

УДК 621.002.3

СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ В МАТЕРИАЛЕ ИЗ СТРУЖКИ МЕДИ С ДОБАВКАМИ АЛЮМИНИЯ, ОЛОВА, СВИНЦА И КРЕМНИЯ

Сапарова А.С., Кабыкин И.Н.

Научный руководитель – доцент Аникина В.И., асс. Сапарова А.С.

Сибирский федеральный университет

Создание новых материалов, с заданным уровнем свойств, является постоянной задачей, стоящей перед материаловедами и технологами в металлургической, машиностроительной и других отраслях промышленности. Порошковая металлургия занимает значительное место в решении этой проблемы. Одним из направлений в той отрасли является развитие технологии получения материалов, полуфабрикатов и готовых изделий из стружки, являвшейся до последнего времени отходами машиностроительного и металлургического производства, в котором продолжают образовываться вторичные металлы и металлосодержащие отходы – стружка, опилки.

Традиционными способами переработки (утилизации) стружки является правильный передел, но этот способ считается низкоэффективным из-за следующих факторов: повышенный угар металла; снижение на 10-15% производительности металлургических агрегатов; удалённость металлургических заводов, осуществляющих переплав стружки, от мест её образования; недогрузка вагонов при перевозке стружковых отходов составляет 20-40% .

Эти недостатки могут быть сведены к минимуму при переработке стружковых отходов методом порошковой металлургии, эффективность которого обусловлена следующими факторами: исключением угара металла; отсутствием газопылевых выбросов; трансформацией стружки в мелкокусковой лом и отходы.

Целью данного исследования является изучение структурообразования стружковых материалов для расширения диапазона их применения при разных условиях эксплуатации.

Для изготовления образцов использовали медную стружку марок М2, М3 и вводили стружку легирующих элементов: алюминия, свинца, олова, порошок кремния.

Пресс-изделия получали следующим образом: компактирование производили на вертикальном гидравлическом прессе. Предварительно, перед каждой серией прессования пресс-форму смазывали порошком графита. Этот порошок применяли для уменьшения трения прессуемой стружки о стенки пресс-формы. После компактирования получались прессовки в форме цилиндра.

Схема изготовления изделий выглядела следующим образом. Сначала загружали исходную смесь в контейнер диаметром 40 мм и производили предварительное обжатие при комнатной температуре (нагрузка 3-5т). Далее производили горячее прессование при температуре 500°C и нагрузке 200 МПа в течение 5 минут. Полученные после этого прессовки нагревали до 950°C и производили горячую экструзию. Оснастка для экструзии при этом также нагревалась до температуры 500 °С.

Шлифы изготавливали по поперечному сечению образца. Съёмку микроструктуры производили на оптико-компьютерной установке, в которую входят: НЕОРНОТ - 32 (для изучения микроструктуры), видеокамера, компьютер. В данной работе проводились измерения микротвёрдости образцов по всей поверхности. Для измерения микротвёрдости использовался прибор ПМТ-3 при увеличении 300 крат.

Измерения проводились вдавливанием четырёхгранной пирамидки при нагрузке 50 г (0,490 Н) в соответствии с ГОСТ 9450-76. Достоверность полученных результатов обеспечивалась замером микротвёрдости в 10 точках, находящихся на одном уровне от

поверхности образца. Исследуемые образцы подвергались измерению твёрдости методом Бринелля (ГОСТ 9012-59).

Анализ микроструктур полученных образцов проводили на стружке после горячей экструзии и дополнительного отжига.

Структурообразование материала из стружки меди с добавкой алюминия: взаимодействие алюминия с медью при нагреве под горячую экструзию происходит через жидкую фазу. В результате этого взаимодействия участки бывших стружек алюминия насыщаются медью и кристаллизуются (ещё до нагрева под горячую экструзию) вследствие повышения температуры плавления составляющих. Данные области материала имеют сложный фазовый состав. По мере обогащения этих областей медью (в результате диффузии) происходит смещение состава, образующихся фаз более богатых медью. При анализе микроструктуры образцов на месте бывших стружек алюминия были выявлены кристаллы α -твёрдого раствора и эвтектоида ($\alpha+\gamma$), который образовался при распаде β -фазы (рис.1).

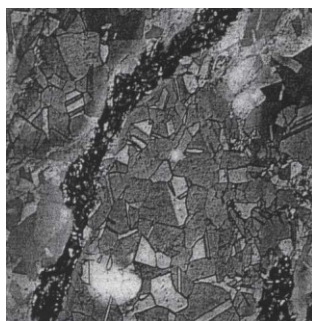


Рис. 1. Микроструктура прессованного полуфабриката из медной неотожжённой стружки с добавкой 2% алюминия, $\times 200$

Таким образом, образуется материал, состоящий из основы (меди) и твёрдых включений, на границы этих включений с медью образуется переходная зона. Состав этих включений схож с составом алюминиевых бронз.

