

# КОМПЛЕКСНОЕ ЗАЩИТНОЕ ПОКРЫТИЕ ДЛЯ МОНОКРИСТАЛЬНЫХ ЛОПАТОК ИЗ СПЛАВА ЖС36ВИ

*Худорожков С. В.*

ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, Екатеринбург

Для теплонапряженных охлаждаемых лопаток турбины из монокристалльного сплава ЖС36ВИ [001] было сконструировано следующее комплексное покрытие: нанесение ГЦП CrAl на внутреннюю и наружную поверхность, последующее нанесение двухслойного ИПП с внутренним слоем Ni-Cr-Al-Ta-Re-Y и внешним слоем Al-Ni-Cr-Y. После нанесения ГЦП CrAl на наружной поверхности лопатки формируется естественный диффузионный барьер из  $\beta$  - фазы NiAl, который обеспечивает хорошую адгезию слоев между собой и сплавом, имеет низкие параметры диффузии тугоплавких элементов как из сплава в покрытие, так и из конденсационного покрытия в сплав. Легирование внутреннего слоя системы Ni-Cr-Al-Y такими элементами как Re и Ta значительно повышает ее структурную термостабильность за счет снижения диффузионной проницаемости (Ta почти полностью растворяется в  $\gamma'$ - фазе и является ее мощным стабилизатором; Re практически не растворяется в  $\beta$ - и  $\gamma'$ - фазах, а конденсируется в  $\gamma$ - фазе). Внешний слой на конденсате Ni-Cr-Al-Ta-Re-Y состоит из  $\beta$  - фазы NiAl, легированный хромом. Проведение высокотемпературных испытаний при  $T = 1100 - 1200^\circ\text{C}$  показало очень высокую жаростойкость данного защитного покрытия. В исходном состоянии внешняя зона комплексного покрытия состоит из легированной хромом  $\beta$  - фазы NiAl, содержащий 20 масс.% Al. Внутренний слой покрытия состоит из смеси легированных  $\beta$ ,  $\gamma'$  и  $\gamma$ - фаз, а на границе со сплавом находится легированная  $\beta$  - NiAl, содержащая 18 масс.% Al. Общая толщина диффузионно-конденсационного покрытия составляет 75 – 80 мкм. После высокотемпературных выдержек в течение 500 часов покрытие утрачивает свое слоистое строение. Во внешней зоне покрытия произошел распад  $\beta \rightarrow \gamma'$ , но сохраняется большое количество  $\beta$ -фазы NiAl содержащей 17 масс.% Al, также присутствует слой легированной  $\gamma'$ - фазы Ni<sub>3</sub>Al и прослойки из  $\gamma$ - фазы с мелкодисперсными выделениями. Под комплексным покрытием в сплаве ЖС36ВИ образуется измененная зона, матрицей которой является  $\gamma'$ - фаза Ni<sub>3</sub>Al следующего состава, масс. %: Ni – основа, Al – 7.5; Cr – 3.0; Co – 7.0; W – 8.4; Re – 0.4; Ta – 0.5. В процессе высокотемпературных испытаний в этой зоне происходит образование и рост игольчатых выделений, обогащенных W, Re, Cr, которые представляют ТПУ – фазы ( $\mu$ , R, P) сложного состава. Данное диффузионно-конденсационное покрытие предназначено для защиты от окисления монокристалльных охлаждаемых лопаток современных ГТД пятого поколения с температурой газа на входе в турбину 1820 К.