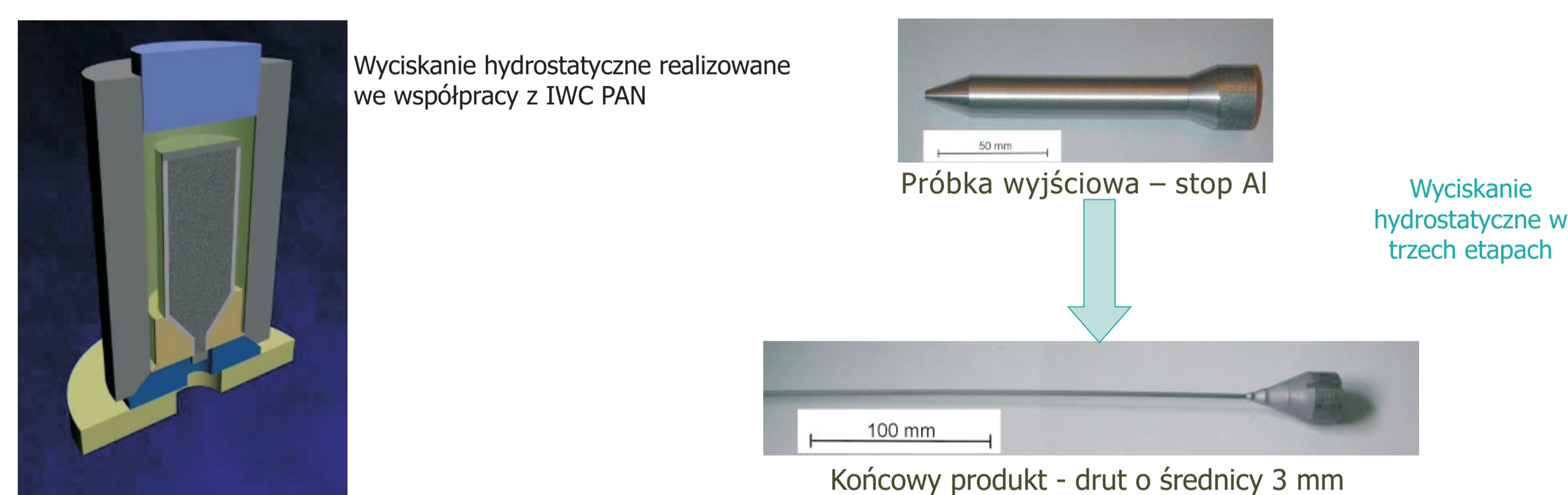


Plastyczne kształtowanie lotniczych stopów Al (w tym Al-Li) oraz Ti

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

Wyniki badań

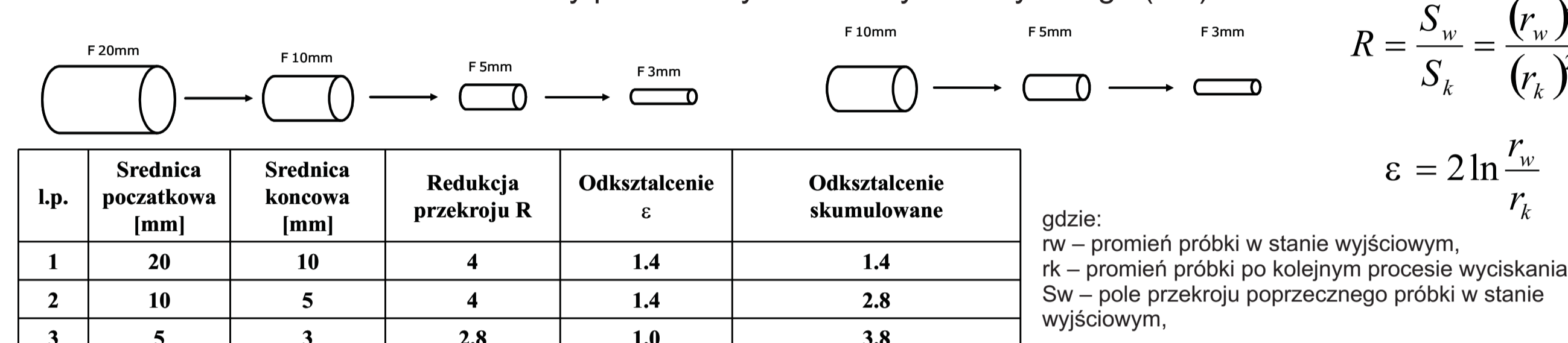
- Opracowanie założeń w tym: geometrii, stanu powierzchni wsadów oraz schematu przebiegu procesu wyciskania hydrostatycznego stopów tytanu i aluminium.
- Przeprowadzenie testów kształtowania metodą wyciskania hydrostatycznego.



