

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НИЗКОНАПОРНОЙ МАШИНЫ ГИДРОСБИВА ВТОРИЧНОЙ ОКАЛИНЫ

***Е.Ф. Чекулаев**

кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации
производственных процессов

***Р.В. Денщик**

аспирант кафедры металлорежущих станков и инструментов

***Донбасская государственная машиностроительная академия**
ул. Шкадинова, 72, г. Краматорск, Украина, 84300
тел.: (06264)414782.

e-mail: dgma@dgma.donetsk.ua

На основании промышленных исследований эффективности гидросбива вторичной окалины установлены энергетические параметры низконапорной машины гидросбива.

1. Введение

Перспективным направлением модернизации прокатного оборудования являются: повышение качества продукции и снижение энергозатрат. При горячей прокатке изделий образуется в методических печах на поверхности слябов печная (первичная) окалина, а на поверхности подката воздушная (вторичная) окалина. Если окалину своевременно не удалить, то она вкатывается при прокатке в основной металл листа, снижая качество поверхности, эксплуатационные и механические свойства проката, а также приводит к уменьшению срока службы рабочих валков клетей стана.

2. Основная часть

Для удаления первичной и вторичной окалины наибольшее применение получил гидравлический способ очистки слябов и подката. Этот способ заключается в нагнетании на поверхность изделия струй воды из сопла, при давлении воды в коллекторе не менее 16 МПа [1,2].

При охлаждении окалины возникающее в ней напряженное состояние измельчает окалину и потоком охладителя смывает с поверхности подката. Напряженное состояние окалины зависит от скорости процесса охлаждения и ко-эфицента теплоотдачи. Более высокое значение коэффициента теплоотдачи способствует созданию между окалиной и основным металлом повышенного напряженного состояния, что благоприятно влияет на процесс очистки металла от окалины [3,4].

Во время движения подката по промежуточному рольгангу стана 2000 длительностью 35-40 с., происходит окислительный процесс, при котором, вследствие

высокотемпературного окисления нагретого металла в окружающей атмосфере, образуется вторичная (воздушная) окалина. Толщина вторичной окалины среднеуглеродистой стали при температуре 1200оС можно определить, используя рекомендации [4].

$$\delta = (1 + t) \cdot 10^{-2} \text{ мм},$$

где t – время окислительного процесса, с.

Структура вторичной окалины зависит от многих параметров: химического состава стали, температуры металла, продолжительности окисления, условий окружающей среды и состоит из трех слоев: наружного толщиной $0,05 \cdot \delta$ (Fe_2O_3 – гематит), среднего толщиной $0,05 \cdot \delta$ (Fe_2O_3 – магнетит) и внутреннего толщиной $0,9 \cdot \delta$ (FeO – вюстит). Магнетит обладает магнитными свойствами, хрупкостью и твердостью, что приводит к износу поверхности рабочих валков чисто-вой группы клетей. Вюстит при высокой температуре пластичен, но при резком охлаждении в нем появляются внутренние касательные и нормальные напряжения, разрушающие внутренний слой окалины. Различные линейные расширения охлажденной окалины и основного металла приводят к отрыву вторичной окалины.

В зависимости от температуры охладителя в конце процесса охлаждения могут возникнуть следующие области теплообмена [3]: конвективная – при температуре 0-90°С; пузырькового кипения – при температуре 90-100°С; пленочного кипения – при температуре 100-120°С. Наиболее высокое значение ко-эфицента теплоотдачи приобретает в конвективной области при температуре 80-90°С. Этим значениям коэффициента теплоотдачи в системах гидросбива высокого давления соответствует по результатам промышленных исследований фактор G , представляющий собой расход воды на один поточный сантиметр ширины веера истекаемой струи из сопла при давлении 16 МПа.

По данным исследований фактор G для различных марок прокатываемых сталей не превышает $G = 9,8 \text{ л/мин}\cdot\text{см} = 1,63 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}\cdot\text{м}$ [2].

Средняя скорость потока воды на поверхности подката

$$V = \frac{G}{L \cdot k}, \text{ м/с,}$$

где L – толщина веера струи, $L=0,01 \text{ м}$;
 k – коэффициент сплошности веера струи, $k=0,75$.

