

И.М. Билоник, доцент, к.т.н.

И.В. Костенко, аспирант

В.А. Гук, доцент, к.т.н.

ОСНАСТКА ДЛЯ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ ВЫПЛАВКИ ЗАГОТОВОК БОЧЕК ВАЛКОВ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ

Запорожский национальный технический университет

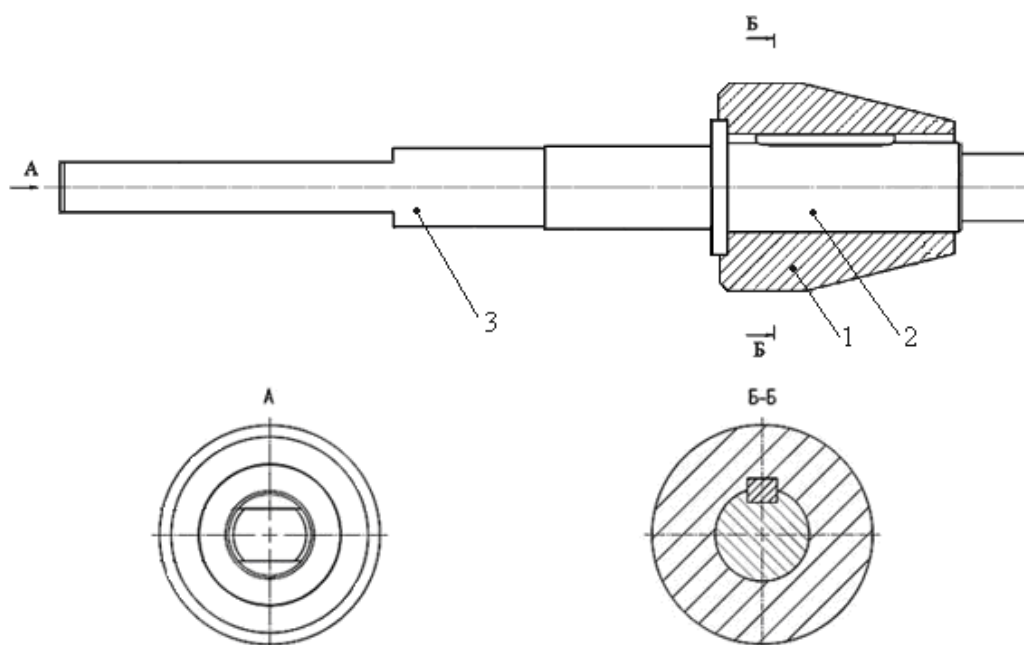
Запропоновано конструкцію збірного валка міні-стану радіально-зсувного прокатування, здійснено тепловий розрахунок кристалізатора, спроектовано оснащення для електрошлакового виплавлення бочок валків, що забезпечує мінімальні допуски на механічну обробку, а також дозволяє значно скоротити тривалість підготовчо-заклучних операцій. Виплавлено дослідні заготовки бочок валків із сталі Р6М5, що мають однорідну та дрібнодисперсну структуру.

Предложена конструкция составного валка мини-стана радиально-сдвиговой прокатки, осуществлен тепловой расчет кристаллизатора, спроектирована оснастка для электрошлаковой выплавки бочек валков, обеспечивающая минимальные допуски на механическую обработку, а так же позволяющая значительно сократить время подготовительно-заклучительных операций. Выплавлены опытные заготовки бочек валков из стали Р6М5, имеющие однородную и мелкодисперсную структуру.

Введение. При калибровке проката на современных мини-станах радиально-сдвиговой прокатки актуальной проблемой является повышение износостойкости валков. В большинстве случаев валки изготавливают цельнолитыми или коваными из сталей 45ХН2МФА, У7, У8.

