



**С.М. Жучков**, Е.В. Барышев, А.П. Лохматов, В.А. Луценко, К.Ю. Ключников

Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины, Днепропетровск

## СОЗДАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО И ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО УЧАСТКА ПОДГОТОВКИ МЕТАЛЛА ДЛЯ ХОЛОДНОЙ ДЕФОРМАЦИИ В ПРОФИЛИ ПРОСТЫХ И СЛОЖНЫХ СЕЧЕНИЙ



*Создан энергосберегающий и экологически чистый участок подготовки металла для его холодной деформации в профили простых и сложных сечений. Проведенные эксперименты показали, что разработанная технология газозащитного патентирования металла из углеродистой стали обеспечивает сорбитную структуру катанки при требуемых механических свойствах.*

*Ключевые слова: технологический участок подготовки металла, газозащитное патентирование, холодная деформация, профили простых и сложных сечений.*

Высокая капиталоемкость и большие единичные мощности традиционных метизных производств делают экономически нецелесообразным освоение новой продукции при ее широком ассортименте, но относительно малых объемах потребления. К такому виду продукции относятся, в частности, особо точные профили простых и сложных сечений. В настоящее время Украина вынуждена в основном импортировать их для потребностей машиностроения [1–5].

Авторами предложенного и выполненного в 2008 г. научно-технического проекта разработана технология производства особо точных профилей широкого размерного и марочного сортамента методом прокатки–волочения (волочения в роликовых волоках), которая позволяет организовать их изготовление в условиях неспециализированных производств, в том числе на потребляющих машиностроительных предприятиях [6, 7].

Критерием пригодности металла к холодной деформации является его структура, механические свойства и состояние поверхности заготовки (катанки, проволоки или промежуточного профиля). На метизных заводах эти задачи решаются путем термообработки заготовки с последующим удалением окалины травлением в кислотах. Нагревание заготовки, в основном, осуществляется в проходных печах непрерывного действия с использованием природного газа. При выходе из печи нагретую заготовку подвергают охлаждению в печах-ваннах с охлаждающей средой в виде расплавленной селитры или свинца, где происходит переохлаждение аустенита и его распад. Для очистки поверхности заготовки от окалины традиционно используют химические методы — травление кислотами с сопутствующими процессами нейтрализации, промывки систем регенерации и очистки сточных вод.

Из сказанного следует, что традиционные процессы термической обработки заготовки и очистки ее поверхности перед холодной де-



формацией связаны с использованием дорогих и дефицитных материалов, к тому же вредных для здоровья человека и значительно загрязняющих окружающую среду. Это делает их абсолютно непригодными для использования в условиях неспециализированных производств, особенно при небольших объемах изготовления особо точных профилей.

В Институте черной металлургии (ИЧМ) им. З.И. Некрасова НАН Украины были выполнены фундаментальные исследования по созданию процесса безокислительного охлаждения металла. На основе результатов этих исследований сформулированы технологические параметры процесса газоздушного охлаждения и предложен способ термообработки заготовки для последующего волочения с использованием в качестве охлаждающей среды высокоскоростного газоздушного потока, обеспечивающего скорость охлаждения заготовки диаметром 2,5÷8,0 мм, аналогичную скорости охлаждения в расплавах свинца или солей [8]. В результате фундаментальных исследований по влиянию термомеханической обработки на процессы окалино- и структурообразования углеродистых сталей была установлена взаимосвязь между удельным весом и толщиной слоя окалина на поверхности термообработанной заготовки, что позволяет выбирать способ ее удаления (химический или механический) с поверхности металла [9].

В работах [10, 11] были сформулированы физические и технологические основы скоростной электротермической обработки металла. В этих работах, кроме прочего, изучались свойства холоднодеформированной углеродистой проволоки при скоростном электроконтактном нагреве [12]. Таким образом, результаты фундаментальных и прикладных исследований, выполненных раньше в ИЧМ и других институтах НАН Украины, позволили предложить технологию подготовки металла к холодному волочению с использованием нетрадиционных процессов его нагрева, охлаждения, термостатирования и очистки поверхности от окалина.

## 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Создание экспериментального участка для осуществления энергоэкономного и экологически чистого процесса подготовки стальной заготовки для холодной деформации и отработки такой технологии на нем явилось целью научно-технического проекта «Создание энергосберегающего и экологически чистого участка термической обработки металла для холодной деформации в профили простых и сложных сечений». Была поставлена задача: на основе результатов исследований разработать основные подходы к проектированию технологических линий обработки металла с использованием нетрадиционных энергоэкономных способов его нагрева и охлаждения в условиях неспециализированных производств. Такие линии могут использоваться для термической и термоциклической обработки металла на автономных участках либо интегрироваться в существующие технологические линии метизных или машиностроительных предприятий.

