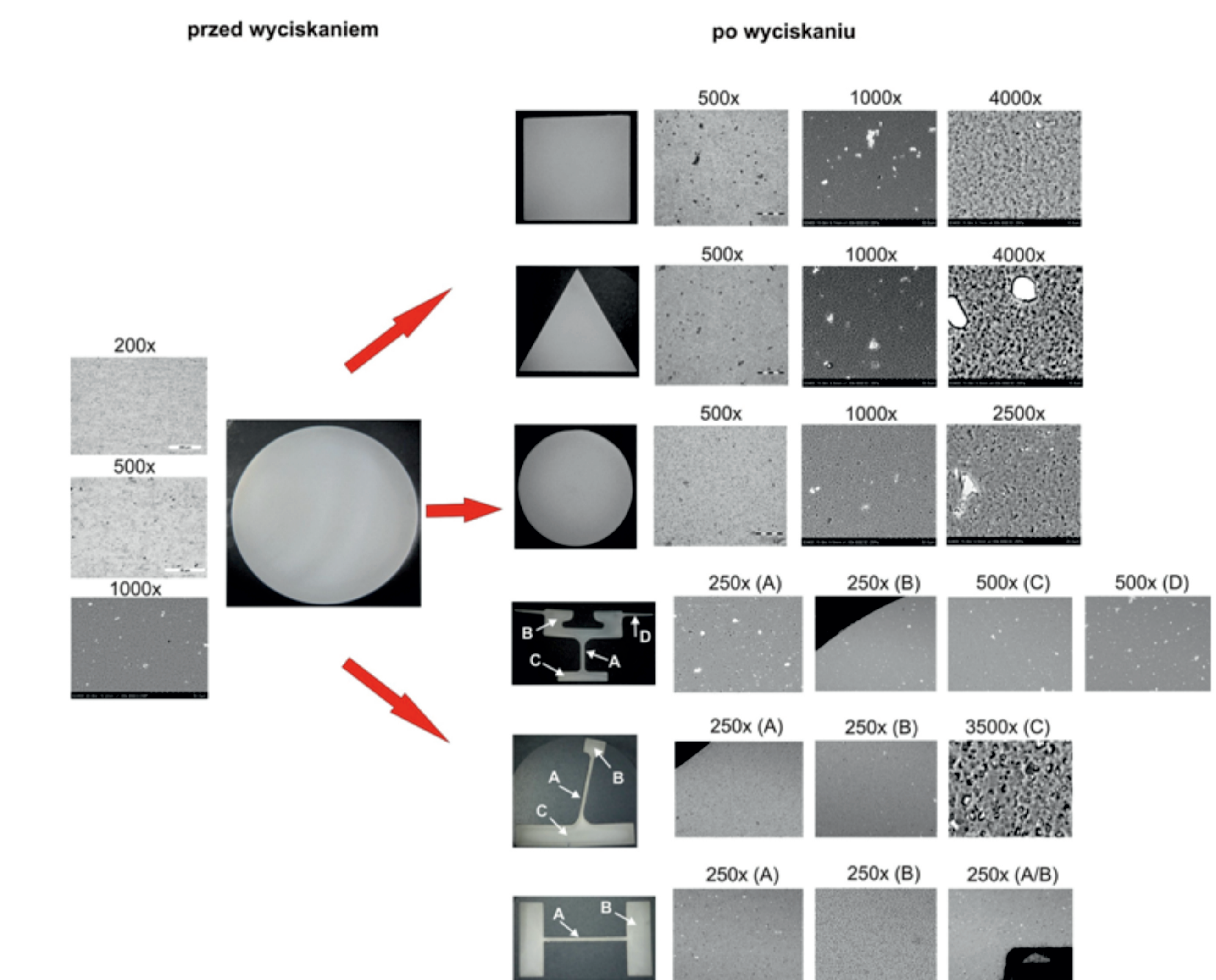
Krzywe spęczania stopów 2024, 7075, 2099 w temperaturach podwyższonych
Typical flow curves of 2024, 7075, 2099 aluminum alloys at elevated temperatures



