

# СУЧАСНІ МЕТОДИ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗНІМНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗУБНИХ ПРОТЕЗІВ

Лектор: к. мед. н., доцент Дмитро Вікторович Калашніков

Більш сучасною альтернативою традиційного методу формування пластмас можна вважати варіант ливарного пресування.

- ▶ **Ливарне пресування** – це введення матеріалу в заздалегідь закриту форму через ливарний канал.
- ▶ Спосіб ливарного пресування базових пластмас не новий. У 1961 р., на теренах колишнього СРСР, був запропонований шприц-прес, хоча і не позбавлений недоліків, проте дозволяв формувати декілька конструкцій протезів одночасно.

Позитивні аспекти методу ливарного пресування:

- ▶ • Форма не деформується під тиском зовні, проте залишається можливість чинити постійний тиск через канал на масу до моменту її затвердіння. Таким чином, значною мірою компенсується усадка матеріалу у процесі полімеризації.
- ▶ • Вміст залишкового мономеру, при такому варіанті полімеризації, значно знижено. Тиск, що чиниться на пластмасу, поширюється зсередини назовні, а так, як зовнішньою стінкою прес-форми є пористий гіпс, саме в нього витісняється мономер і повітря.

# АПАРАТ ДЛЯ ЛИВАРНОГО ПРЕСУВАННЯ ПЛАСТМАС

- ▶ Метод ливарного пресування передбачає використання спеціальних пластмас, але можна застосовувати і традиційні акрилові базисні пластмаси. Для введення форми через ливниковий канал Віндерлінгом був створений шприц-прес. Надалі пропонувалися різні його модифікації. Так, Е.Я. Варесом для ливарного пресування звичайних базисних акрилових пластмас був розроблений комплект шприц-кювети, який складається з одно-, дво- та чотиримісної кювети та одного поршневого пристрою, що додається до них.
- ▶ В даний час розроблено та освоєно шприц-кювету з полімеризатором для ливарного пресування та полімеризації зубних протезів з акрилових базисних полімерів. Апарат складається з розбірної шприц-кювети, половинки якої з'єднуються між собою чотирма притискними гвинтами, та полімеризатора, в бічних поверхнях якого розташовані два дискові вертикальні нагрівальні елементи потужністю 500 Вт. За допомогою замків на шприц-кювету встановлюється колба із механізмом компенсації та регулювання тиску.

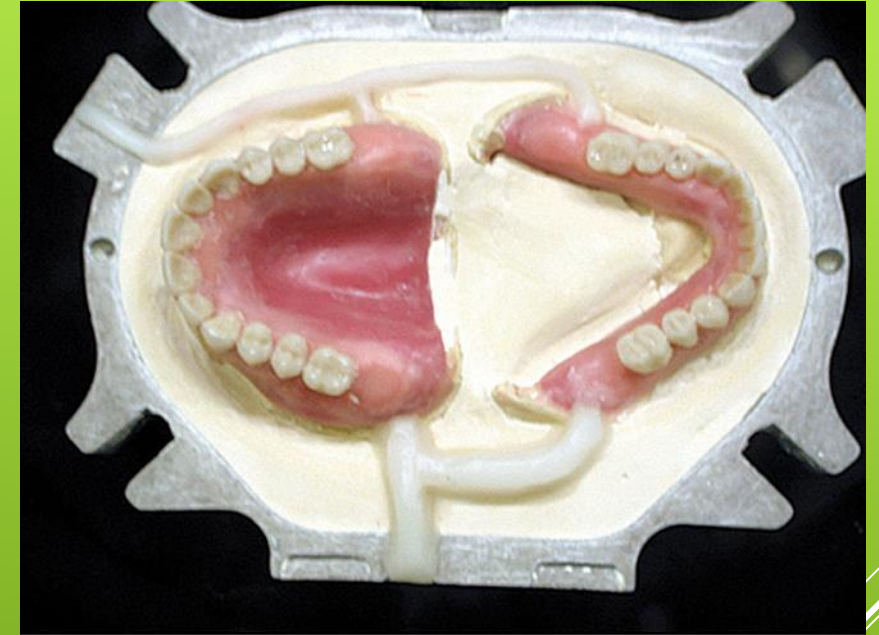


При здійсненні процесу ливарного пресування велике значення мають наступні фактори:

- правильність побудови ливникової системи;
  - якість створення прес-форм;
  - плинність пластмаси.
- Правила побудови ливникової системи. Основними чинниками, що впливають на швидкість руху матеріалу по ливниковому каналу є: тиск, плинність матеріалу, діаметр ливника та характеристика стінок ливарного каналу. Якісне заповнення форми залежить від тиску та геометрії простору, що заповнюється.
- Ливникова система зазвичай має основний канал, який в свою чергу розгалужується на декілька впускних ливників.



- ▶ Технологія ливарного пресування зубних протезів вимагає дотримання наступних положень:
- ▶ • ливники повинні мати круглу форму на поперечному розрізі, що забезпечує найменшу площу контакту пластмаси зі стінками каналів;
- ▶ • діаметр основного ливника повинен бути меншим за наступні;
- ▶ • при використанні форм з гіпсу застосування тонких та вигнутих ливників є неприпустимим, оскільки вони чинять значний опір струму пластмаси, що вимагатиме застосування більшого тиску;
- ▶ • канали ливникової системи мають бути максимально короткими;
- ▶ • треба уникати дрібних ливникових розгалужень, оскільки ливникова система повинна забезпечувати мінімальний шлях проходження пластмаси та, відповідно, найменшу витрату матеріалу для її заповнення;
- ▶ • ливник має прикріплюватися до найбільш масивних ділянок воскової репродукції, товщина яких становить не менше 2 мм, що забезпечить гарантоване заповнення простору, що формується, та ущільнення пластмаси;
- ▶ • необхідно передбачити можливість легкого та доступного відокремлення ливників від готового протеза.



