

МЕТОДИ ДЕФОРМАЦІЙНОГО ЗМІЦНЕННЯ МЕТАЛОВИРОБІВ: ОГЛЯД

Плєснецов Ю.О., Горбатенков О.С.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, вул. Кирпичова, 2

Метали – це кристали з тривимірною періодичністю атомів. Геометрична модель кристалічної структури металів має вигляд тривимірної ґратки, в просторі якої розміщуються атоми. В залежності від характеру розміщення атомів в кристалічній ґратці структури чистих металів поділяються на ряд типів [1]. Переважна більшість металів має кубічну об'ємноцентровану, кубічну ґранецентровану або гексагональну щільноукладену ґратку

Стабільність кристалічної ґратки забезпечується певним співвідношенням між силами відштовхування і притягання між атомами.

Енергію взаємодії двох атомів кристалічної решітки можна визначити за допомогою рівняння [2]:

$$U = \left(\frac{A}{r^m} \right) + \left(\frac{B}{r^n} \right)$$

де A і B - константи; m і n - показники ступеня для сил протягування і відштовхування (n завжди більше m); r - відстань між атомами.

Розрахунки показують, що напруження, яке необхідно прикласти до ідеального кристала для здійснення деформації значно (на два – три порядки) перевищують напруження, які експериментально зафіксовані в реальних матеріалах.

Структурні дефекти суттєво впливають на зміцнення та руйнування металів при пластичній деформації, тому без розуміння механізму впливу цих дефектів на міцність металу неможливо зрозуміти фізичну сутність деформаційного зміцнення. Дані дефекти виникають у кристалах у результаті кристалізації металу, термічної обробки, пластичної деформації тощо. За геометричними ознаками їх поділяють на 4 групи [3]: 1) точкові; 2) лінійні; 3) поверхневі (плоскі); 4) об'ємні.

Точкові дефекти за своїми розмірами порівнювані з розмірами атома. У чистих кристалах можливі два типи точкових дефектів: 1) вакансії; 2) міжвузлові атоми.

Лінійні дефекти кристалічних ґрат мають розміри, близькі до атомних, у двох вимірах і значну протяжність у третьому. До цього виду дефектів належать дислокації, найпростішими з яких є: 1) крайові; 2) гвинтові.

Поверхневі дислокації – це дефекти, які мають значну довжину у двох напрямках. До них належать: 1) межі між субзернами; 2) межі між зернами; 3) міжфазні межі; 4) дефекти упаковки кристалічних ґрат; 5) скупчення дислокацій в одній площині та ін.

Об'ємні дефекти мають протяжність в усіх трьох вимірах. До них належить сукупність точкових, лінійних і поверхневих дефектів, які призводять до спотворення кристалічних ґрат за великих об'ємів кристала. Крім того, до об'ємних дефектів відносять наявність фаз, дисперсних виділень, різних вкраплень, а також нерівномірність розподілу напружень і деформацій у макрооб'ємах.

Наявність дефектів у кристалічних ґратах спричиняє їх спотворенню. Мірилом спотворення ґрат є вектор Бюргерса, який характеризує енергію дислокації та сили, що діють на них.

Щільність дислокацій розраховують за формулою

$$\rho = \frac{L_{\Sigma}}{V}, \quad (4)$$

де ρ – щільність дислокацій, см^{-2} ; L_{Σ} – сумарна довжина усіх дислокаційних ліній, м; V – об'єм, м^3 .

Існує значна кількість методів та пристроїв для зміцнення металевих деталей машин методом поверхневого пластичного деформування. Кожен із пристроїв побудований для вирішення певної технологічної задачі або ряду задач. Всі вони можуть бути класифіковані на п'ять основних груп у відповідності із схемою деформування поверхні металу в зоні контакту з інструментом. В залежності від розмірів, конфігурації, матеріалу деталі, призначення обробки, серійності виробництва та інших факторів в кожному конкретному випадку вибирають оптимальний метод поверхневого пластичного деформування.

До першої групи відносяться різноманітні методи накатування (обкатування і розкачування). До другої групи методів поверхневого пластичного деформування належать методи зміцнення зв'язаним ударним інструментом. До третьої групи методів поверхневого пластичного деформування відносяться методи зміцнювальної обробки вигладжуванням. Четверта група методів поверхневого пластичного деформування – дорнування, яке застосовується для обробки отворів. До п'ятої групи методів поверхневого пластичного деформування відносяться методи динамічного зміцнення, засновані на динамічній дії (ударі) інструмента або інструментів на оброблювану поверхню деталі.

Література:

3 Hull, D.; Bacon, D. J. (2001). Introduction to dislocations (4th ed.). Butterworth-Heinemann.

4 Anderson, Peter M. (Peter Martin) (2017). Theory of dislocations. Hirth, John Price, 1930-, Lothe, Jens (Third ed.). New York, NY. ISBN 978-0-521-86436-7. OCLC 950750996

5 Marc André Meyers, Krishan Kumar Chawla (1999) Mechanical Behaviors of Materials. Prentice Hall, pp. 228–31, ISBN 0132628171.