

Научная статья

Original article

УДК 94

DOI 10.55186/02357801\_2022\_7\_1\_14



**МАШИНЫ, АГРЕГАТЫ И ПРОЦЕССЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА  
НЕПРЕРЫВНО-ЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ (НА ПРИМЕРЕ АКЦИОНЕРНОГО  
ОБЩЕСТВА «УРАЛЬСКАЯ СТАЛЬ»)**

**MACHINES, AGGREGATES AND PROCESSES FOR THE PRODUCTION OF  
CONTINUOUSLY CAST BILLETS (ON THE EXAMPLE OF THE URAL STEEL  
JOINT STOCK COMPANY)**

**Котов Илья Вячеславович**, инженер, ФГБОУ ВО Новотроицкий филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (462359 Россия, г. Новотроицк, ул. Фрунзе, д. 8), тел. +7(3537)67-97-29, ORCID: <http://orcid.org/0000-0000-0000-0000>, [kotov@mail.ru](mailto:kotov@mail.ru)

**Ilya V. Kotov**, engineer, Novotroitsky branch of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "National Research Technological University "MISIS" (8 Frunze st., Novotroitsk, 462359 Russia), tel. +7(3537)67-97-29, ORCID: <http://orcid.org/0000-0000-0000-0000>, [kotov@mail.ru](mailto:kotov@mail.ru)

**Аннотация.** В статье представлены агрегаты и процессы для производства непрерывно - литой заготовки на примере Акционерного общества «Уральская Сталь» (технологии и оборудование АО «Уральская Сталь», машины, агрегаты

Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral»  
электросталеплавильного цеха АО «Уральская Сталь», комплекс непрерывной  
разливки стали электросталеплавильного цеха АО «Уральская Сталь»)

**Abstract.** The article presents aggregates and processes for the production of continuously cast billets on the example of the Ural Steel Joint-Stock Company (technologies and equipment of Ural Steel JSC, machines, aggregates of the Ural Steel electric steelmaking workshop, the complex of continuous casting of steel of the Ural Steel electric steelmaking workshop)

**Ключевые слова:** машины, агрегаты, непрерывно-литая заготовка, акционерное общество «Уральская Сталь».

**Keywords:** machines, aggregates, continuously cast billet, Ural Steel Joint Stock Company

**Введение.** АО «Уральская Сталь» занимает одно из лидирующих позиций в металлургической отрасли Российской Федерации. Продукция АО «Уральская Сталь» также поставляется, в зависимости от внешнеэкономических условий, за рубеж.

В состав «Уральской Стали» входят следующие основные производства: коксохимическое, агломерационное, доменное, сталеплавильное, прокатное, а технологическая структура производства имеет полный металлургический цикл [1-5] от поступления сырья до отгрузки готовой продукции.

**Методы.** В коксовое производство комбината входит углеобогащительный цех №1. 1 с коксовыми батареями 1-4, коксохимический завод 2 с коксовыми батареями 5-6, и вспомогательные подразделения.

Бензол, каменноугольную смолу, сульфат аммония, и другую ценную химическую продукцию, получают при улавливании из коксового газа.

Агломерационный цех комбината включает четыре модернизированных агломашин. В качестве добавок в расплав используются известняки Аккермановского месторождения. Агломерация использует автоматическое дозирование всех компонентов загрузки с помощью ленточных питателей, с

## Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral»

владением технологией производства литого агломерата, что существенно влияет на повышение производительности доменных печей и качество чугуна.

Доменный цех состоит из четырех доменных печей для плавки кокса, никель - хромового литья и конверсионной плавки никель-хром.

Объем печей - 1000, 1033, 1513, 2000 м<sup>3</sup> соответственно. Разливка чугуна осуществляется на пяти литейных машинах. В цехе построен шлакоперерабатывающий завод для гранулирования шлака. Шлак поставляется строительным компаниям, в основном, на цементный завод в Новотроицке. Железородное сырье для производства чугуна - это в основном агломераты, окатыши, концентраты и руда Лебединского и Качканарского ГОКов ручной работы, а также местные хромоникелевые руды. АО «Уральская Сталь» - единственное в мире предприятие, использующее местную руду из природных сплавов для производства легированного хромоникелевого чугуна.

