



УДК 621.774.35
DOI: 10.21122/1683-6065-2018-4-65-69

Поступила 18.10.2018
Received 18.10.2018

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАЛИБРОВКИ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ РАСКАТНОГО ТРУБНОГО СТАНА НА ИЗНОС РАСКАТНОЙ ОПРАВКИ

Ю. Л. БОБАРИКИН, Я. И. РАДЬКИН, Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, г. Гомель, Беларусь, пр. Октября, 48. E-mail: kaf_metallurgy@gstu.by

С помощью численного моделирования установлено влияние геометрии калибров прокатных валков на износ раскатной оправки. Определен тип калибровки прокатных валков непрерывного трехвалкового раскатного стана, позволяющий снизить износ раскатной оправки при прокатке.

Ключевые слова. Бесшовные трубы, непрерывная раскатка, численное моделирование, метод конечных элементов, моделирование износа.

Для цитирования. Бобарикин, Ю. Л. Исследование влияния калибровки прокатных валков раскатного трубного стана на износ раскатной оправки / Ю. Л. Бобарикин, Я. И. Радькин // *Литье и металлургия*. 2018. № 4. С. 65–69. DOI: 10.21122/1683-6065-2018-4-65-69.

RESEARCH ON THE EFFECT OF THE GROOVING OF MILL ROLLS OF THE REELING TUBE MILL ON THE WEAR OF THE ELONGATING MANDREL

Yu. L. BOBARIKIN, Ya. I. RADKIN, Gomel State Technical University named after P. O. Sukhoi, Gomel, Belarus, 48, Oktyabrya ave. E-mail: kaf_metallurgy@gstu.by

By means of numerical simulation the influence of the geometry of calibers of mill rolls on the wear of the elongating mandrel is determined. The type of the grooving of mill rolls of a continuous three roll reeling mill, which reduces the wear of the elongating mandrel during the rolling, is determined.

Keywords. Seamless pipes, continuous elongating process, numerical simulation, finite element method, wear simulation.

For citation. Bobarikin Yu. L., Radkin Ya. I. Research on the effect of the grooving of mill rolls of the reeling tube mill on the wear of the elongating mandrel. *Foundry production and metallurgy*, 2018, no. 4, pp. 65–69. DOI: 10.21122/1683-6065-2018-4-65-69.

Повышение стойкости рабочей поверхности прокатного инструмента является важнейшей задачей трубопрокатной промышленности. Процессы формирования горячекатаных бесшовных труб характеризуются сложными схемами напряжений и деформаций заготовки в процессе прокатки. При эксплуатации инструмент подвергается значительным термическим и механическим напряжениям, что оказывает существенное влияние на снижение продолжительности срока службы прокатного инструмента. К прокатному инструменту при производстве бесшовных труб относятся прокатные валки, оправки, направляющие линейки и диски. Получение горячекатаной бесшовной трубы состоит из нескольких этапов, включающих в себя ряд последовательных операций: нарезку на мерные длины заготовок; получение полой заготовки (гильзы); раскатку гильзы в черновую трубу; формирование черновой трубы на редуционно-растяжном стане.

Одним из основных этапов при производстве горячекатаных труб является этап формирования черновой трубы. Для получения черновых труб в современной промышленности широко распространены непрерывные раскатные станы в виду высокой производительности и возможности получения широкого сортамента трубных заготовок.

Раскатка осуществляется деформацией стенки трубы между прокатными валками и раскатной оправкой, которая в свою очередь может перемещаться свободно за счет сил трения либо двигаться в направлении прокатки с заданной скоростью при помощи специальных удерживающих устройств (рис. 1). Раскатной стан состоит из пяти последовательно расположенных трехвалковых клетей. Первая клеть служит для обжатия заготовки на раскатную оправку, далее располагаются две деформирующие и две калибрующие клетки.

