



# Абразивные материалы. Паковочные массы.

Жолудев Денис Сергеевич  
Аспирант кафедры пропедевтики и физиотерапии стоматологических заболеваний  
Руководитель Григорьев Сергей Сергеевич  
Д.м.н., доцент кафедры пропедевтики и физиотерапии стоматологических заболеваний

# Значение изучения темы

- Различные ортопедические аппараты, в том числе зубные, челюстно-лицевые протезы требуют тщательной отделки для придания им гладкой, полированной блестящей поверхности. Помимо удобства и эстетики, это повышает гигиенические качества аппарата, удаление остатков пищи из зубного налета. Гладкая поверхность пластмассовых и комбинированных протезов лучше противостоит процессам набухания, старению и разрушению в процессе перепада температур и воздействию продуктов жизнедеятельности.

# Значение изучения темы

- **Абразивные материалы** - мелкозернистые материалы высокой твердости (корунд, электрокорунд, карборунд, наждак, алмаз и др.), употребляемые для обработки, полирования, заточки и доводки поверхностей из металлов, полимеров, дерева, камня и т.д.
- Поверхность зубного протеза обрабатывают сначала напильниками, шаберами, штихелями, точильными камнями. За этой грубой обработкой следует шлифовка, т.е. заглаживание оставшихся трасс (следов) наждачными бумагой или полотном. После окончательной отделки (полировки) изделие приобретает блестящую поверхность.

# Цели занятия

- на основе теоретических знаний и практических умений обучающийся должен:
- -знать на классификацию абразивных материалов;
- -уметь замешивать их и применять;
- -иметь представления о свойствах и назначении абразивных материалов.

# Преимущества полировки



- Повышается коррозионная стойкость материала
- Замедляется рост микроорганизмов на поверхности протеза
- Улучшается адаптация к зубным протезам
- Повышается прочность протезов.

# Абразивные материалы

- Для шлифовки и полировки протезов используются различные материалы, состоящие из мелкозернистых веществ, превышающие по твердости материал, подлежащий обработке. Такие материалы называют **абразивными** (лат. abrasio — соскабливание).



# Факторы абразивности



Размеры  
Форма  
Состав  
Свойства  
абразивного зерна



# Применение абразивных материалов



- разнообразные инструменты
- порошки, пасты
- Абразивные поверхности материи или бумаги



- резиновые круги с добавлением



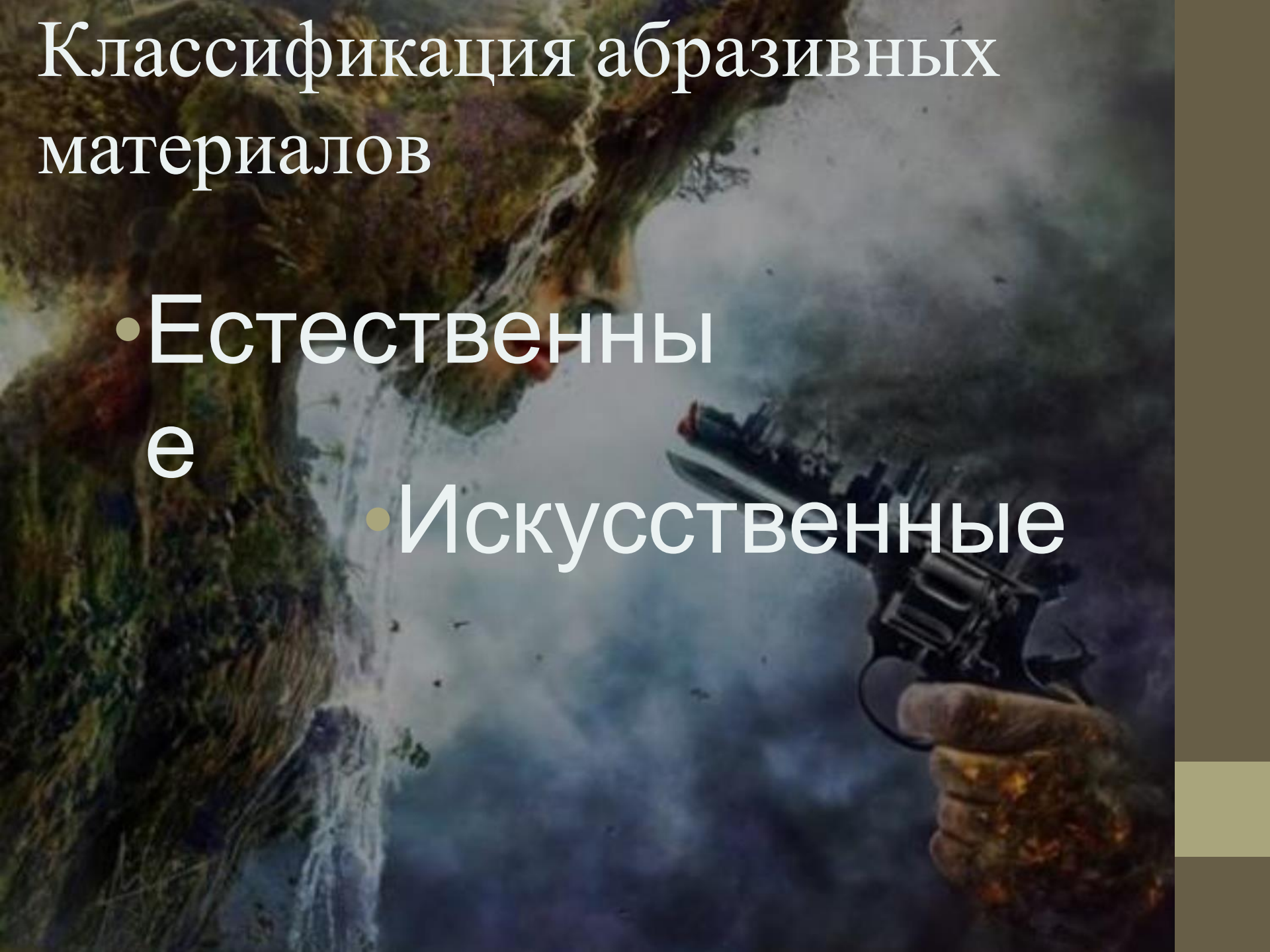
на  
на





# Классификация абразивных материалов

- Естественные
  - Искусственные



# Естественные абразивные материалы

- измельченные минералы: алмаз, корунд, «наждак», гранаты, пемза, мел и др.



