

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТАЛИ 20ГЛ С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

**А. А. САИДИРАХИМОВ, Н.К. ТУРСУНОВ**

Ташкентский государственный транспортный университет, Республика  
Узбекистан

**Аннотация:** Мақоллада nodir tuproq metallari (NTM) yordamida 20GL po‘latini pechdan tashqari qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqish muhokama qilinadi. Asosiy e‘tibor nodir tuproq metallarining po‘latning mexanik xususiyatlariga, shuningdek, fosforsizlanish va oltingugurtdan tozalash jarayonlariga ta’siriga qaratiladi. Eksperimental tadqiqotlar olib borilmoqdaki, nodir tuproq metallarning qo‘shilishi po‘lat sifatini sezilarli darajada yaxshilaydi, mustahkamligini oshiradi va zararli aralashmalar tarkibini kamaytiradi. Tadqiqot natijalari temir yo‘l transportida ishlatiladigan qismlarning ishonchliligi va chidamliligini oshirishi mumkin bo‘lgan metallurgiyada nodir tuproq metallaridan foydalanishning istiqbollarini ko‘rsatadi.

**Калит so‘zlar:** po‘lat 20GL, nodir tuproq metallari, pechdan tashqari qayta ishlash, fosforsizlantirish, oltingugurtdan tozalash, mexanik xususiyatlar, temir yo‘l transporti, tozalash texnologiyalari.

**Аннотация.** В статье рассматривается разработка технологии внепечной обработки стали 20ГЛ с использованием редкоземельных металлов (РЗМ). Основное внимание уделяется влиянию РЗМ на механические свойства стали, а также на процессы дефосфорации и десульфурации. Проводятся экспериментальные исследования, которые показывают, что добавление РЗМ способствует значительному улучшению качества стали, повышает прочность и снижает содержание вредных примесей. Результаты исследования подчеркивают перспективность применения РЗМ в металлургии, что может повысить надежность и долговечность деталей, используемых в железнодорожном транспорте.

**Ключевые слова:** сталь 20ГЛ, редкоземельные металлы, внепечная обработка, дефосфорация, десульфурация, механические свойства, железнодорожный транспорт, технологии рафинирования.

**Annotation.** The article discusses the development of a technology for out-of-furnace treatment of 20GL steel using rare earth metals (REM). The main attention is paid to the influence of REM on the mechanical properties of steel, as well as on the processes of dephosphorization and desulfurization. Experimental studies are conducted that show that the addition of REM contributes to a significant improvement in the quality of steel, increases strength and reduces the content of harmful impurities. The results of the study emphasize the prospects for the use of REM in metallurgy, which can improve the reliability and durability of parts used in rail transport.

**Keywords:** 20GL steel, rare earth metals, out-of-furnace treatment, dephosphorization, desulfurization, mechanical properties, rail transport, refining technologies.

### **Введение**

Основным видом деятельности литейно-механического завода является производство деталей для железнодорожного транспорта. Ключевыми элементами в этом процессе являются боковая рама и надрессорная балка, которые отливаются из стали марки 20ГЛ. Эти детали должны обладать высокими механическими свойствами и надежностью, чтобы соответствовать требованиям эксплуатации в условиях железнодорожного транспорта.

Литейный цех завода оборудован индукционными печами, что позволяет достигать высокой точности в контроле температуры и составов металлов. Технология выплавки стали в индукционной печи с последующей обработкой в агрегате ковше-печи обеспечивает гибкость и возможность адаптации под специфические требования производства. Внедрение редкоземельных металлов в процесс рафинирования стали может значительно улучшить качество конечного продукта, а также повысить его эксплуатационные характеристики.

В данной статье рассматриваются аспекты разработки технологии производства стали 20ГЛ с применением редкоземельных металлов, а также влияние этих добавок на механические свойства и долговечность сталей, используемых в железнодорожном транспорте.

Основные требования к сталям деталей, используемых в железнодорожном транспорте

Рама боковая (рисунок 1.а) и балка наддресорная (рисунок 1.б) являются основными деталями железнодорожного транспорта.



