

УДК 669.1:621.774.3

Производство

В. Ф. Балакин /д. т. н./, М. В. Губинский /д. т. н./ Национальная металлургическая академия  
Украины, г. Днепро, Украина

Ю. Д. Угрюмов /к. т. н./ ГП «Укрگیпромез», г. Днепро, Украина

А. Ф. Гринев /к. т. н./ ООО «НИИ «Укрметаллургиформ», г. Днепро,  
Украина

## Энергосберегающая технология прокатки труб на ТПА 5-12" ПАО «ИНТЕРПАЙП НТЗ» с использованием горячего посада непрерывнолитой заготовки ООО «ИНТЕРПАЙП СТАЛЬ»

V. F. Balakin /Dr. Sci. (Tech.),  
M. V. Gubinsky /Dr. Sci. (Tech.)/  
Yu. D. Ugryumov (Cand. Sci. (Tech.)/  
A. F. Grinev (Cand. Sci. (Tech.)/

National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnipro,  
Ukraine  
SE "Ukrqipromez", Dnipro, Ukraine  
LLC "Research Institute "Ukrmetallurginform",  
Dnipro, Ukraine

## Energy-saving technology of rolling pipes to FPA 5-12" PJSC «INTERPIPE NTZ» with the use of hot posadcontinuity of storage of LLC «INTERPIPE STEEL»

**Цель.** Разработка и исследование эффективности организации горячего посада непрерывнолитых заготовок, поступающих с ООО «Интерпайп Сталь», при производстве труб на пилигримовом агрегате 5-12" ПАО «Интерпайп НТЗ», образующих литейно-прокатную линию.

**Методика.** Анализ использования энергосберегающих технологий в прокатном производстве, математическое моделирование температурного поля заготовки после литейного модуля (МНЛЗ). Расчеты расхода природного газа при холодном и горячем нагреве непрерывнолитых заготовок в нагревательной печи прокатного модуля.

**Результаты.** В статье разработаны варианты новой энергосберегающей технологии на литейно-прокатной линии при производстве горячекатаных труб. Приведены результаты математического моделирования изменения температурного поля заготовки после литейного модуля (МНЛЗ). Выполнены расчеты экономии природного газа при нагреве горячих заготовок от 700 до 1280 °С.

**Научная новизна.** В статье установлена возможность использования энергосберегающей технологии на предложенной литейно-прокатной линии и рассмотрены различные ее варианты при прокатке холодных и горячих непрерывнолитых заготовок. Выполнено моделирование изменения температурного поля заготовки после литейного модуля (МНЛЗ). Показана возможность увеличения методической (неотпливаемой) зоны печи путем отключения ряда горелок.

**Практическая значимость.** Использование технологии горячего посада непрерывнолитых заготовок может обеспечивать экономию природного газа в нагревательной печи ТПА 5-12" либо за счет повышения производительности, либо за счет изменения температурного режима по зонам печи. Расчеты показали, что экономия природного газа может составить 500 м<sup>3</sup> в час при нагреве заготовок от 700 до 1280 °С и производительности печи 45 т/ч. (Ил. 5. Библиогр.: 15 назв.)

**Ключевые слова:** непрерывнолитая заготовка, труба, пилигримовый стан, горячий посад, экономия природного газа.

<sup>1</sup>Козловский Альфред Иванович (14.09.1929–24.01.2013) – генеральный директор Нижнеднепровского трубопрокатного завода, директор Института развития, Герой Социалистического труда, Герой Украины, Лауреат Государственной премии Украины.

**Введение.** Metallургические предприятия Украины с полным циклом имеют затраты топлива на уровне 1,4–1,6 т.у.т/т выработанной продукции, причем доля энергозатрат в себестоимости проката составляет 40 %. На предприятиях Японии и США эти затраты составляют 0,7–0,8 т 0,9–1,0 т.у.т/т [1; 2].

В прокатном производстве затраты топлива составляют 10–12 % общих потребностей в энергетических ресурсах металлургического предприятия.

Одним из эффективных направлений снижения энергоемкости металлургической продукции является использование тепловых вторичных энергоресурсов (ВЭР) в многостадийной технологической цепочке. В первую очередь это относится к использованию теплоты промежуточного продукта (полуфабриката) в следующем металлургическом переделе. Например, при производстве стали используется теплота жидкого чугуна, «горячий посад» слитков и заготовок в нагревательные колодцы и проходные методические печи. Последнее направление претерпело значительные изменения в связи с развитием сталеплавильных и прокатных технологий и агрегатов: внедрением агрегатов непрерывной разливки, литейно-прокатных комплексов [3–5].

Известно, что основная экономия энергетических ресурсов в прокатном производстве достигается использованием теплоты металла из предшествующего (сталеплавильного) производства. При разливке металла в изложницы обеспечивают скоростную доставку металла в нагревательные колодцы, желательна с «жидкой» сердцевинной. Это позволяет сократить затраты топлива прокатного производства на 30–40 %. В случае использования машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) необходимо максимально приближать прокатные станы к кристаллизаторам машин. Это технологическое решение обеспечивает экономию от 25 до 70 кг у.т/т проката. Прокатный стан также нужно строить в одну технологическую линию с МНЛЗ с целью максимального использования теплоты металла после его разлива.

