

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
Сибирский федеральный университет

**«МОДЕРНИЗАЦИЯ АППАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
СХЕМЫ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ СОДЕРЖАНИЕ ВОДОРОДА НА
ОСНОВНЫХ ЭТАПАХ ЛИТЕЙНОГО ПЕРЕДЕЛА
ПРОИЗВОДСТВА ПЛОСКИХ СЛИТКОВ ИЗ
АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ»**

Баранов В.Н.¹, Беляев С.В.¹, Фролов В.Ф.², Куликов Б.П.¹, Губанов И.Ю.¹, Партыко Е.Г.¹

¹«Сибирский федеральный университет», Россия,

²ООО «РУСАЛ ИТЦ». Россия, г. Красноярск.

Москва, 2018

Работа выполнена с использованием результатов исследований, выполненных в ходе реализации проекта 14.578.21.0193 "Разработка теоретических и технологических решений снижения водорода в составе алюминия и низколегированных алюминиевых сплавов" в рамках Федеральной целевой программы "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы" при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования России.

Уникальный идентификатор соглашения RFMEFI57816X0193

Актуальность проекта

- Развитие научно-технического прогресса в алюминиевом производстве происходит в условиях жесткой конкурентной борьбы на мировом рынке, где основными требованиями является - неуклонное повышение эффективности и качества конечной продукции.
- Главным вектором развития алюминиевой отрасли в последние годы стала тенденция увеличения продуктов высокого уровня обработки и продукции с добавленной стоимостью (ПДС), где самым востребованным продуктом на мировом рынке потребления алюминия являются алюминиевые сплавы.
- Лидер Российской алюминиевой отрасли ОК РУСАЛ (UC RUSAL) – 4,2 млн. тонн/год или 7% мирового производства алюминия - активно развивает литейное производство и планирует довести долю сплавов до 80% в общем объеме выпуска продукции.
- Одним из перспективных проектов ОК РУСАЛ является производство крупнотоннажных (плоских) слитков из низколегированных алюминиевых сплавов.
- Существующие технологии данного производства не обеспечивают стабильного получения качественных характеристик по содержанию водорода в расплаве алюминия менее $0,1 \text{ см}^3 / 100 \text{ г}$

ЦЕЛЬ ПРОЕКТА: Повышение качества, конкурентоспособности, ресурса и экспортного потенциала продукции алюминиевого производства на отечественном и мировом рынках.

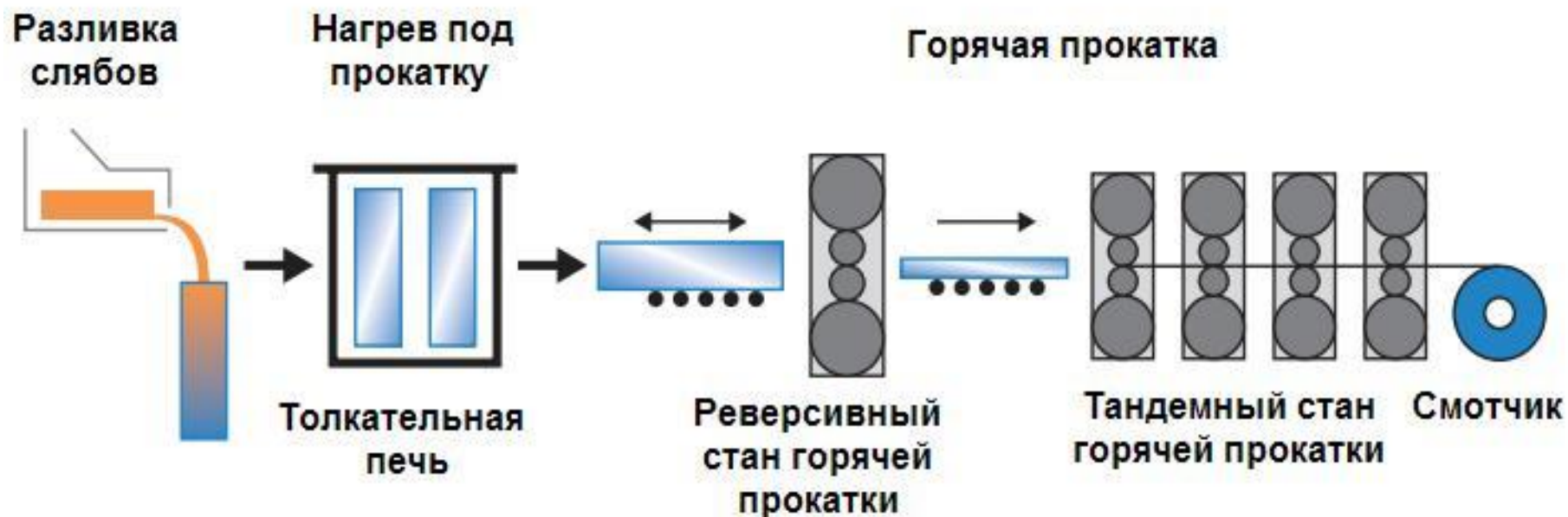
ЗАДАЧИ:

1. Проведение теоретических и экспериментальных исследований механизма загрязнения алюминия и его сплавов водородом
2. Разработка инновационных технических решений по снижению содержания водорода в товарном алюминии и его сплавах менее $0,10 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ алюминия
3. Обобщение и оценка результатов исследований
4. Проведение промышленных испытаний и последующее внедрение результатов исследований в производство.

Мировое потребление алюминия к 2018 году



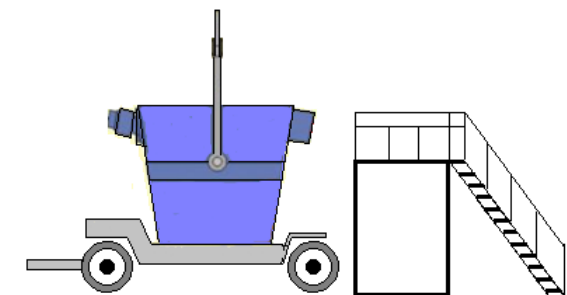
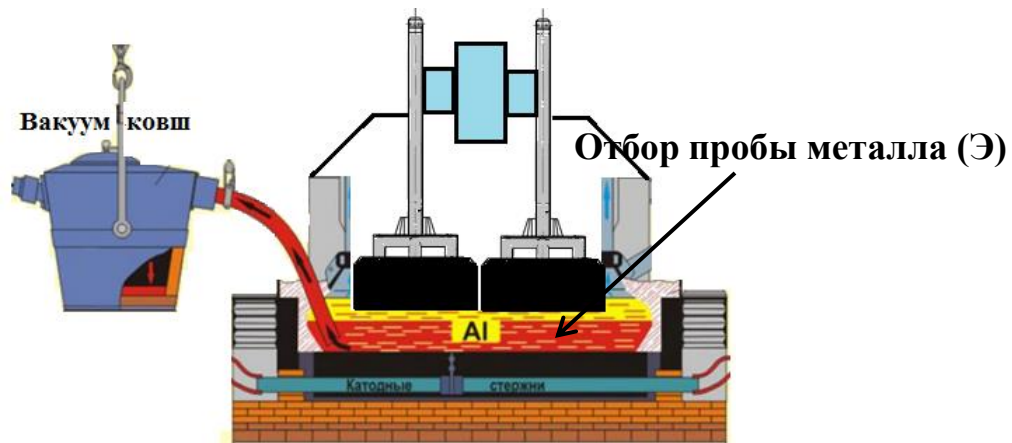
Схема технологии производства алюминиевой ленты из слэбов



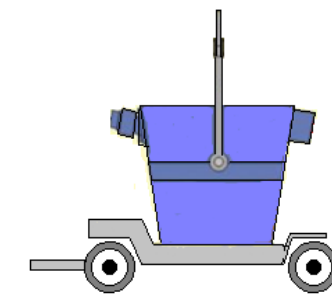
Технология производства слитков из алюминиевых сплавов

- Производство алюминия-сырца в корпусе электролиза;
- Разливка алюминия-сырца в разливочные ковши;
- Транспортировка тракторами в литейное отделение;
- Взвешивание алюминия-сырца, контроль химического состава, отстаивание;
- Заливка алюминия-сырца в миксер поворотный, формирование расплава (подшихтовка, рафинирование, контроль химического состава, температуры, отстаивание), проведение экспресс-анализа;
- Отливка слитков, контроль газового содержания и основных технологических параметров литья (температуры, скорости литья, охлаждения и длины слитка), отбор проб на химический состав;
- Резка слитков в меру на пилах «Вагнер», «Sermos» «Mosner»;
- Приемка ОТК продукции у литейного отделения;
- Химический состав элементов сплавов 1XXX серии должен соответствовать ТУ 1713–098–05785276–01 и требованиям потребителя.

