



## НАПРЯМКИ ПОЛІПШЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА КЕРАМІЧНИХ ЗАГОТІВОК.

У виробництві керамічних виробів широке впровадження знаходять технології отримання заготівок із порошкових матеріалів. Основними перевагами таких технологій є скорочення виробничого часу на отримання одного виробу, можливість автоматизації процесів пресування і подальшої обробки заготівок перед їх обпалюванням [1, 2, 3].

Розширення номенклатури і складності форми пресованих виробів вимагає вирішення ряду технологічних проблем, які пов'язані з необхідністю видалення значної кількості повітря, частка якого у вільно насипаному порошку складає 45...65%; зменшення величини зміни розмірів пресованої заготовки після видалення із прес-форм, яка сягає 1...8%; ліквідація задирок на заготовках.

Метою роботи є розробка комплексного підходу до проблеми виробництва керамічних виробів на основі дослідження деформування порошкових матеріалів під дією різних видів навантажень.

Основні технологічні операції виготовлення керамічних заготівок показані на рис. 1. Процес виготовлення керамічних заготівок із порошкових матеріалів починається з підготовки шихти, яка включає дрібнозернистий порошок відповідного гранульованого складу, в'язучих матеріалів і заданої вологості [1, 2]. Підготовлену шихту засипають в прес-форму, пресують в заготівку, сушаться в сушилах для зменшення вологості до 1...2 % і збільшення механічної міцності. Покращення експлуатаційних властивостей і естетичного виду досягається додатковою обробкою шляхом видалення задирок і покриття глазурями або іншими матеріалами. Після обпалювання заготівок у термопечах отримують відповідну деталь.

Видалення надлишку повітря із заготовки пропонується виконувати на початковій стадії засипання шихти. Найбільш ефективним є метод вакуумування (1.5) (рис. 1), проте складність технологічного оснащення і низька продуктивність обмежують його використання. Більш поширені методи таблетування (1.2), віброзасипки (1.3), вібротаблетування (1.4), які забезпечують високу продуктивність попередньої підготовки шихти, дозволяють зменшити об'єм повітря перед пресуванням. Вказані методи вимагають додаткових витрат, в деяких випадках зменшують продуктивність пресового обладнання [4], але при цьому значно покращують якість заготовки у порівнянні з традиційними методами засипки шихти насипом. Проведені дослідження і досвід виготовлення керамічних заготівок [5] на пресах статичної дії підтвердили ефективність таблетування шихти в окрему таблетку з числом навантажень 1...5. Порівняння кривої 1 (рис. 2, а) статичного одноразового пресування і кривої 2 пресування з попереднім таблетуванням вказує на те, що попереднє таблетування дозволяє збільшити деформацію заготовки при максимальному зусиллі  $F_n$  на величину  $m$ . Після виштовхування із прес-форми заготовки розширюється, а величина збільшення розмірів (пружна післядія) [2] в напрямку сил пресування складає при статичному одноразовому і з попереднім таблетуванням відповідно величини  $e$  і  $\kappa$ , причому  $e > \kappa$ . Збільшення загальної деформації заготовки на величину  $m$  і зменшення пружної після дії на величину  $(e - \kappa)$  підтверджує ефективність попереднього таблетування шихти перед її наступним робочим пресуванням. Характер навантаження заготовки у часі показано на рис. 2, б. Спочатку відбувається одноразове навантаження до зусилля  $F_T$ , таблетована шихта видаляється із допоміжної матриці і подається в основну прес-форму, де пресується одноразово з робочим зусиллям  $F_n$ . Вказані методи подачі шихти (1.2; 1.3; 1.4) рекомендовані для основного одноразового пресування (2.1, рис. 1) з продуктивністю 10...25 виробів за хвилину [1, 5].

