



There are examined the different technological processes of endless rolling, stipulating for jump welding of slugs into endless string and direct alignment of the processes of continuous casting of slugs and rolling. There are marked the successes of foreign firms on using of the process of endless rolling in the foundry-rolling units.

С. М. ЖУЧКОВ, А. П. ЛОХМАТОВ, Л. В. КУЛАКОВ, Д. Г. ПАЛАМАРЬ,
Институт черной металлургии им. З.И.Некрасова НАН Украины

УДК 621.771.25 – 932.2.002.5

БЕСКОНЕЧНАЯ СОРТОВАЯ ПРОКАТКА. ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ

Задача повышения эффективности работы мелкосортных станов, повышения их производительности, коэффициента использования технологического оборудования на протяжении многих лет не была лишена актуальности. Сохраняет актуальность она и в настоящее время. С годами обозначились два основных направления, которые давали возможность повысить производительность прокатных станов. Одно из них, предусматривающее увеличение скорости проката на выходе из последней клетки стана при поштучной прокатке, практически исчерпало себя. Второе направление – улучшение коэффициента использования стана, обеспечиваемое путем увеличения массы исходной заготовки, т. е. сокращения удельного веса пауз в общем цикле прокатки, продолжает интенсивно развиваться и в настоящее время. Процесс бесконечной сортовой прокатки развивает второе направление – увеличение массы исходной заготовки. В идеале этот процесс позволяет реализовать прокатку заготовки бесконечной массы.

Известные в настоящее время технологические схемы процесса бесконечной сортовой прокатки предусматривают либо стыковую сварку предварительно порезанных горячих заготовок или подката, полученного в процессе черновой прокатки, либо путем прямого совмещения процессов непрерывного литья заготовок и их прокатки.

Первые исследования и разработки процесса бесконечной сортовой прокатки начались в 60-х годах [1, 2].

С 1963 г. решением научных и прикладных задач процесса бесконечной сортовой прокатки начал заниматься Институт черной металлургии. Важную роль в изучении, развитии и практической реализации процесса бесконечной прокатки сортовых профилей сыграли академик А.П. Чекмарев, руководивший в то время прокатным отделом института, и его последователи. Теоретические и экспериментальные исследования, выполненные в лабораторных и промышленных

условиях под его руководством, свидетельствовали о реальной возможности широкого распространения этого процесса на непрерывных мелкосортных и проволочных станах. Результаты исследований позволили установить основные закономерности всех этапов процесса бесконечной прокатки: сварки горячих заготовок, формирования и удаления грата, прокатки сварного шва и др. [3–8].

Анализ результатов выполненных исследований показал, что преимущества процесса бесконечной прокатки создают объективные условия для ликвидации пауз между раскатами. При этом обеспечивается минимизация числа заходов полосы в клетку и связанных с этим переходных процессов и ударов как в линиях прокатных клетей, так и в линиях термической обработки проката в потоке стана, уменьшение потерь металла из-за «бурений» в стане и отходов в концевую обрезь.

Технология бесконечной сортовой прокатки, основанная на сварке горячих заготовок, для промышленных условий была разработана в двух вариантах – с использованием подвижной («летучей») и стационарной стыкосварочных машин [1].

Технология, предусматривающая применение летучей стыкосварочной машины, предназначалась для использования в линиях мелкосортных и среднесортных станов, на которых в качестве исходных используются заготовки увеличенного сечения 100x100 мм и более. Эта технология была отработана на непрерывном мелкосортном стане 350-2 Макеевского металлургического комбината (МакМК). Схема расположения оборудования участка сварки непрерывного мелкосортного стана 350-2 МакМК показана на рис. 1, а. Реализация этой схемы процесса бесконечной сортовой прокатки предусматривает сварку заготовок в бесконечную плетель «на ходу» – во время прокатки предыдущей заготовки. Длина участка сварки в этом случае для размещения технологического оборудования должна составлять 9 – 12 м.

Технология, реализующая процесс бесконечной прокатки с использованием стационарной сварочной машины с петлевым колодцем, предназначалась для мелкосортных станов, использующих квадратную заготовку сечением 80x80 мм. Этот вариант был применен на стане 250-1 Западно-Сибирского металлургического комбината (ЗСМК). Схема расположения оборудования участка сварки непрерывного мелкосортного стана 250 ЗСМК представлена на рис. 1, б. Участок сварки при такой схеме реализации процесса бесконечной сортовой прокатки имеет значительную длину (до 40 м). Это связано с необходимостью сооружения петлевого колодца, который служит для бесперебойной загрузки металлом непрерывного стана при сварке концов заготовок на стационарной сварочной машине.

