

Отзыв

научного руководителя на диссертацию Шляровой Юлии Андреевны «Упрочнение высококремнистых силуминов плазмой электрического взрыва с последующей электронно-пучковой обработкой», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

1.3.8. Физика конденсированного состояния

Алюминий-кремниевые сплавы (силумины) отличаются малой плотностью, хорошими литейными свойствами и высокой коррозионной стойкостью. Благодаря этим качествам они широко применяются в автомобилестроении (например, для изготовления поршней, блоков цилиндров), авиастроении, приборостроении и других отраслях, где требуются легкость и устойчивость к неблагоприятным воздействиям. Вместе с тем традиционные силумины ограничены по уровню микротвердости, износостойкости и долговечности, обладают повышенной хрупкостью, что особенно важно при эксплуатации в условиях высоких механических и термических нагрузок.

Для повышения эксплуатационных характеристик таких сплавов применяется широкий спектр методов модифицирования поверхности. К основным из них относятся механические (шарикование, дробеструйная обработка), физические (напыление покрытий, лазерная обработка), химические (термическое и химико-термическое насыщение), а также электрохимические и плазменные методы. Особое место среди современных технологий занимают электровзрывное легирование и электронно-пучковая обработка.

Электровзрывное легирование позволяет насыщать поверхностный слой сплава легирующими элементами за счет воздействия мощного импульса, создающего экстремальные условия плавления и быстрой закалки. Этот способ обеспечивает формирование уникальных структур и повышает износостойкость материала. В свою очередь, электронно-пучковая обработка применяется для последующей модификации и структурирования поверхностных слоев, что способствует росту твердости, усталостной прочности и коррозионной стойкости. Совместное применение этих методов позволяет реализовать синергетический эффект и значительно улучшить эксплуатационные свойства конструкционных материалов.

В связи с этим особую научную и практическую значимость приобретают исследования, направленные на модификацию поверхности силуминов различных составов. Применение двухэтапной обработки, включающей электровзрывное легирование и последующее облучение электронным пучком,

позволяет формировать в поверхностных слоях сплавов многослойные структуры с уникальными физико-механическими характеристиками, обусловленными изменением фазового состава и морфологии, а также улучшать распределение легирующих элементов. Все это заметно повышает эксплуатационные свойства деталей, увеличивает ресурс и надежность изделий, что особенно актуально в современных высокотехнологичных отраслях.

Таким образом, учитывая вышеизложенное, диссертационная работа Шляровой Юлии Андреевны является актуальной, поскольку направлена на установление закономерностей формирования структурно-фазовых состояний и изменения микротвердости сплавов системы Al-Si (доэвтектического и заэвтектического составов), подвергнутых двухэтапной обработке, включающей электровзрывное легирование оксидом иттрия с последующим облучением электронным пучком.

В диссертационной работе Шляровой Ю.А. результаты по структурно-фазовым состояниям получены с привлечением как классических методов – оптической микроскопии (металлографический анализ) и рентгеноструктурного анализа, так и современных методов исследования субмикро- и нанокристаллической структуры материалов, таких как сканирующая и просвечивающая электронная дифракционная микроскопия. В работе были использованы два вида внешних энергетических воздействий: электровзрывное легирование; воздействие интенсивного импульсного электронного пучка.

Наиболее интересными и важными результатами работы можно считать следующие:

1. Измерение микротвердости в силуминах Al-11%Si и Al-20%Si показало, что применение электровзрывного легирования порошком оксида иттрия (Y_2O_3) обеспечивает формирование упрочненного поверхностного слоя с неравномерным (градиентным) распределением микротвердости: максимальные значения наблюдаются в приповерхностной зоне толщиной до 100 мкм, с последующим плавным снижением к исходным значениям в объеме сплава.

2. Выявлено формирование структуры ячеистой кристаллизации с размером ячеек 0,5-1,3 мкм, разделенных прослойками второй фазы размером 40-80 нм, в силуминах Al-11%Si и Al-20%Si после двухэтапной обработки.

3. Установлена физическая природа повышения механических свойств поверхности алюминиевых сплавов Al-11%Si и Al-20%Si при двухэтапной обработке заключающаяся в измельчении структуры, формировании частиц субмикро- и наноразмерного диапазона и образовании вторых фаз (SiY , YAl_3 , $Y_2Si_2O_7$, Si).

