

bredent

# bredent - ТЕХНИКА ЛИТЬЯ по Sabath

## Дентальное литье

ТОЧНОСТЬ - ОДНОРОДНОСТЬ - СОВМЕСТИМОСТЬ



## Оглавление

---

Глава 1 | **Формовочные массы**

Глава 2 | **Нагрев**

Глава 3 | **Литье**

Глава 4 | **Разработка литниковой системы**

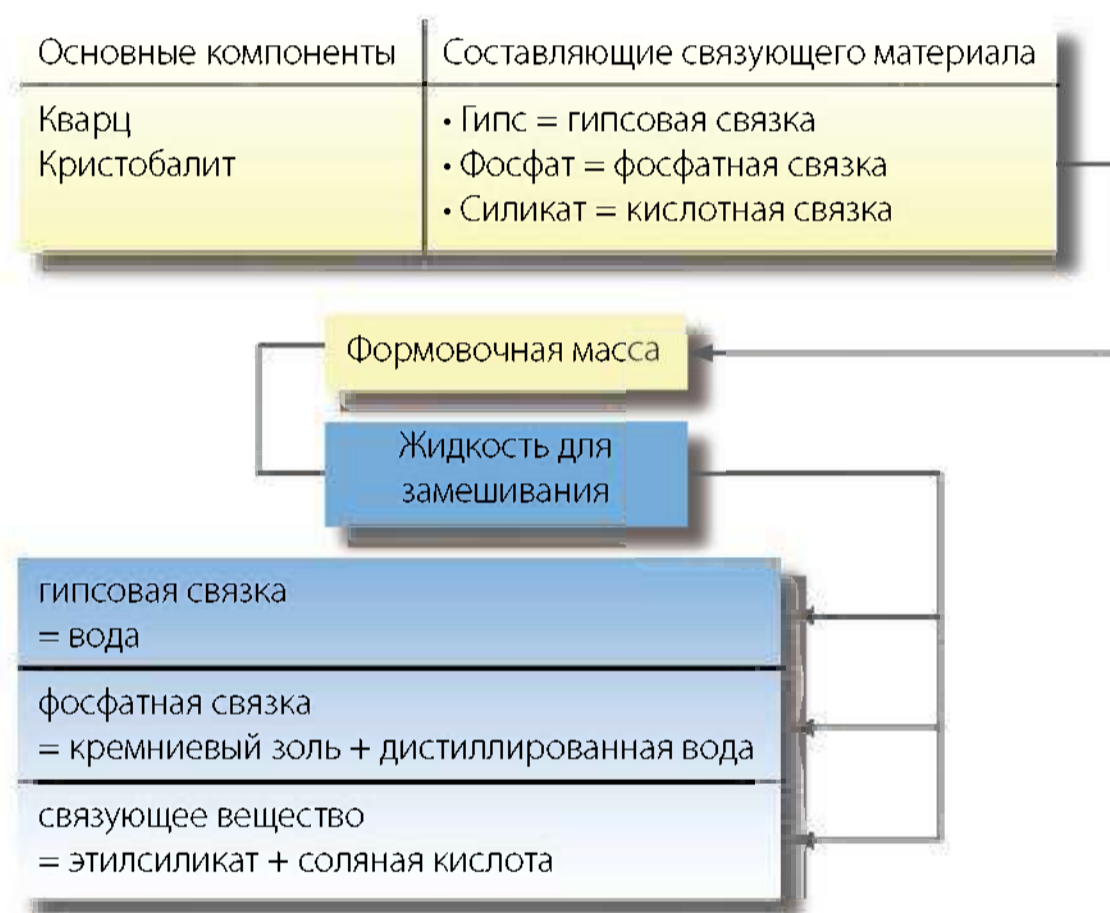
Глава 5 | **bredent-техника литья** по Sabath

Глава 6 | **Техника литья на модели**

## Глава 1 | **Формовочные смеси**

	Страницы
Состав формовочных смесей.....	1.3
Область применения формовочных смесей.....	1.7
Рекомендации по применению .....	1.10
Термическое расширение воска .....	1.19
Напряжение воска .....	1.20
Формовка под давлением.....	1.22
Сравнение способов формовки .....	1.26
Сборка.....	1.29

## Состав формовочных смесей



Все компоненты, входящие в состав формовочной массы, имеют естественное происхождение и в виде сырья обладают выраженной огнеупорностью. Каждому производителю необходим опыт для изготовления сырья с определенной огнеупорностью путем изменения соотношения компонентов смеси для получения стабильных результатов.

Гипсовые формовочные смеси  
Основные компоненты:



В качестве основных материалов для формовочной массы используют кварц и кристобалит. Однако они не вступают между собой в химическое взаимодействие. Для изготовления упрочненной литейной формы необходим связующий материал. Как один из вариантов, можно использовать гипс в сочетании с водой. Соотношение гомогенно смешанных в порошок составных частей (кварца, кристобалита, гипса) может быть изменено фирмой-производителем в зависимости от специфики применения.

Необходимого изменения величины термического расширения связанных гипсом формовочных смесей достигают дозированием сухой массы и жидкости. Если для замешивания формовочной массы используется большее количество воды, то снижается плотность порошка (кварц+кристобалит+гипс), обуславливая уменьшение теплового расширения при нагреве. Если для замешивания массы используется небольшое количество жидкости, то повышением плотности смеси кварца, кристобалита и гипса достигается более высокое тепловое расширение. Благодаря высокой степени гидрофильности гипса, как связующего вещества, можно получить более однородную формовочную смесь, используя различное количество жидкости. Это позволяет применять ее для формовки поверхностей любого качества без образования трещин.

Фосфатные формовочные смеси  
Основные компоненты:



Кварц и кристаллит - это основные компоненты формовочной смеси с фосфатным связующим. В этом случае гипс, как составная часть связки, заменяется фосфатами.

Кварц, кристаллит, кислый фосфат аммония и жженую магнезию смешивают до получения гомогенного состояния. Изменяя консистенцию используемых компонентов смеси, производитель может изменять качества формовочной массы и, таким образом, удовлетворять разнообразные требования.

Варьируя количество используемой жидкости, при гипсовой связке формовочной смеси можно достичь более точной регулировки расширения, чем при применении фосфатной связки кварца и кристаллита. Фосфаты обладают очень незначительным смачиванием: малые порции жидкости не позволяют смешать формовочную массу гомогенно, в то же время при увеличении количества связующего не возникает никакого дополнительного контактного соединения. Из-за этого литейные формы рвутся и образуют шероховатую поверхность отливки.

Чтобы соотношение связующего компонента и порошка изменялось незначительно, в качестве жидкости для смешивания используют кремниевый золь. При комнатной температуре  $20^{\circ}\text{C}$  плотность кремниевого золя составляет  $1,4\text{ г/см}^3$ , что превышает плотность воды ( $1,0\text{ г/см}^3$ ). Высокая плотность кремниевого золя повышает коэффициент расширения смеси, способствуя улучшению кристаллизации и качества формы при затвердевании. Плотность концентрированного кремниевого золя уменьшается при добавлении к нему дистиллированной воды, и, как следствие, уменьшается расширение смеси.

Таким образом, на тепловое расширение можно влиять даже при использовании формовочной массы с фосфатным связующим.

Силикатные формовочные смеси  
Основные компоненты:



В качестве связующего вещества и жидкости для смешивания формовочной массы на основе кварца и кристаллита используется смесь этилсиликата и соляной кислоты, как основной связующий материал.

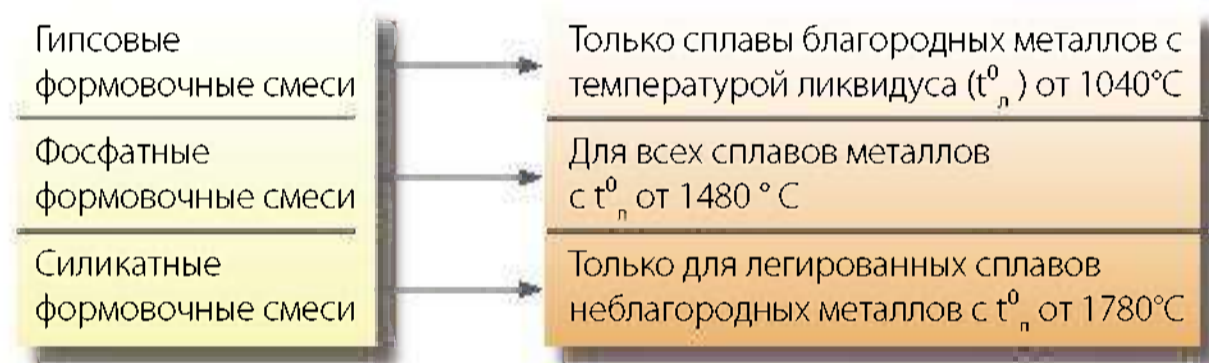
Порошок формовочной смеси состоит только из кварца и кристаллита. Оба компонента равномерно перемешаны. Расширение формовочной массы определяется производителем в зависимости от процентного состава (% по массе) между частями кварца и кристаллита и зависит исключительно от нагрева. Изменение термического расширения в зависимости от требований и специфики невозможно, для каждого необходимого расширения нужна другая формовочная масса.

Затвердевание жидкой формовочной смеси с образованием литейной полости происходит в процессе нагрева. Во время преобразования кварца и кристаллита этилсиликат, активированный соляной кислотой, в процессе кристаллизации связывает формовочную массу.

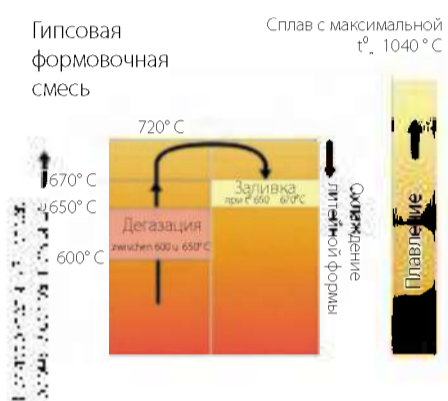
Связующие вещества формовочной смеси не рекомендуется постоянно хранить в зуботехнической лаборатории. Приоритет необходимо отдать состоянию здоровья зубного техника, а не условиям хранения формовочной массы. Пары кислоты, входящей в состав связующего компонента, могут изменить состав воздуха в помещении и превысить гигиенические нормы.

## Область применения формовочных смесей

Область применения различных формовочных смесей определяется температурой плавления металла, при которой заполнение литейной формы не вызывает ее повреждения.



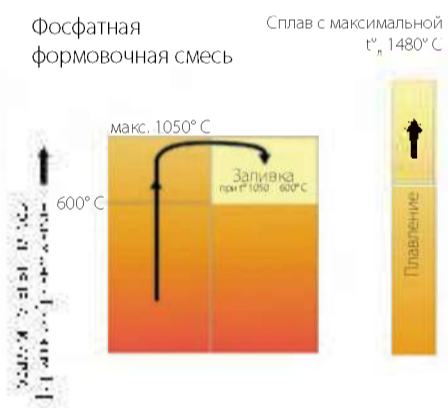




## Гипсовые формовочные смеси

Область применения очень ограничена. Если температура литейной полости собранной формы достигает  $980^{\circ}\text{C}$ , гипс начинает выделять серу, которая переходит в сплав. Изменение состава сплава может навредить здоровью пациента.

