

ГРАФИТСОДЕРЖАЩИЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МАТРИЦ СЛиПП

**Чупров И.В., Безруких А.И., Морозов А.В., Мельников Д.А.,
Галютин С.С., Соколов Р.Е.**

**Научный руководитель: д.т.н., профессор Мамина Л.И.,
д-р. техн. наук, профессор Сидельников С.Б., к.т.н., доцент Баранов В.Н.**

Сибирский федеральный университет

В процессах совмещенного литья и прокатки-прессования (СЛиПП) применяемая пресс-матрица должна удовлетворять высоким технологическим требованиям: повышенная износостойкость, прочность на сжатие, высокая рабочая температура (500 - 650 °С). Чаще всего для таких целей используются высоколегированные инструментальные стали или твердосплавы типа ВК (системы W-Co). Эти материалы являются очень дорогими и не обладают достаточными антифрикционными свойствами. В целях экономии материала и снижения стоимости пресс-матрицы, в работе исследовалась возможность применения сменной композитной антифрикционной вставки в районе обжимного пояса.

Антифрикционные композиты, полученные классическими методами порошковой металлургии, путем предварительного холодного прессования и последующего спекания, не удовлетворяют данным технологическим требованиям. Например, бронзографит марки ПА-БрОГр4 (9-11% олова; 3-4,5% углерод; остальное – медь) обладает следующими свойствами: твердость 200 НВ, рабочая нагрузка до 6 МПа, температура не выше 150 °С [1]. Тогда как для исследуемого процесса СЛиПП алюминиевых сплавов давление на пресс-матрицу (рис.1) доходит до 800 МПа, требуемая твердость составляет 300 – 350 НВ, рабочая температура около 500 - 650 °С. Низкие физико-механические свойства бронзографита данной марки в первую очередь объясняются высокой пористостью композита (20 – 28%).



Рисунок 1 – Пресс-матрица, применяемая для СЛиПП алюминиевых сплавов

Получить беспористый и бездефектный материал, удовлетворяющий данным технологическим условиям можно с применением технологии штамповки, при которой осуществляются следующие этапы: 1) выбор состава и предварительная подготовка порошковых материалов; 2) холодное прессование порошковой смеси; 3) спекание образцов при температуре $0,7 - 0,8T_{пл}$ основного компонента; 4) горячая допрессовка образца до необходимой плотности (непосредственно штамповка порошкового материала); 5) механическая обработка и получение готового изделия.

За основу графитсодержащей композитной вставки (рис. 2) была выбрана композиция на основе меди и активированного графита марок ГЛ-1 и ГЛС-2. Целью проводимых экспериментов являлось нахождение наиболее оптимальных технологических режимов штамповки медно-графитовых порошков, оптимального соотношения меди к графиту и выбор оптимального времени активации медно-графитового композита, при котором сохранялись как высокие физико-механические свойства медной основы (твердость, прочность), так и высокие антифрикционные свойства композита, за счет включений графита в металлической основе. При этом за счет высокой теплопроводности меди и графита, а, следовательно, большей скорости теплоотвода, в месте контакта композитной вставки с горячим алюминиевым бруском, снизится вероятность достижения критических для данного композита температур, т.е. возрастет срок службы данной медно-графитовой вставки. К тому же высокие антифрикционные свойства образца (по сравнению с материалом пресс-матрицы) позволят снизить необходимые усилия прессования и повысить качество поверхности прессуемого изделия (алюминиевого прутка).

