

ПУЗЫРЬ Р.Г., канд. техн. наук, КГПУ, г. Кременчуг
ДРАГОБЕЦКИЙ В.В., докт. техн. наук, проф. КГПУ, г. Кременчуг
МОСЬПАН Д.В., аспирант, КГПУ, г. Кременчуг
КОНДРАТЮК С.А., аспирант, КГПУ, г. Кременчуг

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ТРАНСФОРМИРУЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОФИЛИРОВАНИЯ ОБОДЬЕВ КОЛЕС

Рассмотрен процесс радиально-ротационного профилирования сварных цилиндрических заготовок. Устранение разнотолщинности обода производится методом подбора схемы напряженно-деформированного состояния, которая существенно влияет на утонение в зонах радиусных закруглений готового изделия. Такой подход позволяет сократить количество трудоемких экспериментов, связанных с замером утонений и выявить наиболее приемлемый показатель напряженного состояния.

Ключевые слова: обод, колесо, радиально-ротационное профилирование, формоизменение, деформации, напряжения.

Розглянутий процес радіально-ротаційного профілювання зварених циліндричних заготовок. Усунення різної товщини ободу проводиться методом підбору схеми напружено-деформованого стану, котра істотно впливає на стоншення у зонах радіусних переходів готового виробу. Такий підхід дозволяє зменшити кількість складних експериментів, які пов'язані з замірами стоншень та виявити найбільш прийнятний показник напруженого стану.

Ключові слова: обід, колесо, радіально-ротаційне профілювання, формозміна, деформація, напруга.

The processing of radial-rotational profiling of welded cylindrical preparations is considered. The elimination different thickness of a rim is made by a trial and error method of the circuit is intense - is deformed condition, which essentially influences on thin zones in radius round of a ready product. Such approach allows to reduce quantity (amount) of the labour-consuming experiments connected to gauging thin zones and to reveal the most acceptable parameter of an intense condition.

Key words: wheel, radial-rotational profiling, forming, deformation, pressure.

1. Введение

Особое место среди процессов производства изделий из сварных цилиндрических заготовок занимает радиально-ротационное профилирование и методы штамповки с совмещением формоизменяющих операций. В условиях серийного и массового производства ободьев колес метод радиально-ротационного профилирования является наиболее эффективным технологическим процессом.

Теория и технология радиально-ротационного профилирования и совмещенных процессов формоизменения интенсивно развиваются, что позволило за последнее десятилетие значительно усовершенствовать производство большой номенклатуры изделий из сварных цилиндрических заготовок, разработать новые виды оборудования, технологической оснастки и инструментов.

2. Постановка проблемы

Сдерживающим фактором дальнейшего развития и использования прогрессивных технологий формоизменения является предшествующая разрушению локализация деформаций. На интенсивность деформаций, предшествующих разрушению, наиболее существенное влияние оказывает схема напряженно-деформированного со-

стояния и механических характеристик менее и более деформированных частей заготовки. Неравномерность развития деформации нельзя не учитывать при создании и совершенствовании оборудования и процессов формообразования деталей из сварных цилиндрических заготовок.

С учетом вышеизложенного, актуальной задачей является совершенствование технологии формоизменения сварных цилиндрических заготовок путем подбора рациональной схемы напряженно–деформированного состояния. Это позволит повысить точность расчета предельной степени формоизменения и объективность рекомендаций при проектировании технологии и оборудования.

При выборе и проектировании процесса изготовления ободьев колес необходимо по известной конфигурации детали выбрать метод формоизменения заготовки. Среди методов изготовления наиболее прогрессивным в настоящее время является методы локального деформирования, радиально–ротационного профилирования, обкатка, ротационная раздача, раскатка, формоизменение качающейся матрицей.

Производственный опыт показывает, что использование методов обкатки, раскатки и формоизменения качающейся матрицей при изготовлении ободьев колес может привести к интенсивному износу деформирующего инструмента, ямочному отрыву и формированию бороздчатого рельефа.

Процесс радиально–ротационного профилирования обеспечивает необходимое качество ободьев колес, однако, для повышения конкурентоспособности продукции остро стоит вопрос снижения разнотолщинности обода колеса. Для обеспечения минимальной разнотолщинности обода колеса необходимо выбрать схему профилирования, а именно, число и конфигурацию переходов, размеры заготовки. Не менее важным в этом вопросе является определение пластической устойчивости материала заготовки в опасных зонах при ограничениях, накладываемых на процесс геометрическими, технологическими, прочностными и конструктивными факторами.

На характер развития деформаций и на пластичность материала заготовки наибольшее влияние оказывает схема напряженного состояния и монотонность деформации. Особенно это проявляется, если заготовка содержит локальные зоны повышенной или пониженной пластичности.

В данном исследовании необходимо выбрать наиболее эффективную схему формоизменения обода колеса, обеспечивающую минимальную разнотолщинность и отсутствие локализации деформаций. Наибольшее утонение обода достигается в радиусных зонах. Радиусные зоны (переходы) оформляются при изгибе. Утонение материала непосредственно зависит от минимально допустимого радиуса изгиба. Наиболее эффективным способом уменьшения допустимого радиуса изгиба в холодном состоянии является создание благоприятной схемы напряженного состояния. Такой подход позволяет сократить количество трудоемких экспериментов, связанных с замером утонений и выявить наиболее приемлемый показатель напряженного состояния.

Создание более благоприятной схемы напряженного состояния в производственных условиях возможно путем создания дополнительного очага деформаций. Возможные схемы процесса (рис. 1):

- изгиб с дополнительным нагружением заготовки в тангенциальном направлении;
- изгиб с дополнительным нагружением заготовки в радиальном направлении;

- изгиб с дополнительным нагружением заготовки в меридиональном направлении;
- комбинированное и последовательное нагружение;

