

Materiały typu MAX to nowa grupa materiałów, które wypełniają lukę między materiałami ceramicznymi a metalami ze względu na ich korzystne właściwości, takie jak odporność na szoki termiczne, utlenianie i korozję w połączeniu z korzystną wytrzymałością na zmęczenie i pełzanie. Z tego powodu wykazują one znaczny potencjał do zastosowań w środowiskach o wysokiej temperaturze. Gęstość faz MAX waha się zwykle między 4 a 6 g/cm³ i jest porównywalna z większością materiałów ceramicznych oraz dwukrotnie niższa niż w przypadku stopów żarowytrzymałych stosowanych w przemyśle lotniczym.

Nazwa materiałów MAX wynika z ich składu chemicznego, gdzie „M” to metal przejściowy, „A” to pierwiastek z grupy A (np. Al), a „X” to węgiel, azot lub bor. Ich doskonałe właściwości w wysokiej temperaturze stwarzają nowe możliwości zastosowania ich jako powłoki ochronne na elementy turbin stacjonarnych i lotniczych. Rozwój silników lotniczych jest związany ze zwiększaniem temperatury pracy ich komponentów, co prowadzi do wzrostu sprawności oraz obniżenia emisji CO₂ i NO_x do atmosfery. Stanowi to motywację do rozwoju nowych materiałów oraz powłok ochronnych umożliwiających ich pracę w coraz bardziej wymagających warunkach. Żywotność i temperaturę pracy części, takich jak łopatki turbin wykonanych z międzymetalicznych stopów γ -TiAl lub z kompozytów ceramika-ceramika (Ceramic Matrix Composites - CMC), np. SiC-SiC, można zwiększyć poprzez osadzanie odpowiednio dostosowanych nanolaminatowych powłok typu MAX przy zachowaniu właściwości mechanicznych materiałów podłoża.

W ramach projektu prowadzone będą badania nad wytwarzaniem nanolaminatowych powłok z materiałów typu MAX (M = Cr lub Ti i A = Al) osadzanych różnymi metodami fizycznego osadzania z fazy gazowej (Physical Vapor Deposition – PVD) oraz zdobyta zostanie nowa wiedza na temat mechanizmów ich degradacji w wysokiej temperaturze i atmosferze zawierającej parę wodną. Po raz pierwszy porównane zostaną trzy różne technologie PVD dostępne w partnerskich instytucjach w Polsce i Niemczech, w tym osadzanie magnetronowe dużej mocy (HPPMS), stałoprądowe osadzanie magnetronowe (MS-DC) oraz osadzanie z zamkniętą katodą (CHC-PVD). Powłoki będą nakładane na materiały podłoża, takie jak międzymetaliczne stopy TiAl i kompozyty ceramika-ceramika SiC-SiC. Współpraca międzynarodowa pomiędzy instytucjami z Polski i Niemiec nad różnymi metodami wytwarzania powłok daje wyjątkową możliwość zrozumienia wpływu licznych parametrów osadzania na właściwości powłok nanolaminatowych typu MAX.

Projekt skoncentruje się na poznaniu zjawisk zachodzących podczas pracy pokrytych stopów w wysokiej temperaturze i agresywnym środowisku zawierającym parę wodną. Oczekuje się zwiększenia odporności na utlenianie stopów TiAl w temperaturze 850 °C. W przypadku materiału podłoża z kompozytu ceramika-ceramika SiC-SiC konieczność ochrony przed korozją wywołaną parą wodną uzyskiwana jest dzięki nowoczesnym, jednak skomplikowanym systemom środowiskowych barier cieplnych EBC (Environmental Barrier Coatings) opartych są na krzemianach pierwiastków ziem rzadkich o złożonej budowie. Ich potencjalne zastąpienie powłokami typu MAX umożliwi bardziej zrównoważone wykorzystanie surowców i pozwoli na zwiększenie ich odporności na utlenianie ze względu na tworzenie ochronnej warstwy tlenkowej złożonej z tlenku glinu (Al₂O₃). W związku z tym szczególna uwaga zostanie zwrócona na zjawiska zachodzące na granicy rozdziału powłok z atmosferą utleniającą, a także pomiędzy powłokami a podłożem ze stopu TiAl i kompozytu SiC-SiC. Badania procesów dyfuzji między powłokami nanolaminatowymi a materiałami podłoża będą analizowane z wykorzystaniem najnowocześniejszych technik skaningowo transmisyjnej mikroskopii elektronowej (STEM) i wspomagane będą symulacjami termodynamicznymi z wykorzystaniem metod CALPHAD. Zdobytą zostanie nowa wiedza na temat zjawisk zachodzących podczas wzrostu powłok ochronnych, a także ich degradacji w wysokiej temperaturze. Odporność nowych rodzajów powłok na oddziaływanie agresywnego środowiska i temperatury zostanie ujawniona podczas długotrwałych testów cyklicznego i izotermicznego utleniania w atmosferze pary wodnej. Poznany zostanie wpływ powłok typu MAX na właściwości mechaniczne stopów w warunkach zmęczeniowych oraz pełzania.