



ISSN 0135 - 5856

Выпуск 3

ПРОИЗВОДСТВО  
ТОЛСТЫХ ЛИСТОВ  
ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА

Москва  
1987

УДК 621.771.23-413.003.1:658.62.018(47+57)+(1-87)

Артамонова Е.А. Производство толстых листов высокого качества/ Ин-т  
"Черметинформация". М., 1987 (Обзорн. информ. Сер. Прокатное производство.  
Вып. 3, 24 с.).

В работе рассмотрена проблема повышения качества толстых листов непосредственно в прокатных клетях. Приведены различные способы и варианты прокатки, применение которых позволяет улучшить профиль и форму толстого листа, увеличить выход годного.

Рассмотрены также вопросы автоматизации и контроля на толстолистовых станах, направленные на повышение точности размеров, улучшение плоскостности и снижение расхода металла на толстолистовых станах.

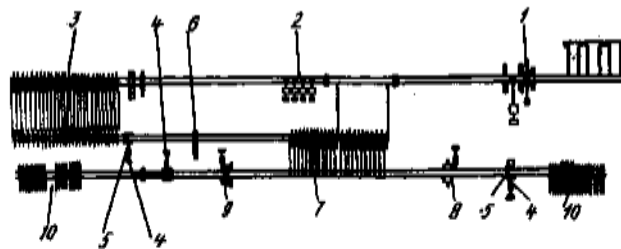


Рис.1. Схема расположения оборудования толстолистового стана с непрерывной чистовой группой:  
 1 - реверсивная черновая клетка; 2 - непрерывная чистовая группа из четырех клеток; 3 - холодильник; 4 - ножницы поперечной резки; 5 - кромкообрезательные ножницы; 6 - машина холодной прокатки; 7 - инспекционный стеллаж; 8 - односторонние кромкообрезные ножницы с плоскими ножами; 9 - дисковые ножницы; 10 - боковой укладчик

отвечает требованиям потребителей. В данной работе рассмотрены в основном проблемы обеспечения заданного профиля и формы непосредственно на прокатном стане.

**Совершенствование технологии прокатки.** В связи с тем, что проблема экономии металла в настоящее время стоит наиболее остро, особое внимание уделяется разработке новых и совершенствованию применяемых способов и технологических режимов прокатки, использование которых способствует уменьшению расхода металла и повышению выхода годного. При прокатке толстолистового проката повышения выхода годного добиваются разными путями, основной из которых предусматривает устранение разнотолщинности по длине листа, краевой и центральной волнистости, а также получение заданного профиля листа и прямоугольной формы поверхности.

Новая технология, внедренная на толстолистовом стане завода фирмы "Кавасаки сейтацу" в Тобе, Япония, обеспечивает экономию до 1,5 % металла в результате сокращения обреза боковых и торцовых кромок толстого листа /4/. Сначала металл обжимается в эдзерной клетке и несмотря на то, что боковые кромки при этом становятся выпуклыми вследствие разности упругого возврата середины и концов раската, концевая обрезь уменьшается.

Далее металл подвергается поперечной прокатке с дополнительным обжатием концов раската (разнотолщинная прокатка), что достигается наклоном верхнего вала попеременно в одну и другую сторону при двух дополнительных проходах (рис.2). Разнотолщинная прокатка позволяет также заполнить углы на концах раската. Схема прокатки по данной технологии представлена на рис.3. Данные о сравнении потерь на обрезь при различных способах прокатки приведены ниже:

Способ прокатки	Потери на обрезь, %	Уменьшение общих потерь, %
Обычная прокатка	2,71/0,77	-
Обычная прокатка + прокатка в эдзерной клетке	0,98/2,15	0,35

позволяет повысить точность размеров толстого листа, обеспечить необходимый профиль и форму, сократить расход металла и значительно повысить выход годного на станах.

Средний выход годного при прокатке толстых листов из слэбов составляет в мире 80-85 %, в Японии - 92 %. Повышение выхода годного на 1 % снижает себестоимость толстого листа примерно на 2 долл./т.

Высокий выход годного (95,2 %) был достигнут в 1982 г. на толстолистовом стане 5500 завода фирмы "Кавасаки сэйтецу" в Мидзуоэме, Япония, благодаря применению системы автоматического регулирования формы листа, что дало возможность сократить на 4 % боковую и концевую обрежь. Кроме того, эта система применяется для коррекции обжатия в первом и последующих проходах при поперечной прокатке, обеспечивающей компенсацию прогнозируемых изменений профиля листа по длине в следующих проходах, а также получение заданных размеров листа в последнем чистовом проходе.

Толстолистовой прокат предназначен для изготовления оборудования атомных электростанций, резервуаров высокого давления. Он используется также в судостроении и для изготовления труб большого диаметра /2/.

На аналогичном стане завода фирмы "Син ниппон сэйтецу" в Оите выход годного составил 96 %.

Предположение о возможном расширении потребности в особо широких (5000 мм и более) толстых листах, что послужило поводом для строительства толстолистовых станов 5500, не подтвердилось. Японские станы 5500 были сооружены для производства листов, предназначенных для строительства крупных танкеров, а также для изготовления труб больших диаметров. Строительство танкеров емкостью 750 тыс.т отложено, а для танкеров емкостью 300 тыс.т требуются листы шириной около 4000 мм. Потребности рынка в трубах большого диаметра, для производства которых необходимы листы шириной 5100 мм, еще очень незначительны /3/.

В связи с этим большинство новых разработок в области оборудования и технологии связано с производством толстых листов шириной около 4000 мм. Для экономичного производства готовых листов шириной 1000-2000 мм целесообразно прокатывать листы двойной ширины с последующей их продольной резкой, что возможно благодаря прокатке с получением узких, стабильных допусков на толщину листа по всей его ширине. При этом улучшение качества поверхности и допусков достигается применением непрерывного расположения чистовых клетей (рис.1). Наблюдается тенденция производства толстолистового проката с наименьшими шириной и толщиной из всего диапазона размеров на широкополосных станах горячей прокатки.

Для получения высококачественного толстолистового проката необходимо соблюдение технологических режимов и контроля качества на всех переделах, начиная от выплавки стали и кончая отделкой толстого листа на адьюстаже. На каждом этапе производства закладывается тот комплекс свойств, который

МИНИСТЕРСТВО ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ СССР

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИНФОРМАЦИИ  
И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Серия Промышленное производство  
Б3.43 РОСВЕТЛНВ

Обзорная информация

Выпуск 3

Б.А.Артмозов

ПРОИЗВОДСТВО ТОЛСТЫХ ЛИСТОВ ВЫСОКОГО  
КАЧЕСТВА

Напечатан в 1982 г.

5 выпусков в год

Москва 1987

Повышение требований потребителей к качеству толстолистового проката, который широко используется в различных отраслях промышленности, привело к увеличению сложившегося производства и необходимости осуществления новых путей решения этой проблемы. Одним из основных направлений развития производства толстого листа высокого качества на последние годы является совершенствование технологических процессов и оптимизация нераспределенных объемов. Так, исследование влияния деформации на равномерность годовых листов, проведенное в СССР, показало, что увеличение равномерности наблюдается при продолжной прокатке металла в черновой клетке с минимальным числом проходов и с минимальным числом проходов при попеременной прокатке (разница на 1%).

Внедрение усовершенствованных режимов прокатки способствует модернизации оборудования толстолистовых станков. Следует отметить, что в отличие от других станков на толстолистовых комбинациях модернизация, как правило, не проводится, так как предполагает большие капитальные затраты. Модернизация затрагивает отдельные оборудование. На действующих толстолистовых станках устанавливаются новые клетки, пружинные механизмы, конструируются новые приводные системы и системы смазки. Станки оснащаются большим числом контрольно-измерительной аппаратуры и автоматизированными системами управления. Все это

x) В числителе на концевую обрезь, в знаменателе - на боковую.

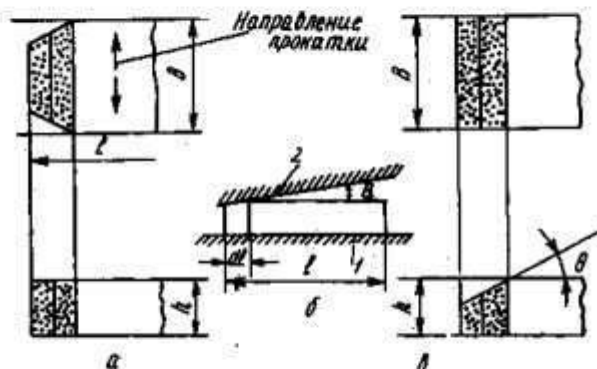


Рис.2. Схема разнотолщинной прокатки:  
а - форма раската после поперечной прокатки; б - разнотолщинная прокатка; в - форма раската после разнотолщинной прокатки; 1,2 - нижний и верхний валки, соответственно; В - ширина листа после поперечной прокатки;  $\theta$  - угол наклона верхнего вала; а, l - толщина и длина листа, соответственно; al - зона деформации кромки

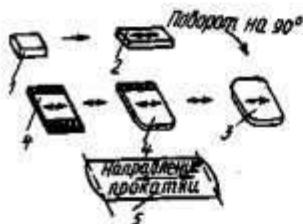


Рис.3. Схема прокатки толстых листов по новой технологии:  
1 - слэб; 2 - раскат после продольной прокатки; 3 - раскат после поперечной прокатки; 4 - раскат после разнотолщинной прокатки; 5 - лист, окончательная форма (пунктиром показана форма листа после обычной прокатки).

