

УДК 621.771.06–11К:621.771.25

**Жучков С. М., Токмаков П. В., Лещенко А. И.****ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕХОЧАГОВЫХ ПРОКАТНЫХ МОДУЛЕЙ –  
ПЕРСПЕКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ В РАЗВИТИИ ПРОЦЕССА НЕПРЕРЫВНОЙ  
СОРТОВОЙ ПРОКАТКИ**

Одним из основных направлений развития технологии производства сортового проката и катанки является разработка новых эффективных процессов прокатки и технологического оборудования для их реализации, обеспечивающих, наряду с высокими качеством готового проката и производительностью станов, экономию энергоресурсов, высокую гибкость процесса при производстве проката широкого размерного сортамента, сокращение эксплуатационных затрат и затрат на реконструкцию существующих и строительство новых станов.

В настоящее время в мировой практике применяются непрерывные сортовые и проволочные станы, особенностью которых является неполное использование резерва втягивающих сил трения в очагах деформации приводных клетей (ПК). Это связано с тем, что часть энергии, подаваемой от двигателя к валкам в зоне отстаивания, затрачивается на деформацию металла, а другая часть, затрачивается на преодоление сил трения, препятствующих процессу прокатки в зоне опережения. Следствием этого является увеличение количества клетей, массы оборудования и занимаемых площади станов.

Современный рынок сортового проката и катанки в мире достаточно насыщен. Это обостряет конкуренцию на рынке проката. Установленные мощности прокатных станов превышают потребности рынка в прокате. Поэтому, возможности станов, зачастую, используются не полностью. Для повышения конкурентоспособности прокатной продукции необходима реализация новых технологий, которые при высоком качестве готового проката обеспечивают снижение затрат на его производство и, соответственно, его себестоимости.

Неприводные прокатные клетки (НК) и другие устройства с неприводным инструментом используются в различных областях обработки металлов давлением. При этом конструкция неприводных прокатных клетей и устройств, а также их количество и место установки определяются конкретными задачами [1].

В практике сортопрокатного производства широко используется технология сдвоенной и строенной прокатки арматурной стали с продольным разделением раската в линии стана, с применением делительных устройств, имеющие неприводные ролики, устанавливаемых в выводных коробках приводных прокатных клетей и дальнейшей прокатки в две, три нитки [2]. Продольное разделение раската осуществляется за счет расклинивающего действия неприводных делительных роликов. Задача раската в делительное устройство и перемещение в нем в процессе продольного разделения осуществляется за счет частичного использования резерва втягивающих сил трения приводной прокатной клетки, на выходной стороне которой установлено делительное устройство.

В трубопрокатном производстве при прокатке труб на непрерывных станах безоправочного редуцирования используются чередующиеся приводные и неприводные прокатные клетки [3]. Здесь для предотвращения исчерпывания резерва сил трения в очагах деформации ПК поддерживают различные условия трения на контакте металла с валками в приводных и неприводных клетях. Повышенный коэффициент трения на контакте металла с валками приводных прокатных клетей по отношению к коэффициенту трения в НК предотвращает проскальзывание металла в ПК и снижает межклетьевые усилия в стане.

Неприводные прокатные клетки применяют также при горячем калибровании сортового проката. Известны также технологические процессы, основанные на использовании резерва втягивающих сил трения, образующихся в очагах деформации ПК для подачи прутка

в волоку волоочильного стана цепного типа и извлечения заднего конца проволоки из волоки после волочения с помощью калиброванных валков прокатных клетей, установленных перед и за волокой. Получили распространение процессы волочения в неприводных роликах, в том числе клетки-волоки с многовалковыми калибрами [4].

Целью работы является исследование процессов прокатки, основанных на использовании резерва втягивающих сил трения, которые могут применяться для решения различных технологических задач, возникающих при производстве проката.

При разработке теоретических и технологических основ процессов прокатки с использованием резерва втягивающих сил контактного трения в очагах деформации приводных прокатных клетей в отделе физико-технических проблем процессов прокатки сортового и специального проката Института черной металлургии НАН Украины выполнен большой объем теоретических и экспериментальных исследований процесса непрерывной прокатки с использованием неприводных клетей, обобщенный в монографии [5]. На основании теоретических и экспериментальных исследований установлены основные преимущества применения неприводных прокатных клетей в линиях непрерывных станов, показана эффективность их использования при непрерывной сортовой прокатке, даны предложения по реконструкции действующих станов с использованием неприводного деформирующего инструмента.