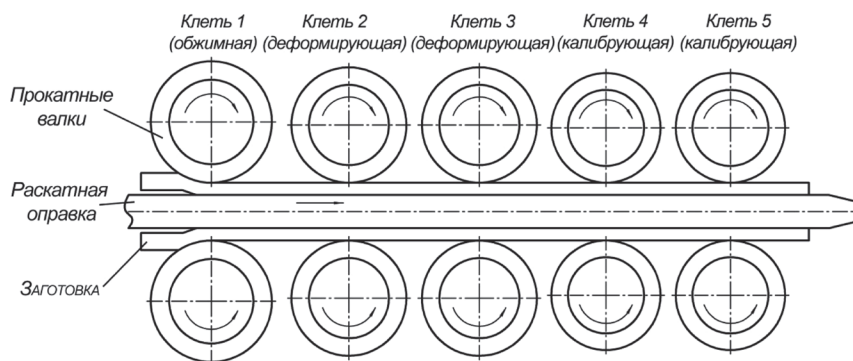


Рис. 1. Схема раскатки гильз на трехвалковом непрерывном стане

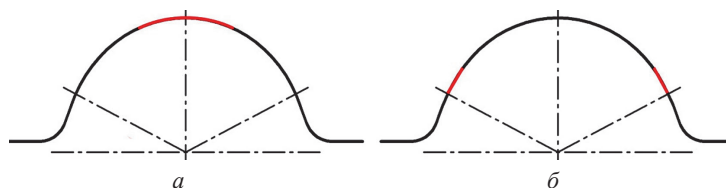


Рис. 2. Участки износа прокатных валков: а – круглые калибры; б – овальные калибры

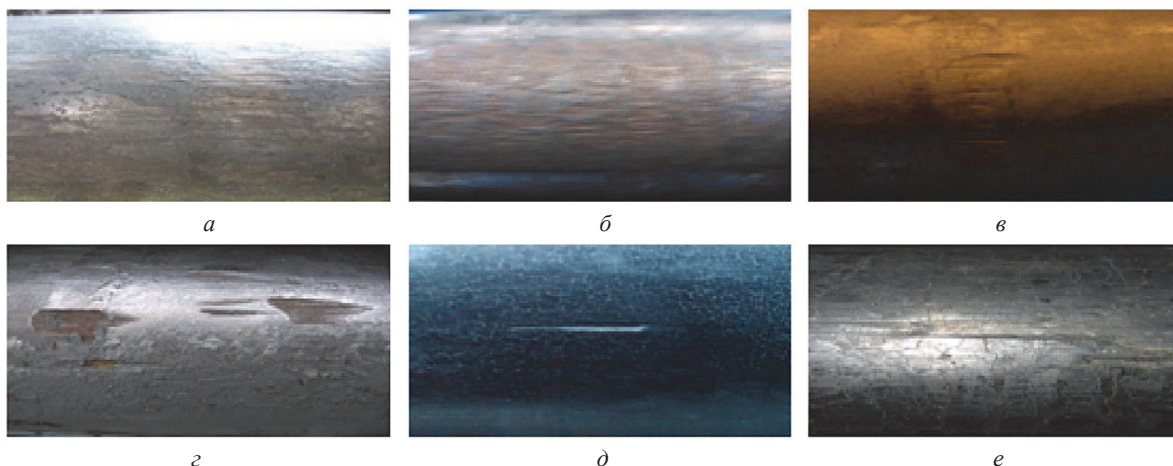


Рис. 3. Дефекты раскатных оправок: а – риски и оспины; б – риски; в – раковины; г – сколы; д – продир и сетка разгара; е – хвосты кометы и трещины разгара

Интенсивность износа прокатного инструмента в процессе раскатки определяется технологическими и эксплуатационными факторами. К технологическим факторам относятся способ изготовления, материалы и методы термообработки прокатного инструмента, к эксплуатационным – скоростные, температурные и геометрические параметры прокатки, правильность настройки прокатного стана, корректность работы систем охлаждения и смазки рабочих поверхностей прокатного инструмента.

