

Відгук

офіційного опонента на дисертаційну роботу Даниленка Віталія Івановича
“**Закономірності зміцнення ОЦК і ГЦУ металів
на розвинених стадіях пластичної деформації**”,
що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-
математичних наук за спеціальністю 01.04.13 - фізика металів.

Актуальність теми дисертації

Дисертаційна робота Даниленко В.І. присвячена вивченню впливу температури, схеми деформування та розміру зерна на закономірності зміцнення сильнодеформованих ОЦК і ГЦУ металів.

Дисертація виконана в Інституті проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича в рамках держбюджетних науково-дослідницьких робіт: “Дослідження закономірностей деформації та руйнування титанових сплавів, схильних до мартенситних перетворень” (№ 0111U002405, 2011-2013 рр.); “Зсувно-дифузійні перетворення в сплавах на основі заліза, титану і цирконію та вплив процесів, що їх супроводжують, на структуроутворення та зміцнення” (№ 0114U000549, 2014-2016 рр.); “Структурні та фазові перетворення під дією деформації та їх вплив на механізми зміцнення” (№ 0117U000256, 2017-2019 рр.); проекту науково-дослідних робіт молодих учених НАН України, за грантами НАН України “Моделювання та експериментальне дослідження впливу структурних перебудов на механічну поведінку наноматеріалів деформаційного походження” (№ 0109U007068, 2009-2010 рр.).

Деформаційні методи є одними з найперспективніших з точки зору отримання об'ємних великорозмірних наноматеріалів. Розвиток цього наукового напрямку є безумовно актуальною проблемою. З наукової точки зору **актуальність** полягає в необхідності систематизації та розвитку сучасних поглядів на закономірності структуроутворення та механізми зміцнення в сильнодеформованих матеріалах, з практичної – у створенні узагальнених поглядів на проблему впливу зовнішніх факторів (температура, схема навантаження, ступінь деформації, тощо) та структури вихідного матеріалу на закони формування наноструктури деформаційного походження, що дозволить оптимізувати існуючі схеми отримання тривимірних виробів з наноструктурою методами пластичної деформації.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність і повизна

Обґрунтованість результатів дослідження, отриманих в дисертаційній роботі Даниленка В.І., забезпечена використанням широкого інструментарію сучасних фізичних, металографічних, фізико-механічних методів досліджень та відповідного обладнання.

Сформульовані положення і висновки по роботі, що рецензується, не протирічать фундаментальним основам фізичного матеріалознавства та фізики міцності.

Новизна роботи.

Розроблена оригінальна методологія визначення параметрів зміцнення сильнодеформованих матеріалів з використанням випробувань на стиснення, що спрощує визначення силових та деформаційних параметрів.

Вперше досліджена структурна чутливість параметрів зміцнення ОЦК – металів в широкому інтервалі деформацій та розмірів зерен. Показано, що деформація, яка відповідає переходу від параболічного до лінійного зміцнення, зменшується зі зменшенням розміру зерна.

Вперше встановлено, що структурна чутливість рівномірної деформації визначається чутливістю до розміру зерна кривої деформаційного зміцнення і її похідної по деформації.

В сильнодеформованих матеріалах вперше встановлено ефект деградації коефіцієнта лінійного зміцнення при збільшенні попередньої деформації прокаткою. Ефект пов'язаний з переорієнтацією площин легкого ковзання в напрямку найбільш сприятливому до умов прокатки.

Встановлено, що в матеріалах, продеформованих методами інтенсивної пластичної деформації (ІПД), деградації зміцнення не відбувається. Ці матеріали мають високий коефіцієнт лінійного зміцнення, що помітно перевищує границю плинності, і, згідно критерію Консидера, робить їх придатними до реалізації великої рівномірної деформації в наноструктурному стані.

Вперше проаналізована температурна залежність коефіцієнтів лінійного зміцнення. Встановлено співпадіння характеру цієї залежності з температурною чутливістю границі плинності як для рекристалізованих станів, так і для попередньо деформованих матеріалів.

Значення результатів роботи для науки та практики

Результати, отримані в ході дисертаційного дослідження, мають суттєве практичне значення. Це пов'язано з тим, що сучасні схеми інтенсивної деформації є головним, і, чи не єдиним методом отримання великогабаритних виробів з нанозеренною структурою. Одержані в роботі результати можуть бути використані при оптимізації технологічних процесів отримання якісних виробів методами ІПД. На сьогоднішній день результати роботи використовуються технологами від 10 ІПМ ім. І.М. Францевича НАН України для удосконалення схеми асиметричної прокатки – сучасної технології, яка дозволяє отримувати деформовані наноматеріали з високою міцністю та задовільною пластичністю в промислових об'ємах.

Повнота опублікованих результатів дисертації.