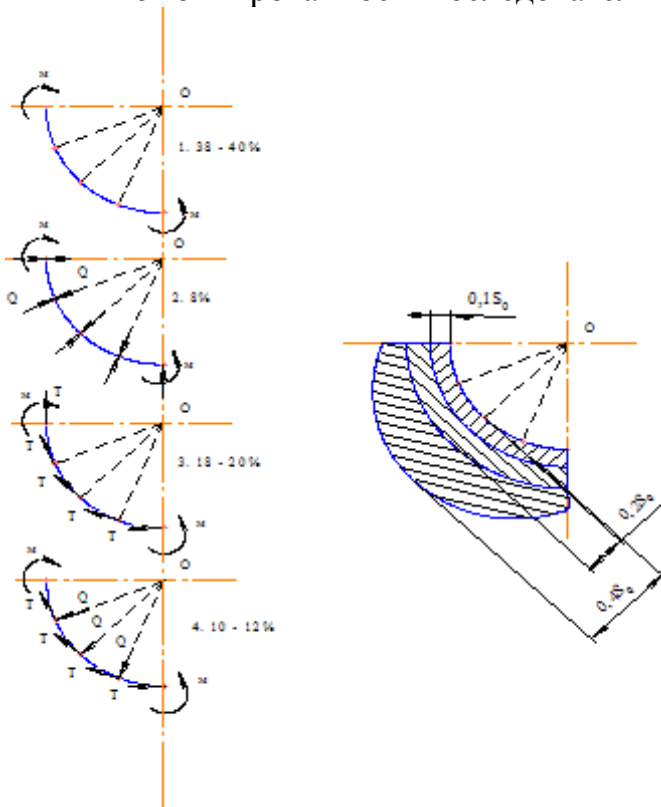


Рис. 1. Схемы изгиба с созданием дополнительного очага деформации

напряжения $\sigma_z \approx 0,5\sigma_\varphi$, действующие вдоль ребра изгиба.

Как правило, локализация деформаций перед разрушением не происходит. Только в некоторых случаях на наружных поверхностях возникает локализация так называемая "апельсиновая корочка". Влияние менее деформированных участков не сказывается на процессе формоизменения. Однако утонение достигает больших значений.

При гибке заготовки силой с внутренней поверхности находящейся в контакте с инструментом, возникает контактное напряжение f , которое приводит к смещению нейтрального слоя. При этом предельный радиус изгиба уменьшается до углов $\alpha = 60 - 70^\circ$.

При изгибе с дополнительным нагружением заготовки в тангенциальном направлении происходит смещение нейтрального слоя по направлению к наружной поверхности. Создание сжимающих напряжений в тангенциальном направлении позволяет уменьшить допустимое значение изгиба и практически исключает разнотолщинность.

Однако в зоне передачи усилия возможна потеря устойчивости, т.е. максимальное значение напряжения, которое можно дополнительно создать в очаге деформаций необходимо ограничить и локализовать деформации, которые при таком нагружении происходят.

К последним схемам относим: нагружение в последовательности "радиальное сжатие – изгиб"; "изгиб – радиальное сжатие"; изгиб – осевое сжатие; растяжение – изгиб (р–и); изгиб – растяжение – изгиб (и–р–и); растяжение + изгиб (р+и); изгиб +сжатие (и+с); сжатие – изгиб (с–и); изгиб – сжатие – изгиб (и–с–и) и т.д.

Среди способов уменьшения разнотолщинности детали при формоизменении является: формовка при переменном нагружении заготовки вдоль образующей; предварительное изменения профиля радиальных сечений заготовки.

Проведем анализ процессов гибки. При гибке широкой заготовки моментом, на наружных и внутренних поверхностях в местах изгиба контактные напряжения отсутствуют. На наружной поверхности возникают растягивающие тангенциальные

Изгиб с дополнительным нагружением заготовки в радиальном направлении позволяет уменьшить значения радиуса изгиба и разнотолщинность в очаге деформаций при создании дополнительного сжатия на выпуклой поверхности заготовки. Радиальное сжатие положительно влияет на возможность процесса изгиба. Утонение заготовки не превышает 10% от минимального радиуса изгиба. Для малоуглеродистой стали удается уменьшить в 1,8–2,1 раза. При этом следует учитывать положительное влияние радиального сжатия на околошовную зону и то, что заготовка должна быть разгружена от изгибающего момента, а затем радиального усилия.

При обратной последовательности происходит образование трещин и хрупкое разрушение заготовки при предельно допустимых радиусах изгиба.

При нагружении в последовательности "радиальное сжатие – изгиб" заготовка предварительно сжимается в направлении перпендикулярном ее поверхности, а затем изгибается на требуемый угол. С увеличением радиальной сжимающей нагрузки минимальный радиус изгиба уменьшается примерно также, как и в предыдущем случае. Абсолютные значения утонения при погонной нагрузке (отношения давления ролика к площади поверхности контакта) не превышает 0,08 или до 8 %.

Следующая схема нагружения "изгиб – радиальное сжатие". В этом случае заготовка первоначально изгибается на заданный радиус, а затем сжимается в радиальном направлении. Процесс сопровождается утонением материала в зоне гибки. Последующее радиальное сжатие сопровождается дополнительным утонением. Относительное значение утонения колеблется от 0,07 или до 7 % в зависимости от нагрузки.

Возможны еще три схемы последовательного нагружения:

- растяжение – изгиб (р–и). Цилиндрическая заготовка перед профилированием подвергается раздаче;
- изгиб – растяжение – изгиб (и–р–и);
- растяжение + изгиб (р+и). В этом случае нагружение заготовки производится одновременно.

Предварительная раздача или осадка заготовки позволяет в дальнейшем уменьшить изгибающий момент и практически устраняет локализацию процесса разрушения. Максимальное увеличение утонения при удельной осевой нагрузке равной 0,65 составляет примерно 1–2 % по сравнению с обычной гибкой.

В заключении рассмотрим изгиб с осевым сжатием, т.е. предварительное обжатие цилиндрической заготовки. С точки зрения реализации этого процесса сравнительно легко осуществить при радиально–ротационном профилировании. По сравнению с обычной гибкой обжатие заготовки увеличивает деформацию удлинения выпуклой поверхности и смещает действительную нейтральную поверхность в направлении к центру кривизны. При всех возможных схемах изгиба со сжатием изменение толщины не значительно, а увеличения изгибающего момента значительное, порядка 2–3 раз.

Таким образом, наиболее приемлемой схемой изгиба при радиально–ротационном профилировании является растяжение – изгиб (р–и) и сжатие на выпуклой поверхности изгиба. В этом случае разнотолщинность детали минимальна, величина деформирующих усилий в 2–3 раза меньше чем при изгибе с осевым сжатием, локализации деформаций не происходит.

Рассмотрим основные схемы профилирования ободьев колес с точки зрения обеспечения разнотолщинности и отсутствия локализации деформаций.

Основные схемы профилирования: гибка формовка; гибка отбортовка; раздача с обжимом (краевые участки подвергаются тангенциальному растяжению, а элементы ручья укорочению); ротационная раздача; радиально–осевое ротационное профилирование; радиально–ротационное профилирование (РРП) при маятниковом покачивании и сдавливании профилируемой оболочкой; РРП с разводными по горизонтальной оси роликами; РТР с обжимом, обжимом с подпором, отбортовкой и закаткой; РТР с набором металла.