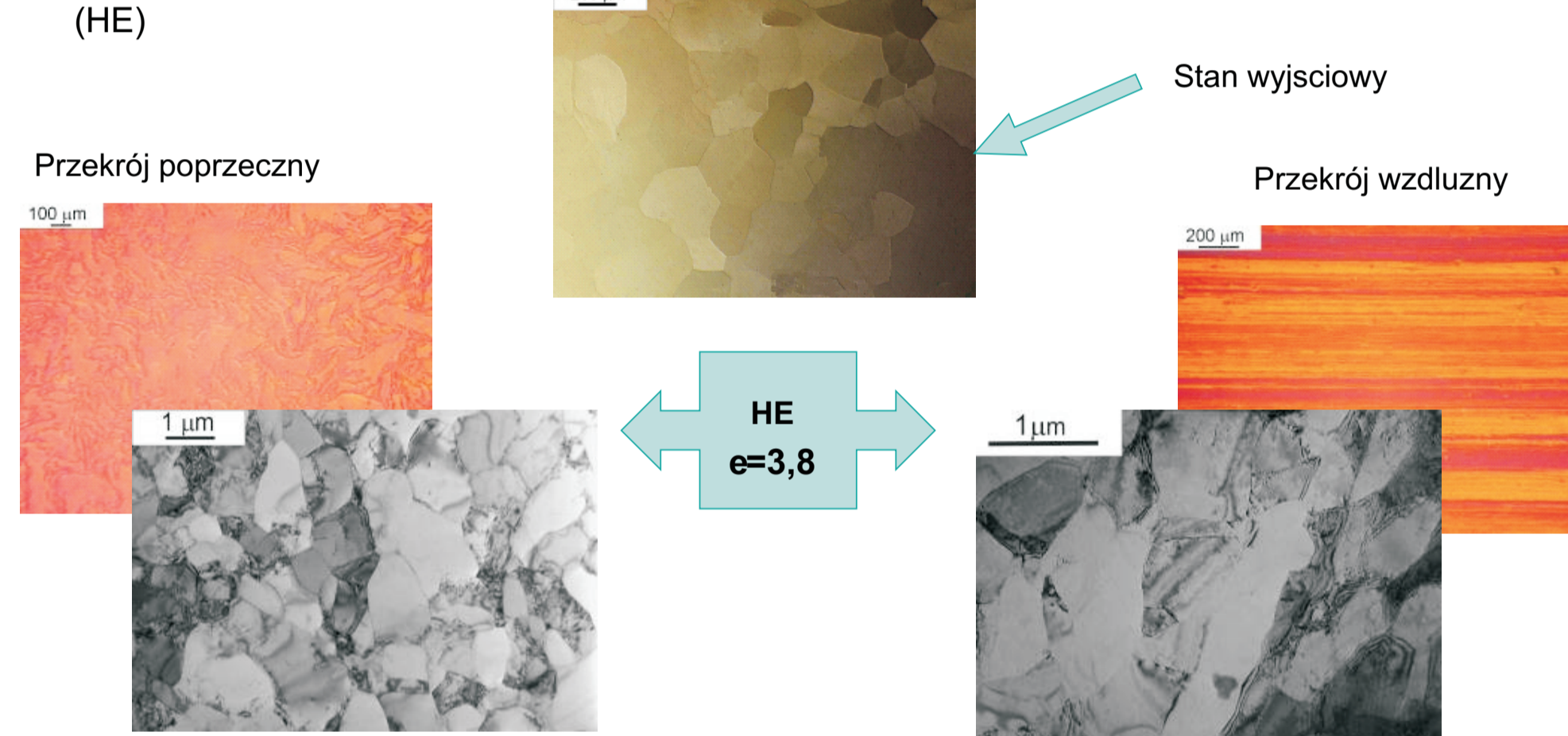
Badane materiały

Stop	Skład w % wagowych								Wytężenie na rozciąganie R _m [MPa]
	Li	Zr	Pb	Si	Cu	Ti	Mg	Al	
Al-0,7Li	0,7	-	0,011	0,008	0,0065	0,0076	0,0016	reverta	195
Al-1,6Li	1,6	-	0,014	0,01	0,0063	0,0080	0,0011	-	245
Al-2,3Li	2,3	-	-	-	-	-	-	-	270
Al-2,2Li-0,1Zr	2,2	0,1	-	-	-	-	-	-	325
Al-2,2Li-1,2Cu-0,1Zr	2,2	0,1	-	-	1,2	-	-	-	398

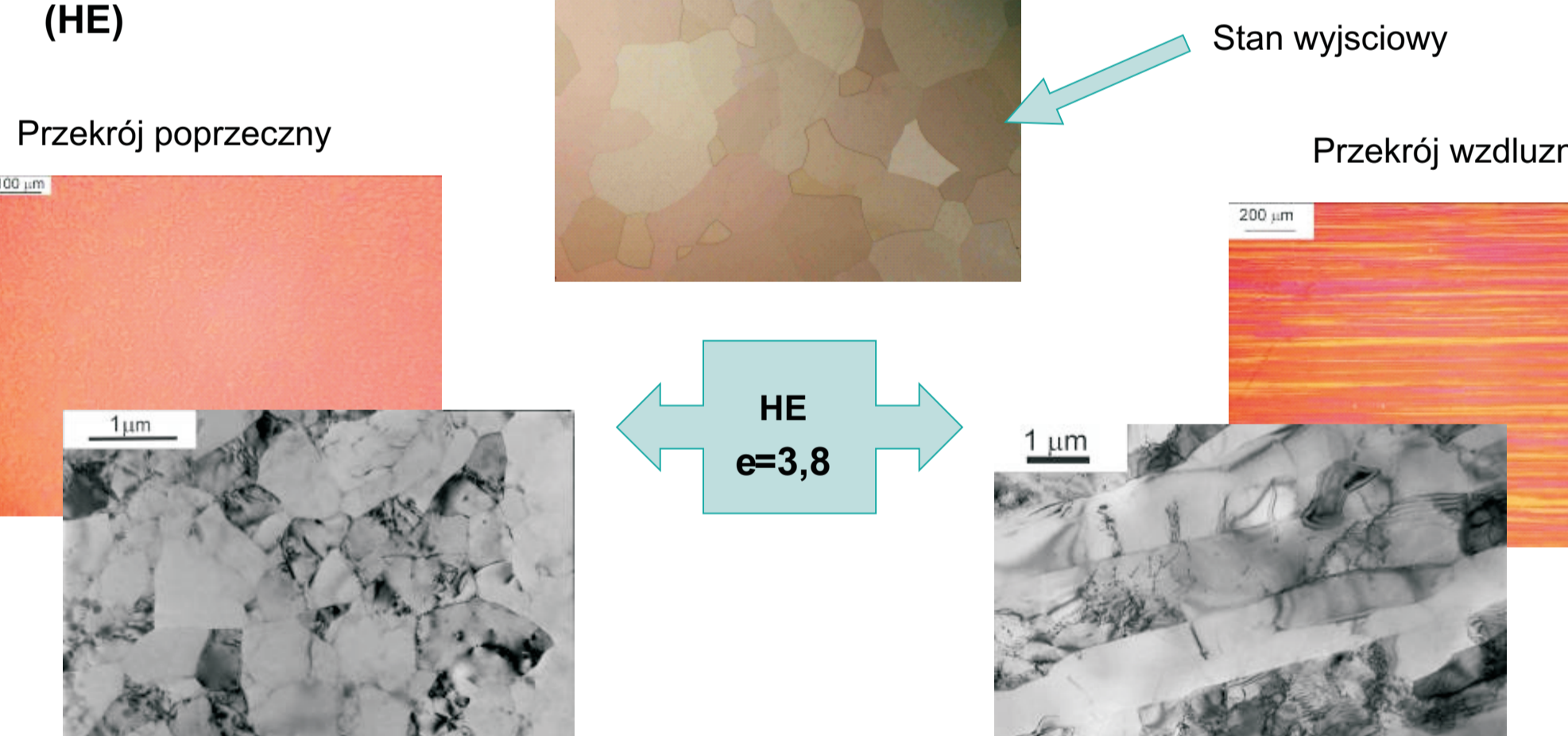
Parametry procesu wyciskania hydrostatycznego (HE)



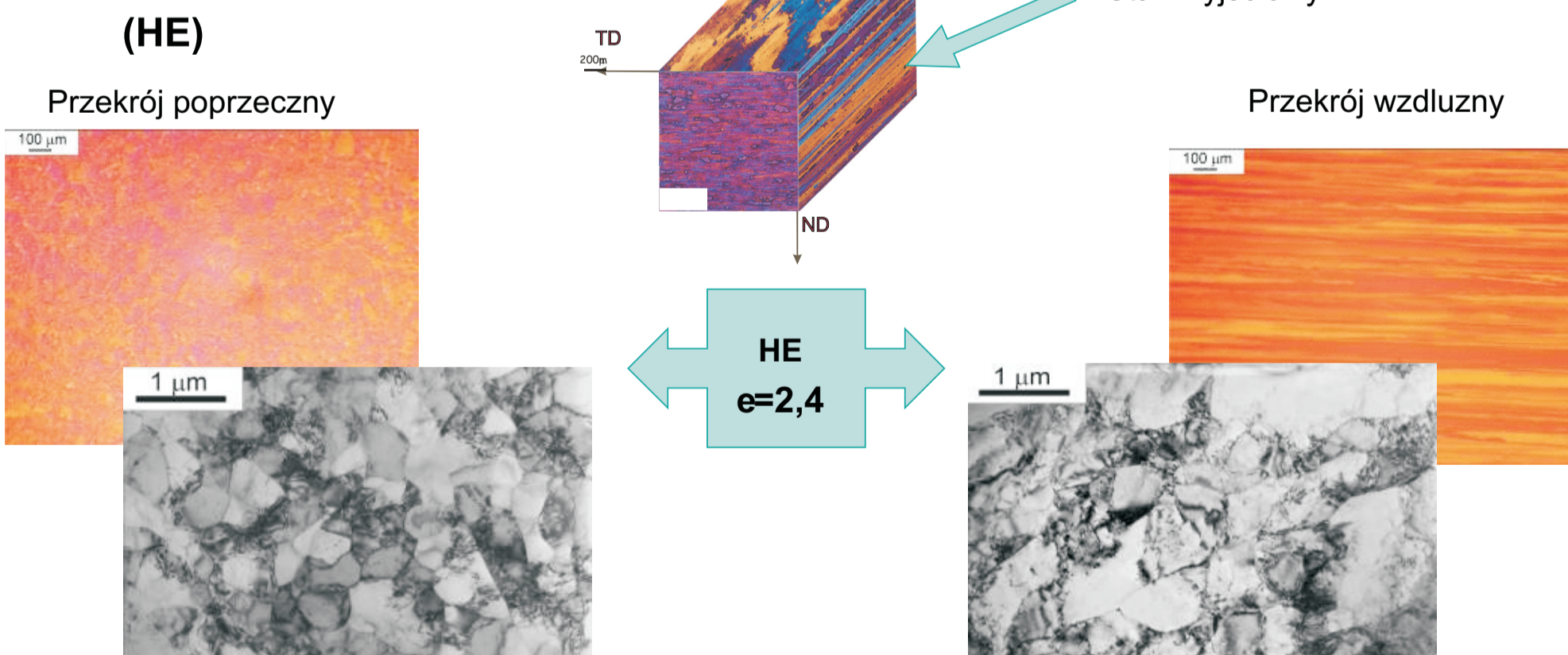
Al – 0,7 Li (HE)



