

УДК 669.66-933.6

Кучменко Дмитрий Александрович

Студент 1 курс «Металлургия цветных металлов»

Сибирский федеральный университет, Институт цветных металлов и

материаловедения

Россия, г. Красноярск

Научный руководитель: Перфильева Надежда Сергеевна,

кандидат технических наук, доцент.

УВЕЛИЧЕНИЕ ВЫПУСКА ПЛОСКИХ СЛИТКОВ С 135 994 Т ДО 140 000 Т

Аннотация. В статье осуществляется поиск технических решений для увеличения выпуска плоских слитков с 135 994 т до 140 000 т. Рассматривается технология непрерывного литья как одна из наиболее прогрессивных технологий производства заготовок из металлов и сплавов, выявляются особенности технологического процесса и факторы, оказывающие влияние на качество и производительность непрерывного литья плоских слитков. Приводятся современные технологии, способствующие увеличению производительности производства первичных литейных сплавов.

Ключевые слова: литейное производство, плоские слитки, первичные литейные сплавы, непрерывное литьё, технологии.

INCREASE IN FLAT INGOT PRODUCTION FROM 135,994 T (2022 CAPACITY INCLUDING ORDER STRUCTURE) TO 140,000 T

Annotation. The article searches for technical solutions to increase the output of flat ingots from 135,994 tons to 140,000 tons. The technology of continuous casting is considered as one of the most advanced technologies for the production

of billets from metals and alloys, the features of the technological process and factors affecting quality and productivity are identified. continuous casting of flat ingots. Modern technologies are presented that contribute to an increase in the productivity of the production of primary casting alloys.

Keywords: *foundry, slabs, primary casting alloys, continuous casting, technology.*

В условиях научно-технического прогресса развитие литейного производства осуществляется в условиях жёсткой конкурентной борьбы, основным требованием которой является неуклонное увеличение эффективности и объёмов конечной продукции [1]. Для этого необходимо ускоренное инновационное обновление отрасли, увеличение её экологической безопасности, экономической эффективности, энерго- и ресурсосбережения, что может быть достигнуто посредством повышения качества и производительности продукции путём внедрения и совершенствования существующих или разработки новых технологических процессов.

Одной из наиболее прогрессивных технологий производства заготовок из металлов и сплавов, в частности плоских слитков, является непрерывное литьё, обеспечивающее высокую однородность продукции и способное увеличить выход первичных литейных сплавов на 7-10 % [2]. Данный способ разлива сокращает длительность цикла металлургического производства, даёт возможность совмещать прокатный и сталеразливочный процессы, полностью автоматизировать и механизировать производство, а также повысить качество условий труда и снизить выбросы вредных веществ во внешнюю среду, что делает его наиболее перспективным решением для увеличения выпуска первичных литейных сплавов в виде плоских слитков.

Целью работы является поиск технических решений для увеличения выпуска плоских слитков. Для её достижения были использованы методы анализа и синтеза научных публикаций и литературных источников по

рассматриваемой теме. Объектом исследования выступает технология производства первичных литейных сплавов в виде плоских слитков, предметом – оборудование и методы, используемые в технологической цепочке производства первичных литейных сплавов.

Непрерывное литьё представляет собой способ получения протяжённых отливок, имеющих неизменное поперечное сечение, посредством непрерывной подачи расплава в форму и параллельного вытягивания из неё застывшей части отливки [3]. В случае ограничения непрерывности подачи по массе или времени способ литья называется полунепрерывным. Полунепрерывное литьё можно рассматривать как этап развития технологии непрерывного литья, который получил самостоятельное значение и применение [4]. Степень непрерывности машин полунепрерывного литья оценивается отношением времени непрерывно осуществляемой разливки к календарному времени и определяется размером сечения заготовок, ёмкостью сталеплавильных агрегатов, которые обслуживают машины непрерывного литья заготовок, скоростью вытягивания и другими факторами, отражающими связь технологического режима литья с прокатным и сталеплавильным производством.

