

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Шефера Арсения Андреевича «Формирование композиционного материала методом продувки гидрогенизированного расплава на основе алюминия кислородом», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5. Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Литые дисперсно-упрочненные композиционные материалы на алюминиевой матрице применяются в различных отраслях техники. В отличие от высокопрочных алюминиевых сплавов для них не требуются дорогостоящие лигатуры или высокая точность соотношения легирующих элементов. Основной технологией их получения является введение тугоплавких упрочняющих частиц в расплав с последующим перемешиванием (*ex situ*). Частицы препятствуют движению вакансий и дислокаций в сплаве, повышая его механические свойства. Однако размер упрочняющих частиц коммерческих композитов Duralcan не менее 10 микрон, что значительно превышает размер дефектов кристаллической решетки. Уменьшение размеров частиц упрочняющей фазы позволит уменьшить ее долю в композите при сохранении механических свойств и повысить ее тепло- и электропроводность. Но уменьшение размеров частиц требует при использовании технологии *ex situ* значительных затрат на преодоление сил поверхностного натяжения расплава, которые увеличиваются пропорционально площади поверхности вводимых частиц. Уменьшение размеров частиц упрочняющей фазы открывает перспективы дальнейшего повышения механических свойств композиционных материалов.

Решить эту проблему позволяет метод формирования упрочняющих частиц в результате химических реакций (*in situ*). Введение твердого прекурсора в расплав не решает проблему, фактически этот метод технологически не отличается от *ex situ*. Прекурсор может вводиться через газовую фазу. Использование газообразного прекурсора позволяет вести реакцию во всем объеме расплава, причем наиболее эффективным с позиции термодинамики является использование кислорода.

Задачами исследования явились.

1. Выбор исходного сплава и катализатора разрушения оксидной пленки для получения дисперсно-армированного композита *in situ* методом продувки расплава кислородом.
2. Исследование структуры, механических свойств, а также коррозионной стойкости полученного композиционного материала.
3. Выявление механизма разрушения оксидной пленки при формировании композиционного материала.
4. Исследование дегидрогенизации расплава при продувке кислородом.

Научная новизна работы несомненна и заключается в следующем:

- показано, что формирование плотной структуры композиционного материала, получаемого взаимодействием алюминиевого расплава с кислородом может быть достигнуто только при разрушении оксидных пузырей не в объеме, а на зеркале расплава;
- предложен механизм формирования композиционного материала, сущность которого заключается в выносе растворенного водорода на зеркало расплава на поверхности кислородных пузырей при продувке, с последующим его горением в атмосфере печи, что приводит к разрушению оксидной пленки на поверхности пузырей в результате образования газообразных субоксидов алюминия при температуре выше 980 °С, и конвективным распределением оксидных включений в объеме расплава;
- проведено теоретическое и экспериментальное обоснование использования сплава системы Al-Si-Fe в качестве основы для композиционного материала, поскольку оксидная пленка в нем обладает минимальной прочностью;

– в композите установлено значительное измельчение интерметаллидов и кремния, а также субзерен твердого раствора, связанное с наличием в структуре значительного количества (около 5 %) дисперсных частиц оксида алюминия размером 150 – 300 нм;
– композит демонстрирует повышение предела текучести более чем на 50 % от исходного сплава, а также хрупкий характер разрушения, что связано со значительным количеством оксидных включений, блокирующих зернограничное проскальзывание;
– продемонстрировано, что решение проблемы водородной пористости алюминиевых сплавов может состоять не в снижении доли оксидных включений в расплаве, а, наоборот, в значительном увеличении их поверхности, благодаря формированию в них адсорбированного слоя водорода.

Достоверность полученных результатов обусловлена применением современных методов исследований. Выводы логически обоснованы.

Важным результатом работы явилась ее практическая значимость. Так, на ООО УралЦветЛит полностью ликвидирован брак по гидроплотности отливки «Головка соединительная рукавная напорная ГР-150».

Основные результаты исследования опубликованы в десяти научных работах, семь из которых – в рецензируемых научных журналах, определенных в ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ, включая шесть статей в изданиях, индексируемых в международной системе Scopus. Имеется один патент на изобретение.

Замечания к автореферату:

1. Проводились ли эксперименты по продувке расплавов не кислородом, а воздухом? При положительных результатах данная технология была бы дешевле.
2. В тексте автореферата несколько раз указывается, что водород горит. На наш взгляд, более правильным является словосочетание «окисление водорода».

Эти замечания не снижают высокое качество работы.

Судя по автореферату, диссертационная работа Шефера А. А. соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Шефер Арсений Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5. Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Даю свое согласие на обработку персональных данных, связанных с работой диссертационного совета.

Доктор технических наук [05.16.06 (2.6.5) - Порошковая металлургия и композиционные материалы], доцент кафедры химии и химической технологии, доцент

_____ с.ий / Крутский Юрий Леонидович /
« 05 » июня 2023 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» (НГТУ)

Адрес: Россия, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса 20, 630073

Тел. (383) 346-06-32

E-mail: krutskii@yandex.ru

Подпись Крутского Ю. Л. заверяю
Начальник отдела кадров НГТУ

Пустовалова О. К. /

