

УДК 621.791.753.042.5

Носовский Б. И., Гулаков С. В., Ярыза-Стеценко А. В., Псарёва И. С.

МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЯ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА

В процессе эксплуатации деталей металлургического оборудования изнашивается рабочий поверхностный слой. Для восстановления рабочего слоя и повышения его эксплуатационных характеристик производят наплавку материалом с необходимыми свойствами. При этом на характер износа оказывает влияние не только условия эксплуатации изделия, но и особенности формирования рабочего слоя наплавкой: неоднородность свойств наплавленного валика вдоль и поперек его, термическое воздействие последующего наплавленного валика на предыдущий при их взаимном перекрытии, особенности формирования сварочной ванны, доля участия основного металла или предыдущего наплавленного слоя в наплавляемом валике и др. [1–2]. Требования к свойствам наплавленного слоя определяются условиями эксплуатации [3].

Целью статьи является получение достоверной информации о свойствах наплавленного материала.

Детали металлургического оборудования подвергаются резкому нагреву и охлаждению, силовому воздействию, абразивному изнашиванию трущихся поверхностей. Это приводит к неравномерному износу рабочих поверхностей, формированию на них трещин термического воздействия, что ведет к нарушению оптимальных режимов работы агрегатов, снижению качества выпускаемой продукции, поломкам инструмента (рис. 1).

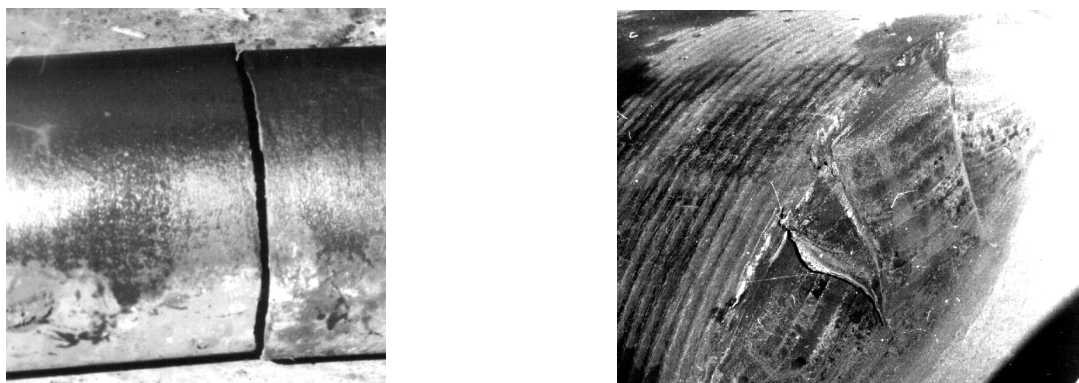


Рис. 1. Внешний вид разрушенного прокатного инструмента, упрочненного наплавкой

При выборе состава наплавленного металла наиболее достоверные результаты можно получить, используя натурные методы испытаний, однако они дороги и длительны, хотя и учитывают влияние всех факторов в процессе службы детали.

Для ускорения процесса исследований используют методы, позволяющие дифференцированно оценивать влияние отдельных факторов на работоспособность деталей. Для реализации этой задачи в Приазовском государственном техническом университете разработаны методики испытаний на стойкость против термических ударов, твердость и износ при трении металл по металлу при повышенных температурах.

Для реализации методики испытаний из пластин, наплавленных сплавом требуемого химического состава и прошедших (в случае необходимости) термическую обработку, вырезались образцы размером 70 × 70 × 30 мм, испытываемая поверхность которых подвергалась шлифовке для обеспечения плоскости по всей ширине наплавленного слоя.

Для испытаний наплавленного металла локальный участок размером 6×10 мм этой поверхности периодически подвергали быстрому нагреву до температур $600 - 800$ °С с последующим охлаждением струей воды.

Для этого к наплавленной поверхности с помощью нажимных винтов с усилием P прижимались два медных токоподводящих электрода 1 (рис. 2), которые в зоне контакта имеют площадь контактной поверхности 5×10 мм. Расстояние между электродами 6 мм.

