

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.<sup>1</sup>, Беляев С.В.<sup>1</sup>, Фролов В.Ф.<sup>2</sup>, Куликов Б.П.<sup>1</sup>, Губанов И.Ю.<sup>1</sup>, Партыко Е.Г.<sup>1</sup>**

**<sup>1</sup>«Сибирский федеральный университет», Россия,**

**<sup>2</sup>ООО «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

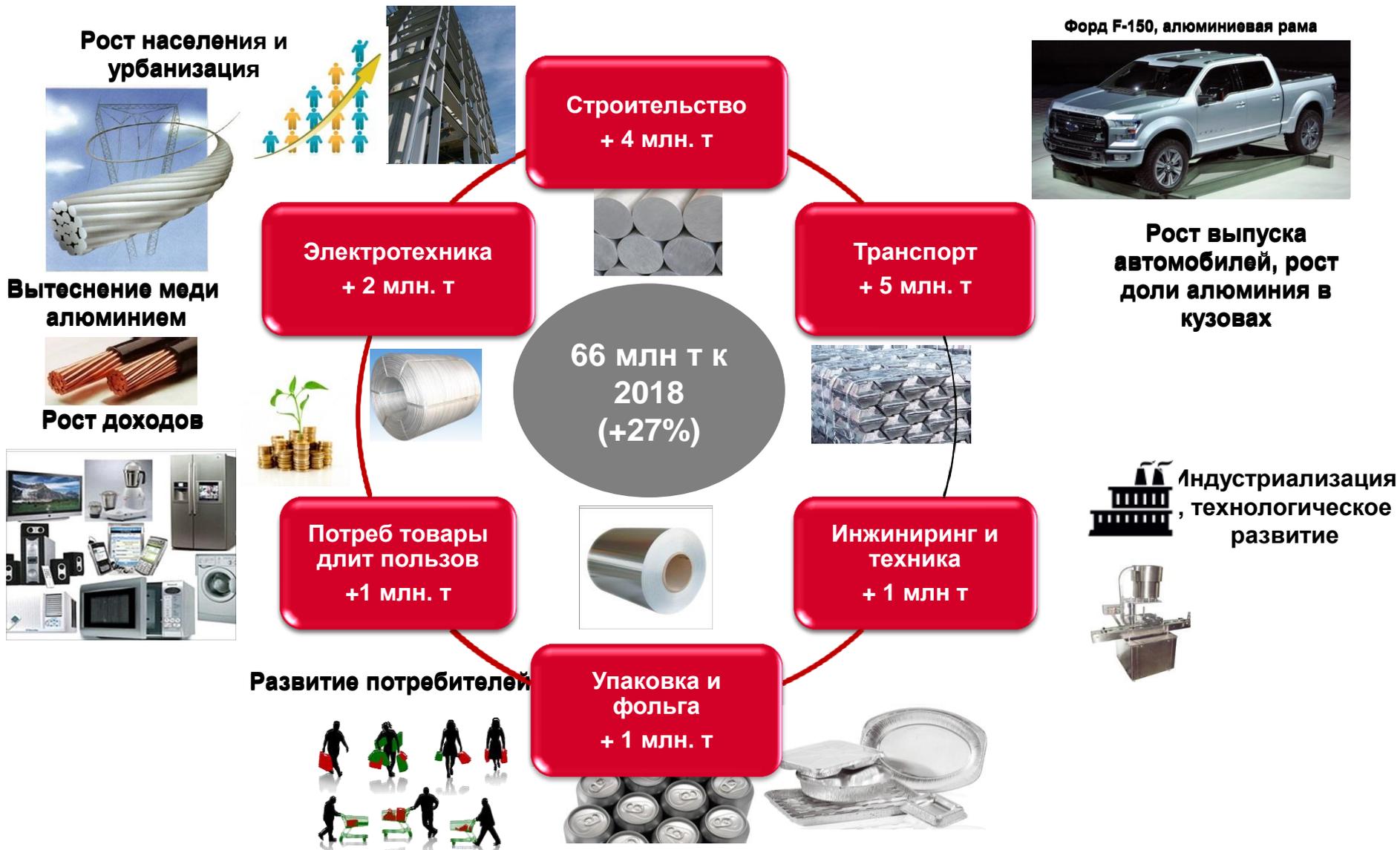
- Развитие научно-технического прогресса в алюминиевом производстве происходит в условиях жесткой конкурентной борьбы на мировом рынке, где основными требованиями является - неуклонное повышение эффективности и качества конечной продукции.
- Главным вектором развития алюминиевой отрасли в последние годы 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.

