

ВЛИЯНИЕ МОЩНОСТИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ВРЕМЯ ОПЛАВЛЕНИЯ ПОКРЫТИЯ

Рощин М.Н.¹, Мишанова В.Г.²

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

²*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), г. Ступино*

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

Аннотация. Работа посвящена исследованию влияния мощности лазерного излучения на время оплавления металлокерамического покрытия, с учетом его теплофизических параметров с упрочняющей фазой ZrO₂. Определены значения теплового потока и время его воздействия, обеспечивающие лучшее качество наплавленного покрытия по сохранению упрочняющей добавки оксида циркония. На основании проведенных исследований разрабатывается технологический процесс наплавки металлокерамических покрытий.

THE EFFECT OF LASER RADIATION POWER ON THE MELTING TIME OF THE COATING

Roshchin M.N.¹, Mishanova V.G.²

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

²*Moscow aviation Institute (national research university), Stupino*

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

Abstract. The work is devoted to the study of the effect of laser radiation power on the melting time of a metal-ceramic coating, taking into account its thermophysical parameters with the hardening phase ZrO₂. The values of the heat flux and the time of its exposure are determined, ensuring the best quality of the deposited coating for the preservation of the strengthening additive of zirconium oxide. Based on the conducted research, the technological process of surfacing metal-ceramic coatings is being developed.

Введение. Лазерная наплавка относится к числу перспективных упрочняющих технологий износостойких покрытий. Технология лазерной наплавки покрытий применяется для упрочнения поверхностей трения машиностроительных деталей, восстановительного ремонта поверхностей трения [1]. При воздействии лазерного излучения на поверхность детали происходит быстрый ее нагрев и плавление. Концентрация мощной энергии в пятне сфокусированного луча на поверхности материала позволяет получать высокую плотность теплового потока, необходимую для интенсивного нагрева или локального расплавления. Локальность воздействия позволяют производить обработку только поверхностного участка материала без нагрева остального объема и нарушения его структуры и свойств. Процесс лазерной наплавки относится к высокотемпературным технологическим процессам. Высокая скорость нагрева приводит к быстроизменяющимся процессам, происходящим на

поверхности детали: неравномерность распределения температуры по толщине материала и по времени; высокие скорости локального нагрева; наличие сложных гидродинамических эффектов в ванне расплава. Одним из развивающихся направлений является оплавление плазменных порошковых покрытий [2]. Лазерное плавление покрытий накладывает определенные ограничения на используемые материалы, как по толщине, так и по теплофизическим свойствам. 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. В качестве пластичной матрицы используются сплавы на основе никеля или кобальта, твердые растворы и др., а так же композиции на их основе. Высокой пластичностью обладает матрица на основе кобальта. Перспективным композиционным материалом, для тяжело нагруженных трибосопряжений является использование в качестве пластичной матрицы эвтектических сплавов системы Ni-Cr-B-Si. При лазерной наплавке износостойких металлокерамических покрытий необходимо знать, какие физические процессы происходят в материале. Для регулирования параметров технологического процесса при лазерной обработке и составом обрабатываемых материалов в широком интервале их теплофизических свойств позволяет получать качественно новые свойства наплавленных покрытий.

Изучение распространения тепловых полей при нагреве в материале 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: определить время оплавления металлокерамического покрытия Ni-Cr-B-Si с упрочняющей фракцией окиси циркония, частично стабилизированной окисью иттрия ЧСЦ, в зависимости от плотности мощности лазерного источника.

Материалы и оборудование. Лазерная наплавка проводилась на сталь 30ХГСА со следующими теплофизическими свойствами $\lambda=37$ Вт/(м*°С); $\alpha = 9,4*10^{-6}$ м²/с; $c = 504$ Дж/(кг*°С), материал покрытия ПГСР-4+20%ZrO₂, 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 Ni-Cr-B-Si (порошок ПГ-10Н-01, состава, %: С-0,6...1,0; В-2,8...3,4; Si-4...4,5; Cr-14...20; Fe-3...4,5; Ni-основа). Толщина покрытия составляла 0,6 мм, покрытие наносилось на сталь 30ХГСА. В качестве упрочняющей фазы использовался порошок – оксид циркония ZrO₂, фракции 5...20 мкм. Концентрация упрочняющей фазы 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. Технология получения износостойких металлокерамических покрытий разрабатывалась на основе физико-математического моделирования процессов плазменного нанесения и лазерного оплавления покрытия с учетом зависимости теплофизических параметров от температуры. Расчет теплофизических параметров композитного покрытия производился по методике [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. В результате в зависимости от плотности теплового потока получено время оплавления композитного покрытия. Результаты расчетов приведены на рисунке 1.