Структурообразование материала из стружки меди с добавками свинца и олова. Из диаграммы состояния Cu-Pb следует, что медь и свинец практически не растворяются друг в друге при разных температурах, между ними не происходит взаимодействия. Но в процессе горячей экструзии происходит расплавление свинца, причём температура горячей экструзии значительно превышает температуру плавления свинца. Следовательно, свинец при экструзии равномерно распределяется по объёму изделия. Заполняя все микропоры (рис.2, а). Материал становится более мелкозернистым, но при этом наблюдается разнотернистость.

Из диаграммы состояния системы Cu-Sn следует, что в этой системе, так же, как и в системе Cu-Pb, протекают процессы с участием жидкой фазы. Взаимодействие исходных компонентов между собой во многом определяется величиной стружки олова. Во время нагрева под экструзию происходит расплавление олова, и через жидкую фазу диффузионные процессы протекают интенсивнее. По мере насыщения медью олова происходит переход из твёрдо-жидкого состояния в твёрдое, т.е. образуется твёрдый раствор на основе меди (рис.2, б). На границе медь-олово образуется диффузионная зона, обеспечивающая хорошее сопряжение стружек.



Рис. 2. Микроструктура прессованного полуфабриката из медной неотожжённой стружки с добавками: а) - 2% Pb; б) - 2% Sn, x200

Структурообразование при получении композиционных материалов на основе медь-кремний носит сложный характер. Температуры плавления исходных компонентов этих материалов значительно превышают температуру нагрева под горячую экструзию. При нагреве под экструзию в зоне контакта меди и кремния за счёт контактного эвтектического плавления образуется расплав на их основе. Скорость диффузии кремния в меди определяется скоростью диффузии кремния в твёрдой меди. В момент горячей экструзии в структуре заготовки остаётся фаза, которая может при приложении внешней нагрузки выделяться в свободном виде. В результате этого получается, что содержание кремния в конечном продукте не соответствует содержанию кремния в исходном материале. Участки твёрдого раствора кремния в меди имеют высокую твёрдость, и вследствие этого твёрдость материала в целом довольно высока.

В структуре полученного материала видны рекристаллизованные участки меди и нерекристаллизованные области твёрдого раствора кремния в меди. Несплошности между этими материалами отсутствуют (рис. 3).



Рис. 3. Микроструктура прессованного полуфабриката из медной неотожжённой стружки с добавкой 2% порошка кремния, x200

В данной работе была исследована возможность получения композиционных материалов из медной стружки путем добавления в нее различных по взаимодействию с медью веществ и материалов.

Выбор добавок осуществлялся по результатам анализа диаграмм состояния двойных систем - медь-легирующий элемент, а также составов существующих медных сплавов.

Исследования показали, что при получении композиционного материала из медной стружки с добавкой свинца отсутствуют поры, несплошности. Свинец практически не взаимодействует с медью, поэтому на процесс получения образцов из данных материалов не оказывают влияния такие параметры, как время и температура нагрева под экструзию. Получается однородная структура, состоящая из меди

и равномерно распределенных включений свинца. Свинец улучшает обрабатываемость резанием, в связи с чем полученный материал рекомендуется для деталей работающих на трения при небольших нагрузках.

В системах медь-олово, медь-алюминий структурообразование при получении композиционных материалов носит сложный характер. Во время нагрева под экструзию (а для олова и при нагреве под прессование) происходит расплавление олова и алюминия и взаимодействия их с медью. Вследствие того, что они находятся в расплавленном состоянии, взаимодействие проходит довольно быстро. Олова в чистом виде почти не остается совсем, они образуют с медью твердые растворы на ее основе, а также промежуточные фазы, соответствующие диаграммам состояния рассматриваемых систем. Добавка алюминия повышает коррозионную стойкость, антифрикционные качества, в связи с чем данный материал рекомендуется использовать для изготовления деталей работающих на истирание.

Структурообразование при получении композиционных материалов из стружки меди и порошка кремния носит сложный характер. Температуры плавления исходных компонентов этих материалов значительно превышают температуру нагрева под горячую экструзию, при которой в зоне контакта медь-кремний образуется расплав на их основе. Порошок кремния хорошо растворяется в меди, равномерно распределяется по объему заготовки и образует твердый раствор, обладающий высокой пластичностью. Полученный композиционный материал подходит для всех видов обработки давлением. А также может быть использован для изготовления деталей в морском судостроении, так как кремний улучшает антикоррозионные свойства меди.

Полученные композиционные материалы имеют довольно высокую твердость. Электропроводность и теплопроводность этих материалов не должна сильно снижаться по сравнению с чистой медью, так как добавление таких элементов, как железо, алюминий, кремний, олово, свинец невелико.

Полученные материалы обладают рядом уникальных особенностей, отличающих их от других металлов и сплавов: высокой электропроводностью и теплопроводностью, коррозионной стойкостью, высокими упругими свойствами. Поэтому области применения медных полуфабрикатов весьма разнообразны.