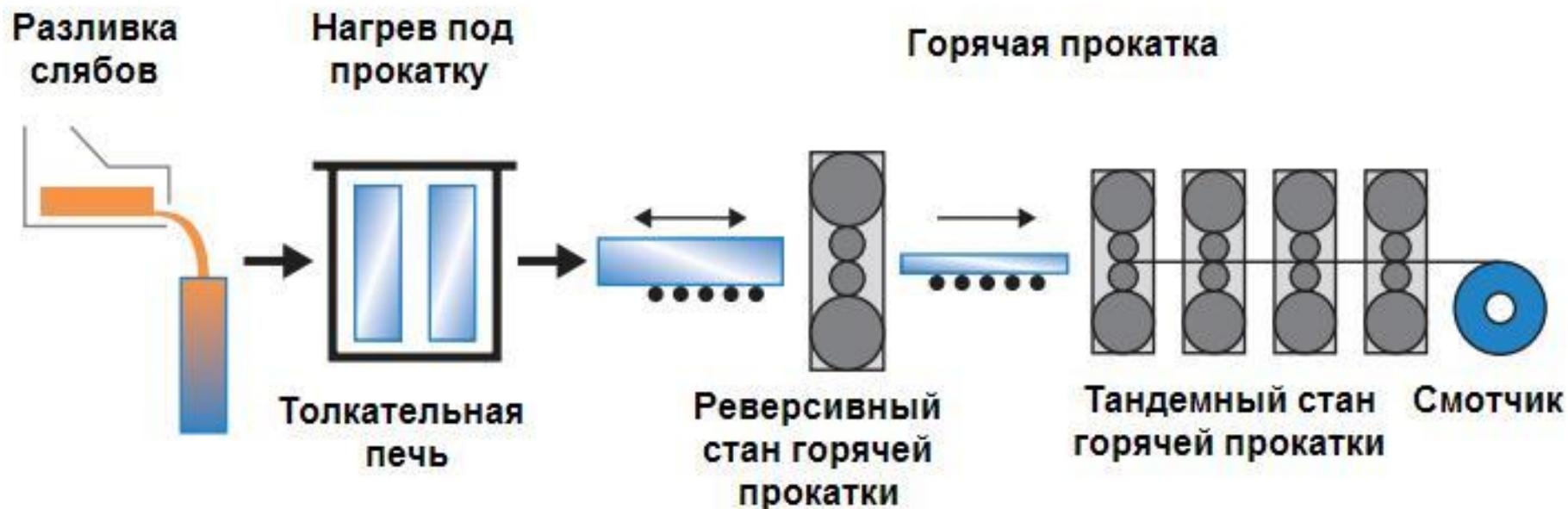
**ЗАДАЧИ:**

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



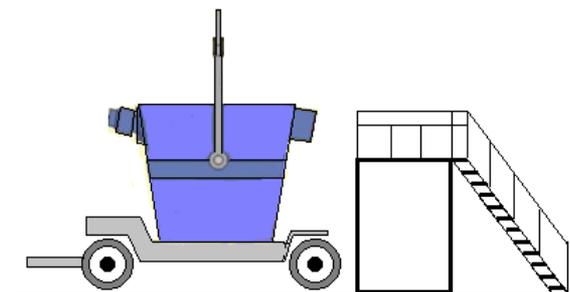
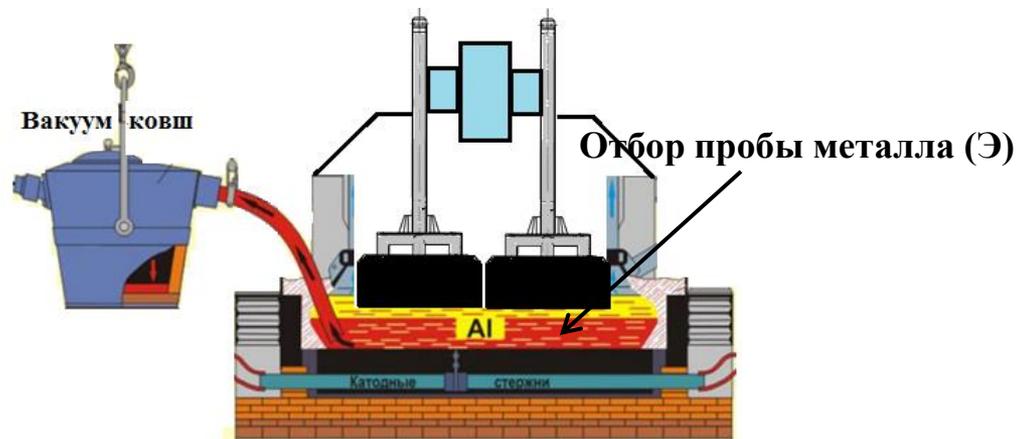
# Схема технологии производства алюминиевой ленты из слэбов



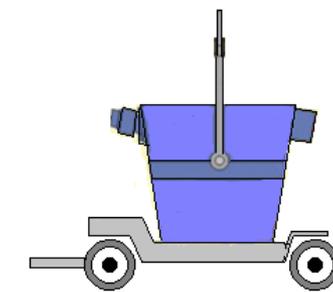
