

В.И. Руденко /к.т.н./, Р.В. Руденко /к.т.н./, Е.В. Ошовская /к.т.н./, О.В. Антыкуз

Донецкий национальный технический университет

Г.С. Суков

ЗАО "НКМЗ"

Определение основных параметров устройств для гидравлического удаления окалины

В статье показана необходимость проектирования и расчета устройств для гидравлического удаления окалины с поверхности проката на основании обеспечения необходимой энергии удаления окалины. Изложены теоретические положения методики и алгоритм определения основных параметров устройств для гидравлического удаления окалины, которая учитывает характеристики окалины, режимы прокатки, геометрические размеры проката, параметры форсунок. Приведен пример использования предложенной методики для условий непрерывного широкополосного стана 1700. Ил. 2. Библиогр.: 4 назв.

прокат, окалина, гидравлическое удаление окалины, струя, форсунка, энергия удаления окалины

Важной технологической операцией в производстве проката является удаление окалины с его поверхности. В настоящее время известно большое количество способов удаления окалины с помощью струй жидкости, подаваемых на поверхность проката под давлением, и конструкций устройств для их осуществления. Существующие устройства для гидравлического удаления окалины можно разделить на стационарные и подвижные. Стационарные устройства чаще всего представляют собой балку-коллектор с одним или несколькими рядами форсунок, которая размещается над поверхностью проката в его поперечном направлении [1, 2], при этом удаление окалины происходит при перемещении проката сразу по всей его ширине. Подвижные устройства включают штангу с закрепленными на ней одной или несколькими форсунками, которая перемещается в поперечном направлении движущегося проката [3]. В этом случае по ширине проката окалина удаляется постепенно. Анализ использования перечисленных устройств показал, что более широко применяются стационарные устройства. К основной трудности, возникающей при использовании данных устройств, следует отнести необходимость ручной перенастройки их основных параметров (высота и угол установки форсунок над поверхностью проката, число и шаг форсунок, перекрытие пятен контакта струй воды на поверхности проката) из-за изменчивости характеристик окалины по длине проката, различии в скоростных режимах прокатки и типоразмере прокатываемых продуктов. Игнорирование указанных факторов приводит к значительному снижению качества очистки поверхности проката от окалины, которое выражается в виде появления на поверхности проката участков с неудаленной окалиной, переохлажденных участков, а также к перерасходу жидкости, используемой для очистки. В настоящее время отсутствуют четкие методики расчета основных па-

раметров устройств для удаления окалины с помощью струй жидкости, а фирмы-производители и эксплуатационный персонал основываются на опытных данных и эмпирических зависимостях, что тоже снижает качество очистки поверхности проката от окалины.

Цель данной статьи – изложить методику определения основных параметров устройств для гидравлического удаления окалины с поверхности проката, которая учитывает характеристики окалины, режимы прокатки, геометрические размеры проката, параметры форсунок.

На рис. 1 приведена схема стационарного устройства для гидравлического удаления окалины.

В [4] отмечается, что при разработке устройств для гидравлического удаления окалины наиболее рациональным подходом является подход, основанный на требовании к необходимой энергии струй жидкости для удаления окалины, которая является специфической для каждой марки стали. Так, для углеродистой стали удельная энергия удаления окалины составляет 17 кДж/м², для легированных марок стали – 42 кДж/м². Авторы [4] доказали, что нет необходимости расходовать больше энергии, создаваемой струями жидкости, чем требуется для конкретной марки стали и типа окалины. В связи с этим предлагаемая методика базируется именно на использовании понятия удельной энергии удаления окалины струями жидкости.

В общем случае энергия струи жидкости, затрачиваемая на удаление окалины, E определяется как

$$E = p \cdot V \cdot \tau, \quad (1)$$

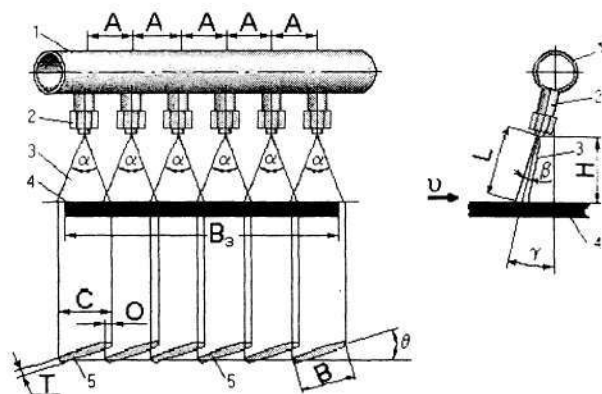


Рис. 1. Схема стационарного устройства для гидравлического удаления окалины: 1 – балка-коллектор; 2 – форсунка; 3 – струя жидкости; 4 – прокат; 5 – пятно контакта на поверхности проката

где p – давление, создаваемое жидкостью на обрабатываемой поверхности;

V – объемный расход жидкости;

τ – время действия энергии.