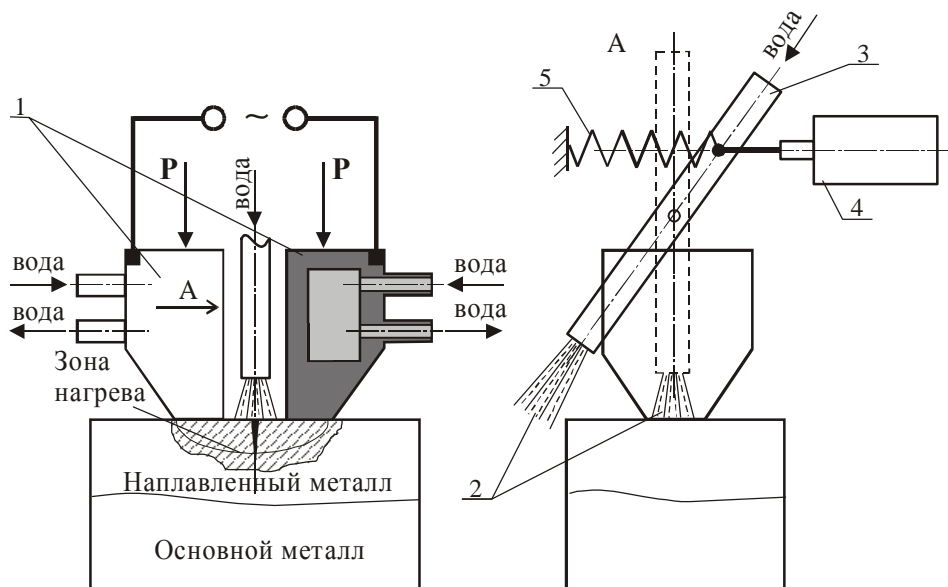


Рис. 2. Схема испытаний металла на сопротивляемость воздействию термических ударов

В связи со значительными токами, протекающими через токоподводы и составляющими десятки тысяч Ампер, токоподводящие электроды выполнены водоохлаждаемыми.

Для нагрева поверхностного слоя образца между электродами к последним подключена вторичная обмотка трансформатора машины для контактной сварки. Первичная обмотка трансформатора через тиристорный регулятор подключена к электрической сети.

Управление регулятором осуществляется от электронного блока управления, с помощью которого задается мощность и время действия источника нагрева. Во время прохождения электрического тока по образцу между токоподводящими контактами производится нагрев заданной зоны образца.

После нагрева на разогретый участок поверхности направляется струя 2 охлаждающей воды с помощью специального трубчатого сопла 3, которое может совершать колебательные перемещения за счет электромагнита 4 и возвратной пружины 5 (рис. 2). В момент включения тока нагрева подается напряжение на обмотку электромагнита 4, сопло 3 поворачивается в положение, указанной на рис. 1 сплошной линией, и струя воды течет мимо образца. Происходит его локальный нагрев.

При выключении тока нагрева выключается электромагнит и за счет возвратной пружины 5 сопло перемещается так, что струя воды попадает на нагретый участок, охлаждая его (положение сопла показано пунктиром).

Для быстрого удаления воды с поверхности нагрева ее располагают вертикально.

Испытания продолжают до момента образования трещины термической усталости, при этом с помощью электрического счетчика циклов нагрев – охлаждение фиксируется их количество.

Для проведения испытаний из наплавленного слоя вырезается призматический образец с поперечным сечением 3×6 мм, длина образца, как правило, находится в пределах $80 - 100$ мм.

Испытания проводились на твердомере Роквелла с применением специализированной установки для высокотемпературных механических испытаний наплавленного металла (рис. 3), в которой для указанных целей задействована часть оборудования, обеспечивающая нагрев образца проходящим электрическим током и поддержание заданной температуры на время проведения замера твердости.

