



Журнал индексируется системами РИНЦ и Google Scholar.
Сведения о журнале публикуются в международной системе «Ulrich's Periodicals Directory»

Редакционная коллегия

Главный научный редактор

Корчунов А.Г. – «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», профессор, доктор технических наук.

Заместитель главного научного редактора

Анцупов В.П. – «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», профессор, доктор технических наук.

Бобарикин Ю.Л. – «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», доцент, кандидат технических наук, г. Гомель, Республика Беларусь.

Горбатюк С.М. – Национальный исследовательский технологический университет «Московский институт стали и сплавов», профессор, доктор технических наук.

Кузьминов А.Л. – «Череповецкий государственный университет», профессор, доктор технических наук.

Раскатов Е.Ю. – «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», профессор, доктор технических наук.

Трофимов В.Н. – «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», профессор, доктор технических наук.

Ответственный редактор

Слободянский М.Г. – «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», доцент, кандидат технических наук.

Журнал основан в 2012 г.
Периодичность выхода – 2 номера в год.

Адрес издателя:

455000, Челябинская обл.,
г. Магнитогорск,
пр. К. Маркса, 45/2,
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»,
издательский центр.

Адрес типографии:

455000, Челябинская обл.,
г. Магнитогорск,
пр. Ленина, 38,
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»,
участок оперативной полиграфии.

Выход в свет 31.08.2020. Заказ 206.
Тираж 300 экз.

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

А.Н. Матяс, А.М. Милюкова

Определение эффективности использования
упрочняющей магнитно-импульсной обработки
для повышения периода стойкости режущего
инструмента

3

A.N. Matyas, A.M. Milyukova

Determining the efficiency of the strengthening
magnetic-pulse treatment to increase the lifetime
of cutting tools

3

Н.Ш. Тютеряков

Оценка нагруженности роликов кантующей
валковой арматуры в процессе скручивания
полос на сортовых станах ПАО «ММК»

11

N.Sh. Tyuteryakov

Assessing the load of rollers of tilting guide fittings
during the twisting of strips on section rolling mills at
PJSC MMK

11

Т.В. Бровман

Расчет усилий локальной пластической
деформации поковок

15

T.V. Brovman

Calculating forces of local plastic deformation
of forgings

15

**Ш.В. Садетдинов, И.А. Стрельников,
Д.А. Пестряев**

Аминоборатные ингибиторы коррозии
механического оборудования металлургических
заводов

18

Sh.V. Sadetdinov, I.A. Strelnikov, D.A. Pestryaev

Aminoborate-based corrosion inhibitors for
mechanical equipment of metallurgical plants

18

С.А. Лошаков, Л.Т. Плаксина

Совершенствование проектирования
технологий ремонтной сварки литых деталей в
условиях промышленного предприятия

25

S.A. Loshakov, L.T. Plaksina

Improving the design of repair welding technologies
for cast parts at the industrial plant

25

Е.А. Максимов

Параметры, конструкции и регулировки
роликовых правильных машин при правке
листового проката

31

E.A. Maksimov

Parameters, design and adjustment of roller levelers,
when leveling flat products

31

М.В. Андросенко, Е.В. Куликова

Определение нагрузки на ролики рольганга
прокатного стана при транспортировании
заготовки

39

M.V. Androsenko, E.V. Kulikova

Determining the load on rollers of the rolling table of
the rolling mill, when transferring billets

39



УДК 621.98.044.7

А.Н. Матяс, А.М. Милюкова
Государственное научное учреждение
«Физико-технический институт
Национальной академии наук Беларуси»
г. Минск, Республика Беларусь
E-mail: annart@mail.ru
Дата поступления 03.03.2020

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УПРОЧНЯЮЩЕЙ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПЕРИОДА СТОЙКОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Аннотация

В данной статье представлены результаты исследования эффективности использования магнитно-импульсной обработки для повышения периода стойкости режущего инструмента, применяемого в пищевой промышленности. Описаны особенности износа куттерных ножей, изготовленных из коррозионностойкой стали 40X13, которые используются на всех мясоперерабатывающих предприятиях. Результаты исследований режущей кромки куттерных ножей без упрочнения и после магнитно-импульсной обработки, которые прошли производственные испытания, получены методом отпечатков (слепков) и представлены в виде диаграмм. Результаты испытаний до первой переточки показали снижение прироста радиуса округления режущей кромки в среднем в 1,8 раза.

Ключевые слова: режущий инструмент, пищевая промышленность, куттерные ножи, магнитно-импульсная обработка, упрочнение, стойкость, режущая кромка, лезвие, переточка.

Введение

В условиях развивающихся рыночных отношений особое значение для перерабатывающих отраслей приобретают вопросы повышения показателей надежности и долговечности измельчающих машин и аппаратов.

Известно, что измельчение (куттерование) мясного сырья является одним из самых трудоемких процессов при изготовлении мясных продуктов. Куттерование – один из наиболее важных процессов при производстве мясной продукции. От качества куттерования зависит качество получаемого сырья и их выход. Кроме технологических факторов, на качество куттерования также влияет острота лезвия ножей, которая, в свою очередь, оказывает существенное влияние при резании, т.к. от нее зависит внешний вид и выход готовой продукции, усилие резания, качество среза и выделение мясного сока при переработке продукта. Практика и анализ литературных источников показывают, что при затуплении лезвия за 3-4 часа работы падает в 23

раза такой показатель качества, как влагоемкость фарша, что влечет за собой ухудшение качества фарша, следовательно, и продукции в целом [1].

Недостаточная износостойкость режущей кромки ножей приводит к необходимости их частой заточки. При эксплуатации обычно стремятся не доводить режущий инструмент до износа, превышающего установленные оптимальные значения, которые принимают за критерий износа, и постоянно следят за состоянием режущей части инструмента и своевременно его затачивают. В то же время наибольший износ ножей происходит в результате частой заточки, что приводит к уменьшению их стойкости и долговечности [2,3].

В настоящее время наблюдается, что группа предприятий и организаций пищевой промышленности, исключают необходимость совершенствования инструмента, чтобы снизить его стоимость и тем самым увеличить объем продаж. Такие действия, приводящие к низкому качеству режущего

инструмента, сказываются на производительности оборудования и качестве выпускаемого пищевого продукта.

Таким образом, проблема повышения качества режущего инструмента пищевой промышленности является весьма актуальной.

Ввиду того, что к машинам, оборудованию и инструменту пищевой промышленности предъявляются очень высокие требования по безопасности и гигиене, в связи с чем какая-либо дополнительная обработка не всегда может соответствовать необходимым нормам по гигиенической безопасности по ГОСТ Р 54967-2012 [4].

Исходя из этого, сформировавшиеся прогрессивные технологические методы обеспечения надежности режущих инструментов путем использования заготовок и полуфабрикатов из порошковых материалов, химико-термической обработки, лазерного и криогенного воздействия на инструмент, электроискрового легирования, не соответствуют нормам гигиенической безопасности или приводят к изменению геометрических параметров инструмента, что недопустимо, или же являются экономически не оправданными.

На сегодняшний день одним из перспективных методов повышения надежности и стойкости различного инструмента является магнитно-импульсная упрочняющая обработка (МИО). Суть этого метода состоит в том, что обработку готовых стальных изделий проводят воздействием импульсами электромагнитного поля определенной напряженности в специальной магнитно-импульсной установке (МИУ) с использованием индукторной системы и с возможностью управления технологическими режимами импульсной обработки.

Известно, что магнитно-импульсная упрочняющая обработка (МИО) наиболее эффективна при воздействии на металлические поверхности, имеющие большое количество различных дефектов (искривления кристаллической решетки, остаточные внутренние напряжения и т.д.), так как приводит к их частичному устранению, а вышеуказанные дефекты появляются в результате различных технологических операций (термических или деформационных).

При воздействии МИО на металл измельчается и становится более однородной его структура, что снижает трещинообразование, стабилизирует структуру, обеспечивает повышение прочности изделий и, соответственно, увеличивает их срок эксплуатации. Осуществление этих процессов непосредственно связано с неоднородностью материала стали, локальным выделением теплоты вблизи границ зерен при протекании индукционных токов, деформационными и магнитострикционными эффектами (в случае изделий, выполненных из магнитных материалов) [5–7].

Многочисленные эксперименты и производственные испытания на предприятиях показывают, что в результате магнитно-импульсной обработки разнообразные инструменты, применяемые в деревообрабатывающей, машиностроительной, пищевой отраслях промышленности, как на предприятиях Республики Беларусь, так и за рубежом повышают свои эксплуатационные показатели до двух раз [8].

Известно, что применение упрочняющей МИО по сравнению с известными методами упрочнения имеет ряд преимуществ: не используется экологически небезопасное оборудование, геометрические параметры упрочненных изделий не меняются, при этом метод позволяет с высокой эффективностью повысить качество поверхности, что очень важно для режущего инструмента, в том числе и в мясоперерабатывающей отрасли промышленности [9 – 12].

Таким образом использование метода МИО не предусматривает применение каких-либо покрытий или имплантации химических элементов, что обеспечивает соответствие необходимым гигиеническим нормам и безопасной работы режущего инструмента.

В связи с этим *целью работы* является исследование особенностей износа куттерных ножей при измельчении мяса и определение эффективности использования упрочняющей МИО для повышения периода стойкости режущего инструмента из коррозионностойких марок стали.

Оборудование и методика проведения исследований

С целью повышения эффективности упрочнения коррозионностойких сталей использовалась разработанная в «Физико-техническом институте НАН Беларуси» полуавтоматическая магнитно-импульсная установка МИП-18, представленная на рисунке 1, с максимально запасаемой энергией в 15 кДж. По сравнению с существующими установками лаборатории, установка обладает меньшей длительностью и большей частотой импульса, что соответственно, повышает коэффициент полезного действия (КПД). МИП-18 позволяет увеличить эффективность магнитного воздействия на инструмент из коррозионностойких и тугоплавких марок стали. Кроме этого, конструкция установки с увеличенной рабочей зоной позволяет обрабатывать инструмент больших размеров, а также проводить контроль температуры нагрева изделия во время обработки при различных технологических режимах.



Рисунок 1. Установка МИП-18 с запасаемой энергией в 15 кДж

На характер износа режущих кромок лезвия ножа влияет множество факторов. К основным факторам можно отнести следующие:

- материал, который подвергается резанию;
- режимы резания;
- физико-механические свойства материала режущего инструмента;
- параметры инструмента и исходное состояние режущих кромок.

Износ и затупление инструмента может характеризоваться различными параметрами, одним из которых является радиус округления режущей кромки [13].

Для исследования периода стойкости (времени до первой переточки) обработанных куттерных ножей по нашей технологии и без нее, и соответственно для определения эффективности МИО, были проведены исследования по определению радиуса округления режущих кромок ножей, которые отработали при одинаковых технологических условиях на ОАО «Агрокомбинат Дзержинский» в колбасном цеху на куттере LASKA KT 200 2V, методом отпечатков (слепков) [14].

Измерение радиуса округления режущей кромки лезвия ножа и величины фаски заключалось в следующем: свинцовую пластинку надвигали на лезвие в строго перпендикулярной плоскости. На рисунке 2 представлена схема осуществления метода слепков [14].

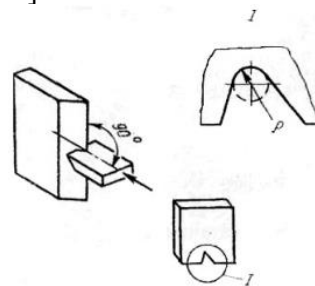


Рисунок 2. Схема метода снятия слепка режущей кромки

Так как износ острия режущей кромки (область 1) значительно больше, чем в направлении оси вращения лезвия (области 2 и 3), измерение радиуса округления режущей кромки проводилось в трех областях ножа, начиная от острия, как показано на рисунке 3.

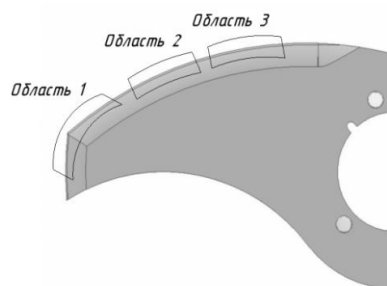


Рисунок 3. Области измерения радиуса округления режущей кромки куттерного ножа

Пространственная форма режущей кромки, т.е. форма дуги и угол скоса, опти-

мизированы для каждого случая применения куттерного ножа. Если эту оптимизированную форму в результате чрезмерного износа необходимо восстановить заново, то скос приходится перетачивать по всей длине лезвия, а не только на острие или поблизости от него. Поэтому такая переточка требует значительного съема закаленной коррозионностойкой стали, что является весьма трудоемким процессом [15].

Полученные в свинцовой пластине слепки размещали на предметный стол микроскопа и с помощью фотоаппарата делали электронные снимки (рисунок 4).

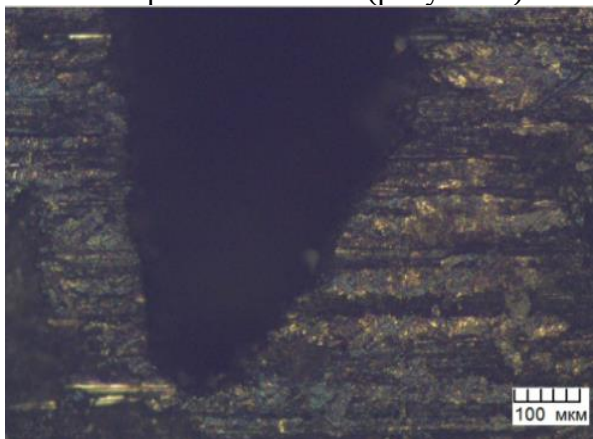


Рисунок 4. Снимок слепка режущей кромки

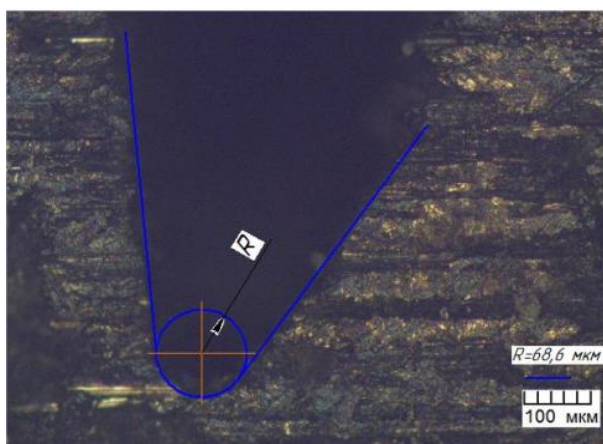


Рисунок 5. Пример обработки изображения слепка

Далее при помощи программы САПР, производилась операция вписывания окружности в измеряемую область (рисунок 5).

Для вычисления реального радиуса вписанной окружности необходимо вычислить коэффициент k , показывающий отношения измеренного радиуса окружности к значению деления окулярной линейки [14]:

$$k = \rho_o \cdot a, \quad (1)$$

где a – величина единичного деления, измеренного в программе САПР, мм;

ρ_o – измеренный радиус вписанной окружности, мм.

Полученный коэффициент необходимо умножить на величину единичного деления, после чего получили действительное значение радиуса вписанной окружности, мкм [14]:

$$\rho_d = a \cdot O, \quad (2)$$

где ρ_d – значение деления окулярной линейки, мкм;

O – коэффициент отношения измеренной окружности к значению деления окулярной линейки.

Результаты исследования и их обсуждения

Полученные результаты изменения радиуса округления режущей кромки в период работы ножей без МИО представлены на диаграмме (рисунок 6).

Полученные результаты изменения радиуса округления режущей кромки в период работы ножей с МИО представлены в виде диаграммы на рисунке 7.

Полученные результаты, представленные в виде диаграмм, доказывают, что износ острия режущей кромки (область 1) значительно отличается от износа режущей кромки в области 3. Также наблюдается, что из шести ножей, установленных на валу куттера, лишь первые два ножа имеют наибольшие значения радиуса округления режущей кромки, это говорит о том, что первая пара ножей выполняет большую работу по измельчению, чем вторая и третья пара. Вторая и третья пара ножей выполняют работу по измельчению в меньшей степени, обрабатывая лишь тонкие слои фарша.

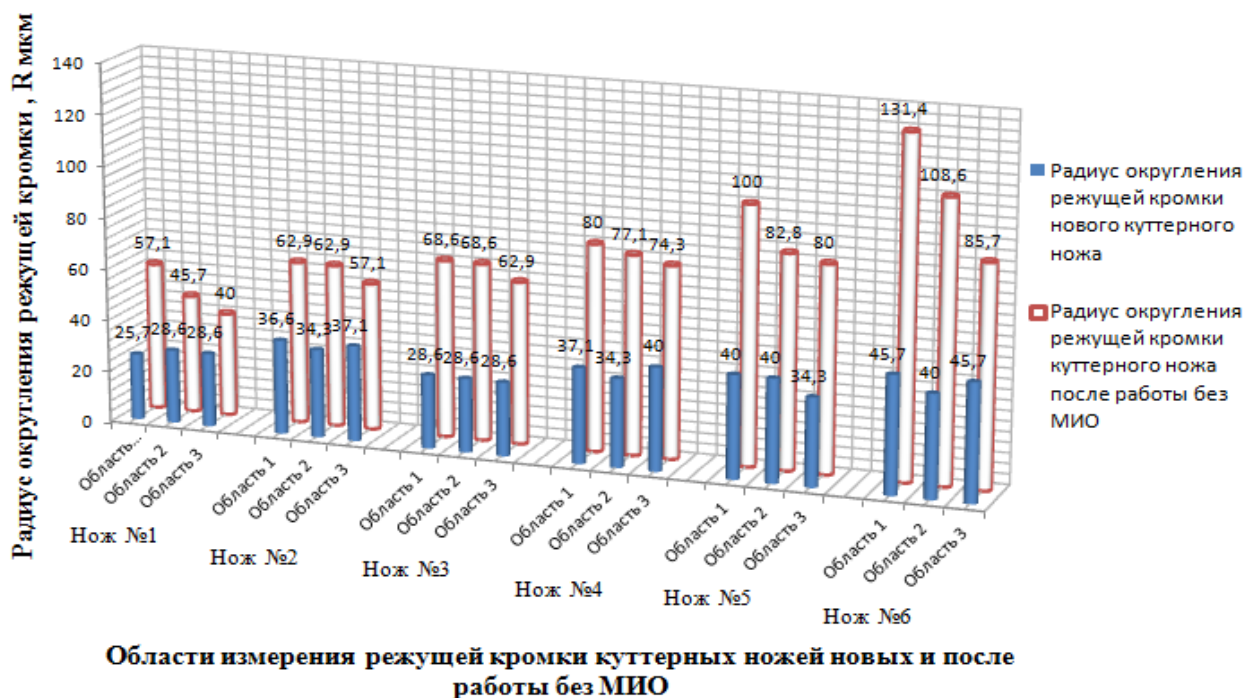


Рисунок 6. Результаты исследования радиуса округления режущей кромки новых куттерных ножей без МИО до и после испытаний на ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский»

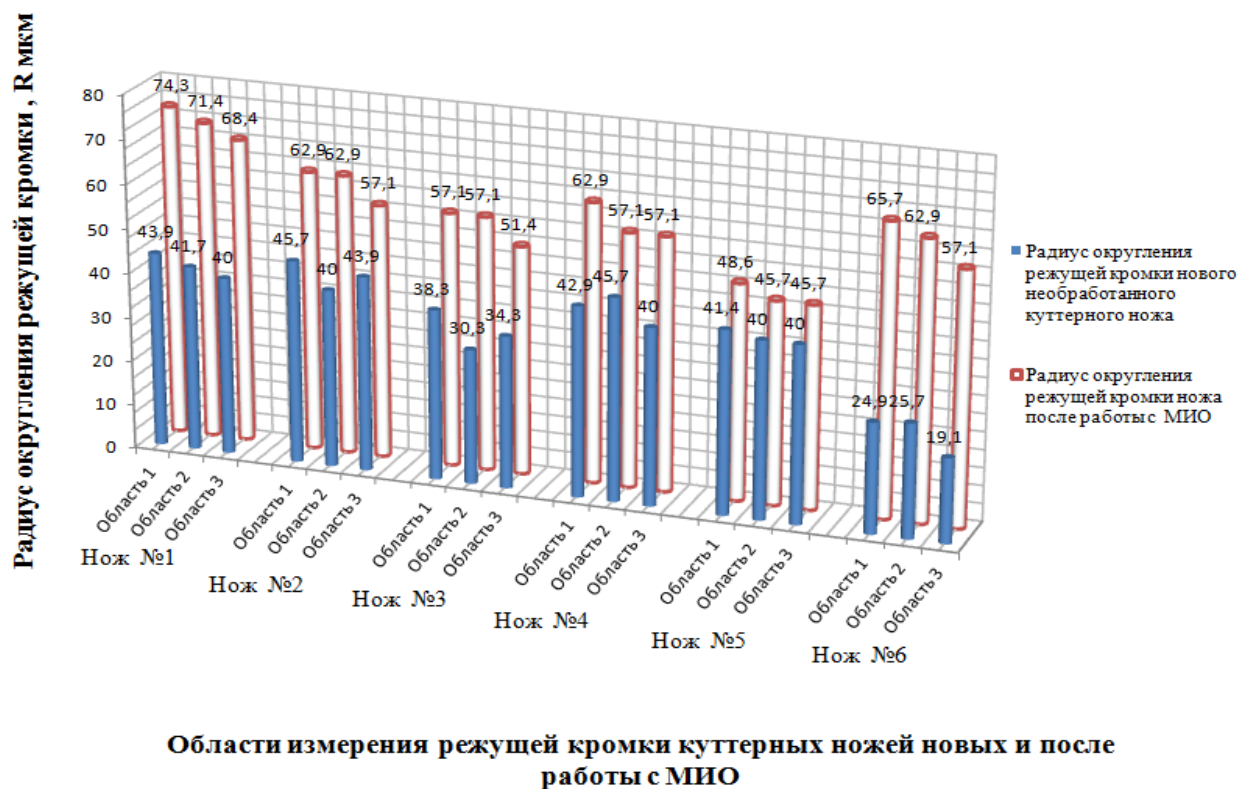


Рисунок 7. Результаты исследования радиуса округления режущей кромки новых куттерных ножей упрочненных МИО до и после испытаний на ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский»

В таблице 1, 2 представлены средние значения радиуса округления и определена величина прироста затупления режущей кромки за время работы куттерного ножа без упрочнения и после МИО.