Ранее были проведены исследования влияния скоростных режимов раскатной оправки и валков на интенсивность износа рабочей поверхности оправки [1, 2]. Данная работа посвящена определению влияния геометрии прокатных валков на износ рабочей поверхности раскатной оправки, так как правильное заполнение калибров в процессе раскатки позволяет равномерно распределять напряжение со стороны металла на инструмент, что приведет к снижению величины контактных давлений на рабочую поверхность раскатной оправки.

На непрерывных раскатных станах применяются калибры круглой и овальной формы. При использовании круглых калибров наибольший износ происходит по дну калибра вследствие более плотного обхвата заготовки и меньшей свободы течения металла в очаге деформации. Также ввиду плотного обжатия заготовки наблюдается повышенный износ раскатной оправки. В случае применения овальных калибров наибольший износ – на выпущках калибров и переходах между радиусами калибров [3]. На рис. 2 красным цветом показаны участки проектных валков, подверженных износу.

Оправка не допускается к эксплуатации, если на ее поверхности имеются дефекты (рис. 3), глубина залегания которых превышает 1 мм, либо общий износ по диаметру оправки больше 1,5 мм.

Для оценки влияния геометрии калибров на износ поверхности оправки был выбран метод конечных элементов, позволяющий проводить виртуальные эксперименты процессов обработки материалов, используя адекватные численные модели, в основе которых лежит комплекс математических зависимостей реологии упругой и пластической деформации металлов, механики сплошных сред и механизмов образования абразивного износа поверхностей в процессе обработки. Метод позволяет получать не только численные характеристики процесса, но и визуализировать результаты и получать информацию об объемном распределении напряжений, деформаций, температурных полей, достаточно точно определять участки поверхностей, наиболее подверженных износу.

Использовали адекватную численную модель процесса раскатки черновых труб на трехвалковом непрерывном стане [4]. Исследовали процесс раскатки полой заготовки в черновую трубу для производства трубного профиля 168,3×4,5 мм из стали 20. Для моделирования износа применяли модель износа Арчарда, для обрабатываемого материала – упругопластичную модель Мизеса. Задачу решали в формулировке Лагранжа-Эйлера, трение между заготовкой и инструмента подчиняется закону Амонтона-Куллона.

В качестве входных параметров для численного моделирования были использованы настроечные параметры непрерывного раскатного стана для производства трубного профиля 168,3×4,5 мм (табл. 1).

Таблица 1. Исходные данные для численного моделирования процесса раскатки

Диаметр полой заготовки, мм	215
Толщина стенки полой заготовки, мм	13,8
Диаметр черновой трубы, мм	184,3
Толщина черновой трубы, мм	4,38
Температура прокатки, °С	1080
Скорость контролируемо-перемещаемой оправки, м/с	2,3
Скорость прокатных клетей, об/мин:	
клеть 1	497
клеть 2	569,3
клеть 3	673
клеть 4	656,5
клеть 5	639

Круглые и овальные калибры характеризуются геометрическими параметрами, приведенными на рис. 4.

Проведен ряд численных экспериментов процесса раскатки черновых труб с различными типами калибров прокатных валков (табл. 2). Геометрические параметры калибров приведены в табл. 3. Первая клеть в таблице не отображена, так как в ней не происходит деформация металла, она служит для обжатия полой заготовки на оправку.

Таблица 2. Исследуемые калибровки раскатного стана

Номер калибровки	Профиль калибра		
	1	2	3
Клеть 1	Овальный	Овальный	Овальный
Клеть 2	Овальный	Круглый с прямым выпуском	Круглый со скругленным выпуском
Клеть 3	Овальный	Круглый с прямым выпуском	Круглый со скругленным выпуском
Клеть 4	Круглый со скругленным выпуском	Круглый со скругленным выпуском	Круглый со скругленным выпуском
Клеть 5	Круглый со скругленным выпуском	Круглый со скругленным выпуском	Круглый со скругленным выпуском