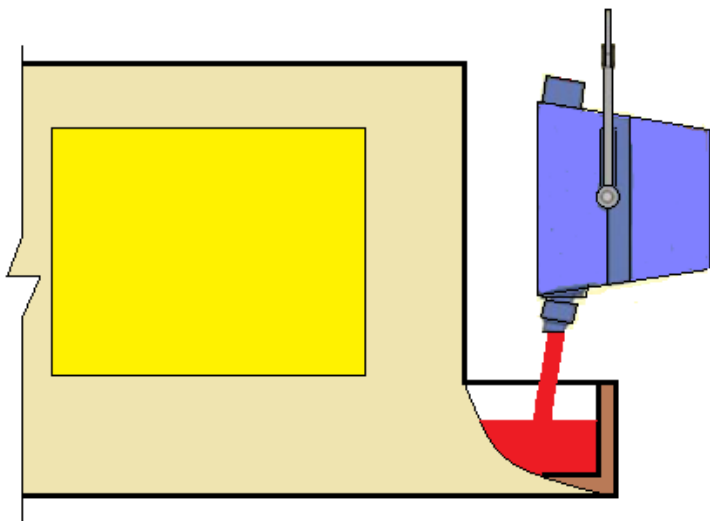
Схема выливки, транспортировки, заливки расплава алюминия в миксер



Удаление шлака и отбор пробы металла (К)

