

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКОМ ПОКРЫТИИ В МОМЕНТ ЕГО ПРИПЛАВЛЕНИЯ К ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА

Роцин М.Н.

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

Ключевые слова: лазерная наплавка, металлокерамическое покрытие, плотность мощности, время оплавления, титановый сплав.

Аннотация. В работе приведены результаты лазерной наплавки металлокерамического покрытия МКВ-50А на титановый сплав ВТ6 с учетом его теплофизических параметров. Приведено время приплавления покрытия МКВ-50А к титановому сплаву ВТ6 при плотности мощности $2 \cdot 10^7$ Вт/м². Температура в покрытии на поверхности в момент приплавления к ВТ6 составляет 2045°C.

TEMPERATURE DISTRIBUTION IN A CERAMIC-METAL COATING AT THE TIME OF ITS MELTING TO THE SURFACE OF A TITANIUM ALLOY PART

Roshchin M.N.

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

Keywords: laser surfacing, ceramic metal coating, power density, melting time, titanium alloy.

Abstract. The paper presents the results of laser surfacing of a metal-ceramic coating MKV-50A on a titanium alloy VT6, taking into account its thermophysical parameters. The melting time of the coating MKV-50A to the titanium alloy VT6 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 VT6 is 2045°C.

Введение

Титановые сплавы широко применяются в авиакосмической промышленности в связи с высокой удельной прочностью. Применение их в узлах трения сдерживается вследствие плохих антифрикционных свойств. Улучшить трибологические параметры поверхности титановых сплавов могут технологические методы модификации поверхности или же нанесение на поверхность покрытий. Создание на поверхности титанового сплава металлокерамических композиционных покрытий являются перспективным способом улучшения трибологических параметров. Нанесение износостойких покрытий на титановый сплав осложнено большим температурным воздействием, которое приводит к недопустимому изменению механических свойств титановых сплавов в процессе нагрева объема материала. Лазерная наплавка покрытий является перспективной технологией для уменьшения влияния на объемный нагрев титанового материала. Металлокерамические покрытия с самосмазывающимися свойствами применяются для снижения потерь на трение и энергопотребление в узлах трения, работающих в условиях высоких температур.

Использование лазерного излучения позволяет производить обработку только поверхностного участка материала без нагрева остального объема и нарушения его структуры и свойств, что приводит к минимальному короблению деталей [1]. Локальное воздействие на поверхность концентрированных потоков энергии позволяет достигать необходимых физических свойств поверхности, таких как твердость, износостойкость, шероховатость [2]. С помощью лазерной технологии можно получать многокомпонентные покрытия, обладающие расширенной функциональностью, например износостойкостью. Лазерная наплавка металлокерамических порошковых материалов позволяет получать материалы с новыми свойствами. Перспективным композиционным материалом, для тяжело нагруженных трибосопряжений является наплавка металлокерамических покрытий [3, 4]. При лазерной наплавке на процесс распространения температуры влияют следующие факторы: плотность теплового потока на поверхности, время его воздействия, теплофизические параметры обрабатываемого материала [5].

Цель работы: Численным моделированием процесса наплавки металлокерамического покрытия на поверхность титанового сплава определить влияние плотности мощности лазерного излучения на распределение температуры по глубине покрытия.

Материалы и оборудование. Расчет создания металлокерамического покрытия проводилось на титановом сплаве ВТ6. С помощью плазменного напыления на поверхность детали наносилось порошковое покрытие материала МКВ-50А состава, %: С–8,5-11; S–0,6-1,2; Si–3-4,3; Cu–9-11; В–3-4,3; Fe–остальное. Толщина покрытия на титановом сплаве ВТ6 составляла 0,6 мм. Лазерная оплавление износостойкого покрытия проводилось при плотности мощности $2 \cdot 10^7$ Вт/м². Вычисления основаны на решении нестационарного уравнения Фурье в частных производных, применительно к нагреву и плавлению двухслойного тела с граничными условиями Стефана. Тепловой источник круговой формы с равномерным распределением энергии по площади пятна.