Часть из этих схем приведена на рис. 2. Наиболее приемлемой из существующих схем профилирования является схема процесса изготовления ободьев колес, которая выполняется по методу радиально–осевого ротационного профилирования.

По этому методу профиль обода образуется путем обкатывания внутренней поверхности цилиндрической обечайки вращающейся головкой, снабженной обкатными профилировочными роликами и путем использования осевого подпора в перемещающемся очаге деформации. Максимальное утонение в этом случае не превышает 12 %. Во всех остальных методах утонение даже при использовании интенсифицирующих факторов лежит в пределах 18–22 %. Даже попытка уменьшить утонения путем набора металла и последующего спрямления ручья оказалась не эффективной. Избыточный материал распределяется на прямолинейном участке.

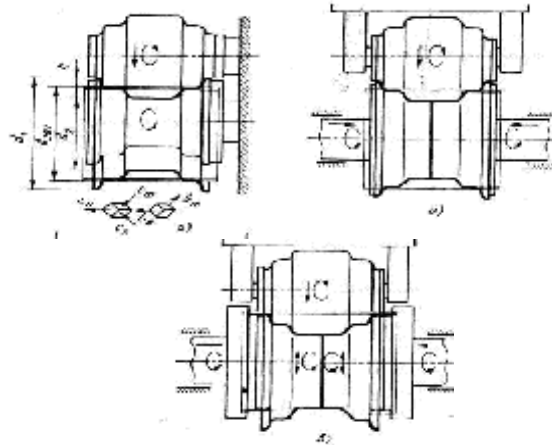
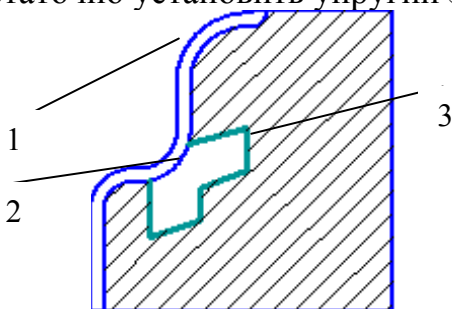


Рис. 2. Схемы изготовления ободьев на станках радиального профилирования а – консольное расположение рабочих профилирующих роликов; б, в – проходное расположение рабочих профилирующих роликов

При радиально–осевом ротационном профилировании прямолинейный участок свободен от нагружения и не препятствует перетеканию материала в периферийные участки оболочки. Причем радиусы изгиба 1 получены с радиальным подпором с выпуклой стороны изгиба. Для создания радиального подпора на радиусе 2 достаточно установить упругий элемент 3 (рис. 3).



Наибольшая равномерная деформация листовой заготовки (минимальное утонение, отсутствие локализации деформаций) достигается в процессах пластического формоизменения, при $m = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = 1$ [2], где σ_2, σ_1 – главные нормальные

напряжения. Это соответствует равномерному двухосному растяжению. Из всех рассмотренных процессов профилирования ближе к равномерно-

Рис. 3. Радиально–осевое ротационное профилирование с радиальным подпором

му двухосному растяжению радиально–осевой процесс.

При формоизменении обода колеса 4,5 Е–16 из

1,2 – радиусы изгиба; 3 – упругий элемент

листовой стали 0,8 ПС толщиной 3,5 мм из заготовки размерами $184 \pm 1 \times 1240 \pm 2$ показатель упрочнения материала $n = 0,22 - 0,25$, предел текучести и временное сопротивление соответствовало стандартам. Деталь полученная методом РРП имеет максимальное утонение в местах радиусных переходов центрального ручья – 18–20%; 12–14%; 38–40%. Дно центрального ручья утолщается на 5–7%. При радиально осевой раздаче (РР) утонения в радиусных переходах не превышает 10–12 %. При этом происходит утонение дна центрального ручья на 3–5 %. Это связано с отсутствием радиальных деформирующих усилий, что обеспечивают свободное течение металла в краевые зоны. В качестве оценки локального деформированного состояния использовался критерий А.Д. Томленова - η [2].

Для сравниваемых процессов при напряженных состояниях определяемых коэффициентом m , получили $m = -0,88$, $\eta = 0,92$; для РР $m = 0,92$, $\eta = 0,63$; т.е. процесс РР имеет значительный резерв пластичности и сохранения сплошности сварного шва и околошовной зоны.

Не менее эффективно трансформируемое устройство для радиально ротационного профилирования (рис. 4).

Устройство содержит внутренние ролики, посаженные на горизонтальные валы, которые имеют встречное осевое движение и три наружных – радиальных движения.

На первых и вторых профилирующих поверхностях наружных роликов размещены сегменты высотой не меньше 0,2 толщины заготовки, на первом в форме равностороннего треугольника, на втором – равнобедренной трапеции. Кроме этого, между наружными роликами установлены не менее трех калибровочных роликов, оси которых шарнирно соединены между собой и осями наружных роликов коромыслами, что дает возможность радиального перемещения.

Устройство состоит из внутренних роликов 1 и 2, между ними помещается заготовка. Ролики 1,2 посажены на горизонтальные валы 4. Радиальное движение выполняют наружные ролики 5, 6, 7. На рабочих поверхностях роликов 5 и 6 размещены сегменты в форме равностороннего треугольника 8, на ролике 5 - в форме равнобедренной трапеции 9, на роликах 6 и 7 - профилирующая поверхность гладкая. Высота сегментов 8, 9 равняется 0,2-0,3 от толщины заготовки.

Между профилирующими наружными роликами 5, 6, 7 установлены, как минимум, три наружных калибрующих ролика 10, 11, 12.

Профилирующие ролики соединяются шарнирно с коромыслами 13 и калибрующими роликами 10, 12. Калибрующие ролики 11 соединяются шарнирно с коромыслами 14 и центральным калибрующим роликом.

Работа устройства для радиально-ротационного профилирования с равномерным размещением по периметру зон деформаций происходит следующим образом.

Боковые кромки заготовки 3, которые охватываются внутренними роликами 2 и 1 фиксируются под ними. Внутренние ролики 1,2 сближаются, выпучиваются и разбортовывают краевые элементы заготовки 3, а наружные 5, 6, 7 профилируют их.

Наличие сегментов обеспечивает образование распирающих усилий от центральных частей заготовки к зоне радиусных переходов.

