



## Nonferrous Metal Alloys Quality Enhancement

The article deals with the topic of optimizing the quality of foundry process and describes main technological operations as refining and modifying of flux, iron-bearing materials removal and optimization of casting crystallization conditions. Belarusian specialists managed to create special pelleted substances, flux compositions, etc. and the system of technologies for getting quality aluminum alloys. The main operations and technological processes are presented by the authors.

# ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОТЛИВОК ИЗ ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ

Получить конкурентоспособное литье без системного подхода к обеспечению качества невозможно. Белорусские специалисты создали гамму препаратов (более 30 наименований) для комплексной обработки расплавов алюминия и других цветных металлов. Практика внедрения этих разработок на ряде предприятий СНГ подтвердила их высокую эффективность. В первой части статьи описаны таблетированные препараты для рафинирования и модифицирования сплавов, разделительные покрытия и технологические смазки.

Б.М. Немененок, д.т.н., профессор, БНТУ,

В.М. Михайловский, к.т.н., главный инженер, С.Г. Задруцкий, к.т.н., главный технолог,  
С.П. Королев, к.т.н., директор, А.В. Шешко, ОДО «Эвтектика», г. Минск (Республика Беларусь)

В научно-исследовательской инновационной лаборатории «Прогрессивных технологических процессов плавки и высокопрочного чугуна» (НИИЛлит) Белорусского национального технического университета (БНТУ, г. Минск) был реализован модульный принцип создания нового поколения препаратов для производства отливок из сплавов на основе алюминия и других цветных металлов. Создан и промышленно выпускается комплекс высокоэффективных, экологичных и экономически доступных таблетированных препаратов; флюсовых композиций; разделительных покрытий (красок), жаростойких покрытий (облицовок) для чугунных и стальных тиглей печей и т.д., а также система технологий, обеспечивающих производство стабильно качественных отливок из цветных сплавов.

### ТАБЛЕТИРОВАННЫЕ ПРЕПАРАТЫ

Основное негативное влияние на свойства отливок из алюминиевых сплавов оказывает водород. Содержание его в металле составляет не менее 80 % от общего объема газов, поэтому наиболее вероятно поражение алюминиевых сплавов газовыми парами водородного происхождения. Взаимодействие Al-Si расплавов с азотом, кислородом, сложными газами (CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>) увеличивает количество нитридов, оксидов, карбидов и сульфидов. Это способствует замутнению расплава, но не приводит к дополнитель-

ному увеличению газовой пористости. Значительная часть водорода в алюминиевых расплавах связана в комплексы с оксидом алюминия xH-yAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Для удаления из расплава водорода необходимо очистить его от Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Чистота алюминиевых сплавов по водороду и неметаллическим включениям может быть обеспечена только при соблюдении комплекса технологических и организационных мер, начиная с подбора, хранения, подготовки шихтовых материалов, выбора плавильного оборудования и заканчивая дегазирующе-рафинирующей обработкой расплава. Этот комплекс мер, выстроенных в цепочку обязательных технологических операций, создает систему стабилизации качества литья за счет минимизации потерь от брака.

Для глубокой рафинирующе-дегазирующей обработки расплавов на основе алюминия разработаны следующие препараты.

♦ «Таблетка дегазирующая для доэвтектических и эвтектических силуминов, технического алюминия» ТУ РБ 14744129.004-98 с активными серосодержащими соединениями;

♦ «Таблетка дегазирующая для деформируемых и литейных сплавов на основе алюминия» ТУ РБ 14744129.004-98 с активными карбонатными соединениями.

Действие препаратов основано на химическом связывании водорода в устойчивые

гидриды и рафинировании расплава по классическому адсорбционно-флотационному механизму. Компоненты таблеток претерпевают в расплаве термическую диссоциацию с образованием инертных (продукты диссоциации карбонатных и азотосодержащих присадок) и активных (продукты диссоциации серосодержащих соединений) газов. Балластные вещества, введенные в состав препаратов, обеспечивают требуемую интенсивность разложения таблеток, создавая по всему объему расплава поток высокодисперсных пузырьков рафинирующего газа.

