

## КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ

Коррозия (*лат. corrosion* – разъедание) – разрушение твердых тел, вызванное химическими или электрохимическими процессами при взаимодействии с внешней средой.

В результате коррозии металлическое изделие может потерять ряд своих полезных технических свойств. Коррозия понижает прочность и пластичность металла, портит поверхность металла, ухудшает его электрические и др. свойства.

Материалы, используемые в стоматологии, должны обладать повышенной стойкостью к жидкости полости рта и среде, возникающей в полости рта при принятии пищи.

Коррозии благоприятствуют температурные условия и знакопеременные нагрузки, испытываемые металлическими зубными конструкциями. Из многочисленных сплавов для изготовления зубных протезов пригодными оказались лишь немногие – золотые, платиновые, хромокобальтовые, нержавеющая сталь и др.

Стойкость металлов может нарушиться под влиянием следующих причин:

- 1) характер поверхности
- 2) включения в состав металла
- 3) режим термической обработки
- 4) напряжение в металле

На грубой шероховатой поверхности процесс коррозии начинается раньше и протекает более интенсивно. Включения и напряжения приводят к возникновению электрохимической коррозии. Неправильный режим термической обработки, например, нержавеющей стали, может вызвать межкристаллическую коррозию (таблица 1).

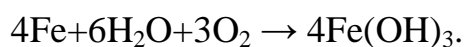
### Формы коррозионных разрушений

Название коррозии	Место локализации	Причина возникновения	Степень разрушения
Равномерная (общая)	Вся поверхность, чаще в сплавах образующих твердые растворы.	Взаимодействие с внешней средой.	Менее опасный и медленно протекающий процесс. Мало влияет на механическую прочность изделия.
Местная	Приводит к разрушению отдельных участков металла в виде пятен и точечных поражений различной глубины.	Возникает в случае неоднородной поверхности при наличии включений в металл или внутреннего напряжения	Наиболее опасен, т.к. приводит к резкому ухудшению механических свойств металла.
Межкристаллическая	Процесс протекает в глубине вещества не вызывая внешнего изменения изделия. При этом нарушается связь между кристаллами и коррозия проникает вглубь металла.	Основная причина нарушение технологических процессов литья, штамповки, паяния, термической обработки и др.	Наиболее опасный вид коррозии, настолько ослабляет изделие, что оно легко ломается руками.

Процессы коррозии делятся на два вида: химическую и электрохимическую коррозию.

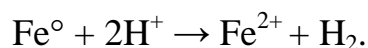
*Химическая коррозия* – взаимодействие металла с агрессивными средами, не проводящими электрического тока.

Пример – кислородная коррозия железа в воде, приводящая к появлению ржавчины:



Коррозию металлов и их сплавов вызывают такие компоненты окружающей среды как вода, кислород, оксиды углерода и серы, водные растворы солей.

*Электрохимическая коррозия* – взаимодействия металла с агрессивными средами под действием электролита.



Полость рта находится в состоянии непрерывной аэрации при каждом вдохе (избыток кислорода) и карбонатной насыщенности при каждом выдохе

(избыток углекислого газа). Она представляет собой электрохимическую систему, в которой роль электролита выполняет слюна (жидкая фаза), насыщенная кислородом и углекислым газом, а роль электродов – зубы, зубные протезы (твердая фаза). На границе твердой и жидкой фаз возникает разность потенциалов, или потенциал  $\phi$  электрод-системы, величина которого зависит от электропроводности твердой фазы (зубной протез) и концентрации потенциалопределяющих частиц в жидкой фазе (слюна).

Для изготовления зубных протезов применяют различные металлы и сплавы: кобальтохромовые, серебряно-палладиевые сплавы, нержавеющей стали, сплавы на основе золота, платины и др. Каждый металл, погруженный в раствор электролита, приобретает свойственный только ему



*электрохимический потенциал.* Если в полости рта находятся сплавы металлов с различными потенциалами, то возникают гальванические токи.

В норме слюна имеет слабощелочную реакцию, но баланс может быть смещен в кислую сторону. При кислой реакции слюны ее электролитические свойства усиливаются, что приводит к процессам коррозии в металлических деталях протезов.

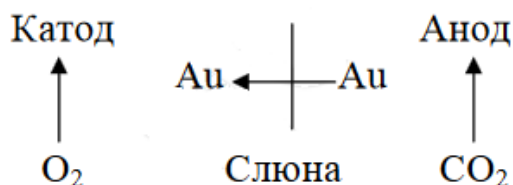
Коррозионные процессы также создают микроэлектротоки. Описанные электрохимические явления могут проявляться гальванозом<sup>1</sup>.

Рассмотрим варианты возникновения коррозионного гальванического элемента в полости рта.

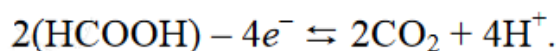
---

<sup>1</sup> Гальваноз – заболевание, которое возникает при наличии в полости рта металлических протезов, изменяющих электрохимические процессы и приводящих к развитию таких симптомов, как металлический привкус во рту, извращение вкуса, жжение языка, снижение слюноотделения, нарушение общего состояния организма (головные боли, раздражительность, слабость, утомляемость, тревожность).