Электросталеплавильный завод оборудован двумя электропечами типа ЭДП-120 мощностью 120 тонн, трансформатором мощностью 95 МВт. Проектная мощность цеха - 1 млн тонн в год. Цех выпускает около двадцати различных марок стали. Сталь отливают на МНЛЗ с радиальным четырехручьевой (МНЛЗ) сечением заготовки 300x450 мм и на машине непрерывной разливки слябов сечением заготовки 190 (270) x1200 мм[3-5]. Весь расплавленный металл в цехе обрабатывается внепечной обработкой.

**Ход исследования,** Защитная струя инертного газа предотвращает вторичное окисление стали при разливке на МНЛЗ.

Разработанная в компании инновационная технология позволяет снизить содержание в стали вредных примесей, таких как сера и фосфор, до 0,02% и менее, а также довести содержание водорода и кислорода в металле до уровня, который обеспечивается только вакуумной обработкой. Этот метод гарантирует производство проката с механическими свойствами, превышающими отечественные и зарубежные стандарты.

## Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral»

ЛПЦ №1 предназначен для прокатки листовых слябов. Цех состоит из дополнительных нагревательных печей, прокатного стана 2800, участка термообработки и чистовой обработки листового металла.

В 1982 году введен в эксплуатацию электросталеплавильный цех, предназначенный для производства сталей, в основном, углеродистых и легированных объемом производства около 800 тысяч тонн.

В электросталеплавильных печах происходит выплавка качественной и высоколегированной стали [1]. Металлолом и жидкий чугун, получаемый на предприятии, составляет основу шихты. Соотношение этих компонентов варьируется в широких пределах. Также, шихтовые материалы состоят из шлакообразующих (известняк, известь, шамотный бой, плавиковый шпат), окислителей (железная руда, окалина, агломерат), чугун, раскислителей и легирующих компонентов. В качестве последних применяют активные металлы в чистом виде или в виде сплавов с железом или друг с другом.

ЭСЦ имеет в своем составе следующие производственные отделения:

- 1) главное здание цеха состоит из 5-ти пролетов – шлакоуборочного, загрузочного, печного, МНЛЗ и передаточного пролетов;
- 2) шихтовый пролет, сблокированный со скрапоразделочным отделением.

Термоотделочное отделение соединяется с главным зданием. Данное отделение включает в себя пролеты: термообработки, склада заготовок.

Пролет шлакоуборки. Данная конструкция пролета обеспечивает разделение грузопотоков стали и шлака.

Пролет загрузки. Металлизированные окатыши, емкости с сыпучим материалом, ферросплавами и наполнителями размещаются на погрузочной рампе. Пролет имеет рабочие площадки с разметкой 8 м; 16,85 м; 21,525 м; 26,85 м; 30,25 м.

В печном пролете установлены 2 электропечи типа ДСП-120 мощностью 120 тн каждая с трансформаторами 95 МВт.

## Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral»

Печной пролет. Технология выплавки стали включает следующие операции: завалка в печь металлошихты и шлакообразующих материалов в один прием при работе на жидком чугуна с расходом не менее 50 тонн и в два приема при работе на твердом чугуна; расплавление; окислительный период с использованием газообразного кислорода; выпуск плавки; раскисление и легирование металла во время выпуска в ковш из печи; продувка стали в ковше аргоном; корректировка химического состава и температуры металла на установках «ковш-печь».

В 2019 году проведена модернизация печи номер один, и теперь она носит название гибкая модульная печь (ГМП-1). Объем печи не изменился, однако кардинально изменилась конструкция и принцип работы агрегата.

