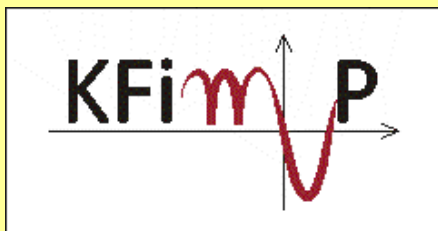


MATERIAŁY FUNKCJONALNE PRZYSZŁOŚCI

Zbigniew Grzesik

<http://home.agh.edu.pl/~grzesik>



Katedra Fizykochemii i Modelowania Procesów

Materiały funkcjonalne

Materiały funkcjonalne to materiały zmieniające kształt i właściwości fizyczne pod działaniem pól zewnętrznych:

- piezoelektryki
- materiały magnetostrykcyjne
- materiały z pamięcią kształtu
- materiały elektro- i magneto- reologiczne

Przez materiały funkcjonalne rozumie się materiały, których natura bezpośrednio warunkuje spełnianie właściwych im, szczególnych funkcji użytkowych (np. półprzewodnik w tranzystorze czy laserze, dielektryk w kondensatorze, piezoelektryk czy piezomagnetyk w filtrach, pewne stopy jako katalizatory itd.)

Materiały funkcjonalne

```
graph TD; A[Materiały funkcjonalne] --> B[Konstrukcyjne]; A --> C[Funkcjonalne / specjalne]
```

Konstrukcyjne

materiały, dla których wytrzymałość mechaniczna jest najbardziej istotną cechą braną pod uwagę przy projektowaniu, wytwarzaniu, przetwarzaniu i użytkowaniu

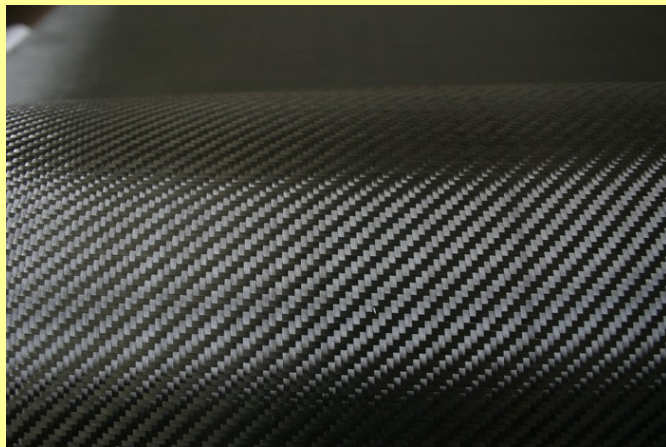
Funkcjonalne / specjalne

materiały, dla których najważniejszą funkcją/właściwością jest inna funkcja/właściwość niż wytrzymałość mechaniczna

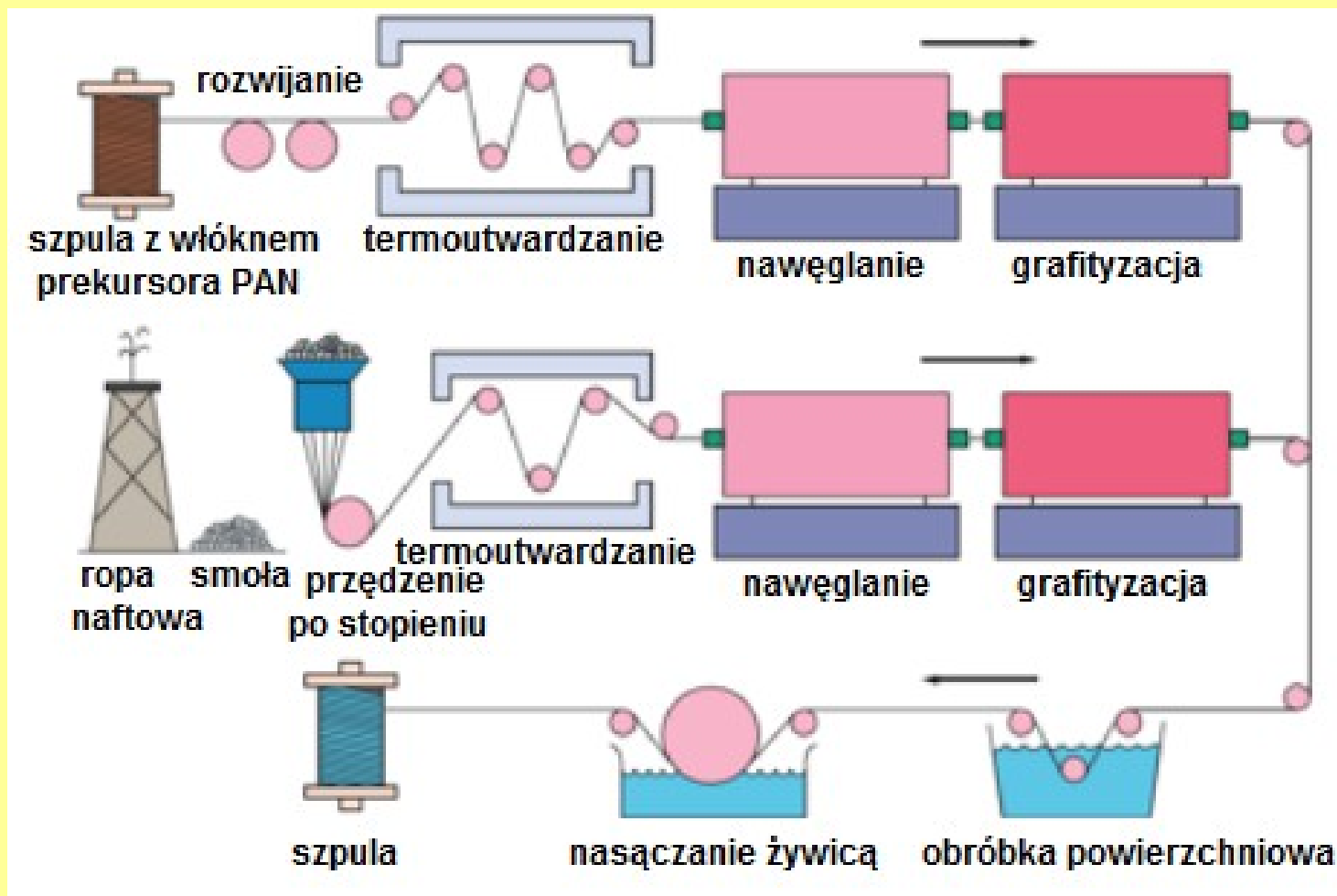
Włókna węglowe

Pierwsze włókna węglowe wytwarzano przez tzw. karbonizację włókien nitrocelulozowych. Obecnie materiałem wyjściowym są włókna organiczne, jak np. lignina czy sztuczny jedwab, ale najlepsze właściwości wykazują włókna węglowe wyprodukowane z wysokiej jakości włókien poliakrylonitrylowych (PAN), znanych pod nazwą „anilany”.

Na ich właściwości wpływ mają przede wszystkim zastosowane parametry wytwarzania.



Schemat procesu technologicznego otrzymywania włókien węglowych z poliakrylonitrylu PAN oraz paku



Zalety włókien węglowych

- niska gęstość
- wysoka wytrzymałość na rozciąganie
- wysoka wytrzymałość zmęczeniowa
- niski współczynnik rozszerzalności cieplnej
- wysoki moduł Younga
- stabilność termiczna przy braku tlenu do ponad 3000°C
- odporność na nagłe zmiany temperatury
- odporność chemiczna - stabilność, szczególnie w silnych kwasach

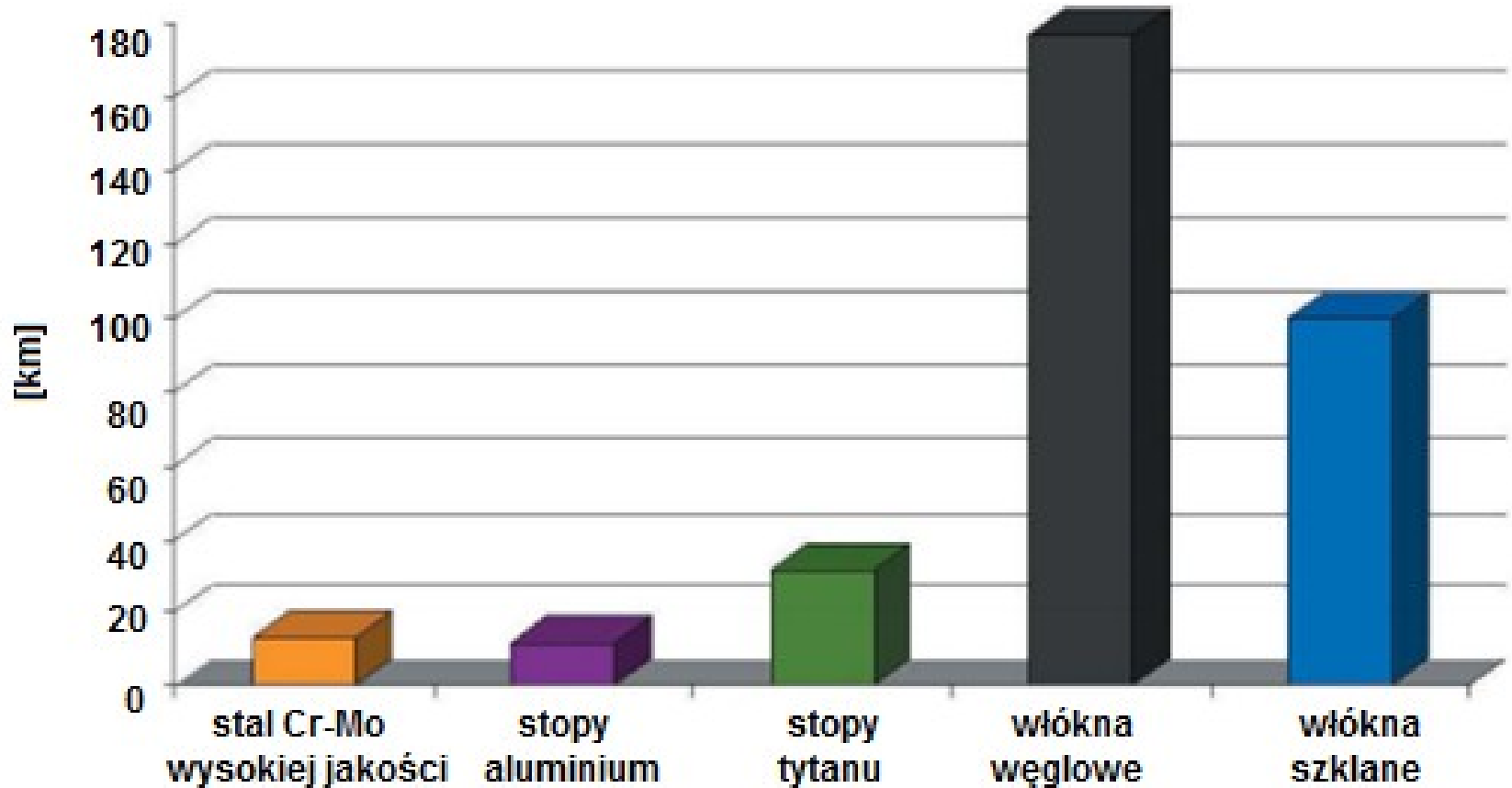
Zalety włókien węglowych c. d.

- biokompatybilność
- odporność na ścieranie
- wysoka przewodność cieplna
- wysoka wytrzymałość na pełzanie
- stabilność wymiarowa
- przewodność elektryczna, niska rezystywność
- dostępność w postaci płótna
- coraz niższy koszt materiału i coraz większa dostępność

Wady włókien węglowych

- niskie możliwości sprężania w porównaniu do rozciągania
- tendencja do utleniania w środowisku tlenowym pod wpływem wysokiej temperatury
- utlenianie włókna węglowego jest katalizowane przez środowisko alkaliczne (zasadowe)
- właściwości włókna węglowego są określane w zależności od ułożenia włókien

Wytrzymałości właściwe wybranych materiałów



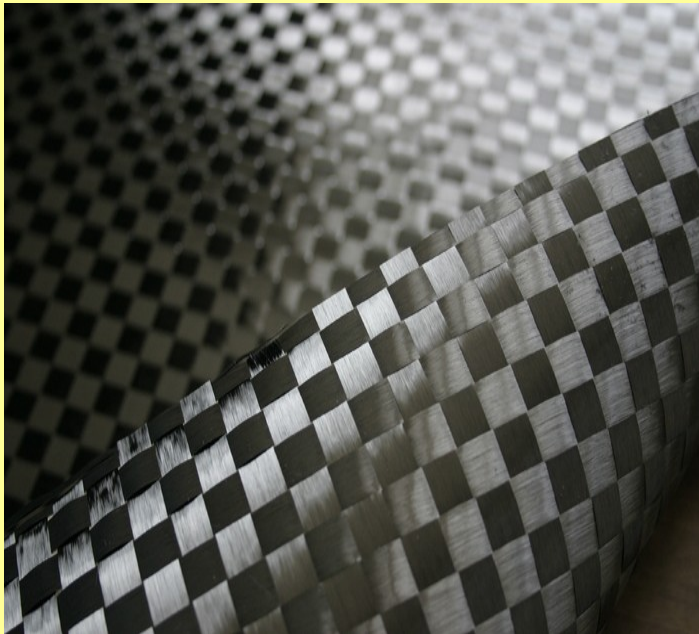
Tkaniny z włókien węglowych

Wybierając do zastosowań przemysłowych tkaninę z włókna węglowego, brane pod uwagę są różne parametry konstrukcyjne. Parametry te podzielono na cztery podstawowe grupy: rodzaj przędzy (rowingu), gramatura, rodzaj splotu oraz wykończenie tkaniny. Kombinacja tych parametrów definiuje własności mechaniczne i wytrzymałościowe tkaniny oraz jej grubość.

Przy wytwarzaniu tkanin plecionych wykorzystywane są podstawowe metody stosowane w standardowym tkactwie, jednakże wykonywane z ogromną precyzją na specjalistycznych maszynach produkcyjnych.

Typy tkanin z włókien węglowych

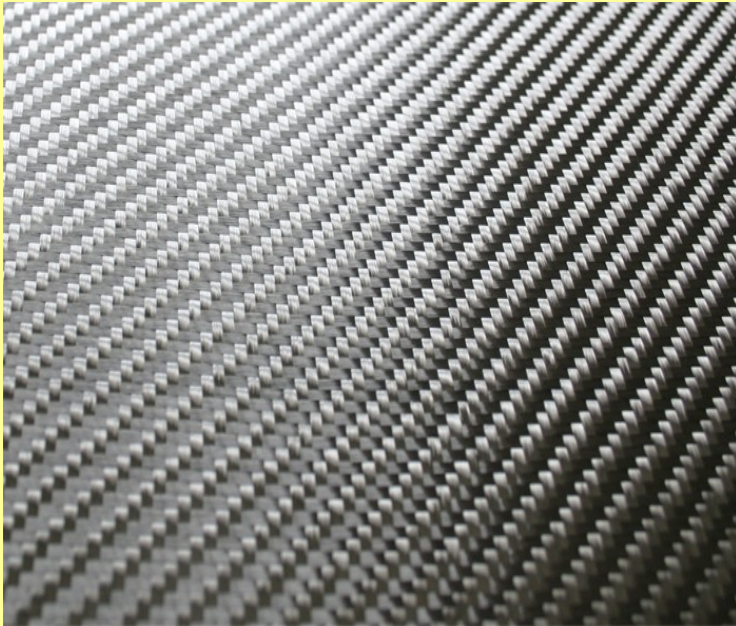
Do celów przemysłowych dostosowano sploty:



Splot płócienny (PLAIN)

Powstaje poprzez przeplatanie włókien wątku naprzemiennie nad i pod włóknami osnowy. Splot ten zapewnia dobrą stabilność tkaniny ale generalnie tkanina jest najmniej "giętka".

Typy tkanin z włókien węglowych c. d.



Splot skośny (TWILL)

Jest tworzony przez jedno lub dwa włókna osnowy przeplecione przez co najmniej dwa włókna wątku. Splot jest bardziej giętki niż płócienny, tkanina lepiej się układa, jednak włókna mogą mieć tendencję do "rozchodzenia" się.

Typy tkanin z włókien węglowych c. d.



Splot satynowy (SATIN),

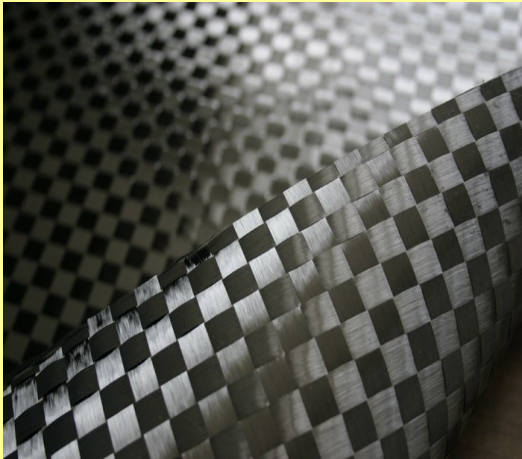
występuje w dwóch odmianach:

- 4H - struktura "trzy-na-jeden", gdzie włókna wątku przeplatane są nad trzema włóknami a następnie pod jednym włóknem osnowy. Splot ten jest bardziej elastyczny niż plain i wykazuje lepszą układalność na zakrzywionych powierzchniach.

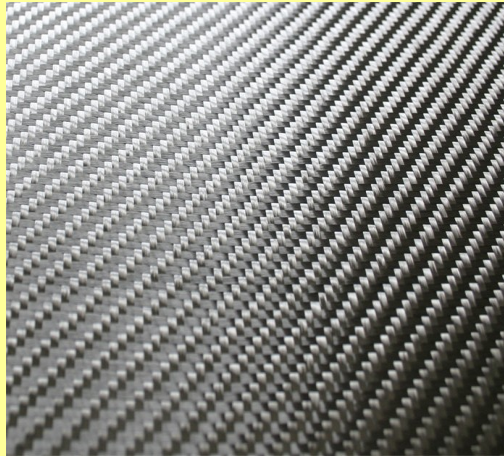
- 8H - struktura adekwatna do 4H, z tą różnicą, że włókna wątku przeplatane są nad siedmioma włóknami a następnie pod jednym włóknem osnowy. Splot jest bardzo "giętki" i dedykowany do układania na powierzchniach o dużych krzywiznach.

Typy tkanin z włókien węglowych

Do celów przemysłowych dostosowano sploty:



Splot płócienny (PLAIN)



Splot skośny (Twill)



Splot satynowy (SATIN)

Zastosowanie włókien węglowych

Włókno węglowe stosowane jest szczególnie tam gdzie wymagana jest wysoka wytrzymałość produktu w połączeniu z małym ciężarem.