Условия работы бочки и оси валка существенно отличаются. Очевидно, что их следует изготавливать из различных материалов: рабочую часть (бочку валка) – из инструментальной стали с высокими красностойкостью и износостойкостью (например, 5ХНМ, 4Х4ВМФС, 5ХЗВЗМФС, Р6М5) [1-3], а ось валка – из конструкционной стали (например, 40Х, 40ХН) с необходимыми прочностными характеристиками.

Важным ресурсом повышения износостойкости бочки валка служит технология ее получения. Одной из наиболее перспективных технологий для получения таких бочек является электрошлаковая выплавка (ЭШВ) [4]. На рис. 1 показана усовершенствованная конструкция валка мини-стана радиально-сдвиговой прокатки, бочка валка которого изготовлена из стали Р6М5, а ось – из проката конструкционной стали 40Х.



1 - бочка валка, 2 - ось, 3 - шпонка

Рисунок 1 – Составной валок стана радиально-сдвиговой прокатки

Для ЭШВ бочки валка необходимо изготовление оснастки. При ее проектировании были поставлены задачи обеспечения формирования однородной мелкодисперсной литой структуры заготовки бочки валка вдоль ее образующей, максимального приближения формы заготовки бочки валка к форме готовой детали, а также обеспечения минимального времени подготовительно-заключительных операций.

При проектировании кристаллизатора учитывали требование улучшения свойств литого металла повышением скорости кристаллизации заготовки в поверхностной рабочей зоне, приводящей к получению стабильной макроструктурной однородности. Данный эффект достигали размещением рабочей поверхности заготовки бочки валка непосредственно в контакте с водоохлаждаемой гильзой кристаллизатора.

Тепловой расчет кристаллизатора выполняли с использованием методики, изложенной в работах [5, 6].

Для обеспечения эффективного охлаждения кристаллизатора требуется, чтобы величина удельной тепловой нагрузки канала охлаждения q_e была меньше или равна тепловому потоку $q_{н.к.}$, при котором начинается кипение, то есть $q_e \leq q_{н.к.}$

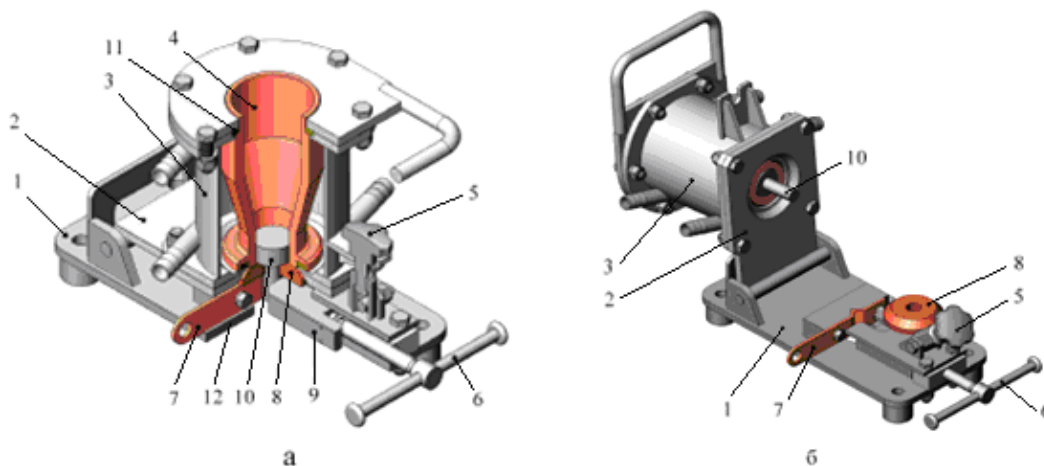
Имеющиеся в литературе опытные данные по величине параметра $q_{н.к.}$ обобщают формулой, приведенной в работе [6]:

$$q_{н.к.} = \left[\frac{\xi_S \cdot E}{8} \gamma_B \cdot \omega_B \cdot c_B \cdot \sqrt{\frac{2\sigma_B \cdot c_B \cdot T_{кун}}{r_{нар} \cdot \gamma_B \cdot \lambda_B}} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{8}{\xi_S \cdot E} \frac{\Delta t_{нед} \cdot r_{нар} \cdot \gamma \cdot \lambda_B}{3,3 \gamma_B \cdot \omega_B \cdot c_B \cdot \sigma_B \cdot T_{кун}}} \right) \right], \quad (1)$$

