

**Mgr inż. Tadeusz KUBASZEK**

Tytuł rozprawy: *Porowatość i wydajność osadzania – kryteria doboru warunków procesu natryskiwania cieplnego warstwy ceramicznej  $ZrO_2 \times n Y_2O_3$  powłokowej bariery cieplnej elementów części gorącej silników lotniczych*

## **STRESZCZENIE**

W pracy realizowano badania dotyczące określenia warunków procesu natryskiwania plazmowego APS warstwy ceramicznej powłokowej bariery cieplnej przy zastosowaniu proszków tlenku  $ZrO_2$  o rozmiarach cząstek mikro- i nanometrycznych dla przyjętych kryteriów porowatości i wydajności osadzania warstwy. Przyjęto tezę rozprawy, że możliwe jest wytwarzanie powłok ceramicznych o prognozowanych właściwościach fizycznych – porowatości i grubości, przy zastosowaniu proszków o mikrometrycznych ( $<10\mu m$ ) i nanometrycznych ( $<1\mu m$ ) rozmiarach cząstek, w procesie natryskiwania plazmowego w warunkach zapewniających dużą jego wydajność z uwzględnieniem ich zastosowania na warstwę zewnętrzną powłokowych barier cieplnych stosowanych w części gorącej silników lotniczych.

W prowadzonych badaniach uwzględniono zarówno właściwości cieplne i fizyczne cząstek przemieszczających się w strumieniu plazmy (ich temperaturę i prędkość), sposób wprowadzania cząstek do strumienia plazmy (promieniowy i centralny) jak również warunki procesu natryskiwania plazmowego (natężenie prądu palnika, natężenie przepływu gazów plazmotwórczych). Określono ich wpływ na skład chemiczny i fazowy, morfologię składników fazowych mikrostruktury oraz ich właściwości użytkowe. Warunki procesu opracowano na podstawie właściwości cieplnych i fizycznych cząstek przemieszczających się w strumieniu plazmy – temperatury i prędkości. W badaniach mikroskopowych dokonano weryfikacji porowatości i grubości wytworzonych warstw ceramicznych powłokowych barier cieplnych.

Wykonano analizę wpływu warunków procesu natryskiwania plazmowego APS (natężenia przepływu wodoru oraz natężenia prądu palnika) na grubość i porowatość wytworzonych warstw ceramicznych powłokowych barier cieplnych. Ustalono warunki procesu wytwarzania warstw ceramicznych przy zastosowaniu cząstek proszków o rozmiarach mikro- i nanometrycznych  $D_{50}=5\mu m$  (Metco 6700) i  $D_{50}<1\mu m$  (Metco 6609) oraz promieniowego (palnik jednoelektrodowy A60) i centralnego (palnik trójelektrodowy Axial III) ich wprowadzania do strumienia plazmy.

Stwierdzono, że wszystkie wytworzone warstwy ceramiczne cechuje budowa lamelarna. Ustalono, że zmiana sposobu wprowadzania cząstek proszku o rozmiarach mikro- i nanometrycznych do strumienia plazmy – z promieniowego na centralny oraz zwiększenie natężenia przepływu gazów plazmotwórczych i natężenia

## **Mgr inż. Tadeusz KUBASZEK**

Tytuł rozprawy: *Porowatość i wydajność osadzania – kryteria doboru warunków procesu natryskiwania cieplnej warstwy ceramicznej  $ZrO_2 \times n Y_2O_3$  powłokowej bariery cieplnej elementów części gorącej silników lotniczych*

prądu palnika Axial III wpłynęło na dużą energię tych cząstek, a także na zmniejszenie średnicy porów wewnątrz warstwy ceramicznej i jej porowatości. Dla opracowanych warunków procesu i stosowanych proszków o rozmiarach mikro- i nanometrycznych stwierdzono zawartość pierwiastków - Zr, Y i O w zewnętrznej warstwie ceramicznej oraz Ni, Cr, Al, Co i Y w międzywarstwie metalicznej. Wykazano w warstwie obecność krystalitów fazy  $(ZrO_2)_{0,96}(Y_2O_3)_{0,04}$  o strukturze tetragonalnej oraz odmianę polimorficzną tlenku  $ZrO_2$  o strukturze jednoskośnej (faza M). Analiza właściwości cieplnych wykazała zbliżoną przewodność cieplną powłokowych barier cieplnych niezależnie od średnicy cząstek zastosowanego proszku tlenku  $ZrO_2 \times 8Y_2O_3$ . Największą odpornością na utlenianie wysokotemperaturowe charakteryzuje się warstwa wytworzona z proszku tlenku  $ZrO_2 \times 8Y_2O_3$  o rozmiarach nanometrycznych cząstek  $D_{50} < 1\mu m$  (Metco 6609) wprowadzanych centralnie do strumienia plazmy (palnik Axial III). Ustalono również, że warstwę tą cechuje dobra przyczepność do podłoża, zbliżona do standardowego materiału – proszku o średniej średnicy  $D_{50} = 66\mu m$  (Metco 204NS). Zastosowanie centralnego wprowadzania cząstek do strumienia plazmy (palnik Axial III) umożliwia wzrost wydajności osadzania w procesie natryskiwania plazmowego APS, a także zmniejszenie kosztów wytwarzania warstw ceramicznych powłokowych barier cieplnych stosowanych na elementach części gorącej silników lotniczych.

Słowa kluczowe: powłokowe bariery cieplne, natryskiwanie plazmowe w warunkach ciśnienia atmosferycznego APS, proszki tlenku  $ZrO_2 \times nY_2O_3$  o rozmiarach mikro- i nanometrycznych