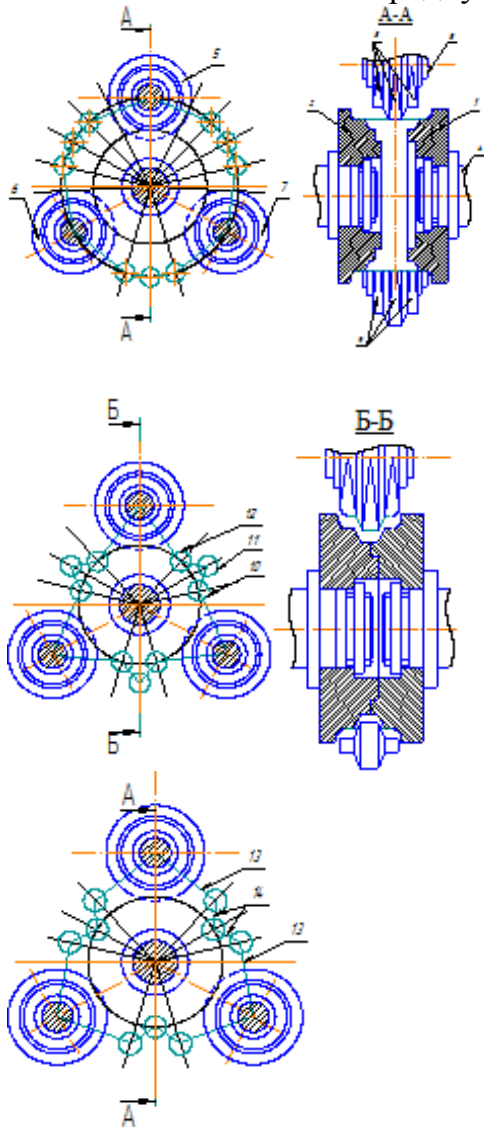


Рис. 4. Устройство для радиально-ротационного профилирования

выпуклой стороны на дно центрального ручья. Такая схема реализуется в методе радиально-осевого ротационного профилирования. Применяв этот метод, достигаем разнотолщинность, не превышающую 10–12%.

Список литературы: 1. Ершов В.И. и др. Совершенствование формоизменяющих операций листовой штамповки. – М.: Машиностроение, 1990. – 312 с. 2. Томленов А.Д. Теория пластического деформирования металлов. – М.: Металлургия, 1972. – 480 с.

УДК 621.771.26

БИЛЛЕР В.В., канд. техн. наук, нач. группы прокатного отдела, УкрГНТЦ «Энергосталь», г. Харьков

ПОПОВ А.В., инженер прокатного отдела, УкрГНТЦ «Энергосталь», г. Харьков
СОЗДАНИЕ ПЕРВОГО В УКРАИНЕ БАЛОЧНОГО СТАНА

Изложена цель, объём и результаты реконструкции рельсобалочного стана на ОАО «Днепро-ский меткомбинат». Освещены этапы реконструкции. Дано краткое описание технологии производства балок больших размеров с параллельными полками.

Ключевые слова: прокатный стан, прокатка, универсальный балочный стан, рельсобалочный цех, шпунт «ларссена», «собачья кость», широкополочная балка, универсальная клеть

Викладено мету, обсяг і результати реконструкції рейкобалкового стану на ВАТ «Дніпро-вський меткомбінат». Висвітлені етапи реконструкції. Дано короткий опис технології виробництва балок великих розмірів з паралельними полками.

Ключові слова: прокатний стан, прокатка, універсальний балковий стан, рейкобалковий цех, шпунт «ларссена», «собача кістка», широкополкова балка, універсальна кліть

The objective, scope and results of the reconstruction of rail and beam mill at JSC "Dniprovsky Steel" are presented. The reconstruction phases are illuminated. A short description of the production technology of large size beams with parallel flanges are showed.

Keywords: rolling mill, rolling, universal beam mill, rail and beam shop, shpunt «larssen», «dog bone», wide-flange beam, universal stand

1.1 Целесообразность и техническая возможность строительства

Целью работы любого предприятия в условиях рыночной экономики является производство востребованной продукции, причем продукции высокого качества, конкурентноспособной и дающей возможность предприятию гарантированной перспективы долговременной стабильной работы с высокой эффективностью. Такими профилями, несомненно, являются балки с параллельными полками больших номеров (с высотой стенки ~900 мм) и шпунты с широкой межзамковой базой (~ 750 мм).

В настоящее время балки такого сортамента производятся только на универсально–балочном стане в г. Нижний Тагил (УБС НТМК), расположенном в России. Однако потребность в балках больших номеров за счёт одного стана остается не удовлетворенной.

Основными предпосылками при выборе металлургического комбината для осуществления строительства нового балочного стана с годовым производством до 1,0 млн т товарного проката в год являются:

- наличие непрерывно-литой заготовки после реконструкции ОНЛЗ в конвертерном цехе с установкой сортовой и слябовой МНЛЗ для обеспечения требуемой производительности цеха;
- наличие площадей для возможности осуществления строительства;
- наличие необходимой инфраструктуры;
- наличие высококвалифицированных специалистов;
- возможность приобретения и использования металлургического оборудования, отвечающего современным требованиям.

Таким требованиям отвечает ОАО «Днепро-вский металлургический комбинат имени Ф.Э. Дзержинского», (ОАО ДМКД) г. Днепро-дзержинск

Для получения балок требуемого сортамента в условиях ОАО ДМКД рассматривалась (как вариант) возможность применить известную схему прокатки, используемую на УБС НТМК. Применяемая там реверсивная схема прокатки предусматривает получение балок из фасонной литой заготовки прокаткой в обжимной клетке с последующей ее прокаткой в отдельно установленных трех группах клетей: черновой, промежуточной (предчистовой) и чистой, что позволяет в отличие от прокатки на непрерывных станах уменьшить необходимое количество прокатных клетей и соответственно уменьшить площадь и длину станочного пролета для их установки. При этом каждая группа имеет в своем составе универсальную 4-х валковую клеть

(для обжатия стенки и полки балки) и вспомогательную двухвалковую клеть (для обжатия полки балки по высоте).

При этом, в отличие от схемы УБС НТМК, рассматривался вариант выполнения установки этих трех групп клетей комбинированно-линейно. При этом принималось за основу существующее линейное расположение прокатных клетей в станом пролете РБЦ. Требовалось только заменить существующие клетки две трио рельсобалочного стана новыми двумя парами клетей, причем каждая пара должна иметь как обычную клеть дуо, так и универсальную. В качестве чистой клетки предусматривалось использовать обычную нереверсивную клеть дуо. При такой реконструкции сохраняется специализация стана и возможность расположения всех прокатных клетей в существующий становой пролет. Использование такой схемы расположения предполагало также применить существующий блюминг РБЦ в качестве обжимной клетки балочного стана и тем самым уменьшить объемы, стоимость и сроки реконструкции.

