

# ОСНОВНЫЕ ПУТИ ЭФФЕКТИВНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ ОТХОДОВ (СТРУЖКА, ШЛАКИ)

*Астапчик С.А., Волочко А.Т. Физико-технический институт НАН Беларуси,  
Овчинников В.В. УП «Минский моторный завод»*

В связи с отсутствием в Республике Беларусь сырьевой базы, весьма перспективным является использование вторичных ресурсов. Проблема переработки отходов алюминиевых сплавов состоит не только в постоянно увеличивающихся объемах их образования и вывоза шлака в отвалы, но и в отсутствии действующих комплексных технологий позволяющих более эффективно их использовать. При рациональном построении технологической цепи, включающей сбор, классификацию и подготовку стружечных отходов, есть возможность получать не только вторичные сплавы соответствующие по химическому составу и механическим свойствам ГОСТ 1583-93, но и существенно расширить область их применения, обеспечивая при этом:

- повышение эксплуатационных свойств изделий, замену более дефицитных и дорогостоящих материалов;

- снижение себестоимости и повышение коэффициента использования материала;

- экономию энерго- и материальных ресурсов.

Обладая рядом ценных свойств, алюминий и его сплавы могут быть использованы в качестве основы при получении ответственных изделий машиностроения, как матричный наполнитель при получении композиционных материалов, как добавки при получении керамических материалов, а также использоваться в качестве газообразователя при изготовлении пористых материалов [1].

Проблема использования алюминиевой стружки в производстве ответственных изделий машиностроения усугубляется тем, что:

- для приготовления сплавов основного производства требуется минимизировать содержание в них железа, т.к. поставки первичных алюминиевых сплавов в последнее время осуществляются уже с максимально допустимыми пределами примесей по железу;

- внедрение технологии получения биметаллических поршней с упрочняющей вставкой требует специальных способов отделения материала нирезиста Fe–13Ni–7Cu из стружки;

- при переплаве стружки, загрязненной маслом и СОЖ, выход годного составляет не более 60–70%. Вместе с тем, увеличение металлургического выхода на 5% в масштабах РБ увеличивает долю извлеченного металла на 100 тонн в год, что эквивалентно примерно 250 млн. руб. в год;

- при использовании неотожженной стружки при переплаве и в производстве лигатур существует опасность их возгорания при нагреве.

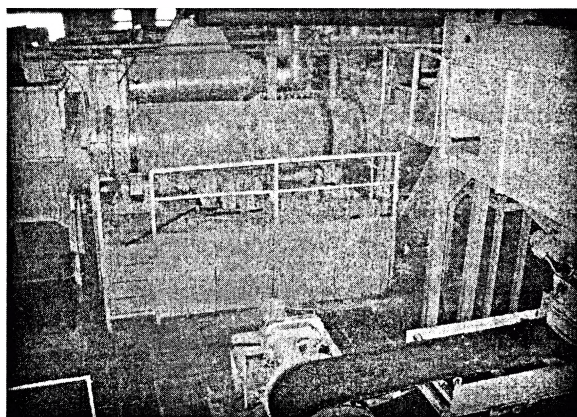
При этом организация безокислительной сушки стружки (рис. 1) необходима для удаления примесей, в т.ч. для извлечения методом магнитной сепарации железосодержащих частиц, а также формирования поверхности и структуры дискретных алюминиевых частиц для дальнейшей переработки. Кроме того, на этом этапе закладываются минералогические свойства шлака при его использовании в качестве добавок огнеупорных керамических материалов.

Осуществление сушки в определенном температурно-временном режиме (573–623 К в течение 30 мин) позволяет повысить коэффициент использования металла при переплаве до 0,9–0,95, и добиться диспергирования стружки в порошок необходимых размеров при минимальных затратах.