- w przemyśle jako zbrojenie laminatów opartych na żywicach epoksydowych wysokiej jakości
- przemysł energetyczny laminaty do produkcji łopat elektrowni wiatrowych
- w przemyśle lotniczym do wytwarzania śmigieł, komponentów wzmacniających strukturę kadłuba i skrzydeł
- w produkcji jachtów do elementów szczególnie narażonych na duże obciążenia jak stery, maszty, kadłub, wzmocnienie żagli
- w przemyśle sportowym (rowery, łuki sportowe, bolidy F1)
- technologie kosmiczne

Winda kosmiczna

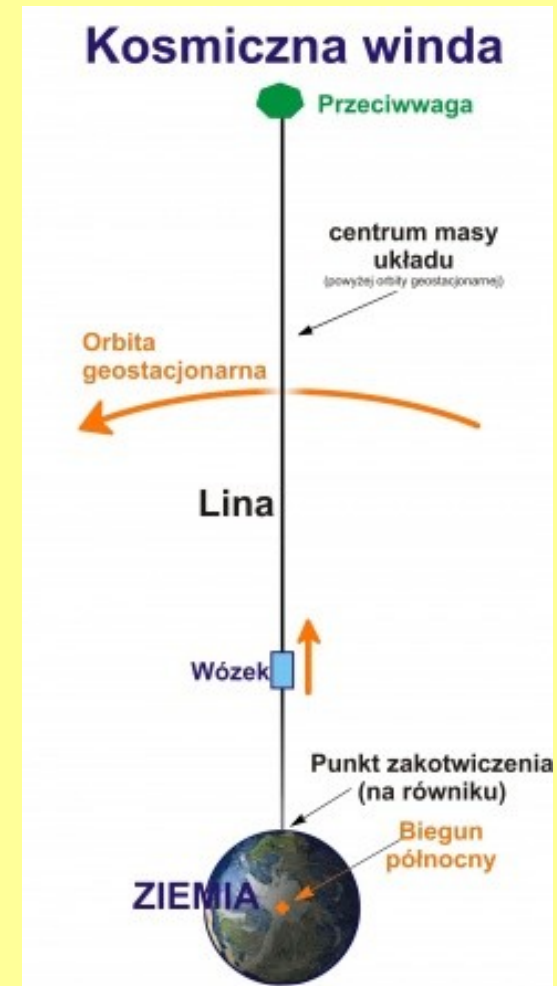
Winda kosmiczna to projektowana konstrukcja, służąca do wynoszenia obiektów z powierzchni ziemi w przestrzeń kosmiczną. W literaturze nazywana również satelitą na uwięzi, kosmicznym mostem lub wieżą orbitalną.



Konstrukcja windy kosmicznej

Większość projektów windy kosmicznej zawiera jako najistotniejsze elementy:

- podstawę
- linę
- pojazdy wspinające
- przeciwwagę



Konstrukcja windy kosmicznej

Lina łącząca satelitę z podstawą musi zostać wykonana z materiału o gigantycznej wytrzymałości na rozciąganie i możliwie małej gęstości.

Z powodu różnicy naprężeń na różnych wysokościach, grubość liny będzie musiała się zmieniać w ściśle określony sposób, tak aby oprócz wynoszonego ładunku utrzymywać ciężar liny poniżej.

Aby koszty całej windy były akceptowalne, grubość nie może wzrosnąć zbyt wiele razy.

Oznacza to, że potrzebny jest tani i lekki materiał o wytrzymałości na rozciąganie rzędu 30-50 MN·m/kg, co oznaczałoby konieczność wzrostu średnicy 2-3 krotnie. Dla współczynnika wynoszącego 10 MN·m/kg potrzebne byłoby już kilkunastokrotne zwiększenie średnicy.

Konstrukcja windy kosmicznej c. d.

Material	Wytrzymałość na rozciąganie [MN·m/kg]
Najlepsza stal	1
Włókna Kevlar	2
Włókna z czystego diamentu	6-8
Nanorurki węglowe (teoret.)	powyżej 100
Olbrzymie rurki węglowe	60

Żadne współcześnie wytwarzane materiały nie spełniają wymagań wytrzymałości na rozciąganie. Szansą na przezwycięzenie tej bariery jest nanotechnologia. Odpowiednie parametry można uzyskać, stosując **włókna z nanorurek węglowych**. Najmocniejsze z wynalezionych nanorurek są około 180 razy mocniejsze od stali. Aby projekt windy kosmicznej miał szanse powodzenia, trzeba opracować włókna co najmniej 4 razy wytrzymalsze niż obecnie.

Winda kosmiczna c.d.

Nanorurki węglowe są obecnie jednymi z najwytrzymalszych znanych materiałów. W obecnej chwili nie ma jednak jeszcze technologii wytwarzania ich w wystarczająco dużych ilościach i w żądanej postaci. Teoretyczne obliczenia wskazują na możliwość osiągnięcia powyżej 100 MN·m/kg, a najwyższy do tej pory zmierzony wynik to około 40 MN·m/kg. Obecnie prowadzone są intensywne badania nad uzyskiwaniem dłuższych i czystszych nanorurek, oraz nad łączeniem ich w wytrzymałe włókna.

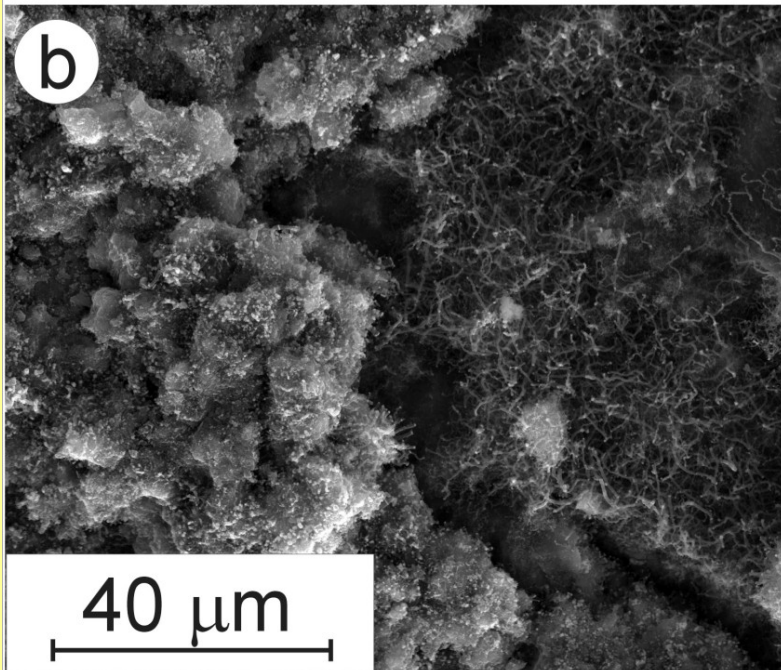
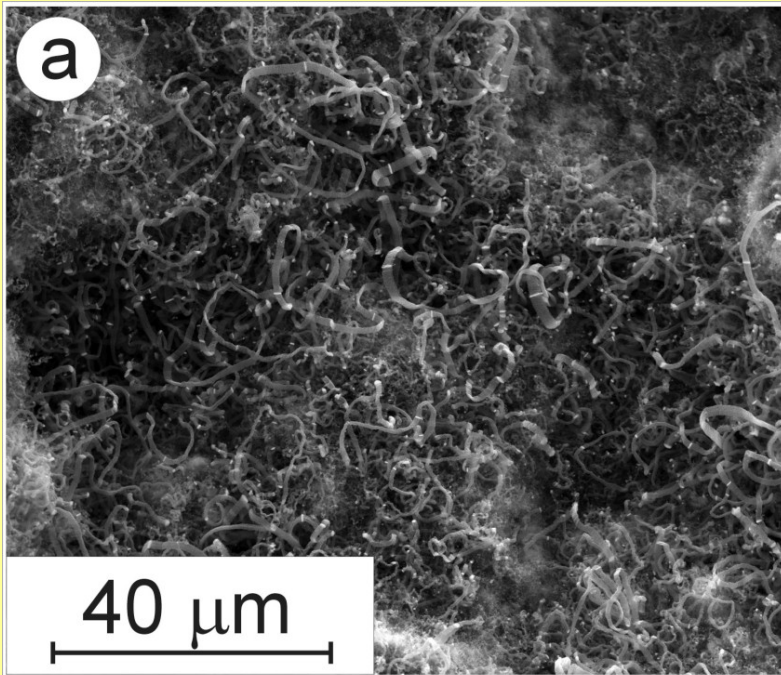
Zbudowanie windy kosmicznej pozwoliłoby stosunkowo niewielkim kosztem dostarczać na orbitę różnorodne ładunki. Wśród nich mogłyby znaleźć się również statki kosmiczne, omijające w ten sposób problem ogromnego zużycia paliwa podczas startu z powierzchni Ziemi.

Winda kosmiczna c. d.

Idea budowy windy kosmicznej w coraz mniejszym stopniu dotyczy teoretycznych rozważań, a w coraz większym konkretnych działań zmierzających do zbudowania takiego urządzenia.

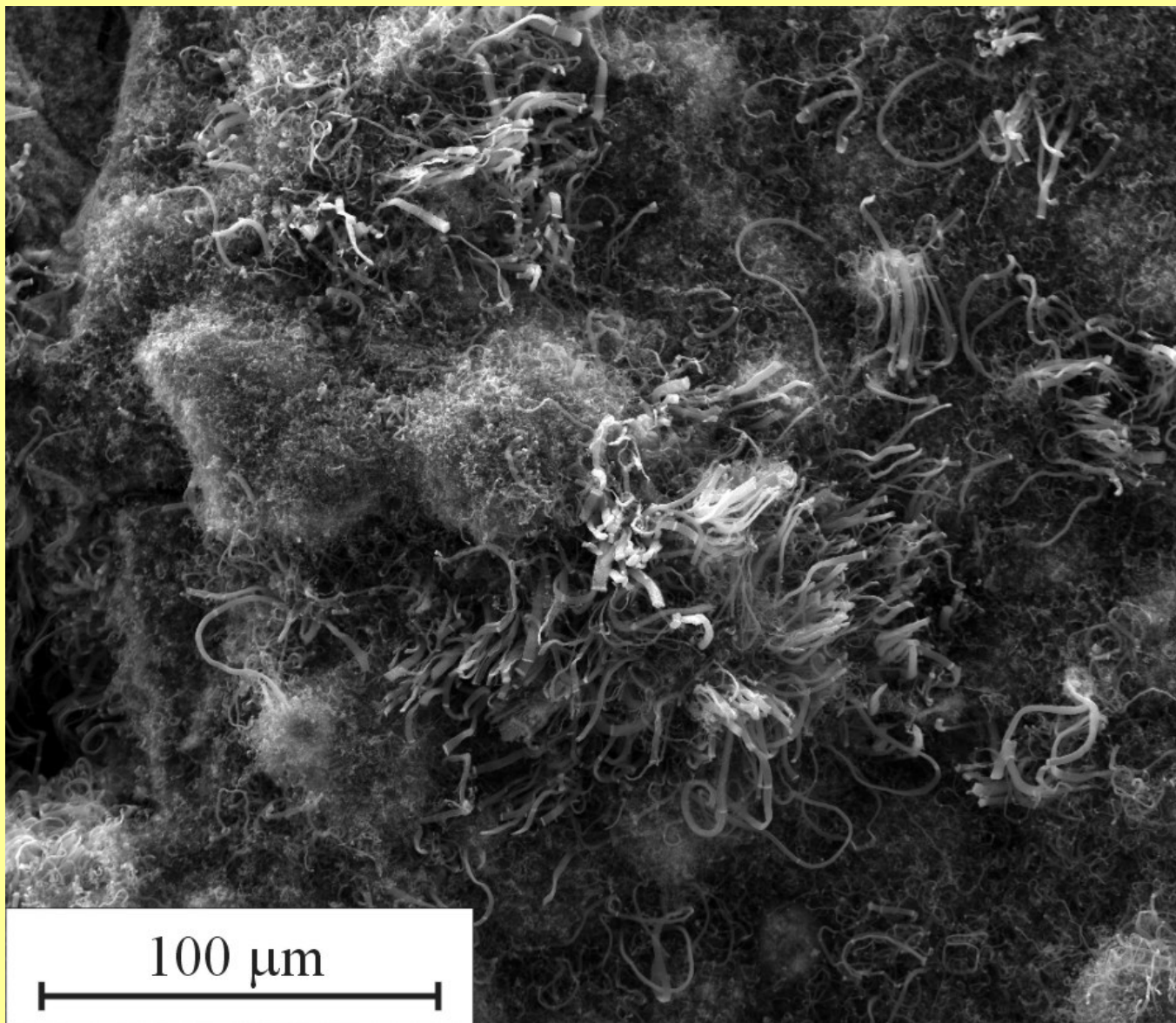
Jej budowa jest rozważana przez najważniejsze agencje kosmiczne, które szacują, że rozwój technologii umożliwi budowę takiego **urządzenia jeszcze przed 2030 rokiem.**

Intensywne badania nad **wykorzystaniem nanorurek węglowych** w projekcie windy kosmicznej prowadzą Stany Zjednoczone, jednak wśród potencjalnych zwycięzców tego wyścigu mocną pozycję ma również Japonia. Japońska firma Obayashi Corp. przedstawiła plany budowy windy kosmicznej, która miałaby zacząć działać w 2050 roku.

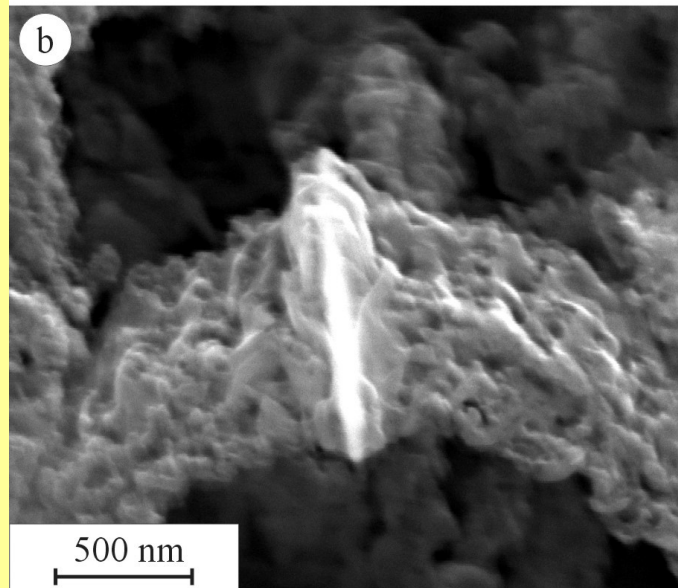
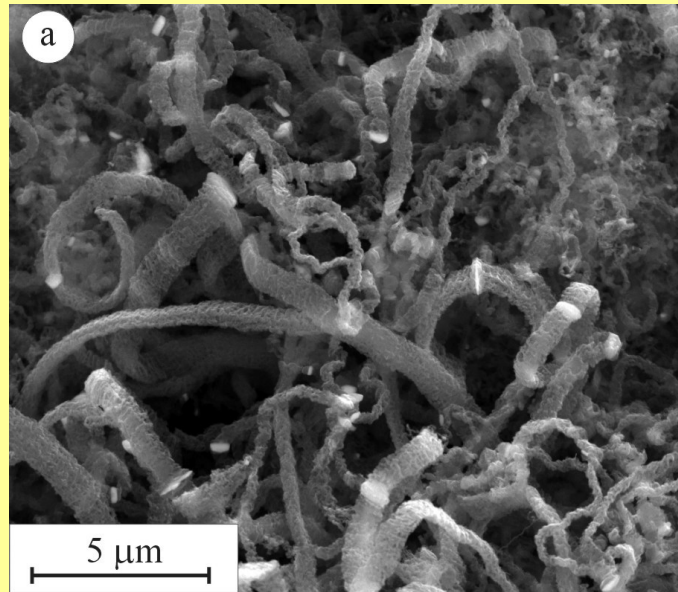


Porównanie morfologii próbek
a)stali węglowej i
b)stali 9Cr-1Mo
po 3 godzinach reakcji w
temperaturze 1173 K w atmosferze
mieszanej propanu-butanu

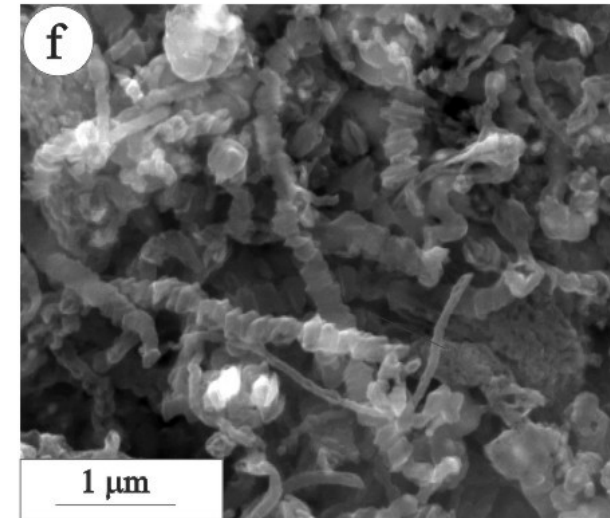
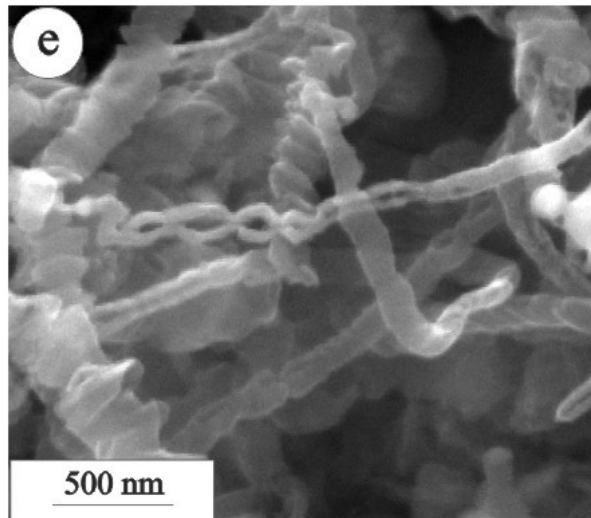
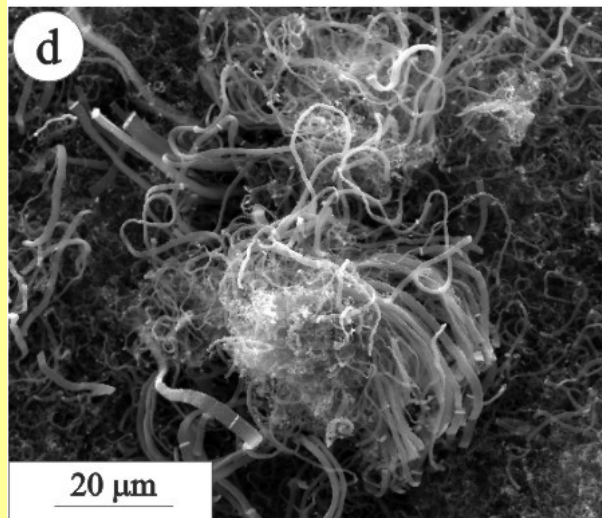
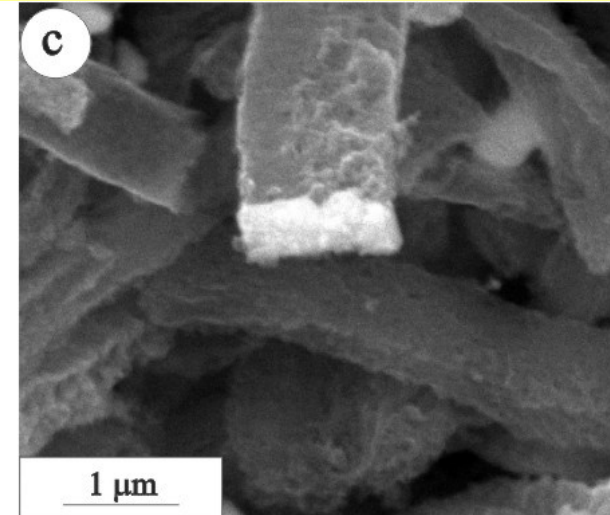
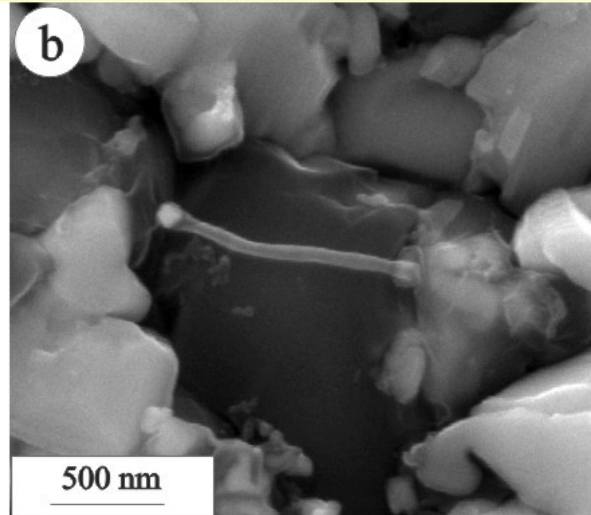
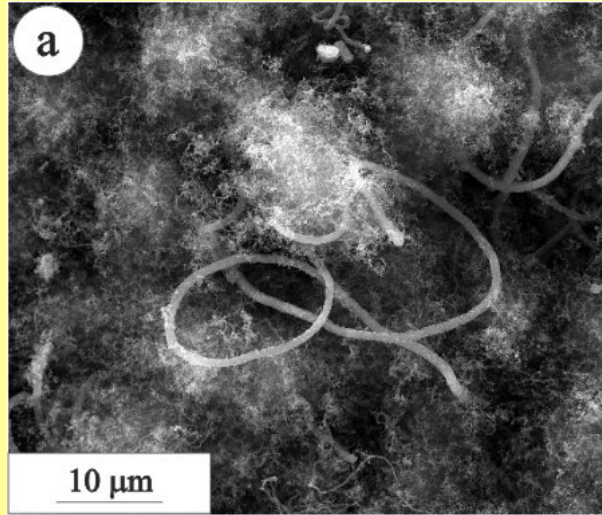
Korozja typu *metal dusting* stali węglowych



