

Малінов Л.С., Солідор Н.А., Мілентьєв В.О.

(ДВНЗ «ПДТУ», м. Маріуполь)

ПІДВИЩЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СТАЛЕЙ 35ХМЛ І 35ХМФЛ ЗА РАХУНОК ТЕРМООБРОБКИ З НАГРІВАННЯМ В МКІТ

E-mail: solidor@rambler.ru

На металургійних комбінатах України відповідальні деталі металургійного устаткування виготовляють зі сталі 35ХМЛ. Враховуючи їх недовговічність, проведені в роботі дослідження направлені на підвищення механічних властивостей цієї сталі за рахунок мікролегування ванадієм, а також застосування нових способів термообробки, які в заводській практиці до даної сталі не застосовуються.

В роботі досліджено вплив витримки в МКІТ на мікроструктуру і механічні властивості сталей 35ХМЛ і 35ХМФЛ. Температура нагрівання в МКІТ складала 780 °С ($\tau_{\text{в}}$ від 30 до 120 хв.). Відпуск після гартування при 200 °С складав 1 год. Отримані дані свідчать про те, що по мірі збільшення витримки в МКІТ кількість фериту в структурі обох сталей зменшується, а частка мартенситу зростає. Це є наслідком ізотермічного $\alpha \rightarrow \gamma$ перетворення в процесі витримки в МКІТ. При цьому спостерігається збільшення твердості від HRC 38 до HRC 55. Максимальні властивості міцності в обох сталях отримані після витримки в МКІТ 120 хв. Зміна властивостей після витримки в МКІТ в сталях 35ХМЛ і 35ХМФЛ, хоч і носить однаковий характер, але в сталі з ванадієм комплекс механічних властивостей вище. Підвищення $\sigma_{\text{в}}$ і $\sigma_{0,2}$ зі збільшенням тривалості витримки в МКІТ можна пояснити зростанням вмісту вуглецю в мартенситі після гартування внаслідок його перерозподілу між α - і γ -фазами в МКІТ, збагаченням останньої, а також більшою дрібнозернистістю і присутністю карбідів (карбонітридів) ванадію в структурі.

Збільшення пластичності й ударної в'язкості при одночасному зростанні властивостей міцності пояснюється отриманням в структурі після гартування разом із мартенситом, феритом і карбонітридами ванадію метастабільного аустеніту, кількість якого, згідно даних рентгенівського аналізу, складає 13...15 %. Цей аустеніт в процесі випробувань механічних властивостей перетворюється на мартенсит, що обумовлює прояв ПНП-ефекту.

В роботі досліджено вплив температури нагрівання під гартування (760, 780, 800 °С) в МКІТ ($\tau_{\text{в}}$ = 120 хв.) + відпуск при 200 °С, 1 год.) на механічні властивості сталі 35ХМФЛ. Отримані дані показують, що з підвищенням температури нагрівання у вибраному температурному інтервалі властивості міцності зростають, а пластичність і ударна в'язкість знижуються. Це обумовлено збільшенням частки мартенситу в структурі і, відповідно, зменшенням кількості фериту й аустеніту. Найкраще поєднання властивостей отримане після гартування від температури 780 °С. Враховуючи, що в структурі сталей 35ХМЛ і 35ХМФЛ разом з мартенситом, карбідами (карбонітридами) і залишковим аустенітом присутній ферит, що знижує властивості міцності, досліджувалася можливість усунути його короткочасним нагріванням після витримки в МКІТ при 780 °С (для сталі 35ХМЛ час при цій температурі складав 90 хв., а для 35ХМФЛ – 120 хв.) в аустенітну область (870 °С, 4 хв.). Після цього проводилося охолодження в маслі і відпуск при 200 °С, 1 год. В результаті такої термообробки було отримано вищий рівень властивостей міцності при достатньому рівні пластичності й ударної в'язкості. Сталь 35ХМЛ після вказаної термообробки має такі механічні властивості: $\sigma_{0,2}$ = 1120 МПа, $\sigma_{\text{в}}$ = 1280 МПа, δ = 10 %, ψ = 55 %, K_{CU} = 0,49 МДж/м², а 35ХМФЛ: $\sigma_{0,2}$ = 1280 МПа, $\sigma_{\text{в}}$ = 1320 МПа, δ = 10,5 %, ψ = 56 %, K_{CU} = 0,50 МДж/м².

Позитивний ефект термообробки, який включає попереднє нагрівання і витримку в МКІТ та подальшу короткочасну аустенітизацію, обумовлений тим, що в структурі зникає ферит, зберігається метастабільний аустеніт і карбіди, особливо в сталі, яка легована ванадієм. Важливим чинником є отримання разом з високо- і середньовуглецевим мартенситом ще і низьковуглецевого, що має підвищену пластичність. Це підтверджує ефективність отримання мікронеоднорідної структури, однією з важливих складових якої є метастабільний аустеніт.

Найбільш високий рівень механічних властивостей після нормалізації і поліпшення в досліджених сталях отримано при проведенні термічної обробки з нагрівом в МКІТ, особливо з подальшою короткочасною аустенітизацією.