Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Направление подготовки/профиль 13.06.01 Электро- и теплотехника/ 2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника
Школа ИШЭ
Отделение НОЦ И.Н. Бутакова

Научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы

Тема научного доклада
Интенсификация химического реагирования, тепломассопереноса и фазовых превращений, реализующихся на модифицированных теплопередающих поверхностях

УДК 621.565.94:001.891.5

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
А9-44	Абедтазехабади Акрам		

Руководитель профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой - руководитель научно-образовательного центра на правах кафедры НОЦ И.Н.Бутакова	Заворин А.С.	д.т.н.		

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой - руководитель научно-образовательного центра на правах кафедры НОЦ И.Н.Бутакова	Заворин А.С.	д.т.н.		

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор НОЦ И.Н. Бутакова	Кузнецов Г.В.	д.ф-м.н.		
Доцент ИШФВП	Феоктистов Д. В.	к.т.н.		

Томск – 2023 г.

Главными проблемами энергетического комплекса любой страны является переход к альтернативным возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) и снижение антропогенного воздействия процессов сжигания ископаемых видов топлива. Несмотря на колоссальные вложения в развитие отрасли и технологий возобновляемых источников энергии, ни одной стране в мире не удалось обеспечить замещением ВИЭ даже половины потребляемой тепловой и электрической энергии только населением (без учета промышленных предприятий). Поэтому в настоящее время наиболее перспективным решением проблем замещения традиционных ископаемых твердых видов топлива и снижения антропогенного воздействия продуктов горения от них является использование новых видов топлив (композиционных), представляющих собой смесь твердых натуральных топлив (угля или торфа), воды (в виде стоков) и различных энергетических добавок в виде отработанных жидких, горючих веществ (например, отходов производства и переработки нефти). Такие перспективные виды топлив известны под названием водоугольных (ВУТ) и органоводоугольных (ОВУТ).

В настоящее время для перспективных видов композиционных топлив (также и традиционных) не изучено влияние характеристик поверхностей нагрева, в частности шероховатости и конфигурации текстуры, на характеристики зажигания и горения, шлакования, теплообмена на уровне, позволяющем сформулировать практические рекомендации по текстуре поверхностей теплообмена, обеспечивающей возможность интенсификации процессов теплообмена.

одна из научных проблем решаемых в диссертации – отсутствие экспериментальных данных о закономерностях влияния перспективных способов модификации поверхностей металлов и сплавов на условия и характеристики взаимодействия при высоких температурах таких поверхностей с химически активными двухфазными потоками, в том числе содержащими капли композиционных топлив и расплава минеральной части угля, в условиях варьирования в широких диапазонах значимых факторов. Научная проблема имеет междисциплинарный характер. Базируется на современных представлениях теорий химической физики, тепломасообмена, материаловедения, механики сплошной среды, термодинамики смачивания, поверхностной энергии жидких и твердых тел.

Более того решалась задача по разработке физических основ работы систем охлаждения нового поколения для отвода тепловых потоков высокой плотности. При отводе тепловых потоков высокой плотности возникает кризис теплообмена второго рода, для капель широко известен как “эффект Лейденфроста”. Последний является частным случаем пленочного кипения. Капля жидкости, соприкасаясь с твердой поверхностью, температура которой значительно выше температуры кипения этой жидкости, образует между поверхностью и жидкостью теплоизолирующий слой (“паровую подушку”), характеризующийся высоким термическим сопротивлением. Температура поверхности теплонагруженного оборудования в таких случаях будет повышаться, что может привести к термическому разрушению теплопередающей поверхности и аварии охлаждаемого устройства. В диссертации предложен новый подход к решению данной проблемы путем формирования лазерным излучением наносекундной длительности многомодальной шероховатости с заданным видом текстуры и создания экстремальных свойств смачивания на поверхностях металлов.

Таким образом, цель состоит в том, чтобы выяснить следующее.

1) определение влияния конфигурации текстуры поверхностей стали, модифицированных абразивными материалами и лазерным излучением наносекундной длительности, на закономерности и характеристики процессов зажигания, горения и диспергирования капель, а также осаждения продуктов выгорания капель новых видов топлива ОВУТ, эмульсии и масла в условиях, соответствующих условиям работы энергогенерирующего оборудования в режиме пуска (смешенный подвод теплоты к капле (конвекцией, излучением и кондукцией)) и в режиме номинальной работы оборудования (преимущественно кондуктивный прогрев капли топлива при ее взаимодействии с поверхностью). 2) оценка возможности смещения кризиса теплообмена второго рода

(эффекта Лейденфроста) в область более высоких температур путем модификации теплопередающих поверхностей нагрева лазерным излучением наносекундной длительности.

Экспериментально установлено, что использование на практике поверхностей нагрева с текстурой в виде микроканалов, сформированной лазерным излучением позволяет:

- Значительно увеличить стойкость поверхностей к адгезии продуктов горения жидких и композиционных топлив.

- Уменьшить время зажигания капель топлив объемом 10 мкл (масла до 25%, эмульсии до 28%, суспензии до 55%) в условиях, соответствующих пуску энергогенерирующего оборудования. Последнее обусловлено лучшим растеканием капель топлива по модифицированным поверхностям нагрева и наибольшим приростом площади поверхности.

- Интенсифицировать физико-химические процессы, происходящих при горении капель топлив в условиях, соответствующих пуску энергогенерирующего оборудования: максимальный размер области выгорания капель увеличивается более, чем на 50%, число инициаций паффинга композиционных топлив увеличивается, время выгорания сокращается.

- Уменьшить время задержки зажигания капель новых композиционных видов топлива (например, ОВУТ) до 40% в условиях, соответствующих номинальному режиму работы энергогенерирующего оборудования.

Более того, экспериментально доказано, что лазерный способ обработки поверхностей металлов является наиболее перспективным по сравнению с механической обработкой абразивными материалами, широко используемыми в настоящее время в машиностроении. Последнее обусловлено тем, что лазерная обработка позволяет за счет формируемой текстуры и создания экстремальных свойств смачивания (супергидрофильности) в достаточно широких диапазонах значений управлять характеристиками кризиса кипения 2 рода, а именно смещать температуру Лейденфроста более чем на 110°C на поверхности алюминия и более чем на 45°C на поверхности нержавеющей стали.

Для смещения температуры Лейденфроста в область более высоких температур необходимо создавать развитую, многоуровневую шероховатость, характеризующуюся большим значением параметра Spd (характеризует число выступов на единицу площади поверхности) и параметром Sku (эксцесс) значением менее 3.

Полученные результаты могут быть использованы при решении актуальных проблем теплофизики, направленных на повышение энергоэффективности систем охлаждения энергонасыщенного оборудования путем создания конструкционных материалов (металлов и их сплавов) с целевыми функциональными свойствами лазерным излучением наносекундой длительности. Примерами энергонасыщенного оборудования являются устройства связи пятого поколения 5G, атомные реакторы, микропроцессоры суперкомпьютеров и устройства авиа- и космических аппаратов.