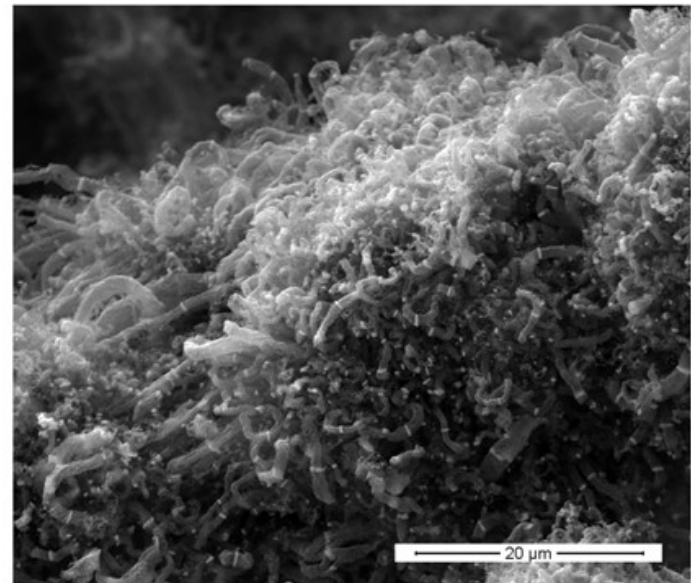
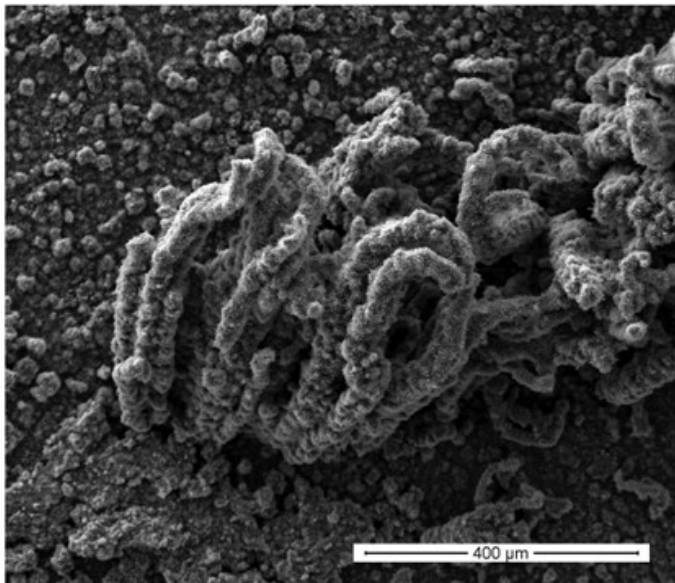
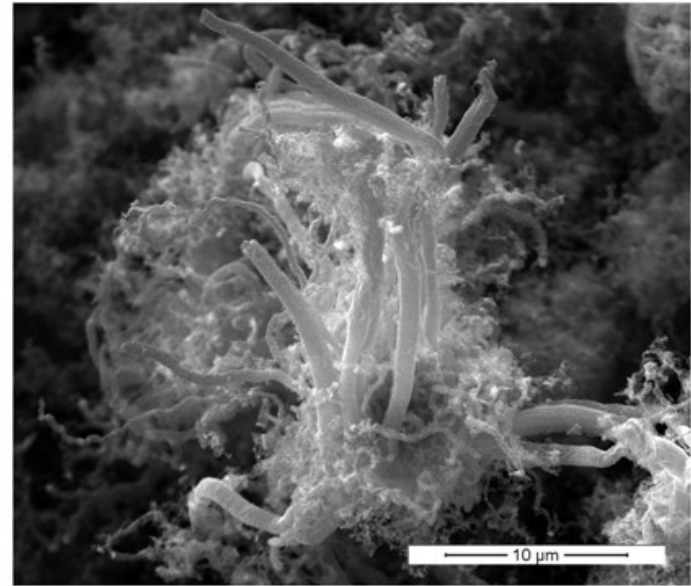
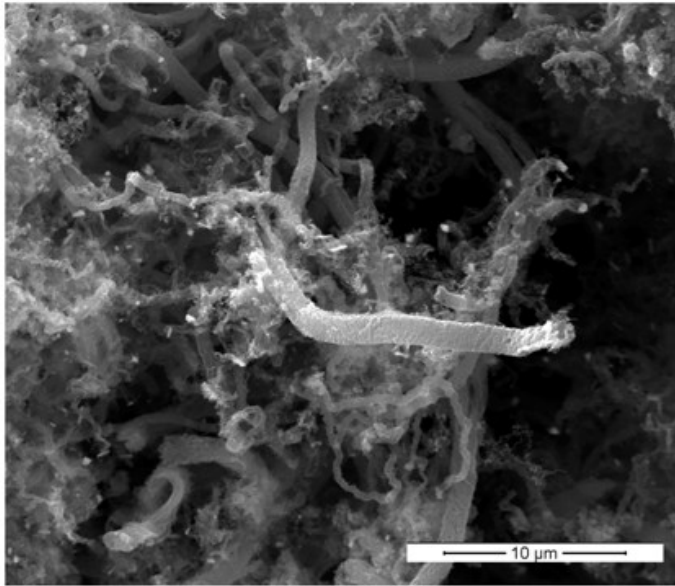
Korozja typu *metal dusting* stali węglowych



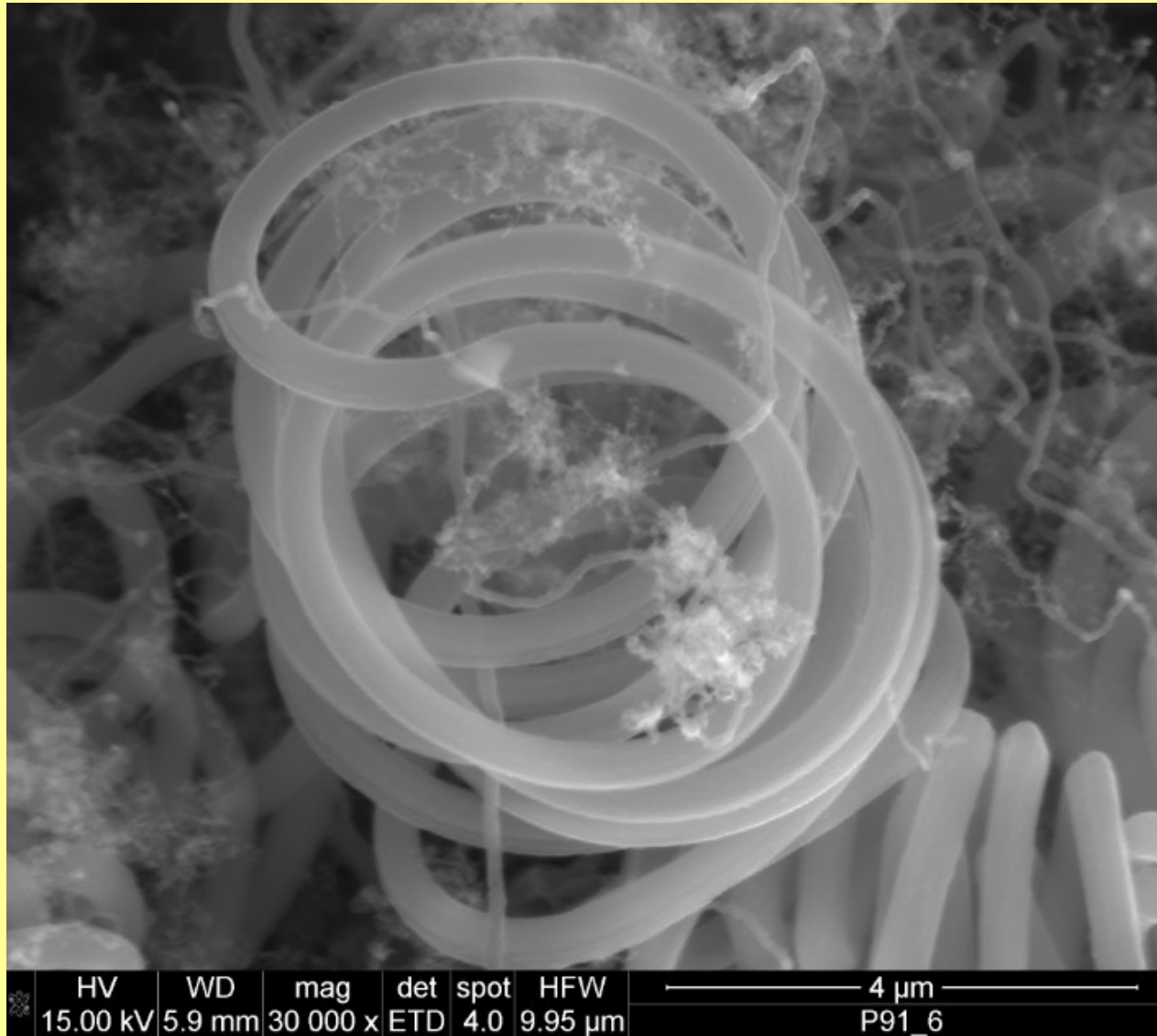
Formy produktów korozji stali węglowej w temperaturze 1073 K w atmosferze mieszaniny propanu-butanu



Formy produktów korozji stali węglowej w temperaturze 1023 K w atmosferze mieszaniny propanu-butanu



Powierzchnia próbki stali nawęglanej przez 4.5h w 923 K w atmosferze węglowodorów



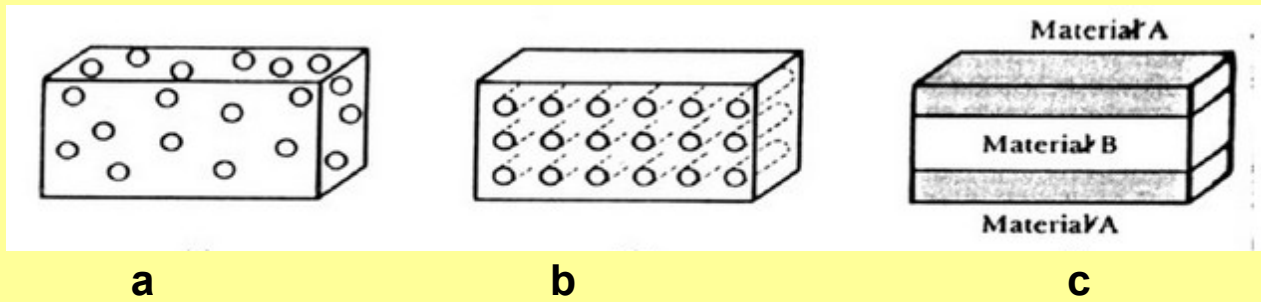
Kompozyty

Kompozyty są to materiały makroskopowo jednolite, składające się z połączonych wzajemnie komponentów (materiałów o różnych właściwościach). Takie połączenie materiałów ma na celu uzyskanie nowego materiału o ściśle określonych właściwościach eksploatacyjnych.

Kompozyty są wytwarzane w celu uzyskania właściwości lepszych i/lub nowych (dodatkowych) w stosunku do komponentów użytych osobno lub wynikających z prostego sumowania tych właściwości.

Budowa kompozytów

Kompozyty składają się zazwyczaj z 2 faz: ciągłej, osnowy (matryca) oraz rozproszonej, otoczonej osnową (zbrojeniem).



- kompozyty ziarniste (cząstkowe), w których jeden z materiałów stanowi osnowę, a drugi ma postać ziarnistą – np. proszku (rys. a),
- kompozyty włókniste, w których jeden z komponentów ma postać włókien (rys. b),
- kompozyty warstwowe (laminaty oraz przekładkowe typu "sandwich"), które zbudowane są z na przemian ułożonych warstw różnych materiałów (rys. c).

Budowa kompozytów

Osnowa	Zbrojenie
<ul style="list-style-type: none">•utrzymuje zbrojenie•zapewnia wytrzymałość na ściskanie•przenosi naprężenie zewnętrzne na zbrojenie,•zatrzymuje rozprzestrzenianie się pęknięć,•nadaje wyrobom żądany kształt <p>Najczęściej polimer (poliepoksyd, poliester) może być to metal (Ti, Ni, Fe, Al, Cu) lub ich stopy lub ceramika (SiC, TiO)</p>	<ul style="list-style-type: none">• wzmacnianie materiału,• poprawianie jego właściwości mechanicznych. <p>Zbrojenie może mieć postać:</p> <ul style="list-style-type: none">- włókna ciągłego lub nieciągłego,- tkaniny z włókien- prętów- proszku

Zbrojenie i osnowa

Połączenie między osnową i zbrojeniem jest niezwykle ważnym czynnikiem:

- Im silniejsze wiązanie pomiędzy dwiema fazami tym lepiej.
- Wiązanie może być bezpośrednie oraz pośrednie (powstaje trzecia faza pomiędzy matrycą a elementem zbrojenia).

Kompozyty ziarniste

Istnieją dwa typy takich kompozytów:

- wzmacniane dużymi cząstkami innej fazy, agregatami (np. beton);
- utwardzane dyspersyjnie cząstkami zbrojenia o średnicy 0.01-0.1 μm (np. stopy metali).

Właściwości kompozytów proszkowych:

- osnowę mogą stanowić metale, ceramika, polimery
- na wzrost wytrzymałości wpływa zarówno osnowa jak i cząstki rozproszone

Optymalne właściwości:

- cząstki powinny mieć jednakowe rozmiary,
- powinny być równomiernie rozłożone,
- właściwości zależą od procentowej objętości zajętej przez cząstki zbrojenia,
- efektywność wzmacniania zależy od wielkości cząstek.

Kompozyty ziarniste c. d.

Do kompozytów proszkowych należą:

- cermetale,
 - beton,
 - węgliki spiekane,
 - supertwarde materiały narzędziowe i ściernie (w dowolnej osnowie),
 - materiały magnetyczne (cz.magnetyczne w dowolnej osnowie),
 - materiały dielektryczne (cz. dielektryka w dowolnej osnowie)
- materiały polimerowe z wypełniaczami (sadza, granulki szklane).

Kompozyty warstwowe

Kompozyty warstwowe składają się z połączonych ze sobą kilku warstw dwuwymiarowych płyt lub paneli. Każda z warstw może mieć uprzywilejowany kierunek, w którym występują najlepsze właściwości mechaniczne. Obrócenie tych warstw względem siebie o odpowiedni kąt zapewnia pozyskanie odpowiednich właściwości w różnych kierunkach w płaszczyźnie powierzchni kompozytu.

Rodzaje:

- warstwowe
- kanapkowe (z rdzeniem)

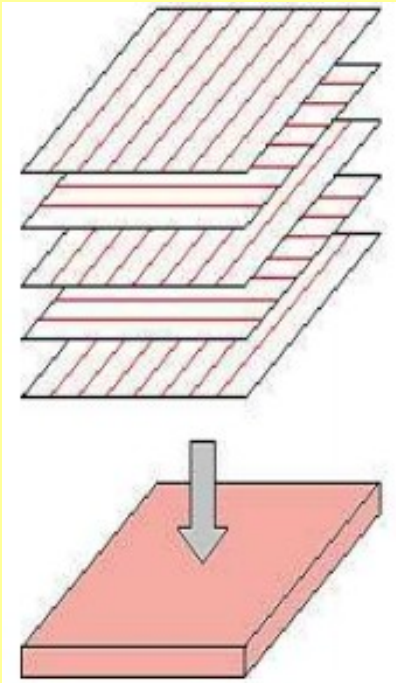
Kompozyty warstwowe

Materiały:

- płyty, tkaniny, preimpregnaty z tkanin–odpowiednio ułożone, połączone (często za pomocą osnowy) i utwardzone – poprawa właściwości wytrzymałościowych
- laminaty, plastery, grube warstwy ochronne, cienkie pokrycia - zwiększenie odporności chemicznej i odporności na działanie środowiska
- materiały o różnych właściwościach mechanicznych, odpowiedniej gęstości i odporności chemicznej –obniżenie kosztów produktu przez zastosowanie odpowiedniego materiału jedynie na powierzchni kompozytu

Kompozyty warstwowe Laminaty

Laminat - wiele dwuwymiarowych warstw, różnie zorientowanych względem siebie, ułożonych w stos i poddanych odpowiedniej obróbce

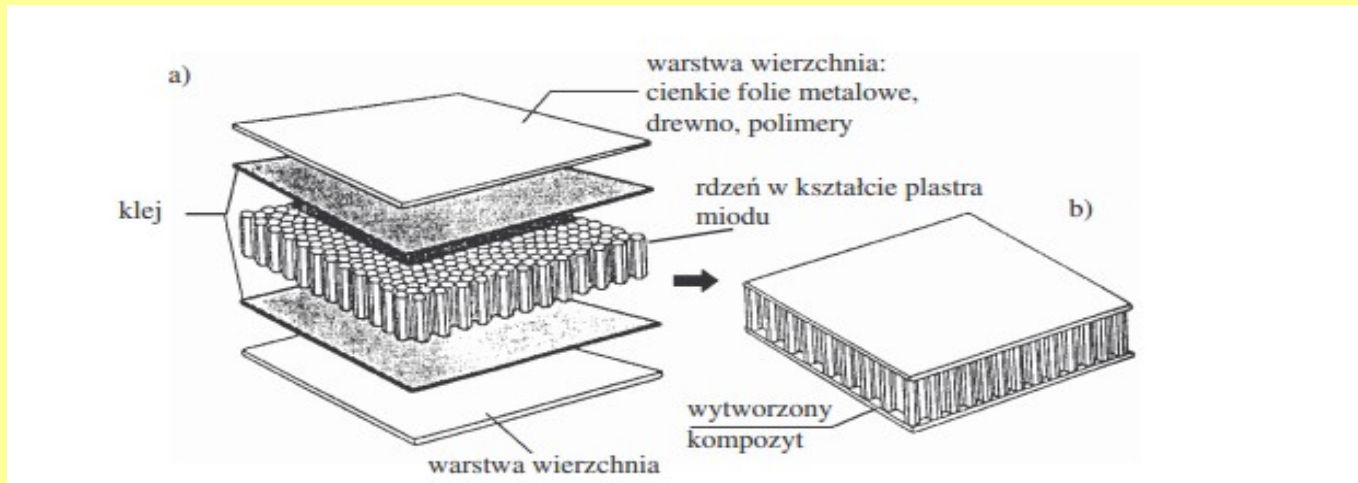


Zastosowanie:

- sklejka - utworzona z kilku cienkich fornirów drewna
- narty – struktury hybrydowe, wykonane z warstw różnych materiałów (warstwa amortyzująca i wzmacniająca z poliuretanu, warstwa usztywniająca z włókien szklanych, warstwa spodnia, odporna na ścieranie, z polimeru zbrojonego cząstkami węgla.

