

## ЛАЗЕРНОЕ ОПЛАВЛЕНИЕ ПОКРЫТИЯ С ЧАСТИЦАМИ ДИБОРИДА ТИТАНА НА СТАЛИ

*Рощин М.Н.<sup>1</sup>, Мишанова В.Г.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, Москва;*

<sup>2</sup>*Московский авиационный институт, филиал в г. Ступино*

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

**Аннотация.** Разработана методика лазерного оплавления 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. Приведена временная зависимость оплавления покрытия по глубине в зависимости от величины теплового потока. При тепловом потоке плотности мощности  $2 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup> время приплавления покрытия к основе составит 1,04 с, а при плотности мощности  $4 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup> время приплавления покрытия к основе составит 0,4 с.

## LASER REFLOW OF A COATING WITH TITANIUM DIBORIDE PARTICLES ON STEEL

*Roshchin M.N.<sup>1</sup>, Mishanova V.G.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow;*

<sup>2</sup>*Moscow aviation Institute, Stupino branch, Stupino*

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

**Abstract.** A method of laser reflow of a coating with titanium diboride particles on steel based on numerical analysis of heating and melting, wear-resistant composite coating PGSR4+15%TiB<sub>2</sub>, designed for heavily loaded friction units, has been developed. The time dependence of the melting of the coating in depth depending on the magnitude of the heat flux is given. With a heat flux of a power density of  $2 \cdot 10^7$  W/m<sup>2</sup>, the melting time of the coating to the base will be 1,04 s, and with a power density of  $4 \cdot 10^7$  W/m<sup>2</sup>, the melting time of the coating to the base will be 0,4 s.

### Введение

Повышение износостойкости поверхностей трения достигается различными термическими, термохимическими и др. способами поверхностной обработки поверхностей трения [1]. Наилучший 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

формирующей структуры покрытия, которая полностью определяется распределением температуры по толщине покрытия [3].

**Цель работы:** исследовать возможность лазерного оплавления покрытия с частицами диборида титана на стали.

**Материалы и оборудование.** Исследовалась возможность лазерного оплавления покрытия с частицами диборида титана на стали. 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 плазменном 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. Используя, математический аппарат физико-математического моделирования процесса лазерного оплавления покрытия с учетом зависимости теплофизических параметров от температуры, была разработана технология создания износостойкого композиционного покрытия.

**Результаты и методика исследований.** Расчет теплофизических параметров композитного покрытия производился по методике [3]. Для разработки технологического процесса оплавления металлочерепичных покрытий проведен численный анализ нагрева и плавления двухслойного полуограниченного тела, с граничными условиями Стефана [4]. По результатам расчета были определены технологические параметры лазерной наплавки, в т.ч. время оплавления композиционного покрытия в зависимости от плотности мощности теплового потока (рис. 1).

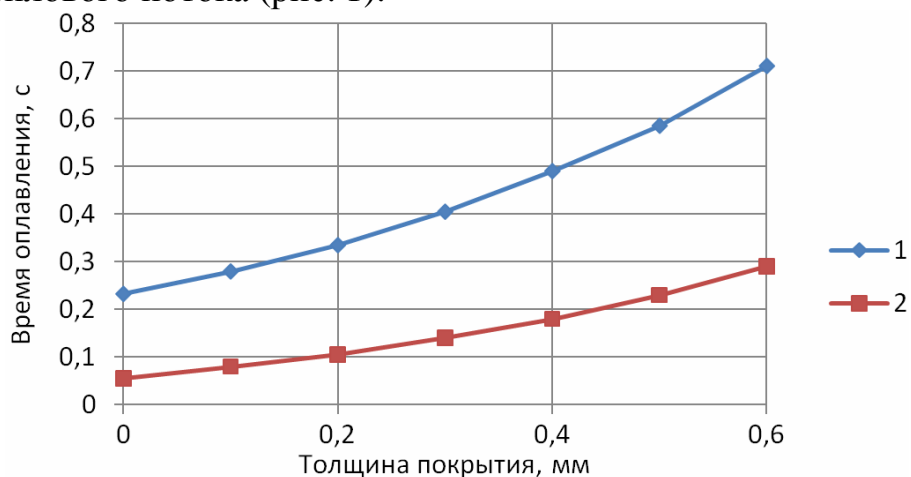


Рис. 1. Время оплавления по глубине покрытия ПГСР4+15% $TiB_2$  на стали 30ХГСА при плотности мощности, Вт/м<sup>2</sup>: 1-  $2 \cdot 10^7$ , 2-  $4 \cdot 10^7$

Покрытие считается приплавленным к основе, когда температура основы достигнет температуры плавления ( $1535^{\circ}C$ ). При тепловом потоке плотности мощности  $2 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup> время приплавления покрытия к основе составит 1,04 с, а при плотности мощности  $4 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup> время приплавления покрытия к основе составит 0,4 с. Температура в покрытии в процессе оплавления не превышает температуру плавления упрочняющей фракции  $TiB_2$  ( $3230^{\circ}C$ ).

## Выводы

Разработана методика лазерного оплавления 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. Приведена временная зависимость оплавления покрытия по глубине в зависимости от величины теплового потока. При тепловом потоке плотности мощности  $2 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup> время приплавания покрытия к основе составит 1,04 с, а при плотности мощности  $4 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup> время приплавания покрытия к основе составит 0,4 с.

Результаты могут быть использованы при разработке технологии лазерной наплавки износостойких покрытий.

## Список литературы

1. Хейфец М.Л. Проектирование процессов комбинированной обработки. – М.: Машиностроение, 2005. – 272 с.
2. Алисин В.В., Владиславлев А.А., Роцин М.Н. Технология получения износостойких металлокерамических покрытий с ультрадисперсной упрочняющей фазой // Сб. Перспективные материалы и технологии. НАНОКОМПОЗИТЫ, (космический вызов 21 век, Том 2) / Под. ред. А.А. Берлина и И.Г. Ассовского. – М.: Торус Пресс, 2005. – С. 59-68.
3. 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.
4. Алисин В.В., Роцин М.Н. Численный анализ тепловых потоков в процессе плавления покрытий лазером // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2019. – №4. – С. 93-101.

## Сведения об авторах:

*Роцин Михаил Николаевич* – к.т.н., ведущий научный сотрудник;

*Мишанова Валентина Георгиевна* – к.т.н., доцент.