

С.М. Жучков, Л.В. Кулаков, А.П. Лохматов, А.И. Лещенко

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА НЕПРИВОДНОЙ РАБОЧЕЙ КЛЕТИ МЕЛКОСОРТНО–ПРОВОЛОЧНОГО СТАНА 250/150–6

В результате эксплуатационных испытаний экспериментального образца неприводной клетки, предназначенной для установки в межклетевых промежутках черновой группы мелкосортно–проволочного стана 250/150–6, подтверждена целесообразность использования неприводных деформирующих устройств. По результатам испытаний определены пути совершенствования конструкции для улучшения эксплуатационных характеристик неприводных рабочих клеток.

Постановка задачи.

На непрерывном мелкосортно–проволочном стане 250/150–6 меткомбината «Криворожсталь» освоен нетрадиционный процесс сортовой прокатки, основанный на более полном использовании резерва сил трения в очагах деформации рабочих клеток [1]. Для реализации этого процесса используются неприводные рабочие клетки, устанавливаемые в межклетевых промежутках приводных рабочих клеток.

На первом этапе реализации этого инновационного проекта была поставлена задача осуществить проверку эффективности использования неприводных деформирующих устройств в условиях конкретного прокатного стана и отработать конструкцию деформирующего устройства – неприводной рабочей клетки (НК).

Место установки такой клетки было выбрано по результатам аналитических и экспериментальных исследований – в межклетевом промежутке рабочих клеток №6 и №7 черновой группы стана, после наиболее загруженной вертикальной клетки №6.

Для минимизации вмешательства в существующий технологический процесс предполагалось использовать неприводную рабочую клетку только для разгрузки клетки №6 с тем, чтобы суммарный коэффициент вытяжки в клетки №6 и неприводной клетки остался неизменным и в клетку №7 поступал раскат с параметрами поперечного сечения, близкими к существующим. Такой подход predetermined тип неприводной рабочей клетки – с вертикальным расположением рабочих валков, т.е. с сохранением направления деформирования раската при соответствующем дроблении деформации.

Изложение основных материалов исследования.

В процессе предварительной проработки размещения неприводной рабочей клетки в рассматриваемом промежутке возникла необходимость, во избежание конструктивных изменений существующего оборудования, максимально приблизить её к клетке №7. Допустимый диапазон удаления

неприводной клетки от приводной клетки №6, проталкивающей раскат, выбрали по условиям продольной устойчивости раската перед неприводной клетью [2].

Энергосиловые параметры прокатки при использовании неприводной рабочей клетки определили по результатам моделирования с применением математической модели непрерывной сортовой прокатки, разработанной в ИЧМ [3,4]. Расчёты показали, что сила прокатки углеродистой стали обыкновенного качества в неприводной клетке при её предельной нагрузке (до исчерпания резерва втягивающих сил трения в очаге деформации рабочей клетки №6 [5]) не превышает 250 кН, а сила проталкивания раската через её валки составляет 85–90 кН. Токовая нагрузка двигателя клетки №6 при этом снижается примерно на 10%.

Для проектирования экспериментального образца неприводной рабочей клетки, устанавливаемой в межклетевом промежутке приводных рабочих клеток №6 и №7, были приняты следующие исходные данные:

- расстояние между осями клетки №6 и неприводной клетки – 2100мм;
- рабочий диаметр валков неприводной клетки – 385мм;
- диапазон регулирования раствора валков (от номинального положения) – ± 20 мм;
- максимальная сила прокатки – 300 кН;
- усилие подпора между клетью №6 и неприводной – 90 кН.

Проектирование и изготовление экспериментального образца неприводной клетки осуществляло ОАО ПКП «Век-плюс», имеющее большой опыт в создании нестандартного металлургического оборудования.

На рис.1 представлена схема установки неприводной клетки в межклетевом промежутке вертикальной клетки №6 и горизонтальной №7.

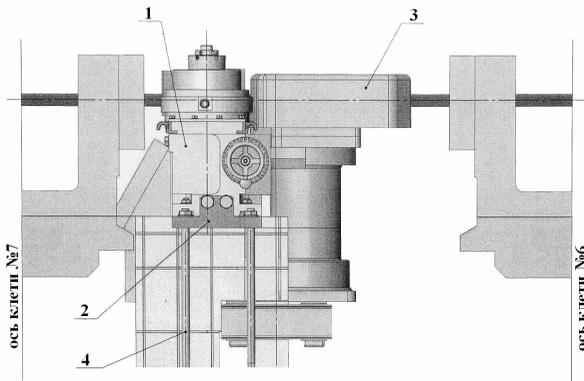


Рис.1. Схема установки НК в межклетевом промежутке вертикальной клетки №6 горизонтальной №7

Комплекс устанавливаемого оборудования состоит из следующих основных частей: неприводной клетки

410 (1); плитовины (2); укороченного передаточного стола (3); фундамента с фундаментными болтами (4).