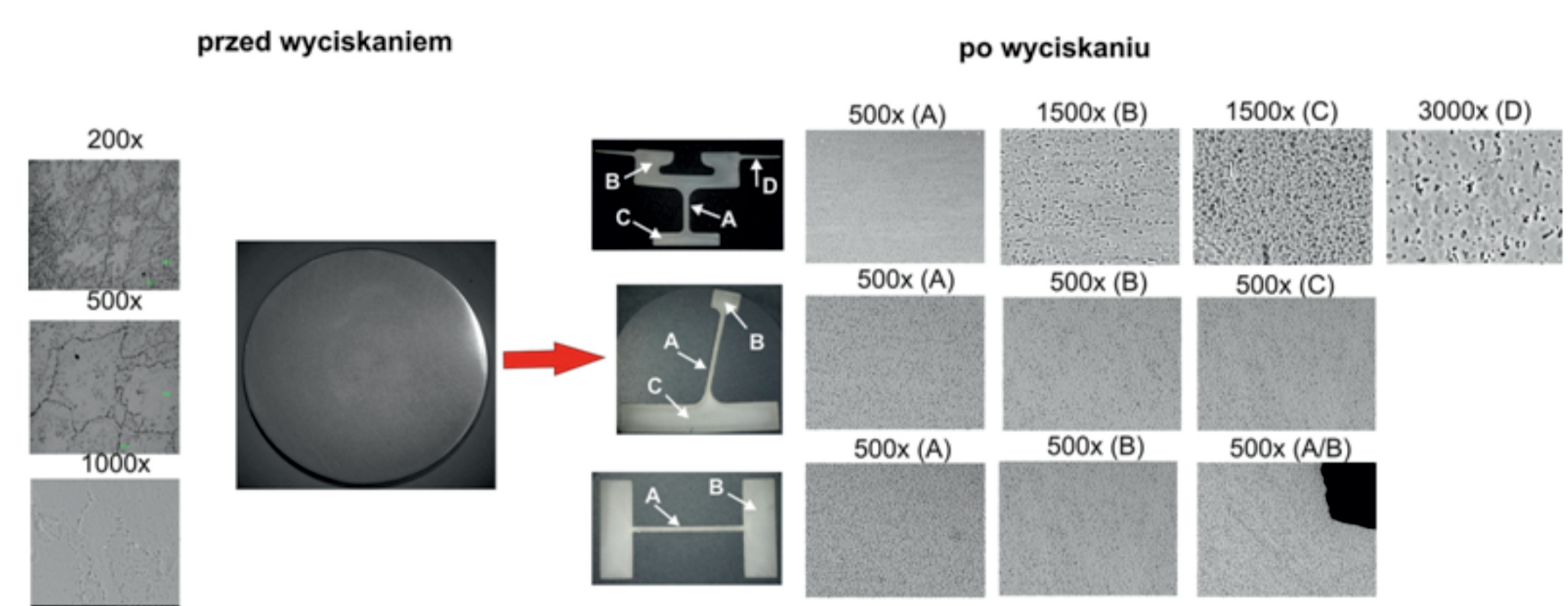
Wykres siły i prędkości wyciskania w funkcji przemieszczenia stępki podczas wyciskania stopu 2024
The extrusion load and the extrusion speed versus the stem displacement during extrusion of 2024 alloy section



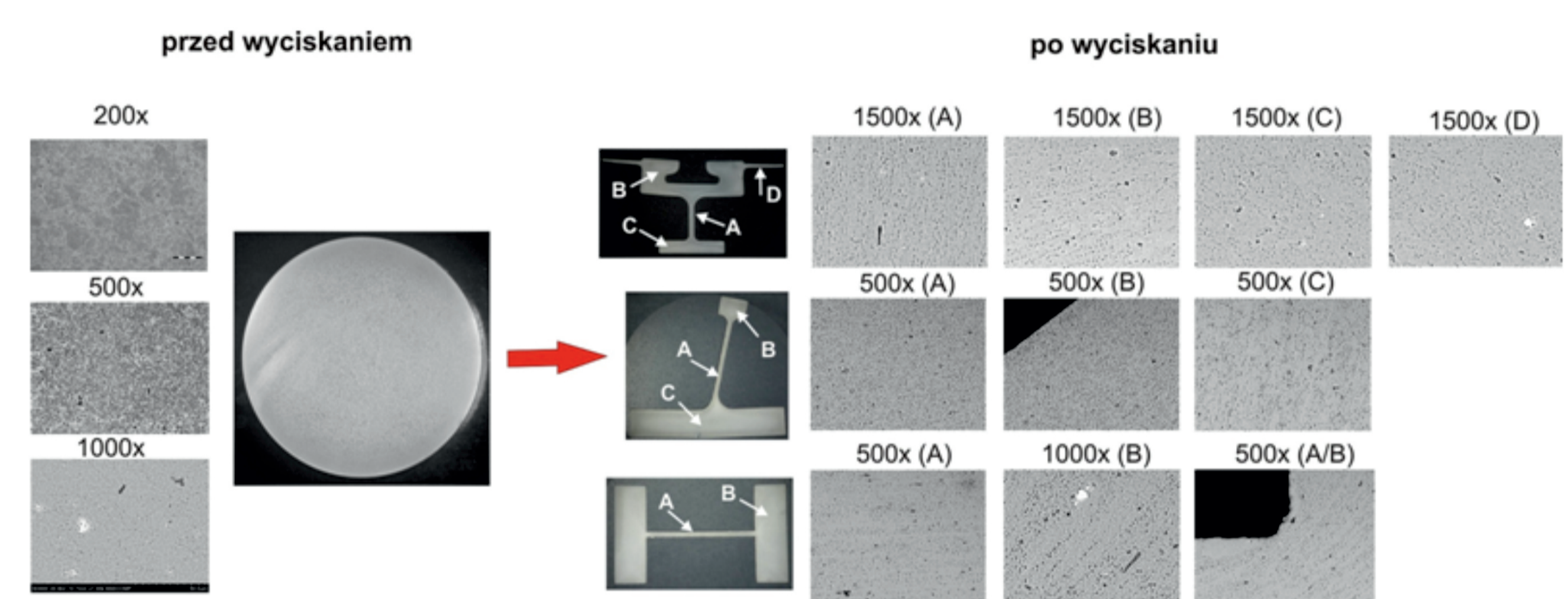
Prasówka profil 4, 5 i 6
The extruded sections of shape 4, 5 and 6



