Диденко Сергей Павлович. Исследование и разработка технологии правки полосовых профилей проката с ребровой кривизной в плоскости большей жесткости : ил РГБ ОД 61:85-5/4360

**Содержание к диссертации**

Введение

**Глава І. Аналитический обзор 9**

1.1. Сортамент. Потребность. Требования по прямолинейности 9

1.2. Анализ современной технологии правки проката в плоскости большей жесткости 10

1.3. Анализ методик расчета устойчивости полос при деформации в плоскости большей жесткости 19

1.4. Анализ методик расчета режимов правки на ролико-правильной машине 28

1.5. Выводы, цель и задачи исследований 32

**Глава 2. Разработка технологии и экшерименталбной правильной машины лдя правки полос в плоскости большей жесткости 35**

2.1. Теоретическое определение устойчивости полосы при изгибе в плоскости большей жесткости 35

2.2. Выбор схемы изгиба полосы при правке ее в плоскости большей жесткости 40

2.3. Экспериментальное исследование устойчивости полос при деформации их в плоскости большей жесткости .. 43

2.4. Разработка схемы экспериментальной правильной машины 51

2.5. Определение основных технологических параметров экспериментальной правильной машины и разработка технологического задания на ее проектирование... 53

2.6. Проектирование и изготовление экспериментальной правильной машины для правки полос с ребровой кривизной 55

2.7. В ыв од ы 58

**Глава 3. Теоретическое исследование процесса правки пшос в плоскости большей еесткости 6Ю**

3.1, Разработка математической модели процесса правки и методики ра счета режимов правки 60

3.2, Определение устойчивости полосы в процессе правки ее в плоскости большей жесткости 71

**Глава 4. Экспериментальное исследование процесса правки пшос в плоскости 81**

4.1. Качество правки полос в плоскости большей жесткости 85

4.2. Влияние правки полос в плоскости большей жесткости на прямолинейность в плоскости меньшей жесткости 86

4.3. Экспериментальная проверка устойчивости полос

при правке их в плоскости большей жесткости 88

**Глава 5. Анализ работы опытного обмзца правильной машины для правки пшос в плоскости большей и разработка шншсгичешго заданий на промышлен ное правильное оборудование 95**

5.1. Анализ работы опытного образца РПМ для правки полос в плоскости большей жесткости 95

5.2. Разработка технологического задания на проектиро вание и изготовление РПМ для правки полосового проката в плоскости большей жесткости 96

5.3. Выв од ы 100

Глава 6. Внедрение результатов исследований 101

В ыв о д ы ЮЗ

Глава 7. Экономический эффект от внедрения результатов работы Ю4

Внв о д ы 105

8. Общие выводы юб

Библиографический список 109

## Анализ методик расчета устойчивости полос при деформации в плоскости большей жесткости

В настоящей работе рассматривается вопрос правки таких профилей проката, которые в поперечном сечении представляют прямоугольник или по конфигурации приближаются к прямоугольной форме, и, кроме того, правка которых в плоскости большей жесткости связана с возможностью потери устойчивости профиля.

Согласно классификации, приведенной в работе /I/ по технологическим признакам все правильное оборудование для исправления продольной кривизны делится на машины дяя правки изгибом, растяжением, кручением,

Правка изгибом производится на роликоправильных машинах и гибочных прессах. Причем правка на многороликовых правильных машинах является самой производительной» поскольку скорость правки на них достигает 12 м / с /2/.

Роликовая правка в плоскости большей жесткости характеризуется более высокими давлениями и ограничением величины деформации устойчивостью профиля. Эти обстоятельства отражаются в конструкциях правильных машин.

В настоящее время правка в плоскости большей жесткости осуществляется на одноплоскостных и двухплоскостных роликоправильных машинах /РШ/. Правка в многоплоскостных машинах применяется для профилей со слабовыраженной плоскостью большей жесткости.

Двухплоскостные правильные машины представляют? собой последовательно расположенные две группы роликов; одна из которых для правки в плоскости меньшей жесткости, а другая - в плоскости большей жесткости (ПБК). При этом привод устанавливается общий для обеих групп или для каждой свой. Группа роликов для правки в плоскости большей жесткости представляет собой практически то же, что и для правки в плоскости меньшей жесткости, но развернута в плоскости перпендикулярной оси проката на 90. Ролики для правки в ПБК имеют калибровку под соответствующий профиль. Такие машины выпускают фирмы " Btey Мох " США, "Bronx ", и RoBe tson м Англии., " Vi7t " ФРГ, а в отечественном машиностроении.

