



АВЛ Автоматизація
виробничих
процесів



*Всеукраїнський
науково-технічний
журнал*

2 (15)

КИЇВ 2002

УДК 621.771. 23-413: 016. 2. 06 — 83

АВТОМАТИЗАЦИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАЛЕНИЯ ОКАЛИНЫ ПРИ ПРОКАТКЕ ГОРЯЧЕГО МЕТАЛЛА

Ю. Б. Беляев, докт. техн. наук, Г. Г. Грабовский, канд. техн. наук, Т. Г. Шевченко

Поставляемая на экспорт украинская металлопродукция в настоящее время испытывает жесткую конкуренцию со стороны российских, китайских, японских и других производителей. Высокие требования к качеству проката заставляют существенно пересмотреть технологию его производства для удовлетворения, с одной стороны, потребителей, а, с другой стороны, — национальных интересов государства. Сохранить конкурентоспособность отечественного проката можно только снижением себестоимости его производства за счет внедрения эффективных энерго- и ресурсосберегающих технологий, современного прогрессивного автоматизированного оборудования нового поколения.

Одним из примеров решения задачи повышения качества поверхности горячего проката является создание автоматизированной системы гидросбива окалины (АС ГСО). Применительно к каждому металлургическому объекту, являющемуся индивидуальным по конструкции и технологии, предстоит кропотливая научно-исследовательская, проектно-конструкторская работы, а также адаптация к конкретным прокатным станам с точки зрения координации эксплуатации АС ГСО с другими АСУ ТП (например, методических печей), входящими в комплекс каждого прокатного стана.

Поиски решений по повышению качества поверхностей и геометрических размеров проката путем удаления окалины с горячих заготовок на участке между нагревательными методическими печами и клетью перед обжатиями слитков (слябов) ее валками и во время прокатки плит, полос, листов и профиля ведутся рядом зарубежных фирм и отечественных предприятий металлургического и машиностроительного комплекса [1—3].

Однако, несмотря на прогресс, достигнутый в современных технологиях и оборудовании систем гидросбива окалины, все же остаются не до конца решенными вопросы энерго- и ресурсосбережения, экологической безопасности, что в итоге сказывается на качестве поверхностей, геометрических размерах и себестоимости готовой металлопродукции [4—6].

Предварительные технико-экономические расчеты, проведенные Киевским институтом автоматизации, показывают, что не до конца исчерпаны

ористати для
увязати, що
пов'язана зі

амени / Под

современный
С. 30—43.
с тепловым
С. 43—48.
импортных
122.

ЕНИЯ ЛА

д. техн.

в настоящее
жких, китай-
к качеству
о производ-
другой сто-
судейности
кестимости
сурсосбере-
ированной

поверхности
емы гидро-
ргическому
технологии,
н-конструк-
анам с точ-
ТП (напри-
прокатного

геометриче-
готовок на
етью перед
лит, полос,
нных пред-
в [1—3].

технологич-
не до кон-
тогической
ей, геомет-
[4—6].

жные Ки-
исчерпаны

2, № 2 (15)

возможности современной технологии и техники, способные существенно повысить конкурентоспособность проката за счет применения новой АС ГСО. Например, при нагреве в атмосфере пламенных методических печей металл, соприкасающийся с продуктами сгорания топлива (природного газа, угольной пыли и др.), взаимодействует с газами-окислителями, в результате чего происходит окисление и обезуглероживание стали [7]. Степень окисления возрастает при повышении температуры нагрева (1100 — 1300)°С и в окалину может перейти (1—6)% металла.

Окалина, образуемая на поверхностях нагреваемого металла при горячей обработке его давлением вращающихся валков в клети прокатного стана, вызывает не только порчу поверхности оборудования и его износ, но и является причиной брака продукции ввиду закатывания ее в металл. Для удаления окалина металлопрокат травят в специальных растворах, что значительно усложняет и удорожает производство, нарушает экологическую обстановку и безопасность.

Газы печной атмосферы вызывают недопустимое обезуглероживание стали, что не только наносит ущерб народному хозяйству, но и значительно ухудшает качество поверхностного слоя металла, так как обезуглероженный слой приходится механически удалять, а это ведет к потере металла, усложнению производства кондиционного проката и его удорожанию.

Для выбора оптимального автоматизированного управления режимом работы нагревательных пламенных методических печей с целью обеспечения безокислительного нагрева используются математические модели процесса высокотемпературного взаимодействия металла с газовой атмосферой, образующейся при неполном сгорании топлива [8].