Воскова  
композиція  
повних знімних  
пластинкових  
конструкцій для  
верхньої та  
нижньої щелеп з  
ливниковою  
системою

## Створення прес-форми.

- ▶ Перед використанням апарату поверхні кювет та деталей, що з'єднуються, повинні бути очищені від гіпсу і оброблені медичним вазеліном. Потім необхідно встановити гіпсову модель із восковою композицією протеза в одну з половинок кювети. Перенесення металевих частин протезу у протилежну частину кювети є недоцільним, оскільки, при ливарному пресуванні тиск на кламери та інші частини відбувається одночасно з усіх боків, і вони не зміщуються. Після кристалізації гіпсу поверхню обробляють та усувають ретенційні ділянки, а потім, дотримуючись загальних правил, приступають до встановлення ливників.
- ▶ Для побудови ливникової системи використовують воскові профілі твердих сортів. Центральний ливник товщиною 4 мм встановлюється у вхідний отвір кювети і приливається до дистальної поверхні воскового базису протеза в ділянці лінії «А», відступивши від неї 5 мм. Одним з варіантів може бути прикріплення двох ливників, розташованих V-подібно до ретромоллярних ділянок з товщиною воскового профілю 2-3 мм. До протилежної поверхні базису прикріплюється вивідний ливник меншого діаметра. Один або два вхідні і вивідні ливники забезпечують 100% видалення воску з гіпсової форми без її розкриття і рівномірне заповнення формувальною пластмасовою композицією. Після формування ливникової системи розпочинається гіпсування.
- ▶ Видалення воску відбувається у апараті завдяки системі прогріву і триває приблизно 30 хвилин. Після закінчення цього процесу система відключається та проводиться контрольне промивання кювети гарячою водою з метою повного очищення поверхні. Кювета витримується деякий час для видалення надмірної вологи з поверхні моделі. Потім шприцом у кювету вводять розчин альгінату натрію, як ізолюючий матеріал. Після продування кювета готова до формування.

## Підготовка пластмаси для лиття.

- ▶ Головною умовою застосування різних пластмас для нагнітання через шприц-кювету є пролонгована фаза плинності матеріалу. У випадку застосування акрилових пластмас гарячої полімеризації формування матеріалу починається з моменту закінчення «пісочної» стадії та до початку стадії ниток, що тягнуться.
- ▶ Для подовження часу плинності пластмас пропонується попереднє охолодження компонентів акрилової пластмаси перед їхнім змішуванням, так як охолодження зупиняє швидкість активної фази дозрівання. Адже відомо, що при охолодженні швидкість розчинення частинок полімеру майже не змінюється, а швидкість полімеризації значно уповільнюється. Ще одним фактором, який впливає на збільшення плинності базисних пластмас, є інтенсивне змішування попередньо охолоджених полімеру та мономеру у пропорції 2:0,9 протягом 60-80 сек, з подальшою витримкою зарядженої шприц-кювети у морозильній камері протягом 3-4 хвилини.



### Формування пластмаси.

- ▶ Базисну пластмасу замішують залежно від типу полімеризації і поміщають у попередньо охолоджену колбу. На колбу встановлюють зовнішній циліндр зі шпинделем. Після цього шприц-прес переводять у горизонтальне положення і повільним обертанням шпинделя нагнітають пластмасу, поки вона не вийде з вивідного ливника. Після цього вихідний отвір закривають, кювету встановлюють вертикально і продовжують збільшення тиску до появи надлишку маси. Нагнітання проводять двічі з перервою у 30 секунд, а потім залишають кювету на 30 хвилин, від'єднавши шпиндель від колби.
- ▶ Експериментально доведено, що в момент стиснення маси поршнем вичавлюється більша частина залишкового мономеру, що гарантує готовій пластмасовій конструкції максимальну щільність.



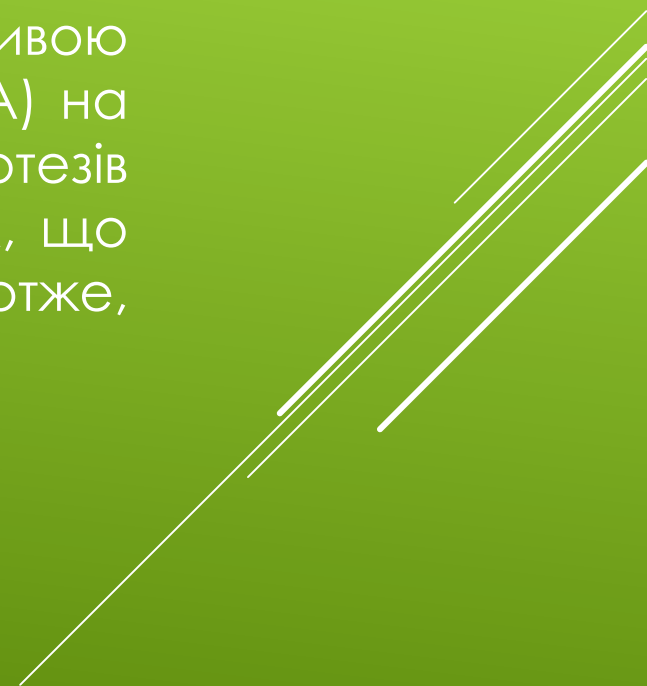
## Полімеризація пластмаси.

- ▶ При ливарному пресуванні рекомендується проводити спрямовану полімеризацію пластмаси в сухому середовищі за температури  $+120^{\circ}\text{C}$  протягом 2,5-3 годин. Перевагами такої спрямованої полімеризації є ефективна компенсація об'ємної усадки базису протеза.
- ▶ Охолодження кювети можливе тільки при кімнатній температурі, при цьому заборонено використовувати проточну воду. Після охолодження апарат легко роз'єднується і базис досить легко вивільняється.
- ▶ Фінішна обробка протезів починається з видалення ливників, які зрізають фісурними борами або дисками. Подальша обробка протеза проводиться за стандартною методикою.



