

ВЛИЯНИЕ МОЩНОСТИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ОПЛАВЛЕНИИ ПОКРЫТИЙ С ДОБАВКАМИ ЧАСТИЦ ДИБОРИДА ЦИРКОНИЯ

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), филиал в 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 и распределение температурных полей в металлокерамическом покрытии, с учетом его теплофизических параметров с упрочняющей фазой ZrB_2 . На основании проведенных исследований разрабатывается технологический процесс наплавки металлокерамических покрытий. Результаты могут быть использованы при оплавлении поверхности в лазерных аддитивных технологиях.

INFLUENCE OF LASER RADIATION POWER DURING MELTING OF COATINGS WITH ADDITIVES OF ZIRCONIUM DIBORIDE PARTICLES

Roshchin M.N.¹, Mishanova V.G.²

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

²*Moscow aviation Institute (national research University), Stupino branch*

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

Abstract. The paper is devoted to the study of the effect of laser radiation power on the reflow time and the distribution of temperature fields in a metal-ceramic coating, taking into account its thermal and physical parameters with the hardening phase ZrB_2 . Based on the conducted research, the technological process of surfacing of metal-ceramic coatings is being developed. The results can be used for surface reflow in laser additive technologies.

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 [1]. 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 [2,3]. На процесс распространения температуры влияют следующие факторы: плотность теплового потока на поверхности, время его воздействия, теплофизические параметры обрабатываемого материала.

Цель работы: исследование плотности мощности теплового потока на процесс оплавления износостойких покрытий с добавками упрочняющей фазы диборида циркония ZrB_2 .

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. 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-34; Ni-основа). Толщина покрытия составляла 0,6 мм, покрытие наносилось на сталь 30ХГСА. В качестве упрочняющей фазы использовался порошок - диборид циркония ZrB_2 , фракции 5...20 мкм. Концентрация упрочняющей фазы составляла 20% (весовых). Расчет теплофизических параметров композитного покрытия производился по методике [1].

Лазерная наплавка износостойких покрытий осуществлялась на оборудовании, разработанном в ИМАШ РАН на лазерном технологическом комплексе ЛТК-01, с использованием технологической оснастки. 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.

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 ZrB_2 . Так при воздействии на поверхность теплового потока $8 \cdot 10^7$ Вт/м² температура на поверхности составит 2954°C. Дальнейшее увеличение мощности теплового потока не целесообразно, т.к. будет происходить расплавление упрочняющей добавки ZrB_2 (2990°C).

Выводы

Проведен численный анализ нагрева и плавления, износостойкого композиционного покрытия эвтектического сплава системы Ni-Cr-B-Si и

упрочняющей мелкодисперсной фазой диборида циркония, предназначенного для тяжело нагруженных трибосопряжений. Определены значения теплового потока и время его воздействия, обеспечивающие лучшее качество наплавленного покрытия по сохранению упрочняющей добавки диборида циркония. На основании проведенных исследований разрабатывается технологический процесс наплавки металлокерамических покрытий. Результаты могут быть использованы при оплавлении поверхности в лазерных аддитивных технологиях.

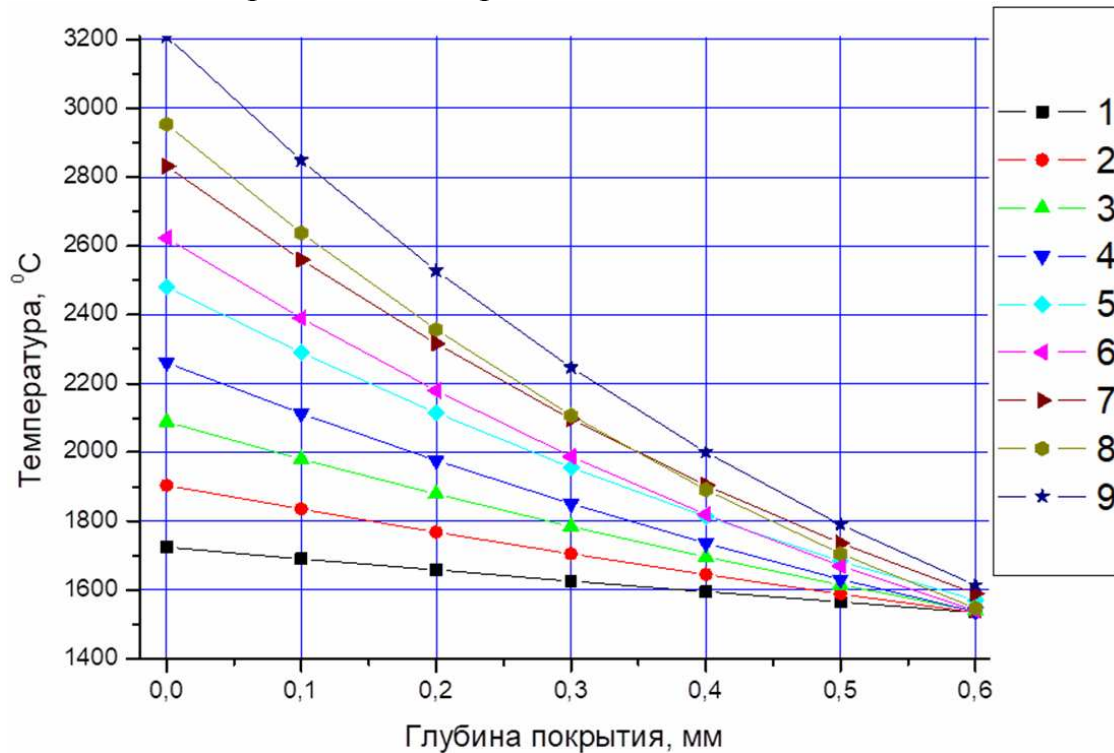


Рис. 1. Распределение температуры по глубине покрытия ПГ-10Н-01 +20%ZrB₂ в момент проплавления при плотности мощности $I=I_0 \cdot 10^7$ Вт/м²:
 1- $I_0=1$, 2- $I_0=2$, 3- $I_0=3$, 4- $I_0=4$, 5- $I_0=5$, 6- $I_0=6$, 7- $I_0=7$, 8- $I_0=8$, 9- $I_0=9$

Список литературы

1. 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.
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. Savchenko N.L., Mirovoy Y.A., Buyakov A.S., Burlachenko A.G., Sevostyanova I.N., Buyakova S.P., Tarasov S.Y., Rudmin M.A. Adaptation and self-healing effect of tribo-oxidizing in high-speed sliding friction on ZrB₂-SiC ceramic composite// Wear. 2020. Vol. 446-447, 203204.

Сведения об авторах:

Рошин Михаил Николаевич – к.т.н., в.н.с., ИМАШ РАН, г. Москва;

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