Поэтому гипсовая формовочная смесь используется только для литья золотосодержащих сплавов с температурой ликвидус ( $t_{\text{л}}^{\circ}$ ) от  $1040^{\circ}\text{C}$ , которые заливают в собранную форму, подогретую до  $670^{\circ}\text{C}$ . Охлаждающий эффект формовочной массы залитой формы не дает расплаву достичь температуры  $980^{\circ}\text{C}$ .



## Фосфатные формовочные смеси

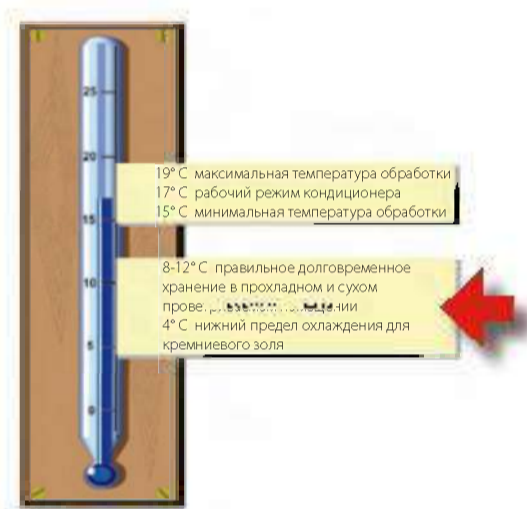
Высокая устойчивость фосфатов к воздействию температуры позволяет использовать эти формовочные смеси для всех сплавов, применяемых в зубопротезной технике. Поэтому они нашли широкое применение. Кремниевый золь в сочетании с дистиллированной водой в качестве связующего компонента обеспечивает широкий диапазон регулирования расширения и делает эту группу формовочных материалов соответствующей всем требованиям зуботехнической лаборатории.

## Силикатные формовочные смеси



Исходя из факта, что расширение формовочной массы этого типа не регулируется, ее можно применять только для литья съемных и несъемных конструкций из сплавов неблагородных металлов. Кварц и кристаллит имеют высокий коэффициент теплового расширения, что делает невозможным их применение для сплавов благородных металлов, требующих минимального расширения формовочной смеси. Во время формовки и заливки происходит испарение кислоты и соединение кислотных паров с вдыхаемым воздухом, нанося вред здоровью зубного техника.

	Преимущества	Недостатки
<b>Гипсовые формовочные смеси</b>	Очень легко разупрочняются после заливки и позволяют без труда извлекать отлитые детали с незначительной окисной пленкой. Высокий процент содержания кристаллита в формовочной смеси дает возможность получать гладкие поверхности отливки.	Всего лишь одно ограничение при использовании: опасность насыщения отливки серой. Материалы тонко реагируют на условия хранения, обработки и процесс предварительного нагрева.
<b>Фосфатные формовочные смеси</b>	Могут применяться для всех отраслей промышленности и техники. Очень широкие возможности управления расширением. Высокая точность при литье мостовидных протезов большой протяженности. При правильном режиме складирования на продолжительный срок сохраняют свойства.	Жесткие и вследствие этого плохо разупрочняются. Прочная оксидная пленка; сложнее операции очистки. Чувствительны к процессу предварительного нагрева, а также к прямому воздействию света и тепла. Их нельзя охлаждать ниже 4°С.
<b>Силикатные формовочные смеси</b>	Очень легко разупрочняются после заливки. Экономичны. Формовочную массу можно подобрать очень точно в зависимости от области применения (например, для сплавов неблагородных металлов).	Подходят только для неблагородных сплавов. Образуют шероховатую поверхность отливки. Вследствие этого дополнительно должна быть применена мелкодисперсная формовочная смесь. При обработке формовочной массы используют кислоту, что может вызвать определенные сложности.



## Рекомендации по применению Долговременное хранение

Продолжительность хранения гипсовой или фосфатной формовочной смеси зависит от температуры. Если эти массы будут находиться в прохладном и сухом помещении с температурой около 15° C (идеально – между 8° и 12° C), то они сохраняют свои качества в течение нескольких лет. Рекомендуется формовочную смесь после закупки и доставки в лабораторию складировать в таком помещении минимум на 4-8 недель. В течение этого времени улучшается качество и стабилизируются свойства массы в процессе связывания. Это касается жидкости для смешивания (кремниевого золя) в такой же степени, как и порошка формовочной массы. Жидкость для смешивания чувствительна к низкой температуре (ниже 4° C хранить ее не рекомендуется).

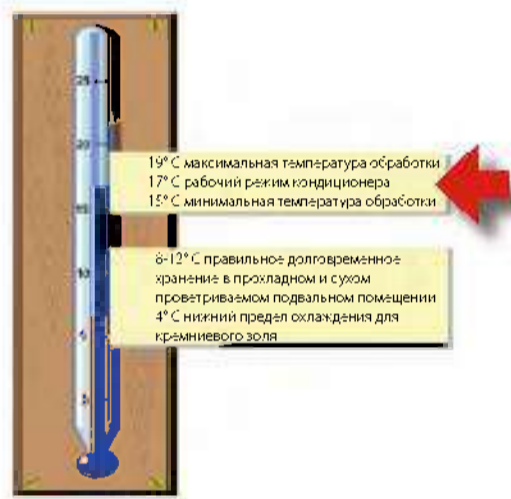
При длительном хранении большое значение имеет стабильность (отсутствие колебаний и перепадов) низкой температуры. В этом случае качество формовочной массы не ухудшается, а сохраняется неизменным, что отражается в равномерном повторении высоких результатов литья.

### Параметры расширения по промышленному стандарту ФРГ

Показатели расширения и других свойств формовочной массы соответствуют техническим характеристикам промышленного стандарта ФРГ использования материала и хранения в складском помещении при температуре 20-22° C. Такой температурный режим позволяет лучше измерить необходимые данные для пользователя в соответствии с требованиями и сравнить их с другими материалами.

Это необходимо знать, так как химико-технологические свойства изменяются в зависимости от температуры.

### Температура технологического процесса



Температура использования гипсовой или фосфатной формовочной смеси не может быть ниже 15° C и выше 19° C, если необходимо достичь многократных стабильных результатов литья.

Поэтому величина заданной температуры по промышленному стандарту ФРГ 20-22° C впоследствии не соответствует специфике использования формовочной массы в зуботехнической лаборатории.

Индивидуальные свойства:

- А) продолжительное рабочее время
- Б) очень хорошее смешивание
- В) очень хорошая текучесть
- Г) точные и неизменные показатели расширения
- Д) очень густая и стабильная консистенция

Однако формовочная смесь соответствует требованию очень густой консистенции только при хранении в температурном режиме от 15° C до 19° C. Тогда масса имеет достаточно продолжительное рабочее время независимо от комнатной температуры, очень хорошие показатели расширения, и обеспечивает получение отливки с гладкой поверхностью.

### **Вязкость формовочной массы**

При изменении вязкости фосфатной формовочной смеси от жидкотекучей до густой консистенции вследствие уменьшения количества связующего компонента сокращается расширение при схватывании. При этом равным образом повышается тепловое расширение, так что суммарное остается неизменным. Расширение при схватывании массы всегда обладает более высокой стабильностью, чем тепловое, что повышает точность отливки. При формовке фосфатной смесью густой консистенции получается более гладкая поверхность отливки и значительно повышается точность припасовки каркасов большой протяженности. Отмечается различие в величине расширения и разности точности литья между небольшой культей (например, клыка) по отношению к культе большого размера (например, первого или второго моляра). Очень жидкая формовочная смесь способствует повышению шероховатости поверхности отливки и образованию газовых пор. Густая консистенция, напротив, позволяет получить точную копию поверхности. Чем выше температура заливки сплава, тем гуще должна быть консистенция используемой формовочной смеси. Высокая плотность упаковки частиц обеспечивает получение однородной высококачественной поверхности и точное соответствие каркаса, отлитого из сплава благородных металлов.

### **Режим кондиционирования**

Шкаф-кондиционер (в немецкой терминологии его называют также «винный шкаф») дает возможность установить и поддерживать идеальную для обработки температуру 17 °С, создавая оптимальные условия для цепи химических реакций во время связывания формовочной смеси и позволяя получить стабильные результаты литья.

### **ВНИМАНИЕ!**

Шкафы-кондиционеры доступны для приобретения на рынке электро- или бытовых товаров.

Правильно сохраняемая формовочная смесь должна быть извлечена из заводской упаковки и уложена на решетчатую полку шкафа-кондиционера для проветривания охлажденным воздухом. Ни в коем случае нельзя хранить формовочную смесь на полу прохладной комнаты, так как она остывает только охлаждением при недостаточной вентиляции. Порошок формовочной смеси выпускают в герметичной упаковке массой от 3 до 5 кг. Если в шкафу-кондиционере воздух увлажнен, при открытом хранении массы может произойти окомкование и разделение смеси. Емкость со связующим на время хранения можно ставить на пол, но обязательно в помещении с кондиционированным воздухом.

Для упрощения контроля за температурой хранения можно порекомендовать прикрепить термометр на середине высоты двери. Перед набором формовочной смеси для работы необходимо проверить температуру в помещении, чтобы избежать технологических ошибок.

### **Дозировка и обработка формовочной смеси**

Важнейшее условие для повышения размерной точности - правильная дозировка. Это требование касается как соотношения объемных частей жидкости и порошка, так и точной концентрации связующей композиции.



### Дозировка

Концентрат кремниевого золя для фосфатной формовочной смеси должен быть очень точно разведен дистиллированной водой, так как от этого зависит расширение. Лучше применять емкости-дозаторы с указателями на шкале в %, по массе.

Чтобы точно взять объем жидкости и предотвратить кристаллизацию кремниевого золя под воздействием кислорода воздуха, рекомендовано использовать шприц-дозатор.

Связующее для приготовления формовочной массы состоит из кремниевого золя и воды, не смешивающихся между собой, так как удельный вес (плотность) кремниевого золя выше, чем у воды. Таким образом, удельный вес связующего изменяется соответственно количеству кремниевого золя, размешанного в воде. Дозаторы здесь абсолютно не подходят, так как они позволяют работать только с очень большими допусками. При применении дозирующей емкости или шприца связующая композиция не имеет контакта с кислородом воздуха, следовательно, отсутствует кристаллизация и плотность жидкости не изменяется. Это положительно влияет на точность показателя расширения формовочной массы. Проверяют вес мешка с формовочной смесью. При слишком большой недостатке в весе упаковки лучше предъявить претензию производителю о снижении стоимости, чем ожидать доставки дополнительных малых порций материала.



### Смешивание в вакууме

Все формовочные массы необходимо смешивать исключительно в вакууме, так как при нагревании во время процесса затвердевания воздушные пузырьки внутри смеси расширяются (в соответствии с законом физики), из-за чего впоследствии возникают большие допуски при посадке.

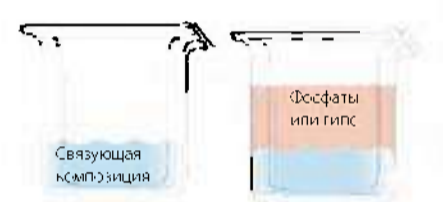
Также воздушные поры являются причиной образования сферических дефектов литейной поверхности («жемчужины» на поверхности), придающих внешнему виду неопрятность. Их необходимо ошлифовывать, что влечет за собой потерю металла, большой расход абразивных инструментов и увеличивает затраты рабочего времени. Работу вакуумного смесителя следует постоянно контролировать, из паза емкости для смешивания регулярно вынимать резиновый уплотнитель, чистить его и покрывать разделительной смазкой.