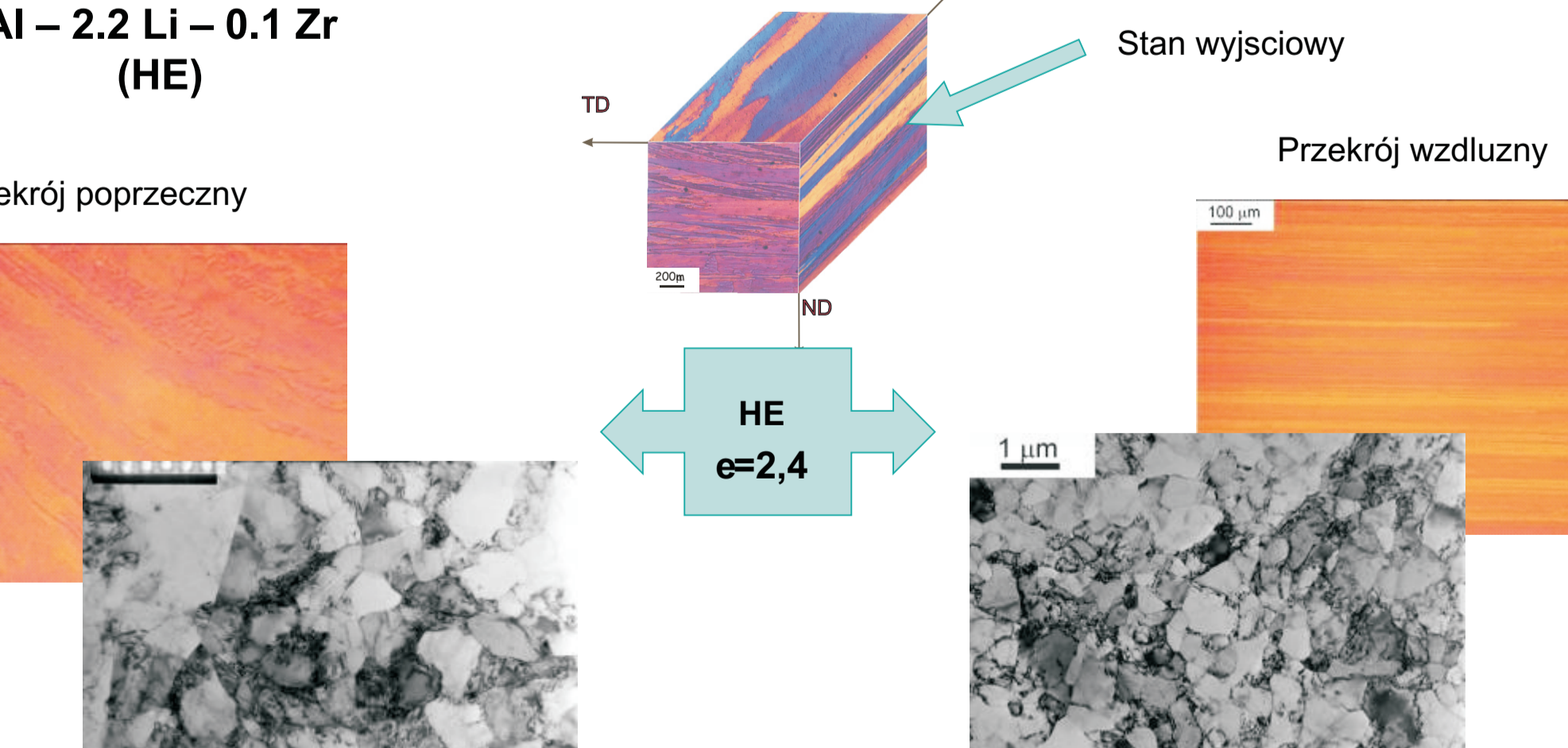
Al – 1,6 Li (HE)



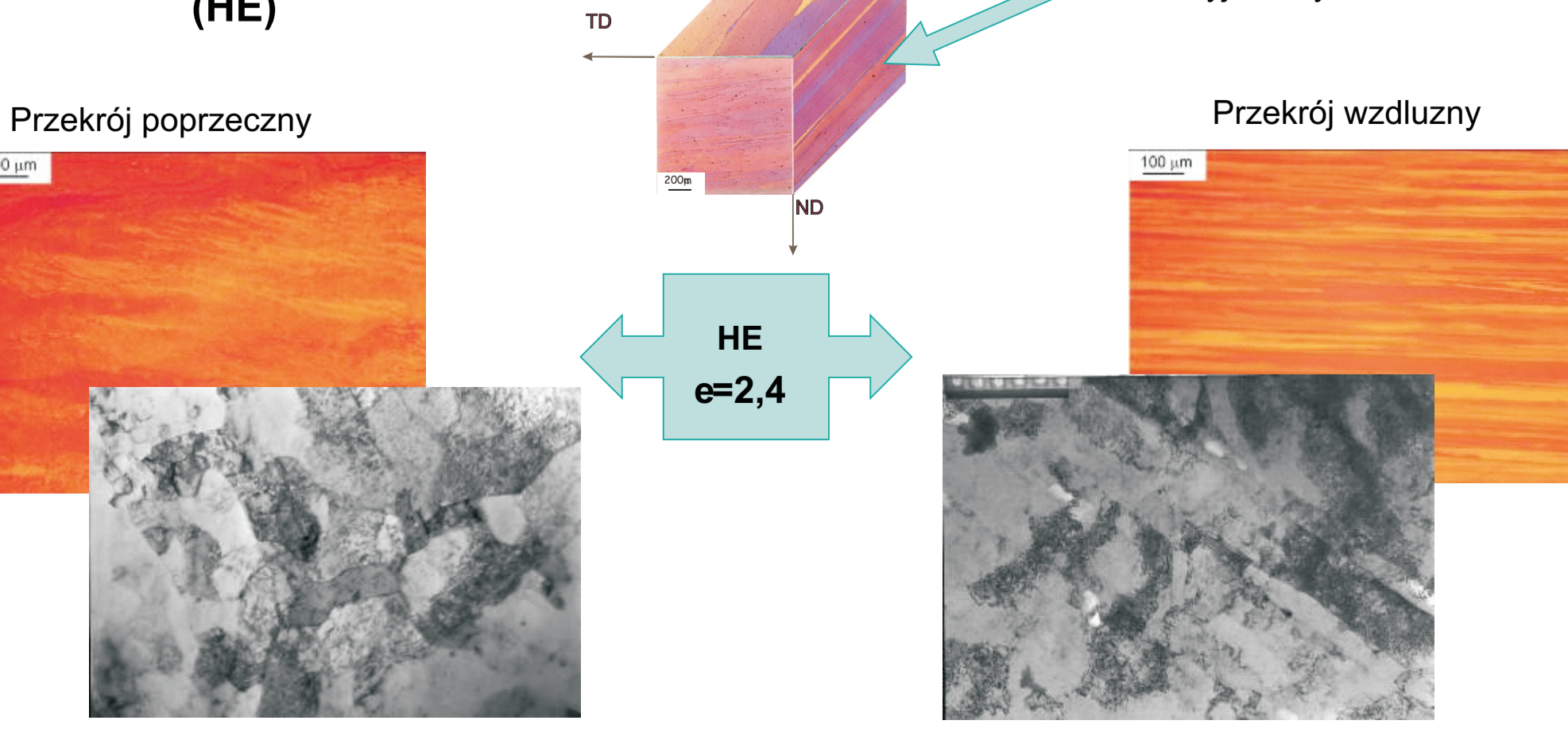
Al – 2,3 Li (HE)



