

Изменение комплекса свойств алюмоматричных материалов вследствие упрочнения дискретными частицами

Выполнены исследования влияния частиц Al_2O_3 и WC размером 50 нм – 10 мкм на механические свойства алюминиевых сплавов А7 и АД31. Показана перспектива применения ультрадисперсных частиц в алюмоматричных материалах триботехнического назначения, способствующих равномерному изнашиванию в паре трения со сталью и сохранению прочностных свойств матрицы.

Ключевые слова: алюмоматричные композиты, упрочнение, механические свойства, износ, трение, триботехника

Развитие научно-технического прогресса в приоритетных отраслях современной техники происходит на основе масштабного применения наукоемких технологий и новых гетерогенных материалов, которые обладают уникальными физико-механическими и эксплуатационными характеристиками. Радикальное улучшение свойств реализуется за счет использования традиционных сплавов и методов их обработки (легирование, модифицирование, термообработка и другие) [1], повышая интерес к нетрадиционным материалам, в том числе композиционным материалам (КМ), упрочненным тугоплавкими, высокомодульными металлическими и (или) керамическими частицами с металлической матрицей. Экспертные оценки показывают, что машиностроение сегодня обеспечено антифрикционными материалами только на 10-60 %. Для удовлетворения требований промышленности необходима разработка новых материалов с повышенным уровнем износостойкости (в 2-10 раз), особенно для деталей, эксплуатируемых в экстремальных условиях повышенных нагрузок, температур, скоростей скольжения. При этом высокая износостойкость должна сочетаться с технологичностью и экономичностью производства трибоизделий из новых материалов [2].

Для Украины разработка и внедрение новых износостойких материалов из отечественных и недорогих компонентов особенно актуальна по причинам нехватки разработок и внедрения новых износостойких материалов, отсутствия собственного сырья некоторых цветных металлов, необходимых для получения антифрикционных легированных сплавов, а также высоких расходов на импорт трибоматериалов и запчастей для промышленного оборудования и автомобильной техники.

Создание технологий производства и совершенствование свойств композиционных материалов – приоритетное направление отдела композиционных материалов ФТИМС НАН Украины. Текущие работы отдела связаны с созданием литейных технологий получения алюмоматричных КМ, армированных дискретными частицами, а также изучением и оптимизацией их комплекса свойства [3].

Эффективных литейных технологий ввода ульт-

радисперсных и наноразмерных экзогенных частиц в металлическую матрицу в мире до сих пор не существует. Наноразмерные частицы при взаимном контакте активно агломерируются, дискретные порошковые системы стабилизируются на микроуровнях, поэтому внесение наноразмерных частиц в состав металлической матрицы представляет собой важную технологическую задачу, которую возможно выполнить в составе гетерогенной системы макро-размерный носитель – наноразмерная частица, в которой отдельные наноразмерные частицы надежно изолированы [4]. Экзогенные упрочнители вводят в алюминиевую матрицу с помощью двух подходов – замешивания под действием внешних сил в жидкий расплав (в том числе магнито-динамически) и пропитки пористых порошковых смесей (диаметр частиц в форме от 100-150 мкм) непосредственно в литейной форме. При пропитке металлических частиц на их поверхности механическим или термохимическим способом фиксируются более мелкие частицы. Таким образом, обеспечивается ввод дискретных частиц менее 100 мкм [5], в том числе ультрадисперсных и наноразмерных, обладающих уникальными свойствами [6-7]. Такое технологическое решение сочетает преимущества литейных и порошковых методов [8-10] и дает возможность получать композиты с содержанием до 70 %об. частиц размером 100 и 400 мкм и до 5 %мас. ультрадисперсных и наноразмерных частиц. Композиционные материалы, полученные таким способом, объединяют в себе высокие механические свойства матричного сплава и уникально высокие (для алюминиевых материалов) триботехнические свойства. Используя ультрадисперсные фазы и наноразмерные упрочнители, можно укрепить матрицу композиционного материала, а с помощью наноразмерных фуллереновых структур снизить коэффициент трения материала [11-12].