где $\xi_S = \frac{1}{(1,82 \lg Re_S - 1,64)^2}$; $E = \frac{1}{1 + Re_S^{-0,125} \left\{ (Pr - 1) + \ln \left[1 + \frac{5}{6} (Pr - 1) \right] \right\}}$; Re_S – число

Рейнольдса; $Re_S = \gamma \cdot \omega \cdot d_{экв} / \mu_\theta$; γ – плотность пара; ω – массовая скорость; $d_{экв}$ – эквивалентный диаметр канала; μ_θ – вязкость жидкости при температуре насыщения для данного давления; Pr – число Прандтля при средней температуре воды t_θ^{cp} ; $Pr = 4,7$ [7]; $t_\theta^{cp} = t_\theta^{6x} + 0,5 \Delta t_\theta$; t_θ^{6x} – температура воды на входе в кристаллизатор; Δt_θ – на-

грев воды в кристаллизаторе, $\Delta t_6 = 0,75 Q_{дж} / (c_6 \cdot G_6)$; $Q_{дж}$ – количество теплоты, выделяемой в шлаковой ванне; G_6 – расход воды через систему охлаждения кристаллизатора, м³/с; c_6 – теплоемкость жидкости; σ_6, λ_6 – соответственно поверхностное натяжение и коэффициент теплопроводности жидкости при температуре насыщения для данного давления; $T_{кип}$ – температура кипения воды; $r_{пар}$ – теплота парообразования; $\Delta t_{нед}$ – недогрев до температуры плавления.



а - в сечении; б - в раскрытом положении для извлечения готовой детали

1 - основание; 2 - поворотная плита; 3 - рубашка кристаллизатора; 4 - гильза кристаллизатора; 5 - винт зажимной; 6 - винт с рукояткой; 7 - клемма; 8 - кольцо медное; 9 - ползун-прижим; 10 - затравка; 11, 12 - уплотнение

Рисунок 2 – Оснастка для выплавки бочки валка

Температуру охлаждающей воды на входе принимали равной 20 °С. Расход воды составляет 3,5...4,0 м³/ч при давлении не менее 24,5 кПа. В результате расчетов определили толщину стенки гильзы кристаллизатора (8...10 мм), при которой обеспечивается наиболее высокая скорость кристаллизации отливки.

Снижение времени подготовительно-заключительных операций при ЭШВ заготовок валков достигается за счет конструктивных особенностей оснастки (рис. 2).

Кристаллизатор состоит из гильзы 4 и рубашки 3 (рис. 2,а). Гильза кристаллизатора является плавильной емкостью с размерами, обеспечивающими получение заготовок, требующих минимальной механической обработки. Гильза изготовлена из меди М1 и является сменной деталью. В основании выполнены отверстия для крепления кристаллизатора. Для зажима затравки 10 предусмотрен ползун-прижим 9 с винтом 6. Медное водоохлаждаемое кольцо 8 служит для удержания расплавленного металла от вытекания. Электрический контакт осуществляют при помощи токоподвода 7. После окончания выплавки винт 5 отжимают, кристаллизатор поворачивают вместе с плитой 2 на 90° и извлекают из него готовую деталь (рис. 2,б). В кристаллизаторе осуществляют последовательное водяное охлаждение панелей, в системе подачи воды предусмотрены разрывы для визуального контроля.