На рис. 1 представлены зависимости снижения пористости сплава АК 12 после обработки препаратами «Таблетка дегазирующая для деформируемых и литейных сплавов на основе алюминия» и «Таблетка дегазирующая для доэвтектических и эвтектических силуминов, технического алюминия» в сравнении с традиционно используемым хлористым цинком при исходной шихте с газонасыщенностью 1–4 балла по ГОСТ 1583-93.

Наиболее эффективно снижает газовую пористость препарат, имеющий в своем составе активные серосодержащие компоненты. Его применение повышает жидкотекучесть расплава на 5–10 %, улучшает заполнение формы, обеспечивает создание восстановительной печной атмосферы и покровного защитного слоя на поверхности расплава. Кроме того, для удаления из жидкого метал-

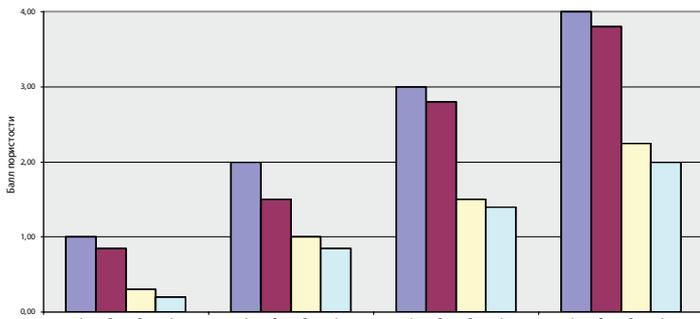


Рис. 1. Зависимость балла пористости сплава АК 12 различной газонасыщенности от дегазирующей обработки:

1 — исходный сплав;  
 2 — сплав, обработанный хлористым цинком из расчета 0,2 % от массы расплава;  
 3 — сплав, обработанный «Таблетками дегазирующими для деформируемых и литейных сплавов на основе алюминия» ТУ РБ 14744129.004-98 из расчета 0,05 % от массы расплава;  
 4 — сплав, обработанный «Таблетками дегазирующими для доэвтектических и эвтектических силуминов, технического алюминия» ТУ РБ 14744129.004-98 из расчета 0,05 % от массы расплава

ла неметаллических включений и примесей, в состав таблеток дополнительно введены активные адсорбенты, выводящие примеси в шлаковую фазу.

Наиболее благоприятной является мелкозернистая структура металла при равномерном распределении всех структурных составляющих в объеме отливки. Сплавы с мелкозернистой структурой характеризуются повышенной прочностью, пластичностью и сопротивляемостью воздействию ударных нагрузок, а также меньшей анизотропией свойств. Радикальным средством измельчения зерна слитков является модифицирование сплавов — измельчение кристаллической структуры путем введения в расплав малых количеств элементов-модификаторов. Наибольший интерес для практики производства отливок из силуминов представляют модификаторы, оказывающие влияние на размеры первичного зерна и форму включений эвтектического кремния.

Для получения модифицированной эвтектики в доэвтектических и эвтектических силуминах в состав таблетированных препаратов введены натрийсодержащие соединения (преимущественно карбонаты). Препарат получил название «Таблетки дегазирующие с модифицирующим эффектом для доэвтектических и эвтектических силуминов» ТУ РБ 14744129.004-98. В таблице представлена зависимость степени измельчения эвтектического кремния в сплаве АК 12 от используемого модификатора и времени выдержки перед заливкой. Как видим, модифицирующее действие предложенного препарата превосходит действие универсального 4-компонентного флюса и продолжается дольше по времени — до 75 мин. Таблетка снижает также и пористость расплава АК12: с 2 до 1 балла по ГОСТ 1583-93.