Например, процесс окисления металла при его условно кратковременном (3—4 ч) нагреве в печах отклоняется от параболического и определяется скоростью химических реакций на поверхности раздела фаз. Его описывают следующей зависимостью:

$$m = K_0(t_s, n)\tau + K_1(t_s, n)\tau^{-0.5}, \quad (1)$$

где m — количество окислившегося металла, мг·см⁻²; τ — время, мин; t_s — температура поверхности металла, °С; K_0, K_1 — константы, зависящие от состава газовой фазы, температуры поверхности металла и марки стали; n — коэффициент расхода воздуха.

Динамику процесса окисления стали в продуктах неполного сгорания природного газа при малом времени нагрева отражает дифференциальное уравнение следующего вида:

$$\frac{dm}{d\tau} = \frac{K_2(n)}{m^{e_0(n)}} \exp\left[-\frac{E_0(n)}{T_s}\right], \quad (2)$$

где $K_2(n), E_0(n), e_0(n)$ — константы, зависящие от состава газовой фазы и марки стали, например для углеродистой стали: $K_2 = 18900(n - n_0)$ мг²·см⁻²·мин⁻¹; $E_0 = 5740(2,1n - 1,0)$ °С; $e_0 = 1,89 - 1,1n$; n_0 — максимальное значение коэффициента расхода воздуха, обеспечивающего безокислительный режим при любом значении температуры поверхности металла.

Численные значения коэффициентов дифференциального уравнения, описывающего динамику окисления в продуктах неполного сгорания природного газа, используются для построения математической модели нагрева металла в условиях тепловой работы пламенных методических печей безокислительного нагрева.

Экспериментальные данные [9] по угару стали y_T (угар с 1 м² поверхности за первый час окисления при постоянной температуре поверхности металла [кг/(м²·ч^{0,5})] в заданной атмосфере продуктов горения топлива аппроксимируются экспоненциальным законом $y_T = c_1 \exp(c_2 T_M)$, где по-

стоянная c_2 (коэффициент окислительной способности атмосферы печи) находится по двум известным значениям угара за первый час окисления металла при постоянных температурах поверхности металла 800 и 1300 °C из формулы $c_2 = 0,002(\ln y_{1300} - \ln y_{800})$.

Например, известные данные по угару мягкой стали в атмосфере продуктов горения коксового газа с коэффициентом расхода воздуха $n = 1$ представляются уравнением

$$y = 0,00447 \exp(5,04 \cdot 10^{-3} T_{\text{п}}) \quad (3)$$

Процесс окисления углеродистой стали, подчиняющийся законам диффузии, описывается известным уравнением

$$\frac{dy^2}{d\tau} = y_{\tau}^2 \quad (4)$$

Решение этого уравнения, например, для сляба, аппроксимируется логарифмической кривой

$$Fo_3 - Fo_2 = -0,412 \ln \delta \quad (5)$$

Угар металла [y , кг(м² с)] за время $Fo_3 - Fo_2$ находится интегрированием выражения (4) с учетом (3):

$$y^2 = \int_{Fo_1}^{Fo_2} c_1^2 \exp\{2c_2[700 + K(Fo - Fo_1)]\} \frac{R^2}{a} dFo + \int_{Fo_2}^{Fo_3} c_1^2 \exp\{2c_2 T_k\} \frac{R^2}{a} dFo, \quad (6)$$

где c_1 — коэффициент окислительной способности атмосферы печи; R — определяющий размер, м; a — коэффициент температуропроводности, м²/с.

Используя выражение (5), получаем

$$y^2 = \frac{b_k - b_0}{2c_2 K} + b_k 0,412 \ln \frac{k}{2\Delta T_k} \quad (7)$$

где

$$b_k = \frac{R^2}{a} c_1^2 \exp(2c_2 T_k) \gg b_0 = \frac{R^2}{a} c_1^2 \exp(2c_2 700). \quad (8)$$

Минимум угара, отвечающий минимуму функции $y^2(K)$ и оптимальной скорости $K_{\text{опт}}$, обеспечивающей минимальный угар, находится из условия

$$\frac{dy^2}{dK} = 0: K_{\text{опт}} = \frac{1,22}{c_2} \quad (9)$$

Минимальный по угару режим нагрева с $K = \text{const}$ приводит к простым расчетным формулам, легко реализуется и контролируется на практике, а полное время пребывания металла в печи — до 15 ч. Толщина и структура слоя окалина на этапах процесса производства листа с системой гидросбива [10] показаны на рис. 1.