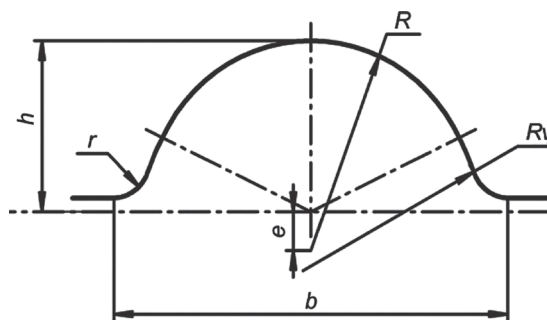


Рис. 4. Схема калибра раскатного стана: R – радиус калибра; R_v – радиус, которым ограничен выпуск калибра (при прямых выпусках), радиус выпуска (при скругленных выпусках); r – радиус закругления калибра; h – высота калибра; b – ширина калибра; e – эксцентриситет калибра

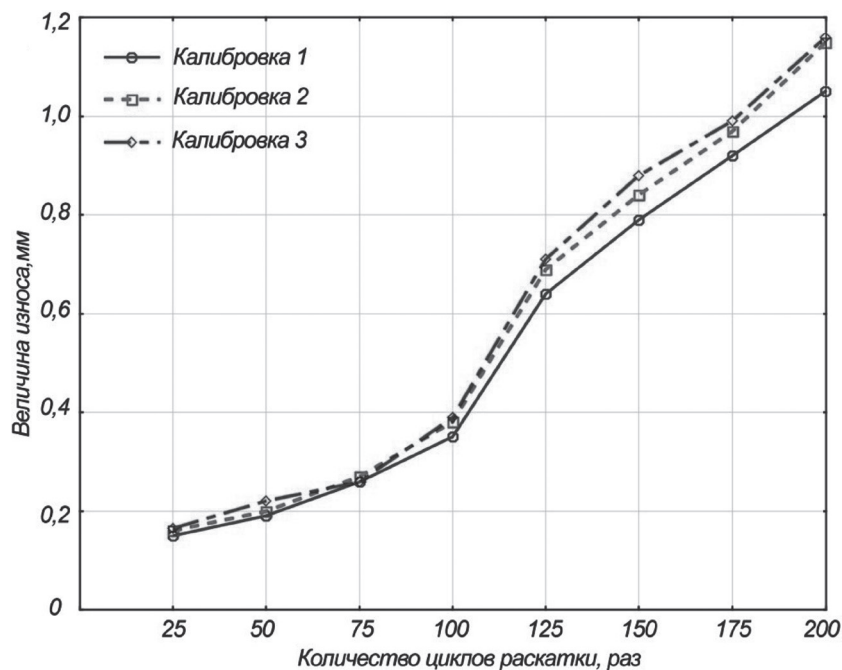


Рис. 5. Результаты моделирования износа поверхности оправки непрерывного раскатного стана

Т а б л и ц а 3. Геометрические параметры калибров раскатного стана

Номер клетей	2			3			4, 5		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Номер калибровки	1	2	3	1	2	3	1	2	3
R , мм	96,1	96,1	98,9	94,1	94,4	94,5	92	92	92
R_v , мм	289,5	292,7	296,2	310,5	313,1	315,5	230	230	230
r , мм	33,3	34,3	35,6	25,1	25,9	26,8	23,7	23,7	23,7
h , мм	96,1	96,1	96,9	92,1	94,4	84,5	92	92	92
b , мм	170,4	170,4	170,4	166,6	166,6	166,6	169	169	169
e , мм	0	0	2,8	0	0	1,8	0	0	0

Численным моделированием были определены усилия, действующие на раскатную оправку и валки в процессе раскатки гильзы в черновую трубу (табл. 4).

Т а б л и ц а 4. Усилия, действующие на инструмент в процессе раскатки

Номер калибровки	Усилие, действующее на инструмент, кН					
	оправка	клеть 1	клеть 2	клеть 3	клеть 4	клеть 5
1	1415	74	1723	1604	998	382
2	1570	82	1815	1669	1045	423
3	1621	88	1822	1691	1089	451

На основе полученных результатов (табл. 4) можно утверждать, что применение овальных калибров для деформирующих клетей позволяет снизить усилия, действующие со стороны металла на поверхность прокатных валков и оправки. Снижение усилия достигается за счет более равномерного заполнения калибров, так как в овальных калибрах происходит более интенсивное течение металла в продольном и поперечном сечениях очага деформации. За счет отсутствия местных участков с повышенной величиной контактных давлений снижается усилие, действующее на оправку.