При правке проката на двух плоскостных машинах он подвергается знакопеременному изгибу в каждой из групп роликов, расположенных в шахматном порядке. При этом правка первоначально может1 происходить в любой из групп, или исключая одну из них.

Правка профилей в ПБЕ производится также на правильных машинах, которые отличаютгея отг двухплоскостных наличием дополнительных поворотных клетей для правки скрученности./6,7/.

При правке полос в плоскости большей жесткости перечисленными правильными машинами на роликах нарезают1 калибры под полосы различной толщины (рис.1 Л). Калибровка роликов аналогична калибровке прокатных валков для прокатки "на ребро".

Основным недостатком правки полосового проката в плоскости большей жесткости на двух- и трехплоскостных РИМ является невозможность выправлять полосы с отношением сторон поперечного сечения более 8 в связи с потерей устойчивости полосы при правке. Уменьшение наклона стенок калибров потери, устойчивости не предотвращает, но повреждает поверхность полосы. Увеличение глубины калибра приводит к тому же.

Ролики с глубокими врезными калибрами являются основной отличительной чертой многих технических решений, связанных с деформацией полосы в плоскости большей жесткости и направленных на увеличение ее устойчивости.

Так ролики с врезными калибрами применяются во многих устройствах для изготовления плоских стальных колец /8,9/. В этом случае полоса изгибается в ПБЕ в кольцо и для увеличения ее; устойчивости ролики изготавливаются с глубокими калибрами,по ширине равными толщине полосы.

Для правки полосового проката в плоскости большей жесткости на заводах используют обычные сортоправильные машины с консольным расположением роликов /10/, имеющих специальную калибровку

Эта калибровка роликов позволяет удерживать прокат под определенным углом к оси вращения роликов и одновременно с этим осуществлять заакомеременный изгиб полосы в плоскости- перпендикулярной оси правящих роликов. При этом часть усилия правки идет на правку в плоскости большей жесткости, а часть - в плоскости меньшей жесткости, таким образом реализуется правка проката в двух взаимноперпендикулярных плоскостях, что является основным преимуществом данной технологии. Ролики, при этом могут быть как цельными, так и сборными.

Недостатками правки в ПБІ полос и сортовых профилей на РИМ с наклонными калибрами является сложность: настройки машины на режим, обеспечивающий выправление проката, так как для настройки используется осевая регулировка роликов и регулировка расстояния между осями верхнего и нижнего: ряда роликов, и, кроме того, для качественной правки проката с большими исходными искривлениями необходимо давать большие деформации изгиба, что приводит к потере устойчивости профиля или невозможности его задачи в калибры.

В отечественной цветной металлургии, применяются ролйкопра-вильные машины специальной конструкции, (СКМ8) для правки полос в плоскости- большей жесткости /II/, Кроме правильных роликов устанавливаются против них удерживающие ролики., которые поддерживают полосу в процессе правки в плоскости большей жесткости (рис.1.3). Такая схема правки позволяет увеличить устойчивость полосы по сравнению с правкой в калибрах и, следовательно", улучшить качество правки. Эта схема представляется перспективной, но ее возможности ограничиваются потерей устойчивости полосы под правильным роликом и поэтому отношение сторон поперечного сечения полос, исправляемых на таком правильном оборудовании, не превышает 12.

Имеется ряд решений направленных на исправление кривизны в ЇІБЕ за счет знакопеременного изгиба полосы в плоскости меньшей жесткости.

## Экспериментальное исследование устойчивости полос при деформации их в плоскости большей жесткости

Согласно разработанному технологическому заданию (Арх. СЕЮ-46-77) Колпинским отделением выполнен технический и рабочий проекты экспериментальной правильной машины для правки полос с ребровой кривизной. Общий ее вид приведен на рис.2.9.

Экспериментальная правильная машина установлена на двух рамах. На одной из рам установлен двигатель с редуктором Ц2У-І60. На другой раме установлен раздаточный редуктор и две стойки, в которых смонтированы корпуса с правящими и прижимными роликами.