Исследования работы существующих установок гидросбива [10] показали следующее:

- на углеродистых сталях образуется первичная окалина как «сухой» слой;
- на легированных сталях образуется первичная окалина как «липкий» слой, крепко сцепленный с поверхностью металла.

Удаление печной окалина, образовавшейся при нагреве стальных заготовок, и воздушной окалина, образующейся во время прокатки металла, с поверхности раската необходимо для предотвращения ее вдавливания (вкатывания) и получения чистой поверхности плит, полос, листов и других профилей [11]. Это актуально также при прокатке хорошо нагретых за-

феры печи)
окисления
10 и 1300 °С

сфере про-
оздуха $n = 1$

(3)

конам диф-

(4)

ируется до-

(5)

гированн-

$\frac{R^2}{a} \cdot dF_{\text{O}_2}$, (6)

Печи; R —
ости, $\text{м}^2/\text{с}$.

(7)

(8)

тимальной
из условия

(9)

к простым
практике, а
структура
той гидро-

[10] пока-

вк «сухой»

как «лип-

ьных заго-
металла, с
ввливания
тов и дру-
грых за-

2, № 2 (15)

готовок углеродистой стали, в которой прочность сцепления окалины с металлом незначительна, не говоря уже о заготовках из низколегированной стали, особенно никельмедистой, или при прокатке недостаточно нагретых заготовок.

Вкатанная окалина может иметь глубину, выходящую прокат за пределы минусовых допусков по толщине, а зачистка мелкой окалины, как недопустимого дефекта на готовой продукции, особенно на больших площадях, весьма трудоемка.

Окалину следует удалять как перед обжатием валками в клети, так и во время прокатки, пока поверхность заготовки (сляба) или раската небольшая, а окалина достаточно горяча.

На практике используют такие способы удаления окалины, как:

- механический — окалиносбивателями разных конструкций, например, барабанно-цепных, а также окалиноломателей в виде клети с вертикальными валками, осуществляющими боковое обжатие заготовки и производящими сдвиг окалины относительно металла с последующей очисткой водой;
- обработкой поверхности металла увлажненными березовыми ветками, солью;
- паровзрывной;
- гидросбив струями воды высокого давления;
- сдувание паром или сжатым воздухом.

Механический способ применяется редко вследствие недостаточной эффективности, тяжелых условий работы механизмов и несовершенства их конструкций.

Березовые ветки или действие солью — наиболее старый способ — применяется на одноклетевых станах и при прокатке легированных сталей на современных станах. Этот способ эффективный, достаточно трудоемкий, дорогостоящий и обеспечивающий удаление окалины только с одной стороны заготовки. Увлажненные березовые ветки, попадая между горячим металлом и валками клети, частично сгорают, выделяя большое количество пара и газов, которые ввиду ограниченного объема и быстротечности процесса создают паровзрывной эффект и отрыв окалины большим давлением.

Еще один паровзрывной способ применим только для станков с черновой клетью или окалиноломателями с вертикальными валками. На поверхности валков черновой клети делают углубления (лунки) размерами, не допускающими образование плен и закатов и менее длины очага деформации металла. Окалина срывается паром, образующимся при мгновенном испарении воды, охлаждающей валки. При этом лунками производится механическое взламывание окалины вследствие разных обжатий по пло-

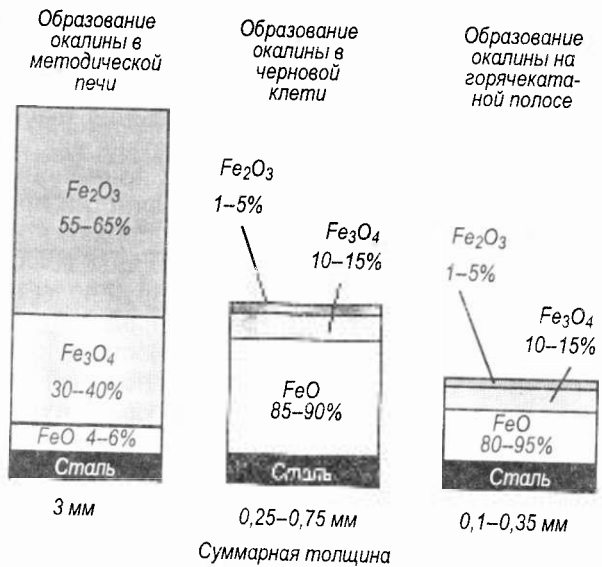


Рис. 1. Толщина и структура слоя окалины на различных этапах процесса производства полосы

щади очага деформации. Изготовление лунок — трудоемкий процесс, к тому же они недостаточно стойки. Используют также «клетчатые» валки с ромбовидными лунками или рифлением.