Al – 2,2 Li – 0,1 Zr (HE)



Al – 2,2 Li – 1,2 Cu – 0,1 Zr (HE)



Parametry stereologiczne - d_{0,1}, SD(d_{0,1}), CV(d_{0,1}) oraz wytrzymałościowe (HV_{0,2}, Re, Rm) badanych stopów Al – Li po wyciskaniu hydrostatycznym

Stop	Średnia wielkość ziarna [μm]	SD(d _{0,1})	CV(d _{0,1})	Mikrotwardość HV _{0,2}	Umowna granica plastyczności R _p [MPa]	Wytrzymałość na rozciąganie R _m [MPa]
Al – 0,7 Li	0,53	0,18	0,35	56	190	195
Al – 1,6 Li	0,52	0,14	0,31	69	235	245
Al – 2,3 Li	0,39	0,12	0,29	84	243	270
Al – 2,2 Li – 0,1 Zr	0,31	0,13	0,35	100	252	325
Al – 2,2 Li – 1,2 Cu – 0,1 Zr	-	-	-	116	297	398

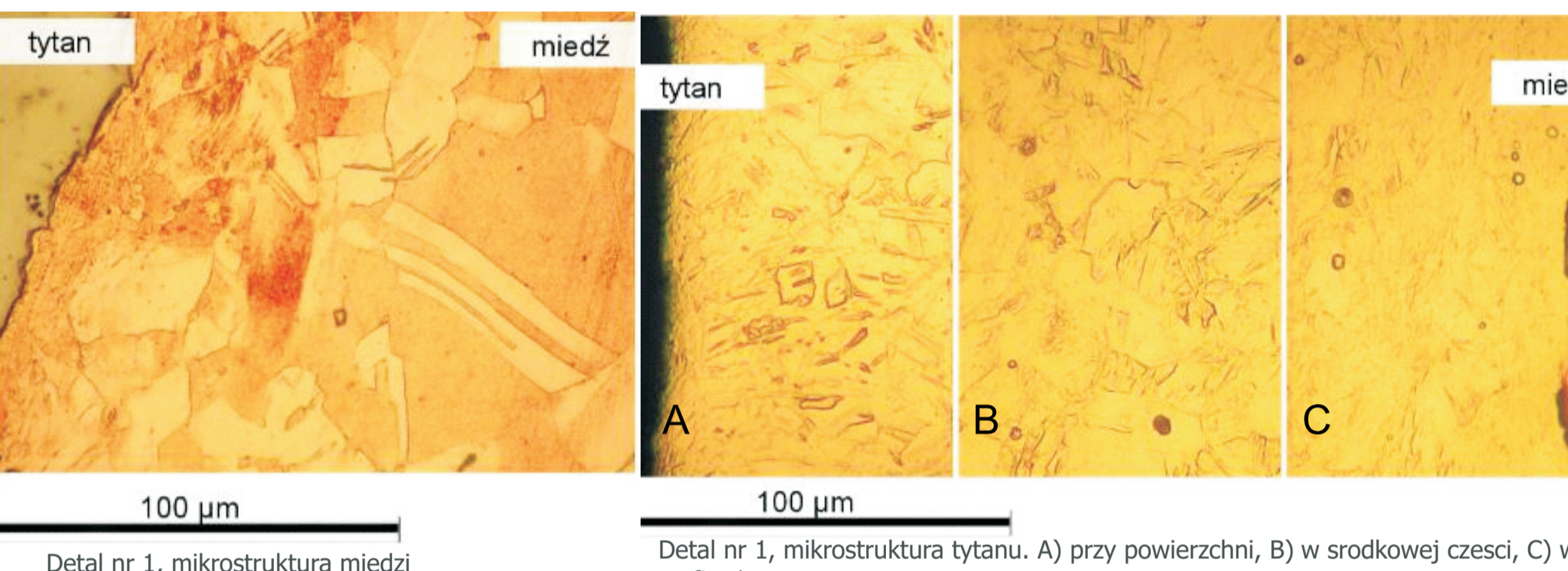
Analiza mikrostruktury złączy modelowych otrzymywanych metodą wybuchową (badania prowadzone we współpracy z Z.T.W. EXPLOMET)

Detal nr 1 : walek miedziano - tytanowy



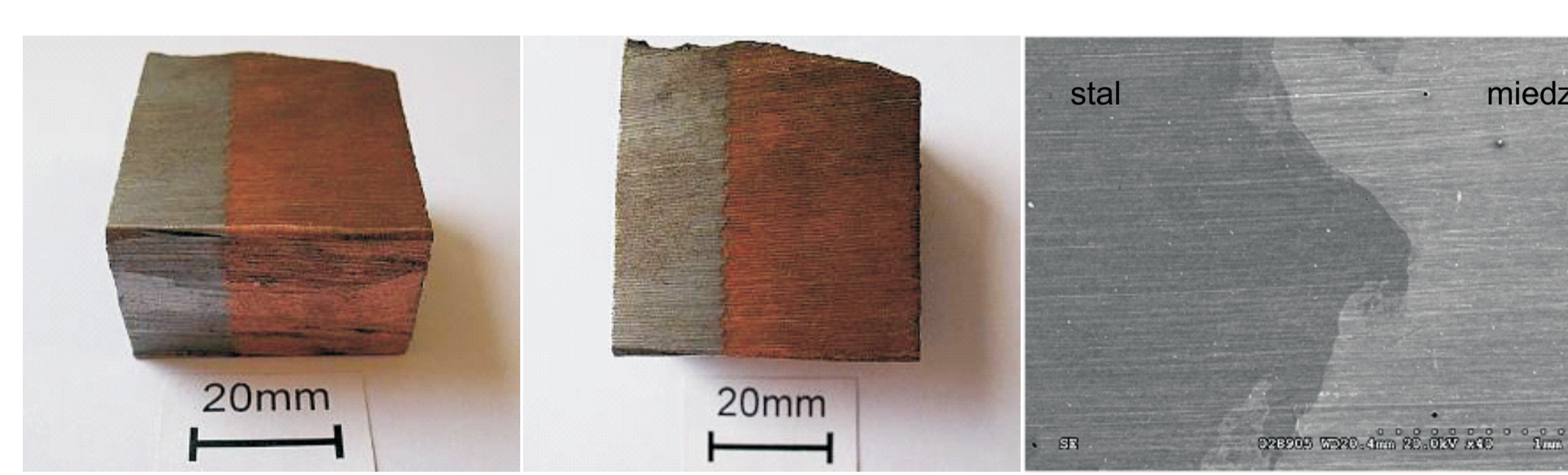
- Ze względu na promienniki kierunku łączenia (mniejsza swoboda odkształcania) linia złącza jest względnie gładka.
- Na zdjęciach mikrostruktury nie obserwuje się strefy dyfuzyjnej.
- Miedź [140 HV_{0,2}]
- Tytan [250 HV_{0,2}]

