

УДК 621.771.25:621.771.06–ПК

**С.М.Жучков, П.В.Токмаков, А.А.Горбанев, А.И.Лещенко,
Б.Н. Колосов**

ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕХОЧАГОВОГО ПРОКАТНОГО МОДУЛЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СОРТОВОГО ПРОКАТА

В статье рассмотрен вариант использования трехочагового прокатного модуля в черновой группе типового непрерывного мелкосортного стана. Показана возможность применения трехочагового прокатного модуля в качестве автономного деформирующего средства при производстве малотоннажных партий полосового проката.

Использование трехочагового прокатного модуля в линии непрерывного мелкосортного стана.

Результаты проведенных ранее исследований позволили сформулировать основные положения использования трехочагового прокатного модуля (ТОМП) в линии непрерывного сортового стана, с целью снижения энергозатрат на прокатку. С использованием полученных уравнений для расчета продольных напряжений между приводными и не приводными валками модуля при установившемся процессе непрерывной прокатки было показано, что применение трехочагового прокатного модуля позволяет уменьшить расход энергии на прокатку [1–3].

При использовании ТОМП на сортопрокатных станах следует иметь в виду, что для более эффективного снижения энергозатрат необходимо устанавливать модуль взамен тех приводных клетей, в которых предусмотрены высокие степени деформации металла. Перераспределение деформации между приводными и не приводными валками ТОМП, повышение дробности деформации при сохранении суммарной вытяжки, обеспечиваемой заменяемыми приводными клетями, позволит снизить уровень загрузки приводных валков модуля и, таким образом, уменьшить затраты энергии на прокатку.

В качестве примера по использованию ТОМП в линии непрерывного сортового стана рассмотрен вариант его установки в черновой группе типового непрерывного мелкосортного стана, в частности стана 320 Белорусского металлургического завода (БМЗ). Стан предназначен для прокатки сортового проката из углеродистых, конструкционных и низколегированных сталей, а также из сталей по требованиям спецификаций к контрактам из исходной заготовки размером 125x125 мм или 140x140 мм.

В состав стана 320 БМЗ входит 3 группы клетей: черновая, состоящая из четырех горизонтальных клетей 560 и четырех горизонтальных клетей 450, промежуточная группа, состоящая из 6 горизонтальных клетей 335, а также чистовая группа, в состав которой входит одна вертикальная, одна комбинированная и четыре горизонтальных клетки 280. Всего в линии стана расположено 20 клетей.

Схема расположения основного технологического оборудования непрерывного мелкосортного стана 320 представлена на рис. 1. Основные технические характеристики рабочих клеток черновой группы стана приведены в табл.1.1.

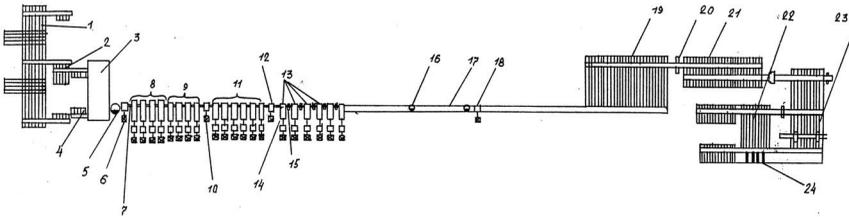


Рис. 1. Схема расположения основного технологического оборудования непрерывного мелкосортного стана 320 БМЗ

1 – загрузочная решетка; 2 – устройство для загрузки заготовок; 3 – нагревательная печь; 4 – устройство выдачи заготовок (разгрузочный рольганг); 5 – трайб-аппарат; 6 – маятниковые ножницы; 7 – устройство для удаления окалины; 8, 9 – черновая группа клеток; 10 – ротационные ножницы; 11 – промежуточная группа клеток; 12 – ротационные ножницы; 13 – горизонтальные клетки чистой группы; 14 – вертикальная клеть чистой группы; 15 – комбинированные петлерегуляторы; 16 – трайб-аппараты; 17 – устройство для охлаждения проката с рольгангом; 18 – ротационные ножницы; 19 – холодильник; 20 – правильная машина; 21 – цепное переключательное устройство с накопителем; 22 – участок пакетирования фасонного проката; 23 – участок пакетирования пруткового проката; 24 – вязальные машины

Для оценки эффективности применения ТОМП выполнили сравнительный анализ энергозатрат при прокатке с его использованием и без него. При этом сравнивали общую расчетную мощность по группе клеток, на выходе из которой совпадают поперечные сечения раската и скорость прокатки. Трехочаговый прокатный модуль устанавливается взамен рабочих клеток №4 и №5 черновой группы стана. Диаметры приводных валков ПВ-1 и ПВ-2 модуля приняли равными существующим диаметрам валков клеток №4 и №5, диаметр неприводных валков НВ принят равным 400 мм. Прокатка в валках ПВ-1 ведется с передним подпором, а в валках ПВ-2 – с задним натяжением.