Результаты фундаментальных исследований процессов сортовой прокатки, основанных на более полном использовании резерва втягивающих сил трения, нашли практическое применение на мелкосортно-проволочном стане 250/150-6 ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог». Здесь освоена технология прокатки с использованием дополнительного деформирующего средства оригинальной конструкции – бесстанинной неприводной рабочей клетки вертикального исполнения с консольным расположением рабочих валков [6–8]. Неприводная клеть установлена в межклетьевом промежутке между клетями № 6 и № 7 черновой группы стана 250/150-6 (рис. 1).

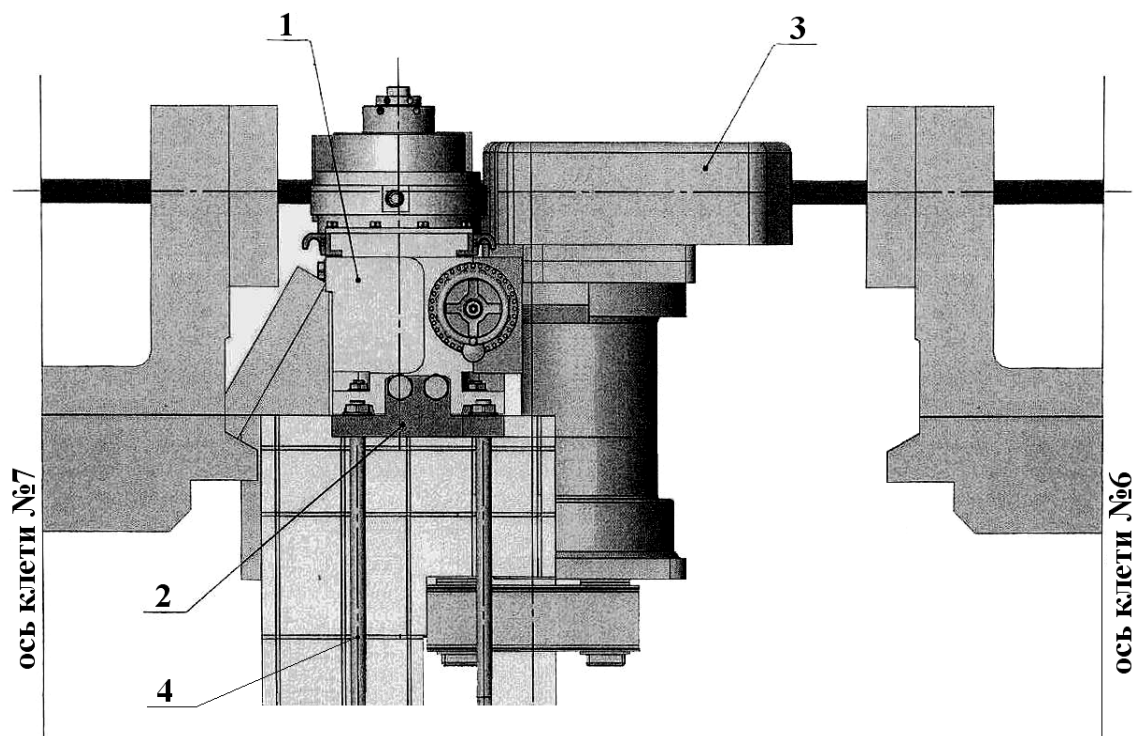


Рис. 1. Схема установки НК в межклетевом промежутке вертикальной клетки № 6 и горизонтальной № 7 черновой группы стана 250/150-6:

1 – неприводная клеть; 2 – плитовина; 3 – модернизированный передаточный жёлоб; 4 – фундамент неприводной рабочей клетки

Применение этой технологии позволило решить две задачи: разгрузить черновую группу и повысить вытяжную способность стана в целом. Это создало предпосылки к расширению сортамента стана в сторону более мелких профилируемых готового проката без существенных капитальных затрат. Дополнительный результат, достигнутый в результате освоения этой технологии прокатки – снижение простоев стана на 2,5–3 %, уменьшение «бурежек», снижение износа валков клетей черновой группы стана, уменьшение энергозатрат при прокатке. Установлено, что использование опытно–промышленного образца неприводной клетки только в одном межклетьевом промежутке (между клетями № 6 и № 7) обеспечило экономию электроэнергии порядка 1,8 млн. кВтч в год, что в ценах на 01.08.2008 г. составляет 716,4 тыс. грн.

