

В. В. ОВЧИННИКОВ, ПО "ММЗ",  
А. П. ЛАСКОВНЕВ, А. Т. ВОЛОЧКО,  
Ж. Е. МАКАРОВА, ФТИ НАН БЕЛАРУСИ

## ПРОИЗВОДСТВО АЛЮМИНИЙ-ГРАФИТОВОЙ ЛИГАТУРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТРУЖЕЧНЫХ ОТХОДОВ

УДК 621.762

Создание алюминий-графитового подшипника, заменившего медьсодержащие сплавы в двигателестроении [1], поставило вопросы о расширении сферы применения изобретения, использовании в технологии производства втулок скольжения еще более простых материалов и приемов.

На Минском моторном заводе с 1992 г. используется композиционный алюминий-графитовый материал (патент РБ № 643), позволивший заменить дорогостоящие бронзы как материал для двух деталей двигателя — втулки передней распределительного вала и втулки-шестерни привода топливного насоса. Небольшими партиями производится выпуск втулок скольжения для шестеренчатых насосов типа НШ четырех видов. Номенклатуры узлов трения, в которых установлены втулки скольжения из алюминий-графитовых материалов, постоянно увеличиваются.

Втулки скольжения производятся с применением методов порошковой металлургии и литья. Приемы порошковой металлургии используются для производства алюминий-графитовой лигатуры. Согласно ГОСТ 30598, для производства алюминий-графитовой лигатуры применяют порошки алюминия типа ПА3, ПА4, а также другие порошки алюминия и его сплавов с размером частиц от 10 до 500 мкм, составляющих не менее 97%

объема, содержащие легирующие компоненты (кремний, магний, медь, оксид алюминия и др.) при активном содержании алюминия от 90 до 99 мас.%, а также порошки графита с пониженной зольностью типа графита для изготовления активных масс щелочных аккумуляторов ГАК-1, ГАК-2, ГАК-3 (ГОСТ 10273), графита специального малозольного ГСМ-2 (ГОСТ 18191).

В настоящее время импортируемые алюминиевые порошки по цене все более приближаются к медным. Коллектив авторов ПО "Минский моторный завод" и Физико-технического института НАН Беларуси разработал технологию производства алюминий-графитовой лигатуры с использованием стружечных отходов алюминиевых литейных сплавов. Технологией предусмотрено использование стружки литейных алюминиевых сплавов АК5М4 и АК5М7 (ГОСТ 1583), являющихся в дальнейшем матричными сплавами подшипников скольжения.

Началу размолу стружки должны предшествовать магнитная сепарация и мойка. Для очистки отходов применяется вибрационный метод. Металлоотходы непрерывно засыпаются на вибрационный стенд, состоящий из наклонно закрепленной решетчатой камеры с вибровозбудителем. Над камерой закреплена система душей, с помощью которых осуществляется непрерывное ороше-

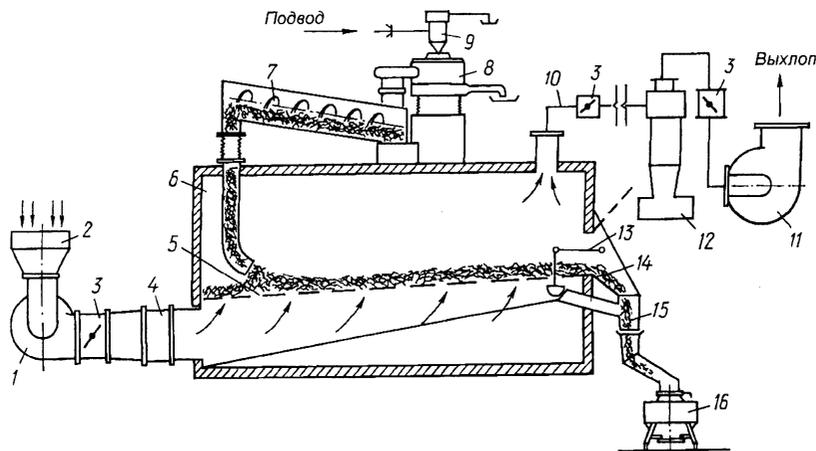


Рис. 1. Линия сушки стружки в кипящем слое: 1 — вентилятор наддува; 2 — всасывающий фильтр; 3 — задвижки; 4 — электрокалорифер; 5 — перфорированная решетка; 6 — аппарат сушилки; 7 — шнковый транспортер; 8 — водоотделитель; 9 — гидrocиклон; 10 — воздуховоды; 11 — вытяжной вентилятор; 12 — циклон; 13 — клапан выгрузки; 14 — переливной порог; 15 — патрубок выгрузки; 16 — бункер