Результаты расчетов параметров прокатки из непрерывнолитой квадратной заготовки сечением 140x140 мм арматурного периодического профиля №16 из стали марки 25Г2С при использовании ТОМП в черновой группе стана, а также по существующей схеме прокатки представлены в табл.1.2. Принятая в расчетах скорость прокатки в чистой группе для обоих вариантов составляла 15 м/с.

Расчеты показали, что при использовании модуля в черновой группе рассматриваемого стана температурный режим прокатки в черновой группе (рис.2) незначительно отличается от базового режима (клетки №№5–8).

Таблица 1.1. Основные технические характеристики клеток №№1 – 8 черновой группы непрерывного мелкосортного стана 320

№ клетки	Диаметр валков D, мм	Длина бочки L _б , мм	Передаточное отношение редуктора i _p	Мощность двигателя N, кВт	Допустимый момент прокатки [M], кНм
1	560	1050	38,07	600	126
2	560	1050	30,45	600	85,5
3	560	1050	24,28	600	118
4	560	1050	18,0	600	83,6
5	405	900	9,54	600	51,4
6	405	900	7,01	600	36,1
7	405	900	6,70	600	34,1
8	405	900	5,04	600	21,9



Рис.2. Изменение температурного режима прокатки в клетях черновой группы непрерывного мелкосортного стана 320

Анализ данных, приведенных в табл.1.2, показывает, что при прокатке по базовому варианту суммарная мощность прокатки в клетях №№1–8 составляет 2071805 Вт при прокатке арматурного проката №16 из стали марки 25Г2С, а при прокатке с применением ТОМП – соответственно 2027441 Вт. Снижение мощности прокатки в ПВ–1 (клеть №4) составило 51400 Вт или 17,4 % , а в ПВ–2 – 33189 Вт или 12,0 % . Общее снижение мощности прокатки в черновой группе стана составило 2,15 % .

Таблица 1.2. Деформационно-температурные и энергетические параметры прокатки по клетям черновой группы непрерывного мелкосортного стана 320 БМЗ при прокатке арматурного профиля №16 мм из заготовки сечением 140x140мм, сталь 25Г2С

Номера клетей	Абсолютное обжатие, мм		Относительное обжатие		Температура металла на входе в клеть, °С		Среднее сопротивление текучести, МПа		Сила прокатки, кН		Момент прокатки, кНм		Мощность прокатки, кВт	
	Газовое	ТОМП	Газовое	ТОМП	Газовое	ТОМП	Газовое	ТОМП	Газовое	ТОМП	Газовое	ТОМП	Газовое	ТОМП
1	54,4	54,4	0,39	0,39	1100	1100	81,1	81,2	1778	1778	142	142	195	195
2	71,8	71,8	0,45	0,45	1087,7	1087,7	90,8	90,8	1503	1503	128	128	221	221
3	32,9	32,9	0,38	0,38	1081,8	1081,8	96,1	90,8	1438	1438	94	94	202	202
4	71,7	67,7	0,52	0,49	1072,2	1072,2	107,6	106,5	1257	1035	102	84	296	244
5	27,1	27,1	0,41	0,41	1072,3	1060	115,6	120,0	1028	903	50	45	277	244
6	57,7	57,7	0,54	0,54	1067,7	1056,2	127,6	132,2	833	861	50	51	372	385
7	18,1	18,1	0,37	0,37	1073,9	1063,4	125,3	129,3	678	699	29	30	225	232
8	39,3	39,3	0,51	0,51	1070	1060,2	139,8	143,9	512	548	27	29	284	304

Уменьшение расхода энергии на прокатку с применением трехочагового прокатного модуля объясняется перераспределением единичной деформации между приводными и не приводными валками модуля, а также наличием заднего натяжения раската во втором межвалковом промежутке модуля. Таким образом, как следует из проведенного сравнительного анализа, применение ТОМП в линии непрерывного мелкосортного стана позволяет снизить энергозатраты на прокатку, уменьшить нагрузки на приводную клеть №4, сохранив при этом неизменной длину рабочей линии черновой группы стана.

Использование трехочагового прокатного модуля в качестве автономного деформирующего средства.

Использование трехочагового прокатного модуля в качестве автономного деформирующего средства рассматривалось как один из вариантов при организации производства профилей малотоннажными партиями.