Detal nr 1 : walek miedziano - tytanowy



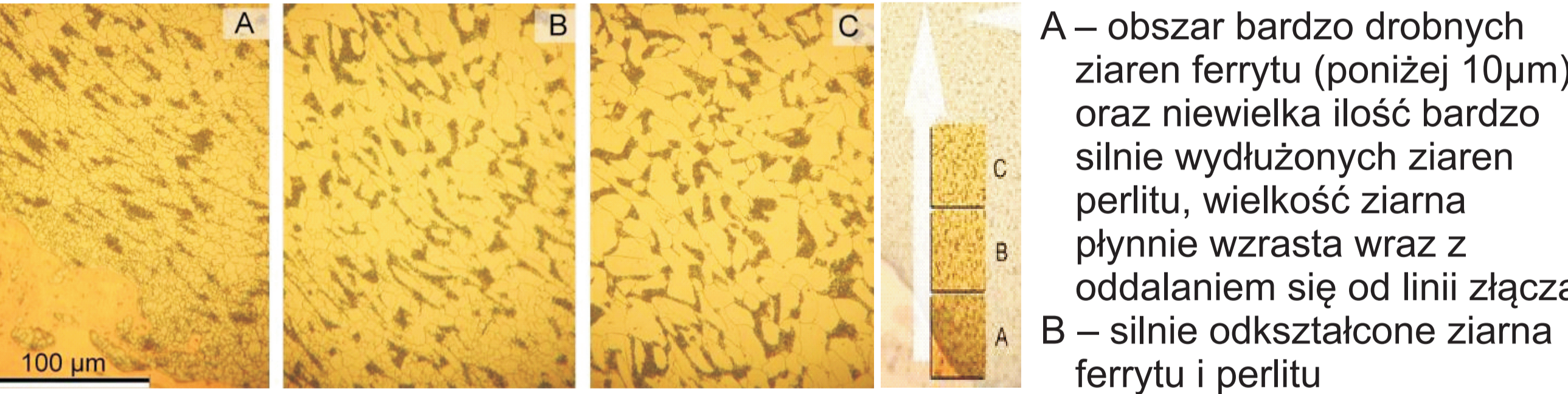
- Miedź:
- Znaczna zmiana wielkości ziarna
 - wewnątrz: duże ziarno z widocznymi bliźniakami;
 - w obrębie połączenia silne rozdrobnienie

Detal nr 2 : blok miedziano - stalowy

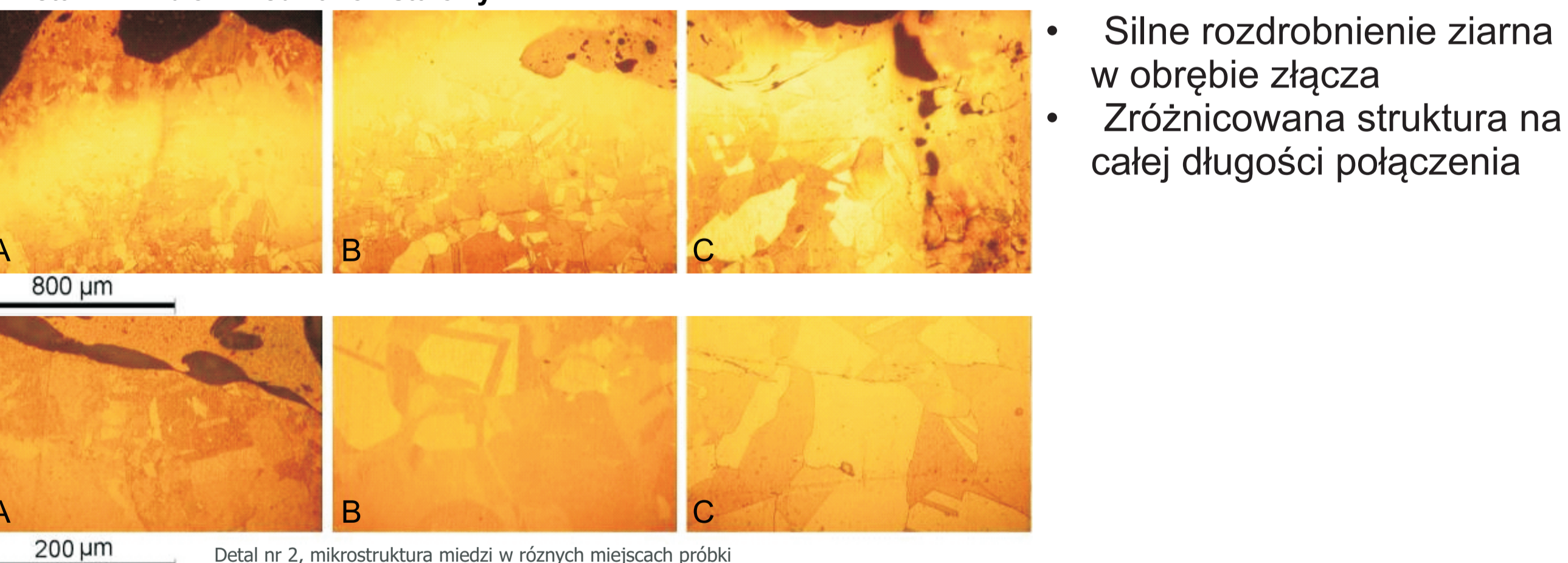


- Strefa połączenia ma charakterystyczny kształt „załamującej się fali” (okres ~3mm, amplituda ~2mm)
- Kierunek „załamania” ma stałą tendencję.
- Zdjęcia metalograficzne nie ujawniają istnienia strefy dyfuzyjnej
- Miedź [120 HV_{0,2}]
- Stal [210 HV_{0,2}]