Рисунок 1 – Рама боковая (а) и балка наддресорная (б)

### Методология исследования

Методология исследования включает в себя несколько ключевых этапов:

Сбор и анализ литературы: Изучение существующих исследований по использованию РЗМ в металлургии, а также анализ технологий рафинирования стали.

Экспериментальные исследования:

Подготовка образцов: Изготовление образцов стали 20ГЛ с различными содержаниями РЗМ (0,5-1,5%).

Процессы рафинирования: Проведение экспериментов по внепечной обработке с использованием различных шлакообразующих материалов, обогащенных РЗМ.

Методы испытаний:

Механические испытания: Определение прочности, пластичности и ударной вязкости стали с помощью стандартных методов испытаний (например, испытания на растяжение и ударные испытания).

Анализ химического состава: Использование спектроскопии для определения содержания вредных примесей (фосфора и серы) в стали

### Общий технологический процесс

На литейно-механическом заводе выплавка стали проводится в индукционной тигельной печи. При этом выплавляют сталь в основном по технологии переплава, т.е. без окислительного периода. Тогда требуется чистая шихта с низким содержанием углерода, серы и фосфора. Однако, при этом увеличивается себестоимость стали.

При производстве стали также работают по технологии двухшлакового процесса, при которой окислительный период проводится в печи. В качестве шихты добавляют стальной лом с более высоким содержанием примесей. При этом ограничиваются использованием оксида железа для проведения окислительного периода. На некоторых плавках окисление углерода происходит ниже требуемого предела, а также окисляется кремний и марганец, что необходимо науглероживать и легировать сталь углеродистым ферромарганцем или коксом. Это приводит к увеличению расхода ферросплавов.

Рассматривается технология работы индукционной тигельной печи фирмы “Otto Junker” вместимостью 6 т. Загрузка шихты производится при помощи вибропогрузчика, что уменьшает простои печи [1]. Лом состоит из деталей железнодорожных вагонов, выведенных из эксплуатации и стальной лом марки А1. Окислительный период начинается после расплавления с загрузкой известняка и железной руды. Окисление углерода, фосфора и достижение температуры до  $1650^{\circ}\text{C}$  являются основными задачами этого процесса. После получения полупродукта с требуемыми концентрациями углерода и фосфора, так и температурой металл выпускают в ковш, который транспортируется для дальнейшей обработки, где проводится восстановительный период. В ковше раскисляют металл алюминием в количестве 10 - 14 кг. В АКOC проводятся процессы: раскисление, десульфурация стали, легирование, корректирование химического состава, регулирование температуры [1].

Для проведения процесса десульфурации наводят высокоосновной рафинировочный шлак с добавлением извести и плавикового шпата. Температура расплава должна быть  $1650^{\circ}\text{C}$ . Затем отбирают пробу на химический анализ.

После анализа необходимо легировать металл ферросплавами. Для легирования марганцем применяют ферромарганец марки ФМн78, кремнием применяют ферросилиций марки ФС65.

Металл подогревают до температуры  $1670^{\circ}\text{C}$ , сливают шлак. Затем начинается выпуск металла в ковш. Металл выпускается при температуре  $1650 - 1670^{\circ}\text{C}$  в ковш. Затем ковш перемещают на формовочную линию заливки [1].

На рисунке 2. показана технологическая схема производства стали 20ГЛ на «ЛМЗ».