Результаты и обсуждения. На основе физико-математического моделирования процессов оплавления покрытия с учетом зависимости теплофизических параметров от температуры проводился выбор технологических режимов лазерной наплавки металлокерамического покрытия. При лазерном оплавлении покрытия важными параметрами являются: плотность мощности теплового потока, время воздействия на поверхность. Температура в покрытии при выбранном технологическом режиме при оплавлении не должна превышать температуру испарения материала. Распределение температуры в покрытии приведено на рисунке 1. Покрытие начнет плавиться когда температура на поверхности достигнет 1500°C, при этом время воздействия теплового потока составит 0,3 с. Покрытие расплавится на глубину 0,6 мм через 0,865 с. Покрытие считается приплавленным к основе, когда температура основы достигнет температуры плавления титанового сплава ВТ6 (1670°C). Время достижения этой температуры составляет 1,015 с. Температура на поверхности в этот момент составляет 2045°C. Температура в покрытии в момент приплавления к основе не должна превышать температуру испарения материала МКВ-50А (3000°C).

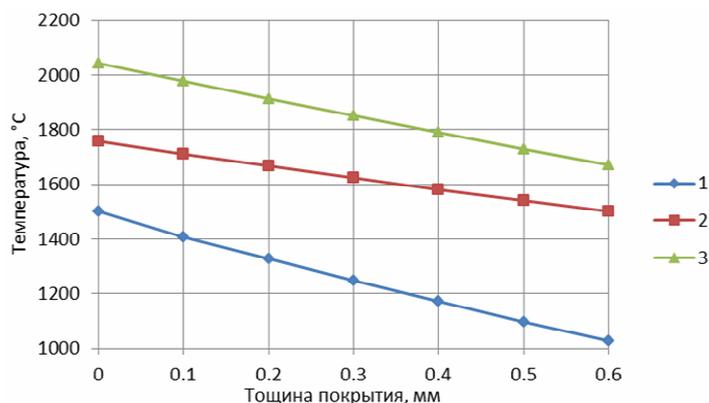


Рис. 1. Распределение температуры по глубине покрытия МКВ-50А на титановом сплаве ВТ6 при плотности мощности $2 \cdot 10^7$ Вт/м²: 1 – начало плавления, 2 – оплавление покрытия, 3 – в момент приплавления

Выводы. На основе математического моделирования нагрева и плавления металлокерамического покрытия МКВ-50А приведено время приплавления покрытия к титановому сплаву ВТ6 при плотности мощности $2 \cdot 10^7$ Вт/м². Температура в покрытии на поверхности в момент приплавления к ВТ6 составляет 2045°С, что не превышает температуру испарения материала покрытия МКВ-50А (3000°С). На основании проведенных исследований разрабатывается технологический процесс наплавки металлокерамических покрытий.

Список литературы

1. Семендеева О.В., Учеваткина Н.В., Овчинников В.В. Упрочнение поверхностного слоя деталей из титанового сплава ВТ6 лазерной поверхностной обработкой // Технология металлов. – 2013. – №1. – С.30-35.
2. Шастин В.И., Каргапольцев С.К. Лазерная модификация: повышение износостойкости поверхностей трения // Вестник машиностроения. – 2017. – № 6. – С. 50-53.
3. Юдин Е.Г. Прогнозирование долговечности фрикционных узлов трансмиссий гусеничных машин // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. “Машиностроение”. – 2004. – №3. – С. 3-14.
4. Alisin V.V., Roshchin M.N., Lukyanov A.I. Analysis of the Temperature Distribution in a Sintered Composites Coating Deposited With a Laser on Titanium // AIP Conference Proceedings. 2022, vol. 2632, p. 020016.
5. Алисин В.В., Рощин М.Н. Численный анализ тепловых потоков в процессе плавления покрытий лазером // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2019. – № 4. – С. 93-101.

Сведения об авторах:

Рощин Михаил Николаевич – к.т.н., ведущий научный сотрудник.