Анализ результатов эксплуатации сортовых, непрерывно–заготовочных и трубных станов, оснащенных неприводными деформирующими устройствами, показал перспективность этого пути развития технологии, основанной на более полном использовании резерва втягивающих сил трения в очагах деформации приводных прокатных клетей путем установки неприводных деформирующих устройств в линиях непрерывных станов.

Дальнейшим развитием применения неприводных клетей для повышения эффективности процесса прокатки на непрерывных сортовых и проволочных станах является использование трехочаговых прокатных модулей (ТОМП), представляющих собой два комплекта приводных валков с общим приводом и расположенный между ними комплект неприводных валков горизонтального или вертикального исполнения [9]. Выполнена оценка технологических возможностей ТОМП в процессе непрерывной сортовой прокатки. Изучены особенности распределения усилий в очагах деформации ТОМП в процессе прокатки, разработана методика определения продольных усилий между клетями модуля с общим приводом [10]. Определены исходные данные для проектирования трехочаговых прокатных модулей, предназначенных для использования в процессе непрерывной сортовой прокатки.

Использование ТОМП возможно и при реконструкции непрерывных станов, если длина его межклетьевых промежутков позволяет разместить ТОМП. Однако эта схема компоновки потребует реконструкции привода рабочих клетей стана для обеспечения привода рабочих клетей ТОМП. Учитывая то, что в настоящее время в линиях современных сортовых и проволочных станов все более широкое распространение получает групповой привод клетей, например, в конструкциях блоков чистовых и промежуточных клетей проволочных станов, по нашему мнению, разработка конструкции ТОМП с групповым приводом его рабочих клетей, образующих первый и третий очаги деформации при прокатке, представляет определенный интерес (рис. 2). В таком исполнении ТОМП может быть легко вписан в линию действующих сортовых станов. Возможно его использование в линиях новых конструкций прокатных станов.

Трехочаговый прокатный модуль может быть использован не только как деформирующее средство в системе сортопрокатного стана, но и как автономное деформирующее средство, используемое в составе технологического оборудования небольших цехов. Разработаны предложения по использованию ТОМП в линиях непрерывных сортовых станов и в качестве автономного деформирующего средства на участках производства малотоннажных партий проката с учетом возможности выбора рациональных управляющих воздействий на параметры процесса при изменении программы прокатки (размерного сортамента прокатываемых профилей).

Дооснащение непрерывных сортовых станов достаточным количеством комплектов трехочаговых прокатных модулей, которые могут использоваться как основные средства деформации металла или как вспомогательные, выполняющие функции контроля размеров раската при прокатке сортовых профилей на непрерывных станах с широкой программой прокатки и различным сортаментом, позволит повысить эффективность производства проката.