Ниже приведены основные технологические параметры и общая характеристика оборудования экспериментального участка подготовки металла к прокатке—волочению в условиях отделения стендовых установок Отдела физико-технических проблем процессов прокатки сортового и специального проката ИЧМ НАНУ.

Проект технологического участка выполнен Государственным предприятием «Украинский Институт по проектированию металлургических заводов» (ГП «Укрگیпромез») в соответствии с технологическим заданием, разработанным в ИЧМ, на базе результатов работ [6—9].

## 2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО УЧАСТКА

### 2.1. Основное технологическое оборудование экспериментального участка

#### *Назначение*

Экспериментальный технологический участок подготовки заготовки к прокатке—волочению предназначен для отработки техноло-



**Рис. 1.** Опытно-промышленная технологическая линия термической обработки металла для последующего холодного деформирования

гии подготовки металла к холодной деформации в профили простых и сложных сечений с использованием нетрадиционных технических и технологических решений.

#### *Показатели назначения*

#### **Обрабатываемые заготовки**

- катанка диаметром 8,0÷5,5 мм в мотках наружным и внутренним диаметрами 1 250 / 850 мм и массой до 1 800 кг;
- проволока диаметром 5,0÷2,5 мм (профили-полуфабрикаты эквивалентного сечения) в мотках наружным и внутренним диаметрами 900 / 450 мм и массой до 600 кг.

#### **Марки стали**

- высокоуглеродистые нелегированные стали по ГОСТ 14959;
- стали углеродистые качественные конструкционные по ГОСТ 1050;
- стали легированные конструкционные по ГОСТ 4543.

#### **Технологические параметры процесса обработки**

скорость перемещения обрабатываемого металла, м/мин ..... 9÷18

температура нагрева, °С ..... 950÷1050  
 температура термостатирования, °С ... 600÷450  
 температура окончательного охлаждения, °С ..... не более 100  
 количество окалины после роликового окалиноломателя ..... не более 0,5 кг/т

#### *Оборудование экспериментального технологического участка подготовки заготовок к прокатке—волочению*

Состав оборудования экспериментального технологического участка подготовки металла к прокатке—волочению и его расположение приведены на рис. 1 и 2.

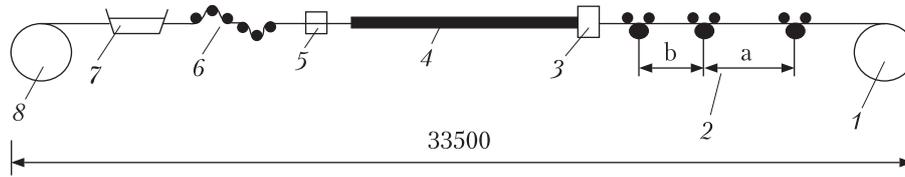
#### *Размоточное устройство*

Размоточное устройство предназначено для размотки катанки  $\varnothing 8,0\div 5,5$  мм в мотках наружным и внутренним диаметрами 1 250/850 мм и массой до 1800 кг и представляет собой неподвижно установленный горизонтальный дорн (с небольшим углом подъема по ходу движения заготовки), на который навешиваются мотки катанки. Для размотки проволоки  $\varnothing 5,0\div 2,5$  мм либо профилей-полуфабрикатов эквивалентного сечения в мотках наружным и внутренним диаметрами 900/450 мм и массой до 600 кг установлен разматыватель в виде вертикальной неприводной фигурки с тормозом для создания необходимого натяжения нити заготовки.

#### *Установка*

#### *электроконтактного нагрева*

Установка (рис. 3) предназначена для быстрого нагрева обрабатываемого изделия (катанки, проволоки) до температуры 820÷1040 °С перед блоком струйного охлаждения. Установка собрана по двухплечевой схеме с соотношением длин плеч между контактами  $a : b = 1 : 1,5-2,5$ . Большее плечо расположено впереди по ходу движения заготовки и увеличивается по мере увеличения ее диаметра для обеспечения выравнивания температуры металла по сечению. Для стабилизации контакта металла с токоподводами и предотвращения



**Рис. 2.** Состав оборудования экспериментального технологического участка подготовки металла для холодной деформации и его расположение: 1 – размоточное устройство; 2 – установка электроконтактного нагрева, *a* и *b* – длина плеч между контактами; 3 – установка (блок) струйного охлаждения; 4 – линия термостатирования; 5 – устройство окончательного охлаждения; 6 – окалиноломатель; 7 – ванна для нанесения подмазочного покрытия; 8 – намоточное устройство.

повреждения поверхности заготовки искровыми разрядами используются контактные ролики специальной конструкции (рис. 4).