В период с 1966 по 1972 г. на металлургических предприятиях страны были введены в эксплуатацию пять мелкосортных и четыре проволочных стана, на которых предусматривалось использование процесса бесконечной прокатки.

Вместе с тем в процессе выполнения исследований и отработки технологии бесконечной прокатки были выявлены особенности процесса, которые требовали осуществления коренных изменений на существующих участках прокатного передела до и после стана, на котором проводился процесс бесконечной прокатки. Так, раскрой заготовок летучими и стационарными ножницами непрерывно-заготовочных станов (НЗС) не обеспечивал необходимого качества концов свариваемых заготовок. Особенности работы холодильников и механизмов холодного раскроя готового проката приводили к частым аварийным остановкам процесса бесконечной прокатки с потерей дополнительного металла за счет перевода в брак заготовок, сваренных в плетть перед станом. Причем при использовании технологии бесконечной прокатки со стационарной машиной в брак переводили 3–4 заготовки, а при использовании летучей машины – 1–2 заготовки.

Исследования, выполненные на проволочном стане завода Де Данскестальвальсверк (Дания) на заготовках длиной 14 м, сечением 105x105 мм при скорости входа в первую клетку 0,1–0,175 м/с, показали, что можно улучшить коэффициент использования стана и увеличить выход годного проката при ограниченных объемах использования процесса бесконечной прокатки (рис. 2) [9]. Граничные кривые на рисунке описывают величины, полученные вследствие уменьшения отходов и простоев из-за помех при входе полосы в стан. Теоретическое исследование возможности улучшения выхода годного проката и количества прокатанного металла показывает, что сварка всего десяти заготовок уже дает 90% возможного повышения эффективности производства, а 50%-ную эффективность получили сваркой всего двух заготовок.

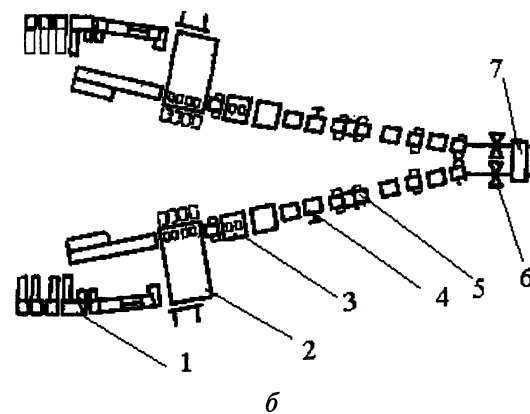
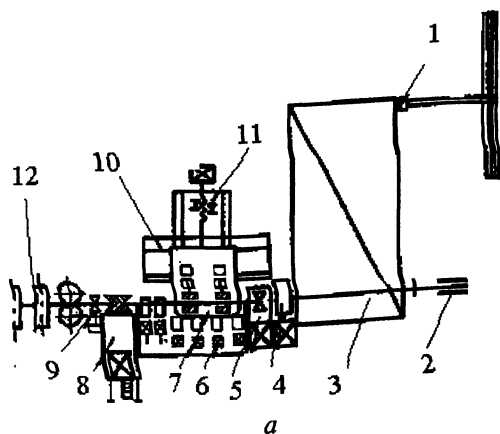


Рис. 1. Схема расположения оборудования участков стыковой сварки заготовок непрерывных мелкосортных станов 350 Макеевского (а) и 250 Западно-Сибирского (б) металлургических комбинатов: а – 1 – задающий рольганг печи; 2 – выталкиватель; 3 – нагревательная печь; 4 – вытаскиватель; 5 – ножницы; 6 – рольганг с плавающими роликами; 7 – летучая стыковсварочная машина; 8 – фрезерный гратосниматель; 9 – строгальный гратосниматель; 10 – рельсовый путь сварочной машины; 11 – механизм вывода сварочной машины из потока стана; 12 – клетки черновой группы; б – 1 – участок загрузки металла; 2 – нагревательная печь; 3 – сварочная машина; 4 – гратосниматель; 5 – петлевой колодец; 6 – ножницы; 7 – первая клетка черновой группы

Результаты исследований и расчетов затрат на изготовление готовой продукции, выполненных немецкими специалистами фирмы SKET в 1978–1980 гг., показали, что с увеличением массы исходной заготовки эффективность процесса бесконечной прокатки падает, а поштучной – возрастает. Равновесие наступает в области сечения 150x150 мм. При использовании заготовок сечением менее 120 мм отчетливо прослеживается преимущество бесконечной сортовой прокатки по сравнению с поштучной. Причем, чем меньше сечение заготовки, тем выше эффективность процесса (рис. 3).

