

## МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКОЕ ПОКРЫТИЕ ПРИ ЛАЗЕРНОМ ОПЛАВЛЕНИИ

*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  $ZrB_2$  с учетом его теплофизических параметров.

Время приплавления покрытия к основе при плотности мощности  $2 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup> составляет 0,795 с, при плотности мощности  $3 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup> время приплавления составляет 0,47 с, а при плотности мощности  $8 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup> время приплавления составляет 0,16 с.

## METAL-CERAMIC COATING WITH LASER REFLOW

*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  $ZrB_2$ , taking into account its thermophysical parameters.

The melting time of the coating to the base at a power density of  $2 \cdot 10^7$  W/m<sup>2</sup> is 0,795 s, at a power density of  $3 \cdot 10^7$  W/m<sup>2</sup>, the melting time is 0,47 s, and at a power density of  $8 \cdot 10^7$  W/m<sup>2</sup>, the melting time is 0.16 s.

**Введение.** Лазерные технологии, такие как закалка, легирование, восстановление, наплавка широко используются в машиностроении. Локальный подвод тепла большой плотности мощности к поверхности изменяет структуру поверхности. Способ лазерной обработки поверхности обладает рядом преимуществ: минимальное влияние на структуру по глубине материала, минимизация зон термического влияния, создание не равновесных структур материала в зоне локального воздействия теплового источника. Лазерная наплавка металлокерамических покрытий используется для получения износостойких покрытий на поверхности. По твердости и износостойкости они превосходят известные способы термической обработки и наплавки. Износостойкое покрытие может применяться и для восстановления изношенных поверхностей при ремонте [1]. Лазерная наплавка позволяет оплавливать смеси материалов с разными плотностями, при этом обеспечивая равномерность структуры. Для придания покрытию повышенных износостойких свойств в структуру вносят износостойкие фракции, такие как оксиды, карбиды, бориды [2]. При лазерном оплавлении в структуре шихты применяют легкоплавкие пластичные материалы. В качестве пластичной матрицы используют эвтектические сплавы системы Ni-Cr-B-Si [3]. При лазерной наплавке

износостойких металлокерамических покрытий необходимо контролировать по времени процесс оплавления. На процесс лазерного оплавления влияют следующие факторы: плотность теплового потока на поверхности, время его воздействия, теплофизические параметры обрабатываемого материала [4,5].

Цель работы: получить металлокерамическое покрытие при лазерном оплавлении.

**Материалы и оборудование.** Лазерная наплавка износостойкого металлокерамического покрытия проводилась по комбинированной технологии на сталь 30ХГСА. Предварительно на поверхность детали газотермическим способом наносилось порошковое покрытие. Порошковая композиция представляла механическую смесь из порошков ПГСР4 и упрочняющей фракции 20% (весовых) диборида циркония ( $ZrB_2$ ) размером частиц 5...20 мкм. Порошок ПГСР4 системы Ni-Cr-B-Si состава (порошок ПГСР4 на никелевой основе, 13,5-16,5% хрома, 2,5-3,5% кремния, 2,0-2,8% бора, железа не более 5%). Толщина сформированного покрытия после плазменного напыления составляла 0,6-0,7 мм. Покрытие ПГСР4+20% $ZrB_2$  наносилось на сталь 30ХГСА. Расчет параметров лазерной наплавки износостойкого покрытия осуществлялся при плотности мощности  $(2...8) \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup>. После механической обработки толщина покрытия составляла 0,3-0,4 мм.

**Результаты и обсуждения.** При лазерной наплавке рассчитывалось значение теплофизических параметров композитного покрытия по методике [3]. На основе численного анализа нагрева и плавления двухслойного полуограниченного тела, с граничными условиями Стефана, были определены технологические режимы лазерной наплавки. Время оплавления металлокерамического покрытий приведено на рис. 1.

