

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Полуянова Виталия Александровича на тему «Закономерности коррозионного
растрескивания под напряжением в магниевых сплавах», представленную к защите на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 –
Материаловедение

1. Актуальность темы диссертационной работы

В настоящее время решение материаловедческих проблем эксплуатации магниевых сплавов, востребованность которых интенсивно возрастает, безусловно, является важной задачей. В частности, в диссертационной работе Полуянова Виталия Александровича проведены исследования, направленные на разработку новых материалов на основе магния, обладающих повышенной стойкостью к коррозионному растрескиванию под напряжением (КРН). Как известно, КРН является чрезвычайно опасным механизмом разрушения, которое приводит к внезапному и быстрому разрушению материалов конструкций, работающих под воздействием агрессивных сред. Природа разрушений и способы борьбы с ними могут кардинально отличаться в зависимости от применяемых материалов и их свойств. В связи с этим, учитывая относительно невысокую степень понимания механизмов и причин проявления КРН магниевых сплавов в мировом научном сообществе, считаю, что актуальность данной диссертационной работы обусловлена в полной мере.

2. Структура, объем и содержание диссертации

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Тольяттинский государственный университет».

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы, состоящего из 150 наименований. Диссертация изложена на 139 страницах машинописного текста, а также содержит 64 рисунка, 2 таблицы и 1 приложение. Диссертация написана четким грамотным научным языком, иллюстрации хорошо дополняют текст.

Во введении сформулированы актуальность проблемы, цель работы, перечислены поставленные задачи, а также методики, используемые для их решения, описаны научная новизна и практическая значимость, выделены положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен анализ литературных источников, где достаточно подробно описано влияние внутренних и внешних факторов на стойкость магниевых сплавов к коррозионному растрескиванию под напряжением. Также приведен обзор

наиболее распространенных методик испытаний, применяемых для оценки стойкости материалов к КРН. Описаны характерные морфологические особенности поверхности разрушения исследуемых магниевый сплавов. Особое внимание уделено рассмотрению известных механизмов зарождения и роста трещин в магниевых сплавах при КРН. Автором справедливо отмечено, что все предложенные на данный момент механизмы имеют ряд критических допущений, которые требуют доработки и проверки. В частности, в обзоре был выделен наиболее популярный механизм КРН магниевых сплавов, основной движущей силой которого является воздействие диффузионно-подвижного водорода, образующегося в процессе протекания электрохимических реакций на поверхности материала. Однако в литературе до сих пор отсутствуют исчерпывающие данные о способности данных материалов абсорбировать водород.

Вторая глава посвящена описанию материалов и экспериментальных методик, использованных в диссертационной работе. Указано, что в качестве объектов исследования были выбраны: технически-чистый магний в литом состоянии, экструдированный сплав MA14 и сплав MA2-1 после горячей прокатки. Механические свойства исследуемых материалов оценивались путем проведения испытаний цилиндрических образцов по схеме одноосного растяжения. При выполнении работы были использованы современные методики как: экстракционный анализ концентрации водорода в материалах, конфокальная лазерная сканирующая микроскопия, сканирующая электронная микроскопия. По моему мнению, примененный методологический подход к решению поставленных задач положительно характеризует достоверность результатов, полученных в данной диссертационной работе.

В третьей главе представлены результаты оценки стойкости исследуемых магниевых сплавов к КРН в зависимости от структурного состояния, фрактографического анализа изломов разрушившихся образцов и экстракционного анализа продуктов коррозии после испытаний на КРН. Известно, что увеличение протяженности границ зерен, плотности дислокаций и других микродефектов играет важную роль в механизме КРН материалов, так как может снижать диффузионную подвижность водорода и препятствовать накоплению его предельной концентрации. Однако, результаты механических испытаний в данной работе показали, что ни размер зерна микроструктуры, ни предварительная пластическая деформация не оказывают существенного влияния на механическое поведение исследованных магниевых сплавов в коррозионной среде. Показано, что все исследуемые материалы на воздухе разрушаются по вязкому механизму, в то же время в результате механических испытаний в агрессивной среде изломы образцов сплавов MA14 и MA2-1 имеют смешанный характер транс- и интеркристаллитного скола. При взаимодействии исследуемых материалов с коррозионной средой их поверхность покрывается слоем

продуктов коррозии, при этом степень этих коррозионных повреждений зависит от стойкости конкретного материала к общей коррозии. Вместе с тем, в данной главе показано, что увеличение количества продуктов коррозии приводит к увеличению концентрации водорода в материале с продуктами коррозии. После удаления коррозионного слоя с поверхности материала наблюдается резкое снижение десорбции водорода. Это позволило сделать вывод о том, что основное количество водорода содержится именно в поверхностной коррозионной пленке, а не в самом материале.