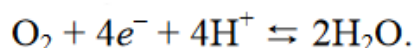
1. Возникновение коррозионного гальванического элемента при наличии протеза из золота (при pH=5,5):



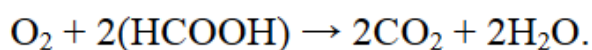
Анодный процесс (окисление):



Катодный процесс (восстановление):

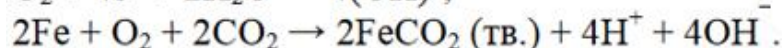
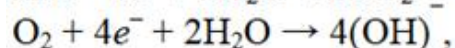
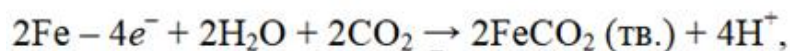
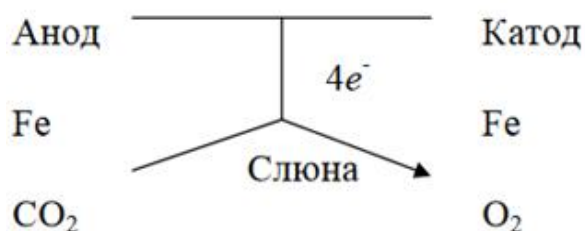


Общая электрохимическая реакция:



$$E_{\text{эдс}} = \varphi^0_{\text{K}} - \varphi^0_{\text{A}} = +1,229 \text{ В} - (-0,2 \text{ В}) = +1,429 \text{ В}.$$

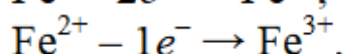
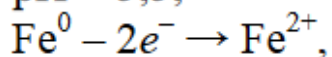
2. Возникновение коррозионного гальванического элемента при наличии протезов из нержавеющей стали:



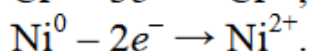
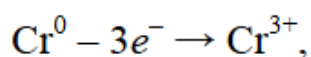
$$\text{ЭДС} = 1,229_{\text{В}} + 0,756_{\text{В}} = \sim 2 \text{ В}.$$

3. Сравнительные анодные процессы в кислой и нейтральной среде металлического протеза из нержавеющей стали.

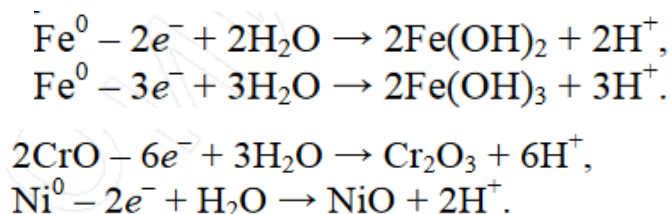
$$\text{pH} = 5,5,$$



Идет растворение анодного участка протеза.



В нейтральной среде (pH=7,0) электрохимическая реакция сопровождается избытком водородных ионов, т. е. повышенной кислотностью. Образуются наросты малорастворимых  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  и  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  на анодных участках протеза.



В кислотной среде (pH<7,0) происходит выраженный процесс растворения металлического протеза — анодных участков.

$$\begin{aligned}\varphi^0 \text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^0 &= -0,44 \text{ В}, \\ \varphi^0 \text{Cr}^{3+}/\text{Cr}^0 &= -0,74 \text{ В}, \\ \varphi^0 \text{Ni}^{2+}/\text{Ni}^0 &= -0,23 \text{ В}.\end{aligned}$$

Это явление подтверждается и клинически: у больных, имеющих протезы из нержавеющей стали или хромокобальтового сплава, появляется чувство кислоты, жжения в полости рта.

Таким образом, анодные реакции коррозии протезов характеризуются изменением электродных потенциалов вследствие перехода ионов металлов из твердой фазы (металлические протезы) в жидкую (слюну).

Нержавеющая сталь, предложенная в 30-х годах для зубного протезирования, испытывалась на коррозионную стойкость. Сотрудники кафедры ортопедической стоматологии Московского государственного стоматологического института Д.Н. Цитрин и В.Н. Дятлова (1934) определяли степень коррозии, учитывая потерю массы и изменение вида испытуемой детали. Потери массы были крайне незначительны и определялись весовым методом. Внешний вид образцов не менялся. На основании этих данных авторы пришли к выводу, что нержавеющая сталь является удовлетворительным сплавом для зубного протезирования.

## ОБЩАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Все металлы условно (исторически) подразделяются на две большие группы: черные и цветные.

Подробная классификация приведена на схеме 1.

К **черным металлам** относят: железо и его производные – помимо основных фрагментов, в его составе присутствуют вспомогательные компоненты и металлические соединения. Таким образом, получают легированную сталь, и придают ей характеристики нержавеющей элемента.

**Сталь** – представляет собой легированную консистенцию, в которую добавляют целый ряд других металлических производных. Их основное преимущество в способности менять температуру плавления, твердость покрытия, пластичность и способность к ковке металла.



