

ИЗУЧЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ИЗОТРОПНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ, УПРОЧНЁННОГО ЧАСТИЦАМ КАРБИДА КРЕМНИЯ ПРИ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Овченкова И.Ю.

Ульяновский Государственный Технический Университет

Кафедра «Материаловедения и обработки металлов давлением»

Научный руководитель: к.т.н., доцент кафедры «МиОМД» Курганова Ю.А.

Создание новых образцов техники в авиационной, машиностроительной, нефтегазодобывающей и других отраслях промышленности предъявляет более жесткие и повышенные требования к работоспособности конструкций. Это обуславливает необходимость применения материалов с более высоким комплексом физико-механических свойств.

Для металлических материалов данная проблема решается либо путем создания новых композиций сплавов, либо разработкой новых высокоэффективных способов направленного воздействия на структуру.

Возможности легирования к настоящему времени во многом уже исчерпаны. Кроме того, разработка принципиально новых сплавов требует больших материальных затрат, сертификации свойств и утверждения на рынке традиционных материалов[1].

Пластическая деформация металлов и сплавов является не только способ формообразования, но и методом воздействия на структуру и свойства. Поведение материала определяют внешние параметры, при которых осуществляется деформация. Конструкционная прочность материалов, играет важную роль в обеспечении надёжной и долговечной работы деталей машин и агрегатов[2].

Методы пластической деформации известны достаточно давно (ковка, прокатка, прессование и т.д.). Эти технологии отработаны и широко используются в практике. Между тем в последние десятилетия интенсивно развивается новое направление в материаловедении и обработке материалов, заключающееся в формировании в металлах и сплавах ультрадисперсных структурных состояний. Это позволяет резко повысить удельную прочность в области эксплуатационных температур, при этом в области температур обработки давлением существенно повышается технологическая пластичность. На базе этого направления можно создать принципиально новый комплекс физических и механических свойств.

Интенсивная пластическая деформация (ИПД) прочно вошла в арсенал методов обработки металлов давлением, позволяющих упрочнить материал путём измельчения структуры[3]. Наиболее известными методами наноструктурирования объёмных металлов и сплавов ИПД являются деформация кручением под квазистатическим давлением.

Известно, что пластическая деформация не только упрочняет металл, но и способствует изменению его структуры[1], а следовательно механических и эксплуатационных свойств. Наиболее привлекательными являются алюминий



Рис.1 – принципиальная схема ИПДК

доступности, технологичности и предсказуемости свойств и относительно невысокой стоимости. Потребность в легких и прочных материалах в современных условиях эксплуатации механизмов и машин достаточно велика. Перспективными материалами, удовлетворяющие требованиям считаются композиты[1]. Металломатричные композиционные материалы на основе алюминиевых сплавов. Упрочнение алюминиевых сплавов дисперсными высокомодульными частицами керамики позволяет обеспечить комплекс новых весьма ценных свойств. Высокая термическая стабильность алюминиевой матрицы при добавлении твердых частиц керамики определяют перспективность использования дисперсноупрочнённых КМ на основе алюминиевых сплавов в триботехнических целях, в условиях трения скольжения – это подшипники скольжения, пары поршне – цилиндрической группы и т.д..

Эксперименты произведены на базе Института физики перспективных материалов Уфимского государственного авиационного технического университета на наковальне Бриджмена (три оборота при усилии 5 ГПа). Образцы были выплавлены во Владимирском государственном университете методом замешивания частиц карбида кремния в расплав алюминия.

Образцы из КМ состава: матрица АМГ1, наполнитель – частицы карбида кремния зелёного размером 28 мкм подвергались интенсивной пластической деформации кручением (ИПДК) – это метод ИПД, при котором образец, имеющий форму диска диаметром 11 и толщиной 2 мм, подвергается деформации кручением в условиях гидростатического давления [3]. Диск помещается внутрь полости, прилагается гидростатическое давление (P) и пластическая деформация кручением достигается за счёт одного из бойков[4] (рис.1).

В композиционных материалах особое влияние на механические и эксплуатационные свойства оказывает неравномерность распределения армирующей фазы по телу матрицы. Эта характеристика является управляемой. Одним из способов управления является подбор размера наполнителя. Частицы менее 3 микрон склонны к агломированию, слишком крупные более 28 мкм – могут являться активными концентраторами напряжений; и то и другое отрицательно сказывается на механических и эксплуатационных свойствах. В ходе экспериментов установлен оптимальный размер дисперсной фазы (частицы SiC и Al₂O₃) для данной группы сплавов в 5-28 микрон. Другой путь управления свойствами в более обширных пределах и с большей точностью скрывается в деформировании материала с различным напряженно-деформированным состоянием.