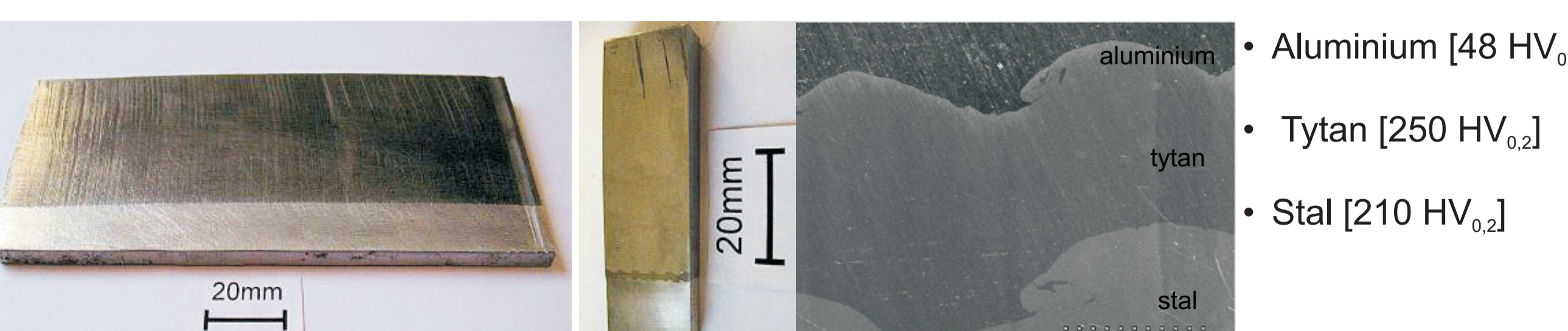
Detal nr 2 : blok miedziano - stalowy



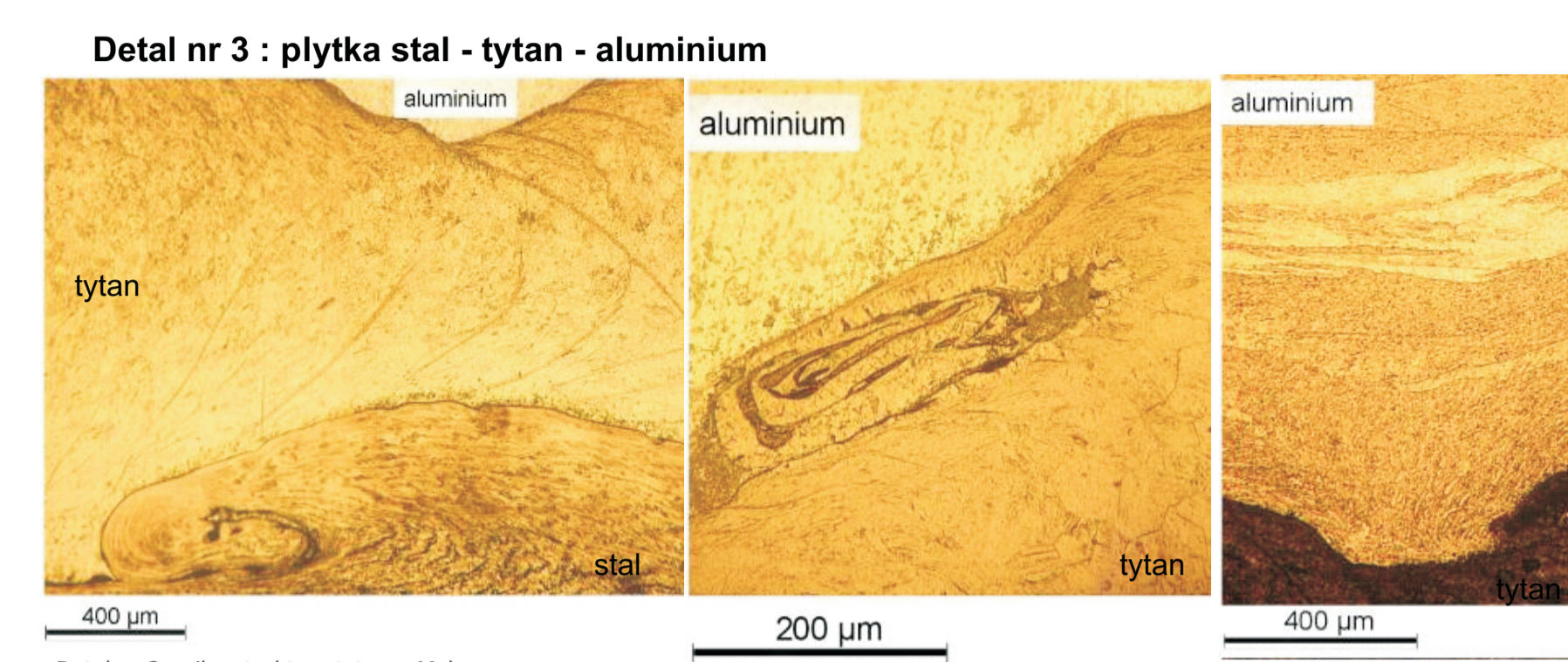
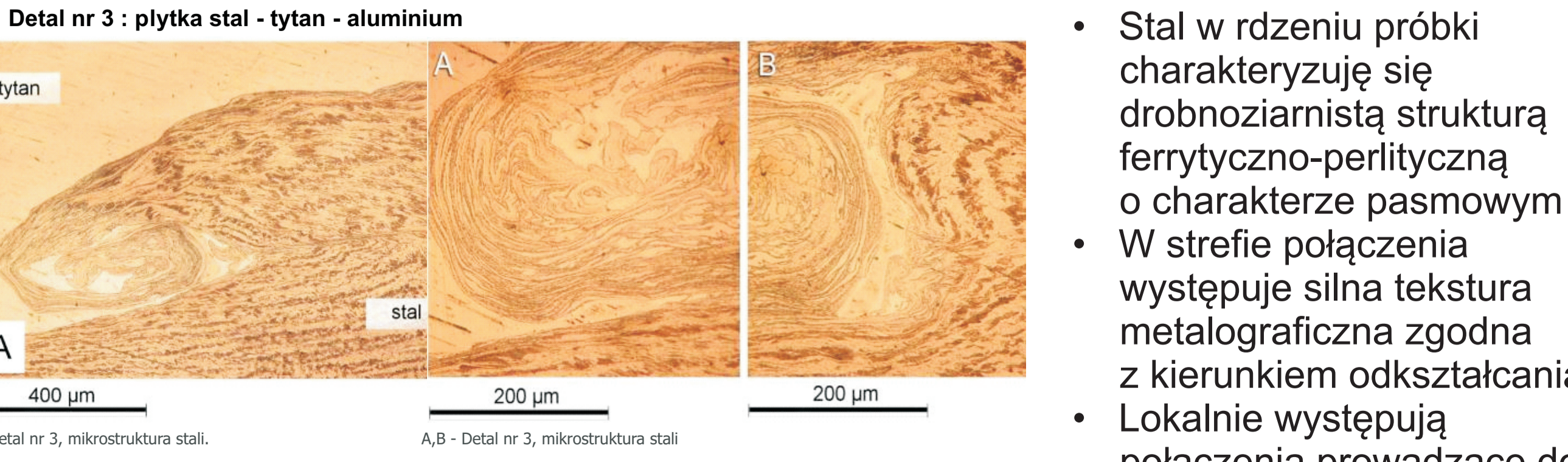
Detal nr 2 : blok miedziano - stalowy