Аналогичные цели (устранение волнистости и улучшение профиля толстого листа)

были поставлены при разработке нового способа прокатки фирмой "Ниппон коккай" Япония, который применяют на толстолистовом стане 4700 завода фирмы в Фукуяме. После первых двух проходов раскат поворачивают на  $90^\circ$  и прокатывают за один проход со слабым обжатием переднего и заднего концов. Таким образом получают раскат с утолщенными концами /5/, после чего металл возвращают в исходное положение (второй поворот на  $90^\circ$ ) и далее ведут прокатку по обыч-

ной технологии. Благодаря утолщенным боковым граням заполняются углы, и достигается правильная прямоугольная форма листа (концы листов не имеют "зависов"). Этот способ можно рассматривать как противоположный способу, внедренному на заводе в Тисе. Но результат применения обоих одинаков: значительно повышается качество толстого листа. Для возможности получения и прокатки раската с утолщенными концами стан должен быть оснащен быстродействующим гидравлическим нажимным устройством (ход плунжера 80 мм, скорость перемещения 50 мм/с) и мощным приводом (9-10 МВт). Внедрение на стане 4700 нового способа позволило увеличить выход годного на 3 % в результате сокращения обреза /5/.

В отличие от способа, предложенного фирмой "Ниппон кокан", на толстолистовом стане завода фирмы "Кавасаки сейтецу" в Мидзуоке, Японии, уже в первом проходе (продольная прокатка) раскату придают форму с утолщенными концами /6/. После катковки на  $90^\circ$  раскат разворачивают по ширине, затем снова разворачивают на  $90^\circ$  и осуществляют его продольную прокатку до заданной толщины.

Управление процессом прокатки и расчет величины утолщения концов выполняются автоматически. Максимальный зазор регулируется с помощью гидравлического нажимного устройства и специальной автоматической системы.

На стане разработана и освоена прокатка листов со ступенчатым изменением ширины по длине листа. Технология прокатки таких листов предусматривает в первом проходе обкатку по толщине отдельного участка по длине раската, разворот на  $90^\circ$  и разбивку по ширине. Полученный раскат имеет увеличенную ширину на участке, который соответствует толстой части оляба. После второго разворота на  $90^\circ$  производят продольную прокатку до заданной толщины.

Расчет оптимальных размеров (длины и ширины) и обкатки при прокатке листов со ступенчатым изменением ширины выполняется автоматически с помощью системы регулирования формы проката.

Применение разработанной технологии, а также внедрение автоматизированной системы управления формой толстолистового проката способствовало увеличению выхода годного на 4,4 %.

Отходы металла при прокатке толстого листа связаны с продольной и поперечной разнотолщинностью. С целью сокращения потерь металла в обрезь фирмами USINOR (ЕЗИНОР) и SLESIM (КЛЭСИМ), Франция, разработан технологический процесс прокатки EFO, который предусматривает образование утолщений на концах раската в формообразующих проходах продольной и поперечной прокатки /7/. При последующей прокатке эти утолщения уменьшаются. Основные положения процесса EFO аналогичны технологии, разработанной фирмой "Ниппон кокан", Япония. Но в отличие от японской технологии в процессе EFO утолщенные концы образуются уже перед первым поворотом раската на  $90^\circ$ . На рис.4 приведена схема процесса EFO.

Величина утолщения и длина оляба задается с помощью ЭИМ. Стандартная величина утолщения составляет 10 мм при длине 200-500 мм. Скорость нажимных

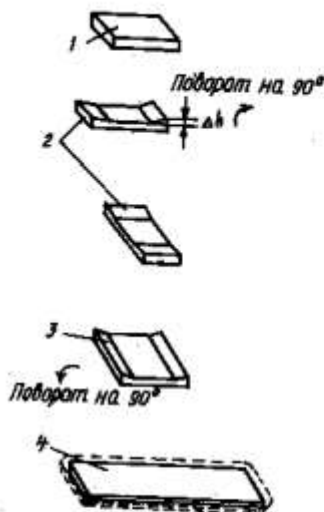


Рис. 4. Схема процесса ЕФО:  
 1 - слэб; 2 - форма раската после продольной прокатки ( $\Delta h$  - величина утолщения на концах); 3 - форма листа после поперечной прокатки; 4 - форма готового листа (пунктиром дана форма листа при обычной прокатке)

устройство при формировании утолщенных концов составляет около 20 мм/с.

Снижение отходов металла в боковую обрезь достигается уменьшением разкосности по длине раската. Величина разкосности зависит от режима обжатия, ширины и толщины раската при поперечной прокатке. Эти параметры используются ЭВМ управления процессом прокатки для определения данных формообразующего прохода. Для уменьшения концевой обрезь последний поперечный проход делает формообразующим. При этом выход годного повышается

более чем на 1 %.

При производстве толстолистового проката на реверсивных станах, которые имеют в своем составе клетки с вертикальными валками, перераспределение суммарного обжатия между четными и нечетными проходами позволяет повысить выход годного. Ширина переднего конца раската при прокатке в вертикальных валках меньше, чем ширина средней части  $/8/$ . В процессе прокатки в горизонтальных валках на концах, особенно заднем, возникает дополнительное уширение. Донецким научно-исследовательским институтом черной металлургии (ДонИИЧермет) совместно с Криворожским металлургическим комбинатом "Азовсталь" разработана схема прокатки толстого листа, предусматривающая два варианта  $/9/$ . По первому варианту слэб без обжатия подается на выходную сторону клетки с вертикальными валками, после чего устанавливается необходимый зазор между валками и выполняется обжатие боковых граней слэба, поступающего в клетку задним концом. Таким образом получают раскат, ширина заднего конца которого меньше ширины переднего конца. В нечетных проходах реверсивной прокатки в горизонтальных валках происходит преимущественное уширение заднего конца раската, а в четных - переднего.

По второму варианту слэб обжимает в клетке с вертикальными валками по обычной схеме, после чего его кантовывают на  $180^\circ$  и задним концом задают в клетку с горизонтальными валками. Применение такого способа также позволяет компенсировать искажение формы раската. Эта схема с кантовкой слэба применена на толстолистовом стане 3600 металлургического комбината "Азовсталь". Ее внедрение способствовало увеличению выхода годного на 8 кг/т проката. На этом же стане исследованы различные схемы прокатки: продольная, поперечная и продольно-поперечная. В процессе исследования установили, что оптимальной об-



жати боковых или торцевых граней сляба можно компенсировать ухудшение формы раската, возникающее при разбивке ширины и дальнейшей продольной прокатке. Использование результатов исследования при разработке оптимальных схем прокатки на стане 3600 позволило снизить равномерность боковых граней раскатов в 3 раза по сравнению с прокаткой без обжатия в вертикальных вальцах, а также уменьшить расход металла в среднем на 3 кг/т /10/.

С целью уменьшения расхода металла при прокатке толстого листа на стане 2800 Коммунарского металлургического комбината применяют профилированную прокатку в клетке с вертикальными вальцами /11/. Эти вальцы обжимают среднюю часть сляба в большей степени, чем концы, в результате чего обрывается раскат вогнутой формы; это компенсирует уширение при разбивке ширины. Таким образом, при продольной прокатке выпуклость раската по ширине или снижается, или устраняется. Выпуклость зависит не только от таких параметров, как выкатка при продольной прокатке и степень износа вальцов черновой клетки, но и от размеров сечения слябов и листов.

В связи с тем, что при прокатке в клетке с вертикальными вальцами из-за больших обжатий на широких гранях слябов появлялись "наплывы", приводящие к образованию поверхностных дефектов на нижней стороне листов, применяли профилированные вертикальные вальцы с буртами, верхняя часть которых представляет собой плавную кривую по дуге окружностей.

После прокатки в горизонтальных вальцах профилированный раскат приобретает характерную форму с приполюсной средней частью и выпуклыми участками на концах.

В результате профилирования раската достигается снижение расхода металла в боковую обрезь на 8 кг/т.

На толстолистовых станах применяют вальцы с неодинаковой профилировкой, при выборе которых учитываются различные факторы, в том числе величина обжатия, износ и тепловое расширение вальцов. Длительным путем с учетом этих факторов разработана профилировка рабочих и опорных вальцов. Рабочие вальцы имеют вогнутый профиль боции с приполюсным участком посередине, а опорные - выпуклый профиль со скосами на краях. Такая профилировка устраняет влияние зазора между рабочими и опорными вальцами на поперечную разнотолщинность /12/. Ее применение на толстолистовых станах 3600 комбината "Азовсталь" и 2800 Орско-Халиловского металлургического комбината (ОХМК) позволило снизить поперечную разнотолщинность на 20-50 %.

Снижение обрези и повышение качества толстого листа обеспечивается также при прокатке по способу поэтапного обжатия слябов по ширине в профилированных верхних и цилиндрических нижних вальцах. Обжатие производится от периферийных участков к центральной зоне по ширине раската. Масса концевой обрези листов, прокатанных по предлагаемому способу, снижается в 2-2,5 раза /13/.