Собственно неприводная рабочая клеть, представленная на рис.2 состоит из следующих основных частей: корпуса клетки, двух консольных

рабочих валков на подшипниках качения, узла крепления бандажей на опорных валах рабочих валков, узла охлаждения бандажей, нажимного устройства установки и узла фиксации раствора между бандажами валов, вводной и выводной ловушек (проводковой арматуры), смонтированных на корпусе клетки.

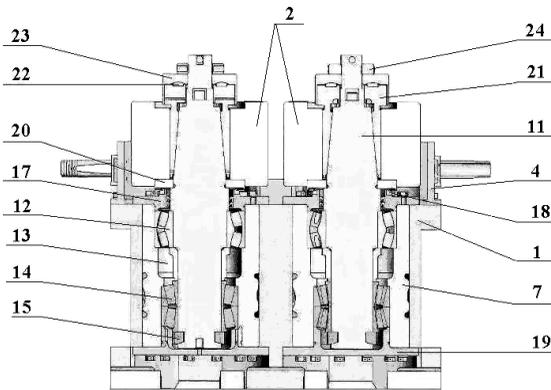


Рис.2. Разрез неприводной клетки вертикального исполнения по оси корпуса

Корпус неприводной клетки является её основным элементом, к которому предъявляются особые требования. Его конструкция должна обладать достаточными прочностными характери-

стиками. Верхняя торцевая поверхность корпуса, а также поверхности расточек при эксплуатации клетки подвергаются интенсивному воздействию воды, предназначенной для охлаждения бандажей.

Опыт эксплуатации клетей с конструктивным исполнением нажимных устройств в виде эксцентриктов, свидетельствует о низком сроке их службы из-за коррозии деталей этих устройств. В этой связи, рабочие поверхности нажимных устройств должны быть выполнены из коррозионно-стойкого материала.

Для крепления вводной и выводной проводок (6) в верхней части корпуса клетки проточены фигурные гнёзда с пазами и отверстиями под крепёж. Для монтажа червячно-зубчатого редуктора привода нажимного устройства на боковой поверхности корпуса со стороны подачи металла в НК выполнены сложные расточки под червячный вал редуктора с отверстиями крепления полукорпуса редуктора (8) шпильками (рис.3). На обеих торцевых поверхностях корпуса выполнены расточки с отверстиями для монтажа болтами крышек редуктора с регулировочной (передней) и с противоположной (задней) стороны клетки. Точность установки червячного вала редуктора в осевом направлении определяется точностью расточки внутренних к центральной оси корпуса полуцилиндрических поверхностей, взаимодействующих с цилиндрическими кольцевыми опорными выступами червячного вала (9). Точность установки червячного вала в вертикальной плоскости определяется точностью расточек отверстий под центрирующие пробки, размещенные на достаточном удалении друг от

друга и от центральной оси корпуса. Так как одновременно две посадки выполнить сложно, то отверстия под центрирующие пробки были выполнены после предварительной сборки червячно–цилиндрического редуктора, его прокрутки (позиционирования) и последующего выполнения в сборке центрирующих отверстий под расточку упомянутых отверстий под центрирующие пробки в корпусе НК и полукорпусе редуктора. Положение центрирующих пробок и осевой центровки червячного вала иллюстрируется рис.3 общего вида привода нажимного устройства при вскрытом полукорпусе редуктора.

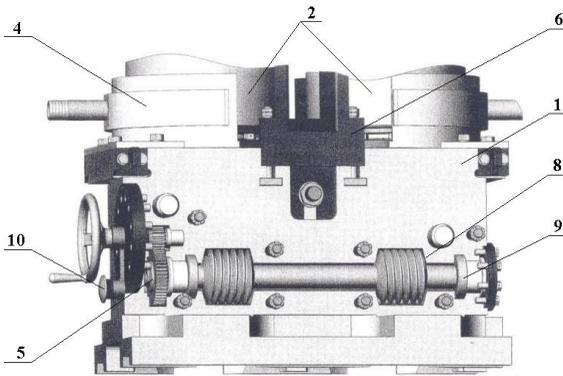


Рис.3. Общий вид привода нажимного устройства при вскрытом полукорпусе редуктора

Для крепления двух спреерных устройств охлаждения бандажей (поз.4 рис.2 и 3) на верхней поверхности корпуса выполнены отверстия. В основании корпуса выполнены две цилиндрические расточки для размещения нижних крышек крепления эксцентриковых втулок с валами (11) в сборе относительно корпуса НК, а также два продольных паза с отверстиями для размещения и крепления корпуса НК на плитовине. Для размещения гаек этого крепежа в корпусе выполнены специальные гнёзда. В двух цилиндрических расточках корпуса клетки размещены два консольных валка в сборе. Конструкция этих валков, представлена рис.2. Техническая характеристика неприводной клетки приведена в таблице 1.

