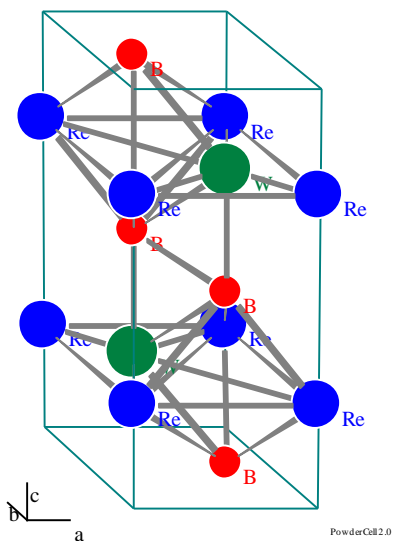


**Rysunek 1**

Borki metali przejściowych ze względu na doskonałe właściwości fizycznych, takie jak dobra przewodność elektryczna (porównywalna do metali), wysoka nieściśliwość i wytrzymałość na ścinanie, a także wyjątkowo wysoka twardość, budzą w ostatnich latach coraz większe zainteresowanie w dziedzinie inżynierii materiałowej. Wszystkie te cechy są pożądane w materiałach konstrukcyjnych oraz inżynierskich i wskazują, że borki będą odpowiednimi zamiennikami dla obecnie stosowanych materiałów na narzędzia skrawające. Dlatego też, kiedy po raz pierwszy syntetyzowany eksperymentalnie dwuborek renu ( $\text{ReB}_2$ ) okazał się super-twardy ( $H_v = 40,5$  GPa), wyniki zostały zaprezentowane jako przełom w twardych materiałach. Jednocześnie było jasne, że praktyczne zastosowanie  $\text{ReB}_2$  będzie mało prawdopodobne, ze względu na szybką korozję i wysokie koszty renu. Borki wolframu są relatywnie tańszymi materiałami, a aktualne badania pokazują, że przez dodanie niewielkiej ilości innego pierwiastka można uzyskać materiał twardszy niż  $\text{ReB}_2$ . Również rosnący popyt przemysłowy na powłoki ochronne o wysokiej twardości, dobrych właściwościach sprężystych i stabilności termicznej wymaga dalszych badań nad nowymi grupami materiałów. Proponowany przez nas projekt stanowi znaczący krok w poszukiwaniu nisko kosztowych łatwych do wytwarzania twardych materiałów, również w postaci powłok ochronnych. Dotyczy on badań nad właściwościami borków wolframu takich jak  $\text{WB}$ ,  $\text{WB}_2$  i  $\text{WB}_4$  domieszkowanych renem, tytanem, cyrkonem, molibdenem lub chromem. Są to najbardziej interesujące trójskładnikowe borki ponieważ ich twardość jest wyższa niż „czystych”  $\text{WB}_x$ . Przykładowo twardość  $\text{W}_{0.92}\text{Zr}_{0.08}\text{B}_4$  wynosi około 56 GPa podczas gdy najtwardszego z tej grupy  $\text{WB}_4$  tylko 40 GPa (rys. 1 – kolorem czerwonym oznaczono związek uzyskany podczas badań wstępnych). Powłoki zostaną osadzone metodą rozpylania magnetronowego lub ablacji laserowej przy użyciu tarcz z domieszkowanych borków wolframu o różnym udziale molowym Re, Ti, Zr, Mo, Cr w stosunku do wolframu.

Zostanie także użyta hybrydowa metoda osadzania wymienionych borków z jednoczesnym użyciem lasera i magnetronu lub dwóch magnetronów. W przypadku użycia tej metody jedno urządzenie służyć będzie do odparowania tarczy z borków wolframu a drugie do domieszkowania. Tarcze do rozpylania zostaną wytworzone metodą spiekania plazmowego (SPS). Powłoki będą nanoszone w komorze próżniowej na podłożach Si, a w celu sprawdzenia możliwości aplikacyjnych także na stali narzędziowej. Proponujemy także badania teoretyczne nad strukturami oraz własnościami mechanicznymi tych związków. Badania nad tarczami oraz osadzonymi pokryciami w połączeniu z badaniami teoretycznymi zarówno struktur jak i samego procesu osadzania powinny doprowadzić do opracowania warunków potrzebnych do nanoszenia niezawodnych super-twardych warstw – głównego celu projektu.

Należy podkreślić, że będą to pierwsze systematyczne badania nad trójskładnikowymi borkami wolframu w postaci cienkich pokryć, łączące parametry osadzania, wewnętrzną strukturę i właściwości funkcjonalne materiału. W celu zbadania właściwości powłok, będą wykorzystywane nowoczesne techniki badawcze. Chropowatość powierzchni będzie lokalnie mierzona za pomocą mikroskopu sił atomowych (AFM) natomiast globalnie z użyciem profilometru optycznego. Struktura wewnętrzna materiałów i określenie typu powstałego związku chemicznego będzie badana za pomocą dyfraktometrii rentgenowskiej i elektronowej mikroskopii transmisyjnej. W przypadku dobrze scharakteryzowanych powłok będą zbadane właściwości, takie jak twardość, odporność na pękanie i stabilność termiczna. Twardość i odporność na kruche pękanie będą badane w teście nanoindentacji. Stabilność termiczna powłok będzie badana na podstawie zmian struktury materiału po wygrzewaniu w temperaturze od 300 do 1000°C. Do wyznaczania struktur zostanie użyta teoria funkcjonalów gęstości (DFT). Na rysunku 2 przedstawiono przykładową teoretyczną strukturę związku  $\text{Re}_{0.52}\text{W}_{0.48}\text{B}_2$ .



**Rysunek 2**