С использованием разработанной оснастки на электрошлаковой установке типа А-550 выплавляли заготовки бочек валков. При проведении плавки в качестве расходного электрода использовали прутки из стали Р6М5 диаметрами 20 и 35 мм, сваренные встык, в качестве флюса – АНФ-6 в количестве 0,4 кг. Режимы выплавки: ток $I = 600...650$ А при выплавке конусной части отливки и $I = 1000...1100$ А – при выплавке цилиндрической части заготовки. Время выплавки одной заготовки бочки валка составляет ~ 10 мин, время подготовительных операций – не более 1,0 мин, а из-

вращения отливки – 0,5 мин.

Из полученных отливок изготовили бочки валков для мини-стана радиально-сдвиговой прокатки (рис. 3).



Рисунок 3 – Бочки валков из стали P6M5, изготовленные из отливки ЭШВ

Металлографические исследования микроструктуры литой стали P6M5 в рабочей зоне валка подтвердили, что строение литого металла вдоль образующей валка имеет одинаковое строение и высокую дисперсность (рис. 4), что обеспечено условиями кристаллизации в спроектированной оснастке.

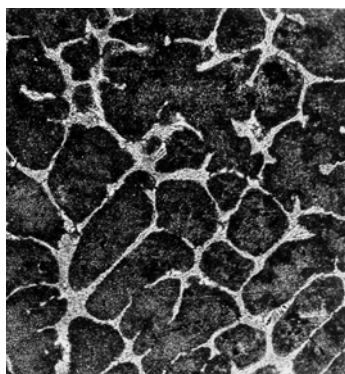


Рисунок 4 – Микроструктура литой стали P6M5 в поверхностной зоне бочки валка, полученной ЭШВх 150

Выводы:

1. Для повышения стойкости валков мини-стана радиально-сдвиговой прокатки предложено бочки валков изготавливать методом электрошлаковой выплавки из инструментальной стали типа 4X4BMФС, 5X3B3MФС, P6M5.

2. Разработана конструкция валка, позволяющая изготавливать бочку из инструментальных сталей высокой красностойкости, а ось валка – из конструкционной стали высокой прочности.

3. Спроектирована оснастка для ЭШВ бочек валков мини-стана радиально-сдвиговой прокатки. В результате теплового расчета кристаллизатора определена толщина стенки медной гильзы (8...10 мм), при которой условия охлаждения заготовок валков обеспечивают высокую дисперсность и однородность структуры вдоль образующей валка.

3. Применение спроектированной оснастки позволяет существенно сократить

время подготовительно-заключительных операций при ЭШВ заготовок валка, общая длительность которых составляет не более 20% общей продолжительности выплавки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Медовар Л. Б.* Проблемы и перспективы производства современных прокатных валков / Медовар Л. Б., Грановский В. К. // Проблемы специальной электрометаллургии. – 2001. – № 4. – С. 22–24.
2. *Медовар Б. И.* Композитные прокатные валки с рабочим слоем из быстрорежущей стали / Медовар Б. И., Медовар Л. Б. // Проблемы специальной электрометаллургии. – 1999. – № 3. – С. 44–47.
3. *Кусков Ю. М.* Использование высоколегированных быстрорежущих сталей для прокатных валков / Ю. М. Кусков // Сталь. – 2004. – № 4. – С. 43–48.
4. *Патон Б. Е.* Электрошлаковое литье / Патон Б. Е., Медовар Б. И., Бойко Г. А. – Киев: Наукова думка, 1980. – 192 с.
5. Тепловые процессы при электрошлаковом переплаве / Под ред. *Б. И. Медовара*. – Киев: Наукова думка, 1978. – 304 с.
6. О начале пузырькового кипения / В. А. Чернобай, Р. Мюллер, А. Л. Бурнаев, Н. Н. Шикинов // Проблемы специальной электрометаллургии. – 1977. – Вып. 7. – С. 29–32.
7. *Кутателадзе С. С.* Справочник по теплопередаче / С. С. Кутателадзе, В. М. Боришанский. – М.: Госэнергоиздат, 1959. – 413 с.

Стаття надійшла до редакції 07.01.2010 р.
Рецензент, проф. И.П. Волчок