**Результаты и обсуждение.** Если до модернизации печь в качестве основной шихты использовала металлолом с добавлением от 5 до 45 процентов чугуна, то сейчас в основе шихты при завалке применяется жидкий передельный чугун, получаемый в доменном цехе рассматриваемого комбината. Такая организация производства стали намного удешевляет получаемый продукт.

Организовать таким образом выплавку стали позволило применение дополнительных горелочных устройств в конструкции печи и теперь эта модульная гибкая печь может работать в двух режимах: в режиме дуговой сталеплавильной печи или в режиме модульной печи с использованием практически чистого чугуна.

Несмотря на очевидную выгоду при таком способе получения стали, до сих пор металлурги (сталевары) испытывают значительные трудности при эксплуатации модернизированного агрегата. Проводятся испытания для поиска рабочих режимов и доводка смонтированного оборудования до конструкций, обладающих приемлемой надежностью. В 2020 году аналогично способом было модернизирована и печь номер два.

Остальной процесс производства стали остался неизменным и включает в себя в ней печную обработку. В процесс внепечной обработки полученного металла на Уральской Стали выходит доводка металла в сталеразливочных ковшах на установках ковш-печь и процесс вакуумирования стали.

## Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral»

Вакуумирование стали осуществляется на одной установке вакуумирования стали (УВС).

Разливочный пролет. Для внепечной обработки жидкой стали в разливочном пролете установлены различные технологические агрегаты.

Установки оснащены дозирующими устройствами и конвейерами для подачи ферросплавов и шлакообразующих в ковш, а также трайб-аппаратами для ввода в металл алюминиевой проволоки и проволоки с легирующими наполнителями. В процессе доводки стали на этом этапе производства, который длится почти один час, сталевары постоянно контролируют температуру расплава, с помощью специальных приспособлений (пробоотборников) берут пробы металла. Затвердевшие пробы помещают в специальные металлические капсулы и посредством уникального оборудования – пневмопочты направляют их на химический анализ в центральную лабораторию комбината (ЦЛК), на участок ЭСПЦ. Такой способ довольно шумный, но по скорости доставки проб ему пока нет альтернативы. После анализа на пульте оператора УКП приходит отчет о химическом составе получаемого металла. Таким образом, осуществляется постоянный контроль параметров состава металла, что позволяет своевременно его корректировать. Поэтому на предприятии крайне низок процент так называемой беззаказной стали, которая по свойствам не подходит заказчикам и реализуется, так сказать «в свободной продаже». После окончания обработки металла на УКП СРК с доведенной по химическому составу и температуре подается на разливку [5].

Пролет МНЛЗ. В пролете размещена одноручьевая радиальная слябовая МНЛЗ №2 и четырехручевая радиальная блюмовая МНЛЗ №1. Разливку стали производят в литые заготовки сечением  $\varnothing 430$  мм,  $\varnothing 540$  мм,  $\varnothing 600$  мм и  $330 \times 470$  мм, длиной 3500 мм - 6000 мм на МНЛЗ №1 или слябовые заготовки на МНЛЗ №2. Длина непрерывнолитых слябов составляет от 1300 до 2600 мм, толщина 190 и 270 мм, ширина 1200 мм. Обработку и сдачу литых заготовок производят в ТОО ЭСПЦ.

## Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral»

Имеется оборудование для ремонта промежуточных ковшей, устройство для экструзии эстакад, сушилка для сталеплавильных ковшей и машина для футеровки промежуточных ковшей. Пролет шириной 30 м оборудован двумя мостовыми кранами г / п 100/20 тонн.

В шихтовом пролете есть склады для скрапа и запасов лома на 4 - 5 дней.

Таким образом, технологический процесс в ЭСПЦ АО «Уральская Сталь» построен таким образом. Загрузка шихты в ЭДП-120 происходит через верх при помощи загрузочной бадьи. В процессе плавления на печь подают максимальную тепловую нагрузку, а для ускорения плавления шихты вне зоны дуг применяют газоокислородные горелки. На данном этапе происходит выплавка полупродукта. Выпуск выплавки в СК происходит после получения в металле необходимых параметров, соответствующих технологическим инструкциям.