Обрабатываемая заготовка огибает контактный диск 1 за счет прижатия ее двумя прижимными роликами 2, установленными на поперечине 3. Длина дуги касания заготовки и диска регулируется перемещением в вертикальном направлении поперечины по стойкам 4 и, при необходимости, изменением расстояния между прижимными роликами на поперечине. Контактный диск вращается за счет движения заготовки на консольной оси, закрепленный на стойке 5, на которой крепится еще и щеткодержатель 6. Ток для нагрева заготовки подается к диску через графитовые щетки 7, контактирующие с его торцевой поверхностью в непосредственной близости от места контакта заготовки. Стойки 4 и 5 крепятся на стенках

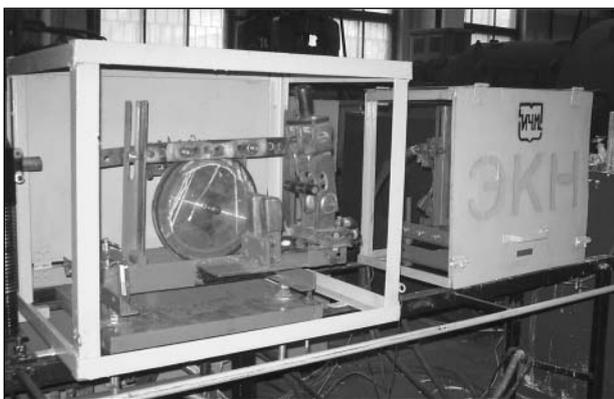
ванны для охлаждения диска 8. Ванна, в свою очередь, с помощью наружных фланцев крепится к электроизолирующей плите 9, а последняя – к эстакаде с помощью болтов.

Данная конструкция контактного ролика отличается компактностью и возможностью производить нагрев заготовки в диапазоне скоростей ее перемещения до требуемых температур.

#### *Установка (блок) струйного охлаждения*

Блок струйного охлаждения (газовоздушного патентирования – ГВП) предназначен для ускоренного охлаждения непрерывно движущейся заготовки в атмосфере воздуха. Возможно использование защитного газа. Конструкция блока струйного охлаждения, представлена на рис. 5. Блок струйного охлаждения представляет собой сварную конструкцию, выполненную из листового металла, которая смонтирована вместе с камерой охлаждения на эстакаде за установкой электроконтактного нагрева заготовок и имеет подвод и отвод охлаждающей воды, а также подвод электроэнергии для питания электропривода.

Блок струйного охлаждения состоит из циркуляционного двухступенчатого вентилятора 1, холодильника 2, напорного коллектора 3 и целевого сопла 4. Циркуляционный вентилятор изготовлен специально: каждая ступень имеет свое рабочее колесо, улитку и направляющий аппарат. Оба рабочих колеса насажены на общий вал. Разделение обоих вентиляторов



**Рис. 3.** Установка электроконтактного нагрева в линии опытно-промышленного участка

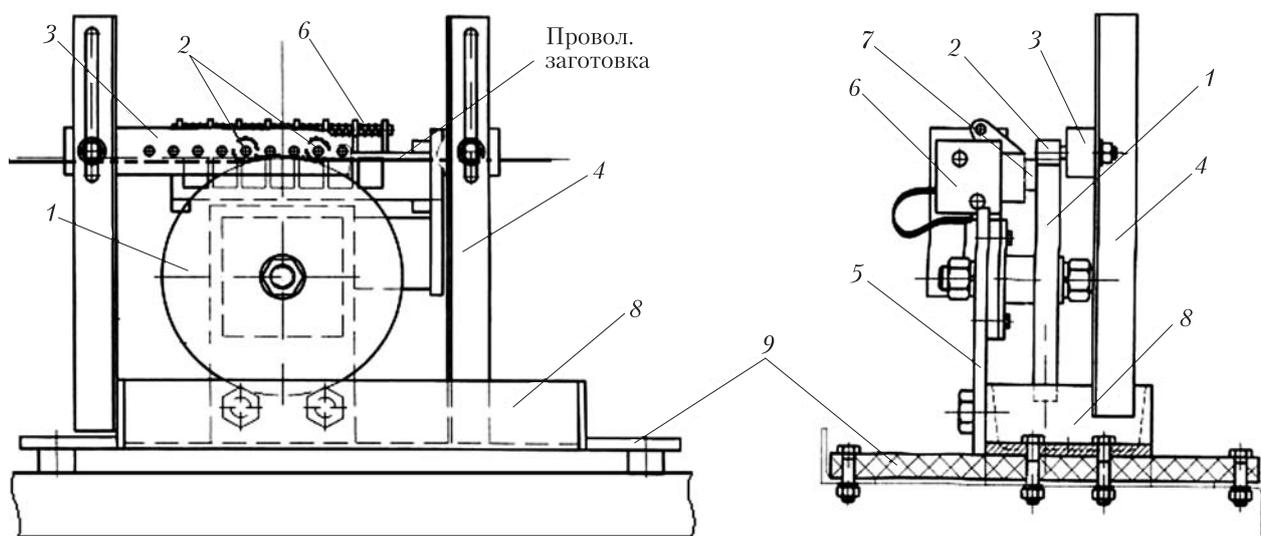


Рис. 4. Схема конструкции контактного ролика установки электроконтактного нагрева

