

УДК 621.771:62.717

Дьяченко Ю. Г.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ОХЛАЖДЕНИЯ МАССИВНЫХ СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Известно, что для повышения эксплуатационной стойкости валков следует обеспечить их достаточную прокаливаемость, чтобы получить необходимую толщину активного слоя с требуемым уровнем твердости. Кроме закаленного слоя одной из важных характеристик, отвечающих за стойкость валков, является уровень остаточных напряжений [1]. Получение оптимального сочетания этих характеристик с использованием традиционных режимов термической обработки является сложной задачей: нормализация обеспечивает низкий уровень остаточных напряжений при малой толщине упрочненного слоя; закалка в жидких средах, а также закалка с применением нагрева токами высокой частоты способствует получению требуемых прочностных характеристик, но при этом в валке формируются повышенные остаточные напряжения, которые могут вызвать разрушение изделия даже до начала эксплуатации [2, 3].

Данную проблему позволяет решить использование высокоскоростной закалки, которая позволяет получить высокую твердость поверхностного слоя при сохранении мягкой сердцевины массивных стальных изделий, путем применения спреерного охлаждения [4]. Ее суть состоит в подаче на поверхность нагретого валка охладителя посредством специальных дузирующих форсунок (рис. 1). В качестве охладителя могут применяться вода, воздух или водовоздушная смесь [5, 6].

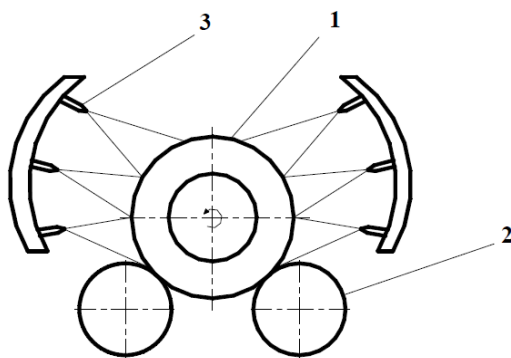


Рис. 1. Принципиальная схема спреерной установки [6]:

1 – валок; 2 – вращающиеся опоры; 3 – форсунки

Душевое охлаждение, как и охлаждение в воде, носит трехстадийный характер. Следовательно наблюдаются стадии ускоренного, замедленного и затем вновь ускоренного охлаждения. Однако, интенсивность теплоотвода при охлаждении водяным душем на всех стадиях в несколько раз больше, чем при охлаждении погружением в воду. Под напором струй паровая рубашка разрушается и пузырьковое кипение наступает раньше. Кроме того, за счет притока жидкости увеличивается интенсивность охлаждения при конвективном теплообмене. Внутренний теплообмен определяется температурным градиентом между поверхностью и центром изделия, а также теплофизическими свойствами металла. Интенсивность охлаждения центральных зон будет зависеть от теплопроводности металла. При охлаждении крупногабаритных изделий внутренний теплообмен приобретает существенное значение, поскольку недостаточная теплопроводность металла ограничивает максимально достигаемые

скорости охлаждения центральных зон при непрерывном увеличении коэффициента теплоотдачи на поверхности. При охлаждении водяным душем или водовоздушной смесью коэффициент теплоотдачи определяется, главным образом, удельным расходом распыленной воды и, следовательно, после достижения максимально возможных скоростей охлаждения центральных зон дальнейшее увеличение расхода распыленной воды приводит к непроизводительным её затратам. В водовоздушных установках распыление и подача воды на охлаждаемое изделие осуществляется мощными насосными установками, длительность работы которых определяет экономичность эксплуатации подобных установок [7].

Путем варьирования конструктивных и технологических параметров закалочного устройства (расположение форсунок в охлаждающем устройстве, давление воды и воздуха, расстояние от форсунок до охлаждаемой поверхности) можно получать условия охлаждения, требуемые для достижения необходимой структуры материала валков и комплекса его механических свойств в целом [8–11].

К преимуществам спреерной закалки относятся: возможность достижения высоких скоростей охлаждения, контроль его интенсивности, включая разную интенсивность охлаждения бочки и шеек валков, отсутствие закалочных баков, которые требуют принудительной циркуляции (барботажа) охлаждающей среды для устранения эффекта «паровой рубашки», увеличение твердости поверхности и глубины закаленного слоя, отсутствие деформации и трещин на поверхности изделия, высокая производительность и отсутствие загрязнения окружающей среды. А также применение технологического процесса спреерного охлаждения направлено на снижение энергозатрат при нагреве изделия до температуры закалки за счет нагрева не всего объема, а лишь поверхностного (закаливаемого) слоя стального изделия, что удешевляет себестоимость выпускаемой продукции в 1,5–2 раза [12].