Объектом для реализации данной концепции был выбран участок шестиклетьевого непрерывного сортового стана 250, входящего в состав экспериментального технологического оборудования прокатной лаборатории Института черной металлургии НАН Украины.

Участок стана 250 был спроектирован в виде непрерывной чистовой группы клетей промышленного мелкосортно–проволочного стана и, следовательно, обеспечивающего в значительной степени производственные условия при проведении исследований.

В состав стана 250 входит следующее технологическое оборудование (рис. 3):

- нагревательная печь камерного типа;
- рабочие клетки дуо 250 с комбинированными редукторами – шестеренными клетями и дополнительными понижающими редукторами;
- приводные двигатели (тип ДП–82А);
- реечный холодильник с опрокидывающим механизмом.

Ранее на этом стане обрабатывалась технология производства малотоннажных партий проката, в частности, сортовых профилей квадратного сечения со стороной 12 мм и 14 мм. В качестве исходного подката при прокатке этих профилей использовалась технологическая обрезь проволочного стана 150 предприятия «АрселорМиттал Кривой Рог».

На основании опыта, полученного при обработке технологии производства этих профилей на стане 250 прокатной лаборатории, были разработаны технологические предложения по организации производства полосовых профилей размерами сечения 5x16 мм и 7x14 мм с применением трехочагового прокатного модуля. В качестве исходного подката в этом случае также предусмотрено использование технологической обрезки мелкосортных и проволочных станов. С учетом требований, предъявляемых к полосовым профилям, возможностей технологического оборудования стана 250, геометрических параметров подката, был определен состав

технологического оборудования для реализации концепции использования трехчагового прокатного модуля в качестве автономного деформирующего средства.

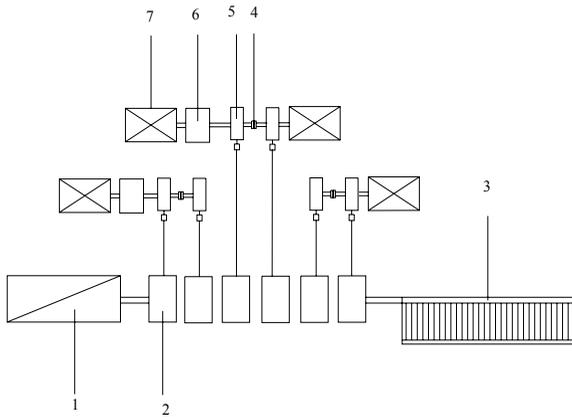


Рис.3. Схема расположения участка оборудования промышленного мелкосортного-проволочного стана 250 прокатной лаборатории ИЧМ

1 – нагревательная печь камерного типа; 2 – рабочие клетки дуо 250; 3 – реечный холодильник с опрокидывающим механизмом; 4 – соединительная муфта; 5 – комбинированный редуктор – шестеренная клетка; 6 – дополнительный понижающий редуктор; 7 – приводной двигатель (тип ДП–82А, мощность 140 кВт)

Трехчаговый прокатный модуль включает в себя первую и третью приводные клетки стана и неприводную универсальную клетку (НУК), устанавливаемую на выходной стороне первой приводной клетки (рис. 4).

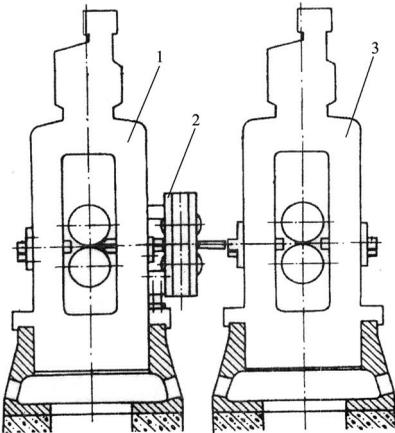


Рис.4. Схема компоновки ТОМП на базе стана 250 с использованием неприводной универсальной клетки: 1,3– приводные рабочие клетки; 2– неприводная универсальная клетка.

При прокатке металла в клетях данного модуля, вертикальные валки НУК деформируют боковые стенки полосы для формирования углов и плоских боковых граней полосового профиля,

а горизонтальные валки – обеспечивают поперечную устойчивость раската. На рис.5 представлена схема формоизменения металла при прокатке полосы с использованием ТОМП. Использование приводной клетки вместо НУК малоэффективно, так как на выполнение технологических операций с небольшими деформациями металла энергетические затраты соизмеримы с потерями энергии в трансмиссии привода приводной клетки. Приводные валки в данном модуле осуществляют основную деформацию металла и формируют вертикальный размер профиля, а НУК осуществляет контроль ширины профиля, обеспечивая выполнение углов между его гранями и плоскостность боковой грани (рис. 5). При этом деформация полосы осуществляется только вертикальными валками НУК. Ее горизонтальные валки выполняют функцию роликовых направляющих и предупреждают потерю поперечной устойчивости полосы при обжатии ее боковых граней.