# БЕЗМЕТАЛЕВІ ПРОТЕЗИ:

- ▶ Двома попередніми альтернативами першого покоління звичайним акриловим смолам були поліаміди та ацетальна смола. Вказані матеріали були введені в практику в середині-кінці двадцятого століття і були популярною альтернативою комбінованим протезам з поліметилметакрилату (ПММА) на металевих каркасах. У процесі виготовлення зубних протезів обидва матеріали передбачали техніку лиття під тиском, що спрощувало контроль над полімеризаційною усадкою і, отже, гарантувало тривалу стабільність форми.

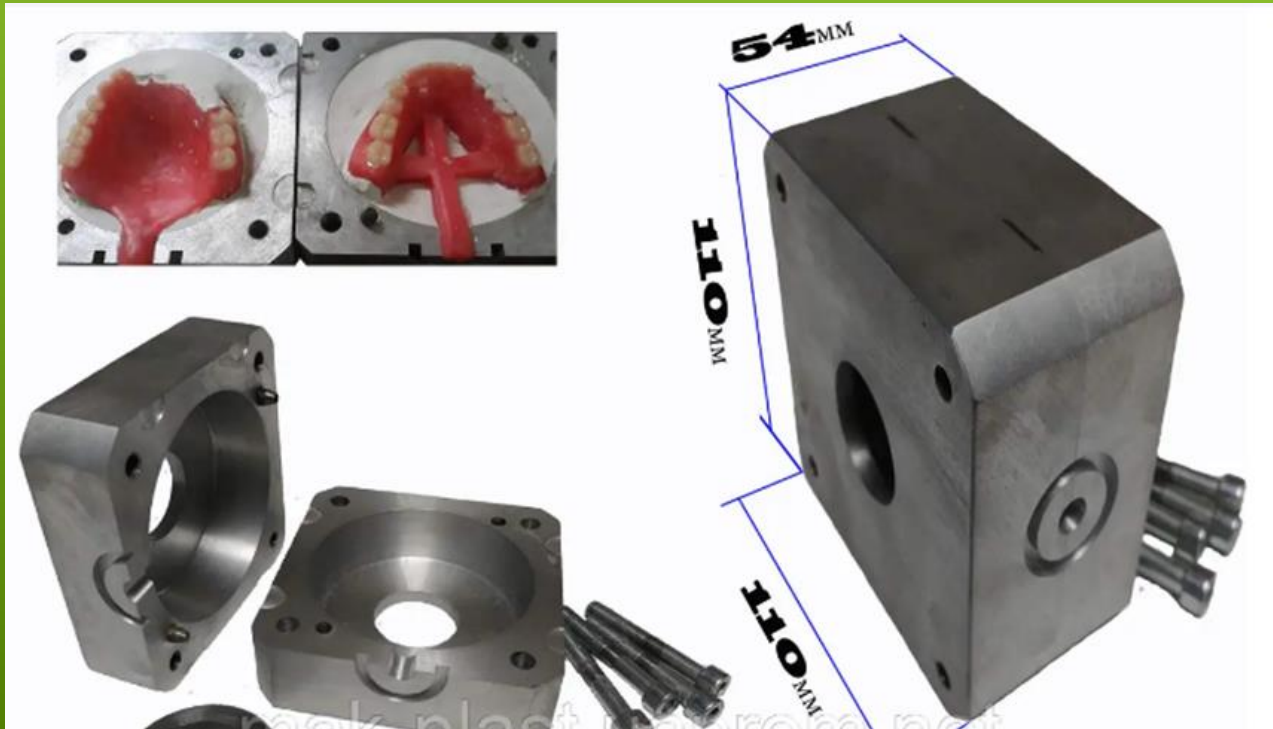


# ПОЛІАМІД (НЕЙЛОН)

- Поліаміди відносяться до сімейства нейлонів і є однією з найстаріших та найпопулярніших альтернатив традиційним акриловим полімерам. Починаючи з 1950-х років минулого сторіччя, більшість стоматологів – ортопедів добре знайома з комерційними продуктами Valplast. (Valplast Int. Corp., США) та Flexiplast (Bredent, Німеччина). На той час вони вважалися революційними, оскільки давали можливість виготовляти знімні зубні протези з підвищеною еластичністю та чудовою естетичністю у порівнянні з відносно крихким та жорстким поліметилметакрілатом (ПММА).
- На відміну від ПММА, поліаміди мають напівкристалічну аморфну досить полярну структуру, що індукує утворення слабких вторинних зв'язків між полімерними ланцюгами. Ці слабкі водневі зв'язки сприяють щільній упаковці, що призводить до високої кристалічності та гнучкості. Відповідно, поліаміди мають відносно низьку міцність при згині та жорсткість, а також підвищену шорсткість поверхні. На практиці властивості поліамідів надають їм гнучкості, що дозволяє залучати глибокі піднутрення м'яких та твердих тканин, у той час коли застосування звичайної акрилової пластмаси виключало б подібну можливість. Використання гнучких поліамідів дозволяє максимально скоротити обсяг ортопедичної підготовки зубів (препарування).