Detal nr 3 : płytka stal - tytan - aluminium

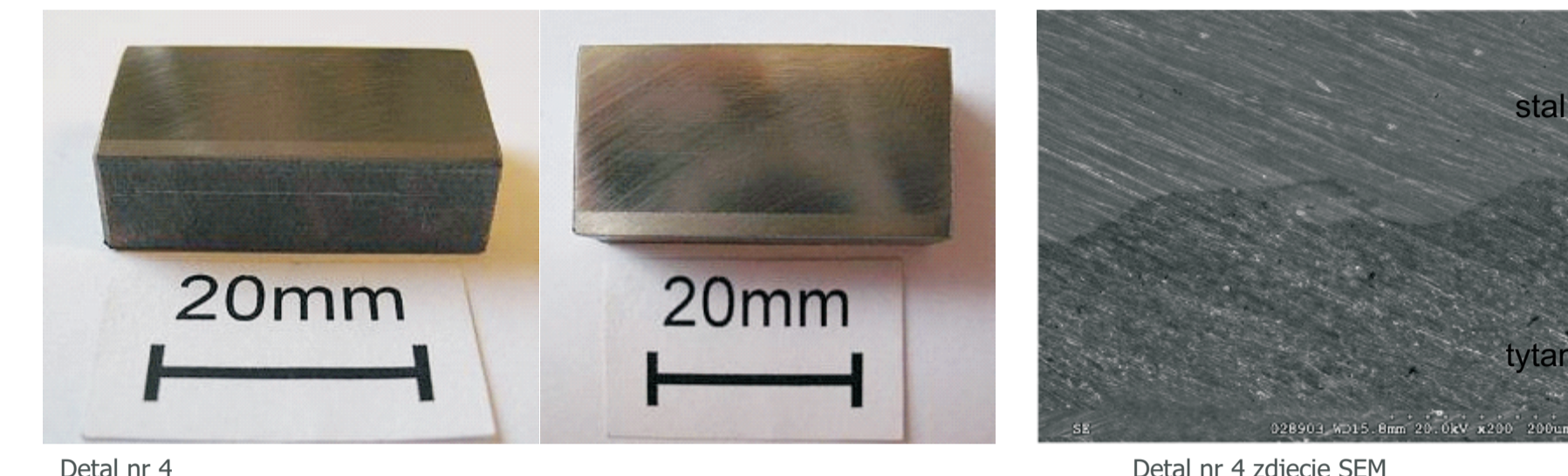


Detal nr 3 : płytka stal - tytan - aluminium



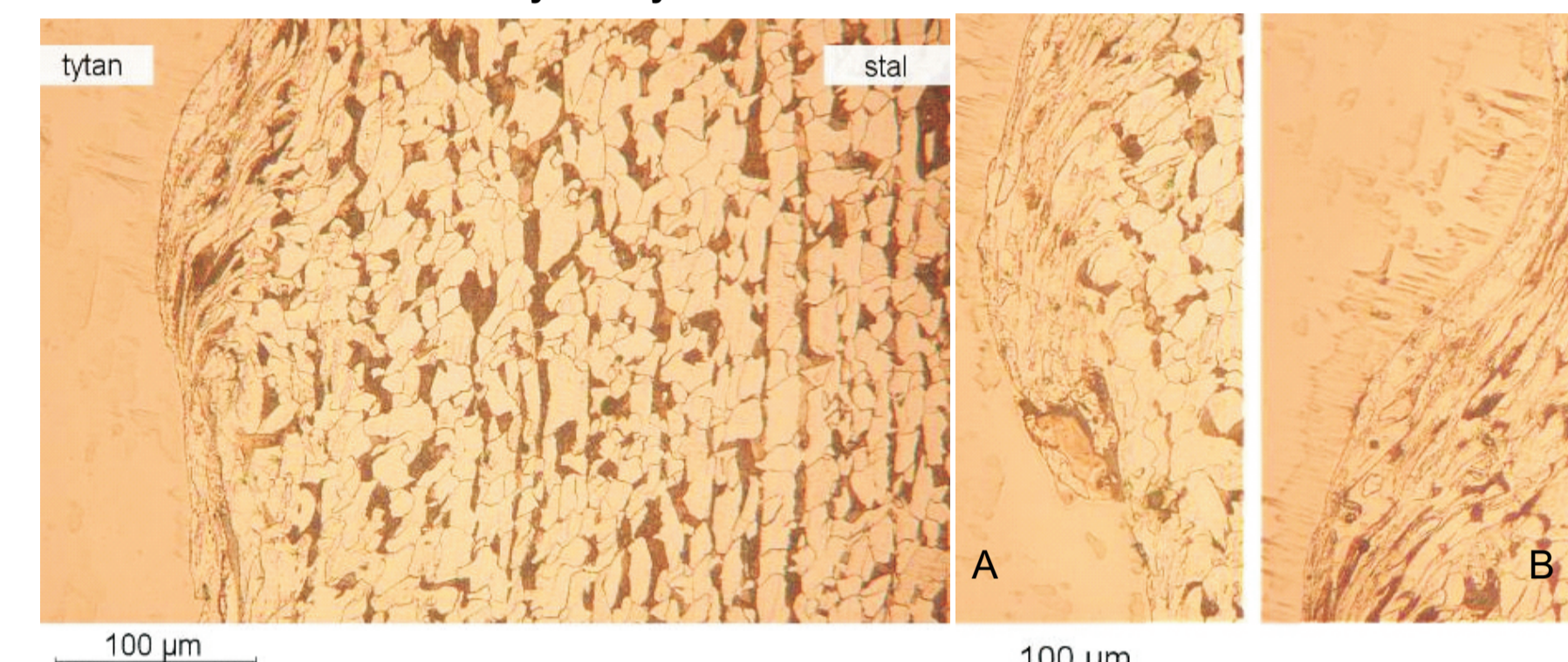
- Połączenie na wielokrotną zakładkę [w przypadku połączenia stal-tytan wstęga odkształconego materiału jest znacznie grubsza niż w przypadku połączenia aluminium-tytan]
- Silne odkształcenie w obrębie złącza