Результаты расчета технологических и энергосиловых параметров прокатки полосовых профилей сечением 7x14 мм и 5x16 мм из подката условно круглого сечения диаметром 14 мм по схемам деформации, приведенных в таблицах 1.3 и 1.4, показали, что нагрузка двигателей приводных валков модуля составляет 19–33% от номинальной мощности двигателей. Это позволяет сделать вывод о большом технологическом резерве, который может быть использован для решения различных технологических задач и свидетельствует о технической и технологической возможности применения ТОМП в качестве автономного деформирующего средства [4].

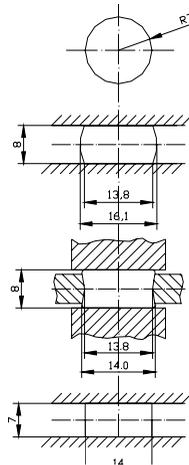


Рис.5. Схема деформации полосы в валках ТОМП

Таблица 1.3. Параметры деформации при прокатке полосового профиля 7х14 мм в трехочаговом прокатном модуле

КЛЕТЬ №	Размеры раската, мм					Зазор между валками, мм	Коэф. вытяжки	Обжатие, мм	Уширение, мм	Диаметр валков, мм
	Н ₀ , мм	В ₀ , мм	Г ₀ , мм ²	Н ₁ , мм	В ₁ , мм					
ИСХОДНЫЕ	Ø14,0		153,9	–	–	–	–	–	–	–
ДУО 1	14,0	14,0	153,9	8,0	16,1	128,8	1,194	6,0	2,1	250
НУК (В)	8,0	16,1	128,8	8,0	13,8	110,4	1,166	0*	2,3	Г 220 В 200
ДУО 2	8,0	13,8	110,4	7,0	14,0	98,0	1,126	1,0	0,2	250

Таблица 1.4 – Параметры деформации при прокатке полосового профиля 5х16 мм в трехочаговом прокатном модуле

КЛЕТЬ №	Размеры раската, мм					Зазор между валками, мм	Коэф. вытяжки	Обжатие, мм	Уширение, мм	Диаметр валков, мм
	Н ₀ , мм	В ₀ , мм	Г ₀ , мм ²	Н ₁ , мм	В ₁ , мм					
ИСХОДНЫЕ	Ø14,0		153,9	–	–	–	–	–	–	–
ДУО 1	14,0	14,0	153,9	8,0	16,1	128,8	1,324	7,0	2,6	250
НУК (В)	7,0	16,6	116,2	7,0	15,7	109,9	1,057	0*	0,9	Г 220 В 200
ДУО 2	7,0	15,7	109,9	5,0	16,0	80,0	1,373	2,0	0,3	250

* – Течение металла в уширение ограничено горизонтальными валками НУК (прокатка со стесненным уширением).

Выводы.

Рассмотрен вариант применения ТОМП в черновой группе непрерывного мелкосортного стана на примере стана 320 РУП «БМЗ». Показано, что применение модуля позволяет снизить энергозатраты на прокатку, уменьшить нагрузку на приводные клетки, сохранив при этом неизменной длину рабочей линии черновой группы стана.

Показана возможность использования ТОМП в качестве автономного деформирующего средства при производстве малотоннажных партий полосового проката.

1. *Жучков С.М., Токмаков П.В.* Применение нетрадиционных подходов к организации производства малотоннажных партий проката. / *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. Сборник научных трудов ИЧМ НАН Украины, Выпуск 6, Киев «Наукова думка», Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины, 2003, С. 166–173.*
2. *Пределы осуществимости процесса сортовой прокатки в трехочаговом прокатном модуле.* / С.М. Жучков, А.А. Горбанев, П.В. Токмаков и др. // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. Сборник научных трудов ИЧМ НАН Украины, Выпуск 9, Киев «Наукова думка», Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины, 2004, С. 107–118.*
3. *Обоснование методики расчета силовых параметров при прокатке в трёхочаговом прокатном модуле.* / С.М.Жучков, А.А.Горбанёв, Б.Н.Колосов и др. // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. Сборник научных трудов ИЧМ НАН Украины, Выпуск 11, Киев «Наукова думка», Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины, 2005, С. 130–141.*
4. *Жучков С.М., Кулаков Л.В., Токмаков П.В.* Разработка технологического комплекса для производства малотоннажных партий проката. *Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2004.– №4.– С.26–27.*

*Статья рекомендована к печати
канд.техн.наук И.Ю.Приходько*