

ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

УДК 621.793.71

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ИЗ ПОРОШКОВ МЕТАЛЛОКЕРАМИКИ МЕТОДАМИ ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ НА ВОЗДУХЕ И ДЕТОНАЦИЕЙ

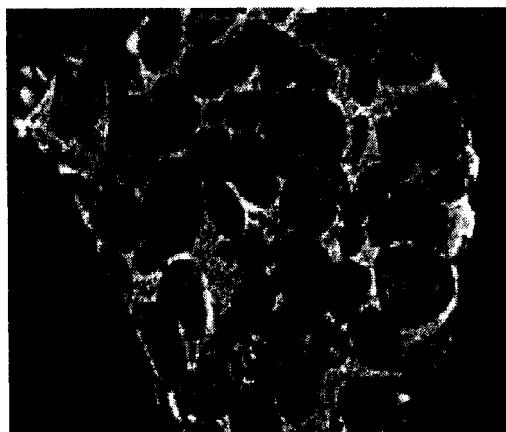
канд. техн. наук В.А. ОКОВИТЫЙ, д-р техн. наук, проф. А.Ф. ИЛЬЮЩЕНКО,
канд. техн. наук А.И. ШЕВЦОВ, А.П. ПОДВОЙСКИЙ
(Институт порошковой металлургии НАН Беларуси, Минск)

Представлены результаты оптимизации процесса нанесения покрытий из порошков металлокерамики (AlSi - 75 % SiC и AlSi - 50 % TiC) методами плазменного напыления на воздухе и детонацией. Процессы напыления были реализованы на оборудовании фирмы «Plasma-Technik AG». Процесс детонационного напыления реализован на оборудовании, работающем на кислородно-пропановой смеси. Структуру покрытий исследовали с помощью методов оптической металлографии. Проанализированы эксплуатационные характеристики покрытий.

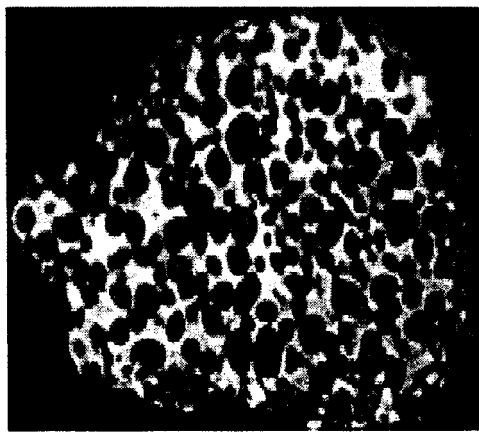
Для деталей авиационной техники одним из главных критериев является низкая материалоемкость. Применение износостойких газотермических покрытий на деталях алюминиевых сплавов позволяет снизить металлоемкость изделия, заменить стальные конструкции на более легкие материалы при сохранении и даже увеличении ресурса работы. Износостойкие покрытия из материалов с мягкой матрицей, упрочненных твердыми включениями типа Al - TiC, AlSi - TiC, Al - (TiC - Cr₂O₃), Al - SiC, AlSi - SiC, находят все более широкое применение в авиационной промышленности.

С целью улучшения свойств AlSi - 50 % TiC и AlSi - 75 % SiC покрытий напыление производили двумя методами: плазменным напылением на воздухе (APS) и детонацией (CDS) [1 - 4]. В качестве материалов основы для проведения исследований использовался AlSi, применяемый при изготовлении деталей. Процессы напыления были реализованы на оборудовании фирмы «Plasma-Technik AG». Процесс CDS реализован на оборудовании, работающем на кислородно-пропановой смеси. Структуру покрытий исследовали с помощью методов оптической металлографии (оптические микроскопы «Polyvar» (Австрия) и «Neophot-20», (Германия). Были проведены исследования эксплуатационных характеристик покрытий.

Исследование стойкости к абразивному изнашиванию покрытий проводили с помощью PIN-on-DISK (методика Ахенского Технического Университета). Пористость и твердость измеряли на оптическом микроскопе «Mef-3» фирмы «Reichert» (Австрия), совмещенном с компьютерной приставкой, прочность сцепления измеряли на разрывной машине «Instron 1195» фирмы «Instron Ltd» (Англия) с использованием специального устройства, обеспечивающего повышенную точность испытаний [4]. Порошки AlSi - 50 % TiC и AlSi - 75 % SiC (рис. 1) получали методом CBC (самораспространяющийся высокоскоростной синтез). Оптимизация параметров APS и CDS процесса проводилась на первом этапе с использованием «Splat-test» (результаты «сплэт-тест» приведены на рис. 2); затем оптимизация режимов напыления - на основании получения максимального коэффициента использования материала.