УБС НТМК работает на фасонной заготовке, а РБЦ на слитках. Поэтому для производства балок такого сортамента по разработанной схеме расположения оборудования (прокатных клетей) основным условием является обеспечение стана фасонной заготовкой типа «собачья кость» получаемой на машине непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) с последующим ее нагревом в нагревательной печи и прокаткой на стане. Предполагаемый сортмент нового балочного стана потребует применения двух типоразмеров литой фасонной заготовки.

Отсутствие обеспечения нового балочного стана требуемой фасонной литой заготовкой и послужило основным препятствием в использовании вышеуказанной схемы, поскольку при этом требуется установка дополнительной обжимной блюминговой клетки и вся схема расположения оборудования балочного стана с установкой в существующем станом пролете РБЦ не вписывается.

Поэтому решено создать новый балочный стан с другой компоновкой расположения основного оборудования. В состав такого стана также должны входить три группы клетей: обжимная, черновая и чистовая. Обжимная группа должна состоять из двух обжимных блюминговых клетей дуо. В качестве черновой группы решено использовать зарубежный опыт, установив три клетки (реверсивная группа U-E-U), в состав которой входят две универсальные клетки и одна обычная - дуо. Чистовая группа выполняется двухклетевой, причем вторая (по ходу прокатки) клеть группы универсальная. Разработанная схема расположения оборудования была разработана специалистами УкрГНТЦ «Энергосталь», согласована на комбинате и принята за основу фирмой поставщиком оборудования - SIEMENS VAI. Схема расположения основного оборудования балочного стана предусматривает его создание на площадях РБЦ.

1.2 Основные этапы реконструкции

Реконструкцию рельсобалочного цеха намечалось осуществить в два этапа: доостановочный и остановочный. Выполнение доостановочного этапа предусматривало проведение реконструктивных мероприятий по установке балочного стана без остановки производства в существующем РБЦ. Выполнение остановочного этапа предполагал его полную остановку производства в существующем рельсобалочном цехе.

Первый этап реконструкции рельсобалочного цеха включал в себя следующий перечень основных реконструктивных мероприятий:

- реконструкцию существующего здания и пристраивание дополнительного третьего западного продольного пролета для увеличения площади склада исходной заготовки;
- пристройку с южной стороны пролета нового дополнительного пролета – для размещения нагревательной печи, загрузочного оборудования и расширения склада заготовок;
- устройство железобетонных фундаментов под оборудование печного участка с монтажом всего печного оборудования;
- устройство фундаментов на участке будущих черновой и чистовой групп прокатных клетей с последующим их монтажом в комплексе с их электроприводами и межклетьевыми рольгангами;
- организацию нового продольного пролета для склада валков;
- монтаж оборудования стационарных рольгангов отделки, станции формирования слоев, подвижного упора, пил холодной резки, устройства сбора обрезки;
- строительство оборотного цикла водоснабжения.

Второй этап реконструкции рельсобалочного цеха включал в себя следующий перечень реконструктивных мероприятий:

- демонтаж всего существующего оборудования рельсобалочного цеха (кроме рабочей клетки блюминга 1050);
- реконструкцию здания цеха по результатам обследования ООО «Стальпром»;
- монтаж оборудования балочного стана, не вошедшего в первый этап реконструкции;
- подвод и подключение всех энергокоммуникаций;
- холодное и горячее опробывание.

1.3 Производственная программа и сортамент

Программа производства и сортамент прокатных станов после реконструкции по очередям приведен в таблице 1.

В таблице 1 приведен расчетный сортамент стана, обеспечивающий общую производительность цеха 1,0 млн т/год.

Таблица 1

Сортамент готовой продукции балочного стана

Профиль	Размер, мм	Годовой выпуск, тыс. т/год
1 Балка с широкой полкой (HEA, HEB)	160...400	300
2 Балка с параллельными полками (IPE)	160...600	128
3 Балка с параллельными полками (IPB)	450...900	185
4 Балка с уклонами полок (IPN)	160...600	128
5 Уголок	140...240	28
6 Швеллер	160...400	85
7 Шпунтовый профиль	400...750	146
Итого:		1000

Готовый прокат поставляется длиной от 6 до 24 м.

Качество и технические показатели проката, производимого в балочном цехе после реконструкции должны полностью удовлетворять требованиям ДСТУ и Международным стандартам (DIN и Euronorm).

1.4 Технология прокатки на новом балочном стане

Заготовки поступают с МНЛЗ на специальных железнодорожных платформах грузоподъемностью 70 т. Поступив на склад, заготовки с помощью электромостовых кранов укладываются в штабели крест-на-крест.

Для складирования заготовки предусматривается строительство нового пролета.

Со склада заготовки с помощью рольганга направляются в нагревательную печь с шагающими балками. В процессе поступления в печь, заготовки проходят через считывающее устройство для распознавания основных параметров с последующей передачей этой информации в общецеховую АСУ для учёта в работе по сопровождению данной заготовки по всей технологической цепочке вплоть до навешивания бирок.

Максимальная производительность печи 230 т/ч по холодному всаду.

Нагретые заготовки до температуры 1100 – 1250 °С выдаются из печи для прокатки. На выходе из печи размещается установка для гидросбива окалины водой высокого давления.

Преимущество такой операции заключается в улучшении качества поверхности готовой продукции и в повышении срока службы калибров первых клетей.

Очищенные от окалины заготовки направляются к существующей обжимной клетке 1050.

Обжимная группа состоит из существующей двухвалковой клетки 1050 и новой горизонтальной дуо реверсивной обжимной клетки. В ней будет прокатываться весь металл, поступающий в последующем в черновую группу клетей для производства заготовок, балок или специальных профилей.

Передаточный рольганг установлен за обжимной клетью для обеспечения передачи раската во вторую, обжимную клетку.

Трехклетевая черновая реверсивная группа (группа U-E-U) имеет в своем составе две универсальные клетки и одну горизонтальную клетку.

Прокатка в черновой группе клетей проходит с контролем минимального натяжения и контролем петли при работе без натяжения. Схемы калибровки для всех видов продукции оптимизированы.

Чистовая группа (группа E – U) имеет в своем составе одну универсальную клетку и одну горизонтальную клетку дуо.