Установлено, что без МИО во время работы прирост затупления ножей первой пары более чем в 3 раза выше, чем у ножей третьей пары, а после МИО этот показатель снижается до 2,4 раза. Куттерные ножи, упрочненные методом МИО, после эксплуатации на куттере оказались в 1,8 раза острее, что указывает на то, что период стойкости этих ножей с учетом нескольких переточек также будет выше, чем у неупрочненных ножей.

Актуальность использования упрочняющей МИО для увеличения периода стойкости и работоспособности куттерных, серповидных и других ножей аналогичной конструкции, заключается в том, что независимо от количества переточек упрочненный слой всегда остается, так как упрочняющая МИО проводится на плоском индук-

торе по задней грани ножа (угол α), а заточка происходит по передней грани (угол γ) (рисунок 8).

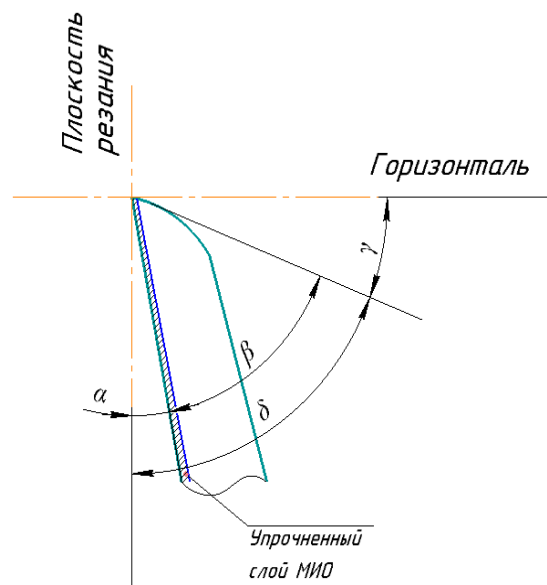


Рисунок 8. Геометрия ножа с односторонней заточкой: α – задний угол; β – угол заострения; γ – передний угол; δ – угол резания

Таблица 1
Среднее значение радиуса округления режущих кромок куттерных ножей без МИО и величина прироста затупления за время работы

Среднее значение радиуса округления режущей кромки нового неотработанного куттерного ножа, мкм	Среднее значение радиуса округления режущей кромки после работы куттерного ножа без МИО, мкм	Величина прироста затупления за время работы куттерного ножа без МИО, мкм
27,6 (нож №1)	47,6 (нож № 1 третьей пары)	20,0
36 (нож №2)	60,97 (нож № 2 третьей пары)	24,9
28,6 (нож №3)	66,7 (нож № 2 второй (средней) пары)	38,1
37,1 (нож №4)	77,1 (нож № 1 второй (средней) пары)	40,0
38,1 (нож №5)	87,6 (нож № 2 первой пары)	49,5
43,8 (нож №6)	108,6 (нож № 1 первой пары)	64,8

Таблица 2
Среднее значение радиуса округления режущих кромок куттерных ножей после МИО и величина прироста затупления за время работы

Среднее значение радиуса округления режущей кромки нового неотработанного куттерного ножа без МИО мкм	Среднее значение радиуса округления режущей кромки после работы куттерного ножа после МИО, мкм	Величина прироста затупления за время работы куттерного ножа после МИО, мкм
42,9 (нож №4)	59,03 (нож № 1 третьей пары)	16,1
40,5 (нож №5)	46,7 (нож № 2 третьей пары)	6,2
43,2 (нож №2)	60,97 (нож № 2 второй (средней) пары)	17,8
34,3 (нож №3)	55,2 (нож № 1 второй (средней) пары)	20,9
41,9 (нож №1)	71,4 (нож № 2 первой пары)	29,5
23,2 (нож №6)	61,9 (нож № 1 первой пары)	38,7

Таким образом, увеличение периода стойкости режущего инструмента, упрочненного МИО, которое ведет к уменьшению количества переточек, существенно повышает его работоспособность, что сокращает затраты на обслуживание оборудования и покупку новых комплектов инструмента.

Заключение

Ножи для куттеров относятся к быстроизнашивающимся инструментам, но вопросы восстановления их режущей способности в полной мере не проработаны. В современных условиях непрерывно-поточного производства важное значение приобретают показатели надежности режущего инструмента и в итоге увеличения его ресурса работы.

Проведенные исследования методом отпечатков (слепков) режущей кромки куттерных ножей из коррозионностойкой стали 40Х13 без упрочнения и после магнитно-импульсной обработки при испытаниях до первой переточки в производственных условиях на ОАО «Агрокомбинат Дзержинский» в колбасном цеху на куттере LASKA KT 200 2V показали снижение прироста радиуса округления режущей кромки в среднем в 1,8 раза. Установлено, что износ острия режущей кромки значительно больше, чем износ в направлении оси вращения лезвия, а из 6 ножей, установленных на валу куттера, не все испытывают одинаковый износ в процессе работы.

Библиографический список

1. Барейн А.Г. Повышение износостойкости и долговечности ножей куттеров при самозатачивании: дис. канд. техн. наук: 05.02.04 / А.Г. Барейн. – Ставрополь, 2000. – 183 л.
2. Башков В.М. Кацев П.Г. Испытание режущего инструмента на стойкость / В. М. Башков, П. Г. Кацев. – Москва: Машиностроение, 1985. – 136 с.
3. Гринь С.А. Улучшение эксплуатационных характеристик куттеров путем создания новой конструкции ножей / С.А. Гринь, О.М. Филенко, А.А. Телюк // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові

- рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2012. – № 66 (972). – С. 14-19.
4. Машины и оборудование для пищевой промышленности. КУТТЕРЫ. Требования по безопасности и гигиене: ГОСТ Р 54967-2012. – Введ. 01.01.14. – Москва: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии: Национальный стандарт Российской Федерации, 2014. – 40 с.
5. Алифанов А.В. Физика процесса магнитно-импульсного упрочнения стальных изделий, расчет индукторов и параметров процесса / А.В. Алифанов, Д.А. Ционенко, А.М. Милюкова // Перспективные материалы и технологии / под общ. ред. В.В. Клубовича – Витебск: УО «ВГТУ», 2017. – Гл.2. С. 31-52.
6. Малыгин Б.В. Магнитное упрочнение инструментов и деталей машин / Б.В. Малыгин. – М.: Машиностроение, 1998. – 130 с.
7. Алифанов А.В. Магнито-стрикционный механизм образования мелкодисперсной структуры в стальных изделиях при магнитно-импульсном воздействии / А.В. Алифанов, Д.А. Ционенко, А.М. Милюкова, Н.М. Ционенко // Вес. Нац. акад. навук. Беларусі. Сер. фіз.-мат. навук. - 2016. - №4. - С. 31–36.
8. Милюкова, А.М. Прогрессивные технологии упрочнения магнитно-импульсным воздействием металлических изделий для различных отраслей промышленности / А.М. Милюкова // сборник докл. симпозиума «Технологии. Оборудование. Качество» 2 семинара в рамках Белорусского промышленного форума 2018 (Минск, 29 мая –1 июня 2018 г.) / В.С. Харитончик [и др.]. – Минск: Бизнесофсет, 2018. – С. 164–168.
9. Милюкова, А.М. Особенности влияния электромагнитного импульсного поля на тонколистовые стальные изделия / Милюкова А.М., Горчанин А.И., Бурносов Н.В., Михлюк А.И. // Сборник научн. трудов ФТИ НАН Беларуси. В 3

- кн. / 1 кн. – 2017. – Мн.: ФТИ НАН Беларуси. – С. 182–189.
10. Милюкова, А.М. Улучшение эксплуатационных характеристик стальных режущих инструментов сложного профиля, упрочнённых комбинированной магнитно-импульсной обработкой / А.М. Милюкова, А.И. Горчанин, Н.В. Бурносов, Г.П. Горецкий // Механическое оборудование металлургических заводов – 2018. – №2. – С. 17-22.
11. Матяс А.Н. Повышение работоспособности куттерных ножей методом магнитно-импульсной обработки / А.Н. Матяс, А.М. Милюкова, Н.В. Бурносов // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: сб. научных трудов. В 3 кн. / 2 кн. Технологии и оборудование механической и физико-технической обработки / редкол.: А.В. Белый (гл.ред) [и др.]. – Минск: ФТИ НАН Беларуси. – С. 151-158.
12. Матяс А.Н. Исследование влияния магнитно-импульсного воздействия на шероховатость поверхности инструментальной стали / А.Н. Матяс, А.И. Горчанин, А.М. Милюкова // Сборник научн. трудов ФТИ НАН Беларуси, 2019. – Минск: ФТИ НАН Беларуси. – С.246–254.
13. Раповец В.В. Критерий временной стойкости двухлезвийных резцов фрезерно-брусующих станков в зависимости от требуемого качества продукции / Раповец В.В., Н.В. Бурносов // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды II Междунар. Евраз. симпоз., Екатеринбург, 2–5 окт. 2007 г. / Урал. гос. лесотехн. ун-т; под ред. В.Г. Новоселова. Екатеринбург, 2007. С. 222–225.
14. Глебов И.Т. Оборудование отрасли: Исследование микрогеометрии режущих кромок лезвий: метод. указания / И.Т. Глебов, А.Р. Абдулов; МИНОБР-НАУКИ РФ, ФГБОУ ВПО Уральский гос. лесотехн-ий ун-т. – Екатеринбург, 2013. – 8 с.
15. Нож куттера и оснащенная им ножевая головка: пат. RU 2480289 С2 РФ, МПК В02С 18/20. ШтеффенсМихель; заявитель ШтеффенсМихель. – № 2008145935/13; заявл. 20.11.2008; опубл. 27.04.2013 // Бюл. №15. / Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – 2013. – С. 16.

Information about the paper in English

A.N. Matyas, A.M. Milyukova

Physics and Technology Institute of the National Academy of
Sciences of Belarus State Scientific Institution
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: annart@mail.ru
Received 03.03.2020

DETERMINING THE EFFICIENCY OF THE STRENGTHENING MAGNETIC-PULSE TREATMENT TO INCREASE THE LIFETIME OF CUTTING TOOLS

Abstract

This paper presents the results of the research on efficiency of magnetic-pulse treatment to increase the lifetime of the cutting tools used in the food industry. It describes the special features of wear of 40Kh13 corrosion-resistant steel knives for meat cutting machines used at all meat processing plants. The results of the industrial tests on the cutting edge of knives for meat cutting machines without strengthening and after magnetic-pulse treatment were analyzed by a replica (imprint) method and presented in diagrams. The test conducted before the first regrinding showed that the growth of a corner radius of the cutting edge decreased by 1.8 times on the average.

Keywords: cutting tool, food industry, knives for meat cutting machines, magnetic-pulse treatment, strengthening, resistance, cutting edge, blade, regrinding.



УДК 621.771

Н.Ш. Тютеряков
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»
г. Магнитогорск, Российская Федерация
E-mail: n.tyuteryakov@magtu.ru
Дата поступления 26.06.2020

ОЦЕНКА НАГРУЖЕННОСТИ РОЛИКОВ КАНТУЮЩЕЙ ВАЛКОВОЙ АРМАТУРЫ В ПРОЦЕССЕ СКРУЧИВАНИЯ ПОЛОС НА СОРТОВЫХ СТАНАХ ПАО «ММК»

Аннотация

В данной работе основное внимание было уделено изучению износостойкости изнашиваемых деталей валковой арматуры качения – роликов. Целью исследования являлась замена дорогостоящих импортных роликов роликами из дешевых, доступных материалов, имеющихся на ПАО «ММК».

Выполнен расчет моментов и усилий в кантующей арматуре RTS при скручивании полос, а также определены усилия на кантующие ролики при кантовании.

Ключевые слова: сортовой стан, валковая арматура, кантующие ролики, полоса, кантование.

Валковая арматура сортовых станов является одной из составляющих комплекса технологического инструмента. Надежность конструкций применяемой арматуры, долговечность отдельных ее деталей в значительной степени определяют качество готовой продукции сортового стана и в целом эффективность ее производства [7].

Валковая арматура сортовых станов 450, 370, 170 фирмы “Danieli” представляют собой однотипные универсальные конструкции, используемые в клетях с однотипным расположением валков (горизонтальные или вертикальные) и калибров (равноосные, неравноосные, фасонные и др.). В зависимости от площади поперечного сечения раскатов меняются лишь габаритные размеры арматуры и размеры отдельных деталей.

На станах широко применяется роликовая вводная арматура, что связано с преимущественным использованием систем калибров «овал – ребровой овал», «овал – круг», которые требуют надежного центрирования полосы и надежного ее удержания от сваливания.

Арматура RTS предназначена для скручивания раската и относится к специальным конструкциям валковой арматуры (рисунок 1).

Она состоит из корпуса 1, приемной воронки 2, кантующих роликов 3, механизма регулировки межосевого расстояния роликов 4 и раструба 5 для направления проката в калибр валков.

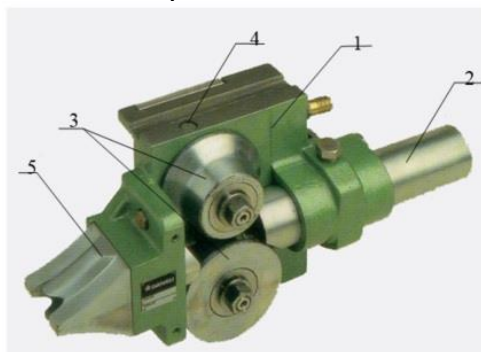


Рисунок 1. Арматура RTS с кручением

В ее конструкции применена симметричная и одновременная регулировка межцентрового расстояния роликов с помощью единой точки настройки. Червяк приводит в действие червячное колесо, приводящее во вращение цапфы эксцентриков роликов. Такая настройка позволяет обеспечить более точный контролируемый режим скручивания. Консольный принцип монтажа роликов (до проводок серии RTC10) позволяет быстро провести монтаж роликов. Для выполнения этой же операции на проводках до серии RTC18 необходимо снять 4 болта.

При расчете усилий, возникающих в арматуре при скручивании полос, используется гипотеза А. Надаи [1]. Эту гипотезу применяют для определения моментов сопротивления сечения полос пластическому кручению. При расчете усилий считается, что кантование раскатов осуществляется при постоянной величине крутящего момента.

В расчетах по методам И.С. Тришевского [2], И.К. Суворова [3] и П.И. Тетельбаума [4] принимают, что скручиваемый металл не упрочняется в процессе деформации.

По методу И.С. Тришевского [2], момент пластического скручивания

$$M_{пк} = W_{пк} \tau_c, \quad (1)$$

где $W_{пк}$ - сопротивление поперечного сечения полосы при пластическом кручении, определяется в зависимости от формы и размеров сечения m^3 ; τ_c - сопротивление чистому сдвигу.

В соответствии с гипотезой Мизеса сопротивление чистому сдвигу

$$\tau_c = 0,57 \sigma_m,$$

где σ_m - предел текучести, МПа.

Для точного направления раската, необходимый угол скручивания в проводках следует определять по формуле:

$$\phi_c = l_k \cdot \phi_k / L_c, \quad (2)$$

где l_k - расстояние между вертикальными осями рабочих и кантующих валков (длина

рабочей поверхности проводок), мм; L_c - длина скрученной части полосы (расстояние между клетями), мм; ϕ_k - полный угол кантования раската.

Для обеспечения плавного захода полос и уменьшения разности скоростей по ширине кантующих площадок, способствующих уменьшению износа и увеличению срока службы кантующих роликов, угол скручивания в проводках не должен превышать 20-22°. Расчеты значения угла скручивания раската для условий стана 170 приведены в таблице 1. Размеры сечения раската при прохождении кантующей арматуры приведены в таблице 2.

Сопротивление поперечного сечения полосы

$$R = (b^2 + h^2) / 4h; \quad (3)$$

Момент сопротивления при пластическом скручивании полосы

$$W_{пл.кр.} \approx R^2 \left(2b + \frac{b^2 - h^2}{h} \cdot \arcsin \frac{b}{2R} \right) - \frac{b^3}{6}. \quad (4)$$

Предел текучести стали 45 в горячем состоянии $\sigma_m = 55$ МПа.

Определим сопротивление чистому сдвигу:

$$\tau_c = 0,57 \cdot \sigma_m = 0,57 \cdot 55 = 31,35 \text{ МПа.}$$

Расчетные значения моментов пластического скручивания полосы приведены в таблице 3.

Таблица 1

Необходимый угол скручивания в каждой кантующей арматуре стана 170

Параметр	Кантующая арматура			
	RTS-15	RTS-12	RTS-10	RTS-7
Длина скрученной части полосы, м	2,5	2,5	2,5	2,5
Длина рабочей поверхности проводок, м	0,6	0,55	0,46	0,43
Угол кантования	90	90	90	90
ϕ_c , град	22	20	17	16

Таблица 2

Размеры сечения раската при прохождении кантующей арматуры, м

Сечение	RTS-15	RTS-12	RTS-10	RTS-7
Высота b	0,077	0,0557	0,0416	0,0297
Ширина h	0,12386	0,0985	0,07474	0,05943

Таблица 3

Моменты сопротивления при пластическом скручивании

Момент пластического скручивания полосы, кНм	Кантующая арматура			
	RTS-15	RTS-12	RTS-10	RTS-7
	83,23	49,18	22,08	13,38

Величина полного усилия кантования N (рис. 2) и его составляющих с достаточной точностью определяется следующими уравнениями [5]:

$$N = \frac{M_{нк}}{l}; \quad (5)$$

$$N_x = N \cdot \cos \varphi_{н.р.}; \quad (6)$$

$$N_y = N \cdot \sin \varphi_{н.р.}, \quad (7)$$

где N_x и N_y - радиальная и осевая составляющие полного усилия кантования; l - плечо сил, скручивающих полосу; $\varphi_{н.р.}$ - угол профилировки ролика.

Определим плечо сил, скручивающих полосу, имеющую форму поперечного сечения эллипс.

Уравнение касательной (в нашем случае поверхности валка) к эллипсу [6]

$$\frac{xx_0}{a^2} + \frac{yy_0}{c^2} = 1, \quad (8)$$

где x_0, y_0 - координаты точки контакта раската с кантующим валком; x, y - координаты произвольной точки, находящейся на эллипсе; a, c - полуоси эллипса ($a=b/2$; $c=h/2$).

Тангенс угла наклона поверхности валка определим, как производную уравнения касательной [6]:

$$\operatorname{tg} Q = -\frac{x_0 b^2}{y_0 a^2}. \quad (9)$$

Из уравнения (8) выразим y , принимая $x = x_0, y = y_0$:

$$y_0 = \sqrt{c^2 - \frac{x_0^2 c^2}{a^2}} \quad (10)$$

Из уравнения (9) выразим y :

$$y_0 = -\frac{x_0 c^2}{\operatorname{tg} Q a^2} \quad (11)$$

Приравняв уравнения (10) и (11), получаем абсциссу точки В [6]:

$$x_0 = \sqrt{\frac{\operatorname{tg}^2 Q a^4}{\operatorname{tg}^2 Q c a^2 + c^2}}.$$

Плечо сил, скручивающих полосу

$$l = 2(x_0 \cos Q - y_0 \sin Q). \quad (12)$$

$$Q = \varphi_{н.р.} + \varphi_c.$$

Результаты расчета усилий, действующих в кантующей арматуре, установленной на стане 170, представлены в таблице 4.