Необходим систематический контроль состояния шланга на проходимость (включают вакуум-насос с надетым шлангом без емкости для смешивания, закуривают шланг и отслеживают образование вакуума). После этого извлекают жидкость и порошок из шкафа-холодильника, необходимую дозу связующего наливают в емкость вакуум-смесителя и только после этого всыпают порошок формовочной массы.





Время смачивания:  
Несколько секунд без вакуума



Время смачивания:  
3-4 мин. без вакуума,  
15 с в вакууме

Формовочную массу нужно интенсивно размешивать шпателем до тех пор, пока не будет достигнуто равномерное увлажнение порошка и полное отсутствие сгустков.

При замедленном вакуумобразовании в смесителе, увлажненную формовочную смесь оставляют в емкости. При ускоренном вакуумобразовании сразу после включения вакуума ставят емкость на вибростол. Благодаря этому масса в ней не поднимается. При вакуумной вибрации достаточно 15 с для выдержки.

Мешалку можно включать по истечении этого времени. Время смешивания должно быть задано в каждом конкретном случае. Его продолжительность зависит от количества фосфатных или гипсовых компонентов в формовочной смеси. Их излишек вызывает увеличение этого времени. После смешивания формовочная масса должна оставаться еще несколько секунд под вакуумом, пока не образовался конденсат, иначе удаленный воздух снова проникнет в формовочную смесь. Пожалуйста, не снимайте сразу вакуумный рукав у шланговых устройств! Под вакуумом перекрывают гидроклапан и только тогда снимают шланг.



Формовочную массу заливают на вибростолике!

Подготовленную опоку с восковой моделью заполняют приготовленной формовочной массой на вибростоле (он должен иметь минимум 2 частоты колебаний).

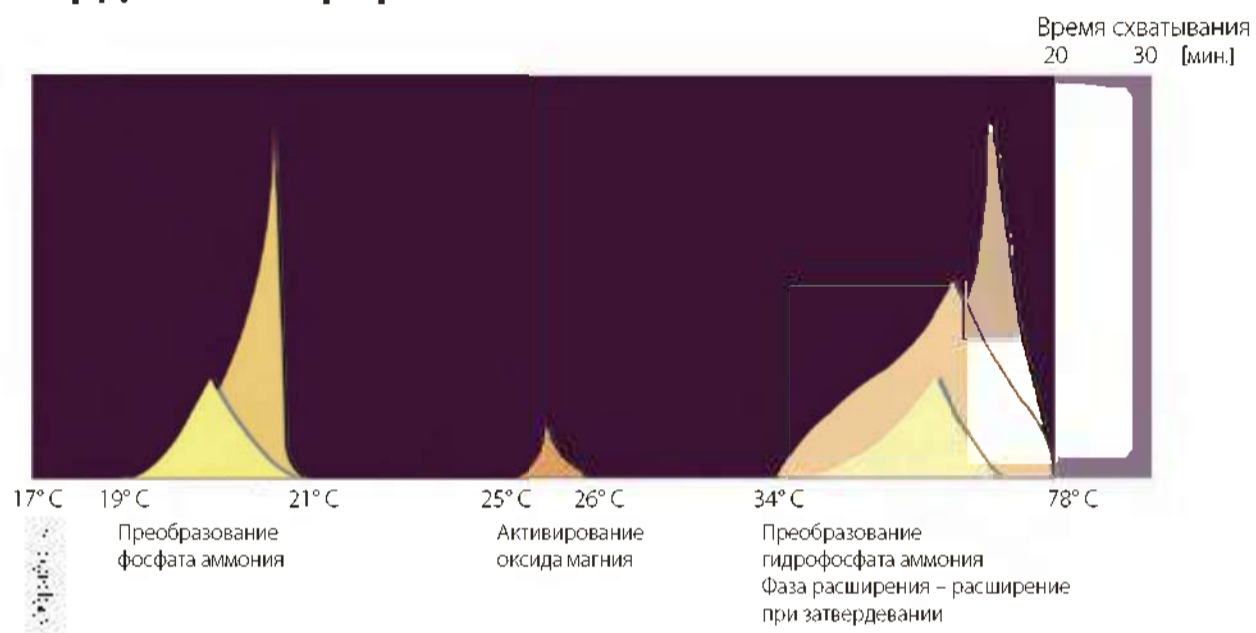
Частота в 3000 колебаний: грубая вибрация (средней интенсивности) только для дублирования силиконом, полиэфиром или гелевыми массами.

Частота в 6000 колебаний: тонкая вибрация (незначительная интенсивность) при формовке восковых конструкций вне модели или вертикальном расположении литниковой системы для литья вторичных съемных протезов.

В этих случаях необходимо выбирать тонкие частоты вибрации с очень незначительной интенсивностью. Сначала формовочной массой с помощью инструмента заполняют коронки, после чего непрерывно заливают массой форму до полного покрытия восковой конструкции. Вибростол сразу отключают или снимают с него готовую форму.

При вертикальном расположении литниковой системы для цельнолитых протезов собранную форму подвергают действию вибрации только до тех пор, пока восковой каркас не покрыт формовочной массой. После этого опоку наполняют доверху без вибростола. Структура современных формовочных смесей очень чувствительна к воздействию вибрации в период затвердевания и ни в коем случае не позволяет ее передозировать. Реакцией на передозировку вибрационного воздействия будет образование множественных раковин или протяженных трещин.

## Затвердевание формовочной массы после смешивания



При температуре 19-21°С происходит преобразование связывающих формовочную массу фосфатов аммония.

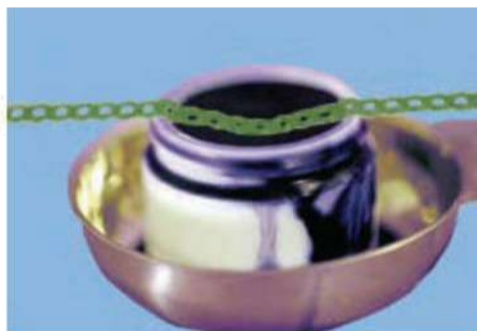
**Скорость прохождения указанного температурного диапазона при этом не играет никакой роли.** Между 25 °-26°С активируется окись магния, ускоряя процесс затвердевания.

При достижении температуры 34°С в застывающей массе образуется дигидрогенфосфат аммония. Это начало первой фазы преобразования фосфатов (расширение при схватывании), которая заканчивается

при достижении наивысшей температуры, соответствующей максимальному расширению массы. Если температура формовочной смеси достигает в процессе затвердевания 78°С, то она не нуждается в дополнительном просушивании и примерно через 20 минут уже может быть помещена в муфельную печь. В том случае, когда оптимальной температуры не достигают в течение 30 минут, период просушки при комнатной температуре составляет еще 30 минут после времени затвердевания, иначе во время нагрева формовочная смесь будет растрескиваться.



Заполнение емкости воском



Перелив воска из емкости при нагреве



Вытекший воск

## Термическое расширение воска

В зубопротезной технике смешанные воски используются для моделирования каркасов протезов. Восковую модель каркаса вместе с системой литниковых каналов фиксируют внутри опоки и заполняют формовочной массой. После нагрева собранной формы и выгорания воска возникает литейная полость, которая будет заполнена расплавом.

Воски имеют анизотропную кристаллическую структуру, которая способна растягиваться при нагревании и сокращаться при охлаждении.

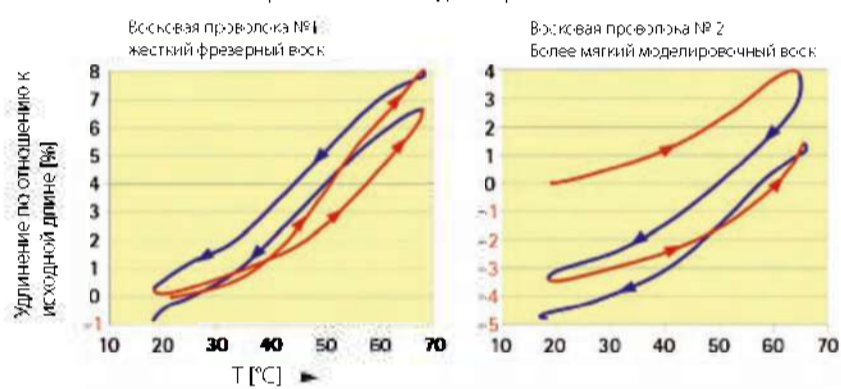
Приведенные иллюстрации показывают, что воск из емкости, наполненной до краев, после нагрева до точки идеальной вязкости при 82°C, вылился. При охлаждении воск уменьшается в объеме, образуя углубление в центральной области. Это доказывает, что в зубопротезной технике используются небезусадочные воски. Зубной техник нагревает воск (который при этом расширяется) и моделирует из него каркас. Воск наносят на каркас в разогретом состоянии.

Значения коэффициентов термического расширения в смешанных восках приведено на 1.20. При нагревании из емкости вытекло примерно 4% воска.

Термомеханический анализ двух различных смешанных восков показывает, что эти высококачественные воски (такие, как фрезерный воск) очень сильно расширяются при нагревании и, в соответствии с этим, так же сильно сокращаются при охлаждении.

### Термомеханический анализ

расширения и усадки при двойном  
нагревании и охлаждении различных восков

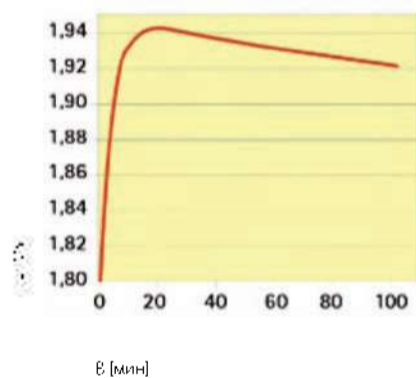


Моделировочные воски, содержащие свинец, обладают очень небольшим растяжением и усадкой. Однако это свойство компенсировано намного большей потерей массы, чем у сильно разбавленных синтетической фрезеровочных восков. В зависимости от состава, воски различаются по коэффициенту термического расширения и по показателю уменьшения плотности при нагреве. Объемное напряжение воска,

которое возникает при этом на каркасе, нормализуется примерно через 5 минут. Это значит, что восковую композицию нужно выдержать на модели после окончания моделирования или фиксации литниковой системы не менее 5 минут, и только после этого ее можно снимать.

## Напряжение воска

Термомеханический анализ  
Расширение и уменьшение плотности  
при нагревании различных восков



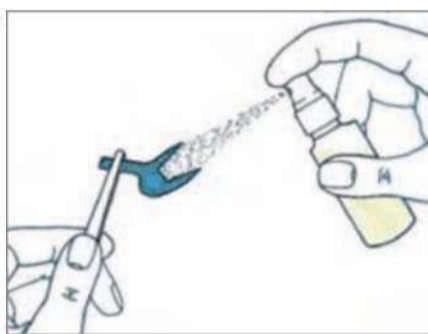
Настоящие проблемы в восковой композиции при изменениях температуры возникают после снятия ее с гипсовой модели, когда она находится в незафиксированном состоянии. Если воск нагревается (достаточно повышения температуры на 3-4° С) и находится в таком состоянии в течение длительного времени, в объеме восковой модели отмечается значительное уменьшение плотности, что приводит к изменению размеров. До тех пор, пока восковой каркас зафиксирован на гипсовой модели, изменение температуры не влияет на соответствие размеров и качество припасовки отливки. Рекомендуется оставлять восковой каркас на модели до тех пор, пока его не помещают в топку.