Универсальные клетки могут работать как двухвалковые горизонтальные клетки и как универсальные клетки с горизонтальными и вертикальными (холостыми) валками. Клетка может перемещаться по горизонтали для поддержания фиксированной линии прокатки, если она используется как двухвалковая клетка. Горизонтальные валки снабжены роликовыми подшипниками и двухрядными упорными подшипниками. Все подшипники рассчитаны на интенсивную эксплуатацию. Неприводные вертикальные валки монтируются на конических роликовых подшипниках. Подушки горизонтальных валков являются плавающими для корректного распределения нагрузки на подшипники в целях продления срока их службы. Специальная система балансировки устраняет биение и создает предварительную нагрузку на резьбу нажимных винтов.

В проекте для стана выбрано всего три типа клетей, что позволяет минимизировать запасы валков и проводок.

Для быстрой перевалки валков используются специальные «роботы», что позволяет снизить потребность в дорогостоящих запчастях и резервном оборудовании. Быстрая замена изношенных валков на вновь переточенные происходит за пределами стана на специальном роботизированном участке. Эта система позволяет ограничить потребность, в мостовых кранах на участке перевалки клетей.

Профиль балки производится с использованием обжимного стана для обеспечения наиболее подходящего фасонного сечения для последующей прокатки в черновой универсальной реверсивной группе клетей. В зависимости от конечного профиля подкат будет прокатываться в 3...7 проходов на существующей черновой клети для минимизации перевалки валков на этой клети. Затем заготовка прокатывается в 3...9 проходов во второй обжимной клети для подготовки его к прокатке в 3 или 5 циклов в черновой (для него чистовой) группе стана. Во время прокатки зазор в клетях будет регулироваться автоматически для соблюдения схемы прокатки. Прокатка завершается в последней универсальной чистовой клети с фиксированным зазором, после чего выдается на холодильник. Скорость прокатки балки до 7 м/с.

Уголки можно прокатывать так же, как балку используя универсальные клети в горизонтальной конфигурации.

Швеллеры можно прокатывать так же, как балки, используя универсальные клети в горизонтальной или универсальной конфигурации.

Шпунты «Ларсена» прокатываются в горизонтальной конфигурации клетей.

На выходе чистовой клети установлена система контроля профиля. Она работает по технологии лазерной триангуляции и обработки изображения и выполняет непрерывное измерение геометрии проката в потоке в целях соблюдения строгих допусков для готовой продукции. Система контроля профиля имеет обратную связь с цеховой системой АСУ для своевременного принятия решений по изменению раствора валков в случае такой необходимости (например, выходом размеров готового профиля за поле допусков при выработке калибров). Это обеспечит уникальную настройку чистовой клети в реальном времени на следующую штуку без задержки процесса, повышая, таким образом, коэффициент использования оборудования стана, в особенности, после смены профиля. К тому же, система позволит операторам быстро выявлять и решать любые проблемы в процессе прокатки, а также упростить процедуру настройки стана. После выхода профиля из чистовой группы, он передается на пилу холодной резки для обрезки заднего конца, которым будет осуществляться задача в роликоправильную машину (РПМ). При этом работа ножниц программируется и оптимизируется в зависимости от товарной длины конечной продукции.

После обрезки прокат по рольгангу направляется на холодильник, где балки будут укладываться на стационарные и подвижные рейки с плоской поверхностью. Предусмотрено естественное охлаждение балок воздухом, проходящим через холодильник, а также оросительное водяное охлаждение.

После холодильника прокат подвергается правке в РПМ. Один или два профиля, поступающие с холодильника, выпрямляются по всей длине в правильной машине.

Затем прокат перемещается на цепной шлеппер, формируется слой с заранее определенным количеством прутков. Сформированный слой передается на дисковые пилы.

Две пилы холодной резки (металлические) расположены на участке резки за рольгангом на выходе цепного шлеппера и служат для отрезания головного и хвостового концов проката, а также для резки на товарную длину. Одна пила неподвижна, а другая подвижна, причем пила перемещается по горизонтали и осуществляет маятниковое движение. Режущие диски выполнены из металла.

После резки на пилах прокат по рольгангу поступает на штабелировщик, состоящий из четырех основных участков. На первом участке подъемный цепной шлеппер снимает слой проката с рольганга. На втором - фиксированный цепной шлеппер перемещает слой на участок подготовки слоев. На третьем - цепным шлеппером формируется слой - отбирается нужное количество штук для пачки. На четвертом участке находятся магнитные головки, которые перемещают слой с цепного шлеппера в штабелирующее устройство, и после того, как пачка будет сформирована, она будет передана на выходной рольганг.

Сформированная пачка поступает на автоматический участок обвязки, где с помощью автоматических обвязочных машин (их четыре) обвязывается, и затем передается на весовую станцию, где на пачку навешивается бирка. После взвешивания пачки помещаются на устройство уборки и передаются на площадку хранения. Затем пачки перемещаются электромостовыми кранами для отгрузки в железнодорожные вагоны.

Таким образом, строительство нового балочного стана позволит:

- впервые в Украине организовать производство дефицитных балок больших размеров;
- расширить существующий сортамент металлопроката;
- достигнуть высокой производительности при относительно низких капитальных вложениях;
- получить качественный сортовой прокат – балку с параллельными полками больших номеров, а также шпунт с большой базой;
- снизить удельные расходы энергоносителей на получение товарной продукции.

Список литературы: 1. Прокатные станы. Справочник. В 3-х томах. Т.1. Обжимные, заготовочные и сортопрокатные станы 500 – 950 / Под ред. В.Г. Антипина. – М. :«Металлургия», 1992.-432с. 2. Технология прокатного производства. Справочник в 2-х книгах. Кн.1. / Под ред. В.И. Зюзина М. :«Металлургия», 1991.-440 с. 3. Технология прокатного производства. Справочник в 2-х книгах. Кн.2. / Под ред. В.И. Зюзина М. :«Металлургия», 1991.-423 с.

УДК 621.771

В.С. АРИХ, начальник прокатного отдела, УкрГНТЦ «Энергосталь», г. Харьков
В.Ю. КУЛАК, начальник группы прокатного отдела, УкрГНТЦ «Энергосталь», г. Харьков

РАЗВИТИЕ ПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Приведены современные технологии энерго- и ресурсосбережения при прокатке. Освещены вопросы технического перевооружения предприятий на основе достижений научно-технического

прогресса. Описаны внедренные энергосберегающие мероприятия при строительстве новых и реконструкции существующих прокатных цехов.

Ключевые слова: энерго- и ресурсосбережение, прокатка, выход годного, производительность, валок, печь.

Наведені сучасні технології енерго- і ресурсозбереження при прокатці. Висвітлені питання технічного переозброєння підприємств на основі досягнень науково-технічного прогресу. Описані запроваджені енергозберігаючі заходи при будівництві нових та реконструкції існуючих прокатних цехів.

