

УДК 539.3:621.2

## НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕТАЛЕЙ КОНСТРУКЦИИ СТАНА ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ ТРУБ

© 2011 г.

К.А. Гончаров, Ю.Б. Чечулин

Уральский федеральный университет, Екатеринбург

gonkonstant@yandex.ru

Поступила в редакцию 15.06.2011

Предложен численный метод расчета напряженного состояния деталей стана холодной прокатки труб большого диаметра. Математическая модель основана на использовании численного метода конечных элементов. Применен элемент объемного типа и специальный контактный элемент для моделирования областей контактного взаимодействия. Приведены результаты исследований стана ХПТ-250, которые позволили установить причины крайне низкого ресурса подшипника и предложить принципиально новое решение, многократно повышающее ресурс работы стана.

*Ключевые слова:* трубопрокатный стан, нелинейная задача теории упругости, математическое моделирование, метод конечных элементов, контактное взаимодействие.

Челябинский трубопрокатный завод является крупнейшим в Европе производителем труб большого диаметра. На заводе утверждена концепция развития, в рамках которой предусмотрена модернизация оборудования и технологий в трубопрокатном производстве. Одной из основных задач этой концепции является повышение периода безотказной работы системы рабочих валков на станах холодной прокатки труб.

На рис. 1 приведена конструктивная схема прокатного стана ХПТ-250. Стан включает в свой состав неподвижную станину portalного типа, по которой совершают плоское движение кольца бегунковых опор, закрепленные на подшипниках рабочего валка. Валок размещается в валковой обойме, которая совершает возвратно-поступательное движение вдоль траверсы на заданном расстоянии.

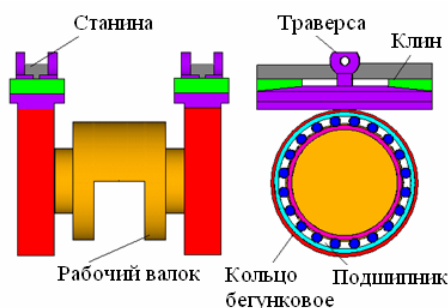


Рис. 1

В процессе технологического цикла прокатки усилие от калибра передается на рабочий валок, от рабочего валка через многорядный роли-

ковый подшипник – на неподвижные траверсы. От траверс через клинья, предназначенные для регулировки зазора между валками, действующее усилие передается на траверсу и неподвижную станину. В соответствии с технической характеристикой максимальное усилие прокатки составляет 4 МН и сосредоточено в сравнительно узкой зоне, включающей ограниченное число тел качения. Наличие локальной зоны нагружения приводит к интенсивному износу и последующему разрушению подшипника. Все элементы конструкции имеют склонность к деформации в процессе нагружения, при этом между контактирующими элементами может появляться зазор или, наоборот, выбираться. Поэтому для определения напряженно-деформированного состояния рассматриваемой сложной конструкции необходимо решать конструктивно нелинейную задачу. Упрощение расчетной схемы конструкции стана за счет исключения отдельных элементов оказывает существенное влияние на распределение нагрузок и напряженное состояние всех остальных элементов. Учет реальной геометрии конструкции приводит к сложностям вычислительного характера, обусловленным решением нелинейных дифференциальных уравнений. Аналитическое решение рассматриваемой задачи для всей системы по обозначенной выше причине отсутствует. Применение численного метода, основанного на использовании современных вычислительных комплексов, базирующихся на теории конечных элементов [1–3], позволяет получить решение задачи с учетом отмеченных нелинейностей. Расчетная

модель отдельных элементов конструкции стана формировалась на основе десятиузловых конечных элементов пирамидального типа. При взаимодействии двух контактирующих тел используется понятие контактная поверхность, на которой располагаются узлы контактного конечного элемента. Если взаимное перемещение узлов контактного конечного элемента, расположенных на взаимно противоположных контактных поверхностях, не превышает величину зазора  $\Delta$ , то усилие взаимодействия в контактном конечном элементе равно нулю. При выборе зазора в элементе появляется усилие контактного взаимодействия, а его величина пропорциональна относительному перемещению узлов элемента. Использование в расчетной модели нелинейного конечного элемен-

не их дополнительной кареткой с двумя параллельными опорными валками, расположенными между шейкой рабочего валка и опорным рельсом (рис. 2а). Конструкция каретки позволяет ей свободно самоустанавливаться под действием контактной нагрузки, и, тем самым, обеспечить равномерное распределение давлений между опорными валками каждой пары и исключить нежелательный эффект смещения оси одного опорного валка относительно нормали к опорной поверхности рельса при реверсном движении касеты. Отмеченный факт способствует дополнительному повышению точности размеров прокатываемых труб.

На рис. 2б изображена мозаика распределения перемещений в валковой клетке.

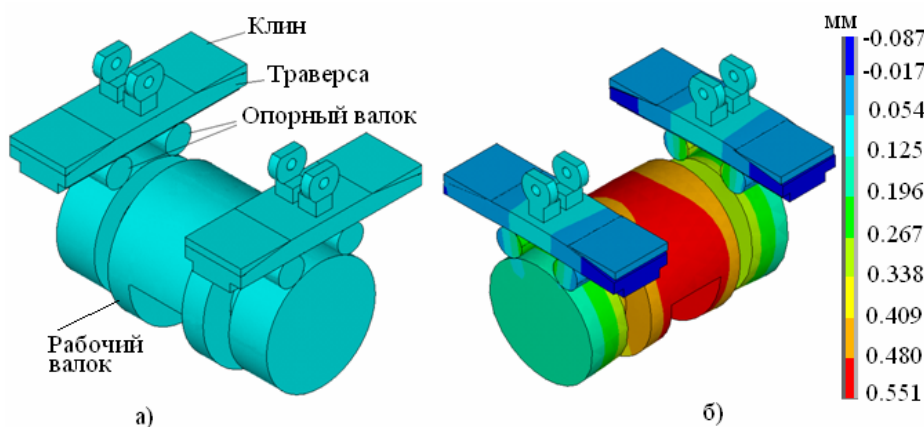


Рис. 2

та предполагает наличие данных о величине зазора  $\Delta$ . Величина зазора между элементами конструкции, находящимися в зоне контакта, может быть измерена посредством щупа, а между узлами контактирующих поверхностей определена в соответствии с геометрией тел. Компьютерное моделирование на основе предложенной математической модели позволило установить, что основной причиной разрушения подшипника качения является интенсивная циклически изменяющаяся технологическая нагрузка на опоры. Изменение жесткости бегунковой опоры не дает желаемого результата, а приводит лишь к сравнительно небольшому увеличению долговечности. Поэтому основная идея предлагаемого вновь варианта конструкции исполнительного устройства стана ХПТ-250 [4] заключалась в исключении подшипников качения из валковой клетки и заме-

#### Список литературы

1. Goncharov K.A., Fedorov A.A., Chechulin Y.B. Using finite element method for the strength calculation of tube rolling equipment // 18-th CAD-FEM Users' Meeting 2000 – Internationale FEM-Technologietage, Friedrichshafen, Lake Constance.
2. Чечулин Ю.Б., Федоров А.А., Гончаров К.А. Повышение ресурса штампового инструмента для формовки сварных труб большого диаметра // Сталь. 2000. №12.
3. Гончаров К.А., Чечулин Ю.Б. Исследование напряженного состояния листовой заготовки при изготовлении труб большого диаметра // Проектирование научных и инженерных приложений в среде MATLAB: Тез. докл. Всеросс. научн. конф. М: MATLAB, 2002.
4. Пат. №2189881 РФ. Штамповый инструмент для прессования труб большого диаметра / Ю.Б. Чечулин, К.А. Гончаров, И.А. Романцов и др.

## STRESSED-STRAINED STATE OF THE PARTS OF A MILL FOR PIPE COLD ROLLING

*K.A. Goncharov, Yu.B. Chechulin*

A numerical method is proposed for calculating the stressed state of the parts of a cold rolling mill for large-diameter pipes. The mathematical model is based on the use of numerical finite element method. A solid finite element and a special contact element were used to simulate the contact areas of interaction. The results of the studies of the KHPT-250 tube mill are presented, which made it possible to establish the causes for the extremely low life of the bearing and to suggest a fundamentally new solution that greatly increases the service life of the mill.

*Keywords:* tube mill, nonlinear problem of elasticity theory, mathematical modeling, finite element method, the contact interaction.