Вышеприведенные способы удаления окалины малоэффективны, вынуждающие ликвидировать последствия вкатанной окалины механизированными зачистными машинами с применением абразивных инструментов, машин фрезерной и огневой зачистки прокатанного металла.

На современных станах горячей прокатки металла наибольшее распространение получил гидросбив окалины (ГСО). Попадая на верхнюю и нижнюю поверхности заготовки, струи воды под высоким давлением, истекающие из щелевых сопел под определенным углом, разрыхляют и сбивают нормальную печную («сухую») хрупкую окалину. Однако в большинстве случаев собственно гидросбив не отделяет от металла газовые пузыри и прочно сцепленную с ним плохо удаляемую плену — «липкую» окалину, если она предварительно не подорвана, взломана, разрыхлена другими способами.

Существующие установки, которыми оснащены практически все прокатные станы стран СНГ, потребляют значительное количество электроэнергии, а избыточное количество воды, попадающей на горячую заготовку, способствует нежелательному («вредному») охлаждению сляба, что приводит к соответствующему перерасходу топлива в нагревательных методических печах.

Кроме того, при прокатке образуется также вторичная (воздушная) окалина. Одним из прогрессивных направлений технологии гидросбива окалины является использование разрушающей кинетической энергии водяной струи сверхзвуковой скорости, истекающей под высоким давлением из сопел малого проходного сечения с силой, достаточной для разрушения, взрыхления и удаления окалины с поверхностей металлической горячей заготовки [1—6, 12—14]. На характер выполняемых операций и производительность обработки влияет направление воздействия струй на материал — угол атаки — между направлением струй и поверхностями. Гидросбив окалины с движущейся по рольгангу горячей заготовки происходит косыми струями с силой порядка 100 Н (10 кгс) при угле атаки $\alpha' < 90^\circ$.

Физическая схема действия струй сверхвысокого давления сходна со схемой обработки режущим механическим лезвийным инструментом: происходит последовательное разрушение окалины за счет отрыва, скалывания или сдвига ее с поверхности очищаемого металла вследствие локализации напряжений в малых объемах и за счет большой скорости приложения нагрузки. Разрушение окалины происходит за счет ее разупрочнения, которое по своей природе разделяется на виды: механическое, адсорбционное, тепловое и химическое.

Движение струи в воздухе при давлении истечения воды свыше 50 МПа происходит со сверхзвуковой скоростью (> 300 м/с). При этом струя производит ударную нагрузку при начальной скорости воздействия более 0,416 м/с, механические напряжения возрастают до критических, что приводит к хрупкому разрушению окалины.

Математическая модель процесса гидросбива окалины должна описывать всю структурную схему выполнения операции. Оптимизировать процесс следует после анализа совокупности определяющих его функций с целью поиска экстремума или заданного значения одного или нескольких параметров.

Производительность $Q_n = hb_s$ процесса гидросбива окалины может являться функцией следующих групп переменных величин:

- физико-механических свойств обрабатываемого материала σ , характеризующих сопротивляемость его разрушению;

- величин, характеризующих энергетические параметры струи — давления истечения воды p , диаметра сопла d_c , расстояния l между соплом и обрабатываемой поверхностью;
- объема V разрушаемой окалины в единицу времени — скорости s перемещения заготовки относительно струи, толщины h окалины, ширины b реза;
- величин, определяющих условия и характер воздействия струи на поверхность — угла атаки α' — встречи струи с поверхностью.

Объем снятой окалины в единицу времени

$$V = W/C\eta'\alpha' = Q_n = hb_s. \quad (10)$$

Наиболее приемлемой в практическом использовании математической моделью является эмпирическая зависимость вида

$$s = Ap^x d_c^y h^z \sigma^m, \quad (11)$$

где A , x , y , z , m — эмпирические коэффициенты и показатели степени.