| Клінічні етапи                                                                      | Лабораторні етапи                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1. Обстеження пацієнта:<br>а) постановка діагнозу;<br>б) складання плану лікування. |                                                                          |
| 2. Отримання відтисків.                                                             |                                                                          |
|                                                                                     | 3. Відливання моделей ( робоча модель з супер гіпсу4 класу).             |
|                                                                                     | 4. Креслення моделей.                                                    |
|                                                                                     | 5. Виготовлення воскових базисів з оклюзійними валиками.                 |
| 6. Визначення ЦО.                                                                   |                                                                          |
|                                                                                     | 7. Гіпсування моделей в артикулятор.                                     |
|                                                                                     | 8. Моделювання воскового базису, підбір і постановка штучних зубів.      |
| 9. Перевірка конструкції нейлонового протеза в порожнині рота.                      |                                                                          |
|                                                                                     | 10. Гіпсування воскової репродукції в кювету, побудова системи ливників. |
|                                                                                     | 11. Витравляння воску з кювети.                                          |
|                                                                                     | 12. Нанесення ізоляційного лаку.                                         |
|                                                                                     | 13. Лиття під тиском в апараті для термопластмас.                        |
|                                                                                     | 14. Вилучення нейлонового протеза з кювети.                              |
|                                                                                     | 15. Остаточна механічна обробка (шліфування, полірування) протеза.       |
| 16. Припасування і накладення нейлонового протеза.                                  |                                                                          |
| 17. Рекомендації по користуванню і догляду за протезом.                             |                                                                          |



## АЦЕТАЛЕВА СМОЛА (ПОЛІОКСИМЕТИЛЕН)

- ▶ Ацеталева смола — це поліоксиметилен, який був представлений як матеріал для фіксуючих елементів бюгельних протезів у 1986 році.
- ▶ Подібно до нейлону, ацеталева смола є кристалічним полімером, а, отже, має високий модуль пружності, високу міцність, термостійкість і стійкість до органічних розчинників, олій і води. До того ж, оскільки вказаний матеріал не містить мономерів, він є безпечною альтернативою для пацієнтів з алергією на акрилові пластмаси. На відміну від нейлону, ацетал має мінімальну пористість, а тому краще протистоїть накопиченню біологічних матеріалів, у свою чергу зменшуючи запах і пігментацію. Кламери з ацеталевої смоли естетичні і водночас зберігають при цьому високу міцність і стійкість до зношування та руйнування. Клінічно, гнучкість ацеталу дозволяє кламерам залучати більші, глибші ретенційні ділянки, одночасно частково розвантажуючи опорні зуби. Не дивлячись на те, що гнучкість ацеталевої смоли була задекларована як перевага, для забезпечення адекватного утримання такі конструкції повинні мати невелику довжину зі збільшеною площею поперечного перетину. Таким чином, об'ємніші елементи кламерів можуть бути додатковими факторами накопичення зубного нальоту.



# КЛІНІКО-ЛАБОРАТОРНІ ЕТАПИ ВИГОТОВЛЕННЯ АЦЕТАЛЕВИХ ПРОТЕЗІВ.

| Клінічні етапи                                                                      | Лабораторні етапи                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 1. Обстеження пацієнта:<br>а) постановка діагнозу;<br>б) складання плану лікування. |                                                                    |
| 2. Отримання відбитків.                                                             |                                                                    |
|                                                                                     | 3. Відливання моделей.                                             |
|                                                                                     | 4. Виготовлення воскових базисів з оклюзійними валиками.           |
| 5. Визначення ЦО                                                                    |                                                                    |
|                                                                                     | 6. Нанесення малюнка каркаса ацеталевого протеза на робочу модель. |
|                                                                                     | 7. Підготовка моделі до дублювання.                                |
|                                                                                     | 8. Дублювання гіпсової моделі.                                     |
|                                                                                     | 9. Нанесення малюнка каркаса бюгельного протеза.                   |
|                                                                                     | 10. Моделювання каркаса ацеталевого протеза.                       |



**Ацеталеві бюгельні конструкції**



| Клінічні етапи                                                  | Лабораторні етапи                                                        |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
|                                                                 | 11. Гіпсування воскової репродукції в кювету, побудова системи ливників. |
|                                                                 | 12. Витравляння воску з кювети.                                          |
|                                                                 | 13. Нанесення ізоляційного лаку.                                         |
|                                                                 | 14. Лиття під тиском в апараті для термопластмас.                        |
|                                                                 | 15. Вилучення ацеталевого каркаса протеза з кювети.                      |
|                                                                 | 16. Механічна обробка каркаса, шліфування, полірування.                  |
|                                                                 | 17. Припасування каркаса ацеталевого протеза на моделі.                  |
|                                                                 | 18. Моделювання воскового базису, підбір і постановка штучних зубів.     |
| 19. Перевірка конструкції ацеталевого протеза в порожнині рота. |                                                                          |
|                                                                 | 20. Гіпсування воскової репродукції в кювету.                            |
|                                                                 | 21. Заміна воску на пластмасу.                                           |
|                                                                 | 22. Остаточна механічна обробка (шліфування, полірування) протеза.       |
| 23. Припасування і накладення ацеталевого протеза.              |                                                                          |
| 24. Рекомендації по користуванню і догляду за протезом.         |                                                                          |

# АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВИРОБНИЦТВА (CAD-CAM)

- Бурхливий розвиток медичної науки та впровадження сучасних комп'ютерних технологій у стоматологічну практику сприяли широкому застосуванню методів автоматизованого проектування та виробництва (CAD-CAM).

**Процес внутрішньо-ротового сканування**



- ▶ Переваги автоматизованого проектування та автоматизованого виробництва (CAD-CAM) для виготовлення знімних конструкцій зубних протезів полягають у можливості використовувати досягнення цифрових технологій шляхом використання нових матеріалів і нових методів виробництва.
- ▶ Донедавна цифровий виробничий CAD-CAM процес використовувався для розробки та виготовлення виключно незнімних зубних протезів. Проте, останнім часом прогрес у цьому робочому процесі зробив можливим виготовлення і знімних ортопедичних конструкцій. На відміну від традиційного робочого процесу, у якому аналоговий відбиток знімається за допомогою відбиткових матеріалів, цифровий робочий процес починається з отримання цифрового відбитка для копіювання внутрішньо-ротової поверхні твердих та м'яких тканин протезного ложа пацієнта. Цього можна досягти за допомогою одного з трьох методів:
  - ▶ • внутрішньо-ротове сканування твердих/м'яких тканин ротової порожнини;
  - ▶ • сканування та оцифровування аналогового відбитка;
  - ▶ • сканування та оцифрування моделі.