Значительную экономию металла на толстолистовых станах обеспечивает прокатка в поле минусовых допусков. Длительным путем совместно с Череповец-

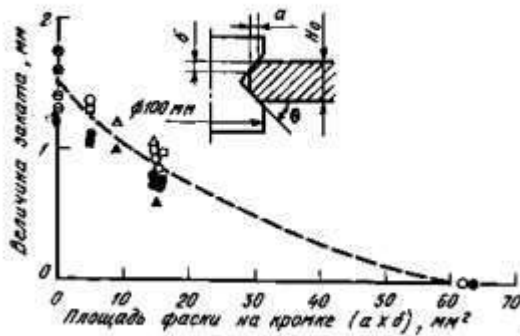


Рис. 2. Зависимость между площадью фиски и величиной заката:

I - профиль ручки калиброванного участка аджерного валька;  $H_0$  - толщина раската.

Угол фиски  $\theta$ , град.

	Конец раската	
	Передний	Задний
90	⊖	⊗
60	●	○
45	▲	△
30	■	□

мок в двух точках. Этот процесс боковых кромок следует выполнять в двух последних проходах при прокатке на гладких участках аджерных вальков.

В ходе исследований изучили также зависимость утонения и утолщения кромок переднего и заднего концов раската от величин и периодичности выполнения обкатки в вертикальных и горизонтальных вальках. Установили, что устранить дефекты концов проката (сужение, рыбий хвост) можно прокаткой с регулируемой шириной переднего и заднего концов листа, оборудовав для этого аджер системой автоматического регулирования ширины.

Основная технико-экономическая характеристика аджерной клетки приведена ниже:

Размеры вальков, мм:	
диаметр	300
длина	800
Усилие прокатки, МН:	
в калиброванных участках аджерных вальков	3,0
на гладких участках аджерных вальков	3,9
Скорость прокатки, м/с	2,5-7,5
Мощность двигателя главного привода, кВт	1720
Скорость автоматического регулирования ширины листа, мм/с (на одну кромку)	100
Устройство смещения вальков	Тележка с электроприводом
Параметры прокатываемого металла, мм:	
толщина:	
при прокатке в калиброванных участках	180-310
при прокатке на гладких участках	12,5-320
ширина	1520-5490
длина	1500-58000
Г максимальная масса, т.	36
материал	Углеродистые, высокопрочные, легированные стали

На толстолистовом стане 5500 завода фирмы в Оттсхеме прокатывают листы толщиной 50–350 мм массой 20 т и более из углеродистой, хромомолибденовой и марганцевомолибденоникелевой сталей.

Особо толстые листы предназначены для изготовления корпусов атомных реакторов, сосудов высокого давления, оборудования для нефтехимических заводов.

Еще более толстые листы (плиты) толщиной 400 мм, шириной 2637, 2071, 2345 мм и длиной 7200 мм прокатаны на толстолистовом стане 4700 завода фирмы "Син нишон сайтецу" в Нагое, Япония /17/. Предварительно была разработана технология прокатки сверхтяжелых высококачественных плит с электромагнитными свойствами из 100-т слитков.

**Модернизация и разработка прокатного оборудования.** Модернизация оборудования толстолистовых станов дает возможность значительно повысить качество толстолистового проката. В процессе модернизации большое внимание уделяют как основному, так и вспомогательному оборудованию. Так, при модернизации толстолистового стана завода фирмы "Стеувет Лоире" ("Крезо Луар") в Ле-Крезо, Франция, было усовершенствовано приводное оборудование стана /18/. Для двух клетей установлены отдельные приводы, т.е. клетя кварто отделена от общего привода. При этом клетя дуо могла и дальше работать с имеющимися двигателями, а для клетки кварто установлены два новых двигателя мощностью по 3930 кВт (рис.6). В системе приводов были применены комбинированные шкивы, каждый из которых имеет на одном конце (со стороны клетки) шкив с плоской цапфой, а на другом (со стороны двигателя) – шкив Лука.

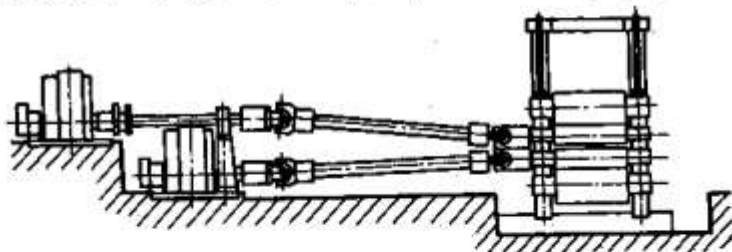


Рис.6. Схема клетки кварто с индивидуальным приводом после модернизации

Модернизация толстолистового стана, в результате которой значительно повысилось качество горячего листа, проведена на заводе фирмы "VOEST-Alpine" ("ВЭСТ-Альпина) в Линце, Австрия /19/. Стан состоит из горизонтальной клетки с вальцами размером 965-1020/1730-1820x4300 мм и вертикальной клетки. Обслуживает стан восемь колдчанных печей емкостью по 90 т и одна методическая печь производительностью 100 т/ч.

В процессе модернизации стан был оснащен ЭИМ и оборудован гидравлическими нажимными устройствами. Было установлено, что система противозгиба не обеспечивает требуемого минимального уровня разнотолщинности, поэтому на го-

горизонтальной катки применяли так называемую сегментированную систему охлаждения рабочих валков /20/. Система ошейн обеспечивает направление воды под обжим расходом до 250 м<sup>3</sup>/ч. Регулируя расход воды и широтность ее подачи на различные участки валка, можно уменьшить поперечную неравномерность, например, листов толщиной 80 мм и шириной 2400 мм до 0,2 мм. Капитальные затраты на систему охлаждения значительно ниже, чем на систему противоскопа.

Стан оборудовали также устройствами для измерения толщины, профиля и формы листа. На выходе из стана установлен радиационный толщиномер. Точность измерения при толщине листа 10 мм составляет ±0,2 %, при максимальной толщине - ±0,5 %.

Чистовая катка вращается с валками размером 1045/1825х2600 мм толстолистового стана 3600 фирмы "Ваггелчакки Си" ("Furgurruukki Oy") в Финляндии, снабжена устройством регулирования рабочих валков и гидравлическим приводом устройством /21/. Производительность стана составляет 0,7 млн. т/год, мощность привода 2х4350 кВт.

Усилия противоскопа валков регулирует в диапазоне 100-2300 кН. Минимальные отходы металла боков рабочего валка под действием максимального усилия составляет 0,2 мм по ширине листа 2650 мм. Предусмотрены три режима управления, два из которых ручные и один автоматический. На этом стане устанавливали также систему автоматического регулирования толщины и ширины листового проката.

Комплексное применение технических средств и средств автоматизации позволило повысить точность размеров толстолистового проката, улучшить его профиль и форму и на 2-3 % увеличить выход годного.

Современное состояние технологии производства толстого листа характеризуется расширением использования контролируемой прокатки с низкой температурой конца прокатки и постоянно растущими требованиями к размерности свойств и точности размеров этого вида проката.

Контролируемая прокатка с низкой температурой в низком единичном обжатии в связи с большим сопротивлением деформации сопровождается значительным усилением прокатки в крутящих моментах, на которые должны быть рассчитаны прокатные листы и элементы привода. На толстолистовом стане 3600 усилие прокатки превышает 100 МН. Основные технико-экономические параметры такого стана, сооруженного для одного из заводов ФЭТ, представлены ниже /22/:

Длина боков валков, мм	5500
Диаметр валков, мм:	
рабочего	1180
овердрото	2400
Максимальное усилие прокатки, МН	108
Масса стана, т	390
Мощность привода, кВт	2х11000
Максимальный момент прокатки, кН·м	2х4167

Для получения узких допусков по толщине толстого листа прокатные клетки должны обладать высокой жесткостью, которая определяется диаметром опорного вала и размерами станины. Стан 5500 имеет станину сечением 10 тн.см<sup>2</sup>, диаметр опорного вала составляет 2400 мм. Для регулирования толщины предусмотрено оснащение стана гидравлической системой типа "Сермес" конструкции фирмы "Mannesmann-Demag-Bask" ("Маннесман-Демаг-Бак"), ФРГ. Принцип действия этой системы основан на разделении сервоцилиндра и главного цилиндра, работающего с консистентной смазкой. В зависимости от размеров листа допуски по толщине могут достигать  $\pm 0,5$  мм по всей его длине /23/.

На толстолистовом стане 3000 Илановского металлургического комбината им.Ильича масса станины составляет 350 т, усилие прокатки достигает 70 МН. На стане предусмотрен противонагиб рабочих валков. Размеры валков стана 3000 приведены ниже:

Диаметр валков, мм:	
рабочих	1000
опорных	2100
Длина бочки, мм	3100

Состав и схема расположения современного толстолистового стана зависят прежде всего от конкретных задач и условий производства. Технические данные толстолистового стана, разработанного фирмой "Schloemann-Siemag" ("Шлеман-Зимег"), ФРГ, рассчитанного на производство проката в количестве 1,5 млн.т/год при годовом объеме рабочего времени 6800 ч, представлены ниже:

Ширина листов, мм:	
с обрезанными кромками	1000-4000
без обрезанных кромок	1100-4200
Толщина листов, мм	5-40
Длина листов, м:	
прокатываемых	50
готовых	2-25
Максимальная масса листов, т	20
Временное сопротивление, Н/мм <sup>2</sup>	800-1200
Допуски по ширине, мм	0+2
Усилие прокатки, МН	60
Масса слэба, т	20
Размеры слэба, мм	350x1800x4100

Для обеспечения высокого качества поверхности и точного соблюдения допусков на прокат клеть стана должна обладать высокой жесткостью. Били разработаны монолитные станины массой 312 т каждая. Диаметр опорных валков 2100 мм. Клеть оборудована электрогидравлической системой регулирования толщины

с управлением от ЭМ. Предусмотрена также гидравлическая система регулирования толщины проката и устройство противоизгиба рабочих валков.

