

електродов // *Международ. сб. всех. конф. «Методы и средства измерения температуры»*. 1973. С.52-55. 6. Дутчак Я.И., Лах Р.В., Слабковский И.С. и др. Влияние пластической деформации на термо-е.д.с. сплавов хромель, копель и алюмель // *Физико-химическая механика материалов*. 1972. 2. С.106-107. 7. Пучков Б.И., Рогельберг И.Л. // *Исследование сплавов для термонар. М., 1969. С.26-32.*

УДК 621.81:658.5.011.46

ВПЛИВ ТЕРМОЦИКЛІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ НА ОБРОБЛЮВАНІСТЬ МЕТАЛУ ВІДНОВЛЕНИХ АБО ЗМІЦНЕНИХ ДЕТАЛЕЙ

© Коровайченко Ю.М., 1999

Кіровоградський державний технічний університет

Показано, що зменшення величини зерна зон термічного впливу відновленої деталі в результаті виконання термоциклічного оброблення зменшує зусилля руйнування при різанні, внаслідок чого можна використовувати більш інтенсивні режими оброблення і підвищити продуктивність процесу.

Оскільки існуючі методи високотемпературного відновлення або зміцнення деталей машин не забезпечують необхідних кінцевих якісних показників поверхонь, їх механічне оброблення є обов'язковим етапом у загальному технологічному процесі відновлення.

Механічне оброблення відновлених деталей має ряд специфічних особливостей, пов'язаних з виготовленням деталей в основному виробництві. До них, у першу чергу, належить стан металу відновленої поверхні (особливості структури, розмір зерна, твердість, рівномірність механічних властивостей по площі і перерізу відновленої поверхні), зношеність технологічних баз тощо.

Особливості стану металу відновленої поверхні, їх геометрична форма обмежують можливості використання різноманітних методів механічного оброблення. Найчастіше це точіння (фрезерування, стругання для площинних поверхонь), шліфування та відробляючі методи (тонке шліфування, суперфініш, хонінгування, полірування). Вид оброблення та кількість, його етапів (переходів) значною мірою залежить від твердості відновленої поверхні. Можливі два варіанти побудови технологічного процесу відновлення: відновлення – термічне оброблення – механічне оброблення – термічне оброблення – відробляюче оброблення; відновлення – механічне оброблення – відробляюче оброблення. Треба відзначити, що використання другого варіанта можливе лише у випадку, коли відновлення забезпечує задані властивості відновленої поверхні, а відновлена деталь не має вад, спричинених високотемпературним термодеоформаційним впливом основного процесу таких, як жолоблення холодних та гарячих тріщин тощо. Крім того,

трудомісткість такої технології не менша, ніж у першому варіанті, оскільки товщина шару металу, яким відновлена поверхня, може сягати кількох міліметрів.

Найчастіше технологічний процес складається з відновлення, термічного оброблення, яке ліквідує або знижує вплив залишкових напружень, знижуючи одночасно твердість поверхонь, механічного оброблення з метою зняття більшої частини припуску на механічне оброблення, термічного оброблення, яке відновлює заданий технічними вимогами стан металу деталі і відробляючого оброблення, яке забезпечує якісні показники поверхонь.

Для лезового оброблення відновлених деталей використовують інструменти, різальна частина яких оснащена твердими сплавами груп ТК (Т15К6/Т15К10) і ВК (ВК3, ВК6, ВК8). Ефективним є використання полікристалічних надтвердих матеріалів на основі кубічного нітриду бору.

Лезове оброблення використовується при твердості поверхонь у межах 35...45 HRC.

Абразивне оброблення відновлених поверхонь виконується з використанням шліфувальних кругів широкої номенклатури виконання та абразивних матеріалів залежно від конкретних технологічних умов: від абразивів звичайного призначення до алмазних матеріалів, які застосовуються при чистовому та відробляючому обробленні.

Вплив термоциклічного оброблення (ТЦО) на оброблюваність металу в першу чергу пов'язаний з суттєвим зменшенням величини зерна і збільшенням, відповідно, довжини міжзернових границь, підвищенням пластичних властивостей металу та його поведінки при різних температурах. Якщо враховувати, що при обробленні твердих поверхонь, особливо з використанням абразивів, інтенсивне охолодження значною мірою нейтралізує температурний фактор, то можна розглядати руйнування металу при обробленні залежно від головного фактора – величини зерна. Наприклад, відомо [1], що при шліфуванні із спреєрним охолодженням температура на поверхні, яка обробляється, не перевищує 50...100 °С, що не викликає структурних перетворень і не ініціює дифузійних процесів.