по газовому тракту осуществляется посредством внутренних перегородок. Вал вентилятора установлен в блоке с помощью радиальных подшипников на боковых съемных фланцах. Вал через упругую муфту соединен с электродвигателем 5, укрепленным на корпусе блока посредством кронштейна. Съемный холодильник выполнен из оребренных труб, изготовленных из коррозионно-устойчивой стали. По газовой стороне холодильник установлен на входе первой ступени циркуляционного вентилятора. На выхлопе второй ступени циркуляционного вентилятора находится напорный коллектор, причем на входе установлена перегородка 6, предназначенная для выравнивания начальной скорости истечения газа по длине щелевого сопла.

Камера охлаждения 7 представляет собой плотный короб, сваренный из листового металла и соединенный с блоком струйного охлаждения посредством фланцевого соединения. В местах входа и выхода заготовки содержатся уплотняющие устройства с возможностью ориентирования их относительно сопла в широких пределах. Пластины с уплотняющими отверстиями фиксируются на камере спе-

циальными болтами. Для установки калибра сопла на камере охлаждения размещены два люка. Воздух (газ) из камеры охлаждения к холодильнику подается через полость отсоса 8. Крепится блок струйного охлаждения вместе с камерой охлаждения на лапах к эстакаде.

#### Техническая характеристика блока

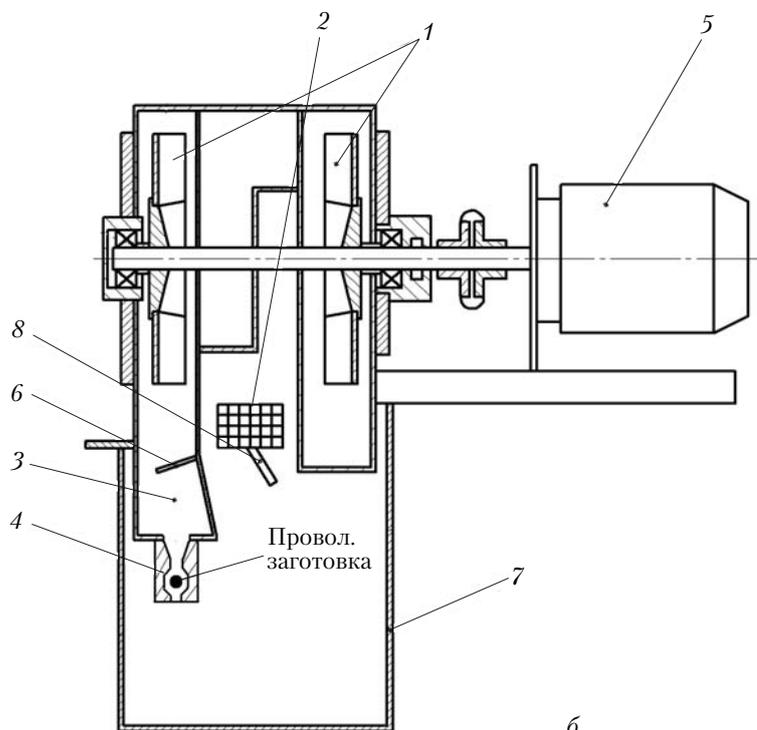
Производительность вентилятора, м <sup>3</sup> /ч . . .	2000
Максимальное давление воздуха в коллекторе сопла при нормальных условиях, Па . . .	7000
Максимальная скорость истечения газа из сопла, м/с . . . . .	100
Рабочая длина сопла, мм . . . . .	1000
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	7,5
Частота вращения электродвигателя, об./мин . . . . .	3000
Рабочая среда блока . . . . .	воздух (газ)
Площадь поверхности холодильника, м <sup>2</sup> . . .	2
Расход воды на охлаждение, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	1,0

#### Линия термостатирования

Линия термостатирования (рис. 6) представляет собой семь муфельных электропечей СУОЛ-0,4.4/12-М2, расположенных друг за другом. Камера нагрева печи СУОЛ-0,4.4/12-М2 состоит из нагревателя, защитной трубы и двух керамических фланцев. Нагреватель вы-



*a*



*б*

**Рис. 5.** Внешний вид (*a*) и схема конструкции (*б*) блока струйного охлаждения

полнен в виде керамической трубы, на которой с помощью глиноземистой обмазки закреплена проволока из сплава сопротивления. Внутренняя поверхность трубы нагревателя образует рабочее пространство электропечи. Печь снабжена блоком управления для автоматического поддержания заданной температуры с точностью, указанной в технической характеристике.