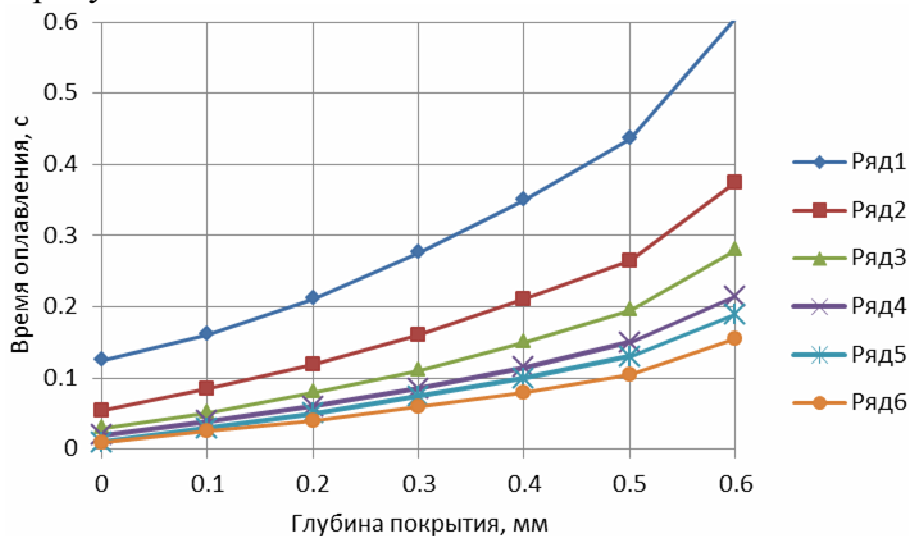


Рис. 1. Время оплавления покрытия ПГ-10Н-01+20%ZrO₂ по глубине при плотности мощности $I=I_0 \cdot 10^7$ Вт/м²: 1- $I_0=2$, 2- $I_0=3$, 3- $I_0=4$, 4- $I_0=5$, 5- $I_0=6$, 6- $I_0=7$

Покрытие считается приплавленным к основе, когда температура подложки (основы) достигнет температуры плавления. Температура в покрытии в процессе оплавления не должна превышать температуру разложения упрочняющей фазы ZrO₂. Так при воздействии на поверхность теплового потока $5 \cdot 10^7$ Вт/м² температура на поверхности составит 2729°С, а это уже выше, чем температура плавления упрочняющей фазы ZrO₂ -2715°С. Дальнейшее увеличение мощности теплового потока не целесообразно, т.к. будет происходить расплавление упрочняющей добавки ZrO₂.

Выводы

Проведен численный анализ нагрева и плавления, износостойкого композиционного покрытия эвтектического сплава системы Ni-Cr-B-Si и упрочняющей мелкодисперсной фазой оксида циркония, предназначенного для тяжело нагруженных трибосопряжений. Определены значения теплового потока и время его воздействия, обеспечивающие лучшее качество наплавленного покрытия по сохранению упрочняющей добавки оксида циркония. На основании проведенных исследований разрабатывается технологический процесс наплавки

металлокерамических покрытий. Результаты могут быть использованы при оплавлении поверхности в лазерных аддитивных технологиях.

Список литературы

1. Alisin V.V., Roshchin M.N. The restoration of the friction surfaces by laser cladding// IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 315. – P. 022005.
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). Под. ред. А.А Берлина и И.Г. Ассовского. – 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, ИМАШ РАН, г.Москва;

Мишанова Валентина Георгиевна – к.т.н., доцент, МАИ, филиал в г.Ступино.