

УДК 621.74.669.715

Л.В. ТРИБУШЕВСКИЙ,
В.Л. ТРИБУШЕВСКИЙ, канд. техн. наук,
Б.М. НЕМЕНЕНОК, д-р техн. наук,
Г.А. РУМЯНЦЕВА, канд. техн. наук (БНТУ)

К ВОПРОСУ ВЫБОРА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЛАВКИ АЛЮМИНИЕВОЙ СТРУЖКИ

Современный этап развития машиностроения характеризуется увеличением объема производства отливок из алюминиевых сплавов, которые все чаще заменяют отливки из чугуна и стали. В связи с этим существенно увеличивается количество отходов из сплавов на основе алюминия. При механической обработке отливок, изготовленных литьем в кокиль, масса стружки может достигать 50 % от массы отливки [1], и поэтому во всем мире большое внимание уделяется вопросам переработки и дальнейшего использования стружки алюминиевых сплавов. На сегодняшний день нет универсального оборудования, которое позволяло бы оптимально перерабатывать разные виды сырья [2]. Алюминиевая стружка, как шихтовый материал, обладает рядом особенностей, которые необходимо учитывать при ее переплаве. Прежде всего, это материал с высокой удельной поверхностью на единицу массы, который легко окисляется и способен образовывать на поверхности легкую оксидную пленку с высокими физико-механическими свойствами [3]. Переплав такой шихты возможен различными способами, каждый из которых имеет свои отличительные особенности. Установка соответствующего плавильного оборудования имеет решающее значение для рентабельности производства. Однако при любом способе переплава стружки необходимо обеспечивать ее максимально быстрое замешивание в расплав. Последнее достигается за счет использования индукционных тигельных печей, отражательных пламенных печей ванного типа с цилиндрическими электромагнитны-

ми насосами (ЭМН) или центробежными насосами различной конструкции, а также роторных наклонных печей.

Несмотря на ряд достоинств индукционной плавки (отсутствие локального перегрева металла, незначительный угар компонентов сплава, гомогенность химического состава, относительная стабильность свойств сплава, легкость и широкий диапазон регулирования мощности), готовый расплав содержит значительное количество неметаллических включений и газов (преимущественно водорода). Удаление их связано с необходимостью рафинирования расплава, что удорожает процесс и, как правило, ухудшает санитарно-гигиенические условия труда [4].

В обычных индукционных тигельных печах схема движения металла подобна «двойному тору», где металл из центра печи нагнетается вверх к поверхности и течет вниз вдоль стенок тигля [2, 4]. В результате по внутреннему периметру центральной части тигля образуется застойная зона, которая способствует осаждению оксидных и других неметаллических включений, способствующих образованию наростов и уменьшению рабочего объема тигля [4, 5]. Современные индукционные тигельные печи средней частоты имеют одноконтурное движение металла от его поверхности вниз к днищу, а затем вверх к поверхности вдоль стенок тигля. Таким образом, металлическая стружка быстро погружается в расплав и растворяется в нем, обеспечивая высокий показатель металлургического выхода.

Переплав рекомендуется проводить с использованием «болота» в объеме 10–15 % от массы плавки. При температуре «болота» 750–780 °С в печь загружается стружка (порциями, по мере расплавления). После загрузки и расплавления всей стружки температура расплава доводится до 760–780 °С и металл переливается в ковш, где подвергается флюсовой обработке.

Переплав алюминиевой стружки в традиционных плавильных агрегатах ванного типа по технологии плавки кусковой шихты снижает производительность плавки и металлургический выход с угаром стружки до 30–50 % [2]. Во время плавки стружка долго лежит на поверхности и окисляется. Некоторые предприятия используют переплав брикетированной алюминиевой стружки в газопламенных отражательных печах. Однако такая технология наряду с загрязне-

ниями расплава неметаллическими включениями (оксидами) приводит к значительному снижению металлургического выхода, производительности плавильного агрегата и увеличению трудоемкости процесса.

В последнее время для повышения степени усвоения стружки расплавом на некоторых предприятиях к классической газовой печи стали подключать цилиндрические электромагнитные насосы (ЭМН). Ввод стружки в расплав при помощи ЭМН практически полностью исключает ее возгорание и делает переплав очень эффективным с металлургическим выходом 97–98 % [2]. Постоянное перемешивание расплава позволяет более интенсивно переносить тепло от нагреваемой поверхности ванны к удаленным частям. При этом падает температура поверхности ванны, что позволяет существенно сократить окисление расплава и уменьшить налипание оксидов шлака на футеровку и вступление с ней в реакцию. По данным авторов работы [6] использование электромагнитного насоса сокращает цикл плавки на 16 % за счет более равномерного перемешивания расплава по объему ванны.

Кратковременный опыт эксплуатации газовой печи с ЭМН в условиях НПФ «Металлон» выявил существенные недостатки такой технологии при переплаве алюминиевой стружки.

Во-первых, газовая печь, оснащенная ЭМН, должна работать при более высокой температуре для быстрой плавки стружки в загрузочном колодце, что приводит к дополнительным потерям энергии, особенно, когда расплавленный металл подвергается воздействию атмосферы в колодце. Более высокая температура расплава также необходима для его прохождения через узкие каналы ЭМН и любые твердые частицы, не растворенные в колодце, могут засорить рабочие каналы.

Во-вторых, наиболее уязвимым местом ЭМН является монолитная огнеупорная труба, которая должна заменяться через несколько месяцев и требует остановки плавильного агрегата на длительное время.

В-третьих, использование газовых печей с ЭМН требует постоянного наличия жидкого металла в загрузочном колодце и в самой печи, что затрудняет получение сплавов разного химического состава.