**Технические характеристики муфельной электропечи СУОЛ-0,4.4/12-М2**

Мощность потребления, при разогреве (номинальная), кВт .....	2,5
Мощность потребления, для поддержания рабочей температуры (номинальная), кВт .....	1,2
Рабочий диапазон температур, °С .....	450÷600
Неравномерность температуры в рабочем пространстве электропечи, °С .....	±9
Точность автоматического регулирования температуры, °С .....	±9
Рабочая среда .....	воздух
Напряжение питающей сети, В .....	220

**Устройство окончательного охлаждения**

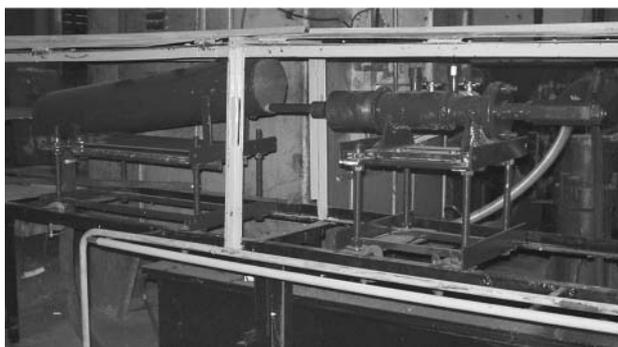
Устройство окончательного охлаждения предназначено для ускоренного охлаждения движущейся нагретой заготовки от температуры 500÷550 °С до температуры не выше 100 °С.

Устройство окончательного охлаждения (рис. 7) состоит из форсунки 1, водоприемной воронки 2 и компрессора. Форсунка закреплена на основании, конструкция которого позволяет регулировать ее положение в вертикальной и горизонтальной плоскостях. К форсунке с помощью резьбового соединения прикреплена рабочая камера, длина и внутренний диаметр которой определяются опытным путем в зависимости от сечения, скорости перемещения и температуры проволоочной заготовки, подвергаемой охлаждению. Кроме того, наличие на подводящих к форсунке патрубках подачи воды и сжатого воздуха вентилей позволяет регулировать состав водо-воздушной смеси. Приемная воронка закреплена на осно-



Рис. 6. Линия термостатирования опытно-промышленного участка

вании, функции которого такие же, как и у основания форсунки. Отличие состоит в том, что крепление воронки к основанию обеспечивает угол наклона ее для слива отработанной воды



а

в патрубков, приваренный к нижней части воронки, а проволочная заготовка выходит через отверстие в верхней части.

**Технические характеристики**

Рабочая среда .....	водо-воздушная смесь
Питание водой .....	от магистрали
Питание сжатым воздухом от компрессора:	
давление воздуха, атм.....	2÷6
напряжение питающей сети, В .....	220÷380
Длина рабочей трубы, мм.....	300÷2 000
Температура начала охлаждения, °С.....	450÷500
Температура конца охлаждения, °С.....	20÷100

**Устройство для удаления окалины (окалиноломатель)**

Окалиноломатель предназначен для механического удаления окалины с проволочной заготовки после ее термической обработки. Окалиноломатель (рис. 8) состоит из станины 1, рабочего колеса 2, роликов 3, редуктора и механизма фиксации положения рабочего колеса 4. Вал рабочего колеса закреплен в подшипниковом узле, расположенном в станине окалиноломателя. Четыре ролика закреплены на станине и два — на рабочем колесе. Ролики установлены на подшипниках и приводятся