Далее, по технологии следует внепечная обработка стали, на установках печь-ковш (УКП) для доводки до нужных показателей по химическому составу, температуре и т.п. При необходимости получения особых свойств стали в дальнейшем она может поступать на установку вакуумирования, где происходит дополнительное удаление примесей. Если такой необходимости нет, то сталь поступает на разливку на машины непрерывной разливки стали (МНЛЗ).

Далее заготовка с помощью машин газовой резки (МГР) режется на мерные длины, маркируется и поступает на охлаждение.

Управление цехом. Промышленно производственный персонал разделяется на 4 категории:

- 1) руководители – работники, занимающие должность руководителя предприятия, а также их заместители;
- 2) персонал – квалифицированные сотрудники, в круг задач которых входит: техническое обслуживание, подготовка производства, хозяйственные функции в управлении, а также учетная и конторская работа;
- 3) специалисты – работники, выполняющие инженерно-технические, экономические функции;

## Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral»

4) рабочие подразделяются на: основные (рабочие принимающие участие в непосредственном производственном процессе) и вспомогательные (рабочие, помогающие основным).

Комплекс непрерывной разливки стали (НРС) ЭСПЦ АО «Уральская Сталь» приставлен одноручьевой радиальной слябовой МНЛЗ №2 и четырех ручьевой радиальной блюмовой МНЛЗ № 1.

Данный пролет спроектирован с учетом расположения в нем различного технологического оборудования, а именно: гидравлическая установка по выдавливанию «козлов», оборудование для ремонта ПК, газовая установка сушки СК и машина наливной футеровки ПК.

Подготовку сталеразливочных и промежуточных ковшей производят в соответствии с технологическими инструкциями, выдерживая температурный режим, придерживаясь временных интервалов[4, 5].

Наличие влаги категорически недопустимо, поэтому перед разливкой промковш просушивают. На специально – оборудованном стенде производят сушку и предварительный разогрев для разливки, перед сушкой зафутерованный промковш накрывают специальной размерной крышкой.

Технологическая инструкция [4] строго регламентирует процесс подготовки, разогрев до температуры 1100 С, погружные стаканы, изготовленные из корундограффита необходимы для передачи материала из ПК в кристаллизатор, так же применяются для защиты струи металла от окисления.

После того, как устройство и распределитель готовы к разливке, разливочный ковш монтируют на поворотно-поворотный стенд (ППС), повернутый на 180° в рабочем положении, шиберный затворцентрируется относительно сталеразливочного ковша относительно приемного устройства промежуточного ковша. Для предотвращения разбрызгивания металла и его окисления на данном этапе, с помощью специального манипулятора устанавливают защитную трубу, в момент, непосредственно перед открытием шибера.

Когда в начале разливки металл начинает перетекать из сталеразливочного ковша в распределитель, пробка закрывается. В этом случае аргон подается



## Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral»

моноблоком заглушки для продувки. После начала непрерывной разливки и достижения скорости разливки расход аргона на продувку увеличивается, но предотвращается кипение и обнажение металла в ковше и кристаллизаторе.

После заполнения ПК металлом крышка открывается механически и начинается заполнение формы материалом.

После заполнения ПК металлом крышка открывается механически и начинается заполнение формы материалом, также ШОС добавляют в кристаллизатор и пополняют вручную, периодически по мере выгорания.

Все работы при разливке производятся согласно требованиям операционной карты [5].

Отделение головки затравки производится после выхода из последней пары роликов горизонтального участка. В конце разливки сталеразливочного ковша из последней серии или одной плавки они начинают плавно снижать скорость всасывания слитка, чтобы предотвратить втягивание шлака из ПК в кристаллизатор.