Результаты сравнения показали возможность снижения радиальных усилий арматуры RTS-15 на 40% и на 26% арматуры RTS-12 при незначительном увеличении осевых усилий. Это положительно скажется на долговечности кантующих роликов и подшипников. Для остальных проводок уменьшение усилий не существенное, поскольку не превышает 5..10% и не могут быть определяющими для рекомендации перепрофилирования этих роликов.

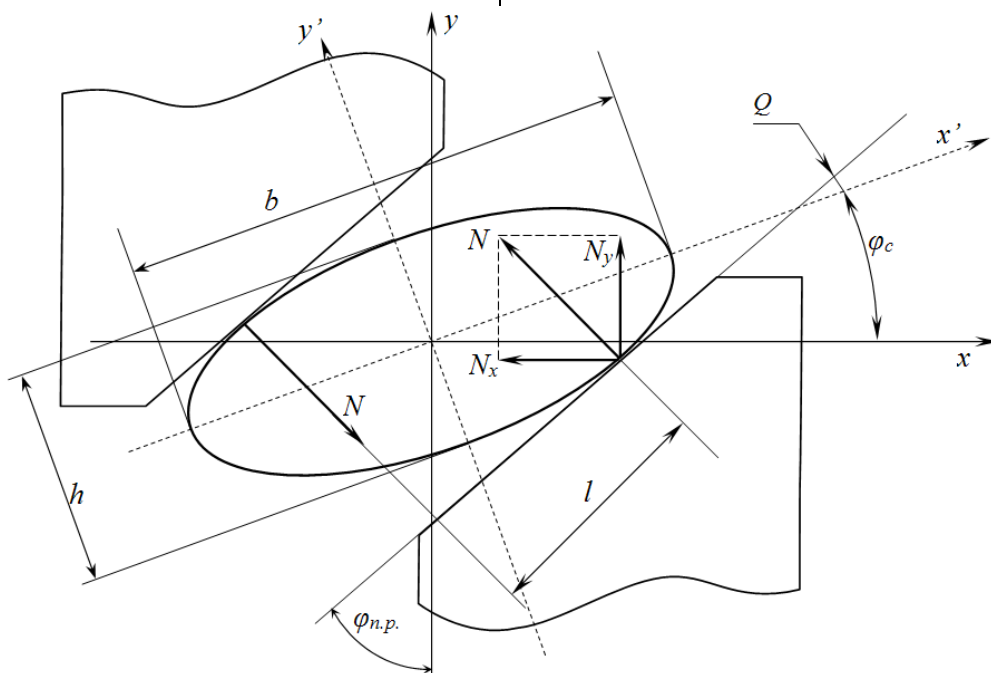


Рисунок 2. Схема к определению усилий кантования

Таблица 4

Усилия, действующие в кантующей арматуре, установленной на стане 170

Номер клетки	RTS	φ п.р. град	b	h	l	N	N_x	N_y
			м			кН		
2	15	45	0,12	0,08	0,102	460,27	325,73	325,73
4	12	45	0,098	0,06	0,077	325,55	229,71	229,71
6	10	45	0,074	0,04	0,059	184,79	130,06	130,06
8	7	40	0,059	0,03	0,048	148,09	113,05	95,68
10	5	35	0,046	0,02	0,038	90,88	74,17	52,75

Библиографический список

1. Надаи А. Пластичность и разрушение твердых тел. Пер. с англ. М.: ИЛ, 1954. 647 с.
2. Тришевский И.С. Проводки прокатных станов. М.: Metallurgizdat, 1957. 283 с.
3. Суворов И.К. Обработка металлов давлением. М.: Высшая школа, 1973. 381 с.
4. Тетельбаум П.И. Сортные станы для прокатки цветных металлов. М.: Metallurgiya, 1969. 152с.
5. Оншин Н.В., Тютеряков Н.Ш., Трофимова А.Л. Методика оценки ресурса роликов валковой арматуры. // Механическое оборудование металлургических заводов. 2012. №1(1). С. 34-39.
6. Определение усилий, действующих на кантующие ролики валковой арматуры RTS сортовых станов ПАО «ММК», в процессе скручивания полосы. Тютеряков Н.Ш., Савинов А.С., Андросенко М.В., Рудь К.И., Залилов Р.В. Теория и технология металлургического производства. 2020. №1(32). С. 47-49.
7. Моделирование условий эксплуатации роликов валковой арматуры сортовых станов / Новицкий Р.В., Остапчук А.М., Оншин Н.В., Тютеряков Н.Ш., Коковин А.В. // Горный журнал. 2012. №33. С. 64-67.

Information about the paper in English**N.Sh. Tyuteryakov**

Nosov Magnitogorsk State Technical University

Magnitogorsk, Russian Federation

E-mail: n.tyuteryakov@magtu.ru

Received 26.06.2020

ASSESSING THE LOAD OF ROLLERS OF TILTING GUIDE FITTINGS DURING THE TWISTING OF STRIPS ON SECTION ROLLING MILLS AT PJSC MMK**Abstract**

This paper focuses on studying wear resistance of rollers, the wear parts of the rolling guide. The studies were aimed at the replacement of expensive import rollers with rollers from cheap materials available at PJSC MMK.

The author calculated torques and forces in RTS tilting guides during the twisting of strips, and defined forces on tilting rollers during the tilting.

Keywords: section rolling mill, guide fittings, tilting rollers, strip, tilting.



УДК 621.73.042

Т.В. Бровман
ФГБОУ ВПО «Тверской государственный
технический университет»
г. Тверь, Российская Федерация
E-mail: brovman@mail.ru
Дата поступления 27.04.2020

РАСЧЕТ УСИЛИЙ ЛОКАЛЬНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПОКОВОК

Аннотация

Существуют различия между процессами, в которых пластическая деформация реализуется во всем объеме деформируемого тела и такими, в которых пластическая деформация происходит только в части объема деформируемых заготовок: штамповка, вальцовка-изгиб, формирование утолщенных концов труб, деформация поковок, закатка баллонов и другие. Это важный класс процессов обработки давлением, в которых пластическая деформация реализуется локально только в части объема деформируемого тела.

Ключевые слова: локальная деформация; вытяжка поковок, кинематически допустимое поле скоростей.

Введение

В большинстве случаев пластическая деформация реализуется последовательно по длине и по всему объему заготовки. Стационарные процессы, такие как прокатка, волочение характеризуются постоянством зоны деформации. В нестационарных процессах (осадка, вальцовка-изгиб заготовок, вытяжка из листа полых стаканов, закатка, деформация концевых участков труб и др.) в процессе деформации изменяются конфигурация деформируемого изделия и ее напряженное состояние [1-2]. Деформация поковок между валками цилиндрических рассматривается как локальная.

Основная часть

Для определения мощности деформации цилиндрических поковок построим кинематически допустимое поле скоростей, позволяющее определить верхнюю границу усилий, рисунок 1. Поле скоростей состоит из жестких зон ABC и A'B'C', которые движутся со скоростями v_0 , равными скоростям инструментов вдоль оси z. Боковые внешние зоны движутся со скоростями v_1 в направлении оси x [3,4]. Если ширина бойка l , то размер AB равен

$$L = l / (1 - \varphi),$$

где $\varphi = 2a/h$ - коэффициент, характеризующий стесненность деформации.

Условие непрерывности нормальных компонент скорости на плоскости раздела жестких зон AC и BC определяет

$$v_0 \cos \alpha = v_1 \sin \alpha; v_1 = v_0 \operatorname{ctg} \alpha. \quad (1)$$

Разрыв тангенциальной компоненты скорости равен

$$\Delta v = v_0 \sin \alpha + v_1 \cos \alpha = \frac{v_0}{\sin \alpha} \quad (2)$$

Для цилиндрической поковки с площадью поперечного сечения F_0 площадь среза равна

$$F_c = \frac{F_0}{\sin \alpha}.$$

Мощность среза равна мощности внешней силы

$$P v_0 = 2k \Delta v \cdot 0,5 F_c = \frac{k v_0 F_0}{\sin^2 \alpha},$$

При условии $P = pbl; \sin \psi = \frac{h}{\sqrt{h^2 + L^2}}$, где p – среднее давление, получим

$$\frac{p}{2k} = 0,5n \left[\frac{m}{(1-\varphi)^2} + \frac{1}{m} \right], \quad (3)$$

где $n = F_0 / (bh)$; $m = l/h$.

Согласно принятому полю скоростей зоны OAB и A'B'C' движутся как жесткие тела со скоростью v_2 . Скорость внешней зоны F_1 составляет $v_1 = v_0 \frac{F_0}{F_1}$.

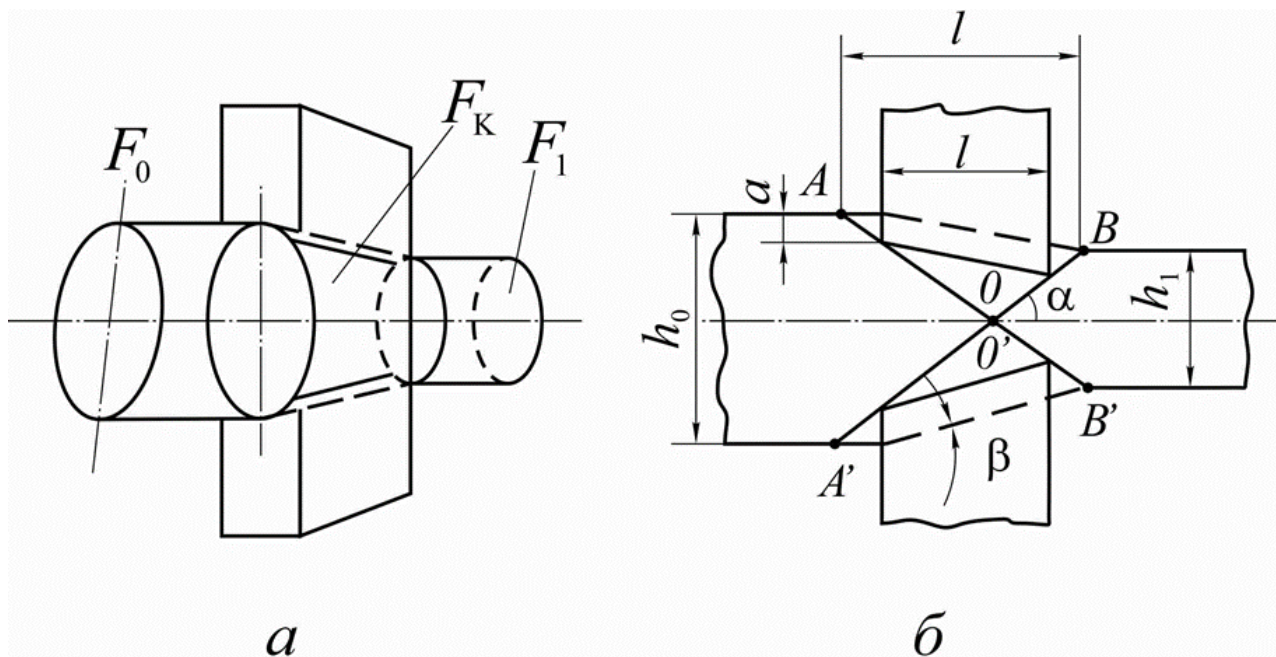


Рисунок 1. Схема деформации в наклонных инструментах: а – общий вид; б – кинематически допустимое поле скоростей

Наличие калибров увеличивает размер жестких зон L по сравнению с l :

$$L = l + \frac{2a}{tg\alpha}; tg\alpha = \frac{1-\varphi}{m}, \quad (4)$$

где $m = \frac{1}{h_c}$; $h_c = 0,5(h_0 + h_1)$.

Из условия непрерывности нормальных компонент на границах жестких зон

$$v_0 \sin \alpha = v_2 \sin(\alpha - \beta);$$

$$v_1 \sin \alpha = v_2 \sin(\alpha + \beta).$$

Мощности среза равны

$$N_1 = \frac{kv_0 F_0 \sin \beta}{2 \cos \alpha \sin(\alpha - \beta)};$$

$$N_2 = \frac{kv_1 F_1 \sin \beta}{2 \cos \alpha \sin(\alpha + \beta)}.$$

Мощности сил трения на контактной поверхности

$$N_3 = \tau_n F_k v_0 \frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha - \beta)}.$$

Удельные силы трения $\tau_n = \psi k$, где постоянная ψ варьируется в диапазоне $0 < \psi \leq 1$. Наибольшая сила трения имеет место при $\psi = 1$.

Из уравнения

$$\frac{pv_0 F_0}{2} = N_1 + N_2 + N_3$$

получим

$$\frac{p}{2k} = \frac{tg\alpha \, tg\beta(1+tg^2\alpha)}{tg^2\alpha - tg^2\beta} + \psi \frac{F_k}{F_0} \cdot \frac{tg\alpha \sqrt{1+tg^2\beta}}{tg\alpha - tg\beta} \quad (5)$$

После подстановки $tg\alpha$ получим

$$\frac{p}{2k} = (1 - \psi) \left[tg\beta \frac{m + \frac{(1-\varphi)^2}{m}}{(1-\varphi)^2 - m^2 tg^2\beta} + \psi \frac{F_k}{F_0} \cdot \frac{1}{\cos\beta(1-\varphi - mtg\beta)} \right]. \quad (6)$$

При вальцовке, когда мощность подводится через валки, приравнявая ее мощности среза, получаем

$$\tau_n = \frac{F_0}{F_k} \cdot \frac{\sin\beta(1+tg^2\alpha)}{tg\alpha + tg\beta};$$

$$\text{или } \frac{\tau_n}{k} = \frac{F_0}{F_k} \sin\beta \cdot \frac{m + \frac{(1-\varphi)^2}{m}}{1 - \varphi + mtg\beta}$$

Момент вальцовки на калибрах радиусом R составляет

$$M = \tau_n F_k R.$$

Представленные на рисунке 2 данные по экспериментальным исследованиям осадки заготовок из свинца и алюминия на прессе усилием 100тс показали, что предложенные формулы для схемы деформации по рисунку 1 в диапазоне $0,3 \leq m \leq 2,5$ дают результаты, завышенные не более чем на 20%.

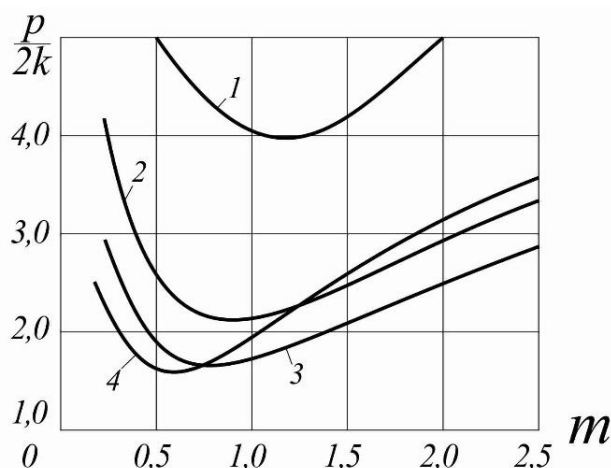


Рисунок 2. Графики $\frac{p}{2k}$ для цилиндрических поковок при осадке перпендикулярно оси симметрии:

$$1 - \frac{b}{h} = 0,2; 2 - \frac{b}{h} = 0,4; 3 - \frac{b}{h} = 0,6; 4 - \frac{b}{h} = 0,8$$

Закключение

При осадке поковок происходит локальная пластическая деформация. В этих случаях пластическое течение имеет место только в части объема деформируемой заготовки, а в остальном объеме происходят только упругие деформации. Методом построения кинематически допустимых полей скоростей, состоящих из жестких зон, позволяет получить завышенную оценку мощности деформации не более 20%.

Библиографический список

1. Бровман М.Я. Применение теории пластичности в прокатке. М.: Металлургия, 1991.- 264с.

2. Shinkin V.N. Residual stresses in elastoplastic bending of round bar Materials Science Forum. 2019. Т. 946 MSF. pp. 862-867.
3. К вопросу об изгибе длинного стержня / Шинкин В.Н. // Вопросы методологии естествознания и технических наук: современный контекст: материалы международной науч.-техн. конференции. Белгород: ИП Ткачева.2019. С. 164-167.
4. Кинематически допустимые поля скоростей при радиальном обжатии цилиндрических заготовок. Сообщение 2 / Бровман Т.В. // Известия ВУЗов. Черная металлургия. 1993.№7. С. 29-33.

Information about the paper in English

T.V. Brovman

Tver State Technical University

Tver, Russian Federation

E-mail: brovman@mail.ru

Received 27.04.2020

CALCULATING FORCES OF LOCAL PLASTIC DEFORMATION OF FORGINGS

Abstract

There are differences between the processes where plastic deformation occurs in a total volume of deformable solids and the ones where plastic deformation occurs only in some volume of deformable billets: stamping, expanding and bending, forming butt ends of pipes, deformation of forgings, spinning and others. This is an important class of forming processes, when plastic deformation occurs locally in some volume of deformable solids only.

Keywords: local deformation, solid forging, kinematically admissible velocity field.



УДК 547:548.736:620.193

Ш.В. Садетдинов, И.А. Стрельников, Д.А. Пестряев
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И. Н. Ульянова»
г. Чебоксары, Российская Федерация
E-mail: avgustaf@list.ru
Дата поступления 21.04.2020

АМИНОБОРАТНЫЕ ИНГИБИТОРЫ КОРРОЗИИ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ЗАВОДОВ

Аннотация

Анализом научно-технической литературы показано, что механическое оборудование металлургических заводов подвергается коррозионно-механическим повреждениям, что приводит к значительным материальным потерям и техногенным катастрофам. Защита металлургических конструкций от коррозионного разрушения с применением эффективных ингибиторов коррозии является актуальной проблемой, а исследования в этой области представляют большую научно-практическую значимость. Особое внимание в исследованиях уделяется разработке ингибиторов коррозии на основе аминов и боратов, которые характеризуются высоким ингибирующим эффектом, широким спектром противокоррозионного действия, а также доступностью реагентов и не сложными условиями синтеза. Этим требованиям отвечают аминокоборатные соединения: триборатмоноэтаноламина, тетраборатмоноэтаноламмония и пентаборатдиэтаноламмония, синтез которых приводится в настоящей работе. Исследованиями показано, что они существенно тормозят скорость коррозии стали Ст10 в 3%-ном растворе NaCl, который выбран в качестве агрессивной среды. Установлено, что оптимальной концентрацией аминокоборатов является 0,5 мас.% в коррозионной среде. Потенциодинамическим методом для стали Ст10 получены анодные и катодные поляризационные кривые, которые показывают, что триборатмоноэтаноламина, тетраборатмоноэтаноламмония и пентаборатдиэтаноламмония преимущественно замедляют анодный процесс. Результаты усталостных и коррозионно-усталостных испытаний стали в испытываемых средах свидетельствуют о том, что триборатмоноэтаноламина, тетраборатмоноэтаноламмония и пентаборатдиэтаноламмония в большей мере уменьшают разрушающее действие коррозионных поражений и в меньшей мере уменьшают коррозионно-механическое поражение. Полученные данные позволяют рекомендовать триборатмоноэтаноламина, тетраборатмоноэтаноламмония и пентаборатдиэтаноламмония в качестве эффективных ингибиторных присадок к синтетическим моющим средствам, используемым при ремонте механического оборудования металлургических заводов.

Ключевые слова: триборатмоноэтаноламина, тетраборатмоноэтаноламмония, пентаборатдиэтаноламмония, сталь Ст10, 3%-ный раствор NaCl, скорость коррозии, потенциодинамические поляризационные кривые, коррозионно-механическое поражение, механическое оборудование, ингибитор коррозии.

Введение

Производственные конструкции и механическое оборудование металлургических заводов находятся в условиях интенсивного воздействия разрушающих факторов технологии. Вследствие физико-химического взаимодействия с окружающей средой и механических нагрузок происхо-

дят их коррозионно-механические повреждения, что является одной из причин значительных материальных потерь, а также возникновения экологических и техногенных катастроф [1, 2].

Защиту металлических конструкций от коррозионного разрушения осуществляют различными способами, в том числе ингибиторами коррозии металлов. Весьма

эффективно применение ингибиторов в металлургической промышленности при ремонтных работах оборудования в составе синтетических моющих средств; в качестве компонента консервационных масел и лакокрасочных покрытий, а также при травлении проката, труб, стальных изделий [3-7].

В настоящее время известна обширная номенклатура ингибиторов коррозии, однако исследования по разработке новых эффективных ингибиторов являются весьма актуальными [8, 9]. Особое внимание в исследованиях уделяется разработке ингибиторов коррозии на основе аминов и боратов. Аминоборатные ингибиторы характеризуются высоким ингибирующим эффектом, широким спектром противокоррозионного действия, доступностью реагентов и не сложными условиями синтеза [10,11].