Эмпирическая зависимость определяется на основе экспериментальных данных при исследовании операции гидросбива окалины по обработке гаммы одностипных марок стали, если функциональные связи между изучаемыми технологическими параметрами явно выражены.

Также в качестве математической модели можно использовать общую форму связи силы P_z с прочностными характеристиками в виде линейного уравнения

$$P_z = A_1 + B(\sigma), \quad (12)$$

где A_1 и B — эмпирические коэффициенты, определяемые методом корреляции.

Из теоремы Бернулли о равенстве изменения количества движения импульса действующей силы в схеме воздействия струи на преграду получаем уравнение, из которого сила активного воздействия сплошной струи на площадку

$$P = mv = v^2 \rho \pi d_c^2 / 4 = v \rho Q, \quad (13)$$

где m — масса действующей струи; $v = 44\sqrt{P}$ — скорость истечения струи; ρ — плотность воды; Q — расход струи через сопло.

При $\alpha' < 90^\circ$ сила давления струи

$$P = \rho Qv(1 - \cos \beta). \quad (14)$$

Интенсивность охлаждения участков полосы гидросбивом окалины

$$cFh\gamma\Delta T = 2F\alpha T, \quad (15)$$

где c — средняя удельная теплоемкость металла в интервале температур прокатки $c \approx 0,15$ ккал/(кг · град.); F — площадь поверхности охлаждения, м²; h — толщина раската, 10^{-3} м; γ — плотность металла = $7,85 \cdot 10^3$ кг/м³; ΔT — перепад температуры, создаваемый гидросбивом, °С; α — коэффициент теплоотдачи, ккал/(м² · ч · град.); T — температура поверхности металла перед контактом со струей гидросбива, °С.

При длине контакта струи воды с поверхностью металла, равной диаметру струи D , м, время охлаждения (ч) $\tau = D/3600V_n$, где V_n — действительная скорость движения раската под установкой гидросбива, м/с.

Перепад температуры, создаваемый установкой гидросбива и зависящий от скорости движения раската и его толщины,

