

МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКОЕ ПОКРЫТИЕ НА ТИТАНОВОМ СПЛАВЕ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКЕ

Рощин М.Н.

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

Ключевые слова: лазерная наплавка, металлокерамические покрытия, титановый сплав, температура плавления, теплофизические параметры.

Аннотация. Работа посвящена исследованию наплавки металлокерамического покрытия с добавкой упрочняющей фракции Al_2O_3 с учетом его теплофизических параметров. Определены температурные зависимости по толщине покрытия от плотности теплового потока и времени его воздействия. Покрытие считается припаянным к основе, когда температура основы достигнет температуры плавления титанового сплава ВТ6 ($1670^\circ C$). Время припаяния покрытия к основе при плотности мощности $3 \cdot 10^7$ Вт/м² составляет 0,65 с.

METAL-CERAMIC COATING ON TITANIUM ALLOY WITH LASER SURFACING

Roshchin M.N.

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

Keywords: laser surfacing, cermet coatings, titanium alloy, melting point, thermophysical parameters.

Abstract. The work is devoted to the study of the surfacing of a metal-ceramic coating with the addition of a strengthening fraction Al_2O_3 , taking into account its thermophysical parameters. The temperature dependences on the thickness of the coating on the density of the heat flux and the time of its exposure are determined. The coating is considered to be fused to the base when the base temperature reaches the melting point of the titanium alloy VT6 ($1670^\circ C$). The melting time of the coating to the base at a power density of $3 \cdot 10^7$ W/m² is 0,65 s.

Введение. Лазерные технологии с учетом своих положительных свойств широко используются в машиностроении. Высокая концентрация энергии, локальный подвод тепла большой плотности мощности к поверхности обеспечивают изменение структуры поверхности. Способ лазерной обработки поверхности обладает рядом преимуществ: минимальное влияние на структуру по глубине материала, минимизация зон термического влияния, создание не равновесных структур материала в зоне локального воздействия теплового источника. Важное направление, которое получило развитие в современном машиностроении, является в получении высококачественных свойств поверхности деталей при их изготовлении и восстановлении после износа. Покрытия после лазерной наплавки по твердости и износостойкости превосходят известные способы термической обработки и наплавки. Износостойкое покрытие может применяться и для восстановления изношенных поверхностей при ремонте [1, 2]. Лазерная наплавка позволяет оплавливать смеси материалов с разными плотностями, при этом обеспечивая равномерность структуры. Для придания покрытию повышенных износостойких свойств в структуру вносят

износостойкие фракции, такие как оксиды, карбиды, бориды [3]. Одним из способов улучшения свойств газотермических покрытий, для увеличения прочности их сцепления с основой и повышения плотности напыленного материала, используется их лазерное оплавление. При лазерном оплавлении в структуре шихты применяют легкоплавкие пластичные материалы. В качестве пластичной матрицы используют эвтектические сплавы системы Ni/Cr/B/Si [4]. При лазерной наплавке износостойких металлокерамических покрытий необходимо контролировать по времени процесс оплавления и распределение температуры в покрытии для сохранения упрочняющих фракций. На процесс лазерного оплавления влияют следующие факторы: плотность теплового потока на поверхности, время его воздействия, теплофизические параметры обрабатываемого материала.

Цель работы: изучить лазерную наплавку металлокерамического покрытия на титановый сплав ВТ6.

Материалы и оборудование. Лазерная наплавка износостойкого металлокерамического покрытия на титановый сплав ВТ6 осуществлялась по комбинированной технологии. На поверхность детали из титанового сплава ВТ6 наносилось газотермическое порошковое покрытие. Порошковая композиция представляла механическую смесь из порошков ПГСР4 и упрочняющей фракции 20% (весовых) окиси алюминия (Al_2O_3) с размером частиц 5...20 мкм. Порошок ПГСР4 системы Ni/Cr/B/Si состава (порошок ПГСР4 на никелевой основе, 13,5-16,5% хрома, 2,5-3,5% кремния, 2,0-2,8% бора, железа не более 5%). Толщина сформированного покрытия после плазменного напыления составляла 0,6-0,7 мм. Покрытие ПГСР4+20% Al_2O_3 наносилось на титановый сплав ВТ6. Расчет параметров лазерной наплавки износостойкого покрытия осуществлялся при плотности мощности теплового потока $3 \cdot 10^7$ Вт/м². После чистовой механической обработки толщина покрытия составляла 0,3-0,4 мм.