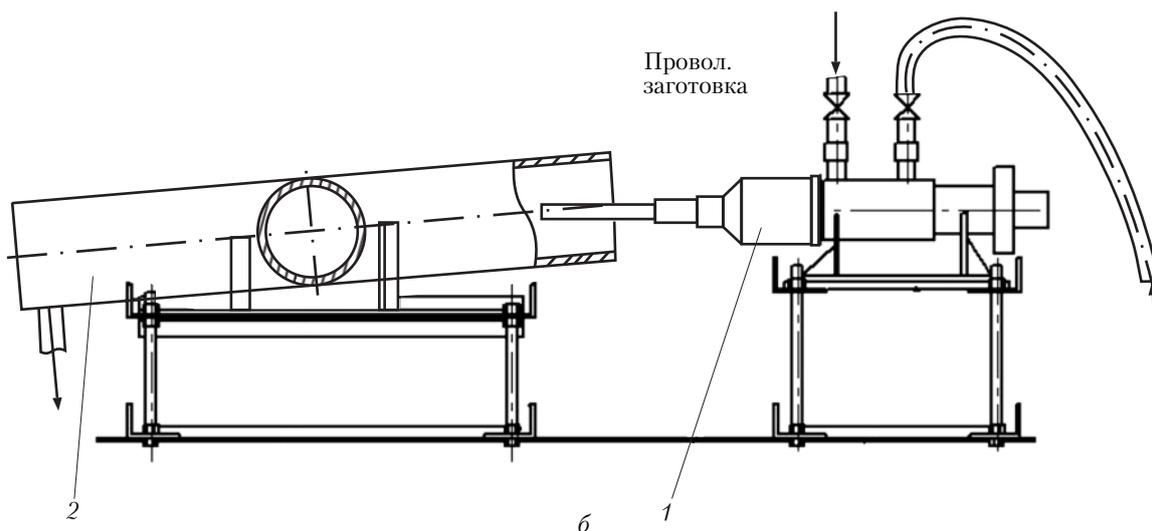
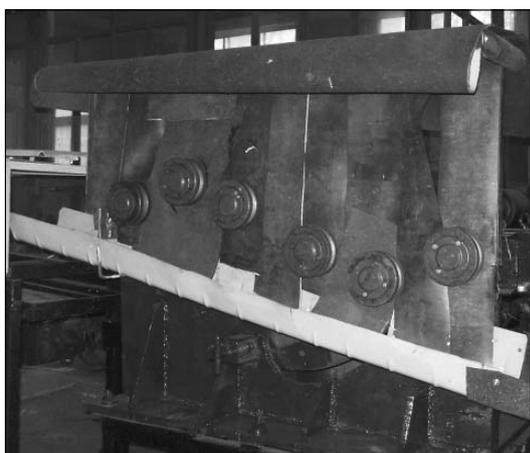
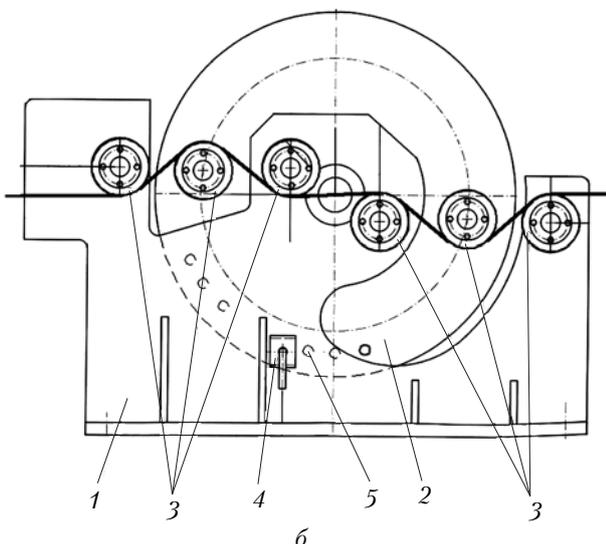


Рис. 7. Внешний вид (а) и схема (б) устройства окончательного охлаждения



а



б

Рис. 8. Внешний вид (а) и схема конструкции (б) окалиноломателя (вид сбоку)



Рис. 9. Намоточное устройство в линии созданного участка

во вращение проходящей через них проволочной заготовкой. Степень удаления окалины зависит от изгиба проволочной заготовки относительно роликов, установленных на рабочем колесе, и определяется поворотом рабочего колеса относительно оси вращения. С целью снижения усилия поворота рабочего колеса окалиноломатель снабжен редуктором, первичный вал которого проворачивается гаечным ключом. Фиксация положения рабочего колеса производится с помощью механизма, представляющего собой подпружиненный палец, жестко установленный на станине и в нужном положении входящий в отверстия 5 рабочего колеса.

**Техническая характеристика**

Количество роликов, шт.....	6
Диаметр роликов, мм.....	150
Максимальный угол поворота рабочего колеса, град.....	90

**Устройство для нанесения подмазочного покрытия**

Устройство предназначено для нанесения подмазочного слоя на поверхность обрабатываемого изделия.

**Техническая характеристика**

Обрабатываемый сортимент:	
проволока $\varnothing$ , мм.....	2,5÷5,0
катанка $\varnothing$ , мм.....	5,5÷8,0
Скорость движения проволоки (катанки), м/мин.....	8,0÷18,0
Объем ванны, л.....	20

**Намоточное устройство**

В качестве намоточного устройства используется модернизированное намоточное устройство волочильного стана UDZSA 2500/6.

Намоточное устройство (рис. 9) предназначено для протягивания обрабатываемой заготовки через все агрегаты технологической линии экспериментального участка и для намотки ее на катушку или в мотки. Данное устройство обеспечивает намотку катанки  $\varnothing 8,0 \div 5,5$  мм, проволоки  $\varnothing 5,0 \div 2,5$  мм либо профилей-полуфабрикатов эквивалентного сечения.



±1250 МПа). После этого охлаждение проволоки осуществляли при скоростях газового потока 60, 80 и 100 м/с. Для исследований механических свойств и микроструктуры от каждого режима были отобраны образцы. Результаты исследований приведены в таблице.

Анализ полученных результатов показал, что требуемые механические свойства и необходимую микроструктуру проволоки диаметром 3,6 мм из стали 70 обеспечивает скорость газового потока 100 м/с.

Этот режим газового патентирования использовался при опробовании экспериментального технологического участка подготовки заготовок для холодной деформации.