# Искусственные абразивные материалы

- получают в промышленности химическим путем.
- искусственный корунд (электрокорунд), углеродистые соединения (карбиды)— карбиды кремния, бора, вольфрама, а также нитриты (например, эльбор — кубический нитрит бора).



# Естественные абразивные материалы. Алмаз.



По шкале Мооса имеет наивысшую твердость— 10

- Самый твердый минерал, встречающийся в природе. Он представляет собой кристаллическую разновидность углерода, отличающуюся особой формой кристаллической решетки, придающей углероду высокую твердость.

# Естественные абразивные материалы. Алмаз.



- В стоматологии мелкая алмазная крошка употребляется при изготовлении шлифующих инструментов, предназначенных для препарирования зубов. Такие инструменты обладают большой износостойкостью. Их применение делает процедуру препарирования зубов менее травматичной и более быстрой.

# Естественные абразивные материалы. Корунд.



- Естественный минерал, кристаллы которого содержат до 90% окиси алюминия  $Al_2O_3$ .
- В природе в чистом виде встречается редко. Наиболее частыми примесями являются окислы железа и кремния, придающие минералу различные цветовые оттенки.

По твердости корунд уступает алмазу. По шкале Мооса она равна 9

# Естественные абразивные материалы. Наждак.



- Является смешанной горной породой. В его состав входят до 97% корунда, соединения железа и ряд других минералов. Различие в твердости разных его партий зависит от количества и вида примесей.
- Для получения высококачественного продукта природный наждак обогащают, т. е. уменьшают количество примесей до 1—2%.
- При отделке зубных протезов наждачную бумагу применяют для шлифовки искривленных поверхностей пластмассовых протезов.

Твердость наждака по шкале Мооса  
7—8.

# Естественные абразивные материалы. Гранаты.



Гранаты имеют твердость по шкале Мооса 6,5—7,5.

- Ортосиликаты нескольких разновидностей.
- Прозрачные гранаты с различными цветовыми оттенками идут для изготовления ювелирных изделий, непрозрачные используются как абразивы.
- Использование в качестве абразивов ограничено (высокая стоимость).



# Естественные абразивные материалы. Пемза.



- Продукт вулканической деятельности.
- Состав пемзы непостоянен. Основным компонентом ее обычно является кремнезем (60—70%). Другие составные части включают окислы металлов, придающие пемзе различную окраску.
- Пемза— очень пористый, твердый и хрупкий материал. Поверхность излома ее изобилует заостренными неровностями. Эти особенности поверхности позволяют использовать дробленную пемзу в качестве шлифующего материала.
- В зуботехнической практике употребляется мелкий порошок пемзы. Во взвеси с водой он образует массу, применяемую для шлифовки зубных протезов.

# Искусственные абразивные материалы. Электрокорунд.



Электрокорунд имеет твердость по шкале Мооса около 9. Плотность его от 3,2 до 4 г/см<sup>3</sup>.

- Кристаллическая окись алюминия  $Al_2O_3$ .
- Получается искусственным путем из пород, содержащих глинозем. Электрокорунд содержит от 85 до 98% окиси алюминия.
- В зависимости от содержания окиси алюминия электрокорунды делят **на три вида**.
- **Нормальный электрокорунд (алунд)** содержит до 87% окиси алюминия. Имеет цветовые оттенки от темно-красного до серо-коричневого.
- **Белый электрокорунд (корракс)** содержит до 97% окиси алюминия. Он светлый, иногда розоватый. Имеет режущую способность на 30—40% большую, чем нормальный электрокорунд.
- **Монокорунд** содержит до 99% окиси алюминия и до 0,9% окиси железа. Монокорунд отличается наибольшей прочностью и износостойкостью.
- Материал термостойкий, способен выдерживать нагревание до 2000°C. Частишки электрокорунда имеют прочные острые режущие элементы, вследствие чего он успешно применяется для шлифования твердосплавных металлических и различных других изделий.

