МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ АЗОТУ ЗА ГЛИБИНОЮ У ПУАНСОНАХ ЗІ СТАЛІ 9ХС В ПРОЦЕСІ КІА

Шевченко С.М., Терлецький О.С., Реброва О.М., Протасенко Т.О.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Метою моделювання є аналіз процесу дифузійного перерозподілу азоту в інструментах з легованої сталі 9ХС під час їх ізотермічного нагріву, що здійснюється після іонного азотування в межах комплексної технології обробки.

Для інструментальних сталей, зокрема 9ХС, перевагу має саме комплексне іонне азотування (КІА), при якому після низькотемпературного азотування проводиться нагрів до температури гартування, що супроводжується подальшим дифузійним насиченням шару, утвореного в процесі азотування. Такий перерозподіл азоту відбувається за нестаціонарними умовами та підпорядковується другому закону дифузії Фіка. Оцінка і прогноз глибини проникнення азоту під час нагріву після азотування має суттєве значення для ефективного застосування комплексної технології.

Моделювання процесу проводили в середовищі COMSOL Multiphysics 5.5 на прикладі деталі – пуансону зі сталі 9ХС (0,9 % C; 1,1 % Cr; 1,4 % Si за масою), робоча частина якої має діаметр d = 2 мм. Іонне азотування виконували при температурі 540–560 °C протягом однієї години, внаслідок чого середня глибина азотованого шару на бічній циліндричній поверхні та верхньому торці становила 80 мкм. Азотований шар складається з поверхневої зони ε-нітридів товщиною до 30 мкм, під якою розташована α-фаза (ферит), легована азотом, до глибини 50 мкм. За розрахунками, концентрація азоту у нітридному шарі сягає 8,7 % мас. Наступний етап передбачає нагрівання та ізотермічну витримку за температури гартування Тн = 1133 K (860 °C).

Для практичного застосування корисні результати моделювання про поверхневу концентрацію азоту та його дифузійну довжину від загального часу витримування при $t_н$ = 860 °C– табл. 1.

Таблиця 1. – Поверхнева концентрація азоту та його дифузійна довжина

Час витримування τ, хв.	Концентрація азоту, ат %	Дифузійна довжина, мкм
3,25	15	200–225
8,25	9,0	300–325
13,25	7,2	350–400
23,25	5,9	450–500
33,25	5,0	550–625
63,25	3,9	700–750

Таким чином, згідно з результатами моделювання, для досягнення глибини проникнення азоту до 750 мкм необхідна ізотермічна витримка протягом майже однієї години при температурі гартування.