

<https://doi.org/10.26160/2572-4347-2022-15-29-32>

ЛАЗЕРНАЯ НАПЛАВКА ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА ТИТАНОВЫЙ СПЛАВ

Рощин М.Н.¹, Мишанова В.Г.²

¹*Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Москва, Россия;*

²*Московский авиационный институт, филиал Ступино, Ступино, Россия*

Ключевые слова: лазер, наплавка, металлокерамические покрытия, температура, плотность мощности, время, теплофизические параметры.

Аннотация. Разработана методология наплавки износостойкого композиционного покрытия ПГСП4+11%Al₂O₃ на титановый сплав ВТ6. Проведен численный анализ нагрева и плавления износостойкого композиционного покрытия. Приведена зависимость распределения температуры по глубине покрытия при различном времени воздействия теплового потока. Результаты исследований используются при разработке технологических процессов наплавки металлокерамических покрытий.

LASER SURFACING OF WEAR-RESISTANT COATINGS ON TITANIUM ALLOY

Roshchin M.N.¹, Mishanova V.G.²

¹*Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia;*

²*Moscow aviation Institute, Stupino branch, Stupino, Russia*

Keywords: laser, surfacing, metal-ceramic coatings, temperature, power density, time, thermal parameters.

Abstract. A methodology has been developed for surfacing a wear-resistant composite coating of PGSP4+11%Al₂O₃ on a titanium alloy VT6. Numerical analysis of heating and melting of a wear-resistant composite coating is carried out. The dependence of the temperature distribution over the depth of the coating at different times of exposure to heat flow is given. The results of the research are used in the development of technological processes for surfacing metal-ceramic coatings.

Введение

Титан широко используются в промышленности. Титановые сплавы обладают уникальными свойствами: высокой прочностью и жесткостью, ударной вязкостью и антикоррозионностью, это способствует широкому применению для работы в средах, как с низкими, так и высокими температурами. Титан и его сплавы обладают низкой износостойкостью, высокой склонностью к налипанию, большим коэффициентом трения в паре практически со всеми материалами, поэтому их применение для изготовления деталей, работающих на трение ограничивается. Для повышения износостойкости титановых сплавов применяются различные методы модификации поверхности трения [1, 2]. Для снижения коэффициента трения узла при работе в экстремальных условиях необходимы новые антифрикционные и износостойкие материалы, способные работать при высоких температурах. Пара трения должна иметь низкий коэффициент

трения и возможность воспринимать повышенную удельную нагрузку. Для создания износостойких поверхностей трения широко применяются технологии с лазерной наплавкой металлокерамических покрытий. При лазерной наплавке износостойких покрытий используется технологический процесс оплавления плазменных порошковых покрытий [3]. Регулирование параметров технологического процесса при лазерной обработке и составом обрабатываемых материалов в широком интервале их теплофизических свойств позволяет получать качественно новые свойства наплавленных покрытий. Распространение тепловых полей при нагреве в материале и его плавлении дает возможность управлять технологическими параметрами. При создании износостойких металлокерамических покрытий с добавкой в структуру покрытия твердых добавок в виде оксидов, карбидов, боридов необходимо знать распределение температуры по глубине покрытия при нагреве и плавлении [4].

Цель работы: исследовать процесс лазерной наплавки износостойких покрытий на титановый сплав.

Материалы и оборудование. Лазерная наплавка проводилась на титановый сплав ВТ6. Для износостойкого покрытия была применена механическая смесь порошка ПГСР4 и 11% упрочняющей добавки Al_2O_3 . При предварительном нанесении порошковой композиции использовался оптимизированный процесс плазменного напыления. Порошковые композиции состояли из пластичной матрицы системы NiCrBSi (порошок ПГСР4 состава, %: C-0,6...1,0; B-2,0...2,8; Si-2,5...3,5; Cr-13,5...16,5; Fe-не более 5,0; Ni-основа) и мелкодисперсной упрочняющей фракции (5...20 мкм) окиси алюминия Al_2O_3 . Толщина покрытия составляла 0,6 мм, покрытие наносилось на титановый сплав ВТ6 плазменным способом. Концентрация упрочняющей фракции Al_2O_3 составляла 11% (весовых). Лазерная наплавка износостойких покрытий осуществлялась на оборудовании, разработанном в ИМАШ РАН на лазерном технологическом комплексе ЛТК-01, с использованием технологической оснастки. После чистовой обработки толщина покрытия составляла 0,3-0,35 мм

Результаты и обсуждения. Технологические режимы лазерной наплавки износостойких металлокерамических покрытий разрабатывалась на основе физико-математического моделирования процессов плазменного нанесения и лазерного оплавления покрытия с учетом зависимости теплофизических параметров от температуры. Для разработки технологического процесса оплавления металлокерамических покрытий проведен численный анализ нагрева и плавления двухслойного полуограниченного тела, с граничными условиями Стефана. По результатам расчета были определены технологические параметры лазерной наплавки. Распределение температуры по глубине покрытия при плотности мощности теплового потока $3 \cdot 10^7$ Вт/м² приведено на рисунке 1.