Струя, истекаемая из сопла системы гидросбива высокого давления состоит из множества капель, имеющих небольшую массу. Соприкасаясь с горячим металлом часть охладителя приобретает парообразное состояние, характерное для пузырькового, а иногда и пленочного кипения. Кроме этого отработавшая вода растекается по поверхности подката подстуживая его, что ухудшает условия отделения окалины. Если обеспечить движение сплошного потока воды в зоне охлаждения, то в месте контакта охладителя с окалиной может образовываться пар, который конденсируется в массе сравнительно холодной воды, что улучшает интенсивность теплообмена. Некоторая турбулентность потока воды также способствует повышению значения коэффициента теплоотдачи в конвективной области.

При разработке конструкции низконапорных устройств необходимо установить оптимальные геометрические формы и размеры выходных каналов коллекторов; определить энергетические параметры коллекторов (давление и расход); найти конструктивное решение отвода отработавшей воды и обеспечить контакт плоскости коллекторов при их прижиме к поверхности подката.

На основании лабораторных и промышленных исследований принята конструкция коллектора, поперечный разрез, в средней части которого представлен на рис. 1.

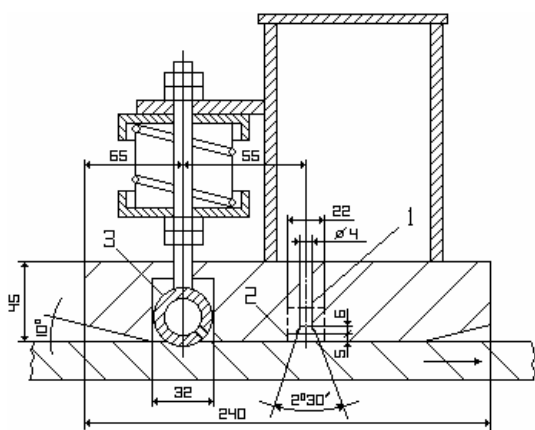


Рисунок 1. Коллектор

Вода подается на поверхность подката через отверстия 1 в продольный паз 2, площадь поперечного сечения которого увеличивается по мере удаления от среднего поперечного сечения коллектора в обе стороны. Выходное отверстие имеет конусный участок, обеспечивающий турбулентность потока. Для геометрической формы выходного отверстия экспериментально определен коэффициент расхода μ . Шаг отверстий целесообразно назначить $12 \cdot 10^{-3}$ - $16 \cdot 10^{-3} \text{ м}$. В каждой ветви паза должна быть получена скорость движения воды

V регламентированная фактором G . В средней части коллектора скорость движения воды будет минимальной. Поэтому расчет необходимого давления можно получить из уравнения расхода воды через два отверстия (половина центрального и рядом расположенного) с учетом того, что фактор G будет обеспечен.

$$V \cdot b \cdot h = n \cdot \mu \frac{\pi \cdot d^2}{4} \sqrt{\frac{2}{\rho} P} = \frac{G \cdot b \cdot h}{l \cdot k},$$

где b и h – соответственно ширина и высота паза, м;

n – количество отверстий, $n=1,5$;

μ – коэффициент расхода;

d – диаметр отверстий, м;

ρ – плотность воды, $\text{Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^4$;

P – давление в полости коллектора, $\text{Н}/\text{м}^2$.

Тогда необходимое давление в полости коллектора

$$P = 0,362 \frac{G^2 \cdot b^2 \cdot h^2 \cdot \rho}{l^2 \cdot k^2 \cdot d^2 \cdot \mu^2}, \text{ Н}/\text{м}^2.$$

Для отвода отработавшей воды с поверхности подката использовались устройства: подпружиненный отжимной ролик 3 (рис. 1) и система подачи сжатого воздуха в продольные пазы, размещенные в плите коллектора по обе стороны от зоны охлаждения.

Низконапорная машина для удаления вторичной окалины (рис. 2.) была смонтирована на промежуточном рольганге перед летучими ножницами стана 2000 Новолипецкого металлургического комбината [5].