В работе представлены эксперименты произведённые на базе Уфимского государственного университета на наковальне Бриджмена (три оборота при усилии 5 ГПа), на образцах выплавленных во Владимирском государственном университете методом замешивания частиц карбида кремния в расплав алюминия (содержание SiC варьировалось).

Анализ структуры показал, что средняя величина зерна матрицы составляет 30 мкм. Частицы армирующего наполнителя распределены по всему объёму материала. Изменение перераспределения выражается в переориентации скоплений армирующих частиц за счет формирования полос скольжения. При этом произошло значительное изменение зеренной структуры. До деформации зерно имело округлую форму, после прокатки в результате скольжения зерна вытягиваются и материал приобретает направленность структуры. По расположению линий скольжения и их плотности можно судить о развитии процесса деформации: при рассмотрении структуры можно говорить о большой степени деформирующих напряжений, так как линии ярко выраженные и четкие. Прямолинейности у следов скольжения нет из-за наличия армирующих частиц, выступающих в роли препятствий для свободного перераспределения материала. При более тщательном исследовании следы скольжения оказываются состоящими из группы линий, что позволяет считать эти группировки

полосами скольжения. Полосы скольжения разделяют кристалл на отдельные части. Эти части сдвигаются относительно друг друга и по мере развития деформации поворачиваются, изгибаются и вытягиваются. Одновременно происходит поворот и вытягивание скоплений частиц, что приводит к их более однородному распределению по площади сечения. В конечном счете, по мере развития деформации происходит рассредоточение частиц вдоль направления приложения внешних касательных напряжений, и образуется текстура деформации.

Таким образом, используя различные методы термомеханической обработки, можно в широких диапазонах изменять механические и эксплуатационные свойства композиционных материалов, даже в большей степени, чем монолитных. Открывается возможность повышения однородности распределения частиц в матрице, что благоприятно влияет на механические и эксплуатационные свойства материала.

Проведенные лабораторные исследования и испытания показали увеличение прочностных характеристик в 2 раза по сравнению с исходными и позволили определить область эксплуатационного применения и рекомендовать некоторые составы материалов с оптимальным комплексом свойств для использования в узлах трения.

Такие сплавы считаются перспективными заменителями сплавов на основе меди и олова в связи с экономией дорогостоящих элементов, уменьшением удельного веса, и относительной дешевизной. На современном историческом этапе применение дисперсно упрочненных частицами керамики КМ на основе алюминиевых сплавов расширяется по мере раскрытия их потенциальных возможностей.

Недавний значительный прогресс, достигнутый в получении объёмных наноструктурных металлических материалов методами интенсивной пластической деформации в понимании их деформационных механизмов, позволяет более отчётливо представить перспективы широкого использования наноматериалов для конструкционных и функциональных применений[1].

Структура УМЗ материалов, полученных методами ИПД, тесно связана с техническими параметрами обработки, её маршрутами и режимами. Формирование специфичных наноструктур может обеспечивать уникальное сочетание физико – механических свойств, таких как очень высокая прочность и пластичность. высокая усталостная долговечность, износостойкость[2]. Эти свойства особенно важны для инженерных применений наноструктурных материалов и сплавов как перспективных конструкционных и функциональных материалов нового поколения.

Список использованной литературы:

1. Валиев Р.З. //Создание наноструктурных материалов с уникальными свойствами, используя интенсивные пластические деформации.// Российские нанотехнологии, том1.2006
2. Мазилкин А.А., Страумал Б.Б., Когтенкова О.А. Протасова С.Г., Валиев Р.З. //Структурные изменения в алюминиевых сплавах при ИПД. //Физика твёрдого тела,2007, том 49 вып.5.
3. Валиев Р.З., Красильников Н.А., Цнев Н.К.// Пластическая деформация сплавов с субмикроструктурной структурой.//
4. Валиев Р.З., Корзиков А.В., Мулюков Р.Р.//Структура и свойства металлических материалов с субмикроструктурной структурой.//ФММ 1992.т.2.№6.с.70.