Kompozyty warstwowe Kanapkowe

Dwie silne warstwy zewnętrzne rozdzielone warstwą słabszego i mniej gęstego materiału (rdzeń). Rolą rdzenia jest przeciwdziałanie deformacjom spowodowanym siłą prostopadłą do powierzchni zewnętrznych. Często rdzeń ma strukturę plastra miodu, w celu poprawy wytrzymałości, obniżenia gęstości itp. Używa się w konstrukcji dachów, ścian, skrzydeł samolotów itp..

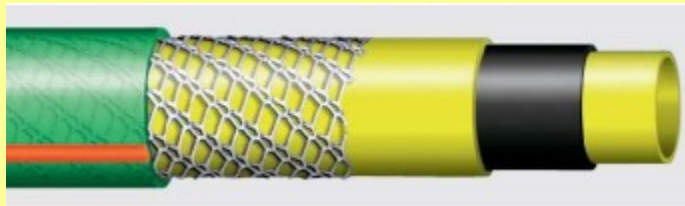


Zastosowanie kompozytów

- Budownictwo
- Sprzęt użytkowy
- Sport
- Motoryzacja
- Transport wodny
- Lotnictwo
- Kosmonautyka



Kable koncentryczne



Wąż ogrodowy



Literatura

Włókna węglowe:

http://www.weglowe.pl/?info=typy_wlokien

http://www.jpmarine.pl/wp-content/uploads/2013/12/article_TSiCh_glass_carbon_fiber.pdf

file:///C:/Users/Monika/Downloads/httpwww_moratex_euplikitww201012tw20101-2art1.pdf

<http://www.dexcraft.pl/blog/technologie-kompozytow/carbon-czyli-wlokno-weglowe-9-tajemnic-tego-materialu/>

<http://www.kompozyty.milar.pl/strona- tkaninyplecione-3>

<http://www.hexcel.pl/download/wlokno-weglowe-szklane-aramidowe-charakterystyka.pdf>

Kompozyty:

<http://www.pg.gda.pl/mech/kim/rymkiewicz/27-28%20Kompozyty%20NOWE.pdf>

http://home.agh.edu.pl/~lis/media/upload/attachments/NoM_V%20kompozyty_b.pdf

<http://www.immt.pwr.wroc.pl/~maciek/bk/MiBM/7-KOMPOZYTY.pdf>

http://www.mif.pg.gda.pl/homepages/maria/pdf/INM_07_11.pdf

Winda kosmiczna:

<http://nauka.gadzetomania.pl/2012/02/22/winda-kosmiczna-gotowa-w-2050-roku-podroz-potrwa-tydzien>

<http://gadzetomania.pl/2011/08/22/poznaj-urządzenie-ktore-umozliwi-eksploracje-kosmosu-jak-dziala-winda-kosmiczna>

<http://sigma.ug.edu.pl/~mskorb/sp/files/latex.pdf>

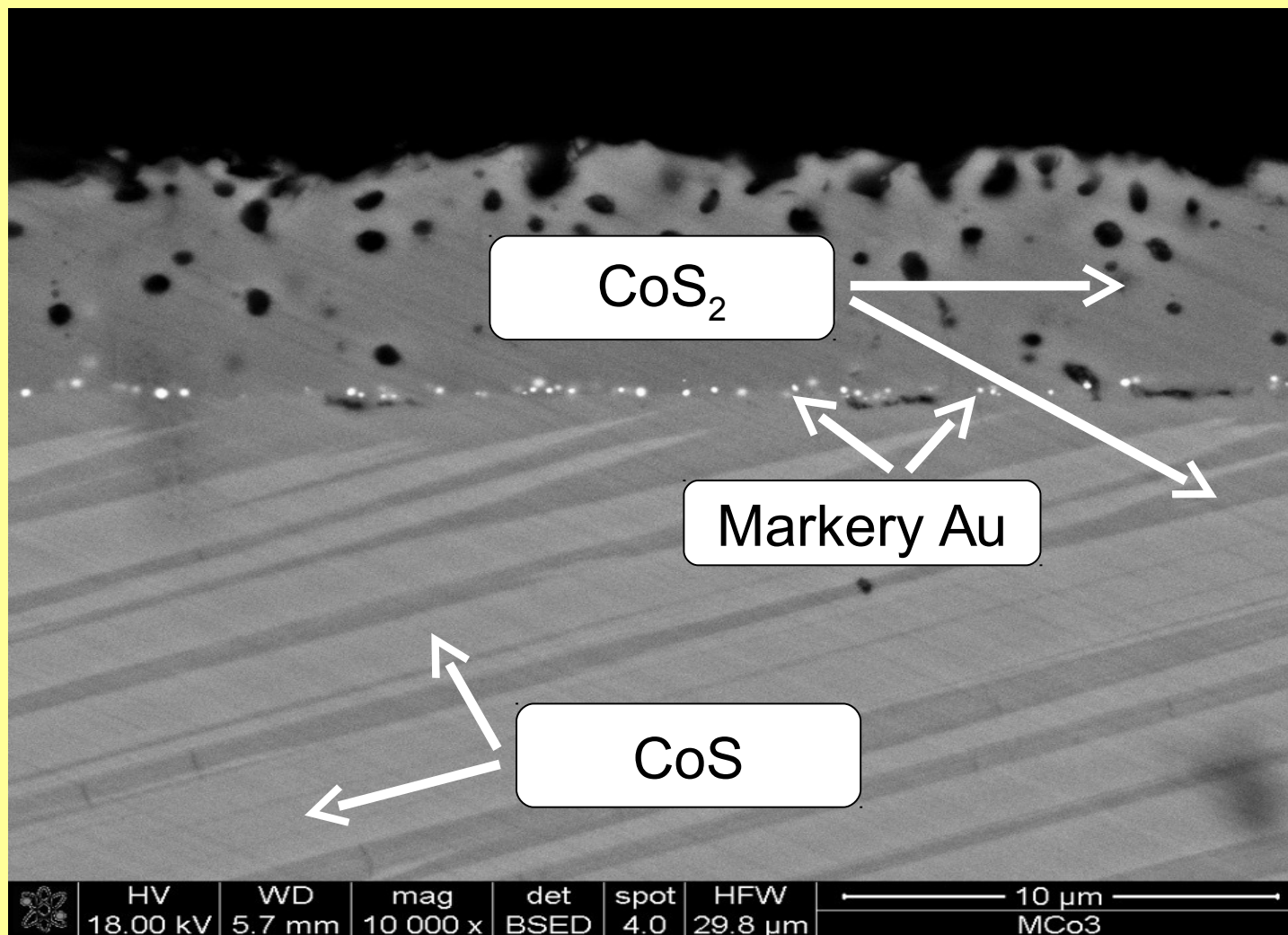
Materiały funkcjonalne:

<http://www.matuk.co.uk/docs/Functionanmat.pdf>

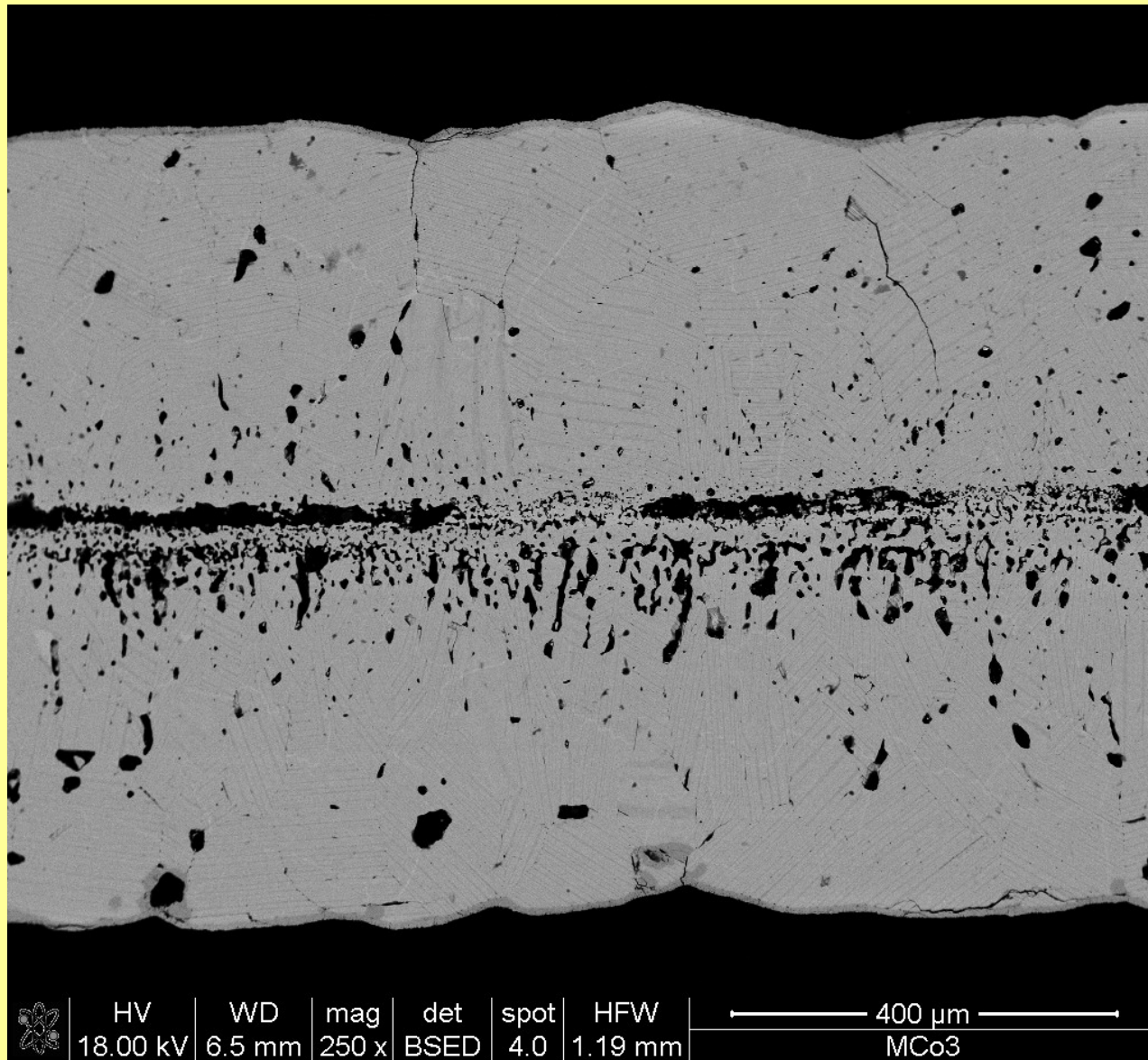
<http://www.miics.net/archive/getfile.php?file=114>

<http://www3.imperial.ac.uk/materials/research/functionalmaterials>

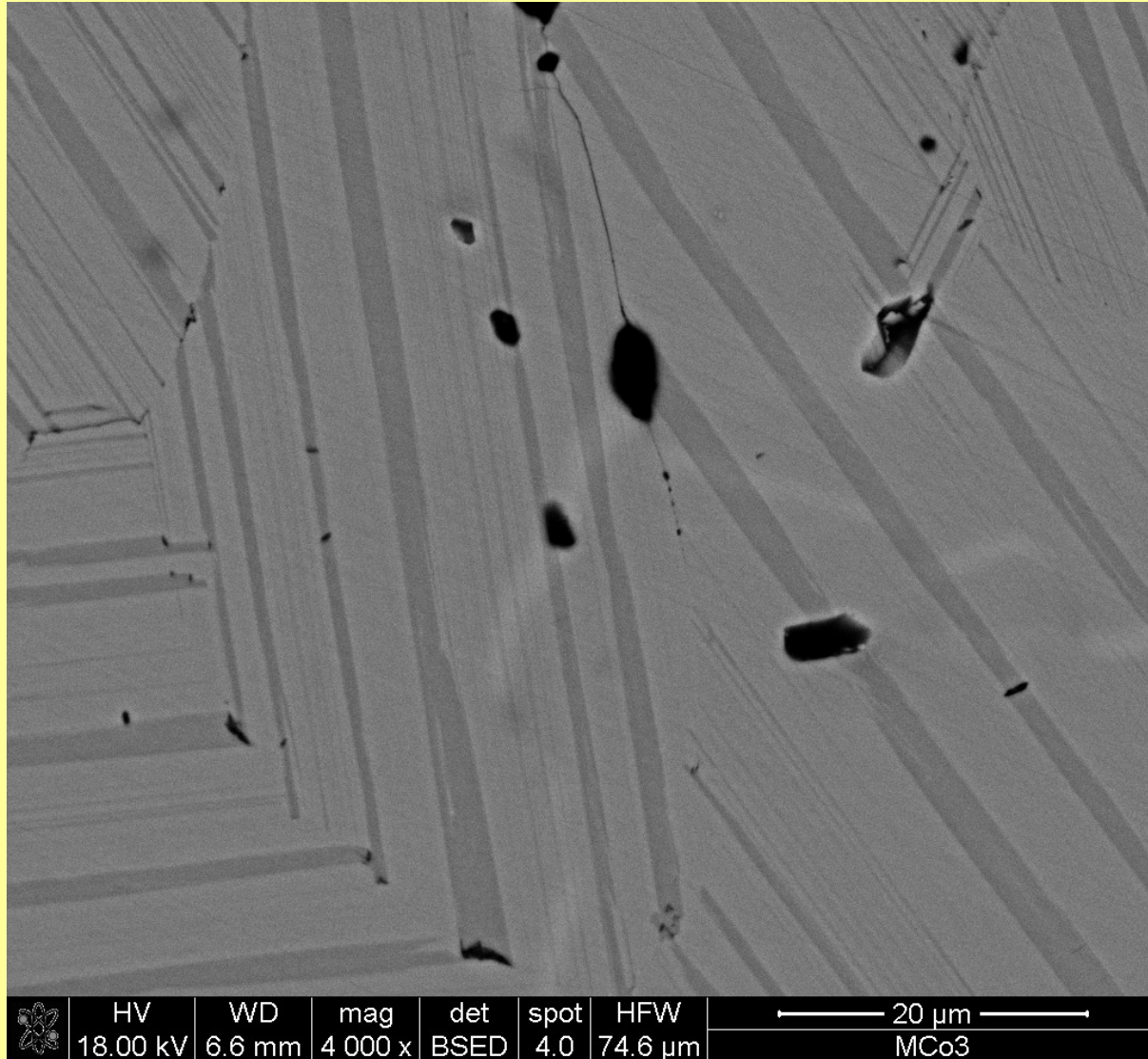
Lokalizacja fazy CoS_2 powstającej podczas siarkowania CoS



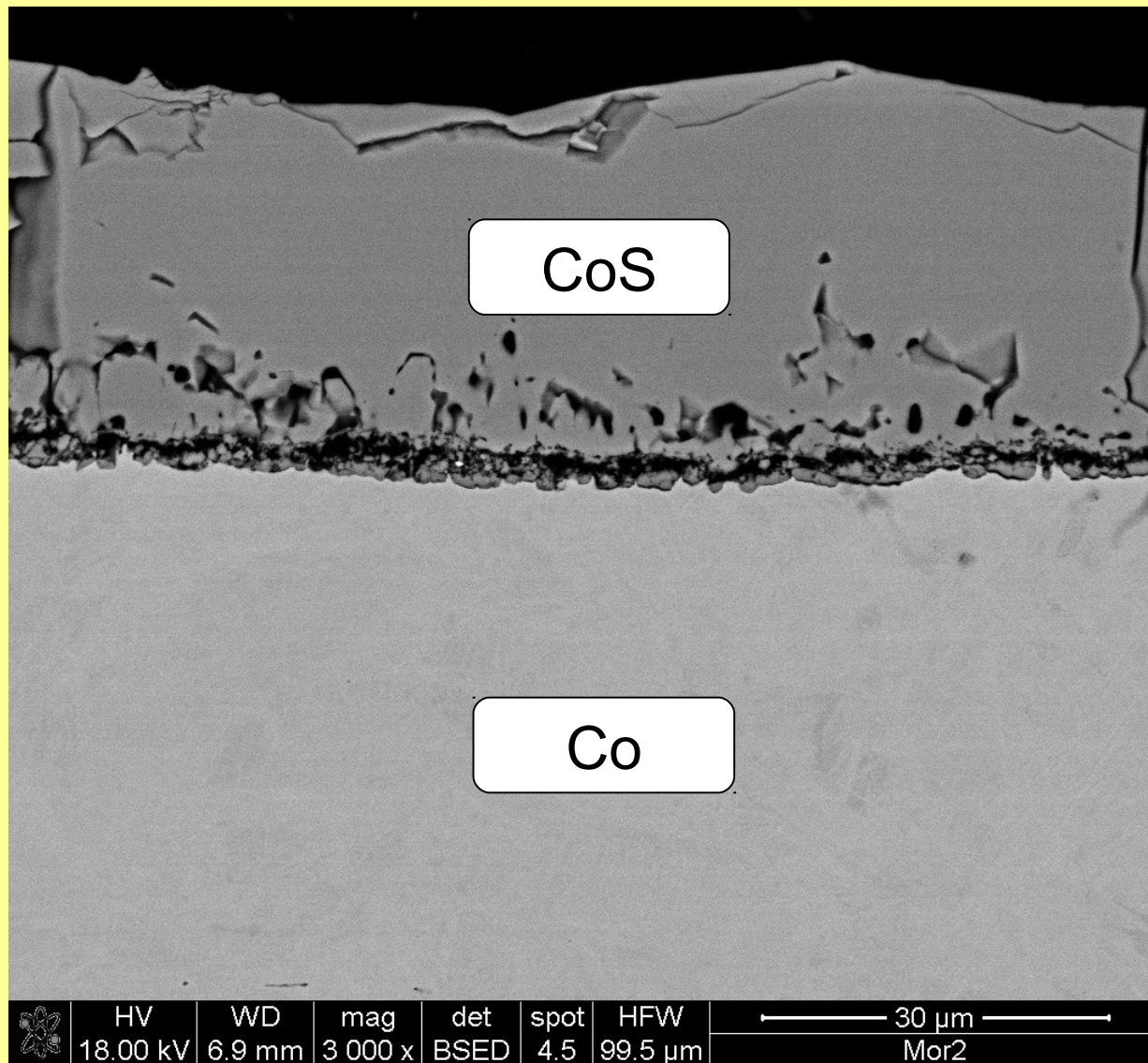
Przekrój próbki CoS siarkowanej przy ciśnieniu par siarki umożliwiającym tworzenie się CoS_2