Основная часть

С целью установления возможности применения новых аминоборатных соединений: триборатмоноэтаноламина (ТРБМЭА) состава $3 \text{ H}_3\text{BO}_3 \cdot \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$, тетраборатмоноэтаноламмония (ТЕБМЭА) состава $(\text{NH}_4)_2 \text{ B}_4\text{O}_7 \cdot \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$ и пентаборатдиэтаноламмония (ПБДЭА) состава $\text{NH}_4 \text{ B}_5\text{O}_8 \cdot 2\text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$, в качестве ингибиторов коррозии черных металлов для нейтральных сред изучено их влияние на коррозию стали Ст10 в 3%-ном растворе NaCl.

Образование соединения триборатмоноэтаноламина выявлено при изучении системы $\text{H}_3\text{BO}_3 - \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH} - \text{H}_2\text{O}$ при 25°C , тетраборатмоноэтаноламмония – $(\text{NH}_4)_2 \text{ B}_4\text{O}_7 - \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH} - \text{H}_2\text{O}$ при 25°C и пентаборатдиэтаноламмония – $\text{NH}_4 \text{ B}_5\text{O}_8 - \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH} - \text{H}_2\text{O}$ при 25°C методами физико-химического анализа [12,13].

Триборатмоноэтаноламина синтезировали растворением в 300 мл дистиллированной воды 61,0 г (1 моль) моноэтаноламина и 185,5 г (3 моля) борной кислоты. Из полученного раствора при изотермическом испарении выпадают кристаллы состава $3 \text{ H}_3\text{BO}_3 \cdot \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$. Химическим анализом триборатмоноэтаноламина найдено, %:

В – 13,32; N – 5,46 %. Показатель преломления кристаллов измеренный на поляризационном микроскопе МИН-8 равен 1,489. Плотность, найденная пикнометрически в бензоле и толуоле равна $1,359 \text{ г/см}^3$, молекулярный объем равен $181,46 \text{ см}^3/\text{моль}$, удельный объем – $0,73 \text{ см}^3/\text{г}$.

Синтез тетраборатмоноэтаноламмония проводили путем растворения в 300 мл дистиллированной воды 61,0 г (1 моль) моноэтаноламина и 191,2 г (1 моль) тетрабората аммония. При изотермическом испарении данного раствора выпадают кристаллы состава $(\text{NH}_4)_2 \text{ B}_4\text{O}_7 \cdot \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$. Тетраборатмоноэтаноламмония мелкокристаллическое вещество, химическим анализом найдено, %: В – 17,06; N – 16,69. Показатель преломления кристаллов, найденный иммерсионным методом равен 1,561. Плотность, найденная пикнометрически в бензоле и толуоле равна $1,114 \text{ г/см}^3$, молекулярный объем равен $226,45 \text{ см}^3/\text{моль}$, удельный объем – $0,90 \text{ см}^3/\text{г}$.

Двойное соединение пентаборатдиэтаноламмония состава $\text{NH}_4 \text{ B}_5\text{O}_8 \cdot 2\text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$ было синтезировано по следующей методике. В 300 мл дистиллированной воды растворяли 122 г (2 моля) моноэтаноламина и 200,0 г (1 моль) пентабората аммония. Для пентаборатдиэтаноламмония были определены: показатель преломления кристаллов, который равен 1,569; плотность в параксилоле и криоскопическом бензоле, которая оказалась равной (в среднем) $1,576 \text{ г/см}^3$; используя экспериментальную величину плотности для двойного соединения, были вычислены молекулярный и удельный объемы. Они оказались равными: $V_{\text{м.о.}} = 204,31 \text{ см}^3/\text{моль}$ и $V_{\text{у.о.}} = 0,635 \text{ см}^3/\text{г}$.

Влияние аминоборатных соединений на коррозию углеродистой стали изучали гравиметрическим методом, который подробно описан в работе [14]. Эффективность действия ингибиторов оценивали по потере массы образцов в исследуемых средах.

Скорость коррозии (K) вычисляли по формуле: $K = (m_0 - m) / S \cdot t$, где m_0 и m – масса пластинки до и после опыта, соответственно, г; S – площадь пластинки, м^2 ; t – время проведения опыта, ч.

Ингибиторный эффект (γ) вычисляли по формуле: $\gamma = K_0/K$, где K и K_0 - скорость коррозии в присутствии ингибитора и без него, соответственно.

Степень защиты (Z) определяли в %: $Z = K_0 - K / K_0 \cdot 100$.

Экспериментальные данные по влиянию триборатмоноэтаноламина, тетраборатмоноэтаноламмония и пентаборатдиэтаноламмония на скорость коррозии, ингибиторный эффект и степень защиты стали Ст10 в растворе хлорида натрия за 10 суток приведены в таблице 1.

Согласно данным таблицы 1, сталь Ст10 в 3%-ном растворе NaCl имеет высокую скорость коррозии, которая значительно снижается при введении в коррозионную среду аминокоррозонных соединений. Наибольшее снижение скорости коррозии стали наблюдается при достижении 0,5%-ного содержания триборатмоноэтаноламина, тетраборатмоноэтаноламмония и пентаборатдиэтаноламмония. Дальнейшее

увеличение концентрации аминокоррозонных присадок не приводит к существенному снижению скорости коррозии стали. При концентрации аминокоррозонных присадок 0,5 мас.% ингибиторный эффект и степень защиты достигают наибольших значений, которые увеличиваются в ряду триборатмоноэтаноламина < тетраборатмоноэтаноламмония < пентаборатдиэтаноламмония. Из рассматриваемых аминокоррозонных соединений наибольшее ингибиторное свойство проявляет пентаборатдиэтаноламмония и который в большей степени подщелачивает раствор. Высокое противокоррозонное свойство стали в присутствии аминокоррозонных присадок можно объяснить образованием на поверхности металла плотной пассивной феррогидроксоаминокоррозонной пленки, образующейся по донорно-акцепторному механизму через атом азота, гидроксильные группы и хемосорбцию борат-ионов [15, 16].

Таблица 1

Влияние триборатмоноэтаноламина, тетраборатмоноэтаноламмония и пентаборатдиэтаноламмония на среднюю скорость коррозии (K), коэффициент торможения (γ) и степень защиты (Z) стали Ст10 в 3%-ном растворе NaCl за 10 суток

Коррозионная среда	Концентрация, мас. %	$K \cdot 10^{-3}$, г/м ² ·ч	γ	Z , %	pH
NaCl (контроль)	3,0	61,24	1,00	0,00	7,0
NaCl+ триборатмоноэтаноламина	3,0+0,3	15,30	4,00	75,02	7,3
NaCl+ триборатмоноэтаноламина	3,0+0,4	8,97	6,83	85,35	7,4
NaCl+ триборатмоноэтаноламина	3,0+0,5	4,52	13,55	92,62	7,5
NaCl+ триборатмоноэтаноламина	3,0+0,6	4,49	13,64	92,67	7,5
NaCl+ тетраборатмоноэтаноламмония	3,0+0,3	9,14	6,70	85,01	7,6
NaCl+ тетраборатмоноэтаноламмония	3,0+0,4	5,18	11,82	91,54	7,7
NaCl+ тетраборатмоноэтаноламмония	3,0+0,5	2,83	21,64	95,38	7,9
NaCl+ тетраборатмоноэтаноламмония	3,0+0,6	2,80	21,87	95,43	7,9
NaCl+ пентаборатдиэтаноламмония	3,0+0,3	8,32	7,36	86,41	7,8
NaCl+ пентаборатдиэтаноламмония	3,0+0,4	4,78	12,81	92,20	7,9
NaCl+ пентаборатдиэтаноламмония	3,0+0,5	1,16	52,79	98,10	8,1
NaCl+ пентаборатдиэтаноламмония	3,0+0,6	1,12	54,68	98,11	8,1

Методом снятия потенциодинамических поляризационных кривых [17] изучено влияние триборатмоноэтаноламина, тетраборатмоноэтаноламмония и пентаборатдиэтаноламмония на электрохимическое поведение стали Ст10. Поляризационные кривые снимали на потенциостате П-5848 со скоростью развертки 1 мВ/с. Электрод сравнения – хлоридсеребряный (х.с.э.). Химически агрессивной средой служил 3%-ный раствор хлорида натрия, а содержание аминокоррозионных добавок составляло 0,5 мас.%. На рисунке 1 приведены анодные и катодные потенциодинамические поляризационные кривые стали Ст10. В 3%-ном растворе NaCl сталь интенсивно растворяется (кривые 1 и 1'). В присутствии аминокоррозионных ингибиторов (кривые 2-4 и 2'-4') потенциалы растворения металла смещены в положительную сторону относительно $E_{кор}$ в фоновом электролите, преимущественно замедляя анодный процесс. Результаты электрохимических исследований коррелируют с данными, полученными гравиметрическим методом.

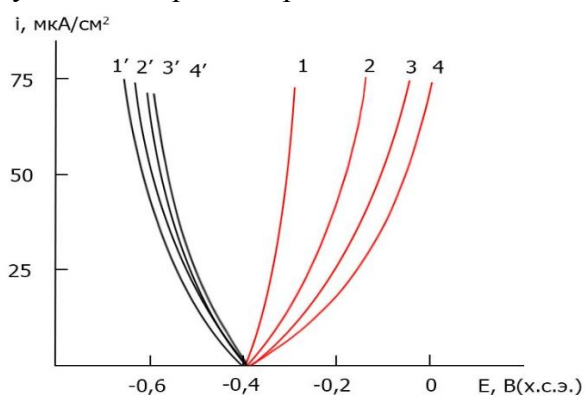


Рисунок 1. Анодные и катодные потенциодинамические поляризационные кривые стали Ст10: 1-1' – в 3%-ном растворе NaCl, 2-2' – в 3%-ном растворе NaCl+0,5мас% триборатмоноэтаноламина, 3-3' – в 3%-ном растворе NaCl+0,5мас% тетраборатмоноэтаноламмония, 4-4' – в 3%-ном растворе NaCl+0,5мас% пентаборатдиэтаноламмония

Известно, что в агрессивных средах разрушение стали связано с чисто коррозионными и коррозионно-механическими поражениями. Наличие ингибитора в коррозионной среде может оказывать влияние на

оба разрушающих фактора, которые снижают прочность металла [18,19]. Изучение влияния триборатмоноэтаноламина, тетраборатмоноэтаноламмония и пентаборатдимоноэтаноламмония на коррозионную усталость стали Ст10 в 3%-ном растворе NaCl проводилось методом, описанным в работе [20]. База испытания $N = 2 \cdot 10^6$ циклов. Результаты усталостных и коррозионно-усталостных испытаний стали в растворе хлорида натрия с добавкой аминокоррозионных добавок показали, что триборатмоноэтаноламина, тетраборатмоноэтаноламмония и пентаборатдимоноэтаноламмония в большей мере уменьшают разрушающее действие коррозионных поражений и в меньшей мере уменьшают коррозионно-механическое поражение.

На рисунке 2 в качестве иллюстрации приводятся результаты усталостных и коррозионно-усталостных испытаний стали Ст10 в 3%-ном растворе NaCl с добавлением 0,5 мас.% пентаборатдимоноэтаноламмония.

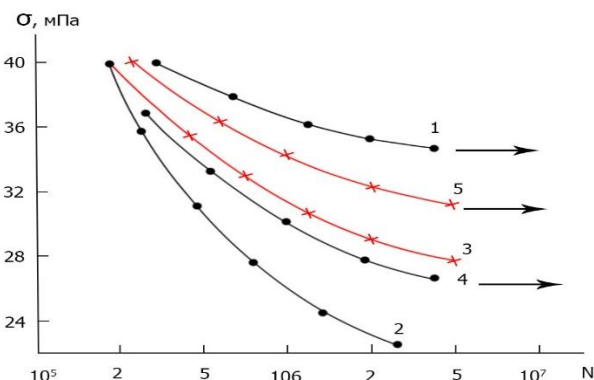


Рисунок 2. Кривые усталости и коррозионной усталости стали Ст10: 1 – на воздухе, 2 – в 3%-ном растворе NaCl, 3 – в 3%-ном растворе NaCl с добавлением 0,5 мас.% пентаборатдимоноэтаноламмония, 4 – на воздухе после предварительной выдержки в 3%-ном растворе NaCl, 5 – на воздухе после предварительной выдержки в 3%-ном растворе NaCl с добавлением 0,5 мас.% пентаборатдимоноэтаноламмония

Из данных представленных на рисунке 2 следует, что суммарная потеря циклической прочности исследуемой стали в 3%-ном растворе NaCl на базе испытания

$N = 2 \cdot 10^6$ циклов составляет 11,8 МПа (кривые 1 и 2). Из них 6,9 МПа приходится на чисто коррозионные поражения и 4,9 МПа на коррозионно-механические (кривые 1, 2 и 4). Добавка пентаборатдимонэтаноламмония в 3%-ный раствор NaCl существенно увеличивает циклическую прочность стали (сравни кривые 2 и 3), что обусловлено снижением эффективности действия разрушающих факторов в уменьшении циклической прочности стали (кривые 1, 3 и 5). На данной базе испытания пентаборатдимонэтаноламмония в большей мере уменьшает разрушающий эффект коррозионных чем коррозионно-механических поражений. Такое действие пентаборатдимонэтаноламмония можно объяснить, согласно [21, 22], его влиянием на кинетику электродных процессов, т.е. уменьшением эффективности обычных микроэлементов и специфических пар Эванса, с деятельностью которых связываются чисто коррозионные и коррозионно-механические поражения.

Испытания технологических свойств синтетических моющих средств в присутствии аминокорбатов показали, что триборатмоноэтанолamina, тетраборатмоноэтаноламмония и пентаборатдиэтаноламмония являются эффективными ингибиторами коррозии. На основе полученных экспериментальных данных, которые хорошо согласуются с известными фактами [23,24], они могут быть рекомендованы в качестве противокоррозионной присадки в состав синтетических моющих средств Лабомид-101, Лабомид-102, Лабомид-203, МС-6, МС-8, Темп-100. темп-100А, используемые при ремонте механического оборудования металлургических заводов.

Заключение

1. Защита металлургических конструкций от коррозионного разрушения с применением эффективных ингибиторов коррозии является актуальной проблемой, а исследования в этой области представляют большую научно-практическую значимость.
2. Аминокорбатные соединения: триборатмоноэтанолamina, тетраборатмоноэта-

ноламмония и пентаборатдиэтаноламмония значительно снижают скорость коррозии стали Ст10 в 3%-ном растворе NaCl.

3. Триборатмоноэтанолamina, тетраборатмоноэтаноламмония и пентаборатдиэтаноламмония преимущественно замедляют анодный процесс в большей мере уменьшают разрушающий эффект коррозионных чем коррозионно-механических поражений.
4. Триборатмоноэтанолamina, тетраборатмоноэтаноламмония и пентаборатдиэтаноламмония являются эффективными ингибиторами коррозии и рекомендованы в качестве противокоррозионной присадки в составе синтетических моющих средств Лабомид-101, Лабомид-102, Лабомид-203, МС-6, МС-8, Темп-100. темп-100А, используемых при ремонте механического оборудования металлургических заводов.

Библиографический список

1. Субботина О., Терентьев С. Современные отечественные покрытия для защиты от коррозии на предприятиях металлургии // Национальная металлургия, 2007. - № 6. - С.42-44.
2. Каландаров Н.О., Гойибова Д.Ф. Влияние коррозии на прочность оборудования // Молодой ученый, 2016. - № 9. - С.171-173.
3. Илларионов И.Е., Пестряев Д.А., Садетдинов Ш.В., Стрельников И.А. Разработка боратфосфатных моющих средств для очистки деталей металлургических машин в ремонтном производстве // Механическое оборудование металлургических заводов, 2019. - №1 (12). - С.71-75.
4. Фадеев И.В., Ременцов А.Н., Мороз С.М., Садетдинов Ш.В. Разработка композиции технологической жидкости для увеличения долговечности деталей и узлов транспортных средств // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), 2017. - №3(50). - С.90-97.
5. Патент на изобретение RU 2572125 С2. 27.12.2015. Ингибитор коррозии для

- грунтовок по металлу. Фадеев И.В., Садетдинов Ш.В., Новоселов А.М. Заявка № 2014113529/05 от 07.04.2014.
6. Фадеев И.В., Половняк В.К., Еремеева С.С., Садетдинов Ш.В. Влияние амидоборатных соединений на противокоррозионные свойства стали // Научно-технический вестник Поволжья, 2015. - № 3. - С.19-24.
 7. Илларионов И.Е., Садетдинов Ш.В., Стрельников И.А., Гартфельдер В.А. Влияние фосфатборатных соединений на противокоррозионную устойчивость стали в нейтральных водных средах // Черные металлы, 2018. - № 5. - С.47-53.
 8. Бышов Н.В., Полищук С.Д., Фадеев И.В., Садетдинов Ш.В. Ингибитор коррозии металлов для использования при ремонте автотракторной техники // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование, 2019. - № 2(54). - С.265-275.
 9. Фадеев И.В., Ременцов А.Н., Садетдинов Ш.В. Повышение противокоррозионной стойкости кузова автомобиля в условиях эксплуатации // Грузовик, 2018. - № 9. - С.35-38.
 10. Левашова В.И. Обзор ингибиторов коррозии на основе борорганических соединений / В.И. Левашова, И.В. Янгирова, И.В. Казакова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6 [Электронный ресурс]. – URL: <http://science-education.ru/pdf/2014/6/135.pdf>.
 11. Фадеев И.В., Новоселов А.М., Садетдинов Ш.В. Теоретические основы разработки новых ингибиторов коррозии для автотранспортного комплекса // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), 2014. - Вып.4(39). - С.17-21.
 12. Илларионов И.Е., Садетдинов Ш.В., Фадеев И.В. Системы из боратов аммония с некоторыми солями, аминами и амидами; Монография // Чебоксары: Изд-во Чувашского гос. ун-та им. И.Н.Ульянова, 2019. - 232 с.
 13. Скворцов В.Г., Садетдинов Ш.В., Молодкин А.К., Цеханский Р.С., Спиридонов Ф.П. Системы $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 - \text{N}_2\text{H}_4\text{CO}(\text{N}_2\text{H}_4\text{CS}) - \text{H}_2\text{O}$ при 25°C // Журнал неорганической химии, 1979. - Т.24. № 7. - С. 2009-2012.
 14. Илларионов И.Е., Садетдинов Ш.В. Коррозия черных металлов в средах, имитирующих условия эксплуатации автомобилей // Черные металлы, 2019. - № 4. - С.67-72.
 15. Стрельников И.А., Пестряев Д.А., Садетдинов Ш.В. Коррозионные характеристики углеродистой стали в растворах синтетических моющих средств // Упрочняющие технологии и покрытия, 2020. - Т.16. № 3(183). - С.112-115.
 16. Фадеев И.В., Александрова Г.А., Садетдинов Ш.В. Повышение противокоррозионных свойств технологических сред в машиностроении // В сборнике: Наука, производство, образование: состояние и направления развития, сборник научных трудов, 2019. - С.5-12.
 17. Пестряев Д.А., Садетдинов Ш.В., Пестряева Л.Ш. Влияние некоторых боратов на электрохимическое поведение стали в растворах синтетических моющих средств // В сборнике: Перспективы развития технического сервиса в агропромышленном комплексе. Сборник материалов Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции, посвященной 55-летию создания кафедры технического сервиса (ремонта машин и технологии конструкционных материалов), 2019. - С.145-152.
 18. Фадеев И.В., Садетдинов Ш.В. Повышение коррозионной стойкости стали // Вестник Московского Автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), 2015. - № 2(41). - С.107-114.
 19. Фадеев И.В., Новоселов А.М., Садетдинов Ш.В. Влияние амидоборатного комплекса на коррозию и коррозионную усталость стали С.10 // Приволжский научный журнал, 2014. - № 3(31). - С.31-35.

20. Патент на изобретение RU 2687860 С1. 17.05.2019. Водорастворимый ингибитор коррозии металлов. Илларионов И.Е., Садетдинов Ш.В. Заявка № 201833363 от 20.09.2018.
21. Илларионов И.Е., Садетдинов Ш.В., Гильманшина Т.Р. Противокоррозионная амидоборатная присадка к моющим средствам для машиностроительной промышленности // В сборнике: Современные технологии в машиностроении и литейном производстве, материалы IV Международной научно-практической конференции. Под редакцией И.Е. Илларионова, 2018. - С.328-334.
22. Фадеев И.В., Илларионов И.Е., Садетдинов Ш.В. Аминоборатный раствор для получения магнетитных покрытий на стали // Вестник Московского Автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), 2016. - № 1(44). - С.68-74.
23. Илларионов И.Е., Садетдинов Ш.В., Фадеев И.В., Стрельников И.А., Шалунов Е.П. Влияние боратов на противокоррозионную усталость стали Ст3 в растворах синтетических моющих средств // Черные металлы, 2020. - № 1. - С.50-55.
24. Фадеев И.В., Садетдинов Ш.В., Илларионов И.Е. Разработка синтетических моющих средств на основе боратов для очистки поверхности металла; Монография // Чебоксары: Изд-во Чувашского гос. ун-та им. И.Н. Ульянова, 2016. - 185 с.