$$\Delta T = \frac{\alpha D(T - T_B)}{1800c\gamma V_n h} \quad (16)$$

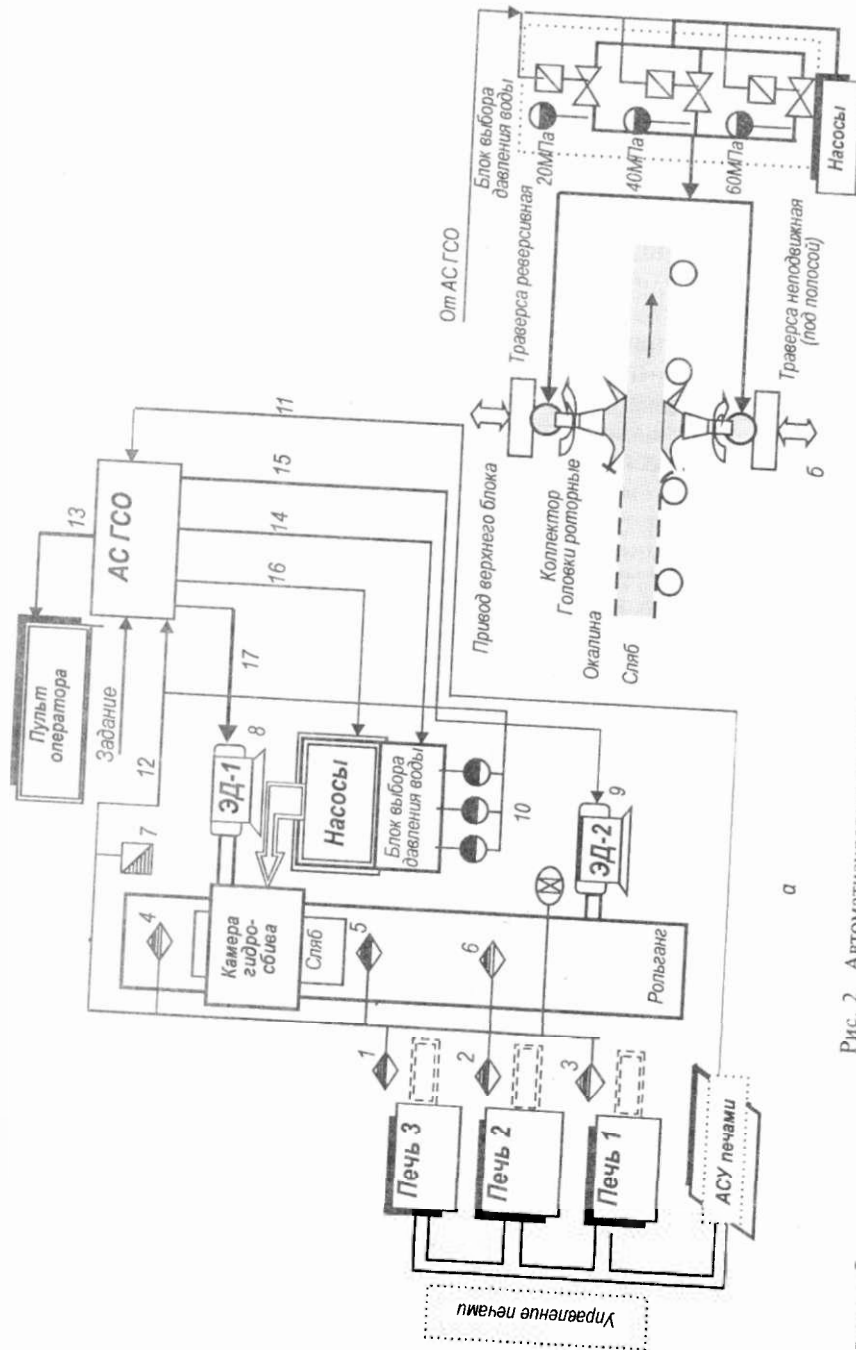


Рис. 2. Автоматизированная система гидросбыва окалины (АС ГСО):
 а — схема управления; б — технологическая установка; 1 — 6 — фотодефекторы; 7 — пинометр; 8, 9 — электродвигатели привода traversы верхнего блока роторных водоструйных головок и привода ролганга; 10 — датчики давления воды; 11 — данные от АСУ печами; 12 — информация от датчиков; 13 — информация на пост оператора; 14 — задание на выбор давления воды в системе гидросбыва; 16, 17 — управление ролгангами, насосами, верхней traversой камеры гидросбыва

роторных водоструйных головок и привода роллганга; 7 — фотоэлектронный датчик давления воды; 8, 9 — электродвигатели привода траверсы верхнего блока информации на пост оператора; 10 — датчики давления воды; 11 — данные от АСУ печами; 12 — информация от датчиков; 13 — камера гидросбыва; 14 — запятое на набор давления воды в системе гидросбыва; 15, 17 — управление роллгангами, насосами, верней траверсой

Технико-экономические показатели эффективности автоматизированной системы гидросбыва окалины (АС ГСО)

№ п/п	Показатели	Оценка экономии	Технические источники эффективности
1.	Улучшение качества поверхности, повышение сортности проката	Увеличение доли кондиционной продукции за счет снижения числа дефектных мест и затрат на их зачистку	<ul style="list-style-type: none"> • Увеличенное с 8,5—20 МПа до 60—70 МПа давление в гидросистеме • Новые конструкции сопел (уменьшенного сечения), коллекторного блока водоструйных (роторных) головок, насосных станций высокого давления • Способ автоматической оптимизации рабочих и "холостых" режимов работы насосных агрегатов гидросистемы удаления окалины со сляба или полосы
2.	Расход воды	Уменьшение в 10...20 раз по сравнению с существующими аналогами	<ul style="list-style-type: none"> • Применение эффективного высокоскоростного вращения (1000...3000 об/мин) роторных водоструйных головок коллекторного блока системы гидросбыва • Автоматический выбор оптимального расстояния от водоструйных головок до поверхности движущегося горячего сляба или полосы • Специальная конфигурация, размеры, количество сопел и водоструйных головок
3.	Расход электроэнергии	Уменьшение в 5...10 раз по сравнению с существующими аналогами	<ul style="list-style-type: none"> • Новое экономичное отечественное гидронасосное оборудование меньшей по сравнению с аналогами установленной мощности • Автоматический ввод "холостого" режима с потреблением только 7% установленной мощности и управление отключением расхода воды при отсутствии сляба или полосы на роллганге
4.	Ресурсосбережение оборудования	Увеличение срока службы агрегатов и исполнительных механизмов	<ul style="list-style-type: none"> • Снижение затрат на ремонт и оптимизация эксплуатации электроприводного насосного оборудования • Автоматизированное управление оптимальной ресурсосберегающей работой посредством сочетания напряженного рабочего со щадящим «холостым» режимами, учитывающими наличие металла в зоне гидросбыва при экономном регулировании расхода воды
5.	Расход топлива в печах	Уменьшение на 2,14%	<ul style="list-style-type: none"> • За счет уменьшения степени охлаждения слябов после печей благодаря уменьшению расхода воды в АС ГСО окалины
6.	Угар металла в печах	Меньше на 3,5 кг/т	<ul style="list-style-type: none"> • Экономия топлива за счет уменьшения окисления при нагреве слябов в печах
7.	Стоимость АС ГСО	Меньше в 2,5...5 раз по сравнению с зарубежными аналогами	<ul style="list-style-type: none"> • За счет меньшей стоимости инжиниринга и отечественного оборудования
8.	Расчетный годовой экономический эффект	3...4 млн. грн.	<ul style="list-style-type: none"> • Годовой экономический эффект от внедрения системы зависит от технико-экономических показателей конкретного прокатного стана и предъявляемых к АС ГСО требований

