

Оценка пористости покрытия, полученного с использованием отходов литейных алюминиевых шлаков на основе системы Al-Al₂O₃

Магистрант гр. 50424022 Руленков А.Д.
Научный руководитель - Рафальский И.В.
Белорусский национальный технический университет

Одним из наиболее эффективных технологических путей улучшения эксплуатационных свойств рабочих поверхностей деталей машин является нанесение на них защитных покрытий. Конструкционные материалы не всегда способны удовлетворить требования, предъявляемые к деталям машин, работающим в тяжелых условиях. Конструкционные материалы высокого качества, как правило, применяются ограничено из-за своей дороговизны. Использование различных металлических и неметаллических покрытий позволяет, где это возможно, заменить дорогостоящие материалы, обеспечивая в полной мере те же свойства, но за меньшую цену. В качестве напыляемых материалов чаще всего применяются металлы, сплавы, оксидные, карбидные и нитридные керамики [1].

Обзор литературных данных показывает, что, в основном, покрытия на основе системы Al-Al₂O₃ наносятся анодным осаждением [2-7]. Широко применяются газотермические методы нанесения защитных покрытий, например, плазменное, лазерное напыление и другие. Покрытие системы Al-Al₂O₃ применяется в качестве защиты от коррозии и улучшения трибологических характеристик деталей машин, работающих в агрессивных средах, при больших температурах, а также при ремонте. Например, в работе [4] проводились исследования по получению защитного покрытия на основе Al₂O₃ плазменно-электролизным осаждением с использованием импульсного однополярного источника питания на нержавеющей стали аустенитного класса 316L, работающей в условиях повышенных температур и агрессивных сред.

В настоящей работе проводилась оценка пористости покрытий на основе системы Al-Al₂O₃, полученных с использованием порошковых материалов, выделенных из литейных алюминиевых шлаков и нанесенных плазменным методом на стальную подложку (сталь 40). Подложка (рисунок 1 а и б) представляет собой плоскопараллельную трапецию толщиной 3 мм, толщина покрытия по десяти точкам составила 150 мкм.

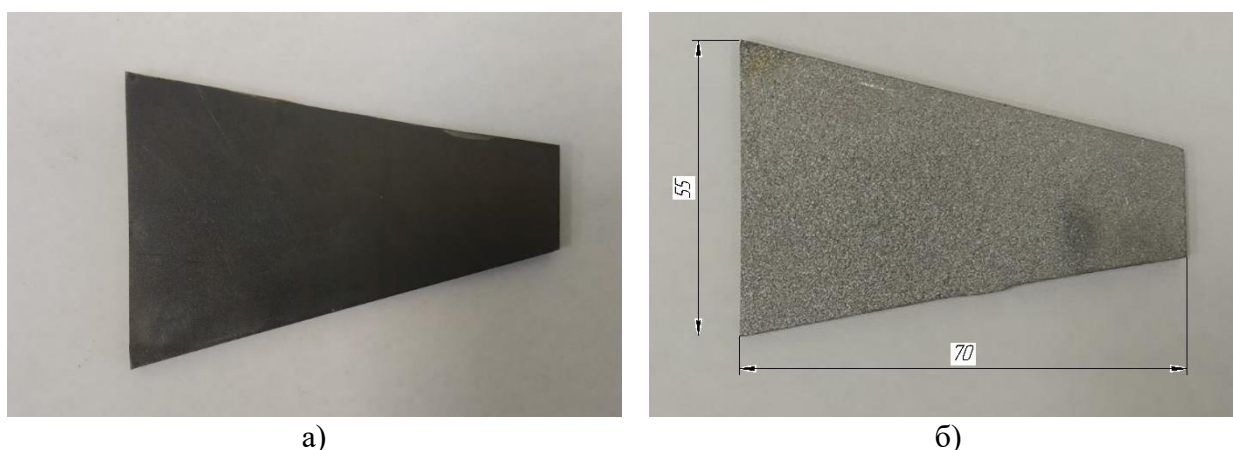


Рисунок 1 – Стальной образец а) без покрытия, б) с покрытием

Для покрытия была проведена оценка открытой пористости гидростатическим методом в соответствии с [8]. Для определения пористости образец был взвешен на воздухе и затем выдержан в дистиллированной воде в течение 30 мин. Далее образец взвешивали в воде и на

воздухе (рисунок 2 а и б). При взвешивании в воде образец подвешивали на тонкой нити диаметром 0,05 мм, масса которой учитывалась при расчете. С поверхности образца непосредственно перед взвешиванием на воздухе удаляли излишки влаги фильтровальной бумагой, взвешивание пропитанного образца на воздухе проводилось дважды с интервалом в 30 секунд.