В настоящее время в ФРГ изготавливают монолитные станки со следующими параметрами /3/:

Масса станка, т:	
необработанной	340
готовой	330
Габаритные размеры станка, м:	
высота	15,0
ширина	4,5
толщина	2,0

Станки, размеры которых превышают данные размеры, выполняются сборными из четырех частей, соединяющихся анкерными кольцами. Сборные станки по сравнению с монолитными имеют ряд недостатков, основной из которых заключается в различной деформации отдельных частей.

Фирмой разработан толстолистовой стан с бочкой валков длиной 4250 мм, станция клетки которого также выполнена монолитной. Рабочие рольганги перед клетью и за ней были установлены на основании станка и выключены, что обеспечивает оптимальную стабильность клетки и рольгангов. Размеры станка клетки 4250 приведены ниже:

Поперечное сечение стойки, см <sup>2</sup>	10000
Габаритные размеры, м	14,15x4,50x1,81
Размеры окна станка, м:	
ширина	1,34 или 2,23
высота	10,05

Эта клетка имеет нажимное устройство с приводом от четырех двигателей. На нажимное устройство воздействуют две системы: грубого (скоростного) и точного регулирования. Таким образом обеспечивается высокая точность регулирования толщины листа в процессе прокатки.

Система грубого регулирования имеет привод от двух электродвигателей мощностью по 428 кВт каждый, скорость регулирования составляет 45 мм/с.

Точное регулирование выполняется также от двух электродвигателей мощностью по 390 кВт со скоростью 1 мм/с.

Между нажимным вальцом и верхней подлункой встроены конические роликовые подшипники. Для контроля усилия прокатки и получения сигналов для системы регулирования над упорными подшипниками встроены датчики, рассчитанные на усилие 37 кН каждая.

Система противоизгиба рабочих валков воздействует через систему уравновешивания валков на их шейки. Противоизгиб валков обеспечивает значительное сжатие центральной и краевой (по кромкам) волнистости толстых листов.

В связи с тем, что система регулирования толщины проката и система противоскользя рабочих валков в достаточной степени обеспечивают получение узких допусков на размеры, заданную форму и профиль листов, устройство противоскользя опорных валков не предусмотрено.

Наличие двойных разбрызгивающих коллекторов перед клетью и за ней способствует оптимальному удалению окалины с поверхности металла.

Для охлаждения рабочих валков предусмотрена система водного охлаждения с расходом воды 300 м<sup>3</sup>/ч. Рабочие валки имеют двоярный привод, осуществляемый через шарнирные шпиндели с индивидуальным уравниванием верхнего и нижнего шпинделя.

С целью устранения разнотолщинности за рубежом наблюдается тенденция применения шестивалковых клетей. Однако японская фирма "Ниппон кокая" при строительстве толстолистового стана 4700 на заводе в Фукуэме установила четырехвалковую клеть с перемещением в осевом направлении валков. Перемещение валков применяют для корректировки профиля бочки и регулирования совместно с устройством противоскользя валков поперечной разнотолщинности /24/.

Разработка новых конструкций толстолистовых станов в настоящее время связана прежде всего с необходимостью экономии металла, сокращения занимаемой площади, снижения себестоимости при обеспечении требований потребителей в отношении качества толстых листов.

Фирмой "Blaw-Knox Foundry and Mill Machinery" ("Блю-Нокс фаундри энд мил машинери"), США, разработана новая экономичная конструкция стана для производства горячекатаных полос и толстых листов /25/.

При загрузке холодных слэбов в нагревательную печь экономия тепла может составить 528 МДж/т·ч в результате снижения температуры выдачи слэбов из печи с 1260 до 1090 °С. Кроме того, возможна экономия 20-30 % тепла при увеличении длины активного пода печи (42-55 м). Однако максимальная экономия энергии достигается применением прямой прокатки катаных слэбов или горячего посада непрерывнолитых заготовок. При необходимости слэбы подвергаются сплошной или выборочной зачистке.

Удаление из основной линии слэбы выдерживаются в вертикальном положении в накопительных колодцах, а затем на тележках с теплоизолирующим экраном поступают к нагревательным печам.

Установка толстолистового стана 4265 на противоположной от печей стороне дает возможность увеличить мощности печи горячей прокатки и значительно расширить сортамент выпускаемого проката. Оба стана (толстолистовой и широкополосный) должны функционировать взаимосвязанно как комбинированный толстолистовой стан (рис.7). Стан обслуживается одними и теми же нагревательными печами. Основные преимущества такого расположения станов следующие: лучший коэффициент использования занимаемой площади благодаря компактному располо-

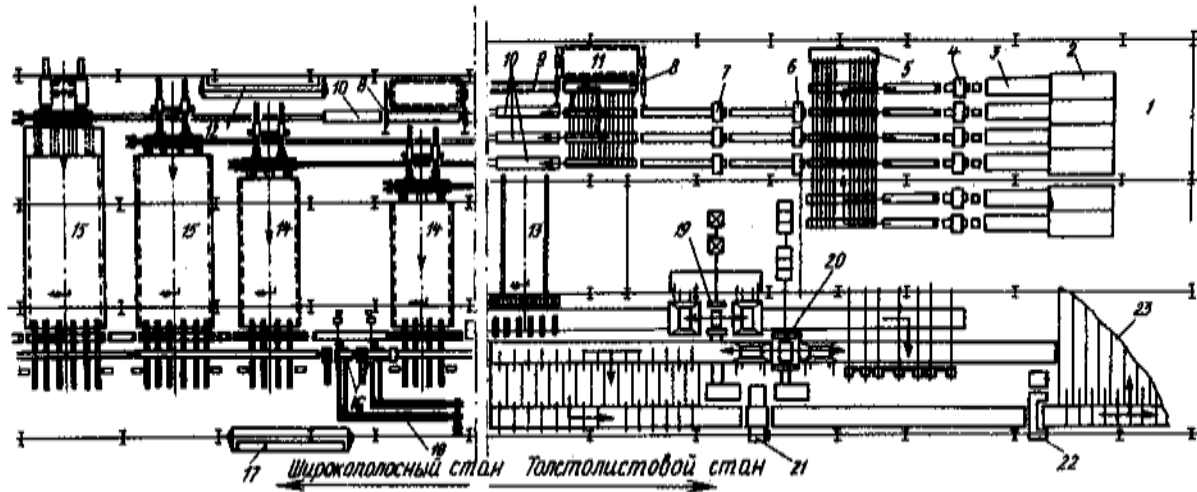


Рис. 7. Схема расположения оборудования широкополосного и толстолистового станом:  
 1 - отделение УНРС; 2 - УНРС; 3 - правильная машина; 4 - газовый резак; 5 - складской стеллаж; 6 - МОС; 7 - дефектоскоп; 8 - кантователь слябов; 9 - машина выборочной зачистки; 10 - загрузочные тележки; 11 - накопительный колодец; 12 - пульт управления загрузкой печей; 13 - трансферкар для слябов; 14 - печь для коротких слябов; 15 - печь для длинных слябов; 16 - подпольные моталки; 17 - пульт управления выдачей слябов и моталки; 18 - конвейер для охлаждения и уборки рулонов; 19, 20 - черновая и чистовая клети толстолистового станом соответственно; 21 - правильная машина для толстых листов; 22 - ножницы для толстых листов; 23 - холодная камера.



ловлено оборудование; возможность применения стандартного оборудования томографического станка; сокращение численности обслуживающего персонала; увеличение проката металла в томистого листа; взаимозаменяемая работа трех самостоятельных агрегатов — широкосортного станка, томографического станка и агрегата поперечной резки рулона, использование для этих агрегатов машины, примерно равной мощности, внешнего облучения широкосортным станком.

Черновая и чистовая клетка томографического станка расположены параллельно друг другу в отдельных линиях, которые представляют собой прокатные линии черновой и чистовой группы широкосортного станка.

Повышение качества томографического листа и, прежде всего, его поверхности способствует применению при прокатке технологической смазки. Стабилизатор работы станка, смазка позволяет сократить удельный расход энергии, улучшить профиль томографического проката и уменьшить количество дефектов на его поверхности.

В реверсивной чистовой клетке стана томографического станка 2800 Орджоникидского металлургического комбината с целью снижения расхода металла для улучшения качества проката и уменьшения расхода металла при перекалифовках валков использована возможность применения технологической смазки /26/. Совместно с ДОНИИЧерметом было разработано устройство подачи смазки, включающее автоматские коллекторы, помещенные в камеру, которая смонтирована с передней стороны клетки на подставках рабочих валков (рис. 8). На сторонах камеры предусмотрены реверсивные и воздушные прокладки, удаляющие воду с поверхности валков и распределяющие смазку.

