

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКОМ ПОКРЫТИИ ПРИ НАПЛАВКЕ ЛАЗЕРОМ НА ДЕТАЛИ ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА

Рощин М.Н.

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

Ключевые слова: лазер, наплавка, металлокерамические покрытия, температура, плотность мощности, время.

Аннотация. На основе математического моделирования произведена наплавка композиционных покрытий ПГСП4+20%Al₂O₃ и МКВ-50А на титановый сплав ВТ6. Проведен численный анализ нагрева и плавления износостойкого композиционного покрытия. Приведена зависимость температуры по глубине покрытия до момента приплавления его к основе при плотности мощности теплового потока $3 \cdot 10^7$ Вт/м².

TEMPERATURE DISTRIBUTION IN THE METAL-CERAMIC COATING DURING LASER SURFACING ON TITANIUM ALLOY PARTS

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.

Abstract. Based on mathematical modeling, composite coatings PG CP4+20%Al₂O₃ and MKV-50A were surfaced on titanium alloy VT6. Numerical analysis of heating and melting of a wear-resistant composite coating is carried out. The dependence of the temperature on the depth of the coating to the moment of melting it to the base at a heat flux power density of $3 \cdot 10^7$ W/m² is given.

Введение. Обладая хорошими прочностными характеристиками титановые сплавы широко применяются в авиакосмической промышленности. В свою очередь применение их в узлах трения сдерживается из-за низких антифрикционных свойств. Применение современных технологии поверхностного упрочнения титановых сплавов позволяет создавать работоспособные узлы трения с применением титановых сплавов. Термическая обработка, нанесение покрытий и модификация поверхности позволяют повысить износостойкость поверхности из титановых сплавов. Покрытия, наносимые на поверхности трения, должны обладать высокой адгезией к материалу основы и обеспечивать эффективную пассивацию поверхности детали. Положительные результаты в повышении износостойкости пар трения дает модификация поверхности трения титановых сплавов [1]. Создание покрытий с применением лазерной наплавки является перспективной технологией для уменьшения влияния на объемный нагрев поверхности детали. Прочные керамические покрытия с самосмазывающимися свойствами применяются для снижения потерь на трение и энергопотребление в узлах трения, работающих в условиях высоких

температур. При лазерной наплавке износостойких покрытий используется технологический процесс оплавления плазменных порошковых покрытий. При создании износостойких металлокерамических покрытий в структуру покрытия вносят твердые добавки в виде оксидов, карбидов, боридов [2]. При лазерной наплавке необходимо знать распределение температуры по глубине покрытия, чтобы в процессе нагрева и плавления материала покрытия сохранить упрочняющие твердые износостойкие фракции [3].

Цель работы – исследовать распределение температуры в металлокерамическом покрытии при наплавке лазером на детали из титанового сплава.

Материалы и оборудование. Лазерная наплавка проводилась на титановый сплав ВТ6. Было рассмотрено два варианта покрытий. Первый – для создания износостойкого покрытия была использована механическая смесь порошка ПГСР4 (ГОСТ 21448-75) и добавка мелкодисперсной фракции окиси алюминия Al_2O_3 (5...20 мкм) в количестве 20% (весовых). Второй – покрытие из кермета МКВ-50А состава: С – 19,46, Si – 3,92, Р – 1,41, Mn – 0,47, Cu – 0,55, Fe – остальное. На поверхность трения детали из титанового сплава ВТ6 наносилось порошковое покрытие с использованием оптимизированного процесса плазменного напыления. Толщина покрытия при плазменном напылении составляла 0,6 мм. Лазерная наплавка износостойких покрытий осуществлялась на оборудовании, разработанном в ИМАШ РАН на лазерном технологическом комплексе ЛТК-01, с использованием технологической оснастки. После чистовой обработки толщина покрытия составляла 0,35-0,4 мм.

Результаты и обсуждения. Технологические режимы лазерной наплавки износостойких металлокерамических покрытий разрабатывалась на основе физико-математического моделирования процессов плазменного нанесения и лазерного оплавления покрытия с учетом зависимости теплофизических параметров от температуры. Для разработки технологического процесса оплавления металлокерамических покрытий проведен численный анализ нагрева и плавления двухслойного полуограниченного тела, с граничными условиями Стефана. По результатам расчета были определены технологические параметры лазерной наплавки. На рисунке 1 приведены зависимости температуры от глубины в момент приплавления покрытия к основе при плотности мощности теплового потока $3 \cdot 10^7$ Вт/м².