Detal nr 4 : blok stalowo - tytanowy



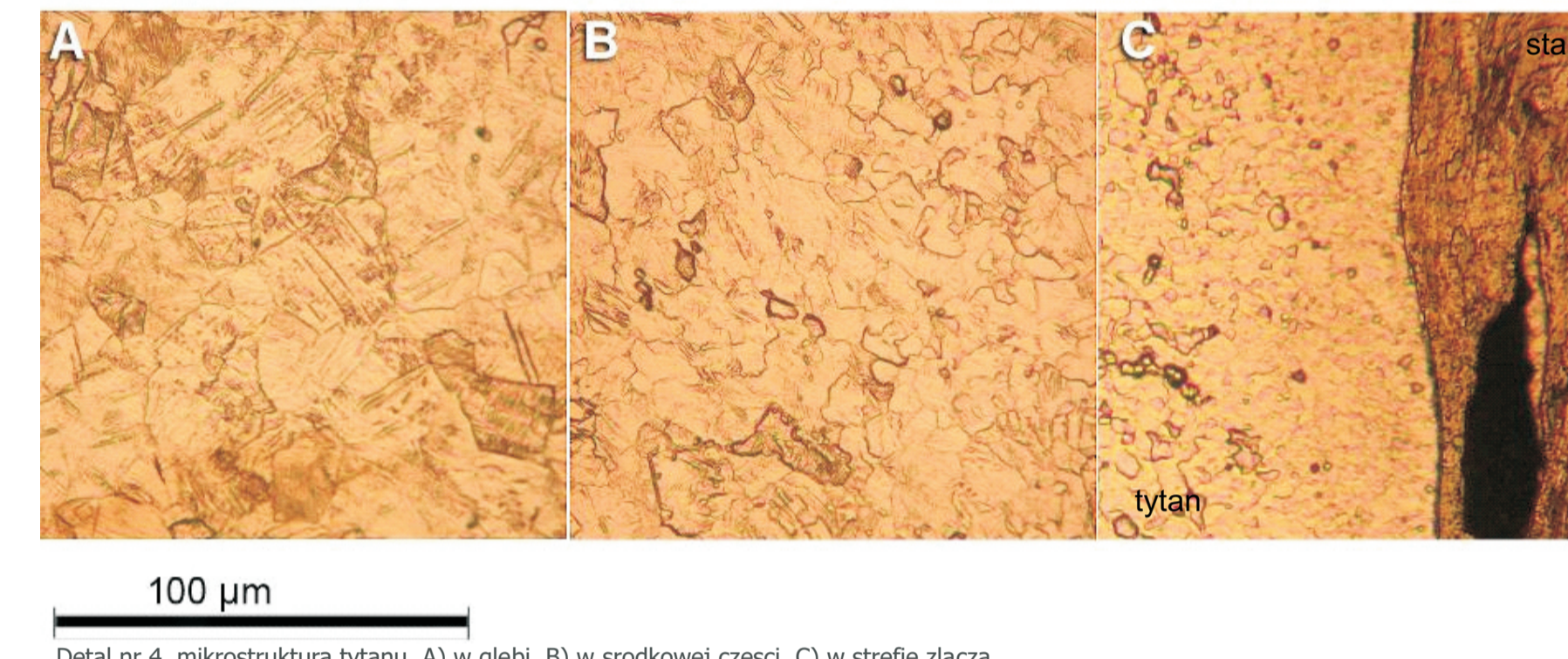
- Strefa złącza ma kształt „załamującej się fali”
- Zdjęcia metalograficzne nie ujawniają istnienia strefy dyfuzyjnej
- Tytan [250 HV_{0,2}]
- Stal [210 HV_{0,2}]

Detal nr 4 : blok stalowo - tytanowy



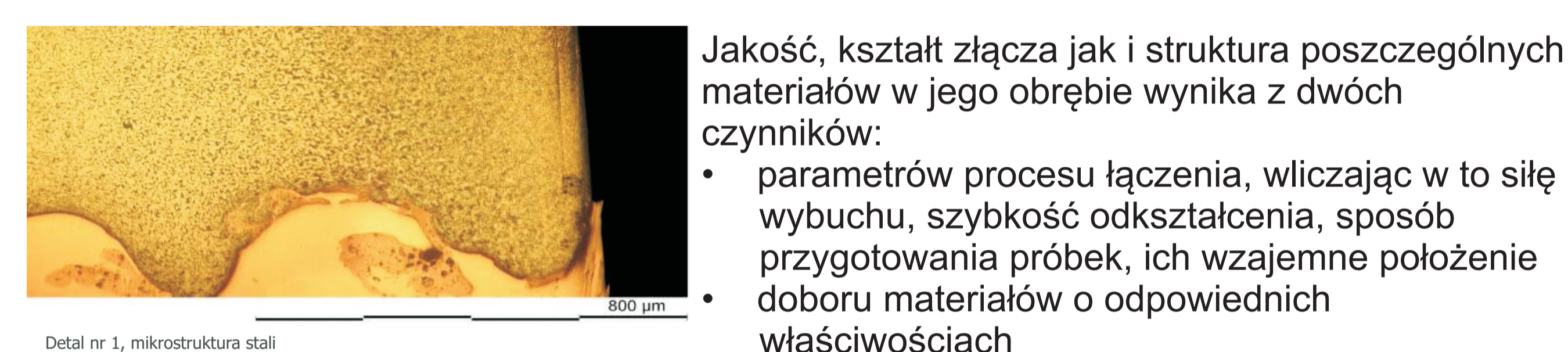
- We wnętrzu struktura ferrytyczno-perlityczna z teksturą wywołaną walcowaniem na gorąco
- W strefie złącza silnie wydłużone ziarna ferrytu i perlitu.
- Zmniejszenie udziału perlitu w bezpośredniej bliskości złącza

Detal nr 4 : blok stalowo - tytanowy



- Stopniowe zmiany mikrostruktury od względnie dużego ziarna (z występującymi bliźniakami odkształcenia) do drobnego, równoosiowego ziarna w pobliżu złącza.
- Występowanie ciemnego obszaru w obrębie połączenia

Podsumowanie i Wnioski



Wnioski

- W ramach prac teoretycznych dokonano oceny możliwości wytwarzania elementów ze stopów lotniczych z wykorzystaniem technologii kształtowania z dużymi prędkościami. W szczególności analizowano proces wyciskania hydrostatycznego oraz łączenia i kształtowania metodą wybuchową.
- Stwierdzono, że wyciskanie hydrostatyczne jest atrakcyjne z punktu widzenia aplikacyjnego, ze względu na możliwość jednoczesnego kształtowania elementów oraz ich mikrostruktury lotniczych stopów aluminium i tytanu.
- Zaproponowana metoda wyciskania hydrostatycznego pozwoli na uzyskanie elementów ze stopów Ti6Al4V oraz Al-Li o lepszej kombinacji właściwości wytrzymałościowych i plastyczności w porównaniu do obecnie dostępnych wytwarzanych konwencjonalnymi technikami.
- Zastosowanie technik wybuchowych umożliwi otrzymanie wysokiej jakości złączy metali i ich stopów do zastosowań lotniczych trudnych do uzyskania innymi metodami.

Przykłady zastosowania

- wyciskanie hydrostatyczne (HE) – elementy przewodów paliwowych
- łączenie metodą wybuchową – elementy Mixera



Wskaźniki realizacji celów projektu

Konferencje

- Gontarz A., Pater Z., Tofil A.: **Analiza metod kształtowania plastycznego walek ze stopu Ti-6Al-4V** X Międzynarodowa Konferencja - Tytan i jego stopy, 14-16 września 2009 Inżynieria Materiałowa 2009, nr 5, vol. 171, str. 400-403
- Bartnicki J.: **Stop tytanu Ti-6Al-4V w procesach przepychania obrotowego** Międzynarodowa Konferencja - Forming 2009, 9- 12.09.2009 r. ZakopaneHutnik 2009, nr 8, str. 557-558
- Adamus J., Lacki P.: **Forming of the Titanium Elements by Bending**. IWCMM 19 (International Workshop on Computational Mechanics of Materials), Book of Abstracts, str. 95-96

Publikacje

- Adamus J., Lacki P.: **Modelowanie procesu wykręcania blach tytanowych**. Hutnik - Wiadomości Hutnicze, 76 (8), 2009, str. 552 - 554
- Bartnicki J.: **Proces przepychania obrotowego walek stopniowanego ze stopu Ti6Al4V**Hutnik - Wiadomości Hutnicze, 76 (8), 2009, str. 557 - 559
- Adamus J.: **Tytan i jego stopy jako materiał stosowany na elementy tłoczne**. Inżynieria Materiałowa Index: R.30 nr 5 str. 310-313

Prace mgr, dr, hab.

- Rozpoczęto realizację pracy dyplomowej nt.: „Analiza modelowych złączy metali i ich stopów otrzymywanych metodą zgrzewania wybuchowego” Autor: Kamil Wasiluk,