Эта причина, а также намечающаяся в то время тенденция к увеличению сечения исходной заготовки поставила под сомнение выгоду от использования процесса бесконечной прокатки на станах, использующих обжатую порезанную на мерные длины заготовку. Если этот процесс эффективен при производстве сортового проката из

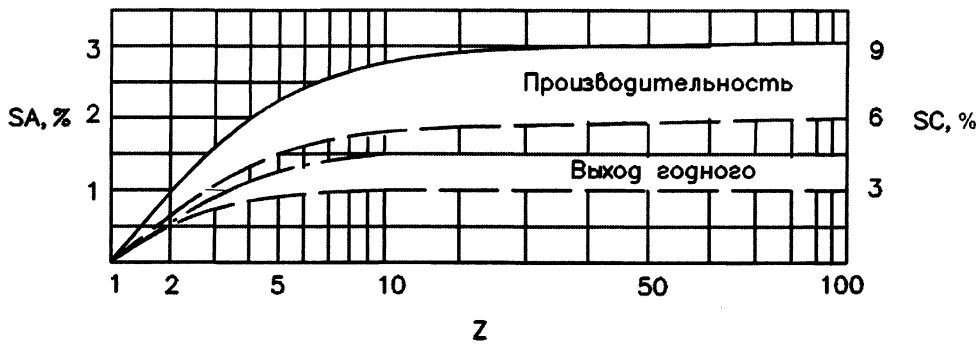


Рис. 2. Влияние количества сваренных заготовок на эффективность процесса бесконечной сортовой прокатки: Z – количество свариваемых заготовок; SA – увеличение выхода годного; SC – повышение производительности

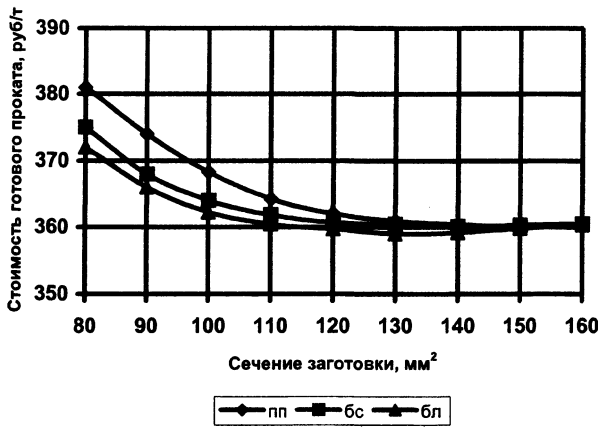


Рис. 3. Изменение величины затрат на изготовление готовой продукции при реализации различных технологических схем прокатки (в ценах 1980 г.): ПП – поштучная прокатка; БС – бесконечная прокатка со стационарной машиной; БЛ – бесконечная прокатка с летучей машиной

заготовок сечением менее 120 мм, а при использовании заготовок больших сечений его преимущество теряется, зачем устанавливать сложное и дорогостоящее оборудование участка сварки? Достаточно вместо него дооборудовать мелкосортный стан рядом обжимных клетей и использовать заготовку сечением более 120 мм. Такая идея была высказана специалистами металлургического комбината «Криворожсталь». Для практической реализации этой идеи в 1977 г. на этом комбинате был построен мелкосортный стан 250-6 для производства мелкосортного проката диаметром 14–36 мм, рассчитанный на использование исходной заготовки сечением 150x150 мм со скоростью прокатки до 25 м/с. Стан был оборудован моталками вместо реечного холодильника, что позволило, кроме прочего, повысить скорость прокатки, что также способствовало повышению эффективности процесса прокатки. В 1980 г. на Белорезком металлургическом комбинате был введен в строй проволочный стан 150, скорость прокатки на котором достигала 50 м/с. В качестве исходной использовалась заготовка сечением 200x200 мм.

Указанные обстоятельства послужили причиной прекращения в 1983 г. промышленного вне-

дрения процесса бесконечной прокатки на мелко-сортных станах отрасли.

Вместе с тем за рубежом работы по исследованию и освоению процесса бесконечной сортовой прокатки не очень интенсивно, но продолжались. При этом основное внимание уделялось подготовке концов заготовок под сварку в потоке их производства и автоматизации процессов уборки и последующей обработки готового проката.