При изменении температуры окружающей среды даже на 3-4° С, восковая модель претерпевает изменения вследствие разницы температур внутри и снаружи каркаса. Учитывая низкую теплопроводность воска, можно утверждать, что эта разница будет значительной.

Если восковой каркас снимают в этом состоянии и оставляют на некоторое время без модели или фиксируют формовочной смесью в опоке, то он подвергается действию напряжений сжатия или растяжения. При повторной установке воскового каркаса на гипсовую модель отмечается балансирование – «эффект качелей» – для устранения которого каркас разделяют тонкой прочной шелковой нитью (к ней не прилипает ни один воск). Не ранее чем через 5 минут после этого каркас можно снова осторожно соединить безусадочным воском, и только по истечении следующих 5 минут восковую модель уже можно снимать и формовать.

Термическое расширение воска действует не только на каркасы мостовидных протезов, но и на одиночные коронки. Внутреннее напряжение, деформирующее воск, всегда берет начало из самой объемной части конструкции, так как здесь разница в температуре между внутренними и внешними слоями достигает максимального значения. Восковые модели коронок всегда имеют максимальную толщину на жевательной поверхности или режущем крае. Впоследствии к этому же участку крепят расплавленным воском литниковую систему. При остывании воск уменьшается в объеме, и возникают напряжения, деформирующие тонкие стенки и края коронки.



Снятие напряжения с поверхностей воска

Погрешность припасовки возникает исключительно вследствие изменения объема воска, а не из-за расширения формовочной смеси в процессе предварительного нагрева. Формовочная масса, которая равномерно расширяется в кювете в трех измерениях, физически не может одновременно деформироваться в противоположных направлениях.

Деформирующее напряжение может быть устранено, если модель с восковым каркасом предварительно выдержать не менее 15 минут при той же самой температуре (идеально подходит 18-20° C), при которой будет проведена паковка. А если еще воск перед формовкой обработать жидкостью для снятия напряжений, устраняются практически все проблемы. Мгновенная деформация воска невозможна. Необходим определенный период для образования напряжений в воске, обуславливающих деформацию моделировки. Рекомендуем использовать жидкость для снятия напряжений в воске без охлаждающего эффекта, из которой сразу после нанесения на восковой каркас испаряется наполнитель. Это исключает возникновение деформаций вследствие охлаждающего воздействия жидкости.

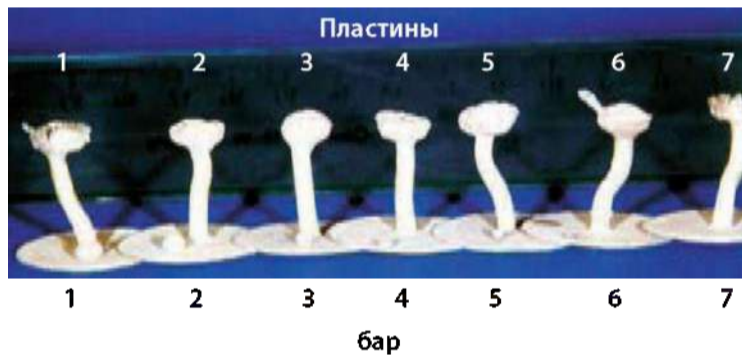
## Формовка под давлением

Качество поверхностей отлитого каркаса зависит преимущественно от мелкозернистости металла, постоянства температуры, а также качества партии используемой формовочной смеси. Кроме того, предпосылками для достижения оптимально качественной, гладкой поверхности отливки являются: хранение формовочной массы на протяжении 4-6 недель в прохладном и сухом месте; применение точно по инструкции с акцентированием внимания на температурном режиме замешивания массы и заполнения опокового кольца. Все эти факторы играют главенствующую роль для обеспечения точно согласованной со сплавом температуры нагрева собранной формы.



Формовка при повышенном давлении уменьшает количество воздушных пор и – как следствие – образование на поверхности отливки сферических дефектов («жемчужин»), ухудшающих ее качество и вынуждающих применять вышеупомянутые дополнительные методы обработки.

Однако при формовке под давлением необходима определенная сила давления, чтобы достичь удовлетворительного и рационального результата. Глядя на прилагаемую иллюстрацию, мы можем убедиться, в какой мере можно сократить образование пор силой давления. На восковую пластину во время формовки шприцем были нанесены воздушные поры и затем произведена заливка.



**Давление при формовке**  
от 1 до 7 бар

**Пластина 1** заформована при атмосферном давлении

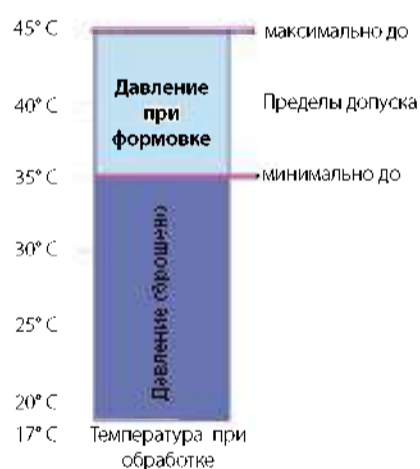
- Пластина 2 заформована под давлением  $\approx$  2 бара
- Пластина 3 заформована под давлением  $\approx$  3 бара
- Пластина 4 заформована под давлением  $\approx$  4 бара
- Пластина 5 заформована под давлением  $\approx$  5 бар
- Пластина 6 заформована под давлением  $\approx$  6 бар
- Пластина 7 заформована под давлением  $\approx$  7 бар





Результаты литья коронок при формовке под давлением от 0 до 6 бар

#### Повышение температуры при затвердевании



Становится очевидным, что всегда одинаковые по размеру искусственно созданные воздушные поры при повышении давления уменьшаются в размере, исчезая полностью при давлении ровно 7,4 бара. Если мы нанесем такие же воздушные поры на стенки восковых моделей коронок, то после литья увидим на первой коронке слева (**коронка 1**) результат формовки без давления. Эта коронка для дальнейшей работы непригодна.

**Коронка 2** была заформована под давлением 4 бара. Однако «жемчужина» на месте воздушной поры все еще препятствует припасовке коронки к культе зуба. Если такое качество литья имеет вторичная телескопическая коронка, ее также считают непригодной к дальнейшей работе. При формовке **коронки 3** было установлено давление 6 бар. Газовая пора уменьшилась до минимума. Эту коронку, конечно, можно использовать. Мы можем обобщить: формовка под давлением минимум от 4 бар может иметь практический смысл. Необходимо отметить, что сегодня в продаже нет автоклавов, обеспечивающих давление при формовке выше 6 бар.

#### ВНИМАНИЕ!

Формовку под давлением ограничивают по времени. Схватываться формовочная смесь должна под давлением, но после достижения температуры 35 °С давление нужно снижать. В противном случае нарушается гомогенность массы, что приводит к деформациям или образованию трещин. При нагревании в процессе схватывания до температуры 45 °С формовочная смесь должна быть полностью освобождена от действия давления, иначе уменьшится расширение при схватывании. Чем дольше формовочная масса испытывает повышенное давление при температуре выше 45 °С и чем ближе к конечной температуре ее затвердевания, тем меньше будет расширение при схватывании.

Если формовочная смесь испытывает повышенное давление 6 бар во время всего процесса схватывания, то расширение сокращается примерно на 30-40%. Это весьма отрицательно отражается на припасовке литья по сравнению с формовочной массой, имеющей нормальное тепловое расширение при затвердевании.

По этой причине можно рекомендовать формовку под давлением только в том случае, если формовочную смесь хранили в шкафу-кондиционере, и она имеет температуру 17° С. Тогда можно выдерживать давление при формовке до 10-12 минут. В других ситуациях формовку под давлением не рекомендуют с целью повышения точности литья.

## Сравнение способов формовки



(а) силиконовое кольцо опоки + (б) форма основания и (с) регулировка расширения



Силиконовая манжета и силиконовая форма основания



Стальное кольцо и силиконовая форма основания

Влияние на затвердевание в процессе нагрева оказывают различные используемые способы формовки. Величина расширения при затвердевании определяется промежуточным временем нагревания формовочной смеси во время процесса химического взаимодействия внутри опоки. При температуре 25°C схватывание формовочной массы активируется оксидом магния (процесс экзотермический). Чем раньше достигнута оптимальная температура затвердевания и чем выше конечная температура, тем больше будет расширение при схватывании. Если мы используем силиконовое кольцо, соединенное с силиконовым цоколем, возникает очень высокая аккумуляция тепла вследствие термоизолирующих свойств силикона, и температура схватывания формовочной массы резко значительно повышается. Скорость повышения температуры во время связывания и высокая температура при схватывании массы дают в итоге не только увеличение теплового расширения, но и сводят к минимуму его погрешность. Равномерность передачи давления в силиконовом кольце во время расширения обеспечивает максимально точное трехмерное изменение размеров. Повышенное расширение при схватывании может быть снижено уменьшением концентрации связующего компонента в формовочной массе, а также применением стального опочного кольца с синтетической прокладкой. Для гипсовой и силикатной смеси силиконовые муфели не подходят, так как в них формовочная масса не достигает в процессе нагрева достаточной собственной прочности. Существует опасность, что собранная форма может быть разорвана в процессе литья.



Стальное опоковое кольцо специальной формы для „bredent-техники литья по Sabath“



При применении стального опокового кольца для формовки смеси, внутрь него необходимо уложить слой синтетического материала. С этой целью можно использовать изоляционные вязкие прокладки для керамики, которые благодаря высокой жаропрочности не сгорают во время нагрева собранной формы. Однако они могут быть использованы только однократно. Синтетические кольца из прокладок для керамики можно не увлажнять для поддержания равномерной и точной передачи давления, так как они не впитывают влагу из формовочной массы после заполнения ею стального опокового кольца. Их укладывают сухими. Между стальным кольцом и формовочной массой в соответствии с величиной формы укладывают соразмерный слой вязкого полотна, чтобы точно распределить давление. В системе «bredent-техника литья по Sabath» форма стальных колец адаптирована к форме зубной дуги, и каждому размеру стального кольца точно соответствует толщина слоя вязкости. Благодаря низкой теплопроводности и точному соответствию толщины слоя изоляционной вязкой прокладки по Sabath, температура схватывания формовочной массы в стальной опоке соответствует температуре при использовании силиконового кольца. Это позволяет достичь высокого и очень равномерно расширения при затвердевании. Изоляционные вязкие прокладки значительно замедляют теплоотдачу при литье, в особенности – при затвердевании отливки, так что очень равномерная температура остывания создает максимально однородную структуру отливки за счет изменения времени кристаллизации сплава в литейной форме.