Таким образом, актуальной задачей является обеспечение горячего посада заготовок МНЛЗ в нагревательные печи перед подачей на прокатный стан. Это позволит сократить энергозатраты по данным [6] от 25 до 70 кг у.т/т проката. Реализация такой технологии возможна при соз-

дании новых технологических линий. В случае реконструкции действующего производства, когда МНЛЗ не входит в одну технологическую линию с печью стана, возможна реализация «горячего посада» с использованием термосов при их транспортировке. При этом эффективность такого варианта связана с организацией доставки металла к печи и необходимостью использования печи не только как нагревательного агрегата, а и как накопителя, обеспечивающего стыковку при работе МНЛЗ и прокатного стана.

Значительную экономию энергетических затрат на нагрев металла можно получить путем реконструкции печного хозяйства с использованием современных методов отопления, эффективных горелок, теплообменных устройств (регенераторов и рекуператоров), современных огнеупорных и теплоизоляционных материалов и др. В связи с тем, что эти направления имеют важное значение, они требуют отдельного детального рассмотрения.

Экономия энергоресурсов должна стать одним из основных критериев оценки уровня нового и реконструкции действующего оборудования в черной металлургии [6].

Необходимо отметить, что, как и ранее, к горячему посаду, прямой прокатке остается достаточно негативное отношение. Существуют определенная предубежденность и инертность мышления и у проектантов. Хотя, если быть объективными, рассматриваемые энергосберегающие технологии, а к ним можно отнести низкотемпературную прокатку, являются достаточно сложными в реализации в условиях действующих производств. И даже при проектировании новых производств требования энергосбережения за счет приближения МНЛЗ к прокатному стану зачастую не выполняются.

Современная металлургическая технология на комплексе «сталь-прокат» ориентируется на энергосберегающую прямую<sup>2</sup> (транзитную) прокатку или прокатку с горячим посадом<sup>3</sup> в нагревательные печи [7; 8].

Как правило, проектируемые новые заводы имеют в одной технологической линии сталеплавильный агрегат, оборудование для внепечной обработки металла, МНЛЗ и прокатные станы, блюмы и слябы на которые подаются либо сразу (после небольшого подогрева в печах выравнивания температуры), либо после подогрева в обычных нагревательных печах, куда раскаты подаются уже в горячем состоянии.

<sup>2</sup>Прямая (транзитная) прокатка означает, что остаточный нагрев сляба вплоть до входа в томильную печь для выравнивания температуры перед прокатным станом достаточен для осуществления процесса прокатки.

<sup>3</sup>Горячий посад означает, что некоторое количество тепловой энергии должно быть подведено к слябу в печи перед широкополосным станом горячей прокатки, но мероприятия по зачистке и т. п. не требуются.

Необходимым условием прямой прокатки является автоматизация процесса разливки, позволяющая получать металл с высоким и стабильным качеством поверхности, дополнительная зачистка которой не требуется.

В деле экономии энергоресурсов важная роль принадлежит непрерывной разливке стали. По данным фирмы «Никкон Конан» (Япония) повышение доли непрерывнолитой стали на 1 % дает экономию энергии 10,42 Мдж/т стали [9].

Повышение выхода годного за счет разливки стали на МНЛЗ по сравнению с разливкой в изложницы оценивается (при пересчете на кокс, требуемый для производства чугуна) примерно в 9 % первичных энергоносителей.

Заметное улучшение качества поверхности литых заготовок при использовании водовоздушного охлаждения и возможность повышения температуры непрерывнолитой заготовки после МНЛЗ способствовали широкому применению на ряде зарубежных фирм технологии горячей посадки слябов и блюмов в нагревательной печи [10–13]. По данным фирмы «VOEST-Alpine» (Австрия) это позволило реализовать перевозку горячих слябов с температурой поверхности около 600 °С, что обеспечило экономию энергии до 630 Мдж/т металла [10]. Имеются данные японской фирмы «Кавасани Сэйтэцу» о доведении доли слябов, направленных на прокатку горячим посадом, до 70 % [11], а на заводе фирмы «Син нишпон сэйтэцу» – до 90 %, в результате чего сэкономлено до 50 % топлива по сравнению со старой технологией производства [12].

Экономия энергии может быть достигнута и непосредственно в процессе прокатки за счет сокращения холостого хода агрегатов, использования универсальных шарниров, а также современных тиристорных преобразователей переменного тока, разработкой оптимальной программы обжатий (включением лишь необходимого комплекса стана) и др.

Целью настоящей статьи является разработка и исследование эффективности организации горячей посадки непрерывнолитых заготовок ООО «Интерпайп Сталь» при производстве труб на пилигримовом стане ПАО «Интерпайп НТЗ».

**Изложение основных результатов исследований.** Используемые в прокатном производстве энергосберегающие технологии (прямая прокатка и горячий посад) практически не применяются при производстве горячекатаных бесшовных труб на различных трубопрокатных агрегатах (ТПА). В последние годы многие заводы с трубопрокатными агрегатами внедрили технологию получения круглых непрерывно-

литых заготовок высокого качества, что создает предпосылки для разработки энергосберегающих технологий на комплексе «МНЛЗ – ТПА».