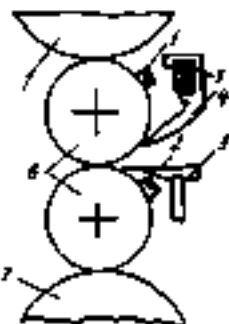


Рис. 8. Схема расположения устройств для подачи смазки на стане 2800:

1, 2 — верхнее и нижнее устройства нанесения смазки; 3 — коллектор для отвода смазки; 4 — противозадирное приспособление; 5 — проводка; 6, 7 — рабочие и опорные валки, соответственно

Коллектор представляет собой две осевые распределительные трубы: по внешней подается водосмазочная смесь, а по внутренней — сжатый воздух, необходимый для распыления смеси.

Система приготовления смеси включает два бачка емкостью по 3 м<sup>3</sup>, бак-дозатор емкостью 0,08 м<sup>3</sup>, два насоса (механический и вакуумный), фильтры,

контрольную и регулировочную аппаратуру. По сигналу от датчиков количества металла в листе обеспечивается автоматическая подача смазки и воздуха в коллекторы. Точная настройка величины подачи смеси осуществляется вручную.

В результате проведенных расчетов, что применение смазки позволяет на 12 % уменьшить нагрузку на станы. Максимальная величина расхода смазки оце-

зился на 26,3 и 38,8 % для нижнего и верхнего валков соответственно.

В процессе модернизации толстолистовые станы оснащаются современным вспомогательным оборудованием. На правильных машинах с помощью ЭВМ производится точное регулирование нагрузок на ролики в соответствии с показаниями толщиномеров, а также угла наклона верхних роликов, что позволяет устранить одностороннюю волнистость. Для обработки листов толщиной до 60 мм используют современные правильные машины, что позволяет повысить плоскостность поверхности листа и улучшить его профиль. При этом устраняются такие дефекты, как волнистость по краям и середине листа и односторонняя волнистость. Новая конструкция машин для ликвидации всех этих дефектов, разработана фирмой "Mannesmann-Demag-Sack" ("Маннесман-Демаг-Зак"), ФРГ /27/. Машина, предназначенная для правки листов толщиной 8-65 мм, шириной 4800 мм, имеет девять приводных рабочих роликов и 48 опорных. Максимальная скорость правки достигает 120 м/мин. Для устранения краевой и центральной волнистости предусмотрен предварительный изгиб верхних рабочих роликов. Устранение односторонней волнистости обеспечивается наклонным расположением верхних роликов. Заменяют ролики с помощью быстродействующего устройства.

Положение нижних рабочих роликов регулируется по высоте, что позволяет получить высокую плоскостность листового проката независимо от его толщины. Отличительной особенностью машины является возможность правки толстых листов конического сечения благодаря наличию специального приспособления.

Одной из проблем, возникающих при правке толстых листов из различных сталей, является обеспечение стабильного процесса правки. Это достигается высокой жесткостью конструкции машин. Подобная правильная машина, разработанная японской фирмой "Мицубиси двигового", установлена на толстолистовом стане завода фирмы "Кобе сейко" в Какогаве, Япония /28/. Разъемная станция машины допускает предварительную сборку ее на заводе изготовителя и окончательную сборку на месте монтажа, что значительно сокращает сроки монтажных работ.

Рабочие ролики, изготовленные из высокохромистой стали, заменяются выдвиганием верхней и нижней кареток по рельсовым направляющим с помощью лебедки с электроприводом.

Техническая характеристика машины приведена ниже:

Размеры обрабатываемых листов, мм:	
толщина	4,5-50
ширина	До 4650
Скорость правки, м/мин	12-120
Усилие правки, МН	До 18
Главный электропривод:	
мощность, кВт	2х375
частота вращения, мин <sup>-1</sup>	350/700
Размеры рабочих роликов, мм:	
диаметр	270

Применение средств автоматизации и контроля. В результате повышения требований к свойствам и соблюдению заданных размеров толстолистового проката за последние годы резко увеличилось использование автоматизированных средств управления. Все чаще на толстолистовых станах применяют ЭВМ. Автоматизация станов связана с выполнением следующих задач:

- максимальное соблюдение заданных размеров при минимальных отходах;
- улучшение профиля листа;
- улучшение служебных свойств листа;
- достижение заданных для оборудования режимов прокатки при оптимальном использовании его предельных возможностей;
- обеспечение беспрограммной прокатки (свободный переход с одного сортамента на другой).

Наличие автоматизированных систем управления позволяет выбирать и реализовывать оптимальные режимы, обеспечивающие получение высококачественного толстого листа.

Повышение точности размеров толстого листа достигнуто на заводе фирмы "Сумитомо киндзюку когё" в Вакаяме, Японии, в результате внедрения в 1984 г. АСУ толстолистовым станом /29/. Отличительными особенностями данной системы, осуществляющей строгий контроль за выполнением заданных размеров, являются:

- корректировка межвалкового зазора в четырехвалковой клетке от прохода к проходу на основании замеров толщины листа изотонным толщиномером;
- адаптивная система настройки оборудования стана по мере прохождения металла;

регулирование толщины листа гидравлическими нажимными устройствами с применением прямого цифрового регулирования и обратной связи с учетом плоскостности металла;

регулирование ширины листа на основании сигналов измерителя с изображением на телевизионном экране.

Системы регулирования толщины на толстолистовом стане в основном имеют две концепции - относительное и абсолютное регулирование, основанные на принципе обеспечения постоянного зазора между вальцами.

Отличительной особенностью способа регулирования профиля и формы толстого листа на реверсивном стане, разработанного японской фирмой "Сумитомо киндзюку когё", является чередование проходов в поперечном и продольном направлениях раската и регулирование толщины в каждом проходе с учетом разнотолщинности раската и усилия прокатки /30/. Величину разнотолщинности определяют отношением

$$\frac{h_{\text{пр}} - h_{\text{пер}}}{h_{\text{пер}}}$$

где  $h_{cp}$  - толщина раската в середине;  $h_{кр}$  - толщина раската по б ковым кромкам.

Оптимизация регулирования размеров толстолистового проката способст не только повышению качества листов, но и увеличению выхода годного. Соч современных технических средств (важковых устройств, прокатных клетей, п водов) и систем регулирования процесса прокатки и контроля его параметр настоящее время является наиболее перспективным направлением производств толстых листов.

Во Франции разработана система "Гидроплейт", включающая регулирован раствора валков с помощью гидравлического устройства "Гидрогейдж" и авто тивированный процесс прокатки ("Плейт") /7/. Применение этой системы обе чивает высокую точность профиля по длине листа независимо от колебаний т ператур. Производительность стана увеличивается на 15-20 %. Благодаря и ним допуском на размеры выход годного повышается на 3 %. Кроме того, з чительно улучшаются профиль и форма толстого листа, а также однородность механических свойств.

Система "Гидроплейт" применяется на толстолистовом стане 4300 завода мв БЗИНОР в Динкерке, Франции, производительностью 700 тыс.т/год, кратко техническая характеристика которого приведена ниже:

Средние размеры толстых листов, мм:	
толщина	13
ширина	2500
Диаметр валков, мм:	
рабочих	1000
опорных	1800
Мощность электродвигателей, МВт	2х5
Максимальное давление металла на валки, МН	55

Контроль толщины листа на выходе из стана выполняется микрометром. Полученные данные вводятся в ЭЕМ, которая регулирует настройку клетей в соответствии с заданными значениями толщины.

После охлаждения проводят повторное измерение толщины в трех точках в центре листа и на кромках. Данные о сравнении отклонений фактической т инны листа от заданной при использовании системы "Гидроплейт" и без нее представлены ниже:

Отклонение толщины листа, мм, при измерении:	При использовании системы "Гидроплейт"	Без систем
в трех точках	0,20	0,31
в одной точке	0,19	0,26

Таким образом, в результате применения системы "Тандемфит" отклонения по толщине снижаются на 35 %.

Исходная ширина листа измеряется основным направляющим. Данные измерения передаются в ЭВМ для расчета прокладочных прокладок. Ширина готового листа измеряется основным направляющим после поперечной прокатки. Коэффициент расширения выполняется после охлаждения поперечные линии листа. Коэффициент системы "Тандемфит" обеспечивает снижение отклонений размеров по ширине на 32 %.

Бесконтактные оптические установки "Акушима" для измерения ширины и длины толстого листа в процессе прокатки изготавливает канадская фирма "Калк" ("Kalk") /31/. Такие установки были применены в 1982 г. на трех толстолистовых станах завода фирмы "Сая Ниппо Сайтецу", Япония.

Установки имеют оригинальный блок, установленный над рольгангом стана и обеспечивающий инфракрасное излучение горячего металла (до  $1100^{\circ}\text{C}$ ). В блоке размещены две сканирующие системы развертки по двум взаимоперпендикулярным осям листа. Частота развертки достигает 108 кадров/с. Длительность измерения зависит от режима работы в размеров листа: для измерения листов стандартного размера 5200x2800 мм по двум осям без сканирования требуется 0,3 с, при грубом шаге сканирования - 1,6 с, при мелком шаге - 2,5 с.

