

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПЛАЗМЕННЫХ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК

Богданович В.И., Гиорбелидзе М.Г.

Самарский университет, г. Самара, bogdanovich@ssau.ru

Ключевые слова: газотурбинные установки, теплозащитные покрытия, плазменное напыление, математическое моделирование, эксплуатационные свойства.

Одной из основных проблем при производстве газотурбинных установок является проблема защиты их ответственных элементов от воздействия высоких тепловых нагрузок. Возможности металлургии по созданию новых конструкционных материалов, работающих при высоких температурах, практически исчерпаны, а применение специальных систем охлаждения не всегда эффективно. В связи с этим, актуальным направлением защиты деталей и конструкций, работающих при высоких тепловых нагрузках, является применение специальных теплозащитных покрытий. Плазменный газотермический метод нанесения теплозащитных покрытий является более универсальным, высокопроизводительным, экономически эффективным и обладает большим количеством преимуществ, чем другие существующие методы получения теплозащитных покрытий. Данный метод обеспечивает высокие эксплуатационные свойства благодаря возможности создания упорядоченной кластерной структуры, расположенной параллельно поверхности основы, ориентированной перпендикулярно внешним тепловым воздействиям и возможным направлениям распространения усталостных и термических трещин. При формировании таких покрытий возникает ряд проблем, связанных с несовершенством типовых технологий. Некоторые явления, возникающие в процессе плазменного нанесения покрытий, в большинстве публикаций не рассмотрены или рассмотрены не в полном объеме, либо не вполне корректно, отсутствуют корректные математические модели, позволяющие определять скорости и температуры напыляемых частиц, приобретаемые при их движении в плазменной струе [1-12].

Проведены исследования процессов ускорения, нагрева, плавления и транспортировки порошкового материала в плазменной струе, а также влияния дисперсности используемых фракций и режимов напыления на адгезионную прочность и термовыносливость теплозащитных покрытий. Разработана математическая модель ускорения и движения частицы порошкового материала, обеспечивающая корректный учет феноменологического закона для коэффициента лобового сопротивления в соответствии с фактическим изменением числа Рейнольдса, учтены потери импульса плазменной струей. Разработана математическая модель движения частицы порошкового материала в пограничном слое при попадании на напыляемую поверхность. Разработана математическая модель нагрева и плавления частицы порошкового материала в плазменной струе. На основе полученных результатов разработаны научно-обоснованные рекомендации на назначение режимов напыления. В соответствии с разработанной технологией напыления получены опытные образцы покрытия, на которых зарегистрированы высокие значения адгезионной прочности и термовыносливости.

Список литературы

1. Барвинок В.А. Плазма в технологии, надежность, ресурс. М.: Наука и технологии, 2005. 456 с.
2. Барвинок В.А. Управление напряженным состоянием и свойства плазменных покрытий. М: Машиностроение, 1990. 384 с.
3. Бобров Г.В., Ильин А.А., Спектор В.С. Теория и технология формирования неорганических покрытий. М.: Альфа-М, 2014. 925 с.

4. Кудинов В.В., Бобров Г.В. Нанесение покрытий напылением. Теория, технология и оборудование. М.: Металлургия, 1992. 432 с.
5. Ильющенко А.Ф., Шевцов А.И., Оковитый В.А. Процессы формирования газотермических покрытий и их моделирование. Минск: Беларус. Навука, 2011. 357 с.
6. Пузряков А.Ф. Теоретические основы технологии плазменного напыления. М.: Издательство МГТУ, 2003. 458 с.
7. Кудинов В.В., Пекшев П.Ю., Белащенко В.Е. [и др.]. Нанесение покрытий плазмой. М.: Наука, 1990. 408 с.
8. Богданович В.И., Гиорбелидзе М.Г. Математическое моделирование пластической трансформации частиц порошкового материала при нанесении плазменных покрытий // Международный журнал «Проблемы машиностроения и автоматизации». 2018. №2. С. 66-72.
9. Богданович В.И., Гиорбелидзе М.Г., Небога К.В., Караванова Л.И. Разработка математической модели движения дисперсных частиц в плазменном потоке в области пограничного слоя при нанесении плазменных покрытий // Международный журнал «Проблемы машиностроения и автоматизации». 2019. №1. С. 43-50.
10. Bogdanovich V.I., Giorbelidze M.G. Mathematical Model of Powder Material Particles Heating in Thermal Spraying // Key Engineering Materials. 2018. Vol. 769. P. 336-345. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.769.336
11. Патент №169143 Российская Федерация, МПК H05H1/26. Богданович В.И., Гиорбелидзе М.Г., Докукина И.А., Небога К.В. Плазменная горелка для напыления металлов и тугоплавких соединений. Заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва»; заявка №2016124041, заявлено 16.06.2016, опубликовано 07.03.2017.
12. Свидетельство государственной регистрации программы для ЭВМ №2021610741. Богданович В.И., Гиорбелидзе М.Г. Расчет угла падения малоразмерных частиц на неподвижную поверхность с учетом наличия сжатого слоя. Заявитель и правообладатель: ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва. Заявка №2020667804; заявлено 28.12.2020, дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 19.01.2021.

Сведения об авторах

Богданович Валерий Иосифович, д-р техн. наук, профессор, лауреат гос. премии РФ в области науки и техники, д-р техн. наук, профессор, директор НИИ технологий и проблем качества. Область научных интересов: газотермические и газодинамические покрытия, вакуумные ионно-плазменные покрытия, математическое моделирование физико-технологических процессов, технологии производства летательных аппаратов, технологии производства двигателей летательных аппаратов.

Гиорбелидзе Михаил Георгиевич, научный сотрудник, начальник отдела моделирования физико-технологических процессов НИИ технологий и проблем качества. Область научных интересов: газотермические и газодинамические покрытия, вакуумные ионно-плазменные покрытия, математическое моделирование физико-технологических процессов, технологии производства летательных аппаратов, технологии производства двигателей летательных аппаратов.

IMPROVING OF PLASMA SPRAYING COATINGS PERFORMANCE PROPERTIES IN THE PRODUCTION OF GAS TURBINE PLANTS

Bogdanovich V.I., Giorbelidze M.G.

Samara National Research University, Samara, Russia, bogdanovich@ssau.ru

Keywords: gas turbine engines, heat-protective coatings, plasma spraying, mathematical modeling, operational properties

The analysis of the main problems that arise when applying heat-protective composite coatings of the metal-ceramic type by the plasma thermal application is carried out. The main directions of improvement of coating technology are defined. Mathematical models of the processes of acceleration, heating, melting and transportation of powder material are developed. Based on the conducted research, new requirements and recommendations for the deposition modes are formulated. Experimental samples of the coating with higher performance properties were obtained.