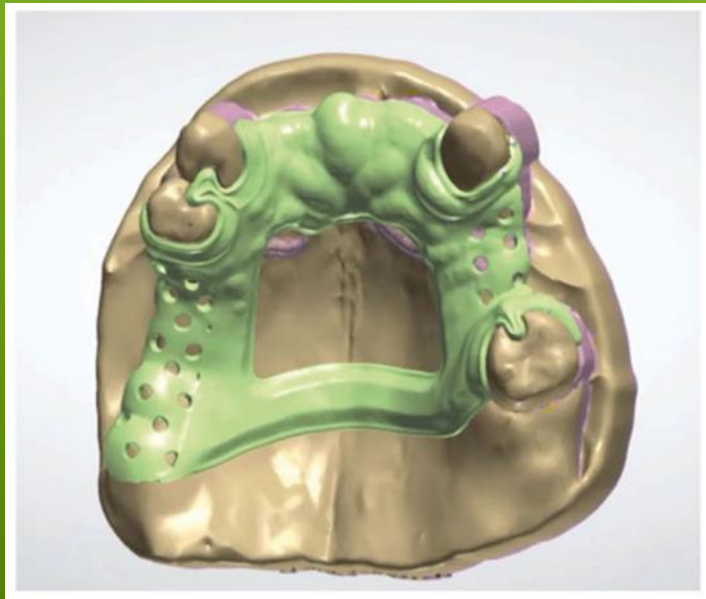
Лабораторний  
сканер





- Визначення піднутрень твердих та м'яких тканин протезного ложа на 3-D моделі верхньої щелепи, отриманій методом лабораторного сканування

- ▶ Лікар та зубний технік використовують програмне забезпечення для створення конструкції часткового знімного протеза цифровим способом. Цей процес включає в себе всі технічні етапи, необхідні в традиційному протезуванні включаючи обстеження, креслення зон сидла, планування опор та ретенційних елементів тощо. Ці кроки виконуються за допомогою цифрового стоматологічного програмного забезпечення, перевагами якого є швидкість та відтворюваність.



**Приклад комп'ютерного моделювання  
конструкції каркаса бюгельного протеза на  
3-D моделі верхньої щелепи**

- ▶ Після комп'ютерного проектування йдуть етапи виготовлення, які включають кілька передових виробничих процесів.
- ▶ Такі виробничі процеси умовно можна розділити на дві групи:
  1. Редуктивне (відновне) виробництво: фрезерування;
  2. Адитивне виробництво: друк і лазерне спікання.
- ▶ Хоча перехід на такий цифровий робочий процес вимагає від стоматологічних закладів та зуботехнічних лабораторій значних фінансових інвестицій на початку, згодом він надає численні переваги, головними серед яких є:
  - точність моделювання;
  - висока естетика;
  - зменшення витрат на робочу силу;
  - можливість обробки сучасних зуботехнічних матеріалів.
- ▶ Важливим також є те, що після виготовлення протеза можна отримати остаточне CAD-зображення, що зберігається в цифровому вигляді. Згодом це зображення можна буде використати для виготовлення нової копії протеза з відносною легкістю, якщо попередній протез було втрачено або зламано.



# СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА

## ► Редуктивне (або субтрактивне) виробництво

Редуктивне виробництво, є способом виробництва, за допомогою якого відбувається фізичне видалення матеріалу зі стандартного блоку. У конструюванні каркасів зубних протезів і базисних пластин у відновлювальному виробництві зазвичай використовується фрезерування, кероване комп'ютером.



**Фрезерувальна система з  
комп'ютерним  
керуванням**

- **Фрезерування** – це техніка, за допомогою якої каркаси зубних протезів вирізаються з блоку вибраного матеріалу за допомогою верстата з комп'ютерним програмним керуванням (ЧПК). Програмне забезпечення САМ використовує модель CAD, щоб диктувати послідовність роботи інструментів, напрямок і величину їхніх рухів.