Ключові слова: енерго- та ресурсозбереження, прокатка, вихід придатного, продуктивність, валок, піч.

Modern technologies of energy-saving and resource-saving when rolling are presented. Technical issues of enterprises re-equipment on the basis of scientific and technological progress are illuminated. The energy saving measures implemented during the construction of new and reconstruction of existing rolling mills are described.

Key words: energy and resource saving, rolling, yield, productivity, roll, furnace.

Прокатное производство предлагается развивать в направлении расширения марочного сортамента и организации производства новых видов металлопродукции, которые в настоящее время в Украине не производятся, либо производятся в недостаточном количестве [2].

В первую очередь это касается производства тонколистовой стали – как горячекатаной, так и холоднокатаной, в т. ч. с покрытиями из жести, особо тонкой, калиброванной стали, метизов и др.

Для реализации программ по расширению сортамента и структурных изменений в прокатном производстве необходимо провести техническое перевооружение на основе достижений научно-технического прогресса с использованием передового отечественного и зарубежного опыта. Осуществить это планируется за счет реконструкции ряда станков, вывода из эксплуатации морально устаревших и физически изношенных агрегатов с внедрением ряда новых технологических процессов и оборудования, которые получили широкое распространение в мировой практике – в первую очередь это строительство литейно-прокатных комплексов. Перспектива развития чёрной металлургии Украины в целом и прокатного производства в частности в значительной мере будет зависеть от возможностей обеспечения её энергоресурсами. Анализ энергопотребления в существующих условиях показывает рост удельных расходов энергоресурсов на тонну готового проката за счет сниженных объемов производства.

На современных машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) выход годного составляет до 98,5 %, что снижает расходный коэффициент металла на 12–18 % по сравнению с разливкой стали в изложницы. Полный перевод на непрерывно-литую заготовку позволит вывести из эксплуатации энергоемкие агрегаты в составе 10 блюмингов, 2 слябингов и 6 заготовочных станков [1], что в сумме составляет более 100 тыс. т технологического оборудования. В связи с этим, существенно снизится потребление воды, идущей на смыв окалины, охлаждение и т. д.

В условиях энергетического кризиса, растущие цены на энергоносители требуют, наряду с техническим перевооружением, решения задач энергосбережения.

При строительстве новых и реконструкции существующих прокатных цехов на многих заводах внедряются следующие энергосберегающие мероприятия:

- переход на непрерывно-литую заготовку, что обеспечит повышение выхода годного и снижение энергозатрат на 160–170 кг условного топлива на тонну проката;

- снижение расхода топлива на 30–40 % при внедрении горячего посада в нагревательные печи станов;
- использование тепла прокатного нагрева для термообработки в потоке стана;
- совмещение процессов травления и холодной прокатки, обеспечивающие экономию электроэнергии до 5 %;
- совмещение процессов непрерывной разливки на МНЛЗ и прокатки в едином комплексе с использованием тонких слябов (литейно-прокатные агрегаты) позволит снизить расход топлива до 60 % и до 25 % экономию электроэнергии по сравнению с традиционными технологиями;
- снижение расхода топлива за счет использования энергосберегающих мероприятий по нагревательным устройствам прокатных станов, в том числе на вновь проектируемых станах, использующих современные высокопроизводительные нагревательные печи с шагающими балками (шагающим подом), позволит сократить удельные расходы тепла в 1,3–1,5 раза по сравнению с действующими печами;
- основной парк нагревательных толкательных печей Украины (до 80 %) построен в 1950–1960 гг. и требует глубокой реконструкции: применением новых видов огнеупоров и изоляционных материалов, установкой «теплых рейтеров» на подовые трубы с испарительным охлаждением, установкой современных сжигательных устройств, автоматизацией процессов сжигания и нагрева металла и др., что снизит расход топлива до 20–25 %;
- ряд нагревательных печей работают без «утилизационных установок» (отходящие газы с температурой 700–800 °С направляются в дымовую трубу); установка металлических петлевых рекуператоров для подогрева воздуха дает экономию топлива до 15 %;
- внедрение АСУ ТП нагрева металла;
- оборудование для передачи литых заготовок от МНЛЗ до печи прокатного стана, а также при больших расстояниях от печи до первой клетки прокатного стана должно обеспечивать максимальное сохранение тепла и др.

Многие энергосберегающие мероприятия находят практическую реализацию в проектах УкрГНТЦ «Энергосталь» НИПИМП «Гипросталь».

На ОАО «Алчевский металлургический комбинат» после проведения реконструктивных мероприятий на стане 2800 (теперь стан 3000) намечено производство штрипса для нефтегазопроводных труб и судостали в объеме 400 тыс. т/год по контролируемым режимам прокатки [3], что позволяет снизить температуру нагрева металла в нагревательных печах на 100 °С. Экономия топлива при этом составит 12 % или 5–10 кг условного топлива на тонну проката.

За счет увеличения массы сляба и увеличения длины раската (вследствие увеличения ширины холодильника после реконструкции) количество отходов уменьшилось на 104,4 тыс. т/год.

Реализация проектных решений позволила снизить средний расходный коэффициент прокатки слябов на лист с 1,237 до 1,15.

Производство листа методом контролируемой прокатки позволяет обеспечить высокие механические характеристики, улучшить плоскостность листа, уменьшить массу изделия из листа, а также обеспечить более длительный срок эксплуатации нефте- и газопроводов в экстремальных климатических условиях.

Реализация охлаждения раскатов в установке контролируемого охлаждения (УКО) за счет получения высоких механических свойств обеспечивает уменьшение издержек производства на термическую обработку листов в печах.

Наибольшее распространение в настоящее время получило в качестве энергосберегающего мероприятия внедрение преобразователей частоты, используемых для эффективного и экономичного управления электроприводами переменного тока.

Внедрение преобразователей частоты на стане 3000 позволило:

- экономить 10–12 % потребляемой электроэнергии;
- увеличить число включений и отключений для мощных электроприводов за счет снижения пусковых токов;
- повысить надежность работы технологического оборудования за счет снижения динамических перегрузок и снизить затраты на его ремонт;
- включить электроприводы в систему автоматизированного управления технологическим процессом;
- уменьшить воздействие электроприводов на питающую сеть.

Наиболее перспективными областями применения регулируемых электроприводов переменного тока в прокатном производстве являются системы охлаждения крупных электрических машин, рольгангов, вентиляторов, насосов и пр.