### **Пластмассовые опоковые кольца**

Пластмассовые опоковые кольца используются только при литье вторичных конструкций с вертикальной литниковой системой на огнеупорных моделях. Здесь высота или отклонения расширения при затвердевании не играют принципиальной роли. Точность припасовки в этом случае определяется исключительно огнеупорностью модели. Для литья коронок и мостовидных протезов пластмассовые кольца не подходят, так как пластмасса имеет высокую теплопроводность и вызывает слишком большие изменения расширения вследствие теплоотдачи. Также нет гарантий, что происходит равномерное расширение, так как нет противодействия со стороны синтетического полотна или силикона. Если используют пластмассовые кольца с разрезом, то формовочная масса деформируется настолько же, насколько разойдутся стенки кольца. Следовательно, чем больше протяженность каркаса, тем ниже точность литья.



Разделительный слой для силиконовой манжеты и силиконовой формы

## Сборка

Правильная обработка формы значительно повышает ее долговечность. Силиконовые кольца, а также силиконовый или резиновый цоколь нельзя смазывать вазелином, так как они со временем изменят форму и размеры. Специальные разделительные средства для силиконовых колец поддерживают качество поверхности и параметры формы. В частности, важен уход за резиновым цоколем в области заливочной воронки, сохраняющий оптимально гладкую поверхность. При литье легированного сплава шероховатые участки поверхности формы могут взаимодействовать с металлом, загрязнять его и оказывать продолжительное негативное воздействие на качество протезирования пациента. После извлечения затвердевшей формы из опокового кольца, обычной холодной водой очень легко можно отмыть детали, покрытые ранее специальным разделительным средством для силиконовых форм. Сразу после мытья (без просушки) наносят новый слой разделительного средства для силиконовых форм и оставляют высыхать.

### *Укладка синтетической прокладки*

При применении стального кольца с синтетической прокладкой, для соответствующего размера опоки должен быть точно подобран и правильно уложен согласованный по толщине слой вискозы. При использовании фосфатной формовочной смеси полоса синтетического полотна должна точно соответствовать внутреннему размеру кольца и обязательно быть сухой. Ее нужно уложить таким образом, чтобы формовочная смесь в верхней части ни в коем случае не соприкасалась со стальным опоковым кольцом. Фосфатные формовочные смеси вначале твердеют, и только после этого начинают расширяться. Чтобы на формовочную массу не действовали линейные расширения, она не должна соприкасаться со стальным кольцом. В противном случае спонтанное расширение в различных направлениях вызывает неуправляемые линейные расширения при литье каркасов большой протяженности, что может впоследствии привести к их полной непригодности.



Синтетический клей/адгезионная прослойка при формовке в стальное кольцо



Адгезионная прослойка для вклеивания вязких прокладок в опокое кольцо предотвращает пригорание формовочной массы к металлу в зоне контакта и упрощает разупрочнение формы.

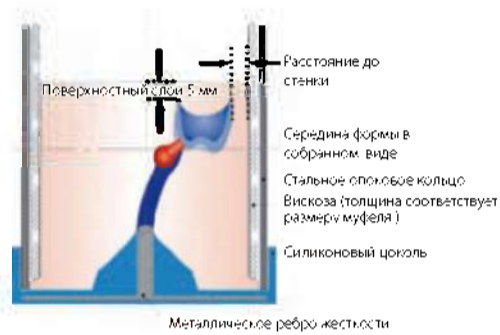
Для того, чтобы формовочная смесь прочно фиксировалась в стальном опоковом кольце, синтетический вкладыш делают несколько короче. Образовавшийся благодаря этому плотный контакт массы и кольца в области цоколя не оказывает влияния на восковую модель во время расширения массы при затвердевании.

При укладке синтетической прокладки следует обращать внимание на то, чтобы оно прилегало к стальному кольцу плотно, без воздушных зазоров. Применять на этом этапе работы вазелин не рекомендуется, так как это способствует образованию окислы на стальном кольце, снижает его прочность и долговечность. Для этой цели можно использовать специальные вязкие клеи. Адгезионная прослойка bredent прочно фиксирует синтетическую прокладку к стальному кольцу и без остатка выгорает, сохраняя стенки опоки.

При использовании фосфатной формовочной массы ни в коем случае нельзя допускать ее соприкосновения со стальным опоковым кольцом в области расположения восковой конструкции протеза. Иначе в процессе нагрева может отслоиться нижний участок формы (в области цоколя). В этом случае отсутствует трехмерное расширение формовочной массы при схватывании, так как она уже затвердела, увеличившись в объеме при 35° С. Увеличение высоты и ширины трансформируется в увеличение длины, что отрицательно влияет на окклюзионную и линейную точность отливки.

### Заполнение формовочной смесью

Опока, заполненная смесью



Коронки и мостовидные протезы должны быть расположены на расстоянии не менее 5 мм до стенки опоки для равномерного охлаждения металла после литья. Боковое расстояние при свободной установке кольца должно составлять от 6 до 7 мм. Форму, предварительно нагретую до температуры, рекомендованной производителем, заливают немедленно, так как опокое кольцо быстро охлаждается и может создать проблемы. При заполнении кольца формовочной массой вначале с помощью тонкого инструмента заполняют коронки, чтобы не слишком долго подвергать формовочную массу вибрации. После этого опокое кольцо заполняют смесью доверху. Восковой каркас перекрывают формовочной массой всего на 5 мм. Благодаря этому каркас протеза идеально точно и неподвижно зафиксирован после затвердевания собранной формы.

### Гипсовая формовочная смесь



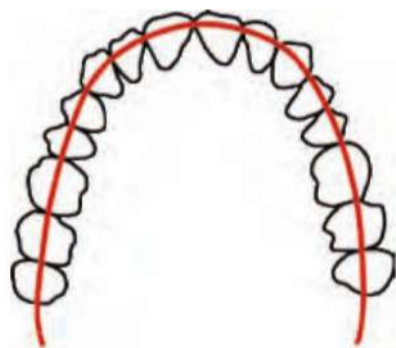
При использовании гипсовых формовочных смесей, в противоположность фосфатным, синтетическое полотно должно быть уложено таким образом, чтобы у формовочной массы сверху и снизу было соприкосновение шириной около 4 мм со стальным кольцом. Гипсовые формовочные смеси имеют после нагрева очень незначительную прочность и склонность к образованию трещин. В худшем случае может иметь место даже разрыв формы во время литья. Для этих масс лучше не применять вакуумное литье, так как резкое изменение давления способствует образованию трещин в формовочной смеси, что в свою очередь препятствует заполнению расплавом. Кроме того, гипсовая форма не обладает твердостью, она пластична и ее слои подвижны во время изменения расширения при схватывании, так что двусторонний контакт со стальным кольцом не оказывает влияния на тепловое расширение и не приводит к деформации каркаса.



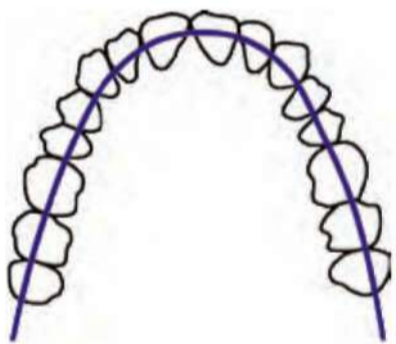
## Глава 2 | **Нагрев**

	Страницы
Тепловое расширение кварц /кристобалит .....	2.3
Линейный предварительный нагрев, физико-химические преобразования.....	2.9
Составление температурных кривых предварительного нагрева.....	2.11
Муфельные печи – непосредственное влияние на формовочную смесь.....	2.20
Нагрев техникой пересадки.....	2.33
Ускоренный нагрев.....	2.37
Показательный практический пример взаимосвязи предварительного нагрева и последующей точности припасовки.....	2.46

## Тепловое расширение кварц / кристобалит



Линейная геометрия зубного ряда относительно центра



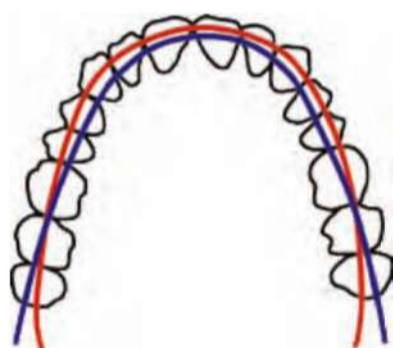
Линейное отклонение вследствие уменьшения геометрических размеров в процессе затвердевания

### Перед нагревом обратить внимание:

Во время нагревания опоки с формовочной массой протекает ряд физико-химических преобразовательных процессов. Основные компоненты формовочной массы – кварц и кристобалит – это термодатчики расширения. Расширение объема формовочной смеси в опоке необходимо для компенсации объемной усадки заливаемого сплава во время кристаллизации и охлаждения. В этой фазе расширения и усадки линейная геометрия середины зубной дуги должна сохраняться.

У сплавов принципиально отсутствует проявление линейной усадки при литье округлых форм. Изменение геометрии зубной дуги влечет за собой уменьшение радиуса при охлаждении отливки. Усадка сплава должна быть компенсирована в литейной форме во время кристаллизации за счет свойств формовочной массы.

Кристобалит как компонент в формовочной смеси относится к керамике. Кроме того, керамическая композиция считается самым стабильным и, следовательно, самым точным датчиком расширения, благодаря которому можно получить самые гладкие поверхности отливки. Кристобалит очень легко разупрочняется и позволяет легко извлечь отлитые каркасы. Кварц, как основной компонент, придает жесткость формовочной смеси в процессе спекания. Чем больше удельный вес кварца в смеси, тем жестче масса.

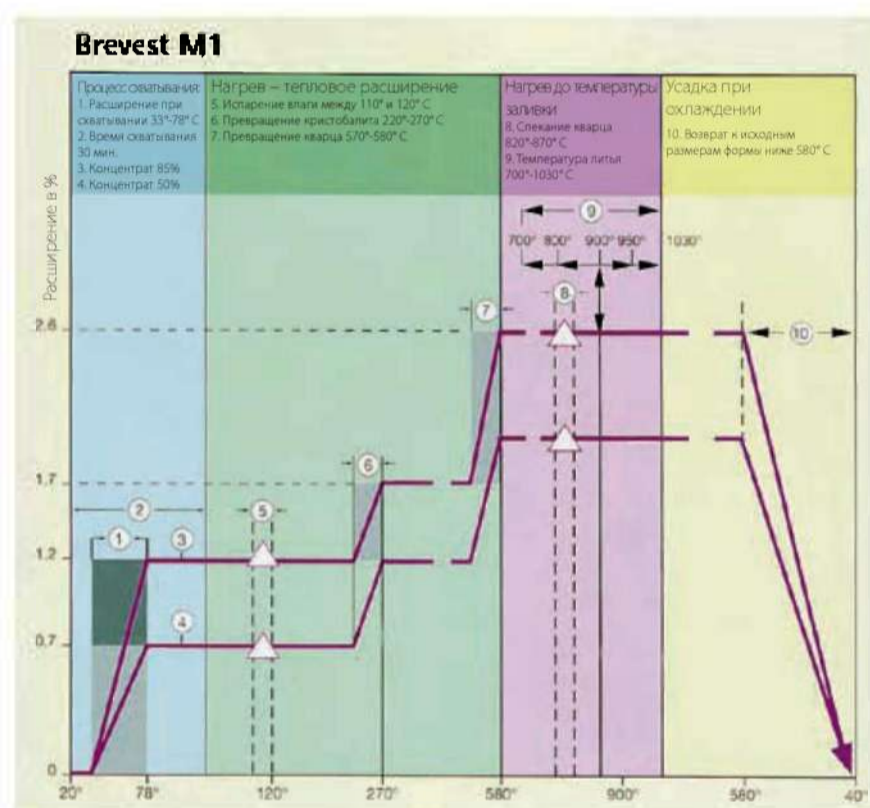


Сравнение геометрии зубной дуги в норме и при усадке

Кроме того, твердость формовочной массы определяется достаточно высокой температурой предварительного нагрева. Спекание кварца происходит между  $820^{\circ}\text{C}$  и  $870^{\circ}\text{C}$ . Если температура поднимается выше (между  $950^{\circ}\text{C}$  и  $1000^{\circ}\text{C}$ ), спеченный кварц всегда приобретает высокую прочность.