# Искусственные абразивные материалы. Карборунд.

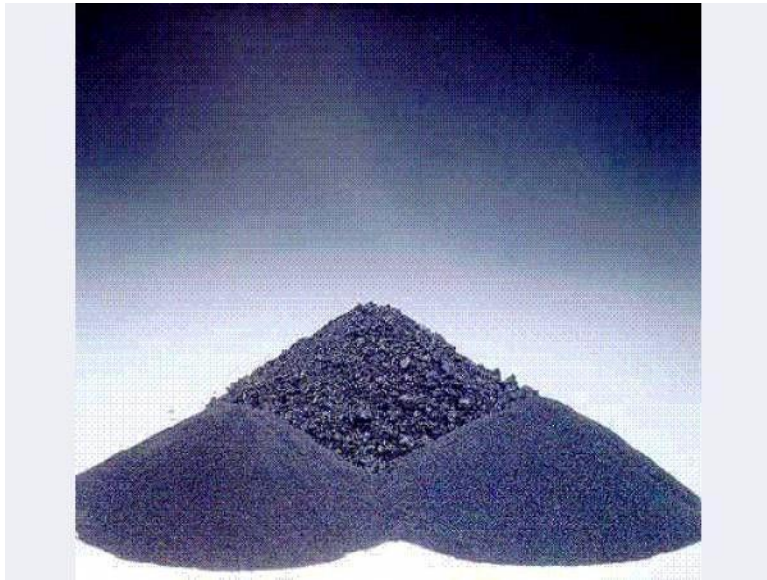


Чистый карборунд обладает большой твердостью. Она равна 9,5—9,75

- Кристаллы чистого карбида кремния бесцветны, однако технический карборунд имеет от 3 до 5% примесей, придающих ему окраску.
- Карборунд получают **двух видов**.
- **Черный карборунд** содержит не менее 95% SiC. Он применяется для обработки изделий, изготовленных из цветных металлов, а также неметаллических материалов, имеющих невысокие прочностные показатели.
- В состав **зеленого карборунда** входит свыше 97% SiC. Он имеет большую твердость и применяется для обработки твердосплавных деталей, заточки инструментов.
- Для изготовления стоматологических шлифующих инструментов используются обе разновидности карборунда.
- Карборундовые инструменты обладают хорошей шлифующей способностью. Такие инструменты изготавливаются из порошка различной степени дисперсности. Зерна карборунда имеют неправильную форму с четко выраженными острыми ребрами, кромками, что обеспечивает высокую режущую способность. Карбид кремния термоустойчив

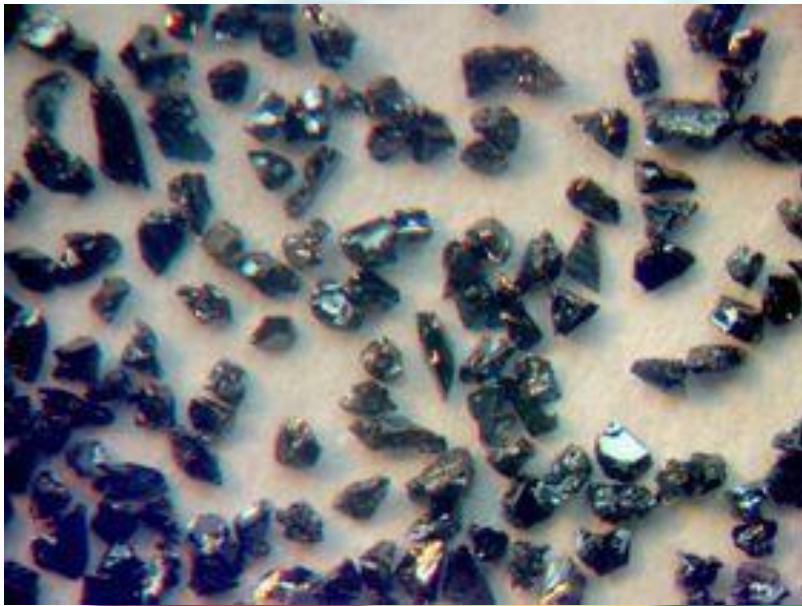
# Искусственные абразивные материалы. Карбиды.

- Карбиды бора и вольфрама представляют собой химические соединения соответствующих металлов с углеродом.
- Технический **карбид бора** содержит от 85 до 95% чистого кристаллического  $B_4C$ . Применяется в промышленности для обработки твердосплавных инструментов.
- **Карбид вольфрама** в мелкодисперсном виде употребляется вместо алмазной крошки при изготовлении боров и некоторых шлифующих инструментов.
- В последние годы получен новый синтетический абразивный материал **эльбор**. Он представляет собой кубический нитрид бора. По твердости он идентичен алмазу, но отличается большей теплостойкостью.



Материалы имеют твердость, близкую к твердости алмаза.

# Техническая характеристика абразивных материалов



- **Абразивное зерно**

# Техническая характеристика абразивных материалов

## Величина абразивного зерна

Зернистость абразива	Размер зерна, мкм	Цветовой код
Экстремелкая	8–15	
Супермелкая	16–40	
Мелкая	41–90	
Средняя	91–125	Нет маркировки
Крупная	126–150	
Суперкрупная	151–180	

- По величине зерен на три группы: шлифзерно, шлифпорошки и микропорошки.
- От величины зерен абразивного инструмента и скорости его вращения зависят глубина режущего действия, чистота обрабатываемой поверхности, точность размеров.
- Крупные зерна абразива применяются при грубом шлифовании, когда поверхностный слой необходимо сошлифовать на значительную глубину. При таком шлифовании зерна абразива оставляют на поверхности грубые глубокие борозды, штрихи, риски.
- По мере приближения к необходимому размеру изделия или при использовании допуска обычно переходят на шлифование мелкими абразивами.

# Техническая характеристика абразивных материалов



- **Форма.**  
Абразивные зерна имеют, как правило, неправильную геометрическую форму

# Техническая характеристика абразивных материалов



- **Твердость.** Необходимым условием для шлифования является способность шлифующего материала проникать в другой без разрушения или остаточной деформации. Это возможно в случаях, когда шлифующий материал имеет большую твердость, чем обрабатываемый.