**Нержавеющая сталь** – самый устойчивый к коррозии, материал. В его составе содержится хром, в концентрации, 12-20 % от всей массы изделия.

**Чугун** – при условии содержания в нем соединений углерода более 2,1%. В стоматологии не применяется.

Все остальные металлы и сплавы составляют группу **цветных** (нежелезных) **металлов**. Характерной окраской для них является красная, желтая и белая. Из группы цветных металлов выделяют благородные и редкие.

**Благородные** получили такое название из-за очень высоких физико-химических и механических свойств как в чистом виде, так и в виде

соединений с другими металлами. К ним относят золото, серебро и платиновые металлы.

Признаками **редкого** металла в технике считается малая распространенность в природе, сложная технология получения, сравнительная новизна практического применения и др. В этом причины относительно позднего открытия, изучения и технического освоения редких металлов. К ним относят галлий, индий, бериллий, цезий и др.

Термин «редкий металл» появился в литературе примерно в 20-е гг. 20 в. За рубежом редкие металлы иногда называются «менее обычные металлы» (Less Common Metals). Особенно быстро производство редких металлов развивалось после 2-й мировой войны 1939–1945 г.г. Они были необходимы для таких новых отраслей техники, как скоростная авиация, ракетостроение, электроника, атомная энергетика. Естественно, что по мере увеличения производства и потребления этих металлов термин «редкий металл» утрачивает первоначальное значение.

Различают технически чистые металлы и сплавы.

*Чистые металлы* состоят из одного основного элемента и незначительного количества примесей других элементов. По степени чистоты различают металлы технической, высокой и особой чистоты. Однако чистые металлы находят ограниченное применение как в строительстве, так и в машиностроении. В большинстве случаев они обладают недостаточно высокими физическими, механическими и химическими свойствами, имеют сравнительно высокую стоимость, достаточно сложную технологию получения и переработки и мало пригодны для технических целей. Их используют, как правило, только в тех случаях, когда к материалу предъявляются высокие требования в отношении тепло- и электропроводности, высокой температуры плавления, например, для изготовления проводов, кабелей, обмоток электрических машин и др.