Кварц определяет изменение расширения формовочной массы при температуре от  $570^{\circ}\text{C}$  до  $580^{\circ}\text{C}$ . Дополнительно кварц отвечает за два физико-химических процесса: спекание кварца между  $820^{\circ}\text{C}$  и  $870^{\circ}\text{C}$ ; восстановление параметров литейной формы при охлаждении.

Кварц уменьшается в объеме при охлаждении примерно на 90% в сравнении с расширением при нагреве, но только в том случае, когда вся формовочная смесь полностью прогрета до температуры спекания кварца. Точность дозирования количества кварца в формовочной массе позволяет достичь возвращения параметров литейной полости к 0-пункту (к исходным размерам) при охлаждении и уменьшении объема формы. Это обеспечивает точную припасовку каркасов большой протяженности.



**Рисунок:**

При термомеханическом анализе изменение размеров блока в областях превращений кристобалита и кварца находится в дилатометрическом измерении. Здесь становится также очевидным, что после преобразования кварца при 580 ° C формовочная масса больше не подвержена никаким последующим изменениям объема. Это важно для определения температуры нагрева, которой нужно достичь к моменту заливки. Форма должна быть прогрета до температуры не ниже 600 ° C, так как иначе не будет компенсирована усадка.

## Дилатометрическое измерение термомеханических изменений в формовочной смеси

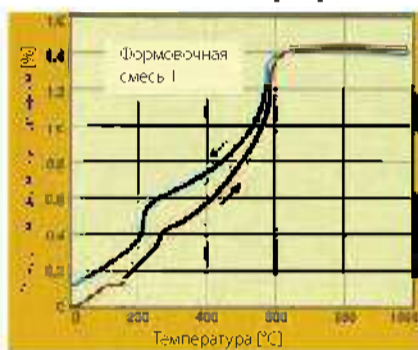


Рис. 1:

Термомеханические измерения в дилатометре показывают, что расширение и усадка формовочной массы зависят от ее состава. Анализ свойств формовочной смеси 1 (здесь: Brevest M1) показывает, что это - стандартная масса для цельнолитых вторичных конструкций. Также она может быть использована для литья коронок и мостовидных протезов из неблагородных сплавов благодаря относительно высокой доле мелкодисперсных фракций. В ней традиционно высокое для неблагородных сплавов содержание кварца стабилизируется относительно большим количеством кристобалита, что позволяет точно регулировать высокие показатели термического расширения.

Цельнолитая конструкция всегда имеет большую протяженность, поэтому уменьшение объема формовочной массы при охлаждении во время кристаллизации сплава является предпосылкой для оптимальной припасовки каркаса вторичного протеза.

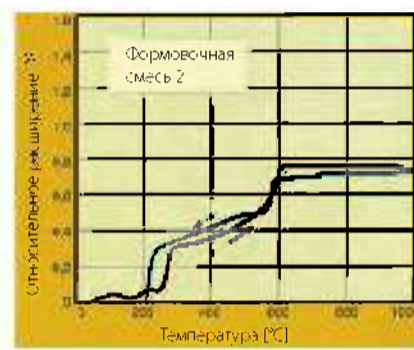
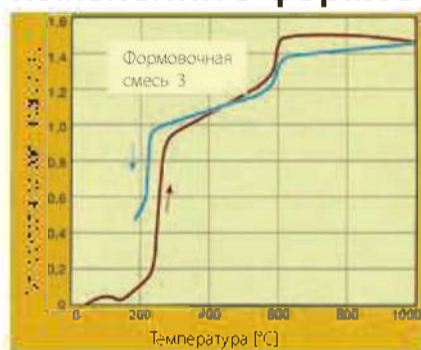


Рис. 2:

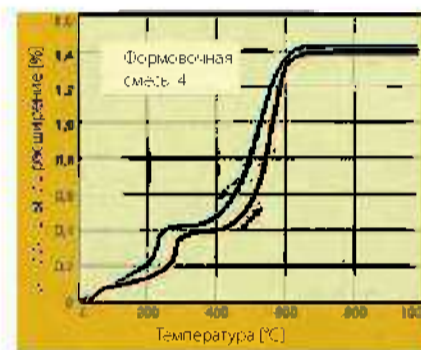
Формовочная смесь 2 расширяется в основном при затвердевании. Ее тепловое расширение выражено очень незначительно, следовательно, процесс предварительного нагрева оказывает небольшое влияние на точность припасовки. Тем не менее, необходимо учитывать, что расширение при затвердевании имеет более высокие допуски, чем тепловое. На рис. отчетливо видно, что малое количество кварца недостаточно компенсирует усадку формы при охлаждении. Большое содержание фосфата в формовочной массе не может оптимизировать усадку формы, чтобы ее объем уменьшался в процессе охлаждения ниже 0-пункта, не позволяя точно отлить объемные конструкции. Массы такого типа пригодны только для литья каркасов малой протяженности.

## Дилатометрическое измерение термомеханических изменений в формочной смеси



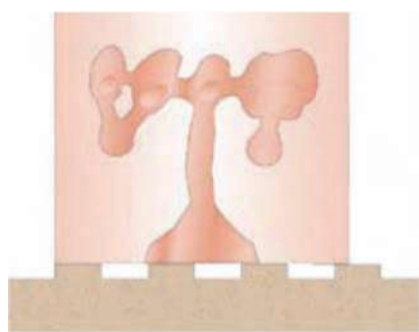
**Рис. 3:**

Формочная смесь 3 с очень высоким содержанием кристобалита (при незначительном количестве кварца) позволяет очень легко разобрать форму и получить отливку с исключительно гладкими поверхностями. Но малое содержание кварца в формочной массе недостаточно компенсирует усадку формы при охлаждении, что делает ее пригодной (как и массу 2) только для литья одиночных коронок и каркасов малой протяженности.

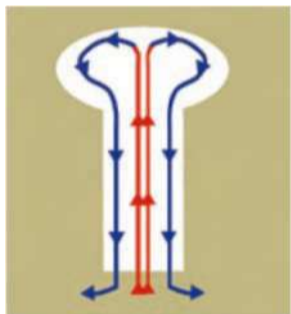


**Рис. 4:**

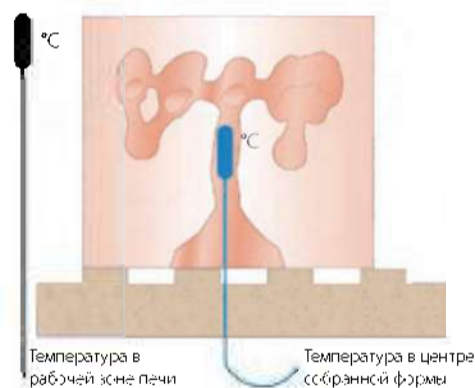
Формочная масса 4 (здесь: Brevest Rapid 1) – типичная быстронагревающаяся формочная смесь с высоким содержанием кварца при уменьшенном количестве кристобалита очень тонкого помола. Эта масса благодаря высокому содержанию кварца при охлаждении относительно легко возвращается в 0-пункт. Она может применяться как для обычного линейного нагрева, так и для ускоренного терморезима.



Идеальное положение собранной литейной формы в печи предварительного нагрева



Принцип восходящих потоков тепла



Температура в рабочей зоне печи

Температура в центре собранной формы

#### Перед нагреванием обращают внимание:

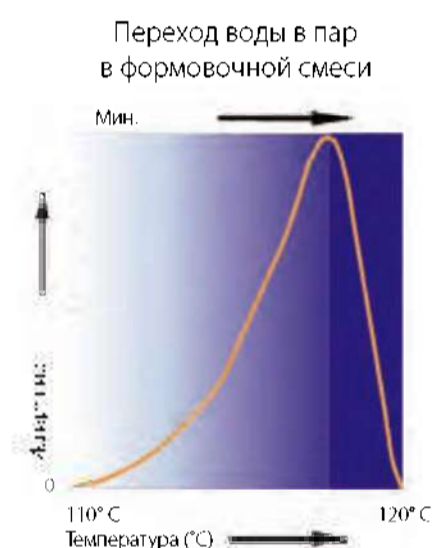
Собранную форму (опоку с формовочной смесью) помещают в печь предварительного нагрева (муфельную печь), имеющую комнатную температуру. Форму устанавливают на рифленую пластинку заливочной воронкой вниз, чтобы вытекающий воск сгорал и в пустотах возникла циркуляция горячего воздуха.

В этом положении литейной формы расплавленный воск легко вытекает и сгорает в муфельной печи. Исходя из принципов термодинамики (теплый воздух поднимается вверх, холодный опускается вниз) в пустотах внутри формовочной массы возникает циркуляция воздуха. Формовочная смесь прогревается теплом печи извне, так что в центре формы ее температура ниже, чем у стенки. Если форма расположена заливочной воронкой книзу, более холодные пары воска могут быть вытеснены циркуляцией горячего воздуха и сгореть без образования золы в литейной полости формы. Чем выше поднимается температура, тем интенсивнее протекает циркуляция воздуха внутри формовочной массы и тем быстрее форма достигает конечного желаемого прогрева. Чтобы циркуляция горячего воздуха оптимально способствовала выгоранию воска, форму необходимо установить на керамической шамотной пластине с глубоким рифлением поверхности.

#### Температура, муфельная печь и литейная форма

На следующих диаграммах измерения динамики нагрева (2.11 и далее) фактическая температура печи представлена черной линией (определена управляемым зондом в центре камеры печи), синей линией изображена температура, измеренная в центре литейной формы.

## Линейный предварительный нагрев, физико-химические преобразования

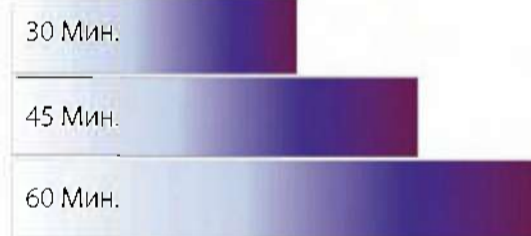


### Переход агрегатного состояния воды в пар внутри формовочной массы

Показатель температуры и скорости испарения воды зависит от соотношения жидкости и порошка.

