

## Дослідження характеру руйнування поверхні контакту дискретних частинок при зсувних деформаціях

Розглянуті особливості реології на контакті гранул в умовах інтенсивних зсувних деформацій. Досліджувалися текстури деформації і механізм руйнування деформованих ниток. Встановлено, що руйнування поверхні поділу контактуючих гранул при їхньому пресуванні носить в'язкий характер. адгезія, гранула, поверхня контакту, пресування, схоплювання, текстура, руйнування

Увага до проблеми пористих композиційних матеріалів в останнє десятиліття постійно зростає. Це пов'язано з тим, що інтенсивний розвиток науки і техніки обумовлює створення нових матеріалів, що володіють комплексом спеціальних властивостей і здатних забезпечити роботу конструкцій у жорстких експлуатаційних умовах. Висока механічна і жароміцність, термо- і корозійна стійкість, мала питома вага – далеко неповний перелік властивостей, якими володіють сучасні пористі композиційні матеріали. Проте, висока вартість вихідного матеріалу (волокна) при виробництві пористих композиційних матеріалів, що пов'язана з високою енергоємністю, недосконалістю технології і незадовільною екологічністю процесу його одержання, обмежують області і об'єми їхнього застосування.

У роботі [1] запропонований новий ефективний спосіб одержання металевих волокон методом пресування литих гранул. Суть способу полягає в тому, що гранули змішують із ізолюючим порошком, наприклад, карбідом вольфраму, і суміш піддають екструзії. Порошок, запобігаючи схоплюванню гранул при пресуванні, дозволяє деформуватися кожній гранулі окремо, у результаті чого гранули витягаються у вигляді досить ізольованих ниток. Однак, однієї із проблем при одержанні волокон з литих гранул є нестійкість процесу одержання роз'єднаних волокон, викликана їхнім схоплюванням у міру виходу з вогнища деформації. Із цієї причини одержання „роз'єднаних” волокон набуває велике наукове і практичне значення при вирішенні завдання виробництва дешевих металевих ниток.

Метою даного дослідження є вивчення реологічних особливостей на контакті деформованих частинок в умовах інтенсивних зсувних деформацій на прикладі пресування волокон зі свинцевих гранул.

Анізотропія властивостей волокнових випресовок є неминучою (навіть із огляду на те, що їхнє виготовлення здійснюється із ізотропного середовища – гранул) у силу направленої деформації в процесі пресування. До числа головних факторів, що визначають анізотропію властивостей таких матеріалів, належить: кристалографічне орієнтування зерен (насамперед текстура деформації), геометричне орієнтування гранул, зерен, субзерен (волокнистість структури), орієнтоване розташування окисних частинок і дефектів металу.

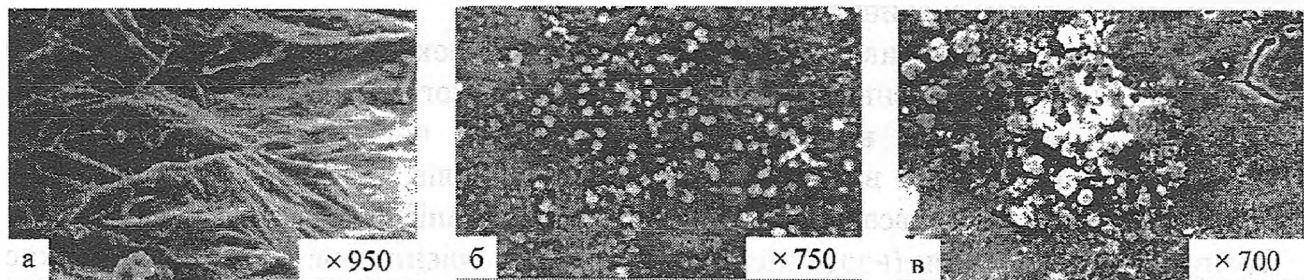
Вивчення текстури деформації проводилося на прутках із гранул, що були екстродовані без розділового середовища із різними ступенями деформації. Зйомка виконувалася на дифрактометрі ДРОН-2 за допомогою гоніометричної приставки методом „на відображення”.