# Технология производства слитков из алюминиевых сплавов

- 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.

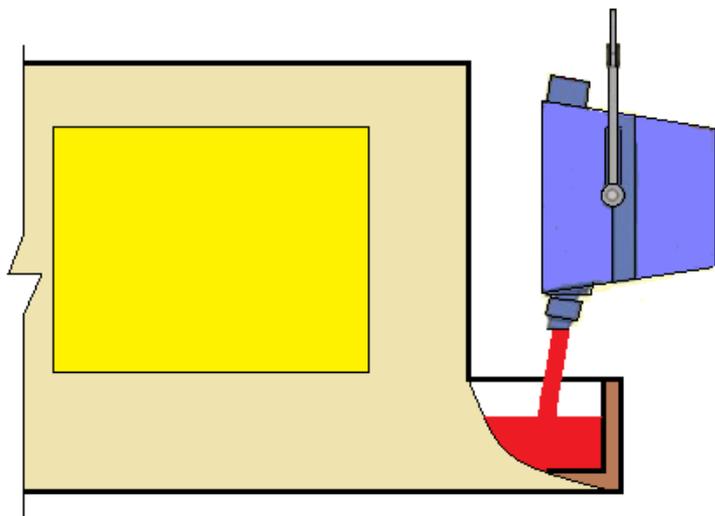
# Схема выливки, транспортировки, заливки расплава алюминия в миксер



Удаление шлака и отбор пробы металла (К)

