

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2025-46-96-99>

ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ НА СТАЛИ НА ПРОЦЕСС ЛАЗЕРНОГО ОПЛАВЛЕНИЯ

Рощин М.Н.

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

Ключевые слова: лазерная наплавка, сталь 30ХГСА, окись алюминия, металлокерамическое покрытие, толщина покрытия, температура оплавления, плотность мощности.

Аннотация. Работа посвящена исследованию лазерной наплавки металлокерамического покрытия с учетом его теплофизических параметров с добавкой упрочняющей фракции Al_2O_3 на сталь 30ХГСА. Проведены результаты по распределению температуры по толщине покрытия 0,6-1,0 мм при оплавлении лазерным источником мощностью $2 \cdot 10^7$ Вт/м² на стали 30ХГСА.

THE EFFECT OF THE THICKNESS OF THE CERAMIC-METAL COATING ON STEEL ON THE LASER REFLOW PROCESS

Roshchin M.N.

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

Keywords: laser surfacing, 30HGSA steel, aluminum oxide, ceramic coating, coating thickness, melting point, power density.

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 steel 30HGSA. The results on the temperature distribution over the coating thickness of 0,6-1,0 mm during reflow with a laser source with a power of $2 \cdot 10^7$ W/m² on 30HGSA steel are carried out.

Введение

Лазерная обработка материалов обеспечивает новый уровень качества и скорости в традиционных технологических процессах, но и создала предпосылки для новых конструкторских и технологических решений в машиностроении, авиакосмической технике и других областях. Лазерные технологии обработки материалов в машиностроении нашли широкое применение, в том числе и поверхностном упрочнении металла. Основным результатом лазерного излучения, как источника теплоты, на поверхность материала является ее нагрев, плавление, испарение.

Упрочнение поверхностей трения деталей машин создает высокое сопротивление износу поверхностей, в данном случае объясняется микроструктурой зон упрочнения с максимальным значением микротвердости. Чрезмерное добавление упрочняющих фаз или частиц может ухудшить пластичность материала поверхности. Необходимо соблюдать баланс между функциональными и базовыми свойствами материала при разработке состава покрытий при лазерной наплавке [1]. Локальное

воздействие на поверхность детали большой плотности энергии дает возможность расплавить материал со специальными износостойкими присадками для получения специальных свойств на поверхности изделий. Покрытие для повышения износостойкости и надежности тяжело нагруженных узлов трения должно 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 время оплавления металлокерамического покрытия на поверхности детали из стали в зависимости от мощности лазерного излучения.

Материалы и оборудование. Изучение процесса оплавления покрытия проводилось на стали 30ХГСА. Порошковое композиционное покрытие на поверхность детали наносилось плазменным способом на универсальной плазменной установке УПУ-3Д. Состав порошковой композиции состоял из пластичной матрицы системы Ni-Cr-B-Si (порошок ПГСР-4 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; 0,8; 1,0 мм. Оплавление износостойкого покрытия осуществлялась лазерным излучением при плотности мощности $2 \cdot 10^7$ Вт/м².

Результаты и обсуждения. На основе физико-математического моделирования процессов плавления износостойкого металлокерамического покрытия с учетом зависимости теплофизических параметров материала покрытия от температуры проводился выбор технологических режимов лазерного оплавления покрытия. По результатам расчета были определены технологические параметры лазерной наплавки. Важным технологическим параметром при лазерной наплавке является время оплавления покрытия по толщине и время приплавления покрытия к основе детали. Время оплавления покрытия по толщине влияет на распределение температурных полей по толщине покрытия. Распределение температуры по толщине покрытия ПГСР4+20% Al_2O_3 на стали 30ХГСА в момент приплавления к основе при плотности мощности $2 \cdot 10^7$ Вт/м² приведено на рисунке 1. Покрытие считается приплавленным к основе, когда температура основы достигнет температуры плавления стали 30ХГСА (1535°C). Температура в покрытии на поверхности в момент приплавления к стали 30ХГСА при плотности мощности лазерного излучения $2 \cdot 10^7$ Вт/м² составляет для толщины покрытия 0,6 мм – 1865°C, для толщины 0,8 мм – 1963°C, для толщины 1,0 мм – 2007°C. Температура в

покрытии при плотности мощности $2 \cdot 10^7$ Вт/м² не превышает температуру плавления упрочняющей фракции Al_2O_3 (2044°C).

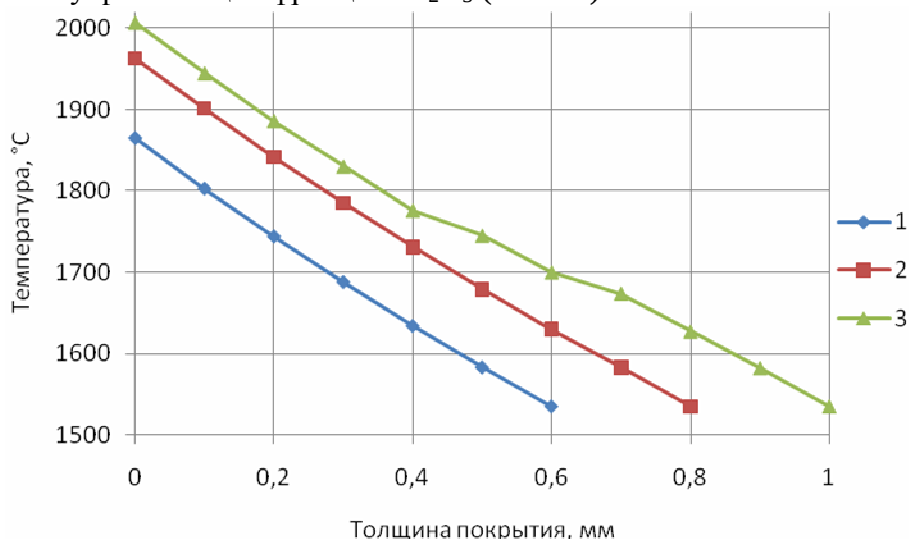


Рис. 1. Распределение температуры по толщине покрытия ПГСП4+20% Al_2O_3 на стали 30ХГСА в момент приплавления к основе при плотности мощности $2 \cdot 10^7$ Вт/м² при толщине покрытия, мм: 1 – 0,6; 2 – 0,8; 3 – 1,0

Выводы. На основе математического моделирования нагрева и плавления износостойкого композиционного покрытия ПГСП-4+20% Al_2O_3 проведены исследования по распределению температуры по толщине покрытия 0,6-1,0 мм при лазерном оплавлении покрытия на стали 30ХГСА. Температура в покрытии при плотности мощности $2 \cdot 10^7$ Вт/м² не превышает температуру плавления упрочняющей фракции окиси алюминия. На основании проведенных исследований разрабатывается технологический процесс наплавки металлокерамических покрытий.

Список литературы

1. Лосев В.Ф., Морозова Е.Ю., Ципилев В.П. Физические основы лазерной обработки материалов: учебное пособие. – Томск: ТПУ, 2011. – 199 с.
2. Алисин В.В., Владиславлев А.А., Рошин М.Н. Технология получения износостойких металлокерамических покрытий с ультрадисперсной упрочняющей фазой // Перспективные материалы и технологии. Нанокompозиты, (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. – DOI: 10.1134/S0235711919040047.

References

1. Losev V.F., Morozova E.Y., Tsipilev V.P. Physical foundations of laser processing of materials: textbook. – Tomsk: TPU, 2011. – 199 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, 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. DOI: 10.1134/S0235711919040047.

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

Received 21.02.2025