# Техническая характеристика абразивных материалов

- **Хрупкость.** Все абразивные материалы обладают значительной хрупкостью.
- **Теплостойкость.**
- **Износостойкость**
-

# Получение шлифующих инструментов из абразивных материалов

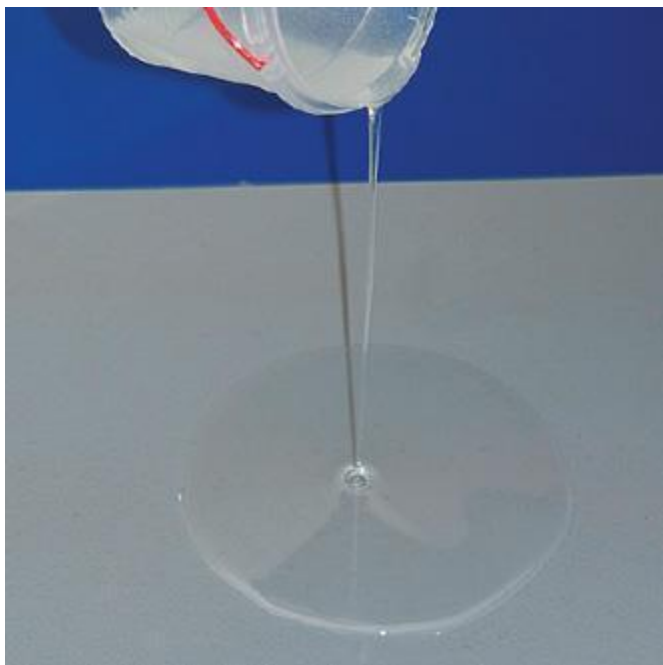


# Получение шлифующих инструментов из абразивных материалов

- Для шлифования поверхностей порошок абразива может быть взят в виде взвеси в воде, масле; он вводится в состав паст, наносится на полотно или бумагу.
- Однако основная масса абразивов идет на изготовление шлифующих инструментов — кругов и брусков. В таком виде их применение оказывается наиболее эффективным.
- Для получения шлифующих инструментов зерна абразива смешивают со связующим материалом. Полученную тестообразную массу формуют, подвергают обработке с целью отверждения (обжиг, полимеризация, вулканизация), в результате чего получают инструменты необходимой формы и профиля.



# Связующие материалы



- Связующие материалы (связки), применяемые для скрепления абразивных зерен, делят на **неорганические и органические**.
- К **неорганическим** связующим материалам относят керамические, силикатные и магнезитовые. **Органическими** связками являются бакелитовая и вулканитовая.
- Наибольшее распространение находят карборундовые инструменты с керамической и вулканитовой связками.
- Для соединения алмазных зерен со стальной заготовкой используют металлическую связку, которую наносят методом гальванизации или спокания.

# Абразивные инструменты.

## Алмазное зерно.

- Для покрытия стоматологических инструментов используют как природные технические алмазы, так и синтетическую алмазную крошку. Натуральные алмазы, по сравнению с синтетическими, обладают более упорядоченной кристаллической решеткой, что делает их устойчивыми к стиранию и скалыванию.



Алмазная фреза с ромбовидной насечкой

# Абразивные инструменты.

## Алмазное зерно.

- Алмазные головки имеют шаровидную, цилиндрическую, коническую, дисковую, чечевицевидную форму. Диаметр их от 0,8 до 6 мм. Алмазные круги выпускаются плоские и тарельчатые с одно-, дву- и трехсторонним покрытием, диаметром от 12 до 20 мм.



# Абразивные инструменты. Алмазное зерно.



Алмазный диск со сплошным покрытием



Алмазный диск с периферийным покрытием

# Абразивные инструменты. Рубиновое зерно.

- Инструменты с рубиновой крошкой предназначены для завершающей обработки стоматологических изделий из пластмассы.
- Связующим элементом в них, как и в алмазных инструментах, служит металл. К преимуществам рубиновых финиров относят отсутствие эффекта разогревания поверхности, что позволяет проводить точную корректировку пластмассовых протезов без деформации конструкции.





# Абразивные инструменты. Твердосплавное покрытие.



- Твердосплавное покрытие для стоматологических боров и фрез получают методом порошковой металлургии путем сплавления твердых веществ (главным образом - карбида вольфрама) со связующими металлами (кобальт).
- Для формирования режущих граней применяют управляемую компьютером алмазную фрезерную головку, что позволяет добиться хорошей центровки инструмента и симметричности расположения зубьев нарезки

# Абразивные инструменты. Твердосплавное покрытие.



*a*



*б*



*в*



*г*



*д*



*е*

- В зависимости от назначения инструмента количество, величина и геометрия лезвий нарезки может варьировать (а - однорядная; б - перекрестная; в - спиральная; г - призматическая; д - поперечная; е - зубчатая)

Выпускают инструменты с количеством граней от 6 до 30. Для грубой обработки используют боры и фрезы с наименьшим числом зубцов, для финишной обработки, для предотвращения растрескивания материала - с большим числом зубцов.

# Абразивные инструменты. Стальное покрытие



- Стальные ротационные инструменты изготавливают из легированной вольфрамонадиевой стали или закаленной нержавеющей стали. Режущие грани формируют методом штамповки, для создания сложной текстуры рабочей поверхности используют технику фрезерования.
- Стальные боры и фрезы, по сравнению с алмазными и твердосплавными инструментами, обладают меньшей прочностью и долговечностью, в связи с чем в клинической и лабораторной практике их применяют в основном для обработки мягких материалов.
- В зуботехнических лабораториях стальные легированные инструменты служат для разрезания гипса, пластмасс и предварительного шлифования металлических конструкций.

# Абразивные инструменты. Корундовое зерно.

Корунд ( $Al_2O_3$ ) используют в качестве абразивной добавки в инструментах, предназначенных для завершающей обработки стоматологических материалов.



В зависимости от абразивности зерна инструменты с корундовой насыпкой применяют как для предварительной обработки поверхности (абразивы), так и для финишного шлифования (полиры). Связующим и формообразующим элементом в корундовых инструментах служит керамическая масса, которая может различаться по степени жесткости. Для фиксации зерен абразива в корундовых сепарационных дисках используют синтетические смолы, в полирующих инструментах - эластичную силиконовую связку.

