

ИННОВАЦИОННЫЙ МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ПЛОТНОСТИ И ЛЕГКОСТИ СПЛАВА НА ОСНОВЕ МАГНИЯ И КРЕМНИЯ

В.О. Наумова¹⁾, О.П. Ровенская²⁾, В.Д. Марченко³⁾

1) студент Армавирского механико–технологического института (филиала) ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», г. Армавир, Россия, naumova.vitaliya@bk.ru

2) к.вет.н., старший преподаватель Армавирского механико–технологического института (филиала) ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», г. Армавир, Россия, olhovic_1980@mail.ru

3) магистрант Института механики, робототехники, инженерии транспортных и технических систем ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», г. Краснодар, Россия, marchenko-armavir@mail.ru

Аннотация: данная статья посвящена инновационному методу повышения плотности и легкости сплава на основе магния и кремния, который достигается путем добавления в магний наночастицы карбида кремния для формирования сверхпрочного композитного материала нового типа.

Ключевые слова: конструкционные металлы, прочность, сплавы, магний, кремний.

AN INNOVATIVE METHOD FOR INCREASING THE DENSITY AND LIGHTNESS OF AN ALLOY BASED ON MAGNESIUM AND SILICON

Vitaly O. Naumov¹⁾, Oksana P. Rovenskaja²⁾, V. D. Marchenko³⁾

1) the student Armavir Institute of Mechanics and Technology (branch) of Federal State Budgetary Institution of Higher Education “Kuban State Technological University”, city of Armavir, Russia, naumova.vitaliya@bk.ru

2) k. vet.n., senior lecturer of Armavir mechanics-co–Institute of technology (branch) of the Kuban state technological University, Armavir, Russia, olhovic_1980@mail.ru

3) the master's student of the Institute of Mechanics, Robotics, Engineering of Transport and Technical Systems of the Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia, marchenko-armavir@mail.ru

Abstract: this article is devoted to an innovative method for increasing the density and lightness of an alloy based on magnesium and silicon, which is achieved by adding silicon carbide nanoparticles to magnesium to form a new type of heavy-duty composite material.

Key words: structural metals, strength, alloys, magnesium, silicon.

Магний имеет ряд потенциальных преимуществ, особенно когда речь идет о разработке. Он считается самым легким из конструкционных металлов (способных выдерживать нагрузки в зданиях и автомобилях) и является восьмым наиболее распространенным элементом в земной коре. С другой стороны, он не такой прочный и долговечный, как некоторые из его аналогов. В настоящее время известно, что возможно преодолеть его основные ограничения, добавив в него наночастицы карбида кремния для формирования сверхпрочного композитного материала нового типа, который может привести к созданию более легких и более эффективных самолетов и автомобилей.

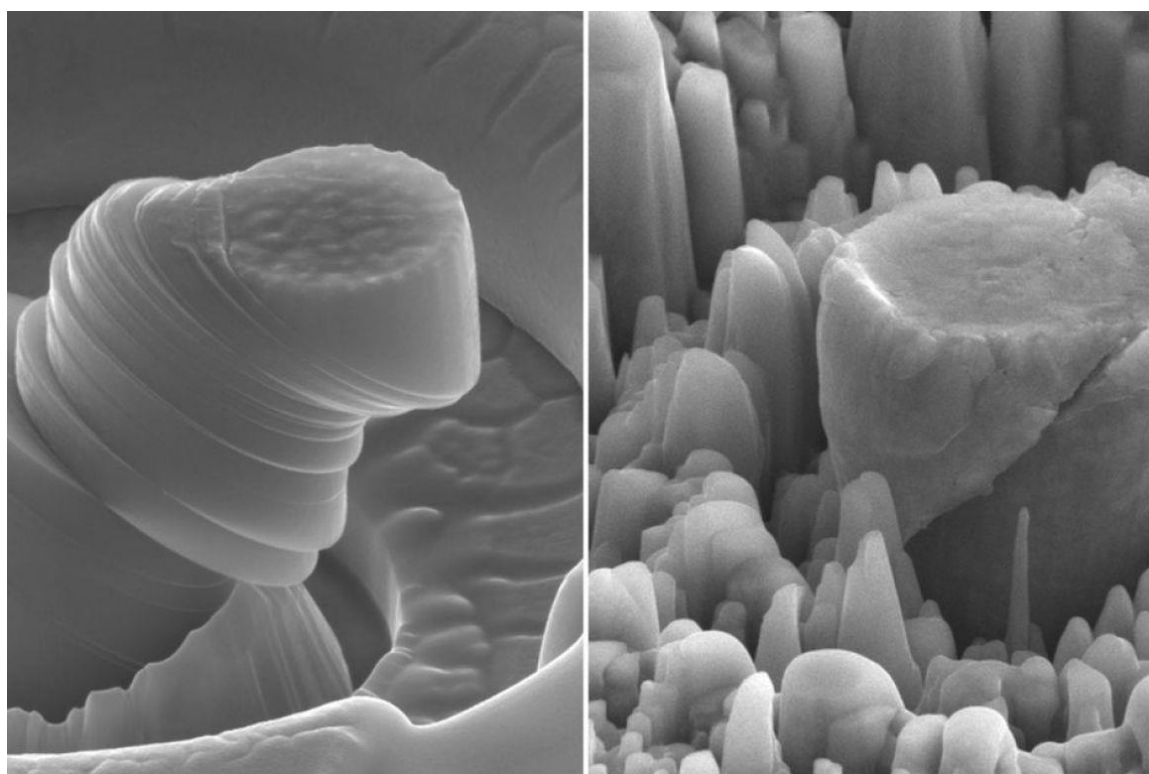


Рисунок 1. Деформированный образец чистого металла слева по сравнению с прочным новым металлом из магния с наночастицами карбида кремния справа

В этом исследовании в качестве материала матрицы использовался ZK60A (относительно 4,80–6,20 мас.% Zn, 0,45 мас.% Zr, баланс Mg). Блок ZK60A был разделен на меньшие части. Все оксидные и окалинные поверхности были удалены с помощью механической обработки. Все поверхности были вымыты с помощью этанола после механической обработки. Наночастицы TiC (чистота 98+%, размер 30–50 нм), использовались в качестве фазы усиления.