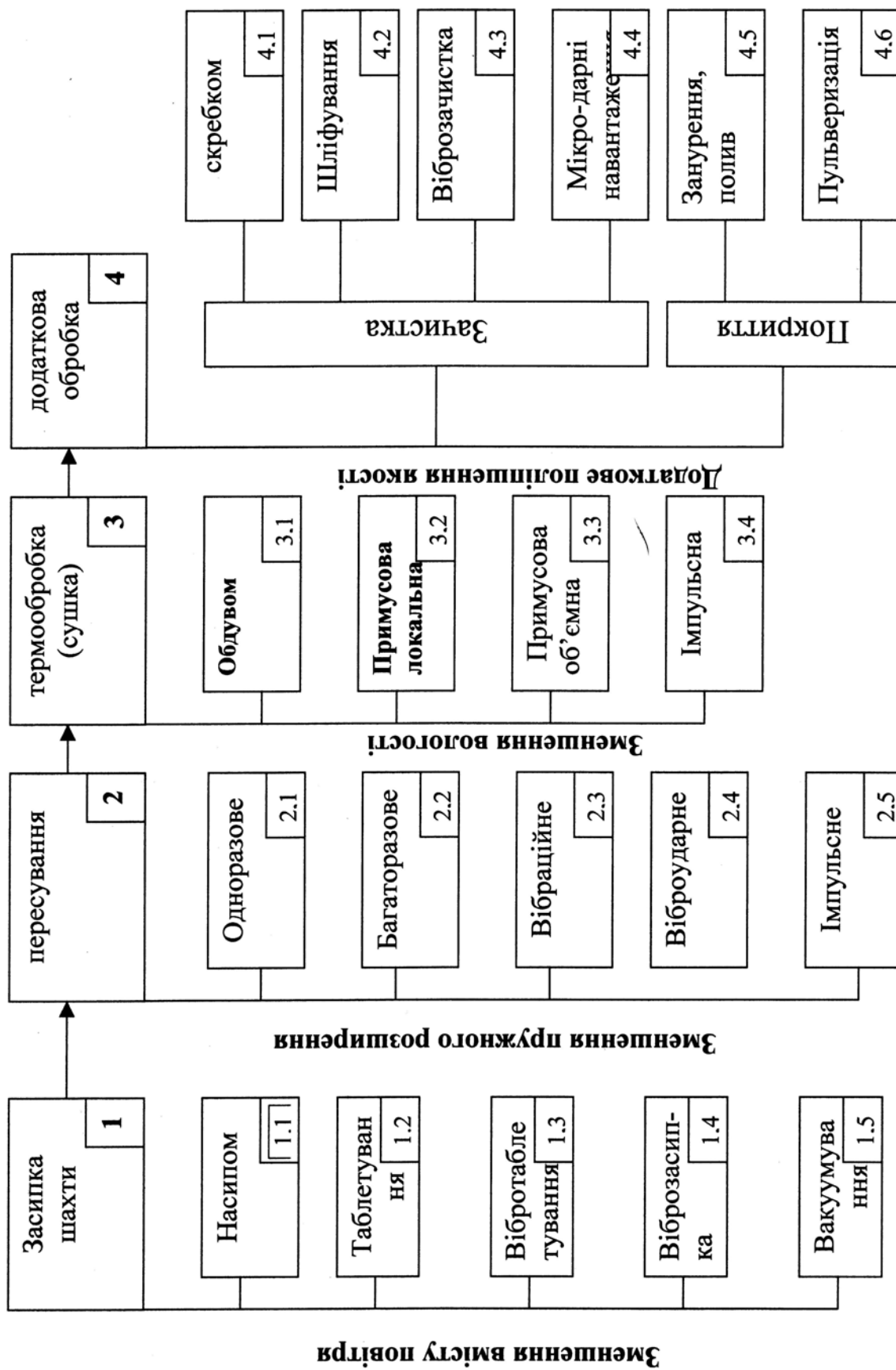


Рис. 1 Схеми пресування і додаткової обробки керамічних заготовок

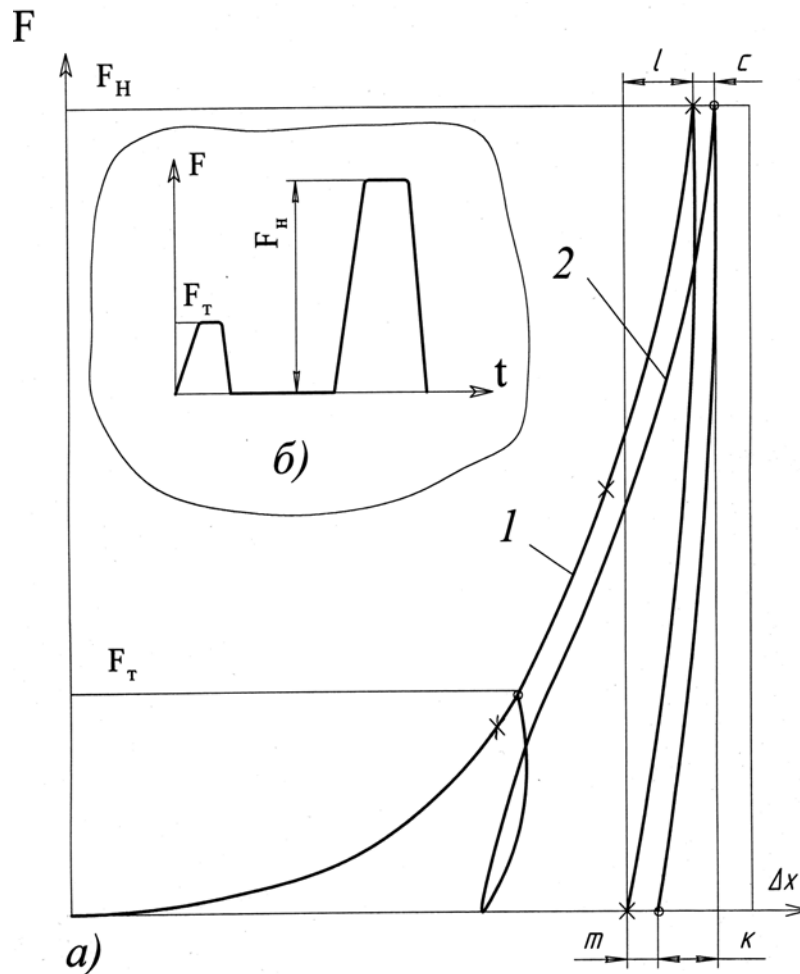


Рис. 2. Графіки статичного пресування керамічної заготовки:  
а) криві одноразового (1) і пресування з попереднім одноразовим таблетуванням (2);  
б) пресування з попереднім одноразовим таблетуванням

Більш ефективні результати поліпшення властивостей заготовки забезпечуються на стадії пресування [3, 6]. Періодичне ступінчате навантаження з проміжками розвантаження (рис. 3, б) забезпечує збільшення деформації заготовки (рис. 2, а, крива 1). Цей процес по силовому характеру навантаження близький до пресування з попереднім таблетуванням (рис. 2, а, крива 