

# Улучшение технологических возможностей существующего прокатного оборудования авиационной промышленности



**Юрий Семичев,**

директор по техническому обеспечению и ремонту ПАО «Корпорация ВСПО-АВИСМА», кандидат технических наук



**Иван Сурков,**

генеральный директор ООО «НАДЕЖНОСТЬ ТМ», кандидат технических наук

**Большая часть прокатных станов, работающих на металлургических заводах России, находится в эксплуатации 30-50 и более лет. При столь длительных сроках службы оборудование, устаревая морально и физически, перестает соответствовать современным технологическим запросам и требованиям по качеству выпускаемой продукции.**

Замена всего парка прокатных станов с длительными сроками службы является трудновыполнимой задачей и не может быть осуществлена в короткие сроки. В то же время, современный технологический уровень прокатных станов обеспечивает модернизация систем привода, управления и механизации (20% массы и стоимости оборудования) и сохранение для дальнейшей эксплуатации базовых деталей, составляющих до 80% массы и стоимости оборудования. Поэтому вопрос обеспечения надежной работы базовых деталей в штатном режиме определяет актуальность выполнения комплексных работ по их обследованию и ремонту.

Чистовая четырехвалковая реверсивная клеть (рис. 1), которая входит в состав двухклетьевого стана 2000 горячей прокатки и расположена в цехе № 16 ПАО «Корпорация

ВСПО-АВИСМА», предназначена для производства плоских полуфабрикатов и находится в эксплуатации с 1968 г. Оборудование клетки позволяет осуществлять прокатку как отдельных коротких полос, так и длинных из рулона в рулон, посредством печных моталок, установленных перед и за клетью.

Основными деталями клетки, воспринимающими нагрузку прокатки, являются две станины (рис. 2), установленные на продольные балки через поперечные плитовины. Станины сверху и снизу соединены между собой траверсами.

Изначальная конструкция клетки предусматривала создание нагрузки на подушки валков двумя нажимными устройствами посредством передачи



Рис. 1

«винт – гайка». С течением времени появилась производственная необходимость осваивать более жесткие сплавы. В связи с этим в 2018 г. была выполнена модернизация клетки с установкой гидравлических нажимных устройств (ГНУ), что должно было снизить разнотолщинность получаемого листа. Однако, использование ГНУ не дало ожидаемых результатов: реальная поперечная разнотолщинность листа достигала значения 0,8 мм при допуске значения 0,05 мм.

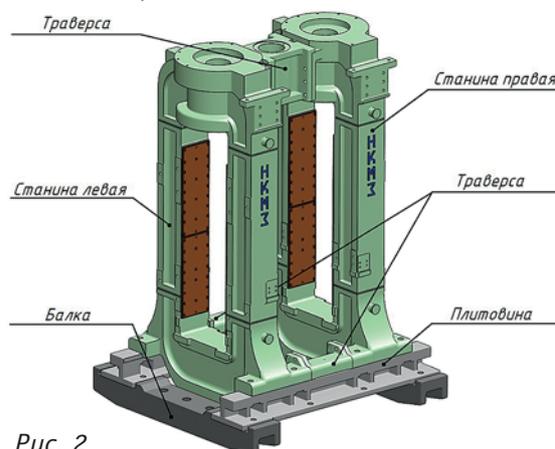


Рис. 2

**Трехмерная геометрическая модель станин клетки**

Для установления причин высокой разнотолщинности листа и разработки мероприятий по устранению выявленных отклонений специалистами компании ООО «Надежность ТМ» проведено комплексное обследование чистовой клетки, включающее в себя:

- ✓ построение трехмерной геометрической модели станин клетки с последующим расчетами напряженного состояния и оценкой запаса усталостной прочности;
- ✓ экспериментальный контроль действующих напряжений в станинах методом электротензометрии;
- ✓ обследование станин методами неразрушающего контроля;

**Четырехвалковая реверсивная клеть чистовой прокатки стана 2000**

✓ проверка затяжки стяжных болтов сопряженных со станинами деталей и контроль наличия взаимных смещений;

✓ измерительный лазерный контроль основных поверхностей станин, сопряженных с другими деталями клетки.

Для оценки напряженного состояния станин и определения вероятности зарождения и развития усталостных трещин была построена трехмерная геометрическая модель (рис. 2), на основе которой в дальнейшем проведены расчеты методом конечных элементов в программном комплексе ANSYS.

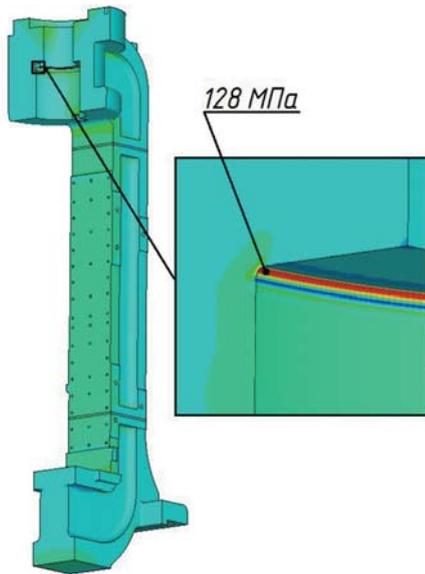


Рис. 3. Напряженное состояние станины (j часть детали), главные напряжения 1, МПа

Напряженное состояние станины при нагружении клетки максимальным усилием 3000 тс представлено на рис. 3. Максимальные первые напряжения реализуются в радиусной галтели R8 под установку ГНУ и составляют

$$\sigma_1^{\max} = 128 \text{ МПа.}$$

Для материала станин оценочное значения предела усталости при пульсационном цикле составляет  $\sigma_0 = 190 \text{ МПа}$ . Таким образом, конструкция станин имеет достаточный теоретический предел усталостной прочности.

Для экспериментального исследования напряженного состояния станин и распределения усилий по их стойкам произведены измерения

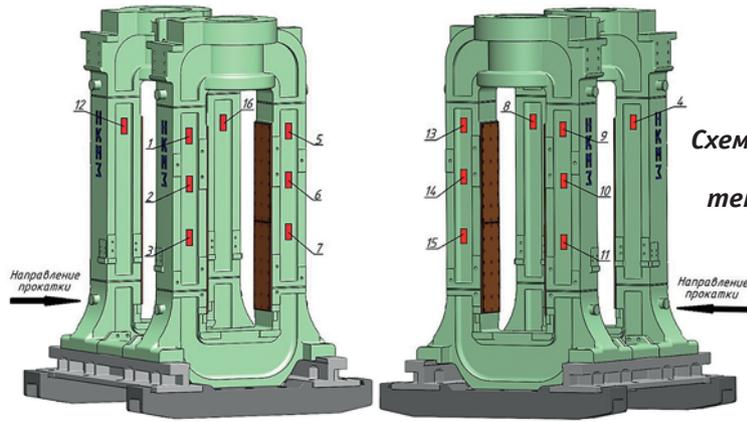


Рис. 4. Схема установки и нумерации тензодатчиков на станинах клетки

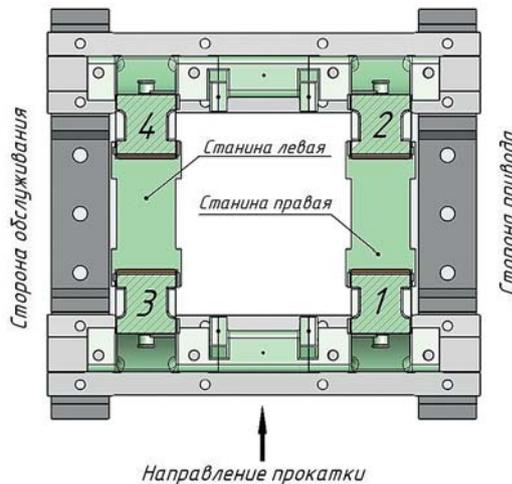


Рис. 5. Схема нумерации стоек станин

методом электротензометрии. В качестве регистрирующей аппаратуры при проведении измерений использовался специальный 16-канальный комплекс немецкой компании НВМ и ноутбука. Схема установки тензодатчиков представлена на рис. 4, схема нумерации стоек станин – на рис. 5. По значениям напряжений, измеренных в двух диаметрально противоположных точках на каждой стойке, определялись средние растягивающие напряжения  $\sigma_{\text{ср}}$  в стойке как полу-сумма напряжений. Усилие Р, реализуемое в каждой стойке станины, определялось как

$$P_{\text{стойки}}^i = A \cdot \sigma_{\text{ср}}^i,$$

где А – площадь поперечного сечения стойки.

Суммарное усилие клетки определялось суммированием усилий по всем стойкам. Примеры распределения усилий по стойкам станин и суммарное усилие клетки приведены на рис. 6, 7. Полученные экспериментальные распре-

деления напряжений и усилий позволили сделать следующие выводы:

- в целом экспериментальное распределение напряжений по стойкам соответствует полученному теоретическому решению, распределение усилий по станинам близко к значениям, полученным на основе данных с ГНУ;

- распределение усилий по стойкам № 3,4 левой станины более неравномерное, чем по стойка № 1,2 правой, что может свидетельствовать о перекосе валковой системы;

- на основе полученных теоретических и экспериментальных данных о напряженном состоянии возможно прогнозирование дальнейшей работы станин клетки с точки зрения их прочности.

Для определения текущего состояния клетки и исключения влияния



Рис. 6. Диаграмма распределения усилия по стойкам станин

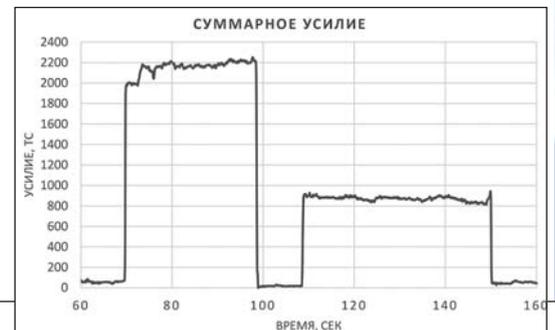


Рис. 7. Суммарное усилие клетки при прокатке

возможных трещин на работу конструкции проведено обследование станин методами неразрушающего контроля при снятых валках и планках под подушки валков. Обследование производилось визуально-измерительным, вихретоковым и ультразвуковым методами. В результате проведенного контроля в станинах дефектов типа трещин не обнаружено.

С целью проверки и обеспечения дальнейшей цельной работы конструкции клетки произведена обтяжка болтовых соединений станин клетки с верхней и нижними траверсами, опорных частей плитвин с фундаментом. После обтяжки проведен контроль взаимных смещений в двух направлениях между станинами и плитовинами, а также между станинами и верхними траверсами. Для проведения измерений взаимных смещений деталей клетки использовались индуктивные датчики перемещения компании НВМ. В результате выполненных измерений установлено, что взаимные смещения между указанными деталями отсутствуют.

Для определения состояния контактных поверхностей станин были проведены высокоточные лазерные измерения, в качестве средства измерения использовалась переносная координатно-измерительная система АТ-402 фирмы *Leica*. В результате измерений установлено:

- несоответствие допускам (износ) по горизонтальности поверхности нижних поперечин станин под установку нижнего опорного валка (рис. 8) — подъем в сторону привода до +1,64 мм;

- несоответствие допускам (износ) по неплоскостности поверх-

Старона	Станина левая		Станина правая	
	Выход	Вход	Выход	Вход
Расположение	Верх	Верх	Верх	Верх
Неплоскостность, мм	0,17 (-0,09...+0,08)	0,23 (-0,13...+0,10)	0,27 (-0,13...+0,14)	0,32 (-0,16...+0,16)
Невертикальность, мм/м	0,23 сближение против оси Z	0,18 сближение по оси Z	0,02 сближение по оси Z	0,05 сближение против оси Z
Разворот, мм/м	0,63 сближение против оси X	0,40 сближение по оси X	0,42 сближение по оси X	0,19 сближение против оси X
Расстояние номинал, мм	1590		1590	
Допуск отклонение, мм	+0,40...-0,80		+0,40...-0,80	
Расстояние факт, средн, мм	1590,90		1591,07	
Отклонение факт, мм	+0,67...-1,08		+0,85...-1,28	
Расположение	Низ	Низ	Низ	Низ
Неплоскостность, мм	0,20 (-0,10...-0,10)	0,26 (-0,15...-0,11)	0,28 (-0,15...-0,13)	0,22 (-0,11...-0,11)
Невертикальность, мм/м	0,05 сближение против оси Z	0,11 сближение против оси Z	0,02 сближение по оси Z	0,16 сближение против оси Z
Разворот, мм/м	0,65 сближение против оси X	0,40 сближение по оси X	0,33 сближение по оси X	0,05 сближение против оси X
Расстояние номинал, мм	1590		1590	
Допуск отклонение, мм	+0,40...-0,80		+0,40...-0,80	
Расстояние факт, средн, мм	1590,66		1590,87	
Отклонение факт, мм	+0,36...-0,90		-0,54...-1,12	

Невертикальность — отклонение от перпендикулярности к плоскости горизонта (непараллельность к оси Z).  
Разворот — поворот вокруг собственной вертикальной оси (непараллельность к оси X).  
Размер верхних опорных поверхностей стоек 800x2160 мм, нижних — 800x1940 мм (ШxВ).

Рис. 9. Качество формы и расположение опорных поверхностей стоек станины под планки подушек валков

ности стоек проема станин под изнашиваемые станинными планками (рис. 9).

По результатам измерений выданы следующие рекомендации:

- ✓ произвести наплавку и последующее фрезерование поверхностей станин клетки с применением мобильного оборудования в соответствии чертежной документацией;
- ✓ вновь изготовить и установить станинные планки и регулировочные пластины под опорный нижний валок с учетом выполненной обработки станин.

Для частичного устранения износа контактных поверхностей станин и выравнивания положения валковой системы были изготовлены и смонтированы регулировочные пластины под подушки нижних опорных валков размером 600 x 800 x 28,4 мм со стороны перевалки, 600 x 800 x 26,6 мм со стороны привода.

После сборки клетки и прокатки в рулон нескольких партий отмечено улучшение параметров проката.

**ВЫВОДЫ:** комплексное обследование чистовой клетки стана 2000, выполненное специалистами компании ООО «Надежность ТМ», с учетом влияния различных факторов и аспектов технического состояния на технологию прокатки, позволило определить причины поперечной разнотолщинности листа, предложить и внедрить решения «по месту» для устранения основных причин отклонения от штатной работы оборудования, а также сформировать на будущий ремонт программу для приведения клетки в проектное состояние. Об этом будет рассказано в следующей публикации.

Для обеспечения безотказной работы прокатного оборудования в компании ООО «НАДЕЖНОСТЬ ТМ» разработан и апробирован комплекс технических решений по прогнозу надежности, предупреждению отказов и восстановлению базовых деталей. Это позволяет обеспечить не только надежную работу базовых деталей на длительнейший период эксплуатации, но и провести модернизацию существующего оборудования с увеличением силы и производительности.

КОРПОРАЦИЯ **ВСМПО АВИСМА**

[www.vsmo.ru](http://www.vsmo.ru)

[www.nadezhnost.com](http://www.nadezhnost.com)

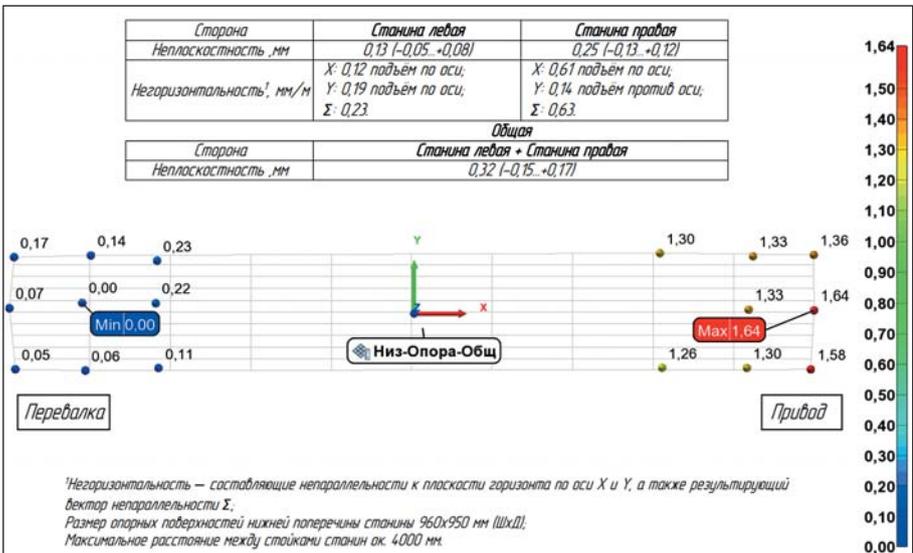


Рис. 8. Данные лазерных измерений поверхностей станин под подушки нижнего опорного валка