Инструменты с корундовой насыпкой предназначены для обработки металлических конструкций, реставраций из амальгамы и благородных металлов, а также для завершающей отделки изделий из акрила.

# Абразивные инструменты. Покрытие с зёрнами карбида кремния



- Инструменты с рабочей частью из карбида кремния (SiC) с различной степенью зернистости насыпки применяют в клинической и лабораторной практике в виде абразивов и полиров для нивелирования и шлифования стоматологических конструкций
- Связующим матриксом в инструментах с карбидом кремния, как и в корундовых инструментах, служат керамика, силикон и синтетические смолы, в некоторых инструментах также используют мягкую магнезитную связку.
- Инструменты с карбидом кремния применяют для обработки зубных тканей, керамики, металлических сплавов и акриловых пластмасс.
- Этот вид инструментов наиболее разнообразен по форме, размерам и другим показателям.

# Абразивные инструменты. Покрытие из оксида кремния.



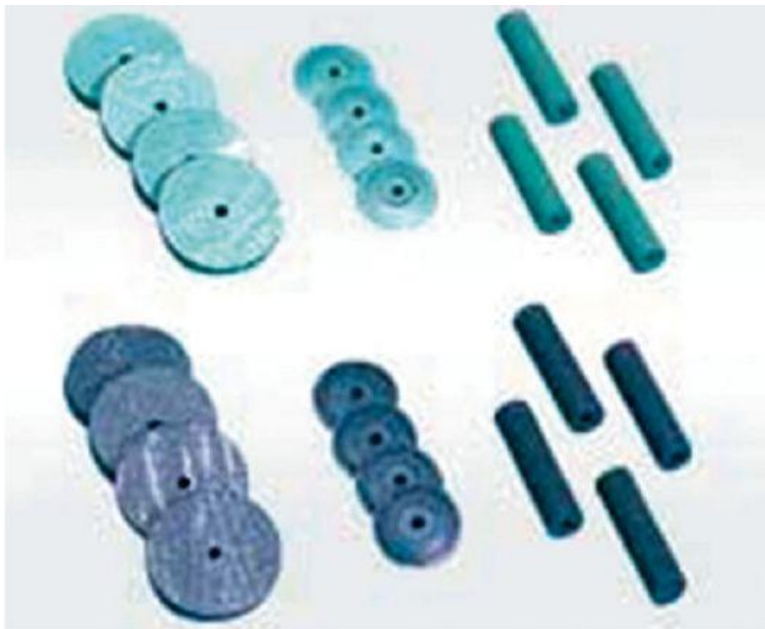
- Абразивные камни из оксида кремния (песчаник,  $\text{SiO}_2$ ) в составе синтетического связующего материала выпускаются с мелкозернистой и среднезернистой силикатной насыпкой - для финишного полирования, и крупнозернистой насыпкой - для предварительной обработки. В лабораторной практике инструменты из песчаника используют преимущественно для шлифования изделий из пластмассы, металлических конструкций и композитов.

# Абразивные инструменты. Силиконовое покрытие.



- Инструменты с силиконовым покрытием изготавливают на основе высокомолекулярных кремнийорганических соединений с общей химической формулой  $[-O-Si(R)_2-O-]_n$ . Силиконовые резины не токсичны, устойчивы к агрессивным химическим средам и термически резистентны, что позволяет применять силиконовые полиры как на стоматологическом приеме, так и в зуботехнической лаборатории
- Область применения силиконовых инструментов: окончательная обработка керамики, благородных и неблагородных металлов, реставраций из композитов и амальгамы, удаление зубного налета и полирование эмали.

# Абразивные инструменты. Резиновое покрытие.



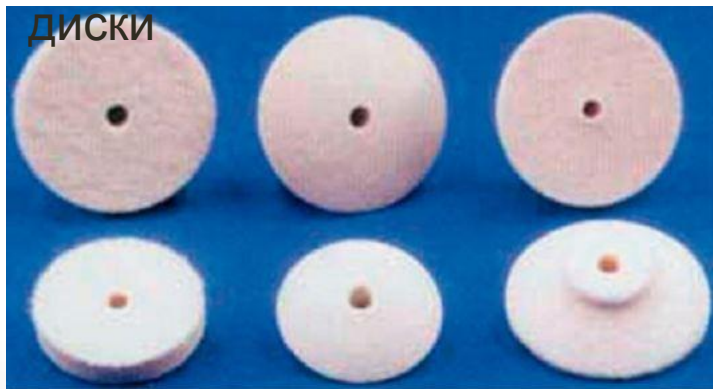
- Рабочая часть резиновых полиров представлена высококачественным вулканизированным термо- и износостойким каучуком.
- Резиновые полиры применяют на завершающих этапах обработки металлических конструкций из хромокобальтовых сплавов, титана и сплавов благородных металлов



# Инструменты, используемые совместно с полировочными пастами



Фланелевые многослойные  
диски



Фетровые  
фильтры

- Рабочая часть таких инструментов не имеет собственного абразивного покрытия и требует применения полировочных паст (пасты с алмазной крошкой, паста ГОИ и др.). Для изготовления рабочей части используют следующие материалы:
  - а) натуральные ткани и полимеры
  - б) синтетические полимеры
  - в) металлическую проволоку

# Инструменты, используемые совместно с полировочными пастами



Щетки из конского  
ворса



Щетки из хлопковой  
пряжи

# Инструменты, используемые совместно с полировочными пастами



Щетки из искусственной  
щетины



Щетки из металлической проволоки: а -  
медной; б - стальной; в - серебряной.



