

ВЛИЯНИЕ МОЩНОСТИ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА ПРИ ЛАЗЕРНОМ ОПЛАВЛЕНИИ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ

Рощин М.Н.

Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Москва, Россия

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

Аннотация. Работа посвящена исследованию наплавки металлокерамического покрытия с добавкой упрочняющей фракции ZrO_2 с учетом его теплофизических параметров. Проведен численный анализ нагрева и плавления, износостойкого композиционного покрытия, предназначенного для тяжело нагруженных узлов трения. Приведено распределение температуры в момент приплавки металлокерамического покрытия к основе при плотности мощности теплового потока $(2...3) \cdot 10^7 \text{ Вт/м}^2$. На основании проведенных исследований разрабатывается технологический процесс наплавки металлокерамических покрытий.

INFLUENCE OF THE HEAT FLUX POWER DURING LASER REFLOW OF A METAL-CERAMIC COATING

Roshchin M.N.

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

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

Abstract. The work is devoted to the study of the surfacing of a metal-ceramic coating with the addition of a strengthening fraction of ZrO_2 , taking into account its thermophysical parameters. Numerical analysis of heating and melting of a wear-resistant composite coating designed for heavily loaded friction units has been carried out. The temperature distribution at the time of melting of the metal-ceramic coating to the base at a heat flux power density $(2...3) \cdot 10^7 \text{ W/m}^2$ is given. Based on the conducted research, the technological process of surfacing metal-ceramic coatings is being developed.

Введение

Лазерная наплавка заключается в локальном оплавлении присадочного материала и кратковременном расплавлении материала основы. Этот способ наплавки представляет собой технологический способ получения покрытий с заданными физико-механическими свойствами. Лазерная наплавка износостойких покрытий получила распространение в упрочнении и восстановлении поверхностей трения. Высокая скорость нагрева приводит к быстроизменяющимся процессам в зоне контакта поверхности с лазерным лучом. Высокие скорости локального нагрева создают сложные гидродинамические эффекты в ванне расплава, что способствует образованию неравновесных структур. Лазерная наплавка применяется в комбинированной технологии при создании износостойких покрытий [1, 2].

Для придания покрытию повышенных износостойких свойств в структуру вносят износостойкие фракции. В качестве пластичной матрицы используют эвтектические сплавы системы Ni-Cr-B-Si [3]. При лазерной наплавке износостойких металлокерамических покрытий необходимо знать, какие физические процессы происходят в покрытии при лазерной наплавке. На процесс распространения температуры влияют следующие факторы: плотность теплового потока на поверхности, время его воздействия, теплофизические параметры обрабатываемого материала [4].

Цель работы: изучить влияние мощности теплового потока при лазерном оплавлении металлокерамического покрытия.

Материалы и оборудование. Создание износостойкого покрытия проводилось по комбинированной технологии. На поверхность детали из стали 30ХГСА предварительно наносилось порошковое покрытие с использованием оптимизированного процесса плазменного напыления. Порошковая композиция состояла из пластичной матрицы системы Ni-Cr-B-Si (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) с добавкой износостойкой мелкодисперсной фракции ZrO_2 размером частиц 5...20 мкм. Концентрация упрочняющих фракций составляла 20% (весовых). Толщина покрытия после плазменного нанесения составляла 0,6-0,7 мм. Покрытие наносилось на сталь 30ХГСА со следующими теплофизическими свойствами $\lambda=37$ Вт/(м·°С); $\alpha = 9,4 \cdot 10^{-6}$ м²/с; $c = 504$ Дж/(кг·°С), материал покрытия ПГСП4+20% ZrO_2 , где λ – теплопроводность, α – температуропроводность, c – удельная теплоемкость. Лазерная наплавка износостойких покрытий осуществлялась при плотности мощности $(2...3) \cdot 10^7$ Вт/м² на оборудовании, разработанном в ИМАШ РАН на лазерном технологическом комплексе ЛТК-01, с использованием технологической оснастки. После чистовой обработки толщина покрытия составляла 0,3-0,4 мм.

