

УДК 621.74.02:
669.71

**С.П. Задруцкий,
Г.А. Румянцева,
Б.М. Немененок**
(БНТУ, г. Минск)



О рафинирующей способности и экологической безопасности новых флюсов и препаратов Refining Capability and Environmental Safety of New Fluxes and Preparations

S.P. Zadrutsky, G.A. Romyantseva, B.M. Nemenenok

Исследовали рафинирующее действие и объемы пылегазовых выбросов при обработке сплава АК9 стандартным флюсом (47% KCl, 30% NaCl, 23% Na_3AlF_6) и новыми составами, содержащими серу с добавками Na_2CO_3 и Na_3AlF_6 . Установлено, что лучшим комплексом свойств обладает сплав АК9 после обработки расплава 0,05% рафинирующего препарата (30% S, 70% Na_2CO_3). При этом, выброс пыли в процессе обработки снижается в 120 раз, по сравнению с его рафинированием стандартным флюсом в количестве 1,0%.

Ключевые слова

Флюсы, экология, эффективность рафинирования, плотность, запыленность.

Investigated were the refining effect and volumes of dust-and-gas emissions during treatment of AK9 alloy with a standard refining flux (47% KCl, 30% NaCl, 23% Na_3AlF_6) and with new refining compounds containing sulphur with Na_2CO_3 and Na_3AlF_6 additions. It was found that the best complex of properties is shown by AK9 alloy after treating a melt with 0.05% of a refining preparation (30% S, 70% Na_2CO_3). Dust emissions during treatment decreases 120fold as compared to the refining with 1.0% of a standard flux.

Key words

Fluxes, ecology, refining efficiency, density, dust level

Применяемые технологии плавки и рафинирования Al-сплавов определяют уровень негативного воздействия на окружающую среду, который характеризуется существенными объемами и высокой токсичностью выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Основные источники выделения взвешенных веществ – флюсы, испаряющиеся в процессе плавки и рафинирующей обработки, Al-пыль, образующаяся при завалке шихты, и частицы сажи, получаемой при неполном сгорании некоторых органических веществ в печи. При этом, объем выбросов в атмосферу почти в 50 раз превышает выбросы в виде твердых отходов.

Необходимо признать, что экологические проблемы в литейном производстве решаются чрезвычайно

медленно, и отдельные технические решения не сказываются коренным образом на оздоровлении условий труда литейщиков, поэтому нужен комплексный подход, обеспечивающий, как использование пылегазоочистного оборудования, так и совершенствование технологических процессов. При выборе аспирационных систем и газоочистки необходимо учитывать тот факт, что до настоящего времени не существует универсального способа очистки, и удаление почти каждого из вредных компонентов дымовых газов представляет собой самостоятельную задачу, для решения которой требуются значительные материальные и энергетические ресурсы. Поэтому постоянно ведется поиск низкотоксичных рафинирующих препаратов и флюсов для обработки Al-сплавов.

Исследовали следующие рафинирующие препараты.

1. Стандартный рафинирующий флюс (47% KCl, 30% NaCl, 23% Na₃AlF₆).

2. Рафинирующий флюс (13% KCl, 55% NaCl, 17% Na₃AlF₆, 10% Na₂CO₃, 5% CaCO₃·MgCO₃), патент РБ №15801

3. Рафинирующий флюс (80% SiO₂, 9,4% KCl, 6% NaCl, 4,6% Na₃AlF₆), патент РФ № 2318029.

4. Рафинирующий препарат (30% S, 70% Na₂CO₃), патент РБ № 4022.

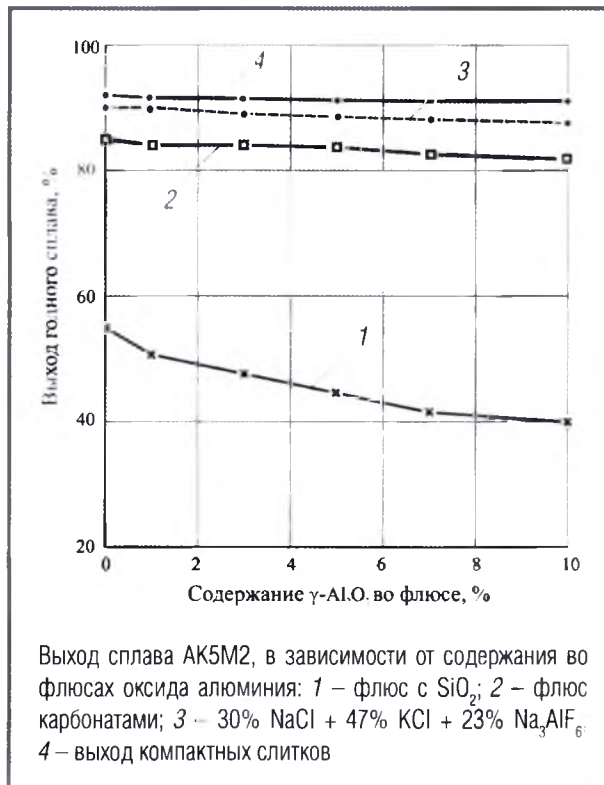
5. Рафинирующий препарат (50% S, 50% Na₃AlF₆), патент РБ № 13781.