При непрерывном литье жидкий металл выливается в кристаллизатор – открытую водоохлаждаемую изложницу, обладающую подвижным дном [5]. В нижней части изложницы осуществляется частичное затвердевание слитка, который постепенно движется вниз вместе с поддоном. По ходу движения слиток охлаждается водой, а в месте полного затвердевания от него отделяются мерные заготовки. В случае полунепрерывного литья отливается слиток определённой длины, обычно 6-10 м, который разрезается в холодном состоянии. Вследствие непрерывного питания при усадке и направленного затвердевания готовые слитки имеют мелкозернистую структуру и плотное строение, при этом в них отсутствуют усадочные раковины [6].

Посредством непрерывного литья возможно получать отливки неограниченной длины, имеющие плотное строение, постоянное поперечное сечение, чистую поверхность, малое газосодержание и ликвационную неоднородность и достаточно высокую габаритную точность. Данный метод является прогрессивным трудо- и материалосберегающим технологическим процессом, дающим возможность увеличить выпуск плоских слитков посредством сокращения расхода металла на донные части слитков и прибыли, а также расходов на изготовление литейных форм и изложниц [7].

Одним из ключевых этапов проектирования технологии непрерывного литья выступает поиск значений оптимальных технологических и тепловых параметров процесса [8]. В качестве оптимальных принято рассматривать такие параметры, когда значению одного либо группы параметров соответствуют строго определённые значения другого либо группы других параметров, то есть имеется прямая взаимосвязь между параметрами, которая устанавливается в результате технологического расчёта. Посредством оптимальных параметров обеспечивается стабильность процесса непрерывного литья, что даёт возможность повышать качество и производительность производства плоских слитков.

При оптимизации литейного производства важно учитывать, что в процессе литья значения отдельных оптимальных параметров не статичны. Так, могут меняться температура заливаемого расплава и поверхности отливки в зоне вторичного охлаждения, тепловой поток в кристаллизаторе и скорость вытяжки отливки. Эти изменения происходят по различным причинам и приводят к искажению процесса формирования отливки и нарушению технологии литья. В результате ухудшается качество получаемых плоских слитков, появляются частые задержки и сбои в работе механизмов и узлов установок, обычно вследствие ручной корректировки значений параметров режима вытяжки, а также прорывы расплава, что приводит к аварийным ситуациям. Помимо этого, на качество готовой продукции влияет

ряд закономерностей формирования структуры плоских слитков: химический состав сплава, способ его рафинирования, условия кристаллизации и режимов гомогенизации при непрерывном литье, режимы деформирования и обработки слитка [9].

С целью минимизации указанных факторов и увеличения выпуска первичных литейных сплавов в виде плоских слитков необходимо внедрение новейших технологий в процесс их производства. В частности, могут быть использованы следующие разработки:

1. Кристаллизатор Epsilon от Wagstaff [10]. Данный кристаллизатор спроектирован для литья с уровнем металла, что обеспечивает улучшение качества поверхности. Технология Wagstaff SplitJet, имеющая вид пары камер охлаждения, каждая из которых оснащена комплектом водяных отверстий, осуществляет управление утолщением донника, что обеспечивает безопасность и стабильность производства и позволяет получать слитки более высокого качества с одновременным уменьшением обрезки.
2. Технология литья плоских слитков LHC от Wagstaff [11]. Технология LHC обеспечивает увеличение скорости литья, существенную экономию при скальпировании и обрезке кромки и уменьшение расхода смазки. Она поставляется в вариантах с фиксированной и с изменяемой геометрией (VariMold). В последнем случае в один кристаллизатор возможно производить отливку слитков разного размера [12]. Улучшенная геометрия донника позволяет уменьшить обрезь литника и донника на 50 %.
3. AutoCast 2020 от Wagstaff [13]. Данная система представляет собой передовую аппаратную часть, работающую с программным обеспечением, созданным для управления и оптимизации литейных процессов с прямым охлаждением. Она обеспечивает данные и инструменты, необходимые для управления, анализа и совершенствования процесса литья первичных литейных сплавов, а также для улучшения ситуативной осведомлённости, обеспечения оперативного определения аварийных событий и реагирования на них.