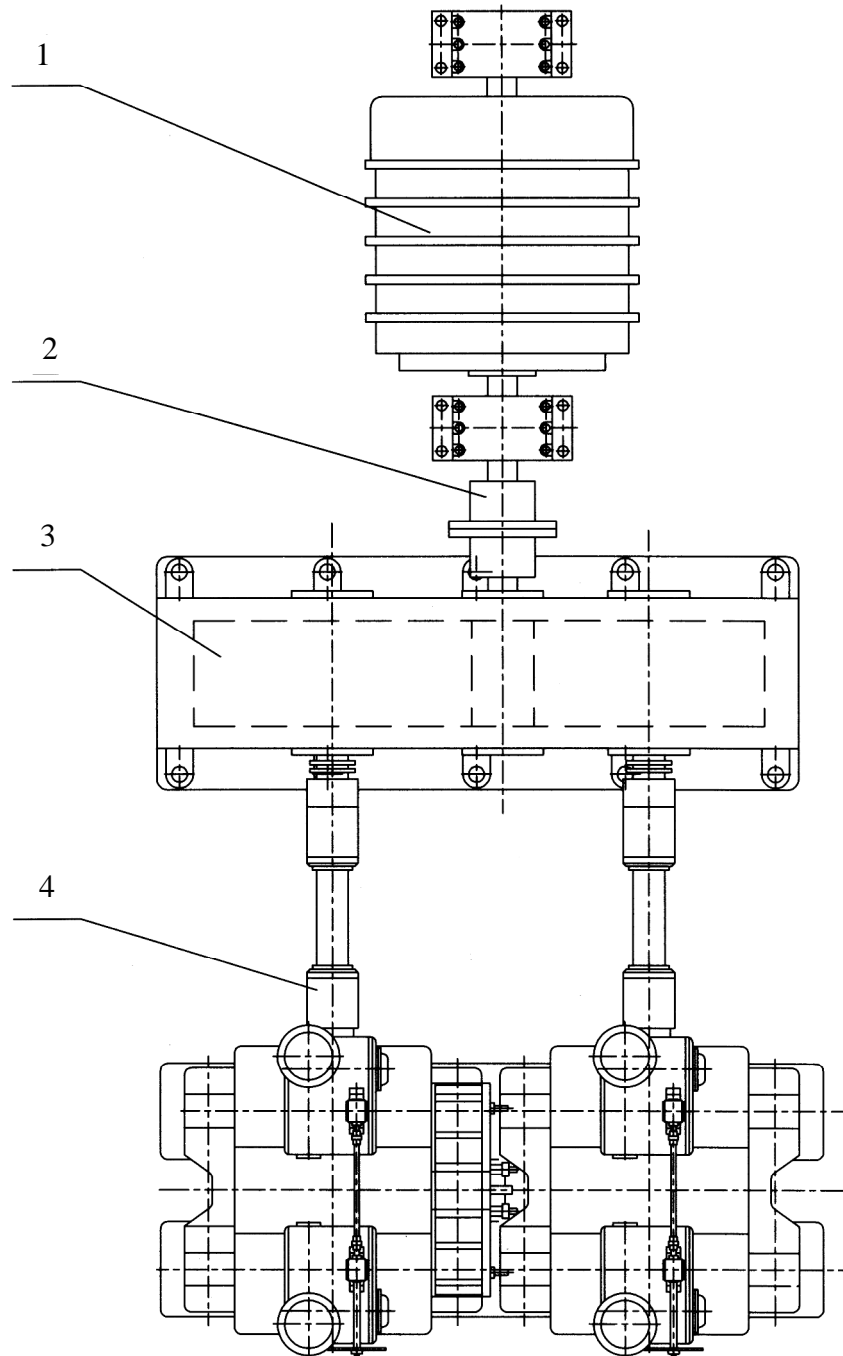


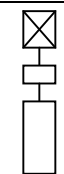
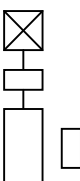
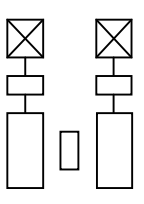
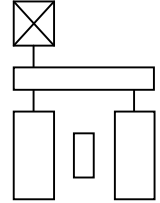
Рис. 2. Схема привода трехочагового прокатного модуля для условий промежуточной и чистовой групп сортовых станов со станинными приводными валками:

1 – электродвигатель; 2 – зубчатая муфта; 3 – шестеренная клеть; 4 – шпиндели

Высокая вытяжная способность модуля обеспечивает сокращение количества клетей и уменьшение общей мощности приводов по сравнению со станами традиционной компоновки. В промежуточных группах современных проволочных и мелкосортных станов суммарная вытяжка в двух приводных клетях составляет около 1,6–1,7, а при установке трехочагового прокатного модуля возможно достижение вытяжки до 2,2, при этом сокращается количество клетей стана (табл. 1).

Таблица 1

Схемы процессов прокатки с использованием резерва втягивающих сил трения

	Вариант компоновки клетей	Габариты, мм *	Масса клетей, т	Суммарный коэфф. вытяжки $\Sigma\mu$	Кол-во приводов	Работа в автономн. режиме
Приводная клеть		1400	1	$\leq 1,4$	1	да
Комплекс приводная-неприводная клетки		2100	1,05 - 1,10	$\leq 1,7$	1	нет
Комплекс приводная клеть-неприводная клеть-приводная клеть		4550	2,05 - 2,10	$\leq 2,35$	2	да
Трехочаговый прокатный модуль		3200	2,05 - 2,10	$\leq 2,2$	1	да

Примечание. \* Габаритные размеры клетей принимались на основании реальных размеров стана 250/150-6 ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог».

Принципиально новая компоновка технологического оборудования позволит более полно использовать резерв сил трения, образующийся при прокатке в очагах деформации смежных приводных клетей, уменьшить расход энергии, повысить КПД процесса прокатки, а также снизить металлоемкость стана без снижения (или повышения) его вытяжной способности. Упрощается обслуживание стана, так как при общем приводе приводных клетей происходит автоматическая регулировка межклетевых усилий в промежутке первые «приводные – неприводные валки» и «неприводные – вторые приводные валки», т. е. межклетевые усилия устанавливаются такими, какие необходимы для осуществления деформации металла в НК. В результате снижается вероятность аварийных ситуаций, вызванных действиями обслуживающего персонала, уменьшаются эксплуатационные расходы, и повышается стабильность процесса прокатки [11].