Упрощенная электрическая схема блока нагрева приведена на рис. 3, а.

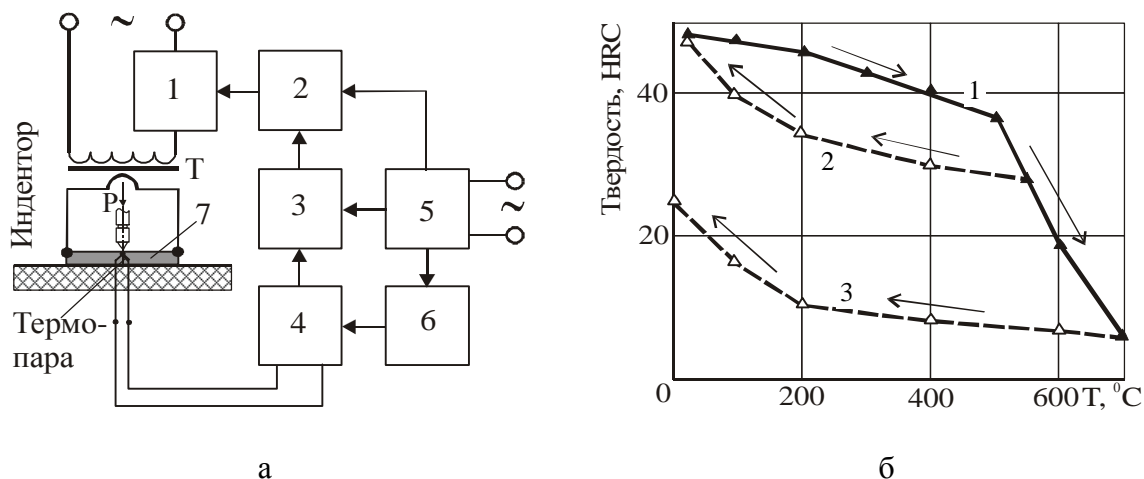


Рис. 3. Схема оценки твердости металла при повышенной температуре (а) и диаграммы изменения твердости испытуемого материала при его нагреве и охлаждении (б)

Схема состоит из силового трансформатора Т, блока тиристоров 1, блока управления тиристорами 2, усилителя 3, сравнивающего устройства 4, блока питания 5 и задающего устройства 6. В цепь первичной обмотки трансформатора включен тиристорный регулятор. Вторичная обмотка подключена с помощью гибких медных кабелей сечением 300 мм^2 к концам образца 7. В середине образца к его боковой поверхности высотой 3 мм приварена хромель-алюмелевая термопара диаметром 0,1 мм, соединенная с одним из входов сравнивающего устройства 4, ко второму входу которого подключен выход задающего устройства 6, с помощью которого устанавливается заданная температура нагрева образца.

Блок 4 формирует сигнал, который после усиления в блоке 3 управляет работой фазового регулятора, определяющего момент включения тиристоров относительно начала полупериода сетевого напряжения.

Тем самым обеспечивается точное поддержание температуры образца в зоне испытаний.

Испытания проводились, начиная с температуры образца, равной температуре окружающей среды. Затем, повышая температуру с заданным шагом ($50 \dots 100 \text{ }^\circ\text{C}$), измеряли твердость нагретого образца (рис. 3, б). Испытания продолжали до момента резкого падения твердости наплавленного металла (кривая 1).

Методика позволяет оценить максимальную температуру нагрева наплавленного металла, при которой в процессе охлаждения происходит восстановление свойств (кривая 2).

Увеличение температуры нагрева выше указанного значения приводит к тому, что свойства металла после действия термического цикла уже не восстанавливаются (кривая 3).

Точки (температуры) перегиба 1 и максимального нагрева 2, при котором происходит практически полное восстановление твердости металла после его охлаждения, являются показательными, характеризующими свойства наплавленного металла в условиях повышенных рабочих температур.