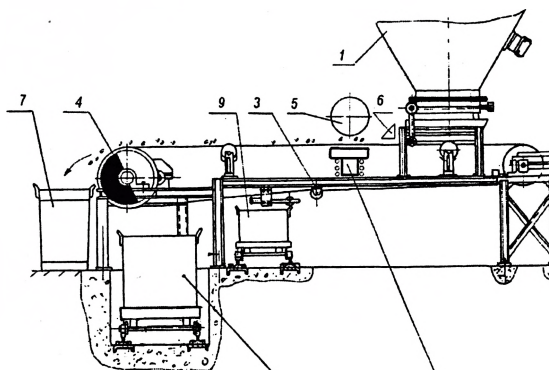
Получение алюминиевого порошка из стружечных отходов механическим диспергированием в сравнении с получением порошка распылением из расплава является более экономически выгодным. В этом случае расход удельных энергозатрат сокращается более чем в 2 раза и не требуется плавильное оборудование. Эффективным на первом этапе является диспергирование стружки до размера частиц менее 315–500 мкм в дисковых мельницах со скоростью вращения рабочих органов не более 8–10 м/с, что позволяет проводить процесс без налипания алюминия (рис. 2). При этом удельный расход электроэнергии составляет 0,40–0,46 кВт/час, что в 1,5–2 раза меньше чем в шаровых гравитационных мельницах.

Для безопасного осуществления процесса домола алюминиевых порошков до размера менее 10–15 мкм и получения алюминиевых паст (газо-

образователя) процесс осуществляют в жидкой среде в бисерных мельницах с добавлением по-  
рассматриваются с учетом его состава, свойств и назначения.

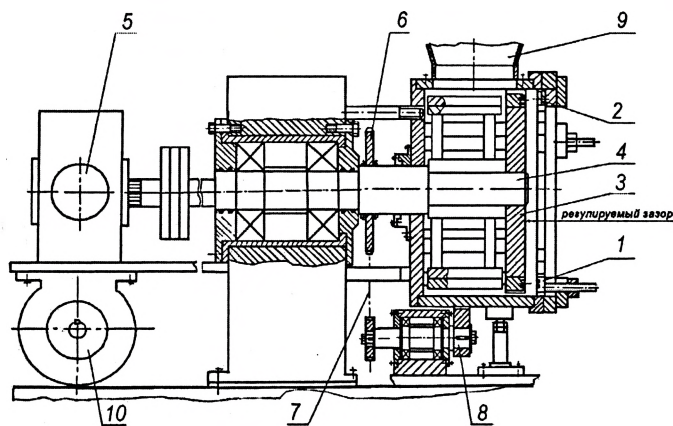


а

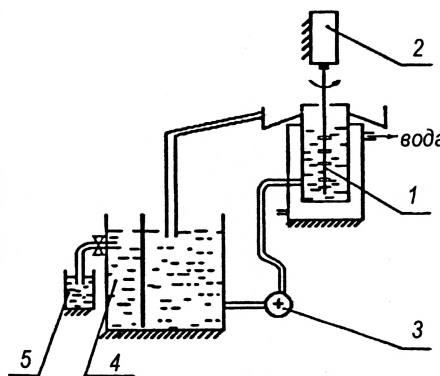


б

Рис. 1. Подготовка алюминиевой стружки: а — комплекс сушки стружки, б — устройство сепарации магнитных и слабомагнитных включений (нирезиста) в алюминиевой стружке (1 — бункер 2,5 — встряхиватель; 3 — транспортер; 4 — магнитный сепаратор; 6 — целевой дозатор; 7–9 — тара)



а



б

Рис. 2. Измельчение алюминиевой стружки: а — схема устройства для измельчения (1 — винтовой регулятор зазора; 2 — неподвижный жернов, 3 — фреза-жернов, 4 — несущий вал, 5 — редуктор, 6 — звездочка, 7 — цепная передача 8 — кулачок, 9 — загрузочный бункер, 10 — двигатель); б — схема доизмельчения в бисерной мельнице (1 — мельница, 2 — привод, 3 — циркулярный насос, 4 — приемный бак, 5 — емкость для отбора готовой продукции)

верхностно-активных веществ в виде ускорителей помола и ингибиторов коррозии [2].

Проведенный анализ проблемы повышения эффективности переработки стружечных отходов и создание новых материалов и процессов их получения позволили определить два технологических маршрута получения полуфабрикатов и изделий (рис. 3), включающие переплав с получением слитков и алюминиевого порошка, а также механическое диспергирование стружки до получения порошка, паст, композиционных материалов. При этом выбор технологического маршрута изготовления изделий, требования к каждой из операций

Среди многообразия разработанных способов получения композиционных алюминиевых изделий в твердом, твердожидком и жидкофазном состоянии, каждый их них имеет свои области применения [1].