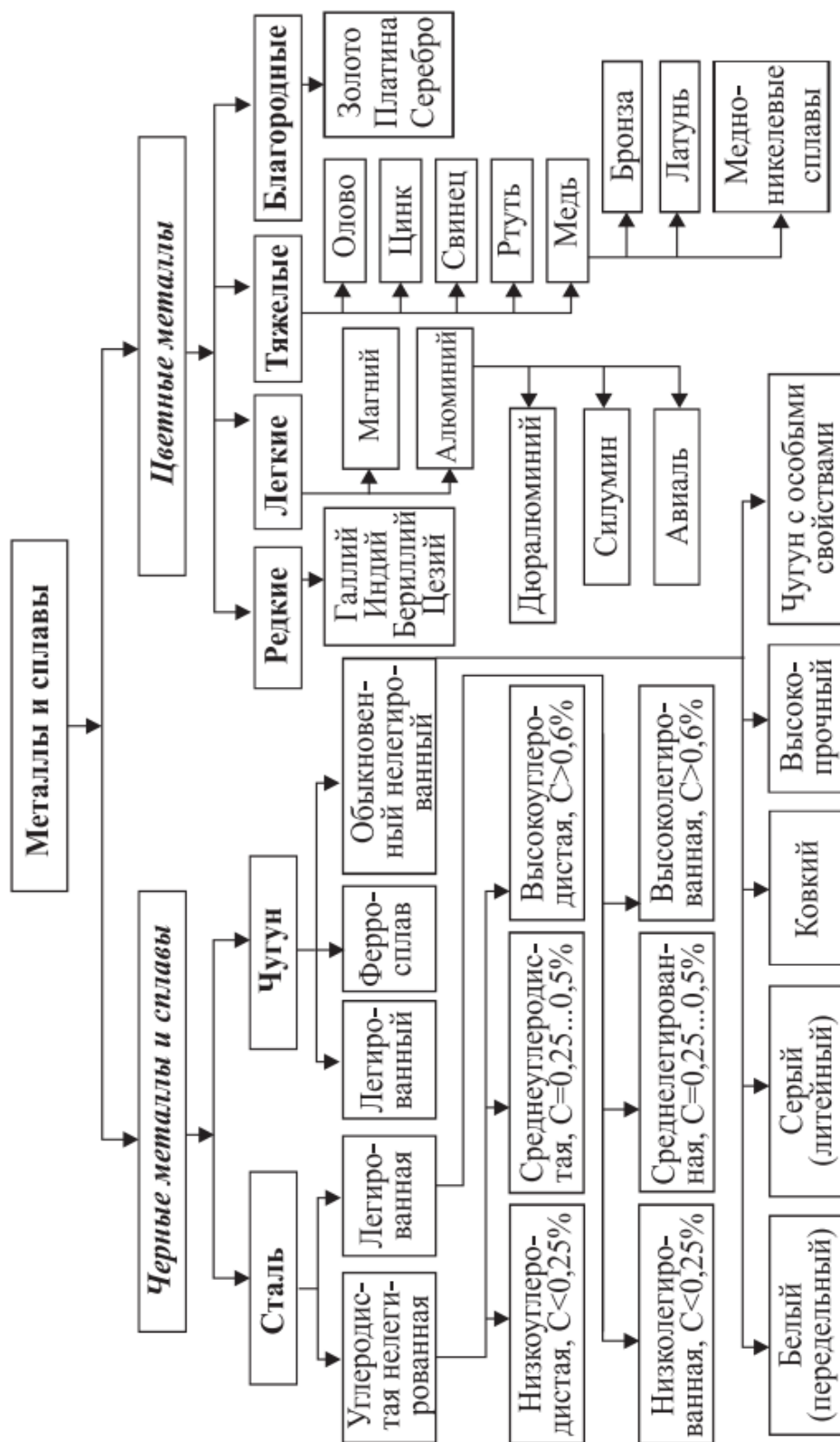


Схема 1. Классификация металлов и сплавов



В зависимости от плотности металлы бывают легкие и тяжелые. Для экологии и медицины *тяжелые металлы* — это металлы, которые обладают высокой токсичностью и экологической значимостью. Золото с плотностью 19,32 г/см<sup>3</sup> и атомным весом 197 а.е.м. не относят к тяжелым металлам, из-за его инертности и отличной биосовместимости.

По числу компонентов сплавы делятся на двухкомпонентные (двойные, или бинарные), трехкомпонентные (тройные) и многокомпонентные.

В настоящее время известно более 10 тыс. используемых в промышленности сплавов. Подробно рассмотрим характеристики известных сплавов.

**Сталь** — это сплавы *железа с углеродом*, содержащие последнего до 2 %. В состав легированных сталей входят и другие химические элементы — хром, ванадий, никель. Сталей производится гораздо больше, чем каких-либо других металлов и сплавов. Малоуглеродистая сталь (менее 0,25 % углерода) в больших количествах потребляется в качестве конструкционного материала, а сталь с более высоким содержанием углерода (более 0,55 %) идет на изготовление режущих инструментов: бритвенные лезвия, сверла и др.

Железо составляет основу **чугуна**. Чугуном называется сплав железа с 2–4 % углерода. Важным компонентом чугуна является также кремний. Из чугуна можно отливать самые разнообразные и полезные изделия, например крышки для люков, трубопроводную арматуру, блоки цилиндров двигателей и др.

**Бронза** — сплав *меди*, обычно с *оловом* как основным легирующим компонентом, а также с алюминием, кремнием, бериллием, свинцом и другими элементами, за исключением цинка. Оловянные бронзы знали и широко использовали ещё в древности. Большинство античных изделий из бронзы содержат 75–90 % меди и 25–10 % олова, что делает их внешне похожими на золотые, однако они более тугоплавкие. Это очень прочный сплав. Из него делали оружие до тех пор, пока не научились получать железные сплавы. С применением бронзы связана целая эпоха в истории человечества: Бронзовый век.

**Латунь** – это сплавы *меди* с *Zn*, *Al*, *Mg*. Содержание цинка в сплаве может быть от 5 до 45%. Это цветные сплавы с невысокой температурой плавления, их легко обрабатывать: резать, сваривать и паять. **Томпак** (фр. *tombac*, от малайск. *tambaga* – медь) – латунь с содержанием меди 88–97% и цинка до 10%, полутомпак – от 10 до 20 % *Zn*.

**Мельхиор** – является сплавом *меди* (70–95 %) с *никелем* (5–30 %), иногда с добавками железа ( $\leq 0,8$  %) и марганца ( $\leq 1$  %). По внешним характеристикам мельхиор похож на серебро, но обладает большей механической прочностью. Сплав широко применяют для изготовления посуды и недорогих ювелирных изделий. Большинство современных монет серебристого цвета изготавливают из мельхиора (обычно 75 % меди и 25 % никеля с незначительными добавками марганца).

**Нихром** – общее название группы сплавов, состоящих, в зависимости от марки сплава, из 55–78 % никеля, 15–23 % хрома, с добавками марганца, кремния, железа, алюминия. Он имеет повышенную жаропрочность, крипоустойчивость<sup>2</sup>, пластичность, хорошо держит форму. Нихром широко используется для изготовления нагревательных элементов в высокотемпературных электропечах, печах обжига и сушки; в качестве жаропрочного (жаростойкого) сплава и химически стойкого сплава в определенных агрессивных средах и т.д.

**Дюралюминий**, или дюраль – это сплав на основе *алюминия* с добавлением легирующих элементов – медь, марганец, магний и железо. Название сплава происходит от торговой марки *Dural* (фр. *dur* – твёрдый). Основными легирующими элементами в нём являлись алюминий (93,5 %), медь (4,5 %), магний (1,5 %) и марганец (0,5 %). Он характеризуется своей стальной прочностью и устойчивостью к возможным перегрузкам. Это основной конструкционный материал в авиации и космонавтике.