В четвертой главе рассмотрено влияние различных факторов на механические свойства исследуемых материалов при испытаниях на воздухе после предварительной выдержки в коррозионной среде. Установлено, что чем дольше образцы взаимодействуют с агрессивной средой перед испытанием, тем ниже значения показателей прочности и пластичности при последующих механических испытаниях на воздухе. Основное внимание уделено результатам механических испытаний на воздухе образцов после предварительного воздействия коррозионной среды и последующего удаления продуктов коррозии. Показано, что удаление коррозионной пленки может привести к полному восстановлению пластичности при механических испытаниях на воздухе. Это в очередной раз позволило подтвердить вывод, что диффузионно-подвижный водород существенного влияния на механические свойства магниевых сплавов в условиях КРН не оказывает.

Пятая глава диссертации посвящена оценке влияния состава агрессивной среды на механические свойства сплава МА14 при испытаниях как на воздухе после предварительной выдержки в коррозионной среде, так и непосредственно в коррозионной среде. Показано, что основным охрупчивающим фактором является слой продуктов коррозии, т.к. увеличение массы, толщины и сплошности этого слоя приводит к существенному снижению механических свойств при испытаниях на воздухе. Вместе с тем, эти характеристики коррозионного слоя зависят от состава агрессивного раствора. Также, на основании результатов экстракционного анализа концентрации водорода, установлено, что весь диффузионно-подвижный водород, который выходит из образцов в температурном интервале экстракции содержится в продуктах коррозии, независимо от состава агрессивной среды.

3. Оценка степени научной новизны результатов диссертации

В диссертационной работе автором были получены следующие принципиально новые данные:

- в результате проведения механических испытаний на воздухе образцов исследуемых материалов после предварительной выдержки в коррозионной среде и последующего растворения коррозионного слоя наблюдалось восстановление

пластичности. Данный результат указывает на то, что ускоренному разрушению способствует наличие продуктов коррозии и их физико-химические свойства;

- установлено, что изменение дисперсности микроструктуры магниевых сплавов и пластическая деформация не оказывают существенного влияния на механические свойства в коррозионной среде;

- в результате разрушения магниевых сплавов на воздухе после их предварительной выдержки в коррозионной среде впервые было обнаружено наличие слоя продуктов коррозии на внутренних поверхностях трещин;

- путем проведения экстракционного анализа исследуемых материалов в различных состояниях впервые было установлено, что проникновение диффузионно-подвижного водорода в металлическую основу магниевых сплавов сильно ограничено;

- результаты комплексного детального исследования позволили установить, что диффузионно-подвижный водород, растворенный в металле образца, не оказывает существенного влияния на механическое поведение магниевых сплавов при КРН.

4. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов, рекомендаций, заключений и выводов

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов, сформулированных в диссертационной работе обеспечены корректностью поставленных задач, применением различных стандартизованных, а также модифицированных методик и современного экспериментального оборудования. При выполнении данной работы был получен исчерпывающий объем экспериментальных результатов, необходимых для формулировки представленных в работе закономерностей КРН, характерных для магниевых сплавов.

5. Практическая и теоретическая значимость и использование результатов

- новые данные о причинах и механизме развития КРН магниевых сплавов, полученные при выполнении диссертационной работы, могут быть применены при проектировании новых материалов на основе магния, обладающих повышенной стойкостью к коррозионному растрескиванию;

- полученные в работе результаты о степени влияния коррозионного слоя на механические свойства исследуемых материалов могут быть использованы для повышения стойкости конструкций из деформируемых магниевых сплавов к КРН;

- установленные зависимости концентрации водорода от наличия и свойств коррозионного слоя на поверхности магниевых сплавов были использованы для разработки методики измерения концентрации диффузионно-подвижного водорода, которая внедрена и применяется в заводской лаборатории ООО «СОМЗ»;

- результаты данного диссертационного исследования внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет» для подготовки магистров по направлению 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов».

