

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ШВИДКОСТІ ОХОЛОДЖЕННЯ НА СТРУКТУРУ І ВЛАСТИВОСТІ СТАЛІ В ТЕХНОЛОГІЇ КОМПЛЕКСНОГО ІОННОГО АЗОТУВАННЯ

Шевченко С.М., Горова О.П., Терлецький О.С.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

В останні роки розвиток і дослідження технологій азотування показали можливість модифікування структури деталей шляхом збільшення глибини і рівномірності розподілу азоту по перетину деталей. Таке модифікування є особливо актуальним для деталей, які працюють в умовах ударно-циклічних навантажень, для яких важлива не тільки зносостійкість, але і висока ударна в'язкість.

Метою дослідження є вивчення впливу швидкості охолодження в технології комплексного іонного азотування (КІА) на структуру і властивості деталей зі сталі 9ХС.

КІА – це низькотемпературне азотування в плазмі несамостійного дугового розряду низького тиску (іонне азотування) в поєднанні з подальшою термічною обробкою, а саме, нормалізацією або гартуванням з низьким відпуском. Азотувалася партія пуансонів різного діаметру ($d=2$ мм і 4 мм) зі сталі 9ХС в стані постачання у вітчизняній установці «БУЛАТ-6» при робочому тиску 0,3 Па. Регулюючи позитивний потенціал в межах від 100 до 150 В, підтримувалась температура азотування 520-570°C, протягом однієї години. Після азотування деталі нагрівалися в муфельній печі до температури гарту 820°C, час витримки $\tau=20$ хв., потім охолоджувалися в різних середах: на повітрі (режим №1), в маслі з наступним відпуском при температурі 250°C (режим №2). Аналіз зростання твердості проводилося відносно встановленого рівня 6500 МПа, що відповідав стану сталі 9ХС після класичної термічної обробки: гартування та низького відпуску (без азотування). Виміри мікротвердості були зроблені по перетину зразків на приладі ПМТ-3, при навантаженні 200 г. Дослідження впливу комплексного іонного азотування з наступною нормалізацією і гартуванням з низьким відпуском на пуансони $d=2$ мм, показали досить близький результат за рівнем зміцнення, а саме: $H=8131$ МПа і 8789 МПа відповідно. Визначаємо, що структура цих зразків має однотипну голчату будову, характерну для мартенситу. Розподіл мікротвердості по перетину має однорідний вигляд. Збільшення твердості в результаті режиму №1 дорівнює в середньому 1631 МПа, а по режиму №2 – 2289 МПа. Попередні рентгеноструктурні дослідження показали, що середня концентрація азоту цих деталей близько 1%, що є достатнім для високих експлуатаційних властивостей пуансонів, а саме: високої ударної в'язкості при достатньо високій твердості.

Дослідження впливу режимів №1 і №2 на пуансони більшого діаметру (4 мм) показали значну різницю між структурою і властивостями. Так, після нормалізації деталь отримала структуру зерненого сорбіту з високодисперсним голчатим бейнітом (за результатами мікроструктурного аналізу) зі середньою твердістю 5896 МПа (55 HRC), яка є нижче встановленого рівня (після гартування і відпуску без азоту) на 604 МПа. А в результаті гартування та низького відпуску деталь отримала структуру мартенсит відпуску зі середньою твердістю 7866 МПа, з приростом відносно класичної обробки – 1366 МПа.

Таким чином, аналізуючи вплив швидкості охолодження на рівень зміцнення пуансонів зі сталі 9ХС в технології КІА, визначаємо значний вплив розмірного фактору: зразки меншого діаметру отримали більш високу концентрацію азоту в результаті комплексної обробки. Застосування нормалізації або гартування з відпуском сприяло глибокій дифузії азоту по перетину деталі, про що свідчить значний приріст твердості. Різниця між середньою твердістю зразків після нормалізації та гартування з відпуском дорівнює 659 МПа. Тому для деталей перетином до 2 мм, нормалізація може проводитися замість гартування.

В зразках більшого діаметру, в результаті КІА, загальна концентрація азоту, по глибині значно менша, тому нормалізація не відповідає результату гартування, що є класичним результатом. Різниця приросту твердості між режимами дуже значна – 1970 МПа. Тому, для деталей більшого ніж 2 мм перетину, для зміцнення.