

ВПЛИВ РЕЖИМІВ ВІДПУЩЕННЯ НА СТАН МІКРОСТРУКТУРИ ТА ВНУТРІШНЄ ТЕРТЯ ШВИДКОРІЖУЧИХ СТАЛЕЙ

КОРОВАЙЧЕНКО В.В. (МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ)

Кінцевим етапом термічної обробки інструментальних швидкоріжучих сталей типу Р6М5, Р12Ф3 та інш., який формує їх кінцеві властивості, є відпущення, яке виконується у більшості випадків в класичному варіанті з загальним нагріванням у печач з досить широким інтервалом температур [1].

Головним фактором, який визначає рівень експлуатаційних властивостей інструментальних швидкоріжучих сталей є структурні змінення, які відбуваються при термічній обробці, а одним з найбільш структурно чутливих показників цих змінень є внутрішнє тертя [2], аналіз якого дозволяє визначати оптимальні умови як термічної, так і інших видів обробки матеріалів при виготовленні ріжучого інструменту. Найбільш достовірну інформацію про стан та змінення структури інструментального матеріалу дає вимірювання внутрішнього тертя за високочастотною методикою [3]. Такі вимірювання дозволяють вивчати вплив на пружні хвилі будь яких властивостей твердого тіла, що пов'язані з станом кристалічної решітки і її дефектами.

Встановлено, що основними механізмами розсіювання ультразвукових коливань, які визначають одночасно і властивості інструментальних матеріалів є безпосередньо розсіювання на дефектах, дислокаційне тертя та взаємодія з коливаннями решітки.

Встановлено, що відпущення зменшує напруження, стабілізує структуру, в результаті чого деформаційний пік зменшується і фон внутрішнього тертя в інструментальних швидкоріжучих сталях вищезгаданого типу знижується.

При температурах відпущення вище 500°C відбувається виділення та коагуляція карбідів, як звичайних, так і спеціальних з різними типами кристалічної решітки. Одночасно з цим відбувається перетворення залишкового аустеніту при одно- та багаторазовому відпущенні, змінення хімічного складу карбідів та твердого розчину.

Залежність внутрішнього тертя від температури характеризується різким зростанням внутрішнього тертя, деякою стабілізацією при температурі 520–560°C і подальшим зниженням його значень при зростанні температури (таблиця 1).

Таблиця 1 — Залежність внутрішнього тертя інструментальних матеріалів від температури відпущення.

Марка сталі	Температура відпущення, °C	Внутрішнє тертя, $Q^{-1} \times 10^{-4}$
Р6М5	500	86,3
	520	101,1
	550	119,4
	580	107,8
	600	105,9
Р12Ф3	500	88,7
	520	120,0
	550	122,4
	580	118,5
	600	108,8

Така залежність зберігається практично незалежно від хімічного складу швидкоріжучої сталі, але на різних рівнях абсолютних показників.

Встановлено, що повторне нагрівання при відпущенні до температури, більш низької, ніж температура попередньої термообробки (наприклад, загартування), яке викликає випадання другої фази, приводить до подрібнення зерен і змінення розсіювання ультразвукового сигналу.

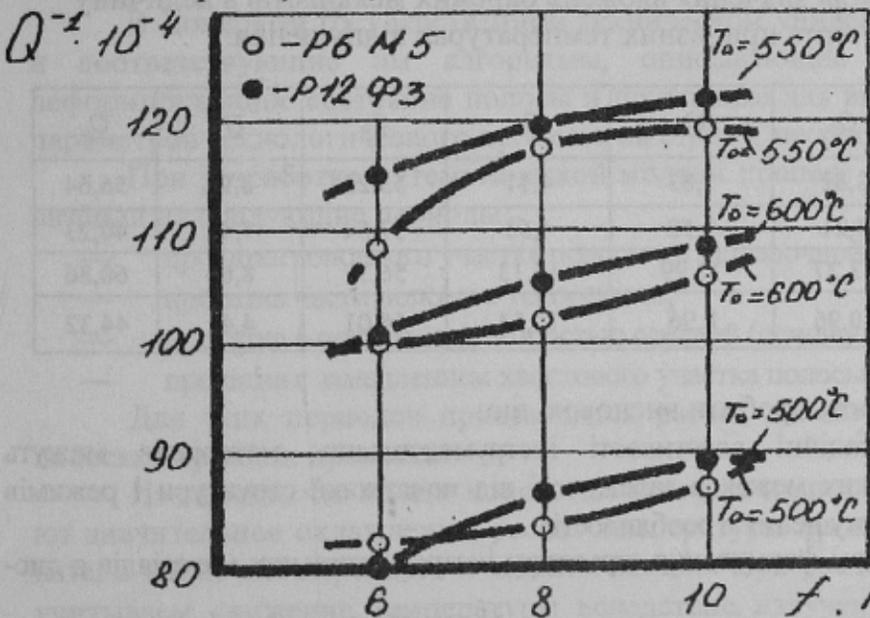
Фазові перетворення, які приводять до появи декількох часток всередині початкового зерна, повинні зменшувати затухання ультразвуку внаслідок зменшення показників параметрів решітки. За результатами дослідження впливу параметрів відпущення на внутрішнє тертя встановлено, що на ультразвукових частотах внутрішнє тертя пов'язане з дифузією вуглецю у решітку α -Fe, переорієнтацією та міграцією атомів з зони ковзання дислокацій і деформаційними зміненнями на границях зерен і блоків мозаїки.