---

<sup>2</sup> Стали, длительно работающие при высоких температурах, обладают свойством ползучести (крип), т.е. они очень медленно претерпевают необратимые деформации под нагрузкой, намного меньшей нагрузки, соответствующей пределу упругости материала.

## СПЛАВЫ МЕТАЛЛОВ В СТОМАТОЛОГИИ

В настоящее время в стоматологии используется свыше 500 сплавов.

В стоматологической практике наиболее распространена классификация сплавов ISO 1989 г. Международными стандартами все сплавы металлов разделены на следующие группы:

1. Сплавы благородных металлов на основе золота.
2. Сплавы благородных металлов, содержащих 25-50% золота или платины или других драгоценных металлов.
3. Сплавы неблагородных металлов (кобальтохромовый сплав, нержавеющая сталь, никелехромовый сплав).
4. Сплавы для металлокерамических конструкций:
  - а) с высоким содержанием золота (>75%);
  - б) с высоким содержанием благородных металлов (золота и платины, золота и палладия > 75%);
  - в) на основе палладия (более 50%);
  - г) на основе неблагородных металлов:
    - кобальта (+ хром > 25%, молибден > 2%);
    - никеля (+ хром > 11%, молибден > 2%).

Сплавы золота с платиной и палладием, серебряно-палладиевые и кобальтохромовые сплавы называют прецизионными, т.е. точными. Для этой группы сплавов требуется строгое соблюдение определенного химического состава и технологического режима, существенно отличающихся от обычно принятых при изготовлении отливок.

В специальной литературе встречается лексическая подмена двух терминов – *благородный металл* и *драгоценный металл*, которые не являются синонимами: драгоценный указывает на стоимость металла, а благородный – относится к его химическим свойствам. Поэтому элементы золото и платина являются как благородными, так и драгоценными, палладий – благородный, но

намного дешевле. Серебро завоевало место в классификации драгоценных металлов, но не является благородным металлом.

С целью систематизации всех сведений о современных сплавах металлов на кафедре пропедевтики стоматологических заболеваний ВолгГМУ применяется общая систематизация сплавов.



### **По химическому составу:**

#### **1. Сплавы *благородных* металлов:**

- 1) сплавы на основе золота;
- 2) золото – палладиевые сплавы;
- 3) серебряно – палладиевые сплавы;
- 4) платиновые сплавы.

Такие сплавы пользуются заслуженной популярностью, поскольку обладают, как указывали ранее, отличной биосовместимостью. На них не влияет коррозия, они не вступают в контакт со слюнным секретом, постоянно присутствующем в полости рта, и пагубно влияющем на металлические конструкции более «примитивного» содержания.

**Платина** – идеальное решение для изготовления фрагментов бюгельного протезирования литого типа, вкладок и кламмерных фиксаторов.

#### **2. Сплавы *неблагородных* металлов:**

- 1) сплавы на основе железа, хрома и никеля (нержавеющая сталь);
- 2) кобальтохромовые сплавы;
- 3) никелехромовые сплавы;
- 4) сплавы титана;
- 5) сплавы алюминия и бронзы;
- 6) сплавы на основе свинца и олова.

**Неблагородные металлы** преследуют в своем применении единственную цель – снижение себестоимости протезных конструкций. В их основу заложены экологически безопасные компоненты, способные заменить

золото или платину. Наилучшим образом для этого подходит нержавеющая сталь, хромово-кобальтовые комбинации металлов, никель – хромовые соединения. Такие составляющие – наиболее востребованные металлы в ортодонтической практике. Кроме того, они обладают прекрасными легирующими характеристиками, благодаря чему составу можно придавать любые свойства.

#### **По механическим свойствам:**

1) Сплавы *низкой* прочности, для отливок подвергающихся незначительным нагрузкам (вкладки).

2) Сплавы *средней* прочности, для отливок подвергающихся умеренной нагрузке (вкладки, фасетки).

3) Сплавы *высокой* прочности, для отливок подвергающихся большой нагрузке (фасетки, тонкие литые металлические каркасы, штифты, коронки и бюгельные протезы).

4) *Сверхпрочные* сплавы, для отливок подвергающихся очень большим нагрузкам и тонких в поперечном сечении (бюгельные протезы, каркасы съёмных протезов, кламмеры, коронки, литые коронки и частично съёмные зубные протезы).

#### **По назначению:**

1) Сплавы для изготовления элементов съёмных зубных протезов – шинирующих аппаратов, дуг бюгельных протезов, кламмеров и т.д.;



2) Сплавы для изготовления каркасов металлокерамических работ, для изготовления коронок и мостов цельнолитых конструкций;

3) Сплавы для изготовления штампованных коронок и паянных мостовидных протезов;

4) Сплавы, для изготовления стоматологических инструментов.

*Бронза* – сплав меди с оловом. В стоматологии применяется алюминиевая бронза (алюминий вместо олова). Из нее делают лигатуры для шинирования переломов челюстей.



*Латунь* – сплав меди с цинком – из нее делают штифты для разборных моделей.



*Магналий* – сплав алюминия и магния – из него делают детали самолетов (сплав очень легкий и прочный). В стоматологии из него делают артикуляторы<sup>3</sup> и некоторые кюветы.



