

УДК 669.14.018.298

## ДО ПИТАННЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ СФЕРОЇДИЗУЮЧОГО ВІДПАЛУ НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВИХ БОРОВМІСНИХ СТАЛЕЙ

Максим Басан<sup>1</sup>, студ. гр. МВ01-19-3, Марія Соболенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>[m.i.basan@gmail.com](mailto:m.i.basan@gmail.com), <sup>2</sup>[tom.sobolenko.mariia@gmail.com](mailto:tom.sobolenko.mariia@gmail.com)

<sup>1,2</sup> Інститут промислових та бізнес технологій

Українського державного університету науки і технологій

До заготівки, що використовується для холодної висадки різних виробів, пред'являються високі вимоги як за механічними властивостями, так і станом структури, особливо за ступенем сфероїдизації перлітної (цементитної) складової. Значне збільшення швидкості сфероїдизації забезпечується електротермічною обробкою досліджуваних сталей [1]. Для обґрунтованого підходу до розробки режимів та технології термічної обробки каліброваної сталі для холодної висадки необхідно проведення досліджень критичних точок та кінетики перетворень переохолодженого аустеніту сталі 20Г2Р, що є завданням даної роботи.

Дослідження проводили на зразках діаметром 6,5...10 мм із сталі наступного хімічного складу: С, % – 0,20; Si, % – 0,26; Mn, % – 1,20; S, % – 0,011; Р, % – 0,026; Cr, % – 0,20; Ti, % – 0,04; В, % – 0,003.

Для вивчення кінетики розпаду переохолодженого аустеніту використовували диференційно-термічний метод, доповнений контролем твердості та аналізом мікроструктури. Режими сфероїдизуючого відпалу відпрацьовували на лабораторній установці електроконтактного нагріву, обладнаної пристроями водо – повітряного охолодження, а також системою контролю, регулювання та реєстрації параметрів процесу нагрівання та охолодження. У розроблену технологію прискореного відпалу закладено новий принцип здійснення сфероїдизації досліджуваних сталей, який при забезпеченні вимог до структури (не менше 80 % сфероїдизованого перліту) та твердості сталі, дозволяє скоротити тривалість процесу до 500...600 секунд [2]. Цей принцип полягає у нагрівання заготівки зі швидкістю 15...25 °С/с у міжкритичному інтервалі температур, а потім (після закінчення розчинення другої фази – перліту, при збереженні не перетвореного структурно вільного фериту) її охолодженні зі швидкістю, що запобігає утворенню грубопластинчастого перліту. Проведеними дослідженнями встановлено, що положення критичних точок сталі 20Г2Р зазначеного хімічного складу відповідає температурам:  $A_{c1} = 720$  °С,  $A_{c3} = 855$  °С,  $M_n = 385$  °С.

Знання положення критичних точок дозволяє цілеспрямовано вибирати температури нагріву, охолодження та ізотермічних витримок при розробці режимів відпалу як у підкритичному інтервалі температур, так і з частковою або повною фазовою перекристалізацією.

У таблиці зведені дані про вплив швидкості охолодження  $V_{охл}$  на характер перетворення аустеніту та твердість  $HV_{10}$  сталі 20Г2Р.

$V_{\text{охл}},$ $^{\circ}\text{C}/\text{c}$	$t, ^{\circ}\text{C}$	Характер перетворення	$\text{HV}_{10}$
120	855...385	$\text{A} \rightarrow \text{M}$	486
90	600...380	$\text{A} \rightarrow \text{Ф}, \text{A} \rightarrow \text{Пр}$	425
30	650...350	$\text{A} \rightarrow \text{Ф}, \text{A} \rightarrow \text{Пр}$	213
7	700...330	$\text{A} \rightarrow \text{Ф}, \text{A} \rightarrow \text{Пр}, \text{A} \rightarrow \text{П}, \text{A} \rightarrow \text{ССЦ}$	187
$\frac{1}{2}$	780...330	$\text{A} \rightarrow \text{Ф}, \text{A} \rightarrow \text{П}, \text{A} \rightarrow \text{Пр}, \text{A} \rightarrow \text{ССЦ}$	155

У наведеній таблиці:  $t$  – контрольований інтервал температур,  $\text{A}$  – аустенит,  $\text{П}$  – перліт,  $\text{Ф}$  – ферит,  $\text{Пр}$  – структура проміжного типу,  $\text{ССЦ}$  – структурно-вільний цементит.

При проведенні досліджень використовували зразки сталі 20Г2Р з різною вихідною структурою:

- бейнітно-ферітною (75 % б., 15 % ф.);
- ферітно-перлітно-бейнітною (60 % ф., 30 % п., 10 % б.);
- феріто-перлітною (75 % ф., 20 % п.).

Серією експериментів встановлено раціональні умови сфероїдизуючого відпалу сталевих заготовок з вихідною бейнітно-ферітною та ферітно-перлітно-бейнітною структурою. Вимоги до рівня властивостей сталі з вихідною феріто-перлітною структурою було досягнуто при реалізації режиму, що передбачає проведення подвійного нагріву. При цьому загальна тривалість відпалу склала приблизно 10 хвилин. Вказані у даній роботі параметри нагрівання та охолодження призводять до пересичення негомogeneous аустеніту вуглецем, виникненню термічних напружень та генерації нових дислокацій і вакансій в наслідок релаксації напружень шляхом локальних пластичних зрушень. У результаті неминує виникає розшарування аустеніту, сегрегація атомів вуглецю біля дислокацій, що призводить до гетерогенного зародження великої кількості дрібнозернистих карбідів на дислокаціях.

## Висновки

Встановлена залежність швидкості сфероїдизації карбідів сталі 20Г2Р при відпалу від вихідної структури заготовки. Сфероїдизація карбідів на рівні 80...90 % забезпечується режимом відпалу мінімальною тривалістю 600 с.

## Список використаних джерел

1. Гуль Ю. П., Соколенко М. А. Интенсификация сфероидизирующего отжига низкоуглеродистых сталей на основе термодинамики и кинетики структурных превращений. *Теория и практика металлургии*. 2012. № 3. С. 138–141.
2. Колпак В. П., Лещенко А. М., Івченко О. В., Соколенко М. О., Кокашинська Г. В. Патент на корисну модель № 36892 України. Спосіб термічної обробки прокату з нізко- і середньовуглецевих сталей для холодного висадження.; Заявл. 23.05.2008; Опубл. 10.11 2008. 3 с.