### 2.3. Технологический регламент работы оборудования опытно-промышленного участка подготовки заготовки к последующей холодной деформации

После размотки заготовка через направляющую проводку попадает в роликое правильное устройство. Выправленная заготовка поступает в установку электроконтактного нагрева, где в зависимости от марки стали нагревается до температуры  $950 \pm 1050$  °С. Первый этап охлаждения металла после нагрева производится в струе воздуха до температуры  $450 \pm 600$  °С в блоке струйного охлаждения. Далее для создания благоприятных условий распада переохлажденного аустенита путем сохранения постоянной температуры окружающей

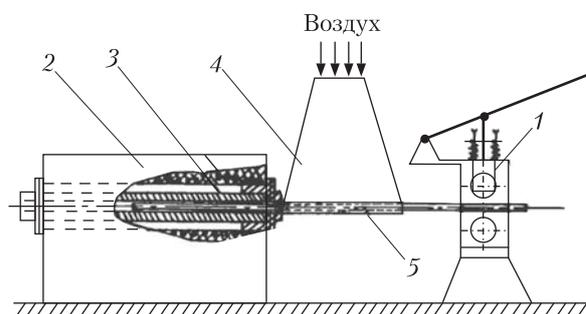


Рис. 10. Схема лабораторной установки газового патентирования

среды металл проходит участок термостатирования. Процесс термостатирования протекает при температуре  $500 \pm 550$  °С, после определенной выдержки металл поступает в установку окончательного охлаждения. Охлаждение производится в водо-воздушной смеси до температуры ~100 °С. Термообработанный и очищенный от окалины на окалиноломателе металл выравнивается в правильном устройстве и перед намоткой на катушку на его поверхность при необходимости наносится подсмачочный слой.

Для проверки режима газового патентирования на опытном агрегате при электроконтактном нагреве использовался моток проволоочной заготовки диаметром 3,6 мм из стали 70 с содержанием углерода  $0,67 \pm 0,69$  % и марганца  $0,57 \pm 0,58$  %. Нагрев катанки осуществлялся до температуры 930 °С, охлаждение ее в блоке газового патентирования производилось до

Результаты исследования на лабораторной установке режимов термообработки образцов проволоки  $\varnothing 3,6$  мм из стали 70

Скорость газового потока, м/с	Предел прочности $\sigma_B$ , МПа	Относительное удлинение $\delta$ , %	Относительное сужение $\Psi$ , %	Структура
60	1 120—1 180	16,8÷18,0	27,5÷30,8	Сорбит, феррит в виде разорванной сетки, 22 %
80	1 140—1 190	17,0÷18,3	28÷31	Сорбит, феррит в виде разорванной сетки, 10 %
100	1 180—1 210	16,5÷17,2	29÷33	Сорбит, феррит, до 5 %



500 °С, при этом линейная скорость перемещения катанки составляла 12 м/мин.

Исследование свойств обработанного металла показало, что предел прочности находится в пределах 1 190÷1 220 МПа, относительное удлинение составило 17,0÷19,0 % и сужение — 28,0÷32,0 %. В результате обработки металла на участке в проволоке образуется сорбитообразная микроструктура.

### ВЫВОДЫ

Таким образом, в результате выполненных экспериментов показано, что разработанная технология газо-воздушного патентирования металла из углеродистой стали для экспериментального, энергосберегающего и экологически чистого участка подготовки металла к прокатке—волочению обеспечивает сорбитную структуру катанки при требуемых механических свойствах. Оборудование экспериментального технологического участка, установленное согласно проекту, разработанному в ГП «Укрگیпромез», обеспечивает стабильное выполнение заданных технологических режимов подготовки металла для последующей холодной деформации.

Подтверждено, что применение электроконтактного нагрева, газо-воздушного струйного охлаждения, термостатирования и водо-воздушного охлаждения с механическим удалением окалины позволяет решить следующие социально-экономические и экологические задачи:

- ✦ экономия материальных ресурсов за счет исключения из технологического процесса газового нагрева заготовки, расплавов свинца, селитры и кислотного травления и соответствующего сокращения расхода металла, свинца, селитры, кислоты, извести, энерго-ресурсов, трудовых и других затрат;
- ✦ оздоровление экологической обстановки в районе метизных предприятий за счет ликвидации серноокислых стоков, выбросов серной кислоты в стоках на нейтрализацию сухого шлака, идущего в отвалы на захороне-

ние, капитальных затрат на строительство очистных сооружений и купоросных установок, испарений кислоты, селитры, свинца в атмосферу цехов и др.;

- ✦ ликвидация тяжелого ручного труда во вредных условиях и улучшение санитарных условий в производственных помещениях;
- ✦ создание новых рабочих мест на предприятиях.