2). Багаторазове пресування вимагає затрат часу для розвантаження заготовки при використанні основного часу роботи преса, тому використовується переважно на гідравлічних пресах для виготовлення окремих габаритних виробів. Продуктивним і ефективним є вібраційне і віброударне пресування [3, 6]. Вказані методи пресування поєднують періодичні короткотермінові навантаження з повним або частковим розвантаженням шихти. При такому пресуванні відпадає необхідність спеціальної обробки шихти на стадії засипки.

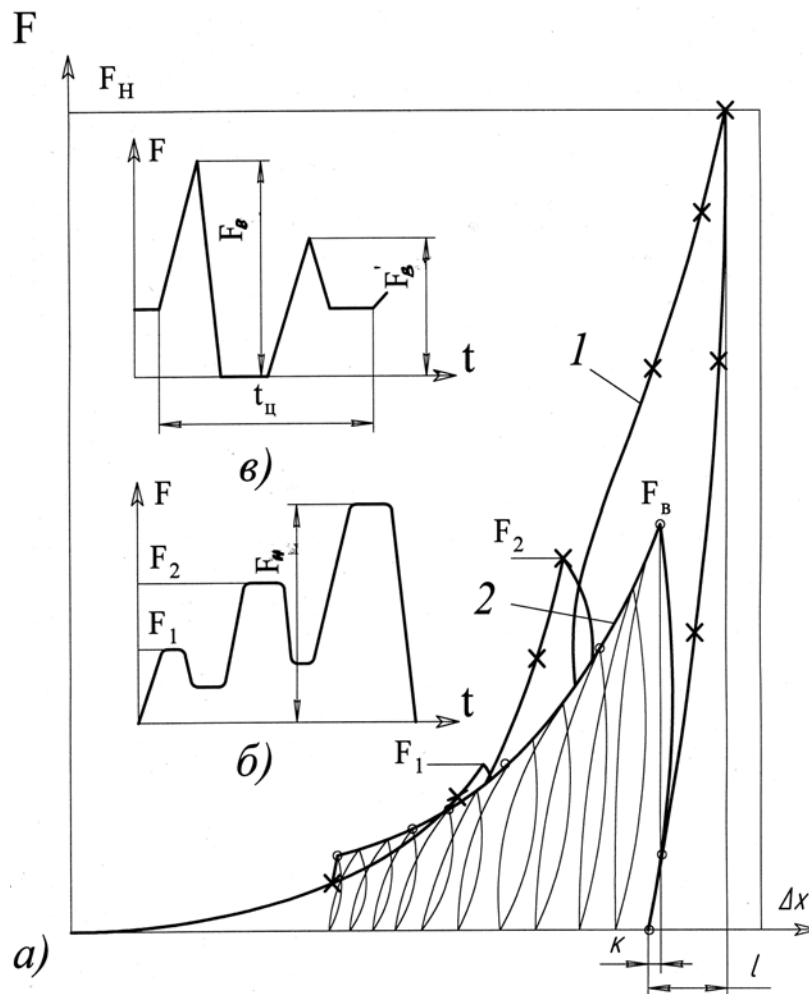


Рис. 3. Графіки віброударного і ступінчатого пресування:  
 а) криві ступінчатого (1) і вібраційного (2) пресування; б) ступінчате навантаження;  
 в) вібраційне навантаження