Несмотря на очевидные преимущества, возможность использования спреерного охлаждения для термической обработки крупногабаритных изделий в настоящее время недостаточно изучена.

Цель настоящей работы – разработка конструкции стенда охлаждающего устройства для исследования процессов термического упрочнения массивных стальных изделий.

Для достижения поставленной цели была разработана конструкция стенда, представленная на рис. 2.



Рис. 2. Устройство для подачи охлаждающей смеси на стальное изделие

Данное спреерное устройство предназначено для подачи охлаждающей водовоздушной смеси на стальное изделие. Принцип работы заключается в том, что вода с помощью водяного электронасоса, который соединен с резервуаром воды через систему патрубков высокого давления, подается на форсунку. Над резервуаром установлена форсунка с возможностью поперечного и продольного перемещения её относительно резервуара. На форсунке через систему патрубков подается охлаждающая жидкость под регулируемым давлением. Объ-

ем расходуемой охлаждающей жидкости фиксируется с помощью многоструйного счетчика воды сухого типа. Следует отметить, что данный принцип работы устройства не обеспечивает душирующего охлаждения и может быть использовано только для охлаждения под слоем жидкого хладагента. Поэтому для проведения технологического процесса спрейерного охлаждения водовоздушной смесью в теле форсунки предусмотрено технологическое отверстие для подвода воздуха переменного давления (рис 3). При необходимости охлаждения водовоздушной смесью принцип работы установки сводится к тому, что вода из резервуара с помощью электронасоса подается через систему патрубков на форсунку, где смешивается со сжатым воздухом, генерируемым электромеханическим поршневым компрессором. В результате образуется водовоздушная смесь, которая через выходное сопло направляется на поверхность охлаждаемого изделия.

Применяемая форсунка относится к центробежно – струйному типу и отличается от центробежной наличием двух потоков подводимой жидкости. Часть жидкости подводится тангенциально в камеру закручивания или проходит по винтовым периферийным каналам вставки, образуя вращающийся поток. Другая часть проходит через центральное отверстие вставки, образуя сплошную струю, причем ее диаметр должен быть несколько больше внутреннего диаметра кольцевого потока, вращающегося в сопловом канале. Тогда за счет взаимодействия потоков вращающаяся жидкость будет закручивать центральную струю, создавая единый поток, который на выходе из сопла образует факел в виде сплошного конуса [13].

В зависимости от соотношения давления воды и воздуха для данной конструкции форсунки приемлемы два состава предельных смесей. Первый состав: расход воды такой, при котором давление воздуха не распыливает воду до частиц размером меньше критической величины. В этом случае частицы воды не успевают полностью испариться, отвод пара затруднен и вследствие этого охлаждающая способность к смеси снижается.

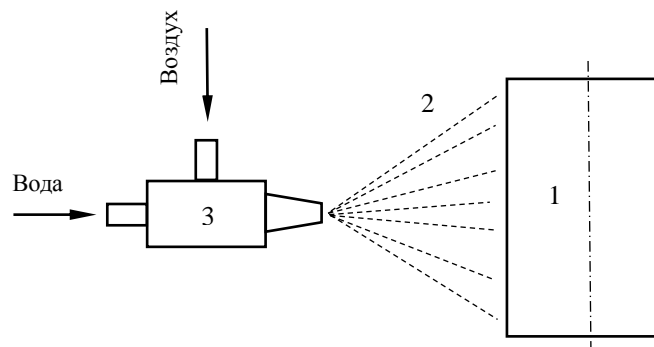


Рис. 3. Принципиальная схема работы форсунки:
1 – стальное изделие; 2 – водовоздушная смесь; 3 – форсунка

Второй состав: расход воды незначителен, и давление воздуха настолько увеличивает кинетическую энергию частиц воды, что приводит к сокращению времени контакта частиц воды с раскаленной поверхностью, поэтому охлаждающая способность водовоздушной смеси также снижается. Таким образом, правильным подбором соотношения давления воды и воздуха можно обеспечить рациональный расход воды.