Результаты и обсуждения. 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 [5]. По результатам расчета были определены технологические параметры лазерной наплавки. Распределение температуры в момент приплавления металлокерамического покрытия к основе при плотности мощности теплового потока $(2...3) \cdot 10^7$ Вт/м² приведено на рисунке 1. Покрытие считается приплавленным к основе, когда температура основы достигнет температуры плавления (1535°С). Температура в покрытии в процессе оплавления не превышает температуру разложения упрочняющей фракции ZrO_2 (2715°С).

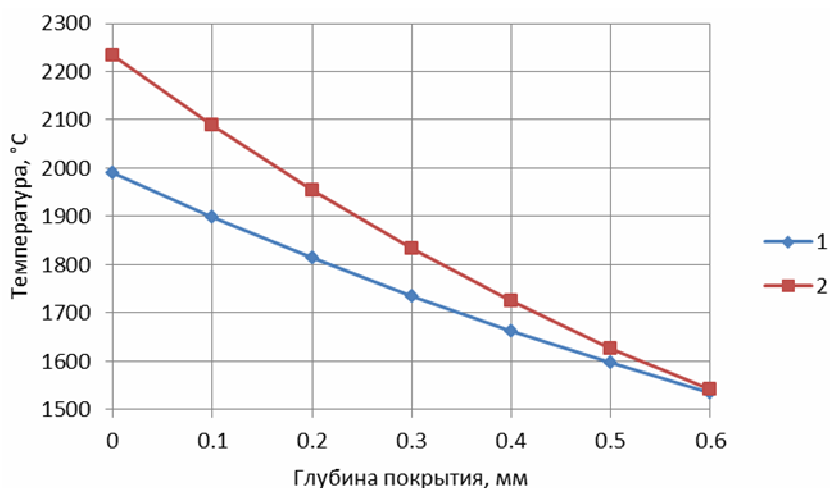


Рис. 1. Распределение температуры по глубине покрытия ПГСП4+20%ZrO₂ при $I=I_0 \cdot 10^7$ Вт/м²: 1- $I_0=2$, 2- $I_0=3$

Выводы

Проведен численный анализ нагрева и плавления, износостойкого композиционного покрытия эвтектического сплава системы Ni-Cr-B-Si и добавкой упрочняющей мелкодисперсной фракции ZrO₂, предназначенного для тяжелонагруженных узлов трения. Приведено распределение температуры в момент приплавления металлокерамического покрытия к основе при плотности мощности теплового потока $(2...3) \cdot 10^7$ 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. Лазерные технологии обработки материалов: современные проблемы фундаментальных исследований и прикладных разработок / Под ред. В.Я. Панченко. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – С. 664.
2. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 663 с.
3. Алисин В.В., Владиславлев А.А., Роцин 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.
4. Алисин В.В., Владиславлев А.А., Роцин М.Н. Физическая модель процесса плавления износостойких плазменных покрытий лазером // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2008. – №11. – С. 17-23.
5. Алисин В.В., Роцин М.Н. Численный анализ тепловых потоков в процессе плавления покрытий лазером // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2019. – №4. – С. 93-101.

References

1. Laser technologies of materials processing: modern problems of fundamental research and applied developments / Edited by V.Ya. Panchenko. – M.: FIZMATLIT, 2009. – 664p.
2. Grigoryants A.G., Shiganov I.N., Misyurov A.I. Technological processes of laser processing. – Moscow: Bauman Moscow State Technical University, 2006. – 663 p.
3. Alisin V.V., Vladislavlev A.A., Roshchin M.N. Technology of obtaining wear-resistant metal-ceramic coatings with an ultradisperse hardening phase // Perspective materials and technologies. Nanocomposites, (Space Challenge of the 21st Century, Vol. 2). – M.: Torus Press, 2005. – P. 59-68.
4. Alisin V.V., Vladislavlev A.A., Roshchin M.N. Physical model of the melting process of wear-resistant plasma coatings by laser // Friction and lubrication in machines and mechanisms. – 2008. – No. 11. – P. 17-23.
5. Alisin V.V., Roshchin M.N. Numerical analysis of heat fluxes in the process of melting coatings by laser // Problems of mechanical engineering and machine reliability. – 2019. – No. 4. – P. 93-101.

Рощин Михаил Николаевич – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник	Roshchin Mikhail Nikolaevich – candidate of technical sciences, leading researcher
Roschin50@yandex.ru	

Received 19.09.2022