Монолитный ZK60A был отлит методом DMD. Это включало нагревание блоков ZK60A до 750 ° C в атмосфере инертного газообразного аргона в графитовом тигле с использованием нагревательной печи сопротивления. Тигель был оборудован устройством для заливки снизу. По достижении температуры перегрева расплавленную суспензию перемешивали в течение 2,5 мин при 460 об / мин, используя крыльчатку из мягкой стали с двумя лопастями

(шаг 45 °), чтобы способствовать равномерному распределению тепла. Крыльчатка была покрыта Zirtex 25 (86% ZrO₂, 8,8% Y₂O₃, 3,6% SiO₂, 1,2% K₂O и Na₂O и 0,3% неорганических веществ), чтобы избежать загрязнения железом расплавленного металла. Затем расплав высвобождается через отверстие диаметром 10 мм у основания тигля. Расплав распадается двумя струями аргона, газориентированными перпендикулярно потоку расплава, и расположен в 265 мм от точки плавления расплава. Скорость потока газа аргона поддерживалась на уровне 25 дм³ мин⁻¹. Дезинтегрированная жидкая суспензия была впоследствии нанесена на металлическую подложку, расположенную в 500 мм от точки распада. Слиток диаметром 40 мм был получен после стадии осаждения. Для формирования нанокompозита TiC ZK60A / 1,5 об.% порошок наночастиц TiC выделяли обмоткой в алюминиевую фольгу с минимальным весом (<0,50 мас.% относительно массы матрицы ZK60A) и размещали поверх блоков ZK60A, причем все остальные параметры DMD не изменились. Все осажденные слитки были разделены на заготовки. Все заготовки были обработаны до диаметра 35 мм и подвергнуты горячей экструзии с использованием экструзии с соотношением 20,25: 1 на гидравлическом прессе 150 тонн. Температура экструзии составляла 350°C. Заготовки выдерживали при 400 ° C в течение 60 мин в печи перед экструзией. Коллоидографит использовался в качестве смазки. В итоге были получены стержни 8 мм.

Измерения микротвердости проводились на полированных монолитных и нанокompозитных экструдированных образцах. Микротвердость по Виккерсу измерялась с помощью автоматического цифрового микротвердомера с использованием нагрузки, равной 25 gf, и времени выдержки 15 с.

Свойства при растяжении гладких стержней у мезонолитных и нанокompозитных экструдированных образцов определяли на основе стандарта ASTM E8M-05. Образцы для испытания на круглое натяжение диаметром 5 мм и длиной 25 мм подвергали растяжению с использованием машины, оснащенной осевым экстензометром с установленной скоростью вращения траверсы равной 0,254 мм / мин.

Предыдущие попытки залить металлы микромасштабными керамическими частицами привели к потере пластичности материала. Исследователи стремились преодолеть это, работая с керамическими частицами на наноразмерной основе, которые делают металл более прочным, сохраняя, а иногда даже улучшая, его пластичность. Но это вызывало другие проблемы, например, наноразмерные частицы склонны слипаться в металле, а не диспергироваться равномерно.

В основе прорыва лежит новый производственный подход, включающий использование карбида кремния, сверхтвердой керамики, обычно используемой в промышленных режущих дисках. Наночастицы карбида кремния размером менее 100 нанометров были способны диспергироваться в расплавленном магниевом-цинковом сплаве таким образом, что кинетическая энергия движения частиц предотвращала их слипание.

Затем материал сжимали с использованием кручения под высоким давлением, метода обработки металла, при котором сжимающее усилие и скручивающее напряжение прикладываются к образцу одновременно. Этот подход приобрел популярность за последние два десятилетия, поскольку он помогает достичь высокого уровня прочности и измельчения зерна, часто на уровне нанометров.

Полученный металлический композит состоит из около 14 процентов наночастиц карбида кремния и 86 процентов магния. В ходе испытаний было обнаружено, что композит продемонстрировал рекордные уровни как удельной прочности (сколько веса выдержит материал до разрушения), так и отношения жесткости к массе. Кроме того, он также показал превосходную стабильность при высоких температурах.

Список использованных источников:

1. Агалаков, В. В. Разработка технологии приготовления магниевых сплавов, легированных алюминием и кремнием В. Никулин // Цветные металлы. - 2009. - № 8. - С. 67-70.
2. Елкин Ф.М. Актуальные проблемы металловедения, производства и применения магниевых сплавов // Технология легких сплавов. – 2007. – № 1. – С. 5–18.
3. Плазменно-электролитическое модифицирование поверхности металлов и сплавов: в 2-х т. Т. II. / И.В.Суминов, П.Н. Белкин, А.В. Эпельфельд, В.Б. Людин, Б.Л. Крит, А.М. Борисов. – М.: Техносфера, 2011. – 512 с.