

## ЛАЗЕРНАЯ НАПЛАВКА ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ С ДОБАВКАМИ ЧАСТИЦ ДИБОРИДА ЦИРКОНИЯ

*Рошчин М.Н., Мишанова В.Г.*

**Ключевые слова:** время, температура плавления, покрытие, плазма, лазер, математическое моделирование.

**Аннотация.** В работе проведен численный анализ нагрева и плавления, износостойкого композиционного покрытия эвтектического сплава системы Ni-Cr-B-Si и упрочняющей мелкодисперсной фазой диборида циркония, предназначенного для тяжело нагруженных трибосопряжений. Определены значения теплового потока и время его воздействия, обеспечивающие лучшее качество наплавленного покрытия по сохранению упрочняющей добавки диборида циркония.

## LASER SURFACING OF WEAR-RESISTANT COATINGS WITH ADDITIVES OF ZIRCONIUM DIBORIDE PARTICLES

*Roshchin M.N., Mishanova V.G.*

**Keywords:** time, melting point, coating, plasma, laser, mathematical modeling.

**Abstract.** The paper presents a numerical analysis of the heating and melting of a wear-resistant composite coating of a Ni-Cr-B-Si eutectic alloy and a strengthening fine-dispersed phase of zirconium diboride intended for heavy-loaded tribo-conjugations. The values of the heat flow and the time of its action are determined, which ensure the best quality of the deposited coating for the preservation of the strengthening additive of zirconium diboride.

Повышения надежности и долговечности тяжело нагруженных узлов трения в машинах на сегодняшний день остается важной задачей. Лазерная наплавка износостойких покрытий является представителем новой технологии, относится к локальным методам термической обработки, способной создавать покрытия с заданными свойствами. При лазерной наплавке износостойких покрытий получают в локальных объемах поверхностных слоев материалов свойства, недостижимые при традиционных способах обработки [1]. Существуют различные способы лазерной наплавки покрытий. При применении обмазки для уменьшения отражения луча происходит испарение органических материалов. В силу быстротечности процесса формируются замкнутые полости. На образование пор влияет скорость растворения газов в расплавленном металле. При наплавке порошковых материалов в струе инертных газов происходит завихрения потока с образованием пор. Растущие требования машиностроения по повышению трибологических характеристик узлов и агрегатов машин, работающих в экстремальных условиях по нагрузкам, температурам и скоростям скольжения выявили необходимость повышения качества покрытий. Одним из способов для повышения качества покрытий является предварительное плазменное напыление с последующей лазерной обработкой [2]. Для разработки технологических режимов оплавления износостойких покрытий проводится математическое моделирование [3]. Опыт показал, что

для обеспечения качества покрытий необходим детальный анализа распределения тепловых потоков в зоне взаимодействия лазерного луча с поверхностью и по глубине покрытия. Для повышения износостойкости покрытий в его состав добавляют твердые износостойкие фракции [4].

Цель работы – исследование распределения температуры по глубине покрытия до момента его приплавления к основе в зависимости от плотности мощности лазерного источника и теплофизических параметров материала.

Процесс создания износостойких металлокерамических покрытий разрабатывалась на основе физико-математического моделирования процессов плазменного нанесения и лазерного оплавления покрытия с учетом зависимости теплофизических параметров от температуры. Предварительно для нанесения порошковых композиций использовался оптимизированный процесс плазменного напыления. Порошковые композиции состояли из пластичной матрицы системы Ni-Cr-B-Si (порошок ПГСП4, 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 порошок – диборид циркония  $ZrB_2$ , фракции 5...20 мкм. Концентрация упрочняющей фазы составляла 20% (весовых). Расчет теплофизических параметров комбинированного покрытия производился по методике [3]. В результате численного анализ нагрева и плавления двухслойного полуограниченного тела, с граничными условиями Стефана получено распределение температурных полей по глубине покрытия с учетом теплоты его плавления. На рисунке 1 приведено время оплавления покрытия ПГСП4+20% $ZrB_2$  толщиной 0,6 мм от мощности лазерного источника.

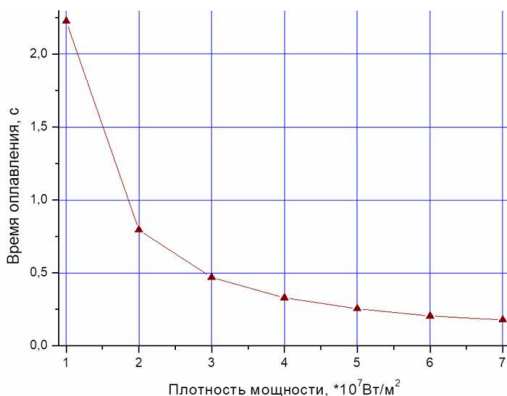


Рис. 1. Зависимость времени оплавления покрытия ПГСП4+20% $ZrB_2$  толщиной  $h=0,6$  мм от плотности мощности источника