Аналіз кривих статичного багаторазового (рис. 3, а, крива 1; рис. 3, б) та віброударного (рис. 3, а, крива 2; рис. 3, б) пресування показує, що однакова сумарна деформація заготовки може бути досягнута при зусиллях вібропресування менших в 2...3 рази порівняно зі статичним пресуванням [6, 7]. При цьому величина розширення заготовки  $k$  після зняття зусилля вібропресування менше у порівнянні з розширенням після статичного пресування  $l$ . Менша величина розширення заготовки  $k$  у порівнянні з величиною  $l$  свідчить про зменшення запресованого повітря, а відповідно внутрішніх напруг в заготівці при вібропресуванні. Зменшення запресованого повітря запобігає можливості виникнення мікротріщин, рівномірному розподіленню порошкового матеріалу по об'єму, зменшує величину зусилля виштовхування заготовки із прес-форми. Переваги вібропресування обумовлені багаторазовими короткотерміновими навантаженнями до зусилля  $F_B$  і  $F_B'$  з проміжком повного розвантаження за один цикл  $t_{II}$  (рис. 3, б).

Розвантаження заготовки дозволяє складовим часткам шихти зайняти в загальній структурі заготовки найменш навантажені положення, створюють умови для руйнування локальних структурних утворень з частинок шихти і в'язучих матеріалів. Повітря в цей час перерозподіляється в найменш навантажені зони і видаляється в шпарини між матрицею і пуансонами [3].

Досвід виготовлення керамічних виробів показує, що короткотермінові навантаження на стадії пресування, наприклад, вібраційне (2,4) і віброударне (2,5) можуть



застосовуватися при виготовленні крупногабаритних виробів із карборундних і шамотних матеріалів без використання спеціальних методів засипки.

Для заготовок виробу типу "плита" із карборунда зеленого розмірами 450×380×25 мм обробка виконується по схемі 1.1 – 2.4\* – 3.3 – 4.1 [6], для виробів типу "кадушка" діаметром 320 мм і висотою 200 мм із шамотних матеріалів схема обробки 1.1 – 2.4\* – 3.1 – 4.1 [6, 8]; для габаритних виробів типу "блок" розмірами 320×200×200 схема обробки: 1.4\*– 2.5\*– 3.3 – 4.1 [8]; для виробів типу "плита" із карборунда чорного 1.1 – 2.4\*+2.5\*– 3.3 – 4.1 – 4.5 [9]. Вказані вогнетривкі вироби виготовляються в кількості 300 – 500 виробів за зміну. Зачистка, покриття заготовок не займають багато технологічного часу, тому виконуються вручну або на простих механізованих засобах [1].

Вироби масового виробництва, наприклад, типу "вкладки" (50 шт. за хвилину) або "корпус" (24 шт. за хвилину) [1, 4] необхідно додатково обробляти для зняття задирок і покриття глазур'ю. В існуючих виробничих умовах обробка виробу типу "вкладиш" виконується по схемі: 1.1 – 2.1 – 3.3 – 4.1, а виробу типу "корпус" 1.1 – 2.1 – 3.3 – 4.2 – 4.5 [1]. Зачистку виробів типу "вкладиш" запропоновано механізувати за рахунок використання вібраційної зачистки у вібробарабанах [7] і використати схему: 1.1 – 2.1 – 3.3 – 4.3\*. Одним із перспективних напрямків зачистки виробів типу "вкладиш" є схема: 1.1 – 2.1 – 3.2\*– 4.4\*.

