**Рудь Віктор Дмитрович. Фізико-механічні засади складних схем обробки тиском та вібраційних процесів в технологіях формування порошкових виробів : дис... д-ра техн. наук: 05.16.06 / НАН України; Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича. - К., 2005**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Рудь В.Д. Фізико-механічні засади складних схем обробки тиском та вібраційних процесів в технологіях формування порошкових виробів** – Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.16.06 – Порошкова металургія та композиційні матеріали. Інститут проблем матеріалознавства НАН України, м. Київ, 2005 р.  Роботу присвячено вирішенню актуальної науково-технічної проблеми встановлення особливостей незворотного деформування пористих матеріалів при різних видах напруженого стану, оцінці адекватності та межі застосування існуючих гіпотез пластичності пористого середовища, комп’ютерно-імітаційному моделюванню процесів ущільнення порошків та удосконаленню процесів формування виробів на основі оптимізації технології утилізації відходів підшипникового виробництва.  Для реалізації складного навантаження в різних температурно-силових умовах запропоновано принципово нову ідею комбінування крокової і неперервної зміни шарової та девіаторної компонент напружень, що реалізована на спеціалізованому програмно-модульному комплексі, основу якого складає модуль гідростатичного навантаження. Показано, що деформаційні та механічні характеристики порошкових та спечених пористих матеріалів суттєво залежать від історії навантаження.  На основі експериментальних досліджень запропонована нова технологічна схема утилізації відходів підшипникового виробництва та оригінальні технологічні схеми ущільнення порошків з використанням вібраційних коливань просторової форми. | |
| |  | | --- | | 1. Огляд сучасного стану деформаційних технологій порошкової металургії свідчить, що одним з основних факторів, що стримує розрахункову базу та проектування операцій отримання конструкційних виробів складної форми з порошків - є відсутність коректного експериментального обґрунтування поведінки ущільнювальних матеріалів в умовах складних навантажень. Переважна більшість відомих даних не задовольняють вимогу реалізації оптимального розподілу густини та напружено-деформованого стану. Тому їх використання можливе лише для якісної верифікації теоретичних моделей. 2. Для реалізації оптимального навантаження за напруженим станом у різних температурно-силових умовах запропоновано принципово нову ідею комбінування крокової і неперервної зміни шарової та девіаторної компонент напружень на спеціалізованому програмно-модульному комплексі (ЛДТУ). Зокрема, створений комплекс дозволяє випробування трубчастих та суцільних зразків з порошкових, спечених та неспечених матеріалів для модулювання широкого діапазону траєкторій навантаження, що відповідають найбільш поширеним технологіям, які використовуються в порошковій металургії. 3. Розроблені основи загальної методики експериментального дослідження незворотного деформування порошкових та пористих матеріалів, в яких стисливість або розпушливість поєднується із зсувними явищами. Методика дозволяє наочне спостереження із якісним та кількісним контролем ефекту дилатансії. 4. Результати експериментів по програмах пропорційного (радіального) навантаження, які виконані при різних співвідношеннях гідростатичного тиску та інтенсивності дотичних напружень, свідчать, що для досліджених пористих матеріалів гіпотеза єдиної кривої і(і) не має місця. 5. На відміну від поглядів, які розповсюджені в порошковій металургії про однозначну залежність поточної густини від гідростатичного тиску, встановлено, що така залежність не є інваріантною і суттєво пов’язана з жорсткістю напружено-деформованого стану, яка характеризується співвідношенням першого інваріанта тензора напружень та другого інваріанта девіатора напружень. 6. Визначено форму поверхні навантаження та її еволюцію для різних шляхів деформування, що характеризує пластичну поведінку пористих спечених та незв‘язаних порошкових матеріалів; зокрема, встановлено, що для спечених матеріалів на основі міді та заліза експериментальні дані відповідають теорії Мартинової-Штерна та Петросяна; для незв‘язаних порошків відповідна поверхня навантаження подібна до тієї, що відповідає концепції Cam – Clаy хоча екстремум поверхні навантаження у площині «гідростатичний тиск-інтенсивність дотичних напружень» може бути суттєво зсунутим в напрямку всебічного стиснення. 7. Експериментально встановлено спроможність використання критерію Писаренка – Лебедєва для оцінки конструкційної міцності спечених і неспечених пористих металів. 8. Вперше розроблені та реалізовані комп’ютерні моделі засипки порошку у пресформи довільної форми, які дозволяють визначити пористість моно- та полідисперсної структури і її топологію залежно від форми часток порошку, моделювати процес пакування часток різноманітного гранулометричного складу з використанням горизонтальних, вертикальних та комбінованих коливань при довільній варіації комбінацій вібраційних параметрів. 9. На підставі моделі сформульовано метод управління та контролю процесом вібраційного пресування. Встановлені оптимальні комбінації коливань різного типу та послідовність їх застосування (історія навантаження), що забезпечують необхідну середню по об‘єму густину та прийнятну топологію розподілу порошку. 10. Розроблено методику, обладнання та програмне забезпечення методу вібраційного формування заготовок з використанням вібромодулів з об’ємним способом збудження коливань і робочим органом на підтиснених пружних оболонках для реалізації багатокомпонентного та просторового (спірально-зворотного) вібраційного навантаження. 11. Встановлено, що особливо ефективним є метод вібропресування з просторовою (спірально-зворотною) формою коливань матриці. Порівняно з однобічним статичним пресуванням віброформування дозволило підвищити міцність отриманих зразків на 100-215% залежно від марки порошку та його фізико-механічних властивостей. Визначено для досліджених порошкових матеріалів оптимальні схеми та режими віброформування. 12. Запропоновано універсальні вібромодулі для реалізації вібропресування заготовок з порошкових матеріалів на стандартному пресовому обладнанні. Виконавчі елементи вібромодулів можуть працювати автономно або бути включеними у спільну гідросистему. 13. Розроблена технологія утилізації шліфувальних відходів підшипникового виробництва, яка відрізняється від класичної схеми тим, що металевий порошок сталі ШХ15 після магнітної сепарації підлягає додатковому обкочуванню та відновлюваному відпалюванню. Отримані порошки сталі ШХ15 відповідають вимогам стандартів за гранулометричним складом та технологічними властивостями. Оптимізація розподілу густини та контроль форми поверхні виробу при радіальному пресуванні забезпечені за рахунок використання методу скінченних елементів. | |