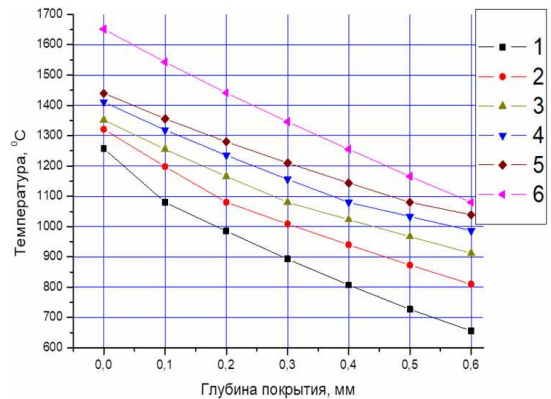


Рис. 2. Распределение температуры по глубине покрытия ПГСП4 +20% $ZrB_2$  при плотности мощности  $3 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup> при времени воздействия, с: 1-0,095; 2-0,13; 3-0,17; 4-0,22; 5-0,275; 6-0,37; 7-0,375

На рисунке 2 приведено распределение температуры по глубине покрытия ПГСП4+20%ZrB<sub>2</sub> при плотности мощности  $3 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup> от времени воздействия. Прослеживается движение фронта плавления в зависимости от времени нагрева. Так при времени нагрева 0,095с глубина оплавления покрытия составит 0,1мм. А при времени воздействия 0,13с глубина оплавления составит 0,2мм и т.д. При времени воздействия теплового потока 0,375с температура на поверхности составляет 1676°С, что намного меньше температуры плавления ZrB<sub>2</sub> (2990°С). Покрытие считается приплавленным к основе, когда температура подложки достигнет температуры плавления 1535°С. Температура в покрытии в процессе оплавления не должна превышать температуру разложения упрочняющей фазы ZrB<sub>2</sub>.

### **Выводы**

Проведен численный анализ нагрева и плавления, износостойкого композиционного покрытия эвтектического сплава системы Ni-Cr-B-Si и упрочняющей мелкодисперсной фазой диборида циркония, предназначенного для тяжело нагруженных трибосопряжений.

Определены значения теплового потока и время его воздействия, обеспечивающие лучшее качество наплавленного покрытия по сохранению упрочняющей добавки диборида циркония.

### **Список литературы**

1. Лазерная техника и технологии. Кн.3. Методы поверхностной лазерной обработки / Под ред. А.Г.Григорьянца. – М.: Высшая шк., 1987. – 191с.
2. 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.
3. Алисин В.В. Владиславлев А.А, Роцин М.Н. Технология получения износостойких металлокерамических покрытий с ультрадисперсной упрочняющей фазой // Сб. Перспективные материалы и технологии. Нанокompозиты, (космический вызов 21 век, Том 2) / Под. ред. А.А Берлина и И.Г. Ассовского. – М.: Торус Пресс, 2005. – С.59-68.
4. Savchenko N.L., Mirovoy Y.A., Buyakov A.S., Burlachenko A.G., Sevostyanova I.N., Buyakova S.P., Tarasov S.Y., Rudmin M.A. Adaptation and self-healing effect of tribo-oxidizing in high-speed sliding friction on ZrB<sub>2</sub>-SiC ceramic composite // Wear. 2020. Vol. 446-447. P. 203204.

### **References**

1. Laser technology and technologies. Book 3. Methods of surface laser processing / Edited by A.G. Grigoryants. – M.: Higher sch., 1987. – 191p.
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. Vladislavlev A.A., Roshchin M.N. Technology for obtaining wear-resistant metal-ceramic coatings with an ultrafine hardening phase // Coll.

Perspective materials and technologies. Nanocomposites, (Space challenge of the 21st Century, Volume 2) / Edited by A.A. Berlin and I.G. Assovsky. – M.: Torus Press, 2005. – P. 59-68.

4. Savchenko N.L., Mirovoy Y.A., Buyakov A.S., Burlachenko A.G., Sevostyanova I.N., Buyakova S.P., Tarasov S.Y., Rudmin M.A. Adaptation and self-healing effect of tribo-oxidizing in high-speed sliding friction on ZrB<sub>2</sub>-SiC ceramic composite // Wear. 2020. Vol. 446-447. P. 203204.

<b>Рощин Михаил Николаевич</b> – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Россия, г. Москва, Roschin50@yandex.ru	<b>Roshchin Mikhail Nikolaevich</b> – candidate of technical Sciences, leading researcher, Blagonravov Institute of Mechanical Engineering, Russian Academy of Sciences, Moscow, Roschin50@yandex.ru
<b>Мишанова Валентина Георгиевна</b> – кандидат технических наук, доцент, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), филиал Ступино, Россия, г.Ступино, mishanova56@mail.ru	<b>Mishanova Valentina Georgievna</b> – candidate of technical sciences, docent, Moscow aviation Institute (national research University), Stupino branch, Russia, Stupino, mishanova56@mail.ru

*Received 02.02.2021*