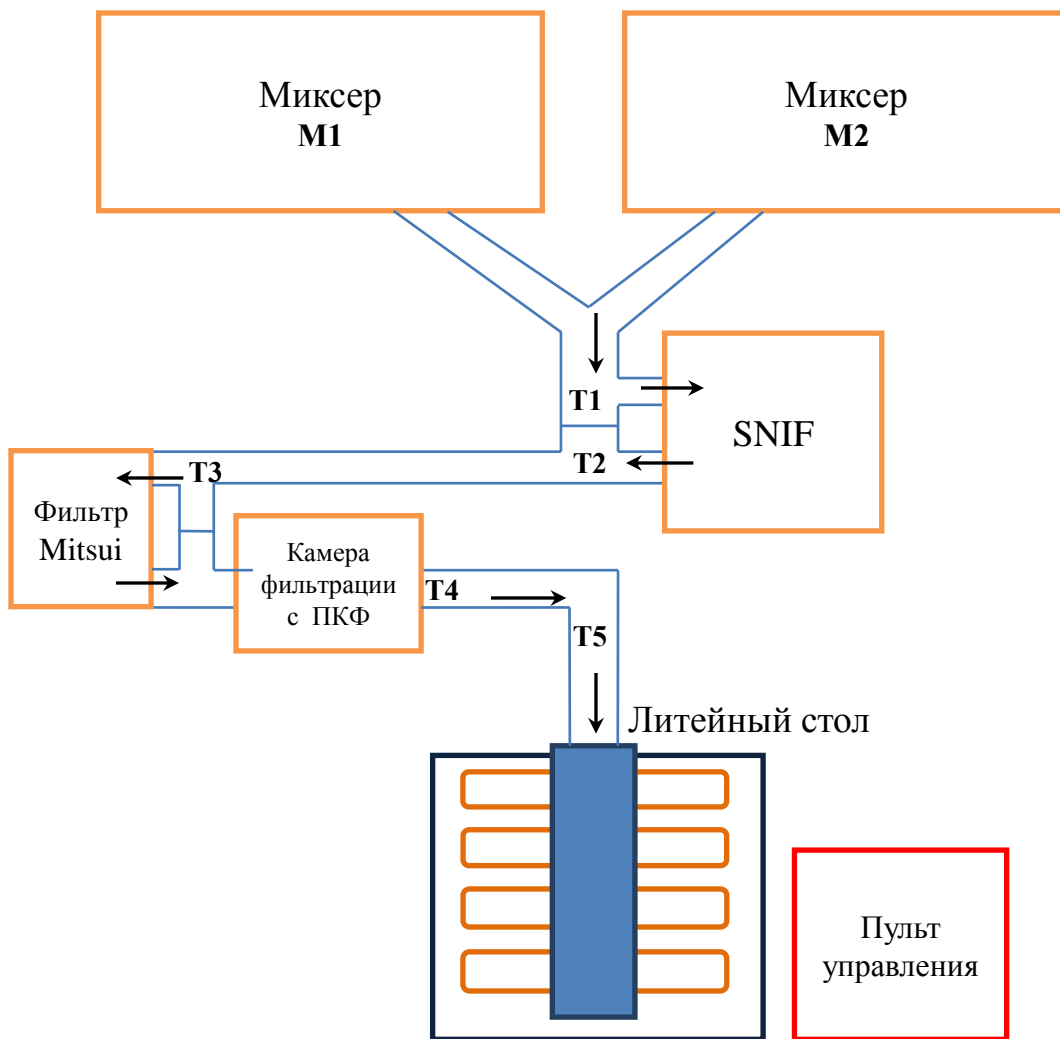


Отстой металла и отбор пробы (К1)



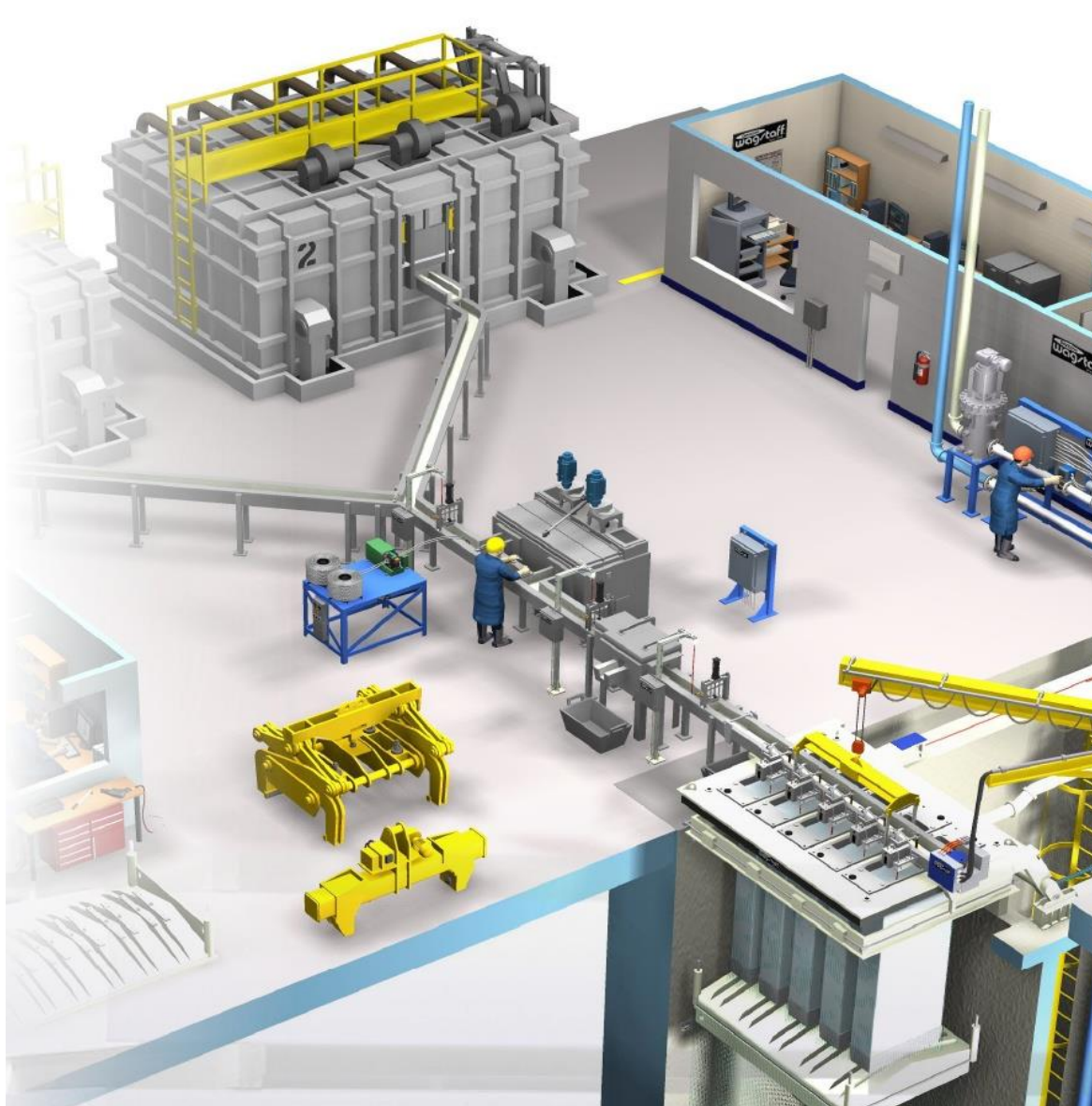
Заливка металла в миксер и отбор пробы металла (М)