Энергия, приходящаяся на единицу обрабатываемой поверхности, (удельная энергия удаления окалины) e :

$$e = \frac{E}{S} = \frac{p \cdot V \cdot \tau}{B \cdot T} \quad (2)$$

где S – площадь обрабатываемой поверхности;

B – ширина пятна контакта струи на обрабатываемой поверхности;

T – глубина пятна контакта струи на обрабатываемой поверхности.

Давление струи жидкости на обрабатываемую поверхность:

$$p = \frac{F}{S} \quad (3)$$

где F – сила, создаваемая струей жидкости на обрабатываемой поверхности.

Тогда, после подстановки (3) зависимость (2) принимает вид:

$$e = \frac{F \cdot V \cdot \tau}{(B \cdot T)^2} \quad (4)$$

Время τ , за которое участку обрабатываемой поверхности площадью S сообщается удельная энергия e для удаления окалины, можно выразить так

$$\tau = \frac{T}{v \cdot \cos \theta} \quad (5)$$

где v – скорость движения проката;

θ – угол разворота сопла форсунки относительно продольной оси сечения сопла.

Тогда, выражение (4):

$$e = \frac{F \cdot V}{B^2 T \cdot v \cdot \cos \theta} \quad (6)$$

С учетом геометрических соотношений между высотой установки H нижнего края форсунки до обрабатываемой поверхности, углом наклона струи жидкости (форсунки) γ к поверхности обрабатываемого проката, углами раскрытия струи жидкости

в продольном (α) и поперечном (β) направлении сечения этой струи и шириной (B) и глубиной (T) пятна контакта струи на обрабатываемой поверхности выражение (6) принимает вид:

$$e = \frac{F \cdot V \cdot \cos^3 \gamma}{8H^3 \cdot v \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \cdot \cos \theta} \quad (7)$$

Следует отметить, что сила, создаваемая струей жидкости на обрабатываемой поверхности, зависит от давления и объемного расхода жидкости, высоты установки форсунок, геометрических параметров сопла, т.е. $F = f(p, V, H, \alpha, \beta)$. Тогда, как видно из выражения (6), удельная энергия удаления окалины, создаваемая струей жидкости, определяется давлением и объемным расходом жидкости, скоростью движения проката, высотой установки и углом наклона форсунок над поверхностью проката, а также углами раскрытия струи жидкости.

Таким образом, при известных характеристиках сопел определение высоты их установки над поверхностью проката необходимо выполнять по критерию обеспечения необходимой удельной энергии удаления окалины, создаваемой струями жидкости:

$$H = \frac{\cos \gamma}{2} \sqrt[3]{\frac{F \cdot V}{e \cdot v \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \cdot \cos \theta}} \quad (8)$$

Количество форсунок (струй жидкости) n , необходимых для удаления окалины с поверхности проката шириной B_3 , определяется из соотношения (см. рис.1)

$$B_3 \leq (C - O)(n - 1) + C$$

или $B_3 \leq (B \cos \theta - O)(n - 1) + B \cos \theta$,

тогда

$$n \geq \frac{B_3 - O}{B \cos \theta - O} \quad (9)$$

где O – перекрытие пятен контакта факелов жидкости на обрабатываемой поверхности, которое по данным [1, 2] можно принимать равным

$$O = (0,08 \dots 0,11)B \quad (10)$$

Расстояние между двумя соседними форсунками (шаг форсунок) равно:

$$A = B \cos \theta - O \quad (11)$$

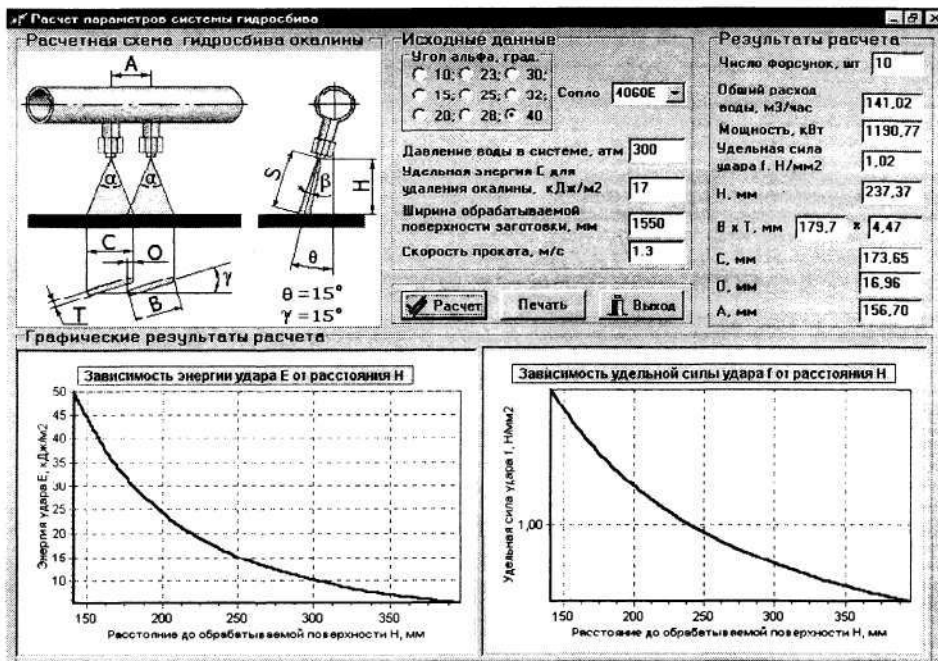


Рис.2. Окно программы

На основании зависимостей (8)–(11) предложена следующая методика определения основных параметров устройств для гидравлического удаления окалины.

Исходными данными для расчета выступают: давление жидкости p ; скорость перемещения проката ϑ ; ширина поверхности обрабатываемого проката B_3 ; тип сопел, используемых для форсунок и характеризующихся расходом V_c и углами α , β ; среднее значение удельной энергии удаления окалины e , определяемое по термограммам поверхности проката, подвергаемого очистке. Последовательность расчета включает следующие шаги.

Шаг 1. Задаются значениями угла наклона γ струи жидкости к поверхности обрабатываемого проката и угла разворота θ сопла форсунки относительно продольной оси сечения сопла из диапазона $5 - 15^\circ$ [1, 2].

Шаг 2. Вычисляют высоту H установки форсунок над поверхностью проката по формуле (8) и

соответствующие ей ширину B и глубину T пятна контакта струи жидкости на поверхности проката.

Шаг 3. По соотношению (10) принимают перекрытие O пятен контакта факелов жидкости на обрабатываемой поверхности проката.

Шаг 4. По формуле (9) рассчитывают число форсунок. Полученное значение округляют до целого числа.

Шаг 5. Определяют шаг форсунок по формуле (11).

Шаг 6. По формуле (7) вычисляют удельную энергию удаления окалины, создаваемую n форсунками.

В соответствии с описанным алгоритмом была разработана программа для расчета параметров устройства гидравлического удаления окалины (рис.2).

С помощью данной программы для условий чистовой клетки непрерывного широкополосного стана 1700 определено, что при ширине проката 1550 мм необходимо, чтобы балка-коллектор была установлена на высоте 237,4 мм и имела 10 форсунок, смонтированных с шагом 156,7 мм. При расчете использовались сопла типа HiScaleJet.

Таким образом, используя предлагаемую методику, можно обоснованно определять основные параметры устройств для гидравлического удаления окалины, при которых обеспечивается необходимая для обрабатываемого проката энергия удаления окалины.

Библиографический список

1. Михеев В.А., Павлов А.М. Гидросбив окалины в прокатных цехах. – М.: Металлургия, 1964. – 107 с.
2. Оптимизация сопел для гидросбива окалины на широкополосном стане горячей прокатки / Беккер Э.Г., Биркемайер Г., Бюхеле В. и др. // Металлургический завод и технология. – 2000. – С.74.-78.
3. Пат. РФ № 2129053, кл. В 21 В 45/08. - Опубл. 20.04.1999.
4. N.J. Silk. The impact energy primary de-scaling // Steel Times. – 1999. – №5. – P.184-185.

© В.И. Руденко, Г.С. Суков, Р.В. Руденко, Е.В. Ошовская, О.В. Антыкуз, 2004 г.

Получено 08.12.03