

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2023-35-84-87>

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПОКРЫТИИ С ЧАСТИЦАМИ ДИБОРИДА ЦИРКОНИЯ ПРИ ЛАЗЕРНОМ ОПЛАВЛЕНИИ

Рощин 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 учетом его теплофизических параметров с добавкой упрочняющей фракции ZrB_2 . Приведено распределение температуры по глубине покрытия ПГ-10Н-01+20% ZrB_2 на стали при плотности мощности $2 \cdot 10^7$ Вт/м². Температура в покрытии на поверхности в момент приплавки к основе составляет 1904°C и это не превышает температуру разложения упрочняющей фракции ZrB_2 (2990°C). На основании проведенных исследований разрабатывается технологический процесс наплавки металлокерамических покрытий.

TEMPERATURE DISTRIBUTION IN A COATING WITH ZIRCONIUM DIBORIDE PARTICLES DURING LASER REFLOW

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 taking into account its thermophysical parameters with the addition of a strengthening fraction ZrB_2 . The temperature distribution over the coating depth of PG-10N-01+20% ZrB_2 on steel at a power density of $2 \cdot 10^7$ W/m² is given. The temperature in the coating on the surface at the time of melting to the base is 1904°C and this does not exceed the decomposition temperature of the hardening fraction ZrB_2 (2990°C). Based on the conducted research, the technological process of surfacing metal-ceramic coatings is being developed.

Введение. Лазерная наплавка износостойких покрытий широко используется в машиностроении и ремонте техники. Локальное воздействие на поверхность детали большой плотности энергии дает возможность расплавить материал со специальными износостойкими присадками с целью получения специальных свойств на поверхности изделий. Процесс лазерной наплавки заключается в нанесении на поверхность обрабатываемого изделия покрытия путем расплавления композиционной шихты. Дозированный подвод энергии для расплава шихты и подплавки основы позволяет создать покрытие с планируемыми свойствами, не изменяя объемную структуру детали. Свойства покрытия зависят главным образом от свойств наплавленного композиционного материала. Концентрация мощной энергии в пятне сфокусированного луча на поверхности материала позволяет получать

высокую плотность теплового потока, необходимую для интенсивного нагрева или локального расплавления. 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. Одним из развивающихся направлений лазерной наплавки композиционных покрытий является оплавление плазменных порошковых покрытий [1]. При решении задач по повышению износостойкости и надежности тяжело нагруженных узлов трения, композиционный материал покрытия должен иметь пластическую матрицу, мелкое зерно, высокую твердость мелкодисперсной упрочняющей фазы. В качестве пластичной матрицы используются 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 распределение температуры в покрытии с частицами диборида циркония при лазерном оплавлении.

Материалы и оборудование. Лазерная наплавка проводилась на сталь 30ХГСА. Для предварительного нанесения порошковых композиций использовался оптимизированный процесс плазменного напыления. Порошковая композиция состояла из пластичной матрицы системы Ni-Cr-B-Si (порошок ПГ-10Н-01, состава, %: С-0,6...1,0; В-2,8...3,4; Si-4...4,5; Cr-14...20; Fe-3...4,5; Ni-основа) с добавками износостойкой фракции диборида циркония (ZrB_2). Концентрация упрочняющей фракции 5...20 мкм составляла 20% (весовых). Толщина покрытия составляла 0,6-0,7 мм, покрытие наносилось на сталь 30ХГСА. Лазерная оплавление износостойкого покрытия осуществлялась при плотности мощности $2 \cdot 10^7$ Вт/м².

Результаты и обсуждения. Технологические режимы лазерной наплавки износостойкого металлокерамического покрытия разрабатывалась на основе физико-математического моделирования процессов лазерного оплавления покрытия с учетом зависимости теплофизических параметров от температуры. Проведен численный анализ нагрева и плавления двухслойного полуограниченного тела, с граничными условиями Стефана. По результатам расчета были определены технологические параметры лазерной наплавки. Распределение температуры в покрытии в момент его начала плавления и в момент приплавления к основе приведено на рисунке 1. Покрытие считается приплавленным к основе, когда температура основы достигнет температуры плавления (1535°C). Температура в покрытии на поверхности в момент приплавления к основе составляет 1904°C и это не превышает температуру разложения упрочняющей фракции ZrB_2 (2990°C). При достижении

температуры в покрытии 1535 °С, покрытие считается приплавленным к основе, время при этом составит 0,795 с.