Как было отмечено выше, основными направлениями энергосбережения в прокатном и трубном производстве являются осуществление прямой прокатки горячей исходной заготовки или осуществление горячей посадки заготовки в печи прокатного стана.

Как известно, на промышленной площадке ПАО «Интерпайп НТЗ» размещается трубопрокатный цех № 4 с ТПА 5-12'' с пилигримовыми станами.

В состав ТПА 5-12'' входят следующие участки: участок складирования и подготовки заготовки к прокатке, участок нагрева заготовки, состоящий из двух кольцевых печей КП1 и КП2, участок получения гильзы, состоящий из прошивного горизонтального пресса, подогревательной кольцевой печи КП3 и стана-элонгатора, участка пилигримовых станов ПС № 1 и ПС № 2 с двумя внестановыми зарядками дорна в гильзы и двумя огневыми резаками прокатной клетки на мерные трубы, участок горячей калибровки труб, состоящий из подогревательной печи с шагающими балками (ПШБ) и двух параллельно расположенных калибровочных станков, участок холодной отделки труб, состоящий из холодильной и двух параллельно установленных правильных машин.

На ТПА 5-12'' получают бесшовные горячекатаные трубы с широким диапазоном размеров: по диаметру 168–426 мм, по толщине стенки 7–50 мм из углеродистых и низколегированных марок сталей.

Особенностью технологии получения труб на ТПА 5-12'' до недавнего прошлого являлось использование мартеновского слитка, полученного отливкой в сквозные уширенные к низу изложницы.

Существенным недостатком ранее применявшейся технологии являлось низкое качество слитков с усадочными раковинами, что приводило к увеличению отбраковки в основном по внутренним дефектам труб и снижению выхода годного.

В конце 2011 года было закончено сооружение электросталеплавильного комплекса с машинами непрерывного литья заготовок. Уже в течение 2012 года ТПА 5-12'' полностью перешел на прокатку труб из круглой непрерывнолитой заготовки ООО «Интерпайп Сталь». Было достигнуто снижение расходных коэффициентов металла при использовании непрерывнолитого металла вместо мартеновского слитка и увеличение выхода годного.

Технология получения круглых непрерывнолитых заготовок на МНЛЗ обеспечивает до-

статочное высокое качество их наружной поверхности, что устраняет необходимость зачистки заготовок.

Расположение ООО «Интерпайп Сталь» вблизи цеха № 4 с ТПА 5-12'' обуславливает возможность осуществления горячего посада отливой на МНЛЗ заготовки в кольцевую печь ТПА 5-12''. Осуществление такой технологии позволило бы значительно экономить природный газ, используемый для нагрева металла под прокатку.

Инициатором новой энергосберегающей технологии выступил А. И. Козловский – директор Института развития ПАО «Интерпайп НТЗ».

Интересно, что рядом с ООО «Интерпайп Сталь» расположен также ТПА 140 со станами «тандем» продольной прокатки, который получает заготовку с ООО «Интерпайп Сталь». Это может быть основой для разработки новой технологии на комплексе «МНЛЗ – ТПА 140».

Недостатком существующей технологии прокатки труб на комплексе «МНЛЗ – ТПА 5-12'' с пилигримовыми станами» является использование холодных заготовок для их нагрева в кольцевой печи под прокатку, что приводит к необходимости значительного расхода природного газа.

Директором института развития А. И. Козловским была поставлена задача разработки литейно-прокатной линии для производства бесшовных горячекатаных труб из непрерывнолитой круглой заготовки, полученной из ООО «Интерпайп Сталь», на ТПА 5-12'' с пилигримовыми станами ПАО «Интерпайп НТЗ» с целью осуществления горячего посада заготовки и снижения тем самым энергозатрат при горячей прокатке труб.

Сотрудниками Института развития ПАО «Интерпайп НТЗ» и Национальной металлургической академии Украины под руководством А. И. Козловского была предложена концепция литейно-прокатной линии (рис. 1), которая в общем случае состоит из трех модулей: литейного (Л), транспортного (Т) и прокатного (П), на которую был получен патент Украины на полезную модель [14].

Транспортный модуль (Т) представляет собой ряд выполненных с возможностью пере-

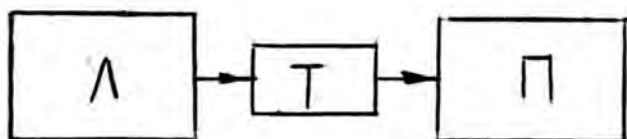


Рис. 1. Общая схема литейно-прокатной линии: Л – литейный модуль; Т – транспортный модуль; П – прокатный модуль

мещения контейнеров для транспортировки горячих НЛЗ. При этом контейнеры должны быть теплоизолированы и обеспечить загрузку и выгрузку заготовок. Перемещение контейнеров может быть осуществлено с помощью железнодорожного или автомобильного транспорта.

Проблемным вопросом производства труб на литейно-прокатной линии (рис. 1) является необходимость разделения горячих НЛЗ на мерные части в условиях существующего прокатного модуля (ТПА 5-12''). Это обуславливает необходимость введения в линию (рис. 2) дополнительного модуля (В), обеспечивающего подготовку заготовки к прокатке на ТПА 5-12'' [15].