Сигналы измерения обрабатываются в отдельной части установки, расположенной на восту управления или в машинном зале. Электронные бесконтактные оптические устройства позволяют не зависеть от влажности и простоту обслуживания. Точность измерения в 5-10 раз превышает точность измерения с применением других систем и установок. В результате возмещения точности размеров и, как следствие, снижены потери при годного увеличения на 0,4 %.

Большое значение в обеспечении заданной длины листа имеет контроль и регулирование процесса реза. Для более точной резки листа с целью снижения потерь и обеспечения необходимого качества применяют специальные измерительные устройства и установки.

Одна из таких установок работает на заводе фирмы "Добе Сайко" в Канаде, Япония. Она предназначена для определения мест реза, измерения длины реза, измерения длины листов /32/. В основе установки входят: измерительный мостик, микропроцессорная каретка, передвижная измерительная каретка, блок и пульс управления (рис.9). Технические характеристики установки приведены ниже:

Точность измерения, мм:	
по ширине	±3
по длине	±30
Продолжительность измерения, мин	2
Размеры толстого листа, мм:	
толщина	4,5-40
ширина	800-4850
длина	5600-42000

Полуавтоматический режим работы установки обеспечивается системой управления, основанной на использовании микро-ЭВМ и связанной с ЭВМ управления технологическим процессом.

Измерительный мостик предназначен для определения ширины и места резки переднего конца листа. На этом мостике расположены в определенных местах четыре лазерных разметчика. Маркировочная каретка с расплывательным разметчиком находится в нижней части измерительного мостика и автоматически устанавливается по месту резки. Измерительная каретка определяет ширину и длину обреза заднего конца листа. В зависимости от длины листа она может перемещаться на расстояние от 6 до 42 м. На каретке размещены три телевизионные камеры с суммарным полем зрения 1,2х4,8 м.

Кабина пульты управления расположена над рольгангом, что позволяет визуально оценить состояние переднего конца и кривизну по всей длине листа. В кабине пульта находится приборная доска, монитор для оценки состояния задне

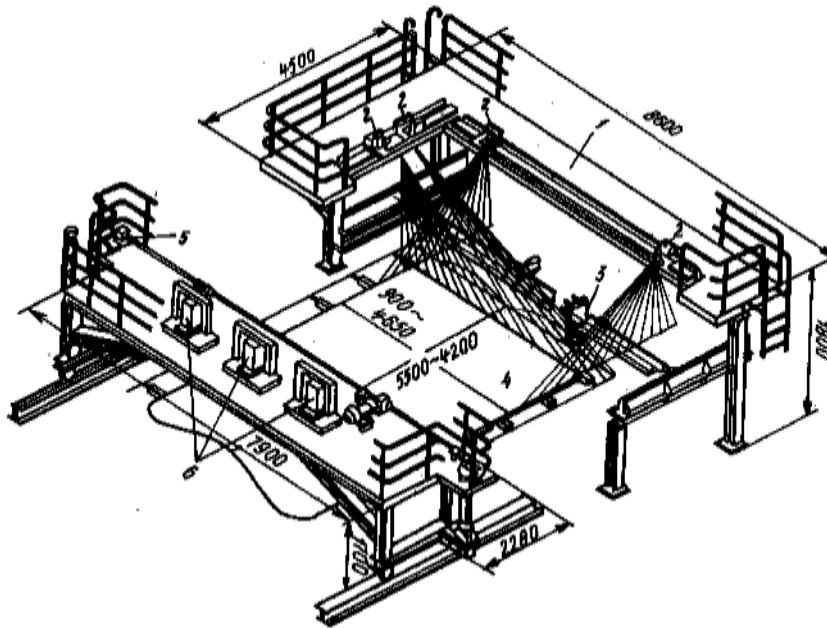


Рис.4. Установка для обмера толстого листа:  
1 - измерительный мостик; 2 - лазерные разметчики; 3 - маркировочная каретка с расплывательным устройством; 4 - толстый лист; 5 - передвижная измерительная каретка; 6 - камеры промышленного телевидения

го конца, дисплей для воспроизведения результатов измерения ширины и длины проката, устройства для наблюдения за рольгангом охлаждения и управления им.

Качество контролируется на всех стадиях прокатного передела. На современных станах, подвергнутых модернизации, контроль профиля, размеров, а также поверхности выполняется в потоке, что обеспечивает высокую производительность и одновременное устранение дефектов и отклонений.

В потоке толстолистового стана 4700 завода фирмы "Ниппон кован" в Фукуяме, Японии, работает устройство ультразвукового контроля листов толщиной 6-60 мм, шириной 1000-4500 мм, длиной 3-25 м /33/. Пропускная способность устройства 17 тыс. листов/мес. В нем применены новые датчики типа 526x25UD-34B с шириной полосы контроля поверхности листа 20 мм. Всего в устройстве используется 264 датчика. Управление контролем и регистрация результатов осуществляет ЗМ.

Широкими возможностями и большой надежностью обладает радиометрический контроль толщины и профиля листов. Измерительное устройство конструкции фирмы "Kugelfischer Georg Schäfer" ("Кугельфисшер Георг Шефер"), ФГР, представляет собой скобу высотой 2-3 м. Сверху и снизу скоба оборудована датчиками, сигналы которых после обработки с помощью микрокомпьютера передаются на экран цветного монитора. Скорость перемещения скобы достигает 15 м/мин, что обеспечивает контроль толщины и профиля листов шириной 3500 мм менее чем за 5 с. Одновременно может выполняться контроль изменения толщины и профиля листа по его длине.

#### Выводы

1. Постоянное повышение требований потребителей к качеству толстолистового проката привело к необходимости разработки новых и совершенствованию применяемых технологических схем прокатки, к модернизации прокатных агрегатов и созданию принципиально новых конструкций основного и вспомогательного оборудования.

2. В СССР и за рубежом разработаны различные способы прокатки толстого листа: разнотолщинная прокатка, прокатка с дробной деформацией, прокатка в профилированных валах. Применение всех этих способов позволяет повысить качество проката (снизить поперечную разнотолщинность, краевую волнистость и повысить плоскостность), увеличить выход годного (более чем на 4 %), уменьшить потери металла в обрезь (в 2,5 раза).

3. С целью улучшения профиля и формы полосы на действующих толстолистовых станах проводят модернизацию отдельных агрегатов, устройств и механизмов. Современные станы, предусматривающие контролируемую прокатку, должны иметь клетки с высокой жесткостью, которая определяется прежде всего массой станины и диаметром опорного вала. Масса станины толстолистового стана 5500, разработанного в ФГР, составляет 390 т при сечении 10 тыс. см<sup>2</sup>, диаметр опорного вала - 2400 мм.

4. Для повышения плоскостности толстого листа на реверсивных толстолистовых станах применяют противозгиб рабочих валков; усилие противозгиба может превышать 2300 кН. Устройства противозгиба оборудованы гидравлическим приводом и управляются автоматически или ручным способом.

5. Обеспечение высокого качества толстолистового проката невозможно использованием автоматизированных систем управления и контроля за технологическими процессами, работой оборудования и соблюдением заданных параметров прокатки. Представляет интерес разработанная во Франции система "Гидроп" использование которой позволяет на 35 % снизить отклонения по толщине, 32 % - отклонения размеров по ширине и на 3 % увеличить выход годного.

6. Контроль качества на современных станах выполняется в потоке с помощью различных методов: оптического, лазерного, радиометрического, Ули звукового. Все контрольно-измерительные средства включают в системы управления, что обеспечивает быстрое регулирование при сигналах об отклонениях ров, профиля и формы листа (контроль толщины и профиля листов шириной 3500 мм радиометрическим способом осуществляется менее чем за 5 с).

7. При проектировании нового оборудования одним из основных вопросов является его экономически выгодное использование. При этом учитывают такие факторы как расход металла, повышение выхода годного, снижение себестоимости толстых листов и увеличение производительности. Однако главной проблемой все же остается обеспечение производства толстолистового проката высокого качества.

#### Библиографический список

1. Зависимость равномерности толстых листов от дробности деформации В.М.Клименко, Э.Л.Филиппов, В.А.Дзидзигава, С.В.Труханов//Теория и технология производства толстого листа. М., 1986. С.30-35.
2. Iron and Steel Engineer. 1983. V.60. N 1. P.81,82.
3. Широкополосные станы горячей прокатки - толстолистовые станы: Докл на Симпозиуме по новым технологиям и возможностям модернизации цехов катных станов и установок непрерывной разливки стали. Москва, 23-24 мая 1985.
4. Разработка нового способа регулирования формы листа в плане при прокатке толстого листа/ Х.Ватанабе, С.Тананаса, Т.Думахара и др.//Итоги науки. 1981. Т.67. № 15. С.156-162.
5. Development of new plane view control technique in plate rolling (НИИ-ДПР) /Н.Тукис, О.Тукифуми, Т.Митсуги е.а. //Nippon Kokan Technical Report. 1983. N 39. P.21.
6. Формообразование раската при прокатке в клети кварто толстолистового проката//Итоги науки. 1980. Т.66. № 8. С. А157-А160.
7. Quality control and production optimization in plate mills using



4. Для повышения плоскостности толстого листа на реверсивных толстолистовых станах применяют противозгиб рабочих валков; усилие противозгиба может превышать 2300 кН. Устройства противозгиба оборудованы гидравлическим приводом и управляются автоматически или ручным способом.