**Область применения результатов.** Конструкция промежуточного ковша и его роль в процессе разливки. Промежуточные ковши применяются для контроля скорости истечения металла, так же ПК создает устойчивые условия для разливки, уменьшает турбулентность движения стали, и необходим для борьбы с НВ.

В круг задач ПК входят такие функции: распределение металла между ручьями (при многоручьевом литье) и согласование массовых скоростей поступления стали в кристаллизатор; применение его как емкости для очистки металла от включений путем их всплытия и выноса циркуляционными потоками на границу с защитным покрытием, где они ассимилируются шлаком [3].

Анализ работы системы МНЛЗ АО «Уральская Сталь» показала, что промковш МНЛЗ №2 выполняет следующие основные функции.

1. Принимает сталь, выливающуюся из сталеразливочного ковша.

## Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral»

2. Накапливает металл в объемах, необходимых для стабильного процесса литья (высота налива  $h = 700 \dots 1000$  мм) в течение всего период разливки.

3. Обеспечивает резерв металла для разливки в период замены сталеразливочного ковша (до 3-5 мин, разливки без - подачи металла из сталеразливочного ковша, уровень стали при этом падает до 400-350 мм).

4. Обеспечивает распределение и дозирование стали при переливе из промковша в кристаллизаторы МНЛЗ.

5. Усредняет сталь по температуре и по химическому составу в ходе разливки.

6. Обеспечивает минимальные потери тепла металла в ПК.

7. Обеспечивает рафинирование металла за счет всплытия неметаллических включений.

**Выводы.** Наиболее простой конструкцией промежуточного ковша считается рассматриваемый вариант - конструкция, обеспечивающая одноручьевую разливку, то есть разливку, в процессе которой металл из промежуточной емкости подается в один кристаллизатор (МНЛЗ №2 АО «Уральская Сталь»). Конечно, следует отметить тенденцию производителей к увеличению размера промежуточного ковша.

Для обеспечения скорости и направления потоков, а также времени пребывания металла в ПК, с целью создания благоприятных условий выделения из него глинозема и других НВ исследователи предлагают использовать перегородки и пороги.

Режим разливки имеет большое влияние на распределительную способность, поэтому распределительная способность увеличивается при серийном литье, чтобы обеспечить подачу металла, который требуется для замены СРК. Иногда к жидкой стали в ПК применяются различные меры для улучшения качества металла. Установка непрерывной разливки выполнена с современным уровнем техники и действующими правилами техники безопасности.

**Литература**

1. ТИ - 13657842 - СТЭС - 10. Подготовка сталеразливочных ковшей к разливке металла. - Новотроицк: ОАО «Уральская Сталь», 2008. - 50 с.
2. ТИ - 13657842 - СТ. ЭС - 20. Подготовка промежуточных ковшей к разливке металла. - Новотроицк: ОАО «Уральская Сталь», 2010. - 55 с.
3. ТИ-13657842 - СТ. ЭС - 13. Разогрев промежуточных ковшей перед началом разливки металла. - Новотроицк: ОАО «Уральская Сталь», 2007. - 102 с.
4. ОК-13657842-СТЭС-02. Требования к технологическим операциям при разливке стали. - Новотроицк: ОАО «Уральская Сталь», 2011. - 102 с.
5. Вдовин, К. Н. Рафинирование стали в промежуточном ковше МНЛЗ: Монография. / К. Н. Вдовин, М. В. Семенов, В. В. Точилкин. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2006. 118 с.
6. Akpan, B. J., Akande, I. G., Fayomi, O. S. I., & Oluwasegun, K. M. (2022). Investigation of hardness, microstructure and anti-corrosion properties of Zn-ZnO composite coating doped unripe plantain peel particles. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 5. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2022.100187>
7. Mortazavi, S. J., Mansouri, I., Awoyera, P. O., & Hu, J. W. (2022). Comparison of thermal performance of steel moment and eccentrically braced frames. *Journal of Building Engineering*, 49. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.104052>
8. Trovão, R. S., Dimas Camillo, L., da Silva, G. A., & Kulay, L. (2022). Verifying the Environmental and Energy Feasibility of Potential Improvement Actions in the Steel Production Chain in Brazil. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 10(1). <https://doi.org/10.13044/j.sdewes.d9.0390>
9. Yang, R., Tian, Y., Huang, N., Lu, P., Chen, H., Li, H., & Chen, X. (2022). Effects of CeO<sub>2</sub> addition on microstructure and cavitation erosion resistance of laser-processed Ni-WC composites. *Materials Letters*, 311. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2021.131583>
10. Zhuang, D.-D., Du, B., Zhang, S.-H., Tao, W.-W., Wang, Q., & Shen, H.-B. (2022). Effect and action mechanism of ultrasonic assistance on microstructure and