Реализация проекта в условиях интегрированных металлургических предприятий позволяет уменьшить выход некондиционной продукции по структуре и свойствам, а в условиях неспециализированных производств (в том числе на потребляющих машиностроительных предприятиях) организовать производство новых видов продукции при ее широком ассортименте, но относительно малых объемах потребления.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Мазур В.Л., Деркач Д.А., Иванов А.А. Состояние и перспективы прокатного производства Украины // Теоретические проблемы прокатного производства: Труды IV международной научно-технической конференции. — Днепропетровск: Изд. НМетАУ, Металлургическая и горнорудная промышленность. — 2000. — № 8, 9. — С. 87—11.
2. Жучков С.М. Проблемы сортопрокатного и метизного переделов в научных исследованиях и разработках Института черной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины // Удосканалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії та машинобудуванні. — Краматорск: Изд. ДДМА, 2002. — С. 40—47.
3. Коновалов Ю.В. Черная металлургия Донбасса: ретроспектива — перспектива // Удосканалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії та машинобудуванні. — Краматорск: Изд. ДДМА, 2002. — С. 66—73.
4. Гулько В.И., Войцеховский В.А., Григорьев А.К. Производство профилей и проволоки в роликовых волоках. — Ижевск: Удмуртия, 1989. — 132 с.
5. Аргунов В.Н., Ерманюк М.З., Петров А.И., Харитонович М.В. Калибрование фасонных профилей. — М.: Металлургия, 1989. — 208 с.
6. Комплексная технология производства высокоточных профилей для изготовления высокостойких поршневых колец двигателей внутреннего сгорания / С.М. Жучков, Ю.Н. Голованов, Е.В. Барышев, К.Ю. Го-





лованов, К.Ю. Ключников // з-к «Металургійна наука — підприємствам Придніпров'я», другий випуск, Дніпропетровськ, «Системні технології». — 2005. — С. 30—37.

7. *Анализ* напряжено-деформированного состояния металла металла при волочении круглой заготовки в свободно вращающихся валках с гладкой бочкой / С.М. Жучков, А.П. Лохматов, Ключников, Ю.В. Кармазина // Научный журнал «Новые материалы и технологии в металлургии та машинобудуванні», № 1, Запоріжжя. — 2008. — С. 106—111.
8. *Формирование* структуры и свойств катанки при охлаждении высокоскоростным воздушным потоком / Марцинив Б.Ф., Горбанев А.А., Борисенко А.Ю. и др // Металлургическая и горнорудная промышленность. — 2001. — № 6. — С. 66—70.
9. *Современные* научные и технологические аспекты производства высокоэффективных видов катанки различного назначения / Луценко В.А., Парусов Э.В., Тищенко В.А., Кекух В.А., Сычков А.Б., Костенко Ю.Д. // Металлургическая и горнорудная промышленность. Дн-ск. — 2005. — № 1. — С. 58—73.
10. *Гриднев В.Н., Мешков Ю.Я., Ошкадеров С.П. и др.* Физические основы электротермического упрочнения стали. — К.: Наук. думка, 1973. — 335 с.
11. *Гриднев В.Н., Мешков Ю.Я., Ошкадеров С.П. и др.* Технологические основы электротермической обработки стали. — К.: Наук. думка, 1977. — 205 с.
12. *Гриднев В.Н., Мешков Ю.Я., Черненко Н.Ф.* Изменение свойств холоднотянутой стальной проволоки после кратковременной электротермической обработки // Стальные канаты (с-к статей). Вып. 3. — К.: Техника, 1966. — С. 391—395.

С.М. Жучков, Е.В. Барышев,  
О.П. Лохматов, В.О. Луценко, К.Ю. Ключников

#### СТВОРЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ Й ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТОЇ ДІЛЯНКИ ПІДГОТОВКИ МЕТАЛУ ДЛЯ ХОЛОДНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ В ПРОФІЛІ ПРОСТИХ І СКЛАДНИХ ПЕРЕРІЗІВ

Створено енергозберігаючу і екологічно чисту ділянку підготовки металу для його холодної деформації в профілі простих і складних перерізів. Проведені експерименти показали, що розроблена технологія газо-повітряного патентування металу з вуглецевої сталі забезпечує сорбітну структуру катанки при необхідних механічних властивостях.

*Ключові слова:* технологічна ділянка підготовки металу, газоповітряне патентування, холодна деформація, профілі простих і складних перерізів.

S. Zuchkov, E. Baryshev,  
A. Lokhmatov, V. Lucenko, K. Klyuchnikov

#### CREATION OF ENERGY SAVING AND ECOLOGICALLY PURE METAL PREPARATION SITE FOR COLD DEFORMATION IN THE SHAPES OF SIMPLE AND COMPLEX SECTIONS

Energy saving and ecologically pure metal preparation site for cold deformation in the shapes of simple and complex sections. Experiments carried out have shown that the technology of gas-air metal patenting from carbon steel provides sorbitol structure of a bar at required mechanical properties.

*Key words:* technological site for metal preparation, gas-air patenting, cold deformation, shapes of simple and complex sections.

Надійшла до редакції 26.02.09.

