



Fundusze Europejskie
Wiedza Edukacja Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny



Politechnika
Śląska

SPAWANIE WÓZKA WAGONU - CZEMU NIE LASEREM

POCZUJ POCIĄG DO KOLEI

Poczuj pociąg do kolei

Projekt realizowany z Funduszy Europejskich w ramach
Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014-2020,
umowa nr POWR.03.01.00-00-T070/18-00

Dofinansowanie projektu z UE:

110 364,66 PLN





A U T O R P R E Z E N T A C J I

Dr hab. inż. Krzysztof Labisz, prof. PŚ

materiały inżynierskie dla kolejnictwa

Mikroskopia elektronowa transmisyjna

Laserowa obróbka powierzchni

Krzysztof.labisz@polsl.pl

Ornitologia, falerystyka



Fundusze Europejskie
Wiedza Edukacja Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny



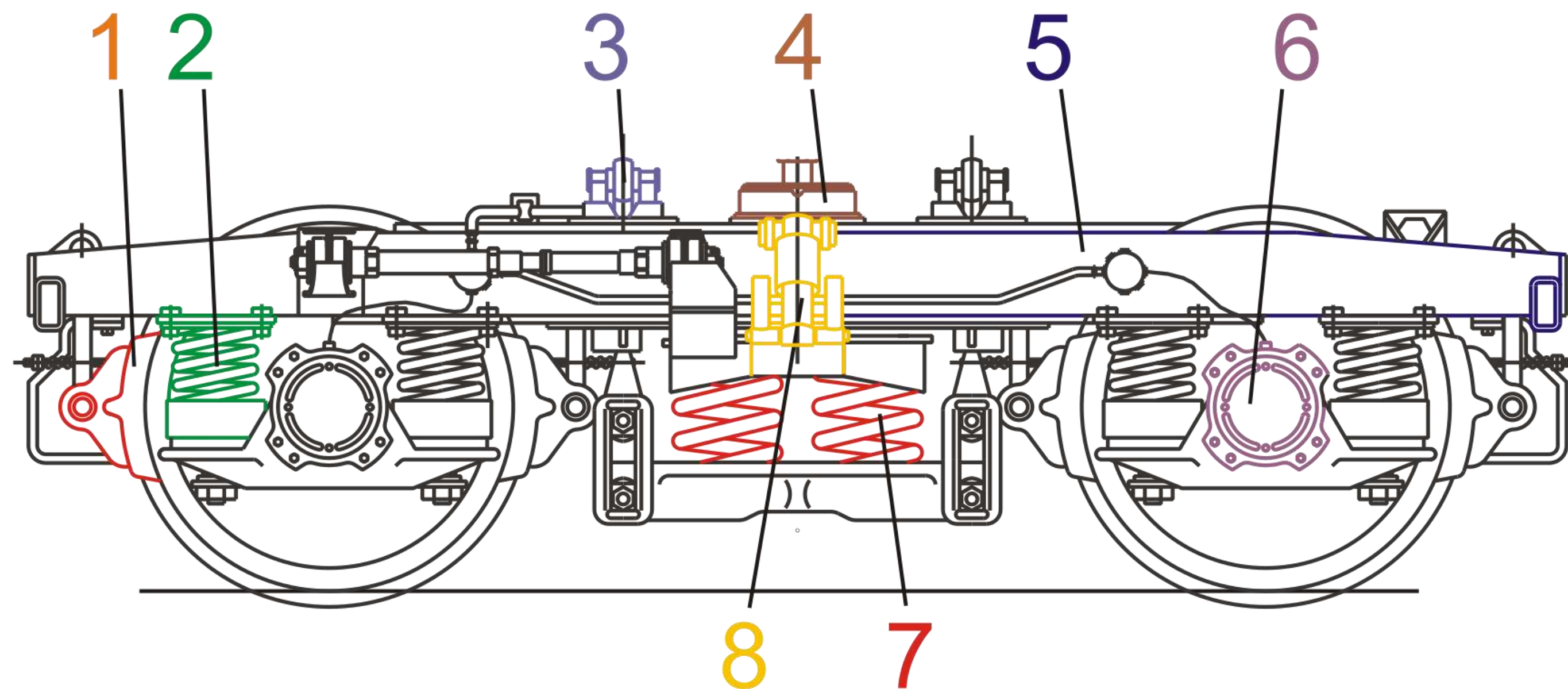
Wózek wagonu

https://www.google.pl/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwji5L248MDkAhWJTcAKHTbEDVkJKAUwBQ&url=https%3A%2F%2Fcommons.wikimedia.org%2Fwiki%2FFile%3AJaniw_-_train_01.jpg&psig=AOvVaw0kVnH7NCtUfX2c0c8cjR_T&ust=1568020164677267&ictx=3&uact=3



**Politechnika
Śląska**

POCZUJ POCIĄG DO KOLEI



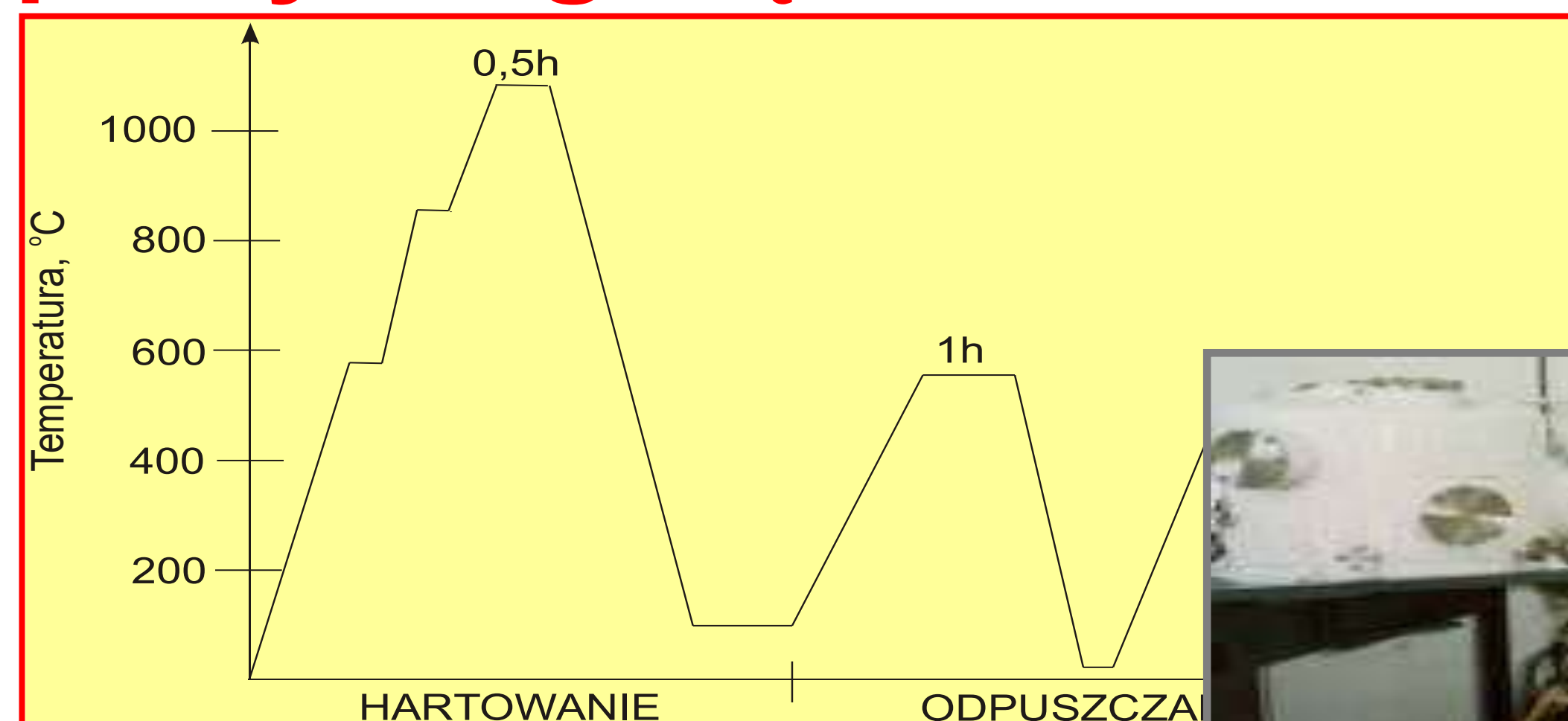
Schemat wózka wagonu

[https://www.google.pl/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwji5L248MDkAhWJTcAKHTbEDVkJQMwhEKAawAA&url=https%3A%2F%2Fpl.wikipedia.org%2Fwiki%2FW%25C3%25B3zek_\(kolejnictwo\)&psig=AOvVaw0kVnH7NCtUfX2c0c8cjR_T&ust=1568020164677267&ictx=3&uact=3](https://www.google.pl/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwji5L248MDkAhWJTcAKHTbEDVkJQMwhEKAawAA&url=https%3A%2F%2Fpl.wikipedia.org%2Fwiki%2FW%25C3%25B3zek_(kolejnictwo)&psig=AOvVaw0kVnH7NCtUfX2c0c8cjR_T&ust=1568020164677267&ictx=3&uact=3)

Zagadnienie:

Wpływ parametrów spawania laserowego na strukturę oraz własności warstwy wierzchniej uzyskanej w wyniku spawania laserem diodowym dużej mocy stali konstrukcyjnej.

Kształtowanie własności stali stopowych do pracy na gorąco



Obróbka cieplna



Zmiana składu chemicznego



Materiał do badań:

Stal 32CrMoV12-28

Stężenie masowe pierwiastków, %

Symbol stali	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V
32CrMoV12-28	0,308	0,25	0,37	0,020	0,002	2,95	2,70	0,535

Parametry standardowej obróbki cieplnej stali

Hartowanie	Odpuszczanie	Minimalna twardość po obróbce cieplnej, HRC
1040° C	550 /510° C	46

Laser diodowy dużej mocy *HPDL Rofin DL 020*

*Dane techniczne lasera HPDL Rofin DL 020
oraz parametry stopowania laserowego*

Dane techniczne	Wartości
Zakres płynnej regulacji mocy, W	100 + 2300
Typowa moc optyczna [W]	10-30
Długość fali [nm]	808
Stosowana moc lasera [kW]	1,2; 1,6; 2,0; 2,3
Szybkość przetapiania [m/min]	0,5
Natężenie przepływu gazu l/min	20



Przebieg badań

Badania metalograficzne:

- ☐ mikroskopia świetlna
- ☐ skaningowa mikroskopia elektronowa

Badania składu chemicznego i fazowego:

- ☐ badania dyfrakcyjne na transmisyjnym mikroskopie elektronowym
- ☐ rentgenowska analiza fazowa jakościowa
- ☐ mikroanaliza rentgenowska jakościowa

Przebieg badań

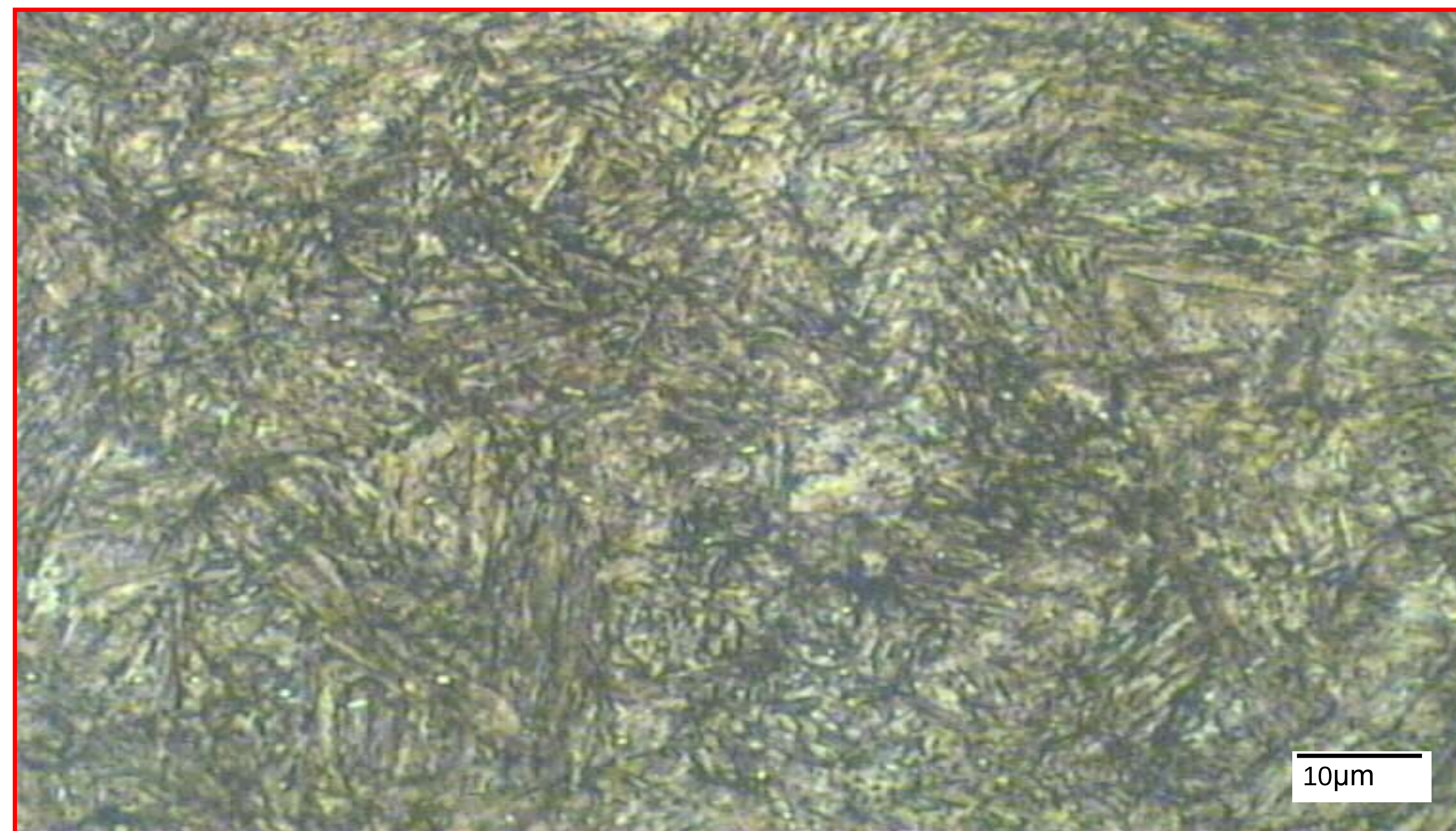
Badania własności mechanicznych:

- ☐ twardość
- ☐ mikrotwardość
- ☐ chropowatość

Badania własności eksploatacyjnych:

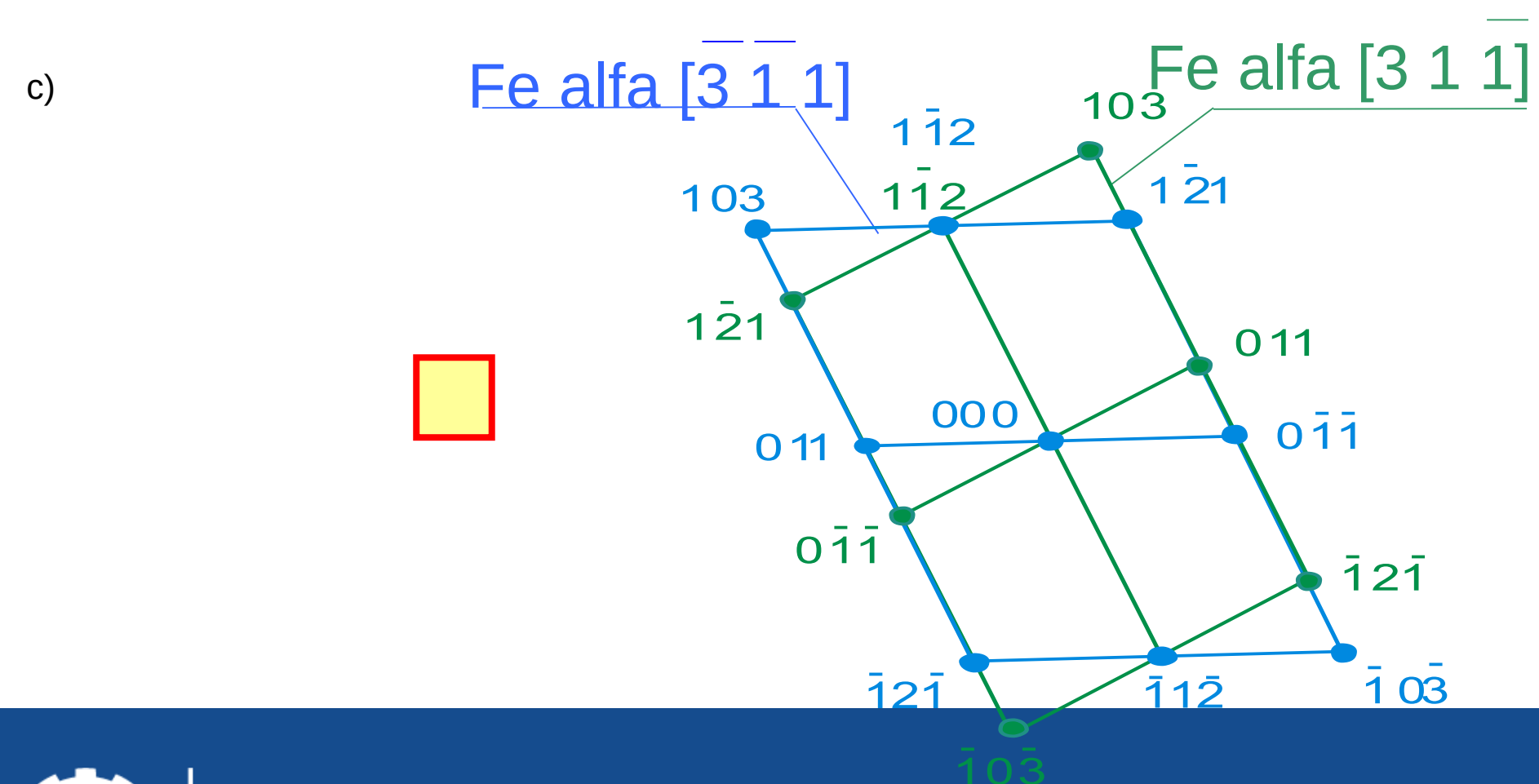
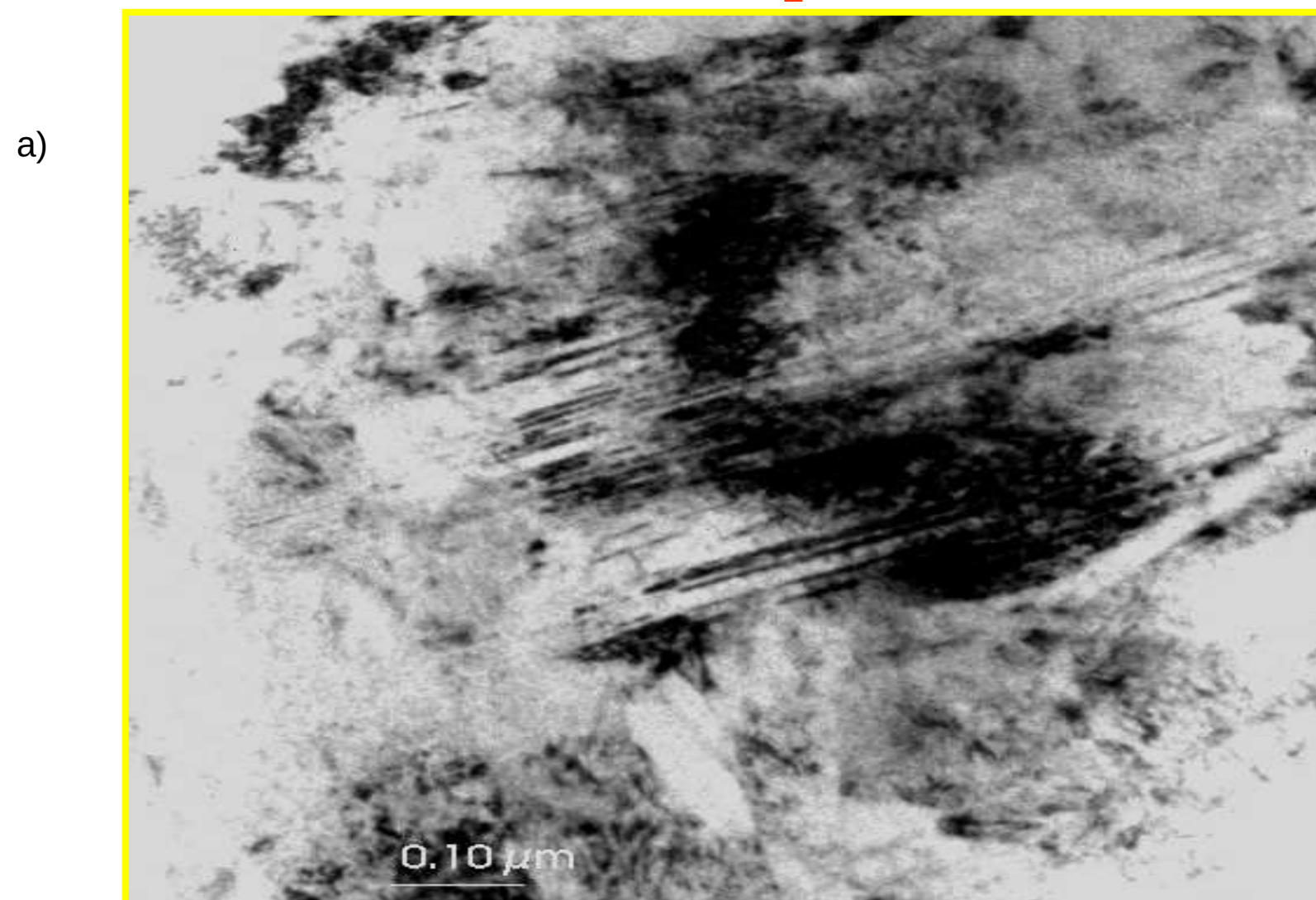
- ☐ odporność na zużycie ścierne
 - w układzie metal-metal
- ☐ odporność na zużycie ścierne
 - w układzie metal-materiał ceramiczny
- ☐ odporność na zmęczenie cieplne

Struktura stali po standardowej obróbce cieplnej



Struktura stali 32CrMoV12-28
po standardowej obróbce cieplnej

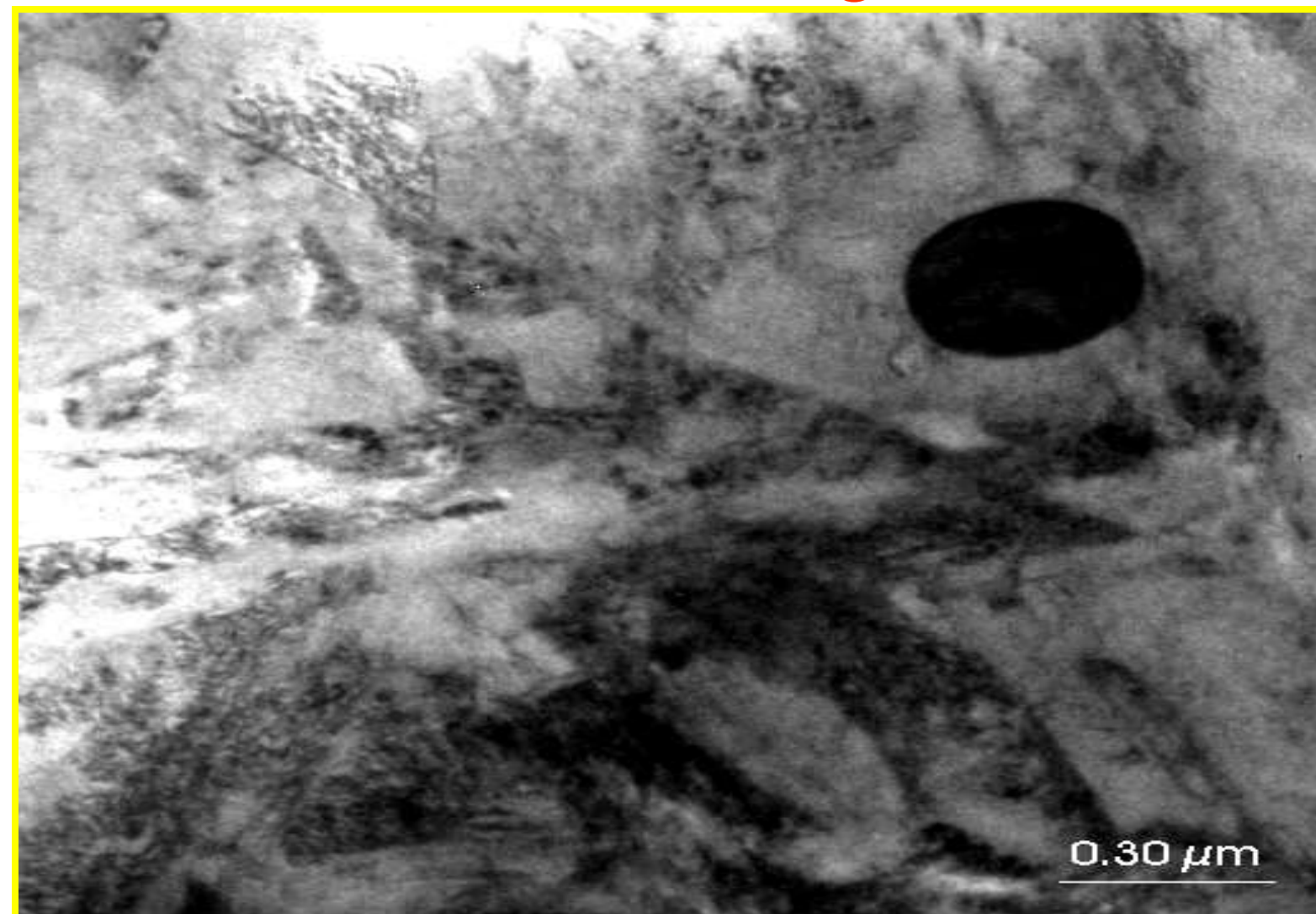
Struktura stali po standardowej obróbce cieplnej