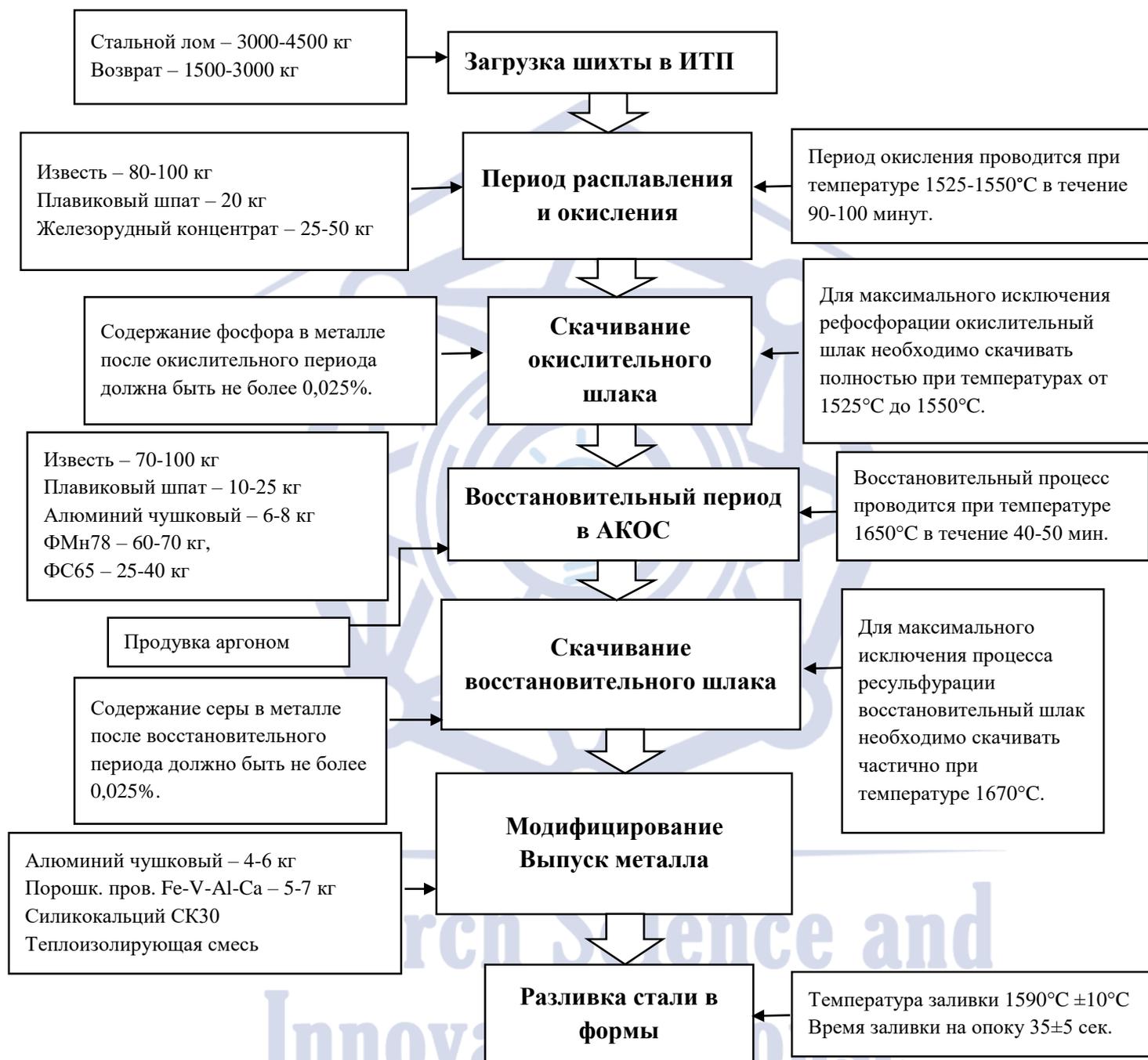
