

## ЛАЗЕРНОЕ ОПЛАВЛЕНИЕ ПОКРЫТИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА VT6

*Рошин 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 лазерной наплавки металлокерамического покрытия с учетом его теплофизических параметров с добавкой упрочняющей фракции  $Al_2O_3$  на титановый сплав VT6. Приведено распределение температуры по толщине покрытия. Покрытие считается приплавленным к основе, когда температура основы достигнет температуры плавления титанового сплава VT6 ( $1670^\circ C$ ). Температура в покрытии на поверхности в момент приплавления к VT6 при плотности мощности  $2 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup> составляет  $2091^\circ C$ , а при плотности мощности  $3 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup> –  $2275^\circ C$ , что не превышает температуру кипения упрочняющей фракции  $Al_2O_3$  ( $2980^\circ C$ ).

## LASER REFLOW COATING ON THE SURFACE OF A PART MADE OF TITANIUM ALLOY VT6

*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 laser surfacing of a metal-ceramic coating taking into account its thermophysical parameters with the addition of a strengthening fraction  $Al_2O_3$  on a titanium alloy VT6. The temperature distribution over the coating thickness is given. The coating is considered to be fused to the base when the base temperature reaches the melting point of the titanium alloy VT6 ( $1670^\circ C$ ). The temperature in the coating on the surface at the time of melting to VT6 at a power density of  $2 \cdot 10^7$  W/m<sup>2</sup> is  $2091^\circ C$ , and at a power density of  $3 \cdot 10^7$  W/m<sup>2</sup> –  $2275^\circ C$ , which does not exceed the boiling point of the hardening fraction  $Al_2O_3$  ( $2980^\circ C$ ).

**Введение.** Лазерная обработка материалов в настоящее время получила широкое распространение в машиностроении, относится к классу наукоемких технологий. Лазерная технология широко применяется для упрочнения поверхностей трения и восстановления изношенных поверхностей с хорошими прочностными и износостойкими свойствами. Характеристики материалов после лазерной обработки имеют лучшие характеристики, чем при традиционных технологиях [1]. Лазерная наплавка металлокерамических порошковых материалов позволяет получать материалы с новыми свойствами. Лазерное оплавление композиционных покрытий является перспективным направлением в технологии с точки зрения получения качественных износостойких покрытий. При создании износостойких

покрытий для тяжело нагруженных узлов трения композиционный материал покрытия должен иметь пластическую матрицу, мелкое зерно, высокую твердость мелкодисперсной упрочняющей фазы. Для пластичной матрицы используется сплавы на основе никеля или кобальта, твердые растворы и др., а так же композиции на их основе. Перспективным композиционным материалом, для тяжело нагруженных трибосопряжений является использование в качестве пластичной матрицы эвтектических сплавов системы Ni-Cr-B-Si [2]. 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 лазерного оплавления покрытия на поверхности деталей из титанового сплава ВТ6.

**Материалы и оборудование.** Лазерная наплавка покрытия проводилась на титановый сплав ВТ6. Предварительно на поверхность детали наносилось порошковое композиционное покрытие плазменным напылением. Порошковая композиция состояла из пластичной матрицы системы Ni-Cr-B-Si (порошок ПГ-10Н-01 на Ni основе) с добавками износостойкой фракций окиси алюминия ( $Al_2O_3$ ). Концентрация упрочняющей фракции 5...20 мкм составляла 20% (весовых). Толщина покрытия составляла 0,6-0,7 мм, покрытие наносилось на титановый сплав ВТ6. Лазерная оплавление износостойкого покрытия проводилось при плотности мощности  $2 \cdot 10^7$  и  $3 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup>.

**Результаты и обсуждения.** Выбор технологических режимов лазерной наплавки износостойкого металлокерамического покрытия определялись на основе физико-математического моделирования процессов оплавления покрытия с учетом зависимости теплофизических параметров от температуры. При численном расчете нагрева и плавления двухслойного полуограниченного тела проводился учет граничных условий Стефана. Температура в покрытии при выбранном технологическом при оплавлении покрытия не должна превышать температуру разложения упрочняющих фракций. Температура по толщине покрытия при плотности мощности  $2 \cdot 10^7$  и  $3 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup> приведена на рисунке 1. Покрытие считается приплавленным к основе, когда температура основы достигнет температуры плавления титанового сплава ВТ6 (1670°C). Температура в покрытии на поверхности в момент приплавления к ВТ6 при плотности мощности  $2 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup> составляет 2091°C, а при плотности мощности  $3 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup> составляет 2275°C, что не превышает температуру кипения упрочняющей фракции  $Al_2O_3$  (2980°C). Время приплавления покрытия к титановому сплаву ВТ6 при плотности мощности  $2 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup> составляет 1,12 с, а при плотности мощности  $3 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup> – 0,65 с.