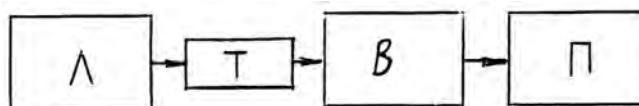


Рис. 2. Схема литейно-прокатной линии с модулем подготовки заготовки (обозначения: см. рис. 1 и текст)

В настоящее время известны и применяются на практике для разделения горячих заготовок и проката три основных метода:

- резка дисковыми пилами;
- кислородная резка, используемая на МНЛЗ;
- резка роторными пилами ударного действия конструкции ВНИИМетмаш;
- резка абразивными кругами.

Несмотря на то, что дисковые пилы отличаются повышенным шумом при резке, использование пил ударного действия конструкции ВНИИМетмаш снижает шумовой барьер вследствие кратковременности собственно процесса резки (менее 1 с).

В мире получает все большее распространение горячая абразивная резка труб (резка трением). Диски в основном изготавливают из специального корунда со связкой из искусственной смолы. Диаметры таких дисков, армированных стекловолокном, достигают 1800 мм при толщине до 18 мм и окружной рабочей скорости 80–100 м/с.

По сравнению с другими видами резки горячая резка трением обладает следующими преимуществами: более высоким качеством поверхности реза под прямым углом без изменения структуры металла; меньшим образованием грата; пониженным шумом; возможностью резки при заниженных температурах; возможностью резки особо прочных сталей; повышенным выходом годного; высокой стойкостью режущего инструмента.

Технические параметры абразивной резки: скорость – 80–100 м/с; производительность по площади разрезаемого сечения – 10–30 см<sup>2</sup>/с; номинальная мощность привода – 15–280 кВт.

Предстоит еще определиться с наиболее приемлемым методом разделения горячих НЛЗ на мерные части с учетом диаметров заготовки, марок сталей и их температурой перед разделением.

Новая технология должна обеспечить снижение энергозатрат при нагревании литых заготовок в кольцевой печи для их деформации и увеличения точности труб.

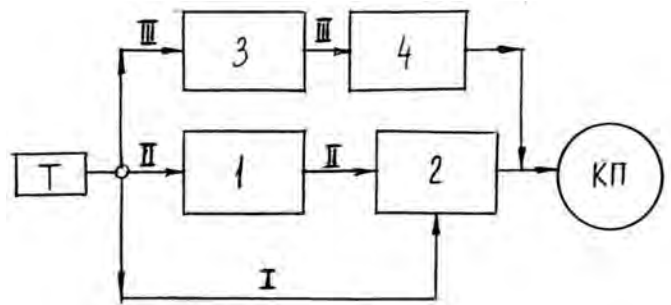
Это обусловлено тем, что введение машины непрерывного литья заготовок в линию в сочетании с указанной конструкцией дополнительного транспортного средства, связывающего эту машину с кольцевой печью для нагрева заготовки, позволяет сохранить и использовать высокую температуру металла за счет его внутреннего тепла, имеющегося при отливке заготовок. Как результат – горячий посад заготовок в кольцевую печь с температурой близкой 600–700 °С, что позволяет отключить ряд зон кольцевой печи и тем самым снизить энергозатраты. Кроме того, горячий посад заготовок приведет к их более равномерному нагреву и даст возможность регулировать температуру заготовок в процессе нагрева с точностью ±10–20 °С, при нагреве холодных заготовок под деформацию – только около ±40 °С. Последнее должно повысить точность труб.

Предложенная линия может функционировать следующим образом.

В соответствии с заявками на производство конкретного размера труб с заданной маркой стали разливают сталь необходимого состава на машине непрерывного литья заготовок в круглые заготовки, диаметр которых определяется таблицей прокатки. На машине непрерывного литья заготовок осуществляют резку заготовок в одинаковом темпе с разливкой стали на штанги длиной 6–10 м. Разделение заготовок на меньшие длины снижает производительность МНЛЗ и, соответственно снижает объемы производства. Заготовки длиной 6–10 м при температуре 650 °С загружают в контейнеры через окна загрузки и устанавливают их, например, на подвижную специальную платформу, на которой транспортируют заготовки к прокатному модулю, представляющему собой пилигримовый агрегат 5-12''. Перед прокатным модулем расположен модуль подготовки заготовки к прокатке.

Возможны три основных варианта производства труб в соответствии с составом оборудования модуля для подготовки НЛЗ к прокатке (рис. 3).

Согласно первому варианту (I) горячие заготовки поступают на участок разделения их на мерные части с помощью, например, роторной пилы ударного действия, и далее в кольцевую нагревательную печь (КП) прокатного модуля



**Рис. 3. Модуль подготовки НЛЗ к прокатке на ТПА 5-12'':**

1 – печь-копильник; 2 – устройство для разделения горячих заготовок; 3 – склад холодных заготовок; 4 – пила для резки холодных заготовок; КП – кольцевая печь; Т – транспортный модуль

для для подогрева до температуры деформации (1260–1280 °С) и последующей прокатки заготовки в трубу.