Результаты исследований доказывают возможность получения качественных дискретноармированных композиционных отливок, упрочненных частицами корунда, графита, SiC, WC методами принудительной пропитки в условиях недостаточного смачивания. К таким методам относится вакуум-компрессионная пропитка, при которой расплав

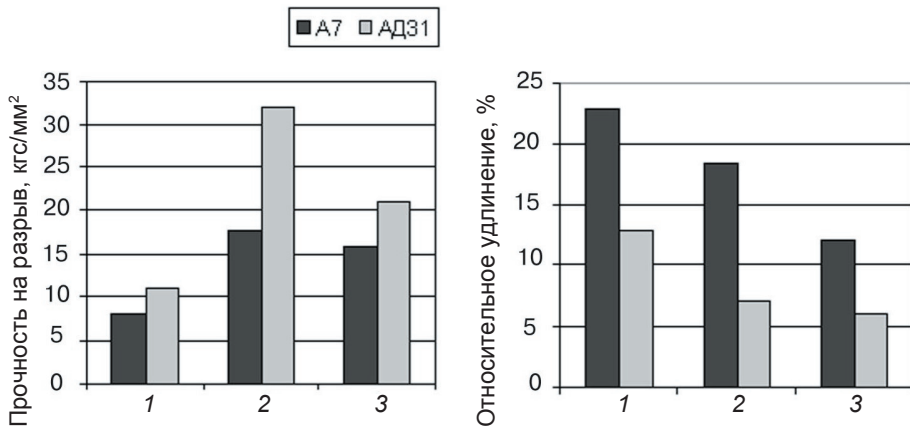


Рис. Механические свойства образцов: 1 – литой; 2 – после распыления и экструзии; 3 – композит (3 %мас. WC)

пропитывает пористую порошковую смесь с распределенными в ней частицами упрочнителей в объеме формы изложницы. Такой подход дает возможность снизить температуру заливки, повысить смачиваемость вводимых частиц и обеспечить рафинирование расплава за счет вакуумирования камеры печи и формы.

За счет комплексного упрочнения разными частицами удалось повысить рабочие нагрузки трения в паре со сталью до 2,4 МПа, а также получить значительный прирост износостойкости, повысив ее значение относительного контрольного образца БрАЖ9-4 [13-14].

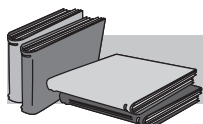
Существенной преградой для применения алюмоматричных материалов в триботехнических целях является их склонность к схватыванию и переходу в задиры при трении со стальным контртелом, что связано с высокой пластичностью сплавов алюминия. Деформация поверхностного слоя приводит к разогреву и формированию связи в зоне фрикционного контакта. Известно, что внедрение дисперсных высокомолекулярных частиц снижает пластичность материала, в то же время наличие дефектов адгезионной связи на границе металлическая матрица-упрочняющая частица является причиной снижения прочности материала. Уменьшение фракционного размера частиц упрочнителей дает возможность снизить отрицательное влияние на механические свойства при однородном распределении частиц во всем объеме материала.

Для изучения влияния ультрадисперсных частиц на механические свойства алюмоматричного материала в матрицу вводили частицы карбида вольфрама размером от 50 нм до 10 мкм, полученного методом электроискрового диспергирования в керосине. Композиционный материал получали путем экструзии порошков сплавов А7 и АД31, на поверхность которого из эмульсии в ультразвуковом поле осаждали карбид вольфрама с последующими сушкой и механической фиксацией в шаровой мельнице. Экструзией получали прутки диаметром 7 мм, из которых в

последствии изготавливали стандартные образцы для механических испытаний. В качестве контрольных образцов для каждого сплава использовали образцы, отлитые в стальной кокиль.

Результаты испытаний свидетельствуют (рисунок), что после экструзии относительное удлинение материала снижается на 20 и 40 % для сплавов А7 и АД31, при этом прочность материала повышается на 20 и 90 % соответственно, что является следствием деформационного упрочнения, а также наличия алюминиевых оксидов высокой тонины, сформировавшихся на поверхности алюминиевых порошков. Введение 3 %мас. дискретных частиц карбида вольфрама негативно влияет на комплекс механических свойств материала, при этом прочность на разрыв у композиционного материала все равно остается выше, чем у литого образца.

Комплексное повышение свойств алюмоматричных композиционных материалов возможно лишь путем направленного упрочнения металлической матрицы функциональными компонентами, соотношение которых должно обеспечивать оптимальный уровень свойств материала. Влияние компонентов наполнителя на свойства материала определяется их типом, размером и способом формирования. Результаты исследований показали перспективность направленного влияния на свойства алюмоматричных КМ частицами определенного типа и размера.