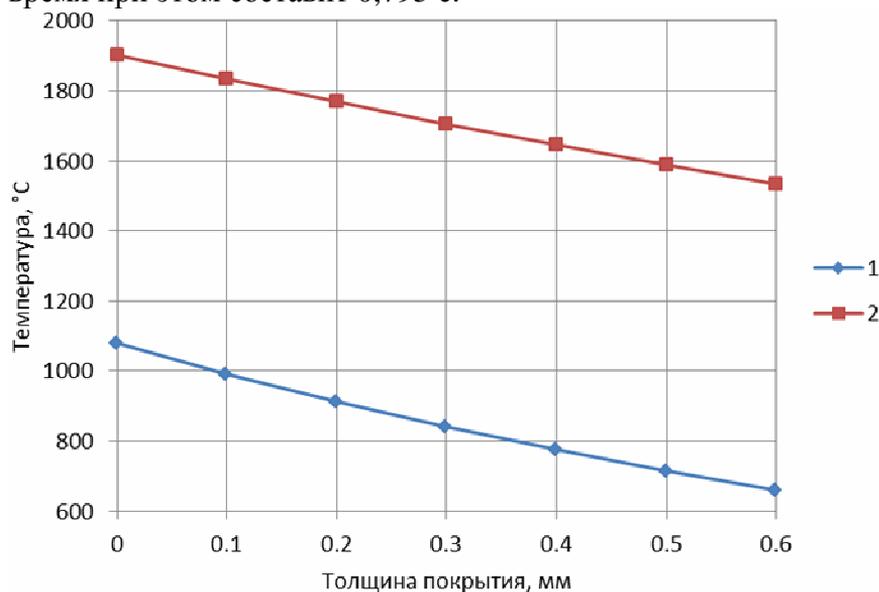


Рис. 1. Распределение температуры по глубине покрытия ПГ-10Н-01 +20%ZrB₂ при плотности мощности $2 \cdot 10^7$ Вт/м²: 1 – начало плавления покрытия, 2 – в момент приплавления покрытия к основе

Выводы. На основе математического моделирования нагрева и плавления износостойкого композиционного покрытия ПГ-10Н-01+20%ZrB₂, проведены исследования по лазерному оплавлению покрытия на стали 30ХГСА, предназначенного для тяжело нагруженных узлов трения. Приведено распределение температуры по глубине покрытия ПГ-10Н-01+20%ZrB₂ на стали при плотности мощности $2 \cdot 10^7$ Вт/м². Температура в покрытии на поверхности в момент приплавления к основе составляет 1904°С и это не превышает температуру разложения упрочняющей фракции ZrB₂ (2990°С). На основании проведенных исследований разрабатывается технологический процесс наплавки металлокерамических покрытий.

Список литературы

1. Чернова М.А., Хисамутдинов Р.М., Звездин В.В., Симонова Л.А., Спиринов А.А. Металлографические исследования лазерной наплавки износостойких порошков на инструмент // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 11-4. – С. 753-758.
2. 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)*. – М.: Торус-Пресс, 2005. – С. 59-68.
3. 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.

References

1. Chernova M.A., Hisamutdinov R.M., Zvezdin V.V., Simonova L.A., Spirin A.A. Metallographic studies of laser surfacing of wear-resistant powders on a tool // Fundamental research. 2015, no. 11-4, pp.753-758.
2. Alisin V.V., Vladislavlev A.A., Roshchin M.N. Technology of obtaining wear-resistant metal-ceramic coatings with ultrafine strengthening phase // Sb. 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.

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

Received 02.05.2023