Согласно второму варианту (II) горячие заготовки поступают в буферную термостатическую печь-копильник 1 с последующей резкой их на мерные части с помощью пилы 2 и задачей в кольцевую нагревательную печь КП.

В соответствии с третьим вариантом (III) горячие заготовки складываются до полного остывания с последующим разделением в холодном состоянии на дисковой пиле и задачей в кольцевую нагревательную печь.

Наличие трех вариантов производства труб обусловлено необходимостью согласования производительности четырех модулей (Л, Т, В и П) при использовании холодных и горячих заготовок.

В печи-копильнике 1 обеспечивается подогрев и стабилизация температуры заготовок, которые передаются от литейного модуля к прокатному модулю. Заготовки после разделения их на мерные части подогревают в кольцевой печи до температуры 1270–1280 °С. Затем после гидросбива окалины заготовки деформируются последовательно на прошивном прессе, стане элонгаторе, пилигримовом и калибровочном станах прокатного модуля (ТПА 5-12'').

В качестве примера рассмотрим изготовление труб размером  $D \times S = 355,6 \times 12,7$  мм из стали 20 на предложенной линии, состоящей из четырех модулей (рис. 3). На литейном модуле получают и разливают на МНЛЗ горячую заготовку с температурой 600–650 °С диаметром 470 мм и длиной штанги 8670 мм. Производство труб возможно по трем вариантам. В соответствии с таблицей прокатки мерная часть заготовки составляет 2155 мм. Вследствие разной производительности модулей Л, Т, В и П невозможно осуществить горячий посад заготовок после МНЛЗ непосредственно в кольцевую нагревательную

печь прокатного модуля. Для увеличения объема заготовок, которые поступают при температуре 600-650 °С в кольцевую печь необходимо создание буферных резервов горячих заготовок, что обеспечивается наличием печи-копильника 1 (рис. 3), где заготовки определенное время выдерживаются с целью термостатирования. Таким образом, печь-копильник 1 является буферным термостатирующим средством. Вследствие необходимости проведения плановых ремонтов оборудования и при аварийных его остановках создается также буферный резерв холодных заготовок. Согласно первому варианту (I) заготовки, которые поступают с литейного модуля при температуре 600-650 °С, разделяются на мерные части, например, роторными пилами ударного действия, у которых время, необходимое собственно для резки металла, не превышает 1 с, что позволяет снизить потери температуры заготовки при ее разделении на несколько мерных частей. Затем мерные заготовки поступают в кольцевую печь, где подогреваются с 600-650 °С до 1270-1280 °С. В этом случае вследствие горячего посада заготовок в КП обеспечивается экономия энергоресурсов за счет снижения расхода природного газа, которым отапливается КП.

Согласно второму варианту заготовки после термостатирования в печи-копильнике 1 при температуре 650-700 °С разделяются на мерные части, например, роторными пилами ударного действия и поступают в кольцевую печь, где подогреваются с 650 до 1270-1280 °С, что обеспечивает экономию энергозатрат.

Согласно третьему варианту холодные заготовки, поступающие с литейного модуля, складировались и разделяются на мерные части в соответствии с заказами на трубы с помощью дисковой пилы, например, пилы фирмы «Лизингер» (Австрия) со сменными режущими пластинами, установленной в ТПЦ № 4 ПАО «Интерпайп НТЗ».

Для улучшения условий разделения горячих заготовок больших размеров на мерные части, поступающих с литейного модуля, необходимо увеличение их температуры, что может быть достигнуто в случае, когда разделение заготовок происходит после их подогрева в кольцевой печи прокатного модуля до температуры горячей деформации (1270-1280 °С). Для этого случая предложен второй вариант модуля подготовки НЛЗ к прокатке (рис. 4).

При этом возможна подготовка НЛЗ по трем вариантам с установкой вместо кольцевой печи с шагающими балками (ПШБ) для нагрева (подогрева) заготовок длиной до 10-12 м.

Согласно первому варианту (I) горячие заготовки поступают сразу в ПШБ для подогрева с

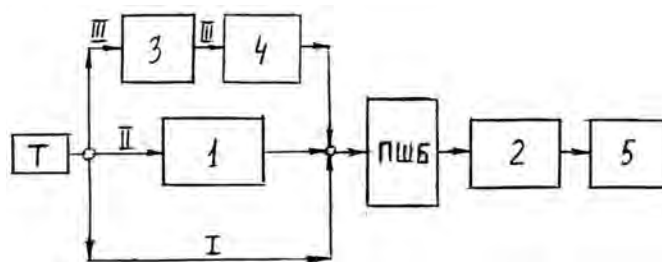


Рис. 4. Второй вариант модуля подготовки НЛЗ к прокатке на ТПА 5-12" (обозначения: см. рис. 3 и текст)

последующим разделением на части в устройстве 2 и затем передаются после гидросбива окалины на прошивной пресс 5 прокатного модуля.