Так, японской фирмой NKK (Nippon Kokan Koji) в 1995 г. выполнены промышленные испытания стыковой сварки круглых заготовок диаметром 200 мм по системе EBROS (Endless Bar Rolling System) [10, 11].

В 1997 г. на заводе Такамацу фирмы «Tokyo Steel» построен сортовой стан бесконечной прокатки, оснащенный машинами для стыковой электросварки и снятия грата в комплексе с машиной непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Схема расположения оборудования сортового стана бесконечной прокатки завода Такамацу фирмы «Tokyo Steel» показана на рис. 4. Стан был рассчитан на прямую прокатку непрерывнолитых заготовок, поэтому в составе его технологического оборудования отсутствовала нагревательная печь. Выравнивание и доведение температуры, поступающей на прокатку состыкованной заготовки до требуемой температуры, составляющей 950 °С, осуществляется в индукционном подогревателе. Заготовки круглого сечения, поступающие из двухручьевого машины МНЛЗ, после порезки машинами огневой резки с помощью рольгангов и поворотных устройств подаются на входной стол стана. Здесь с них гидросбивом удаляют окалину, а затем стыкуют между собой на подвижной электросварочной машине с последующим удалением образовавшегося грата. После подогрева в проходной индукционной печи заготовка поступает в непрерывный прокатный стан.

Сварка с последующей заготовкой происходит в процессе прокатки предыдущей. Круглая форма сечения заготовки в сочетании с неискаженными торцами свариваемых заготовок позволяет использовать гратосниматель с тремя шлифовальными кругами с индивидуальными приво-

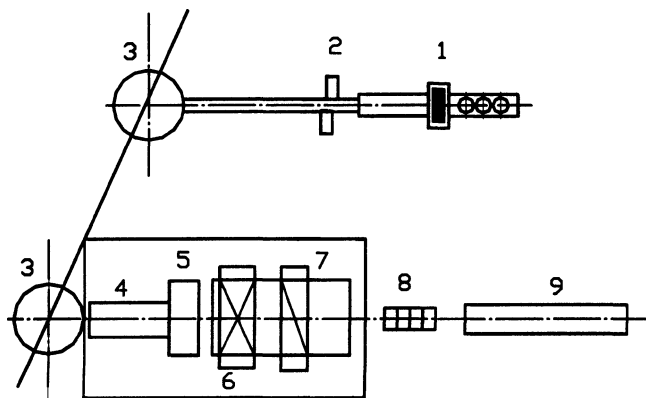


Рис. 4. Сортовой стан бесконечной прокатки завода Такамацу фирмы «Tokyo Steel»: 1 – двухручьева МНЛЗ для отливки заготовок диаметром 200 мм; 2 – устройство огневой резки; 3 – поворотные устройства; 4 – входной рольганг; 5 – устройство гидросбива окалины; 6 – сварочная машина; 7 – гратосниматель; 8 – индукционный подогреватель; 9 – черновая группа клетей

дами, размещенными во вращающейся станине. Все машины работают в автоматическом режиме с согласовывающей регулировкой скоростей сварки, шлифовки и прокатки. В случае возникновения сбоя при невозможности согласования этих скоростей система автоматически переходит на традиционный способ прокатки.

Система EBROS получает распространение в различных странах. В настоящее время в Финляндии и Китае работают такие установки. Заключены соглашения с фирмами «Ashlow mills», «SMS Demag» о поставке этой технологии на лицензионной основе.

Решая задачу повышения эффективности работы сортового стана, фирма «DANIELI» (Италия) разработала концепцию нового литейно-прокатного агрегата (ЛПА), названного «лунным станом» – «Luna ECR (Endless Casting and Rolling)», для бесконечной прокатки сортового проката широкого сортамента без стыковой сварки заготовок [12, 13]. Схема расположения оборудования этого агрегата показана на рис. 5. Первый агрегат такого типа был введен в эксплуатацию на заводе фирмы ABS («Acciaierie Bertoli Safan», Udine, Италия) в сентябре 2000 г. Агрегат рассчитан на производство 500 тыс. т/г сортового проката сечением, эквивалентным кругу диаметром 15–100 мм, из заготовки 200x160 мм.