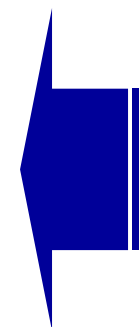
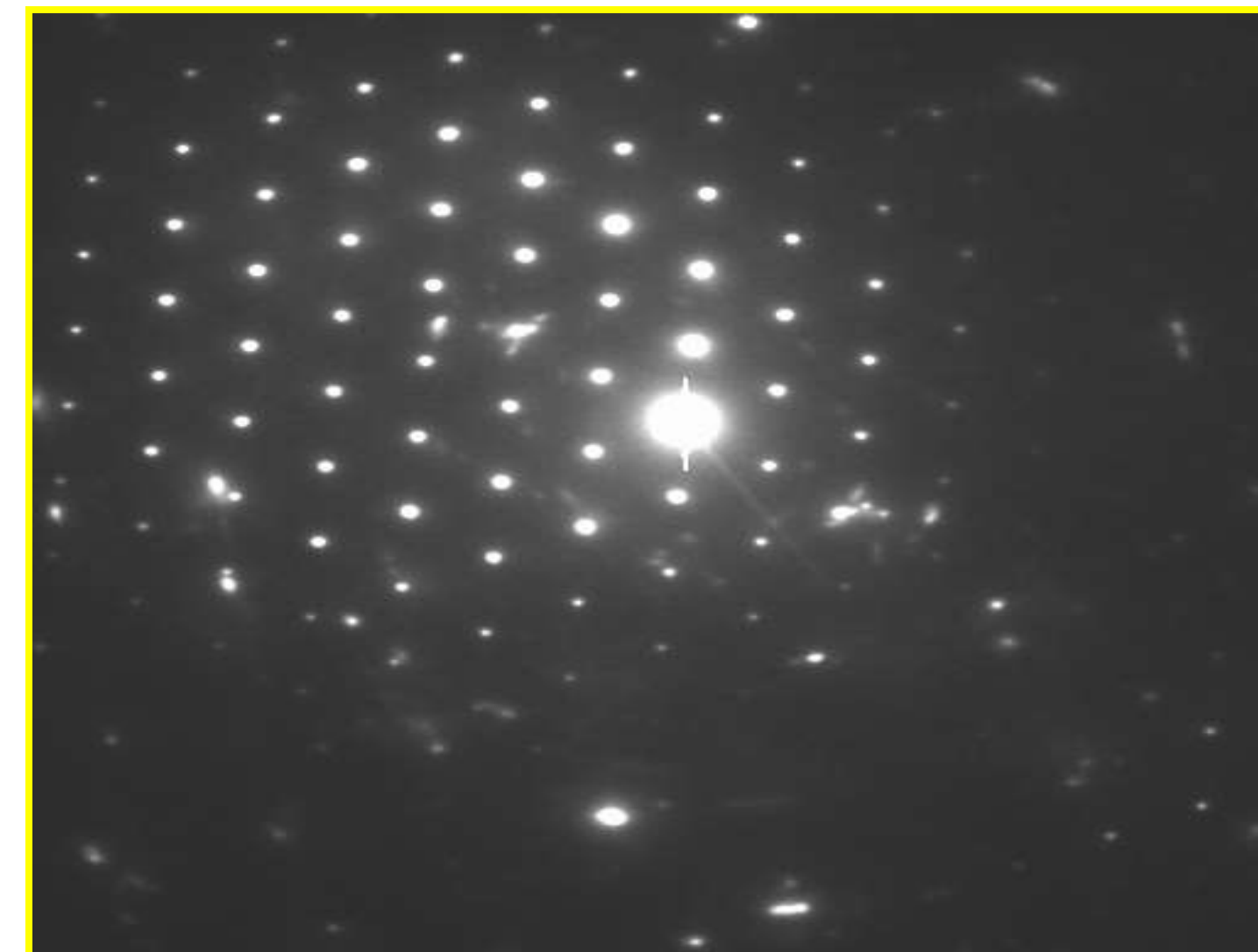
Struktura cienkiej folii ze stali 32 CrMoV12-28
po standardowej obróbce cieplnej
a) obraz w polu jasnym, bliźniaki
b) dyfraktogram z obszaru jak na rysunku a),
c) rozwiązanie dyfraktogramu z rysunku b)

Faza M_6C w osnowie ferrytu

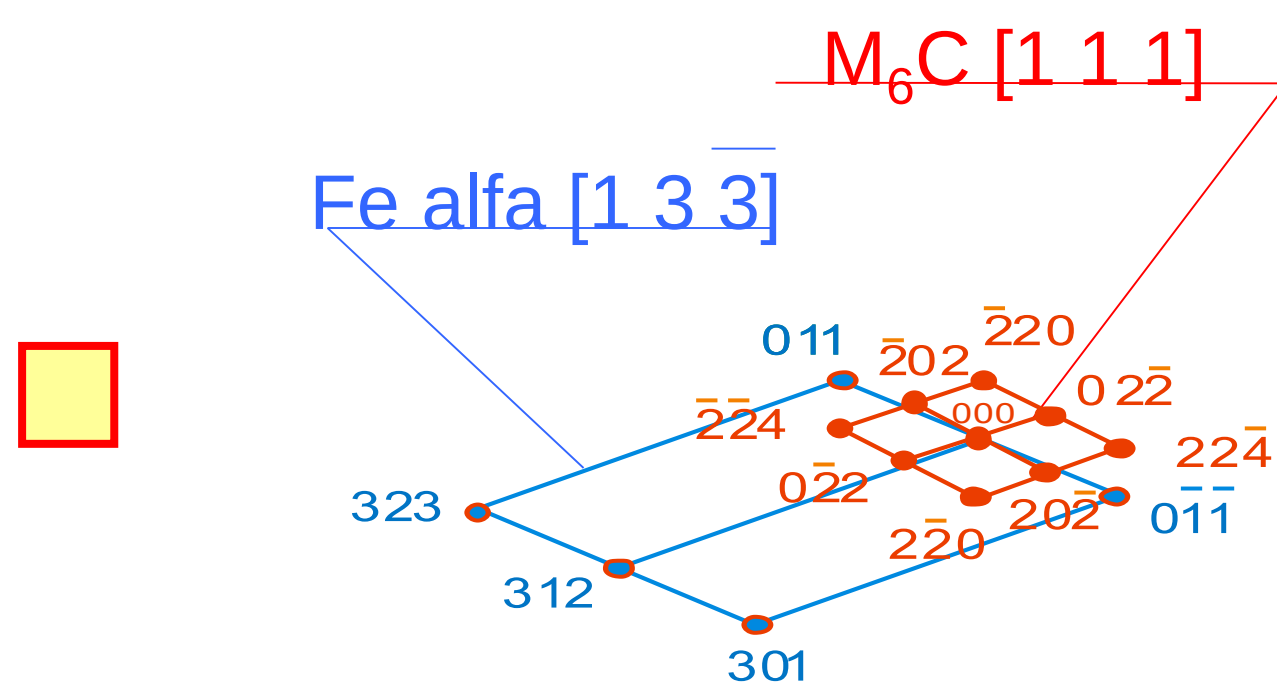
a)



b)

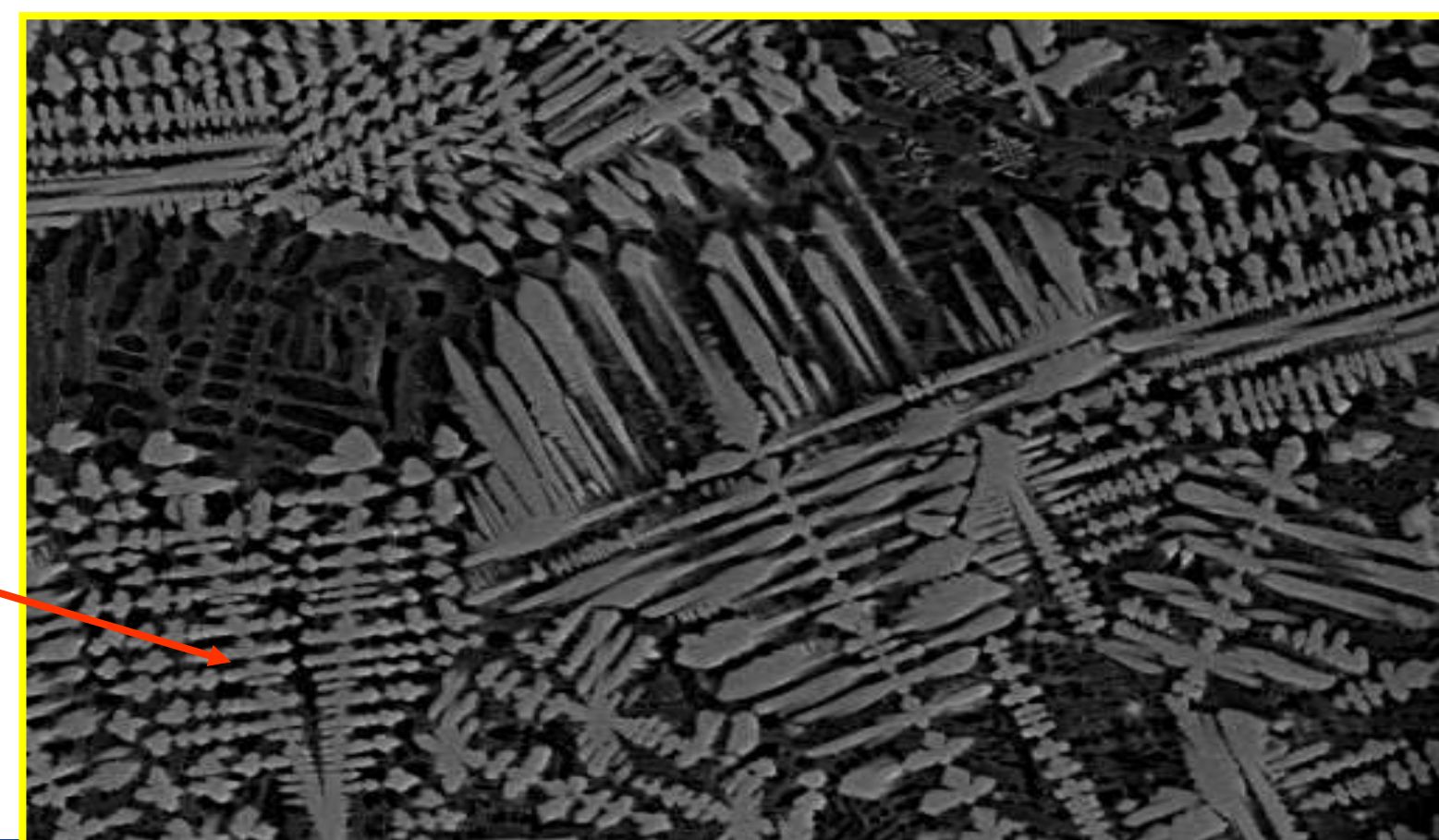
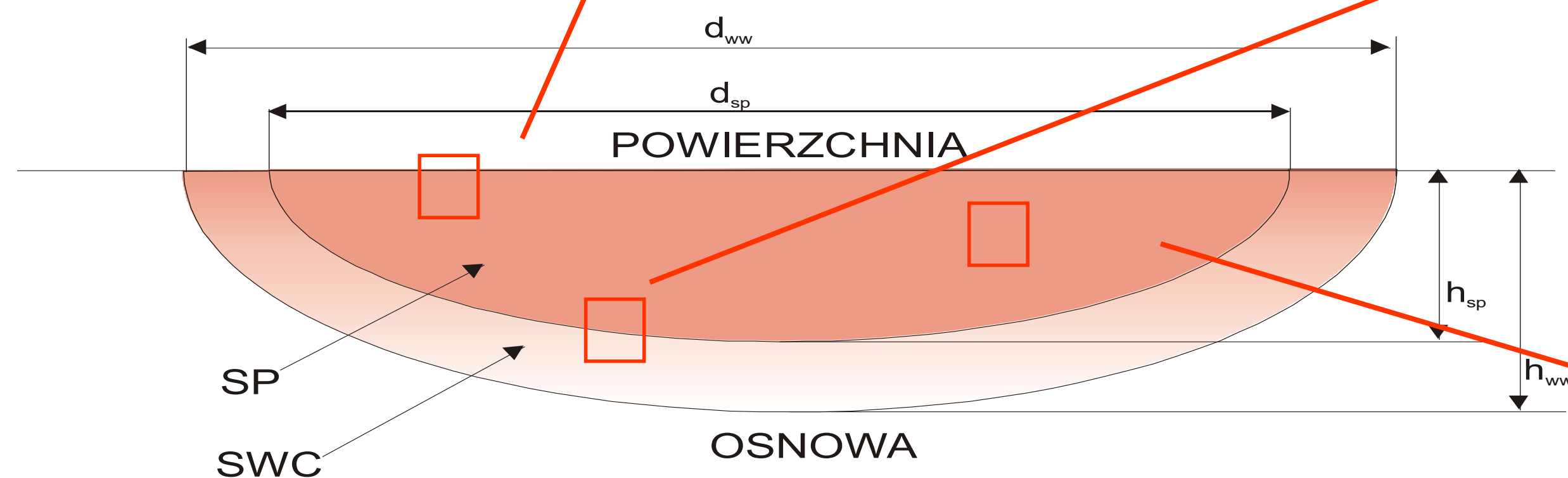
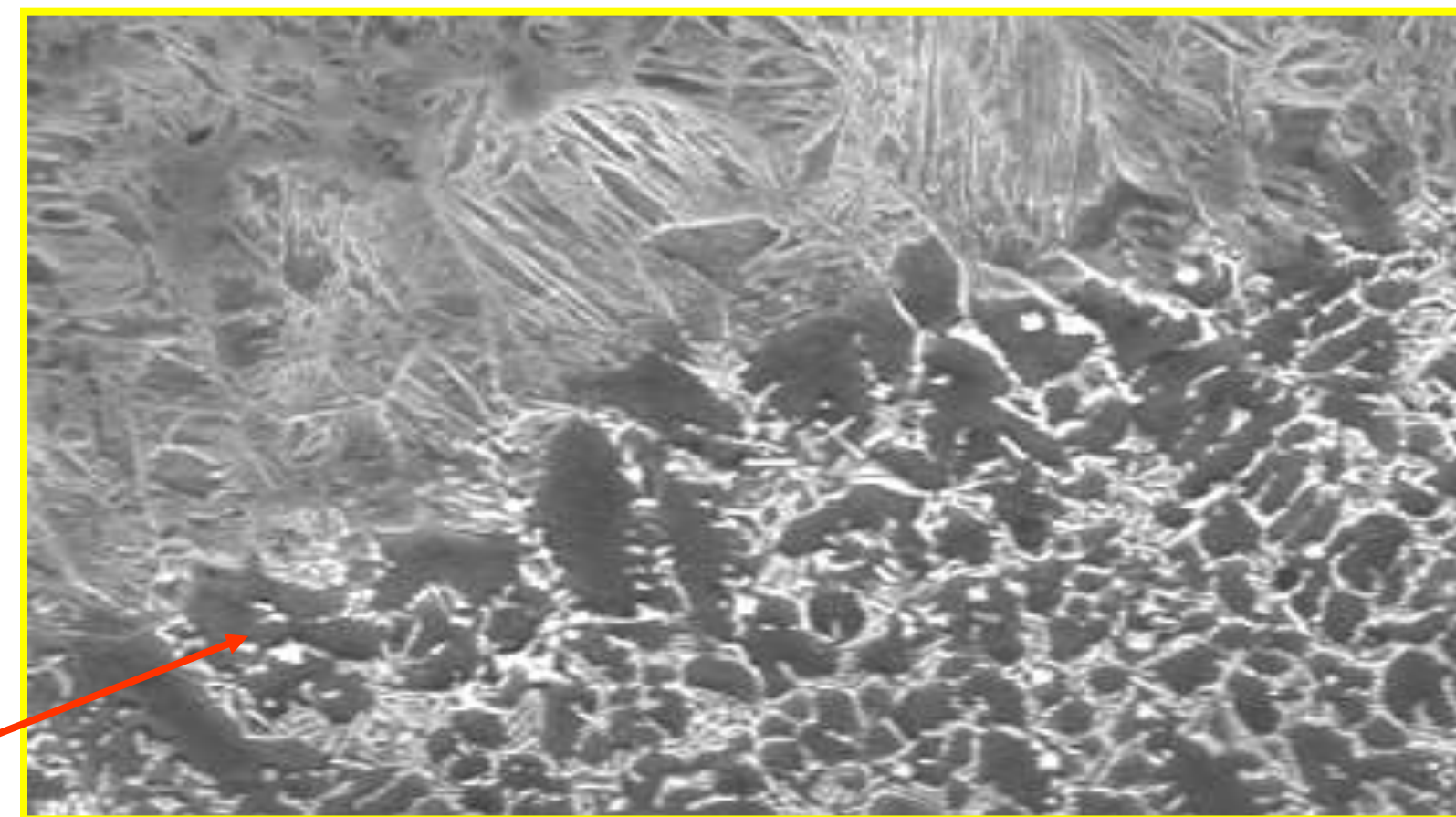
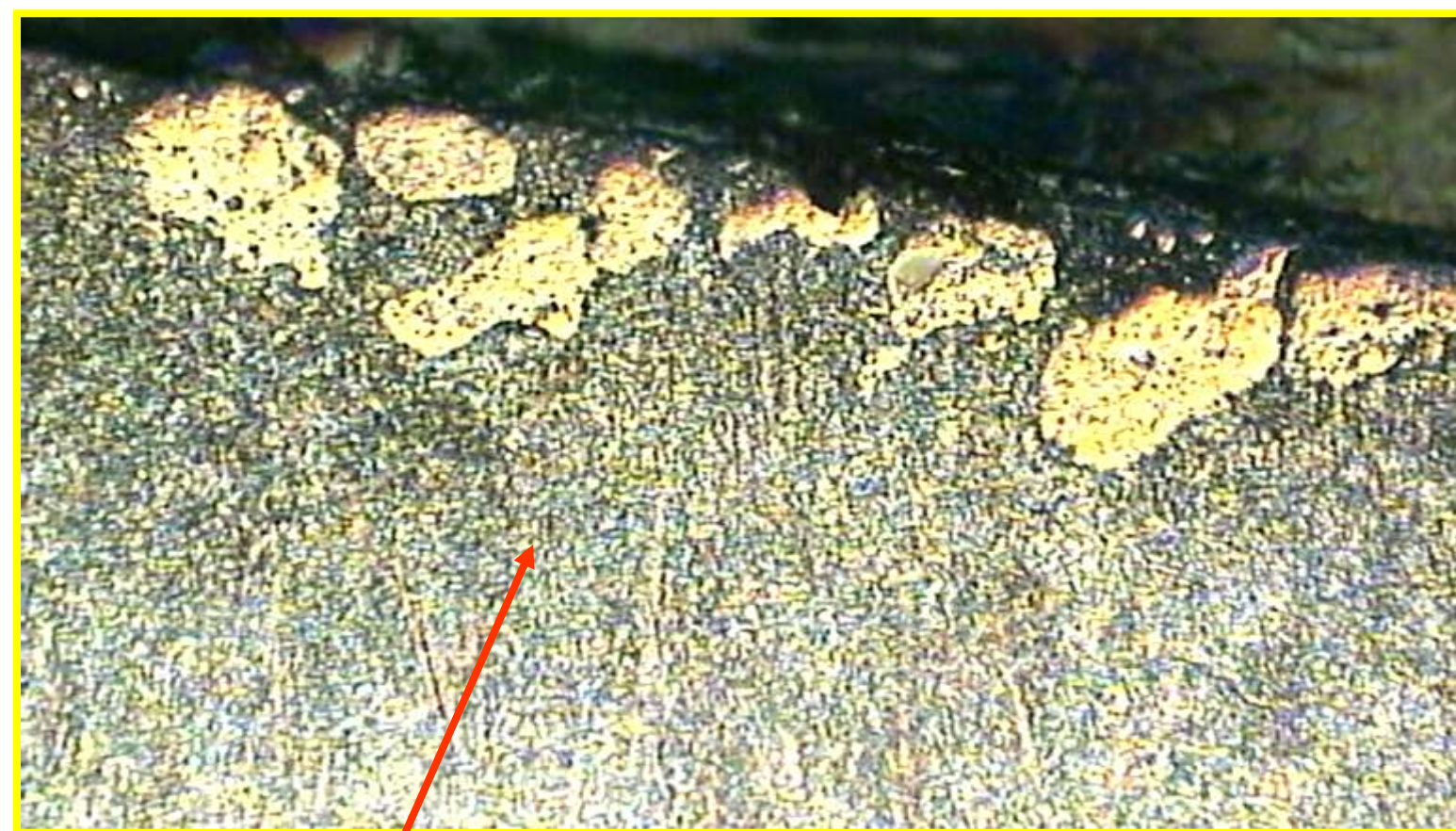