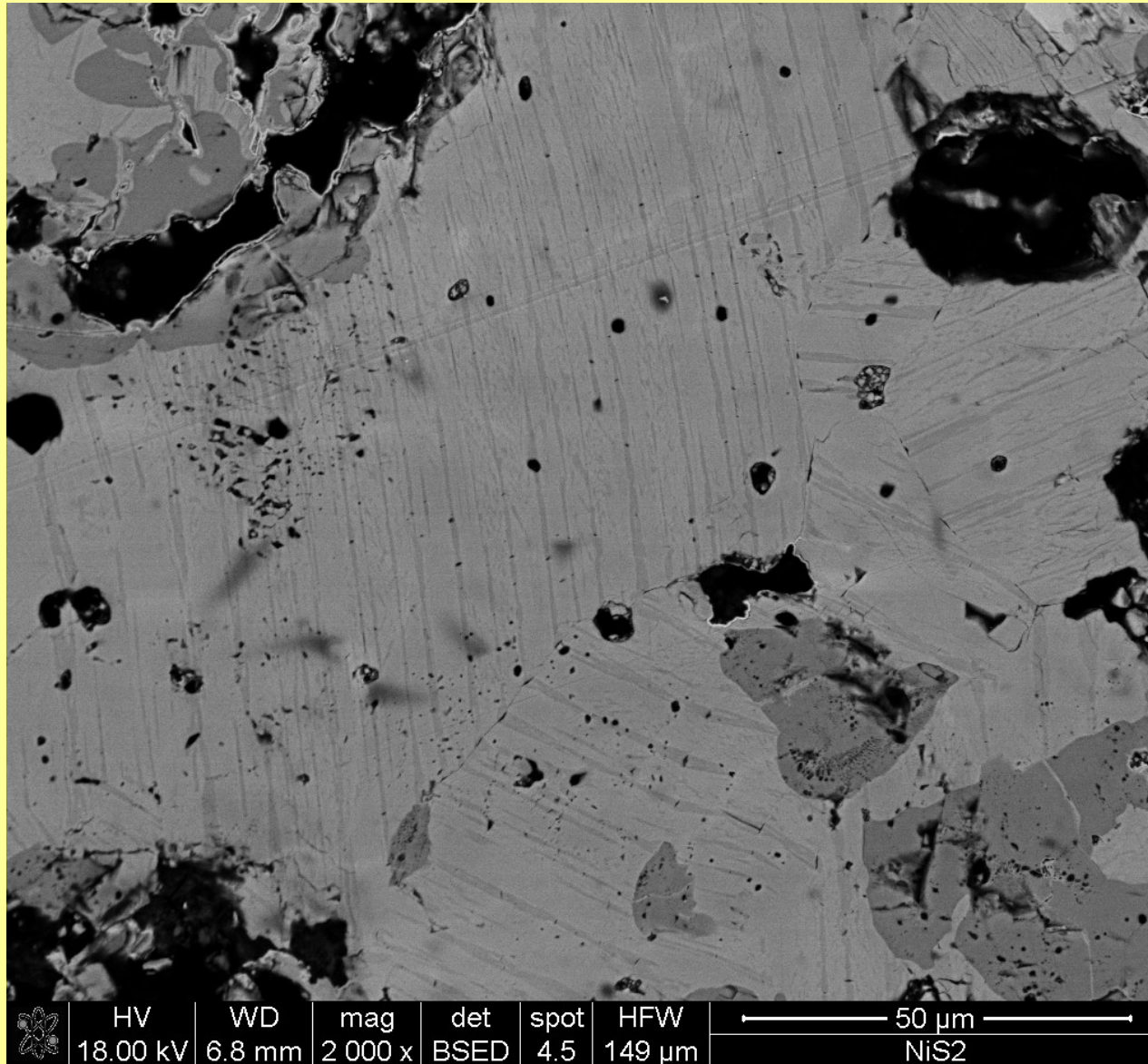
Wnętrze próbki CoS siarkowanej przy ciśnieniu par siarki umożliwiającym tworzenie się CoS_2



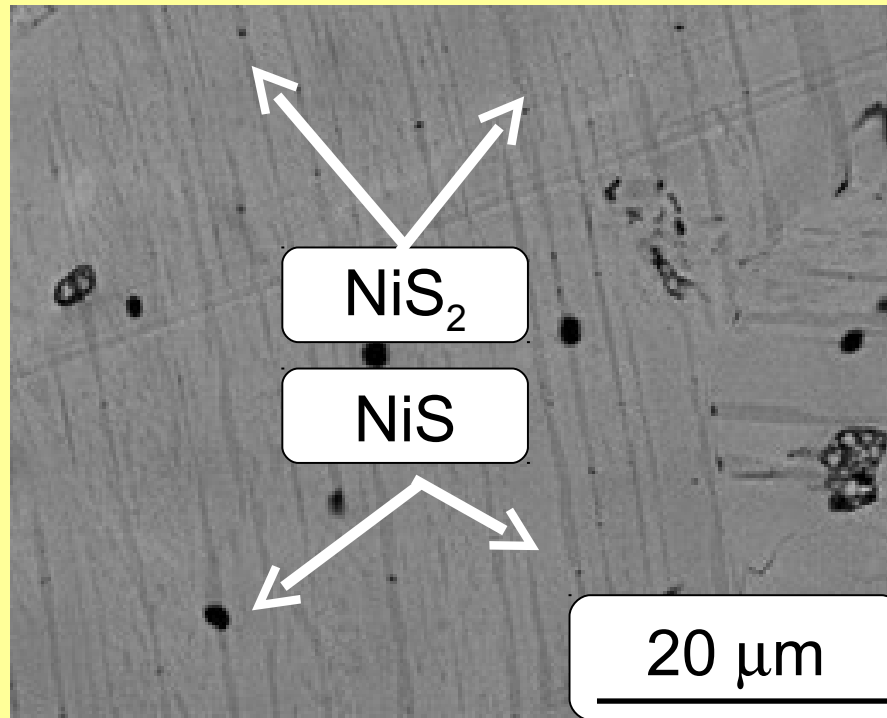
Przekrój próbki Co pokrytej siarczkiem CoS



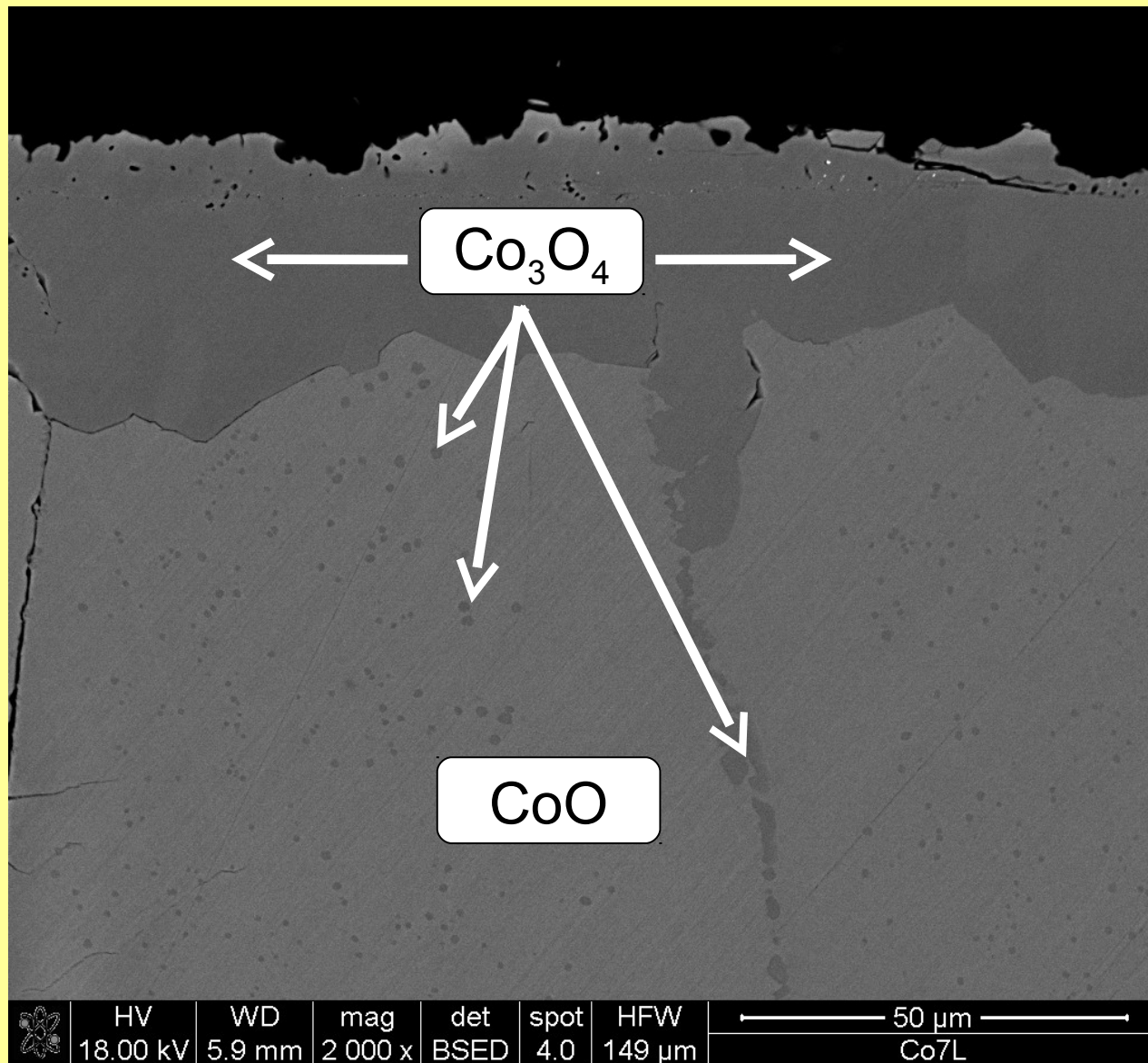
Wnętrze próbki NiS siarkowanej przy ciśnieniu par siarki umożliwiającym tworzenie się NiS_2



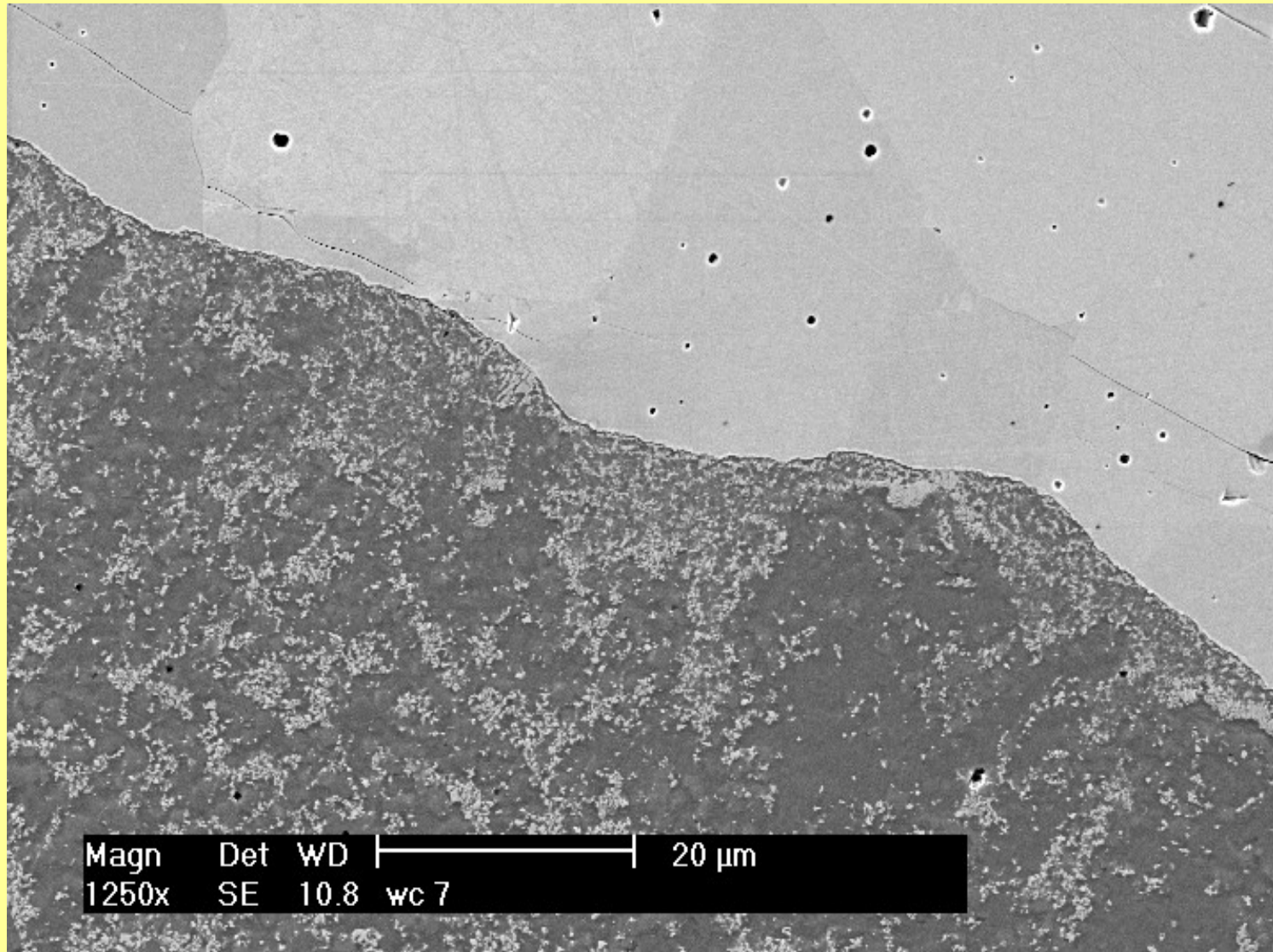
Wnętrze próbki NiS siarkowanej przy ciśnieniu par siarki umożliwiającym tworzenie się NiS_2



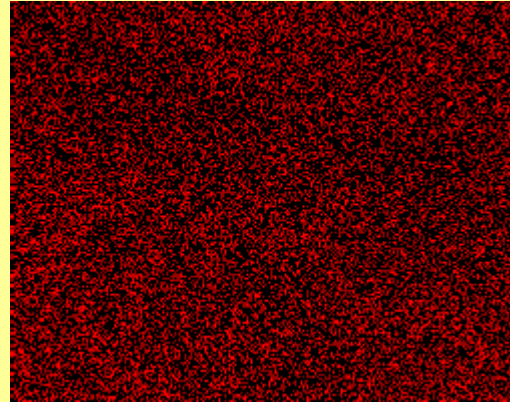
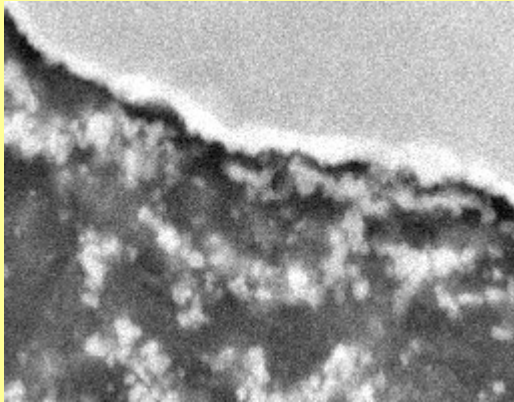
Przekrój próbki CoO pokrytej tlenkiem Co_3O_4



