



„Ultra-wysokotemperaturowe wielofazowe materiały z układu Mo-Si-B wytwarzanie w procesach z udziałem fazy ciekłej”

Kierownik projektu: mgr inż. Grzegorz Bruzda

Nr umowy: UMO-2018/31/N/ST8/01513

Dofinansowanie: 198 800 PLN

Okres realizacji: 28.06.2019 r. – 27.06.2022 r.

Cel projektu:

W obliczu pojawiających się globalnych problemów związanych ze skażeniem środowiska i ograniczonymi ilościami nieodnawialnych paliw kopalnych, osiągnięcie optymalnej wydajności i oszczędności systemów energetycznych jest jednym z największych bieżących wyzwań, z którymi muszą się zmierzyć naukowcy i inżynierowie. Jako ogólną zasadę można przyjąć, że wzrost temperatury pracy jest najlepszym sposobem na poprawę wydajności urządzeń energetycznych, co szczególnie znajduje potwierdzenie w przypadku silników turbinowych. Udokumentowano, że osiągnięcie temperatury

$T=1700^{\circ}\text{C}$ „na turbinie” doprowadziłoby do osiągnięcia sprawności ok. 90% i ogólnej sprawności cieplnej ok. 40%, co z kolei znalazłoby pozytywne odzwierciedlenie zarówno w aspektach ekonomicznych (niższe zużycie paliwa, dłuższe zasięgi lotów) jak i ekologicznych (mniejsze zanieczyszczenie środowiska). Jednakże, możliwość wprowadzenia tak trudnych warunków pracy jest silnie zdeterminowana właściwościami użytkowymi zastosowanych materiałów konstrukcyjnych. W ciągu ostatnich dziesięcioleci zaprojektowano i opracowano szereg kolejnych generacji nadstopów na bazie niklu, kobaltu i żelaza jako materiałów do zastosowań wysokotemperaturowych. Chociaż osiągnięto znaczny postęp dzięki wprowadzeniu technologii krystalizacji kierunkowej lub monokrystalicznych materiałów, uzyskanie temperatury pracy łopatek turbin powyżej 1500°C jest nadal wykluczone, a dalsze jej podwyższenia z użyciem materiałów metalowych jest raczej niemożliwe. Ograniczenie to jest głównie bezpośrednią konsekwencją niewystarczającej wytrzymałości mechanicznej superstopów w wysokiej temperaturze. Dlatego na całym świecie rozpoczęto szeroko zakrojone badania nad nowymi materiałami konstrukcyjnymi mogącymi „przebić” limity temperatury roboczej aktualnie dostępnych stopów. Wśród różnych rozważanych kandydatów, szczególną uwagę zwrócono na możliwość wykorzystania materiałów na bazie molibdenu, takich jak krzemki molibdenu (z ang. molybdenum silicides). Jednakże jedną z głównych wad, które utrudniają szerszy komercyjny rozwój krzemków molibdenu, jest ich niezadowalająca wysokotemperaturowa odporność na pełzanie i odporność na działanie atmosfery utleniającej. Na podstawie danych literaturowych wywnioskowano, że powyższe wady mogą być znacznie ograniczone poprzez odpowiednią modyfikację składu chemicznego stopu (w kierunku układu potrójnego Mo-Si-B). Pomimo, że w literaturze dostępne są doniesienia na temat wytwarzania tego typu stopów, to aktualnie proponowane metody są złożone (wielostopniowe, obejmujące ekstremalne warunki przetwarzania), a zatem kosztowne. W ramach proponowanego projektu zaproponowane zostanie nowatorskie podejście technologiczne bazujące na zjawiskach ciekłofazowych, które umożliwi otrzymywanie materiałów z układu Mo-Si-B w znacznie prostszy sposób, a jednocześnie zapewni ich lepsze właściwości. W tym celu zostanie ustalona nowa eksperymentalna wiedza na temat przebiegu wysokotemperaturowej zwilżalności i reaktywnej infiltracji w systemach Si-B/Mo. Wiedza ta zostanie następnie zweryfikowana w serii prób technologicznych. W konsekwencji przeprowadzonych prac badawczych zostaną sformułowane praktyczne zalecenia dotyczące wytwarzania nowych materiałów przeznaczonych do pracy w ultra-wysokiej temperaturze. Ponadto, jako dowód na poprawność przyjętej koncepcji, opracowana metoda zostanie wykorzystana do wytworzenia przykładowych elementów ze stopów Mo-Si-Bo prostej geometrii (pręt, drut, płytka).