

<https://doi.org/10.26160/2572-4347-2023-18-52-55>

## ТЕМПЕРАТУРА В ПОКРЫТИИ С ЧАСТИЦАМИ ДИБОРИДА ТИТАНА НА СТАЛИ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКЕ

*Рощин М.Н.*

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

**Ключевые слова:** лазерная наплавка, металлокерамическое покрытие, тепловой поток, сталь, порошок, температура, время.

**Аннотация.** Проведены результаты исследования по лазерному оплавлению покрытия с частицами диборида титана на стали на основе численного анализа нагрева и плавления, износостойкого композиционного покрытия ПГСР4+15%TiB<sub>2</sub>, предназначенного для тяжело нагруженных узлов трения. Приведено распределение температуры по глубине покрытия ПГСР4+15%TiB<sub>2</sub> на стали 30ХГСА при плотности мощности  $3 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup>. Температура в покрытии в момент приплавания к основе на поверхности составляет 1956°C, что не превышает температуру плавления упрочняющей фракции TiB<sub>2</sub> (3230°C).

## TEMPERATURES IN A COATING WITH TITANIUM DIBORIDE PARTICLES ON STEEL DURING LASER SURFACING

*Roshchin M.N.*

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

**Keywords:** laser surfacing, ceramic-metal coating, heat flow, steel, powder, temperature, time.

**Abstract.** Studies have been carried out on laser reflow of a coating with titanium diboride particles on steel based on numerical analysis of heating and melting, a wear-resistant composite coating PGSR4+15%TiB<sub>2</sub>, designed for heavily loaded friction units. The temperature distribution over the coating depth of PGSR4+15%TiB<sub>2</sub> on 30HGSA steel at a power density of  $3 \cdot 10^7$  W/m<sup>2</sup> is given. The temperature in the coating at the time of melting to the base on the surface is 1956°C, which does not exceed the melting point of the hardening fraction TiB<sub>2</sub> (3230°C).

**Введение.** Лазерное упрочнение поверхности трения обеспечивает надежный метод изменения свойств поверхности и предоставляет новые способы проектирования и изготовления новых функциональных поверхностей для повышения износостойкости. Лазерное упрочнение для повышения износостойкости представляет большой интерес. Растущее давление на снижение затрат требует более чем когда-либо оптимизированных конструктивных решений, которые характеризуются энергоэффективными характеристиками изделия. Поэтому требования к высоконагруженным трибологическим системам постоянно возрастают. Необходимо уменьшать износ узлов трения, а также повышать их долговечность. Один из возможных способов повышения износостойкости поверхностей трения является структурирование поверхностей контактов. Лазерная обработка поверхностей трения обеспечивает надежный метод изменения свойств поверхности и предоставляет новые возможности при

проектировании и изготовлении пар трения. В этой области обработки поверхностей повышение износостойкости представляет большой интерес [1]. Хороший результат повышения износостойкости пар трения достигается при создании на поверхности износостойких покрытий. Износостойкие покрытия, наплавленные лазером, показывают хорошие трибологические свойства, как для работы в тяжело нагруженных узлах трения, а также для восстановления изношенных поверхностей трения. Локальное воздействие на поверхность концентрированного потока высокой плотности позволяет получать недостижимые при традиционных способах обработки свойства материала. Это связано с целенаправленным изменением химического состава и структурно-фазового состояния поверхностных слоев [2]. Механические свойства наплавленного лазером покрытия зависят от формирующейся структуры покрытия, которая полностью определяется распределением температуры по толщине покрытия [3].

Цель работы: исследовать распределение температуры по глубине покрытия с частицами диборида титана на стали при лазерной наплавке.

**Материалы и оборудование.** Исследовалось распределение температуры в покрытии с частицами диборида титана на стали при лазерной наплавке. Предварительно на поверхность детали из стали 30ХГСА наносилось газотермическое порошковое покрытие с последующим лазерным оплавлением. При газотермическом напылении была использована механическая смесь порошка ПГСР4 и 15% мелкодисперсной (5...20 мкм) упрочняющей добавки  $TiB_2$ . Толщина покрытия при газотермическом напылении составляла 0,6-0,7 мм. Лазерное оплавление износостойкого покрытия осуществлялась на оборудовании, разработанном в ИМАШ РАН на лазерном технологическом комплексе ЛТК-01, с использованием технологической оснастки. Технологические режимы лазерного оплавления газотермического покрытия определялись на основе математических расчетов процесса лазерного нагрева и плавления покрытия с учетом зависимости теплофизических параметров от температуры.