При помощи модели износа Арчарда получены результаты интенсивности износа поверхности раскатной оправки при различных калибровках валков раскатного стана за 200 циклов раскатки (рис. 5).

Таким образом, применение системы калибровки с овальными калибрами на обжимной и деформирующих клетях и круглыми на калибрующих клетях позволяет снизить величину износа рабочей поверхности раскатной оправки. Данная система калибров позволяет происходить более равномерному обжа-тию гильзы по оправке, что снижает пиковые значения контактных давлений и равномерно распределяет усилия по поверхности оправки. Это позволяет уменьшить износ рабочей поверхности раскатной оправки.

Исследование, проведенное в данной работе, позволило определить величину износа рабочей поверхности оправки в процессе раскатки черновых труб, определить влияние калибровки прокатных валков на интенсивность износа поверхности оправки и значения усилий, действующих на прокатный инструмент в процессе раскатки.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Бобарикин Ю. Л., Радькин Я. И.** Определение оптимальной скорости оправки раскатного непрерывного прокатного стана с помощью численного моделирования // *Литье и металлургия*. 2017. № 1. С. 86–92.
2. **Бобарикин Ю. Л., Радькин Я. И.** Разработка мероприятий по снижению износа контролируемо-перемещаемой оправки непрерывного трехвалкового раскатного стана для прокатки черновых труб // *Современные методы и технологии создания и обработки материалов: Сб. науч. тр. В 3-х кн. Кн. 3. Обработка металлов давлением*. Минск: ФТИ НАН Беларуси, 2017. 129 с.
3. **Матвеев Ю. М., Ваткин Я. Л.** Калибровка инструмента трубных станов. Изд. 2-е. М.: Металлургия, 1970. 480 с.
4. **Бобарикин Ю. Л., Радькин Я. И.** Адекватная численная модель процесса раскатки гильз на трехвалковом непрерывном стане и выбор метода оценки износа инструмента // *Современные методы и технологии создания и обработки материалов: Сб. науч. тр. В 3-х кн. Кн. 3. Обработка металлов давлением*. Минск: ФТИ НАН Беларуси, 2016. 95 с.

REFERENCES

1. **Bobarikin Yu. L., Rad'kin Ya. I.** Opredelenie optimal'noj skorosti opravki raskatnogo nepreryvnogo prokatnogo stana s pomoshch'yu chislennogo modelirovaniya [Determination of the optimal speed of the mandrel in the reeling mill by means of numerical simulation]. *Lit'e i metallurgiya = Foundry production and metallurgy*, 2017, no. 1, pp. 86–92.
2. **Bobarikin Yu. L., Rad'kin Ya. I.** Razrabotka meropriyatij po snizheniyu iznosa kontroliruemо-peremeshchaemoj opravki nepreryvnogo trekhvalkovogo raskatnogo stana dlya prokatki chernovyh trub [Development of measures to reduce the wear of a controlled-movable mandrel of a continuous three roll reeling mill for rough tubes rolling process]. *Sovremennye metody i tekhnologii sozdaniya i obrabotki materialov: XII Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya*. Minsk, September 13–15, 2017, pp. 129.
3. **Matveev Yu. M., Vatkin Ya. L.** *Kalibrovka instrumenta trubnyh stanov* [Colibration of the instrument of tube rolling mills]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1970, 480 p.
4. **Bobarikin Yu. L., Rad'kin Ya. I.** Adekvatnaya chislennaya model' processa raskatki gil'z na tryohvakovom nepreryvnom stane i vybor metoda ocenki iznosa instrumenta [Adequate numerical model of the shell elongating process on a three roll continuous mill and the selection of the method of the estimation of tool wear]. *Sovremennye metody i tekhnologii sozdaniya i obrabotki materialov: XI Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya*. Minsk, September 14–16, 2016, 95 p.