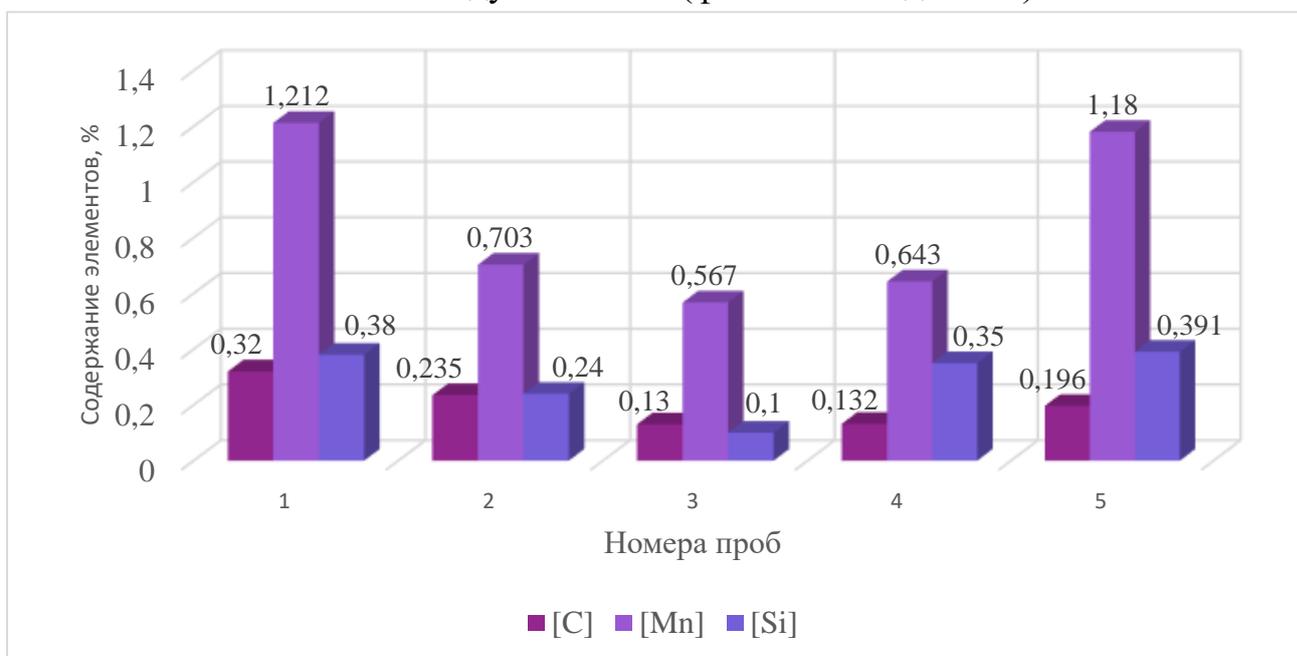