Таблица 1. Общая характеристика неприводной клетки

№ пп	Наименование показателя	Величина
1	Усилие прокатки, кН, не более	300
2	Скорость прокатки, м/с, не более	10
3	Температура прокатываемого металла, °С	900...1100
4	Сечение прокатываемого металла, НхВ,мм	60 x 75
5	Количество калибров по длине бандаж, шт	2

6	Длина бочки бандажа, мм	250
7	Наружный диаметр бандажа по буртам, мм	350–410
8	Диапазон регулировки раствора между бандажами, мм	40
9	Расход смазки, кг/ комплект	5
10	Давление воды для охлаждения бандажей, МПа	2,5±0,3

Экспериментальная проверка опытного образца неприводной клетки выполнялась в черновой группе клеток мелкосортно–проволочного стана 250/150–6 в соответствии с разработанной программой испытаний. Целью экспериментальной проверки являлось проведение эксплуатационных испытаний опытного образца неприводной клетки и определение работоспособности ее конструкции при установке между шестой и седьмой клетями стана 150/250–6. В процессе выполнения экспериментальных исследований был осуществлен весь объем монтажно–подготовительных работ по установке неприводной клетки на заранее подготовленный фундамент в межклетевом промежутке между рабочими клетями черновой группы № 6 и № 7 (рис.1).

На первом этапе экспериментальной проверки осуществлялась обкатка неприводной рабочей клетки без обжатия раската между ее валками (в режиме фрикционного ведения рабочих валков). Обкатка продолжалась более шести суток. На втором этапе проверки осуществлялось опробование экспериментальной неприводной клетки под нагрузкой по режимам, приведенным в таблице 2. Поскольку фактические размеры поперечного сечения раската, поступающего в неприводную клетку, оценивались косвенными методами (размер раската, по обжимаемой в клетке № 6 стороне, оценивали по изменению положения ее нажимных винтов, а размер раската в направлении уширения, в клетке № 6 – обмером проб, полученных прокаткой в ней коротких недокатов из клетки № 5), для анализа использовали расчетные параметры прокатки.

Непосредственно на стане фиксировали рабочую частоту вращения и токовые нагрузки двигателей привода черновых клеток №№ 5–8 и температуру поверхности раската после клетки № 1 – по показаниям стационарного оптического пирометра. Температуру поверхности раската перед клетью № 6 определяли с помощью переносного оптического пирометра.

Результаты статистической обработки полученных данных представлены в таблице 3.

Следует отметить, что полученные результаты качественно совпадают с результатами моделирования процесса прокатки с использованием неприводной клетки в межклетевом промежутке между клетями № 6 и № 7, выполненными на предыдущих этапах реализации этого инновационного проекта.

Таблица 2. Параметры прокатки в черновой клетки № 6 и неприводной рабочей клетки для эксплуатационных испытаний неприводной рабочей клетки (температура прокатки 1000–1050° С)

Параметры прокатки										
После клетки № 6										
Режим	Геометрические параметры проката			коэф. μ_6 ВЛТЯЖКИ	Геометрические параметры проката			коэф. $\mu_{НК}$ ВЛТЯЖКИ	Абсол. обжатие в НК. $\Delta H_{НК}$, мм	Относ. обжатие в НК ϵ , %
	высота H_1 , мм	ширина B_1 , мм	площадь сечения F_1 , мм ²		высота H_1 , мм	ширина B_1 , мм	площадь сечения F_1 , мм ²			
0	65,0	75,0	4365	1,333	65,0	75,0	4365	1,000	0,0	0,00
1	68,6	73,7	4529	1,287	65,1	73,7	4365	1,037	3,5	5,12
2	73,6	71,9	4736	1,232	66,0	72,4	4365	1,084	7,6	10,33

Таблица 3. Фактические параметры прокатки в черновых клетях №№5–8 при использовании неприводной клетки, установленной перед клетью № 7, с изменением загрузки неприводной клетки

Номер режима	Относительное обжатие в НК, $\varepsilon, \%$	Номер рабочей клетки	5	6	7	8
		Диаметр рабочих валков $D_{в}, \text{мм}$	351	346	380	368
0	0,00	Частота вращения вала двигателя $N_{дв}, 1/\text{с}$	164	164	147	150
		Токовые нагрузки $I_{дв}, \text{А}$	500	550	700	450
1	5,12	Частота вращения вала двигателя $N_{дв}, 1/\text{с}$	164	158	147	150
		Токовые нагрузки $I_{дв}, \text{А}$	500	520	700	450
2	10,33	Частота вращения вала двигателя $N_{дв}, 1/\text{с}$	163	151	146	152
		Токовые нагрузки $I_{дв}, \text{А}$	510	490	710	450

Примечание: Температура поверхности раската после клетки № 1 $T_{1,1} = 1100\text{--}1090^\circ\text{C}$

С увеличением степени деформации, переносимой из шестой клетки в неприводную рабочую клеть, снижается токовая нагрузка в подпирющей приводной рабочей клетки (в нашем случае клеть №6).