а)



б)

Рис. 1. Структура порошков, полученных CBC-методом (×500):

а – AlSi – 75 % SiC; б – AlSi – 50 % TiC

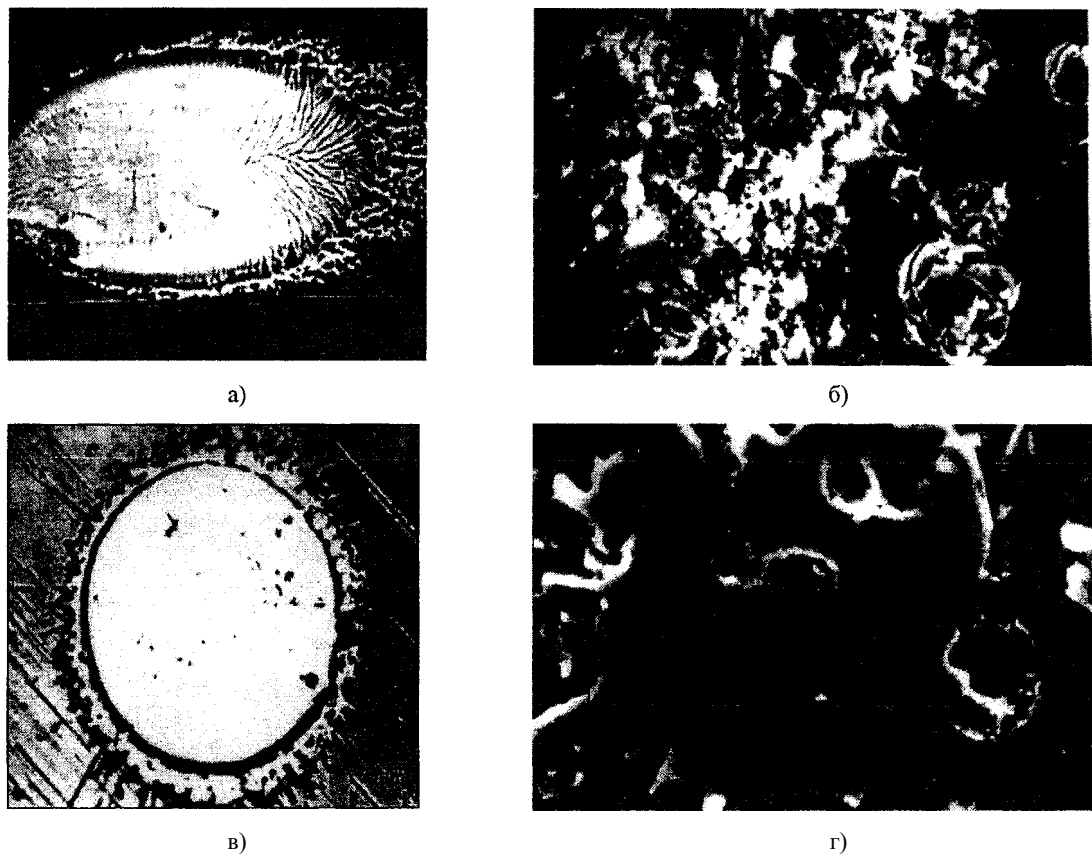


Рис. 2. Результаты «сплэт-теста» для порошка AlSi - 50 %TiC (а, б) и AlSi - 75 % SiC (в, г) покрытия, напыленного двумя методами: плазменным напылением на воздухе (APS) - б, г; детонацией (CDS) - а, в

Результаты исследований представлены в табл. 1, 2 и на рис. 3, 4.

Таблица 1

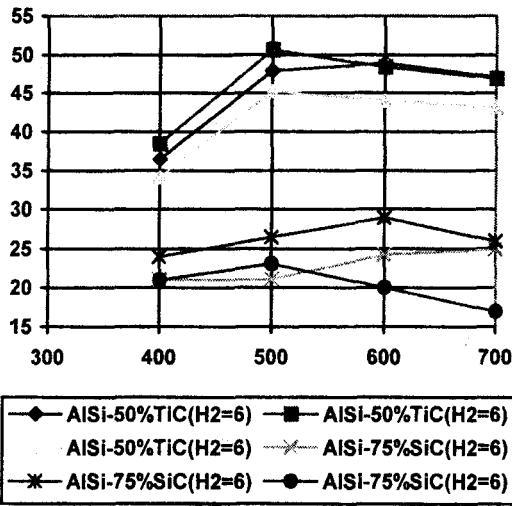
Режимы напыления AlSi - 50 % TiC (1) и AlSi - 75 % SiC (2) APS-покрытий