Основные особенности нового ЛПА следующие:

- сверхвысокая скорость литья (до 6,5 м/мин) заготовок сечением 200x160мм;
- прямая прокатка непосредственно в линии непрерывного литья заготовок;
- минимальные простои вследствие высокой скорости перевалки;
- осуществление термической обработки проката (отжига, закалки или замедленного охла-

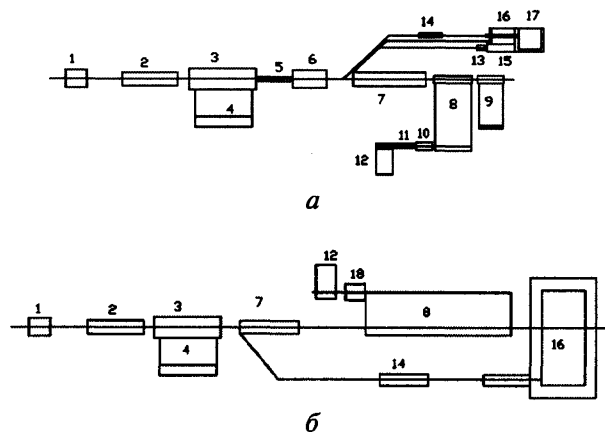


Рис. 5. Литейно-прокатный агрегат «Luna ECR (Endless Casting and Rolling)» для производства сортового проката: а – из специальных сталей; б – из углеродистых сталей; 1 – МНЛЗ; 2 – туннельная печь; 3 – непрерывный прокатный стан; 4 – оборудование для автоматической замены клетей; 5 – водяное охлаждение для низкотемпературной прокатки; 6 – редуционно-калибровочный блок; 7 – ванна для закалки прутков; 8 – холодильник; 9 – печь непрерывного отжига прутков; 10 – непрерывная механическая очистка прутков; 11 – линия контроля качества прутков; 12 – участок отделки прутков; 13 – линия смотки Гаррета; 14 – проволочная группа; 15 – контролируемое охлаждение бунтов; 16 – участок отделки бунтов; 17 – склад бунтов; 18 – устройство для резки прутков на мерные длины

дения) и механической очистки его поверхности непосредственно в линии производства;

- высокий уровень автоматизации управления на всех этапах производства – от ковша с жидкой сталью до готового проката.

Такие скорости литья соответствуют минимально допустимой скорости начала прокатки на непрерывном стане и обеспечивают требуемый уровень производительности 90 т/ч (при двухручьева разливке максимальная производительность 180 т/ч).

При литье в один ручей непрерывнолитой блум неограниченной длины по теплоизолирующему рольгангу направляется в проходную туннельную роликую печь длиной 125 м, а затем в непрерывный прокатный стан. В случае использования двухручьева разливки при пониженных скоростях литья (до 5 м/мин) блум режут на части длиной 45 м, которые поочередно задают в печь. Для этой цели во входной секции печи длиной 65 м предусмотрен подогреваемый буфер (термостат) емкостью 45 т. В случае необходимости аварийным буфером между МНЛЗ и прокатным станом может служить туннельная роликвая печь.

Оборудование стана позволяет реализовать различные режимы низкотемпературной, контролируемой и нормализующей прокатки и термообработки с прокатного нагрева.

Охлажденный прокат обрабатывают на непрерывной поточной линии отделки, включающей в себя пост дробеметной очистки, четыре машины для резки проката абразивными кругами, маши-

ны для увязки, маркировки, взвешивания и укладки пакетов (шестигранных — для кругов и квадратного сечения — для квадратов и шестигранников). Для выявления внутренних дефектов в линии установлены посты ультразвукового и токовихревого контроля.

ЛПА Luna ECR обладает большой гибкостью производства. Время выполнения заказа может быть уменьшено до 4 ч и менее, причем возможна поставка малых партий проката. При использовании традиционных технологических схем поставка определенной позиции марочного и размерного сортамента эффективна в количестве не менее трех плавок стали, поэтому выполнение заказов объемом 30–40 т весьма невыгодно. На агрегате Luna ECR переход с одного вида проката к другому не занимает много времени, поэтому заказы на малотоннажные партии проката остаются выгодными. Перестройка прокатного стана осуществляется в автоматическом режиме за 5 мин. Необходимость в подстройке валков в любой клетке определяют с помощью датчиков размеров, причем управление подстройкой валков может быть осуществлено непосредственно с пульта оператора.

Таким образом, в настоящее время в зарубежной практике процесс бесконечной прокатки возрождается на новом уровне и находит свое применение в литейно-прокатных агрегатах и модернизированных или вновь построенных мелкосортных станах.