Так жидкофазным спеканием порошков и экструдированием при температуре жидкого азота возможно получать самосмазывающиеся изделия из композиционных алюминиевых материалов (КАМ) с включениями как твердой, так и жидкой смазки. Горячим экструдированием заготовок были получены лигатуры с содержанием несмазываемых дисперсных частиц до 10–15 мас.% для их

введения в расплав и изготовления в дальнейшем дующем нагреве выше температуры 973–993 К, изделий различными методами литья, а также по- что не позволяет повысить прочностные характе-

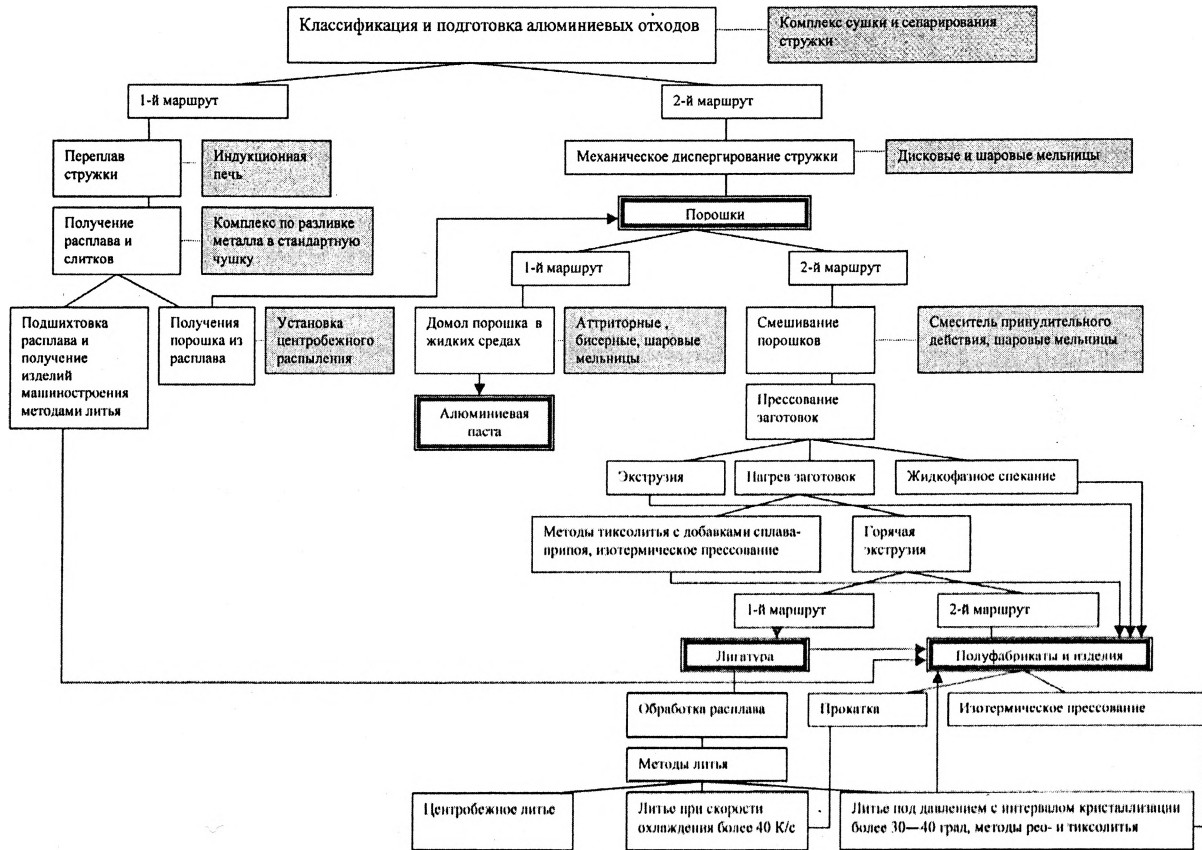


Рис. 3. Технологические схемы получения алюминиевых изделий с использованием алюминиевых отходов

лучены полуфабрикаты в виде вставок (например, токопроводящих электроконтактов для трения по меди), заготовки для последующей их обработкой давлением. Применение литейных заготовок в сравнении с порошковыми для последующей обработки давлением имеет ряд преимуществ, связанных с возможностью их бездефектного деформирования (например, последующей прокаткой, ковкой). Литьем при скорости охлаждения более 40 К/с возможно получать заготовки, которые наряду с возможностью деформирования без нарушения сплошности могут подвергаться тиксоли- тью и термообработке (детали цилиндро-порш- невой группы, литые диски и др.), что значительно повышает механические свойства КАМ.