Схема испытаний на износ приведена на рис. 4, а внешний вид установки показан на рис. 5. Установка состоит (рис. 4) из силовой вилки 1, в концах которой закреплены образцы 2 для испытаний и скобы 3 с элементами нагружения: нажимным винтом 4 и пружиной 5.

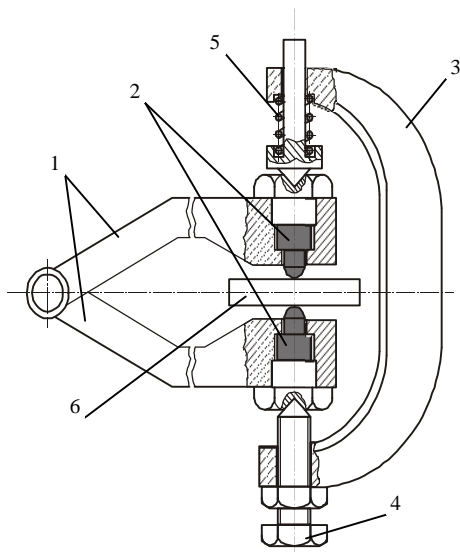


Рис. 4. Схема испытаний наплавленного металла на износ

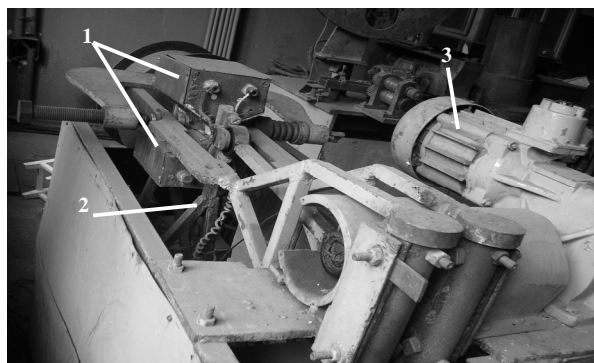


Рис. 5. Внешний вид установки для испытания на износ

Образцы с помощью системы нагружения прижимаются к контртелу 6, выполненному из стали Р18. Контртело помещено в специальную электрическую печь 1 (рис. 5, свободными остаются только две поверхности трения).

Электрическая печь обеспечивает нагрев контртела до заданной температуры испытания.

Контртело с печью, в свою очередь, закреплены на конце шатуна кривошипно-шатунного механизма 2, обеспечивающего их возвратно-поступательные колебания с заданной амплитудой. Привод кривошипно-шатунного механизма – асинхронный трехфазный электродвигатель 3 с червячным редуктором 4 (рис. 5).

Температура контртела, контролируется терморпарой, регулируется и поддерживается на заданном уровне в диапазоне 100...600 °С с помощью специального электронного устройства.

Образцы имеют рабочую (истираемую) поверхность сферической формы, что позволяет фиксировать уровень износа, как по потере массы образца, так и по изменению диаметра пятна контакта износа. Этим исключается необходимость обеспечения требуемой ориентации образца по отношению к поверхности контртела для обеспечения ее параллельности рабочей поверхности образца.

Это обеспечивает одинаковые начальные условия испытания образцов, что снижает разброс результатов.

Образцы изготавливаются из плоских наплавленных пластин или из стержней с наплавленным на их торцы испытуемым металлом.

ВЫВОДЫ

Внедрение разработанных методик позволило минимизировать временные, энергетические и финансовые затраты на разработку новых наплавочных материалов, обеспечивающих высокие эксплуатационные характеристики упрочненных наплавкой изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гулаков С. В. Наплавка рабочего слоя с регламентированным распределением свойств / С. В. Гулаков, Б. И. Носовский. – Мариуполь : ПГТУ, 2005. – 170 с.
2. Борисов В. Т. Физика металлов и машиноведение / В. Т. Борисов, В. М. Голиков, Г. В. Щербинский. – М. : Наука, 1961. – 426 с.
3. Седов Л. И. Механика сплошной среды. В 2-х т. Т. 2. / Л. И. Седов. – М. : Наука, 1981. – 528 с.