Параметры	Режимы напыления	Н ₂ , 6 л/мин				Н ₂ , 7 л/мин				Н ₂ , 8 л/мин			
		400	500	600	700	400	450	550	600	400	500	600	700
Ток, I, А	1	400	500	600	700	400	450	550	600	400	500	600	700
Напряжение, U, В	1	58	58,5	59	59,5	62	62,3	62,5	63	62,6	63	63,4	64
Расход Ag, л/мин	1	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Расход транспортируемого газа, Ag, л/мин	1	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Дистанция напыления, мм	1	110	110	110	110	110	130	130	130	110	110	110	110
	2					110	110	150	140	110	110	110	110
Подача порошка, г/мин	1	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	2	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

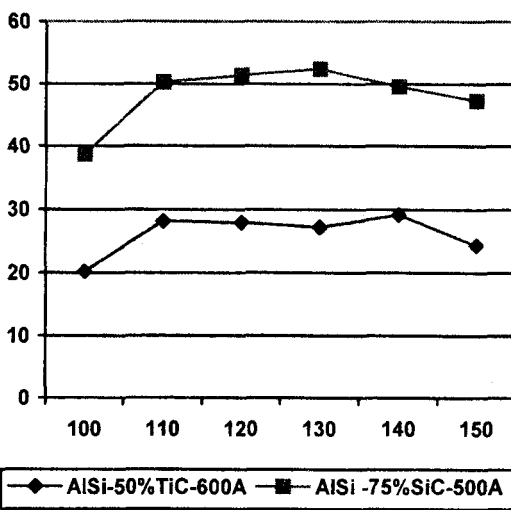
Таблица 2

Оптимизация процесса напыления CDS покрытий AlSi - 50 % TiC и AlSi - 75 % SiC (расход N₂- 20 л/мин)

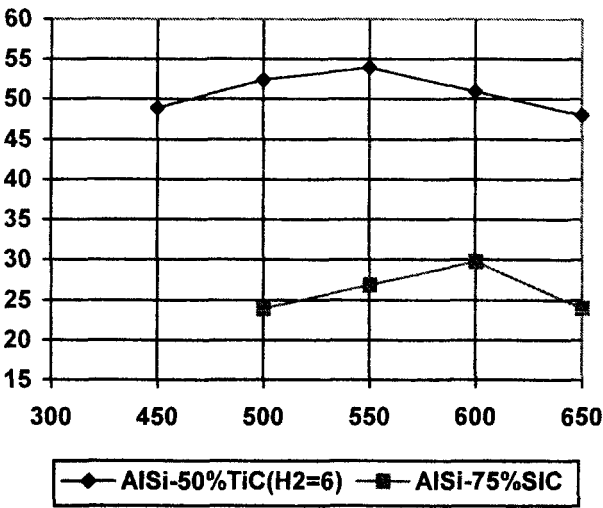
Вид покрытия	AlSi - 50 % TiC				AlSi - 75 % SiC			
Расход O ₂ , л/мин	400	450	500	550	400	450	500	550
Расход пропана, л/мин	51	59	54	50	30	34	39	37



а)



б)



в)

Рис. 3. Оптимизация процесса напыления AlSi - 50 % TiC и AlSi - 75 % SiC методом APS:
а - влияние величины тока при разных значениях расхода плазмообразующего газа на коэффициенты использования материалов (дистанция напыления 110 мм);
б - влияние дистанции напыления на коэффициенты использования материалов (расход H₂ - 7 л/мин, расход Ar - 40 л/мин, расход транспортирующего Ar - 7 л/мин);
в - влияние величины тока при постоянном расходе плазмообразующего газа и разных значениях дистанции напыления на коэффициенты использования материалов AlSi - 50 % TiC и AlSi - 75 % SiC (H₂ - 7 л/мин, дистанция напыления AlSi - 50 % TiC - 130 мм, AlSi - 75 % SiC - 140 мм)

Исследования показали целесообразность использования плазменного напыления на воздухе и дестонационного напыления покрытий на основе силицида алюминия, карбидов титана и кремния для повышения ресурса деталей авиационной техники.