Information about the paper in English

Sh.V. Sadetdinov, I.A. Strelnikov, D.A. Pestryaev
 I.N. Ulyanov Chuvash State University
 Cheboksary, Russian Federation
 E-mail: avgustaf@list.ru
 Received 21.04.2020

**AMINOBORATE-BASED CORROSION INHIBITORS FOR MECHANICAL EQUIPMENT
 OF METALLURGICAL PLANTS**

Abstract

The analysis of scientific and technical literature showed that mechanical equipment of metallurgical plants is exposed to corrosion and mechanical damages, resulting in significant financial losses and man-made disasters. Protection of metallurgical structures against the corrosion damage by using efficient corrosion inhibitors is a currently important issue, and research on this area presents a great scientific and practical value. Regarding the studies, a special attention is devoted to developing corrosion inhibitors based on amines and borates characterizing by a high inhibiting effect, a broad range of the inhibiting effect, availability of chemical agents and simple synthesis conditions. These requirements are met by aminoborate-based compounds: monoethanolamine triborate, monoethanolammonium tetraborate and diethanolammonium pentaborate, whose synthesis is described in this paper. The studies show that they significantly reduce the corrosion rate of steel St10 in a 3% NaCl solution chosen as aggressive environment. It is found that an optimum concentration of aminoborates is 0.5 % wt. in corrosive environment. The potentiodynamic method was used to build anode and cathode polarization curves for steel St10, showing that monoethanolamine triborate, monoethanolammonium tetraborate and diethanolammonium pentaborate mainly slow down the anode process. Fatigue and corrosion-fatigue tests of steel in the experimental environment show that monoethanolamine triborate, monoethanolammonium tetraborate and diethanolammonium pentaborate to a greater extent decrease the damaging effect of corrosion damages and to a lesser extent decrease corrosion and mechanical damages. These data prove the recommendation to use monoethanolamine triborate, monoethanolammonium tetraborate and diethanolammonium pentaborate as efficient inhibiting additives to synthetic cleaning agents to repair mechanical equipment of metallurgical plants.

Keywords: monoethanolamine triborate, monoethanolammonium tetraborate, diethanolammonium pentaborate, steel St10, 3% NaCl solution, corrosion rate, potentiodynamic polarization curves, corrosion-mechanical damage, mechanical equipment, corrosion inhibitor.



УДК 658.588:[621.81.621.791]

С.А. Лошаков¹, Л.Т. Плаксина²

¹Завод №9,

²ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет»

г. Екатеринбург, Российская Федерация

E-mail: ¹eqwd@mail.ru, ²plt2006@yandex.ru

Дата поступления 03.06.2020

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ РЕМОНТНОЙ СВАРКИ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация

В работе приведены требования по ремонтной сварке металлоконструкций, представлена технологическая карта ремонтной сварки литой детали, предложенная в качестве типовой. В статье отражены результаты проведенной актуализации технологической инструкции «Исправление литейных дефектов деталей».

Ключевые слова: ремонтная сварка, дефект, требования по ремонтной сварке, литая деталь, технология, технологическая инструкция.

Введение

В данной работе представлены основные положения технологической инструкции по исправлению литейных дефектов деталей, актуализированной с учетом разработанных требований по ремонтной сварке и типовой операционно-технологической карты ремонтной сварки литой детали, а также требований стандартов систем менеджмента качества.

Основная часть

В настоящее время на предприятии АО «Завод №9», г. Екатеринбург, нередко возникает потребность в ремонтной сварке в следующих случаях: исправление дефектов литейных заготовок [1]; устранение дефектов, возникших в процессе изготовления сварных конструкций, в том числе при сборке, а также при механической обработке деталей и узлов.

Ремонтная сварка имеет существенные отличия по сравнению со сваркой новой металлоконструкции. Газоплазморезательные и слесарные работы по удалению дефектов и последующую ремонтную сварку образующихся в результате разделок зачастую производят по индивидуальным специальным технологиям. Это вызывает необходимость наличия специфических теоретических знаний и практических

навыков исполнителей, без чего невозможно получение высококачественных сварных соединений, обеспечивающих эксплуатационную и технологическую надежность восстановленных металлоконструкций и узлов. Еще более усложняет процесс ремонтной сварки потребность восстановления деталей, изготовленных из самых различных марок сталей [2].

Существенным требованием является своевременность выполнения ремонтных работ в условиях внезапно возникшей в них потребности. Причем сам процесс ремонтной сварки может занять довольно большой промежуток времени. Кроме того, необходимо учесть время на транспортировку ремонтируемых металлоконструкций из сборочного или механического цеха в сварочный, а также время на разработку технологического процесса. Свой вклад в увеличение длительности времени по организации и выполнению работ по ремонтной сварке вносит тот объективно существующий факт, что далеко не все инженеры-технологи и сварщики обладают соответствующей квалификацией. Все вышеперечисленное приводит к тому, что проектирование и реализация процесса ремонтной сварки считается дорогостоящим и трудоемким [3].

В целях более эффективного и быстрого решения проблем ремонтной сварки

перед отделом Главного сварщика (ОГС) была поставлена непростая задача, а именно: выявить необходимые требования по ремонтной сварке, актуализировать технологическую инструкцию «Исправление литейных дефектов деталей», а также разработать типовой технологический процесс. Авторами настоящей статьи выдвинуты следующие требования по ремонтной сварке:

1. Восстановительные работы производить при соответствующей температуре в цехе, а также предусмотреть защиту от сквозняков;
2. Устанавливать детали в нижнее положение для удобного и свободного удаления дефектов при помощи газокислородной резки и слесарных методов;
3. Производить сварку в один или несколько слоев;
4. Для устранения деформации поверхности восстанавливаемой детали необходимо устанавливать фиксирующие элементы;
5. Осуществлять при необходимости сопутствующий или предварительный подогрев;
6. Ставить прихватки. Удалять лопнувшие прихватки слесарным методом;
7. Разделки при необходимости делить на участки длиной от 300 до 600 мм. В целях уравнивания напряжений и деформаций в объеме ремонтируемых элементов конструкций или узлов при наложении сварных швов соблюдать правила симметрии;
8. В случае необходимости заварки корня шва с одной стороны за один -

два прохода производить сварку корня шва именно с этой стороны. При этом необходимо осуществлять зачистку наплавленного металла с обратной стороны, а также зачистку наплывов, неровностей и т. д.;

9. Рекомендуется заполнение глубоких разделок кромок с двух сторон с кантовкой металлоконструкций при необходимости;
10. Применять типы и марки электродов в зависимости от марок сталей ремонтируемых конструкций и их прочностных характеристик. В соответствии с техническими требованиями осуществлять прокалку электродов при необходимости. После прокали электроды хранить в сушильных шкафах или термопечалах;
11. При необходимости осуществлять термическую или химико-термическую обработку восстанавливаемой конструкции;
12. Каждый валик наплавленного металла зачищать от шлака и брызг. Вести наблюдение за изменением формы восстанавливаемой конструкции в процессе сварки. Придать наплавленному участку товарный вид;
13. Строго соблюдать правила техники безопасности и охраны труда.

С учетом вышеизложенного представлен пример разработки технологической карты для ремонтной сварки трещины литой станины из стали марки 35Л (рисунок 1, таблица 1).

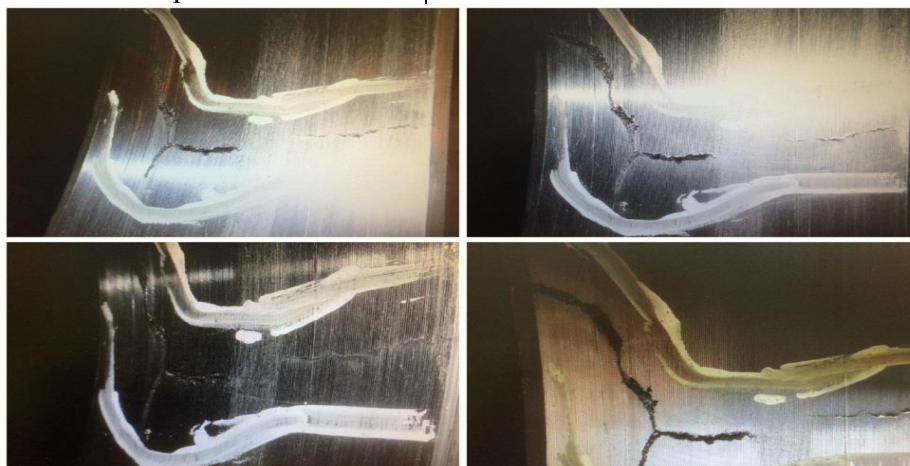


Рисунок 1. Фотографии дефектов литой станины

Таблица 1

Операционно-технологическая карта ремонтной сварки (наплавки) станины

Номер операции	Содержание операции	Используемое оборудование (инструмент)
1	На расстоянии 6 – 8 мм от видимых концов трещин засверлить концы трещин сверлом диаметром 12 – 16 мм во всех доступных местах. Трещины разделить механическим путем до здорового металла. Выборка дефектов угольным электродом или газовым резаком запрещается.	Сверло
2	Зачистить места сварки от ржавчины, грязи, масла и обезжирить [4, 5]. Приемку подготовки поверхностей под сварку принимать контролеру ОТК. Продолжить проведение ремонтной сварки при положительных результатах контроля.	Углошлифовальная машина Газовый резак
3	Прилегающие к месту сварки окончательно обработанные поверхности закрыть асбестовым полотном для предотвращения попадания брызг металла [6].	
4	Производить предварительный подогрев до $T = 150 - 180^{\circ}\text{C}$ с контролем температуры подогрева пирометром.	Пирометр
5	Перед сваркой электроды прокалить при температуре $T = 250^{\circ}\text{C} - 300^{\circ}\text{C}$ в течение одного часа.	Печь для прокалики электродов
6	Разделки трещин заварить. Способ сварки – ручная дуговая, электроды марки УОНИ 13/55, диаметр 4 мм, постоянный ток обратной полярности. Техника сварки - короткая длина дуги. Во избежание стекания металла сварочной ванны по краям разделок, выходящих на торец, наплавить валик высотой 4 – 5 мм электродами марки УОНИ 13/55 диаметром 4 мм. Заполнять разделки не допуская перегрева. Первый слой наплавлять на токе $I_{\text{св}} = 110 - 140 \text{ А}$, а последующие слои током $I_{\text{св}} = 140 - 180 \text{ А}$. Валики накладывать с перекрытием на 1/3 ширины предыдущего.	EWMPHOE-NIX 451 PULS
7	Тщательная послойная зачистка металла от шлака и брызг.	Углошлифовальная машина
8	Укрыть места заварок асбестовым полотном в четыре слоя до полного охлаждения.	
9	Зачистить места сварки и прилегающие к ним поверхности от шлака и брызг металла.	Углошлифовальная машина
10	Сдать ОТК. Качество заварки проверить.	ВИК, МПД

С учетом вышеизложенного и анализа технологической наследственности брака деталей [7], выявлена возможность использования настоящей технологической карты для применения в качестве типового технологического процесса ремонтной сварки литых деталей.

Кроме того, в настоящее время актуализирована, утверждена и введена в действие технологическая инструкция «Исправление литейных дефектов деталей», разработанная в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 9001-15 (Системы менеджмента качества), которая содержит следующие пункты:

1. Область применения. Устанавливает:

- список подразделений предприятия, обязанных выполнять инструкцию;
- перечень сфер работ, для реализации которых разработана настоящая инструкция;
- перечень содержания основных технических требований для выполнения ремонтных работ.

2. Нормативные ссылки. Содержит перечень нормативных документов:

- ГОСТы, ОСТы, ТУ, СТП, ТИ (технологические инструкции) и ИОТ (инструкции по охране труда).

3. Термины и определения. Включает в себя основные термины литейных дефектов деталей и их определение.

4. Обозначения и сокращения. Содержит перечень обозначений и сокращений, применяемых в данной инструкции.

5. Общие положения. Включает в себя:

- перечень литейных дефектов, подлежащих исправлению методами сварки (наплавки);
- расположение и характер дефектов, допустимых для исправления;

- укомплектованность специализированным оборудованием мест проведения ремонтных работ;
- требования к температурному режиму выполнения работ;
- квалификационные требования к рабочим, выполняющим ремонтные работы;
- требования к термической обработке;
- количественный контроль ОТК исправления литейных дефектов одного и того же месторасположения.

6. Сварочные материалы. Содержит:

- перечень сварочных материалов, подлежащих входному контролю;
- хранение и транспортировка сварочных материалов;
- ссылки на технологические рекомендации по сварке (наплавке) и выбору сварочных материалов, применяемых для устранения литейных дефектов.

7. Подготовка под сварку (наплавку).

Включает в себя:

- требования к подготовке сварочных материалов;
- способы подготовки дефектных мест к сварке (наплавке);
- требования к форме, размерам и состоянию поверхности разделок дефектных мест под сварку (наплавку);
- рекомендации по подготовке поверхностей, прилегающих к выборке;
- контроль качества удаления дефектов и подготовки выборок для сварки (наплавки) ОТК;
- ссылки на принципиальные схемы разделки дефектов различных видов и их подготовки под сварку (наплавку).

8. Подогрев деталей перед сваркой (наплавкой). Содержит:

- учет марки материала, формы детали, размера и расположения дефекта при назначении подогрева перед сваркой (наплавкой);

- методика проведения подогрева деталей перед сваркой или наплавкой (местного и общего);
- метрологические характеристики аппаратуры для контроля температуры подогрева.

9. Сварка (наплавка) дефектов. Включает в себя:

- рекомендации по выбору способов сварки (наплавки) для исправления дефектов;
- особенности техники и технологии сварки (наплавки) исправления дефектов в зависимости от особенностей дефекта (размеров, формы, месторасположения и пр.) и металлоконструкции;
- особенности организации контроля ремонтных работ (сварки или наплавки);
- требования к зачистке и обработке исправленных участков после сварки (наплавки).

10. Методы контроля исправления дефектов. Содержат:

- особенности организации контроля качества дефектов, подлежащих исправлению;
- оформление документации;
- содержание «сетки клеймения», наносимой на детали с дефектами, подлежащими исправлению;
- методика контроля качества полноты удаления дефекта;
- перечень способов контроля;
- требования к персоналу, осуществляющему контроль.

11. Охрана труда. Содержит:

- перечень соответствующих ИОТ (инструкций по охране труда) и правил технической эксплуатации;
- особенности организации контроля знания инструкций по охране труда и оформления результатов проверки.

12. Ответственность. Включает в себя:

- перечень подразделений предприятия (или сотрудника подразделения) с установлением ответственности каждого из них за выполнение соответствующего пункта разработанной инструкции;
- порядок оформления надлежащей документации.

Приложения технологической инструкции «Исправление литейных дефектов деталей» содержат:

- расположение и характер дефектов, допустимых для исправления;
- технологические рекомендации по сварке (наплавке) литейных дефектов детали (марка материала, категория прочности, температура подогрева, рекомендации по выбору сварочных материалов в зависимости от способа сварки, особенности технологии термообработки), порядок оформления документации;
- принципиальные схемы разделки дефектов;
- схемы исправления литейных дефектов (сварка или наплавка) в зависимости от характера дефекта;
- содержание акта об исправлении дефекта.

Заключение

Результаты проведенной работы, приведенные выше, позволяют заключить следующее:

- потребность в проведении ремонтных сварочных работ существует на всех стадиях жизненного цикла продукции – производстве, монтаже, эксплуатации; ремонтные работы неизменно будут характеризоваться новизной и разнообразием, определяемыми видами дефектов, их величиной, местами расположения, марками материалов, условиями выполнения восстановительных работ, необходимостью подогрева и т.д.;

- в целях повышения эффективности и сокращения времени решения проблем ремонтной сварки (наплавки) разработаны необходимые требования по ремонтной сварке и типовой технологический процесс ремонтной сварки литых деталей, с учетом которых актуализирована, утверждена и внедрена в деятельность предприятия технологическая инструкция «Исправление литейных дефектов деталей»;
- предложенная методика и материалы работы могут быть использованы на промышленных предприятиях при решении целого ряда практических задач: повышения времени межремонтного периода литых деталей, совершенствования проектирования технологий ремонтной сварки литых деталей, обеспечивающих эксплуатационную и технологическую надежность восстановленных металлоконструкций, повышения производительности и др.

Библиографический список

1. ГОСТ 19200-80. Отливки из чугуна и стали. Термины и определения дефектов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1980. - 12 с.

2. Совершенствование организации ремонтной сварки / Панов В.И. // СВАРКА. РЕНОВАЦИЯ. ТРИБОТЕХНИКА: тезисы докладов VII Уральской научно-практической конференции. – Нижний Тагил: Нижнетагильский технологический институт (филиал) УрФУ им. Первого Президента России им. Б.Н. Ельцина, 2015. – С. 36-40.
3. Заварка дефектов литой станины ротора / С.А. Лошаков, Л.Т. Плаксина // СВАРКА. РЕНОВАЦИЯ. ТРИБОТЕХНИКА: тезисы докладов VIII Уральской научно-практической конференции. – Нижний Тагил: НТИ (филиал) УрФУ им. Первого Президента России им. Б.Н. Ельцина, 2017. - С. 64-67.
4. ГОСТ 2424-83. Круги шлифовальные. Технические условия. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 1983. - 39 с.
5. ГОСТ 3134-78. Уайт-спирит. Технические условия. - М.: ИПК Издательство стандартов, 1978. - 17 с.
6. ГОСТ 6102-94. Ткани асбестовые. Общие технические требования. - М.: ИПК Издательство стандартов, 1994. - 8 с.
7. Технология ремонтной наплавки сектора модуля буровой лебедки. / Лошаков С.А., Плаксина Л.Т., Шведов В.В. // MASTER'S JOURNAL, №1, Пермский национальный исследовательский университет, Пермь, 2017. – С. 61-65.

Information about the paper in English

S.A. Loshakov¹, L.T. Plaksina²

¹Plant No. 9,

²Russian State Vocational Pedagogical University
Yekaterinburg, Russian Federation

E-mail: ¹eqwd@mail.ru, ²plt2006@yandex.ru

Received 03.06.2020

IMPROVING THE DESIGN OF REPAIR WELDING TECHNOLOGIES FOR CAST PARTS AT THE INDUSTRIAL PLANT

Abstract

The paper contains the requirements for repair welding of steel structures and a repair welding process flow diagram for cast parts offered as a typical one. The paper presents the results of the updated procedure specification "Remedy of cast defects found in parts".

Keywords: repair welding, defect, requirements for repair welding, cast part, technology, procedure specification.



УДК 621.771.23

Е.А. Максимов
ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»
г. Челябинск, Российская Федерация
E-mail: maksimov50@mail.ru
Дата поступления 08.05.2020

ПАРАМЕТРЫ, КОНСТРУКЦИИ И РЕГУЛИРОВКИ РОЛИКОВЫХ ПРАВИЛЬНЫХ МАШИН ПРИ ПРАВКЕ ЛИСТОВОГО ПРОКАТА

Аннотация

Проведен анализ основных конструкций роликовых правильных машин (РПМ), предназначенных для правки листового проката.

Показано, что по схеме установки опорных роликов относительно рабочих конструкции РПМ можно разделить: с шахматным расположением опорных роликов относительно рабочих, в попарным (оппозитным) расположением опорных роликов относительно рабочих, с комбинированным расположением опорных роликов относительно рабочих. Установлено, что способам настройки РПМ можно разделить: с групповой параллельной настройкой, с групповой наклонной настройкой, с индивидуальной параллельной настройкой. Установлено, что по схеме регулирования рабочих роликов с поперечной настройкой конструкции РПМ можно разделить: с параллельной поперечной настройкой, путем поперечного поворота роликов одного ряда относительно оси правки, путем изгиба рабочих роликов по длине бочки.

Показано, что конструкции РПМ можно разделить на специализированные машины различных конструкций для правки толстых и тонких листов, а также для правки листов в горячем и холодном состоянии,

Уставлены основные преимущества РПМ с индивидуальной высотной настройкой и независимым приводом рабочих роликов РПМ.

Ключевые слова: конструкций роликовых правильных машин (РПМ), схемы регулировочных воздействий (настроек) РПМ, специализированные машины для правки толстых и тонких листов в горячем и холодном состоянии, индивидуальная высотная настройка и независимый приводом рабочих роликов РПМ.

Введение

В соответствии с конструктивными особенностями роликовые правильные машины (РПМ) состоят из двух основных самостоятельных узлов: рабочей клетки и главного привода, соединенных между собой универсальными шпинделями [1-4].

Необходимость использования универсальных шпинделей вызывается нестандартным расположением рабочих роликов одного ряда. Обычно главный привод монтируется на отдельной плите и состоит из: шестеренной клетки и понижающего редуктора, входной вал которого соединен через муфту с электродвигателем. В РПМ рабочая клетка собирается по одной принципи-

альной схеме: ролики нижнего ряда устанавливаются в нижней траверсе машины, а ролики верхнего ряда устанавливаются в верхней траверсе машины, положение которой регулируется в вертикальном направлении. Регулировка положения верхней траверсы машины производится от отдельного электродвигателя. Опорные ролики устанавливаются в один или несколько рядов по длине рабочего ролика. В настоящее время применяются две основные схемы расположения опорных роликов по отношению к рабочим роликам: шахматное расположение и расположение по вертикальной оси (оппозитное) [5-8].