Композиционное покрытие при плотности теплового потока $3 \cdot 10^7$ Вт/м² начнет плавиться при времени воздействия 0,08 с, когда температура на

поверхности достигнет 1080°C . При времени воздействия 0.115 с покрытие расплавится на глубину 0.1 мм и т.д. При достижении температуры 1670°C , температуры начала плавления основы на глубине покрытия 0.6 мм, покрытие приплавится к основе – время составит 0.645 с, температура на поверхности при этом составит 2357°C . Покрытие считается припавленным к основе, когда температура подложки (основы) достигнет температуры плавления.

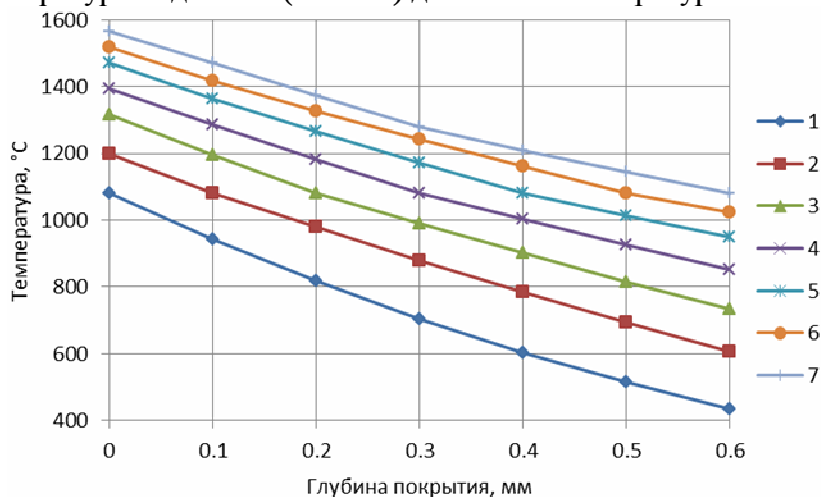


Рис. 1. Распределение температуры по глубине покрытия ПГСП4+11% Al_2O_3 на ВТ6 при плотности мощности $3 \cdot 10^7 \text{ Вт/м}^2$ от времени воздействия, с: 1 – 0.08; 2 – 0.115; 3 – 0.15; 4 – 0.2; 5 – 0.265; 6 – 0.34; 7 – 0.415

Выводы

Разработана методология наплавки износостойкого композиционного покрытия ПГСП4+11% Al_2O_3 на титановый сплав ВТ6. Проведен численный анализ нагрева и плавления износостойкого композиционного покрытия. Приведена зависимость распределения температуры по глубине покрытия при различном времени воздействия теплового потока. Результаты исследований используются при разработке технологических процессов наплавки металлокерамических покрытий.

Список литературы

1. Путырский С.В., Арисланов А.А., Артеменко Н.И., Яковлев А.Л. Различные методы повышения износостойкости титановых сплавов и сравнительный анализ их эффективности применительно к титановому сплаву ВТ23М // Авиационные материалы и технологии. 2018. №1(50). С.19-24.
2. Овчинников В.В., Учеваткина Н.В., Жданович О.А., Сбитнев А.Г. Комбинированная технология повышения износостойкости деталей из титанового сплава ВТ6 на основе ионной имплантации // Упрочняющие технологии и покрытия. 2016. №6. С. 15-22.
3. Алисин В.В. Владиславлев А.А, Роцин М.Н. Технология получения износостойких металлокерамических покрытий с ультрадисперсной

упрочняющей фазой // Перспективные материалы и технологии. Наноккомпозиты, (космический вызов 21 век, Том 2). Под. ред. А.А. Берлина и И.Г. Ассовского. – М.: Торус Пресс, 2005. – С. 59-68.

4. Алисин В.В., Владиславлев А.А., Рощин М.Н. Физическая модель процесса плавления износостойких плазменных покрытий лазером // Трение и смазка в машинах и механизмах. 2008. №11. С.17-23.

References

1. Putyrsky S.V., Araslanov A.A., Artemenko N.I., Yakovlev A.L. Various methods of increasing the wear resistance of titanium alloys and a comparative analysis of their effectiveness in relation to titanium alloy VT23M // Aviation materials and Technologies. 2018. No. 1(50). P.19-24.
2. Ovchinnikov V.V., Uchevatkina N.V., Zhdanovich O.A., Sbitnev A.G. Combined technology of increasing the wear resistance of parts made of titanium alloy VT6 based on ion implantation // Hardening technologies and coatings. 2016. No. 6. P.15-22.
3. Alisin V.V. Vladislavlev A.A., Roshchin M.N. Technology for obtaining wear-resistant metal-ceramic coatings with an ultrafine hardening phase // Perspective materials and technologies. Nanocomposites, (Space challenge of the 21st Century, Vol. 2). Edited by A.A. Berlin and I.G. Assovsky. – M.: Torus Press, 2005. P. 59-68.
4. Alisin V.V., Vladislavlev A.A., Roshchin M.N. Physical model of the melting process of wear-resistant plasma coatings by laser // Friction and lubrication in machines and mechanisms. 2008. No. 11. P. 17-23.

Рощин Михаил Николаевич – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник	Roshchin Mikhail Nikolaevich – candidate of technical sciences, leading researcher
Мишанова Валентина Георгиевна – кандидат технических наук, доцент	Mishanova Valentina Georgievna – candidate of technical sciences, associate professor
Roschin50@yandex.ru	

Received 10.03.2022