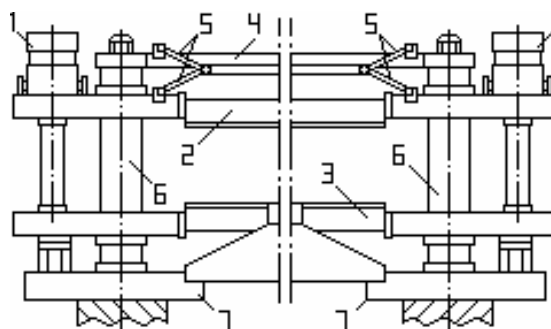


Рисунок 2. Машина гидросбива вторичной окалины

На стане 7 жестко закреплены две цилиндрические колонны 6. Поперечина 4 удерживает рамную конструкцию. Верхняя и нижняя траверсы с коллекторами 2 и 3 и центрирующими устройствами перемещаются в вертикальной плоскости по колоннам. На верхней траверсе установлены два пневмоцилиндра 1, штоки которых соединены шарнирно с нижней траверсой. Параллельность плоскости верхнего коллектора с поверхностью подката обеспечивается рычажной системой синхронизации 5. Последняя исключает перекос и защемление верхней траверсы в направляющих и позволяет производить операции подъема и опускания верхнего коллектора одним пневмоцилиндром при выходе из строя другого пневмоцилиндра.

В исходном положении при обесточенных катушках электромагнитов $У1, У2$ давление воздуха подается в бесштоковые полости гидроцилиндров 3 и 4 (рис. 3). При этом проходное отверстие распределителя 8 перекрыто, а верхний коллектор 2 находится в крайнем верхнем положении.

Нижний коллектор 1 выставляется по уровню горизонтальной нижней поверхности подката и прикрепляется к станине машины. Давление воздуха, подаваемое к пневмоцилиндрам, устанавливается регулятором давления 5 и

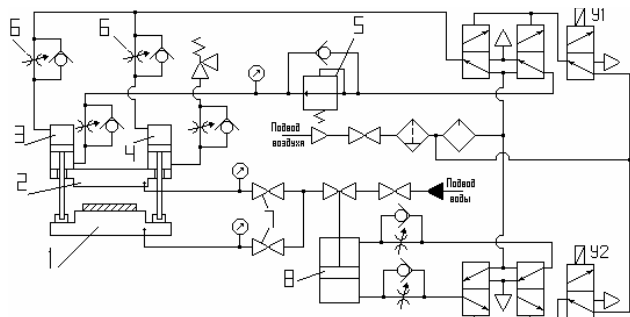


Рисунок 3. Гидравлическая схема управления машиной

поддерживается постоянным, плавное трогание с места и останов поршней гидроцилиндров обеспечивается дроссельными устройствами 6. Регулирование расхода воды, подаваемого к коллекторам, выполняется задвижками 7. При подаче питания в электромагниты У1 и У2 беспштоковые полости гидроцилиндров сообщаются с атмосферой, а давление воздуха подается в штоковые полости гидроцилиндров 3 и 4, что обуславливает опускание верхнего коллектора. Поршневой пневмораспределитель срабатывает и вода поступает в коллекторы 1 и 2.

Система управления позволяет работать машине, как в ручном, так и автоматическом режимах. В качестве датчика наличия поката использовалась фотоголовка, реле которой установлено в электросхеме управления. Фотоголовка устанавливалась на расстоянии 200 мм со стороны входа подката в машину. При подходе подката к машине срабатывало фотореле, включалась вода и верхний коллектор опускался на подкат, а при проходе конца подката фотореле обеспечивает подачу питания в электромагниты У1 и У2, которые прекращают подачу воды и верхний коллектор устанавливается в крайнем верхнем положении.

Экспериментальные исследования проводились на различных марках стали, качество очистки верхней поверхности от окалины оценивалось фотографически и визуально. При проведении экспериментов давление в коллекторах изменялось от 0,02 МПа до 3 МПа, а давление прижима в пневмоцилиндре верхнего коллектора к подкату устанавливалось до 0,2 МПа. Проведено значительное число опытов для различных толщин подката и марок стали. Опытные данные о наименьшем давлении, при котором вторичная окалина полностью удаляется приведены в табл. 1.