mechanical performance of laser cladding 316L stainless steel coating. *Surface and Coatings Technology*, 433. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2022.128122>

### References

1. TI - 13657842 - STJeS - 10. Podgotovka stalerazlivochnyh kovshej k razlivke metalla. - Novotroick: OAO «Ural'skaja Stal'», 2008. - 50 s.
2. TI - 13657842 - ST. JeS - 20. Podgotovka promezhutochnyh kovshej k razlivke metalla. - Novotroick: OAO «Ural'skaja Stal'», 2010. - 55 s.
3. TI-13657842 - ST. JeS - 13. Razogrev promezhutochnyh kovshej pered nachalom razlivki metalla. - Novotroick: OAO «Ural'skaja Stal'», 2007. - 102 s.
4. OK-13657842-STJeS-02. Trebovanija k tehnologicheskim operacijam pri razlivke stali. - Novotroick: OAO «Ural'skaja Stal'», 2011. - 102 s.
5. Vdovin, K. N. Rafinirovanie stali v promezhutochnom kovshe MNLZ: Monografija. / K. N. Vdovin, M. V. Semenov, V. V. Tochilkin. – Magnitogorsk: GOU VPO «MGTU», 2006. 118 s.
6. Akpan, B. J., Akande, I. G., Fayomi, O. S. I., & Oluwasegun, K. M. (2022). Investigation of hardness, microstructure and anti-corrosion properties of Zn-ZnO composite coating doped unripe plantain peel particles. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 5. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2022.100187>
7. Mortazavi, S. J., Mansouri, I., Awoyera, P. O., & Hu, J. W. (2022). Comparison of thermal performance of steel moment and eccentrically braced frames. *Journal of Building Engineering*, 49. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.104052>
8. Trovão, R. S., Dimas Camillo, L., da Silva, G. A., & Kulay, L. (2022). Verifying the Environmental and Energy Feasibility of Potential Improvement Actions in the Steel Production Chain in Brazil. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 10(1). <https://doi.org/10.13044/j.sdewes.d9.0390>
9. Yang, R., Tian, Y., Huang, N., Lu, P., Chen, H., Li, H., & Chen, X. (2022). Effects of CeO<sub>2</sub> addition on microstructure and cavitation erosion resistance of laser-processed Ni-WC composites. *Materials Letters*, 311. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2021.131583>

10. Zhuang, D.-D., Du, B., Zhang, S.-H., Tao, W.-W., Wang, Q., & Shen, H.-B. (2022). Effect and action mechanism of ultrasonic assistance on microstructure and mechanical performance of laser cladding 316L stainless steel coating. *Surface and Coatings Technology*, 433. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2022.128122> подавателей «StudNet» №9/2021.

© Котов И.В., 2021 *Международный журнал прикладных науки и технологий "Integral" №1/2022.*

**Для цитирования:** Котов И.В. Машины, агрегаты и процессы для производства непрерывно-литой заготовки (на примере Акционерного общества «Уральская сталь»)// *Международный журнал прикладных науки и технологий "Integral" №1/2022.*