

УДК 616.314 - 089.28 - 14



## МАТЕМАТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО З'ЄДНАННЯ СПЛАВУ МЕТАЛУ І КЕРАМІЧНОГО ПОКРИТТЯ

Українська медична  
стоматологічна  
академія  
м. Полтава

Германчук С.М.

Проблема карієсу в сучасному суспільстві залишається актуальною, незважаючи на ефективні і сучасні методи профілактики та лікування. Каріозна хвороба призводить до виникнення дефектів коронки зуба.

Для відновлення коронки зуба, ураженого карієсом, можна застосувати вкладки, які виготовляються з різних матеріалів, а саме: металу, пластмаси, композитних пломбувальних матеріалів і т.ін. [1]. Відомо, що вкладки виготовляються і з кераміки. Лікування хворих металокерамічними вкладками поки що не знайшло широкого застосування. Однією з причин недостатнього їх застосування є проблеми технологічного з'єднання металеві основи і кераміки та вплив цих матеріалів на стінки порожнини зуба.

Технологічне сполучення двох суттєво різних матеріалів - металевого сплаву і стоматологічного фарфору, яке називається металокерамікою, відкрило нову сторінку у використанні відновлювальних матеріалів. Оптимальні токсикологічні параметри знаходять все більш широке використання у реставрації порожнин різних типів.

Як відомо, при обпиканні фарфорових мас усадка становить 20-40%. Причинами такої усадки є: недостатня конденсація частинок керамічної маси; втрата рідини, необхідної для приготування фарфорової маси; вигорання органічних добавок, таких як декстрин, цукор, крохмаль, анілінові барвники.

Велике практичне значення має напрямок усадки: в напрямку більшого тепла; в напрямку сили тяжіння; в напрямку більшої маси.

У першому і другому випадках усадка незначна, бо в сучасних печах забезпечується рівномірний розподіл температури, а сила тяжіння невелика, усадка в напрямку більшої маси значно вища. Маса в розплаві завдяки поверхневому натягу і зв'язку між частинками намагається набути форми краплі. При цьому вона підтягується від периферійних до центральної частини коронки, що в кінцевому результаті може призвести до появи щілин між штучною фарфоровою вкладкою і устатком моделі препарованого зуба.

Міцність фарфору залежить від складу компонентів фарфорової маси і технології виготовлення. Основними показниками міцності фарфору є: міцність при розтягненні; міцність при стисненні (46000-8000 кг/см<sup>2</sup>); міцність при вигинанні (447-625 кг/см<sup>2</sup>).

Кращі сорти стоматологічного фарфору за дотримання оптимальних режимів виготовлення робіт мають міцність при вигинанні 600-700кг/см<sup>2</sup>. Подібна міцність стоматологічного матеріалу є недостатньою. Тому умовно можна виділити, як мінімум, два основні

напрямки пошуку шляхів підвищення міцності фарфору і з'єднання його з металом:

1) за рахунок нових технологій випалювання, включаючи і розробку відповідного устаткування та інструментарію;

2) за рахунок зміни рецептури фарфорової маси.

Технологія виробництва металокерамічних виробів на заключній стадії передбачає високотемпературне (приблизно 10000 С) випалювання [2]. Під дією високої температури у вихідній суміші компонентів відбуваються складні фізико-механічні процеси, результатом яких є утворення склоподібної маси із включеннями часток, що не розчинилися в склі, і пор. Крім того, висока температура зумовлює механічний зв'язок на межі металу і кераміки, міцність якої є одним із найбільш суттєвих моментів, що визначають саму можливість використання таких матеріалів.

Зазначена обставина пов'язана з тим, що кераміка за своїми фізико-механічними характеристиками (висока крихкість і невелика міцність на розтягнення) не може бути визнана добрим конструкційним матеріалом. У металокерамічних композиціях наявність високої міцності міжфазної межі дозволяє звести до мінімуму зазначені недоліки кераміки.

Суттєвою обставиною створення металокерамічних композицій є оптимальний добір коефіцієнтів термічного розширення (КТР) металу і кераміки. Це зумовлено тим, що при охолодженні від температури випалювання на міжфазній межі виникають термічні напруження, розмір і знак яких визначається різницею коефіцієнтів термічного розширення окремих складових. Що стосується знака напруг, то для керамічної складової, без сумніву, сприятливим буде виникнення стискальних напруг, що компенсує невисоку міцність на розтягнення. Така ситуація досягається в тому випадку, коли КТР кераміки менше, ніж КТР металу. Однак велика різниця КТР окремих складових композиції може призвести до виникнення таких значних напруг на міжфазній межі, що перевищують її міцність, і виникне відшарування керамічного покриття.

У зв'язку з цим розрахунок термічних напружень, що виникають у металокерамічних композиціях при охолодженні від температури випалювання, вважаємо важливим завданням, вирішення якого дозволяє з більшою ефективністю використовувати переваги вказаного матеріалу в стоматології.

Тому метою нашого дослідження було математичне обґрунтування технологічного з'єднання сплаву металу, який застосовується як основа протеза, і керамічного покриття.

