

## АМАЛЬГАМА. КЛАССИФИКАЦИЯ, СОСТАВ, СВОЙСТВА, ПОКАЗАНИЯ К ПРИМЕНЕНИЮ, МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ УО «Белорусский государственный медицинский университет»

*T. N. Manak, L.I.Paly*

**AMALGAM. CLASSIFICATION, STRUCTURE, PROPERTIES,  
INDICATIONS TO APPLICATION, AN APPLICATION TECHNIQUE**

Стоматологическая амальгама – один из самых старых пломбирочных материалов. Сообщения по использованию серебро – оловянной пасты имеются уже в древних китайских рукописях. Впервые стоматологическую амальгаму для пломбирования кариозных полостей применил французский дантист Tavean в 1800 году. В 1912 г. братьями Кравкур (США) был предложен состав порошка, близкий к амальгаме первого поколения с низким содержанием меди. С 1928 г. выпускаются безртутные металлические пломбы на основе галлия (предложенные Питкаммером). Амальгаму без гамма-2-фазы с высоким содержанием меди разработали Канадцы Ин и Юделисв 1963г.

Популярность ее во всем мире обусловлена надежностью реставраций, невысокой стоимостью компонентов, а также простотой использования.

**Амальгамы – это сплавы (металлические системы), в состав которых в качестве одного из компонентов входит ртуть.**

**Стоматологическая амальгама** – особый вид амальгамы, используемый в качестве пломбирочного материала. Процесс ее образования заключается в смешении ртути с металлическим сплавом, выпускаемого промышленностью в виде металлических опилок, размером 36 мкм. Они взаимно диффундируют с образованием химических интерметаллических соединений. Таким образом стоматологическая амальгама образуется в результате взаимодействия ртути с металлическим сплавом.

Амальгамы с концентрацией цинка более 0,01% называют цинксодержащими. Такие амальгамы клинически имеют высокую прочность, долговечность и хорошее краевое прилегание. Pd, Pt и другие металлы добавляются в объеме, не превышающем несколько процентов, и кардинально не меняют свойств амальгамы.

**Ртуть (Hg)** является обязательным компонентом амальгамы; ее начальное содержание зависит от состава, формы и размера частиц сплава. Обычно начальное содержание ртути, в зависи-

мости от свойств порошка, колеблется от 40 до 53% по массе. Окончательное содержание ртути в амальгамах составляет 37 – 48% и зависит от начального ее содержания и техники постановки пломбы.

Морфологической структурой порошка являются частицы игольчатой, шаровидной (сферической) форм. При их комбинации – получается порошок со смешанными частицами.

**Игольчатая, или традиционная (обычная)** (рис. 1), такой порошок сплава получается путем шлифования слитка амальгамного сплава на токарном станке для получения опилок. Характеризуется жесткостью при паковке. При конденсации амальгамы с игольчатой формой давление и сопротивление со стороны амальгамы примерно одинаково.

**Сферическая (шаровидная)** (рис. 2) – получается путем распыления расплавленной амальгамы в инертном газе. Требуется меньше ртути для реакции отверждения, т.е. имеет лучшие конечные физические свойства. Характеризуется мягкостью при паковке. Наименьшее давление и сопротивление при конденсации амальгамы со сферической формой частиц.

**Смешанная** (рис. 3) – получается при смешивании порошков первых двух видов.

“Пакуемость” амальгамы регулируется изменением пропорций этих компонентов.

Игольчатые амальгамы с низким содержанием меди требуют наибольшего количества ртути, сферические амальгамы с высоким содержанием меди – наименьшего.

Серебряные амальгамные сплавы имеют в своем составе менее 6 % меди (ССТА). До 1960 г. почти все амальгамы были такого типа (I поколение). Современные медные амальгамы обычно имеют в своем составе 12-30% меди (ССТА-43, «Tytin», «Contour», II поколение). Амальгамы III поколения содержат атомарную медь.

**Положительные свойства** серебряной амальгамы: твердость, пластичность. Она не изменяет цвет зуба, не разрушается и не изменяется в секрете полости рта и при соприкосновении слизистой оболочкой полости рта, устойчива к условиям гигиены полости рта. Аллергическая реакция на амальгаму возникает крайне редко, только у лиц с идиосинкразией (непереносимостью) к ртути.

**Недостатки:** возможность отлома тонкой стенки зуба после постановки пломбы (вследствие разницы коэффициентов теплового расширения твердых тканей зуба и амальгамы), плохая адгезия, усадка. При наличии других металлических конструкций в полости рта возможно развитие гальванического синдрома. Гальванический синдром – образование гальванического (электрического) тока в полости рта. Причиной гальванизма является присутствие в полости рта разнородных металлов. Он проявляется ощущением металлического вкуса во рту, чувством кислоты, извращением вкуса, жжением языка.