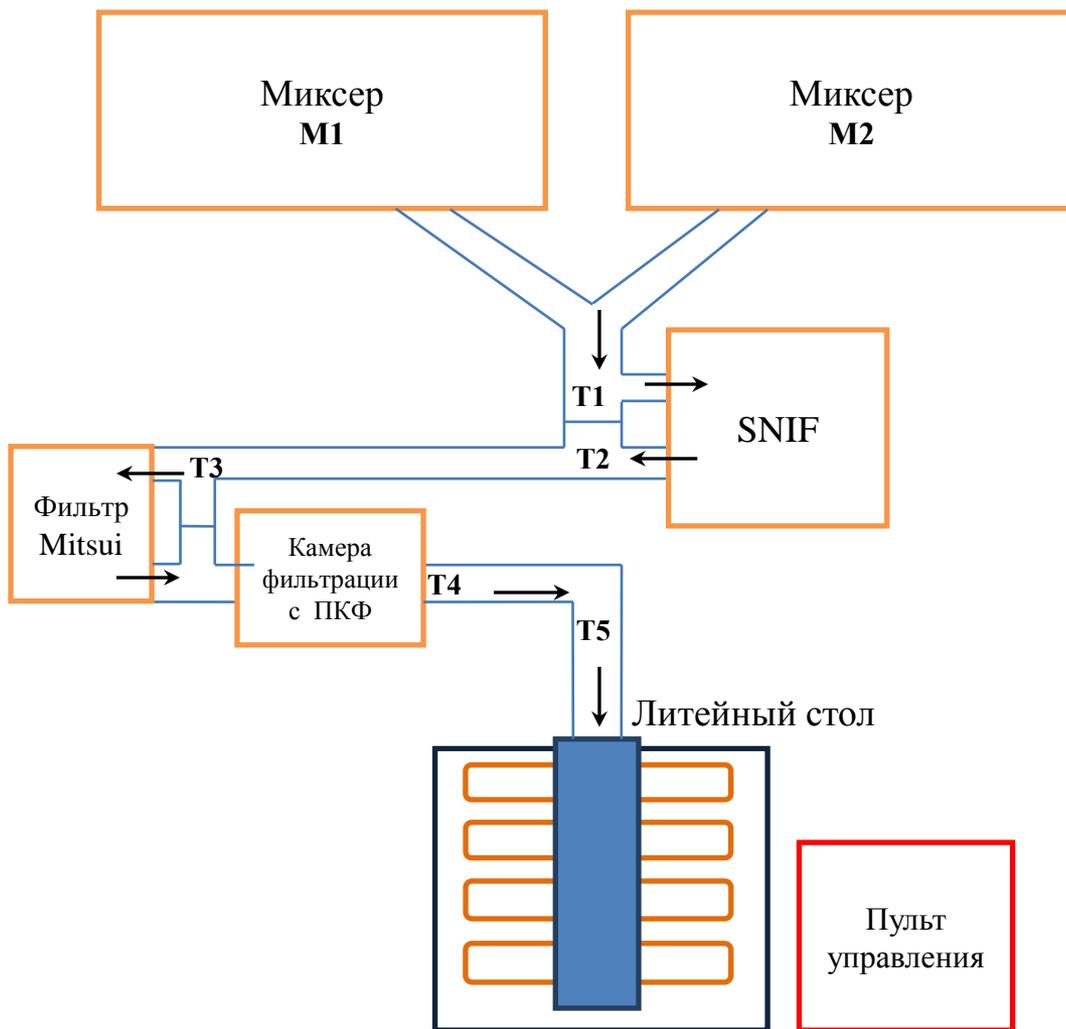


Отстой металла и отбор пробы (К1)