Для выбора оптимального способа ввода препаратов в расплав оценивали их летучесть при 750°C в течение 30...120 мин, с определением потери массы. Установлено, что флюс 2 имеет более высокую летучесть, по сравнению с традиционным флюсом. Максимальная потеря массы (10,6%) обеспечивается за первые 30 мин выдержки при 750°C, что объясняется диссоциацией карбонатов и выделением CO₂. Пик летучести рафинирующих препаратов обеспечивается также в первые 30 мин выдержки, что объясняется испарением из составов серы и криолита.

Оценку рафинирующего действия выбранных препаратов и определение их оптимальной добавки проводили на сплаве АК9. Рафинирующие составы вводили в расплав в виде флюса или с помощью колокольчика. Анализировали изменение механических свойств, балла пористости (по шкале ВИАМ) и формозаполняемости (по пробе Энглера-Эллерброка). Для определения балла пористости использовали систему компьютерного подсчета, которая позволяла автоматически подсчитывать поры разных размерных групп, обнаруженных на одном или нескольких кадрах изображения шлифа. Показатели свойств для оптимальных добавок исследуемых составов приведены в **таблице** (*L* – формозаполняемость при 720°C и напоре металла 110 мм). Установлено, что лучший комплекс свойств обеспечивается при обработке расплава флюсом 2 в количестве 1,0% и препаратом 4 в количестве 0,05% от массы расплава. При этом, при использовании состава 4 наблюдается модифицирование включений эвтектичес-

Состав	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	δ , %	Балл пористости	<i>L</i> , мм ⁻¹
Исх. сплав	190,9	5,2	3,0	1,2
1	193,0	5,5	2,6	1,5
2	216,8	7,6	2,0	1,4
3	202,5	6,9	2,6	1,1
4	220,1	7,0	2,2	1,5
5	190,7	6,3	2,0	1,6

Примечания. 1. Содержание составов 1...5 см. **выше**. 2. Оптимальная добавка: 1...3 – 1,0%; 4, 5 – 0,05%.



кого кремния.

Эффективность процесса рафинирования характеризуется также остаточным содержанием в отливках Al₂O₃, для определения содержания которого в разрывных образцах использовали бромметаноловый метод. Результаты анализа составов 1...5 приведены **ниже**.

	Добавка, %	Al ₂ O ₃ , %
Исх. сплав.....	—	0,043
1.....	1,0	0,037
2.....	1,0	0,028
3.....	2,0	0,040
4.....	0,05	0,035
5.....	0,05	0,038
	Результаты замеров при добавке 0,6 %	Расчетные значения при оптимальных добавках
1.....	1,283/10,010	2,053/16,033
2.....	0,383/2,990	0,613/4,787
3.....	0,278/2,171	0,445/3,475
4.....	0,212/3,302	0,017/0,133
5.....	1,134/17,693	0,091/0,711

Примечания. 1. В числителе – средняя концентрация пыли, г/м³, знаменателе – выброс пыли в процессе обработки, г. 2. Величина добавки: 1...3 – 1,0%; 4, 5 – 0,05%.

Видим, что наиболее эффективное удаление оксида алюминия отмечается при обработке расплава флюсом

2. Рафинирование препаратами 4 и 5, вводимыми колочником, положительно влияет на качество расплава и обеспечивает остаточное содержание Al_2O_3 на уровне традиционного флюса 1.

