

ПОКРЫТИЕ С ЧАСТИЦАМИ ДВУОКСИ ЦИРКОНИЯ НА ТИТАНОВОМ СПЛАВЕ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКЕ

Рощин М.Н.

*Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук,
Москва*

Ключевые слова: лазерная наплавка, металлокерамическое покрытие, тепловой поток, титановый сплав, порошок, температура.

Аннотация. Разработана методика создания покрытия на основе численного анализа нагрева и плавления износостойкого композиционного покрытия эвтектического сплава системы Ni-Cr-B-Si и добавкой упрочняющей мелкодисперсной фракции ZrO₂, предназначенного для тяжело нагруженных узлов трения. Приведено распределение температуры в момент приплавания металлокерамического покрытия к основе при плотности мощности теплового потока $(1...3) \cdot 10^7$ Вт/м².

COATING WITH ZIRCONIUM DIOXIDE PARTICLES ON TITANIUM ALLOY DURING LASER SURFACING

Roshchin M.N.

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

Keywords: laser surfacing, cermet coating, heat flux, titanium alloy, powder, temperature.

Abstract. A method for creating a coating based on numerical analysis of heating and melting of a wear-resistant composite coating of a Ni-Cr-B-Si eutectic alloy system and the addition of a strengthening fine fraction ZrO₂, designed for heavily loaded friction units, has been developed. The temperature distribution at the time of melting of the metal-ceramic coating to the base at the power density of the heat flux is given $(1...3) \cdot 10^7$ W/m².

Введение

Титановые сплавы широко применяются в машиностроении благодаря высокой удельной прочности и коррозионной стойкости. Повышение износостойкости титановых сплавов рассмотрено во многих работах [1]. Повысить износостойкость титановых сплавов можно с помощью технологических методов обработки путем: азотирования, цементации, борирования. Эти способы поверхностной обработки не всегда создают поверхностные слои, отвечающие необходимым требованиям. Наилучший результат повышения износостойкости пар трения достигается при создании на поверхности износостойких покрытий. Износостойкие покрытия, наплавленные лазером, показывают хорошие трибологические свойства, как для работы в тяжело нагруженных узлах трения, а также для восстановления изношенных поверхностей трения. Локальное воздействие на поверхность концентрированного потока высокой плотности позволяет получать недостижимые при традиционных способах обработки свойства материала. Это связано с целенаправленным изменением химического состава и структурно-фазового состояния поверхностных слоев [2]. Одним из развивающихся

направлений является оплавление плазменных порошковых покрытий. Для решения задач по повышению износостойкости и надежности тяжело нагруженных узлов трения, композиционный материал покрытия должен иметь пластическую матрицу, мелкое зерно, высокую твердость мелкодисперсной упрочняющей фазы, при оптимальной ее концентрации. Механические свойства наплавленного лазером покрытия Ni-Cr-B-Si, упрочненного порошком ZrO_2 зависит от формирующейся структуры покрытия, которая полностью определяется распределением температуры по толщине покрытия [3]. Однако использование титановых сплавов в узлах трения сдерживается их низким сопротивлением изнашиванию.

Цель работы: исследовать влияние мощности теплового потока на распределение температуры в покрытии.

Материалы и оборудование. Создание покрытия с частицами двуокиси циркония проводилось на титановом сплаве ВТ6. На поверхность детали из ВТ6 наносилось газотермическое порошковое покрытие с последующим лазерным оплавлением. Для создания износостойкого покрытия была использована механическая смесь порошка ПГСР4 и 20% упрочняющей добавки ZrO_2 . Порошковая композиция состояла из пластичной матрицы системы Ni-Cr-B-Si (порошок ПГСР4 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) диоксид циркония ZrO_2 . Толщина покрытия при плазменном напылении составляла 0,6-0,7 мм. Лазерная наплавка износостойких покрытий осуществлялась на оборудовании, разработанном в ИМАШ РАН на лазерном технологическом комплексе ЛТК-01, с использованием технологической оснастки. Используя, математический аппарат физико-математического моделирования процесса лазерного оплавления покрытия с учетом зависимости теплофизических параметров от температуры, была разработана технология создания износостойкого композиционного покрытия.