6. Замечания по диссертационной работе

6.1 Не в полной мере понятно, почему технически чистый магний, в отличие от магниевых сплавов MA2-1 и MA14, не восприимчив к коррозионному растрескиванию под напряжением;

6.2 В работе поставлена задача оценить влияние величины зерна на КРН магния и магниевых сплавов. По результатам исследований установлено, что дисперсность структуры не оказывает существенного влияния на коррозионное растрескивание под напряжением, однако данный результат не приведен в основных выводах по диссертационной работе;

6.3 Хотелось бы понять, что автор подразумевает под формулировкой «диффузионно-подвижный водород», если в данной работе установлено, что водород не мало проникает в магний и его сплавы?

6.4 Недостаточно полно описаны структура и состав продуктов коррозии. Содержат ли продукты коррозии гидриды, гидроксиды? Как оценивалась плотность продуктов коррозии? Влияют ли легирующие элементы сплавов: Al, Zr, Zn на продукты коррозии?

6.5 В литературном обзоре сообщается, что восприимчивость магниевых сплавов к КРН увеличивается с повышением температуры, за счет релаксации напряжений и возможного разрушения слоя продуктов коррозии. Проводились ли подобные эксперименты по влиянию температуры на КРН и на структуру продуктов коррозии?

6.6 при исследовании механизма КРН магниевых сплавов в работе использовались только материаловедческие методы. Какие химические реакции происходят при коррозии и КРН?

6.7 Принимая во внимание доверительные интервалы значений степени деформации до разрушения, правомерно ли утверждать, что для образцов из сплава MA14 после предварительной выдержки в агрессивной среде, наблюдается снижение пластичности с уменьшением скорости деформации (рис. 4 б автореферата);

В оформлении автореферата и текста диссертации есть ряд неточностей и недочетов, а именно:

- в автореферате не приведен химический состав исследуемых объектов, хотя по тексту диссертационной работы результаты химического анализа и механические свойства материалов в исходном состоянии приведены;

- на рис. 4. скорость деформации на оси абсцисс выражена в мм/мин, по тексту автореферата и в диссертационной работе значения скорости деформации указаны в единицах СИ (с^{-1});

- подписи на снимках, полученных в ходе исследования, приведены с использованием аббревиатуры и на английском языке. например, рис. 5.11. В подписи к рисунку или по тексту работы следует привести перевод и расшифровку.

- в приложении А к диссертационной работе целесообразно было бы привести текст «методики оценки диффузионно-подвижного водорода в магнии и его сплавах»;

Заключение

Отмеченные замечания не оказывают существенного влияния на общую положительную оценку диссертационной работы, а также не снижают ее научной и практической ценности. Диссертационная работа Полуянова В.А. является полноценным законченным научным исследованием и выполнена на высоком научно-методическом уровне. Результаты, полученные в ходе выполнения работы, вносят существенный вклад в решение важной задачи - повышения стойкости магниевых сплавов к коррозионному растрескиванию под напряжением.

Диссертационная работа Полуянова В.А. полностью соответствует требованиям в том числе п. 9, предъявляемым к кандидатским диссертациям, согласно «Положению о присуждении ученых степеней», утвержденном постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор - Полуянов Виталий Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

Официальный оппонент,
кандидат технических наук,
начальник отдела материаловедения
ООО «ИТ-Сервис», г. Самара

443001, г. Самара, ул. Ульяновская/Ярм
ООО «ИТ-Сервис»,
Тел. 8(846)212-00-39 e-mail sekr@its-sam

Подпись кандидата технических наук,
начальника отдела материаловедения
Заместитель Генерального директора
по инжинирингу и исследованиям

Чистопольцева
Елена Александровна



/Ревякин В.А./

Я, Чистопольцева Елена Александровна, даю согласие на обработку моих персональных данных, связанную с защитой диссертации и оформлением аттестационного дела Полуянова Виталия Александрович

31 января 2022 года

Чистопольцева Елена Александровна