5. Обеспечение высокого качества толстолистового проката невозможно использованием автоматизированных систем управления и контроля за технологическими процессами, работой оборудования и соблюдением заданных параметров прокатки. Представляет интерес разработанная во Франции система "Гидроп" использование которой позволяет на 35 % снизить отклонения по толщине, 32 % - отклонения размеров по ширине и на 3 % увеличить выход годного.

6. Контроль качества на современных станах выполняется в потоке с помощью различных методов: оптического, лазерного, радиометрического, ультразвукового. Все контрольно-измерительные средства включают в системы управления, что обеспечивает быстрое регулирование при сигналах об отклонении ров, профиля и формы листа (контроль толщины и профиля листов шириной 3500 мм радиометрическим способом осуществляется менее чем за 5 с).

7. При проектировании нового оборудования одним из основных вопросов является его экономически выгодное использование. При этом учитывают такие факторы, как расход металла, повышение выхода годного, снижение себестоимости г/т толстых листов и увеличение производительности. Однако главной проблемой при этом остается обеспечение производства толстолистового проката высокого качества.

#### Библиографический список

1. Зависимость равноширинности толстых листов от дробности деформации / В.М.Клименко, Э.Л.Ялипов, В.А.Джанджгава, С.В.Труханов // Теория и практика производства толстого листа. М., 1986. С.30-35.
2. Iron and Steel Engineer. 1983. V.60. N 1. P.81,82.
3. Широкополосные станы горячей прокатки - толстолистовые станы: Докл. на Симпозиуме по новым технологиям и возможностям модернизации цехов катных станов и установок непрерывной разливки стали. Москва, 23-24 мая 1985.
4. Разработка нового способа регулирования формы листа в плане при прокатке толстого листа / Х.Ватанабе, С.Таманоса, Т.Цукакура и др. // Итоги науки. 1981. Т.67. N 15. С.156-162.
5. Development of new plane view control technique in plate rolling (NKK-DPR) / H.Yukio, O.Yukifumi, Y.Mitsuru e.a. // Nippon Kokan Technical Report. 1983. N 39. P.21.
6. Формообразование раската при прокатке в клети четверто толстолистового стана // Тезисы к симпозиуму. 1980. Т.66. N 8. С. А157-А160.
7. Quality control and production optimization in plate mills using

- the HYDROFLAT machine/M. Morel, J.G. Mantelart, H.A. Besnot, M.P. Chaboud// Iron and Steel Engineer. 1984. V.61. N 5. P.48-53.
8. Дюжи А.Г., Талашин В.А. Снижение потерь металла при производстве слитков, слитков и листов//Черная металлургия: Всп. из-да "Черметинформация". М., 1986. Вып.16. С.2-14.
  9. Повышение выхода годного при производстве толстого листа на реверсивных станках/ В.В.Косовичев, С.В.Бурман, Н.Н.Допов и др.//Сталь. М., 1968. В 10. С.54,55.
  10. Пути совершенствования технологии производства толстолистовой стали/ С.Е.Должанко, В.Г.Косов, В.В.Косовичев, Д.В.Лукина//Сталь. М., 1985. N 12. С.32-36.
  11. Работы по внедрению режимов профилированной прокатки листов на стане 2800/В.М.Луренцов, В.М.Давыдов, В.Г.Абакумов и др. //Сталь. М., 1966. N 12. С.59-61.
  12. Повышение точности толщины толстолистового проката/ Ф.Е.Должанков, Д.В.Косовичев, Г.Н.Камышев и др. //Черная металлургия: Всп. из-да "Черметинформация". М., 1981. Вып.8. С.8-19.
  13. А.с. 1205949 СССР, ИИ В ИИ В/38.
  14. Рациональные режимы прокатки толстых листов на стане 2800/К.В.Саврасовский, В.А.Тихонов, А.Д.Миронов и др.//Черная металлургия: Всп. из-да "Черметинформация". М., 1984. Вып.11, С.35,36.
  15. Способ прокатки особо толстых листов//Коды сейсмо гило. 1983. Т.30. N 4. С.32-35.
  16. Japan Metal Bulletin. 1985. N 44(7). P.2,3.
  17. Japan Metal Bulletin. 1982. N 43(4). P.1,2.
  18. Sahlbach G., Zurek U. Modernisierung eines Grobblechwalzwerks durch Einbau von Galmkwalzen // Fachberichte Hüttenpraxis Metallwerkstoffverarbeitung. 1982. Bd 20. N 10. S.855-857.
  19. Jenger U., Reichberger K., Fajut K. Steuerung der Flankheit und Dicke an einem Grobblechgerüst// Fachberichte Hüttenpraxis Metallwerkstoffverarbeitung. 1982. Bd 20. N 10. S.838-844.
  20. Jenger U. Steuerung des Profils an einem Grobblechgerüst// Berg und Hüttenmännische Monatshefte. 1985. Bd 126. N 11. S.412-416.
  21. Control of gauge, width, profile and shape on Baccanuzzi's 3.6-metre plate mill// Iron and Steel Engineer. 1985. V.60. N 12. P.39-39.
  22. Зин С.Г. Прогнозы производства слитков//Черная металлургия. 1985. В 18. С.3-9.
  23. Поступки З. Перспективы развития прокатных станков в мире: Обзор по системе "Информатик"/Из-д "Черметинформация". М., 1984.

24. World's Largest Work Roll Shift Plate Mill Starts Operation at Fukuyama// NEK News . 1985. V.25. N 10. P.7.
25. Hibe W.W. A new economical concept for producing hot strip and plate //Iron and Steel Engineer. 1981. N 9. P.25-36.
26. Степанов Г.В., Леутина Л.Е. Прокатка с технологической смазкой на стане 2800//Металлург. М., 1986. № 9. С.33,34.
27. Stahl und Eisen. 1983. N 9. S. 130,132.
28. Правильная машина фирмы "Мицубиси дайкогэ"//Мицубиси дайко гихо. 1984. Т.21. № 6. С.145.
29. Sadao K., Yasuhiro Y., Tomoaki K., Hiroguki S// Sumitomo Metals. 1986. V.38. N 1. P.43-51.
30. Заявка 59-212108, Япония, МКП В 21 В 37/00.
31. Von Ulrich Cyril. Accuplan: A new gage for fast plate outline measurement// Iron and Steel Engineer. 1986. V.63. N 1. P.63-67.
32. Имада Х., Кавата Д., Наказато Х. Разработка аппаратуры для обмера толстолистового проката// Коэ сэйко гихо. 1983. Т.33. № 4. С.46-48.
33. Maeda K// Iron and Steel Institute of Japan. 1986. V.72. N 4. P.400.

Ответственный за выпуск Е.А.Артамонова      Корректор С.И.Егорова

Подписано к печати 19.05.87 г. Т 09457      Формат 60x84 1/16 Печать офсетная.  
Усл.п.л.1,5    Усл.кр.-отт. 1,75 Уч.-изд.л.1,75    Тираж 910 Заказ 703    Цена 35 коп.

Центральный научно-исследовательский институт информации  
и технико-экономических исследований черной металлургии  
117218, Москва, ул. Архангельского, д.14, кор.3. Тел. 124-49-26

Ротапринт Центрального научно-исследовательского института  
информации и технико-экономических исследований черной металлургии  
107865, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 9/23



МИНИСТЕРСТВО ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ СССР  
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ИНФОРМАЦИИ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

## ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Обработка металлов давлением,  
Серия металловедение и термическая обработка,  
порошковая металлургия  
53.47; 53.45; 53.49; 53.39 РОАСНТИЧМ

ISSN 0234-1433

# ЭКСПРЕСС-ИНФОРМАЦИЯ

Выпуск 9

Издается с 1988 г.

24 выпуска в год

Москва 1988

### ПРОКАТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

УДК 621.771.23-413 (520)

#### ПРОКАТКА ТОЛСТЫХ ЛИСТОВ С НЕОБРЕЗНЫМИ КРОМКАМИ

Нарисима С., Окадо К., Коке М. Эджерные клетки для прокатки толстых листов с необрезными кромками на заводе фирмы "Кавасаки сэйтацу" в Мидзусиме // Исихавадзима-Иарима-Гихо, 1987. Т.27. № 3. С.182-184.

В линии толстолистового стана 5500 завода фирмы "Кавасаки сэйтацу" в Мидзусиме, Япония, с целью получения толстых листов с необрезными кромками установлена клетка с вертикальными вальцами (эджер).

Установка этой клетки предусматривала решение следующих вопросов, возникающих при прокатке на толстолистовых станах:

- предотвращение закатов боковых кромок;
- исключение операции обрезки боковых кромок и повышение в результате этого выхода годного;
- улучшение профиля и формы толстого листа.

В эджере установлены вертикальные валки, бочки которых имеют калиброванные и гладкие участки. Технология прокатки толстого листа предусматривает прокатку по следующей схеме: V-N-N-V-N-N, где V - прокатка на эджере с обкатки по ширине, а N - прокатка в обычных клетях с обкаткой по толщине (рис.1).