Рисунок 2. – Технологическая схема производства стали 20ГЛ на «ЛМЗ»



Данная технология предусматривает рафинирование стали 20ГЛ в ИТП с дальнейшей обработкой в агрегате ковше-печи с использованием в качестве шихты лома с содержанием серы и фосфора выше уровня.

На рисунках 3 и 4 представлены изменения содержания основных химических элементов по ходу выплавки (фактические данные).

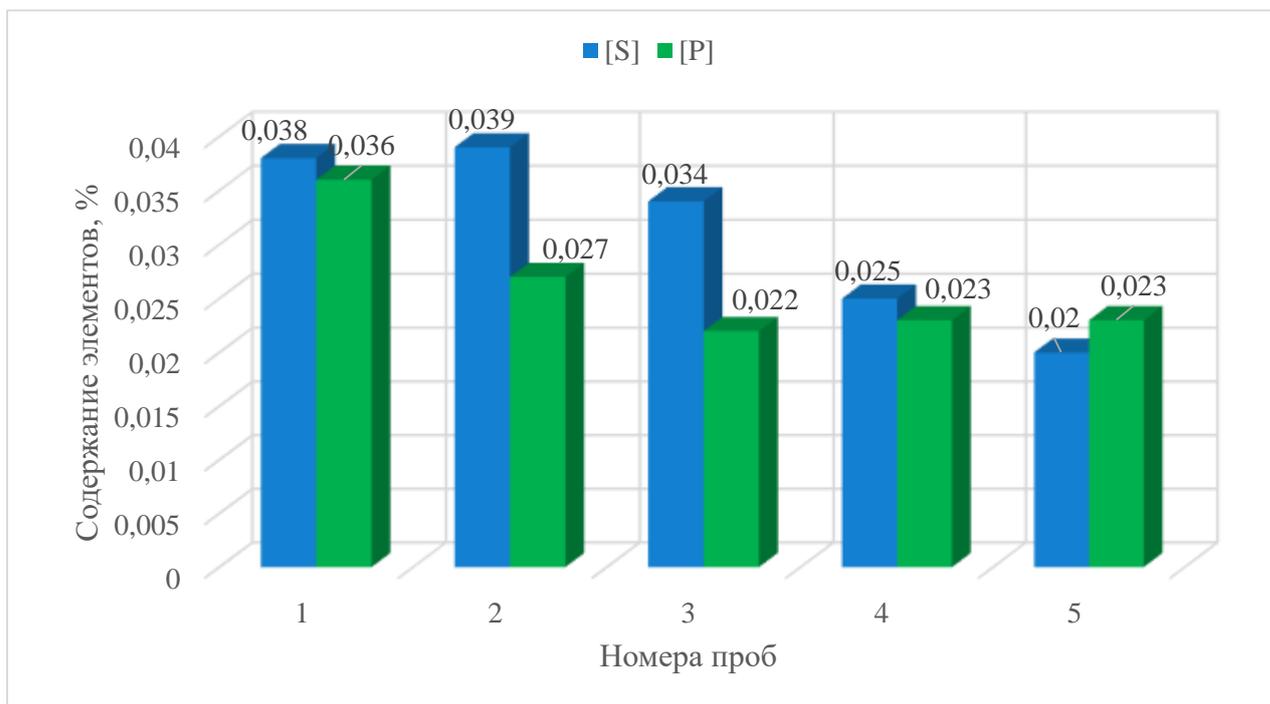


1, 2, 3 – пробы  
ИТП; 4, 5 – пробы АКП.

Рисунок 3 – Поведение углерода, марганца и кремния во время плавки.

Research Science and  
Innovation House





1, 2, 3 – пробы ИТП; 4, 5 – пробы АКП.

#### Рисунок 4 – Поведение серы и фосфора во время плавки.

В ИТП проводят окислительный процесс, в котором происходит удаление фосфора, углерода до нижнего предела марки, учитывая науглероживание металла при добавлении ферросплавов. В АКП идет восстановительный процесс, задачами которого являются раскисление, удаление серы, легирование. Кроме того, АКП обеспечивает корректировку температуры и химического состава стали.

#### Экспериментальные результаты

В ходе экспериментов было установлено, что:

Добавление 0,5-1,5% РЗМ в расплавленную сталь приводит к увеличению прочности на 10-15% по сравнению с контрольной группой.

Эффективность дефосфорации увеличивается на 20% при использовании шлака, обогащенного РЗМ, по сравнению с традиционными методами.

Уровень серы в стали снижается до 0,005% при применении РЗМ, что соответствует современным требованиям к качеству, стали для железнодорожного транспорта.

### **Заклучение**

Разработка технологии внепечной обработки стали 20ГЛ с применением редкоземельных металлов представляет собой перспективное направление для повышения качества и надежности деталей, используемых в железнодорожном транспорте. Внедрение РЗМ в процессы рафинирования позволяет значительно улучшить механические свойства стали, а также снизить содержание вредных примесей. Дальнейшие исследования в этой области могут привести к значительным улучшениям в производстве высококачественной стали, что будет способствовать повышению безопасности и долговечности железнодорожного транспорта.

### **Использованные источники:**

1. Инновационное производство высоколегированной стали и сплавов: теория и технология выплавки стали в индукционных печах: учеб. пособие / А.Е. Семин, Н.К. Турсунов, К.Л. Косырев. – М.: Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2017. – 166 с.
2. Турсунов, Н. К., Ш. П. Алимухамедов, О. Т. Тоиров, and Л. К. Кучкоров. "Процесс удаления фосфора из стали в индукционных тигельных печах." (2022).
3. Турсунов, Н. К., Алимухамедов, Ш. П., Тоиров, О. Т. У., Кучкоров, Л. А. У., Уразбаев, Т. Т., & Турсунов, Т. М. (2022). Совершенствование процесса дефосфорации стали в индукционных тигельных печах. *Universum: технические науки*, (6-2 (99)), 38-42.

Research Science and  
Innovation House