Использование этих разработок уже сегодня дает возможность:

- снизить энергозатраты на 15–20 % за счет уменьшения расхода энергии на собственно процесс деформации и за счет уменьшения потерь энергии в линиях привода рабочих клетей;
- повысить технологическую гибкость стана: при необходимости либо увеличить его вытяжную способность, либо увеличить дробность деформации;

– сократить габариты технологических линий станов, площади для их размещения, а, следовательно, и уменьшить капитальные затраты на строительство новых и реконструкцию действующих станов;

– появляется возможность перевода реконструируемых станов на увеличенное сечение заготовки (например, при переходе на непрерывнолитую заготовку) без увеличения габаритов и количества приводных рабочих клетей при минимальных финансовых затратах.

## ВЫВОДЫ

Процессы прокатки, основанные на использовании резерва втягивающих сил трения, могут применяться для решения различных технологических задач, возникающих при производстве проката: повышения производительности станов, снижения энергопотребления при прокатке, увеличения выхода годного, сокращения эксплуатационных расходов и т. д. Эффективность использования этих процессов в производстве сортового и фасонного проката подтверждена их практической реализацией.

Процесс непрерывной сортовой прокатки с использованием трехочаговых прокатных модулей, разработанный в Институте черной металлургии НАН Украины и являющийся логическим развитием процессов прокатки с применением неприводных рабочих клетей, относится к новым эффективным процессам прокатки. Его применение позволит повысить производительность станов, обеспечить экономию энергоресурсов, гибкость процесса при производстве проката широкого размерного сортамента, сократить эксплуатационные затраты и затраты на реконструкцию существующих и строительство новых станов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Жучков С. М. Эффективность использования современных технологических концепций при реконструкции непрерывных сортовых станов / С. М. Жучков // *Металлург.* - 1998. - № 1. - С. 29–32.
2. Процесс прокатки-разделения с использованием неприводных делительных устройств / С. М. Жучков, А. П. Лохматов, Н. В. Андрианов, В. А. Маточкин. – М. : Пан пресс. – 2007. – 360 с.
3. Лохматов А. П. Концепция развития технологии и оборудования непрерывных сортовых прокатных станов / А. П. Лохматов, С. М. Жучков, Л. В. Кулаков // *Сталь.* – 1995. – № 5. – С. 51–53.
4. Исследование процесса получения высокоточных профилей методом волочения в роликовых валах / С. М. Жучков, А. П. Лохматов, К. Ю. Ключников и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 2005 г. – С. 26–27.
5. Непрерывная прокатка сортовой стали с использованием неприводных рабочих клетей / А. П. Лохматов, С. М. Жучков, Л. В. Кулаков и др. – Киев. : Наукова думка. – 1998. – 239 с.
6. Исследование и разработка технологии непрерывной прокатки с использованием неприводной рабочей клетки в черновой группе мелкосортно-проволочного стана / С. М. Жучков, А. П. Лохматов, П. В. Токмаков, А. И. Леценко // *Сб. «Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии» : Днепропетровск, 2006. – Вып. 12. – С. 198–203.*
7. Деклараційний патент на корисну модель. МКВ7 В21В13/00 № 13907 (Україна). Ділянка робочих клітей безперервного стану / [Токмаков П. В., Сокурєнко А. В., Шерємет В. О., Бабєнко М. А. и др.] ; заявка № и 2005 10718 от 14.11.2005 ; опубл. 17.04.2006, Бюл. № 4.
8. Токмаков П. В. Использование неприводных рабочих клетей на мелкосортных и проволочных станах ОАО «Миттал Стіл. Кривий Ріг» / П. В. Токмаков, С. М. Жучков, А. П. Лохматов // *Металлургические процессы и оборудование.* – 2007. – № 1. – С. 42–45.
9. Жучков С. М. Разработка технологического комплекса для производства малотоннажных партий проката / С. М. Жучков, Л. В. Кулаков, П. В. Токмаков // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 2004. – С. 26–27.
10. Пределы осуществимости процесса сортовой прокатки в трехочаговом прокатном модуле / С. М. Жучков, А. А. Горбанев, П. В. Токмаков, А. П. Киселев, Б. Н. Колосов // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии : сборник научных трудов.* – Киев : Наукова думка, ИЧМ НАН Украины им. З. И. Некрасова НАН Украины, 2004. – Выпуск 9. – С. 107–118.