

ЛАЗЕРНАЯ НАПЛАВКА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ УЗЛОВ ТРЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

Рощин М.Н.¹, Мишанова В.Г.²

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

²*Московский авиационный институт, филиал Ступино, Ступино*

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

Аннотация. Работа посвящена исследованию процесса лазерной наплавки износостойкого композиционного металлокерамического покрытия на сталь 30ХГСА, с учетом его теплофизических параметров с упрочняющей фазой ZrO_2 . Приведена зависимость распределения температуры по глубине покрытия при различных тепловых потоках. На основании проведенных исследований разрабатывается технологический процесс наплавки металлокерамических покрытий.

LASER SURFACING TO INCREASE THE WEAR RESISTANCE OF FRICTION UNITS OF ROBOTIC SYSTEMS

Roshchin M.N.¹, Mishanova V.G.²

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

²*Moscow aviation Institute, Stupino branch, Stupino*

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

Abstract. The work is devoted to the study of the process of laser surfacing of a wear-resistant composite metal-ceramic coating on 30HGSA steel, taking into account its thermal and physical parameters with the hardening phase ZrO_2 . The dependence of the temperature distribution over the coating depth at different heat flows is given. Based on the conducted research, the technological process of surfacing metal-ceramic coatings is being developed.

Введение

Миниатюризация роботизированных систем приводит к повышению удельной нагрузки в узлах трения. Повышение удельной нагрузки в узлах трения ведет к повышенным требованиям применяемых материалов. 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 [1]. 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 [2]. Перспективным композиционным материалом, для тяжело нагруженных трибосопряжений является использование в качестве пластичной матрицы эвтектических сплавов системы NiCrBSi. Изучение физических процессов, происходящих в процессе нагрева и плавления материала

покрытия, позволяет правильно выбрать технологические параметры при оплавлении. 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 [3]. На процесс распространения температуры влияют следующие факторы: плотность теплового потока на поверхности, время его воздействия, теплофизические параметры обрабатываемого материала.

Цель работы: исследовать процесс нагрева и плавления покрытия системы NiCrBSi с упрочняющей фракцией окиси циркония ZrO_2 .

Материалы и оборудование. Лазерная наплавка проводилась на сталь 30ХГСА со следующими теплофизическими свойствами $\lambda=37$ Вт/(м*°C); $\alpha = 9,4 \cdot 10^{-6}$ м²/с; $c = 504$ Дж/(кг*°C), материал покрытия ПГСП4+20% ZrO_2 , где λ – теплопроводность, α – температуропроводность, c – удельная теплоемкость.

Для предварительного нанесения порошковых композиций использовался оптимизированный процесс плазменного напыления. Порошковые композиции состояли из пластичной матрицы системы NiCrBSi (порошок ПГСП4 состава, %: С-0,6...1,0; В-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 циркония ZrO_2 . Толщина покрытия составляла 0,6 мм, покрытие наносилось на сталь 30ХГСА плазменным способом. Концентрация упрочняющей фракции ZrO_2 составляла 20% (весовых). Лазерная наплавка износостойких покрытий осуществлялась на оборудовании, разработанном в ИМАШ РАН на лазерном технологическом комплексе ЛТК-01, с использованием технологической оснастки.

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. Методика расчет теплофизических параметров композитного покрытия рассмотрена в работе [4]. 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 различных тепловых потоках приведено на рисунке 1.

Композиционное покрытие при плотности теплового потока $2 \cdot 10^7$ Вт/м² начнет плавиться при времени воздействия 0.125с, когда температура на поверхности достигнет 1080°С. При достижении температуры 1535°С, температуры начала плавления основы на глубине покрытия 0.6 мм, покрытие приплавится к основе – время составит 0.75с, температура на поверхности при этом составит 1988°С. Покрытие считается приплавленным к основе, когда

температура подложки (основы) достигнет температуры плавления. Температура в покрытии в процессе оплавления не должна превышать температуру разложения упрочняющих фракций ZrO_2 .

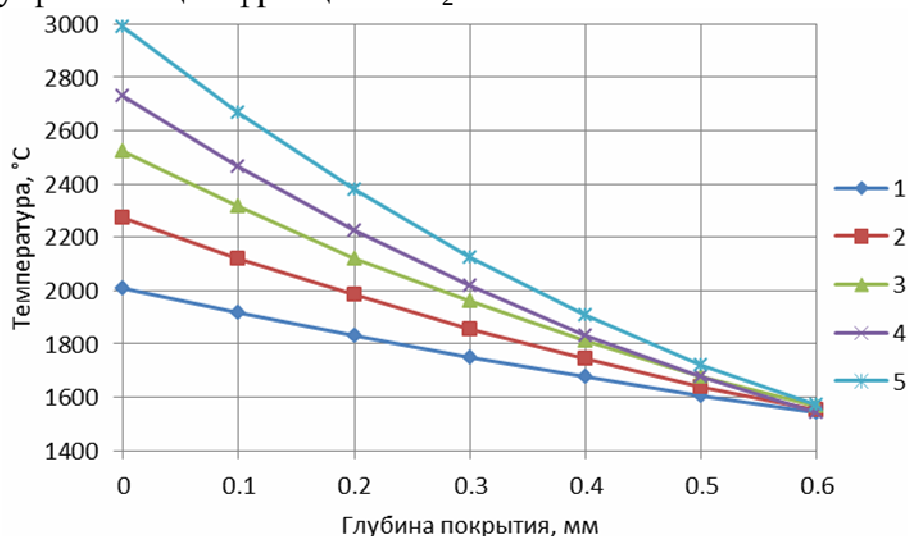


Рис. 1. Распределение температуры по глубине покрытия ПГСП4+20% ZrO_2 при $I=I_0 \cdot 10^7$ Вт/м²: 1- $I_0=2$, 2- $I_0=3$, 3- $I_0=4$, 4- $I_0=5$, 5- $I_0=6$

Выводы

Проведен численный анализ нагрева и плавления, износостойкого композиционного покрытия эвтектического сплава системы NiCrBSi и упрочняющей мелкодисперсной фракций ZrO_2 , предназначенного для узлов трения роботизированных систем, работающих в экстремальных условиях. Приведена зависимость распределения температуры по глубине покрытия при различных тепловых потоках. На основании проведенных исследований разрабатывается технологический процесс наплавки металлокерамических покрытий. Результаты могут быть использованы при оплавлении поверхности в лазерных аддитивных технологиях.

Список литературы

1. Юревич Е.И. Основы робототехники. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 368 с.
2. Алисин В.В., Владиславлев А.А., Рошин М.Н. Технология получения износостойких металлокерамических покрытий с ультрадисперсной упрочняющей фазой // Перспективные материалы и технологии. Нанокompозиты, космический вызов 21 век. Том 2. – М.: Торус Пресс, 2005. – С. 59-68.
3. Алисин В.В., Владиславлев А.А., Рошин М.Н. Физическая модель процесса плавления износостойких плазменных покрытий лазером // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2008. – №11. – С. 17-23.
4. Алисин В.В., Рошин М.Н. Численный анализ тепловых потоков в процессе плавления покрытий лазером // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2019. – №4. – С.93-101.

Сведения об авторах:

Рошин Михаил Николаевич – к.т.н., ведущий научный сотрудник;

Мишанова Валентина Георгиевна – к.т.н., доцент.