

ГАЗТУРБИНАЛЫҚ ҚАЛАҚШАЛАРҒА АРНАЛҒАН ГРАДИЕНТТІ ЖЫЛУ ҚОРҒАҒЫШ ЖАБЫНДАРДЫ ДЕТОНАЦИЯЛЫҚ БҮРКУ ТӘСІЛІН ӘЗІРЛЕУ

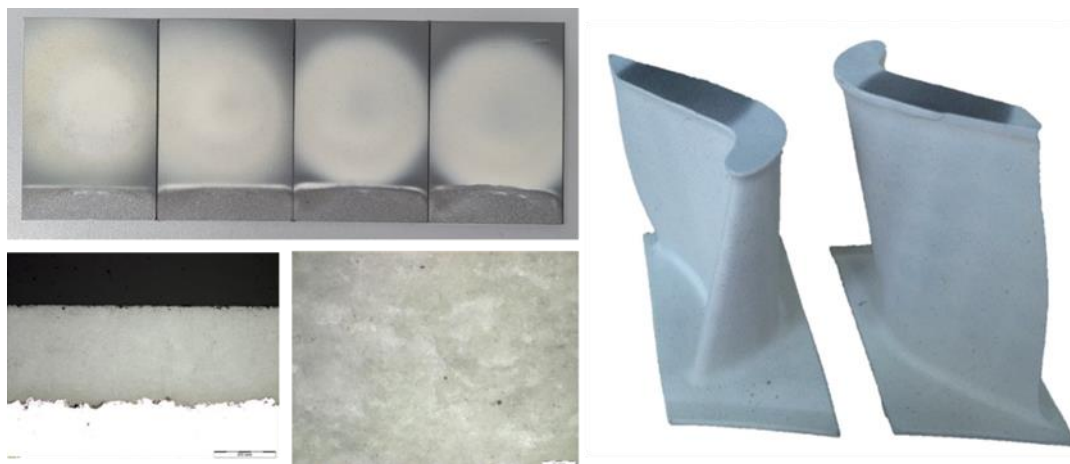
**Жоба ҚР БҒМ гранттық қаржыландыруы аясында жүзеге асырылуда, АР13068364 гранты.
2022–2024 жылдарға арналған қаржыландыру көлемі – 74,056 млн теңге.**

Басым бағыт: жылу және электр энергетикасы, энергетика саласының қоршаған ортаға әсері, энергия үнемдеу.

Зерттеудің өзектілігі: Жоба жоғары температуралы газ ағынының әсерінен жылулық жүктемеге ұшырайтын бөлшектер мен тораптарды тиімді қорғауды қамтамасыз ететін тұтас құрылымды градиентті жылу қорғағыш жабындарды жағу тәсілін әзірлеуге бағытталған. Жоғары температуралы сынақтар немесе газтурбиналық қалақшаларды пайдалану барысында тотығу ортасындағы оттектен «керамика – астарлық қабат» шекарасына дейін енеді. Оттектің керамикалық қабат арқылы өтуі металлдық ыстыққа төзімді астарлық қабаттың тотығуына әкеледі. «Керамика – астарлық қабат» шекарасында оксидтердің түзілуі мен өсуі қосымша кернеулер туғызып, керамикалық қабаттың адгезиясын төмендетеді және нәтижесінде оның қабыршақтанып түсуіне алып келеді.

Бұл мәселені шешудің тиімді жолдарының бірі – құрамы металл астарлық қабаттан сыртқы керамикалық қабатқа біртіндеп ауысатын градиентті жабындарды қалыптастыру. Химиялық құрамының бірқалыпты градиенті бар жабындар термоциклдік жүктемелер кезінде жабынның температуралық сығылуы мен кеңеюін тиімді түрде бәсеңдетуге мүмкіндік береді.

Мақсаты: Химиялық құрамы мен жылулық кеңею коэффициенті біртіндеп өзгеретін градиентті жылу қорғағыш жабындарды детонациялық бүрку әдісімен жағу тәсілін әзірлеу.



