

УДК 669.1.017

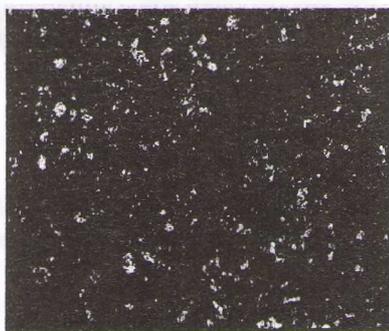
А.И. Гарост

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕТОДЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВОВ

Приведен пример расчета гидродинамических параметров барботажа закалочной среды, позволяющего осуществлять упрочнение тонкостенных деталей с интенсивным отводом тепла от них. Разработана новая технология термической обработки стальных изделий с применением интенсивного барботажа. Приведены результаты исследований термической обработки сталей в режиме интенсивного барботажа в охлаждающей жидкости на базе водных растворов полимера.

Ключевые слова: гидродинамические параметры, закалочная среда, закалка, барботаж, водорастворимый полимер.

Введение. Разработанный авторами способ термической обработки изделий из черных металлов [1; 2] предполагает использование принципиально новых экологически чистых составов охлаждающих технологических сред, являющихся водными растворами высокомолекулярного соединения, в качестве которого используется нейтрализованный водный раствор продукта щелочного гидролиза полиакрилонитрильного полимера с концентрацией 0,3–3,0 мас. %. Закалка в таких средах обеспечивает получение мартенситной или мартенсито-трооститной структуры, при этом исключается трещинообразование в тонкостенных деталях типа шайб (рисунок 1). Важно отметить, что закалку таких деталей целесообразно проводить в режиме интенсивного барботажа закалочной среды.



×250

а



×1000

б

Рисунок 1 – Структура тонкостенных деталей из стали 45 с трещиной после закалки в воде

Методика исследований. Расчет гидродинамических параметров. В режиме барботажа закалочной среды детали должны находиться в движении с целью интенсификации процесса отвода тепла от них и получения требуемых механических характеристик. Барботаж может осуществляться за счет ввода в систему сжатого

Гарост Александр Иванович, канд. техн. наук, доц., доц. каф. материаловедения и технологии металлов БГТУ (Минск).

Адрес для корреспонденции: ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Беларусь; e-mail: root@bstu.mibel.by

воздуха (от компрессора) или самой закалочной средой (от насоса). Поэтому основными параметрами, обеспечивающими как движение закаливаемых деталей, так и обеспечение барботажа, будут являться рабочее давление и расход воздуха (закалочной среды).

Деталь будет находиться в равновесии при выполнении следующего условия:

$$F + A = G, \quad (1)$$

где F – подъемная сила, Н; A – сила Архимеда, Н; G – сила тяжести, Н.

Величины, входящие в формулу (1), определяются по выражениям:

– подъемная сила:

$$F = p \cdot S, \quad (2)$$

где p – давление, действующее на деталь со стороны среды осаждения, Па; S – площадь проекции детали на плоскость, перпендикулярную направлению осаждения, м²;

– сила тяжести:

$$G = m \cdot g, \quad (3)$$

где m – масса детали, кг; $g = 9,81$ м/с² – ускорение свободного падения.

Силой Архимеда в данном случае можно пренебречь, так как она пренебрежимо мала по сравнению с силой тяжести.

Следовательно, минимальное давление, необходимое для подъема детали, выражается из уравнений (1)–(3):

$$p_{\min} = \frac{m \cdot g}{S}. \quad (4)$$

Расход среды для создания барботажа V_c , м³/с, определяется по уравнению

$$V_c = w \cdot S_a, \quad (5)$$

где w – средняя скорость воздуха, м/с; S_a – площадь сечения рабочей зоны аппарата, м².

Средняя скорость воздуха определяется из расчетной формулы для критерия Рейнольдса Re :

$$Re = \frac{0,7 \cdot w \cdot d_3 \cdot \rho_c}{\mu_c}, \quad (6)$$

где 0,7 – коэффициент, учитывающий газонаполнение; d_3 – эквивалентный диаметр детали, м; ρ_c – плотность среды, кг/м³; $\mu_c = 0,92 \cdot 10^{-3}$ Па·с – коэффициент динамической вязкости среды.

$$d_3 = \sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}} = \sqrt[3]{1,5 \cdot d^2 \cdot \delta}. \quad (7)$$

Критерий Рейнольдса определяется из следующего выражения:

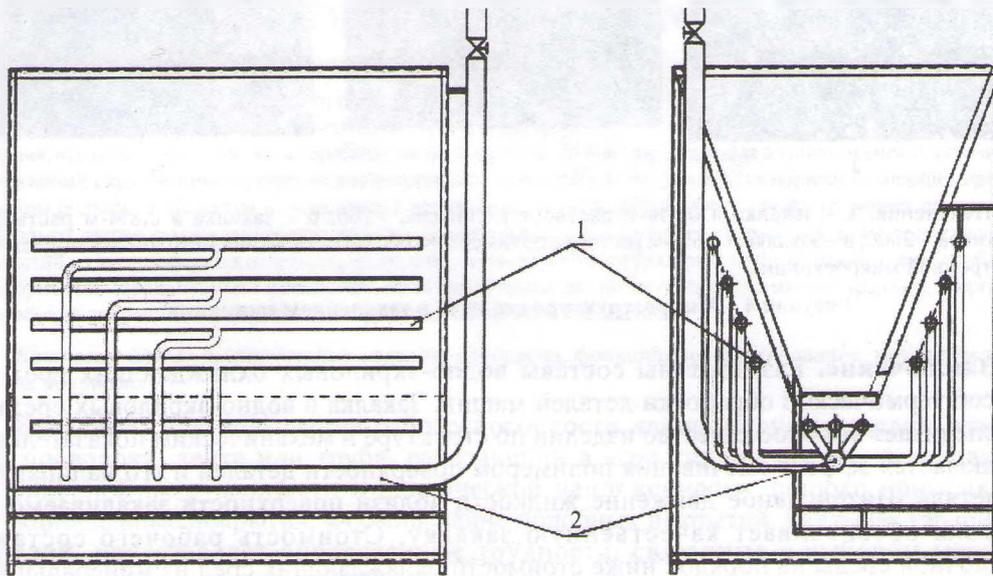
$$Re = \frac{Ar \cdot \varepsilon^{4,75}}{18 + 0,6 \cdot \sqrt{Ar \cdot \varepsilon^{4,75}}}, \quad (8)$$

где ε – порозность барбатирующего слоя. Принимается из диапазона 0,5–0,65; Ar – критерий Архимеда.

Критерий Архимеда определяется по формуле

$$Ar = \frac{d_3^3 \cdot \rho_a \cdot \rho_{cm} \cdot g}{1,65 \cdot \mu_a^2}. \quad (9)$$

Результаты и обсуждение. Экспериментальные исследования технологии закалки деталей в режиме барботажного охлаждения проводили в промышленных условиях на разработанной установке (рисунок 2). Закаливали шайбы двигателей, изготовленные из стали 45 (рисунок 3).



Пояснения: 1 – барботажные трубы; 2 – коллектор.

Рисунок 2 – Схема промышленной установки

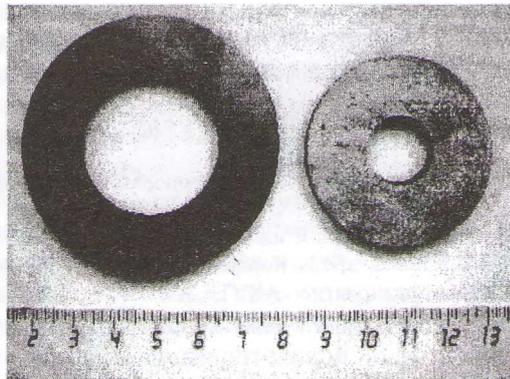


Рисунок 3 – Шайбы двигателей

После охлаждения шайб в 0,8%-м растворе полимера структура стали мартенситная (HRC 53) с небольшими отдельными включениями феррито-цементитной смеси (рисунки 4а, б). Путем изменения концентрации раствора охлаждающей среды обеспечиваются требуемые механические характеристики и структура после термической обработки. Так, при использовании 1,6%-го раствора полимера (рисунок 4в) образуется мартенситная структура со значительными выделениями зернистого троостита (HRC 42), что в ряде случаев необходимо по техническим условиям.



Пояснения: а – закалка в 0,8%-м растворе полимера, $\times 500$; б – закалка в 0,8%-м растворе полимера, $\times 2000$; в – закалка в 1,6%-м растворе полимера, $\times 1000$ (исследования методом сканирующей электронной микроскопии).

Рисунок 4 – Микроструктура стали 45 в закаленном состоянии

Заклучение. Разработаны составы водно-акриловых охлаждающих сред и способ термической обработки деталей машин. Закалка в водно-акриловых средах обеспечивает высокое качество изделий по структуре и механическим показателям, исключается эффект смачивания полимером поверхности деталей и его налипания на деталь. Интенсивное движение жидкости вблизи поверхности закаливаемого изделия обеспечивает качественную закалку. Стоимость рабочего состава закалочной среды на порядок ниже стоимости охлаждающих сред из минеральных масел, а срок эксплуатации значительно выше. При этом отсутствует проблема утилизации отходов. Для обеспечения высокого качества термически обработанных изделий и исключения решающей роли квалификации обслуживающего персонала (термистов) все охлаждающие ёмкости должны снабжаться воздушно-барботажными (струйнобарботажными) корзинами. Разработанная технология термической обработки стальных изделий внедрена на ряде предприятий Республики Беларусь. Налажен выпуск охлаждающей среды в промышленных масштабах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гарост, А.И. Железоуглеродистые сплавы: структурообразование и свойства / А.И. Гарост. – Минск : Беларус. навука, 2010. – 252 с.
2. Способ термической обработки изделий из черных металлов: пат. 11233 Респ. Беларусь, МПК7 С 21D 1/56 / А.И. Гарост, Е.П. Шишаков, А.К. Корнейчик; заявитель Беларус. гос. технологич. ун-т, произв.-торговое частное унитарное предприятие «АКУТА-ИФ». – № а 20070625; заявл. 24.05.2007; опубл. 30.10.2008 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2008. – № 5. – С. 174.

Поступила в редакцию 11.01.13.

An example of the calculation of hydrodynamic parameters of a splash lubrication of quenching compound, which allows to carry out a hardening of thin-walled details with an intensive heat removal from them, is adduced. A new technology of heat treatment of steel products using an intensive barbotage is developed. Results of studies of heat treatment of steels in burst of intensive splash lubrication in the coolant water-based polymer solutions are adduced.

Keywords: hydrodynamic parameters, quenching compound, hardening, barbotage, water-soluble polymer.

