



Łukasiewicz
Institute
of Non-Ferrous
Metals

**Sieć Badawcza Łukasiewicz -
Instytut Metali Nieżelaznych**



Wydział Inżynierii Materiałowej

DZIEDZINA: Nauki techniczne

DYSCYPLINA: Inżynieria Materiałowa

ROZPRAWA DOKTORSKA

"Fizykochemiczne właściwości materiału stopowego na bazie molibdenu z dodatkiem renu wytwarzanego technikami metalurgii proszków"

Autor: mgr inż. Małgorzata Osadnik

Promotor rozprawy: dr hab. inż. Grzegorz Moskal , prof. Pol.Śl
Promotor pomocniczy : dr hab. Adriana Wrona

Praca wykonana: Sieć Badacza Łukasiewicz – Instytut Metali Nieżelaznych, Gliwice

Gliwice, 2023

Streszczenie

Przedstawiona praca doktorska podejmuje tematykę wytwarzania materiału stopowego na bazie molibdenu z dodatkiem renu w postaci proszku o morfologii umożliwiającej wytwarzanie z niego powłok ochronnych metodą natrysku plazmowego APS. Przeprowadzona analiza bibliograficzna dotycząca stopów molibdenowo-renowych wytwarzanych metalurgią proszków wykazuje iż, niewiele jest prac dotyczących wytwarzania tych materiałów w postaci proszkowej, w szczególności proszków o morfologii umożliwiającej zastosowanie ich jako materiału powłokotwórczego. W tym aspekcie postawiony w pracy problem badawczy jest nowy. Niewiele jest także doniesień literaturowych na temat otrzymywania tych stopów, a w zasadzie proszków stopowych, metodą redukcji soli renu w obecności granul molibdenu, zaproponowaną w niniejszej pracy. Zastosowanie stopu Mo-Re jako surowca do wytwarzania warstw ochronnych technikami natrysku cieplnego nie było dotychczas badane, dlatego też natrysek cieplny proszków Mo-Re, charakterystyka struktury i właściwości tak otrzymanych powłok jest nowym elementem badawczym.

Realizacja celu postawionego w pracy wymagała rozwiązanie kilku pośrednich, problemów badawczych umożliwiających dobór i weryfikację technologii pozwalającej na wytworzenie materiałów proszkowych o założonym składzie i morfologii.

Jednym z podstawowych problemów badawczych był wybór metody wytwarzania mieszanki proszkowej. Badano dwie różne technologiczne metody łączenia molibdenu z renem. Jedna oparta była o proces mechanicznego mielenia czystych składników metalicznych: molibdenu i renu. W drugiej metodzie łączono molibden z renem na drodze fizykochemicznej wykorzystując, jako źródło renu- nadrenian amonu NH_4ReO_4 . Badano wpływ na właściwości otrzymywanych mieszanek takich parametrów procesu jak:

- w przypadku metody mechanicznego mielenia - czas trwania procesu;
- w metodzie fizykochemicznej - czas trwania procesu oraz wpływ temperatury.

W badaniach koncentrowano się głównie na określeniu wpływu zmiany parametrów procesowych na:

- skład fazowy (jakościowy i ilościowy),
- skład chemiczny w mikroobszarach,
- morfologię ziaren
- gęstość
- rozwinięcie powierzchni właściwej.

Ponadto dla materiałów wytwarzanych metodą fizykochemiczną badano wpływ temperatury i czasu procesu na parametry komórki elementarnej roztworu stałego molibdenu. Dodatkowo dla mieszanek proszkowych, wytworzonych w obu procesach, badano wpływ obróbki cieplnej na skład fazowy i morfologię finalnych proszków.

W pracy badano dwa, istotnie różniące się zawartością renowo materiały:

- Mo-85% + Re-15% i
- Mo-56% + Re-44%.

W ramach pracy z opracowanych materiałów proszkowych wytworzono i scharakteryzowano pod względem fazowym i mikrostrukturalnym warstwy uzyskane w procesie APS.

Zakres badań dotyczył także charakterystyki pokrzemowanych powłok Mo-Re. Krzemowanie dyfuzyjne zostało zastosowane w celu poprawy odporności na utlenienia nowych powłok Mo-Re wytworzonych metodą natrysku plazmowego. Kolejnym etapem badań była ocena odporności pokrzemowanych powłok na utlenianie.

Przeprowadzone badania wykazały, że możliwe jest otrzymanie materiału na osnowie molibdenu modyfikowanego renowem w postaci proszku bez konieczności stosowania wysokotemperaturowych procesów topienia i spiekania, oraz zastosowanie go jako efektywnego materiału powłokotwórczego celem wytwarzania natryskiwanych plazmowo powłok ochronnych typu Mo-Re.

Najskuteczniejszą metodą wytwarzania takich proszków jest proces fizykochemiczny. Mielenie mechaniczne nie dało zadowalających rezultatów ze względu na morfologię proszków, wprowadzanie zanieczyszczenia żelazem oraz powstawanie niekorzystnych faz σ . Wytworzenie powłok Mo-Re-Si na cermetalowym podłożu typu Mo-ZrO₂, pozwoliło na uzyskanie materiału o wysokiej użyteczności praktycznej w przemyśle szklarskim, zapewniającego zachowanie jakości masy szklanej (brak zanieczyszczeń) oraz trwałość użytkową materiału w całym cyklu szklarskim