ZrO₂–Y₂O₃ жабындарының микроструктурасы Газтурбиналық қозғалтқыштардың қалақшалары

Күтілетін нәтижелер: Детонациялық стволдың жарылғыш газ қоспасымен (ацетилен, пропан, оттектен) толтырылу көлемін, газ қоспасының арақатынасын және атыстар арасындағы кідіріс уақытын өзгерту арқылы градиентті жабындарды алудың оңтайлы режимі анықталады. NiCrAlY/ZrO₂–Y₂O₃ градиентті жабындарының физика-механикалық қасиеттері (қаттылығы, серпімділік модулі, коррозияға төзімділігі, ыстыққа төзімділігі және эрозияға төзімділігі) зерттеледі. Газтурбиналық қозғалтқыштардың қалақшалары үшін NiCrAlY/ZrO₂–Y₂O₃ градиентті жылу қорғағыш жабындарды детонациялық бүрку тәсілін қолдану бойынша ғылыми негізделген ұсыныстар әзірленеді.

Қолдану салалары: Энергетикалық машина жасау.

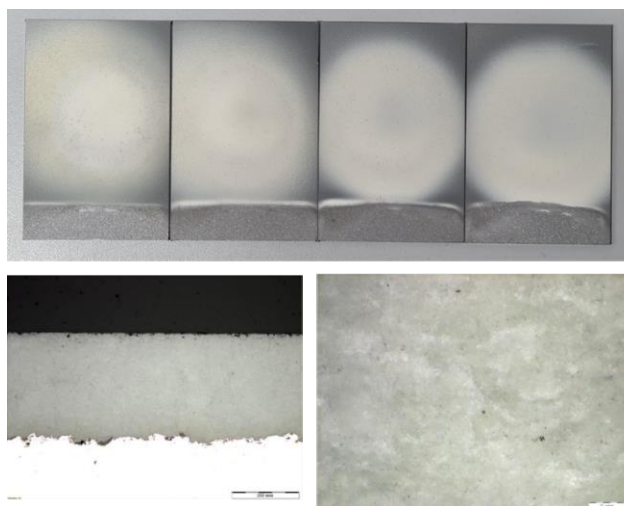
РАЗРАБОТКА СПОСОБА ДЕТОНАЦИОННОГО НАПЫЛЕНИЯ ГРАДИЕНТНЫХ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЛОПАТОК ГАЗОТУРБИННЫХ

При поддержке грантового финансирования МОН РК, грант AP13068364 Объем финансирования на 2022-2024 гг. – 74,056 млн. тенге

Приоритетное направление: Тепло- и электроэнергетика и влияние энергетического сектора на окружающую среду, энергосбережение.

Актуальность исследований: Проект направлен на разработку способа нанесения градиентных теплозащитных покрытий, имеющих целостную структуру и обеспечивающих эффективную защиту теплонапряженных деталей и узлов от воздействия высокотемпературного газового потока. В процессе высокотемпературных испытаний или эксплуатации лопаток кислород из окислительной среды проникает к границе «керамика – подслоя». Проникновение кислорода через керамический слой приводит к окислению металлического жаростойкого подслоя. Образование и рост оксидов на границе «керамика – подслой» создает дополнительные напряжения, уменьшает адгезию керамического слоя и в конечном итоге приводит к его скалыванию. Одним из путей решения этой задачи является создание градиентных покрытий, в которых происходит постепенное изменение их состава — от металлического подслоя к внешнему керамическому слою. Покрытия с плавным градиентом химического состава позволяют лучше демпфировать температурные сжатия и расширения покрытия при термоциклических нагрузках.

Цель: Разработка способа нанесения градиентных теплозащитных покрытий методом детонационного напыления, имеющих плавное изменение химического состава и коэффициента теплового расширения.