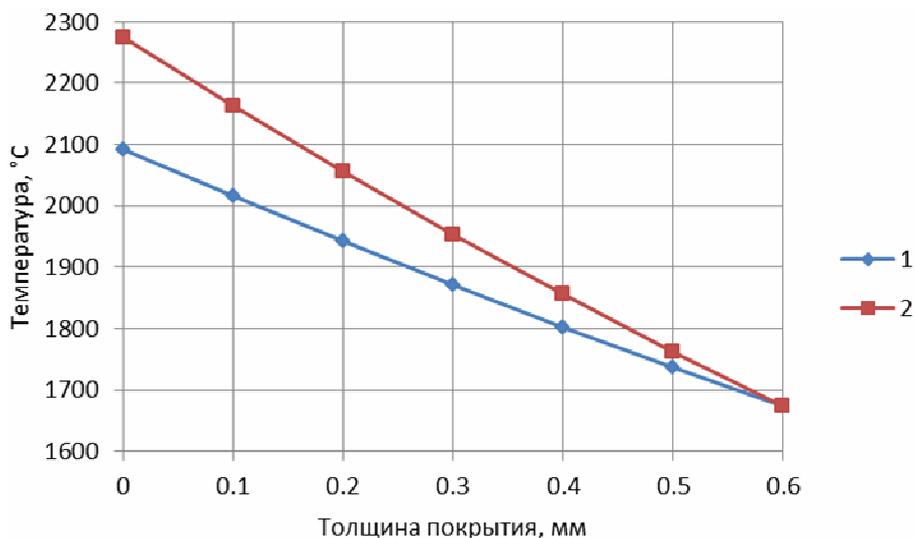


Рис. 1. Распределение температуры по глубине покрытия ПГ-10Н-01+20% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> на поверхности детали из титанового сплава ВТ6 при плотности мощности, Вт/м<sup>2</sup>: 1-  $2 \cdot 10^7$ , 2-  $3 \cdot 10^7$

**Выводы.** Определение технологических параметров лазерной наплавки определялось на основе математического моделирования нагрева и плавления металлокерамического покрытия. Приведено распределение температуры по толщине покрытия. Покрытие считается приплавленным к основе, когда температура основы достигнет температуры плавления титанового сплава ВТ6 (1670°C). Температура в покрытии на поверхности в момент приплавления к ВТ6 при плотности мощности  $2 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup> составляет 2091°C, а при плотности мощности  $3 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup> – 2275°C, что не превышает температуру кипения упрочняющей фракции Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (2980°C). На основании проведенных исследований разрабатывается технологический процесс наплавки металлокерамических покрытий.

### Список литературы

1. Лазерные технологии обработки материалов: современные проблемы фундаментальных исследований и прикладных разработок / Под ред. В.Я. Панченко. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 664 с.
2. Алисин В.В., Рошин М.Н., Владиславлев А.А. Технология получения износостойких металлокерамических покрытий с ультрадисперсной упрочняющей фазой // Перспективные материалы и технологии: нанокompозиты. Космический вызов 21 века. Т. 2 / под. ред. А.А. Берлина и И.Г. Ассовского. – М.: Торус Пресс, 2006. – С. 59-68.
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. Laser technologies of materials processing: modern problems fundamental research and applied development / Ed. V.Ya. Panchenko. – М.: FIZMATLIT, 2009. – 664 p.

2. Alisin V.V., Vladislavlev A.A., Roshchin M.N. Technology of obtaining wear-resistant metal-ceramic coatings with ultrafine strengthening phase // Promising materials and technologies: Nanocomposites. Space Challenge of the 21st century. Vol. 2. – M.: Torus Press, 2005. – P. 59-68.
3. Alisin V.V., Roshchin M.N. Numerical analysis of heat flows in the process of melting coatings by laser // Problems of mechanical engineering and reliability of machines. 2019, no. 4, pp. 93-101.

<b>Рошин Михаил Николаевич</b> – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник roschin50@yandex.ru	<b>Roshchin Mikhail Nikolaevich</b> – candidate of technical sciences, leading researcher
--	---

*Received 18.09.2023*