---

<sup>3</sup> Артикулятор – это специальный инструмент, имитирующий движения нижней челюсти человека. С его помощью изготавливаются разные детали: полные и частичные съемные зубные протезы, несъемные мостовидные протезы, коронки, прикусные шаблоны и т.д. Также данные устройства применяют в реабилитационных целях.

*Инструментальная сталь* – содержит углерод от 0,7% и более.



Отличается высокой прочностью и твердостью (после специальной температурной обработки). Добавление к стали вольфрама, молибдена, ванадия и хрома делает сталь способной хорошо резать при высокой скорости. Такую сталь используют для боров и фрез.



*Карбид вольфрама* – не сплав. Химическое соединение вольфрама с углеродом (химическая формула  $WC$ ). Сопоставим по твердости с алмазом. Применяют для производства бронебойных танковых снарядов. А ещё для твердосплавных стоматологических боров.



**По температуре плавления:**



1) Легкоплавкие сплавы с температурой плавления до  $300^{\circ}\text{C}$  (сплавы на основе олова);

Сплавы легкоплавкие (*Меллота, Вуда, Розе*) – содержат висмут, олово, свинец – их температура плавления около  $70^{\circ}\text{C}$ .

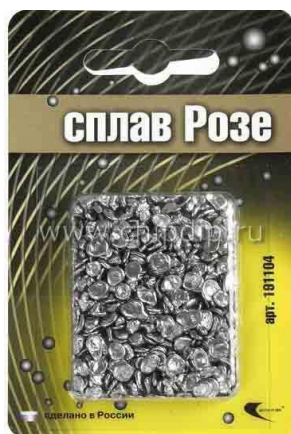
Применяются для отливки штампов и контрштампов, при штамповке зубных коронок и для моделей при изготовлении бюгельных протезов, капп и других деталей.

#### *Сплав Вуда*

Температура плавления  $68,5^{\circ}\text{C}$ .  
Состав: висмут – 50%, свинец – 25%, олово – 12,5%, кадмий – 12,5%. Токсичен, так как содержит кадмий.



#### *Сплав Меллота*



Температура плавления  $63^{\circ}\text{C}$ . Состав: висмут – 50%, свинец – 20%, олово – 30%.

#### *Сплав Розе*

Температура плавления  $94^{\circ}\text{C}$ . Состав: Висмут – 50%, свинец и олово по 25%.

2) Сплавы с температурой плавления до  $1100^{\circ}\text{C}$  (сплавы благородных металлов);

3) Тугоплавкие сплавы с температурой плавления выше  $1200^{\circ}\text{C}$  (кобальтохромовые сплавы, нержавеющая сталь).

### **1. Сплавы благородных металлов**

К благородным металлам относят восемь элементов Периодической системы: рутений (Ru), родий (Rh), палладий (Pd), осмий (Os), иридий (Ir), платину (Pt) (платиновая группа), а также золото (Au) и серебро (Ag).

Как уже говорилось ранее, благородные металлы получили такое название из-за высокой коррозионной стойкости в атмосфере, воде и некоторых других средах. Некоторые из этих металлов имеют достаточно высокую



температуру плавления и плотность. Все металлы имеют относительно высокую стоимость, но она все равно мала по сравнению с самым дорогим металлом в мире калифорнием.

В настоящее время в стоматологии используют золото, платину, палладий и серебро в виде сплавов (рис. 1).



**Рис. 1. Сплав благородного металла**

### **1.1. Сплавы золота, платины и палладия**

Указанные сплавы обладают хорошими технологическими свойствами, устойчивы к коррозии, прочны, токсикологически инертны. К ним реже, чем к другим металлам, проявляется **идиосинкразия**.

Чистое золото – мягкий металл. Для повышения упругости и твердости в его состав добавляются так называемые легирующие металлы – медь, серебро, платина.

Сплавы золота различаются по проценту его содержания. Чистое золото в метрической пробирной системе обозначается 1000-й пробой. В России до 1927г. существовала золотниковая пробирная система. Высшая проба в ней соответствовала 96 золотникам. Известна также английская каратная система, в которой высшей пробой являются 24 карата.

*Сплав золота 900-й пробы* используется при протезировании коронками и Мостовидными протезами.

Сплав золота 750-й пробы применяется для каркасов дуговых (бюгельных) (рис. 2) протезов, кламмеров, вкладок.



**Рис. 2. Каркасы бюгельных протезов на основе золота**

В России разработаны сплавы благородных металлов для ортопедической стоматологии, которые по своим свойствам не уступают зарубежным аналогам. К таким сплавам относятся:

- износостойкий термоупрочняемый золотой сплав *Голхадент* (Супер-ТЗ) 750-й пробы. Этот универсальный сплав предназначен для штампованных и литых коронок и мостовидных протезов.

- палладиевый сплав (70% палладия и 10% золота) *Палладент* (Суперпал) для металлокерамических протезов.