Микроструктура покрытий $ZrO_2-Y_2O_3$



Лопатки газотурбинных двигателей

Ожидаемые результаты: будет определен оптимальный режим получения градиентных покрытий способом варьирования объема заполнения детонационного ствола взрывчатой смесью (ацетилен, пропан, кислород), соотношения газовой смеси и времени задержки между выстрелами. Будут исследованы физико-механические свойства (твёрдость, модуль упругости, коррозионная стойкость, жаростойкость и эрозионная стойкость) градиентных покрытий $NiCrAlY/ZrO_2-Y_2O_3$. Будет разработана научно-обоснованная рекомендация по применению способа детонационного напыления градиентных теплозащитных покрытий $NiCrAlY/ZrO_2-Y_2O_3$ для лопаток газотурбинных двигателей.

Отрасли применения разработок: Энергетическое машиностроение.

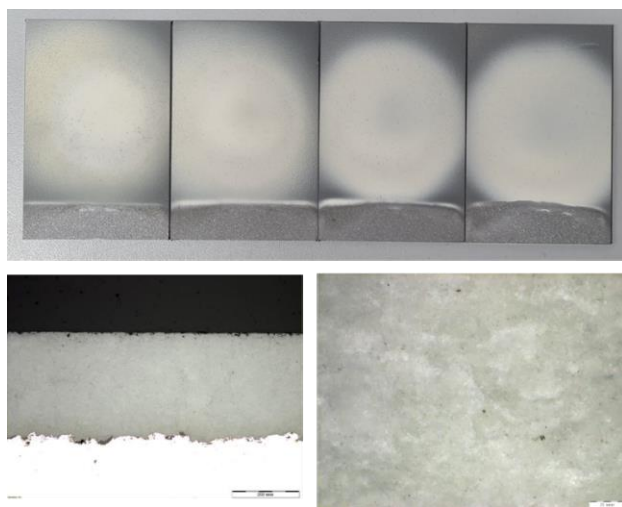
DEVELOPMENT OF A DETONATION SPRAYING METHOD FOR GRADIENT THERMAL BARRIER COATINGS FOR GAS TURBINE BLADES

The project is carried out with the support of grant funding from the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, Grant AP13068364. Total funding for 2022–2024 amounts to 74.056 million KZT.

Priority area: thermal and electric power engineering, environmental impact of the energy sector, and energy saving.

Relevance of the research: The project is aimed at developing a method for applying gradient thermal barrier coatings with an integral structure that provide effective protection of thermally loaded components and assemblies from high-temperature gas flow exposure. During high-temperature testing or operation of turbine blades, oxygen from the oxidizing environment penetrates to the “ceramic–bond coat” interface. Oxygen penetration through the ceramic layer leads to oxidation of the metallic heat-resistant bond coat. The formation and growth of oxides at the “ceramic–bond coat” interface generate additional stresses, reduce adhesion of the ceramic layer, and ultimately cause its spallation. One effective approach to solving this problem is the development of gradient coatings with a gradual transition in composition from the metallic bond coat to the outer ceramic layer. Coatings with a smooth chemical composition gradient are capable of better damping thermal contraction and expansion during thermocyclic loading.

Objective: To develop a detonation spraying method for applying gradient thermal barrier coatings with a smooth variation in chemical composition and coefficient of thermal expansion.



Microstructure of ZrO₂–Y₂O₃ coatings



Gas turbine engine blades

Expected results: An optimal regime for producing gradient coatings will be determined by varying the filling volume of the detonation barrel with an explosive gas mixture (acetylene, propane, oxygen), the gas mixture ratio, and the delay time between shots. The physical and mechanical properties (hardness, elastic modulus, corrosion resistance, heat resistance, and erosion resistance) of NiCrAlY/ZrO₂–Y₂O₃ gradient coatings will be investigated. Scientifically substantiated recommendations for the application of detonation spraying of NiCrAlY/ZrO₂–Y₂O₃ gradient thermal barrier coatings for gas turbine blades will be developed.

Fields of application: Power engineering machinery.