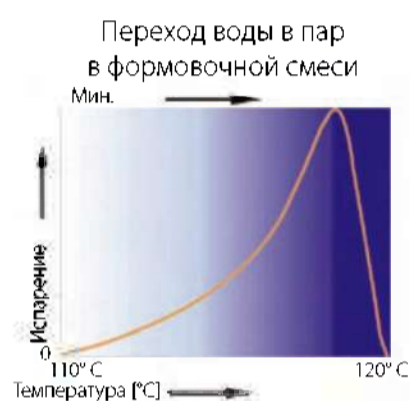
Чем выше содержание влаги в литейной форме, тем дольше она испаряется. Большое значение имеет также величина формы. Переход воды в пар начинается при температуре внутри формы 110° C и протекает с возрастающей интенсивностью. Для нормального протекания процесса испарения устанавливают нагрев формы в пределах от 110° до 120° C. При достижении формовочной смесью в центре формы температуры 120° C можно считать процесс испарения воды законченным. Только после этого температура формы снова поднимается. До тех пор, пока идет испарение, тепло не распространяется к центру собранной формы.

Размер формы X3	соотношение порошок / жидкость 160 г / <u>24-30 мл</u>
Размер формы X6	соотношение порошок / жидкость 320 г / <u>48-60 мл</u>
Размер формы X9	соотношение порошок / жидкость 480 г / <u>72-90 мл</u>



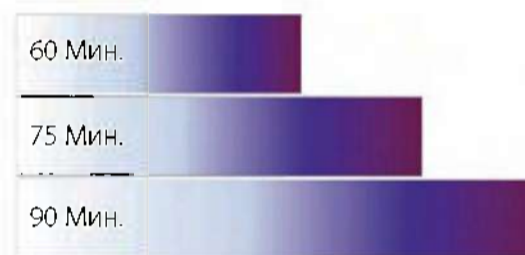
Время регулируется величиной формы и количеством. Объем воды = 1  
Объем пара = **прибл. X5000**



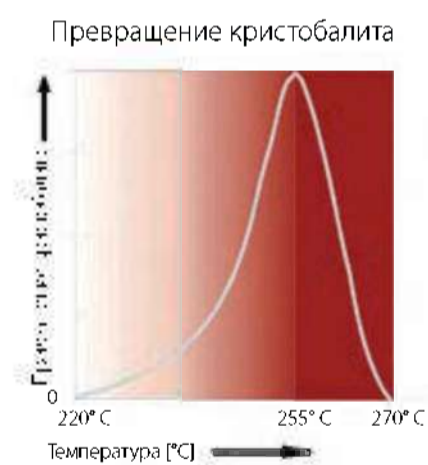


При повышенном содержании влаги в формовочной смеси время испарения соответственно продлевается. Таким образом, кривая предварительного нагрева до температуры 450 °С определяется преимущественно временем испарения влаги и процессом высушивания видоизмененного кристобалита.

Размер формы X3	соотношение порошок / жидкость 160 г / <u>34-40 мл</u>
Размер формы X6	соотношение порошок / жидкость 320 г / <u>68-80 мл</u>
Размер формы X9	соотношение порошок / жидкость 480 г / <u>102-120 мл</u>



### Превращение кристобалита в формовочной смеси

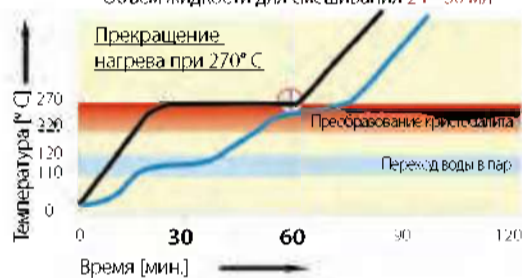


Превращение кристобалита фактически начинается при температуре формы 220° С и непрерывно интенсивно возрастает до температуры 255° С, когда фаза преобразования достигает высшей точки. При температуре 270°С процесс превращения кристобалита закончен. В статической фазе процесса обезвоживания кристобалита и последующего кристобалитного скачка фактическая температура формовочной смеси в центре формы должна быть между 255° и 270° С.

### Ступень 1

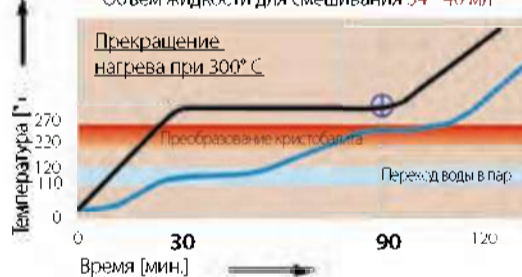
#### Нагрев формы без кольца Размер X3

Масса порошка 160 г  
Объем жидкости для смешивания 24 - 30 мл



#### Нагрев формы со стальным кольцом и вискозной прокладкой Размер X3

Масса порошка 160 г  
Объем жидкости для смешивания 34 - 40 мл



## Составление температурных кривых предварительного нагрева

### Предварительный нагрев формовочной массы без опокового кольца из формы X3

Черная линия на графике соответствует изменению температуры формы при температуре 270° C в центре печи. Синяя линия указывает на изменение температуры в центре формы (отличающееся от изменения температуры печи).

Температура предварительного нагрева достигается примерно через 30 минут при скорости ее подъема 8° C в минуту до температуры выдержки 270° C, в то время как в формовочной массе при 110° C только начинается процесс испарения.

Форму достаточно долго выдерживают при этой температуре, и по достижении 120° C в ее центре испарение завершено. Только тогда температура в форме снова поднимается в течении 30 минут нагрева плюс 30 минут выдержки до максимального значения 265° C. После прохождения этой точки температура в муфельной печи может далее подниматься.

### Подогрев стального опокового кольца с синтетической прокладкой - форма X3

При применении формы со стальным опоковым кольцом и прокладкой из синтетического полотна, для преобразования кристобалита необходимо остановить повышение температуры в печи на отметке 300° C.

Стальное опоковое кольцо с вискозной прокладкой замедляет теплоотдачу настолько сильно, что при температуре от 270° C фактическая температура формы ниже температуры печи всего на 40° C, то есть 230° C.

При температуре выдержки формы в печи 300° C, формовочная смесь нагрета только на 35° C ниже. Предварительный нагрев можно провести и при имеющихся 265° C.

Используемая в этом случае формовочная масса имеет более высокое содержание влаги. По этой причине время испарения увеличивается до 60 минут выдержки.

## Ступень 1



### Нагрев формы без наружного опокового кольца X6

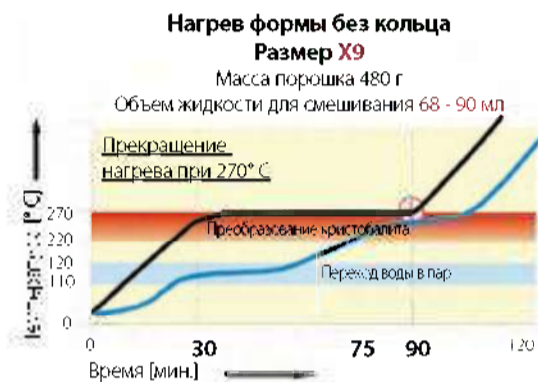
Если форму X6 нагревают до 270° C, то диаграмма ее нагрева изменяется. Больше количество порошка (320 г) требует и существенно большего количества жидкости (ок. 48-60 мл) в зависимости от вида формовочной смеси. На температурной кривой видно, что теперь процесс испарения замедляется, и форма дольше остается в температурном диапазоне между 110° C ... 120° C. Теперь время прокаливания составляет 30 минут нагрева плюс 45 минут выдержки, пока температура формовочной смеси в центре формы не достигнет 265° C. Только после этого увеличивают температуру нагрева в муфельной печи. При использовании стального опокового кольца с вязкой прокладкой нагрев прекращают в диапазоне 270° C ... 300° C (при применении той же самой формовочной массы). Выдержка и температурный режим не изменяется.



### Нагрев формы со стальным опоковым кольцом и синтетической прокладкой X6

В этом случае используют формовочную смесь с большим содержанием влаги, что значительно замедляет процесс испарения при температуре 110° C ... 120° C. На 320 г порошка добавляют от 68 до 80 мл жидкости. Поэтому необходимо значительно увеличить выдержку при нагреве по сравнению с менее влагосодержащими формовочными массами. После 30 минут нагрева до 300° C выдерживают еще 75 минут при постоянной температуре, чтобы форма в центре прогрелась до 265° C, после чего продолжают процесс предварительного нагрева. Время выдержки определяется исключительно количеством влаги в формовочной смеси, а не конструктивными особенностями формы.

## Ступень 1



### Результат:

Форма без опокового кольца  
Форма в стальном опоковом  
кольце с вязкой прокладкой

Форма без опокового кольца  
Форма в стальном опоковом  
кольце с вязкой прокладкой

## Нагрев формовочной смеси без опокового кольца X9

При изготовлении формы величиной X9 мы увеличиваем количество порошка до 480 г и объем жидкости, соответственно, от 72 до 90 мл. Вследствие этого при нагреве формы температура еще дольше остается в пределах 110°...120° C. Температурная кривая собранной формы размером X9 складывается из участков 30 минутного крутого подъема температуры и 60 минутного стабильного прогрева при 270° C ( до тех пор пока центр формы не достигнет фактической температуры 265° C ), после чего процесс нагрева продолжают. При использовании стального опокового кольца с вязкой прокладкой (при тех же самых типах формовочных масс ) изменяется не время выдержки, а только температура нагрева в первой фазе выдержки.

## Нагрев формы X9 со стальным кольцом и синтетической прокладкой

При массе порошка 480 г и объеме жидкости от 102 до 120 мл время выдержки увеличивается до 90 минут. Это обусловлено длительным испарением большого объема влаги из формы. Время предварительного нагрева составляет 120 минут (при температуре печи 300° C температура в центре формы должна достигнуть 265° C ), после чего нагревание может вестись дальше.

Температура                      Центр формы:

выдержки:  
270° C =                                      265° C

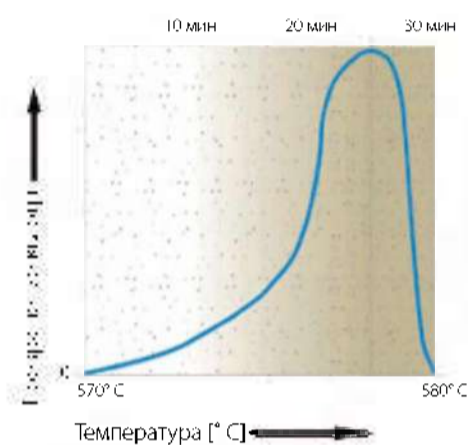
300° C =                                      265° C

Выдержка:

только в зависимости от влагосодержания формы

только в зависимости от влагосодержания формы

## Преобразование кварца

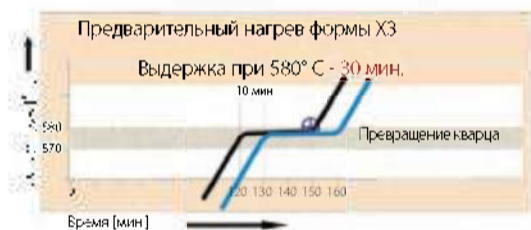


Преобразование кварца в процессе нагрева собранной формы начинается при температуре формовочной смеси от 570°С и связано с продолжительностью процесса. Как указывает приведенная рядом диаграмма, изменения начинаются только при температуре 570°С. Окончание превращения зависит от его длительности. Для полного перехода кварц должен быть выдержан 30 минут при температуре 570°С ... 580°С. Важно не то, какую температуру создает муфельная печь, а когда именно температура формовочной смеси в центре формы действительно достигла этого значения.

