

Получение композиционного материала с редкоземельными металлами методом прокатки

Студент гр. 10402220: Буримский С.В., Якубчик Н.Г.
Научный руководитель – Томило В.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В настоящее время развитие большинства отраслей промышленности требует не только использования традиционных конструкционных материалов, но и создания принципиально новых функциональных материалов, обладающих комплексом уникальных или аномально высоких свойств. Эти материалы с особыми физическими, химическими и механическими свойствами применяют в различных областях современной техники, в том числе в машиностроении, атомной энергетике, автомобилестроении и др. [1, 2]. Создание функциональных материалов возможно только на основе использования современных технологических процессов и нестандартных подходов к их реализации. Одной из проблем современного энергетического машиностроения является создание материалов, способных противостоять радиационным повреждениям и защищающих окружающее пространство от вредного воздействия радиоактивных веществ. Так, некоторые изотопы редкоземельных металлов (РЗМ) (европий, бор, гадолиний) обладают высокими коэффициентами захвата тепловых нейтронов, что обеспечивает возможность их использования для конструкционных материалов, для защиты от воздействия нейтронного излучения. Особый интерес представляет европий. Изотопы ^{151}Eu и ^{153}Eu , из которых он состоит в естественном виде, при захвате нейтронов образуют новые изотопы европия также с большим сечением поглощения тепловых нейтронов. Благодаря такому эффекту «выгорание» европия будет замедленным. Эффективными поглотителями нейтронов являются бор, кадмий и РЗМ. Наиболее перспективным способом получения металлических материалов с РЗМ является порошковая металлургия с использованием различных современных технологических процессов.

Для изготовления композиционного материала в качестве основы использовали порошок меди (основа) со средним размером частиц менее 100 мкм. Легирующая добавка – лигатура АКЦ (Al–Ni–Ce–La). Размер предварительно измельченного порошка лигатуры АКЦ составлял менее 400 мкм. В качестве агента, контролирующего процесс механического легирования (механолегирования), применяли цисоктадеценую кислоту.

Механолегирование выполняли в шаровых мельницах с горизонтальной осью вращения, в так называемых гравитационно-зависимых шаровых мельницах, работающих в высокоэнергетическом режиме. Время механолегирования порошковых смесей составляло от 100 до 400 ч. Суммарное количество РЗМ, вводимых в шихту в виде лигатуры АКЦ: 10, 15 или 20 % мас. Увеличение содержания РЗМ от 10 до 20 % мас. приводит к уменьшению насыпной плотности и плотности утряски порошков на 20 %. Гранулометрический состав исследуемых порошков определяли на специальном приборе «Ротап» с комплектом сит с различными размерами отверстий.

Полученные механолегированием порошки подвергали последующей прокатке в медном контейнере. Известен способ получения листовых заготовок из алюминиевого порошка, основанный на использовании горячей прокатки [3]. По этому способу алюминиевый порошок в виде гранул размером 50...200 мкм засыпают в оболочку в виде корытообразного лотка с крышкой, изготовленной из листовой стали толщиной 0,5...2,0 мм с равными или различными толщинами стенок, контактирующими при обжати с валками. Затем уплотняют порошок, нагревают замкнутую оболочку с порошком до температуры не ниже 500 °С, далее обжимают в валках прокатного стана, охлаждают, разрезают оболочку и

извлекают готовую листовую алюминиевую заготовку. Оболочку для контейнера изготавливали из листового материала толщиной 2,5 мм. Материал оболочки – медь М1. Общий маршрут горячей прокатки: 16,0–8,5–5,0–3,0 мм. Затем проводили калибровочные проходы на стане без нагрева заготовки – холодная прокатка по маршруту 3,0–2,0–1,0–0,5 мм. Наличие прочной оболочки гарантировало целостность и прочность полученного листового композиционного материала для всех образцов. При обжатии не менее 50 % в первом проходе горячей прокатки происходят большие сдвиговые деформации частиц медного порошка под давлением. Осуществляется уплотнение частиц меди между собой и медного порошкового наполнителя с листовой оболочкой из медного сплава. Применение обжатия менее 50 %, как показывают экспериментальные данные, не позволяет достичь требуемого результата. Обжатие более 50 % нецелесообразно, так как связано с дополнительными технологическими проблемами. Обжатие во втором проходе составило 30...40 %. Использование меньшего значения обжатия во втором проходе оказалось безрезультатным, а большего – технологически неоправданным. Для оценки механических свойств полученных заготовок измеряли микротвердость четырех образцов композиционного материала на приборе ПМТ-3 при нагрузке на индентор 0,490 Н (50 гс). Установлено, что изменение времени легирования от 100 до 400 ч не приводит к существенному изменению микротвердости. При этом микротвердость всех образцов, содержащих РЗМ, равна 19,5...28,5 НV, что выше микротвердости чистой меди (оболочки) в 2–3 раза. Для анализа механических характеристик полученных композиционных материалов Cu + РЗМ проведены испытания на статическое растяжение. Для снятия остаточных напряжений образцы подвергали отжигу при температуре 550 °С в течение 30 мин. Механические свойства образцов № 3, 4 и 5, такие как $\sigma_{0,2}$, σ_b , δ , существенно ниже, чем для образца № 1, вероятно, из-за большей толщины стенки контейнера, и образца № 6 – из-за отсутствия добавок РЗМ. Таким образом, изменения состава порошков и времени механолегирования (образцы № 3, 4 и 5) не оказывают значительного влияния на предел прочности и пластичность. В процессе отжига всех образцов происходит уменьшение остаточных напряжений. При этом прочностные характеристики сплавов снижаются в ~2 раза при одновременном возрастании пластичности.

Результаты исследований свидетельствуют о возможности получения композиционного материала на основе меди с добавками редкоземельных металлов методом механолегирования с последующей прокаткой. Экспериментально полученный материал после отжига имеет удовлетворительные механические свойства: предел прочности $\sigma_b = 50$ МПа, предел текучести $\sigma_{0,2} = 45$ МПа.

Список использованных источников

1. Котов, С.А. Получение композиционного материала с редкоземельными металлами методом прокатки / С.А. Котов, А.Н. Бурлова, Е.Д. Зверева // Заготовительные производства в машиностроении. – 2018. – №3. – С. 134–136.
2. Третьяков, Ю.Д. Введение в химию функциональных материалов / Ю.Д. Третьяков, А.В. Гудилин. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2006. – 125 с.
3. Способ получения листовых заготовок из алюминиевого порошка: Пат. 2206430 РФ, МПК7 В22Р 3/18. / М.М. Ванинский. – Оpubл. 20.06.2003.