

В случае изотермической или ступенчатой закалки он предусматривает охлаждение после аустенитизации в воде до заданной температуры изотермы, а затем выдержку при ней в печи (схема вода – печь). Охлаждение в воде проводится, чтобы исключить распад аустенита с образованием ферритно-карбидной смеси. При проведении прерывистой закалки охлаждение после воды осуществляется на воздухе (схема вода – воздух) или в сыпучем материале, (песок, графит, корунд), нагретом на заданную температуру, (схема вода – сыпучий материал). Эффективны эти способы охлаждения также и в случае закалки сталей из межкритического интервала температур. Необходимо дифференцированно с учетом химического состава и условий эксплуатации назначать термовременные параметры этих термообработок. Новые способы закалки являются ресурсосберегающими, т. к. не требуют затрат на приобретение масла, солей и щелочей.

### Список литературы

1. *Малинов Л.С.* Ресурсосберегающие экономнолегированные сплавы и упрочняющие технологи, обеспечивающие эффект самозакалки / Л.С. Малинов, В.Л. Малинов. Мариуполь: Изд-во «Рената», 2009. - 568 с.

УДК 669.15'.74.-194-15.669.17

**Л. С. Малинов, Д. В. Булова, В. Д. Гоманюк**

Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь

### **НОРМАЛИЗАЦИЯ И ЗАКАЛКА КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ ИЗ МЕЖКРИТИЧЕСКОГО ИНТЕРВАЛ TEMПЕРАТУР – АЛЬТЕРНАТИВА АНАЛОГИЧНЫМ ОБРАБОТКАМ ИЗ АУСТЕНИТНОЙ ОБЛАСТИ**

Актуальной проблемой в настоящее время является энергосбережение. Одним из важных направлений его реализации является использование термообработки многих конструкционных сталей перлитного, бейнитного, мартенситного классов с нагревом в межкритический интервал температур (МКИТ). Следует подчеркнуть, что в промышленности широко используется лишь закалка из МКИТ сталей для глубокой вытяжки и холодной высадки. Большинство конструкционных сталей нагревают при проведении нормализации и закалки в аустенитную область (выше  $A_{c3}$ ). Это обу-

словлено существующими в учебной и технической литературе представлениями о невозможности получения требуемого уровня механических свойств после термообработки с нагревом в МКИТ из-за неполной перекристаллизации и присутствия в структуре феррита. Наши исследования и ряд публикаций других авторов показывают, что применение рациональных термовременных режимов термообработки с нагревом в МКИТ позволяет получить у сталей хорошее сочетание механических свойств и повышенную износостойкость. Содержание в конструкционных сталях Ti, V, Nb во многих случаях исключает необходимость нагрева выше  $A_{c3}$  для получения мелкого зерна. Небольшое количество феррита в виде мелких равномерно распределенных в структуре включений способствует повышению пластичности и ударной вязкости. Особенно хороший комплекс механических свойств достигается получением многофазной микронеоднородной структуры с метастабильным аустенитом при его оптимальном количестве и стабильности применительно к конкретным условиям нагружения. Например, закалка из МКИТ в двух охладителях, ступенчатая и изотермическая закалка сталей позволяют уменьшить энергозатраты при термообработке, а также получить хорошее сочетание механических свойств. С нагревом в МКИТ целесообразно в ряде случаев проводить нормализацию. Наиболее высокий уровень свойств после термообработки с нагревом в МКИТ достигается проведением перед выдержкой в МКИТ или после нее полной аустенитизации.

Установлено, что нормализация малоуглеродистых сталей: 09Г2С, ЕН36, 14Г2, 20ГЛ, 20ГФЛ с нагревом в МКИТ [ $A_{c1}+(50-70\text{ }^{\circ}\text{C})$ ] и выдержкой по рациональному режиму позволяют получить более высокий уровень прочностных свойств, чем после аналогичной типовой термообработки с нагревом в аустенитную область. При этом пластичность и ударная вязкость сохраняются на требуемом уровне.

Показана целесообразность закалки сталей 09Г2С, ЕН36 и 10Г2ФБ из МКИТ, а не из аустенитной области (960, 1100  $^{\circ}\text{C}$ ), как это ранее предложено в ряде работ. Получение в этих сталях 85-90 % низкоуглеродистого мартенсита и 10-15 % феррита, обеспечивает у них уровень механических свойств, соответствующий таковому у среднеуглеродистых улучшаемых сталей после закалки и высокого отпуска. Это в ряде случаев позволяет для деталей небольшого сечения (до 25 мм) заменить их низкоуглеродистыми низколегированными сталями. При этом уменьшаются энергозатраты на проведение термообработки и исключается использование дорогого и неэкологичного масла, широко применяющегося в качестве охлаждающей среды при закалке низколегированных улучшаемых сталей. Установлено, что у мало- и среднеуглеро-

дистых низколегированных сталей нагревом под закалку в МКИТ [ $Ac_3$ -(10-30 °C)] и снижением на 50-100 °C температуры отпуска по сравнению с типовой технологией, достигается равный или более высокий уровень прочностных свойств и абразивной износостойкости при той же пластичности и ударной вязкости.

Показано, что в сталях 30ХГСА, 38ХС, 45Г, 60С2, 60С2ХФА и др. после оптимальных режимов изотермической закалки из МКИТ получено удлинение более 20 %, при временном сопротивлении  $\sigma_b \geq 1000$  МПа, что не достижимо в них после типовых термообработок. Кроме того, термообработка с нагревом в МКИТ повышает абразивную износостойкость. Это обусловлено получением мелкозернистой дисперсной многофазной структуры, включающей нижний бейнит, феррит (10-20 %), небольшое количество карбидов, не растворившихся при неполной аустенитизации, метастабильный аустенит (10-15 %, у сталей с повышенным содержанием углерода - до 30 %), позволяющий реализовать динамическое деформационное мартенситное превращение при испытаниях механических свойств и абразивной износостойкости.

### Список литературы

1. *Малинов Л. С.* Разработка экономнолегированных высокопрочных сталей и способов упрочнения с использованием принципа регулирования мартенситных превращений. / Л.С. Малинов. - Дис. ... докт. техн. наук: 05.16.01 / Екатеринбург, 1992. - 381 с.

УДК 669.15.74.194-15: 669.17

**Л. С. Малинов**

Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь

### **ТЕХНОЛОГИИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ В СПЛАВАХ МАКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРАДИЕНТОВ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ – ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ**

Одним из перспективных инновационных научно-прикладных направлений в ресурсо- и энергосбережении является предложенное автором еще в середине 70-х годов прошлого века и интенсивно развивающееся в настоящее время создание в