На рис.2.10 показан разрез статины I с корпусом неподвижных правильных роликов 3 на валу 2, которые через коническую передачу приводятся во вращение валом 7, идущим на раздаточный редуктор. Нижний ряд прижимных роликов 6 установлен в корпусе, а верхний -на кронштейнах 5 в подвижных корпусах. Верхние прижимныеи ролики по кронштейну перемещаются в вертикальном направлении с помощью ходового винта. Кронштейн 5 выполнен съемным для удобства монтажа и наладки.

Подвижные узлы правильных роликов установлены в корпусах, которые перемещаются в неподвижном корпусе I. Передача крутящего момента осуществляется с помощью конической передачи и скользящего вала со шпонкой. Настройка на режимы правки и ширину полосы осуществляется нажимным винтом. Люфты между нажимными винтами и подвижным корпусом правильного ролика выбираются за счет пружин.

Чтобы прижимной ролик вращался с той же скоростью, что и правильный, предусмотрели упругие элементы в виде резиновых шайб, которые заставляют торцевой поверхностью прижимной ролик катать Рис.2.9. Экспериментальная правильная иашина для правки полос в плоскости большей жесткости по рабочей поверхности правильного ролика. А с целью уменьшения проскальзывания из-за различия угловых скоростей торцевой поверхнасти прижимного ролика она выполнена с тонкой ребордой.

С целью получения более широких возможностей при проведении экспериментов на машине все правильные ролики выполнили; приводными. Отсоединение соответствующего правильного ролика от привода осуществляли при откручивании винта и выводе вала со шпонкой из втулки.

Привод правильной машины выполнили с тиристорным управлением скорости вращения двигателя.

Для более удобной подачи полосы в машину и настройки ее. на режимы правки правильные ролики имеют вертикальную ось вращения.

Каждый узел подвижных правильных роликов имеет полый стакан, в который устанавливается цилиндрическая месдоза для определения давлений на ролики. Месдозы устанавливаются также в специальные гнезда под нажимные винты прижимных роликов для замера давления на эти ролики.

По разработанным чертежам на опытном заводе УкрНИИМетг изготовлена экспериментальная правильная машина для правки полос с ребровой кривизной. После сборки и наладки было проведено опробование в присутствии представителей МинФяжмаша СССР, Минчермета СССР и представителей металлургических заводов. Работа машины показала большие ее возможности в части правки полос с отношением ширины к толщине до 27 без потери устойчивости.

Исследования упруго-пластического изгиба полосы в плоскости большей жесткости позволили выявить перспективную схему деформирования, при которой возможен изгиб без потери устойчивости полос с отношением сторон поперечного сечения не менее 27.

Согласно выявленной схеме деформирования полосы разработаны технология правки полос и схема роликоправильной машины для правки полос в плоскости большей жесткости Разработано технологическое задание на проектирование и изготовление экспериментального образца правильной машины.

После изготовления проведено опробование в работе экспериментальной правильной машины, которое подтвердило возможность правки на разрабатываемом оборудовании, полос с отношением сторон поперечного сечения до 27 без потери устойчивости.

Новизна разработки подтверждена полученными авторскими свидетельствами. При теоретическом исследовании процесса правки полос в плоскости большей жесткости и разработке методики расчета технологических параметров правки приняты следующие гипотезы и допущения /51,82,95/: 1. Гипотеза плоских сечений. 2. Степенной закон упрочнения деформируемого материала полос. 3. Схема напряженного состояния линейна, так как радиусы изгиба полосы значительна больше ее ширины. 4. Положение нейтрального слоя (линии) напряжений и деформаций совпадает с положением среднего слоя. 5. Из технологических особенностей процесса правки принимаем, что касательная к среднему слою полосы против места ее касания с роликом (кроме первого и последнего) параллельна линии неподвижного ряда роликов. Максимумы кривизны нейтральной линии соответствуют этим же точкам.

Математическое моделирование процесса правки полосы в плоскости большей жесткости сводится к определению зависимостей между параметрами полосы и роликоправильнои машины, дающих возможность определить настроечные прогибы, обеспечивающие выход проката максимальной прямолинейности. К параметрам роликоправильнои машины в данном случае относятся: шаг правящих роликов, число роликов, величины настроечных прогибов.

## Определение устойчивости полосы в процессе правки ее в плоскости большей жесткости

Экспериментальное правильное оборудование позволило исследовать процесс правки полос в плоскости большей жесткости при отношении сторон поперечного сечения полосы до 27. Эксперименты на машине позволили проверить разработанную модель процесса правки и методику расчета полос на устойчивость, что необходимо для определения параметров процесса правки полос в плоскости большей жесткости без потери устойчивости, а значит и для нормальной работы правильного оборудования.