- высокопробный золотой сплав (содержание благородных металлов - 98%) *Плагодент* (Супер-КМ) специально разработан для цельнолитых и металлокерамических коронок и мостовидных протезов.

- сплав-припой Супер-ВП для сплава Плагодент. Его прочность на разрыв составляет 372 МПа (ISO – 350 МПа);

- бескадмиевый золотой припой для пайки сплавов с высоким содержанием золота *Бекадент* (Супербекам), который появился вместо токсичного кадмийсодержащего припоя.

— золотой сплав для каркасов дуговых (бюгельных) протезов методом литья по выплавляемым восковым моделям *Супер-ЛБ* (ЛБ – литейный бюгельный).

— Кэмадент – композиционный материал на основе золота с равномерно распределенными ультрадисперсными частицами оксидов. Применяется для электрохимического золочения зубных протезов из неблагородных сплавов с целью обеспечения инертности и химической стойкости поверхности протезов в полости рта.

*Супер-ТЗ* – это «твердое золото», термически упрочняемый износостойкий сплав, который содержит 75% золота и имеет желтый цвет, альтернатива золотому сплаву 900 пробы. Он универсален и технологичен – может использоваться для штампованных и литых стоматологических конструкций: вкладок, коронок, мостовидных протезов с полимерными покрытиями или без них. Из данного вида сплава делают также золотые иглы для акупунктуры.

*Супер КМ* (рис. 3) – сплав на основе золота (85%), альтернатива золотым сплавам известных мировых фирм, не уступает им по физико-механическим и технологическим свойствам, адаптирован к широкой гамме керамических покрытий, имеет светло-жёлтый цвет. Назначение – вкладки, полукоронки, коронки, мостовидные протезы преимущественно с керамическим покрытием.



**Рис. 3. Сплав КМ (Россия)**

## 1.2. Сплавы серебра и палладия



Кроме серебра и палладия, сплавы содержат небольшие количества легирующих элементов (цинк, медь), а для улучшения литейных качеств в сплав добавляют золото.

По физико-механическим свойствам они напоминают сплавы золота, но уступают им по коррозионной стойкости и темнеют в полости рта особенно при кислой реакции слюны. Эти сплавы пластичные, ковкие. Применяются при протезировании вкладками, коронками и мостовидными протезами.

Компанией «ЗМ» (США) из эластичного сплава серебра и олова освоен выпуск стандартных временных коронок *Изо-Форм* для защиты моляров и премоляров после их препарирования. Такие коронки не только легко поддаются обработке, но также легко растягиваются и изменяют свою форму при сохранении прочности.

## 2. Сплавы неблагородных металлов

В процессе применения в практике зубного протезирования сплавов из неблагородных металлов шло их клиническое изучение. Было установлено, что алюминий, рондольф, латунь, нейзильбер легко растворяются в полости рта под действием ферментов ротовой жидкости. В этой связи у носителей протезов наблюдались признаки общей интоксикации организма и местных патологических симптомов, таких как привкус металла и развитие заболеваний слизистой оболочки полости рта.

Следует особо остановиться на вредном воздействии хрома, поскольку хромирование протезов раньше широко применялось в практической стоматологии, применяется и в настоящее время, хотя и реже.

## 2.1. Нержавеющая сталь

Все сплавы железа с углеродом, которые в результате первичной кристаллизации в равновесных условиях приобретают аустенитную (однофазную) структуру, называют сталями.

По международным стандартам (ISO) сплавы, содержащие более 1% никеля, признаны токсичными. Известно, что большинство специальных стоматологических сплавов и нержавеющей сталей содержат более 1% никеля. Так, литейный сплав КХС содержит 3-4% никеля, *Вирон* (Германия) – около 30%, *Бюгодент* – 4%, нержавеющей стали – до 10%.

Примером безникелевого сплава могут служить *Херанеум SE и EN* (Германия). В настоящее время сотрудниками ММСИ (Марков Б.П. и 1998 г.) и РАН в эксперименте разработана безникелевая азотсодержащая сталь *РС-1* для литых мостовидных и дуговых (бюгельных) протезов.

Марганец, входящий в состав стали, позволяет повысить прочность, улучшить показатели жидкотекучести. Сталь содержит 0,2% азота, который повышает коррозионную стойкость, твердость (HV 210), стабилизирует аустенит и обеспечивает большой потенциал деформационного упрочнения.

Азот в твердом растворе улучшает свойства, компенсирует отсутствие никеля повышает токсикологические свойства. Присутствие азота значительно улучшает характеристики упругости, что обеспечивает стабильность сохранения формы в тонких ажурных конструкциях.

Сталь дает малую усадку (менее 2%), что также обеспечивает точность и качество отливок. Хром является основным легирующим элементом коррозионностойкой стали, а также растворителем азота и в сочетании с марганцем обеспечивает его необходимую концентрацию в стали (Марков Б. П. и соавт., 2001 г.).

## 2.2. Кобальтохромовые сплавы

Состав кобальтохромового сплава:

- кобальт 66-67%, основа сплава, твердый, прочный и лёгкий металл.