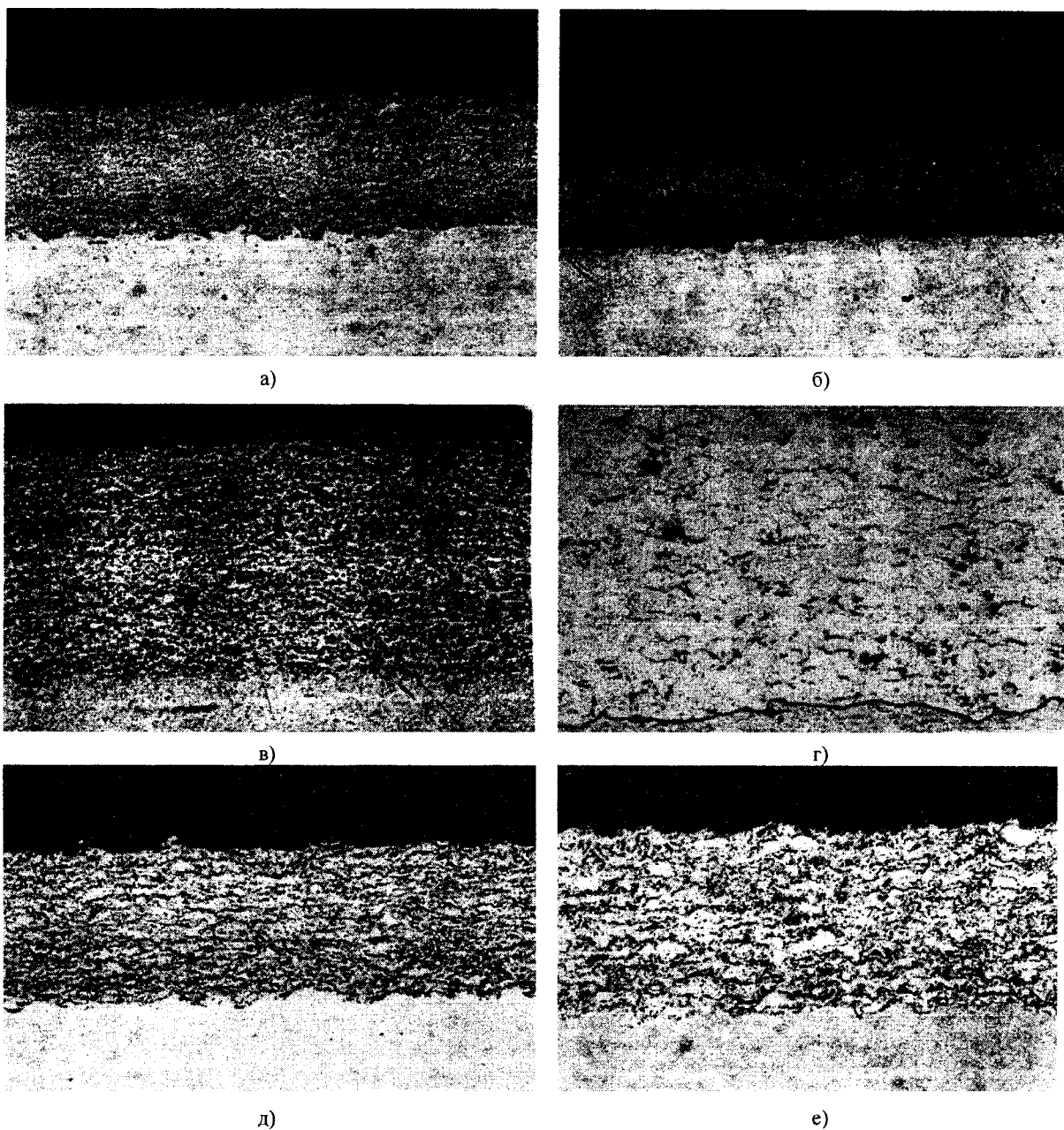


Рис. 4. Структуры покрытий (x400) AlSi - 50 %TiC (а, б, в);
AlSi - 75 % SiC (г, д, е), нанесенных методом детонацией (CDS).
Расход O_2 : а - 400 л/мин; б - 450 л/мин; в - 500 л/мин; г - 450 л/мин; д - 500 л/мин; е - 550 л/мин

ЛИТЕРАТУРА

1. Investigation of APS and CDS process of Al-carbide AlSi-carbide coatings / A. Ilyuschenko, P. Vityaz, V. Okovity and other // Proceedings of the 8-th National Thermal Spray Conference, Sept. 11- 15, 1995. - Houston, Texas, 1995. - P. 316 - 320.
2. Investigation of diamonds, nitrides and carbide coatings by APS and UPS process / A. Ilyuschenko, P. Vityaz, V. Okovity and other // Proceedings of the IT SC'95. - Kobe, 1995. - P. 345 -351.
3. Results of investigation APS and CDS Process of formation Al-carbide and AlSi-carbide coatings / P. Vityaz, A. Ilyuschenko, V. Okovity et al. // Powder Technology 95, V-th Baltic Conference, Nov 7 - 8, 1995. - Tallinn, 1995. P. - 58 - 60.
4. Properties of AlSi - 50 % TiC and AlSi - 75 % SiC plasma spraying coatings / V. Okovity, A. Ilyuschenko, V. Ivachko, V. Blagodamy // Nove smery vo vyrobnych technologiach 2000: Proc. of 6 Conference. - Presov (Slovenska Republic). -2001. - P. 221 - 225.