

**Малинов Л.С., Троцан А.И., Бурова Д.В.**

*(ГВУЗ «ІПТУ», г. Мариуполь)*

**ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ТЕРМООБРАБОТКИ СТАЛИ 38ХС  
С НАГРЕВОМ В МЕЖКРИТИЧЕСКИЙ ИНТЕРВАЛ ТЕМПЕРАТУР (МКИТ)**

E-mail: Malinovadasha@yandex.ru

В заводской практике используются такие технологии термообработки, как нормализация, закалка, в том числе изотермическая и прерывистая. В большинстве случаев они предусматривают нагрев в аустенитную область до температур, превышающих  $A_{с3}$ . Энергосбережение, являющееся важной задачей, возможно за счет снижения температуры нагрева при термообработке. Это реализовано, например, при закалке из МКИТ низкоуглеродистых низколегированных сталей, предназначенных для изготовления деталей глубокой вытяжкой. Термообработка среднеуглеродистых сталей с нагревом в МКИТ в промышленности не применяется, т.к. считается, что присутствующий в структуре свободный феррит снижает механические свойства. Однако известно небольшое число работ, в которых показано, что нагрев в МКИТ при проведении термообработки может быть полезен. В данной работе изучалось влияние закалки с последующим высоким отпуском, изотермической и прерывистой закалки после нагрева в МКИТ на структуру и механические свойства исследованной стали. Установлено, что термообработка с нагревом в МКИТ обеспечивает большую мелкозернистость, чем типовая – с нагревом в аустенитную область. По мере повышения температуры нагрева в МКИТ или продолжительности выдержки при постоянной температуре уменьшается количество свободного феррита и размеры его участков. Улучшение с закалкой из МКИТ, при той же температуре отпуска, что и при типовой термообработке, позволяет получить более высокую пластичность и ударную вязкость. При рациональном режиме нагрева под закалку и несколько более низкой температуре (на  $50...100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) высокого отпуска может быть получен такой же уровень механических свойств, как и после типовой термообработки, что обеспечивает энергосбережение. Наиболее эффективны в этом отношении изотермическая и прерывистая закалка из МКИТ. Они позволяют получить более высокий уровень прочностных свойств по сравнению с ними после улучшения при той же или даже существенно более высокой пластичности. Так после изотермической закалки по режиму: нагрев на  $780\text{ }^{\circ}\text{C}$ , выдержка 60 мин., охлаждение в воде до  $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ , выдержка при этой температуре 40 мин., получены следующие механические свойства:  $\sigma_{0,2} = 1004\text{ МПа}$ ,  $\sigma_{в} = 1120\text{ МПа}$ ,  $\delta = 18\%$ ,  $\psi = 60\%$ ,  $KCU = 1,3\text{ МДж/м}^2$ . Высокий уровень механических свойств после оптимального режима изотермической закалки обусловлен получением многофазной структуры, включающей нижний бейнит, небольшое количество не растворившихся карбидов, феррит  $\sim 15\%$  и  $\sim 12\%$  остаточного аустенита. При этом последний в процессе испытаний механических свойств превращается в мартенсит деформации, что определено рентгеновским методом. Следствием  $\gamma \rightarrow \alpha$  превращения является ПНП-эффект. Дополнительная кратковременная аустенитизация при  $950\text{ }^{\circ}\text{C}$  после выдержки в МКИТ и последующая изотермическая закалка при  $350\text{ }^{\circ}\text{C}$  позволяет получить наиболее высокий уровень прочностных свойств ( $\sigma_{0,2} = 1200\text{ МПа}$ ,  $\sigma_{в} = 1490\text{ МПа}$ ) при достаточной пластичности ( $\delta = 15\%$ ) и ударной вязкости ( $KCU = 1,1\text{ МДж/м}^2$ ). Хорошее сочетание механических свойств ( $\sigma_{0,2} = 1245\text{ МПа}$ ,  $\sigma_{в} = 1585\text{ МПа}$ ,  $\delta = 12\%$ ,  $\psi = 50\%$ ,  $KCU = 0,8\text{ МДж/м}^2$ ) получено в исследованной стали после прерывистой закалки, проведенной по схеме: нагрев в МКИТ на  $780\text{ }^{\circ}\text{C}$ , выдержка 60 мин., кратковременная аустенитизация, аналогичная той, что рассмотрена в предыдущем случае и прерывистое охлаждение вода – воздух. Важно подчеркнуть, что полученный уровень механических свойств после изотермической и прерывистой закалки исключает применение высокого отпуска, который необходим при типовой

термообработке – улучшении. Следствием этого является повышение производительности при термообработке и сокращение энергозатрат.