При шахматном расположении опорные ролики препятствуют прогибу рабочих роликов в вертикальном и горизонтальном

направлениях, так как они воспринимают силу давления листа на ролики вертикальном направлении и тяговое усилие в горизонтальном направлении.

Опорные ролики большинства РПМ, короче рабочих, имеют одинаковый с ними или больший диаметр, располагаются по несколько штук по длине бочки рабочего ролика [9-11]. Наиболее простые конструкции РПМ имеют параллельную настройку роликов. Современные РПМ позволяют реализовать схему с групповой наклонной настройкой путем перемещения как верхних, так и нижних траверс с расположенными на них роликами [12-16]. Направляющие ролики на входе выходе РПМ имеют индивидуальную настройку для улучшения захода листа в ролики.

В настоящее время стремятся обеспечить наибольшее количество управляющих воздействий (регулировок) РПМ для расширения технологических возможностей и обеспечения различных режимов правки листов разного сортамента [17-21].

В связи с этим РПМ разных типов имеют значительные конструктивные особенности.

Целью исследования являются параметры, конструкции и регулировки роликовых правильных машин при правке листового проката.

Анализ схем и конструкций роликовых правильных машин

Роликовые правильные машины, работающие на предприятиях нашей страны и за рубежом, можно разделить на два больших класса: установленные в потоке и отдельно стоящие. Для машин первого класса правка осуществляется за один проход, в этом случае наиболее важным параметром является высокая производительность, а также получение качественного листа за один проход, быстрое изменение настройки при переходе с одного сортамента на другой.

Во втором случае правка осуществляется на несколько реверсивных проходов.

В РПМ для правки листов большой ширины с целью обеспечения прочности рабочих роликов и их подшипниковых опор рабочую клетку оснащают опорными

роликами (рисунок 1). Как правило, вдоль осей рабочих роликов устанавливаются несколько опорных роликов. Расположение опорных роликов относительно рабочих в шахматном порядке обеспечивает восприятие как вертикальных, так горизонтальных нагрузок, действующих на рабочие ролики (рисунок 1). На практике РПМ с шахматным расположением опорных роликов применяются для холодной правки листов.

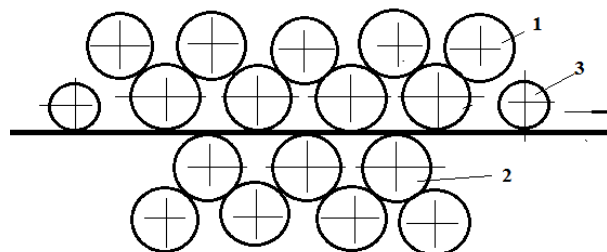


Рисунок 1. Схема установки опорных роликов в РПМ в шахматном порядке:
1– опорные ролики, 2– рабочие ролики,
3–направляющие ролики

В промышленности шахматное расположение опорных роликов относительно рабочих наиболее распространено, так как обеспечивает восприятие как вертикальной, так и горизонтальных нагрузок, действующие на рабочие ролики.

Направляющие ролики на входе и выходе почти у всех машин имеют индивидуальную настройку для обеспечения захода и выхода листа из РПМ. Привод практически всех машин групповой от одного или двух электродвигателей через систему редукторов и общую шестеренную клетку. Обычно приводными являются все рабочие ролики, а в некоторых случаях и направляющие ролики.

Попарное (оппозитное) расположение опорных и рабочих роликов применяется, преимущественно, в машинах горячей правки, так как обеспечивают свободное удаление окалины (рисунок 2).

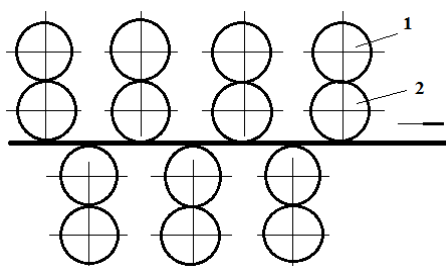


Рисунок 2. Схема установки опорных роликов в РПМ в попарном порядке (оппозитное): 1– опорные ролики, 2– рабочие ролики

В РПМ данной конструкции рабочие ролики, размещенные в верхней и нижней траверсах оппозитно, опираются на опорные ролики.

Комбинированное расположение опорных и рабочих роликов применяется, преимущественно, в машинах холодной правки для листов, покрытых окалиной (рисунок 3).

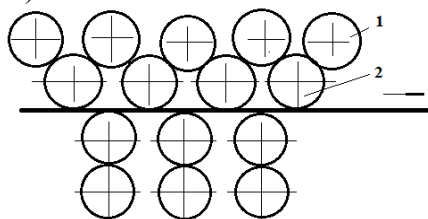


Рисунок 3. Схема установки опорных роликов в РПМ в комбинированное порядке: 1– опорные ролики, 2– рабочие ролики.

Схема установки опорных роликов в РПМ с промежуточными роликами представлена на рисунке 4.

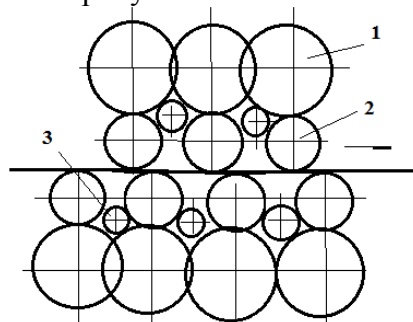


Рисунок 4. Схема установки опорных роликов в РПМ: 1 - опорные ролики, 2 - рабочие ролики, 3 - промежуточные ролики

Наличие промежуточных роликов в РПМ исключает на поверхности рабочих роликов следы контакта с опорными роликами, которые отпечатываются на выправляемом листе. Такие РПМ применяются для

правки листов из цветных металлов, к качеству поверхности которых предъявляются повышенные требования.

Анализ схем настройки роликовых правильных машин

Настройка РПМ заключается в установке положения рабочих роликов одного ряда относительно другого в зависимости от толщины и ширины, механических свойств выправляемого листа, а также характера и величины исправляемого дефекта. Известно, что в современных РПМ применяются несколько видов настройки: вдоль и поперек оси роликов [16].

РПМ с групповой параллельной настройкой применяются как для холодной, так и для горячей правки листов при отсутствии повышенных требований по плоскостности (рисунок 5). Такие машины позволяют регулировать один параметр правки, то есть расстояние между верхним и нижним рядами роликов.

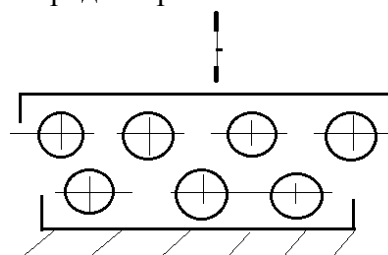


Рисунок 5. Схема настройки рабочих роликов в РПМ с групповой параллельной настройкой

В РПМ с групповой параллельной настройкой применяются станины закрытого типа. Верхняя подвижная траверса помещается внутри станины в вертикальном направлении, а механизмы регулировки располагаются в верхней части станины, на верхней траверсе. Основными способами уравнивания подвижной верхней траверсы являются: пружинный, грузовой и пневматический. В РПМ с подвижной верхней траверсой регулируют положение верхних опорных роликов, в машинах с подвижной нижней траверсой регулируют положение нижних опорных роликов. В машинах такого типа все рабочие ролики приводные. Привод РПМ устанавливается отдельно от станины клетки. В некоторых машинах редуктор и шестеренную клетку совмещают в общем корпусе.

Групповая наклонная настройка применяется в тринадцати – и семнадцати роликовых РПМ, преимущественно при правке листов толщиной от 4,00мм до 10,00 мм в холодном состоянии (рисунок 6). При этом такие машины имеют две независимые настройки.

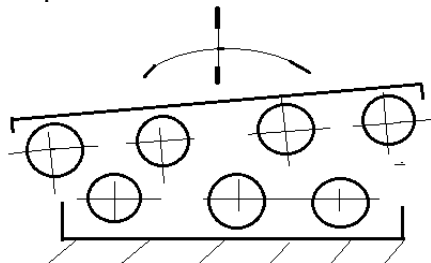


Рисунок 6. Схема настройки рабочих роликов в РПМ с групповой наклонной настройкой

В РПМ с групповой наклонной настройкой в большинстве конструкций верхний ряд роликов устанавливается наклонно и регулируется по высоте. Регулировка угла наклона верхнего ряда роликов производится от самостоятельного механизма с помощью штурвала или совмещается с механизмом регулировки положения верхнего ряда роликов по высоте, обычно приводимого от электродвигателя.

В последнее время наблюдается переход к машинам, в которых увеличивается количество независимых регулировок, так как практически все ролики имеют независимое регулирование. Индивидуальная радиальная настройка рабочих роликов дает возможность выправлять изгиб листа под каждым роликом. Такую настройку используют на РПМ с достаточно большим шагом. Индивидуальная параллельная настройка роликов в РПМ обеспечивает повышенное качество при правке листов как в горячем, так и в холодном состоянии [11, 16].

Схема настройки рабочих роликов в РПМ с индивидуальной настройкой представлена на рисунке 7.

Индивидуальная настройка дает возможность регулировать изгиб листа под каждым роликом.

Положение роликов осуществляется регулировкой положения по высоте опорных роликов, причем каждый ряд роликов регулируется самостоятельно.

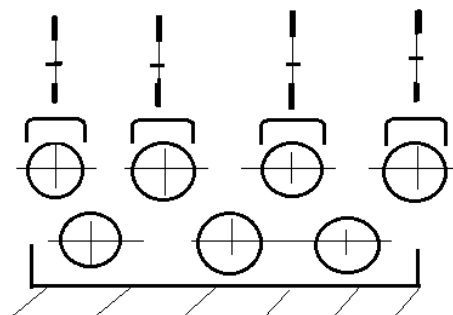


Рисунок 7. Схема настройки рабочих роликов в РПМ с индивидуальной настройкой

Индивидуальная параллельная настройка обеспечивает повышенную точность при правке листов в холодном состоянии.

Одной из особенностей правки листов является неравномерность деформации по ширине листа при правке. В случае, если жесткости рабочего ролика недостаточно, то его середина прогибается больше, чем по краям. Это явление приводит к различной пластической деформации между серединой и краями листа. Совершенствование конструкций РПМ идет по пути: использования настройки рабочих роликов путем поперечного поворота роликов одного ряда относительно оси правки, настройки рабочих роликов путем изгиба рабочих роликов по длине бочки, а также введение системы противоизгиба роликов [11, 17].

Параллельная поперечная настройка рабочих роликов верхнего и нижнего рядов рассчитана на выправление волнистого листа с одинаковой амплитудой волны поперек ширины листа (рисунок 8).

Для выправления листов с односторонней волнистостью необходимо, чтобы деформация изгиба неравномерно распределялась по ширине листа [18, 19].

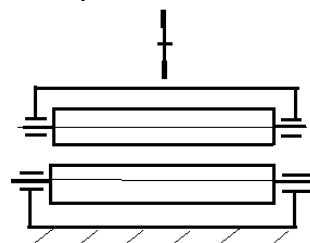


Рисунок 8. Схема настройки рабочих роликов в РПМ с параллельной поперечной настройкой

Группой поперечный поворот роликов одного ряда относительно оси правки

создает различные деформации по одному из краев листа (рисунок 9).

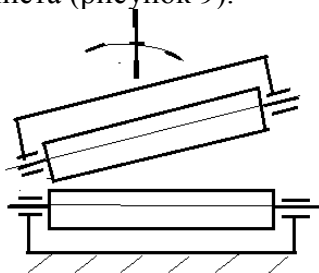


Рисунок 9. Схема настройки рабочих роликов в РПМ путем поперечного поворота роликов одного ряда относительно оси правки

Наклонная установка роликов поперек направления правки производится при помощи общего механизма регулировки положения верхней подвижной траверсы.

Более широкие возможности для изменения деформации по ширине листа имеют место при изгибе рабочих роликов в поперечном направлении (рисунок 10).

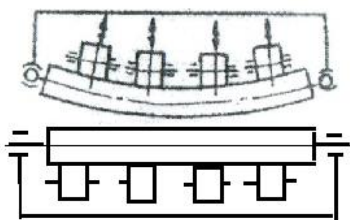


Рисунок 10. Схема настройки рабочих роликов РПМ путем изгиба рабочих роликов по длине бочки

Опорные ролики вдоль рабочих роликов обычно размещаются в один и более рядов, смонтированных в подвижных траверсах. Каждый опорный ролик имеет устройство регулировки по высоте, для того чтобы прогиб рабочего ролика по его длине был прямолинейным.

При комбинации с поперечным поворотом роликов такая настройка позволяет выправлять различные виды дефекта неплоскостность. При этом изгиб рабочих роликов осуществляется посредством нескольких опорных роликов, оснащенных индивидуальными нажимными устройствами. На современных РПМ характер и величина изгиба листа выводится на монитор оператора.

Параметры правки, конструкции и регулировка роликовых правильных машин представлены в таблице 1.

Индивидуальная настройка всех верхних роликов реализована на девятироликовых РПМ Северсталь и ММК (таблица 2).

РПМ с индивидуальной настройкой роликов начали появляться только в последнее время (SMS-Demag, Германия).

Таблица 1
Параметры правки, конструкции и регулировка роликовых правильных машин

Предприятие	НТМК	Северсталь	Кузнецкий МК	Красный октябрь	Донецкий МЗ
Количество роликов	7	17	11	13	17
h , мм	До 50	3	до 12	5– 25	5– 20
B , мм	1300-2900	2400	до 1800	до 1500	1250– 2200
D_p , мм	300	80	170	150	150
Схема установки опорных роликов	в попарном порядке (оппозитное)	в шахматном порядке	в шахматном порядке	в шахматном порядке	в шахматном порядке
Схема регулирования положения рабочих роликов	с групповой параллельной настройкой	с групповой наклонной настройкой	с групповой наклонной настройкой	с групповой параллельной настройкой	с групповой параллельной настройкой

Таблица 2

Техническая характеристика роликовых правильных машин с индивидуальной настройкой
Северсталь и ММК

Тип РПМ	9х320х2800	HPL 360/380х5200/9
Количество рабочих роликов, шт	9	9
Диаметр рабочих роликов, мм	305	360
Шаг рабочих роликов, мм	320	380
Длина рабочих роликов, мм	2800	5200
Наибольшее усилие правки, МН	27	40
Способ правки	холодная	горячая

Характерной особенностью современных РПМ, производимых за рубежом, является автоматическое регулирование положения роликов и крутящего момента с помощью цифровой системы по показаниям толщиномера, а также применение средств автоматического контроля за плоскостью листа после правки. Как правило РПМ оснащаются предохранительными устройствами для предупреждения перегрузок машины при правке. На современных РПМ, разрабатываемых за рубежом, используются гидравлические нажимные устройства.

Гидравлические нажимные устройства позволяют настраивать ролики машины в процессе правки (компании UBR, MDS, SMS, Германия).

Индивидуальная настройка позволяет реализовать на РПМ необходимый требуемый по технологии режим правки листов с максимальным коэффициентом пластической деформации по толщине (рисунок 7). Независимый привод роликов с индивидуальной настройкой позволяет выполнять гибкую технологическую настройку при изменяющемся сортаменте выправляемых листов.

На РПМ с индивидуальной настройкой путем изменения перечной настройки появляется возможность правки листов с продольно серповидностью.

Индивидуальный привод вращения рабочих роликов позволяет обеспечить необходимый суммарный момент правки при относительно низкой величине нагрузки на приводе каждого ролика.

Анализ показал, что по конструкционным параметрам и регулировочным воздействиям роликовые правильные машин можно разделить.

1. По схеме установки опорных роликов относительно рабочих:
 - с шахматным расположением опорных роликов относительно рабочих;
 - в попарным (оппозитным) расположением опорных роликов относительно рабочих;
 - с комбинированным расположением опорных роликов относительно рабочих.
2. По схеме регулирования положения рабочих роликов:
 - с групповой параллельной настройкой;
 - с групповой наклонной настройкой;
 - с индивидуальной настройкой.
3. По схеме регулирования рабочих роликов с поперечной настройкой:
 - с параллельной поперечной настройкой;
 - путем поперечного поворота роликов одного ряда относительно оси правки;
 - путем изгиба рабочих роликов по длине бочки.
4. На РПМ, предназначенных для правки толстых и тонких листов и полос.
5. На РПМ, предназначенных для правки листов и полос в горячем и холодном состоянии.

В целом можно выделить следующие основные направления совершенствования конструкций РПМ:

- повышение количества видов и регулирующих воздействий на ролики РПМ,
- применение РПМ с индивидуальной настройкой и индивидуальным приводом вращения рабочих роликов,
- применение РПМ с комбинированным расположением опорных и рабочих роликов,
- применение специализированных РПМ различных конструкций для правки толстых и тонких листов, для правки листов и полос в горячем и холодном состоянии,
- увеличение жесткости основных узлов РПМ,
- применение на РПМ гидравлических устройств для настройки роликов;
- автоматическое регулирование нагрузок на ролики с использованием цифрового сигнала.

Заключение

1. Проведен анализ основных конструкций роковых правильных машин (РПМ), предназначенных для правки листового проката.
2. Анализ показал, что по схеме установки опорных роликов относительно рабочих конструкции РПМ можно разделить:
 - с шахматным расположением опорных роликов относительно рабочих;
 - в попарным (оппозитным) расположением опорных роликов относительно рабочих;
 - с комбинированным расположением опорных роликов относительно рабочих.
3. Установлено, что по схеме регулирующих воздействий (настройки), РПМ можно разделить:
 - с групповой параллельной настройкой;
 - с групповой наклонной настройкой;

- с индивидуальной параллельной настройкой.

4. Установлено, что по схеме регулирования положения рабочих роликов с поперечной настройкой конструкции РПМ можно разделить:
 - с параллельной поперечной настройкой;
 - путем поперечного поворота роликов одного ряда относительно оси правки;
 - путем изгиба рабочих роликов по длине бочки.
5. Анализ показал, что конструкции РПМ можно разделить на специализированные машины различных конструкций для правки толстых и тонких листов, а также для правки листов и полос в горячем и холодном состоянии,
6. Показаны преимущества РПМ с индивидуальной высотной настройкой и независимым приводом рабочих роликов РПМ.

Библиографический список

1. Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов/ М.: Металлургия, 1985. 376 с.
2. Шаталов Р.Л. Расчет, проектирование и применение прокатного оборудования / Вологда.: Инфра-Инженерия, 2020. 236 с.
3. Целиков А.И., Смирнов В.В. Прокатные станы / М.: Металлургиздат, 1958. 432 с.
4. Слоним А.З., Сонин А.Л. Машины для правки листового и сортового проката/ М.: Машиностроение, 1975. 208 с.
5. Слоним А.З., Сонин А.Л. Правка листового и сортового проката/ М.: Металлургия, 1981. 232 с.
6. Kaden V. High performance leveler for hot and cold leveling of heavy plates // Met. Plate and Tech .2007. №2 p.92-94.
7. Недорезов И.В. Моделирование процессов правки проката на роликовых машинах/ Екатеринбург: Аква-пресс.2003. 256с.
8. Недорезов И.В., Орлов Б.Я, Титаренко В.И. Роликовые машины для правки толстых листов //Сталь. 1999. №9 С. 40-42.

9. Максимов Е.А., Шаталов Р.Л., Васильев Ю.С. Уточнение методики расчета параметров правки толстых листов на роликовой правильной машине // Сталь. 2017. № 1. С. 35-38.
10. Недорезов И.В., Поляков А.П., Волегов Б.Я. Методы определения остаточных напряжений в незакаленных рельсах // Производство проката. 2001. № 2. С. 11-16.
11. Недорезов И.В. Обзор промышленных процессов закалки рельсов и статочных напряжений в них // Производство проката. 2001. № 6. С. 13-18.
12. Максимов Е.А., Шаталов Р.Л. Повышение качества листов их строительных сталей путем правки на роликовой правильной машине // Черные металлы. 2018. № 6. С. 49-55.
13. Sharma H.V. Resent measures to improve quality of rails// Technical Journal of Bhilai Steel.2008. №5. p.21-23.
14. Bramfitl B. Advanced in-line head hardening of rails //Proceeding of the international symposiym // Baltimor. 2015.№6. p. 23-29.
15. Ghevet M. Planeuse a ruoleaux imbriques et procede de mise en oeuvre telle planeuse// Patent 9604683. 2009.p1-5.
16. Irastorsa I. Modelisation of flatness evolution during coaling and leveling of plate as a for production desing // Metec congress. Dusseldorf, 2014. p.106-111.
17. Garber E.A., Bolobanova N.L., Trusov K.A. Application of the Finite Element Method to Reveal the Causes of Loss of Planeness of Hot-Rolled Steel Sheets during Laser Cutting // Russian Metallurgy (Metally). Vol. 2018, Is. 1, P. 90-94. DOI:10.1134/S0036029518010056
18. Trusov K.A., Mishnev P.A., Garber E.A., Bolobanova N.L., Nushtaev D.V., Ardatov K.V. Investigation of blank bow defect after roller leveller by finite element analysis // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1063, 2018. 012192.
19. Utrata D. Evaluation of web cracking tendencies in rail via barious methods // Proceedigs of the international symposium – Rail steels for the21cenrary. Baltimor . 2014p.131-135.
20. Hein Marten. Antreibsleistungbeim richten voncrobblechen//Bander-Bleche-Rohre.2013. 10.p.23-26.