Учитывая то, что на сегодняшний день имеется достаточный объем информации для разработки новых технологий, основанных на процессе бесконечной прокатки, обеспечивающих получение готового проката соответствующего качества при заданных сортаменте и объемах производства, следует ожидать появление интереса к нему и у отечественных металлургов.

Выводы

1. Результаты исследования и опыт использования процесса бесконечной сортовой прокатки подтверждают его эффективность в определенных условиях. Процесс бесконечной прокатки может стать эффективной альтернативой повышению скорости прокатки и увеличению сечения исходной заготовки с целью повышения производительности и увеличения выхода годного на сортовых прокатных станах, а для проволочных станов является предпосылкой устойчивого процесса высокоскоростной прокатки (до 150 м/с).

2. Различают технологические процессы бесконечной прокатки, предусматривающие стыковую сварку предварительно порезанных на мерные длины и нагретых в нагревательных печах заготовок в бесконечную плетель перед их подачей

в первую клетку стана или сварку в линии стана после предварительного обжатия и прямое совмещение процессов непрерывного литья заготовок и прокатки.

3. В последнее время зарубежными фирмами (DANIELI, NIPPON KOKAN KOJI и др.) достигнуты значительные успехи по использованию процесса бесконечной прокатки в литейно-прокатных агрегатах. При этом используются обе схемы бесконечной прокатки (со сваркой и без сварки заготовок большой массы).

4. Отмечено, что принятию решения об использовании процесса бесконечной прокатки на конкретном стане должна предшествовать детальная технико-экономическая проработка, учитывающая технические и технологические особенности всего существующего прокатного передела.

Литература

1. Непрерывная прокатка. Днепропетровск. РВА “Дніпро-ВАЛ”, 2002.
2. Кабанов Н. С., Черидничок В. Сварка в металлургической промышленности ФРГ (по материалам посещения советской делегации металлургических предприятий ФРГ) // Автоматическая сварка. 1963. № 4.
3. Новая технология производства сортового проката / В.В. Лемпицкий, Ю.С. Чернобривенко, А.А. Кугушин и др. // Сталь. 1977. № 5. С. 426–429.
4. Чекмарев А. П., Вишневский В. В., Гречко В. П. Разработка и исследование технологии сварки горячих заготовок на стане 250-2 Западно-Сибирского металлургического завода // Непрерывная листовая и сортовая прокатка. Днепропетровск: Промінь. 1971. С. 107–109.
5. Чекмарев А. П., Чернобривенко Ю. С., Кулаков Л. В. и др. Исследование процесса непрерывной и бесконечной прокатки в черновой группе клетей мелкосортного стана 350-2 Макеевского металлургического завода // Непрерывная листовая и сортовая прокатка. Днепропетровск: Промінь, 1971. С. 102–107.
6. Исследование цикла работы механизмов участка сварки мелкосортного стана 250 ЗСМЗ в режиме бесконечной прокатки / В.П. Гречко, В.В. Вишневский, Ю.Г. Куцов и др. // Прокатное производство: Науч. тр. ИЧМ. М.: Металлургия, 1970. № 34. С. 10–14.
7. Качество сварного шва в готовом изделии, полученном методом бесконечной прокатки / В.П. Гречко, О.Л. Козырский, В.Д. Чехранов и др. // Прокатное производство: Науч. тр. ИЧМ. М.: Металлургия, 1970. № 34. С. 14–18.
8. Первая промышленная продукция, полученная методом бесконечной прокатки / А.П. Чекмарев, А.И. Жуков, Ю.С. Чернобривенко и др. // Прокатное производство: Науч. тр. ИЧМ. М.: Металлургия, 1970. № 34. С. 50–55.
9. Knobloch J. F., Muhlum K. W. Neue Entwicklung zum Endloswalzen // BBC Nachrichten. 1978. Vol. 60. N 4. P. 142–149.
10. Матвеев Б. Н. Применение бесконечной горячей прокатки сортовых профилей за рубежом // Черная металлургия, 2001. № 11. С. 9–14.
11. Brooks E. Endless possibilities emerge with new bar / rod technology // 33 Metalproducing. 2000. Vol. 38. N 11. P. 24–26, 28.
12. A revolutionary minimill for speciality steels—The Luna Casting Rolling mill // Steel Times Int. 2001. Jan. P. 15–16, 18–19.
13. The “Luna” endless casting and rolling minimill for speciality steel bars / F. Alzetta, D. Andreatta, M. Tonidandel, W.D. Ruzza // MPT Int. 2001. N 1. P. 72–82.