c)



Struktura cienkiej folii ze stali 32 CrMoV12-28
po standardowej obróbce cieplnej
a) obraz w polu jasnym,
b) dyfraktogram z obszaru jak na rysunku a),
c) rozwiązanie dyfraktogramu z rysunku b)

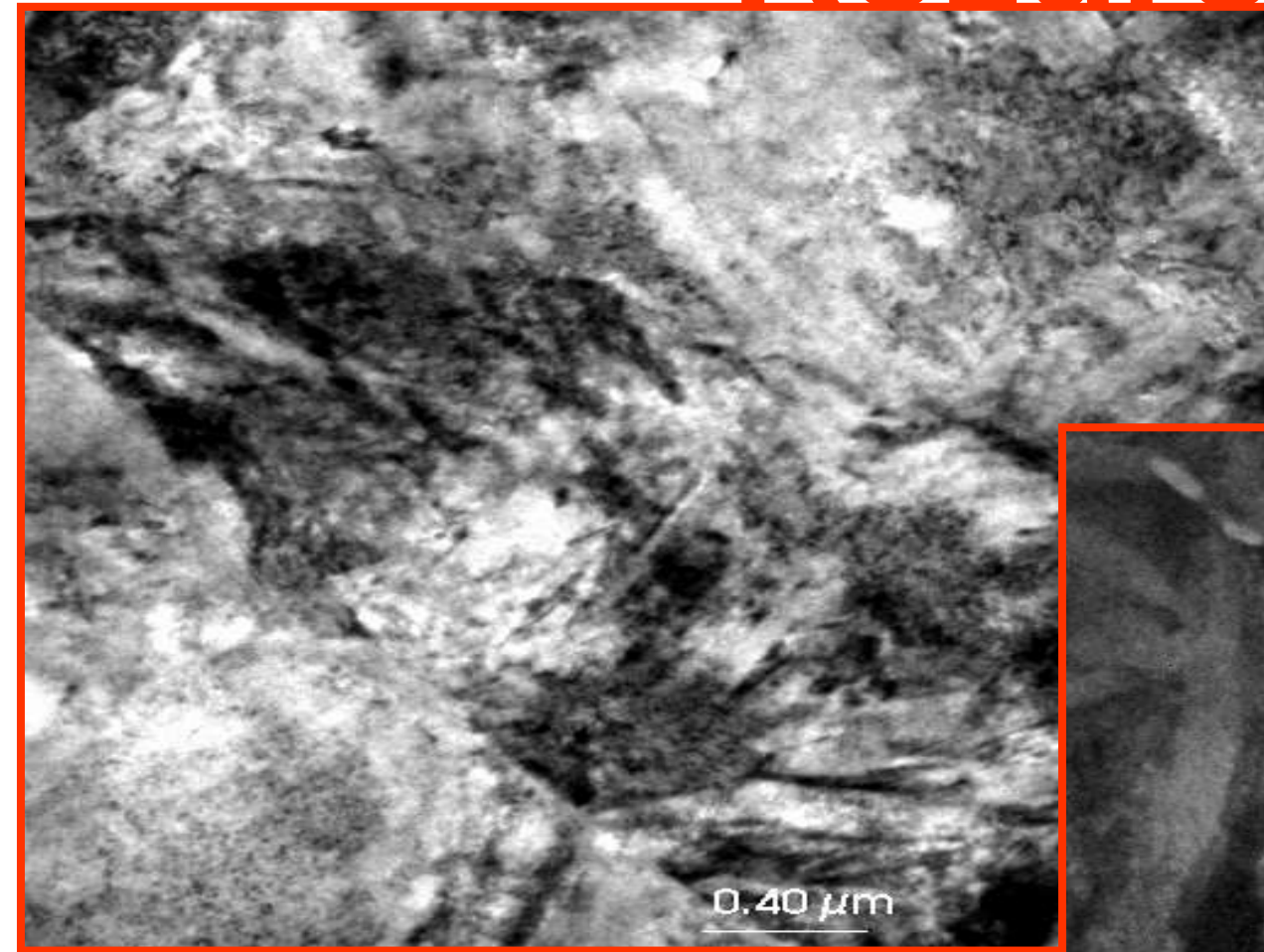
Struktura warstwy wierzchniej po stopowaniu



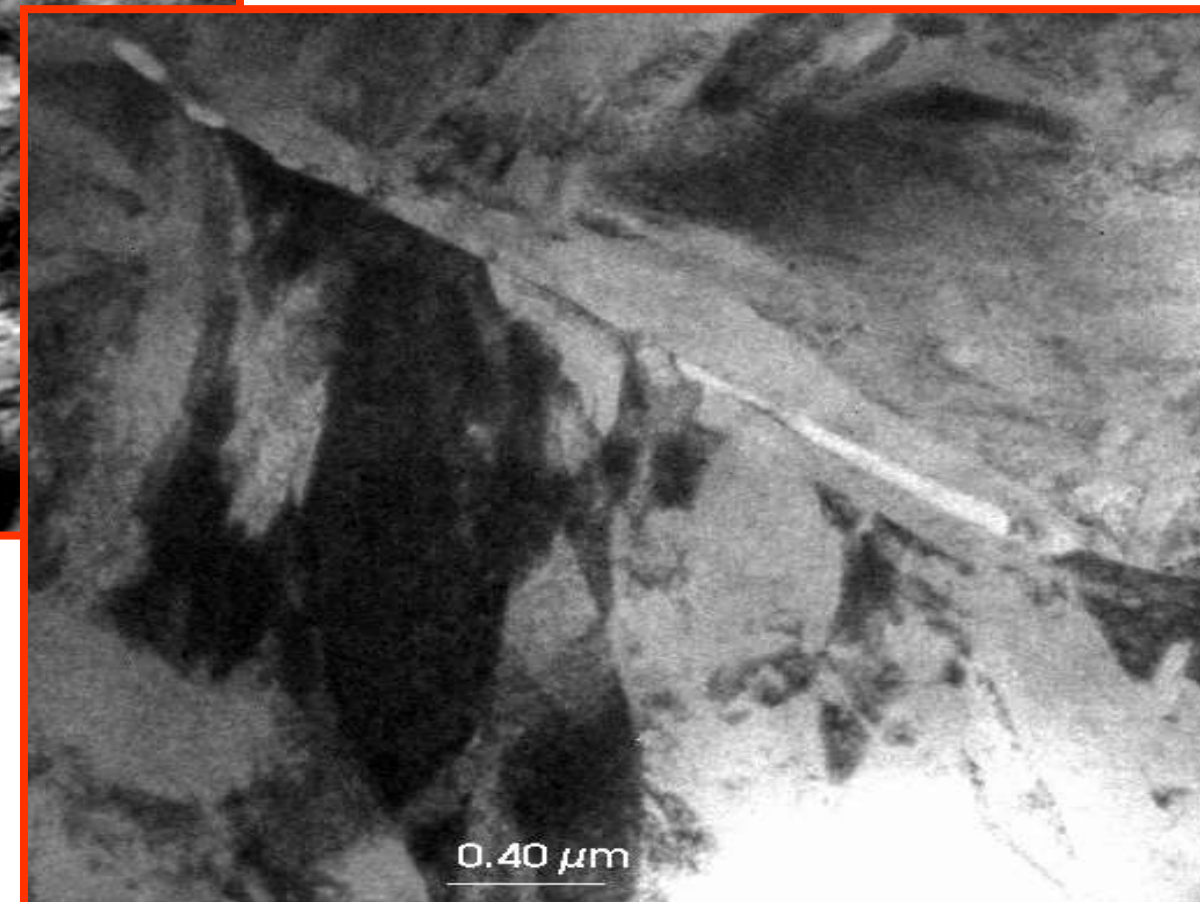
Struktura stali po stopowaniu laserowym

Rozdrobnienie struktury

a)



b)