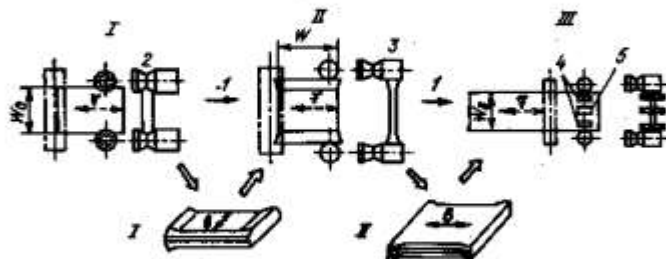


Рис.1. Схема прокатки листов с применением эджерной клетки:

I - черновой проход в калиброванных эджерных валках и клетя кварто; II - разбивка раската по ширине гладкими участками эджерных валков и прокатка в клетя кварто; III - чистовой проход гладкими участками с прижимом боковых кромок и прокатка в клетя кварто; 1 - поворот на 90 град; 2 - калиброванная часть валка; 3 - гладкая часть валка; 4 - прижимные ролики у кромок; 5 - центральный ролик; 6,7 - направление прокатки в вертикальных и горизонтальных валках соответственно;  $W_0, W$  - начальная и конечная ширина раската

По разработанной схеме черновой проход выполняют калиброванной частью эджерных валков, что приводит к образованию на кромках раската фасок, исключая впоследствии образование закатов на готовом листе. Затем выполняют разбивку по ширине (чистовой проход) гладкими участками эджерных валков и черновой проход в клетях кварто. Чистовой проход в эджерных валках выполняется с прижимом боковых кромок верхними и нижними специальными роликами. Кроме того, при этом осуществляется автоматическое регулирование ширины листа, что позволяет обеспечить высокую точность размера по ширине на всей длине листа.

Фирмой "Кавасаки сэйтецу" для проверки условий образования и предотвращения закатов на боковых кромках, а также определения возможности улучшения профиля и формы листа были проведены исследования на модели стана в масштабе 1:8, результаты которых затем проверены в промышленных условиях. Исследования подтвердили, что образование фасок на боковых кромках при обкатке кромок калиброванной частью эджерных валков (черновой проход) способствует уменьшению закатов при последующей прокатке в клетях кварто. Установлена также взаимосвязь между профилем калибра валка, площадью фаски и величиной заката (рис.2).

При прокатке широких и относительно тонких листов раскат склонен к потере устойчивости, боковые кромки получают выпуклости. Установили, что для обеспечения больших обкаток по ширине за один проход при устойчивости раската необходимо выполнять прижим его боковых кро-

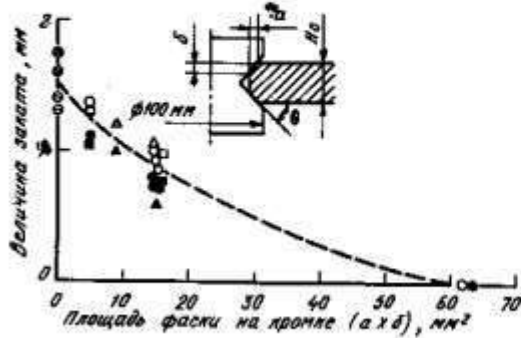


Рис.2. Зависимость между площадью факки и величиной заката:

I - профиль ручки калиброванного участка аджерного вала;  $H_0$  - толщина раската.

Угол факки $\theta$ , град.	Конец раската	
	Передний	Задний
90	⊖	⊗
60	●	○
45	▲	△
30	■	□

мок в двух точках. Этот процесс боковых кромок следует выполнять в двух последних проходах при прокатке на гладких участках аджерных валков.

В ходе исследований изучали также зависимость утонения и утолщения кромок переднего и заднего концов раската от величины и периодичности выполнения обкатки в вертикальных и горизонтальных валках. Установили, что устранить дефекты концов проката (сужение, рыбий хвост) можно прокаткой с регулированной шириной переднего и заднего концов листа, оборудовав для этого аджер системой автоматического регулирования ширины.

Основная технико-экономическая характеристика аджерной клетки приведена ниже:

Размеры валков, мм:		
диаметр		300
длина		800
Усилие прокатки, МН:		
в калиброванных участках аджерных валков		3,0
на гладких участках аджерных валков		3,9
Скорость прокатки, м/с		2,5-7,5
Мощность двигателя главного привода, кВт		1720
Скорость автоматического регулирования ширины листа, мм/с (на одну кромку)		100
Устройство смещения валков		Тележка с электроприводом
Параметры прокатываемого металла, мм:		
толщина:		
при прокатке в калиброванных участках		180-310
при прокатке на гладких участках		12,5-320
ширина		1520-5490
длина		1500-58000
максимальная масса, т		36
материал		Углеродистые, высокопрочные, легированные стали

Отличительной особенностью конструкции эджерной клетки является наличие устройства смещения валков, с помощью которого на одном комплекте валков, имеющих калиброванные и гладкие участки бочки, можно выполнять обжатия раската с образованием фасок и обычные по ширине. Эджерные валки помещены в кассеты и установлены на перемещающейся тележке. Перемещение валков вверх или вниз осуществляется с помощью механизма с реечной передачей. В этом механизме предусмотрено упорное устройство для принудительного удерживания валков в вертикальном положении на требуемой высоте при выполнении процесса прокатки.

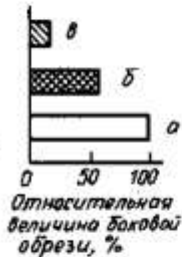


Рис. 3. Эффективность применения эджерной клетки:

а - без применения эджера;  
б - при обжатии раската на эджере с образованием фасок;  
в - при обжатии раската на эджере с калиброванными и гладкими участками валков

Погрешность размера по ширине на всей длине листа достигает 10 мм. Кроме того, для значительной части сортамента исключена операция обрезки боковых кромок листа. Все перечисленные преимущества позволили уменьшить отходы в боковую обрезь до 16 % от прежнего значения и существенно повысить выход годного (рис. 3).

Реф. Л.К. Тарасова

РЕДАКТОР А.Н. Усачева

КОРРЕКТОР Н.В. Ефимова

ПОДПИСАНО К ПЕЧАТИ 12.04.88 г.

ФОРМАТ 80x84 1/16 ПЕЧАТЬ ОФСЕТНАЯ.

УСЛ.Л. 0,25 УСЛ.КР.-ОТТ. 0,5 УЧ.-ИЗД.Л. 0,25 ТИРАЖ 1175 ЗАКАЗ 610 ЦЕНА 5 КОП.

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИНФОРМАЦИИ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ  
117218, МОСКВА, ул. КРЖИЖАНОВСКОГО, Д. 14, КОРП. 3, Тел. 124-49-28

РОТАПРИНТ ЦЕНТРАЛЬНОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА  
ИНФОРМАЦИИ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ  
107868, МОСКВА, 2-Я БАУМАНСКАЯ УЛ., Д. 9/23

Черная металлургия, сер. Обработка металлов  
давлением, металловедение и термическая  
обработка, порошковая металлургия,  
экспресс-информация, 1988, вып. 9, 1-4

Отличительной особенностью конструкции эджерной клетки является наличие устройства смещения валков, с помощью которого на одном комплекте валков, имеющих калиброванные и гладкие участки бочки, можно выполнять обжатия раската с образованием фасок и обычные по ширине. Эджерные валки помещены в кассеты и установлены на перемещающейся тележке. Перемещение валков вверх или вниз осуществляется с помощью механизма с реечной передачей. В этом механизме предусмотрено упорное устройство для принудительного удерживания валков в вертикальном положении на требуемой высоте при выполнении процесса прокатки.

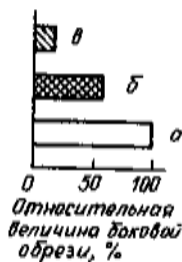


Рис. 3. Эффективность применения эджерной клетки:

а - без применения эджера;  
б - при обжатии раската на эджере с образованием фасок;  
в - при обжатии раската на эджере с калиброванными и гладкими участками валков

Погрешность размера по ширине на всей длине листа достигает 10 мм. Кроме того, для значительной части сортамента исключена операция обрезки боковых кромок листа. Все перечисленные преимущества позволили уменьшить отходы в боковую обрезь до 16 % от прежнего значения и существенно повысить выход годного (рис. 3).

Реф. Л. К. Тарасова

РЕДАКТОР А. Н. Усачева

КОРРЕКТОР Н. В. Ефимова

ПОДПИСАНО К ПЕЧАТИ 12.04.88 г.

ФОРМАТ 80x64 1/16 ПЕЧАТЬ ОФСЕТНАЯ.

УСЛ. П. Л. 0,25 УСЛ. КР.-ОТТ. 0,5 УЧ.-ИЗД. Л. 0,25 ТИРАЖ 1175 ЗАКАЗ 610 ЦЕНА 5 КОП.

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИНФОРМАЦИИ  
И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ  
117218, МОСКВА, УЛ. КРЖИЖАНОВСКОГО, Д. 14, КОРП. 3, ТЕЛ. 124-49-26

РОТАПРИНТ ЦЕНТРАЛЬНОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА  
ИНФОРМАЦИИ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ  
107885, МОСКВА, 2-Я БАУМАНСКАЯ УЛ., Д. 9/23

Черная металлургия, сер. Обработка металлов  
делением, металлообразование и термическая  
обработка, порошковая металлургия,  
экспресс-информация, 1988, вып. 9, 1-4