

## УДК 621.775.8

М. В. Шепельський, В. В. Свяцький, В. В. Пукалов

### РЕОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПОВЕРХНІ ПОДІЛУ ЧАСТОК, ЯКІ ДЕФОРМУЮТЬСЯ

В статті «Перспективний процес отримання металевих волокон для композитних матеріалів» авторів М. В. Шепельського, В. П. Пукалова, В. В. Пукалова показана перспективність отримання металевих волокон із гранул. Однак, важливою проблемою залишається відокремлення пресовки на дискретні нитки. Метою цієї роботи є вивчення реології на контакті часток, що деформують, і на цій основі — вибір розділової фази, яка дозволить зменшити або усунути адгезійний зв'язок деформованих ниток. Міцність зчеплення орієнтовно можна визначити за виразом (1):

$$\sigma_{\text{отр}} = \sigma_b \left(1 - \frac{1}{K_{\text{оп}}}\right), \quad (1)$$

де  $\sigma_{\text{отр}}$  — напруження відриву;

$K_{\text{оп}}$  — коефіцієнт об'єднання поверхні, що характеризує відношення довжини отриманих ниток до вихідного діаметра часток ( $K_{\text{оп}} = l/d$ ).

Розглянемо еволюцію поведінки контактної поверхні вихідної осесиметричної частки при пресуванні. Відомо, що в процесі пластичної деформації сфера перетворюється в еліпсоїд, який називається матеріальним еліпсоїдом деформації. Оператор, який описує це перетворення, називають тензором матеріального еліпсоїда, який має вигляд:

$$\xi = \begin{pmatrix} \xi_x & 0 & 0 \\ 0 & \xi_y & 0 \\ 0 & 0 & \xi_z \end{pmatrix}, \quad (2)$$

де  $\xi_x, \xi_y, \xi_z$  — компоненти тензора деформації. Даний тензор дозволяє перетворення будь-якого вектора  $\bar{\rho}_0$  для точки на поверхні вісесиметричного тіла в вектор  $\bar{\rho}$  для точки на поверхні еліпсоїда (рис. 1; 2). На цих рисунках зображена трансформація елементарної площі  $d\bar{F}_0$  на поверхні сфери, створену векторами  $d\bar{\rho}_0$  та  $d\bar{\rho}_0$  (які лежать у взаємно пер-

пендикулярних площинах), в площу  $dF$  на поверхні еліпсоїда.

Для оцінки адгезійного зв'язку по поверхні деформованої частинки розглянемо зміну нормального напруження  $\sigma_n$  по лінії поділу (рис. 3). При однонаправленому пресуванні деформація металу відбувається в напрямку осі  $Ox$  і її можна розглянути як розтягання часток, що деформуються в цьому напрямку. Тоді величина  $\sigma_n$  являє собою напруження  $\sigma_{\text{отр}}$ , яке в свою чергу, можна записати через напруження розтягування

$$\sigma_{\text{отр}} = \sigma_p \sin^2 \gamma. \quad (3)$$

Спільне рішення /1/ та /3/ дає:

$$(\sigma_p / \sigma_b)_x = \left(1 - \frac{1}{K_{\text{оп}}}\right) / \sin^2 \gamma. \quad (4)$$

Якщо взяти до уваги, що:

$$\text{tg}^2 \gamma = \sin^2 \gamma / (1 - \sin^2 \gamma) = (dp_z / dp_x)^2, \quad (5)$$

маємо

$$\sin^2 \gamma = (dp_z / dp_x)^2 / [1 + (dp_z / dp_x)^2]. \quad (6)$$

З урахуванням  $dp_x = dp_{ox} \xi_x$ ,  $dp_z = dp_{oz} \xi_z$

отримуємо

$$\sin^2 \gamma = \frac{(dp_{ox} \xi_x / dp_{oz} \xi_z)^2}{1 + (dp_{ox} \xi_x / dp_{oz} \xi_z)^2}. \quad (7)$$

З рис. 2, а знаходимо, що  $dp_{oz} / dp_{oz} = \text{tg}^2 \gamma$ ,

і відповідно

$$(\sigma_p / \sigma_b)_x = \left(1 - \frac{1}{K_{\text{оп}}}\right) \left[1 + \left(\frac{\xi_x}{\xi_z} \text{ctg} \alpha\right)^2\right]. \quad (8)$$

Аналогічно можна отримати відповідні вирази для схем розтягування в напрямку двох інших головних осей. Для нашого випадку, коли відбувається однонаправлене пресування, головну роль визначає компонента тензора деформації  $\xi_x$ . Тому можна зробити висновок, що розшарування ниток досягається при умові, коли  $(\sigma_p / \sigma_b) \leq 1$ .

