

УДК 621.771

Шеногин В. П.  
Тепин Н. В.  
Шеногина А. А.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСЕВОЙ ОПОРЫ СОРТОПРОКАТНОЙ КЛЕТИ НА ОСНОВЕ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Как показано в работе [1] основную роль в формировании общего поля разброса размеров и овальности круглой стали играют осевые сдвиги валков и вертикальная жесткость прокатных клетей.

Для обеспечения требуемой точности мелкосортной прокатки необходимо определить основные технические характеристики прокатных клетей, а также выработать соответствующие рекомендации по проектированию новых прокатных клетей.

Для организации системного подхода при выборе и проектировании осевых опор прокатных клетей сортовых станов в данной работе предлагается воспользоваться методом морфологического анализа.

Морфологический анализ, достаточно простой и в тоже время эффективный инструмент для решения инженерных задач по поиску новых компоновочных схем. Для его проведения необходимо точно сформулировать проблему, в нашем случае предложить новую эффективную конструкцию осевой опоры чистовой прокатной клетки мелкосортного стана. Затем определить морфологические признаки: узел регулировки зазоров в осевой опоре валка; узел предварительного осевого нагружения клетки; узел осевой регулировки валка относительно стоек, либо относительно зафиксированной подушки; узел осевой фиксации подушки относительно стойки; узел осевой фиксации валка относительно подушки.

Целью работы является проектирование осевой опоры сортопрокатной клетки на основе морфологического анализа.

При формировании матрицы (морфологического ящика) определим возможные исполнения каждого признака. Возможные сочетания А1Б3Г1Д5 или А5Б1Г3Д5 и т. д. Общее количество сочетаний в морфологическом ящике равно произведению чисел элементов на осях. В нашем случае матрица (табл. 1) позволяет получить  $6 \times 4 \times 6 \times 5 \times 6 = 4320$  вариантов.

Рассмотрим основные недостатки конструкции опоры (рис. 1), применяемой в чистовых клетях проволочного стана 250 ЗСМЗ, которая является типовой для большинства сортовых станов.

Одним их основных недостатков таких опор является наличие сравнительно больших осевых зазоров в упорном узле, фиксирующем валок в осевом направлении, что приводит в процессе прокатки к знакопеременным осевым перемещениям валков. Осевая фиксация валка осуществляется радиально-упорным подшипником, величина осевых зазоров в котором первоначально составляет 0,1–0,15 мм, возрастая при эксплуатации клетки до 0,3–0,5 мм через 5–6 суток работы, что нередко приводит к внеплановым перевалкам клетей.

Наличие осевых зазоров в упорном узле вызывает неточность исходного совмещения ручьев калибра и, в значительной мере, затрудняет настройку чистовой клетки, так как осевая регулировка валков осуществляется по результатам измерения периодически отбираемых пробных образцов катанки с учетом величины и алгебраического знака разности размеров по «плечам» профиля. Эта разность из-за наличия знакопеременных осевых перемещений валка имеет часто также знакопеременный характер даже в пределах длины образца равной длине развертки окружности валка, т.е. в пределах одного оборота валка. В связи с этим вальцовщик не имеет возможности по результатам обмера образца точно определить необходимую величину и направление осевого перемещения валка (особенно при величине осевого зазора в радиально-упорном подшипнике больше 0,15–0,20 мм).

## Морфологическая матрица

№ п/п	Основные узлы осевых опор	Варианты исполнений					
		1	2	3	4	5	6
А.	Узел осевой фиксации вала относительно подушки	упорный подшипник скольжения	радиально-упорный шариковый подшипник	упорный шариковый подшипник	роликовый конический подшипник	упорный сферический роликовый подшипник	гидростатический подшипник
Б.	Узел осевой фиксации подушки относительно стойки	прижимные планки	рычажная система (фаркопфы)	упорные бурты	поперечной траверсой		
В.	Узел осевой регулировки вала относительно стоек, либо относительно зафиксированной подушки	прижимные планки	рычажная система (фаркопфы)	винтовой механизм	с помощью гидроцилиндров	резьбовой втулкой	резьбовой втулкой через редуктор
Г.	Узел предварительного осевого нагружения клетки	за счет неконтролируемого сжатия торца бочки вала прижимными планками	гидравлическое нагружение упорного узла	гидравлическое нагружение за счет использования гидростатического подшипника	за счет сжатия вала гидроцилиндрами через прижимные планки	за счет нагружения упорного узла с упорным сферическим роликовым подшипником	
Д.	Узел регулировки зазоров в осевой опоре вала	нажимной гайкой	пружины между подшипниками	упругий элемент между подшипниками	пружины в разрезном резьбовом стакане	сменная втулка	втулка с контролируемой деформацией