4. Установка для индукционного нагрева ELO-FLAT от Elotherm [14]. Она регистрирует температуру материала на входе, в случае необходимости выравнивая температуру поверхности и толщи продукта с целью её оптимального распределения при прокатке. Данный процесс обеспечивает существенную экономию затрат и энергии вне зависимости от используемого топлива, а также снижает выбросы CO₂.
5. Технология литья алюминиевых сплавов ElmaCast от НПЦ Магнитной гидродинамики [15]. Позволяет управлять структурообразованием сплава посредством электромагнитного воздействия в процессе кристаллизации, благодаря чему становится возможным получение высокой чистоты металла по неметаллическим включениям и однородной дисперсной структуры в плоских слитках. В результате применения данной технологии сокращаются затраты на очистку продукции.

Таким образом, внедрение в производственный цикл первичных литейных сплавов в виде плоских слитков новейших технологий даёт возможность повысить качество и увеличить объём производимой продукции с 135 994 т до 140 000 т, снизить издержки производства и расходы на обслуживание, ремонт и замену оборудования. Помимо этого, применение новых технологий позволяет сократить негативное влияние производства на экологию.

Список литературы

1. Фролов В.Ф. Исследование и разработка новой технологии производства плоских слитков из алюминиевых сплавов 1xxx серии для фольгопрокатного производства: дис. ... канд. техн. наук: 05.16.04 / Виктор Федорович Фролов; Сиб. фед. ун-т. – Красноярск, 2016. – 205 с.
2. Иванова А.А. Прогнозное моделирование тепловых процессов при непрерывной разливке металлов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.14.04 / Анна Александровна Иванова; Инст. приклад. матем. и мех. – Донецк, 2018. – 327 с.

3. Ярушин С.Г. Технологические процессы в машиностроении: учеб. для СПО / С.Г. Ярушин. – М.: Изд-во Юрайт, 2022. – 564 с.
4. Вдовин К.Н., Шахов С.И. Электромагнитное перемешивание металла для машины полунепрерывного литья заготовок // Теория и технология металлургического производства. – 2019. – № 1 (28). – С. 4-8.
5. Шишкин А.В. Непрерывное литьё стальных заготовок / АЭТУ, НГТУ. – 2021. – 7 с.
6. Материаловедение и технология материалов в 2 ч. Часть 2: учеб. для вузов / Г.П. Фетисов [и др.]; отв. ред. Г.П. Фетисов. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2022. – 410 с.
7. Петухова С.Н. Контроль за соблюдением технологической дисциплины и эффективным использованием технологического оборудования в литейном производстве чёрных и цветных металлов: метод. пособие. – Ульяновск: УлГУ, 2020. – 612 с.
8. Марукович Е.И., Демченко Е.Б. Теплопередача в кристаллизаторе при вертикальном непрерывном литье стали // Литье и металлургия. – 2018. – № 3 (92). – С. 26-30.
9. Телешов В.В., Снегирева Л.А., Захаров В.В. О влиянии некоторых технологических факторов на структуру и свойства крупногабаритных пресованных полуфабрикатов // Технология лёгких сплавов. – 2022. – № 1. – С. 10-21.
10. EPSILON [Электронный ресурс] // Wagstaff. – URL: <https://www.wagstaff.com/Russia/Products/Ingot-Casting/Epsilon.htm> (дата обращения: 24.05.2022).
11. Технология литья плоских слитков LHC [Электронный ресурс] // Wagstaff. – URL: <https://www.wagstaff.com/Russia/Products/Ingot-Casting/LHC.htm> (дата обращения: 24.05.2022).

12. VariMold [Электронный ресурс] // Wagstaff. – URL: <https://www.wagstaff.com/Russia/Products/Ingot-Casting/VariMold.htm> (дата обращения: 24.05.2022).
13. AUTOCAST 2020™ [Электронный ресурс] // Wagstaff. – URL: <https://www.wagstaff.com/Russia/Products/Automation/AutoCast-2020.htm> (дата обращения: 24.05.2022).
14. ELO-FLAT [Электронный ресурс] // Elotherm. – URL: <https://www.sms-elotherm.com/ru/indukcionnyi-nagrev/ploskie-izdelija/> (дата обращения: 24.05.2022).
15. ElmaCast™ – технология литья алюминиевых сплавов в электромагнитный кристаллизатор (ЭМК) [Электронный ресурс] // ООО «НПЦ Магнитной гидродинамики». – URL: <http://elmacast.com/#!/tproduct/361025707-1631718163949> (дата обращения: 24.05.2022).