Температура поверхности раската перед клетью № 6 $T_{0,6} = 1030\text{--}1020^\circ\text{C}$ С учетом длины межклетевого промежутка между приводными клетями № 6 и № 7, ограничивающими факторами увеличения загрузки неприводной клетки, устанавливаемой в нем, является исчерпание резерва сил трения в клетях № 6. Раскат не утратил продольную устойчивость в промежутке «клеть № 6 – неприводная клеть», несмотря на длину свободного участка раската, равного 2100 мм. Вместе с тем, при относительном

обжатию в неприводной рабочей клетке около 10% наблюдалось повышение токовых нагрузок двигателей клеток № 5 и № 7, что, возможно, связано с осуществлением процесса прокатки в области граничных значений по резерву сил трения в клетке № 6.

В соответствии с технической характеристикой НК (табл.1) максимальное расчетное усилие прокатки в неприводной клетке составляет 300 кН. Технологическими расчетами показано, что при относительном обжатии равном 10%, усилие прокатки составляет порядка 200 кН. Вместе с тем, в процессе эксплуатации имели место поломки опорных валов бандажей рабочих валков. Металлографические исследования показали, что причиной их разрушения были дефекты материала, из которого изготовлены валы.

В процессе последующей эксплуатации был выявлен ряд конструктивных недостатков экспериментального образца неприводной клетки, которые устранялись в процессе освоения технологии с ее использованием.

Была изменена конструкция крепления бандажей рабочих валков.

Неприводная клетка была дооборудована системой смазки со снабжением от цеховой магистрали.

На экспериментальном образце НК были установлены защитные кожухи (водоотбойники) по всей высоте бандажей.

Был доработан узел манжетных уплотнений осей валков неприводной рабочей клетки.

Кроме того, по результатам эксплуатационных испытаний опытного образца неприводной клетки были сформулированы предложения по улучшению ее конструкции. К числу этих предложений необходимо отнести следующее:

- предусмотреть возможность отдельной регулировки каждого валка в механизме разведения–сведения валков;
- улучшить качество обработки деталей червячной передачи;
- облегчить доступ к элементам крепежа на плитовине.
- предусмотреть технологическое отверстие в крышке нижнего подшипника для слива воды.
- рассмотреть возможность установки диагностической системы контроля вращения валов для своевременного обнаружения их поломок.

Выводы.

Таким образом, эксплуатационные испытания экспериментального образца неприводной клетки, предназначенной для установки в межклеточных промежутках черновой группы мелкосортно–проволочного стана 250/150–6, подтвердили целесообразность использования на стане неприводных деформирующих устройств и правильность заложенных в ней концептуальных конструктивно–технических решений. Результаты испытаний позволили определить пути совершенствования конструкции для

улучшения эксплуатационных характеристик неприводных рабочих клетей.

1. *Непрерывная* прокатка сортовой стали с использованием неприводных рабочих клетей. / А.П.Лохматов, С.М.Жучков, Л.В.Кулаков и др. – Киев.: Наукова думка, 1998. – 239с.
2. *Условия* осуществимости процесса непрерывной прокатки сортовой стали с использованием неприводных рабочих клетей / Жучков С.М., Лохматов А.П., Кулаков Л.В., Сивак Э.В. // «Известия ВУЗов. Черная металлургия». – 1998. – № 10. – С.28–31.
3. *Разработка* математической модели процесса непрерывной прокатки сортовой стали с использованием неприводных рабочих клетей. С.М. Жучков, Лохматов А.П., Кулаков Л.В., Сивак Э.В. Теория и технология процессов пластической деформации, 96. Тр. науч.–техн. Конф. 8–10 октября 1996г. Под. ред. А.В. Зиновьева. – М.:Московск. ин-т стали и сплавов (МИС и С). – 1997. – С.162–163.
4. *Математическая* модель и программа расчета на ПЭВМ параметров процесса прокатки в комплексе "приводная–неприводная клетки". Л.В.Кулаков, А.П.Лохматов, С.М.Жучков и др. Изв. вузов. Черная металлургия. – 1997. – №4. – С. 34–39.
5. *Использование* резерва втягивающих сил трения в очагах деформации рабочих клетей при непрерывной сортовой прокатке./ А.П.Лохматов, С.М.Жучков, Л.В.Кулаков.// Сталь. – 1996. – №5. – С.27–32.

Статья рекомендована к печати к.т.н., И.Ю.Приходько