Нейлоновые  
щетки

## Градация стальных и твердосплавных инструментов в зависимости от типа и абразивности нарезки

Абразивность и тип нарезки	Цветовой код
Экстремелкая, триммер	Нет маркировки
Спиральная супермелкая	
Супермелкая с алмазным напылением	
Супермелкая	
Мелкая	
Средняя	
Крупная	
Суперкрупная	

Абразивность инструментов с насыпкой из карбида кремния, корунда и оксида кремния (песчаника) определяется комбинацией свойств связующего вещества и размером гранул абразива. Полиры и абразивы, предназначенные для обработки определенного вида материала (титан, благородные металлы, керамика и др.), могут иметь окрашенную рабочую часть в соответствии с классификацией фирмы-производителя

# Процесс шлифования, выбор инструмента



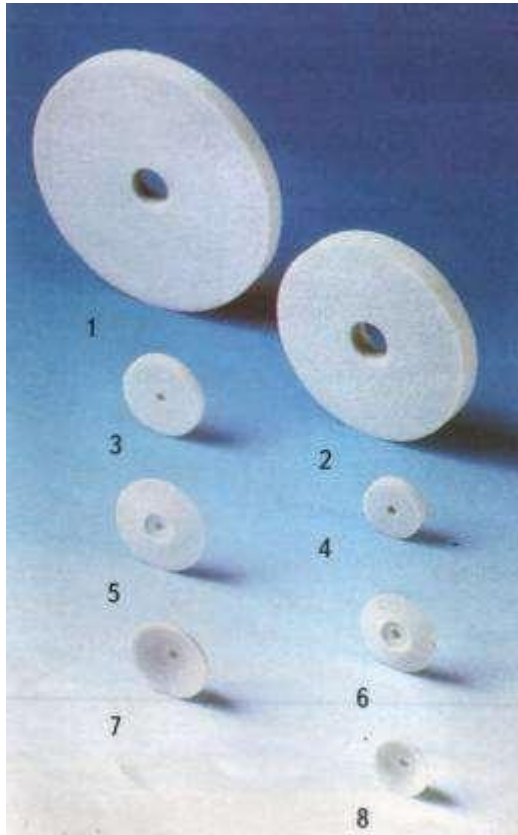
- Шлифующее действие абразивного инструмента является результатом суммарного режущего действия зерен абразива, находящихся в непосредственном контакте с обрабатываемой поверхностью. Каждое зерно абразивного материала при движении по поверхности изделия своими острыми ребрами и кромками срезает часть материала, оставляя за собой шлифовальную борозду.
- Прочное удерживание зерен на поверхности шлифующего инструмента определяется характером связующего материала. Зерна могут выкрашиваться, при отколах частей менять свою форму и обнажать новые режущие элементы. Такой процесс приводит к убыли абразивного материала и обновлению шлифующей поверхности инструмента. Это явление носит название «самозатачивание». Целесообразность его очевидна.

# Выбор шлифующего инструмента

- Выбор шлифующего инструмента зависит от физических свойств обрабатываемого предмета.

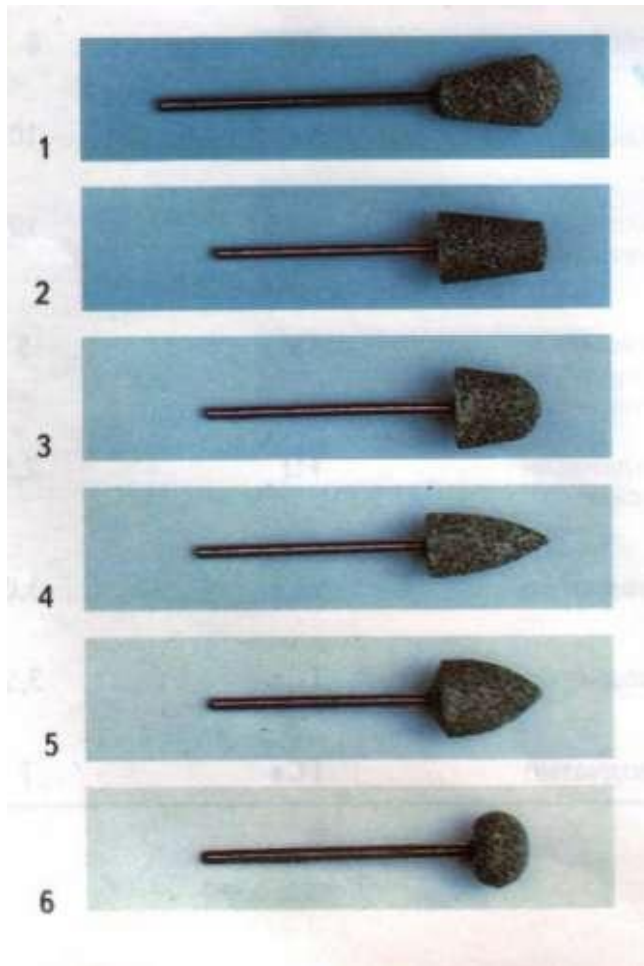


# Выбор шлифующего инструмента



- для обработки твердых сплавов (типа КХС) целесообразно использовать инструменты из монокорунда на керамической связке

# Выбор шлифующего инструмента



- Пластмассовые протезы обрабатываются крупнозернистыми абразивными инструментами из зеленого или черного карбида кремния с зернистостью от № 36 до 46 на керамической основе.



# Выбор шлифующего инструмента



- Шлифовальные приспособления изготавливают из войлока или фетра. Их называют фильцами. Фильцы бывают различных форм и позволяют производить шлифовку сильно искривленных поверхностей.
- Широко используются с этой же целью шлифовальные волосяные щетки. При вращении фильца или щетки к их поверхности прикасаются зубным протезом и под действием шлифующей массы происходит мягкая шлифовка его поверхности.



