

УДК 539.3

Анатолій Недибалюк

Вінницький національний технічний університет, Україна

ВІДПУСКАННЯ, ЯК СПОСІБ СТАБІЛІЗАЦІЇ СТРУКТУРИ, ТА ВІДПУСКНА КРИХКІСТЬ СТАЛЕЙ

Anatolii Nedybaliuk

TEMPERING, AS A WAY TO STABILIZE THE STRUCTURE, AND TEMPER BRITTLENESS OF STEEL

Відпусканням називають нагрівання загартованої сталі до температури меншої від A_{c1} , витримування при цій температурі й подальше охолодження. Мета відпускання — зменшення залишкових напружень, зниження твердості й підвищення пластичності сталі. Під час відпускання розпадаються мартенсит гартування і залишковий аустеніт, а також укрупнюються й сфероїзуються карбіди. Названі структурні перетворення змінюють механічні властивості відпущених сталей. З підвищенням температури відпускання t_v міцність ($\sigma_{0.2}, \sigma_m$) і твердість НВ сталей зменшуються, а їх відносне видовження δ і відносне звуження ψ зростають.

Загартована сталь знаходиться у напруженому стані і тому є крихкою. Для поліпшення механічних властивостей (підвищення пластичності і в'язкості) загартованої сталі необхідно зняти внутрішні напруження або хоча б частково зменшити їх. Для цього загартовані сталі завжди повторно нагрівають, але до температур нижчих за критичні (нижче 727°C), і після необхідної витримки повільно або швидко охолоджують. Залежно від температури нагріву розрізняють низькотемпературне, середньотемпературне і високотемпературне відпускання.

Низькотемпературне відпускання полягає у нагріванні загартованої сталі до температур $150\text{...}250^\circ\text{C}$ і витримуванні при температурах відпуску протягом $1\text{...}3$ годин. В результаті отримують відпущений мартенсит і частково знімають напруження гартування. Пластичність низько відпущеної сталі незначно зростає, а твердість майже не змінюється. Низькотемпературне відпускання застосовують як кінцеву термообробку для різальних і вимірвальних інструментів, а також до цементованих поверхнево загартованих виробів, умови роботи яких вимагають значної поверхневої твердості й високої зносотривкості.

Під час середньотемпературного відпускання загартовану сталь нагрівають до $350\text{...}500^\circ\text{C}$. В межах названих температур нагрівання мартенсит гартування і залишковий аустеніт повністю розпадаються на дисперсну феритно-цементитну структуру – тростит відпускання. Така структура поєднує високі границі міцності, пружності й витривалості. Твердість сталі після середньотемпературного відпускання становить $40\text{...}50$ HRC. Цей вид термообробки застосовують для пружин, ресор, а також для ударного інструменту.

Високотемпературне відпускання вимагає нагрівання загартованої сталі до температур $500\text{...}650^\circ\text{C}$ і забезпечує повний розпад структур гартування й подальшу коагуляцію продуктів розпаду. Утворена зерниста структура – сорбіт відпускання має високу пластичність та ударну в'язкість при задовільній міцності. Високотемпературне відпускання застосовують для деталей, які сприймають значні ударні та знакозмінні навантаження.

Результати відпускання визначаються температурою нагрівання і тривалістю витримки при цій температурі. Ось чому особливо важливо правильно вибрати режим і температуру нагрівання та її стабілізацію під час відпускання. У залежності від вимог, які висуваються до виробу, температура відпускання коливається від 150 до 680°C .

Відпускання сталевих виробів слід проводити зразу ж після гартування, тому що можуть виникнути тріщини.

Нагрівати деталі до температури відпускання необхідно поступово і рівномірно. Вироби, як правило, завантажують у холодну піч (або нагріту до 200°C) і далі повільно нагрівають до температури відпускання із швидкістю, 50...100°C за годину. Швидке нагрівання може привести до виникнення тріщин.

У процесі відпускання в загартованій сталі відбуваються такі процеси:

- 1) кристалічна гратка мартенситу набуває правильної кубічної форми;
- 2) залишковий аустеніт перетворюється у мартенсит;
- 3) мартенсит перетворюється у двофазову суміш фериту і цементиту;
- 4) утворені частинки цементиту розростаються (коагулюють) і набувають округлу форму.

Ці перетворення накладаються одне на одне, тому важко визначити точні температурні межі для кожного процесу. Можна лише вказати при яких температурах те або інше перетворення є головним, ведучим.

Перше перетворення відбувається при температурах 100...200°C. При цих температурах усувається спотворення кристалічної гратки мартенситу. Вона із тетрагональної стає кубічною. Мартенсит, що має кубічну гратку називається відпущеним мартенситом.

Друге перетворення відбувається при температурах 200...270°C і полягає у перетворенні залишкового аустеніту у відпущений мартенсит, який є менш напруженою структурою ніж мартенсит гартування.

Третє перетворення проходить при температурах 300...400°C. В цьому інтервалі температур відбувається розпад мартенситу: із кристалічної гратки мартенситу виділяється надлишковий вуглець у вигляді карбїду заліза - цементиту. У результаті отримується дрібнозерниста суміш фериту і цементиту - троостит відпускання.

При більш високих температурах (550...680°C) відбувається розростання частинок карбїдів і їх коагуляція.

Отже, під час відпускання розпадаються мартенсит гартування і залишковий аустеніт, а також утворюються і сфероїзуються карбїди. Названі структурні перетворення змінюють механічні властивості відпущених сталей. З підвищенням температури відпускання міцність ($\sigma_{0,2}, \sigma_B$) і твердість НВ сталей зменшуються, а їх відносне видовження δ і відносне звуження ψ зростають.

Розрізняють два види відпускнуї крихкості – неповторювана (необоротна) (I роду) і повторювана (оборотна) (II роду). Неповторювана відпускуна крихкість (I роду) спостерігається у відпущених в інтервалі температур 250...400 °C легованих, а також: вуглецевих сталях. Повторювану відпускуна крихкість (II роду) мають леговані сталі, відпущені в інтервалі температур 450...600°C і охолоджені повільно.

Всебічне вивчення впливу відпускання на мікропластичність та відпускуна крихкість конструкційних сталей дає можливість визначити температурні інтервали відпускнуї крихкості, виявити закономірності структурних перетворень, що відбуваються в матеріалі. Найбільш перспективним структурно чутливим неруйнівним методом в таких дослідженнях є метод механічної спектроскопії. В поєднанні з іншими методами він дозволяє виявити причини крихкого руйнування матеріалів на ранніх стадіях деформації. Знання фізичної природи та механізмів процесів, що супроводжують перехід матеріалу із нестабільного в більш стабільний стан, є основою вибору найбільш оптимальних способів і режимів обробки для отримання матеріалів з наперед заданими фізико-механічними властивостями.