

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПО ГЛУБИНЕ ПОКРЫТИЯ И ОСНОВЫ ПРИ ЛАЗЕРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Рощин М.Н.

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

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

Аннотация. Проведенные исследования показали, что воздействие на поверхность лазерного источника с плотностью теплового потока $(1...2) \cdot 10^7 \text{ Вт/м}^2$ может привести к отпуску термообработанной основы на глубину до 2,5 мм. С увеличением плотности теплового потока более $2 \cdot 10^7 \text{ Вт/м}^2$ зона отпуска сокращается до 1,5 мм. Результаты могут быть использованы при оплавлении поверхности в лазерных аддитивных технологиях.

Лазерное излучение характеризуется высокой плотностью теплового потока, способствует интенсивному локальному нагреву и расплавлению материала. Высокая концентрация подводимой энергии и локальность позволяют производить обработку только поверхностного участка материала без нагрева остального объема и нарушения его структуры и свойств. Лазерная наплавка относится к высокотемпературным технологическим процессам, при которой происходят быстроизменяющиеся процессы: неравномерность распределения температуры по толщине материала и по времени; высокие скорости локального нагрева; наличие сложных гидродинамических эффектов в ванне расплава и др. Для управления быстроизменяющимися процессами необходимо знать какие физические процессы происходят при лазерной наплавке покрытий. Возможность регулирования параметров лазерной обработки и составом обрабатываемых материалов в широком интервале значений позволяет получать качественно новые износостойкие материалы [1].

При разработке технологического процесса необходимо знать распределение температуры по глубине материала. При наплавке покрытий лазером большая концентрация энергии распределяется в поверхностном слое материала. Износостойкие покрытия для работы в тяжелонагруженных условиях наносятся на поверхность упрочненного материала. Температурное воздействие в процессе лазерной наплавки покрытия может произвести отпуск закаленной детали. Поэтому при разработке технологических режимов наплавки необходимо знать распределение температурных полей по глубине материала в зависимости теплового потока и параметров технологического процесса. На процесс распространения температуры влияют следующие факторы: плотность теплового потока на поверхности, время его воздействия, теплофизические параметры обрабатываемого материала.

Цель работы: изучение влияния плотности мощности теплового потока на процесс распространения температурных полей в момент оплавления износостойкого покрытия.

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 использовались порошки Al_2O_3 фракции 5...20 мкм. Концентрация упрочняющей фазы составляла 20% (весовых). Расчет теплофизических параметров композитного покрытия производился по методике [2].

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. В результате в зависимости от плотности теплового потока получено распределение температурных полей на глубину до 6 мм. Результаты расчетов приведены на рис.1.

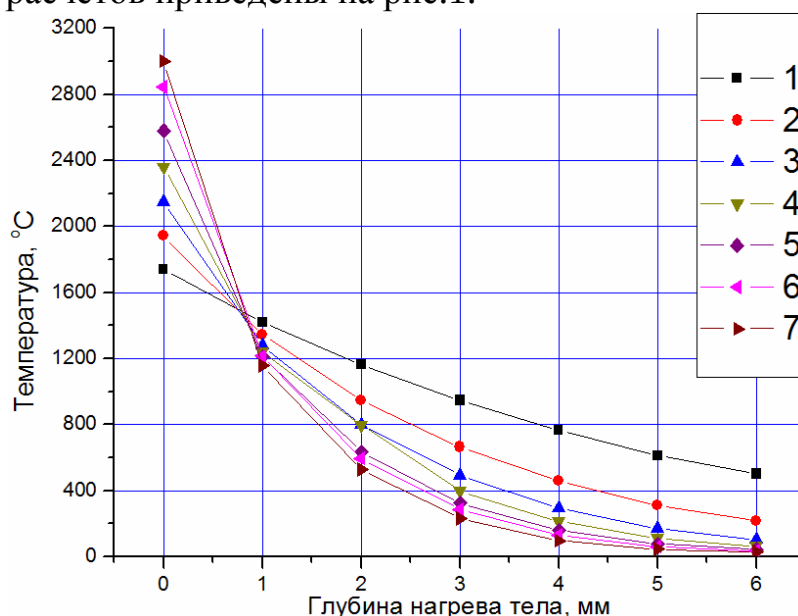


Рис. 1. Распределение температуры по глубине покрытие-основа при $I = I_0 \cdot 10^7$ Вт/м²: 1- $I_0=1$, 2- $I_0=2$, 3- $I_0=3$, 4- $I_0=4$, 5- $I_0=5$, 6- $I_0=6$, 7- $I_0=7$

Воздействие на поверхность лазерного источника с плотностью теплового потока $(1...2) \cdot 10^7$ Вт/м² может привести к отпуску термообработанной основы на глубину до 2,5 мм. С увеличением плотности теплового потока более $2 \cdot 10^7$ Вт/м² зона отпуска сокращается до 1,5 мм. Плотность теплового потока $3 \cdot 10^7$ Вт/м² является в данном случае оптимальной, т.к. температура в покрытии в процессе оплавления не превышает температуру разложения упрочняющей фазы Al_2O_3 . Нагрев осуществлялся до момента, когда температура подложки (основы) достигнет температуры плавления, тогда считается, что покрытие приплавлено к подложке.

Выводы

Проведенные исследования показали, что воздействие на поверхность лазерного источника с плотностью теплового потока $(1...2) \cdot 10^7 \text{ Вт/м}^2$ может привести к отпуску термообработанной основы на глубину до 2,5 мм. С увеличением плотности теплового потока более $2 \cdot 10^7 \text{ Вт/м}^2$ зона отпуска сокращается до 1,5 мм.

На основании проведенных исследований разрабатывается технологический процесс наплавки металлокерамических покрытий. Результаты могут быть использованы при оплавлении поверхности в лазерных аддитивных технологиях.

Список литературы

1. Рощин М.Н. Влияние теплофизических параметров покрытия при лазерном оплавлении // Машины, агрегаты и процессы. Проектирование, создание и модернизация: Материалы международной научно-практической конференции. – СПб.: СПбФ НИЦ МС, 2019. – №2. – С. 61-63.
2. 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.

Сведения об авторе:

Рощин Михаил Николаевич – к.т.н., ведущий научный сотрудник, ИМАШ РАН, г.Москва.

THE TEMPERATURE DISTRIBUTION ALONG THE DEPTH OF COVERAGE AND THE BASIS FOR THE ACTION OF LASER RADIATION

Roshchin M.N.

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

Abstract. The studies have shown that the effect on the surface of a laser source with a heat flux density $(1...2) \cdot 10^7 \text{ W/m}^2$ can lead to the release of the heat-treated substrate to a depth of 2.5 mm. With an increase in the heat flux density of more than $2 \cdot 10^7 \text{ W/m}^2$, the release zone is reduced to 1.5 mm. The results can be used in the melting of the surface in laser additive technologies.

References

1. Roshchin M.N. Influence of thermal parameters of the coating during laser melting // Machines, units and processes. Design, creation and modernization: Materials of the international scientific-practical conference. – SPb.: SPbB SRC MS, 2019. – №2. – P. 61-63.
2. Alisin V.V., Vladislavlev A.A., Roshchin M.N. Physical model of the melting process of wear-resistant laser plasma coatings // Friction and lubrication in machines and mechanisms. 2008. №11. P. 17-23.