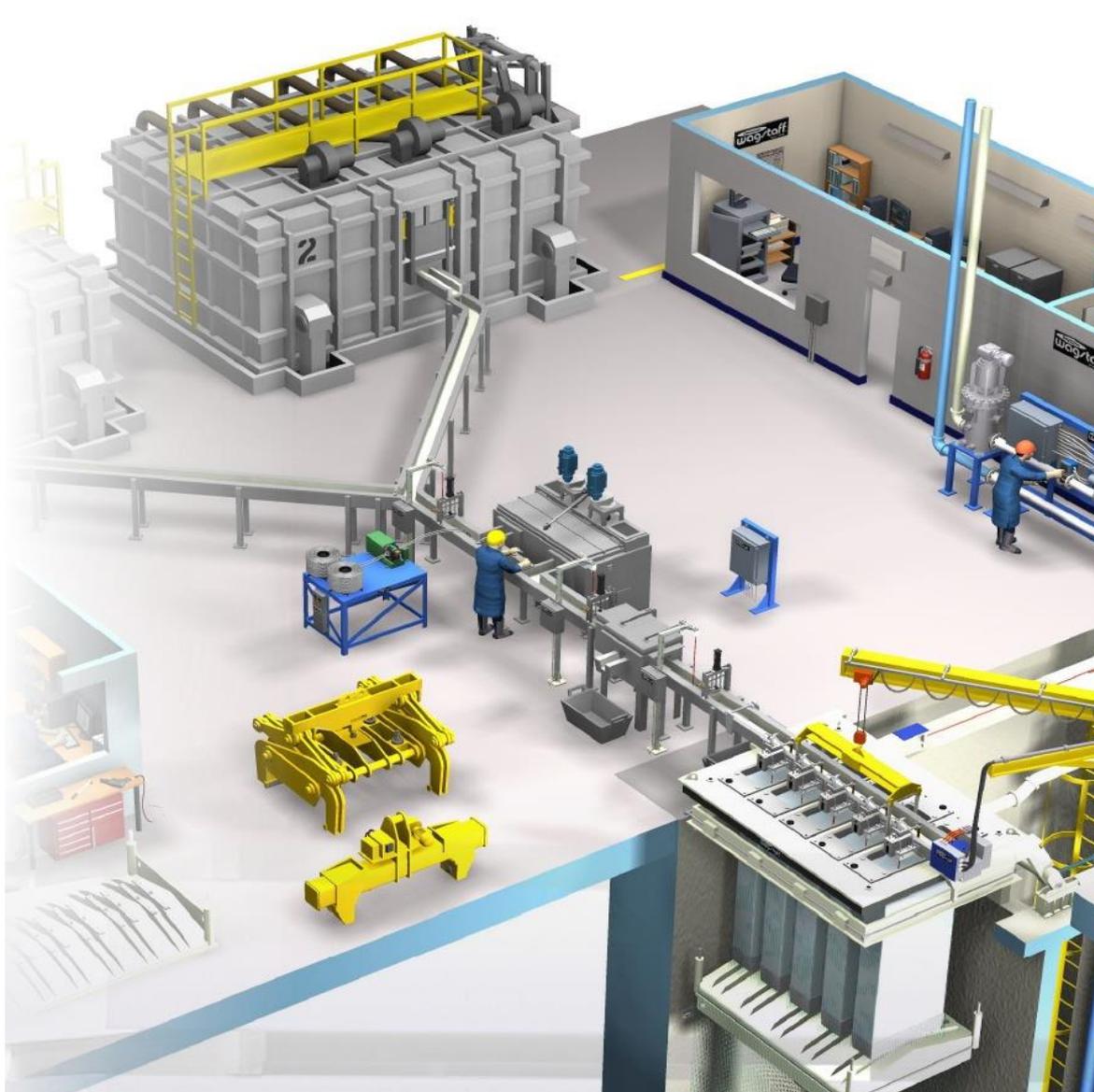
Заливка металла в миксер и отбор пробы металла (М)