Положительные результаты по правке полос на экспериментальной роликоправильной машине позволили получить исходные данные и разработать технологическое задание (ТЗ-5.27-16-14-78) на проектирование и изготовление промышленного оборудования для правки полос с ребровой кривизной сортамента стана 450 Омутнинского металлургического завода.

Технологическое задание согласовано с заказчиком оборудования - Омутнинским металлургическим заводом и Челябинским металлургическим комбинатом как с очередным возможным заказчиком этого оборудования, согласовано, также с проектной организацией - Кол-пинским отделением ВНИИМЕТМА1, которая участвовала в разработке экспериментального оборудования. После согласования технологическое задание рассмотрено и утверждено Минчерметом СССР, а после учета замечаний согласующих организаций задание передано в Чер-метпроект МЧМ СССР, который поручил Уралгипромезу и Челябгипро-незу согласно утвержденному технологическому заданию на проектирование и изготовление оборудования правильной машины для правки полос с ребровой кривизной разработать техническое задание применительно к условиям Омутнинского и Челябинского металлургических заводов. Одновременно с этим Уралгипромезу, поскольку заказчиком головного образца указанной машины является Омутнинский металлургический завод, поручено обеспечить подписание заявки заказчиком,

По технологическому заданию ТЗ-5.27-16-14-78 Уралгипромез разработал техническое задание и заявку (арх. УТ-386ІІ) на проектирование и изготовление агрегата для правки полос с ребровой кривизной (прилож.6).

По результатам согласования Уралгипромезом составлено сводное заключение к техническому заданию (арх. $ УТ-386ІІ) после чего Техническое управление ШМ СССР получило эти материалы для рассмотрения.

Техническое задание (арх. J УТ-386ІІ), заявку и сводное заключение согласовали с Министерством тяжелого и транспортного машиностроения СССР, затем их рассмотрело Министерство черной металлургии СССР и техническое задание было утверждено (прилож.7).

Согласно Постановлению ЦК КПСС и СМ СССР, а также соответствующим приказам Министра черной металлургии и Министра тяжелого и транспортного машиностроения поставка правильного оборудования для правки полос с ребровой кривизной Омутнинскому металлургическому заводу должна быть осуществлена в 1986 году.

Так как проработка технологии правки в плоскости большей жесткости полос с ребровой кривизной автором настоящей работы была осуществлена и технологическое задание согласовано, то согласно упомянутому Постановлению Омутнинский металлургический завод заключил со Старо-Краматорским машиностроительным заводом договор на проектные работы по агрегату правки. В свою очередь Колпинское отделение ВНИИМЕТМАІ заключило договор со Старо-Краматорским машиностроительным заводом на техническое проектирование агрегата правки полос с ребровой кривизной и выполнило этот проект в треть ем квартале І9Ш г. После рассмотрения этого проекта принято решение о принятии его к рабочему проектированию (прилож.8).

Кроме поставки головного образца правильной машины Омутнин-скому заводу техническим заданием УТ-386ІЇ предусмотрена разработка такого оборудования для Чусовского и Челябинского металлургических комбинатов, являющихся крупными производителями полосового и рессорного проката. При утверждении технического задания было решено этим двум заводам правильную машину поставить после полного освоения агрегата на Омутнинском метзаводе.

По технологическому заданию (ТЗ-5.27-16-14-78) Уралгипроме-зом разработано техническое задание (УТ-386ІІ), которое согласовано и утверждено в установленном порядке. Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР заказчиком головного образца машины для правки полос с ребровой кривизной определен Омутнинский металлургический завод. В настоящее время сделан технический проект и ведутся работы по рабочему проектированию и изготовлению.

## Разработка технологического задания на проектиро вание и изготовление РПМ для правки полосового проката в плоскости большей жесткости

Шаг роликов, как известно, представляет основной параметр правильной машины, поскольку его величиной определяются технологические возможности машины, габариты и мощность ее привода. Поэтому после выбора шага роликов необходимо провести проверку по факторам, определяющим шаг роликов. К этим факторам относятся: Условие сохранения устойчивости полосы в процессе правки полосы в плоскости большей жесткости.

