

## ЗМІНА ПЛАСТИЧНОСТІ І ОПОРУ ДЕФОРМАЦІЇ МЕТАЛУ ПРИ ХОЛОДНОМУ ПРОКАТУВАННІ

**Мета роботи.** Дослідити фактори, які впливають на пластичність металу. Дослідити вплив пластичної деформації на структуру і властивості металу. Вивчити види пластичної деформації.

**Загальні відомості.** Пластичність - це здатність металу під дією навантаження міняти свою форму без руйнування і зберігати її після зняття навантаження.

Основними чинниками, що впливають на пластичність металів при обробці тиском, є:

- склад і структура металу, що деформується;
- характер напруженого стану при деформації;
- нерівномірність деформації;
- швидкість деформації;
- температура деформації;
- ступінь деформації;
- режим термічної обробки.

При температурах обробки, близьких до абсолютного нуля, метал має мінімальну пластичність із-за низької теплової рухливості атомів. Проте при температурах, близьких до температури плавлення металу, можливі перегрів або перепал. Найбільшу пластичність метали мають в інтервалі від температури рекристалізації до температури плавлення. Проте верхня межа повинна бути нижче за температуру окислення меж зерен. Важливим параметром структури виробу, отриманому деформацією при температурі вище за температуру рекристалізації, є розмір зерна, який сильно впливає на механічні властивості виробів. Залежність розміру зерна в металах після деформації з подальшою рекристалізацією, з одного боку, від температури, а з іншого - від ступеня деформації, зазвичай представляється об'ємними діаграмами рекристалізації, які будують за наслідками спеціальних експериментів, що проводяться. Ці діаграми характерні для кожного металу і сплаву і використовуються для вибору температурного режиму деформації.

Характер пластичної деформації залежить від процесів зміцнення і знезміцнення. У зв'язку з цим прийнято розрізняти гарячу, неповну гарячу, неповну холодну і холодну деформації.

При гарячій деформації метал не отримує зміцнення. Процес протікає при температурі, що перевищує температуру рекристалізації. Рекристалізація встигає пройти повністю. Нові рівноосні зерна повністю замінюють деформовані зерна, викривлення кристалічної ґратки відсутні.

Неповна гаряча деформація характеризується незавершеністю рекристалізації, яка не встигає закінчитися під час деформації, оскільки її швидкість нижча, ніж швидкість деформації. Частина зерен в металі

залишається деформованою, і метал зміцнюється. Виникає значна залишкова напруга, здатна привести до руйнування матеріалу. Цей вид деформації найбільш вірогідний при температурах, що трохи перевищують температуру рекристалізації. При обробці металів тиском неповна гаряча деформація майже не використовується.

Неповна холодна деформація - це деформація, при якій рекристалізація не відбувається, але протікає процес повернення. Температура деформації вище температури початку повернення, а швидкість деформації не перевищує швидкості повернення. Залишкова напруга в значній мірі знімається, а інтенсивність зміцнення знижується.

При холодній деформації знезміцнюючі процеси (повернення і рекристалізація) не відбуваються. Температурний інтервал холодної деформації розташований нижче за температуру початку повернення.

Згідно приведеної класифікації, холодна і гаряча деформація не пов'язані з конкретними температурами нагріву, а залежать тільки від протікання процесів зміцнення і знезміцнення. Тому, наприклад, деформація свинцю при кімнатній температурі відноситься до гарячої деформації, оскільки температура рекристалізації цього металу розташована в області від'ємних температур.

За об'ємом виробництва гаряча пластична обробка металів поширена частіше, ніж холодна, хоча дорожче і складніше останньої, особливо при прокатуванні металів у вакуумі або в інертному середовищі. Застосування гарячої обробки виправдане підвищенням пластичності металів і зниженням зусиль на деформацію. Завдяки гарячій обробці тиском можливо отримувати великогабаритні вироби. Холодна деформація використовується зазвичай на кінцевих стадіях отримання виробів для забезпечення точності розмірів і високої якості поверхні.

Холодна пластична деформація викликає в металі структурні зміни, що включають зміну форми кристалітів, їх кристалографічного просторового орієнтування і внутрішньої будови кожного кристаліту. Основна зміна форми кристалітів полягає у витягуванні їх у напрямі головної деформації розтягування, тоді структура стає волокнистою. Кристалічні ґратки зерен набувають переважного просторового орієнтування, виникає текстура деформації. Це один з найважливіших наслідків кристалографічної спрямованості ковзання в кожному зерні по певних площинах і напрямках просторової ґратки.

Найважливіша зміна внутрішньої будови кожного кристаліту при холодній деформації - збільшення щільності дислокацій. Вона може зрости на 5-6 порядків. Крім того, росте концентрація вакансій, з'являються ділянки з локальним разорієнтуванням кристалічної ґратки. При не дуже низькій енергії дефектів упаковки утворюються мікросмуги і формується комірчаста структура.