Makro i mikrostruktura stopu 2024
Macro- and microstructure of the 2024 alloy



Makro i mikrostruktura stopu 2099
Macro- and microstructure of the 2099 alloy



Makro i mikrostruktura stopu 7075
Macro- and microstructure of the 7075 alloy

Wnioski Conclusions

Określenie warunków realizacji procesu wyciskania w oparciu o wyniki testu spęczania, pozwoliły na adekwatny dobór parametrów procesu do danego typu profilu wyciskanego ze stopów 2024, 7075, 2099, i na uzyskanie wyrobów o złożonym kształcie przekroju poprzecznego, o wymaganych własnościach oraz wysokiej jakości powierzchni, co pokazano na przykładzie profili o złożonym kształcie przekroju poprzecznego, ze elementami o zróżnicowanej grubości ścianki.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono bardzo dobrą odkształcalność badanych stopów metodą wyciskania przeciwbieżnego. W wyznaczonym zakresie temperatur procesu i prędkości wyciskania, otrzymano kształtowniki o wysokiej jakości powierzchni, dokładności kształtu przekroju poprzecznego i jednorodności mikrostruktury oraz właściwości mechanicznych reprezentowanych np. przez pomiar twardości na przekroju poprzecznym i podłużnym wyciskanych kształtowników.

Wyznaczono najkorzystniejsze temperatury wyciskania stopów 2024, 7075 i 2099. Zwiększenie stopnia złożoności kształtu przekroju poprzecznego wyciskanego profilu wymaga szczególnego dostosowania prędkości wyciskania, często znacznego obniżenia prędkości wyciskania, z uwagi na możliwe pęknięcie prasówki na powierzchni bocznej i nadmierne materiału w cienkościennych kształtownikach.

Makrostruktura i mikrostruktura wszystkich badanych stopów po wyciskaniu w każdym przypadku jest w wysokim stopniu jednorodna pod względem rozmiarów ziarn oraz morfologii składników fazowych, w porównaniu do makro- i mikrostruktury w stanie wyjściowym, co uwiidocznione jest także w wynikach pomiarów twardości wykazujących jednorodność własności mechanicznych w przekroju poprzecznym wyciskanego kształtownika.

The determination of the extrusion process conditions on the basis of the upsetting test results allowed for the proper parameters choice for a given extruded Al alloy (2024, 7075 and 2099), achieving products of complex cross-sections and required properties but also high quality required in aerospace industry. This has been demonstrated on the example of complex cross-sectional profiles using elements of varied wall thickness. The test results proved very good formability of the investigated alloys using backward extrusion.

In a specified range of temperatures and extrusion rates, sections characterized by high quality finish surface, accurate shape of the cross-section and homogeneity of the structure as well as mechanical properties presented by the hardness tests, were obtained.

The most favorable range of temperatures for extrusion of 2024, 7075 and 2099 alloys have been described.

Increasing the complexity of the cross-section of the extruded profile requires a significant reduction of the extrusion rate as too fast extrusion rate causes P/M compact to crack on the side surface and material pull in thin-walled sections.

Macro- and microstructure of all the investigated alloys after extrusion is, in each case, highly homogeneous in terms of the grain size and morphology of the phase components, compared to the macro- and microstructure in the initial state. This is also demonstrated in the hardness test results, which prove the homogeneity of the cross-sectional mechanical properties of the extruded section.