ЛИТЕРАТУРА

1. Литые композиционные и нанокристаллические материалы – достижения, проблемы / В. Л. Найдек, С. С. Затуловский, А. С. Затуловский и др. // *Металлургия машиностроения*. – 2005. – № 6. – С. 18-28.
2. Затуловский С. С., Затуловский А. С. Исследование триботехнических и эксплуатационных характеристик ЛКМ с матрицами из медных сплавов // *Перспективные материалы*. – 2005. – № 1. – С. 66-73.
3. Триботехнические характеристики и перспективы применения экономноармированных композитов на основе алюминиевых сплавов. / А. С. Затуловский, А. В. Косинская, Е. В. Шарай и др. // *Композиционные материалы в промышленности*. – Ялта: Славполиком, 2002. – С. 38-39.

4. *Щерецький А. А., Затуловський А. С., Щерецький В. А.* Консолидація микро- и нано-об'єктів як спосіб отримання алюмоматричних композиційних матеріалів з комплексної композиційної складовою // Спеціальна металургія: вчора, сьогодні, завтра. – К.: КПІ, 2012. – С. 406-409.
5. Пат. 36091 України, МПК6 В22F 3/00, С22С 1/00. Спосіб одержання композиційних матеріалів з різним фракційним та хімічним складом компонентів наповнювача / В. О. Щерецький, С. С. Затуловський // Опубл. 10.10.2008, Бюл. № 19.
6. Кластерные и наноструктурные материалы / А. П. Шпак, Ю. А. Куницкий, В. И. Лысов и др. – К.: Академперіодика, 2002. – 540 с.
7. Горынин И. В. Исследования и разработки ФГУП ЦННИ КМ «Прометей» в области конструкционных наноматериалов // Нано-исследования и нано-разработки. – 2007. – Т. 2, № 3-4. – С. 36-57.
8. Пат. 25997 України, МПК6 С22С 1/10, С22С 21/00. Антифрикційний композиційний матеріал для вузлів тертя-ковзання з ефектом самозмащування і низьким рівнем зношування / В. О. Щерецький, О. А. Щерецький, О. Г. Раздобарін // Опубл. 27.08.2007, Бюл. № 13.
9. *Затуловський С. С., Щерецький В. А.* Применение комплексной порошково-литевой технологии получения композиционных материалов на основе промышленных Al сплавов, армированных дискретными частицами // Матер. межд. науч.-техн. конф. «High Mat Tech». – К.: 2009. – С. 289.
10. *Затуловський С. С., Щерецький В. А.* Литейно-порошковая технология получения композиционных материалов с широким диапазоном номенклатур и фракционных размеров компонентов армирующей составляющей // Матер. межд. науч.-техн. конф. «High Mat Tech». – К.: 2009. – С. 299.
11. *Ковтун В. А., Пасовец В. Н.* Наноструктуры углерода: свойства и перспективы применения в порошковых композиционных материалах триботехнического назначения // Трение и износ. – 2006. – Т. 27, № 2. – С. 206-215.
12. *Щерецький В. А., Затуловський С. С.* Триботехнические характеристики алюмоматричных композитов с гибридными наполнителями, включающими нанокремниевые структуры // Литейн. пр-во. – 2008. – № 11. – С. 11-13.
13. *Затуловський С. С., Щерецький В. А.* Влияние добавок наноразмерного графита на триботехнические свойства композиционного материала АК7 + 60 % объемного содержания SiC // Процессы литья. – 2008. – № 3. – С. 64-67.
14. *Щерецький В. О.* Підвищення триботехнічних характеристик алюмоматричних композиційних матеріалів за рахунок комплексного армування // Металознавство та обробка металів. – 2008. – № 3. – С. 66-70.

Анотація

Щерецький В. О., Затуловський А. С.
 Зміна комплексу властивостей алюмоматричних матеріалів
 внаслідок зміцнення дискретними частинками

Виконано дослідження впливу частинок Al_2O_3 і WC розміром 50 нм – 10 мкм на механічні властивості алюмінієвих сплавів А7 і АД31. Показано перспективність застосування ультрадисперсних частинок в алюмоматричних матеріалах триботехнічного призначення, які сприяють рівномірному зносу в парі тертя зі сталлю та збереженню рівня міцності матриці.

Ключові слова

алюмоматричні композити, зміцнення, механічні властивості, знос, тертя, триботехніка

Summary

Shcheretskyi V. A., Zatulovskyi A. S.
 Effect of reinforcement by the discrete particles on a set of properties
 of the aluminum based materials

Affect of 50 nm – 10 μm sized Al_2O_3 and WC particles at mechanical properties of aluminum alloys А7 and АД31 was studied. Applicability of superdispersed particles for tribological aluminum based materials was shown. The particles promote steady wear mode with steel rods and maintains strength rate of matrix alloy.

Keywords

aluminum based composites, reinforcement, mechanical properties wear, friction, tribology

Поступила 04.07.13