Information about the paper in English

E.A. Maksimov

South Ural State University National Research University
Chelyabinsk, Russian Federation
E-mail: maksimov50@mail.ru
Received 08.05.2020

PARAMETERS, DESIGN AND ADJUSTMENT OF ROLLER LEVELERS, WHEN LEVELING FLAT PRODUCTS

Abstract

The paper analyzes a main design of roller levelers used to level flat products.

It is shown that by the arrangement of support and work rollers, the design of roller levelers may be divided into the staggered, pairwise (opposite) and combined arrangement. It is found that by roller leveler adjustment modes, levelers may be divided by group parallel adjustment, group inclined adjustment, and individual parallel adjustment. It is found that by the work roller adjustment procedure with the transverse adjustment, the roller leveler design may be divided into parallel transverse adjustment, by a transverse rotation of rollers in one row about the leveling axis, by bending work rollers along the body length.

It is shown that roller levelers may be divided into special machines of a various design to level plates and sheets in a hot and cold state.

The paper specified main advantages of roller levelers with an individual height adjustment and an independent drive of work rollers of roller levelers.

Keywords: design of roller levelers, procedures of adjusting operations (adjustments) on roller levelers, special machines to level plates and sheets in a hot and cold state, individual height adjustment, independent drive of work rollers of roller levelers



УДК 621.771.23

М.В. Андросенко, Е.В. Куликова
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»
г. Магнитогорск, Российская Федерация
E-mail: manechka.05@mail.ru
Дата поступления 30.06.2020
В авторской редакции

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ НА РОЛИКИ РОЛЬГАНГА ПРОКАТНОГО СТАНА ПРИ ТРАНСПОРТИРОВАНИИ ЗАГОТОВКИ

Аннотация

В работе приведены сведения по определению нагрузки на один ролик рольганга при различных вариантах положения раската широкополосного или толстолистового стана. Приведены схемы рольгангов с индивидуальным и групповым приводом, а также схемы нагружения рольганга, при различных вариантах эксплуатации.

Ключевые слова: рольганг, привод, толстолистовой стан, динамические силы, прокат, ролик.

Разнообразие конструкций рольгангов, обладающих своими преимуществами и недостатками, связано с непосредственными задачами, выполняемыми ими при эксплуатации. При этом каждая конструкция относится к восстанавливаемым изделиям с последовательным соединением элементов.

В зависимости от конструкции рольгангов они состоят из электродвигателя (ЭД), понижающего редуктора (ПР), раздаточного редуктора (РР), рамы (Р), трансмиссионного вала (ТВ), ролика (РО).

Для удобства продвижения документации, при проведении ремонтов рольгангов, необходима их структурная модель, которая, согласно источника [1], имеет вид:

$\text{ЭД} + \text{ПР} + \text{РР} + \text{Р} + \text{ТВ} + \text{РО},$

и применительно к рольгангам НШС ГП (непрерывных широкополосных станов горячей прокатки) [2] структурные модели имеют вид:

для черновых рольгангов между клетями

$\text{ЭД} + \text{ПР} + \text{РР} + \text{Р} + \text{ТВ} + \text{РО};$

для промежуточных рольгангов

$\text{ЭД} + \text{Р} + \text{ТВ} + \text{РО};$

для печных рольгангов

$\text{ЭД} + \text{ПР} + \text{ТВ} + \text{Р} + \text{РО}.$

Рольганги имеют важное значение в механизации вспомогательных операций прокатных станов без которых невозможно обойтись в прокатном цехе. По сравнению с другими машинами непрерывного транспортирования рольганги обладают важными преимуществами, и поэтому они получили такое широкое распространение.

В соответствии с функциями, которые выполняет тот или иной рольганг в прокатном стане, рольганги можно условно разделить на следующие основные типы: рабочие, транспортные, пакетирующие, сбрасывающие, печные, подъемно-качающиеся, подъемно-опускающиеся, поворотные и передвижные, имеющие групповой или индивидуальный привод (рисунок 1).

К преимуществам рольганга можно отнести следующие:

1. Возможность транспортирования высокотемпературного груза большого веса.
2. Реверсивность и независимая регулировка скорости движения проката, находящегося в различных местах рольганга. Заготовку, расположенную в начале рольганга, можно разгонять, находящийся в конце, - притормаживать и собирать его в пакеты.
3. В зависимости от нагрузки и условий работы обеспечение

дифференцированного подхода к выбору конструкций отдельных участков рольганга.

4. Рациональная подборка смежного оборудования
5. Небольшой расход энергии на холостой ход.
6. Удобство смазывания и обслуживать обеспечиваемое неподвижностью узлов трения.

На рисунках 2 – 4 представлены различные варианты схем нагружения роликов рольганга при транспортировании заготовки.

Силы действия слитка на ролик рольганга показаны на рисунках 5 и 6.

Силы действия слитка при его упирании показана на рисунке 7.

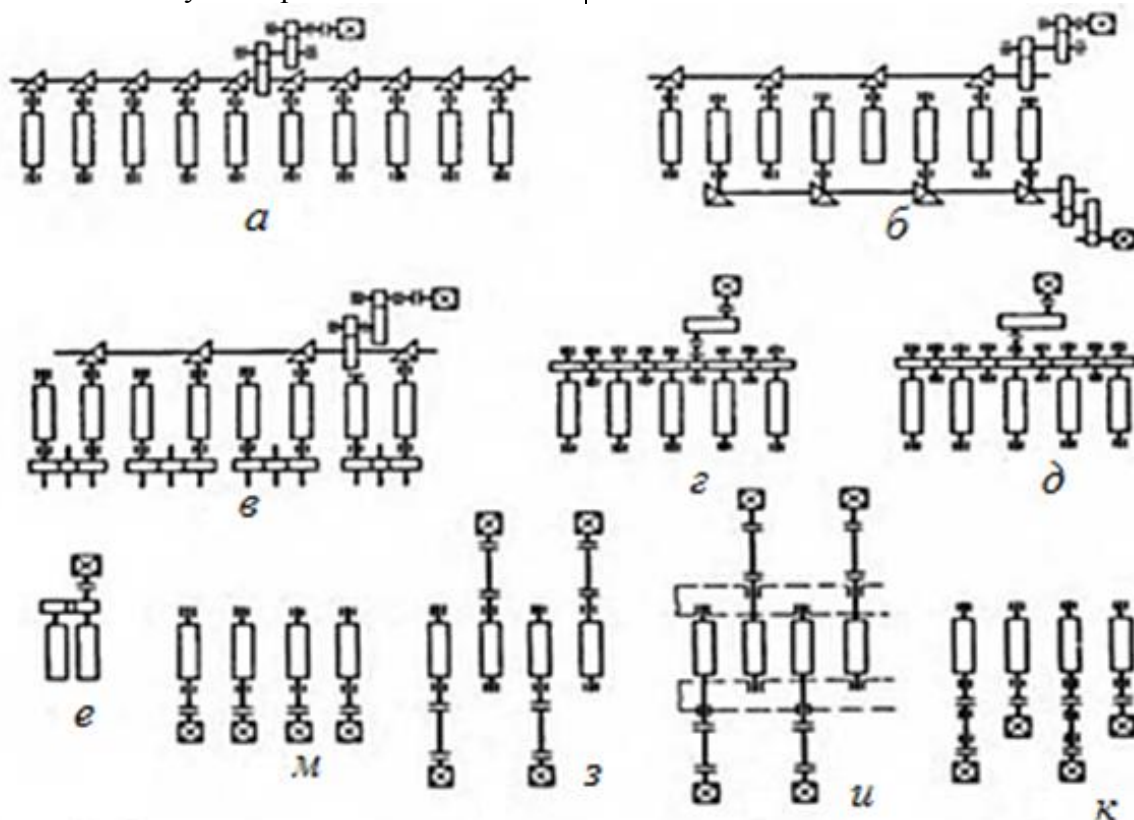


Рисунок 1. Схемы приводов транспортирующих рольгангов [3]

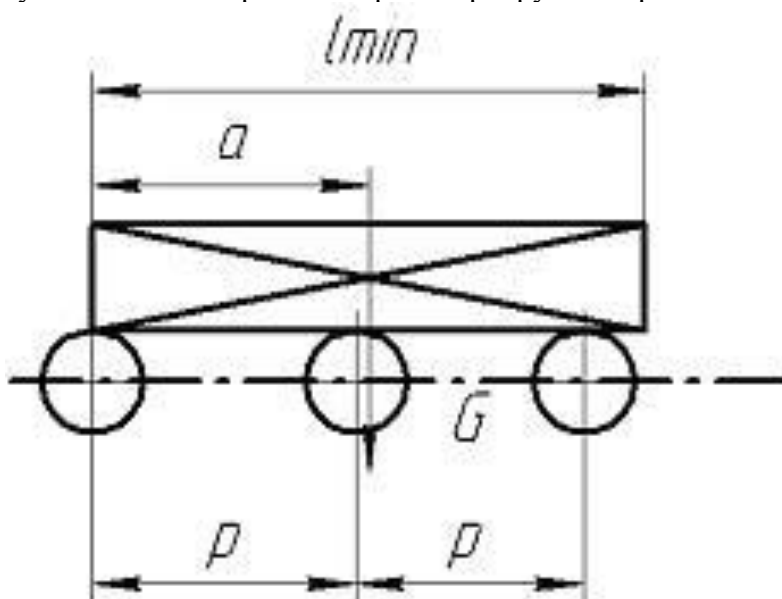


Рисунок 2. Расположение исходного слитка при транспортировании

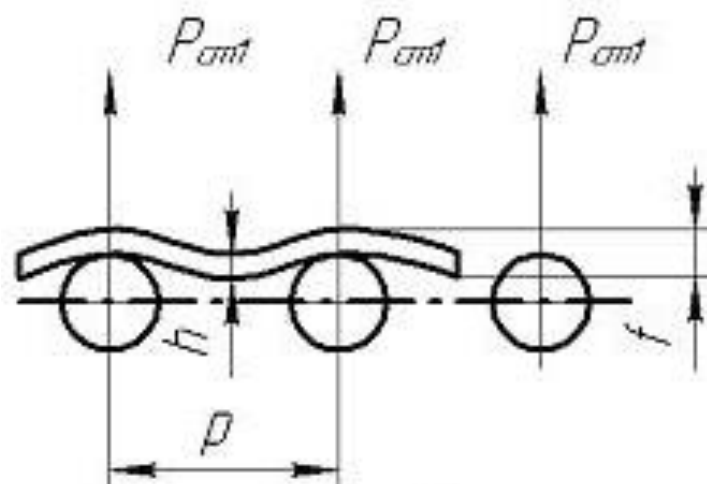


Рисунок 3. Расположение слитка при транспортировании раската

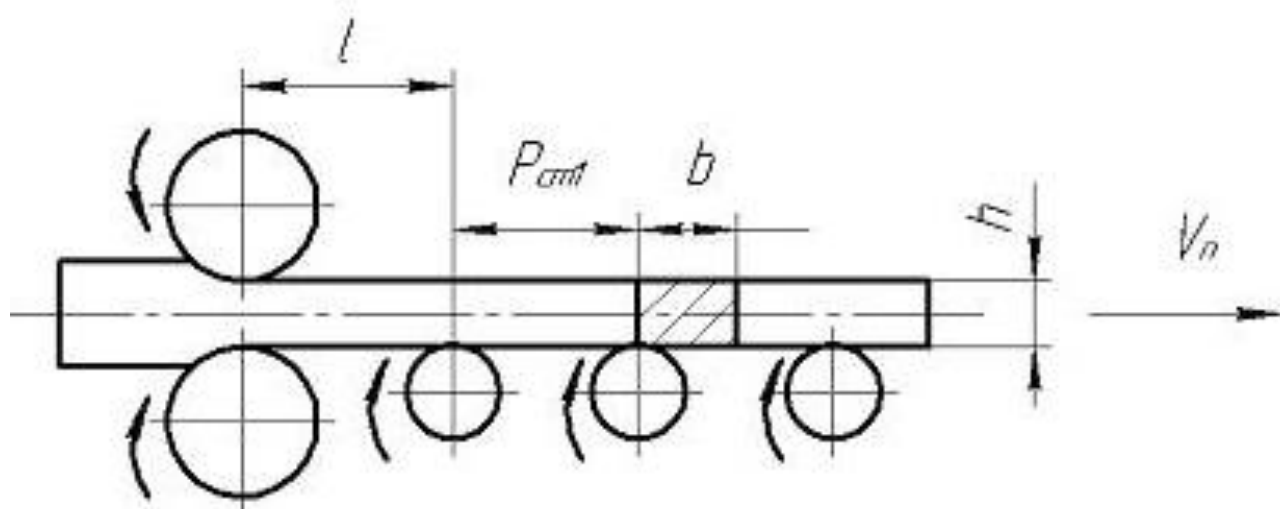


Рисунок 4. Расположение слитка на рольганге выходящего из прокатных валков

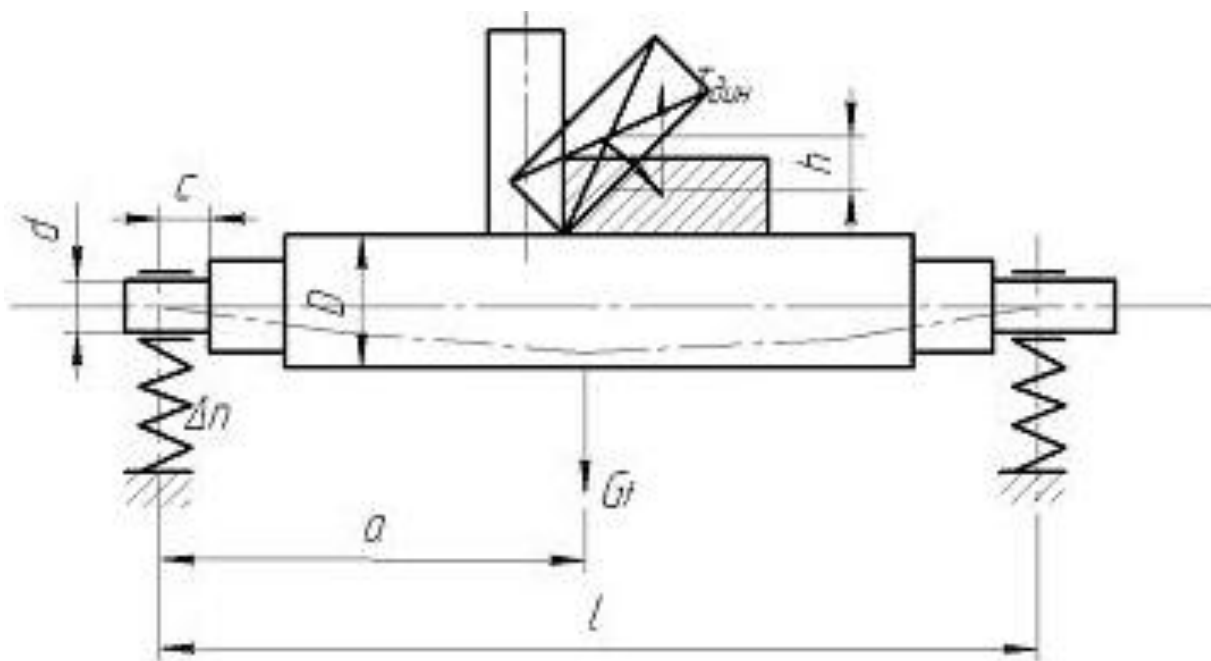


Рисунок 5. Силы действия слитка на ролик рольганга при кантовании заготовки

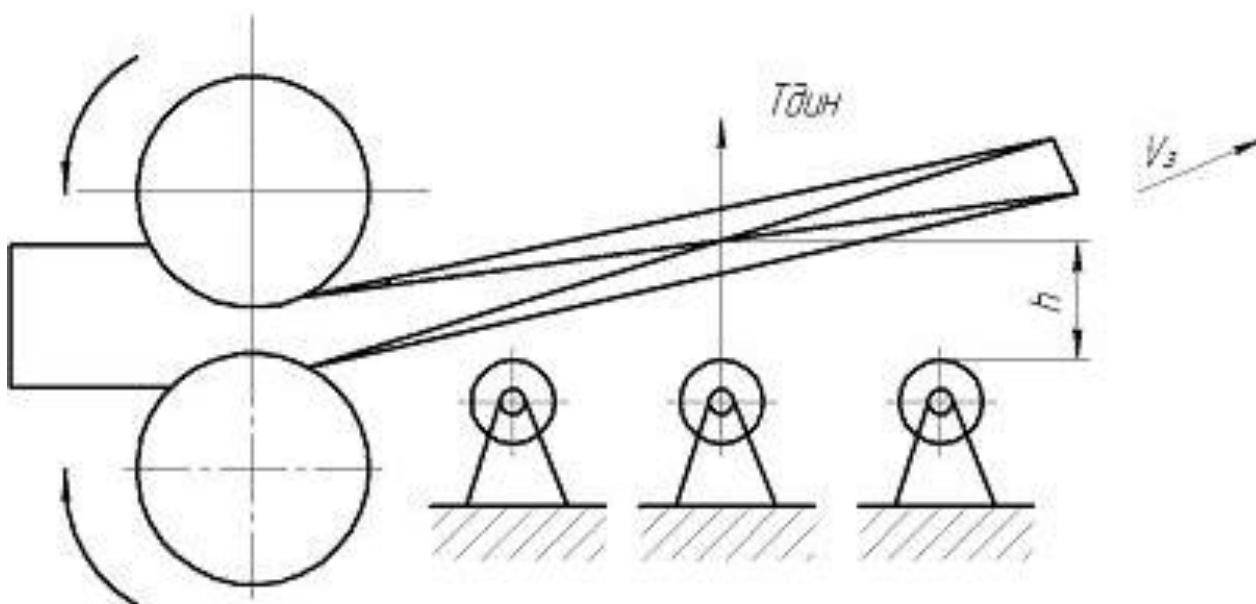


Рисунок 6. Силы действия слитка на ролик рольганга при прокатке с нижним давлением

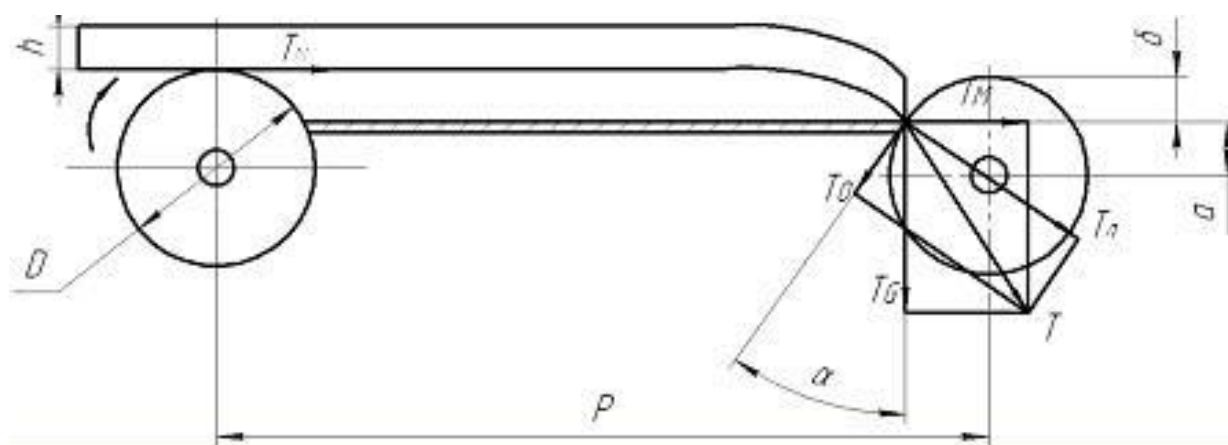


Рисунок 7. Силы действия слитка при упирании проката в ролик [1]

Масса слитка воспринимается тремя роликами [4] при перемещении его, согласно рисунка 2.

Масса слитка, отнесённая к числу роликов (рисунок 3) воспринимается при перемещении заготовки длиной превышающей два шага между роликами.

Ввиду криволинейности заготовки, часть роликов не соприкасается с её поверхностью, поэтому при определении нагрузки на ролик учитывается 70% от общего числа роликов.