**Базиси верхнього та нижнього повних знімних протезів, виготовлених методом фрезерування з блоку ПММА**

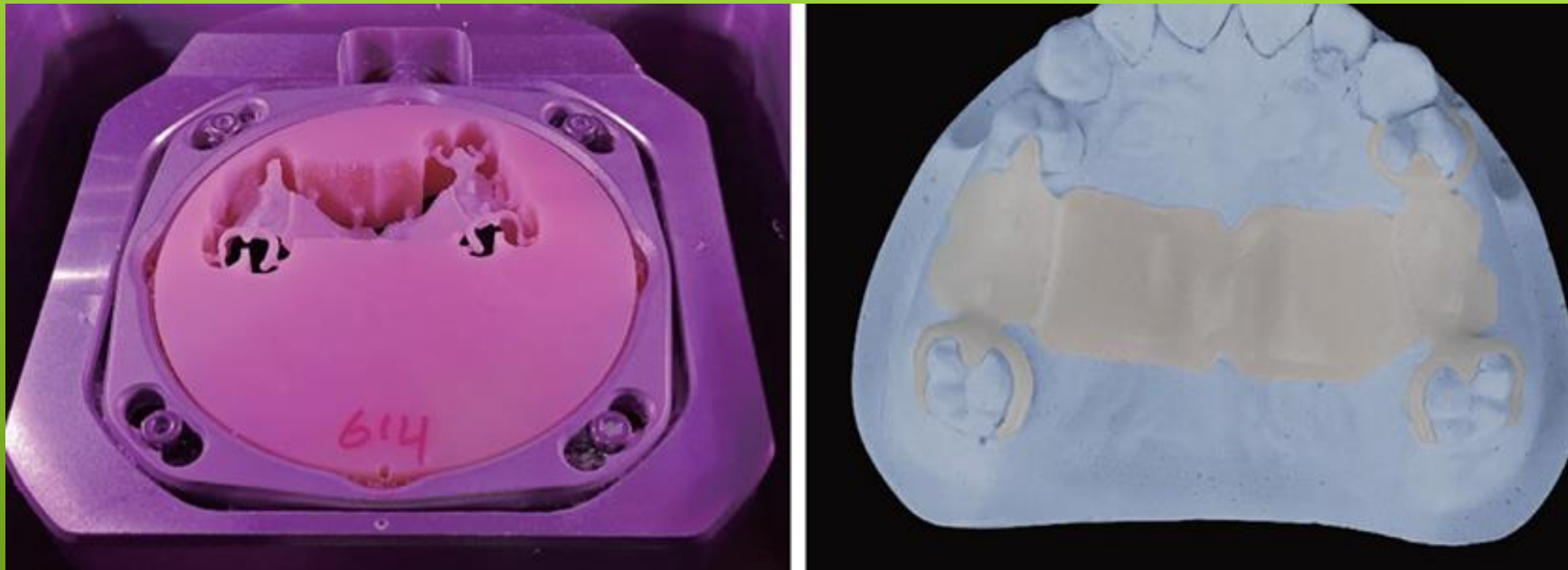
- У стоматології найчастіше використовуються тривісні фрезерні системи, які дозволяють борам рухатися за трьома осями (x, y та z). Комп'ютер програмує верстат для того, щоб процес здійснювався найефективнішим способом, тим самим скорочуючи час фрезерування. Фрезерування може бути вигідним завдяки зменшенню виробничих недоліків, таких як пористість і неоднорідна консистенція. При цьому, останнього уникають, оскільки каркас/зубний протез фрезерується зі стандартного блоку того самого матеріалу.



**Приклад фрезерування  
каркасу бюгельного  
протеза зі стандартного  
акрикетонного  
полімерного (АКР) блоку**

- В окремих випадках технологія фрезерування може виявитися не оптимальною технікою для виготовлення часткових знімних конструкцій, оскільки елементи каркасу можуть мати складну форму та різну товщину. Фрезерування не досягає рівня точності лазерного спікання, оскільки ріжучі інструменти мають певні обмеження по товщині обробки. Перед початком фрезерування можуть виникнути проблеми з пошуком місцезнаходження точок кріплення у блоці, що дозволило б різати компоненти з різних ракурсів. Встановити відповідну точку кріплення за допомогою фрезерного верстата може бути складно; отже, компоненти можуть зазнати деформації під час процесу. Невиключеною нажаль, залишається деформація або поломка на тонких або вузьких ділянках під час виробництва. Незважаючи на відносний успіх, ця методика виявилася економічно невиправданою для виготовлення знімної конструкції зі сплавів недорогоцінних металів через швидке зношення інструментів для обробки. Таким чином, фрезерування було економічно вигідним варіантом, який можна використовувати з альтернативними матеріалами для протезів, такими як ударостійкі матеріали, поліетеркетон (PEEK) і поліетеркетон (PEKK), або у виготовленні фрезерованого каркаса зі спеціального пластику, при звичайній техніці лиття за виплавленим воском.





Приклад фрезерування бюгельного каркасу зі стандартного блока випалювального пластику з подальшим його припасуванням на моделі.

## Адитивне виробництво

- ▶ Адитивне виробництво, також відоме як тривимірний (3D) друк, використовує САМ для створення фізичної тривимірної структури, шляхом нанесення послідовних шарів матеріалу, які сплавляються в точну задану форму під час пасивного виробництва. Розглядаються різні способи застосування адитивного виробництва у знімному протезуванні. По-перше, це один з найпростіших способів отримання різноманітних шаблонів у відповідному пластиковому матеріалі, які потім використовуються в традиційному процесі заміни на пластмасу. Інший варіант – безпосереднє виготовлення протеза з остаточного матеріалу, що дозволяє виключити етап попереднього моделювання, а отже, зменшує кількість можливих помилок.
- ▶ RP — це «загальний термін, який використовується для кількох методів виготовлення додаткових шарів».



- Швидке створення прототипів RP — це техніка, за допомогою якої каркас протеза можна сконструювати за допомогою 3D-принтера. Хоча СМВ вже широко використовується у виготовленні керамічних незнімних протезів, його використання для металевих каркасів все ще є новим.



**Стоматологічні 3-D  
принтери**

- ▶ Спочатку RP використовувався для полімерних базисів протезів, однак прогрес у технології тепер уможливив його використання для виготовлення металевих каркасів (RPD) безпосередньо. Отже, окрім спеціальних пластмас, став можливим адитивний друк металевих каркасів з CoCr сплаву. Хоча ця техніка може використовуватися для таких металів, як титан, проте він має і суттєві недоліки, наприклад - нездатність швидко створювати прототипи титанових фіксуючих елементів. Це змушує застосовувати лазерне зварювання заздалегідь відлитих елементів до каркасу.
- ▶ Зазвичай, методи швидкого моделювання включають стереолітографію (SLA), селективне лазерне плавлення (SLM) і вибіркове лазерне спікання (SLS)