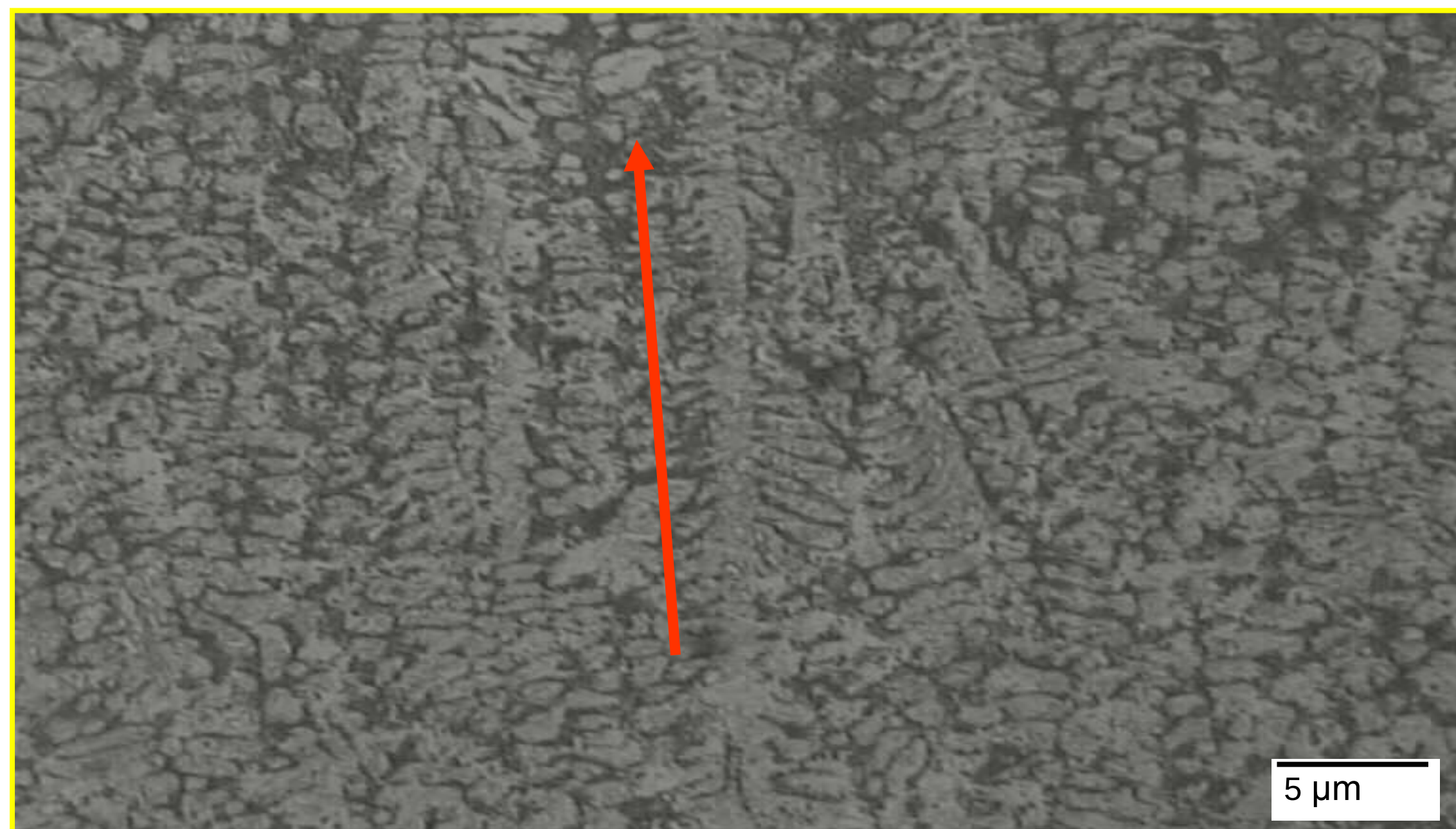
Średnia powierzchnia ziarna

245 μm^2

Stal przetopiona 30,30 μm^2

Struktura stali 32CrMoV12-28
po stopowaniu laserowym
a) austenit szczątkowy
b) węglik VC

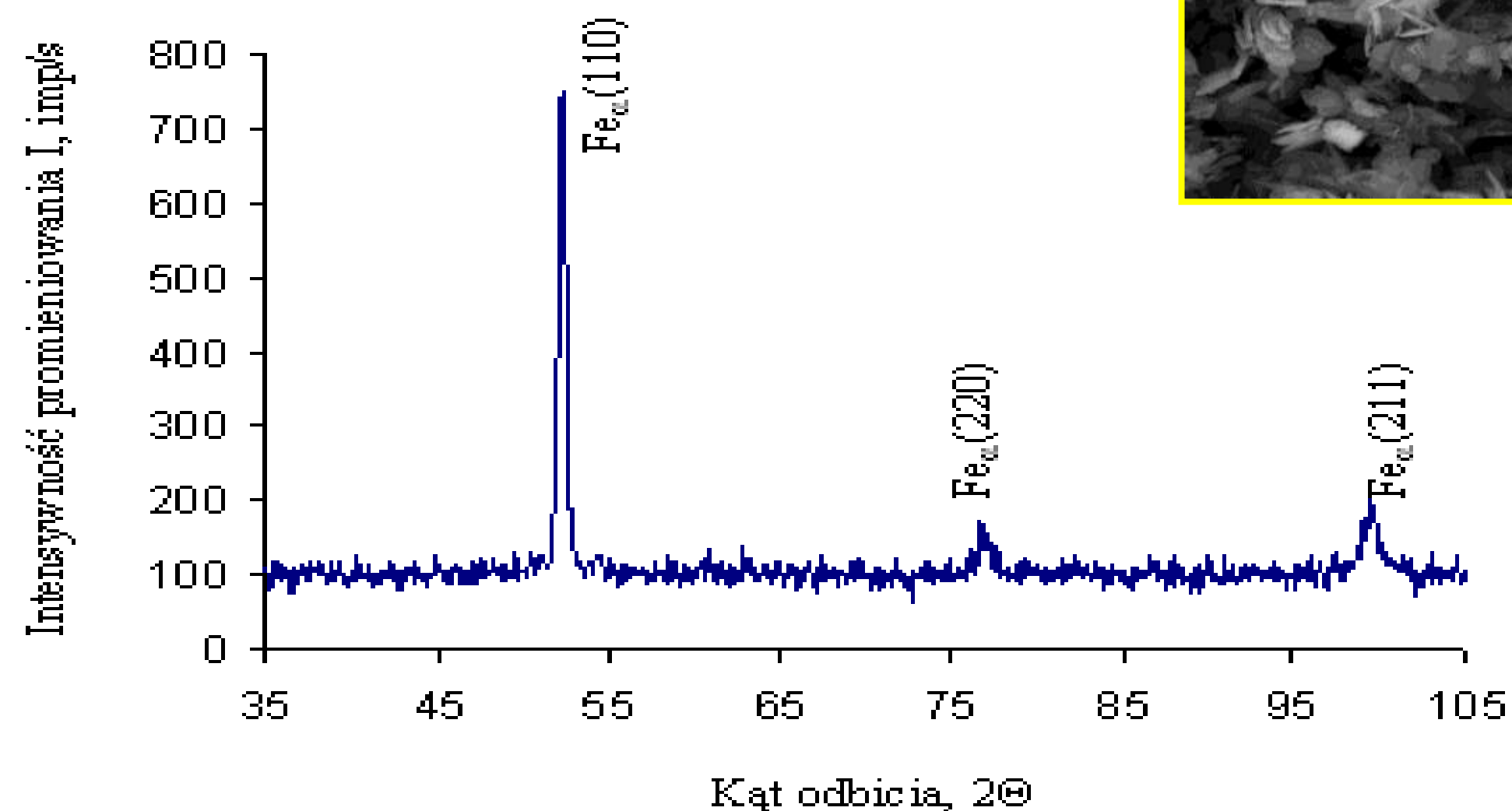
Struktura warstwy wierzchniej po stopowaniu laserowym



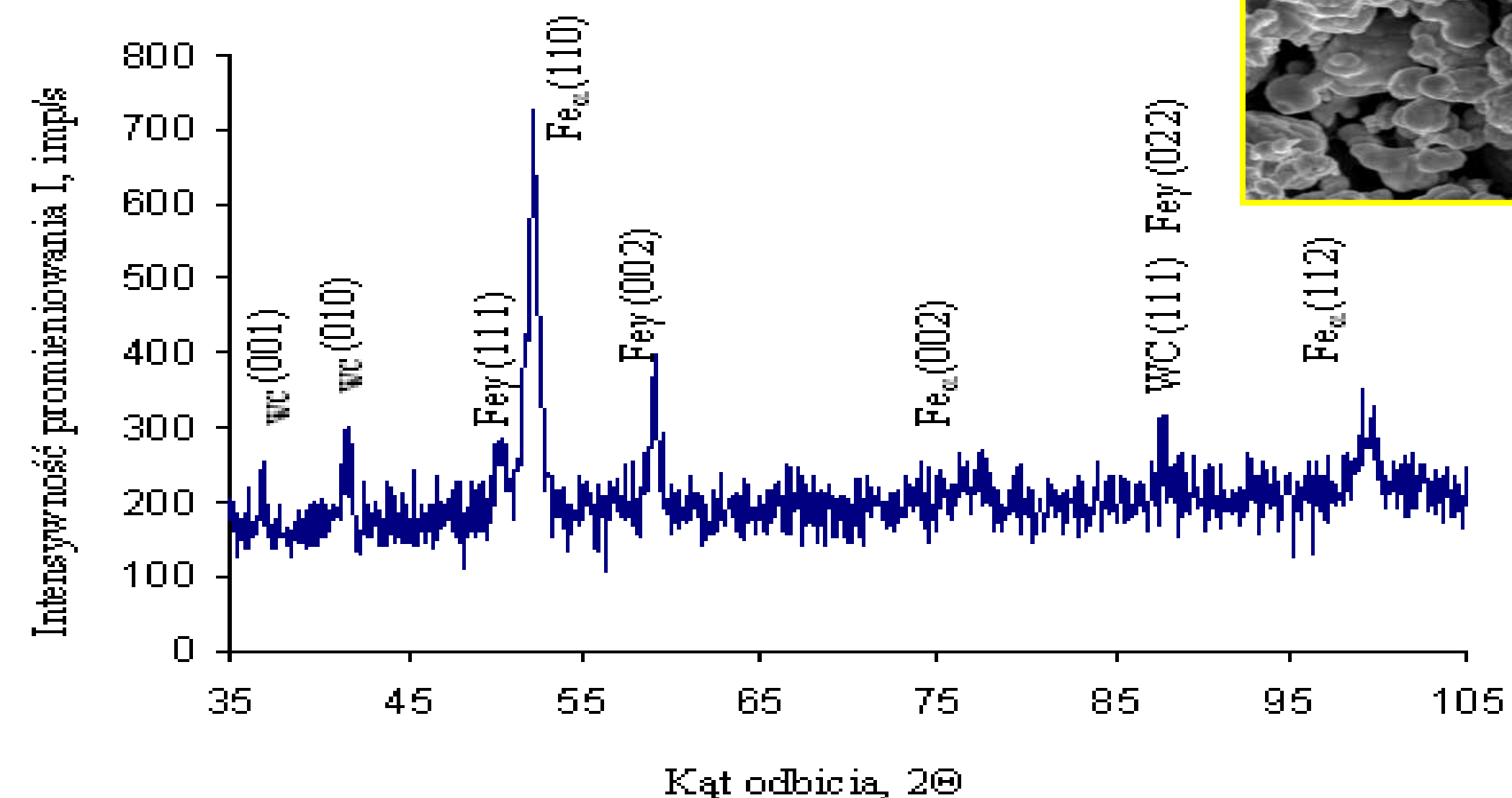
Kierunek wzrostu dendrytów zgodny
z kierunkiem odprowadzania ciepła
podczas krzepnięcia stali

Strefa centralna przetopienia warstwy wierzchniej
stali po stopowaniu proszkiem NbC, moc lasera 2,0 kW

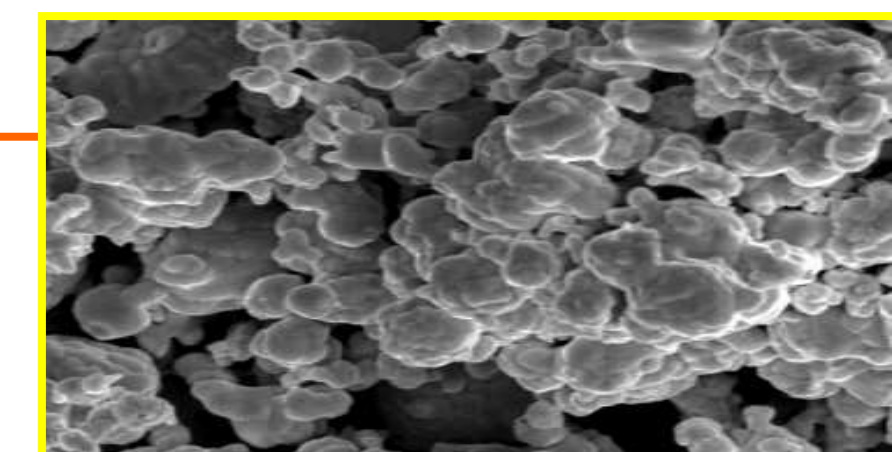
Rentgenowska analiza fazowa jakościowa warstwy wierzchniej