Основний зміст дисертації Даниленка В.І. викладений в 16 наукових працях, з них 15 у фахових виданнях та у тезах 5 конференцій. Загалом положення ДАК Міністерства освіти і науки України стосовно повноти публікацій та апробації роботи виконано в повному обсязі.

Оцінка змісту роботи

Дисертація складається із вступу, п'яти глав, висновків та переліку посилань. Повний об'єм 185 сторінок, 69 рисунків, 11 таблиць, перелік використаних джерел складає 159 посилань.

У **вступі** розглянуті основні підходи до проблеми деформаційного зміцнення при великих деформаціях, зокрема відзначається великий внесок українських учених в розвиток цього наукового напрямку. Сформульовані задачі, які потребують вирішення, новизна та практична цінність роботи.

У **першому розділі** проаналізовані закономірності структуроутворення в деформованому матеріалі. Особлива увага звертається на стадійність кривої деформаційного зміцнення та наявність зв'язку між стадіями та структурними перебудовами під час деформації. Розглянуті існуючі моделі деформаційного зміцнення та відзначаються загальні риси та відмінності, що притаманні існуючим теоріям зміцнення ГЦК та ОЦК металів. Наведені експериментальні дані, що підтверджують наявність стадії лінійного зміцнення. Зазначається, що перехід до цієї стадії характеризує зміну механізму деформації від трансляційного до ротаційного. Стисло розглянуті основні моделі структуроутворення та деформаційного зміцнення при великих деформаціях.

У **другому розділі** обґрунтовано вибір матеріалів та методів досліджень. Зазначається, що на даному етапі розвитку матеріалознавства деформованих матеріалів особлива увага приділяється створенню наноструктурних матеріалів на основі заліза та титану і їх сплавів. Тому в якості модельних об'єктів були використані матеріали з молібдену, титану технічної чистоти (сплав ВТ1-0), армо-заліза та промислової сталі 20Х.

Коротко розглянуті основні методи деформаційної обробки, що використовувались для отримання сильнодеформованих станів: схеми симетричної та асиметричної прокатки, рівноканального кутового пресування (РККП), гвинтової екструзії (ГЕ) та комплексні методи деформування, що включають послідовне використання кількох схем (РККП + прокатка).

Проаналізовані методичні складнощі при випробуваннях сильно деформованих матеріалів. Звертається увага, що при одновісному розтязі завдяки утворенню шийки зразок простої форми перетворюється на складну конструкцію, геометричні параметри якої впливають на розподіл напруження в матеріалі. Зазначається, що використання фотометрування в цьому випадку є ефективним лише при дослідженні рекристалізованого матеріалу, оскільки в деформованих матеріалах шийка має асиметричну форму і формується при дуже малій рівномірній деформації.

Третій розділ присвячений аналізу температурної та структурної чутливості деформаційного зміцнення. Розглянуто вплив температури випробувань на формування кривої деформаційного зміцнення молібдену. Досліджена температурна залежність деформаційного зміцнення сплаву МЧВП, випробуваного на розтяг в діапазоні температур 20 – 1000 °С, і проаналізована температурна чутливість коефіцієнтів зміцнення.

Проаналізовано структурну чутливість параметра зміцнення. Показано, що на відміну від високотемпературних досліджень, експерименти, що виконані при кімнатній температурі, дозволяють проводити фотометрування профілю шийки. Цей прийом був використаний при аналізі кривих зміцнення молібдену в широкому інтервалі деформацій для встановлення структурної чутливості параметрів зміцнення на різних ділянках кривої деформації аж до стадії лінійного зміцнення.

Для встановлення ролі границь зерен в процесі структуроутворення на стадії розвинутої деформації проведено комп'ютерне моделювання еволюції структури на стадії розвинутої деформації. Створено модель, яка дозволила проаналізувати вплив параметрів дисклінаційного дефекту і його положення відносно границь на еволюцію дислокаційної структури в сусідньому зерні. Результати моделювання показали, що процес зародження дисклінаційних стінок різко прискорюється за наявності границі зерна.

У **четвертому розділі** розглянуті закономірності зміцнення попередньо деформованих матеріалів на основі титану та заліза. Проаналізовано вплив попередньої деформації на механічні властивості матеріалів як при одновісному розтягу, так і при випробуваннях на одновісне стиснення. Показано, що хоча абсолютні значення відповідної деформації при стисненні виявляються дещо вищим, характер залежностей, отриманих при стисненні, практично співпадає з даними, отриманими при розтягу. Встановлено, що коефіцієнт лінійного зміцнення чутливий до ступеня деформації і для сильно деформованих станів може мати від'ємні значення.

У **п'ятому розділі** розглянуті закономірності формування кривих деформаційного зміцнення в матеріалах, отриманих методом інтенсивної пластичної деформації. На зразках титану, отриманих методом РККП, були досліджені криві зміцнення після випробування на одновісне стиснення та одновісний розтяг. Встановлено, що в матеріалах, продеформованих методами.