Для модифицирования зерна α-твердого раствора кремния в алюминии и зерна алюминия следует использовать элементы переходных групп. Чем больше они имеют недостроенных оболочек d и f, тем сильнее эффект модифицирования. Элементы, стоящие в начале периодов таблицы Д.И. Менделеева и имеющие высокую дефектность уровня, относятся к числу наиболее активных модификаторов. Их целесообразно вводить в жидкий металл в виде солей, которые взаимодействуют с расплавом, в результате чего атомарный модификатор соединяется с алюминием, образуя большое количество ультрадисперсных частиц, обладающих однотипностью кристаллических решеток и размерным соответствием их параметров с кристаллической решеткой α-твердого раствора кремния и алюминия. В расплаве появляется большое количество центров кристаллизации, что обуславливает измельчение зерна в отливках.

Исходя из этих соображений был создан препарат «Таблетка дегазирующая с модифицирующим эффектом комплексная для доэвтектических и эвтектических силуминов», в состав которого были дополнительно введены солевые композиции, содержащие Zr и В. Образцы, полученные с использованием указанного препарата (сплав АК5М2), имеют низкое газосодержание, низкое содержание неметаллических включений, модифицированную структуру эвтектики и модифицированную структуру α-твердого раствора во всех своих сечениях.

При изготовлении отливок из поршневых сплавов типа заэвтектических силуминов необходима операция модифицирования β-Si-фазы (первичного кремния). Классическая схема модифицирования первичного кремния (введение фосфора с шихтой из расчета

**Зависимость степени измельчения эвтектического кремния в сплаве АК 12 от используемого модификатора и времени выдержки перед заливкой**

Время выдержки, мин	Количество включений Si <sub>эвт</sub> на мм <sup>2</sup> площади шлифа	
	Универсальный 4-компонентный флюс; расход — 2,0 % от массы расплава	«Таблетка дегазирующая с модифицирующим эффектом для доэвтектических и эвтектических силуминов» ТУ РБ 14744129.004-98; расход — 0,5 % от массы расплава
15	125 × 10 <sup>3</sup>	125 × 10 <sup>3</sup>
30	125 × 10 <sup>3</sup>	125 × 10 <sup>3</sup>
45	100 × 10 <sup>3</sup>	125 × 10 <sup>3</sup>
60	50 × 10 <sup>3</sup>	122 × 10 <sup>3</sup>
75	25 × 10 <sup>3</sup>	90 × 10 <sup>3</sup>
90	23 × 10 <sup>3</sup>	30 × 10 <sup>3</sup>

0,1–0,2 % от массы расплава с последующей обработкой металла серой в количестве 0,06–0,6 % от массы расплава при помощи колокольчика) зачастую не обеспечивает требуемой степени дисперсности β-Si-фазы (до 3600 мкм<sup>2</sup>). Для изучения возможностей повышения эффективности модифицирования сплав АК 21 МЗ с 0,1% Р обрабатывали таблетками, содержащими серу с добавками различных углеродосодержащих веществ. Такая обработка обеспечила измельчение размеров первичного кремния с 12000–15000 мкм<sup>2</sup> (без обработки серой) до следующих величин:

- ♦ до 3200 мкм<sup>2</sup> — таблетки с серой и серебристым графитом;
- ♦ до 3100 мкм<sup>2</sup> — таблетки с серой и техническим углеродом;
- ♦ до 3500 мкм<sup>2</sup> — таблетки с серой и гексахлорэтаном;
- ♦ до 3000 мкм<sup>2</sup> — таблетки с серой и тетрахлорбензохиноном;
- ♦ до 3000 мкм<sup>2</sup> — таблетки с серой и тефлонами.

Таким образом, введение в расплав углерода при обработке металла серосодержащими препаратами значительно повышает эффективность модифицирования первичного кремния. Совершенствуя состав таблеток, удалось создать препарат «Таблетка дегазирующая с модифицирующим эффектом для заэвтектических силуминов» ТУ РБ 14744129.004-98, обеспечивающий стабильный эффект модифицирования β-Si-фазы до размеров не более 3000 мкм<sup>2</sup> без измельчения Si эвтектического, что требуется для обеспечения необходимой жаростойкости сплава.