Proszek: azotek boru
Moc lasera: 1,2 kW

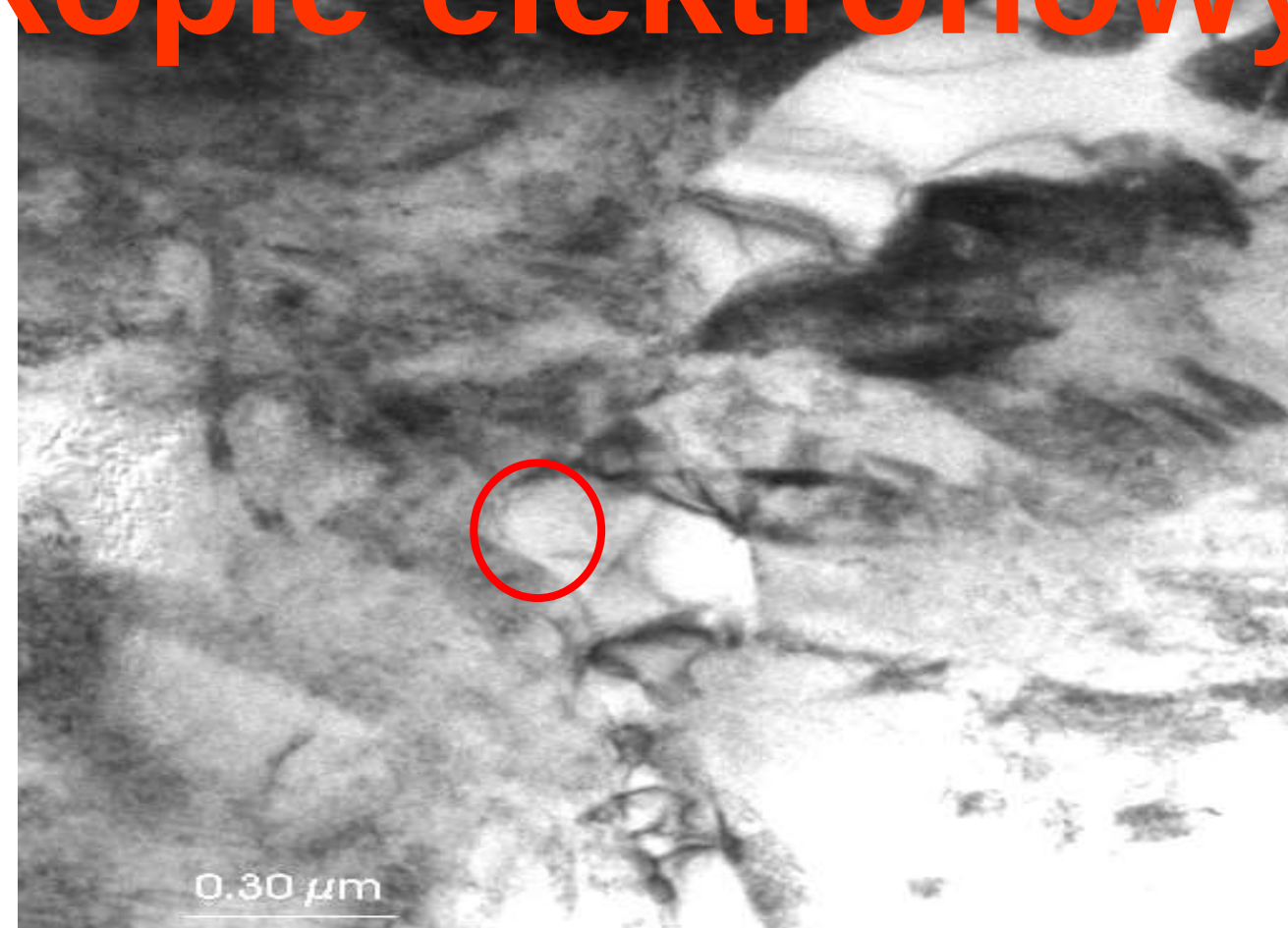


Proszek: węgiel wolframu
Moc lasera: 1,2 kW



Badania dyfrakcyjne na transmisyjnym mikroskopie elektronowym

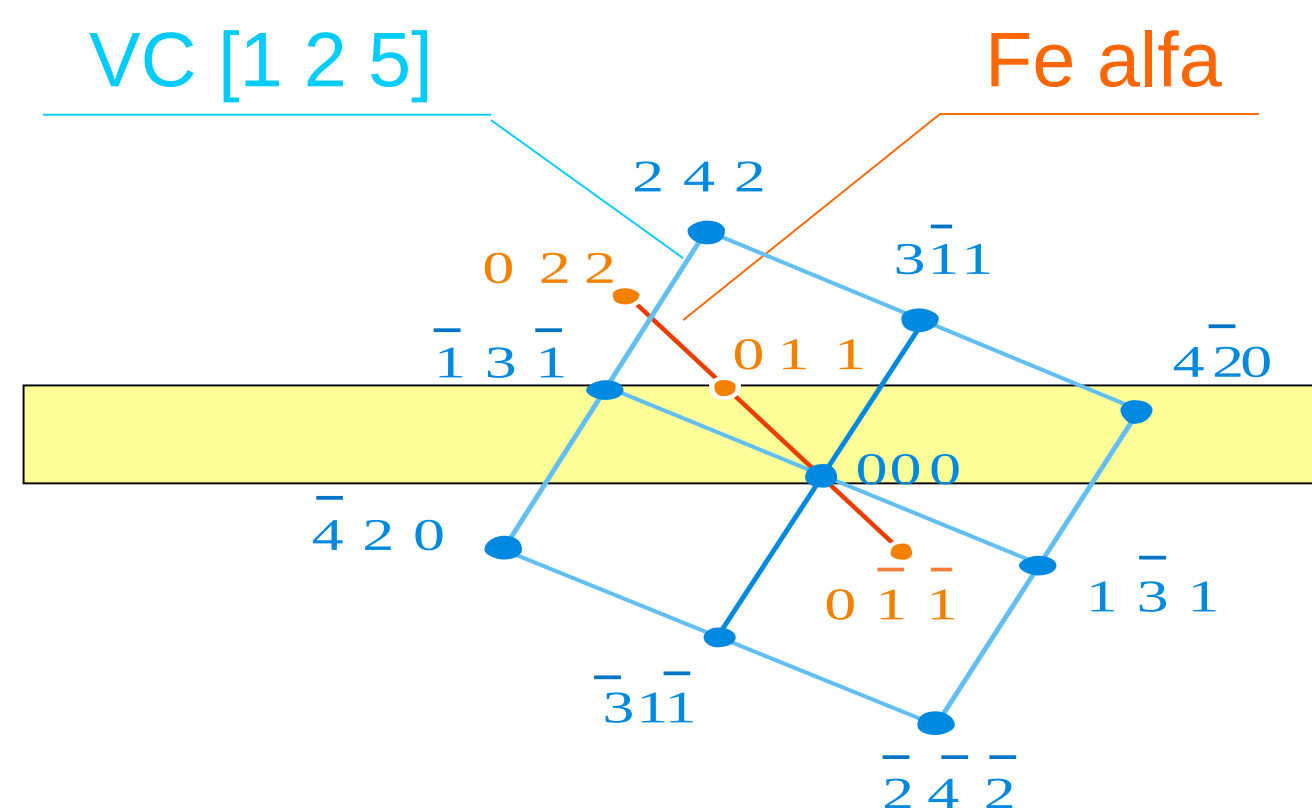
a)



b)



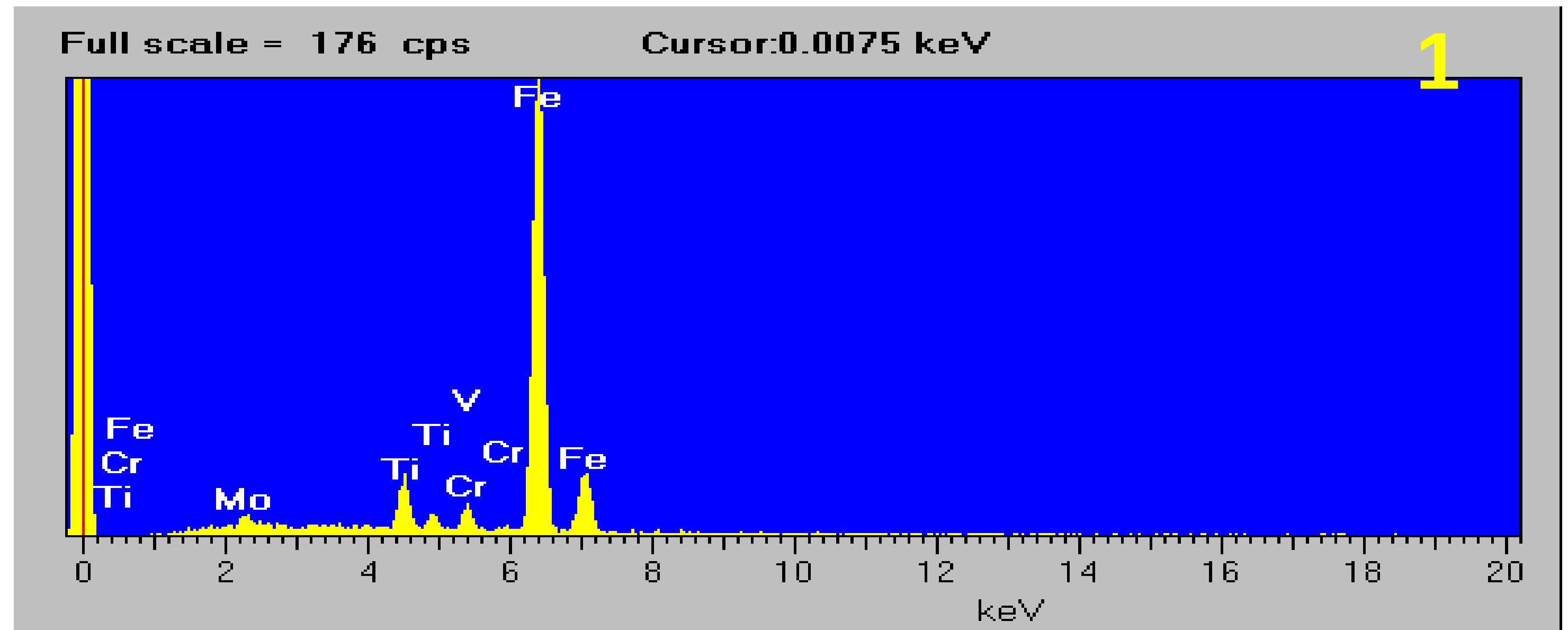
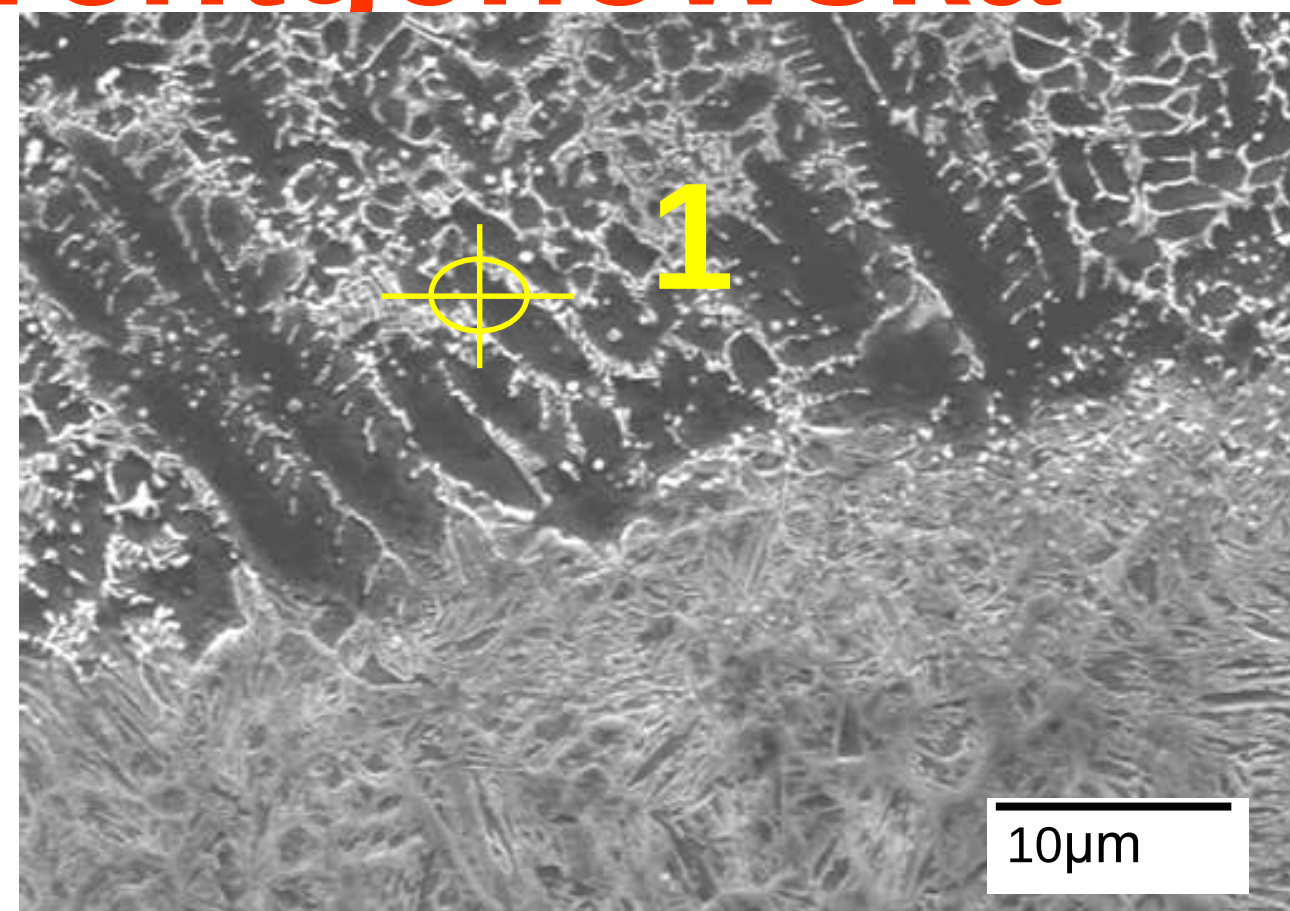
c)



Struktura cienkiej folii ze stali stopowej do pracy na gorąco stopowana proszkiem węgla wanadu
a) obraz w polu jasnym,
b) dyfraktogram z obszaru jak na rysunku a),
c) rozwiązanie dyfraktogramu z rysunku b)