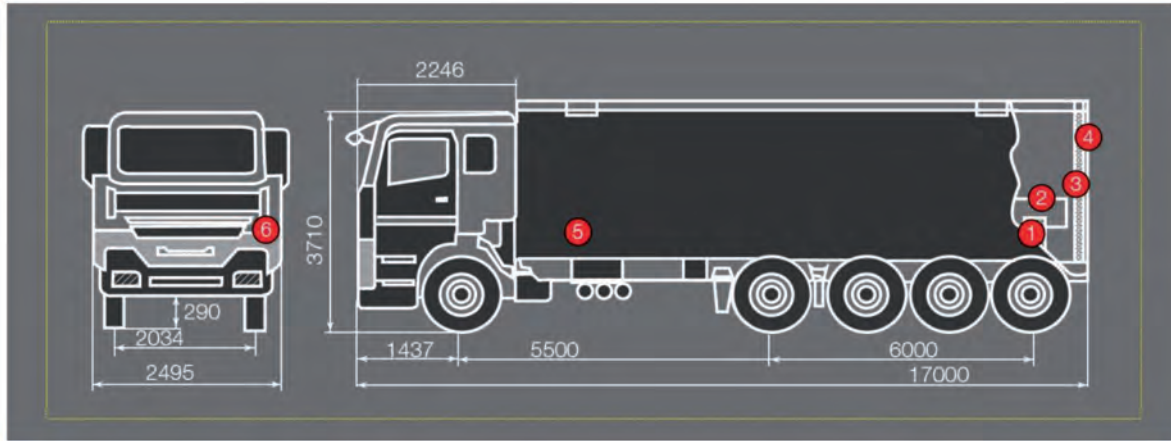
Согласно второму варианту горячие заготовки сначала поступают в термостатирующую печь-копильник 1 и далее в ПШБ. Согласно третьему варианту холодные заготовки с литейного модуля поступают на склад 3, а затем разделяются на мерные части с помощью пилы холодной резки и далее в ПШБ для нагрева до температуры горячей деформации (1270-1280 °С).

При исследовании экономии топлива в печах исходное температурное поле заготовки после МНЛЗ определяли путем прямых измерений на холодильнике. Средняя температура поверхности составила 650 °С, а температура центра заготовки - 900 °С. Принимая параболическую зависимость распределения температурного поля в заготовке, среднемассовая температура металла перед транспортировкой составила 775 °С.

Транспортирование предполагается грузовым автомобилем в термоконтейнере (рис. 5) четырех заготовок одновременно.

При расчете процесса охлаждения слитка в процессе транспортировки принимали, что потери теплоты симметричны относительно продольной оси слитка. Температура воздуха и внутренней поверхности термоконтейнера неизменна и составляет 20 °С. Такой подход обеспечивает определенный запас при расчетах: закладывается увеличение величины теплового потока с поверхности слитка. При расчетах учитывали лучистую и конвективную составляющую потерю теплоты. В результате при транспортировке в течение 40 минут средняя температура слитков снизилась на 55 °С и составила 720 °С. При этом температурное поле заготовки выровнялось: температура центра заготовки снизилась до 763 °С, а температура поверхности выросла до 676 °С.

Таким образом, среднемассовая температура посада заготовок в кольцевую печь составляет около 700 °С. Горячий посад может обеспечивать экономию топлива в печи либо за счет повышения производительности, либо за счет изме-



**Рис. 5. Грузовая машина с термоконтейнером:**

- 1 – подставка для заготовки; 2 – заготовка; 3 – тепловая изоляция;  
4 – стенка термоконтейнера; 5 – термоконтейнер; 6 – кабина

нения температурного режима по зонам печи. Так как производительность печи определяется работой стана, то при расчетах было принято, что производительность не изменяется. Экономия газа может достигаться за счет увеличения методической (неотапливаемой) зоны печи путем отключения ряда горелок. Таким образом, методическая зона печи превращается в «термос-накопитель» заготовок, где температура заготовок практически не меняется. Расчет нагрева металла горячей посадки показал, что длина методической зоны может быть увеличена и одновременно могут быть отключены 7 горелок, что позволит сэкономить 500 м<sup>3</sup> природного газа в час при нагреве заготовок до 1280 °С и производительности печи 45 т/час.

Внедрение новой энергосберегающей технологии является сложной комплексной задачей для решения которой необходимо использовать опыт, имеющийся при прокатке слэбов из непрерывнолитого металла. Важное значение имеют вопросы организации горячей посадки слэбов в нагревательные печи с учетом комплексного моделирования теплового состояния непрерывнолитого слэба в процессах разливки, транспортировки и складирования.

**Выводы**

1. Среди путей энергосбережения в прокатном и трубопрокатном производстве наиболее эффективными являются прямая прокатка и горячий посад заготовок в нагревательные печи прокатных станов.

2. В трубопрокатном производстве даже при расположении на близком расстоянии (до 1000 м) МНЛЗ от прокатного стана технология горячей посадки не применяется.

В то же время использование горячей посадки при производстве горячекатаных труб является

значительным резервом снижения затрат природного газа.

3. Рассмотрена возможность осуществления горячей посадки НЛЗ, поступающей с ООО «Интерпайп Сталь» для производства труб на ТПА 5-12'' ПАО «Интерпайп НТЗ», когда расстояние между литейным и прокатным модулями не превышает 1000 м.

4. Предложена технология производства труб на литейно-прокатной линии, включающей четыре модуля (литейный, транспортный, подготовки НЛЗ к прокатке и прокатный) по трем вариантам. Предложенные варианты предусматривают существующий процесс производства труб из холодных НЛЗ, производство труб из горячих НЛЗ при температуре 600–700 °С с промежуточным термостатированием и без.