Встановлено пропорційність температурної залежності коефіцієнтів лінійного зміцнення температурній залежності границі плинності матеріалу як для рекристалізованих матеріалів, так і для матеріалів, оброблених за допомогою попередньої деформації.

Показано, що при використанні асиметричного вальцювання як на стадії формування порошкової смуги, так і на стадії зміцнюючих вальцювань, механічні властивості смуги перевищують не лише характеристики аналогічної смуги, отриманої по традиційній порошковій технологією, але і властивості компактних титанових смуг, отриманих з литого матеріалу.

Зауваження до дисертації

Поряд з наведеними вище позитивними якостями дисертаційної роботи, що рецензується, вважаю за необхідне зробити наступні зауваження.

1. Підрозділ 5.5 дисертації присвячений використанню методу асиметричної прокатки. Показано, що використання такої схеми підвищує параметри зміцнення деформованого титану. В пункті “практичне значення” підкреслюється важливість цього результату. На жаль, ці результати не знайшли свого відображення в авторефераті та в загальних висновках до роботи.

2. В розділі 4.2 вказується незвичайний механізм шийкоутворення в деформованому титані: в момент руйнування шийка формується у вигляді еліпсу. Для підтвердження цього ефекту бажано було б навести результати досліджень, отримані методами оптичної або скануючої електронної мікроскопії. Бажано також було продемонструвати, як впливає попередня деформація на схильність до утворення еліпса.

3. В другому висновку до роботи вказується на те що для “отримання єдиного характеру зміцнення ОЦК і ГЦУ металів нормування треба проводити не лише на відношення модулів, але ще на відношення границі плинності”. У ОЦК-металах підтвердженню цієї тези присвячений розділ 3.1, але у випадку ГЦУ-металів інформація про нормування в роботі відсутня.

4. Зважаючи на те, що вся дисертація побудована на аналізі кривих деформаційного зміцнення, варто було б детально описати методику отримання вказаних кривих. На жаль, і в тексті дисертації, і в авторефераті ця інформація відсутня. Не вказано, на якому обладнанні проводились випробування зразків на розтяг і на стиснення, яка швидкість навантаження, яка форма та розміри експериментальних зразків, яка похибка вимірювань тощо.

5. Переважна більшість статей дисертанта опублікована лише в трьох вітчизняних наукових журналах. Зважаючи на наукову новизну та значну практичну цінність результатів роботи, вважаю, що їх варто було опублікувати в міжнародних англомовних виданнях, що входять до наукометричних баз даних SCOPUS, Web of Science та ін.

6. Деякі підписи до рисунків не містить інформації про матеріал, властивості якого представлені на рисунку (наприклад, Рис. 3.14, с.106, Рис. 3.18, 3.19, с.113). Те ж саме стосується деяких висновків до розділів (наприклад, висновок 4, с. 121, висновок 1, с. 139) та загальних висновків (наприклад, висновок 5, с. 164).

7. У тексті дисертації присутні орфографічні помилки (наприклад, «...структури з плавно змінюючою розорієнтовкою...», с. 20) та вирази, зміст яких незрозумілий (наприклад, «напруження власних сил зображення (σ_{ms})», с.109).

Наведені зауваження не стосуються основних положень, що виносяться на захист, та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Загальні висновки стосовно дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Даниленка В.І. є закінченою науковою працею, в якій вирішена актуальна науково-практична задача з вивчення впливу температури, схеми деформування та розміру зерна на закономірності зміцнення сильнодеформованих ОЦК і ГЦУ металів.

Викладені в дисертації наукові положення, висновки та практичні рекомендації є обґрунтованими на належному науковому рівні.

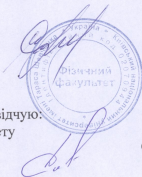
Усі результати дослідження опубліковані в фахових наукових виданнях і пройшли апробацію на вітчизняних та міжнародних конференціях і семінарах відповідного профілю.

Автореферат адекватно та з достатньою повнотою відображає зміст дисертації.

Підсумовуючи вище сказане, можна констатувати, що робота Даниленка Віталія Івановича “Закономірності зміцнення ОЦК і ГЦУ металів на розвинених стадіях пластичної деформації” є завершеним дослідженням, в якому отримані науково-обґрунтовані результати, що мають наукову новизну і практичну значимість.

Дисертаційна робота Даниленка В.І. відповідає всім вимогам ДАК Міністерства освіти і науки України до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата фіз.-мат. наук за спеціальністю 01.04.13 – фізика металів, а автор дисертації заслуговує присудження йому вказаного ступеня.

Науковий співробітник НДЛ «Фізика рідин, полімерів та фазових переходів в них» фізичного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка, кандидат фіз.-мат. наук



С.В. Чорнобук

Підпис к.ф.-м.н. С.В. Чорнобука засвідчую:
Вчений секретар фізичного факультету
д.ф.-м.н., доцент

О.П. Дмитренко