

Малинов Л.С., Хлестов В.М., Бурова Д.В., Гоманюк В.Д.

(ГВУЗ «ПГТУ», г. Мариуполь)

ТЕРМООБРАБОТКА СТАЛИ 25X1M1Ф С НАГРЕВОМ В МЕЖКРИТИЧЕСКИЙ ИНТЕРВАЛ ТЕМПЕРАТУР

E-mail: leonid-malinov@yandex.ru

Одним из перспективных направлений энергосбережения является термообработка доэвтектоидных сталей (нормализация, закалка) из межкритического интервала температур (МКИТ), а не из аустенитной области, как это принято в настоящее время. В данной работе такая возможность изучалась на стали 25X1M1Ф. Для установления особенностей структурных превращений для этой стали построены термокинетические диаграммы (ТКД) при охлаждении из МКИТ и аустенитной области. Особенностью ТКД, построенной при охлаждении из МКИТ, является то, что не обнаружена область образования нового феррита. Устойчивость переохлажденного аустенита в перлитной области, бейнитном и мартенситном интервалах температур увеличилась. Это должно обеспечить повышение прокаливаемости стали при закалке из МКИТ, а также присутствие после закалки в структуре наряду с мартенситом или бейнитом остаточного аустенита, оказывающего заметное влияние на механические свойства.

После закалки из МКИТ с 840 °С и высокого отпуска при 500 °С прочностные свойства стали 25X1M1Ф лишь незначительно ниже, чем после типовой термообработки, отличающейся закалкой из аустенитной области. Снижение температуры отпуска с 500 °С до 400 °С после проведения закалки из МКИТ (от 840 °С) позволяет получить почти тот же уровень механических свойств, что и после проведения закалки по типовому режиму с нагревом на 880 °С и отпуском при 500 °С (табл. 1), что делает закалку из МКИТ более предпочтительной.

После закалки из МКИТ (840 °С, 10 мин) и отпуска 200 °С, 60 мин сталь 25X1M1Ф имеет следующие механические свойства: $\sigma_{0,2} = 1420$ МПа, $\sigma_B = 1612$ МПа, $\delta = 11\%$, $\psi = 48\%$, $KCU = 0,94$ МДж/м².

Таблица 1 – Механические свойства стали 25X1M1Ф после закалки из МКИТ и закалки из аустенитной области и последующего отпуска

Термическая обработка	Механические свойства				
	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	ψ , %	KCU, МДж/м ²
Закалка из МКИТ 840 °С, выдержка 10 мин, отпуск при 400 °С, 60 мин	1377	1216	11	50	1,00
Закалка с 880 °С, выдержка 10 мин, отпуск при 500 °С, 60 мин (типовой режим)	1380	1207	10	47	0,92

Прочностные свойства в этом случае значительно выше, чем у улучшаемых сталей, а пластичность и ударная вязкость находятся на том же уровне, что и у них. Такое сочетание механических свойств обеспечивает многофазная структура, в которой присутствуют нижний бейнит, ~ 15% феррита, небольшое количество карбидов, 7...12% остаточного аустенита. Важно подчеркнуть, что остаточный аустенит является метастабильным, так как, согласно данным рентгеновского анализа, в процессе испытаний на растяжение он превращается в мартенсит деформации, что вызывает ПНП-эффект. В стали 25X1M1Ф после прерывистой и изотермической закалки из МКИТ, получен повышенный уровень прочностных свойств по сравнению с достигаемым у среднеуглеродистых сталей после улучшения, при той же пластичности и ударной вязкости ($\sigma_{0,2} \geq 1200$ МПа, $\sigma_B \geq 1300$ МПа, $\delta \geq 12\%$, $\psi \geq 50\%$, $KCU \geq 1,0$ МДж/м²). Это позволяет использовать сталь 25X1M1Ф для деталей ответственного назначения. В результате расширяется область использования малоуглеродистой стали. Кроме того, снижение температуры нагрева под закалку и отпуск (или его исключение при изотермической и прерывистой закалке) позволяет существенно снизить энергозатраты на термообработку.