5. Рассмотрены варианты разделения горячих НЛЗ на мерные части с применением известных в настоящее время технических решений, которые применяются на практике. Значительное улучшение условий разделения НЛЗ на мерные части может быть достигнуто после подогрева НЛЗ до температуры 1270–1280 °С, что в свою очередь требует замены кольцевой нагревательной печи ТПА 5-12'' на печь с шагающими балками, обеспечивающую нагрев заготовок длиной до 10–12 м.

6. Проведенные исследования процесса охлаждения горячих НЛЗ в процессе транспортировки показали, что в течение 40 мин средняя температура НЛЗ снизилась на 55 °С и составила 720 °С. При этом температурное поле заготовки выровнялось: температура центра заготовки снизилась до 763 °С, а температура поверхности выросла до 676 °С. Таким образом, в результате исследований установлено, что среднemasсовая температура горячей посадки НЛЗ в кольцевую печь ТПА 5-12'' составляет около 700 °С.

7. Горячий посад может обеспечить экономию топлива в кольцевой печи за счет повышения производительности, либо за счет изменения температурного режима по зонам печи. Как показали расчеты, может быть сэкономлено 600 м<sup>3</sup> природного газа в час при подогреве НЛЗ до 1280 °С и производительности печи 45 т/час.

### Библиографический список / References

1. Энергосберегающие технологии в металлургии / И. Н. Карп, А. Н. Зайвий // Черная металлургия. – 2006. – № 12. – С. 63–68.

Karp I. N., Zayviy A. N. *Energoberegayushchie tekhnologii v metallurgii*. Chernaya metallurgiya. 2006, no. 12, pp. 63-68.

2. Внедрение энергосберегающих технологий на металлургических комплексах «сталь-прокат» / В. А. Роменец, С. И. Тростянский, А. С. Гуров и др. / Черная металлургия. – 1987. – Вып. 8. – С. 17–34.

Romenets V. A., Trost'yanskiy S. I., Gurov A. S. *Vnedrenie energoberegayushchikh tekhnologiy na metallurgicheskikh kompleksakh «stal'-prokat»*. Chernaya metallurgiya. 1987, issue 8, pp. 17-34.

3. Соловьев А. Г. Пример повышения энергоэффективности технологической системы МНЛЗ – ШСГП / А. Г. Соловьев, М. В. Шитов // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением: межрегиональный сб. науч. трудов. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2012. – С. 178–185.

Solov'ev A. G., Shitov M. V. *Primer povysheniya energoeffektivnosti tekhnologicheskoy sistemy MNLZ – ShSGP. Modelirovanie i razvitie protsessov obrabotki metallov davleniem*. Mahnitogorsk, GOU VPO "MGU", 2012, pp. 178-185.

4. Медведев В. С. Литейно-прокатный комплекс для производства сортового проката / В. С. Медведев // Наукові праці Державного вищого навчального закладу «Донецький національний технічний університет». Серія «Металургія». – 2008. – Вип. 10 (141). – С. 287–293.

Medvedev V. S. *Liteyno-prokatnyy kompleks dlya proizvodstva sortovogo prokata*. Naukovi pratsi Derzhavnogo vishchogo navchal'nogo zakladu "Donets'kiy natsional'niy tekhnichniy universitet". "Metallurgiya". 2008, issue 10 (141), pp. 287-293.

5. Сталинский Д. В. Ресурсосбережение и энергоэффективность в сортопрокатном производстве / Д. В. Сталинский, А. С. Рудюк, В. С. Медведев // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2011. – № 47. – С. 3–8.

Stalinskiy D. V., Rudyuk A. S., Medvedev V. S. *Resursosberezhenie i energoeffektivnost' v*

*sortoprokatnom proizvodstve*. Visnik Natsional'nogo tekhnichnogo universitetu «KhPI». Zbirnik naukovikh prats'. Tematichniy vipusk: Novirishennya v suchasnikh tekhnologiyakh. – Kharkiv, NTU "KhPI". 2011, no. 47, pp. 3-8.

6. Энергосберегающая технология производства проката // Сталь. – 1987. – № 10. – С. 57–59.

*Energoberegayushchaya tekhnologiya proizvodstva prokata*. Stal'. 1987, no. 10, pp. 57-59.

7. УНРС сталеплавильных цехов зарубежных металлургических предприятий / И. Н. Колыбалов, Ю. Б. Обманов, А. П. Шкирмонтов // Ин-т «Черметинформация». – М., 1987 (Обзор. информ. сер. «Сталеплавильное производство»). – Вып. 3. – 26 с.

Kolybalov I. N., Obmanov Yu. B., Shkirmontov A. P. *UNRS staleplavil'nykh tsekhov zarubezhnykh metallurgicheskikh predpriyatiy*. In-t "Chermetinformatsiya". Moscow. 1987 (Obzor. inform. ser. staleplavil'noe proizvodstvo), issue. 3, 26 p.

8. Поляков В. В. Основные направления повышения качества металлопродукции. «Черная металлургия» // Бюл. НТИ. – 1989. – Вып. 12. – С. 2–38.

