

закалку в маслі с різних температур в інтервалі от 850 до 1050 °С и отпуск при 200 °С 1ч.

Испытания абразивной износостойкости проводились на установке типа Бринелля-Хаурта. Проводились металлографические и дюрометрические исследования. Фазовый состав определялся рентгеновским методом на установке Дрон-3 в железном K_{α} излучении. Полученные результаты позволили определить оптимальную температуру нагрева под закалку, которая составляет 960 °С. В результате после низкого отпуска в структуре наряду с мартенситом и карбидами титана и ванадия получено 25-30% остаточного аустенита. Более низкая температура нагрева под закалку, чем оптимальная, приводит к получению меньшего его количества, а более высокая температура аустенитизации уменьшает количество карбидов в структуре увеличивает долю остаточного аустенита, но повышает его стабильность по отношению к динамическому мартенситному превращению. Закалка с оптимальной температуры и низкий отпуск повышают абразивную износостойкость на 25-30% по сравнению с термообработкой, обеспечивающей получение структуры мартенсита отпуска и карбидов. Новая технология термообработки футеровочных плит течек, отливаемых из стали 75ХФТЛ внедрена в РМЦ 1.

ВПЛИВ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ З НАГРІВОМ В МКІТ НА МІКРОСТРУКТУРУ І МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СТАЛЕЙ 35ХМЛ ТА 35ХМФЛ

Л.С. Малінов професор ДВНЗ «ПДТУ»,
Н.А. Солідор, доцент ДВНЗ «ПДТУ»,
В.О. Мілентьев, аспірант, ДВНЗ «ПДТУ»

На комбінаті ПАТ «ММК ім. Ілліча» і багатьох інших підприємствах України для відповідальних деталей металургійного устаткування застосовують сталь 35ХМЛ. Враховуючи, що їх довговічність часто не задовольняє збільшеним вимогам експлуатації, проведені дослідження були направлені на підвищення механічних властивостей цієї сталі за рахунок мікролегування ванадієм, а також застосування 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 після гартування, оскільки ця обробка показала свою ефективність на ряді сталей різного хімічного складу. Температура нагріву в МКІТ складала 780 °С, витримка

варіювалася від 30 до 120 хвил. для визначення її оптимального значення. Відпуск після гартування при 200 °С складав 1 год. Отримані дані свідчать про те, що у міру 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. Цьому відповідає збільшення твердості від HRC 38 до HRC 55. Максимальні властивості міцності в обох сталях отримані після витримки в МКІТ 120 хвил. В сталі 35ХМЛ характеристики пластичності зростають після 90 хвил. витримки при 780 °С, а потім знижуються, в 35ХМФЛ найбільша пластичність досягається після витримки 120 хвил. 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 σ_B 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 за даними рентгенівського аналізу, складає 13-15 %. Цей аустеніт в процесі випробувань механічних властивостей перетворюється на мартенсит, що обумовлює прояв ПНП-ефекту (пластичність, що наведена перетворенням).

В роботі досліджувався вплив температури нагріву під гартування (760, 780, 800 °С) в МКІТ (витримка 120 хвил., завершальна операція – відпуск 200 °С, 1 год.) на механічні властивості сталі 35ХМФЛ. Отримані дані показують, що з підвищенням температури нагріву 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 з 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 нагрівом після витримки в МКІТ при 780 °С (для сталі 35ХМЛ час при цій температурі складав 90 хвил., а для 35ХМФЛ – 120 хвил.) в аустенітну область (870 °С, 4 хвил.). 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, $\sigma_B=1280$ МПа, $\delta=10\%$, $\psi=55\%$, $KCU=0,49$ МДж/м², а 35ХМФЛ: $\sigma_{0,2}=1280$ МПа, $\sigma_B=1320$ МПа, $\delta=10,5\%$, $\psi=56\%$, $KCU=0,50$ МДж/м².

Слід підкреслити, що після звичайного гартування з 870 °С в масло і низького відпуску при менших значеннях тимчасового опору ($\sigma_B=1080$ МПа) у цієї сталі досягаються і нижчі значення пластичності ($\delta=5,6\%$, $\psi=22\%$), і ударної в'язкості ($KCU=0,30$ МДж/м²). Позитивний ефект термообробки, який включає попередній нагрів і витримку в МКІТ та подальшу короточасну аустенізацію, 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.

Мікролегування ванадієм підвищує механічні властивості сталі 35ХМЛ після всіх досліджених режимів термічної обробки. У зв'язку з цим для деталей, що працюють в найбільш важких умовах, слід застосовувати сталь 35ХМФЛ замість 35ХМЛ.

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

ПОВЫШЕНИЕ АБРАЗИВНОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ СТАЛИ 9ХФ ЗА СЧЕТ ПОЛУЧЕНИЯ В ЕЕ СТРУКТУРЕ МЕТАСТАБИЛЬНОГО АУСТЕНИТА

Л.С. Малинов, профессор ГВУЗ «ПГТУ»,
В.Д. Гоманюк, мастер производственного обучения ГВУЗ «ПГТУ»,
В.В. Аниченков.

Бандажи для барабанов брикетирования угля изготавливают из стали 9ХФ. Применяемая термообработка этих деталей включает закалку в масле с 840°С и отпуск при 450°С. Твердость деталей составляет HRC 52-54. Такая сравнительно невысокая твердость обусловлена необходимостью механической обработки внутренней поверхности бандажей. Однако срок эксплуатации бандажированных барабанов из-за абразивного и ударно-абразивного износа составляет