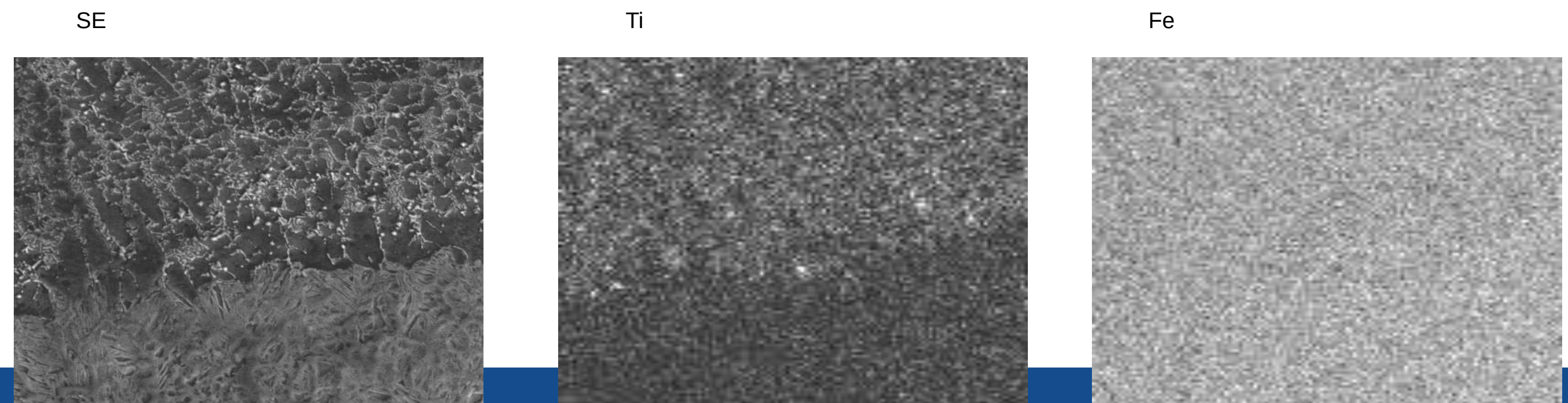
Mikroanaliza rentgenowska

Analiza punktowa



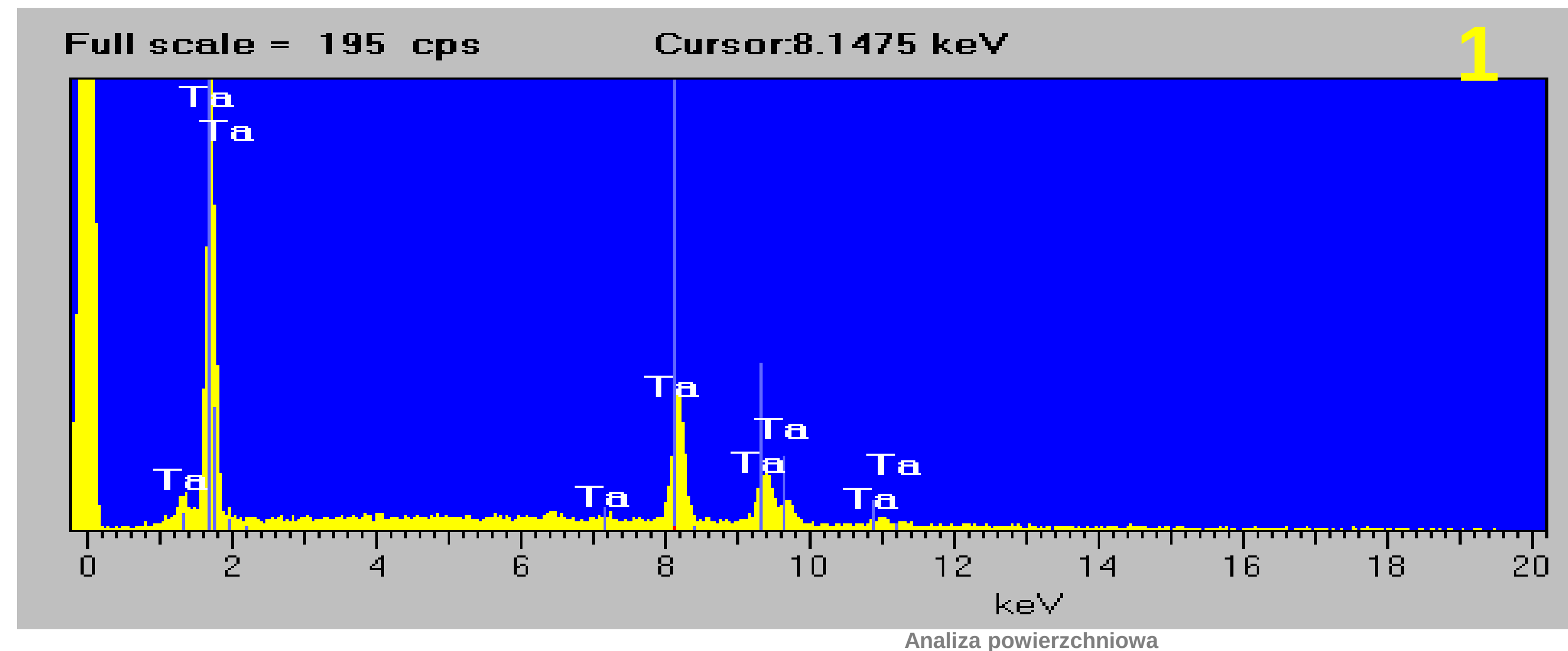
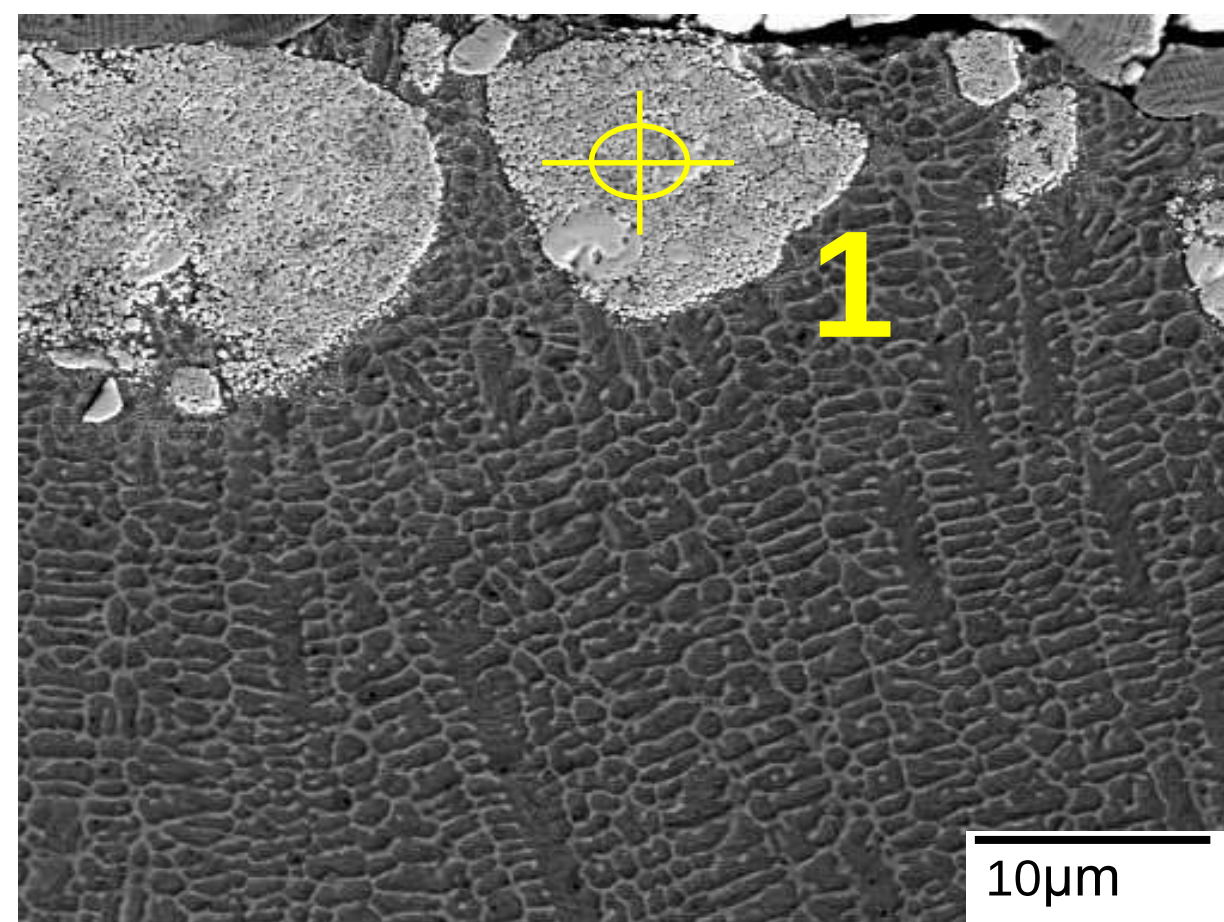
Wykresy natężenia w funkcji energii rozproszonego promieniowania rentgenowskiego po laserowym przetapianiu proszkiem węgla tytanu TiC, przy mocy wiązki 2,0 kW

Analiza powierzchniowa



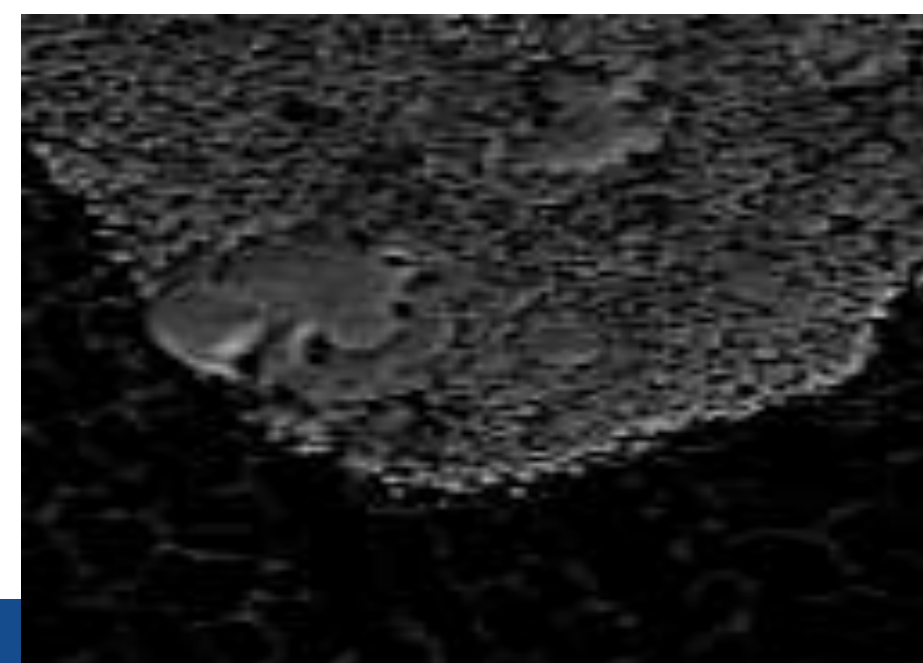
Mikroanaliza rentgenowska

Analiza punktowa



Wykresy natężenia w funkcji energii rozproszonego promieniowania rentgenowskiego po laserowym przetapianiu proszkiem węgliku tytanu TaC, przy mocy wiązki 2,0 kW