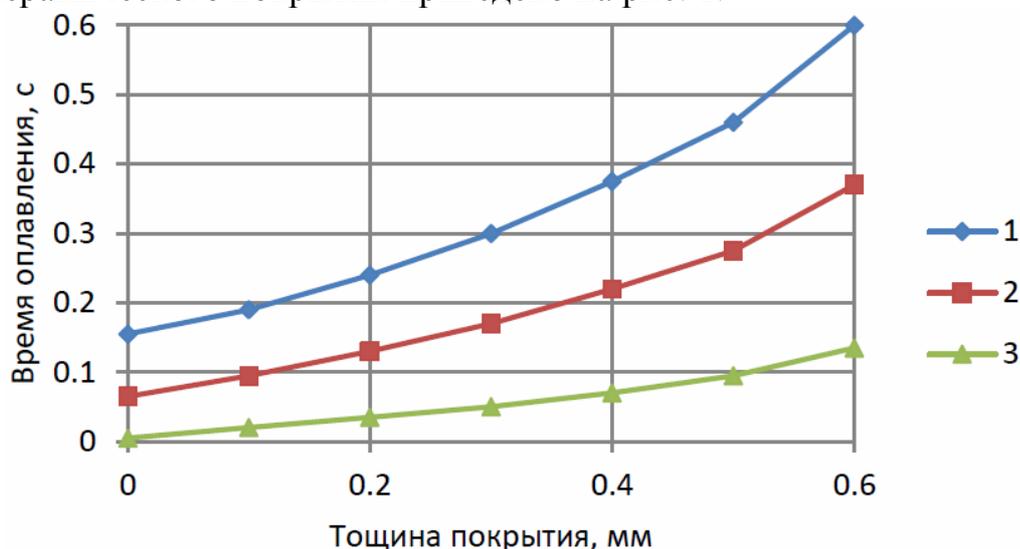


Рис. 1. Время оплавления по толщине покрытия ПГСР4+20% $ZrB_2$  на стали 30ХГСА при плотности мощности, Вт/м<sup>2</sup>: 1-  $2 \cdot 10^7$ , 2-  $3 \cdot 10^7$ , 3-  $8 \cdot 10^7$

Покрытие считается приплавленным к основе, когда температура основы достигнет температуры плавления ( $1535^\circ\text{C}$ ). Время приплавления покрытия к основе при плотности мощности  $2 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup> составляет 0,795 с, при этом температура на поверхности покрытия составляет  $1904^\circ\text{C}$ . При плотности мощности  $3 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup> время приплавления составляет 0,47 с, при этом

температура на поверхности покрытия составляет 2088°C, а при плотности мощности  $8 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup> время приплавания составляет 0,16 с, при этом температура на поверхности покрытия составляет 2954°C. Температура в покрытии в процессе оплавления не превышает температуру разложения упрочняющей фракции ZrB<sub>2</sub> (2990°C).

**Выводы.** На основе численный анализ нагрева и плавления, износостойкого композиционного покрытия эвтектического сплава системы Ni-Cr-B-Si и добавкой упрочняющей мелкодисперсной фракции ZrB<sub>2</sub>, предназначенного для тяжело нагруженных узлов трения и проведенных экспериментов определено время приплавания покрытия к основе. Время приплавания покрытия к основе при плотности мощности  $2 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup> составляет 0,795 с, при этом температура на поверхности покрытия составляет 1904°C. При плотности мощности  $3 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup> время приплавания составляет 0,47 с, при этом температура на поверхности покрытия составляет 2088°C, а при плотности мощности  $8 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup> время приплавания составляет 0,16 с, при этом температура на поверхности покрытия составляет 2954°C. На основании проведенных исследований разрабатывается технологический процесс наплавки металлокерамических покрытий. Результаты могут быть использованы при оплавлении порошковых композиций в лазерных аддитивных технологиях.

#### Список литературы

1. Лазерная техника и технологии. Кн.3. Методы поверхностной лазерной обработки / Под ред. А.Г. Григорьянца. – М.: Высшая шк., 1987. – 191 с.
2. Рощин М.Н. Фрикционные свойства покрытий, наплавленных лазером // Вестник машиностроения. – 2019. – № 6. – С. 46-48.
3. Алисин В.В., Владиславлев А.А., Рощин М.Н. Технология получения износостойких металлокерамических покрытий с ультрадисперсной упрочняющей фазой // Сб. 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., Рощин 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., 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.