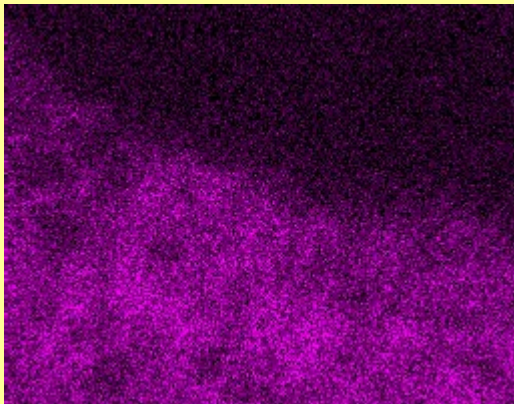
Kompozyty W-ZrC uzyskane metodą DCP



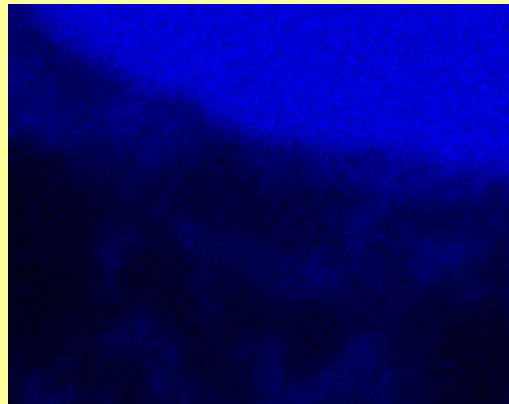
Kompozyty W-ZrC uzyskane metodą DCP



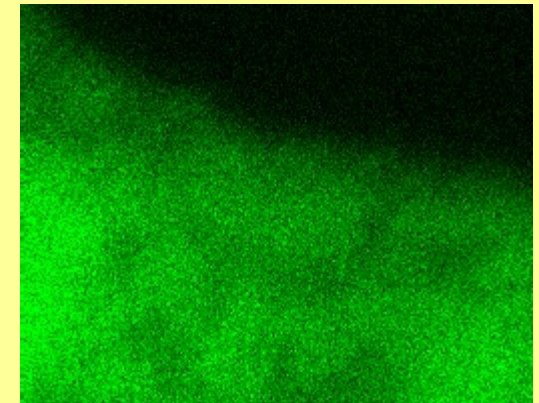
C



Cu

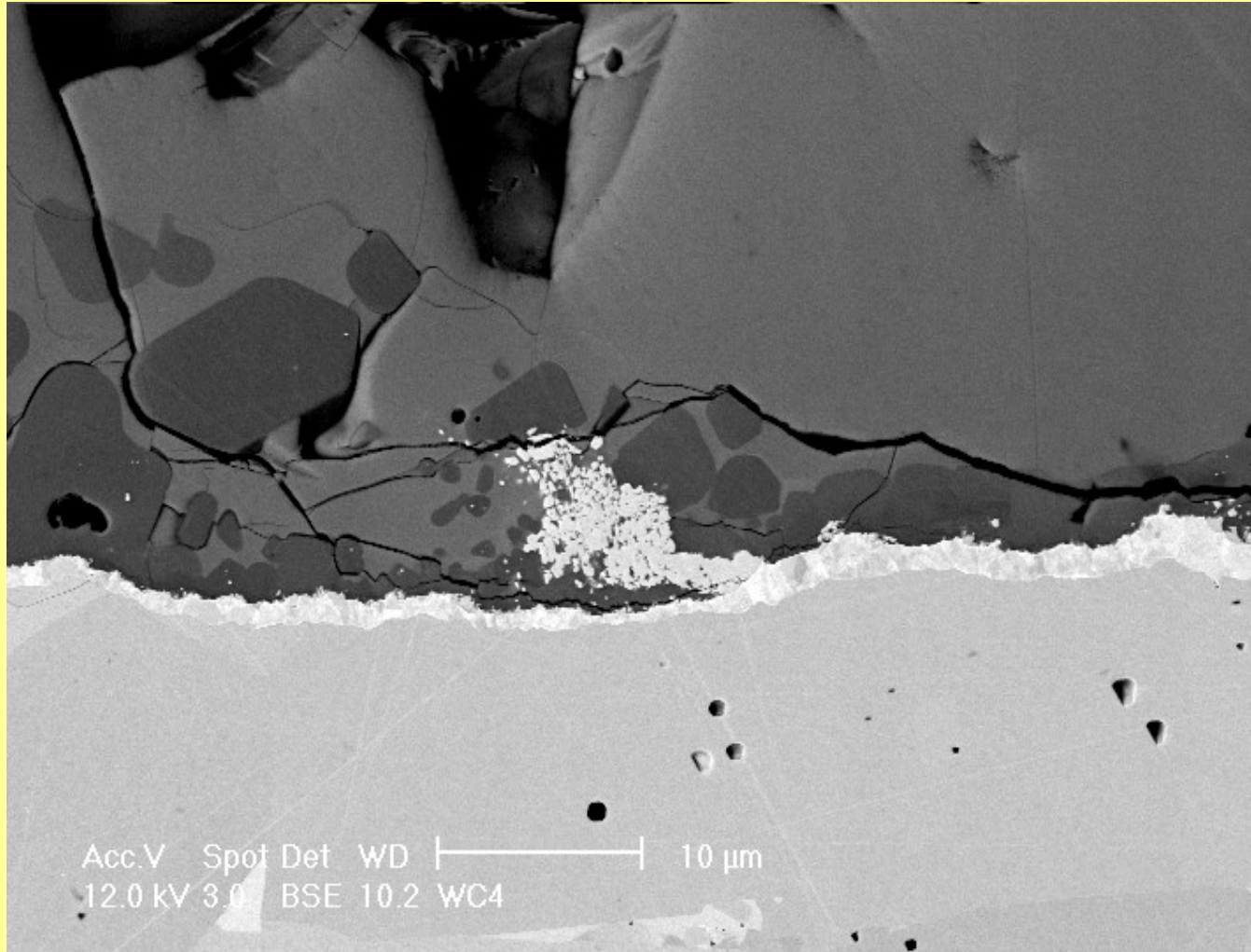


W

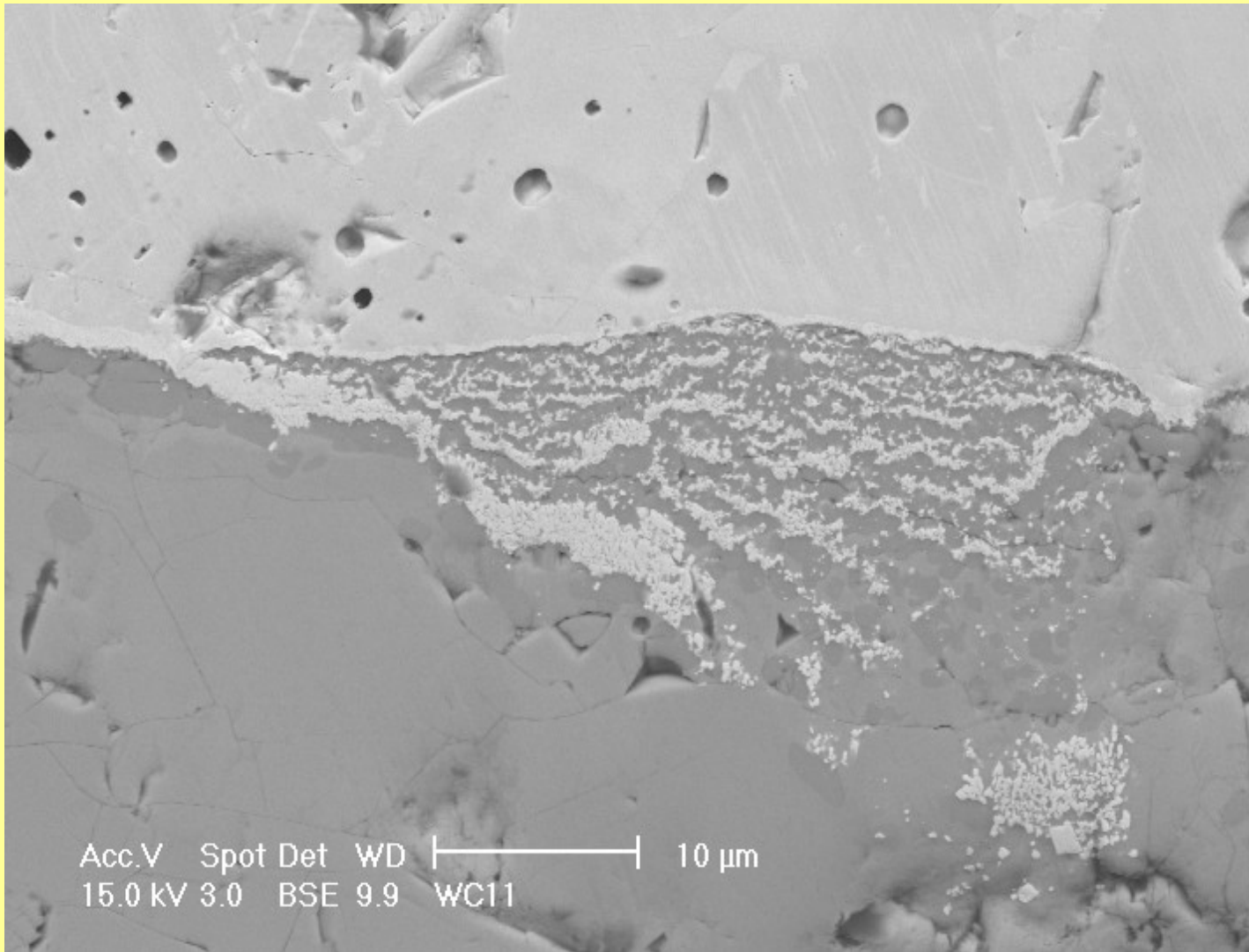


Zr

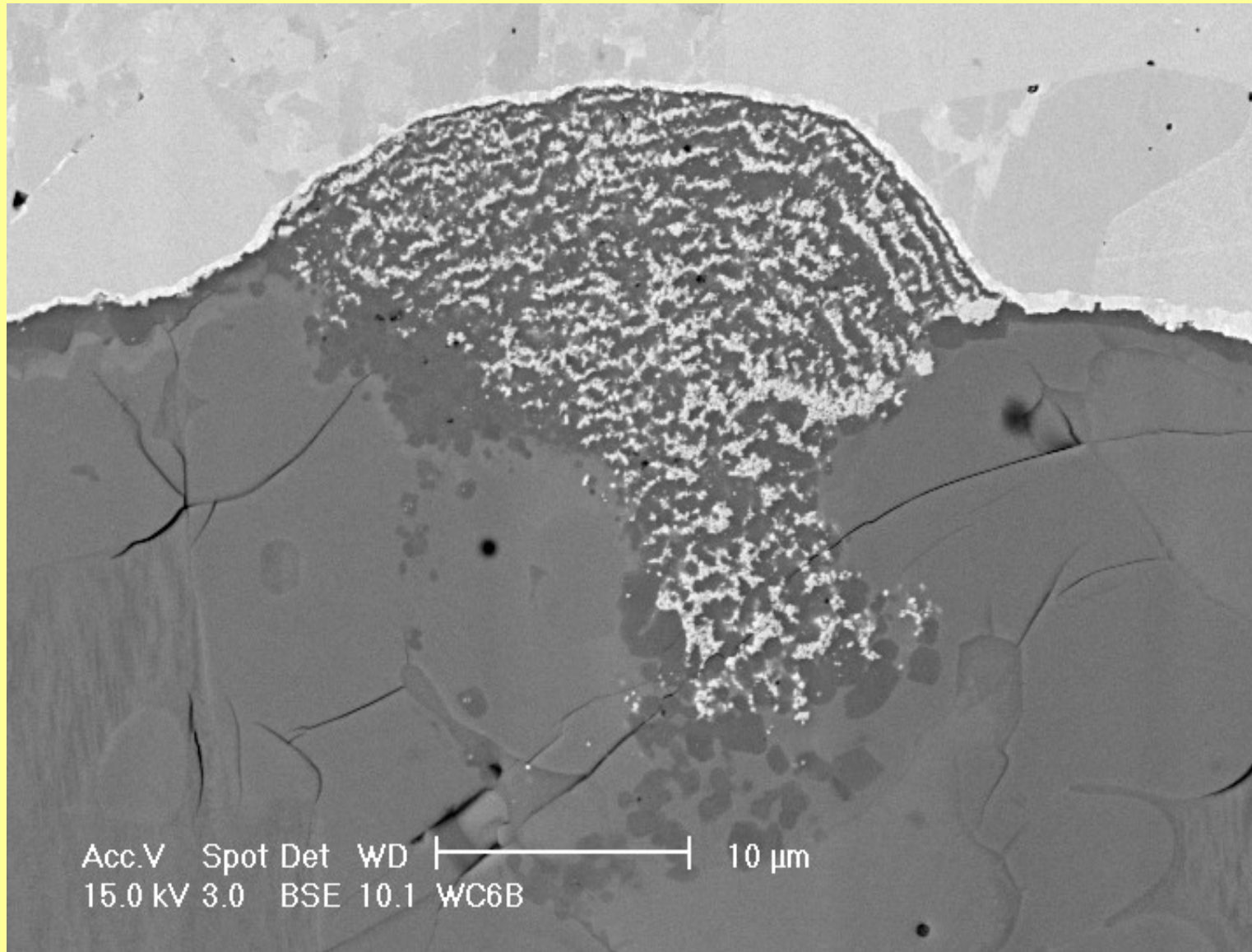
Kompozyty W-ZrC uzyskane metodą DCP



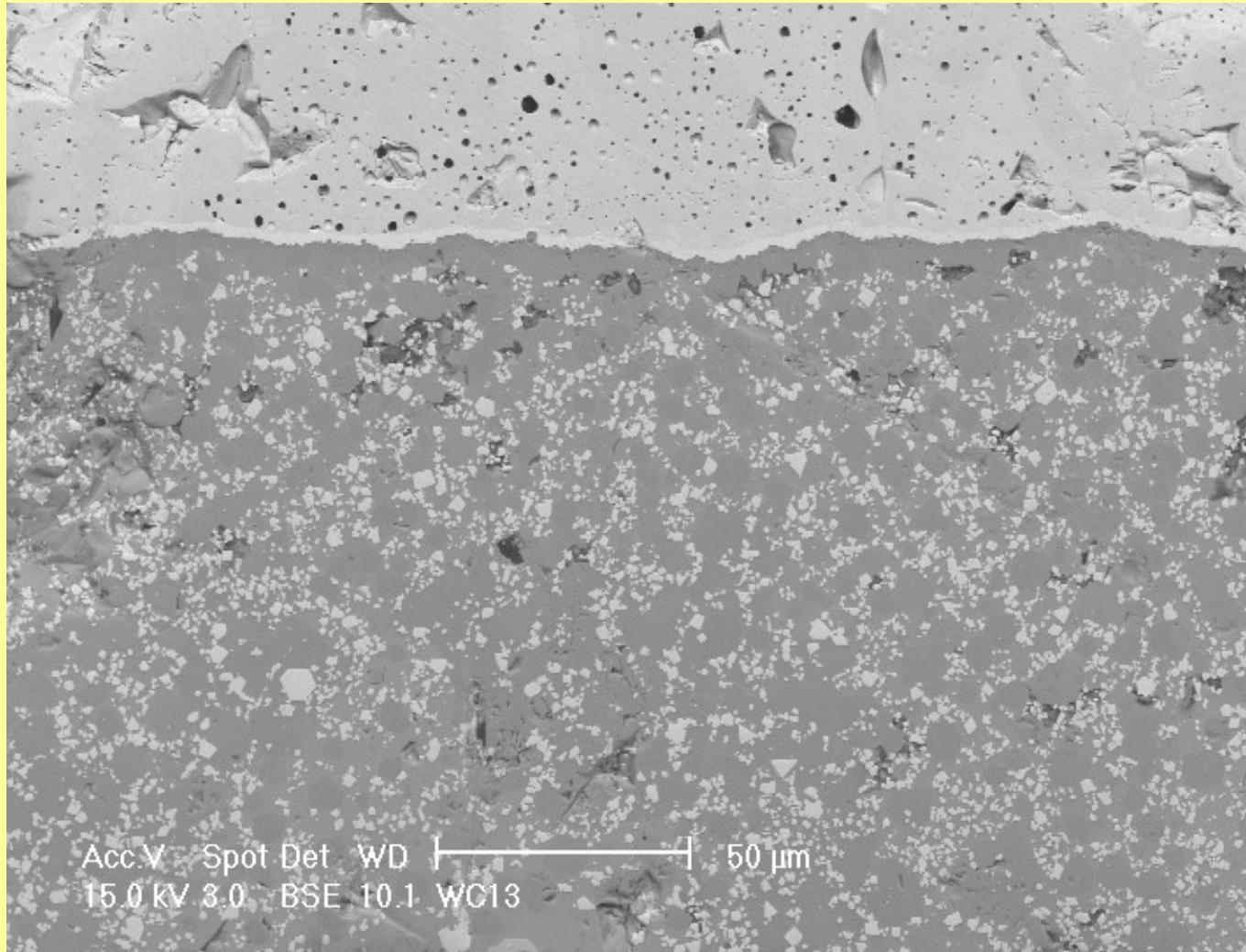
Kompozyty W-ZrC uzyskane metodą DCP



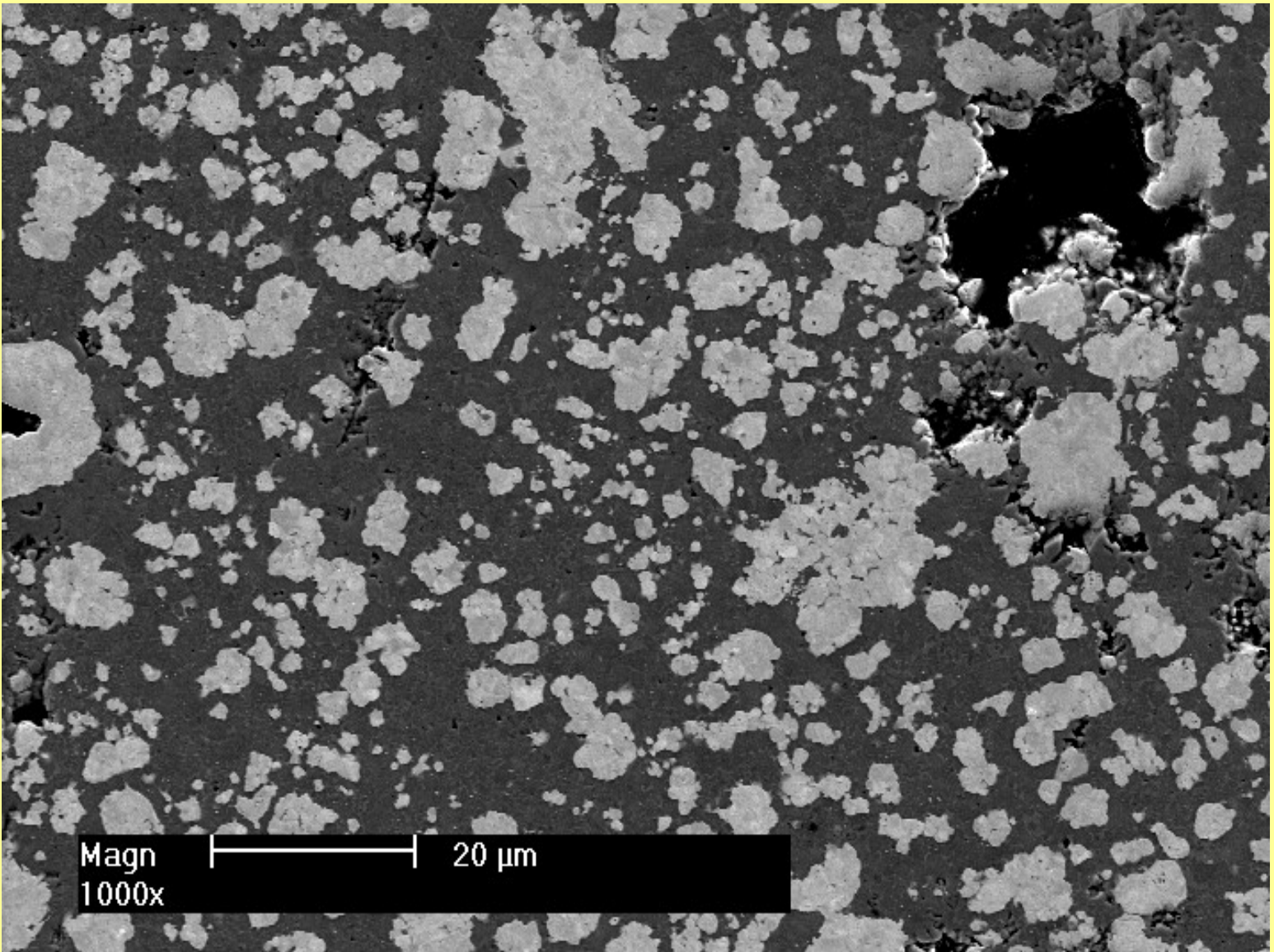
