Мухин Алексей Геннадьевич. Повышение эффективности рафинирования силуминов при технологических переливах через зернистые фильтры : диссертация ... кандидата технических наук : 05.16.04.- Нижний Новгород, 2002.- 208 с.: ил. РГБ ОД, 61 03-5/943-8

НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

МУХИН АЛЕКСЕИ ГЕННАДЬЕВИЧ

Повышение эффективности рафинирования силуминов

при технологических переливах через зернистые фильтры

Специальность 05.16.04. - Литейное производство

ДИССЕРТАЦИЯ на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель: Доктор технических наук, профессор Леушин И.О.

Нижний Новгород

2002

Стр.

Введение 5

Глава 1. Состояние вопроса и задачи работы 10

1.1. Задачи рафинирования алюминиевых сплавов 10

1.2. Классификация технологий фильтрования 13

1.3. Материалы фильтров и технологические схемы

фильтрации 15

1.4. Модели процесса фильтрационного рафинирования 21

1.5 Цель работы и задачи исследования 31

Выводы 31

Глава 2. Теоретический анализ процесса рафинирования силуминов

через зернистые фильтры 33

2.1. Реальный жидкий алюминиевый расплав как физическая

система 33

2.2. Механизм работы зернистых фильтров 39

2.3. Структурно-функциональный анализ процесса фильтрации

расплава через гранулы фильтра 49

2.3.1. Движение расплава в порах фильтра 51

2.3.2. Адгезия неметаллических включений поверхностью гранул 53

2.3.3. Агрегация включений гранулами 60

2.4. Математическое моделирование режима глубинной

фильтрации расплава 64

2.5. Методы активации процесса фильтрационного рафинирования 72

Выводы 80

Глава 3. Выбор материалов и параметров зернистых насыпных фильтров

для фильтрации силуминов 82

3.1. Кинетика рафинирования сплава АК9М2 при фильтрации

через зернистый фильтр 85

3.1.1. Методика проведения исследований 86

3.1.2. Сравнительный анализ влияния материала фильтра на

степень очистки и микроструктуру сплава АК9М2 87

з

3.1.3. Влияние параметров и материала фильтра на

пропускную способность фильтра 90

3.1.4. Оценка влияния скорости движения расплава в порах фильтра

на процесс массопереноса примесей 91

3.1.5. Оценка адекватности предложенной математической

модели процесса фильтрации 95

3.2. Исследование влияния параметров фильтра на эффективность

очистки от неметаллических включений и механические свойства сплава АК9ч 96

3.2.1 Методика проведения исследований 97

3.2.2. Анализ влияния параметров фильтра на структуру сплава АК9ч 98

3.2.3. Влияние температуры подогрева фильтра на эффективность

очистки сплава АК9ч от примесей 100

3.3. Использование методов планирования эксперимента для

оптимизации параметров фильтра 101

3.3.1. Расчет коэффициентов регрессии математической модели 102

3.3.2. Оценка значимости коэффициентов регрессии 102

3.3.3. Проверка адекватности уравнений регрессии 103

3.4. Исследование влияния материала флюсового покрытия гранул

на эффективность работы фильтра 105

3.4.1.. Методика проведения исследований 106

3.4.2.. Влияние состава солевого покрытия на эффективность

очистки расплава 107

3.4.3. Разработка технологии изготовления фильтрующего слоя.... 108

Выводы 111

Глава 4. Разработка технологических схем фильтрования силуминов при

технологических переливах 112

4.1. Установление параметров фильтрующих устройств в зависимости от параметров фильтруемого расплава и материала фильтра 112