# Полировочные средства

- Процесс полирования принципиально не отличается от шлифования: под действием абразивных зерен с обрабатываемой поверхности снимается слой материала. Полирование проводится с целью придания поверхности изделия зеркальной гладкости, в связи с чем зерна абразивного материала должны быть очень мелкими. Полированием нельзя устранить значительные неровности, поэтому полированию всегда предшествует шлифование.
- Хорошими полирующими свойствами обладают окись хрома, окись железа, мелкодисперсные мел и гипс, нашедшие применение при полировании зубных протезов.



# Полировочные средства.

## Окись хрома Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.



- Представляет собой зеленый порошок кристаллического строения. Кристаллы в виде многогранников имеют большую прочность и твердость. Применяется в полировочных пастах, используемых для полировки твердых сплавов (нержавеющая сталь, кобальт-хромовые сплавы).

# Полировочные средства.

## Окись железа Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



- Это порошок буровато-красного цвета; Кристаллы окиси железа по прочности уступают окиси хрома. Под названием «крокус» окись железа используется в пастах для полирования сплавов на основе золота, серебра, палладия. Применение окиси железа для полирования нержавеющей стали нежелательно, так как это создает условия для ее коррозии

# Полировочные средства



- Паста на основе окиси железа (крокус) состоит из окиси железа (около 50%), олеина, стеарина и парафина.

- Для полирования изделий, не обладающих большой твердостью, могут быть применены гипс и мел. Эти материалы должны быть высоко дисперсны. С этой целью их тщательно измельчают до состояния пудры. Полирование проводится с помощью нитяных щеток. Кроме этих паст Харьковский завод медицинских пластмасс и стоматологических материалов выпустил специальную полирующую жидкость для очень тонкой полировки пластмасс «Полироль».



# Паковочные массы



- Качество зуботехнического литья зависит от многих факторов. Один из важнейших – это правильный выбор паковочных материалов. Чтобы объективно оценить свойства приобретаемой паковочной массы необходимо иметь хотя бы общее представление о её составе и физико-химических процессах, происходящих при паковке и нагреве.





- Для получения литья методом «потерянного воска» (литьё по выплавляемым моделям) необходимы паковочные материалы, которые по составу и свойствам согласуются с различными видами применяемых сплавов.
- Поэтому паковочные материалы должны отвечать следующим требованиям:
- – обладать хорошей текучестью в жидком состоянии и точно воспроизводить мельчайшие детали восковой композиции;
- – обеспечивать достаточную прочность опоки после затвердевания;
- – иметь достаточную газопроницаемость и обеспечивать беспрепятственный выход водяных паров и газов при нагревании и литье;
- – выдерживать температуру не ниже 1 700 °С;
- – не реагировать с расплавом и не изменять его химический состав;
- – обеспечивать требуемое расширение для компенсации усадки сплава;
- – иметь достаточную мелкодисперсность, чтобы обеспечивать чистоту и гладкость полученной отливки.

# Состав паковочных материалов и технологии их применения различны, но в любом случае они состоят из следующих компонентов:

- огнеупорный порошок;
- связующие вещества;
- технологические добавки;
- затворяющая жидкость.



# Огнеупорный порошок

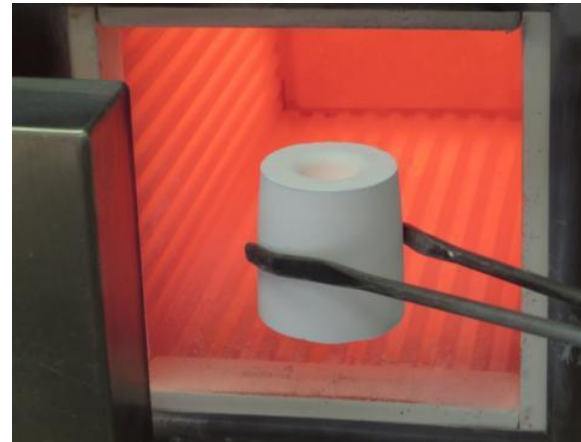
- Огнеупорный порошок представляет собой мелкодисперсный материал:
  - 1). Двуокиси кремния  $\text{SiO}_2$  (кремнезема), который обычно представлен в модификациях кварц и кристобалит или в форме смеси этих компонентов.
  - 2). Или окиси алюминия  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (глинозем).
- 
- В основном в качестве огнеупорного порошка используется кремнезем. Исходным сырьем для получения кремнезема является кварцевый песок. Кварцевый песок – это осадочная порода, в которой содержание кремнезема составляет не менее 80%. Перед использованием песок проходит промышленную обработку, промывку, просев и классификацию. Его применение обусловлено высокой огнеупорностью (до  $1710^\circ\text{C}$ ), прочностью (5.5–7 по шкале Мооса), широкой распространенностью, относительной дешевизной и свойством обеспечивать необходимое расширение паковочной массы. При нагревании кварц испытывает полиморфные превращения, увеличиваясь в объеме на 15–19% и тем самым, компенсируя усадку сплава.
  - Одна из важнейших характеристик кварцевого песка – гранулометрический состав (зернистость), от которого зависят ряд свойств изготавливаемой литейной формы: прочность, газопроницаемость, жаропрочность, а также чистота поверхности изготавливаемых отливок. Обеспечить необходимую зернистость паковочного материала, отвечающую всем технологическим требованиям, используя кварцевый песок с одинаковым размером частиц, не представляется возможным. В результате этого огнеупорный порошок состоит из смеси частиц разного размера.



