

УДК 621.867

Л. Данильченко, канд. техн. наук, доц., В. Паньків

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**ОСОБЛИВОСТІ МІЖКРИСТАЛІЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ЗАГОТОВОК В
ПРОЦЕСАХ ЇХ ФОРМОУТВОРЕННЯ І ВИПРОБУВАННЯ**

L. Danylchenko, V. Pankiv

**FEATURES OF THE INTERCRYSTALLINE DEFORMATION OF
PURVEYANCES IN THE PROCESSES OF THEIR FORMATION AND TESTING**

Дослідження механізму міжкристалічної деформації має важливе значення особливо при визначенні розподілу напружень для поверхонь деформування тонкостінних заготовок за певних умов (температури, швидкості тощо) і, головним чином, внаслідок того, що міжзеренна речовина рекомендованих для навивання матеріалів і сплавів для цих заготовок має міцність значно нижчу, ніж міцність кристалу.

Одним із видів механізму міжкристалічної деформації є такий, при якому порушені зв'язки між зернами не відновлюються, і це призводить до неоднорідності деформованого металу. Як наслідок, спостерігається часткове відновлення зв'язків "схоплюванням". При цьому, чим інтенсивніше відбувається відновлення порушених зв'язків, тим вищою є пластичність процесу. Відновлення порушених зв'язків може відбуватися за рахунок: утворення міцніших зв'язків між двома вільними поверхнями по-різному орієнтованих кристалічних решіток за температур, значно нижчих від температури рекристалізації металу, решітки якого взаємодіють; рекристалізація за певних температурних градієнтів; хімічні взаємодії для полікристалів, які складаються із зерен різних фаз. Останній називають розчинноосаджувальним механізмом.

За наявності достатньо високої та мінливої зі зміною температури розчинності елементів суміші зерен двох різних фаз, завдяки локальному підвищенню температури в процесі деформації, відбувається взаємне розчинення елементів суміші й зворотне виділення їх з розчинів при охолодженні. У результаті такої взаємодії елементів суміші відбувається "заліковування" субмікроскопічних вогнищ руйнування, викликаних переміщенням зерен двох різних фаз відносно одне одного. Таким чином, при повному або навіть частковому "заліковуванні" міжзеренні переміщення можуть суттєво впливати на формозміну заготовки.

У зернах полікристалів із неоднаково орієнтованими площинами ковзання спостерігаються різні значення пружної деформації, яка є початком пластичної деформації окремих зерен; при знятті навантаження виникають залишкові напруження між окремими зернами полікристалу.

У зернах зі сприятливим орієнтуванням площин ковзання, які називають "слабкими", складова пружної деформації є меншою, ніж в "сильних" зернах із несприятливим орієнтуванням площин ковзання. Здавалось би, при розвантаженні "сильні" зерна повинні змінюватися за розмірами інтенсивніше, ніж "слабкі", проте, внаслідок їх взаємозв'язку деформації тих і інших є однаковими. Змінюються лише напруження, що діють в "сильних" зернах і є додатними, а напруження в "слабких" отримують від'ємні значення порівняно з напруженнями при навантаженні.

У результаті виникнення залишкових напружень між окремими зернами полікристалу та неодночасності включення зерен у пластичну деформацію виникають: порушення лінійної залежності деформацій від напружень при навантаженні, вищому за межу пропорційності; пружна післядія; релаксація напружень; пружний гістерезис

тощо.

В процесах оброблення металів тиском визначення узагальненого критерію деформування, який найповніше характеризує поведінку матеріалу, зокрема, в процесі навивання та його різновидів, є досить складно. Наближену оцінку деформованості матеріалів можна одержати на підставі результатів випробування металів як регламентованими способами, так і додатково розробленими.

Крім обов'язкових стандартних випробувань матеріалів, таких, як визначення хімічного складу, оцінка мікроструктури, випробування на розтяг тощо, на теперішній час розроблено низку технологічних проб. Частина з них також увійшла до стандартів, наприклад, випробування на знакозмінний згин і проба Еріксена. Проте, детальний аналіз технологічних проб і експериментальні випробування листових матеріалів свідчать про доцільність їх удосконалення з метою розширення області застосування.

За стандартними методиками при випробуванні на розтяг визначають дві основні характеристики: σ_a - тимчасовий опір і ε - відносне видовження. Для деформованих тонких листових матеріалів рекомендується визначення величини рівномірного відносного подовження ε_p і дійсної (істинної) межі міцності σ_s : $\sigma_s = P_{\max} / P_i$ (де P_{\max} - максимальне зусилля в початковий момент формоутворення; P_i - площа поперечного перерізу зразка на момент утворення витка), а також коефіцієнта анізотропії R_s . Коефіцієнт $R_s = \ln(b_0 / b) / (s_0 / s)$ визначає співвідношення між зміною ширини й товщини листової стрічки в умовах лінійного напруженого стану. Тут b_0 і b - початкова та кінцева ширина зразка в зоні навивання, а s_0 і s - початкова й кінцева товщина зразка в тій же зоні.

Крім коефіцієнта анізотропії R_s , можуть визначатися коефіцієнти анізотропії властивостей у площині листа R_a . Для металів з кубічною решіткою доцільно визначити коефіцієнт R_a при випробуванні на розтяг уздовж напрямку навивання або під кутом навивання. Співвідношення між деформаціями у різних напрямках обернено пропорційне відношенню між значеннями міцнісних характеристик у тих же напрямках.

Окрім відзначених раніше показників, доцільним також є визначення фізичної межі текучості σ_m , якщо є площадка текучості, і умовної σ_y , якщо остання відсутня. Умовна межа текучості відповідає виникненню залишкової відносної деформації подовження, рівної 0,2 %. Ці додаткові показники дозволяють більш точно судити про ступінь реформованості матеріалу, ніж чому σ_a і ε .

Отже, здатність до витягування тим більше, чим більше відношення σ_a / σ_m і чим більше значення ε_p і R_s . Перші два показники певною мірою характеризують здатність до зміцнення, а практика показує, що більш зміцнювані метали допускають більшу формозміну при видовженні. Показник R_s характеризує здатність опиратися локальному стоншенню при навиванні, і зі збільшенням R_s стоншення зменшується, а, отже, небезпечний переріз здатний передавати більше зусилля, що приводить до збільшення допустимої формозміни. Дослідженнями встановлено, що найбільш придатні для гарячого навивання матеріали, що мають наступні показники:

$$\varepsilon > 25\%; \sigma_a / \sigma_m = 1,4-1,7; R_s = 1,4-1,8.$$

Наведені показники, які визначаються при випробуванні на розтяг і видовження, певною мірою дозволяють судити про придатність листових матеріалів до витягування в процесі виготовлення гвинтових заготовок деталей машин.