Результаты и обсуждения. Расчет теплофизических параметров композитного покрытия проводился по методике [5]. Технологические режимы лазерной наплавки были определены на основе численного моделирования нагрева и плавления двухслойного полуограниченного тела, с граничными условиями Стефана [6]. На рисунке 1 приведено распределение температуры в покрытии в процессе его нагрева и плавления. Покрытие начинает плавиться когда температура на поверхности достигнет 1080°C, время при этом составит 0,09с. Покрытие считается приплавленным к основе, когда температура основы достигнет температуры плавления титанового сплава ВТ6 (1670°C). Время приплавления покрытия к основе при плотности мощности $3 \cdot 10^7$ Вт/м² составляет 0,65 с, при этом температура на поверхности покрытия составляет 2275°C, что не превышает температуру кипения упрочняющей фракции Al_2O_3 (2980°C).

Выводы. На основе математического моделирования нагрева и плавления двухслойного полуограниченного тела, с граничными условиями Стефана, были разработаны технологические режимы наплавки износостойкого композиционного покрытия эвтектического сплава системы Ni/Cr/B/Si с добавкой упрочняющей мелкодисперсной фракции Al_2O_3 , предназначенного для тяжело нагруженных узлов трения. Определены температурные зависимости по толщине покрытия от плотности теплового потока и времени его воздействия.

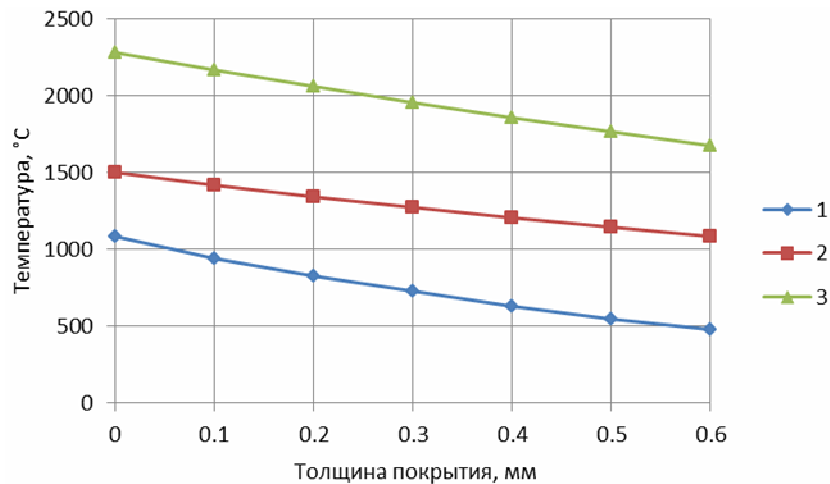


Рис. 1. Распределение температуры по глубине покрытия ПГСР4+ 20% Al₂O₃ на титановом сплаве ВТ6 при плотности мощности $3 \cdot 10^7$ Вт/м²: 1 – начало плавления, 2 – в момент оплавления покрытия, 3 – в момент приплавления покрытия

На основании проведенных исследований разрабатывается технологический процесс наплавки металлокерамических покрытий. Результаты могут быть использованы при оплавлении порошковых композиций в лазерных аддитивных технологиях.

Список литературы

1. Григорьянц А.Г. Основы лазерной обработки материалов. – М.: Машиностроение, 1989.– 304 с.
2. Косырев Ф.К., Косырева Н.П., Лунев Е.И. Экспериментальная лазерная установка ЛТ-1 // Автоматическая сварка. – 1976. – №9. – С. 72-73.
3. Роцин М.Н. Фрикционные свойства покрытий, наплавленных лазером // Вестник машиностроения. – 2019. – №6. – С. 46-48.
4. Алисин В.В., Роцин М.Н., Владиславлев А.А. Технология получения износостойких металлокерамических покрытий с ультрадисперсной упрочняющей фазой // Перспективные материалы и технологии: нанокompозиты. Космический вызов 21 века. Т. 2 / под. ред. А.А. Берлина и И.Г. Ассовского. – М.: Торус Пресс, 2006. – С. 59-68.
5. 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.
6. 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 авторе:

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