Особенностью конструкции данного устройства является то, что появляется возможность проводить охлаждение стальных изделий в более широких пределах, а именно:

- воздухом высокого давления (подача воды перекрыта);
- струями воды (подача воздуха перекрыта);
- водовоздушной смесью.

В процессе охлаждения изменением давления воды, воздуха или того и другого вместе можно регулировать скорости охлаждения при любых температурах. При водовоздуш-

ном охлаждении в начале, когда нужно миновать зону наименьшей устойчивости аустенита, скорости охлаждения близки к скоростям охлаждения в воде. Режим охлаждения можно изменять при любых температурах.

ВЫВОДЫ

На основании проведенных испытаний стенда спреерного охлаждения можно заключить, что:

- охлаждающая способность водовоздушной смеси зависит от соотношения давления воды и воздуха;
- расход воды пропорционален корню квадратному от давления, поэтому при изменении давления изменяется и расход;
- на поверхность активного охлаждения значительное влияние оказывает расстояние от форсунки до охлаждаемой поверхности. Выбор оптимального расстояния зависит от конструкции форсунки и соотношения расхода воды и воздуха;
- применение данного метода охлаждения стальных изделий дает возможность получить широкий интервал скоростей охлаждения, от охлаждения в неподвижной воде до охлаждения в масле.

Таким образом, на основании результатов, полученных при опробовании стенда для охлаждения стальных изделий, можно заключить, что данное устройство может успешно использоваться для исследования процессов охлаждения массивных стальных изделий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гостев К. А. Влияние напряжений в прокатных валках на их эксплуатационную надежность / К. А. Гостев // *Сталь*. – 2008. – № 11. – С. 78–87.
2. Астафьев А. А. Термическая обработка валков прокатных станов / А. А. Астафьев, Г. Н. Алешечкина, В. Я. Моница – М.: НИИинформтяжмаши, 1976. – 37 с.
3. Адамова Н. А. Напряженно-деформированное состояние деталей при регулируемом охлаждении / Н. А. Адамова, Н. В. Власова, В. Г. Сорокин // *МиТОМ*. – 1991. – № 4. – С. 29–30.
4. Составы и термическая обработка современных валковых сталей / Вороненко Б.И. [и др.] // *МиТОМ*. – 1995. – № 11. – С. 17–23.
5. Плескач Б. В. Рациональное проектирование валков прокатных станов / Б. В. Плескач, А. М. Вейнов // *Прогрессивные технологии и системы машиностроения: сб. науч. тр. Вып. 31. – Донецк: ДонНТУ, 2006. – С. 237–245.*
6. Лаптев А. М. Компьютерное моделирование спреерной закалки прокатных валков / А. М. Лаптев, С. С. Захарчук, А. М. Вейнов // *Металлургическая теплотехника: сб. науч. тр. – Днепропетровск: НМАУ, 2008. – Вып. 1 (15). – С. 197–203.*
7. Минков А. М. Особенности процесса охлаждения крупногабаритных деталей / А. М. Минков // *Вестник ДГМА: сб. науч. тр. – Краматорск, 2011. – Вып. 4 (25). – С. 111–114.*
8. Борисов И. А. Разработка технологии спреерной закалки опорных валков прокатных станов / И. А. Борисов, А. И. Борисов // *МиТОМ*. – 1997. – № 8. – С. 2–4.
9. Борисов И. А. Охлаждение крупных поковок в водовоздушной смеси / И. А. Борисов, Л. Ф. Галанд // *МиТОМ*. – 1988. – № 10. – С. 17–22.
10. Закалка крупных поковок в водовоздушной смеси / И. Ю. Пышминцев, Ю. Г. Эйсмонт, Ю. В. Юдин [и др.] // *МиТОМ*. – 2003. – № 3. – С. 24–28.
11. Выбор водовоздушных сред для закалки крупных поковок / Захаров В. Б., Шабуров Д. В., Юдин Ю. В. [и др.] // *Сталь*. – 2003. – № 3. – С. 60–62.
12. Осколкова Т. Н. Спреерное охлаждение твердого сплава при закалке / Т. Н. Осколкова // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2011. – № 10. – С. 76–77.
13. Майсурадзе М. В. Характеристики водокапельных форсунок центробежно-струйного типа, используемых для закалки сталей / М. В. Майсурадзе, Ю. В. Юдин // *Изв. вузов. Черная металлургия*. – 2008. – № 8. – С. 45–48.