*\* позначені рекомендовані технологічні операції з використанням періодичних навантажень.*

Для реалізації цієї схеми необхідно збільшити крихкість заусениць шляхом їх локального примусового сушіння (операція 3.2) і зменшення вологості нижче 6%. Заусениці товщиною не більше 1,5 мм висихають при локальному обдуванні теплим повітрям. Короткочасні мікроударні навантаження крихких заусениць сприяють їх руйнуванню практично без руйнування заготовки. Локальне примусове сушіння необхідно тому, що механізація зачистки напівсухих заготовок вологістю 14-16% не забезпечує надійної обробки. Заусениці і середовище можуть осідати на заготовці. Існуючі процеси шліфування (операція 4.2) використовувати неможливо через низьку міцність заготовки. Реалізації зачистки мікроударними навантаженнями запропоновано виконувати за допомогою пружнов'язких обертових елементів у вигляді валиків з поліетиленовим чи іншим ворсом. Пружнов'язкі елементи з задньою швидкістю діють на заусениці, забезпечують їх руйнування без суттєвого впливу на якість поверхні заготовки.

Однією із додаткових операцій поліпшення якості виробів є нанесення глазури перед обпалюванням [1]. Цю операцію запропоновано виконати за допомогою відомого методу пульверизації [1]. Частинки матеріалу покриття з заданою швидкістю наносяться на заготовку, впроваджуються в її поверхневий шар і сприяють більш рівномірному розподілу напруження на поверхні заготовки. Виріб типу "корпус" запропоновано виготовляти по схемі: 1.2\*– 2.1 – 3.3 – 3.2 – 4.2 – 4.6\* з вдосконаленням технологічного процесу за рахунок виконання операцій попереднього таблетування (1.2) і на кінцевій стадії обробки глазурування за допомогою пульверизації(4.6).

#### Висновки

1. Проведені дослідження деформування порошкових матеріалів, досвід освоєння технологічних процесів та обладнання виготовлення керамічних виробів підтверджують ефективність використання короткотермінових навантажень для вдосконалення основних технологічних операцій засипки шихти, пресування і додаткової обробки заготовок.

2. Виготовлення габаритних заготовок, наприклад, вогнетривких виробів у серійному виробництві (300-400шт./зміну) вимагає використання віброударного пресування на спеціальному вібропресовому обладнанні без спеціальної підготовки шихти на стадії засипки.

3. В масовому виробництві керамічних виробів технічного призначення (24 шт./хв) необхідно поєднувати традиційне високопродуктивне одноразове пресування з використанням короткотермінових навантажень на операціях: засипка

шихти(вібротаблетування, віброзасипка) і додаткова обробка(віброзачистка, мікроударні навантаження) для руйнування задилок на заготівці.

4. Комплексний підхід до проблеми виробництва пресованих керамічних і вогнетривких виробів на основі використання періодичних і короткотермінових навантажень дозволив поліпшити якість заготовок за рахунок зменшення вмісту повітря шихті і заготівці; збільшення деформації і зменшення розширення відпресованої заготовки; можливості об'ємної додаткової обробки заготовок вібраційними і мікроударними навантаженнями.

#### *Література*

1. Новиков М.Н., Порфиоров В.А., Финкельштейн С.И. Технология производства низковольтных фарфоровых изделий. - М.: Энергия, 1976. – 323 с.
2. Попильский Р.Я., Пивинский Ю.Е. Прессование порошковых керамических масс. – М.: Металургия, 1983. – 176 с.
3. Искович-Лотоцкий Р.Д., Матвеев И.Б., Крат В.А. Машины вибрационного и виброударного действия. – К.: Техника, 1982. – 208 с.
4. Пентюк Б.Н., Кохна В.И., Байцер В.В. Пресс-автомат для получения керамического полуфабриката сложной конфигурации // Стекло и керамика. - 1990. -№9. - С. 32-33.
5. Пентюк Б.М. Попереднє ущільнення порошкових матеріалів на механічних пресах статичної дії// Вісник ВПІ. - 2002. - №1. - С. 53-56.
6. Искович-Лотоцкий Р.Д., Пентюк Б.Н. Выбор режимов виброударного прессования огнеупорных изделий// Огнеупоры. - 1988. - №6. - С. 35-36.
7. Пентюк Б.М., Царапора В.С., Сташевський А.В., Матвіюк Є.І. Пристрій для об'ємної обробки деталей в гранульованому середовищі. Патент України № 430 -42 А . 2001р. бюл. № 9.
8. Искович-Лотоцкий Р.Д., Пентюк Б.Н. Экспериментальное исследование рабочих режимов виброударного прессования// Кузнечно-штамповочное производство. - 1982. - №4. - С. 33-35.
9. Ям В.М., Олейник В.Т., Степанов В.Ф. Вибрационное прессование огнеупорных масс// Огнеупоры. – 1973. - №10. - С. 1-7.