Наряду с зарубежными устройствами [1] — [3], [7] современные отечественные конструкции технических средств и систем гидросбива окалины [4, 5] базируются на новой водоструйной технике сверхвысокого давления (до 70 МПа), опробованной в различных отраслях народного хозяйства Украины [16—18].

Основной отличительной особенностью водоструйного инструмента устройства гидросбива окалины является специальная конструкция в виде смонтированных на двух питающих коллекторах нескольких самовращающихся (более 1000 об/мин) роторных головок с круглыми соплами малой (до 1 мм) проходного сечения.

Расположение сопел в каждой роторной головке осуществляется под разными углами во взаимно-перпендикулярных осевых плоскостях: углы атаки α' выбирается в зависимости от марки стали, вида окалины, скорости движения заготовки, а угол разгона β — для создания реактивной силы, приводящей роторную головку во вращение с требуемой скоростью.

Расстояние между торцами сопел и обрабатываемыми поверхностями движущейся заготовки подбирается в зависимости от реального эффекта гидросбива окалины и рационального расходования воды. Это расстояние автоматически регулируется в зависимости от изменения толщины заготовки.

Количество роторных головок и расстояние между ними в каждом общем питающем коллекторе выбираются в зависимости от максимальной ширины заготовки (сляба), раската или листа. Вращаясь, каждая роторная головка образует водяной полый расходящийся конус, образующийся из струй воды, истекающих под сверхвысоким давлением из сопел. Имея высокую потенциальную энергию, такой конус (наподобие строгальному вращающемуся резцу) вскрывает, измельчает и сметает с поверхности горячего металла окалину практически любого происхождения — и «сухую» хрупкую, и «липкую». Кроме того, струя воды, соприкасаясь с горячей заготовкой, образует паровзрывной эффект, способствующий отделению окалины от металла.

Индивидуальный для каждого объекта подбор режимов работы коллекторов с роторными головками или другим водоструйным инструментом осуществляет разработанная Киевским институтом автоматизации АС ГСО при определенных заданных характеристиках заготовки: марка стали, степень нагрева в печах, скорость движения по рольгангу, выбор давления воды и расстояния между соплами и поверхностью заготовки и др. (рис. 2).

АС ГСО совместно с АСУ печами [19] осуществляет и обратную связь по температурным режимам нагрева заготовок в методических печах и их оптимизацию в зависимости от минимальной степени охлаждения при работе гидросбива окалины перед прокаткой в клетях стана.

Таким образом, предотвращается перегрев заготовок и тем самым достигается экономия топлива в печах.

Ориентировочные технико-экономические показатели эффективности применения АС ГСО на прокатных станах приведены в таблице.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Реферативный журнал*, раздел 15, подраздел 15Д // *Металлургия*. — №9. — 1995. — С. 13.
2. *Реферативный журнал*, раздел 15, подраздел 15Д // *Металлургия*. — №11. — 1996. — С. 15.
3. *Maasberg, D. Kupper, H. Schnidt. Vorrichtung zum Entrundern von heissen Stahlblocken.* / Патентная заявка Германии, опубликована в «Изобретения в СССР и за рубежом» // *Реферативная информация*. — Вып. 25 (МКИ В21). — 1983. — № 23.