- При длительной обработке на вибростолике зерна паковочного материала начинают неравномерно распределяться по объему опоки («утрамбовываются»), поэтому при паковке рекомендуется наименьшее время нахождения опоки с жидкой паковочной массой на вибростолике.
- Чтобы опока не разрушалась при нагревании и заливке металлом паковочный материал должен обеспечивать достаточную прочность. После затвердевания литейной формы прочность на сжатие составляет около 9–12 МПа для фосфатных масс и 5–8 МПа для гипсовых масс.



- во время нагрева существует несколько критических температурных интервалов, при которых литейная форма имеет наименьший показатель прочности:
- – В интервале температур от комнатной до 270 °С литейная форма отдает свободную воду и кристаллизационную воду связующего. Важно при этом чтобы испарение воды протекало медленно.
- – 180–270 °С (переход  $\delta$ -кristобалита в  $\zeta$ -кristобалит).
- – 573 °С (переход  $\delta$ -кварца в  $\zeta$ -кварц).
- – 1 000 °С (начало перехода  $\zeta$ -кварца в  $\zeta$ -кristобалит).
- Чтобы не допустить растрескивание опоки в указанном интервале температур следует делать выдержку в 40–60 минут (разумеется, это не касается «шоковых» паковочных масс).



- Состав технологических добавок в большинстве случаев составляет коммерческую тайну фирмы-производителя. Добавки используются для регулирования текучести паковочного материала в жидком состоянии, ускорения или замедления времени затвердевания, для уменьшения количества пены и воздушных пузырьков при вакуумировании и др.
- **По типу связующего вещества паковочные материалы делятся на:**
  - силикатные,
  - гипсовые,
  - фосфатные.

# СИЛИКАТНЫЕ ПАКОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- В состав силикатных паковочных масс, кроме связующего, гидролизованного этилсиликата  $\text{Si}(\text{O}_2\text{CH}_2)_4$ , входит смесь огнеупоров (кварц, кристобалит, маршаллит, корунд) и вяжущая жидкость из смеси воды, этилового спирта (или ацетона) и соляной кислоты.
- Силикатные паковочные материалы практически повсеместно вытеснены фосфатными и не используются в современных прогрессивных технологиях литья.
- Из ранее применявшихся силикатных паковочных масс стоит упомянуть «Формалит», «Кристосил», «Бюгелит» (Россия)



# ГИПСОВЫЕ ПАКОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- В случае гипсовых паковочных масс речь идет о смеси модификаций SiO<sub>2</sub> со связующим – полугидратом сульфата кальция (CaSO<sub>4</sub> • S H<sub>2</sub>O) и незначительном количестве других добавок (хлорид натрия– NaCl, борная кислота– H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>). Затворяющей жидкостью служит вода. Схватывание паковочной массы происходит вследствие реакции между полугидратом сульфата кальция и водой с образованием дигидрата кальция:



- В этом процессе порошок SiO<sub>2</sub> распределяется между образующимися кристаллами гипса, и паковочная масса затвердевает. Температура нагрева гипсовых паковочных масс обычно не превышает 750 °С, т.к. при более высокой температуре происходит разложение гипса. Поэтому их применяют в основном для литья благородных сплавов с низкой температурой плавления.
- В последнее время гипсовые паковочные материалы применялись в лабораториях довольно ограниченно. Сегодня, в связи со стремительным развитием стоматологии и увеличением количества работ на основе благородных сплавов, они снова возрождаются. На фоне привлекательной цены, простоты обработки, длительного рабочего времени (8–9 минут) только они позволяют получить шелковисто-гладкую поверхность и обеспечивать особенную легкость распаковки отливок из благородных сплавов.
- Марки гипсовых паковочных материалов:
- «Cristobalite», «Prestobalite» фирмы Whip Mix (США), «Аурит» (Россия), «Deguvest California» фирмы Degudent (Германия) и др.





# ФОСФАТНЫЕ ПАКОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- Фосфатные паковочные массы являются наиболее прогрессивным паковочным материалом, применяемым в современном зуботехническом литье. Они состоят из смеси модификаций SiO<sub>2</sub>, фосфатного связующего и дополнительных составляющих.
- Связующее добавляют в форме дигидрогенофосфата аммония (NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) и магнезии MgO. Затворяющая жидкость состоит в основном из воды, фосфорной кислоты, катализатора и других компонентов. После перемешивания порошка и жидкости происходит экзотермическая химическая реакция (т.е. реакция с выделением тепла):
  - $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{MgO} + 5\text{H}_2\text{O} > \text{NH}_4\text{MgPO}_4 \bullet 6 \text{H}_2\text{O}$
  - $\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \bullet 6 \text{H}_2\text{O} \sim 50^\circ > \text{NH}_4\text{MgPO}_4 \bullet \text{H}_2\text{O} + 5\text{H}_2\text{O}$
- и вследствие кристаллизации фосфата аммония и фосфата магния паковочная масса затвердевает. Огнеупорный порошок связывается образующимися фосфатами, и при нагреве прочно цементируется ими. Во время схватывания паковочной массы происходит линейное расширение, величина которого зависит от концентрации затворяющей жидкости. Чем больше концентрация затворяющей жидкости, тем больше будет линейное расширение паковочной массы. Следует заметить, что до нужной концентрации затворяющую жидкость следует разводить только дистиллированной водой, т.к. примеси, присутствующие в водопроводной воде могут повлиять на ход химической реакции.
- Марки фосфатных паковочных масс:
- «Formula 1», «Fastfire 15», «Hi-Temp», «X-20» фирмы Whip Mix (США); «Gilvest HS», «Gilvest MG Speed» фирмы BK Giulini (Германия); «Bellavest T», «Wirovest», «Wiroplus» фирмы BEGO; «Heravest M» фирмы Heraeus-Kulzer (Германия); «Optivest», «Deguvest» фирмы Degudent (Германия) и ряд других.