При использовании любого из методов определения содержания оксидов следует иметь в виду, что некоторые их частицы могут быть больших размеров и не попадать в объем пробы, а если же попадут в него, то существенно отклоняют результаты от средневзвешенного их содержания в сплаве. Поэтому считается, что воспроизводимые результаты определения содержания оксидов относятся только к частицам очень малых размеров и статистически однородно распределенным в любом объеме металла.

При определении содержания оксидов следует учитывать, что не только по составу, но и по количеству, полученные результаты нельзя рассматривать как абсолютно достоверные для всей плавки. Результаты справедливы только для объема отобранной пробы. Для более объективной оценки рафинирующей способности флюсов исследовали их адсорбционную способность по методике из работы¹.

Под адсорбционной способностью (АС) флюсов следует понимать максимально возможное насыщение расплавленных флюсов разными неметаллическими включениями (НМВ), когда флюсы еще не утрачивают своего положительного влияния на плавку. АС флюсов определяли по отношению к Al_2O_3 , основной составляющей твердых НМВ, образующихся при плавке Al-сплавов.

Для изучения АС флюсов стружку сплава АК5М2 массой 20 г помещали в алундовый тигель, и на ее поверхность насыпали 70 г флюса, с таким расчетом, чтобы сплав во время всего опыта был изолирован от воздуха. Тигель устанавливали в нагретую до 900°C печь и выдерживали 2 ч без перемешивания. Опыты проводили с добавками к флюсам Al_2O_3 в количестве 1, 3, 5, 7 и 10% по массе.

После заданной выдержки тигель с расплавом охлаждали, разбивали, отделяли переплавленный сплав от флюса и взвешивали полученные продукты. Это позволило установить выход годного при плавке, в зависимости от насыщения расплава оксидами. Наибольший выход годного, при максимальном содержании во флюсе Al_2O_3 , указывал на лучшую АС флюса. Визуальное исследование слитков позволило судить об отделяемости расплава алюминия от оксидов, в зависимости от химсостава флюсов и содержания в них твердых НМВ. Результаты исследований (рисунок) показывают, что максимальный выход сплава АК5М2 обеспечивается при использовании традиционного флюса 1, и этот показатель практически

¹ **Альтман М.Б.** Неметаллические включения в алюминиевых сплавах. — М.: Металлургия, 1965. — 126 с.

не зависит от добавок к флюсу оксидов алюминия. При этом, основная масса металла (91,0...87,5%) формируется в виде компактного слитка с гладкой поверхностью, который располагается на дне тигля. Даже при добавке 10% Al_2O_3 флюс обладает еще достаточно хорошей АС.

Флюс 2 обеспечивает выход годного на уровне 82,0...84,5%, но компактный слиток не образуется, и металл находится в виде крупных корочков в нижней части. При этом, до 10% Al_2O_3 флюс не теряет своей АС, по отношению к оксидам, образующимся в процессе плавки. Использование флюса 3 также не привело к формированию компактного слитка, и весь металл находился в виде мелких корочков, разделенных флюсом. Максимальный выход годного 55,5% заметно снизился, с увеличением добавки к флюсу Al_2O_3 , что говорит о его низкой АС. Такой флюс нецелесообразно использовать при переплаве Al-стружки.

Для оценки объемов пылегазовых выбросов, образующихся при обработке расплава, были проведены исследования в условиях литейного участка на 100-кг печах сопротивления при плавке сплава АК5М2. Результаты замеров приведены **выше**. Установлено, что минимальные выбросы пыли наблюдаются при использовании флюсов 2 и 3, а также препарата 4. Состав 5 характеризуется более высоким пылевыделением, что хорошо согласуется с его летучестью.

При пересчете на оптимальную концентрацию рафинирующих препаратов, минимальные выбросы пыли в процессе обработки характерны для флюсов 3, 2 и препарата 4. Если флюсы 2 и 3 снижают объем выделяющейся пыли, по сравнению с флюсом 1, в 4,6 и 3,3 раз, соответственно, то препарат 5 снижает этот показатель в 22,5 раза, а 4 — в 120 раз.

Таким образом, использование новых рафинирующих составов не только обеспечивает высокие механические и технологические свойства силуминов, но и существенно улучшает экологическую обстановку на плавильных и заливочных участках в цехах алюминиевого литья.

Сведения об авторах

Немененок Болеслав Мечеславович

— д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Металлургия литейных сплавов» Белорусского национального технического университета.

Румянцева Галина Анатольевна — канд. техн. наук, доцент, там же.

Задруцкий Сергей Петрович — канд. техн. наук, доцент, там же.