Для смазки подшипников качения рольгангов предусматривается современная экономически эффективная и экологически чистая система минимального дозирования типа «масло-воздух». В процессе эксплуатации данной системы достигаются следующие результаты:

- в 1,5 раза увеличивается срок службы подшипников;
- экономия смазочных материалов (в 15–20 раз меньше, чем при использовании пластичных смазок);
- отсутствие затрат на удаление отработанных смазок;
- снижение затрат на ремонт и техническое обслуживание.

Примером внедрения АСУ может служить автоматизация нагрева слябов в четырех проходных методических печах толстолистового стана 3000. Применение АСУ для контроля нагрева слябов позволяет уменьшить расход топлива на 18 %.

При реконструкции сортопрокатного цеха на ОАО «Днепропетровский металлургический комбинат им. Ф.Э. Дзержинского» для снижения потерь тепловой энергии и, как следствие, уменьшения количества дополнительно вводимой энергии в ходе технологического процесса будут применены следующие энергосберегающие технологии:

- использование тепла прокатного нагрева для проведения термообработки проката в потоке стана;
- применение современных огнеупорных материалов при сооружении нагревательных печей;
- с целью экономии природного газа предусматривается отопление печи смесью доменного и природного газов; в среднем экономия природного газа при отоплении смесью газов может достигать 2200 м³/час.

Также проектом предусмотрено место для установки энерго- и ресурсосберегающей системы «бесконечной» прокатки со сваркой заготовки.

Применение «бесконечной» прокатки со сваркой заготовки позволяет [4]:

- уменьшить удельный расход энергии на 2–7 %;
- увеличить срок службы ручья валка на 3–4 %;

- увеличить срок службы проволок на 4 %;
- увеличить производительность на 10–15 %;
- увеличить выход годного на 2,0–3,0 %;
- значительно улучшить качество проката как по геометрии (отсутствие деформированных передних и задних концов раската), так и по механическим свойствам за счет равномерности температурного режима.

Сочетание повышения производительности с сокращением затрат благодаря понижению удельных расходов дает в результате значительную экономию общих затрат – 3,4–4,3 долл. США на тонну [5].

Аналогичная система предусматривается на прокатных станах сталепрокатного завода в г. Белая Церковь.

При строительстве стана холодной прокатки с травильным отделением и линией непрерывного горячего оцинкования на ОАО «Модуль» (г. Каменец-Подольский) для обеспечения энергосбережения рабочим проектом предусмотрены следующие мероприятия:

- применена малоотходная схема регенерации отработанных травильных растворов;
- приняты меры по сокращению непроизводительных потерь энергоресурсов за счет автоматического контроля основных процессов перекачки сред;
- трубопроводы с кристаллизующимися растворами, связывающие травильное отделение стана со складом растворов, проложены в подземном канале совместно с паропроводом потребителей основного производства, что позволило на 90 % сократить расход пара на обогрев каналов промпроводок;
- установка регенерации отработанных травильных растворов имеет в своем составе рекуператор и абсорбер, позволяющие максимально использовать на технологические нужды тепло, уносимое из реактора дымовыми газами;
- применена система вытяжной аварийной вентиляции, работающей только при превышении ПДК вредных веществ, контролируемых газоанализаторами.

Кроме того, использование непрерывного травильного агрегата для удаления окалина позволяет максимально автоматизировать процесс и максимально снизить расход кислоты. Травление осуществляется в растворе соляной кислоты, что уменьшает потери металла при травлении на 25 %; снижает стоимость травления и значительно уменьшает расход кислоты по сравнению с травлением в серной кислоте.

В зоне предварительного нагрева печи для отжига установлены двухпроводные горелки, оборудованные современной автоматикой и системой управления, что обеспечивает максимальное химическое сжигание газа. В отходящих продуктах сгорания содержание CO не более 0,04 % и NO_x не более 100 мг/м³, что не превышает допустимые нормы.

Из предварительной зоны отводится около 9000 м³/час продуктов сгорания с температурой примерно 1000 °С. Это тепло утилизируется (подогрев воды), что даст годовую экономию около 2800 т у.т.

В зоне радиантных труб продукты сгорания проходят через рекуператоры, где подогревают воздух для горения до 200–250 °С, что дает экономию топлива на 10–12 %. Расход природного газа на зону составляет до 200 м³/час.

Для снижения материалоёмкости и стоимости строительства фундаменты в отделении травления приняты не массивные, а облегчённые, в виде рамных конструкций, обеспечивающих необходимую пространственную жёсткость.

Сооружение в третьей очереди отделения регенерации отработанных травильных растворов позволит снизить количество завозимой со стороны соляной кислоты с 8460 м³/год до 860 м³/год. Одновременно, в процессе регенерации кислоты, получается до 5000 т/год ценного продукта – оксида железа (Fe₂O₃), который широко используется в лакокрасочной, электротехнической, химической и других отраслях промышленности.

Предложенные технические решения для реконструируемых и новых прокатных цехов по энергосбережению и снижению материальных затрат обеспечивают существенное снижение удельных расходов электроэнергии и природного газа, увеличивают выход годного товарного проката, что существенно снизит себестоимость товарной продукции и обеспечит конкурентоспособность на мировом рынке и внутри страны.

Список литературы: 1. Сталинский Д.В. Решение проблем экологии и ресурсосбережения в проектах «Гипростали» / Д.В. Сталинский, А.А. Каверинский, А.А. Павленко // Экология и промышленность.– 2005.– № 2(3).– С. 7-11. **2.** Арих В.С. Использование современных технологий при строительстве новых и реконструкции существующих прокатных цехов, направленных на энерго- и ресурсосбережение / В.С. Арих, В.Ю. Кулак // Экология, энерго- и ресурсосбережение, охрана окружающей среды и здоровье человека, утилизация отходов: сборник научных статей XV Международной научно-практической конференции, 4-8 июня 2007 г., г. Щелкино, АР Крым: в 2 т. Т. 1. / УкрГНТЦ «Энергосталь».– Харьков: «Издательство САГА», 2007.– 418 с. **3.** Арих В.С. Реконструкция стана 2800 на ОАО «Алчевский металлургический комбинат» / В.С. Арих, Е.И. Новиков // Металлургическая и горнорудная промышленность.– 2008.– № 1.– С. 15-17. **4.** Аустен Т.Х. «Бесконечная прокатка на сортовых станах» // Черные металлы.– 2003.– июнь.– С. 74-80. **5.** EWR «Непрерывная прокатка со сваркой» и «линии наматывания» – результат внедрения новаторского оборудования на установках, работающих с эффективным сбережением затрат // Дни технологии Danieli.– Донецк, Украина.– 15-16 июля 2005.– С. 44-55.