

РОЛЬ КАРБІДНОЇ ФАЗИ В ПРОЦЕСАХ РУЙНУВАННЯ ПОЛІПШЕНИХ СТАЛЕЙ

О.А. Кузін, Т.М. Мещерякова, *В.І. Кушпір

*Національний університет "Львівська політехніка",
вул. С. Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013*** Львівська філія Дніпропетровського національного університету
залізничного транспорту, вул. І. Блажкевич 12а, Львів, 79052*

Наявність у сталях фаз, властивості яких істотно відрізняються, сприяє крихкому руйнуванню, тому що під напруженнями поблизу міжфазних границь у фазі з низькою границею текучості виникає концентрація напружень. Підвищення опору крихкому руйнуванню досягають, створюючи максимально однорідну структуру, фазові складові якої мають близькі значення опору деформації, та регулюючи розмір зерна, форму й орієнтацію кристалітів, величину карбідів у тілі зерна і на поверхнях розділу, перерозподіл зернограничних домішок і фаз, а також структурно-енергетичний стан границь зерен. Щоб визначити способи управління структурою і станом внутрішніх поверхонь розділу, вивчали зв'язок між карбідоутворенням під час відпуску і окрихченням сталей.

Із сталей 20, 12ХН3А, 20ХН3А, 40, 40Х виготовляли зразки, які гартували (після нагрівання в соляній ванні) і відпускали при 873 К з охолодженням у воді. Для частини зразків здійснювали вторинний окрихчувальний відпуск при 823 К протягом двох годин із подальшим повільним охолодженням. Після термічної обробки визначали твердість, механічні властивості і схильність до крихкого руйнування сталей, яку оцінювали за порогом холодноламкості T_{50} при випробуваннях зразків на ударний згин в інтервалі температур від 77 до 373 К з вимірюванням ударної в'язкості і процента в'язкої складової у зламі.

Із підвищенням вмісту вуглецю зміщення порогу холодноламкості ΔT_{50} у бік високих температур після вторинного відпуску збільшується для вуглецевих і легованих сталей. Проте зміна величини ΔT_{50} у легованих сталях більша, ніж у вуглецевих, що пов'язано з впливом карбідної фази.

Крихке руйнування вуглецевих сталей після поліпшення відбувається переважно через зеренно. Окрихчувальна обробка сталей 20 і 40 збільшує кількість зернограничних карбідів без зростання частки границь із підвищеною густиною карбідних виділень.

Роль карбідів у процесах міжкристалітного руйнування низьколегованих сталей зумовлена особливостями їх виділення. Збільшення частки границь зерен з густиною карбідів понад $16 \cdot 10^4 \text{ мм}^{-1}$ сприяє зміщенню порога холодноламкості у бік високих температур на 45...65 К і підвищенню частки міжзеренного рельєфу в крихкій зоні руйнування понад 50 %.

Міжзеренні злами у в'язкому й окрихченому станах істотно відмінні. Після гартування і високого відпуску поверхня відколу не проходить по міжфазних границях. Після додаткового окрихчувального відпуску на зламах спостерігається велика кількість карбідних частинок і їх слідів, що вказує на підвищення ролі міжфазних границь у деформації та руйнуванні сталей. Карбідні частинки міжзеренних зламів окрихчених сталей поділяються на декілька розмірних груп. У сталях 20 і 40 крихкому руйнуванню сприяє виділення карбідів розміром понад 2 мкм на границях і 0,8...1,0 мкм в тілі зерен. У сталях 12ХН3А і 20ХН3А пластичність та ударна в'язкість високі, коли кількість карбідних частинок на одиниці довжини границі менша за $1,2 \text{ мкм}^{-1}$. Подальше збільшення цього параметра викликає зменшення ударної в'язкості.

Структурно-енергетичний стан границь істотно впливає на процеси карбідоутворення під час відпуску. На границях із більшою зернограничною енергією інтенсивно адсорбуються вуглець і легуючі елементи. Карбіди, які ростуть, витісняють домішки і некарбідоутворюючі елементи, що пришвидшує формування на окремих границях зон, збагачених некарбідоутворюючими елементами й домішками. В результаті зменшується зчеплення на поверхнях розділу карбід-матриця і полегшується зародження субмікродітрин та їх міжзеренне поширення, чому сприяє підвищена густина карбідних частинок. Легування або термічна обробка сталей зменшують густину зернограничних карбідів після вторинного відпуску, а відтак і їх окрихчення. Через неоднорідне виділення карбідів на границях цього можна досягти, зменшуючи площу внутрішніх поверхонь розділу з вищим рівнем енергії.

Запропоновані режими термічної обробки, які дають змогу зменшувати схильність до міжзеренного руйнування сталей після покращання, а також окрихчуючої обробки.