- **Стереолітографія (SLA)** була першою задокументованою технікою створення полімерних каркасів із використанням ультрафіолетових лазерних променів для затвердіння світлочутливої рідкої смоли шар за шаром у 3D-полімер. Одержаний таким чином каркас промивають розчинником і додатково твердіють в ультрафіолетовій печі. Ця техніка використовується в протезуванні для друку шаблонів, таким чином усуваючи будь-яку людську помилку, пов'язану з ручним восковим моделюванням. Однак обчислювальні помилки все ще залишаються актуальними і вказана проблема все ще потребує свого вирішення. Отримані тривимірні літографічні конструкції можна використовувати для лиття сплавів за допомогою звичайних методів. Однак це може бути трудомістким процесом, який потребуватиме кількох етапів відливання. На продуктивність методики значною мірою впливають потужність, довжина хвилі та тип використовуваного лазера, фізичні та хімічні властивості фотополімерних смол, а також швидкість і роздільна здатність систем сканування. Так чи інакше, використання процесів фотополімеризації, таких як SLA, представляє відтворювану та послідовну техніку, яка є економічно привабливим варіантом для зуботехнічних лабораторій





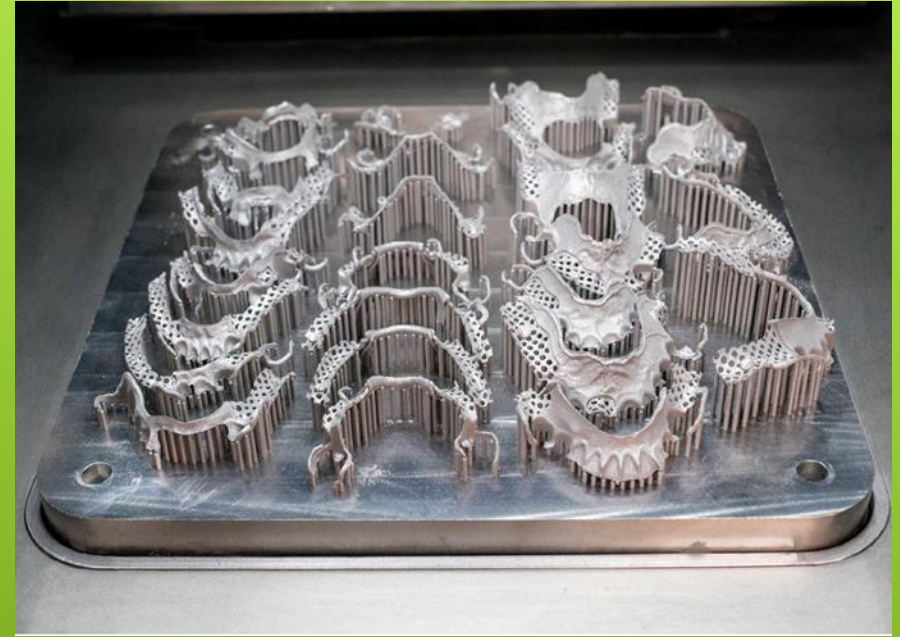
Приклад стереолітографічного варіанту 3-D  
друку базису повного знімного  
пластинкового протеза

- ▶ **Вибіркове лазерне плавлення (SLM)** — це процес безперервного нанесення шарів СМ, у якому відбувається осадження порошку елементарного металу або сплаву, що супроводжується лазерним плавленням для створення готової форми під комп'ютерним керуванням. Технологія, яка спочатку застосовувалася в аерокосмічній та автомобільній промисловості, пізніше знайшла своє місце у медицині та стоматології зокрема.
- ▶ Технологія SLM дозволяє виробляти готові металеві конструкційні елементи безпосередньо з віртуальної 3D-моделі САD. Цілеспрямований потужний лазерний промінь нагріває тонкі шари металу або металевого порошку. Це призводить до локального плавлення та злиття частинок .
- ▶ Хоча технологія SLM вимагає великих початкових фінансових затрат, вона забезпечує кращі результати, ніж фрезерування та лиття, за показниками затрат праці, часу, відходів основних та витратних матеріалів, можливості переробки та продуктивності. Дана технологія усуває багато етапів фізичного виробництва, а якість результату залежить від апаратного чи програмного забезпечення, завдяки здатності відтворювати 3D-файл.
- ▶ Реалізація вищенаведеної технології потребує обов'язкового врахування таких властивостей сплаву, як температура плавлення, коефіцієнти поглинання/відбиття лазерного променя та теплопровідність.



► **Вибіркове лазерне спікання (SLS)**

визначає як «додаткову техніку CAM спікання пластмас, скла або кераміки в 3D-структури». SLS має багато переваг у порівнянні з вибіркоvim лазерним плавленням, включаючи усунення багатьох трудомістких етапів. Суть технології полягає у тому, що керований комп'ютером CO<sub>2</sub>-лазер використовується для вибіркового сплавлення порошкоподібного матеріалу в 3D-модель. Кожен шар вибірково спікається на основі даних, наданих файлом CAD, перед опусканням і нанесенням наступного шару порошку. Процедура триває, доки не буде сконструйовано весь об'єкт.