Композиционное покрытие ПГСР4+20% Al_2O_3 начнет плавиться когда температура на поверхности достигнет 1080 °С, а покрытие МКВ-50А начнет плавиться когда температура на поверхности достигнет 1500°С. Покрытие ПГСР4+20% Al_2O_3 расплавится на глубину 0,6 мм за время 0,65 с, а покрытие МКВ-50А расплавится на глубину 0,6 мм за время 0,56 с. При достижении температуры на границе раздела покрытие-основа 1670°С, покрытие приплавится к основе. Температура в покрытии в процессе оплавления не должна превышать температуру испарения.

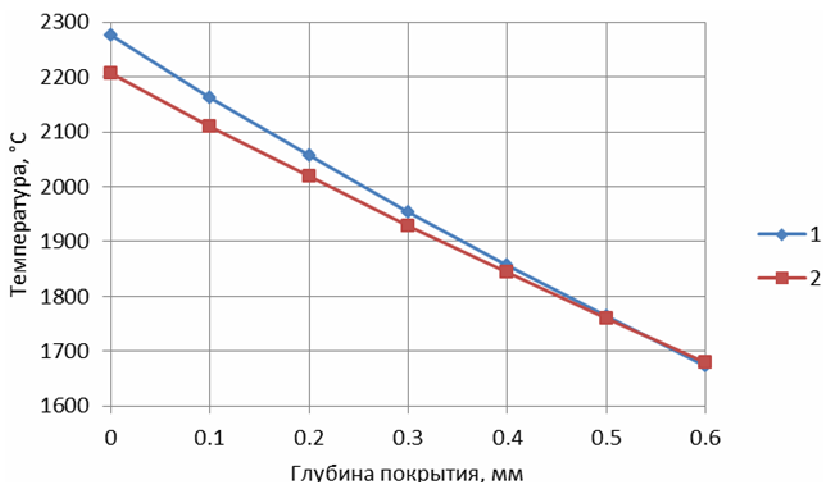


Рис. 1. Распределение температуры по глубине покрытия на титановом сплаве ВТ6 при плотности мощности $3 \cdot 10^7$ Вт/м² материалов: 1- ПГСП4+20%Al₂O₃, 2- МКВ-50А

Выводы

На основе математического моделирования произведена наплавка композиционных покрытий ПГСП4+20%Al₂O₃ и МКВ-50А на титановый сплав ВТ6. Проведен численный анализ нагрева и плавления износостойкого композиционного покрытия. Приведена зависимость температуры по глубине покрытия до момента приплавления его к основе. Результаты исследований используются при разработке технологических процессов наплавки металлокерамических покрытий.

Список литературы

1. Путьрский С.В., Арисланов А.А., Артеменко Н.И., Яковлев А.Л. Различные методы повышения износостойкости титановых сплавов и сравнительный анализ их эффективности применительно к титановому сплаву ВТ23М // Авиационные материалы и технологии. – 2018. – №1 (50). – С. 19-24.
2. Алисин В.В., Владиславлев А.А., Рощин М.Н. Физическая модель процесса плавления износостойких плазменных покрытий лазером // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2008. – №11. – С. 17-23.
3. 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.

References

1. Putyrsky S.V., Araslanov A.A., Artemenko N.I., Yakovlev A.L. Various methods of increasing the wear resistance of titanium alloys and a comparative analysis of their effectiveness in relation to titanium alloy VT23M // Aviation materials and technologies. 2018, no.1 (50), pp. 19-24.
2. Alisin V.V., Vladislavlev A.A., Roshchin M.N. Physical model of the melting process of wear-resistant plasma coatings by laser // Friction and lubrication in machines and mechanisms. 2008, no.11, pp. 17-23.

3. Alisin V.V., Roshchin M.N. Numerical analysis of heat fluxes in the process of melting coatings by laser // Problems of mechanical engineering and machine reliability. 2019, no.4, pp. 93-101.

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

Received 03.11.2022