Kompozyty W-ZrC uzyskane metodą DCP



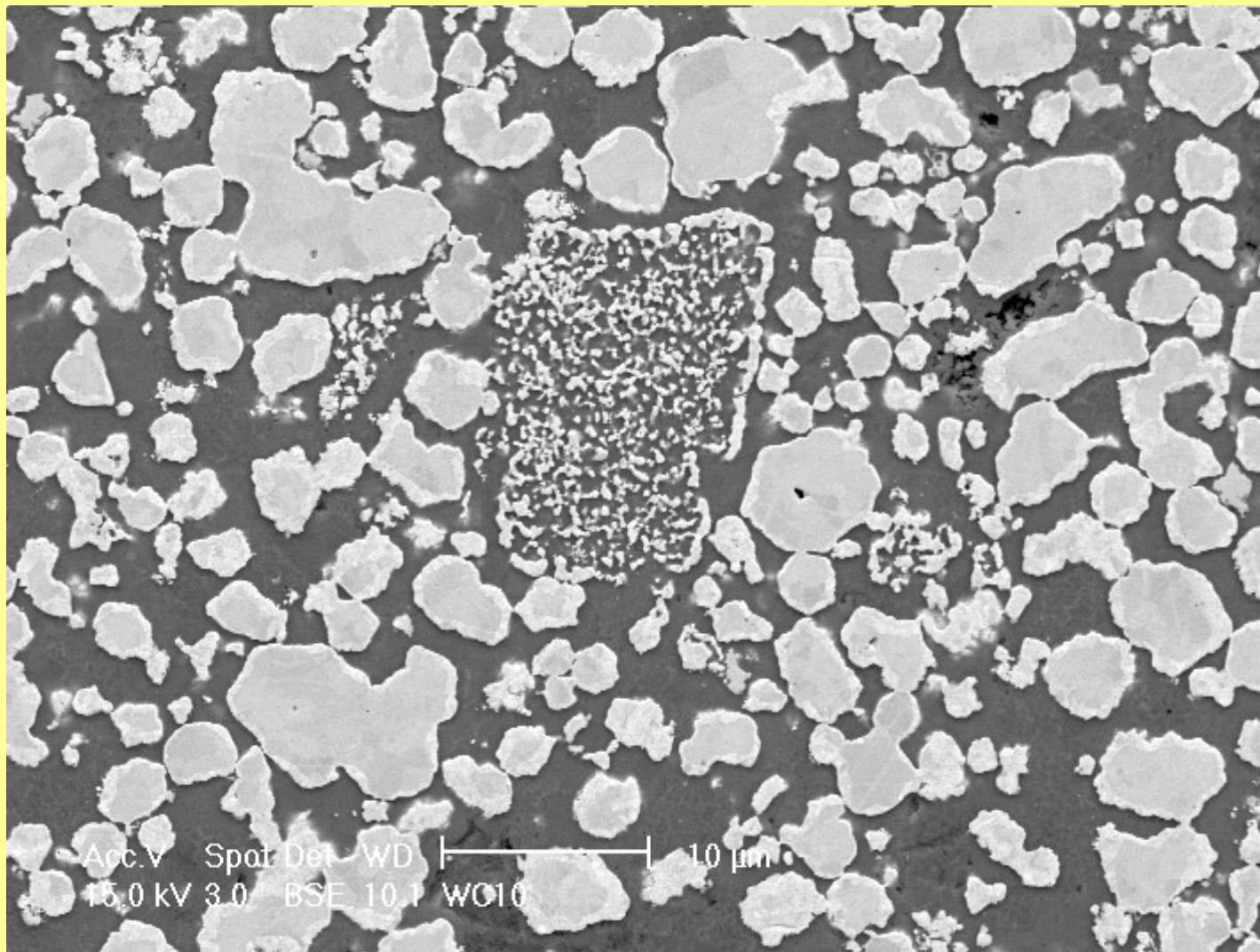
Kompozyty W-ZrC uzyskane metodą DCP



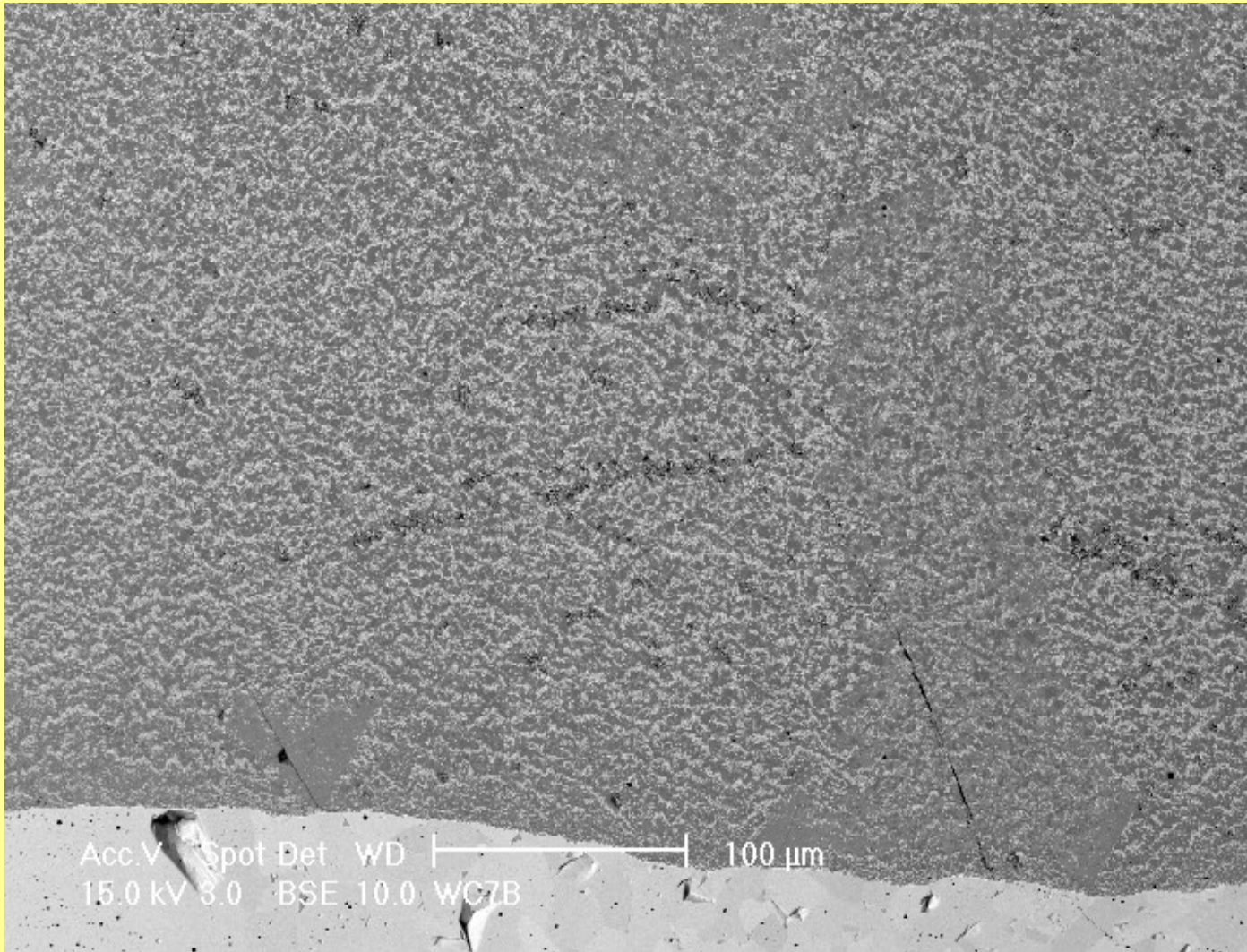
Kompozyty W-ZrC uzyskane metodą DCP



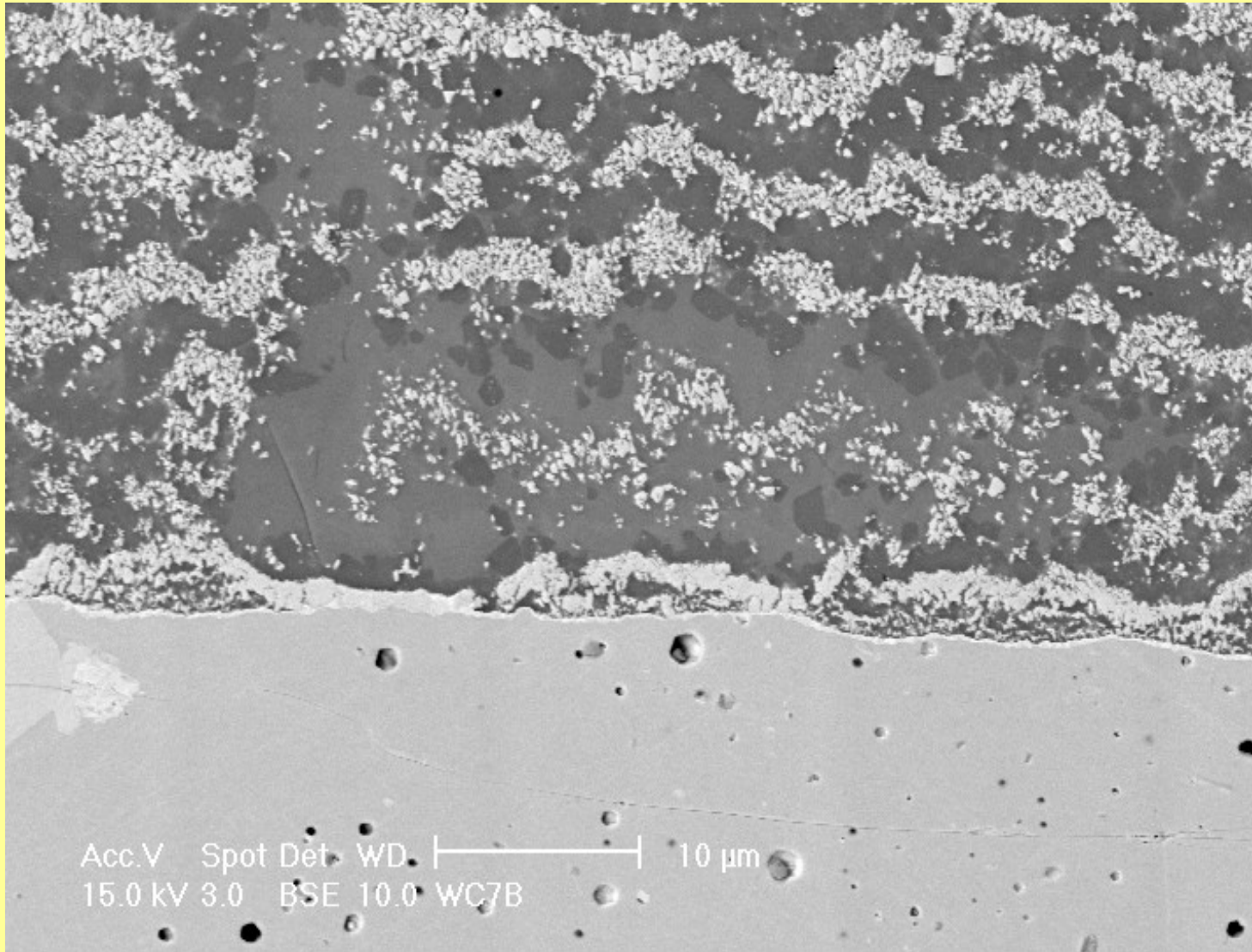
Kompozyty W-ZrC uzyskane metodą DCP



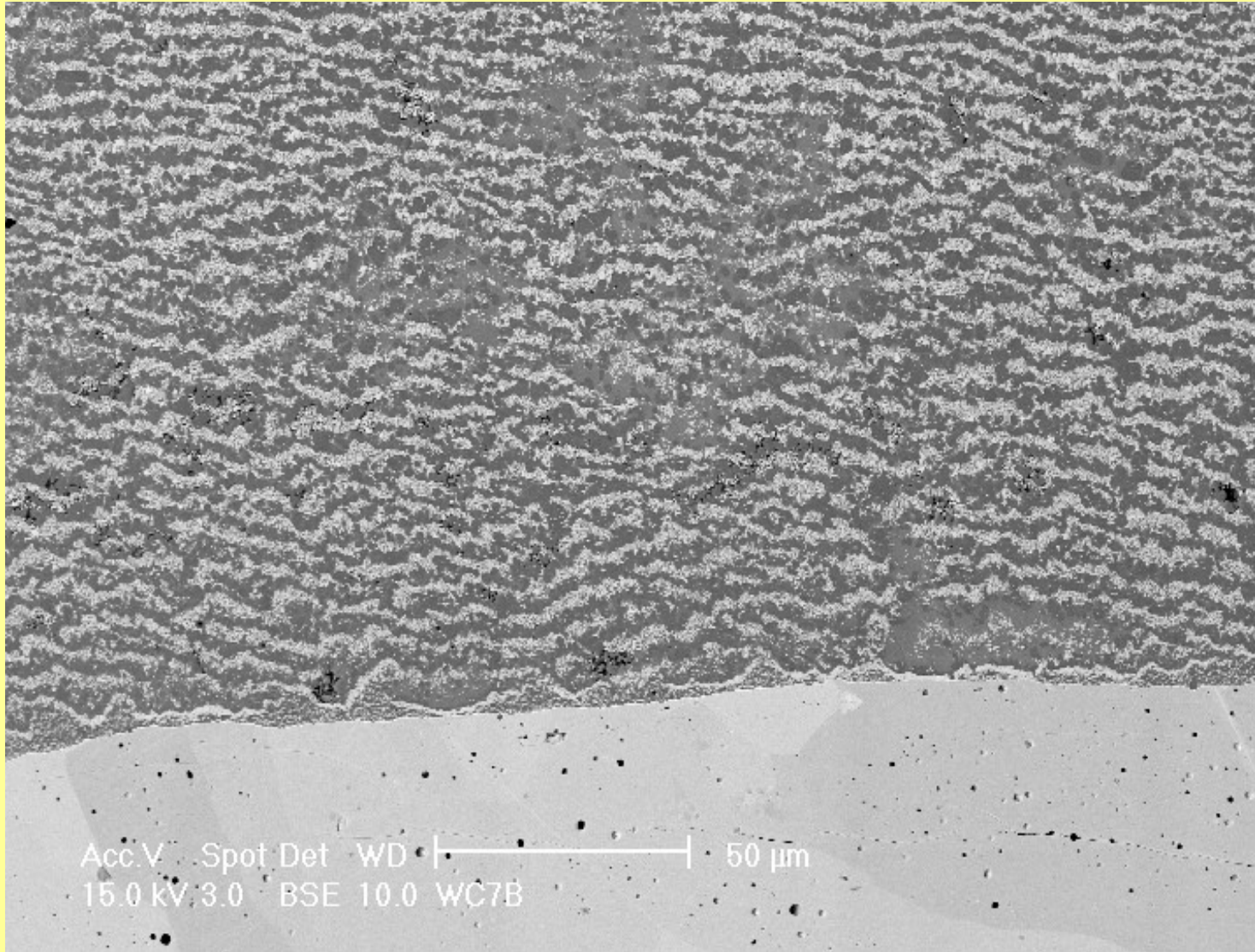
Kompozyty W-ZrC uzyskane metodą DCP - falowy charakter wzrostu



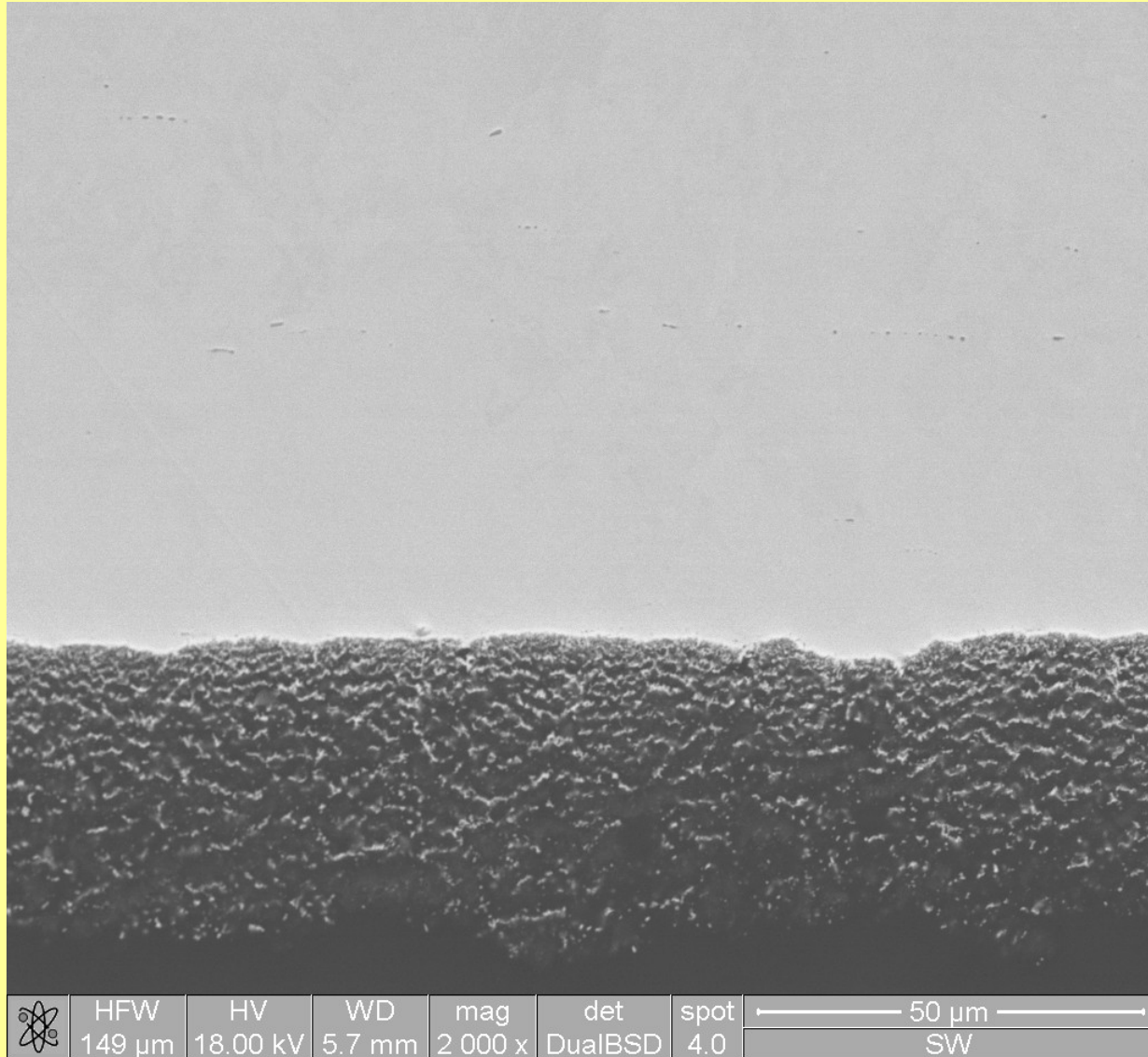
Kompozyty W-ZrC uzyskane metodą DCP - falowy charakter wzrostu