Вважається [2], що під час об'ємної деформації полікристала напруження течії повинно бути досягнуто фактично усередині всіх зерен металу і на достатній кількості деформаційних систем усередині кожного зерна для підтримки локальної безперервної пластичної деформації усередині зерна.

Відомо [3], що регулярна будова полікристалів порушується поблизу границь поділу між фазовими складовими, тому границі зерен, мікротріщини, мікропори та інші дефекти мікроструктури є місцями локальної концентрації внутрішніх напружень і мають підвищений рівень вільної енергії. Під впливом зовнішніх напружень і температурних полів відбувається зміна кількості точкових та лінійних дефектів мікроструктури, їх взаємного розташування і орієнтації відносно напрямку дії результуючого зусилля різання. В результаті цього в матеріалі, який обробляється, утворюються лінії та смуги зсуву, які мають знижений опір пластичній деформації на всьому діапазоні режимів різання, що використовуються.

Згідно з [4], залежність напруження зсуву τ від довжини смуги ковзання l або середнього розміру зерна d

$$\tau = \tau_0 + k_s \cdot d^{-1/2}, \quad (1)$$

де τ_0 – напруження зсуву, необхідне для виклику ковзання за відсутності опору із боку границь зерен; k_s – величина концентрації напружень, що генеруються у верхівці смуги ковзання.

Зовнішнє напруження

$$\sigma = m\tau, \quad (2)$$

де m – залежить від типу структури полікристала (наприклад, з г.ц.к. граткою $m=3,1$; з о.ц.к. – $m=2,9$).

3 (1) та (2)

$$\sigma = m \cdot \tau_0 + m \cdot k_s \cdot d^{-1/2}.$$

Напруження крихкого та пластичного руйнування визначають як

$$\sigma_F = \sigma_{0F} + k_F \cdot d^{-1/2},$$

при цьому $k_F > k_s$, оскільки для зародження тріщин необхідна більш висока концентрація внутрішніх напружень.

Значення k_F може бути визначене із дислокаційної моделі нестабільної тріщини

$$k_F \geq \left[\frac{\sigma \cdot \pi \cdot G \cdot \gamma \cdot n}{(1-\nu)} \right]^{1/2},$$

де G – модуль зсуву; γn – поверхнева енергія матеріалу; ν – коефіцієнт Пуассона.

Аналогічну залежність має і твердість матеріалу, при чому спостерігається кореляція між твердістю і залежністю “напруження течії – розмір зерна” при певному характеристичному значенні деформації для напруження текучості.

Збільшення загальної довжини границь зерен при зменшенні їх величини впливає на інтенсивність руйнування при різанні за рахунок ковзання або зсуву по границях зерен, яка збільшується із зменшенням розміру зерен та посиленням дифузійних процесів по границях зерен.

Вважається [2], що певні границі зерен послаблені за рахунок того, що дислокації та тріщини зароджуються найчастіше на границях зерен або за рахунок сегрегації деяких легуючих елементів на границях, що сприяє пороутворенню та міжзерновому руйнуванню.

Зовнішні напруження і температура, які розвиваються у зоні контакту різального інструмента з матеріалом, який обробляється, призводить до руйнування, якщо

$$\sigma \geq \sqrt{\frac{\pi \cdot \alpha \cdot E}{(1-\eta^2) \cdot c}},$$

$$2\tau \geq \tau_0 + \sqrt{\frac{16G \cdot \alpha}{\sqrt{3} \cdot (1-n) \cdot d}},$$

де α – величина поверхневої енергії; E – модуль Юнга; G – модуль зсуву; η – коефіцієнт Пуассона; d – розмір зерна в полікристалі; τ_0 – напруження тертя; c – розмір мікротріщини.

Якщо напруження на поверхні контакту не перевищує деяку критичну величину, то відбувається розрив міжатомних зв'язків на значних ділянках та відокремлення мікроб'ємів.

Взаємозв'язок між величиною зерна та параметрами руйнування може бути визначений також за допомогою внутрішнього тертя

$$Q_{\Phi}^{-1} = \frac{(V_0^2 - V_{\infty}^2) \cdot \omega \cdot t_p}{V_0^2 (1 + V_{\infty}^2) \cdot V_0^2 \cdot \omega^2 \cdot t_p^2},$$

де $V_0^2 = E_0 / \gamma$; $V_{\infty}^2 = E_{\infty} / \gamma$; $t_p = t_0 \cdot k_0 \cdot (3k_{\infty} + G) / k_{\infty} (3k_0 + G)$; k_0 , k_{∞} , E_0 , E_{∞} – середні ізотермічні і адіабатичні модулі всебічного стискання та нормальної пружності; γ – щільність.

Використання наведених вище залежностей між внутрішнім тертям і властивостями металу дозволяє визначити його оброблюваність.