# Схема литейного участка для производства плоских слитков

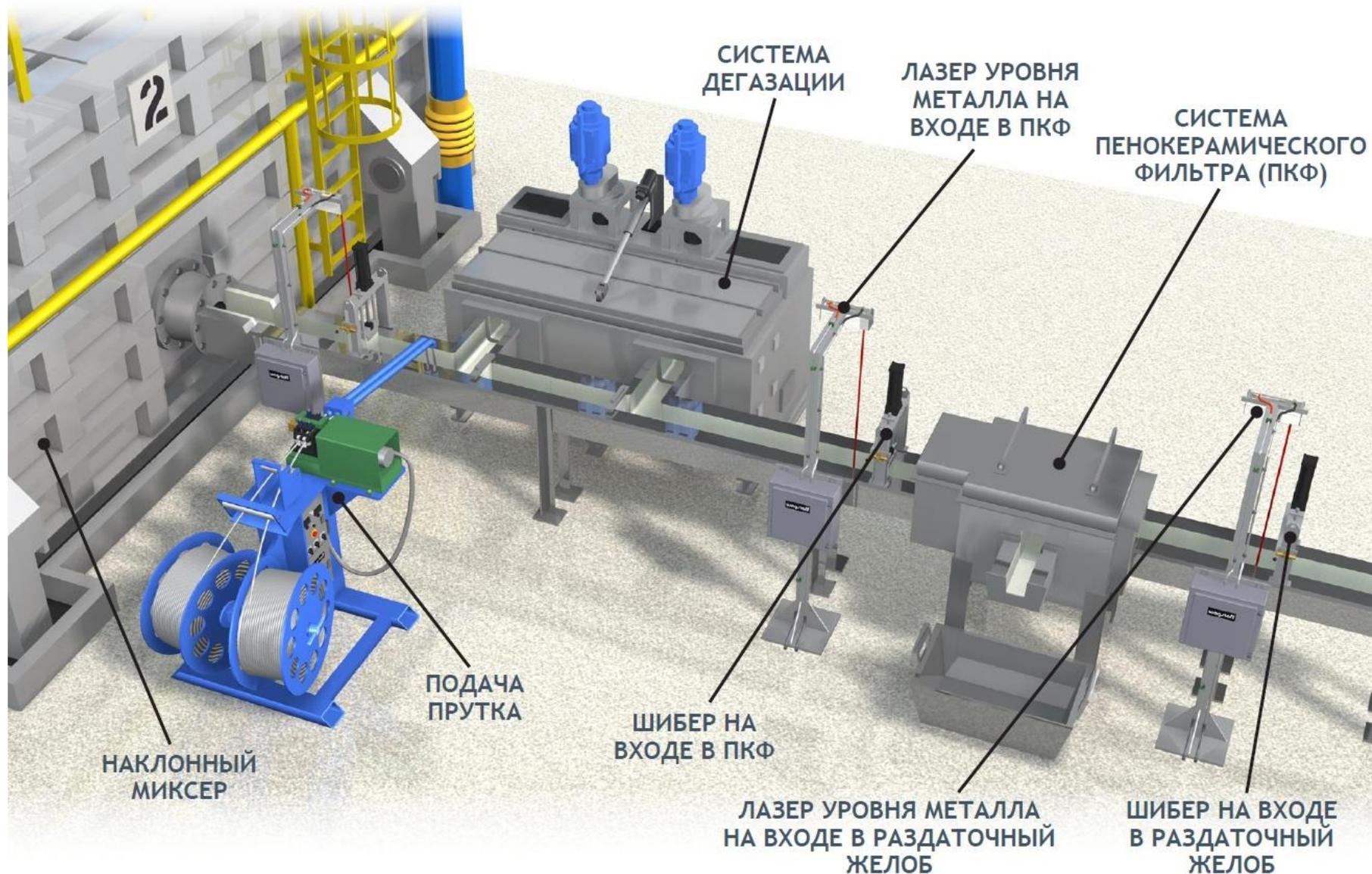


Буквами и цифрами на схеме указаны места отбора проб металла из миксера – **М** и из металлотракта – **Т**; стрелками - направление движения расплава;