Polyakov V. V. *Osnovnye napravleniya povysheniya kachestva metalloproduksii*. «Chernaya metallurgiya», Byul. NTI. 1989, issue 12, pp. 2-38.

9. Тэцу то хаганэ. – 1978. – № 3. – С. 1860–1878.

*Tetsu to khagane*. 1978, no. 3, pp. 1860-187.

10. Wicsenger H. Berg – und Huttenmannische Monatschefte. – 1982. – bd 127. – № 11. – S. 422–442.

Wicsenger H. Berg – und Huttenmannische Monatschefte. 1982, bd 127, no. 11, pp. 422-442.

11. Yamato Z. Sosei – to – Kano. – Vol. 22. – № 247. – P. 747–753.

Yamato Z. Sosei – to – Kano. Vol. 22, no. 247, pp. 747-753.

12. Есуга М. Тэцу то хаганэ, 1982, т. 68, № 11, – с. 1012.

Esuga M. Tetsu to hagane, 1982, vol. 68, no. 11, pp. 1012.

13. Технология непрерывной разливки SMS – тенденции развития // Современные установки непрерывной разливки стали: Сб. Симпозиум фирмы «Шлеман-Зимаг». – М., 1983.

*Tekhnologiya nepreryvnoy razlivki SMS - tendentsii razvitiya*. Sovremennye ustanovki nepreryvnoy razlivki stali: Sb. Simpozium firmy "Shleman-Zimag". Moscow, 1983.

14. Патент 79896 Украина, МПК В21 В23/00, 2013 р.

Patent 79896 Ukraine, MPK V21 V23/00, 2013.

15. Патент 111054 Украина, МПК В21 В23/00, 2016 р.

Patent 111054 Ukraine, MPK V21 V23/00, 2016.



**Purpose.** Development and investigation of the effectiveness of the organization of a hot planting of continuous cast billets supplied from Interpipe Steel LLC, in the production of pipes at the pilgrim unit 5-12" PJSC "Interpipe NTZ", which form a casting-rolling line.

**Methodology.** Analysis of the use of energy-saving technologies in rolling production, mathematical modeling of the temperature field of the billet after the casting module (CCM). Calculations of natural gas consumption during cold and hot heating of continuously cast billets in the heating furnace of the rolling module.

**Findings.** The article developed options for a new energy-saving technology on the casting and rolling line in the production of hot-rolled pipes. The results of mathematical modeling of the change in the temperature field of the billet after the casting module (CCM) are presented. Calculations of natural gas saving are performed when hot preforms are heated from 700 to 1280 °C.

**Originality.** The article shows the possibility of using energy-saving technology on the proposed casting and

rolling line and considers its various options for rolling cold and hot continuously cast billets. The modeling of the change in the temperature field of the workpiece after the casting module (CCM) has been performed. The possibility of increasing the methodical (unheated) zone of the furnace by disabling a number of burners is shown.

**Practical value.** Using the technology of hot planting of continuously cast billets can save natural gas in the heating furnace TPA 5-12" either by increasing the productivity or by changing the temperature regime in the zones of the furnace. Calculations showed that natural gas savings could be 500 m<sup>3</sup> per hour with billets heated from 700 to 1280 °C and a furnace capacity of 45 t/h.

**Key words:** continuous casting, pipe, pilgrim mill, hot landing, saving of natural gas.

**Рекомендована к публикации**  
**д. т. н. В. Ф. Балакиным**

**Поступила 11.05.2017**



УДК 338.45: [334.754:621.774] (477)

Производство

**Л. П. Ксаверчук**

**А. Ф. Гриньов /к. е. н./**

**Р. М. Король /к. т. н./,  
М. А. Мироненко /к. т. н./**

«Укртрубопром», м. Дніпро, Україна  
e-mail: utp@ptcor.net

НТР ОП «Укрметалургпром», м. Київ, Україна  
e-mail: ecopro@ua.fm

ДП «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут трубної промисловості ім. Я. Ю. Осади», м. Дніпро, Україна  
e-mail: oezgti@gmail.com; mironik2004@i.ua

## Особливості розвитку трубних підприємств, що входять до об'єднання «Укртрубопром»

**L. P. Ksaverchuk**

**A. F. Grynev /Cand. Sci. (Econ.)/**

**R. M. Korol /Cand. Sci. (Tech.),  
M. A. Myronenko /Cand. Sci. (Tech.)/**

"Ukrtruboprom", Dnipro, Ukraine  
e-mail: utp@ptcor.net

NTR OP "Ukrmetalurgprom", Kyiv, Ukraine  
e-mail: ecopro@ua.fm

State Enterprise Ya. Ye. Osada Scientific  
Research Tube Institute, Dnipro, Ukraine  
e-mail: oezgti@gmail.com; mironik2004@i.ua

## Features of development of pipe enterprises included in association of «ukrtruboprom»

**Мета.** Аналіз особливостей розвитку металургійних трубних підприємств України, які перебувають під егідою об'єднання «Укртрубопром» станом на початок 2017 року. Обґрунтування пропозицій щодо комплексу заходів для подолання негативних тенденцій на заводах трубної галузі України.