

Nanomateriały wykazują szereg właściwości, które wyróżniają je spośród innych grup materiałów. Przykładem może być temperatura topnienia, która dla materiałów krystalicznych jest uwarunkowana przez strukturę materiału (dla stałego ciała). Jest to prawdą dla materiałów konwencjonalnych o makro- lub mikrometrycznych rozmiarach. Jednak w strukturach nanometrycznych obserwuje się zjawisko obniżenia temperatury topnienia, tym intensywniejsze im mniejsze rozmiary materiału. Zjawisko to zostało przewidziane teoretycznie i potwierdzone eksperymentalnie szczególnie dla swobodnych nanocząstek. Celem niniejszego projektu jest poznanie mechanizmu obniżenia temperatury topnienia dla układów składających się z naprzemiennie ułożonych nanowarstw metalicznych (stopu eutektycznego lub czystego metalu) o względnie niskiej temperaturze topnienia i ceramicznych o wysokiej temperaturze topnienia. Są to ciekawe układy o potencjalnej użyteczności. Można je na przykład wykorzystać w technologiach spajania materiałów wrażliwych na ciepło. Zjawisko obniżenia temperatury topnienia pozwala bowiem na obniżenie temperatury procesu i zachowanie właściwości takich materiałów.

Dodatkowo należy zaznaczyć, że w przypadku układu nanowarstw istnieje duża liczba czynników wpływających na ich zachowanie podczas topnienia - są to wielkość ziarna, budowa fazowa, koherencja granicy międzyfazowej, a ich wpływ jest nieznany. W projekcie postawiono następujące hipotezy badawcze: efekt obniżenia temperatury topnienia w układach nanowarstw zależy nie tylko od ich grubości, ale także od wielkości ziarna (polikrystaliczności) i charakteru (koherencji) granicy międzyfazowej metal-ceramika.

Dla udowodnienia postawionej w projekcie tezy zaplanowano wytworzenie próbek (metodą rozpylania magnetronowego) o zdefiniowanej mikrostrukturze, tj. nanowarstw metalicznych czystego metalu i stopów dwuskładnikowych o składzie bliskim eutektycznemu o różnej wielkości ziarna oraz różnej grubości warstw ułożonych naprzemiennie z nanowarstwami ceramicznymi AlN. Wytworzone nanowarstwy zostaną scharakteryzowane pod względem ich grubości, koherencji granicy międzyfazowej ceramika-metal, struktury warstwy metalicznej (ilość i rodzaj faz, wielkość ziarna). W kolejnych etapach analizowane będą zmiany strukturalne pod wpływem wysokiej temperatury oraz proces topnienia warstw, w tym temperatura, w której pojawia się faza ciekła oraz struktura nanowarstw po wygrzewaniu powyżej temperatury topnienia. Wykorzystane do tego celu zostaną następujące techniki badawcze: wysokotemperaturowa dyfrakcja promieniowania rentgenowskiego, mikroskopia elektronowa skaningowa i transmisyjna, spektroskopia fotoelektronów oraz kalorymetria różnicowa. Badania eksperymentalne zostaną uzupełnione modelowaniem metod dynamiki molekularnej.

Proponowany projekt ma duże znaczenie naukowe i dotyczy najbardziej aktualnych zagadnień w dziedzinie inżynierii materiałowej. Poznanie i zrozumienie podstawowych zjawisk odpowiedzialnych za obniżenie temperatury topnienia w układach nanowarstw pozwoli zaprojektować optymalny system do zastosowania w niskotemperaturowych procesach spajania materiałów. Dzięki temu możliwe będzie spajanie materiałów wrażliwych na ciepło, takich jak nanomateriały, bez utraty ich doskonałych właściwości uzyskiwanych dzięki nanostrukturze. Realizacja niniejszego projektu przyczyni się również do zdobycia nowej wiedzy na temat wpływu mikrostruktury, w tym charakteru granic ziaren i granic międzyfazowych, na efekt obniżenia temperatury topnienia nanomateriałów w postaci nanowarstw.