Механические свойства амальгамы представлены в таблице 1. В зависимости от состава и формы частиц сплава их механические свойства варьируют:

- Прочность на сжатие составляет от 392 до 545 МПа;
  - Модуль эластичности – 52 - 58 ГПа.
  - Коэффициент температурного расширения амальгамы в два с половиной раза превышает таковой ткани зуба.
  - Диаметральная прочность варьирует от 122 до 148 МПа;
- Приготовление амальгамы осуществляется согласно инструкции, в которой указывается объемное соотношение сплава



и ртути. До 1960 года использовалась амальгама I поколения. Состав сплава для приготовления амальгам регламентировался стандартом №1 FDI. Сплав должен был содержать не менее 65% Ag, не более 29% Sn, не более 6% Cu, 2 % Zn, 3% Hg.

Образование и схватывание амальгамы является сложным процессом, еще до конца не выясненным в деталях. Однако известно, что при взаимодействии ртути со сплавом происходит быстрое амальгамирование внешних слоев частиц сплава. Вокруг частички образуется слой раствора сплава в ртути. Дальнейшее амальгамирование протекает медленнее. Переходящие в раствор серебро и олово соединяясь со ртутью образуют новые фазы, кристаллы возникающих фаз соединяются, образуя твердую массу. Первоначальное расплавление сплава (опилок) сопровождается усадкой, образование же новых фаз протекает с расширением. Таким образом, при получении амальгамы одновременно протекают два процесса – растворение сплава в ртути и образование новых фаз.

Основной составной частью системы серебро-олово (опилки размером 36 мкм) является  $\gamma$ -фаза, которая идентифицируется как интерметаллическое соединение  $Ag_3Sn$ .

В процессе амальгамирования при взаимной диффузии сплава и ртути часть  $Ag_3Sn$  и олова реагирует с ртутью, а часть исходной  $\gamma$ -фазы остается. При этом возникают две новые фазы –  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$ :



Рис. 1. Игольчатая амальгама

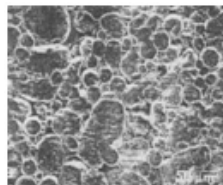
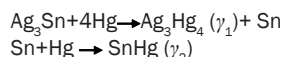


Рис. 2. Сферическая амальгама



Рис. 3. Смешанная амальгама



Затвердевшая амальгама не представляет собой однородный материал (рис. 4). Матрицей в отвердевшей амальгаме является  $\gamma_1$ -фаза  $Ag_3Hg_4$ , а частицы  $\gamma$ -фазы ( $Ag_3Sn$ ), вкрапленные в матрицу, могут рассматриваться как наполнитель. В матрице рассеяны и другие интерметаллические соединения ( $\gamma_2$ -фаза,  $Cu_3Hg_5$ ,  $Sn_7Hg_{15}$ ,  $Ag_2Hg_3$ ).

Анализируя процесс затвердевания амальгамы, можно сделать вывод: растворение сплава сопровождается усадкой, а образование новых фаз и их кристаллизация – расширением, после чего наступает вторичная усадка.

Пломба с небольшим расширением в конце отверждения дает хорошее краевое прилегание, плотно пристает к стенкам полости зуба. Амальгама при затвердевании не должна сильно расширяться, т.к. может вызвать болевое ощущение и привести к нарушению истонченных стенок зуба. При хорошем качестве

амальгамы через 24 часа ее расширение составляет 4-10 мкм на 1 см длины.

Следует помнить, что значение указанных выше фаз не одинаково. Наиболее прочной и устойчивой является  $\gamma$ -фаза, далее следует  $\gamma_1$ -фаза, далее  $\gamma_2$ -фаза. Последняя фаза весьма подвержена коррозии, что существенно снижает прочность амальгамы в целом. Поэтому, если в затвердевшей амальгаме присутствует больше ртути, она будет реагировать с большим количеством исходных частиц и образовывать повышенное количество более слабых  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$ -фаз.

Плотность насыщенных паров ртути над амальгамной пломбой не превышает 0,04 ПДК. Материал современных амальгам не содержит окисляющейся фазы (фазы гамма-2), поэтому амальгамная пломба сохраняет гладкую блестящую поверхность в течение десятилетий. Фазу  $\gamma_2$  смогли элиминировать за счет увеличения в сплаве процентного содержания меди с 6% до 20% (соответственно уменьшилось процентное содержание Sn). Вместо нестабильного соединения «олово-ртуть» образуется стабильная фаза «олово-медь» ( $Cu_6Sn_5$ ).