4.1.1. Расчет параметров фильтрующих устройств 115

4.1.2. Подбор рабочих температур сплава и фильтра 119

4.2. Способы повышения эффективности рафинирования

при переливах расплава через зернистые фильтры 120

Глава 5. Промышленное внедрение технологий фильтрации силуминов

через зернистые фильтры 128

5.1. Реализация технологии в условиях массового производства 128

5.1.1. Способы изготовления фильтров в промышленных

условиях 128

5.1.2. Технология фильтрации силуминов 130

5.1.3. Результаты фильтрации сплава АК9ч через зернистые фильтры

в условиях массового производства 131

5.2. Расчет экономической эффективности внедрения в

производство полученных разработок 135

5.2.1. Расчет себестоимости 136

5.2.2. Расчет дополнительных капиталовложений 139

Выводы 141

Общие выводы 142

Список использованной литературы 144

Приложение 1 154

Приложение 2 183

Приложение 3 201

Общие выводы:

1. Анализ механизмов работы зернистых фильтров при очистке расплавов силу­минов от примесей позволил разбить процесс фильтрации на пять основных этапов, которые адекватно характеризуют протекающие в среде фильтра про­цессы от заполнения фильтра расплавом до его полной закупорки примесями. Показано, что доминирующим механизмом удаления тонкодисперсных вклю­чений, превалирующих в расплавах силуминов, является глубинная фильтра­ция. Она обеспечивает наибольшую эффективность удаления включений и максимальную продолжительность работы фильтра до его закупорки, определяя тем самым ресурс работы последнего. Оценку работы в этом режиме предложе­но оценивать параметром К - КПД фильтрации.
2. В результате структурно-функционального анализа процесса глубинной фильт­рации расплава через гранулы выявлены три его стадии: доставка включений к фильтру; переход включений из расплава на поверхность гранул фильтра и аг­регация включений гранулами. Определено соотношение скоростей доставки включений к поверхности гранулы и движения рафинируемого расплава сквозь фильтр, которое должно стремиться к единице. Показано, что лимитирующей стадией процесса переноса включений является агрегация включения гранула­ми фильтра.
3. На основании гипотезы о преодолении частицами взвеси энергетического барь­ера, известной из теории дисперсных систем, где в качестве барьера выступает расклинивающее давление в системе «расплав-включение-фильтр», путем уточнения модели Апелиана была выведена математическая модель процесса глубинной фильтрации. Данная модель позволяет произвести предварительную теоретическую оценку параметров и режима работы фильтра и наметить пути повышения эффективности рафинирования расплава и активации процесса
4. Показано, что одним из перспективных в условиях современного производства способов активации является использование в качестве зернистого фильтра гра­нул материала, который обладает большой емкостью электрического слоя на границе раздела «металл-фильтр», минимальной адгезией к металлу, хорошей смачиваемостью включений и возможностью растворения осевших включений, способностью повышать межфазную энергию в системе «металл-включение», что увеличивает работу адгезии включения к материалу фильтра и эффектив­ность удаления включений из расплава.
5. В результате проведенных экспериментов выявлено, что коэффициент эффек­тивности очистки расплава от НВ имеет четкую зависимость от скорости дви­жения рафинируемого расплава через слой гранул, а также от удельной поверх­ности гранул фильтра. Между указанными величинами в слою очередь сущест­вует устойчивая связь, приведенная в работе в виде математических соотноше­ний. Большая удельная поверхность гранул фильтра и низкая скорость расплава способствуют увеличению степени удаления ИВ. По мере повышения удельной поверхности фильтра повышается плотность материала отливок после фильт­рации, структура становится модифицированной, уменьшается количество ин- терметаллидных железосодержащих фаз, что в комплексе приводит к повыше­нию механических свойств сплава АК9ч. Это доказывается регрессионными уравнениями для предела прочности и относительного удлинения сплава АК9ч, которые адекватно описывают зависимость этих характеристик от технологиче­ских параметров фильтрации.
6. Разработана методика определения параметров фильтрующих устройств, кото­рая использована в технологической подготовке производства отливок из силу­минов.

Разработаны, защищены положительными решениями на выдачу патентов и внедрены в условиях производства новые технологические процессы фильтра­ционного рафинирования расплавов силуминов при технологических перели­вах, обеспечившие экономический эффект только по двум наименованиям от­ливок около 10 млн.руб./год в ценах 2001 года по данным ОАО «ГАЗ»