Результати дослідження показали, що в загальному випадку процес текстуроутворення при пресуванні гранул не відрізняється від процесу текстуроутворення при пресуванні зливкового матеріалу. Пряма полюсна фігура, знята з поверхні зразка, відпресованого з коефіцієнтом витяжки  $\mu = 21$  свідчить про те, що отримана текстура не відрізняється від класичної текстури пресування металів з ГЦК ґратками. Вона характеризується послідовністю орієнтувань, що слабшають,  $\{135\} \langle 211 \rangle$ ,  $\{112\} \langle 111 \rangle$ ,  $\{110\} \langle 112 \rangle$ . Щільність їх відповідно десять, сім і п'ять відносних одиниць (за відносну одиницю при оцінці щільності прийняте відношення інтенсивності відображення від певної щільності в текстурованому зразку до інтенсивності відображення від еталона). Збільшення степені деформації ( $\mu = 51$ ) виявило розсіювання текстури, з'явилася складова  $\{001\} \langle 100 \rangle$ . Подібне відхилення при пресуванні прутків з литого металу відзначено в роботі [3]. Щільність орієнтувань для даної випресовки становила:  $\{135\} \langle 211 \rangle$  – сім одиниць,  $\{112\} \langle 111 \rangle$  – чотири одиниці,  $\{112\} \langle 111 \rangle$  – сім одиниць. При  $\mu = 81$  розсіювання зменшується, текстура має вигляд, що близький до класичної текстури:  $\{135\} \langle 211 \rangle$  – сім одиниць,  $\{112\} \langle 111 \rangle$  – сім одиниць,  $\{110\} \langle 112 \rangle$  – три одиниці. Компонент  $\{001\} \langle 110 \rangle$  зникає. У всіх випадках отримана аксіальна текстура деформації.

Таким чином, можна зробити висновок про те, що із збільшенням степені деформації при пресуванні гранул без розділової фази відбувається схоплювання металу по границях, які контактують, і формується класична текстура деформації металу із ГЦК ґратками. Цей висновок підтверджується кристалографічною закономірністю пластичної деформації – зсуви і супутні процеси, що викликані зсувними деформаціями, відбуваються орієнтовно, отже, залежать від напрямку деформації. Тому в міру збільшення величини зсувних деформацій ізотропне орієнтування зерна в гранулах набуває подібне орієнтування (текстуру) зерна деформованого компактного матеріалу. Таким чином, при аналізі волокнових випресовок, отриманих без розділового середовища, необхідно враховувати те, що текстура деформації і механічна текстура (волокнова будова) взаємозалежні і викликані єдиною причиною – підвищеними і направленими зсувними деформаціями при пресуванні гранул.

Великий вплив на розвиток механічної текстури робить сильно окислена поверхня гранул (рис. 1, а). Результати аналізу методом ОЖЕ-спектроскопії показали, що окисна плівка гранул, охолоджених у воді, має товщину  $100 \text{ \AA}$  і включає такі елементи:

- поверхня окисної плівки – К, Са, С, S (імовірно джерело появи цих елементів – охолодна вода);
- окисна плівка – О, Pb, Sb, Mg (магній, можливо, потрапив з футеровки печі).



а – литої гранули

б – деформованої пресуванням  
( $\mu = 21$ )

в – деформованої пресуванням  
( $\mu = 51$ )

Рисунок 1 – Фрактографії поверхні

Аналіз поверхні деформованих волокон з різними степенями деформації показав, що при невеликих витяжках навіть досить пластична окисна плівка свинцю піддається „грудкуванню” (рис. 1, б). Збільшення деформації викликає її дроблення, але „грудкування” зберігається (рис. 1, в). Таким чином, окисні плівки, інтергранулярні мікро- і субмікронесуцільності, що орієнтовані по напрямку зсувних деформацій, у великій мірі обумовлюють анізотропію властивостей і, розкриваючи ювенільні ділянки поверхонь контакту, спричиняють схоплювання волокон. Із цієї причини створення умов, що перешкоджають схоплюванню металу гранул при їхній спільній деформації, є важливим завданням одержання роз’єднаних волокон у випресовці.

С розвинутою механічною текстурою волокнових випресовок пов’язані деякі особливості їхнього характеру руйнування. Дослідження мікробудови зламів методом РЕМ виявило такі основні види руйнування випресовки: інтергранулярне (міжчасткове), міжзернинне (міжкрісталітне), усередині зерен (транскрісталітне).

У зламах найчастіше спостерігаються змішані види руйнування.

