

УДК669.14.018.44

Тімченко П.Ф.¹

Грабовський В.Я.²

¹студент групи ІФ -219м НУ «Запорізька політехніка»

²канд. техн. наук, доцент кафедри ФМ НУ «Запорізька політехніка»

ПІДВИЩЕННЯ КОМПЛЕКСУ ВЛАСТИВОСТЕЙ ШТАМПОВОГО СПЛАВУ ХН35В6ТЮ

Для виготовлення інструментів гарячого пресування металів зазвичай використовують теплостійкі серійні штампові сталі мартенситного класу. Однак принциповим недоліком навіть найбільш теплостійких сталей такого класу є суттєва втрата міцності і, відповідно, працездатності при нагріванні в процесі експлуатації до температур вище 700 °С. Це обумовлено наявністю в таких сталях поліморфного перетворення. Перспективним є використання для пресових інструментів, що розігріваються вище 700-750 °С, сталей та сплавів на основі ГЦК кристалічній ґратці з дисперсійним твердінням. Зокрема, існує успішна практика використання сплавів такого класу, що зміцнюються за рахунок частинок γ' фази типу $\text{Ni}_3(\text{Al}, \text{Ti})$. Одним з них є сплав на залізонікелевій основі марки ХН35В6ТЮ (ЕК39), який був спеціально розроблений як замітник теплостійких серійних штампових сталей мартенситного класу. Нікель забезпечує сплаву ГЦК кристалічну ґратку, а утворення при старінні γ' фази забезпечується легуванням сплаву 0,8-1,4% Al та 1,8-2,4% Ti. Рекомендована термічна обробка сплаву полягає в гартуванні 1150 °С, 2 години, масло та старінні 780 °С, 10 годин. Це забезпечує сплаву твердість 29 HRC, а при температурі 750 °С значення $\sigma_{0,2}$ 647 МПа; σ_b 752 МПа; δ 6,3%; ψ 10,3%. Тобто за високотемпературною

(вище 700 °С) міцністю сплав значно переважає найбільш теплостійкі серійні штампові сталі мартенситного класу. Негативною особливістю сплаву є суттєве зниження (провал) ударної в'язкості з підвищенням температури випробувань від кімнатної до 750 °С (зі 120 до 38 Дж/см²). Оскільки сплав призначено для виготовлення пресового інструменту, що розігрівається саме до такої та вище температур, то вказане зниження ударної в'язкості зменшує стійкість проти утворення тріщин, а отже і працездатність, інструменту, що експлуатується в умовах перемінного температурно-силового навантаження.

З метою підвищення ударної в'язкості в роботі виконано пошук режимів сходинкового старіння сплаву ХН35В6ТЮ, що порівняно зі звичайним (одинарним) повинно збільшити ударну в'язкість без зменшення твердості та міцності сплаву. Зміна температур при сходинковому старінні відбувалась в послідовності низькотемпературне + високотемпературне. Пошук оптимального режиму сходинкового старіння виконували за методикою математичного планування експерименту з використанням дрібної репліки 2⁴⁻¹. Факторами, що варіювались, були: температура і час витримки на першій щабельці та температура і час на другій щабельці сходинкового старіння. Визначали такі характеристики, як твердість при кімнатній температурі та ударну в'язкість при температурі випробувань 750 °С. Для дослідів, що забезпечують найкраще сполучення вказаних характеристик визначали повний комплекс властивостей при випробуванні на розтяг при високих температурах. Аналіз та обробка експериментальних даних дозволили отримати наступні результати. Найвища ударна в'язкість 1200 кДж/м², що втричі більше порівняно з одинарним старінням, при збереженні твердості на тому ж рівні, досягається після старіння за режимом: 700 °С, 20 годин +750 °С, 2 години. Однак характеристики високотемпературної міцності при цьому дещо знизились. Середній розмір частинок γ'- фази складав близько 12 нм проти 20 нм у випадку одинарного старіння. Для вибору більш оптимального режиму ступеневого старіння (при зростанні ударної в'язкості без зниження міцності) аналізували значення функцій відгуку (рівнянь регресії) при більш детальній зміні факторів з виходом за межі заданих інтервалів варіювання. Розрахункові точки субоптимуму перевіряли експериментально. Згідно отриманих результатів найбільша твердість 33HRC, що на 4 одиниці HRC більше, ніж в разі одинарного старіння досягається після сходинкового старіння за режимом: 725 °С, 10 годин +775 °С, 6 годин. Водночас майже в 1,5 рази (від 380 до 550 кДж/м²) зростає ударна в'язкість. Важливо, що границя високотемпературної міцності при цьому дещо зросла (на 25 МПа). При дослідженні мікроструктури встановлено, що середні розміри частинок γ'- фази після одинарного та сходинкового старіння практично не відрізнялись.

Однак у випадку сходинкового старіння частинки більш рівномірно розподілені в усьому об'ємі зерна, а розкид їх за розмірами значно менший. Ці структурні особливості і обумовлюють отриманий ефект покращення комплексу властивостей. Такий режим сходинкового старіння дозволяє забезпечити кращу працездатність пресових інструментів із дослідженого сплаву.