# Визуализация литейного участка



# Аппаратурно-технологическая схема литейного агрегата

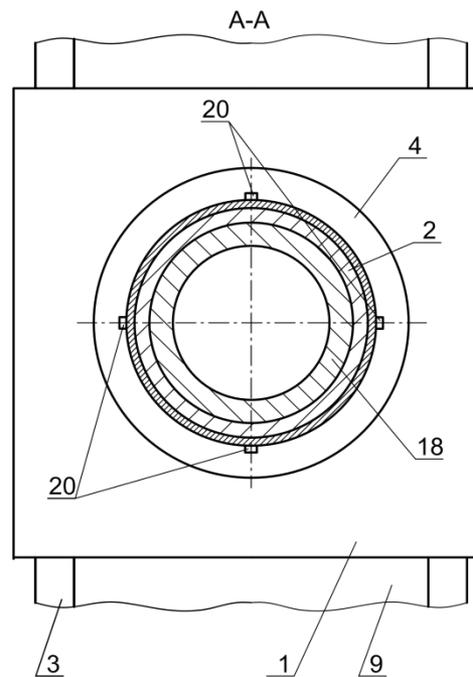
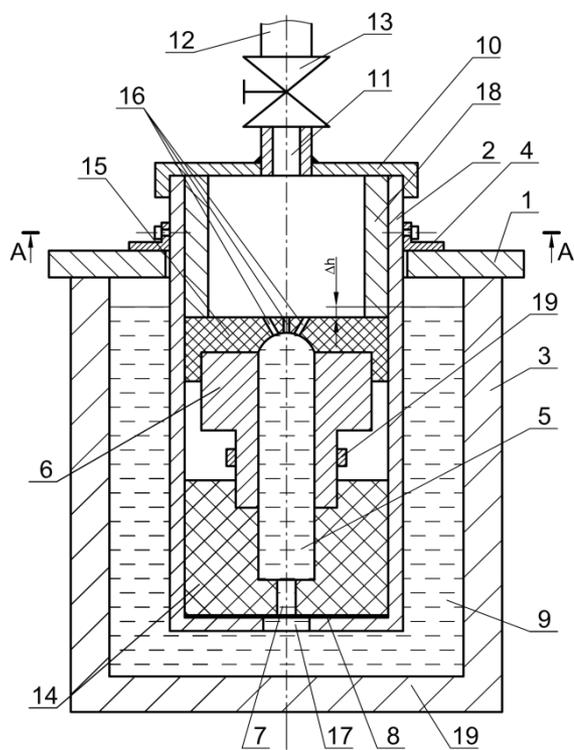


# Заводская изложница и пробы металла для анализа на водород

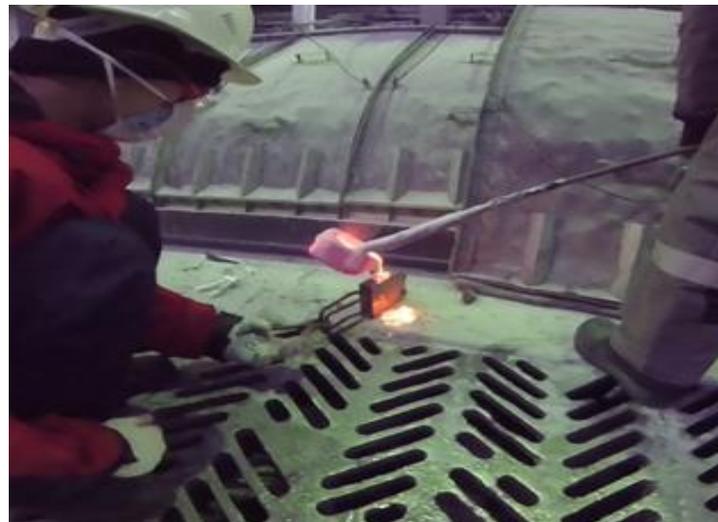


# ПЕРЕНОСНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОТБОРА ПРОБЫ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА

Патент РФ на полезную модель 183559



# Отбор проб алюминия из электролизеров



# Отбор проб алюминия на участке удаления шлака из ковшей

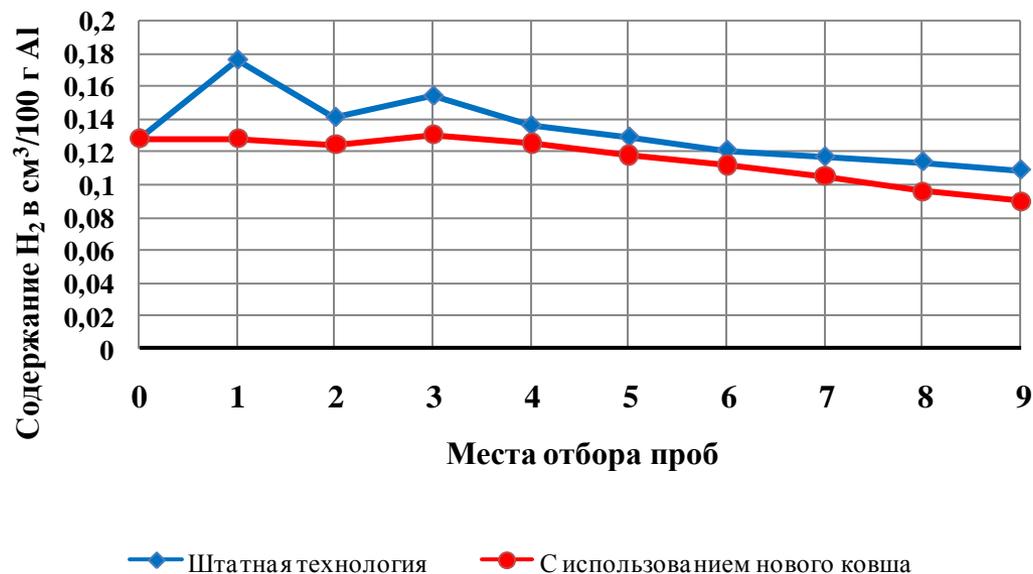


# Газоанализатор газов «G8 Galileo» и его технические характеристики



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 $\pm 1$ % 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 см<sup>3</sup>/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 см<sup>3</sup>/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.

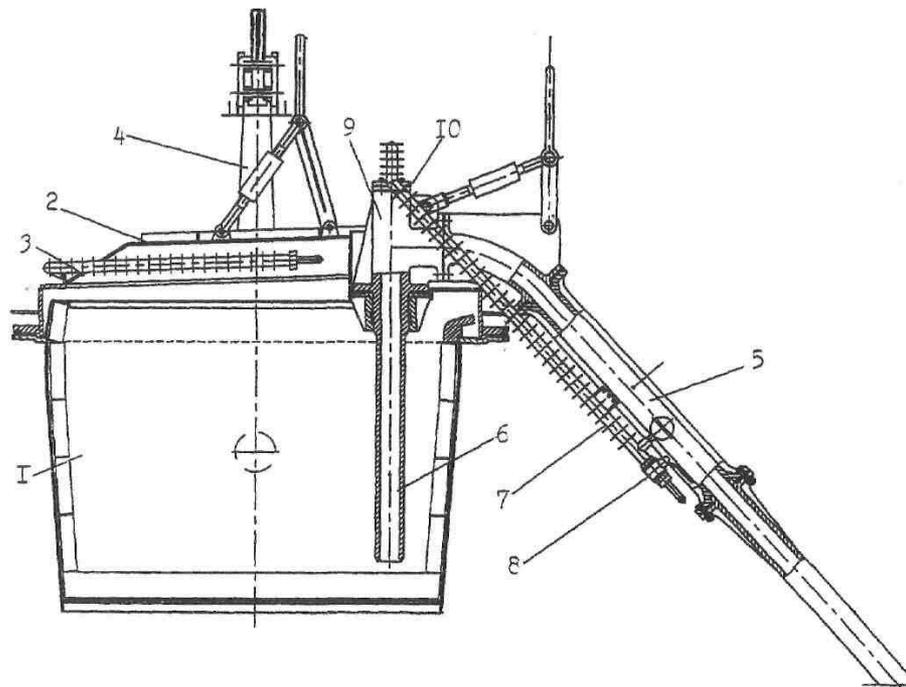
**4) Интенсификация процесса дегазации за счет применения УЗК-устройства в металлотрактах (точки Т4 и Т5) непосредственно перед заливкой расплава в кристаллизатор**

# 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