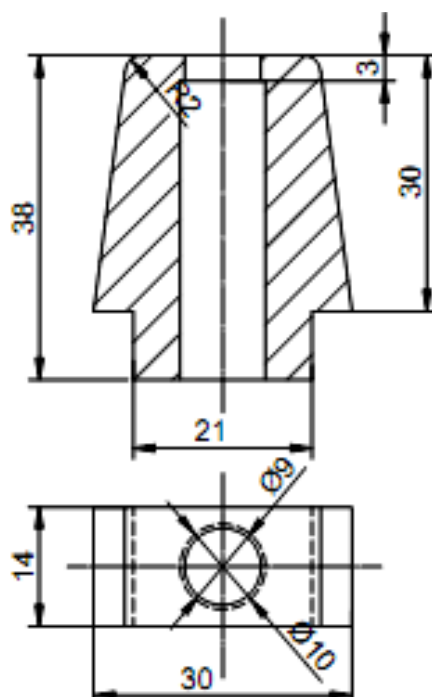


Рисунок 2 – Чертеж медно-графитовой вставки

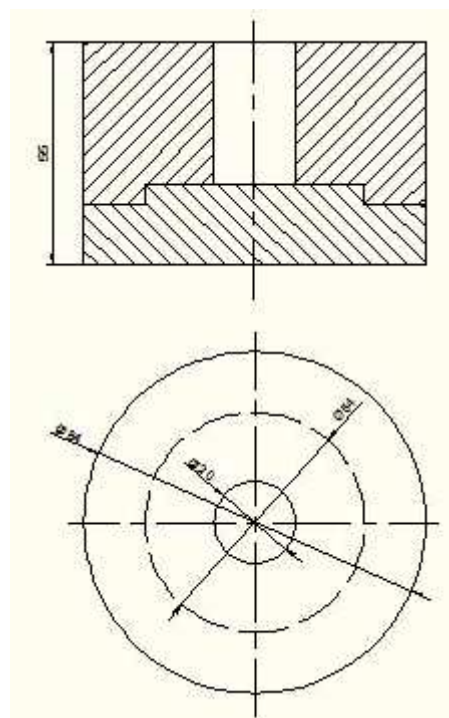
На первом этапе работы была приготовлена смесь медного и графитового порошков в различном соотношении компонентов. Порошок подвергли механоактивации в центробежно-планетарной мельнице АГО-2. Известно, что механоактивированные вещества характеризуются термодинамической неустойчивостью, меняются их термодинамические потенциалы (свободная энергия,

энтальпия, энтропия) вследствие структурных преобразований [2, 3]. При этом частицы, находящиеся в поверхностном слое твердого тела, обладают некоторой избыточной энергией (за счет большого скопления дислокаций и различных поверхностных дефектов) и в результате поверхностный слой, находясь в упруго напряженном состоянии, обладает большим запасом потенциальной энергии, чем внутренние слои. За счет поверхностной избыточной энергии происходит более активное физико-химическое взаимодействие частиц порошка при холодном прессовании, что значительно повышает однородность композита, а значит и его физико-механические свойства. К тому же, как было показано Ф.В. Ленелом [4] начальные стадии процесса спекания порошков осуществляется не за счет диффузионного переноса материала, а за счет его пластического деформирования вследствие дислокационного переноса, т.е. механоактивация должна интенсифицировать процесс спекания, за счет наличия на поверхности активированных частиц порошка большого количества свободных дислокаций.

Холодное прессование порошков, а также их горячую допрессовку после спекания осуществляли в специально разработанных пресс-матрицах (рис. 3,4). При этом готовые образцы представляли собой цилиндрические «таблетки» диаметром 20 мм и высотой 4-7 мм.



а



б

а – общий вид,
б – чертеж пресс-матрицы

Рисунок 3 – Пресс-матрица для прессования медно-графитового композита

Спекание образцов осуществляли при температуре 750-800 °С в течение 8-15 мин под слоем кристаллического графита (ГЛ-1), для того, чтобы предотвратить окисление меди и выгорание графита в образце. Данный защитный слой при выгорании создавал вокруг образца избыточную концентрацию СО, который и защищал медно-графитовый композит от окисления.

У полученных образцов определяли твердость и микротвердость поверхности. Полученные результаты, а также составы и технологические режимы получения медно-графитовых композитов приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты экспериментальных исследований

№	Состав композиции, %			Усилие холодного прессования , т	Темпера- тура спекани- я, °С	Время отжига, мин	Усилие горячей допрессо- вки, т	Тверд- ость, НВ
	Cu	ГЛ-1	ГЛС-2					
1	96	3	1	7	740	12	26	63,9
2	96	1	3	11,2	800	8	40	76
3	96	2	2	8,2	770	10	30	68

Применение метода штамповки с механоактивацией композиционных материалов позволило значительно снизить пористость и повысить однородность прессуемых композитов. При этом за счет более равномерного внедрения графитовых частиц в металлическую матрицу меди (вследствие, повышения активности исходных материалов) удалось снизить влияние графитовых включений на поверхностную твердость материала, тем самым повысив эксплуатационные характеристики медно-графитовой композитной основы.

В дальнейшем, моделирование эксперимента на основе многофакторных нейронных сетей в комплексе с дополнительным введением в медно-графитовую основу легирующих компонентов (Ti, Ni, Zn, Sn) позволит оптимизировать технологический режим штамповки композитов и подобрать наиболее оптимальный состав композита, обеспечивающий необходимые технологические свойства изделия.

Список использованных источников:

1. ГОСТ 26719-85 Материалы порошковые антифрикционные на основе меди. Марки. – Введ. впервые; дата введ. 19.12.1985. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. – 76 с.
2. Молчанов В.И. Активация минералов при измельчении: науч. изд. / Молчанов В.И., Селезнева О.Г., Жирнов Е.Н. – М.: Недра, 1988. – 208 с.
3. Мамина Л.И. Теоретические основы механоактивации формовочных материалов и разработка ресурсосберегающих технологических материалов процессов в литейном производстве: Дисс. докт. техн. Наук. – Красноярск, 1989. – 426 с.
4. Порошковая металлургия материалов специального назначения / под ред. Дж. Барка, В. Вейса. – М.: Металлургия, 1977 – С. 107-127.