Современная амальгама имеет ряд преимуществ: лучшая устойчивость к коррозии, обладает прекрасной краевой адгезией, высочайшей бактерицидностью и пластичностью, повышенная компрессионная прочность, отсутствует макроскопическое расширение, не изменяет цвета тканей зуба, более высокая прочность на сжатие, более быстрое затвердевание до полного завершения процесса, но уменьшилось рабочее время, т.е. время, в течение которого можно сформировать пломбу (4-5 мин.) и серебристый цвет (поэтому пломбы из амальгамы ставят только на жевательные зубы).

Серебряная амальгама без гамма-2-фазы выпускается с различным содержанием в порошке серебра. Большое количество серебра находится в капсулах «AmalcapPlus» (Германия) 70% Ag, 18% Sn, 11% Cu, 0,5% Zn; а низкое – в Vivalloy-HR (Германия) 45% Ag, 30,5% Sn, 24% Cu, 0,5% Zn;

В настоящее время преимущество отдается использованию одноразовых капсул, исключающих контакт со свободной ртутью. Фабричная дозировка порошка и ртути в капсулах позволяет получить материал с одинаковыми физико-химическими свойствами и предупредить загрязнение кабинета. Капсулы могут быть самоактивируемые и активируемые.

**Показания к применению амальгамы.** Пломбирование кариозных полостей 1-го, 2-го и 5-го класса по Блеку на молярах, премолярах, когда не важны вопросы эстетики.

**Процесс пломбирования амальгамой состоит из нескольких этапов**

#### I этап (подготовительный)

- Гигиеническая чистка зуба;
- Обезболивание;
- Наложение коффердама;

#### II этап

- Препарирование полости;
- Промывание;
- Высушивание;
- Наложение матрицы;

#### III этап

- Наложение изолирующей прокладки;

#### IV этап

- Наложение пломбы;

#### V этап

- Шлифование и полирование пломбы.

**Особенности препарирования кариозной полости под амальгаму II и III поколений:**

- полость формируется по классическому

Таблица 1. Механические свойства амальгамы

Ткани зубов и амальгама	Прочность на		Модуль упругости Юнга, ГПа	Линейный коэф. термического расширения, Ppm/°C	Пластическая деформация (ползучесть), %
	Сжатие, МПа	Растяжение, МПа			
Эмаль	384	80	80	10	-
Дентин	297	40	18,5	11	-
Амальгама I поколения	392	60	52	26	1,6
Амальгама II поколения	545	64	58	25	0,1 – 0,05

## Лекции

варианту, т.е. ящикообразной формы с прямыми углами между дном и стенками;

- стенки кариозной полости после препарирования должны быть несколько толще, чем при использовании композитных материалов;

- для улучшения фиксации пломбы можно создавать колесовидным бором ретенционные нарезки по эмалево-дентинной границе;

- при пломбировании кариозных полостей II класса необходимо использовать матрицедержатель и стальные матрицы;

- скос на эмали под углом  $45^\circ$  не делают, ограничиваются финирированием краев полости;

- в качестве прокладки можно использовать цинк-фосфатные цементы, стеклоиономеры, компомеры. Прокладку накладывают до эмалево-дентинной границы, толщина прокладки 1 – 1,5 мм. Кроме этого в качестве прокладки также можно использовать и **специальные лаки**: Cavalite (Kerr), Amalgama Liner (Voco), содержащих серебро и связывающих атомы ртути с образованием химического соединения с амальгамой. Необходимо наносить 2-3 слоя лака

- препарированная глубокая кариозная полость требует наложение кальций-содержащей лечебной прокладки, точно, в области близкого прилегания пульпы.

**Процесс наложения пломбы из амальгамы состоит из:** замешивания; внесения амальгамы в препарированную полость в зубе; конденсация; моделирование пломбы; контроль окклюзии.

*Смешивание амальгамы может быть ручное и механическое.*

Ручное приготовление амальгамы осуществлялось с применением ступки и пестика в специально предназначенной для этого комнате. Растирание производилось до получения пластичной однородной массы под вытяжным шкафом. Этот способ сейчас не применяется.

В настоящее время замешивают амальгаму с специальных электрических амальгама-смесителей (рис. 5). Адекватное смешивание необходимо для получения пластичной смеси и тщательного амальгамирования. Время, необходимое для смешивания, зависит от типа используемого сплава и смешивающей системы от 15 до 60 сек. Обычно соотношение сплава к ртути 1:1 будет достаточно для сплава с сечеными частицами, но для сферических частиц более высокое соотношение сплава к ртути допускается из-за меньшей общей поверхности сферических частиц. Сплав со сферическими частицами замешивается легко и обычно требует короткого времени замешивания. Точное время смешивания зависит от смешивающей системы. Для системы, работающей на скорости 4000 об/мин с амплитудой 50 мм, время амальгамирования может быть кратким (5 секунд). Для более медленной системы со скоростью 2600 об/мин время замешивания может быть 20 секунд и более.