Схема литейного участка для производства плоских слитков

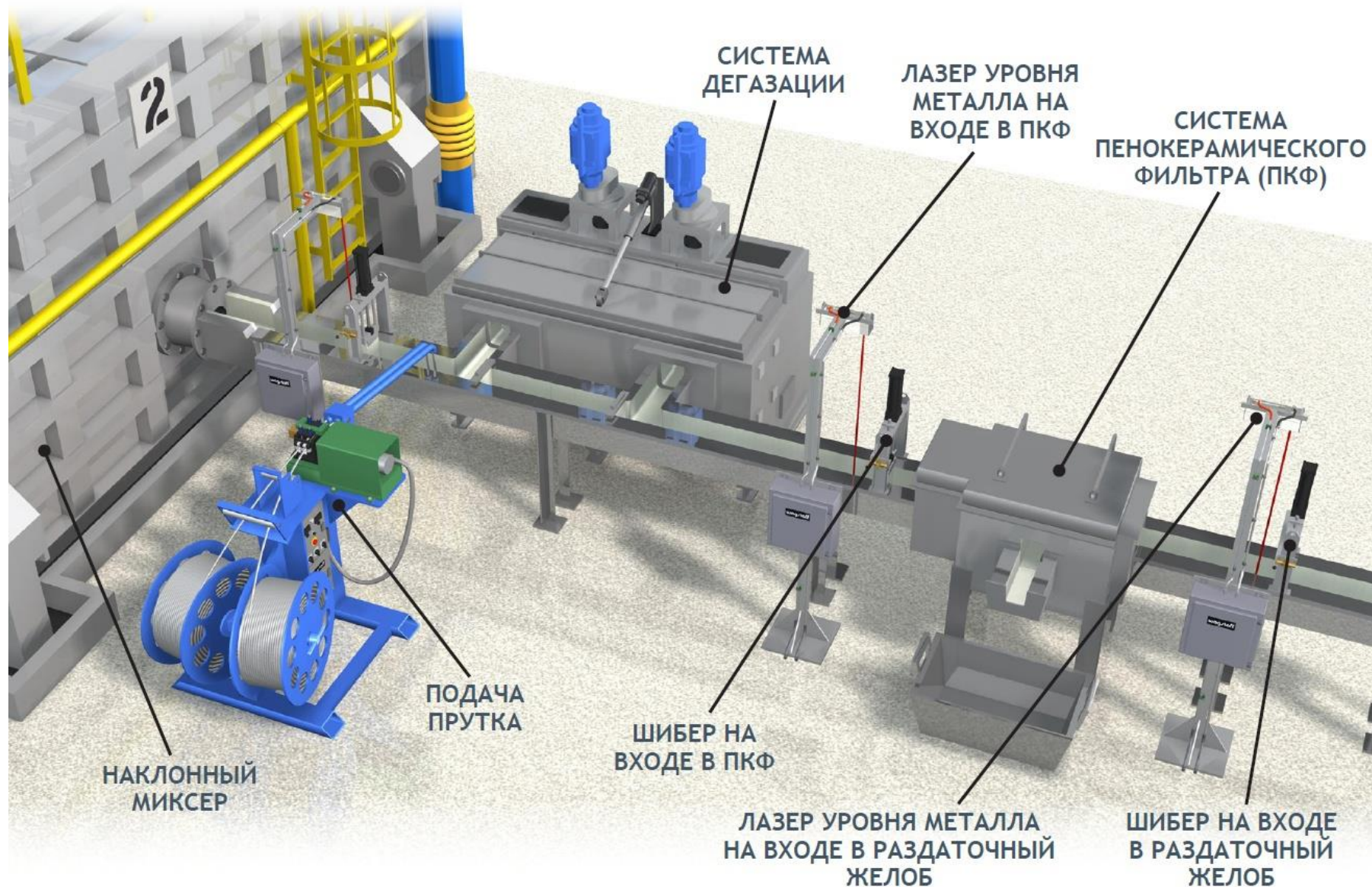


Буквами и цифрами на схеме указаны места отбора проб металла из миксера – М и из металлотракта – Т; стрелками - направление движения расплава;

