

## ВЛИЯНИЕ СОСТАВА МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКЕ НА ВРЕМЯ ОПЛАВЛЕНИЯ

*Рощин М.Н.*

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

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

**Аннотация.** Работа посвящена исследованию наплавки металлокерамического покрытия с добавкой упрочняющей фракции  $Al_2O_3$  с учетом его теплофизических параметров. Проведен анализ распределения температуры при оплавлении покрытия и температуры в момент приплавки металлокерамического покрытия к основе при плотности мощности теплового потока  $2 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup>. Время оплавления покрытия ПГСП4+20%  $Al_2O_3$  больше на 8...10%, чем покрытия ПГСП4. На основании проведенных исследований разрабатывается технологический процесс наплавки металлокерамических покрытий.

## INFLUENCE OF THE COMPOSITION OF THE METAL-CERAMIC COATING DURING LASER SURFACING ON THE REFLOW TIME

*Roshchin M.N.*

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

**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  $Al_2O_3$ , taking into account its thermophysical parameters. The analysis of the temperature distribution during the melting of the coating and the temperature at the time of penetration of the metal-ceramic coating to the base at a heat flux power density of  $2 \cdot 10^7$  W/m<sup>2</sup> is carried out. The melting time of the coating of PGSP4+20%  $Al_2O_3$  is 8...10% longer than the coating of PGSP4. Based on the conducted research, the technological process of surfacing of metal-ceramic coatings is being developed.

### Введение

Создание металлокерамических износостойких покрытий при лазерной наплавке требует соблюдения определенных правил. Для повышения износостойкости покрытия в структуру наплавляемого материала вводят износостойкие добавки в виде окислов, карбидов, боридов, нитридов. При локальном лазерном оплавлении присадочного материала необходимо расплавить шихту и довести ванну расплава до температуры плавления материала основы. Этот способ наплавки позволяет получать покрытия 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]. Для придания покрытию повышенных износостойких свойств в структуру вносят износостойкие фракции. В качестве пластичной матрицы используют эвтектические сплавы системы Ni-Cr-B-Si [2]. При формировании покрытия лазерной наплавкой необходимо знать, какие физические процессы происходят в покрытии при оплавлении. На процесс распространения температуры влияют следующие факторы: плотность теплового потока на поверхности, время его воздействия, теплофизические параметры обрабатываемого материала [3].

**Цель работы:** изучить влияние состава металлокерамического покрытия при лазерной наплавке на время оплавления.

**Материалы и оборудование.** Было рассмотрено два варианта создания износостойкого покрытия. В первом варианте создания покрытия использовался порошок ПГСР4 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). Во втором варианте создавалась композиция из порошка ПГСР4 с добавкой износостойкой мелкодисперсной фракции  $Al_2O_3$  размером частиц 5...20 мкм. Концентрация упрочняющих фракций составляла 20% (весовых). Создание износостойкого покрытия проводилось по комбинированной технологии. На поверхность детали из стали 30ХГСА предварительно наносилось порошковое покрытие с использованием оптимизированного процесса плазменного напыления. Толщина покрытия после плазменного нанесения составляла 0,6 мм. Покрытие наносилось на сталь 30ХГСА со следующими теплофизическими свойствами  $\lambda = 37 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$ ;  $\alpha = 9,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ;  $c = 504 \text{ Дж/(кг}^\circ\text{C)}$ , материал покрытия ПГСР4 и ПГСР4+20%  $Al_2O_3$ , где  $\lambda$  – теплопроводность,  $\alpha$  – температуропроводность,  $c$  – удельная теплоемкость. Лазерная наплавка износостойких покрытий осуществлялась при плотности мощности  $2 \cdot 10^7 \text{ Вт/м}^2$  на оборудовании, разработанном в ИМАШ РАН на лазерном технологическом комплексе ЛТК-01, с использованием технологической оснастки. После чистовой обработки толщина покрытия составляла 0,3-0,35 мм.

**Результаты и обсуждения.** Расчет теплофизических параметров композитного покрытия производился по методике [2]. Для разработки технологического процесса оплавления металлокерамических покрытий проведен численный анализ нагрева и плавления двухслойного полугограниченного тела, с граничными условиями Стефана. По результатам расчета были определены технологические параметры лазерной наплавки, распределение температуры в момент приплавления металлокерамического покрытия к основе при плотности мощности теплового потока  $2 \cdot 10^7 \text{ Вт/м}^2$  и время приплавления покрытия к основе. На рисунке 1 приведено время оплавления  $t$  по глубине покрытия при плотности мощности  $2 \cdot 10^7 \text{ Вт/м}^2$  материалов ПГСР4 и ПГСР4+20%  $Al_2O_3$ .

Покрытие считается приплавленным к основе, когда температура основы достигнет температуры плавления ( $1535^\circ\text{C}$ ). Время оплавления покрытия ПГСР4+20%  $Al_2O_3$  больше на 8...10%, чем покрытия ПГСР4. Температура в

покрытии в процессе оплавления не превышает температуру разложения упрочняющей фракции  $Al_2O_3$  ( $2044^\circ C$ ).

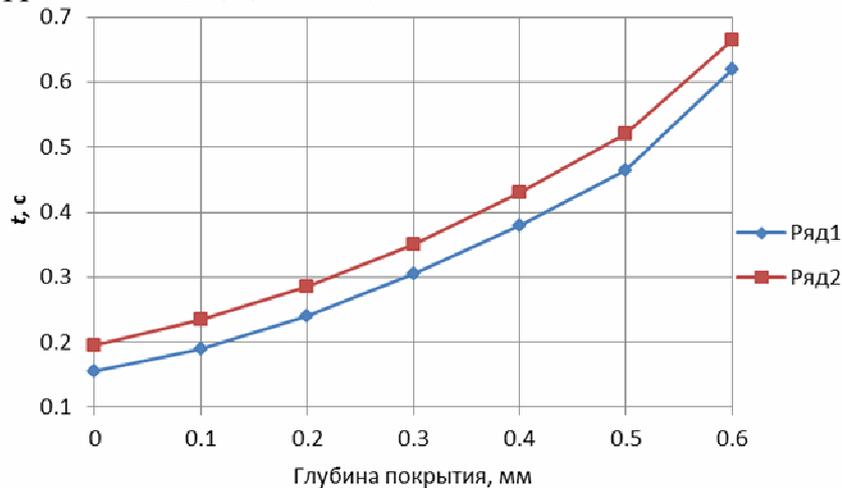


Рис. 1. Время оплавления по глубине покрытия при плотности мощности  $2 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup> материалов: 1-ПГСР4, 2-ПГСР4+20%  $Al_2O_3$

### Выводы

Проведен численный анализ нагрева и плавления, износостойкого композиционного покрытия ПГСР4 и ПГСР4+20%  $Al_2O_3$ , предназначенного для тяжело нагруженных узлов трения. Проведен анализ распределения температуры при оплавлении покрытия и температуры в момент приплавления металлокерамического покрытия к основе при плотности мощности теплового потока  $2 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup>. Время оплавления покрытия ПГСР4+20%  $Al_2O_3$  больше на 8...10%, чем покрытия ПГСР4. 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. 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.
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.
3. 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.