Максимально допустимый шаг роликов определяется из условия захвата полосы при задаче переднего ее конца в первые три ролика машины. Момент сил сцепления между роликами и полосой должен превышать или быть равным сумме крутящих моментов, действующих на рассматриваемых роликах (Сонин А.Л. Исследование роликовых правильных машин для правки тонкого листа. Сб. ПЩЙТШ, кн.78, Машгиа, 1956) :

Мкр- крутящие моменты на первых трех роликах, для рассматриваемого случая; f=0.15 - коэффициент трения скольжения роликов по полосе.

Подставляя числовые значения из табл.1 и 2 в это неравенство, видно, что условие захвата полосы роликами не является лимитирующим.

Величина шага из условия размещения подшипников не превышает величину, определенную из условия контактной прочности полосы. При использовании формулы Герца для определения допустимого шага роликов, получается шаг превышающий выбранный. Однако эксперименты, результаты которых приведены в табл.3, показывают, что смятие кромки полосы находится в пределах допусков.

Проверка величины шага и диаметра рабочих роликов в зависимости от условий сохранения устойчивости полосы в процессе правки с боковым подпором в месте приложения усилий проведена с учетом использования, полученной УКРНИИМЕТом теоретической зави - 152 -симо сти: RKP r-5 (m+Df где m - константа кривой упрочнения, равная в среднем 0,18; h - высота профиля, мм; 6 - толщина профиля, мм; К- длина волны, образующаяся при потере устойчивости, мм. По значению критического радиуса можно определить критическую деформацию крайних волокон в зоне сжатия, и сопоставив ее с деформацией, необходимой для правки, определить - будет ли устойчива полоса при изгибе.

Данные расчета приведены в табл.4. Как видно из таблицы при максимальной возможной исходной кривизне полос 15 мм на длине I м (данные Омутнинского метзавода) на РПМ представляется возможным править следующие полосы без потери устойчивости 20 85x4 мм, 20 95x5 мм, 204-110x6 мм, 20 120x7 мм, 20 130x8 мм и все полосы толщиной более 8 мм. Незначительное количество полос большой ширины толщиной 4-7 мм представляется возможным править при несколько облегченных режимах.

В случае исходной кривизны 5 мм на длине І м (данные Челябинского металлургического завода) правке без потери устойчивости практически может подвергаться весь сортамент полос.

Основные требования к машине для правки проката с ребровой кривизной Конструктивные особенности Количество одновременно выправляемых полос - одна. Машина должна иметь 9 правящих роликов с расположением их осей в вертикальных плоскостях.

В одной вертикальной плоскости с каждым правящим роликом должны находиться два прижимных ролика, охватывающие полосу с двух сторон и удерживающие ее жестко от сваливания.

Прижимные ролики выполняются так, чтобы они прижимались к цилиндрической поверхности рабочих роликов.

Между прижимными роликами предусмотреть установку направляющих, которые должны контактировать с полосой на расстоянии от каждого прижимного ролика равным менее четверти шагов роликов. Предусмотреть регулировку прижимных роликов при настройке на разное сечение полосы и в зависимости от них регулировку направляющих . Предусмотреть регулировку и настройку правящих роликов на разные режимы и сечения полосы. Все правящие ролики - приводные. Привод - от электродвигателя с возможностью регулирования скорости правки плавно или ступенчато до 4 м/сек.

Вспомогательное оборудование и приспособления для контроля Машина должна быть снабжена средствами механизации, обеспечивающие прием металла, разборку и задачу полос в машину и складирование в карман после правки. Необходимо предусмотреть, механизмы для перевалок. Машина должна иметь предохранительное устройство от перегрузки при правке и автоматическое снижение скорости в момент захвата полосы.

При проектировании машины необходимо предусмотреть установку защитных приспособлений, исключающих возможность травмирования обслуживающего персонала.

Следует предусмотреть надежные индикаторные устройства для - 154 контроля и регистрации нулевой и рабочей настройки правильных и прижимных роликов. На пульте управления РПМ необходимо предусмотреть установку следующих указательных приборов: - рабочей настройки правильных, прижимных роликов на режим соответствующий требованиям к качеству правки полосы; - скорости правки и числа оборотов правильных роликов; - давление металла на валки. 4,3. Требования к качеству правки Машина должна обеспечить следующие параметры качества правки: - ребровая кривизна полос после правки не должна превышать 0,2 % длины и для рессорно-пружинной стали - 0,15 % длины; - отсутствие скрученности относительно продольной оси по лосы,