Таблица 1
Результаты промышленных экспериментальных исследований

Марка Стали	Размер листа мм х мм	Минимальное давление в коллекторе, при котором окалина полностью удалялась МПа	Расход воды через верхний коллектор
08Ю	3x180	0,05	9·10 ⁻³ м ³ /с
	3x1260		
	3,5x1270		
	2,5x1280		
08ПС	3,9x1290	0,05	9·10 ⁻³ м ³ /с
Ст3СП	3,9x1250	0,1	12,6·10 ⁻³ м ³ /с
10СП	3x1270	0,15	15,4·10 ⁻³ м ³ /с
	3,5x1500		
	3,5x1550		
	6x1430		
	7x1430		
Ст2СП	3x1460	0,1	12,6·10 ⁻³ м ³ /с
	4x1270		
0912ГС	5x1270	0,05	9·10 ⁻³ м ³ /с

Установленный в коллекторе (рис. 1) отжимной ролик на входе подката в машину гидросбива не пропускал

значительного расхода воды. Проводились сравнительные эксперименты по эффективности удаления окалины низконапорной машиной и системой гидросбива высокого давления. Эти исследования показали, что окалина низконапорной машины удалялась полностью, а при работе сопел гидросбива высокого давления в связи с меньшим коэффициентом сплошности веера струи в месте контакта с металлом наблюдались крапинки не сбитой окалины. Кроме этого, на функционирование низконапорной машины затрачивается мощность в шесть раз меньше, чем при работе системы гидро-сбиваа высокого давления.

3. Выводы

1. Удаление вторичной окалины с поверхности подката низконапорным коллектором для марок сталей, прокатываемых на стане 2000, эффективно при давлении воды в полости коллектора до 0,15 МПа. Более высокое давление использовать не имеет смысла, так как вся поверхность подката очищается от вторичной окалины при указанном давлении.

2. Расход воды, который должен подаваться в один коллектор, может быть определен для любых прокатных станов

$$Q = \frac{V}{V_0} \cdot n \cdot \mu \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot P}{\rho}}, \text{ м}^3/\text{с},$$

где V и V₀ – скорость движения подката соответственно для конкретного ста-на и стана 2000, V₀=1.5 м/с;

μ – коэффициент расхода, μ =0,71;

d – диаметр отверстия (принимается 4·10⁻³ – 5·10⁻³ м);

P – давление воды в плоскости коллектора, Н/м²;

ρ – плотность воды, ρ=1020 Н·с²/м⁴;

n – количество отверстий в плите коллектора

3. Промышленные экспериментальные исследования показали, что низконапорный коллектор, не имеющий паза, также эффективно удаляет вторичную окалину. Однако в этом случае необходимо обязательно отсекать поток воды на входе и выходе из коллектора, направляя его к торцевым сторонам коллектора.

Литература

- Чекулаев Е.Ф., Заключение О.В. Сопла гидросбива окалины. Научно-технический сборник "Оборудование для прокатного производства", 1-68-17 –М.: НИИИНФОРМТЯЖМАШ, 1968. – 87 с.
- Чекулаев Е.Ф. Промышленные исследования системы гидросбива окалины. Научно-технический сборник "Оборудование для прокатного производства", 1-68-17. –М.: НИИИНФОРМТЯЖМАШ, 1976. – 96 с.
- Губинский В.И., Минаев А.Н., Гончаров Ю.В. Уменьшение окалинообразования при производстве проката – Киев: Техника, 1981. – 136 с.
- Северденко В.П., Макушок Е.М., Равин А.Н. Окалина при горячей обработке металлов давлением. – М.: Металлургия, 1977. – 282 с.
- АС №1301506 СССР. Машина для удаления окалины. Е.Ф. Чекулаев, Н.И. Пономарев, Н.Б. Жуков, А.Д. Белянский, З.П. Каретный, А.Н. Корышев. Опубликовано 07.04.1987. Бюл. №13 – 2 с.