Закономірності змінення оброблюваності пов'язані насамперед з кристалічної будови матеріалу і умовами його деформування.

Оброблюваність матеріалу можна також визначити через його опір обробленні різанням [3]

$$\delta = \frac{\Delta H \cdot [\sigma \cdot (\epsilon)]_{інстр} - \Delta H \cdot [\sigma \cdot (\epsilon)]_{обр}}{\Delta H \cdot [\sigma \cdot (\epsilon)]_{інстр}} \cdot 100\%,$$

де $\Delta H[\sigma(\epsilon)]_{інстр}$ та $\Delta H[\sigma(\epsilon)]_{обр}$ – енергія, яка необхідна для розриву міжатомних зв'язків в інструментальному матеріалі та матеріалі, який обробляється. Враховуючи, що

$$\Delta H[\sigma(\epsilon)] = k/C\gamma$$

де k – модуль об'ємного стискання; C – коефіцієнт, який залежить від матеріалу.

Через δ можна визначити вплив ТЦО на оброблюваність матеріалів (табл.1).

Таблиця 1

Вплив ТЦО на оброблюваність δ % деяких матеріалів відновлених деталей

Матеріал	Стан	
	Початковий	ТЦО
Сталь 20	5,4	4,1
Сталь 40	6,3	5,0
Сталь 65Г	2,3	1,2
Сталь 40 (загартована)	1,3	0,8
Сталь 12 X18H10T	11,8	8,2

Головним технологічним показником впливу ТЦО на оброблюваність металу відновлених деталей є можливість використання більш інтенсивних режимів різання при збільшенні стійкості різального інструмента.

Порівняно з рекомендованими [6] режимами ~~оброблення~~ у початковому стані після ТЦО мають значення, які наведені в табл.2.

При абразивному обробленні деталей, відновлених напильням після виконання ТЦО, можна реалізувати режими, наведені в табл.3.

Таблиця 2

Режими різання при лезовому обробленні циліндричних поверхонь деталей, відновлених напильням

Твердість HRC	Матеріал інструмента	Режими різання					
		Початковий стан			Після ТЦО		
		V, м/хв	S, мм/об	t, мм	V, м/хв	S, мм/об	t, мм
< 30...35	T15K6	90...	0,1...	2...3	130	0,1...	2...3
	BK6M	120	0,2			0,4	
0 45	СТИМ-ЗБ	102	0,3	1,5	120	0,5	1,5
45	ПСТМ	60	0,1	0,1...	110...	0,1...	0,3
	коборіт	0	0,15	0,15	120	0,3	0,5

Таблиця 3

Режими шліфування деталей, відновлених напильням

Шліфування	Матеріал деталі	Твердість HRC	Швидкість знімання металу, мм/хв	
			Початковий стан	Після ТЦО
Попереднє	Нп65Г	42...45	$10 \cdot 10^3 \dots 12 \cdot 10^3$	$12 \cdot 10^3 \dots 15 \cdot 10^3$
	Нп30ХГС	42...54	$8 \cdot 10^3 \dots 10 \cdot 10^3$	$11 \cdot 10^3 \dots 12 \cdot 10^3$
Кінцеве	Св.08	25...45	$1 \cdot 10^3 \dots 1,5 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^3 \dots 2 \cdot 10^3$
	Нп65Г	45...55	$1 \cdot 10^3 \dots 1,5 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^3 \dots 2 \cdot 10^3$
	Нп30ХГС	45...54	$1 \cdot 10^3 \dots 1,5 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^3 \dots 2 \cdot 10^3$

Отже, зменшення величини зерна зон термічного впливу відновленої деталі в результаті виконання ТЦО зменшує зусилля руйнування при різанні, що дозволяє використовувати більш інтенсивні режими оброблення і підвищити виробничність процесу.

1. Коровайченко Ю.Н. Термоциклическая обработка сварных соединений. В кн.: Термоциклическая обработка металлических материалов. Л., 1980. С.22-23. 2. Сверх-мелкое зерно в металлах / Под ред. Л.К.Гордиенко. М., 1973. 3. Летуновский В.В. Износостойкость и обрабатываемость металлических материалов // Физико-механические и эксплуатационные свойства инструментальных и конструкционных материалов. Красноярск, 1976. С.63-70. 4. Котрел А.Х. Теоретические аспекты разрушения. В кн.: Атомный механизм разрушения. М., 1963. С.30-68. 5. Petch M. I. Iron and Steel Institute Journal. London, 1953. 174. P.25-28. 6. Черновол М.И., Поединок С.Е., Степанов С.Е. Повышение качества восстановленных деталей машин. К., 1989.