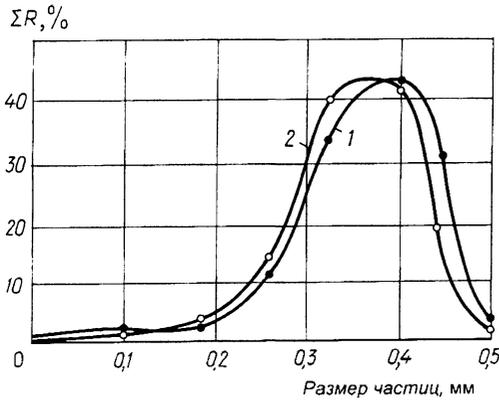


Рис. 2. Зависимость процентного содержания фракций от среднего размера ее частиц при размоле стружечных отходов: 1 — АК5М4; 2 — АК5М7

ние металлоотходов обезжиривающим раствором, содержащим тринатрийфосфат, кальцинированную соду, едкий натр и эмульгатор ОП-10. Металлоотходы промываются, при этом отработанная жидкость переливается в приемный бак, установленный под наклонной камерой. Бак разделен на два отсека для многократного использования моющей жидкости. Загрязнения собираются на поверхности жидкости и после ее отстоя удаляются из первого отсека. Из второго отсека происходит забор чистой моющей жидкости.

Из первой наклонной камеры металлоотходы попадают во вторую камеру аналогичной конструкции, где орошение производится сначала горячей, затем холодной водой. Сушка отмытых металлоотходов осуществляется в третьей камере, где смонтирована линия сушки (рис. 1). Через проемы наклонно установленного днища камеры вдувается горячий воздух температурой 90—95 °С. Разработанная схема обработки металлоотходов позволяет очищать их до содержания остаточных загрязнений не более 0,1%.

Вымытые металлоотходы подаются на размол. Однако магнитную сепарацию и мойку стружки можно не проводить, если аккуратно складировать стружечные металлоотходы на каждой операции, где не применяются СОЖ при обработке резанием.

Размол стружечных отходов алюминия и его сплавов, имеющих высокие показатели пластичности, затруднен, так как частицы стружки сплющиваются, а не разрушаются. В зависимости от комбинации усилий, например раздавливание и удар (при получении крупных частиц), истирание и удар (при тонком измельчении), в наиболее слабых местах тела образуются замкнутые или начинающиеся на поверхности мельчайшие трещины. При прекращении внешнего воздействия трещины под воздействием молекулярных (межатомных) сил могут смыкаться (самозаживляться) и тело претерпевает лишь упругую деформацию. Разрушение происходит в том случае, если

трещины настолько увеличиваются, что пересекают твердое тело по всему сечению в одном или нескольких направлениях.

При использовании мелющих тел на основе твердых сплавов и сталей происходит загрязнение получаемого порошка элементами сплава, так как частицы алюминия покрыты одним из сильнейших абразивов ( $Al_2O_3$ ).

Присутствие в составе выбранных сплавов кремния упростило задачу размельчения — в качестве устройства размола была выбрана мельница барабанная двухкамерная с общим объемом 60 л. Мелющими телами определены цилиндры диаметром 19 мм и длиной 30 мм. Общая масса загрузки для одной камеры — 55 кг, масса мелющих тел — 12,5 кг. На рис. 2 показаны кривые суммарных фракций после 2 ч размола стружки сплавов АК5М4 и АК5М7.

Как видно из рисунка, преобладающими являются фракции (–05 + 025). Размол может производиться в присутствии порошка графита. При этом происходит сухое смешивание получающегося порошка сплава алюминия с графитом, таким образом, одновременно происходит приготовление шихты для последующего холодного прессования брикетов. Брикет представляет собой спрессованный цилиндр, состоящий из сплава алюминия 90 мас.%, остальное графит. Плотность брикета 85—90%. Обеспечено механическое сцепление частиц сплава алюминия с графитом, брикет должен сохранять целостность при падении с высоты не менее 1,2 м.

Следующая операция — горячее экструдирование прутков лигатуры. Этой операции предшествует нагрев брикета до температуры 470—500 °С. Температура нагрева выбирается по нескольким критериям, главным из которых является обеспечение минимального количества поперечных и продольных трещин и разрывов. Лигатуру производят в виде прутков интенсивным пластическим деформированием (с большим обжатием и скоростью деформации) [2]. Применяемые сплавы являются литейными с широким диапазоном жидкотекучести, выделение тепла при прессовании доводит температуру поверхностных слоев получаемого прутка до точки ликвидуса, что обеспечивает получение поверхности прутка, близкой к зеркальной.

Полученная таким образом лигатура вполне конкурентоспособна по сравнению с изготавливаемой из порошков алюминия типа ПА3, ПА4. К тому же если применять стружку матричных сплавов, не нужно корректировать химический состав сплава подшипника.

## Литература

1. Ласковнев А. П., Волочко А. Т., Данильчик И. К. Перспективный материал для пар трения // Техника, экономика, организация. 1999. № 2. С. 24—25.
2. Ласковнев А. П. Современные малоотходные технологии производства порошковых композиций на основе алюминия // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. 1998. № 4. С. 53—59.