SE

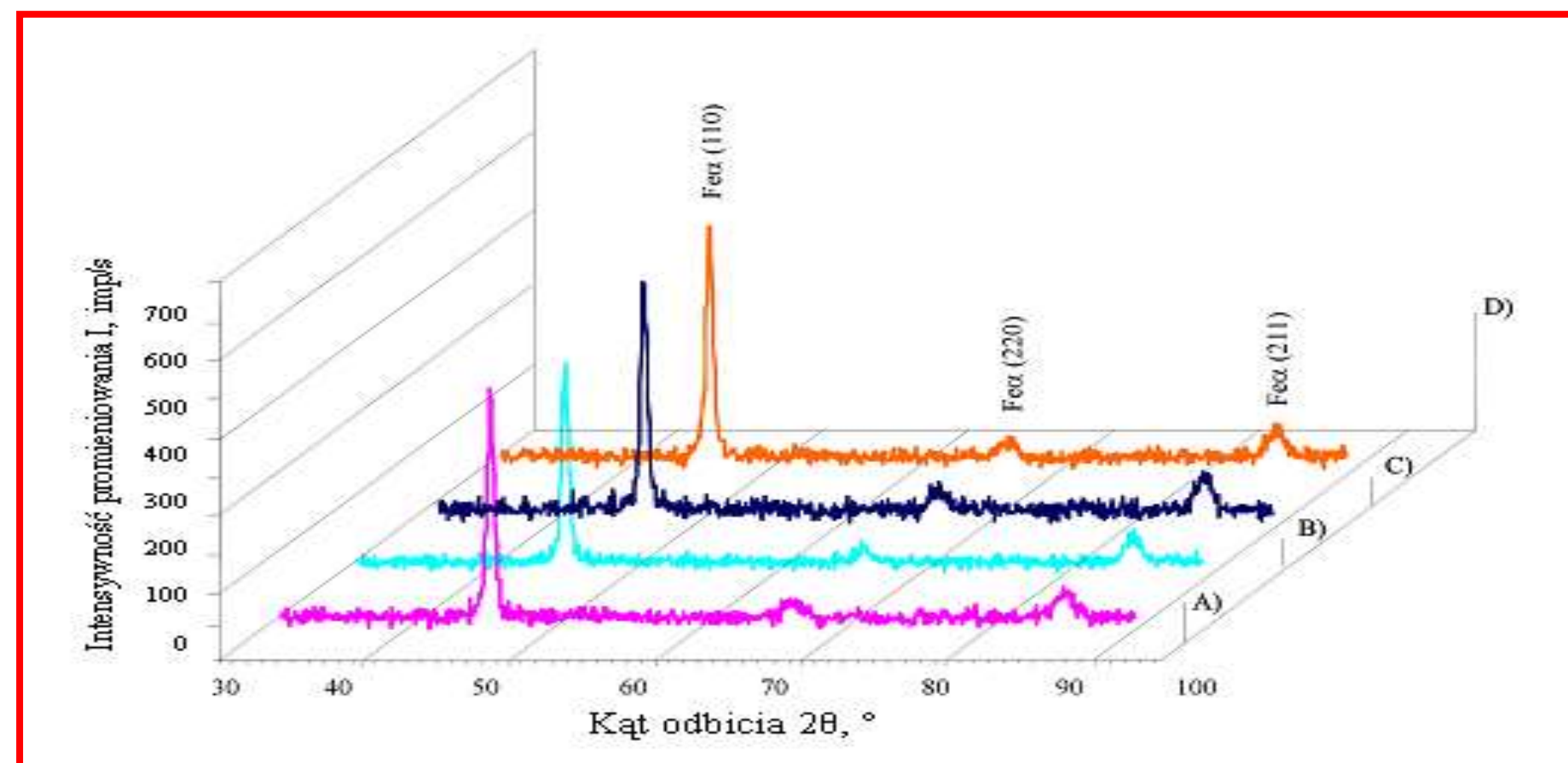


Ta

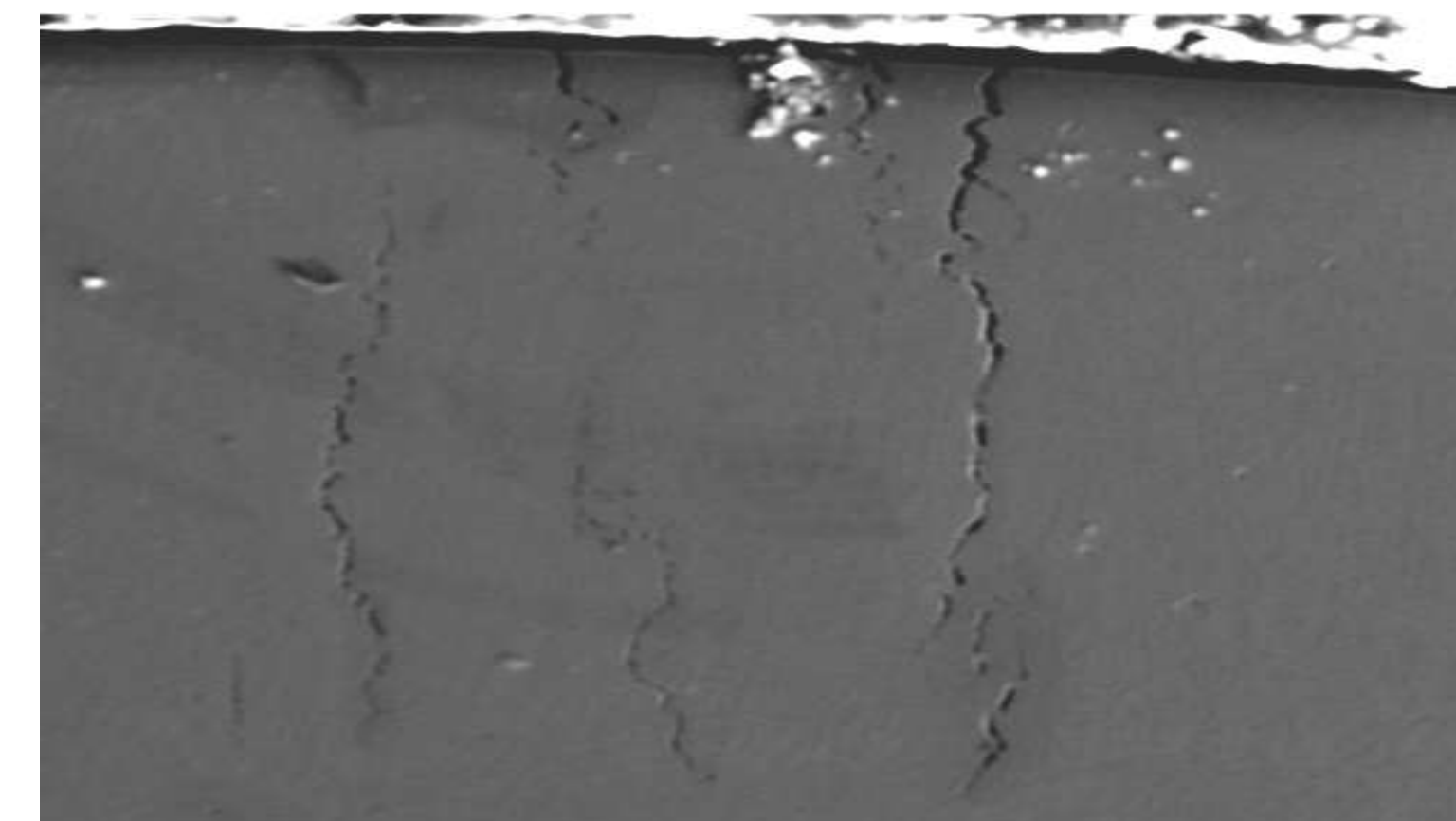


Fe



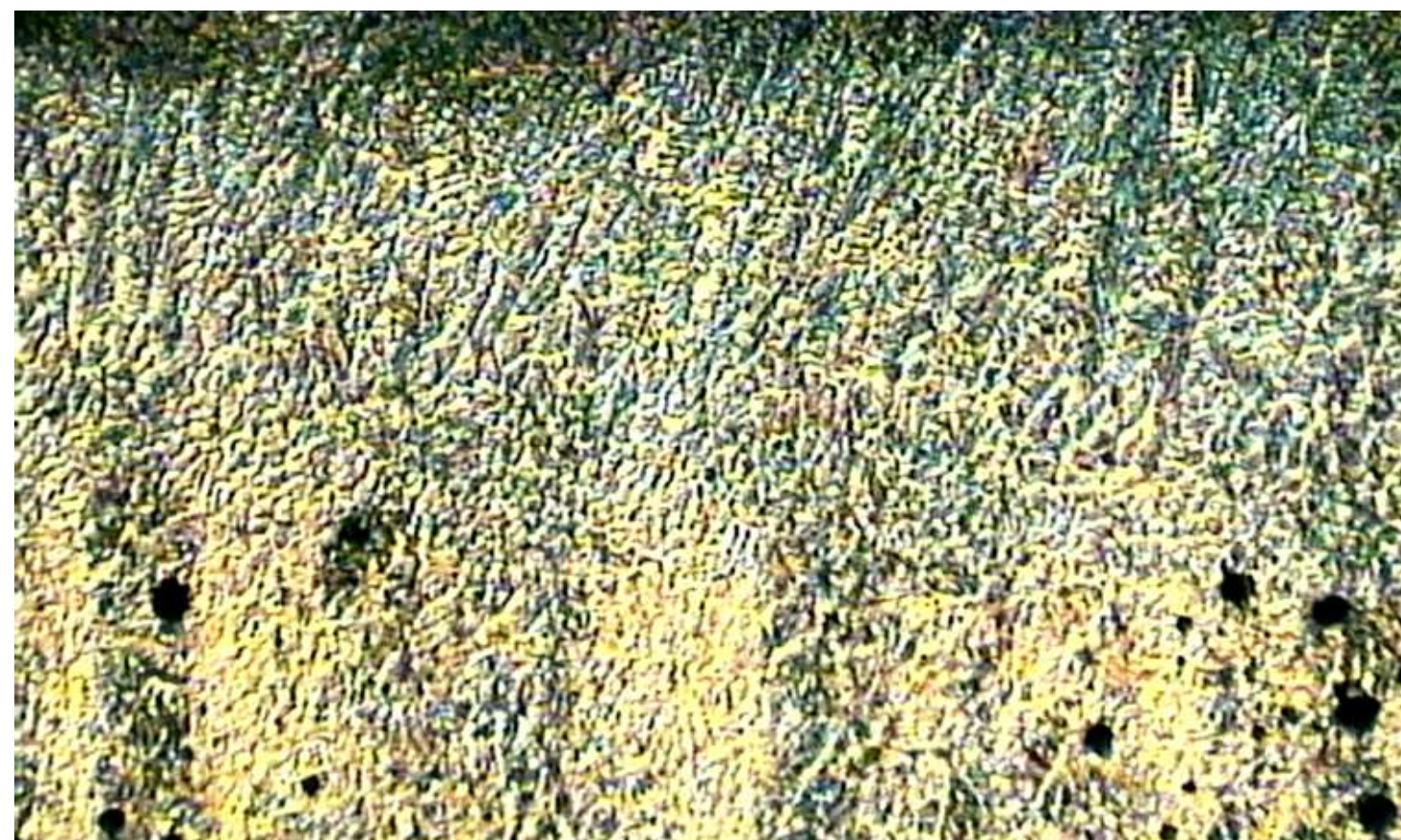


Dyfraktogram rentgenowski stali stopowanej proszkiem tlenku cyrkonu, moc lasera a) 1,2 kW, b) 1,6 kW, c) 2,0 kW, d) 2,3 kW



Brzeg przetopienia warstwy wierzchniej stali po stopowaniu proszkiem BN, moc lasera 2,0 kW

a)



b)

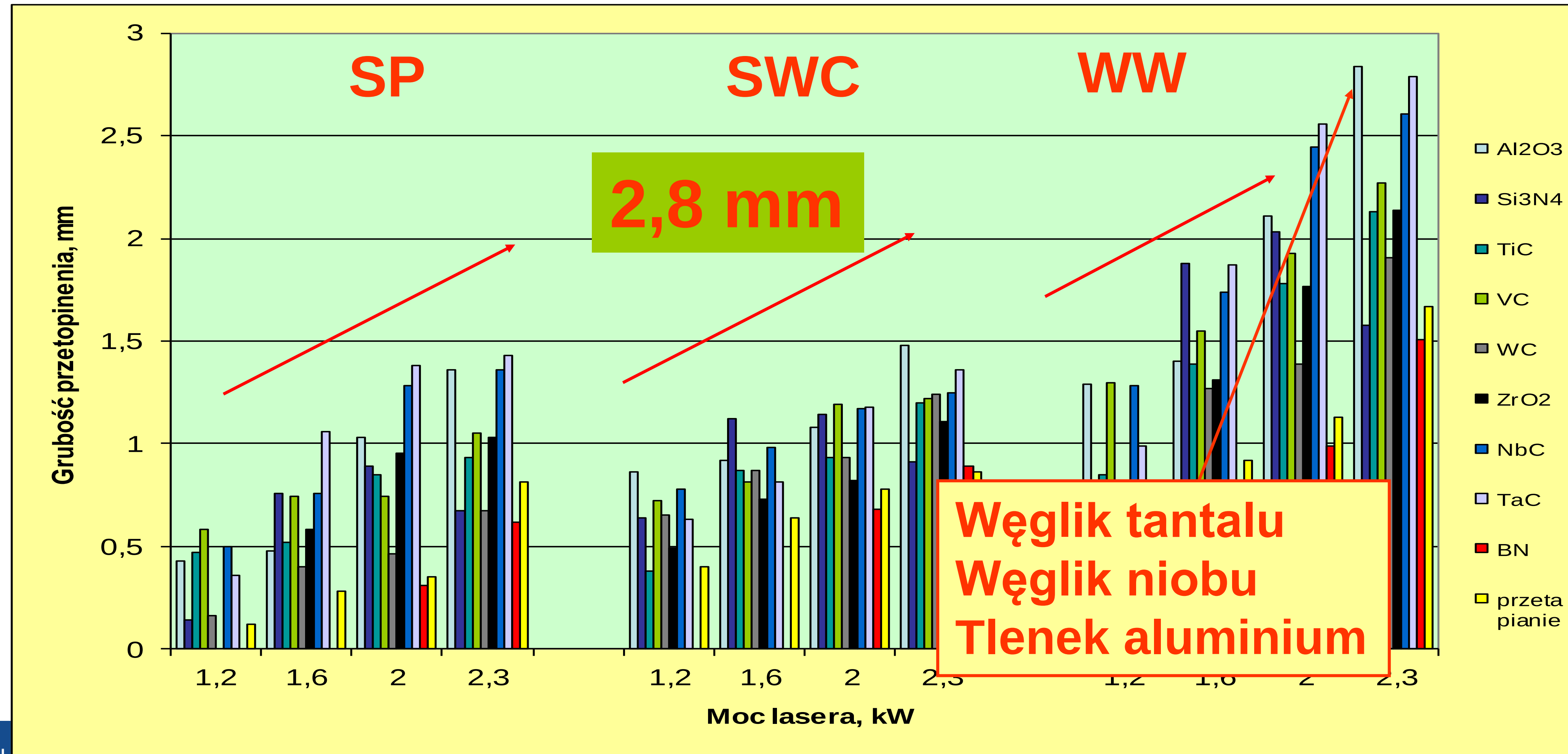


Warstwa wierzchnia stali po stopowaniu proszkiem Al_2O_3 a) i proszkiem ZrO_2 b), moc lasera 2,0 kW

- grubość i nieregularność strefy przetopionej oraz strefy wpływu ciepła,
- chropowatość powierzchni,
- twardość,
- mikrotwardość

wzrastają wraz z mocą lasera
i są największe dla mocy 2,3 kW

Wpływ mocy lasera na grubość strefy przetopionej SP, strefy wpływu ciepła SWC, warstwy wierzchniej WW (SP+SWC)



Grubość warstwy wierzchniej

nieregularność kształtu lica ściegu
wzrasta wraz z mocą lasera



proszek VC, moc 2,3 kW



proszek VC, moc 2,0 kW



proszek VC, moc 1,2 kW

” Poczuć pociąg do kolei.
”

KONTAKT

Biuro projektu:
Katowice,
Ul. Krasińskiego 8,
p.206 lub 115



Telefon:
+48 32 603 40 26
+48 32 603 41 08



E-mail:
lukasz.wierzbicki@@polsl.pl
renata.rajkiewicz@polsl.pl



Strona www:
www.ktk.polsl.pl