Розглянемо вільну пластину, що складається з двох шарів (рис. 1), матеріали яких мають різні модулі Юнга  $E_1$  і  $E_2$ , а також різні коефіцієнти термічного розширення  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$  відповідно (рис. 1). Якщо температура знизиться на  $\Delta T$ , то кожний із шарів буде скорочуватися, причому, якщо б між ними був відсутній механічний зв'язок, то величина цих скорочень визна-





чалася б із співвідношень:

$$\Delta l_1 = \alpha_1 L \Delta T \quad \Delta l_2 = \alpha_2 L \Delta T \quad (1)$$

де  $L$  - початкова довжина.

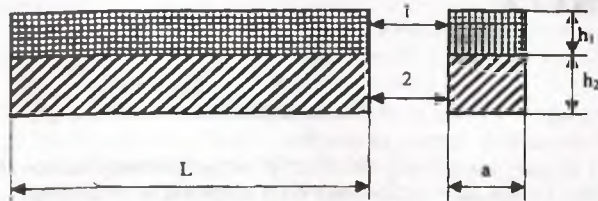


Рис. 1. Схема дослідження пластин із кераміки і металу

1 - кераміка; 2 - метал;  $h_1$  - висота кераміки;  $h_2$  - висота металу;

$L$  - довжина;  $a$  - ширина.

Як видно з (1), різниця між  $\Delta l_1$  і  $\Delta l_2$  визначається винятково різницею КТР. Міцний зв'язок на міжфазній межі приведе до того, що установиться деяке проміжне значення довжини за рахунок деформації розтягання в шарі, де КТР більше, і знижується в шарі, де КТР менше. Якщо припускати, що вказані деформації не виходять за межі пружності обох матеріалів, то виникаючі напруги можна розрахувати за формулами, що виходять із рівності сум термічних і пружних деформацій в обох шарах.

$$\alpha_1 \Delta T + \sigma_1 / E_1 = \alpha_2 \Delta T - \sigma_2 / E_2 \quad (2)$$

З огляду на те, що сила стиснення одного шару дорівнює силі розтягнення іншого шару

$$F_1 = -F_2 \quad (3)$$

і що площі поперечного перерізу шарів  $ah_1$  і  $ah_2$ , відповідно отримаємо:

$$\sigma_1 = \frac{(\alpha_2 - \alpha_1) \Delta T}{\frac{1}{E_1} + \frac{h_1}{h_2 E_2}}; \quad \sigma_2 = \frac{(\alpha_1 - \alpha_2) \Delta T}{\frac{1}{E_2} + \frac{h_2}{h_1 E_1}}; \quad (4)$$

У цьому розрахунку не враховувалося виникнення вигинаючого моменту, зумовлене тим, що сила зосереджена на міжфазній межі, однак нескладно помітити, що при значному перевищенні модуля і товщини шару однієї зі складових зазначений момент дає малий внесок у кінцевий результат. Мабуть, у випадку розрахунку вкладок, у порівнянні з іншими варіантами використання металокераміки, таке припущення найбільш виправдане. При охолодженні композиції від температури випалювання, вкорочення буде обумовлене в основному металевою складовою.

Оцінимо напруги, що виникають в кожній із складових композиції. Якщо взяти деякі усереднені довжини для модулів пружності і КТР металу і кераміки ( $E_M = 210000$ ,  $E_C = 70000$ ;  $\alpha_M = 17 \cdot 10^{-6} \text{ Д}^\circ\text{С}^{-1}$ ,  $\alpha_C = 10 \cdot 10^{-6} \text{ Д}^\circ\text{С}^{-1}$ ), то розрахунок у припущенні рівності товщини шарів за формулами (4) дає при  $\Delta T = 1000^\circ\text{С}$ .

$$\delta_M = 0,37 \cdot 10^3 \frac{H}{\text{ММ}^2} \quad (\text{сила розтягнення})$$

$$\delta_C = -0,37 \cdot 10^3 \frac{H}{\text{ММ}^2} \quad (\text{сила стиснення})$$

Для величини деформації за формулою (2):

Цікаво порівняти цю деформацію композиції з відносним термічним вкороченням шарів при охолодженні в тому випадку, коли вони не були поєднані один з одним.

Для металу, а для кераміки. Видно, що, як ми і припускали усереднена величина значно ближче до вкорочення металевої складової, навіть у припущенні рівності шарів. При цьому з цих величин впливає, що кераміка випробує додаткове стиснення на 0,5%. а метал - додаткове розтягнення на 0,2%.

З отриманих результатів видно, що КТР сплаву металу і керамічного покриття майже однакові і можливе застосування металокерамічних вкладок.

#### Література

1. С.И.Криштаб. Ортопедическая стоматология - К.: Виша школа, 1986. - 116 с.
2. Я.М.Збарж, Р.А.Гумецкий. Влияние режима термообработки фарфоровой массы для зубных протезов на ее сопротивление изгибу и микротвердость. - Стоматология. - 1972. - № 3. - С. 94-95.

Стаття надійшла  
12.06.2001 р.

#### Резюме

Наші попередні дослідження показали, що для заміщення порожнин зуба можливе застосування металокерамічних вкладок, тому що коефіцієнти термічного розширення сплаву металу і керамічного покриття майже однакові.

#### Summary

Our previous investigations showed that for replacement of tooth cavities may be used metallo-ceramic inlays. This is because the coefficients of temperatural enlargement of the metal alloy and ceramic covering is nearly equal.