Визуализация литейного участка



Аппаратурно-технологическая схема литейного агрегата

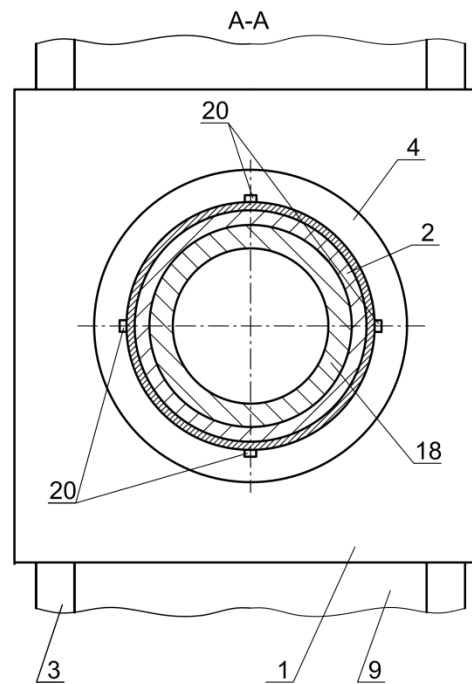
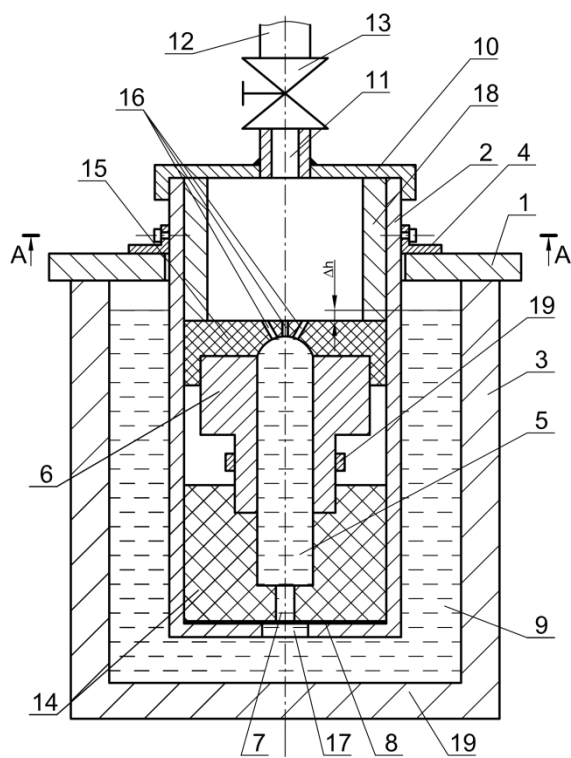


Заводская изложница и пробы металла для анализа на водород

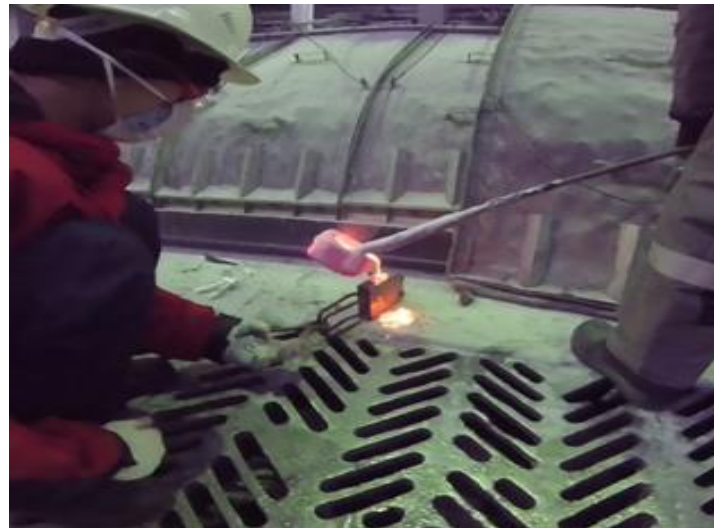


ПЕРЕНОСНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОТБОРА ПРОБЫ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА

Патент РФ на полезную модель 183559



Отбор проб алюминия из электролизеров



Отбор проб алюминия на участке удаления шлака из ковшей

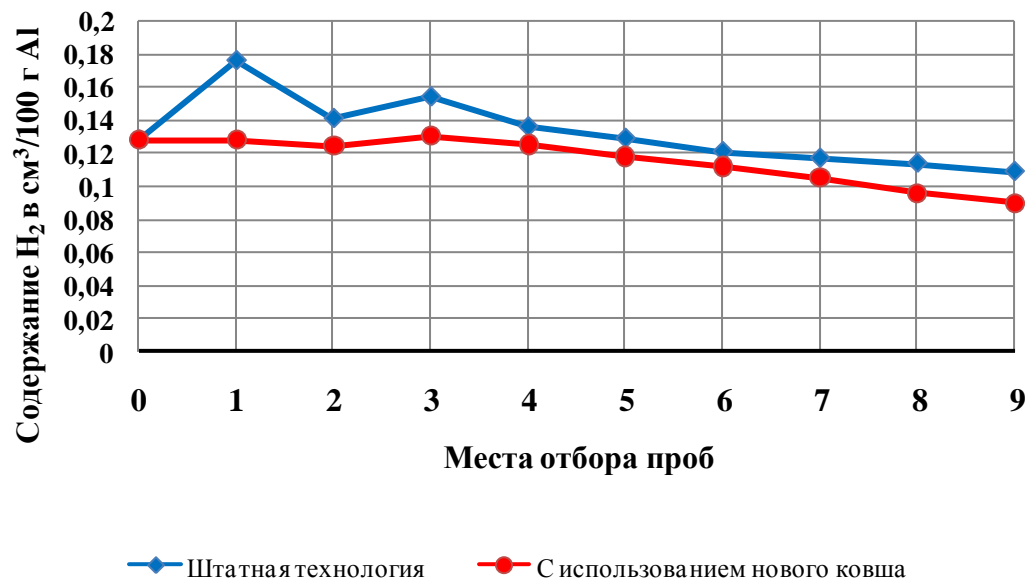


Газоанализатор газов «G8 Galileo» и его технические характеристики



Показатели	Значение, размерность
Диапазон измерений содержания H_2	0,01-1000 ppm
Время выполнения анализа	От 50 с до 60 мин.
Разрешение	0,01 ppm
Погрешность	$\pm 0,05$ ppm или ± 1 % отн.
Газ-носитель	Азот, аргон чистота 99,999 %, давление 2 бар
Сжатый воздух	Давление 5 бар
Водяное охлаждение	4 л/мин.
Габаритные размеры	700×830×600 мм

Изменение концентрации водорода в жидком металле во на основных этапах литейного передела производства плоских слитков из алюминиевых сплавов



0 – в электролизерах; 1 – в ковшах до отстоя металла; 2 – в ковшах после отстоя металла; 3 – в миксере после заливки металла; 4 – в миксере перед разливкой металла; 5 - до установки «SNIF» рафинирования аргоном; 6 - после установки «SNIF»; 7 - после металлофильтра «Mitsui»; 8 - после пенокерамического фильтра «Mitsui»; 9 - перед подачей металла в кристаллизатор литейной машины

Заводские мероприятия по снижению содержания водорода в алюминиевом расплаве на металлургическом производстве

- 1) отстаивание расплава в вакуум-транспортных ковшах перед его заливкой в миксеры;
- 2) обработку расплава в миксерах галогенидсодержащими флюсами с последующей выдержкой;
- 3) рафинирование металла инертным газом-аргоном;
- 4) фильтрование металла через специальные фильтры.

Расплав при литье плоских слитков рафинируют продувкой инертным газом-аргоном в двухроторной установке внепечного рафинирования SNIF P-140УНВ. Дополнительную фильтрацию алюминия производят в трубчатом металлофильтре (МТФ), тип 2803 японской фирмы «Mitsui». Завершают очистку фильтрацией металла через пенокерамический фильтр (ПКФ) с пористостью 40 ppi (размер пор 1250÷1500 мкм).