Як відомо [1], в процесі термічної обробки швидкоріжучих сталей відбувається перетворення тетрагонального мартенситу і перерозподіл внутрішніх напружень по об'єму металу.

Характер змінення внутрішнього тертя від температури відпущення значною мірою пояснюється зменшенням тетрагональності решітки і міграцією вакансій в енергетичне більш сприятливі зони.

Збільшенню внутрішнього тертя сприяє збільшення щільності дислокацій, коагуляція карбідів і зменшення загальної протяжності можна пояснити зниженням щільності дислокацій, зростанням величини карбідів і характером їх розташування по об'єму металу.

Стан структури інструментальних швидкоріжучих сталей в значній мірі характеризується частотною залежністю внутрішнього тертя від температурних показників процесу відпущення (малюнок 1).



Малюнок 1 — Частотна залежність внутрішнього тертя від температури відпущення інструментальних швидкоріжучих сталей

Як показали дослідження, при збільшенні частоти ультразвукових коливань у дію вступає більша кількість дефектів кристалічної решітки, яка визначає затухання у вимірювальній системі. При цьому збільшення температури відпущення веде до збільшення кількості об'ємних спотворень кристалічної решітки і, відповідно, до збільшення внутрішнього тертя.

Хімічний склад інструментальних швидкоріжучих сталей повною мірою впливає на

характер змінення внутрішнього тертя при збільшенні частоти, але це не є вирішальним фактором.

Характер отриманих залежностей підтверджується зміненнями параметрів напруженого стану кристалічної решітки (таблиця 2), за якими максимальні

спотворення спостерігаються при температурах відпущення близько 550°C. Для цих температур характерна максимальна щільність дислокацій, напружень другого роду і твердості з одночасним зниженням спотворень кристалічної решітки.

Велике значення має виявлення вложення окремих механізмів, що діють в процесі відпущення інструментальних сталей на величину внутрішнього тертя.

Таблиця 2 — Змінення параметрів напруженого стану кристалічної решітки від температури відпущення.

Марка сталі	Температура відпущення, °C	$\lambda \times 10^{10}$ см ⁻²	$U_{ст}^2 \times 10^{-11}$, см ⁻²	σ_2 , МПа	HRC
P6M5	500	4,1	95,3	53,4	58
	550	6,8	44,1	119,7	64
	600	5,0	55,8	105,2	61
P12Ф3	500	5,1	84,6	82,3	64
	550	10,9	63,5	105,7	66
	600	9,0	71,2	90,0	63

Загальний розподіл цих вкладів, що розрахований за методикою [2, 3] дозволила отримати картину, наведену в таблиці 3 (Q_1 — температурні ефекти; Q_2 — затухання від взаємодії з електронами провідності; Q_3 — розсіювання від коливань решітки; Q_4 — магнітопружні затухання; Q_5 — затухання на точкових дефектах; Q_6 — затухання на дислокаціях):

Таблиця 3 — Розрахункові значення вложень окремих механізмів в величину внутрішнього тертя при різних температурах відпущення.

Марка сталі	Температура відпущення, °C	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6
P6M5	550	3,82	7,83	4,11	55,23	8,94	56,64
	600	5,21	9,50	4,53	57,64	7,42	40,23
P12Ф3	550	13,27	13,99	17,13	56,37	8,63	60,86
	600	10,96	8,96	10,54	56,01	4,41	44,32

Отримані дані дозволяють зробити висновок, що:

— механічні і експлуатаційні властивості інструментальних матеріалів можуть змінюватись у відносно широких межах в залежності від початкової структури і режимів термічної обробки взагалі та відпущення в особливості;

— переважаючим механізмом формування структури інструментальних матеріалів є дислокаційний;

— величина внутрішнього тертя на різних етапах термічної обробки змінюється нелінійно, а частота 8–10 МГц є найбільш структурно чутливою.

Список літератури

1. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. — М.: Металлургия, 1983. — 527 с.
2. Кристал М.А., Головин О.А. Внутреннее трение и структура металлов. — М.: Металлургия, 1976. — 376 с.
3. Труэл Р., Зльбаум Й., Чик Б. Ультразвуковые методы в физике твердого тела / Пер с англ. под ред. И.Г. Михайлова и В.Е. Лелюкова. — М.: Мир, 1972. — 307 с.