а)



б)

а) – аналитические весы; б) весы гидростатического взвешивания

Рисунок 2 – Лабораторные установки для оценки пористости гидростатическим методом

По формуле (1) рассчитывали открытую пористость покрытия [8]:

$$P_{\text{откр.}} = \frac{(m_2 - m)\rho_0}{(m_2 - m_1)\rho_0 - m_0\rho_{\text{в}}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где m_0 – масса образца без покрытия, г; m – масса сухого образца с покрытием на воздухе, г; m_1 – масса пропитанного образца с покрытием в воде, г; m_2 – масса пропитанного образца с покрытием на воздухе, г; ρ_0 – плотность материала основы, г/см³; $\rho_{\text{в}}$ – плотность воды, г/см³. Результаты измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения экспериментальных данных

	Масса образца, г			Плотность, г/см ³	
	с покрытием			материала основы	воды
без покрытия	сухой, на воздухе	пропитанный, на воздухе	пропитанный, в воде		
53,256	54,417	54,522	47,109	7,85	1,0

Открытая пористость покрытия составила:

$$P_{\text{откр.}} = \frac{(54,522 - 54,417) \cdot 7,85}{(54,522 - 47,109) \cdot 7,85 - 53,256 \cdot 1,0} \cdot 100 \% = 16,699 \%$$

Оценка пористости покрытия, полученного с использованием порошковых материалов, выделенных из литейных алюминиевых шлаков, составила 16,7 %.

Список использованных источников

1. Шмидт, И. В. Систематика технологий покрытия для изделий машиностроения, Челябинск, апрель 2014 / И. В. Шмидт // Наука ЮУрГУ: материалы 66-ой научной конференции / ЮУрГУ; сост. : Ваулин С. Д. (председ.) [и др.]. – Челябинск, 2014. – С. 536-542.
2. Югова, И. С. Особенности структурного состояния в объеме частицы при высокоскоростном соударении с твердой поверхностью: дис. ... маг. техн. наук: 22. 04. 18 / И. С. Югова. – Томск., 2018. – 96 л.
3. Victor Aurel Andrei, Aluminum Oxide Ceramic Coatings on 316l Austenitic Steel Obtained by Plasma Electrolysis Oxidation Using a Pulsed Unipolar Power Supply / Victor Aurel Andrei [et al.] // MDPI coatings. – 2020.
4. Guanyi Wang, Synthesis, Analysis, and Characterization of Aluminum Nanoparticles Coated with 2,2,4-Trimethylpentane / Guanyi Wang [et al.] // MDPI metals. – 2023.
5. Sharon K. Rutledge, Reactively Deposited Aluminum Oxide and Fluoropolymer Filled Aluminum Oxide Protective Coatings for Polymers / Sharon K. Rutledge, Bruce A. Banks, Jason Hunt // NASA Technical Memorandum 106966, 1995. – 12 p.
6. Lazar, A., Corrosion protection of 304L stainless steel by chemical vapour deposited alumina coatings / A Lazar [et al.] // Corrosion Science, 2014. – vol. 81 – pp. 125 – 131.
7. Runge, J. M., Sung, M., Microcrystalline Anodic Aluminum Oxide Coatings: A Revolutionary Basis Technology for Corrosion Protection / J. M. Runge, M. Sung // Stanford process. : Precision coating, 2010. – 12 p.
8. Промышленные каталоги. Общие требования и методы контроля. Покрытия газотермические. ГОСТ 9. 304-87; введ. 01. 01. 1989. – Минск: Белорус. гос. Ин-т стандартизации и сертификации, 2001. – 11 с. – (Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу)