

**УДК 621.774.68**

## **ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОЙ ПРАВКИ ТРУБ НА КОСОВАЛКОВОЙ ПРАВИЛЬНОЙ МАШИНЕ**

Евсеев Илья Михайлович

*Студент 6 курса, специалитет  
кафедра «Оборудование и технологии прокатки»  
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: А.В. Иванов,  
кандидат технических наук, доцент кафедры «Оборудование и технологии прокатки»*

Трубы после прокатки, сварки или термообработки зачастую имеют ряд дефектов формы, среди которых наиболее распространенными являются кривизна по продольной оси и овальность поперечного сечения. Эти дефекты могут быть устранены в косовалковых правильных машинах, которые составляют наиболее обширную группу трубоправильных машин и применяются почти во всех агрегатах по изготовлению или обработке труб [1].

Правка труб в косовалковых машинах производится за счет многократного упругопластического изгиба, который осуществляется пропуском выправляемого проката через несколько валковых обойм, установленных с некоторым смещением. Правильные валки глобоидальной формы располагаются под углом к оси правки, за счет этого прокат получает винтовое движение. В процессе правки труба подвергается деформации двух видов. Во-первых, искривленные участки расправляются в пределах длины бочки валка; одновременно деформируется поперечное сечение трубы и частично устраняется овальность; во-вторых, труба по длине изгибается между последовательно расположенными обоймами валков [1].

Наличие двух видов деформации делает правку труб в косовалковых машинах одним из наиболее эффективных способов правки труб и дает возможность исправлять как кривизну трубы по продольной оси, так и овальность ее поперечного сечения [2]. Вместе с тем сложная схема деформации затрудняет подбор технологических параметров правки, а учет упрочнения материала трубы и влияния скорости деформации на напряженное состояние во время теплой правки делает эту задачу аналитически не решаемой.

Как правило производители закладывают в автоматическую систему управления трубоправильных машин свои математические модели по расчету параметров правки. В качестве входных данных для настройки машины в автоматическом режиме используются номинальный диаметр трубы, толщина стенки и условный предел текучести материала трубы [3]. Такая настройка зачастую является довольно грубой и не дает достаточной для потребителя точности формы трубы, особенно это касается овальности поперечного сечения. Более того, в ряде случаев на некоторых предприятиях точный подбор параметров правки труб на косовалковой машине при переходе на новый сортament или запуске новой линии производства осуществляется опытным путем при проведении заводских испытаний, что увеличивает продолжительность пуска наладочных работ нового оборудования. Все это делает настройку косовалковых правильных машин сложной, требующей исследования влияния различных факторов на качество правки труб. Такая задача может быть решена только с помощью математических моделей максимально точно описывающих процесс правки [4].

Автором была разработана конечно-элементная модель для численного исследования процесса тепловой правки труб на косоалковых правильных машинах. За основу была взята машина из ТЭСЦ-1 АО «ВМЗ», установленная на участке термообработки труб. Предложенная модель позволяет проводить оценку эффективности выбранных режимов правки труб широкого размерного сортамента из различных марок стали с заданными исходными искажением цилиндричность и отклонением профиля продольного сечения, и дает возможность оценивать проектные решения по режимам тепловой правки труб.

Модель разработана в среде ANSYS/LS-DYNA и написана в параметризованном виде на языке APDL, что позволяет оперативно менять входные параметры процесса правки и получать новое решение, а также дает возможность перестраивать модель под любую другую косоалковую правильную машину.

Адекватность предложенной модели была проверена путем сравнения результатов решения с данными, полученными на производстве. На модели был воспроизведён процесс правки трубы диаметром 60,32 мм, толщиной стенки 5 мм из стали К60 при температуре 400 °С с известной настройкой машины. В модели учитывались реальные механические свойства материала трубы, и кинематические параметры процесса. Расчет проводился при различных отклонениях формы трубы и поперечного сечения. В результате моделирования были выявлены, факторы, влияющие на исправление этих дефектов.

## Литература

1. Маскилейсон А.М., Сапир В.И., Комиссарчук Ю.С. Изд-во «Машиностроение», 1971. – 208 с.
2. Ротов И.С. Машины для правки труб. Конструкции, расчеты, исследования. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. – 269 с.
3. Трубоправильные машины Fixes Bronx. Режим доступа: <https://tube-pipe.fivesgroup.com/straighteners/bronx-tube-straighteners.html> (дата обращения 13.03.2021).
4. Dvorkin E. N. Finite Element Models for Analyzing the Straightening of Steel Seamless Tubes. Режим доступа: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1086.6554&rep=rep1&type=pdf> (дата обращения 13.03.2021).