По критерию стоимость/качество литье под давлением характеризуется наименьшей стоимо- стью отливки, которая на 40% ниже, чем при жидкой штамповке. Существенным недостатком технологии литья под давлением являются пор- истость и вспучивание материала при после-

ристики в процессе термообработки. Вместе с тем, с использованием этого процесса получены сплавы антифрикционные с порошковым напол- нителем ГОСТ 30598-98, что позволило органи- зовать выпуск подшипников скольжения в Рес- публике Беларусь объемом более 10000 шт. в год.

Однако использование данной технологии име- ет и свои ограничения. Для ответственных узлов трения, деталей работающих в более жестких температурно-скоростных условиях с ограничен- ной подачей смазки более предпочтительными являются порошково-деформационные техноло- гии, обеспечивающие сохранение стабильности свойств дисперсных частиц.

Так к примеру, при создании бескольцевого ша- туно-поршневого компрессора требуемый уро- вень его эксплуатации (потребляемая мощность, масса компрессора, виброшумовые характе- ристики и др.) были достигнуты на экструдиро- ванных заготовках подвергнутых изотермическому прессованию. Это характерно и при создании

КАМ для трения в вакууме, когда введение дисперсных частиц графита малоэффективно, а термическая стабильность сульфидов ограничена температурой экструдирования.

Для эффективного использования алюминиевого шлака при переплаве в газовых печах и извлечении металлического алюминия предложено вначале его обогащать путем механического диспергирования с одновременным отсевом крупных частиц, в которых сосредотачивается до 45–60 мас.%. алюминия. Процесс может осуществляться в грохотах (галтовочных барабанах) со специальным склизом, корпус которых выполнен в виде отверстий диаметром 12–15 мм. Организация участка комплексной переработки шлака на базе УП "ММЗ" (рис. 4) позволила дополнительно извлекать из обогащенного шлака до 50% металлического алюминия и использовать его для подшихтовки сплавов основного производства.

может применяться в качестве сырьевой массы для изготовления высокоглиноземистого цемента [3], используемого для жаростойких и быстротвердеющих бетонов при аварийных и ремонтных работах. В качестве компонента с добавками песка и др. элементов он может быть применен как заполнитель жаростойкого бетона. С использованием тонкомолотого заполнителя, масс % (шлак 70, песок 30), содержащего более 30% оксида алюминия и высокоглиноземистого цемента более 5–10%, были получены образцы огнеупора пористостью 25–30% с пределом прочности 25–30 МПа. При термостойкости 10 водных теплосмен их прочность составила 50–60% исходной [4].

Важным направлением использования алюминиевых шлаков является металлургическая промышленность. Так, термодинамические расчеты о газовом противодействии капиллярной фильтрации позволили рекомендовать металлический



Рис. 4. Участок по переработке шлака

Среди направлений утилизации и использования алюминиевых шлаков, содержащих значительное количество (до 70–90%) оксидов алюминия, кремния, магния, железа и др., являются металлургическая промышленность и производство строительных материалов (рис. 5).

По своему минералогическому составу алюминиевые шлаки близки к бокситам, поэтому шлак

шлак в качестве антипригарных покрытий форм, стержней для стального и чугуна литья [5–7]. Эффективность действия таких покрытий связана с газовыми затворами в их структуре, противодействующими проникновению расплава. По качеству покрытия не уступают противопопригарным краскам на основе маршаллита и цирконового концентрата, а по стоимости они существенно ниже.



В зависимости от фракционного состава алюминиевый шлак может быть использован как активаторов и обмазок футеровки тиглей для защиты