Характер цих руйнувань в основному залежить від орієнтування відносно напрямку пресування: поздовжні випресовки руйнуються від дотичних напружень, поперечні – від нормальних. Випресовки, зруйновані під кутом  $90^\circ$  до напрямку зсувних деформацій, руйнуються по границях волокон. Мікробудова зламів – малопластична ямкова (рис. 2, а). Включення, які можна віднести до зруйнованих окисних плівок, зустрічаються на поверхні поздовжніх зламів дуже рідко. На поверхні одного зламу виявляється не більше двох-трьох таких ділянок невеликих розмірів. Для випресовки, зруйнованої під кутом  $45^\circ$  до напрямку пресування, спостерігалися тріщини, що йдуть в глибину зразка. У той же час на електронних мікрофотографіях (рис. 2, б) спостерігається рисунок зламу, що свідчить про пластичне руйнування випресовки.

Це дає можливість припустити, що в’язке руйнування волокнових випресовок відбувається не тільки по контактній поверхні волокон, але і по їхнім торцевим границям. Підтвердженням цього служить характер руйнування поперек випресовок орієнтованих за напрямком деформації: мікрофрактограми виявили топографію руйнування по границі, імовірно, торця волокна. Причому в цьому випадку руйнування по контактній поверхні носить в’язкий характер – спостерігається велике число дрібних чашок (рис. 2, в).

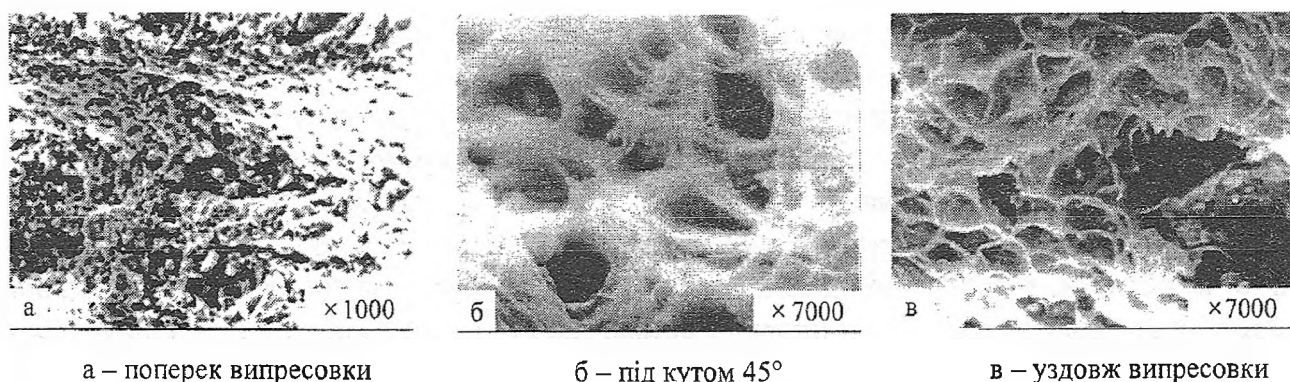


Рисунок 2 – Фрактограми руйнування волокнових випресовок

Таким чином, при пресуванні гранул без розділових середовищ у вигляді досить малого адгезійного зв’язку металу по границях волокон, які контактують, руйнування виникає в першу чергу на цих поверхнях. При досягненні початковим надривом

деякого розміру в сусідніх зонах виникає напружений стан, коли стає можливим утворення мікронадривів по границях зерен, субзерен та окисних частинок, тобто на ділянках, які представляють перешкоду для неперервності деформації. При подальшому навантаженні мікроспущошення зростають, і шляхом витягування зварених перемичок спочатку утворюють дрібні чашки, а потім поєднуючись в загальну поверхню – злам.

## Список літератури

1. Шепельський М.В., Свяцький В.В., Свяцька Л.П. Звіт по науково-дослідній роботі (номер державної реєстрації 0103U008955). Дослідження і освоєння технологічних процесів отримання свинцевих волокон пресуванням литих гранул. – Кіровоград: КНТУ, 2004. – 20 с.
2. Теория образования текстур в металлах и сплавах / Вишняков Я.Д. и др. – М.: Наука, 1979. – 343 с.

Рассмотрены вопросы особенности реологии на контакте дискретных частиц в условиях интенсивных сдвиговых деформаций. Исследовались текстуры деформации и механизм разрушения деформированных частиц. Установлено, что разрушение поверхности раздела контактирующих частиц при их прессовании носит вязкий характер.

In the article the problems of a feature of a rheology on the contact of discrete particles in conditions of intensive shift deformations are considered. The textures of deformation and mechanism of destroying of distorted particles were researched. It is established, that the destroying of an interface of contacting particles at their molding has ductile cup-shaped character.

*Одержано 21.03.07.*