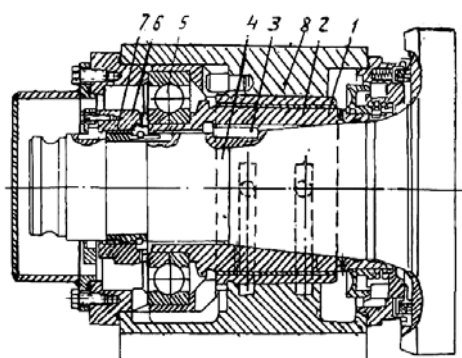


Рис. 1. Существующая опора валков (ПЖТ-140) чистовых клетей проволочного стана 250 ЗСМЗ:

1 – втулка-цапфа; 2 – втулка-вкладыш;  
3 – шпонка; 4 – валок; 5 – шарикоподшипник;  
6 – гайка; 7 – разрезное резьбовое кольцо

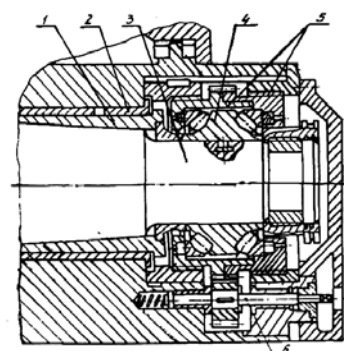


Рис. 2. Опора валка конструкции фирмы «Морган» [185]:

1 – втулка-цапфа; 2 – втулка-вкладыш; 3 – шейка валка; 4 – упорный роликоподшипник; 5 – резьбовые втулки

Необходимое осевое перемещение валка осуществляется за счет смещения подушки относительно станины рычажной системой – фаркопфами. Поэтому осевое перемещение валка возможно только после выборки зазора в упорном узле ПЖТ, величина которого в каждый конкретный момент поднастройки клетки неизвестна. В существующей системе осевой регулировки валка отсутствуют средства контроля величины его перемещения. Эти причины затрудняют осуществление достаточно точного осевого перемещения валка при настройке клетки.

Так как подушки верхнего валка поджаты к нажимным винтам системой уравнивания, то осевая регулировка валка вызывает их перекося, ухудшая работу узла ПЖТ и повышая его температуру, что, в отдельных случаях, приводит к выходу из строя баббитовой заливки втулки-вкладыша.

Указанные трудности осевой настройки клетки вызывают необходимость частого проведения дополнительных поднастроек чистовой клетки, что затрудняет эксплуатацию стана.

В конструкциях упорного узла осевых опор валков для клетей, скорость прокатки в которых меньше 15 м/с, широкое применение нашли упорные шарикоподшипники, а также роликовые радиально-упорные конические. Установка таких подшипников применяется в конструкциях как отечественных опор валков (рис. 1), так и зарубежных (рис. 2). Применение таких подшипников позволяет при сборке опоры валков устранить осевой зазор в упорном узле полностью, а по мере износа подшипников, реализована возможность оперативного устранения появляющихся зазоров «Морган» (рис. 2).

Для устранения зазоров в упорном узле осевых опор валков в отдельных случаях практикуется применение предварительного осевого нагружения этого узла. Прием предварительного осевого нагружения упорного узла осевой опоры валков известен давно. Применение предварительного нагружения упорного узла валков клетей, работающих на подшипниках скольжения открытого типа, выработано практикой многолетней эксплуатации таких клетей. Следует отметить, что на этих станах практикуется неконтролируемое по величине усилие предварительного осевого нагружения, так как рекомендации по требуемой величине усилия нагружения и необходимые средства для его контроля отсутствуют. В ряде случаев это приводит к перегрузке деталей осевых опор. В то же время, зачастую, осевое усилие оказывается недостаточным и не гарантирует предотвращение появления осевых зазоров в процессе прокатки полосы.

Впервые для станов, работающих на подшипниках качения, контролируемое осевое нагружение, осуществляемое с целью ликвидации осевых зазоров, было предложено сотрудниками ВНИИМетмаш В. П. Калининым и Ю. П. Бурлачковым [2] и реализовано, в частности, в разработанной ими конструкции чистовых клетей (рис. 3) линейного стана 250 ДМЗ. В этой конструкции применен торцевой гидроподпор с заданным усилием, обеспечивающий безлюфтовую работу подшипников.

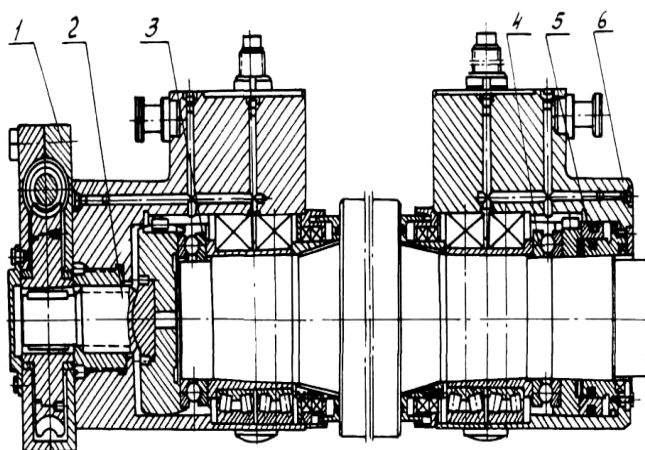


Рис. 3. Опора валков ВНИИМетмаша [6]:  
1, 2 – механизма осевой регулировки валка; 3, 4 – упорные шарикоподшипники; 5 – плунжер гидроцилиндра; 6 – подушка

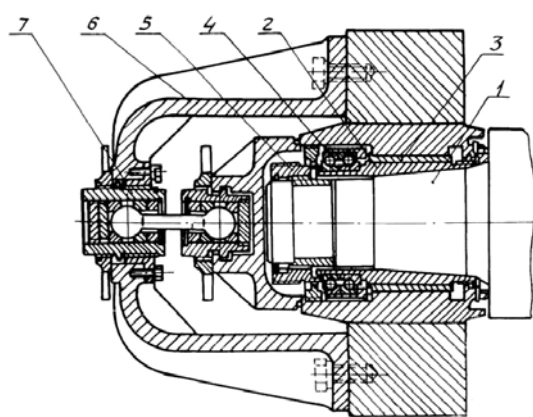


Рис. 4. Опора валков конструкции фирмы «Морган»:

1 – валок; 2 – втулка-цапфа; 3 – втулка-вкладыш; 4 – упорный узел; 5 – гайка; 6 – рама; 7 – механизм осевого перемещения валка

В упорных узлах осевых опор валков рабочих клеток современных непрерывных мелкосортовых и проволочных станов при скорости прокатки до 20–40 м/с применяются радиально-упорные шариковые подшипники, сдвоенные с наружными кольцами, обращенными друг к другу одноименными торцами, а также с разъемным внутренним (или наружным) кольцом. На рис. 4 приведена конструкция зарубежной опоры валков, включающих упорный узел со сдвоенными радиально-упорными подшипниками. Отечественной промышленностью такие подшипники поставляются с начальным осевым зазором 0,1–0,15 мм, который по мере работы упорного узла увеличивается. В связи с неуклонным повышением требований точности готового профиля выявилась необходимость устранения этих зазоров или их минимизации.

В практике машиностроения для жесткой осевой фиксации валков широко применяется схема установки сдвоенных радиальных или радиально-упорных подшипников с размещением между их внутренними и наружными кольцами втулок различной высоты. При этом разность размеров высоты втулок или несколько выше величины измеренного осевого зазора в обоих подшипниках или равна ему. Осевые зазоры в таких опорах отсутствуют только в начальный период эксплуатации. Для устранения зазора, появляющегося по мере износа подшипника, приходится заменять одну из втулок втулкой меньшей высоты, что вызывает необходимость демонтажа опоры валка. Ввиду сложности эксплуатации опоры валка эта схема компоновки подшипников не нашла широкого применения в практике конструирования опор валков.

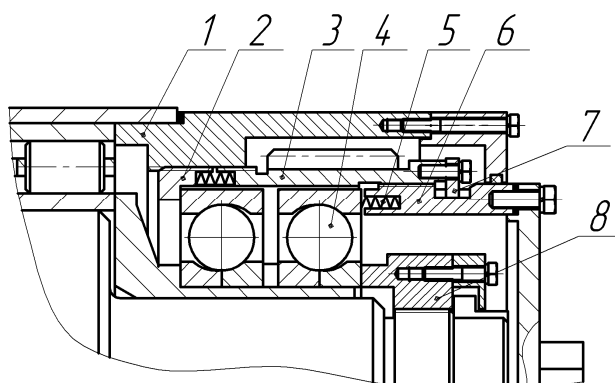


Рис. 5. Узел осевой фиксации нижнего валка [3]

Для бесстанинной клетки ОМЗ спроектирован и изготовлен узел осевой фиксации нижнего вала (рис. 5). Который включает в себя резьбовой стакан, который вворачивается в корпус 1 и для компенсации осевых зазоров в резьбовом соединении состоит из двух половин 2 и 3. В торце половины 2 выполнены пазы, а в сопряженном торце половины 3 соответствующие выступы, за счет чего обе половины зафиксированы от поворота друг относительно друга. В результате разделения резьбового стакана на две части, которые могут смещаться одна относительно другой в осевом направлении, и размещения упругого элемента между ними обеспечивается устранение осевых зазоров в резьбе составного резьбового стакана при любом направлении воздействия осевого усилия.

На второй части 3 резьбового стакана имеется зубчатый венец, который взаимодействует с червяком редуктора механизма осевого перемещения вала.

На валок через втулку устанавливаются разделенные втулкой радиально-упорные подшипники 4, внутренние обоймы которых зафиксированы гайкой 8. Наружные обоймы подшипников 4 в осевом направлении зафиксированы с одной стороны буртом части 2 составного зубчатого колеса, а с другой торцом резьбовой втулки 6, связанной резьбой с второй частью 3 резьбового стакана. В цилиндрических гнездах, расположенных в торце резьбовой втулки 6 установлены упругие элементы 5, служащие для выборки осевого зазора в подшипниках 4.

При этом между наружной обоймой подшипника 3 и внутренним отверстием зубчатого колеса 2 имеется зазор для исключения восприятия радиального усилия прокатки подшипником. Разработанная конструкция обеспечивает осевое биение вала не более 0,05 мм.

## ВЫВОДЫ

При разработке новых конструкций осевых опор для чистовых клеток современных прокатных станов необходимо стремиться к уменьшению осевых зазоров в упорном подшипниковом узле, оснащению механизма осевого перемещения вала средствами контроля величины произведенного перемещения, осуществлению осевого перемещения вала относительно подушки, а также обеспечению возможности устранения осевых зазоров в упорном узле ПЖТ по мере износа подшипников в процессе эксплуатации клетки в линии стана.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шенюгин В. П. Точность сортовой прокатки и оптимизация условий стабилизации геометрических размеров прокатываемых профилей : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / В. П. Шенюгин. – Ижевск, 1998.
2. Применение осевого гидроподпора в валковых опорах чистовой клетки мелкосортного стана 250 / В. П. Калинин, Ю. П. Бурлачков, В. А. Сацкий, М. И. Костюченко // *Металлургическое оборудование. НИИинформтяжмаш.* – 1973. – № 1. – 73. – 45.
3. Исследование условий прокатки на стане «280-2» и разработка мероприятий направленных на повышение точности прокатки / Шенюгин В. П., Нелюбин С. А., Храбров А. В., Саватеев М. А. // *Современные достижения в теории и технологии пластической обработки металлов : труды международной научно-технической конференции.* – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2007. – С. 424–429.

Шенюгин В. П. – д-р техн. наук, проф. ИГТУ;

Тепин Н. В. – канд. техн. наук, доц. ИГТУ;

Шенюгина А. А. – студент ИГТУ.

ИГТУ – Ижевский государственный технический университет, г. Ижевск, Россия.

E-mail: omd@istu.ru