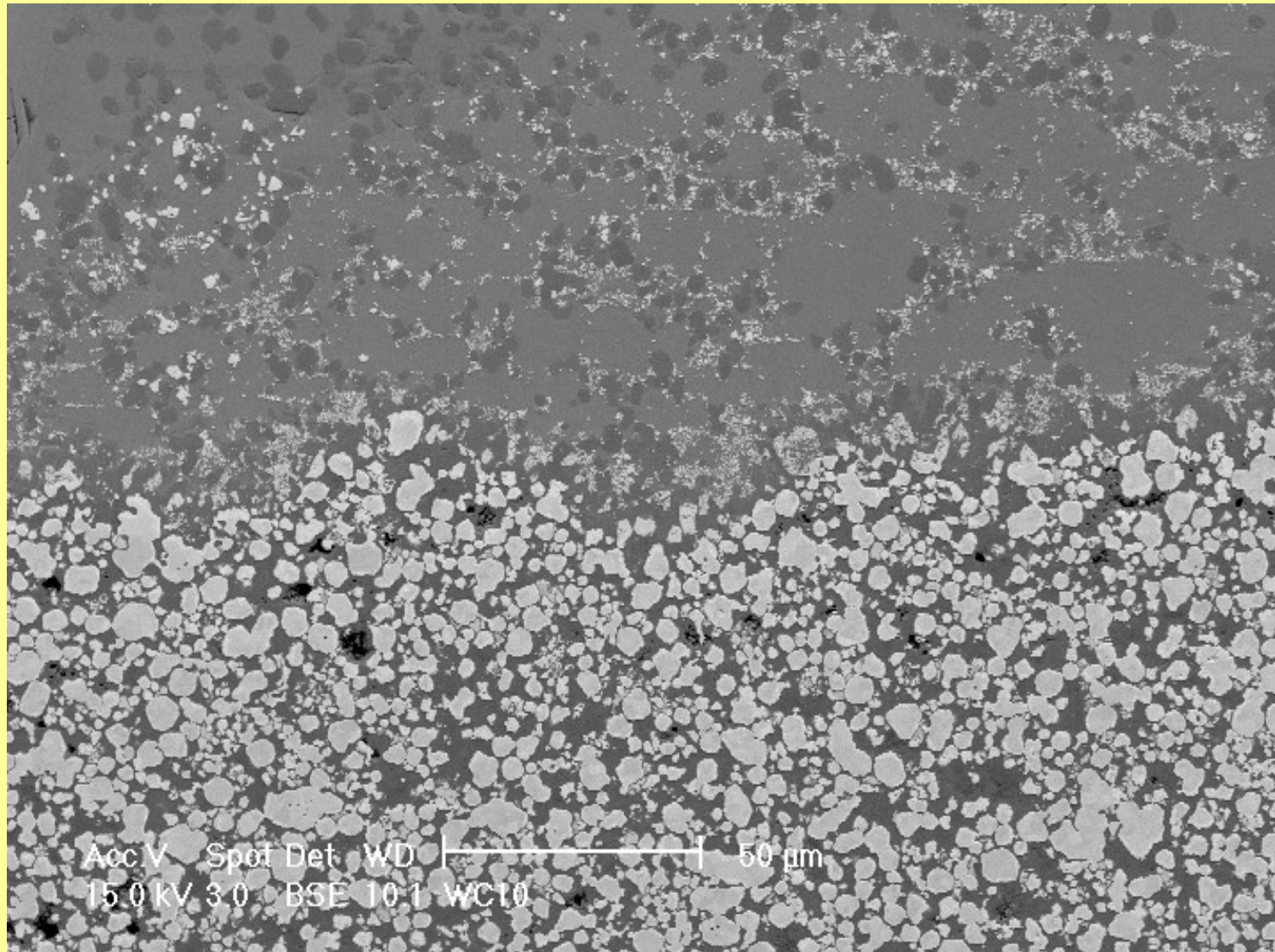
Kompozyty W-ZrC uzyskane metodą DCP - falowy charakter wzrostu



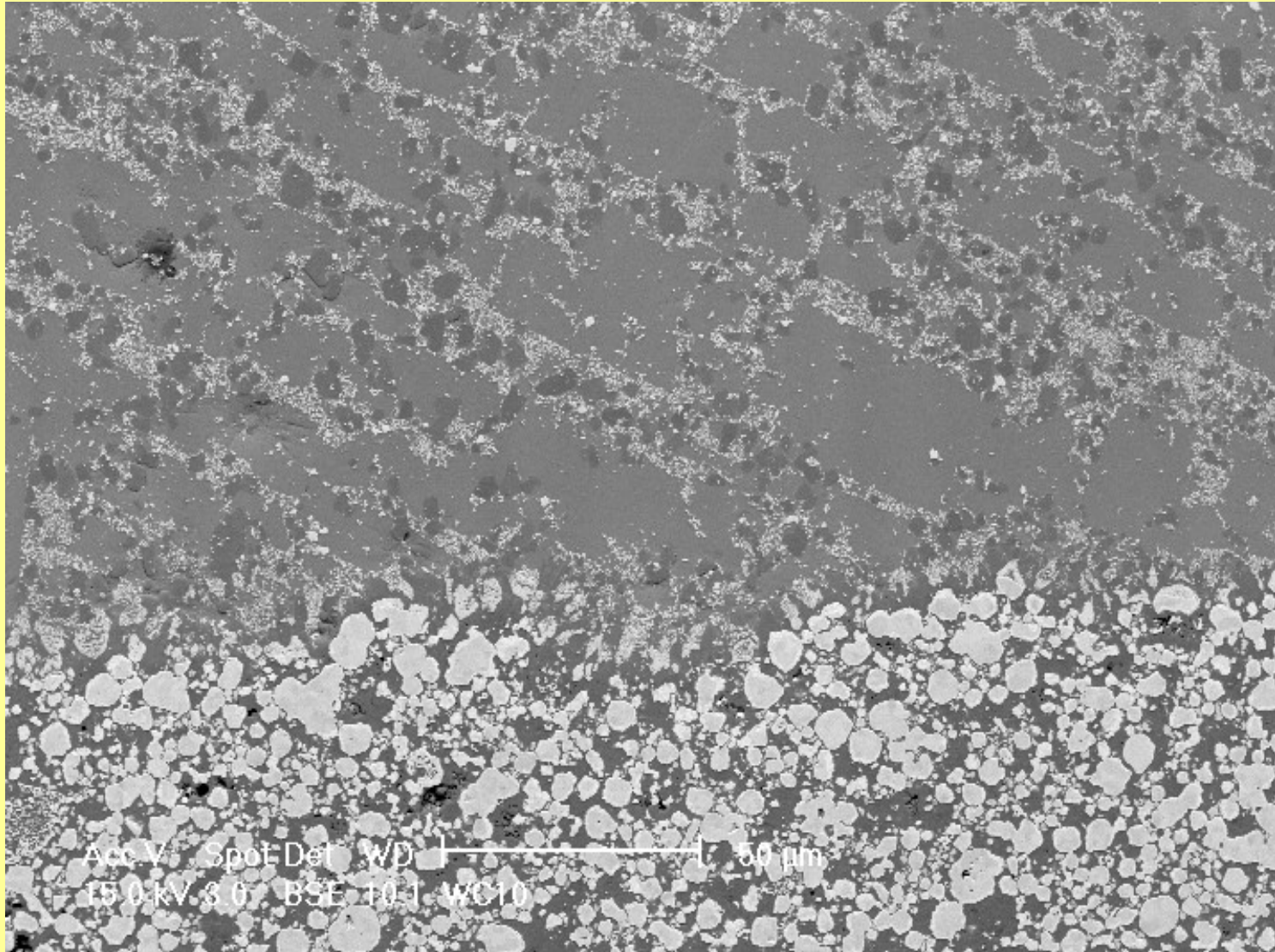
Falowy charakter wzrostu włókien węglowych podczas procesu typu metal dusting



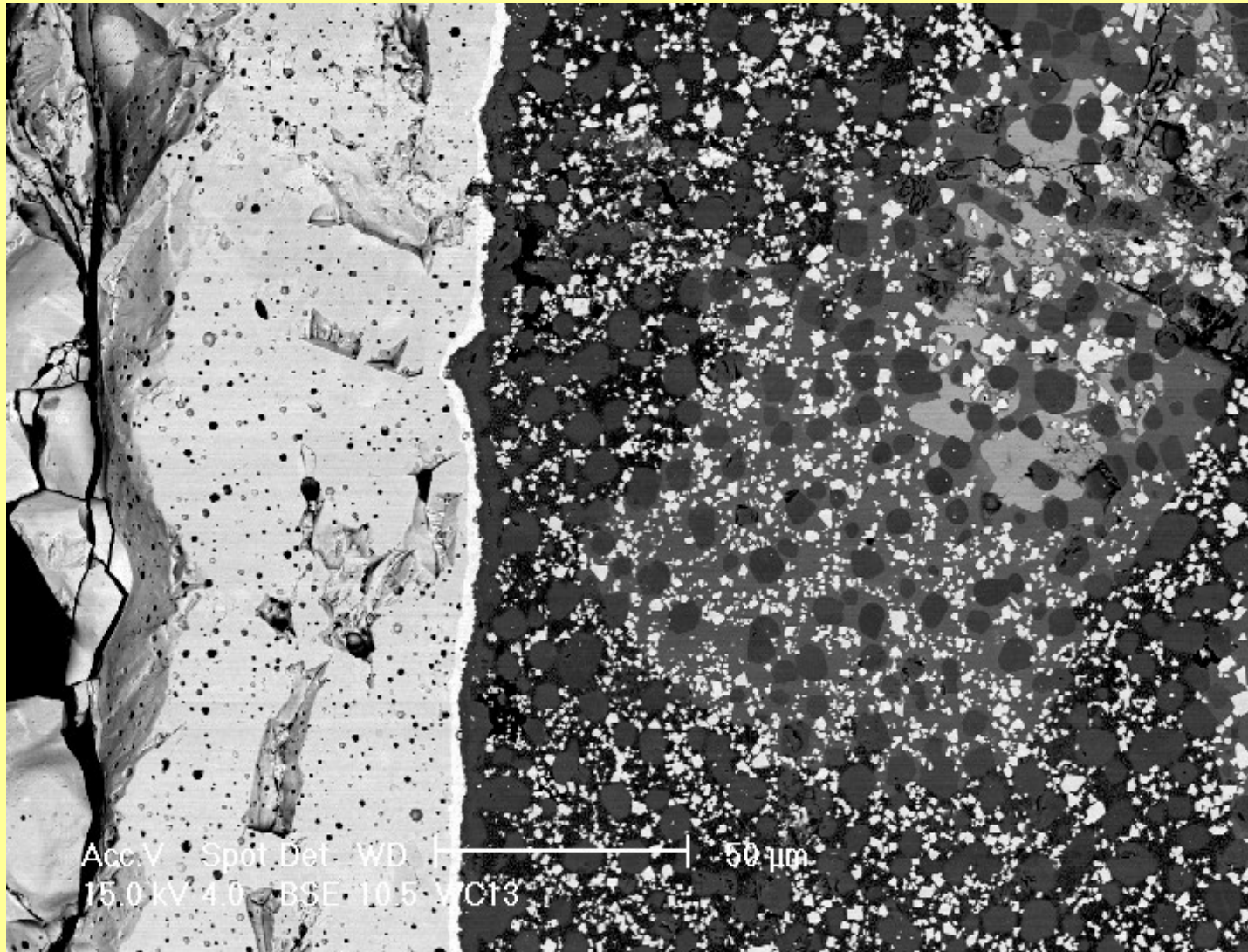
Kompozyty W-ZrC uzyskane metodą DCP - struktura włóknista



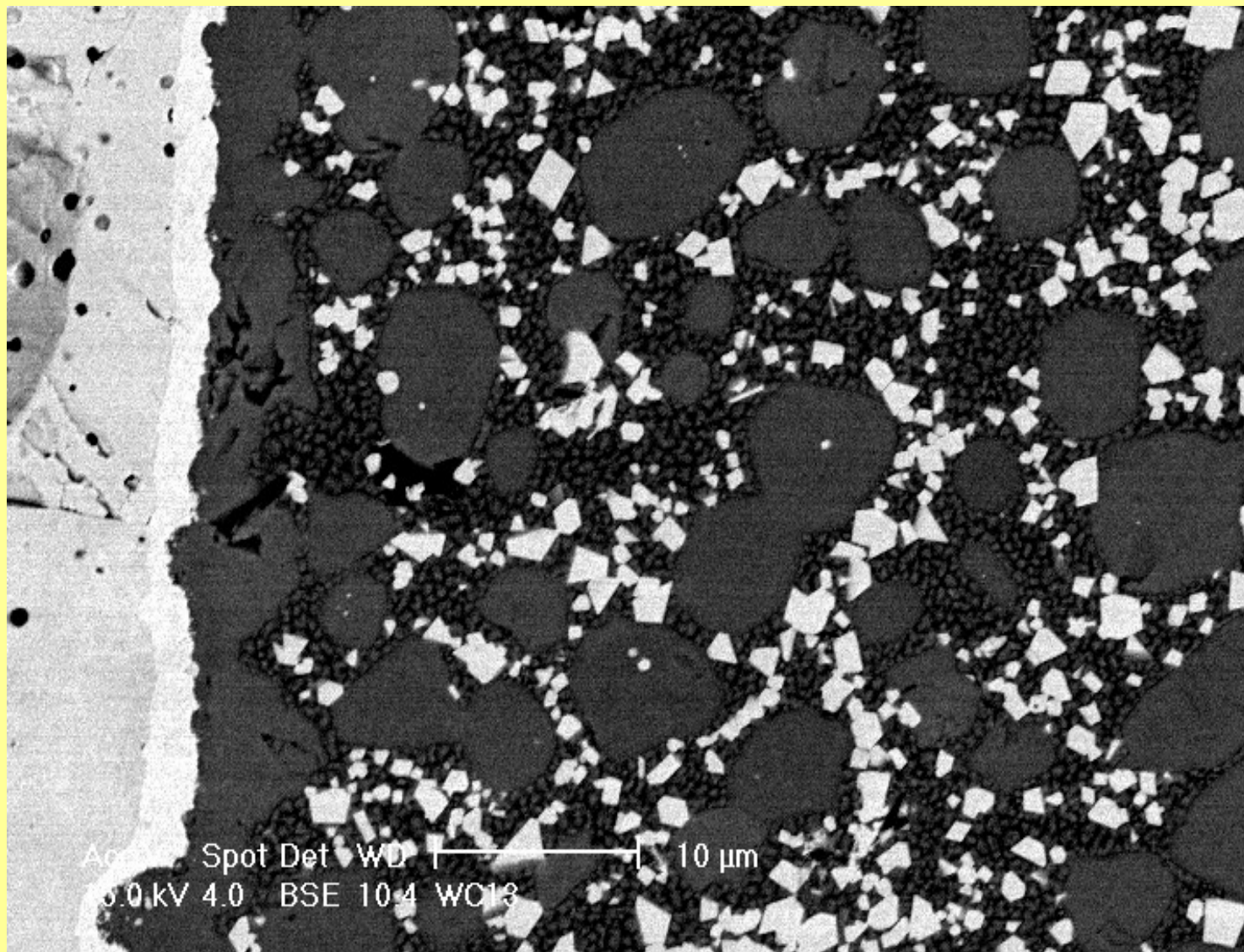
Kompozyty W-ZrC uzyskane metodą DCP - struktura włóknista



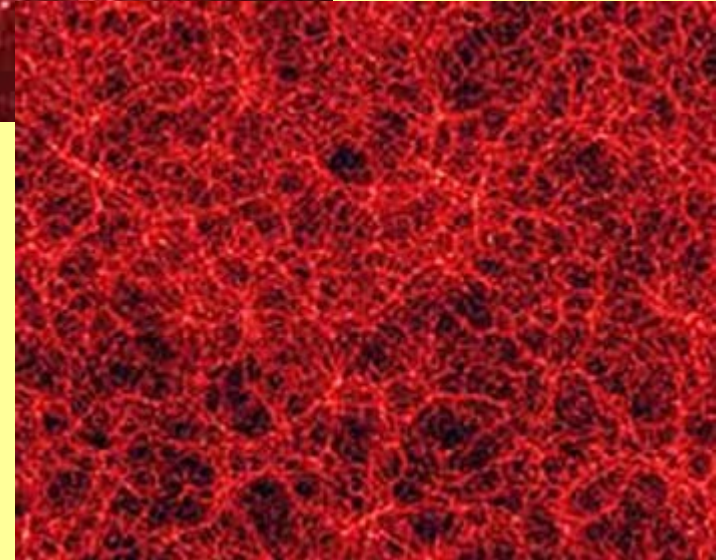
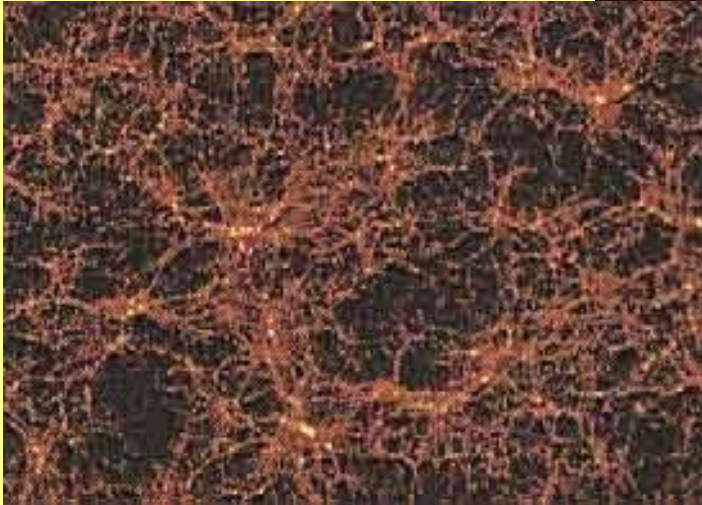
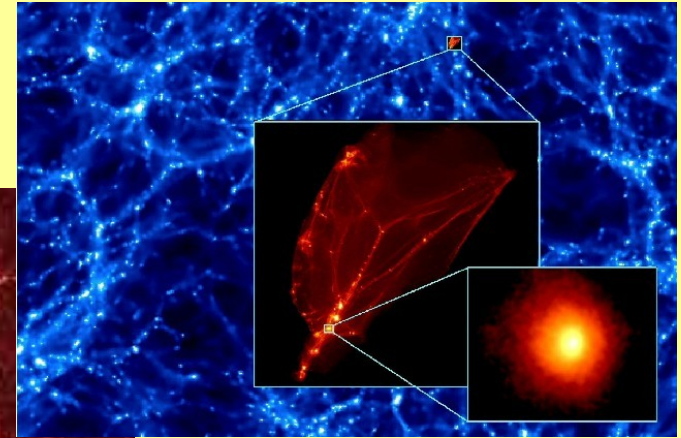
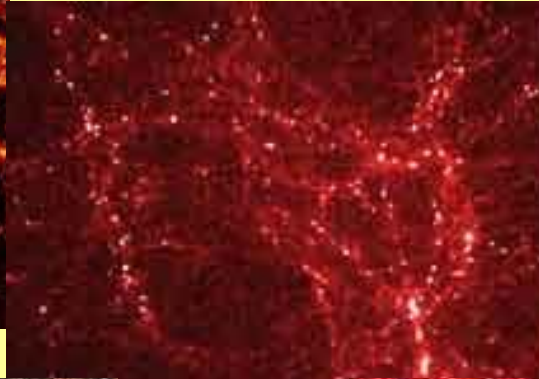
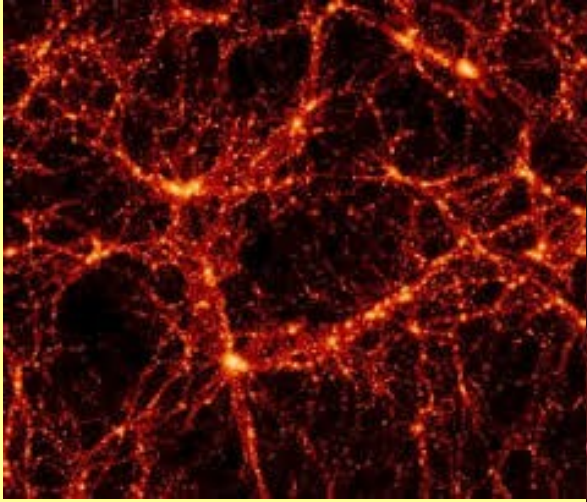
Kompozyty W-ZrC uzyskane metodą DCP - struktura włóknista



Kompozyty W-ZrC uzyskane metodą DCP - struktura włóknista



Struktura Wszechświata



Dziękuję za uwagę