Для глубокой рафинирующей обработки сплавов на основе цинка разработан препарат «Таблетка дегазирующая рафинирующая для сплавов ЦАМ» ТУ РБ

14744129.004-98. Потребители данного препарата: предприятие «Опытно-экспериментальный фурнитурный завод» (г. Минск), завод «ВИПРА» (г. Гомель) и др.

Для обработки подшипниковых сплавов системы алюминий-олово разработан препарат **«Таблетка дегазирующая с модифицирующим эффектом для сплавов алюминий-олово»**.

Практика показала, что таблетированные препараты являются высокоэффективными присадками, оказывающими, наравне с рафинирующе-дегазирующим, модифицирующее действие на структурные составляющие сплавов.

Разработаны препараты и промышленная технология, позволяющая снижать содержание магния и ЩЗМ до требуемого уровня при переработке отходов с повышенным содержанием Mg и ЩЗМ. Технологический процесс предусматривает комплексную обработку расплава **«Таблетками дегазирующими специальными для удаления магния и ЩЗМ»** ТУ РБ 14744129.004-98 совместно с **«Флюсом покровно-рафинирующим специальным для удаления магния и ЩЗМ из алюминиевых сплавов»** ТУ РБ 100196035.005-2000. Как показал опыт работы ООО «Южная региональная группа» (г. Одесса) и других предприятий, многократная обработка расплава позволяет снижать содержание магния и ЩЗМ до 0,001–0,002 % (по Mg).

### ПОКРЫТИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СМАЗКИ

Одной из наиболее опасных примесей в алюминиевых сплавах является железо, которое образует грубокристаллические соединения различного состава (FeAl<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>SiFe, Al<sub>5</sub>SiFe и др.). Модифицирование железосодержащих фаз путем введения в расплав примесей, уменьшающих ориентирующее действие кристалла за счет ослабления ковалентной составляющей связи, как правило, экономически нецелесообразно. Поэтому применяются профилактические мероприятия, исключающие контакт железосодержащих материалов, плавильно-заливочного инструмента с алюминиевым расплавом.

Для исключения контакта с поверхностью чугунных и стальных тиглей разработано **«Покрытие жаростойкое для чугунных и стальных тиглей»** ТУ РБ 100196035.006-2001, а также способ его нанесения. Разработка внедрена на ОАО «Арзамасский приборостроительный завод», ОАО «ЭТОН» (г. Новолукомль), ОАО «ЭЛЕКТРОМАШ» (г. Херсон) и др. предприятиях. Действие препарата основано на несмачиваемости и химической нейтральности покрытий к жидкому алюминию. Механическую прочность и

стойкость футеровки в условиях высоких температур придают форстерит и ряд других оксидных соединений. Коэффициент термического расширения покрытия максимально приближен к коэффициенту термического расширения серого чугуна СЧ 20 — основного материала для изготовления тиглей. Насыщение железом расплава при нахождении в тигле, обработанном жаростойким покрытием, составляет не более 0,05 % в сутки (24 часа непрерывного нахождения металла в тигле). Стойкость покрытия — не менее 40 суток при трехсменном и не менее 30 суток при односменном режимах работы (печь в режиме раздатки).

Для исключения растворения железосодержащего плавильно-заливочного инструмента в расплаве на основе алюминия разработано **«Покрытие разделительное краска для литейного инструмента»** ТУ РБ 100196035.007-2001, действие которого основано на высокой адгезионной способности суспензии к железосодержащему материалу. Способ нанесения — окунаемое. Рекомендуемая частота нанесения — один раз в смену (опыт работы Минского моторного завода).