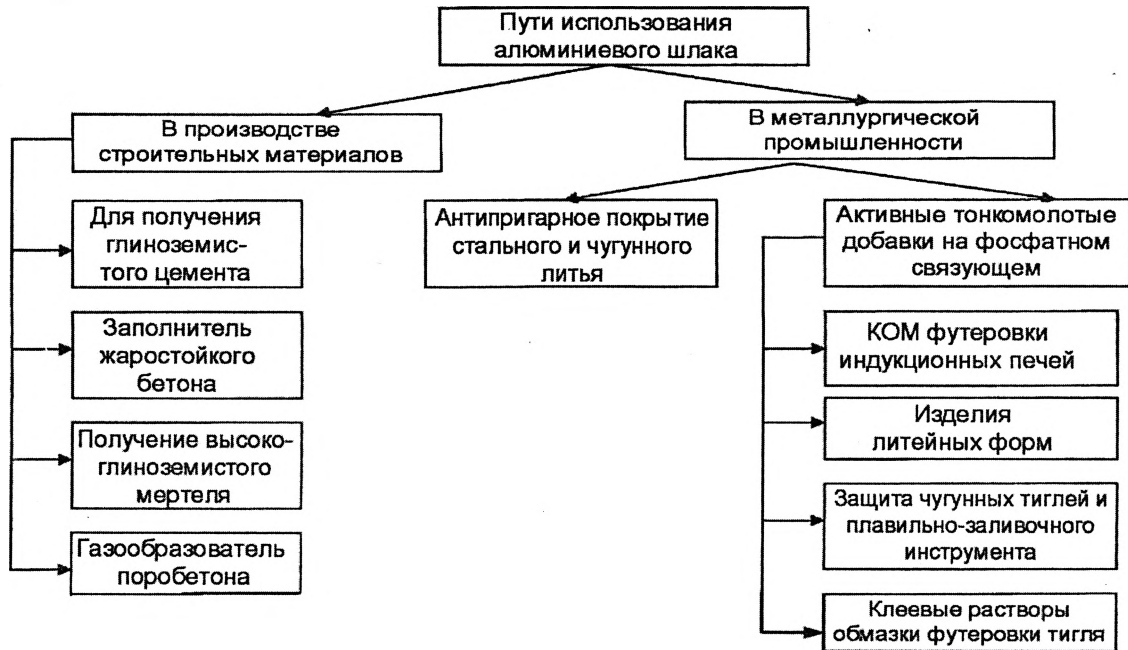


Рис. 5. Основные пути использования алюминиевого шлака

тивная тонкомолотая добавка на фосфатном связующем для производства КОМ, применяемых в литейном производстве алюминиевых сплавов [2]. Технология формования определяется назначением и условиями эксплуатации. Такие материалы отмечаются высокой термостойкостью и шлакоустойчивостью и нашли применение для футеровки индукционных печей, изделий литниковой системы (утеплители прибыли) [8], а также

чугунных тиглей и плавильно-заливочного инструмента.

Таким образом, наиболее эффективным является путь переработки шлака непосредственно на предприятии с использованием его (обогащенного алюминием) для переплава (высокотемпературная переработка) и получение керамических материалов для своего сопутствующего производства (рис. 5).

#### Литература

1. Волочко А.Т. Переработка и использование алюминиевых отходов в производстве порошков, паст, композиционных и керамических материалов – Минск: Бел. наука, 2006. – 302 с.
2. Волочко А.Т., Белов И.А., Бацевичус О.Г.-А. Исследование физико-химических процессов при нагреве жаростойких материалов на фосфатном связующем / Весці НАН Беларусі. Серыя фізіка-тэхнічных навук. – 2003. – №3. – С. 40–43.
3. Волженский А.В. и др. Минеральные вяжущие вещества. – М.: Стройиздат, 1986. - 488 с.
4. Волочко А.Т., Белов И.А. Использование отходов переработки алюминиевых сплавов (стружка, шлаки) в производстве строительных материалов // Архитектура и строительство. – 2005. – № 6. – С. 124–125.
5. Будников П.П., Ильин Д.З. Влияние нагревания гидравлических цементов на их механические свойства и линейные размеры // Цемент, №7, 1937.
6. Пирогов А.А. Огнеупорные бетоны и набивные массы// Труды III Всесоюзного совещания по огнеупорным материалам./ Москва, 1945.
7. Некрасов К.Д., Тарасова А.П. Жароупорные бетоны для полов горячих цехов// Строительная промышленность, № 4, 1952.
8. Ласковнѳ А.П., Волочко А.Т., Овчинников В.В., Макарова Ж.Е. Теплостойкие изделия, полученные с использованием полых керамических микросфер // Машиностроение и техносфера на рубеже XXI века: тез. докл. междунар. науч.-тех. конф.; Севастополь, 13–16 сент. 2001 г. / Донецкий ГТУ. – Донецк, 2001. – С. 259–261.