Таким чином, вирішення проблеми відокремлення волокон при пресуванні лежить у зменшенні  $\sigma_p$  в розділовій області частинок, що контактують, наприклад, введенням поверхнево-активних речовин (ПАР).

Результати аналітичного дослідження перевірили при пресуванні свинцевих гранул при введенні в них ПАР: пральний порошок (сухе мило), композиція масло-графіт, порошок графіту, порошок карбіду вольфраму. Результати експериментів наведені на рис. 4. Необхідно відмітити, що поверхнево-активні середовища як пральний порошок та композиція масло-графіт при даних умовах дослідження не відповідають поставленій задачі, так як частинки отримали мале деформаційне подовження.

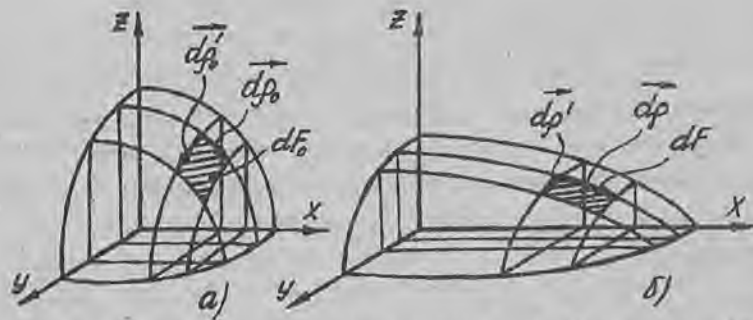


Рис. 1. Еволюція елементарної площі до (а) та після (б) деформації частинки

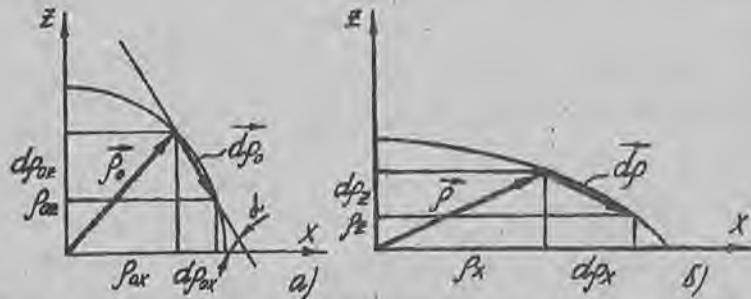


Рис. 2. Зміна сторони елементарної площі в площині XOZ до (а) та після (б) деформації



Рис. 3. Схема розподілу нормальних напружень на поверхні деформованої частинки при пресуванні



Рис. 4. Зміна коефіцієнта оновлення поверхні  $K_{оп}$  по перерізу гранулки  $\phi 1,5$  мм: 1- при пресуванні без розділової фази; 2- розділова фаза - порошок графіту; 3- за розділової фази приймався порошок карбід вольфраму

#### Висновки

Введення розділової фази суттєво змінює реологічні характеристики поділу часток, які деформуються. За рахунок створення на поверхні часток вторинних структур, збільшення зсувних деформацій і зменшення коефіцієнта тертя між частинками при пресуванні більш інтенсивно проходить оновлення поверхні деформованих ниток. Найкращих результатів було досягнуто при пресуванні свинцевих гранул з розділовою фазою порошок карбід вольфраму.

#### Література

1. Шепельський Н. В., Корнилов В. Н. Влияние обновления контактной поверхности гранул на прочность схватывания. — Технология легких сплавов. — 1985. — № 2.
2. Шепельський М. В., Пукалов В. В. Аналітичне виведення рівнянь нерівномірності деформації при пресуванні дискретних тіл. / Розробка і технологія виробництва сільськогосподарських машин: // 36. наук. праць. — К.: ІСДО, 1994. — 212 с.

УДК 621.775.8

М. В. Шепельський, В. П. Пукалов, В. В. Пукалов

### ПЕРСПЕКТИВНИЙ ПРОЦЕС ОТРИМАННЯ МЕТАЛЕВИХ ВОЛОКОН ДЛЯ КОМПЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ

В теперішній час все більшого застосування в сільхозмашинобудуванні знаходять композитні матеріали. Але стримуючим фактором розширення об'єму їх виробництва являється велика вартість армованого середовища — волокон.