- *хром* 26-30%, вводимый в основном (как и в стали) для повышения устойчивости коррозии.
- *никель* 3-5%, повышает пластичность, ковкость, вязкость сплава, улучшает технологические свойства сплава.
- *молибден* 4-5,5%, повышает прочность сплава.
- *марганец* 0,5%, увеличивающий прочность, качество литья, понижающий температуру плавления, способствующий удалению токсических соединений серы из сплава.
- *углерод* 0,2%, снижает температуру плавления и улучшает жидкотекучесть сплава.
- *кремний* 0,5%, улучшает качество отливок, повышает жидкотекучесть сплава.
- *железо* 0,5%, повышает жидкотекучесть, позволяющей отливать ажурные изделия высокой прочности.

Легирование (нем. *legieren*, лат. *ligare* – соединять) – введение в металл или в металлический сплав другого элемента для улучшения физических, химических или физико-химических свойств основного металла. Например, введение в сталь хрома, вольфрама, ванадия, молибдена и т.п. (легированная сталь).

Лигатура (лат. *ligatura* – связывать) – 1) вспомогательные сплавы, добавляемые в плавильных печах к основному сплаву (металлу) при его раскислении или при введении в него легирующих компонентов; 2) металлы, вводимые в состав сплавов благородных металлов (например, медь или серебро в сплаве с золотом) для придания сплаву большей твердости.

В настоящее время безуглеродистые отечественные кобальтохромовые сплавы *КХ-Дент*, подобные классическому сплаву *Виталлиум*, находят широкое применение при протезировании металлокерамическими протезами.

### **2.3. Никелехромовые сплавы**

Никелехромовые сплавы, в отличие от хромоникелевых сталей не содержащие углерод, широко применяются в технологии металлокерамических



зубных протезов. К его основным элементам относятся никель (60–65%), хром (23–26%), молибден (6–11%) и кремний (1,5–2%). Сплавы имеют хорошие литейные свойства – малую усадку и хорошую жидкотекучесть. Очень податливы в механической обработке.



Сплавы на основе железа, никеля и хрома используются для литых одиночных коронок, литых коронок с пластмассовой облицовкой. Наиболее популярным из этих сплавов является Вирон-99 фирмы «Бего» (Германия) (рис.4).



**Рис. 4. Wiron 99 (Германия)**

## **2.4. Сплавы титана**



При росте токсико-аллергических реакций на различные металлы и их сплавы, применяемые в медицине, титан, благодаря высокой инертности и стабильности, рассматривается в стоматологии как обнадеживающая альтернатива. Его высокие токсикологические качества обусловлены способностью быстро образовывать на своей поверхности защитный оксидный слой, благодаря которому он не корродирует и не выделяет свободные ионы металла, способные вокруг имплантата или протеза вызывать патологические процессы. Титан дает возможность использования только одного металла в полости рта. Он применим фактически для любых протезов, в том числе и для сверхпластичной формовки легких и прочных базисов.

Вкладки и накладки, цельнолитые и комбинированные коронки, мостовидные, дуговые (бюгельные) протезы, литые базисы полных съемных протезов, имплантаты – все это может быть выполнено из титана.

## **2.5. Сплавы припоев**

*Припой* – металл или сплав, заполняющий зазор между соединяемыми деталями при паянии. Состав припоев (Au, Ag, Cu, Zn, Sn, Cd, латунь). Они легко плавятся и позволяют делать припой и штамповать необходимые каркасные конструкционные составляющие.

*Припой для золотых сплавов.* Припоем для золота 916-й пробы служит золотой сплав 750-й пробы, состоящий из 75% золота, 8,39% серебра, 16,6% меди и 10% кадмия. Этот сплав по цвету, составу и механическим свойствам близок к основному металлу и имеет более низкую температуру плавления. *Припой для нержавеющей стали.* Припоем для нержавеющей сталей является специальный сплав, предложенный Д.Н. Цитриным. В его состав входит серебро, медь, цинк, марганец, никель, кадмий, магний.

## **2.6. Флюсы**

*Флюс* – химическое вещество (бура, борная кислота, хлористые и фтористые соли), служащее для растворения окислов, образующихся на спаиваемых поверхностях металлов при паянии.



Компоненты флюса	Бура ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ )	Борная кислота ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )	Фторид калия (KF)
Содержание, %	25-30	35-50	20-40

Наибольшее распространение в составе флюса получила бура – белое кристаллическое вещество. При нагревании она постепенно теряет воду, а температура ее плавления достигает  $741^\circ\text{C}$ . Кроме того, бура поглощает кислород, препятствуя тем самым образованию на поверхности металла окислов, и способствует лучшему растеканию припоя. Флюсы, как и окалину, удаляют с поверхности металлов отбелами.



## 2.7. Стоматологическая амальгама

Амальгамами называются сплавы, металлические системы, в состав которых в качестве одного из компонентов входит *ртуть*. В зависимости от количественного соотношения ртути и других металлов амальгамы при  $37^\circ\text{C}$  могут быть жидкими, полужидкими и твердыми. В стоматологической практике наибольшее распространение получили серебряные амальгамы.