

<https://doi.org/10.26160/2572-4347-2022-17-53-55>

## ЛАЗЕРНАЯ НАПЛАВКА МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

*Роцин М.Н.*

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

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

**Аннотация.** Работа посвящена исследованию наплавки металлокерамического покрытия с добавкой упрочняющих фракций  $Al_2O_3$ ,  $ZrB_2$  и  $ZrO_2$  с учетом его теплофизических параметров. Проведен численный анализ нагрева и плавления, износостойкого композиционного покрытия, предназначенного для тяжело нагруженных узлов трения. Приведено время приплавания покрытия к основе. На основании проведенных исследований разрабатывается технологический процесс наплавки металлокерамических покрытий.

## LASER SURFACING OF METAL-CERAMIC COATINGS

*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 hardening fractions  $Al_2O_3$ ,  $ZrB_2$  and  $ZrO_2$ , 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 time of melting of the coating to the base is given. Based on the conducted research, the technological process of surfacing of metal-ceramic coatings is being developed.

**Введение.** Лазерная наплавка износостойких покрытий получила распространение в упрочнении и восстановлении поверхностей трения. применяется лазерная наплавка износостойких покрытий. 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. 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 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 [3].

**Цель работы:** изучить процесс оплавления металлокерамического покрытия в момент приплавления покрытия к основе.

**Материалы и оборудование.** Создание износостойкого покрытия проводилось по комбинированной технологии на сталь 30ХГСА. На поверхность детали 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  $Al_2O_3$ ,  $ZrB_2$  и  $ZrO_2$  размером 5...20 мкм. Концентрация упрочняющих фракций составляла по 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 $^{\circ}$ С);  $\alpha = 9,4 \cdot 10^{-6}$  м $^2$ /с;  $c = 504$  Дж/(кг $^{\circ}$ С), материал покрытия ПГСП4+20% $Al_2O_3$ , ПГСП4+20% $ZrB_2$  и ПГСП4+20% $ZrO_2$ , где  $\lambda$  – теплопроводность,  $\alpha$  – температуропроводность,  $c$  – удельная теплоемкость. Лазерная наплавка износостойких покрытий осуществлялась при плотности мощности  $3 \cdot 10^7$  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 0,3-0,4 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 полуграниченного тела, с граничными условиями Стефана. По результатам расчета были определены технологические параметры лазерной наплавки. Время приплавления металлокерамических покрытий приведено на рисунке 1.

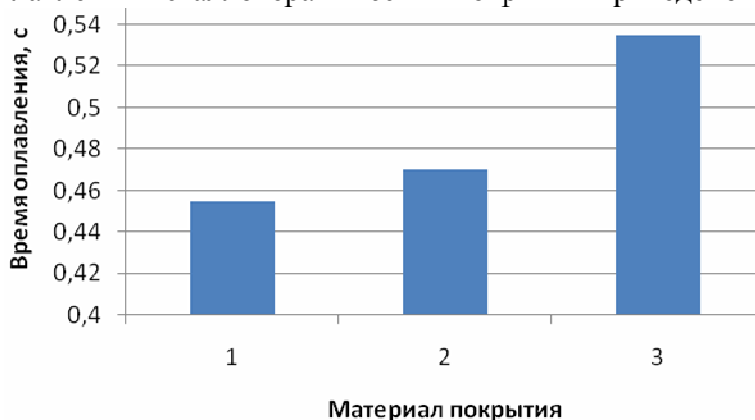


Рис. 1. Время приплавления к основе при плотности мощности  $3 \cdot 10^7$  Вт/м $^2$  покрытия ПГСП4+: 1- 20% $ZrO_2$ , 2- 20% $ZrB_2$ , 3- 20% $Al_2O_3$

Покрытие считается приплавленным к основе, когда температура основы достигнет температуры плавления ( $1535^{\circ}\text{C}$ ). Температура в покрытии в процессе оплавления не превышает температуру разложения упрочняющей фракции  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ( $2044^{\circ}\text{C}$ ),  $\text{ZrB}_2$  ( $2990^{\circ}\text{C}$ ) и  $\text{ZrO}_2$  ( $2715^{\circ}\text{C}$ ).

### Выводы

Проведен численный анализ нагрева и плавления, износостойкого композиционного покрытия эвтектического сплава системы Ni-Cr-B-Si и добавкой упрочняющей мелкодисперсной фракции  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrB}_2$  и  $\text{ZrO}_2$ , предназначенного для тяжело нагруженных узлов трения. Приведено время приплавления покрытия к основе. 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. Алисин В.В., Владиславлев А.А., Рошин М.Н. Технология получения износостойких металлокерамических покрытий с ультрадисперсной упрочняющей фазой // Перспективные материалы и технологии. Наноконпозиты, (космический вызов 21 век, Том 2). Под. ред. А.А Берлина и И.Г. Ассовского. – М.: Торус Пресс, 2005. – С. 59-68.
2. 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.
3. Алисин В.В., Рошин М.Н. Численный анализ тепловых потоков в процессе плавления покрытий лазером // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2019. №4. С. 93-101.

### References

1. 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). Edited by A.A. Berlin and I.G. Assovsky. – M.: Torus Press, 2005. – P. 59-68.
2. 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.
3. 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.

<b>Рошин Михаил Николаевич</b> – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник	<b>Roshchin Mikhail Nikolaevich</b> – candidate of technical Sciences, leading researcher
Roschin50@yandex.ru	

Received 27 .08.2022