4. Выявлены особенности послойного строения поверхностей, сформированных при электровзрывном легировании с последующим электронно-пучковым облучением: для силумина Al-11%Si в тройных стыках структуры ячеистой кристаллизации выявлено формирование включений второй фазы – SiY ограниченной формы. Для силумина Al-20%Si в поверхностном слое толщиной до 1 мкм и в переходном слое толщиной до 40 мкм формируются включения второй фазы – YAl_3 , $Y_2Si_2O_7$ и Si – глобулярной формы.

5. Двухэтапное модифицирование поверхности сплава Al-20%Si приводит к формированию многослойной структуры, состоящей из поверхностного слоя и промежуточного слоя толщиной около 40 мкм. Структура модифицированного слоя менее пористая по сравнению с электровзрывным легированием и характеризуется многофазным субмикро- и наноразмерным состоянием, размеры кристаллитов которой варьируются от единиц до сотен нанометров.

Достоверность результатов диссертационной работы обеспечена корректностью постановки задач, применением современных теоретических и экспериментальных методов физики конденсированного состояния и критическим сопоставлением с результатами других авторов. Работа прошла апробацию на всероссийских и международных конференциях по физике конденсированного состояния и физическому материаловедению. Основное содержание диссертационной работы опубликовано в 29 научных работах, включая: 8 статей в журналах, входящих в Перечень, рекомендованный ВАК для публикации результатов диссертационных исследований; 12 статей, проиндексированных в международных базах данных Web of Science и Scopus; 1 монографию; 3 главы в коллективных монографиях; 5 докладов и тезисов, представленных на конференциях различного уровня и других научных мероприятиях.

Автореферат диссертации и опубликованные статьи и монографии полностью раскрывают содержание работы. Практическая значимость подтверждается актами внедрения на предприятиях и отражена в публикациях в рецензируемых журналах.

Диссертационное исследование, выполненное Шляровой Ю.А., представляет значительный интерес для практического применения в различных отраслях промышленности. Полученные результаты подтверждают свою актуальность и высокую практическую значимость, что нашло отражение в справках и актах внедрения ряда предприятий, таких как ООО «СМК54», ООО «Ремкомплект», ООО «Вест-2002» и АО «РУСАЛ Новокузнецк».

Исследования, проведенные в рамках диссертации, позволили предложить инновационные решения для улучшения эксплуатационных характеристик изделий из заэвтектических силуминов. Эти сплавы широко применяются при изготовлении поршней дизельных двигателей тяжелых грузовых автомобилей, крышек корпусов компрессоров и других ответственных узлов и агрегатов. Разработанные методики способствуют увеличению срока службы этих деталей, что является важным фактором повышения надежности оборудования и снижения затрат на его обслуживание.

Экспериментальные результаты исследования легли в основу рекомендаций и предложений, которые успешно применяются в текущих инновационных проектах. Например, на предприятии ООО «Ремкомплект» (г. Новокузнецк) была внедрена предложенная в диссертации двухэтапная обработка, включающая электровзрывное легирование оксидом иттрия и последующую электронно-пучковую обработку. Эта технология использовалась для отработки оптимальных режимов нанесения высокопрочных покрытий с целью упрочнения втулок насосов, предназначенных для перекачки кислоты.

На предприятии ООО «Вест-2002» (г. Новокузнецк) результаты исследования также нашли практическое применение. Технология двухэтапной обработки была использована для упрочнения червячного колеса, изготовленного из силумина и установленного в редуктор шлифовально-полировального станка. После внедрения предложенной технологии ресурс червячного колеса значительно увеличился – в 2,5 раза, что подтверждает эффективность разработанного подхода.

Таким образом, результаты работы Шляровой Ю. А. не только представляют научную ценность, но и успешно внедряются в производственные процессы, способствуя развитию современных технологий упрочнения материалов и повышению надежности оборудования. Использование этих разработок позволяет предприятиям получать существенный экономический эффект за счет продления срока службы изделий и снижения затрат на их замену и ремонт.

Работа выполнена на высоком научном и методическом уровне, все полученные результаты тщательно обоснованы и имеют как фундаментальное, так и прикладное значение.

Научные и практические результаты диссертации, оригинальность подхода, высокий уровень проведенных экспериментов свидетельствуют о сформированности автора как самостоятельного исследователя, способного решать сложные научно-технические задачи.