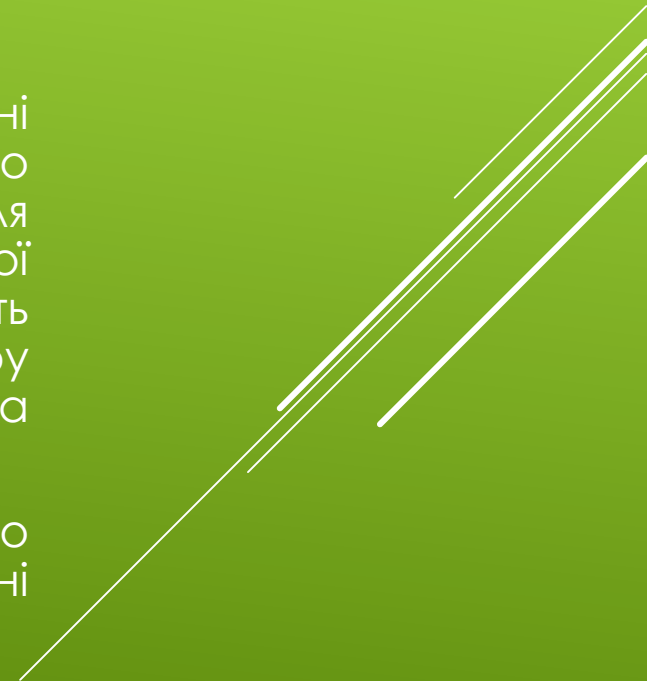


- ▶ У той час, як SLM передбачає повне плавлення металевого порошку в однорідну масу, технологія SLS призводить до злиття на молекулярному рівні, що дозволяє використовувати її для різних термопластичних матеріалів. Після завершення виробництва порошок, який не був використаний і не розплавлений, видаляється і може бути використаний повторно. Головною перевагою SLS є широкий діапазон матеріалів, які можна використовувати.
- ▶ Підсумовуючи, можна сказати, що технології SLM та SLS дозволяють виготовляти індивідуальні ортопедичні конструкції без обтяжливих ручних етапів попередньої та остаточної обробки. Важливим є те, що конструкції, виготовлені за допомогою SLS, демонструють відмінну стійкість до втоми та високі механічні властивості.



# БЕЗМЕТАЛЕВІ МАТЕРІАЛИ НОВОГО ПОКОЛІННЯ – ЦЕ ВИСОКОЕФЕКТИВНІ ПОЛІМЕРИ.

- ▶ Незважаючи на початкові успіхи, багато недоліків першого покоління полімерів, а також постійний розвиток матеріалів призвели до розробки нового покоління вискоефективних полімерів, які значною мірою витіснили нейлон і ацеталеву смолу. До таких матеріалів належать:
  - полімерна група поліарилетеркетонів (PAEKs), підгрупами яких є поліефіретеркетон (PEEK) і поліетеркетонкетон (PEKK)
  - арилкетонний полімер (АКР)
- ▶ Полімери поліарилетеркетону PAEK – це вискоефективні напівкристалічні термопласти, які застосовуються в широкому діапазоні від техніки до медицини. Полімери PAEK мають властивості, які добре підходять для виготовлення зубних протезів, хоча PEEK все ж таки потребує додаткової модифікації та зміцнення. Як і більшість нових полімерів, відсутність мономерів у складі, робить ці матеріали оптимальним варіантом вибору для пацієнтів з алергією на ПММА, а також для тих, хто має алергію на метали.
- ▶ Більшість полімерів PAEK можна обробляти за допомогою відновного виробництва відомого як фрезерування і звичайні термопластичні процеси, а саме методи лиття під тиском, екструзії та пресування.



# ПОЛІЕФІРЕТЕРКЕТОН (PEEK)

- PEEK все частіше використовується в галузі медицини, зокрема в ортопедії для використання в пальцевих і колінних суглобах. Останні 20 років він залишається у центрі уваги клініцистів. PEEK є високо біосумісним матеріалом з відмінними механічними властивостями, високотемпературною стійкістю та хімічною стабільністю. Його стабільність при високих температурах дозволяє йому проходити процеси стерилізації без зміни механічних властивостей, тоді як його низька теплопровідність робить його ідеальним протезом. PEEK має низький модуль Юнга, подібний до модулю еластичності людської кістки, емалі та дентину, а тому забезпечує однорідний розподіл напруги на навколишні тканини. Крім того, він демонструє знижений ступінь знебарвлення у порівнянні з ПММА.



**Зовнішній вигляд  
бюгельного протеза з  
каркасом з PEEK**

# ПОЛІЕФІРКЕТОНКЕТОН (РЕКК)

- РЕКК є нещодавно впровадженим у медичну практику представником сімейства РАЕК і був спеціально розроблений для стоматологічного застосування як Pekkton ivory (Cendres+Métaux, SA, Швейцарія). У стоматології РЕКК використовується в одній із двох форм: кристалічна або її аморфна. Це забезпечує універсальність застосування матеріалу (його можна фрезерувати або термічно пресувати). Кристалічний РЕКК використовується для виготовлення коронок і мостоподібних протезів завдяки покращеним механічним властивостям, жорсткості та хімічній стійкості. Аморфний варіант цього матеріалу більше підходить для виготовлення знімних протезів. Завдяки своїм хімічним і фізичним властивостям РЕКК перевершує всі інші матеріали групи РАЕК, адже виробник декларує, що РЕКК має на 80% вищу міцність на стиск і кращу довговічність і має модуль пружності подібний до дентину та кістки. Незважаючи на те, що це менше, ніж у таких матеріалів, як CoCr, що робить його менш стійким до сил згину, він має перевагу у створенні меншого навантаження на кінцеве сидло каркасу та сприяє загальному перерозподілу навантаження та поглинання оклюзійних ударів.

# ПОЛІМЕР АРИЛКЕТОНУ (АКР)

- ▶ АКР має подібні механічні та фізичні властивості до властивостей кістки та дентину, тому дозволяє виготовляти часткові знімні протези, які є менш обтяжливими, залишаючись стабільними та зручними. Протези АКР демонструють стійкість до деформації і забезпечують довгостроковий, клінічно прийнятний рівень ретенції. Протези з АКР виготовляються за допомогою процесу CAD/CAM і фрезеруються з шайб за допомогою п'яти-осьового фрезерного верстата. АКР протези є повністю біосумісними завдяки відсутності мономеру, бісфенолу А та нікелю. Легкість матеріалу підвищує задоволеність пацієнтів комфортом користування. Завдяки своїй термостійкості вони дають можливість дезінфікувати протез в автоклаві.



**Зовнішній вигляд  
бюгельного  
протеза з  
каркасом з АКР**

# ВИСНОВОК

- Підсумовуючи усе вищенаведене, можна стверджувати, що поява в арсеналі ортопедичної стоматології нових перспективних матеріалів спрямована на досягнення максимальної естетики та відмінної функціональності знімних протезів.



**ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!**