Із збільшенням ступеня холодної деформації показники опору деформації ( $\sigma_v$ ;  $\sigma_{0,2}$ ; НВ) зростають, а показники пластичності ( $\delta$ ,  $\psi$ ) падають. Зростання міцностних характеристик і зниження пластичних обумовлено

підвищенням щільності дислокацій, яке затрудняє ковзання тих, що вже є, а також генерування і ковзання «свіжих» дислокацій.

Завдяки волокнистій структурі і наявності текстури деформації холоднодеформований метал характеризується анізотропією властивостей. Тому для оцінки механічних властивостей виробів, отриманих холодною деформацією, необхідно випробовувати зразки, вирізані як уздовж, так і упоперек напрямку деформації. У зв'язку з цим в таких виробках розрізняють пайові, поперечні, а в об'ємних напівфабрикатах ще і висотні властивості. Зазвичай показники пластичності і ударна в'язкість поперечних зразків бувають нижчими, ніж пайових. Причина полягає в тому, що при вирізанні упоперек волокон зростає число міжзеренних меж, збагачених домішками, менш пластичних, ніж тіло зерна.

Холодна деформація застосовується в наступних випадках:

- коли перетини оброблюваного металу малі, а через велике відношення поверхні до об'єму охолодження відбувається так швидко, що практично неможливо забезпечити високу температуру в зоні деформації (прокатка тонких листів, листове штампування);
- коли необхідно отримати вироби (проволоку, листи, стрічки) з хорошою якістю поверхні і підвищеною точністю;
- коли необхідно отримати вироби (проволоку, стрічки, лист) із заданим рівнем механічних властивостей.

**Матеріали, інструмент, устаткування.** Електрична піч для відпалу зразків, алюмінієві зразки різної початкової товщини (від 2 до 5 мм), двовалковий стан з діаметром валків 100 мм, універсальна випробувальна машина для випробувань зразків на розтягнення, лінійка.

**Порядок виконання роботи:**

1. Відпалені алюмінієві зразки різної початкової товщини (від 2 до 5 мм) прокатати на стані до товщини близько 1 мм.
2. Відносний обтиск при прокатуванні кожного зразка визначити по формулі

$$\varepsilon = \frac{h_0 - h_1}{h_0} \cdot 100\% \quad (2.1)$$

де  $\varepsilon$  - відносний обтиск %;  $h_0$  і  $h_1$  - відповідно, товщина зразка до і після прокатки.

3. З недеформованої заготовки товщиною 1 мм і прокатаних смуг вирубкою в штампі виготовити зразки для випробування на розтягування.

4. Розмітити зразки, як показано на рис. 2.1.

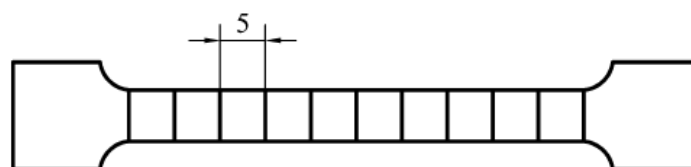


Рис. 2.1. Зразок для випробування на розтягування

Робоча довжина зразків при їх товщині  $h_l = 1$  мм дорівнює 50 мм. Заміряти товщину і ширину робочої частини зразка. Визначити площу поперечного перетину робочої частини зразка до розриву  $F_0$ .

5. Розірвати зразки (у тому числі і недеформований) на випробувальній машині, фіксуючи при цьому максимальну силу розриву.

6. Зміряти довжину зразків після розриву  $l_l$ , причому місце розриву повинне знаходитися в робочій зоні.

**Зміст звіту:**

1. Визначити відносне подовження  $\delta$  по формулі (2.2) і тимчасовий опір розриву  $\sigma_B$  по формулі (2.3):

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \cdot 100\% \quad (2.2)$$

$$\sigma_B = \frac{P_p}{F_0} \quad (2.3)$$

де  $l_l$  - довжина зразка після розриву, мм;  $l_0$  - довжина зразка до розриву,  $l_0 = 50$  мм;  $P_p$  - максимальна сила розриву, Н;  $F_0$  - площа поперечного перетину зразка до розриву, мм<sup>2</sup>.

2. Всі дані занести в табл. 2.1.

3. За даними табл. 2.1 побудувати графіки залежностей  $\sigma_B = f(\varepsilon)$ ;  $\delta = f(\varepsilon)$ . Зробити висновки.

Таблиця 2.1. - Зведена таблиця дослідних даних

$h_0$ , мм	$h_l$ , мм	$\varepsilon$ , %	$F_0$ , мм <sup>2</sup>	$P_p$ , Н	$l_0$ , мм	$l_l$ , мм	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %

**Контрольні питання:**

1. Яка пластична деформація монокристалу?
2. Яка пластична деформація полікристалу?
3. Назвіть чинники, що впливають на пластичність металу.
4. Який вплив пластичної деформації на структуру і властивості металу?
5. Назвіть види пластичної деформації.
6. В чому полягає надпластичність?

**Література:** [1], [2], [8], [10].