В-четвертых, постоянное наличие жидкого металла в печи определяет и непрерывный режим ее работы.

Роторные наклонные печи позволяют переплавлять все виды отходов алюминия, как с использованием флюсов, так и без них. В последнем случае можно применять шихту с более высокой влажностью, так как при соприкосновении ее с горячей футеровкой происходит полное удаление влаги и это не сказывается на качестве получаемых сплавов.

При проведении плавки с использованием рафинирующих флюсов равномерное вращение печи не вызывает перегрева флюса и его возгонку, а главное – хорошо контактируют жидкий флюс и расплав алюминия. Последнее обеспечивает прохождение важных рафинирующих реакций, которые в условиях пламенных или электрических печей проходят замедленно или совсем невозможны; расплав покровного флюса освобождает металл от газовых и неметаллических включений; активно идет рафинирование от магнезия.

При использовании любых плавильных агрегатов для переплава серьезное внимание необходимо уделять очистке образующихся пылегазовых выбросов. Традиционно для этих целей применяли две основные технологические схемы, разработанные профильными институтами:

– плавильный агрегат – рекуператор – мокрый скруббер (первая ступень очистки) – труба Вентури (вторая ступень очистки) – дымовая труба;

– плавильный агрегат – рекуператор – мокрый скруббер (первая ступень очистки) – электрофильтр (вторая ступень газоочистки) – дымовая труба.

Эти технологические схемы предусматривают очистку дымовых газов при помощи мокрых и электрических отделителей. Именно по причине дороговизны, больших эксплуатационных затрат, сложности технологии мокрой очистки на большинстве предприятий применяемое оборудование просто не работало. С появлением способов сухой очистки с применением сорбента преимущества очистки дымовых газов при помощи воды и жидких реактивов в значительной степени снизились.

В 2001 году в г. Воскресенске на промышленной площадке ОАО «МОСОБЛПРОММОНТАЖ» при переработке алюминиевых отходов в роторной наклонной печи была использована система су-

хой газоочистки фирмы «DISA». Она предусматривает сухую химическую очистку и применение рукавных фильтров с эффективностью очистки по взвешенным веществам – 99,0 %; SO₂ – до 70 %; HCl и HF до 90 %.

В таблице 1 приведены данные по составу пылегазовых выбросов от роторной наклонной печи до и после очистки.

Таблица 1 – Состав пылегазовых выбросов от роторной наклонной печи до и после очистки

Вещество	Мощность локального источника, г/с	Концентрация веществ в выбросах до фильтра, мг/м ³	Концентрация веществ в выбросах после фильтра, мг/м ³
CO	10,6·10 ⁻³	8,35	0,0835
HCl	6,5·10 ⁻³	5,10	0,5100
NO ₂	25,3·10 ⁻³	19,90	0,1990
HF	1,3·10 ⁻³	1,020	0,0102
SO ₂	16,6·10 ⁻³	13,07	3,9210
KCl	0,1900	150,10	1,5010
NaCl	0,0790	62,40	0,6240
Al ₂ O ₃	0,0160	12,60	0,1260
SiO ₂	0,0130	10,20	0,1260
MgO	0,0080	6,30	0,0630
CaO	0,0050	3,80	0,0380
Fe ₂ O ₃	0,0026	2,00	0,0200
MgCl ₂	0,0018	0,13	0,0130
CaCl ₂	0,0010	0,60	0,0060
CuO	0,0050	3,80	0,0380
ZnO	0,0095	7,48	0,0748
PbO	0,0036	2,83	0,0283
MnO	0,0002	0,16	0,0016
CdO	0,0008	0,63	0,0063

Таким образом, для переплава алюминиевой стружки в условиях Республики Беларусь наиболее приемлемым оборудованием являются роторные наклонные печи, оборудованные эффективной системой газоочистки.

Литература

1. Белов, В.Д. Теоретические и технологические основы ресурсосберегающих технологий производства высококачественных отливок из алюминиевых сплавов : автореф. дисс. ... д-ра техн. наук : 05.16.04 / В.Д.Белов ; МИСиС. – М., 1999. – 50 с.
2. Волочко, А.Т. Алюминий: технологии и оборудование для получения литых изделий / А.Т. Волочко, М.А. Садоха. – Минск : Бел. наука, 2011. – 387 с.
3. Шмитц, К. Рециклинг алюминия. Справочное руководство / К. Шмитц, Й. Домагала, П. Хааг. – М. : «Алюсил МВиТ», 2008. – 528 с.
4. Повышение качества алюминиевых сплавов, выплавляемых в индукционных тигельных печах / А.В. Свидо [и др.] // Литейное производство. – 1984. – № 2. – С.26–27.
5. Особенности формирования крупных включений при индукционной плавке алюминиевых сплавов / А.С.Кауфман [и др.] // Литейное производство. – 1984. – № 3. – С. 13–14.
6. Гогин, В.Б. Современные направления развития технологии рециклинга алюминия (по материалам 3-й конференции «Рециклинг алюминия», Москва, 29–31 мая 2006 г.) / В.Б. Гогин, Д.А. Шадаев // Технология легких сплавов. – 2006. – № 4. – С. 101–118.

УДК 621.74.043:669.746.021

А.А. ПИВОВАРЧИК, канд. техн. наук,
А.М. МИХАЛЬЦОВ, канд. техн. наук,
Г.В. ДОВНАР, канд. техн. наук (БНТУ)

АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСИЛИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ОТЛИВКИ ПРИ ЛИТЬЕ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Режим работы пресс-формы и машины литья под давлением (ЛПД) в целом в значительной степени определяется термосиловым взаимодействием затвердевающей отливки с формой. В случае, ко-