При кантовке раската (рисунок 5) ролики испытывают нагрузки, которые воздействует на ролики рольганга при приёме раската из клетки.

Варианты выхода раската из клетки представлены на рисунке 4 и 6 [1].

В настоящее время определение веса металла, приходящегося на один ролик, при

выборе параметров электродвигателей рольгангов широкополосных и толстолистовых прокатных станов производится в соответствии с рекомендациями работ [5,6]. Особенностью такого расчета является то, что расчет массы заготовки, приходящейся на один ролик рольганга, производят путем деления всей массы заготовки на количество роликов рольганга, считая при этом, что заготовка не имеет продольной разнотолщинности.

В практике проектирования электроприводов рольгангов при определении веса металла, приходящегося на один ролик, обычно руководствуются рекомендациями [7], приведенными ниже в таблице.

В связи с этим представляет интерес более точное определение веса металла, приходящегося на один ролик рольганга.

Это позволит минимизировать номинальные характеристики выбранного электродвигателя - мощность, массу и стоимость, при одновременном удовлетворении требований к надежности работы рольганга.

Если известно количество опор, на которые опирается металл, то его средний вес, приходящийся на один ролик, определяется путем деления веса металла на количество опор, уменьшенное на одну. Количество же опор по данным [8] может быть определено на основании условий пластического прогиба.

Рассмотрим раскат, имеющий изогнутый вверх передний конец и опору в точке O , как показано на рисунке 8.

Определим такую длину переднего конца, при которой под своим собственным

весом произойдет его пластическая деформация, в результате чего передний конец раската приобретет еще одну опору.

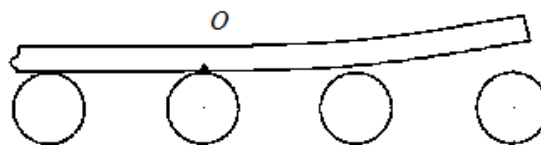


Рисунок 8. К расчету веса металла, приходящегося на один ролик, при транспортировке раската с изогнутым вверх передним концом

Представим конец раската в виде защемленной балки, как показано на рисунке 9.

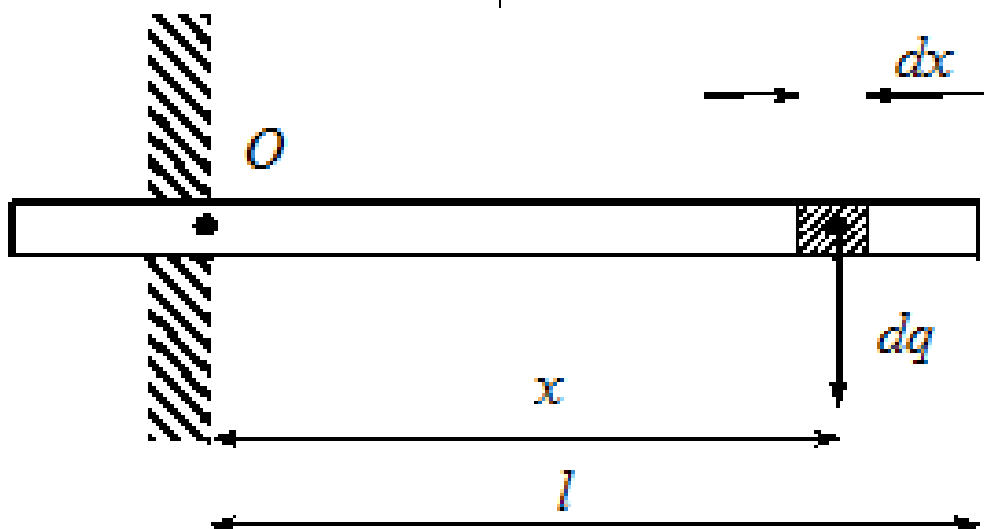


Рисунок 9. Схема раската в виде защемленной балки

Таблица 1
Расчетные значения доли веса металла, приходящегося на один ролик рольганга, по данным [5]

Характеристика раската	Доля веса $\kappa = G_M / G_{сл}$
1. Раскат длиной менее 3 шагов роликов и сечением более 1000 мм ²	0,75
2. Полосы с длиной более 3 шагов роликов и сечением более 2000 мм ²	0,5
3. Полосы с длиной более 4 шагов роликов и сечением более 2000 мм ²	0,3
4. Мелкий сорт и тонкие полосы длиной более 9 шагов роликов	вес на длине 3 шагов

Не трудно получить момент изгиба от веса раската в точке O , который равен:

$$M_{\text{изг}} = B \cdot h \cdot \gamma \cdot g \cdot l_2 / 2. \quad (1)$$

где B - ширина раската;

h - толщина раската;

γ - плотность материала раската;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Будем считать, что пластическая деформация переднего конца начинается в момент, когда напряжения на поверхностном слое достигнут значения предела текучести σ_{s0} . Эпюра напряжений в поперечном сечении раската в точке O показана на рисунке 10.

Выражение момента пластического изгиба в точке O для данной эпюры напряжений известно и имеет вид:

$$M_{\text{пл.изг.}} = \sigma_{s0} \cdot B \cdot h^2 / 6. \quad (2)$$

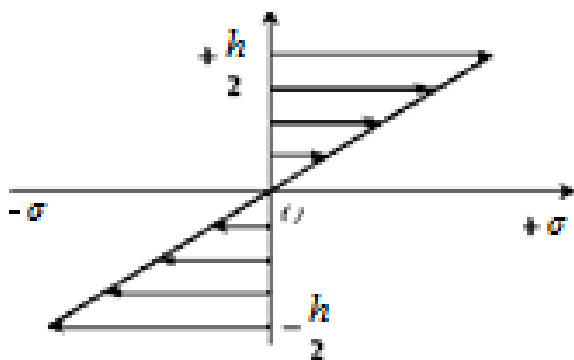


Рисунок 10. Эпюра напряжений в поперечном сечении раската в точке O

Приравнявая выражения (1) и (2), получим максимальную длину переднего конца раската, при которой произойдет пластический изгиб, и передний конец приобретет дополнительную опору:

$$l_{\text{макс}} = \sqrt{\sigma_{s0} \cdot h / 3 \cdot \gamma \cdot g}. \quad (3)$$

Таким образом, если раскат имеет изогнутый вверх передний конец длиной $l_{\text{макс}}$, а остальная часть раската опирается на все, находящиеся под ней ролики, то минимальное число опор будет равно:

$$n_1 = (L_p - l_{\text{макс}}) / l_{\text{ш}} + 2, \quad (l_{\text{макс}} \geq l_{\text{ш}}) \quad (4)$$

где $l_{\text{ш}}$ - величина шага роликов рольганга

Число опор, вычисленное по выражению (4), учитывает и ту опору, которую приобретет изогнутый передний конец раската после его пластического изгиба.

Вес металла, приходящийся на один ролик, равен:

$$G_m = G_{\text{сл}} / (n_1 - 1) = G_{\text{сл}} \cdot l_{\text{ш}} / ((L_p - l_{\text{макс}} + l_{\text{ш}}), \quad (l_{\text{макс}} \geq l_{\text{ш}}) \quad (5)$$

Если раскат имеет 2 изогнутых конца, то минимальное число опор будет равно:

$$n_2 = (L_p - 2 \cdot l_{\text{макс}}) / l_{\text{ш}} + 3, \quad (l_{\text{макс}} \geq l_{\text{ш}}) \quad (6)$$

Выражение (6) учитывает так же и те две опоры, которые приобретут изогнутые передний и задний концы раската после их пластического изгиба.

В этом случае вес металла, приходящий на один ролик, равен:

$$G_m = G_{\text{сл}} / (n_2 - 1) = G_{\text{сл}} \cdot l_{\text{ш}} / ((L_p - 2 \cdot l_{\text{макс}} + 2 \cdot l_{\text{ш}}), \quad (l_{\text{макс}} \geq l_{\text{ш}}) \quad (7)$$

Выражения (4) - (7) применимы для случая, когда раскат имеет небольшую длину по сравнению с $l_{\text{макс}}$, то есть, когда средняя часть раската надежно опирается на ролики и не имеет изогнутых участков. Поэтому формулы (4) - (7) можно рекомендовать при длине раската равной $L_p = (2 \div 3) l_{\text{макс}}$

На длинных раскатах в их средней части возможны изогнутые участки, что уменьшает количество опор раската на рольганге. На рисунке 11 показан пример раската, имеющего изогнутый участок в средней части и опоры в точках O_1 и O_2 .

Приравнявая момент изгиба от веса раската для данного случая моменту пластического изгиба (2), получим максимальную длину изогнутого участка, когда в результате пластического изгиба раскат приобретает дополнительную опору:

Известно, что максимальными моментами, возникающими на шейках роликов рольгангов прокатных станов, являются моменты буксовки. Преодоление моментов буксовки без отключения электродвигателя или электропривода рольганга в целом, является неременным условием надежной работы рольгангов прокатного стана. Поэтому, момент буксовки является основной величиной, определяющей номинальные параметры электродвигателей рольгангов.

Приблизненно момент буксовки на шейке ролика рольганга равен:

$$M_6 = 1.05 \cdot F_6 \cdot D_p / 2 = 1.05 \cdot G_m \cdot \mu_6 \cdot D_p / 2, \quad (8)$$

где F_{δ} - сила буксовки на поверхности ролика;

D_p - диаметр бочки ролика рольганга;
1,05 - коэффициент, учитывающий трение в подшипниках ролика рольганга;

G_m - нагрузка, приходящийся на один ролик рольганга;

μ_{δ} - коэффициент трения при буксовании ролика рольганга по поверхности транспортируемого металла.

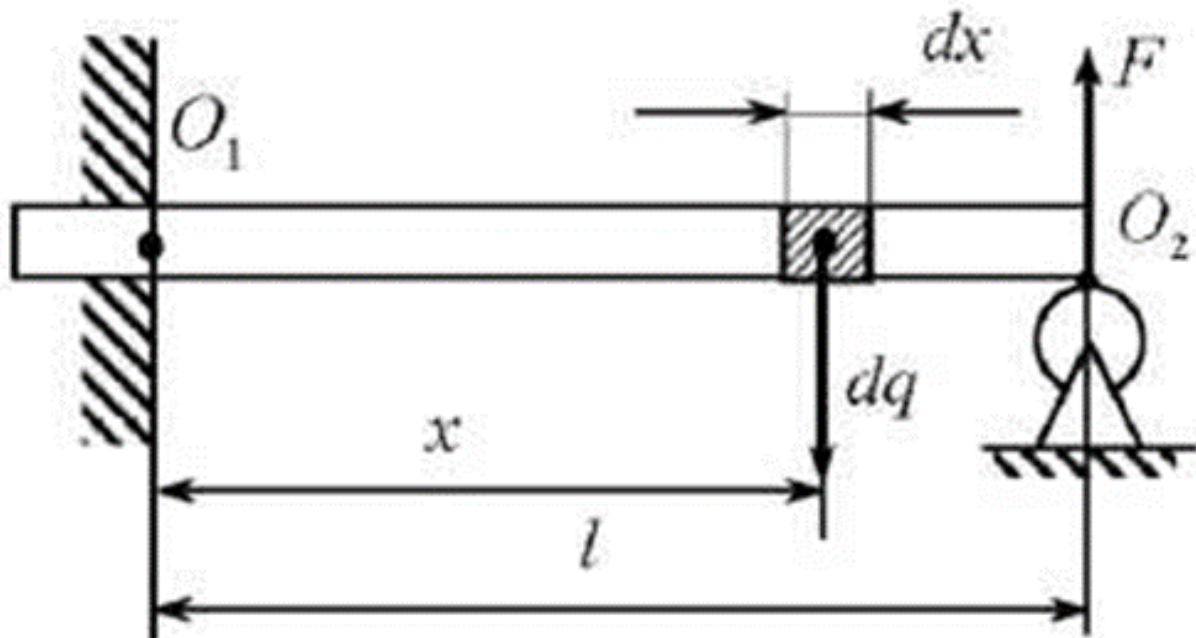


Рисунок 11. К расчету веса металла, приходящегося на один ролик, при транспортировке изогнутого раската в средней части

Из формулы видно, что момент буксовки, а, следовательно, и номинальные параметры электродвигателя рольганга, главным образом зависят от точности определения веса металла G_m , приходящегося на один ролик рольганга.

$$l_{1\max} = 2\sqrt{\sigma s \theta \cdot h/3 \cdot \gamma \cdot g}. \quad (9)$$

Максимальное расстояние между опорами, с учетом того, что в результате пластического изгиба между точками O_1 и O_2 появляется еще одна опора, будет равно $l_{\max}/2$. Сравнивая выражения (3) и (9), видно, что $l_{1\max} = 2 l_{\max}$.

Таким образом, для длинных раскатов, у которых на всей длине имеются изгибы полосы, минимальное число опор будет равно:

$$n_3 = (2 \cdot L_p / l_{1\max}) + 1 = L_p / l_{\max} + 1. (l_{\max} \geq l_{ш}). \quad (10)$$

Соответственно, вес металла, приходящийся на один ролик, равен:

$$G_m = G_{сл} \cdot l_{\max} / L_p, (l_{\max} \geq l_{ш}). \quad (11)$$

В общем случае, когда длинный раскат имеет загнутые концы и изгибы в средней части, минимальное число опор и вес

металла, приходящийся на один ролик, также определяются выражениями (10) и (11), соответственно.

Для расчета веса металла, приходящегося на один ролик, удобно пользоваться относительной величиной G'_m , то есть отношением веса металла, приходящегося на один ролик G_m , к теоретически минимальному весу металла $G_{м. мин}$, соответствующему весу металла между двумя соседними роликами рольганга.

Теоретически минимальный вес металла равен:

$$G_{м. мин} = G_{сл} \cdot l_{ш} / L_p. \quad (12)$$

Разделив выражения (5), (7) и (11) на выражение (12), после преобразований получим выражения для относительного веса металла, приходящегося на один ролик рольганга:

если $L_p = (2 \div 3) l_{\max}$, раскат имеет один загнутый конец:

$$G'_m = 1 / [1 - (l_{\max} - l_{ш}) / L_p]; \quad (13)$$

если $L_p = (2 \div 3) \cdot l_{\max}$, раскат имеет два загнутых конца:

$$G_m' = 1/[1 - (2 \cdot (l_{\text{max}} - l_{\text{ш}})/L_p)]; \quad (14)$$

если $L_p > 3l_{\text{max}}$, раскат имеет изгибы по всей длине, а также загнутые концы:

$$G_m' = l_{\text{max}}/l_{\text{ш}}. \quad (15)$$

В работе приведены сведения по определению нагрузки на один ролик рольганга при различных вариантах положения раската широкополосного или толстолистового стана. Это позволяет более точно определить моменты буксовки, возникающие при прокатке, и минимизировать номинальные параметры электродвигателей привода роликов рольгангов.

Библиографический список

1. Задорожный В.Д. Унифицированный транспортный рольганг повышенной ремонтпригодности с индивидуальным приводом: Автореф. дис. канд. техн. наук. - Магнитогорск, 2006. - 20 с.
2. Чупров В.Б. Реконструкция металлургических производств. Современное оборудование листопрокатных цехов с широкополосными станами горячей прокатки. / Чупров В.Б., Каретный З.П.,

Третьякова Н.З. - Учебное пособие - Липецк, 2007. - 463 с.

3. Глазов В.С. Машины непрерывного транспортирования для прокатки станов. - М.: «Металлургия», 1979. - 248с.
4. Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів: Ф.К. Іванченко, В.М. Гребенник, В.І. Ширяєв.-К.: Вища шк., 1995. - 455с.
5. Машины и агрегаты металлургических заводов: учебник для вузов. В 3 т. Т. 3. Машины и агрегаты для производства и отделки проката / А. И. Целиков, П. И. Полухин, В. М. Гребеник [и др.]. - М.: Металлургия, 1988. - 680 с.
6. Королев А. А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов / А. А. Королев. - М.: Металлургия. - 1985. - 462 с.
7. Дружинин Н. Н. Электрооборудование прокатных цехов / Н. Н. Дружинин. - М.: Металлургиздат, 1956. - 456 с.
8. Сонькин М. А. Исследование индивидуального электропривода роликов рольгангов. Книга 80. Прокатные станы /М. А. Сонькин //ЦНИИТМАШ. - М.: Машгиз, 1956. - 242 с.

Information about the paper in English

M.V. Androsenko, E.V. Kulikova
 Nosov Magnitogorsk State Technical University
 Magnitogorsk, Russian Federation
 E-mail: manechka.05@mail.ru
 Received 30.06.2020

DETERMINING THE LOAD ON ROLLERS OF THE ROLLING TABLE OF THE ROLLING MILL, WHEN TRANSFERRING BILLETS

Abstract

The paper contains information used to determine the load on one roller of the rolling table for various options of the location of the feed for hot strip or plate mills. It includes the diagrams of rolling tables with an individual drive and a group one, and the rolling table load distribution diagrams in various operation modes.

Keywords: rolling table, drive, plate mill, dynamic forces, rolled products, roller.

ТРЕБОВАНИЯ

к оформлению материалов представляемых для публикации

1. Материалы предоставляются в электронном виде, оформленные в программе MS Word 97-2003.
2. Объем представленных материалов должен быть не менее 6-ти страниц (в режиме оформления одной колонкой на листах формата А4), включая рисунки и таблицы.
3. Формат листа: А4 (210х297 мм).
4. Межстрочный интервал: одинарный.
5. Размер полей слева, справа и сверху страницы 18 мм, снизу 20 мм.
6. Нумерация страниц осуществляется внизу по центру страницы.
7. Шрифт текста: Times New Roman, размер 12 пт.
8. Отступ перед каждым абзацем (красная строка) – 10 мм.
9. Формулы должны быть набраны в тексте, вписывание формул от руки не допускается, размер базового шрифта в формулах – 12 пунктов.
10. Рисунки должны быть вставлены в текст и обязательно представлены в виде отдельного файла в формате jpeg, tiff, bmp с разрешением не менее 300 dpi. Наличие подрисовочной надписи обязательно.
11. Не допускается разрыв таблиц, рисунков, заголовков при переходе со страницы на страницу.
12. Структура текста.
 - 12.1. Индекс УДК.
 - 12.2. Имя, отчество и фамилия авторов, жирный шрифт – Times New Roman, размер – 12 пт.
 - 12.3. Наименование организации.
 - 12.4. Город, страна.
 - 12.5. Контактный адрес электронной почты (E-mail).
 - 12.6. Название (должно быть набрано прописными буквами не в режиме CAPS LOCK (SHIFT)).
 - 12.7. Аннотация (объем не менее 100 слов).
 - 12.8. Ключевые слова (не менее 8 слов).
 - 12.9. Введение.
 - 12.10. Основная часть.
 - 12.11. Заключение (Выводы).
 - 12.12. Библиографический список.
13. Библиографический список составляется в последовательности ссылок в тексте. В тексте статьи ссылки на литературный источник заключаются в квадратные скобки. Библиографическое описание регламентировано ГОСТ 7.05-2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».

Материалы для публикации направлять по адресу: 455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38, ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова, кафедра «Проектирование и эксплуатация металлургических машин и оборудования».

Контактные телефоны: (3519) 29-85-07, 29-84-51.

E-mail: momz-magtu@yandex.ru, momz-magtu@mail.ru с указанием темы электронного письма «Журнал МОМЗ».

Сайт журнала: www.momz.magtu.ru

Контактное лицо, отв. редактор к.т.н. Слободянский Михаил Геннадьевич.

ПРАЙС-ЛИСТ

на размещение рекламы в журнале
«Механическое оборудование металлургических заводов»

№ п/п	Цветная реклама на обложке издания		Черно-белые внутренние полосы	
	Объем	Цена, руб	Объем	Цена, руб
1	2-ая полоса (формат А4)	8000	1 полоса	6000
2	3-ая полоса (формат А4)	8000	½ полосы	4000
3	4-ая полоса (формат А4)	10000	¼ полосы	2000

Статья рекламного содержания		Реклама на сайте издания			
Объем	Цена, руб	Место расположения рекламного контента	Объем / размер	Срок размещения	Цена, руб
1 полоса	3000	Слайдер на главной странице (изображение)	700 x 380 pixels	1-6 месяцев	4000
				6-12 месяцев	6000

Пример оформления рекламного изображения в слайдере на главной странице сайта издания

- Главная
- О журнале
- Автору
- Архив
- Редакция
- Партнеры
- Контакты

Журнал "Механическое оборудование металлургических заводов"

Журнал "Механическое оборудование металлургических заводов" является бесплатным изданием открытого доступа.

700 x 380 pixels

Журнал "Механическое оборудование металлургических заводов" является информационным партнером XIV-го международного конгресса сталеплавателей

Научно-технический журнал МЭМЗ

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» приглашает Вас опубликовать результаты Ваших научных исследований в журнале «Механическое оборудование металлургических заводов». Журнал «МЭМЗ» включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) и ему присвоен международный стандартный номер сериального издания ISSN 2311-1364. Сведения о журнале