Высокое значение для получения качественных отливок имеют точность геометрических форм, чистота поверхности, хорошая извлекаемость отливок и ряд других факторов, необходимый уровень которых обеспечивают технологические смазки, покрытия и приспособления:

- ♦ **«Покрытие разделительное краска для кокилей»** ТУ РБ 100196035.007-2001, связующее-алюмофосфатная композиция;

- ♦ **«Покрытие разделительное краска для прибылей»** ТУ РБ 100196035.007-2001, связующее — натриевое жидкое стекло;

- ♦ **«Покрытие разделительное смазка для пресс-форм машин ЛПД водоэмульсионная»** ТУ РБ 100196035.007-2001, способ нанесения — краскопультом;

- ♦ **«Покрытие разделительное смазка для пресс-форм машин ЛПД на жировой основе»** ТУ РБ 100196035.007-2001, способ нанесения — тампоном, кистью;

- ♦ **«Покрытие разделительное смазка для плунжерной пары машин ЛПД»** ТУ РБ 100196035.007-2001, способ нанесения — тампоном, кистью.

Для нанесения покрытий разработаны:

- ♦ **«Система распыления смазки для пресс-форм машин ЛПД»** (распылитель, герметизированная емкость, манометр, муфта, соединительные шланги; работает от цеховой системы сжатого воздуха);

- ♦ **«Система распыления кокильной краски»** (распылитель, емкость, регулировочные краны, соединительные шланги; работает от цеховой системы сжатого воздуха).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для получения качественного, конкурентоспособного литья необходимо осуществлять следующие основные технологические операции:

- ♦ рафинирующе-модифицирующую объемную и поверхностную обработку расплава;
- ♦ защиту алюминиевого расплава от железосодержащих материалов тигля и плавильно-заливочного инструмента;
- ♦ оптимизацию термовременных условий кристаллизации отливок за счет правильного подбора составов, толщины слоя, технологии нанесения покрытий.

Несоблюдение любой из этих операций провоцирует различные виды брака (пористость, неметаллические включения, снижение механических свойств, ухудшение чистоты поверхности и др.).

Системный подход к качеству литья позволил оптимизировать технологические процессы на многих предприятиях России, Беларуси, Казахстана, Прибалтики и Украины, без замены имеющегося на заводах оборудования. Препараты, разработанные в БНТУ и производимые научно-производственным предприятием ОДО «Эвтектика», успешно применяют ОАО «КАМАЗ-Металлургия» и ОАО «Камский моторный завод» (г. Набережные Челны); ОАО «Ростовский литейный завод» (г. Ростов-на-Дону); ОАО «ДААЗ» (г. Димитровград); ОАО «Ульяновский моторный завод» (г. Ульяновск); РУП «Минский моторный завод», РУП «Минский тракторный завод», ОАО «ПРОМБУРВОД» и предприятие «АНТОНАР» (г. Минск); ОАО «БАТЭ» (г. Борисов); ОАО «Атлант» (г. Барановичи); ОАО «Автоцветлит» (г. Мелитополь); ОАО «АВТРАМАТ» (г. Харьков); ОАО «Полтавский автоагрегатный завод»; «Ульбинский металлургический завод» (г. Усть-Каменогорск); «АГРОМАШХОЛДИНГ» (г. Костанай) и многие другие.

Таблетированные препараты, технологические покрытия и системы для их нанесения экологически безопасны, что подтверждено санитарно-гигиеническими и нормативно-техническими документами. ☞

*В следующей статье вы познакомитесь с флюсовыми композициями различного назначения разработки НПП ОДО «Эвтектика»*

На территории Украины эксклюзивным дистрибутором продукции минского НПП ОДО «Эвтектика» является ООО «КОМПЛЕКС ПЛЮС»: 62064, г. Харьков, ул. Комбайновская, 15, к. 4. Тел./факс: (057) 754-59-46, 719-55-20;

• Быцько Владимир Иванович, коммерческий директор, тел.: 8-050-570-35-32;  
• Либерг Игорь Геннадьевич, технический директор, тел.: 8-050-406-15-56).

По вопросам технического, технологического и иного характера обращаться: НПП ОДО «ЭВТЕКТИКА», 220140, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Притыцкого, 62-4-208, т/ф: (1037517) 259-45-01, 253-92-94, 292-75-82, e-mail: evtektik@nsys.by.