Результаты трибологических исследований

Расчет теплофизических параметров композитного покрытия производился по методике [3]. Для разработки технологического процесса оплавления металлокерамических покрытий проведен численный анализ нагрева и плавления двухслойного полуограниченного тела, с граничными условиями Стефана [4]. По результатам расчета были определены технологические параметры лазерной наплавки. Распределение температуры в момент приплавления металлокерамического покрытия к основе приведено на рисунке 1. Покрытие считается приплавленным к основе, когда температура основы достигнет температуры плавления ($1670^{\circ}C$). С увеличением плотности мощности теплового потока температура на поверхности увеличивается. При тепловом потоке плотности мощности $1 \cdot 10^7$ Вт/м² температура на поверхности в момент приплавления покрытия составляет $1983^{\circ}C$, при тепловом потоке $2 \cdot 10^7$ Вт/м² температура на поверхности составляет $2258^{\circ}C$, а при тепловом потоке $3 \cdot 10^7$ Вт/м² температура на поверхности составляет $2524^{\circ}C$. Температура в покрытии в процессе оплавления не превышает температуру разложения упрочняющей фракции ZrO_2 ($2715^{\circ}C$).

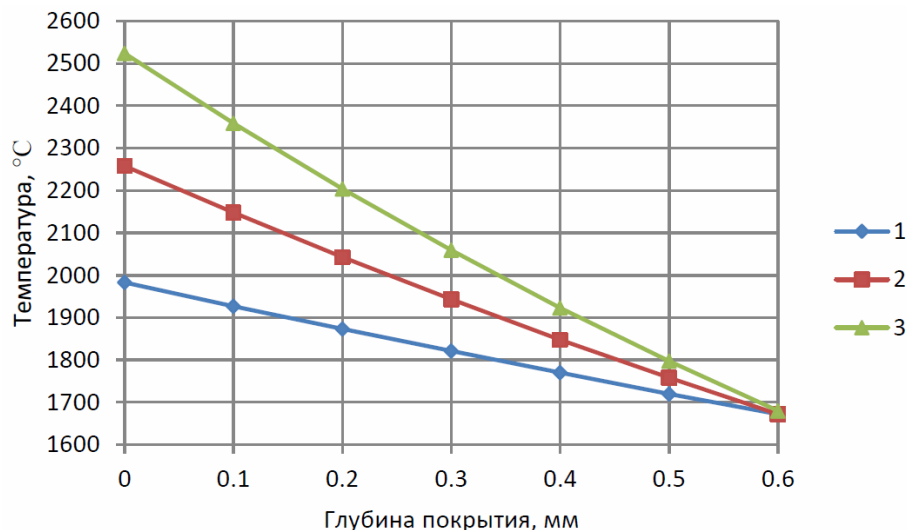


Рис. 1. Зависимость температуры по глубине покрытия ПГСР4+20%ZrO₂, на ВТ6 в момент приплавления к основе при плотности мощности $I=I_0 \cdot 10^7$ Вт/м²:
1- $I_0=1$, 2- $I_0=2$, 3- $I_0=3$

Выводы

Разработана методика создания покрытия на основе численного анализа нагрева и плавления, износостойкого композиционного покрытия эвтектического сплава системы Ni-Cr-B-Si и добавкой упрочняющей мелкодисперсной фракции ZrO₂, предназначенного для тяжело нагруженных узлов трения. Приведено распределение температуры в момент приплавления металлокерамического покрытия к основе при плотности мощности теплового потока $(1...3) \cdot 10^7$ Вт/м². На основании проведенных исследований разрабатывается технологический процесс наплавки металлокерамического покрытия. Результаты могут быть использованы при оплавлении порошковых композиций в лазерных аддитивных технологиях.

Список литературы

1. Александров Д.А. Исследование износостойких покрытий на основе многокомпонентных нитридов титана // Труды ВИАМ. – 2020. – №4-5 (88). – С. 62-69.
2. Алисин В.В., Владиславлев А.А., Рощин М.Н. Технология получения износостойких металлокерамических покрытий с ультрадисперсной упрочняющей фазой // Космический вызов 21 века. Перспективные материалы и технологии: Нанокompозиты. Том 2. – М.: Торус Пресс, 2005. – С. 59-68.
3. 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.
4. Алисин В.В., Рощин М.Н. Численный анализ тепловых потоков в процессе плавления покрытий лазером // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2019. – № 4. – С. 93-101.

Сведения об авторе:

Рощин Михаил Николаевич – к.т.н., ведущий научный сотрудник.