**Результаты и методика исследований.** На основе математического моделирования процесса оплавления металлокерамического покрытия были разработаны технологические режимы. Численный анализ нагрева и плавления двухслойного полугограниченного тела проводился с учетом граничных условий Стефана.

На рисунке 1 приведено распределение температуры по глубине покрытия ПГСР4+ 15% $TiB_2$  на стали 30ХГСА при плотности мощности  $3 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup>. Покрытие начинает плавиться при достижении температуры на поверхности 1080°C, время при этом составит 0,105 с. При достижении температуры в покрытии 1535°C, это температура плавления основы, покрытие считается приплавленным к основе, время при этом составит 0,575 с. Температура в покрытии в процессе оплавления на поверхности составляет 1956°C, которая не превышает температуру плавления упрочняющей фракции  $TiB_2$  (3230°C).

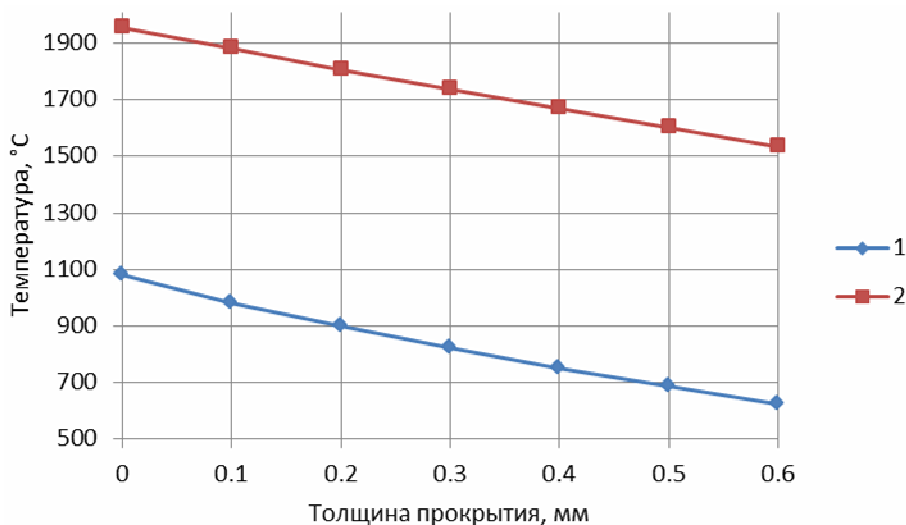


Рис. 1. Распределение температуры по глубине покрытия ПГСП4+ 15%TiB<sub>2</sub> на стали 30ХГСА при плотности мощности  $3 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup>: 1 – начало плавления, 2 – в момент приплавления

**Выводы.** На основе математического моделирования нагрева и плавления износостойкого композиционного покрытия ПГСП4+15%TiB<sub>2</sub>, проведены исследования по лазерному оплавлению покрытия на стали, предназначенного для тяжело нагруженных узлов трения. Приведено распределение температуры по глубине покрытия ПГСП4+15%TiB<sub>2</sub> на стали 30ХГСА при плотности мощности  $3 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup>. Температура в покрытии в момент приплавления к основе на поверхности составляет 1956°C, что не превышает температуру плавления упрочняющей фракции TiB<sub>2</sub> (3230°C). Результаты могут быть использованы при разработке технологии лазерной наплавки износостойких покрытий.

#### Список литературы

1. Шастин В.И., Каргапольцев С.К. Лазерная модификация поверхностей трения // Вестник машиностроения. – 2017. – № 6. – С. 50-53.
2. Алисин В.В., Владиславлев А.А., Рошин М.Н. Технология получения износостойких металлокерамических покрытий с ультрадисперсной упрочняющей фазой // Сб. Перспективные материалы и технологии. Нанокomпозиты (космический вызов 21 век, Том 2). – М.: Торус Пресс, 2005. – 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. Shastin V.I., Kargapoltsev S.K. Laser modification of surfaces friction // Bulletin of Mechanical Engineering. 2017, no. 6, pp. 50-53.
2. Alisin V.V., Vladislavlev A.A., Roshchin M.N. Technology of obtaining wear-resistant metal-ceramic coatings with ultrafine strengthening phase // Proc. Promising

materials and technologies. Nanocomposites (Space Challenge of the 21st century, Vol. 2. – М.: 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>Рощин Михаил Николаевич</b> – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник roschin50@yandex.ru	<b>Roshchin Mikhail Nikolaevich</b> – candidate of technical sciences, leading researcher
--	---

*Received 19.03.2023*