Направления совершенствования аппаратурно-технологической схемы металлургического производства плоских слитков, направленной на снижение содержания водорода в алюминии и его сплавах

1) Устранение контакта расплава с внешней средой при наборе алюминия-сырца из электролизера в вакуум-транспортный ковш (точка К), когда среднее содержание водорода в металле увеличивается с 0,125 до 0,180 см³/100 г, несмотря на снижение средней температуры металла примерно с 960°С до 860°С.

Увеличение содержания водорода в алюминии-сырце при наборе расплава в ковш обусловлено взаимодействием открытой струи расплава с влагой воздуха, а также эжекцией пузырьков влажного воздуха струей переливаемого металла в объем перелитого металла и является следствием открытого перелива алюминия при его выливке.

2) Интенсификация процесса дегазации за счет применения МГД-устройства при последующей выдержке алюминия-сырца в ковшах перед заливкой в миксеры (точка К1), когда температура металла снижается с 860°С до 790°С, что сопровождается недостаточным понижением концентрации водорода в металле с 0,180 до 0,140 см³/100 г.

3) Устранение контакта расплава с внешней средой. При открытом переливе алюминия-сырца из вакуум-транспортных ковшей в миксеры (точка М1) происходит насыщение расплава водородом вследствие эжекции пузырьков влажного воздуха в объем заливаемого расплава.

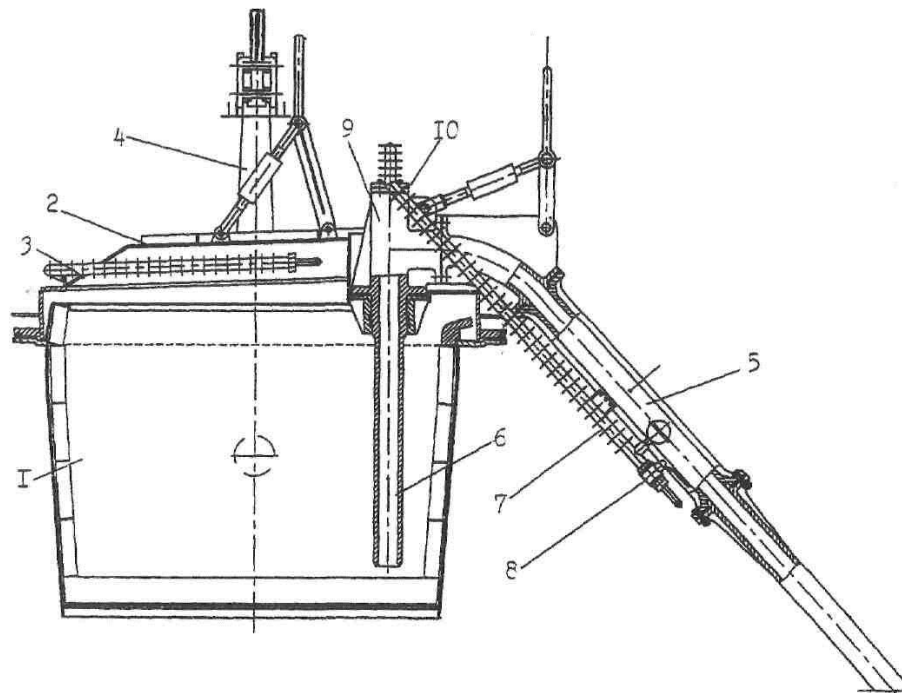
4) Интенсификация процесса дегазации за счет применения УЗК-устройства в металлотрактах (точки Т4 и Т5) непосредственно перед заливкой расплава в кристаллизатор

Заводская заливка расплава алюминия в миксер



Открытый перелив алюминия-сырца из вакуум-транспортных ковшей в миксеры

Усовершенствованная конструкция вакуум-транспортного ковша для транспортировки жидкого металла Патент РФ на полезную модель № 42970



1 - корпус; 2 - съемная крышка; 3 - трубопровод вакуумной линии; 4 - грузоподъемная траверса; 5 - всасывающая труба; 6 - внутренняя труба; 7 - жаровая труба; 8 - запирающее устройство; 9 - приемная полость; 10 - металлонепроницаемый и газопроницаемый фильтр

Вакуум-транспортный ковш для транспортировки жидкого металла

Патент РФ на полезную модель № 42970