Основные цели в технике конденсации – удаление избытка ртути и предотвращение пористости пломбы. Амальгама вносится в подготовленную полость сначала маленькими порциями при помощи амальгамового пистолета (рис. 6).

Важные компоненты конденсации: каждая порция конденсируется с центра к стенкам препарированной полости с использованием штопфера (рис. 7).

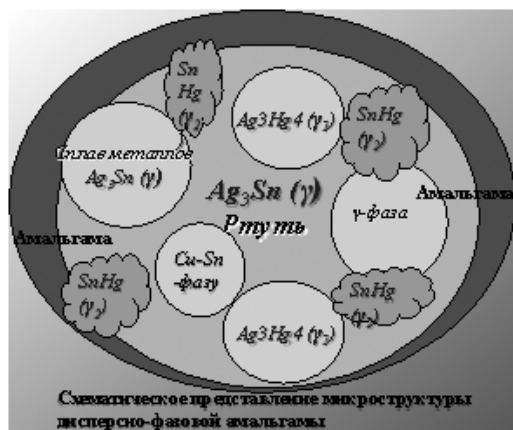


Рис. 4. Структура амальгамы



Рис. 5. Амальгама-смеситель



Рис. 6. Амальгамовый пистолет



Рис. 7. Штопфер для конденсации амальгамы



Рис. 8. Карвер

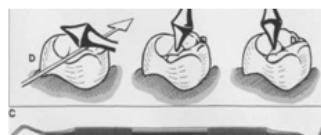


Рис. 9. Бенишер

Рекомендуемая обычно максимальная сила конденсационного давления 30-40 Н (ньютон).

Затем, используя специальный штифт для амальгам различного размера, направляют рабочую часть инструмента к стенкам полости с использованием множественных и быстрых толчковых движений.

**Моделирование пломбы из амальгамы.**

После заполнения кариозной полости амальгамой с небольшим избытком следует первая фаза моделирования анатомической формы зуба. Излишки амальгамы удаляются с помощью моделировочного инструмента (карвер, рис. 8) от края полости.

Во время второй фазы моделирования удаляются излишки в области краевого хребта. Затем с помощью острого конца моделировочного инструмента моделируются поперечные фиссуры и ямки, отмечая таким образом самые глубокие места жевательной поверхности. После снятия матрицы излишки в аппроксимальной области удаляются тонким серповидным инструментом, а крошки амальгамы из межзубного промежутка с помощью зубной нити. Поверхность пломбы сглаживается специальными инструментами (бенишер, рис. 9). Контроль окклюзии проводится с помощью окклюзионной (копировальной) бумаги.

**Шлифование и полирование пломбы из амальгамы** рекомендуется проводить спустя 24 часа после пломбирования, используя карборундовые головки, коричневые и зеленые силиконовые полиры для обработки жевательной поверхности. Для полировки аппроксимальных поверхностей рекомендуется использовать полоски-штрипсы или зубные нити в сочетании с полировочной пастой. Движения полира при этом – от центра пломбы к ее краям. Следует избегать перегрева пломбы, т.к. это ведет к испарению ртути и нарушению структуры поверхностного слоя пломбы. Поэтому шлифование должно проводиться с использованием водяного охлаждения.

**Окончательно пломба из амальгамы должна:**

- восстанавливать анатомическую форму коронки зуба
- иметь зеркальный блеск

- зонд не должен задерживаться при движении по границе пломбы и тканей зуба.

Несмотря на то, что в последние годы использование амальгамы несколько уменьшилось, в силу поступления на рынок новых стоматологических материалов, она по-прежнему остается востребованной дантистами всего мира.

### Литература

1. Б.Халер. Современные амальгамы в терапевтической стоматологии// Новое в стоматологии. 1993.-№2-С. 13-18.
2. Борисенко, Л.Г. и др. Амальгамы в стоматологии: Метод.реком. / - Минск: МГМИ, 2000. - 26с.
3. Шмидседер, Дж. Эстетическая стоматология / Джозеф Шмидседер; пер. с англ. под ред. проф. Т.Ф. Виноградовой. – М.: МЕДпресс-информ, 2004. – 320 с, ил. ISBN 5-98322-025-X.
4. Плаксин, И.Н. Металлургия благородных металлов. М., 1958.
5. Боровский, Е.В. Терапевтическая стоматология. М., 2004. - 840 с: ил.
6. Gwinnett, A.G., Baratieri L.N. Adhesive restorations with amalgam: Guidelines for the clinical|| Quintessence Int. -1994.-Vol.25.-P.687-695.

Поступила 23.01.2013 г.