## Форма Х3

Опоку с формовочной массой полностью высушивают при температуре 450°С. На этом участке нагрева от 300°С до 600°С воск или моделировочная пластмасса полностью выгорает в муфельной печи, то есть также имеет место термическое воздействие. Так как формовочная масса в опоке полностью высохла, теперь имеет значение только величина собранной формы, а не количество влаги (т.к. она уже испарилась). Температуру нагрева поднимают со скоростью менее 8°С в минуту до температуры 580°С. Форма величиной Х3 нуждается в выдержке только 10 минут, пока масса не достигнет заданной температуры, после чего начинается превращение кварца. Собранный форма выдерживается в муфельной печи (если необходим дальнейший нагрев), так что в этом случае 30 минут для фазы выдержки вполне достаточно.

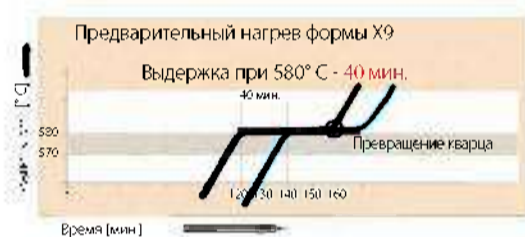
Ступень 2





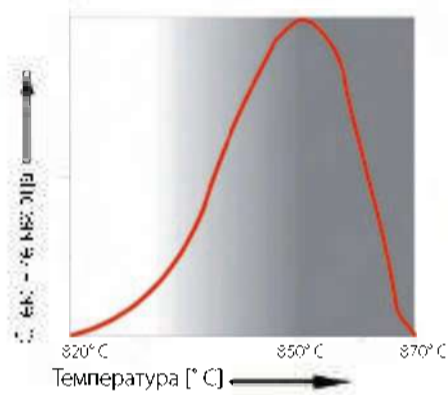
### Форма X6

При величине формы X6 формовочной смеси необходимо примерно 15 минут, для достижения температуры 570° C, после чего в ней начинается фаза превращения кварца. После 30-минутной выдержки форму можно нагревать дальше.



### Форма X9

Собранную форму размера X9 необходимо прогревать на протяжении 20 минут до температуры 570° C в центре формы. Поэтому при этом размере и литье сложных объемных конструкций рекомендовано устанавливать выдержку 40 минут. Это очень важно, если речь идет о каркасе большой протяженности или цельнолитой вторичной конструкции. Цельнолитые каркасы достаточно велики, и оптимальное расширение – это предпосылка для хорошей припасовки в дальнейшем.



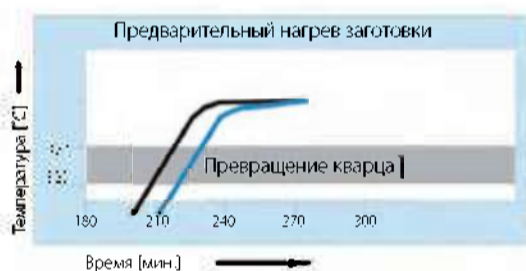
### Спекание кварца в формовочной смеси

Спекание кварца происходит в интервале температур между 820° С ... 870° С и не ограничено по времени. Если температура в форме достигла 870° С, то кварц, независимо от прошедшего времени, спечется. Спекшийся кварц не подвержен расширению или сжатию при изменении температуры. Прохождение этой фазы термообработки имеет большое значение для припасовки работ большой протяженности. По окончании процесса спекания формовочная масса, охлажденная ниже 580° С, снова возвращает баланс кварца к исходному пункту.

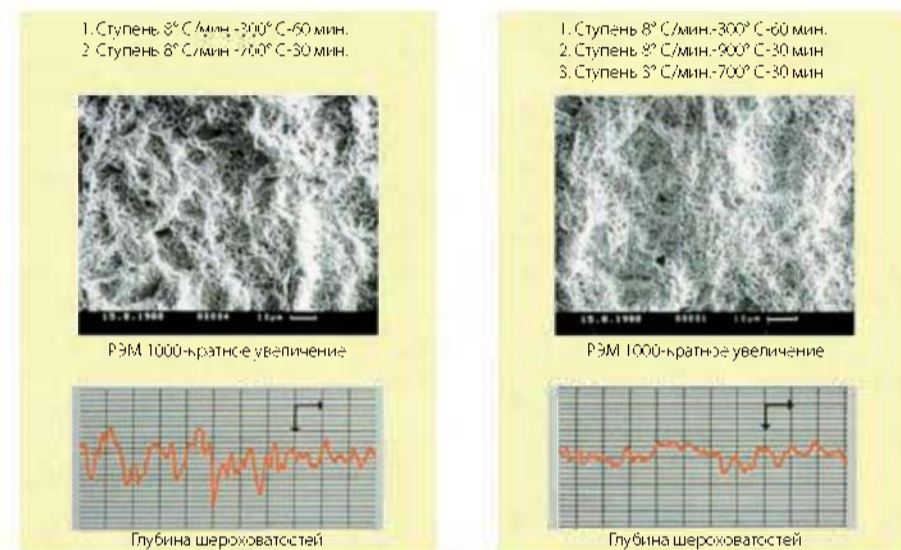
Температура нагрева формовочной смеси всегда должна достигать 900° С, если нужен оптимальный результат литья и припасовки с очень хорошей поверхностью отливки.

Сплав также нужно прогреть почти до 900° С, дальнейший температурный режим плавки должен быть указан в инструкции производителем сплава. Сравнение измерений глубины шероховатостей на приведенной рядом иллюстрации показывает отчетливое улучшение качества поверхности.

Ступень 3



## Поверхностное спекание

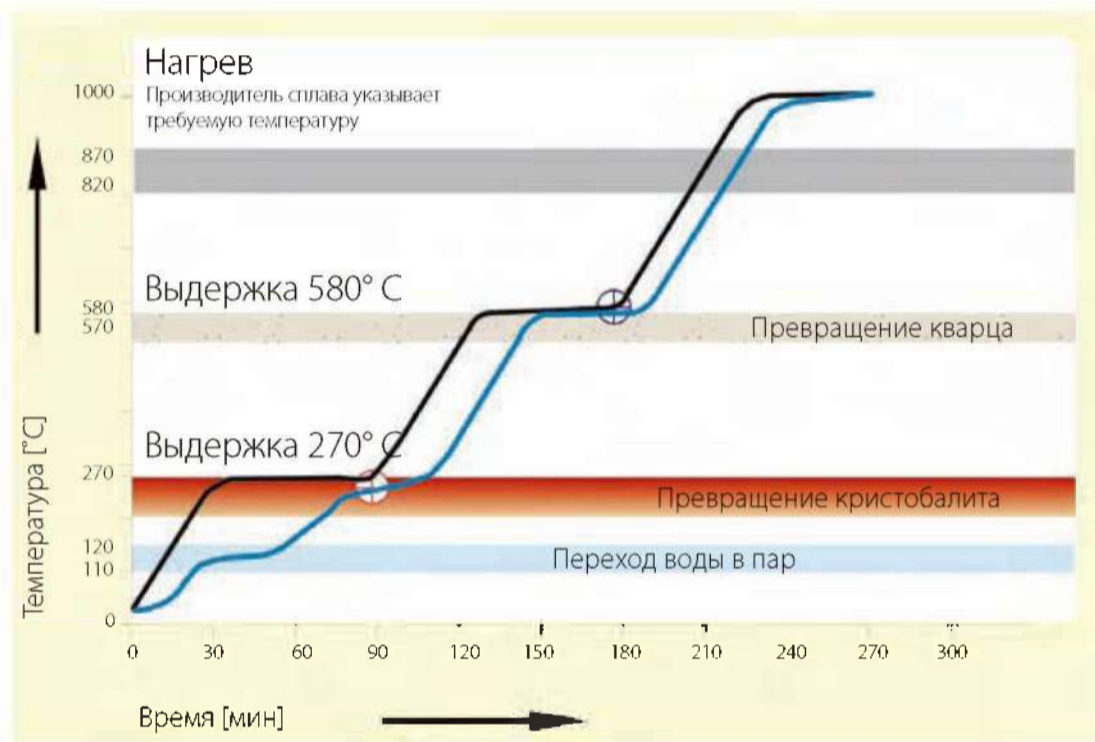




Линейные графики нагрева:

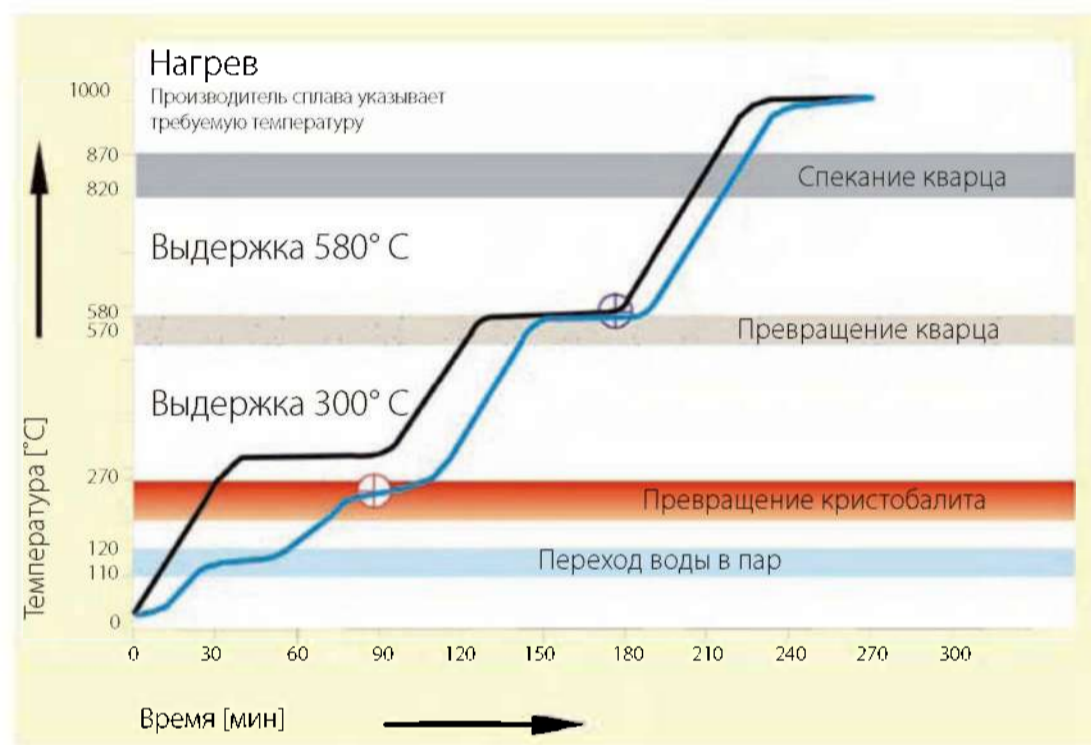
### Нагрев формы без опокового кольца

**X9 - 480 г порошка, 75 мл жидкости для смешивания**



Эта диаграмма нагрева получена после сведения воедино предшествующих результатов физико-химических преобразований и графика повышения температуры в печи. Максимальное воздействие на компоненты формовочной массы оказывают периоды выдержки температуры. Именно они обеспечивают повторение качественных результатов литья и припасовки. Некоторые процессы подчинены физико-химическим законам и не могут изменяться по нашим желаниям.

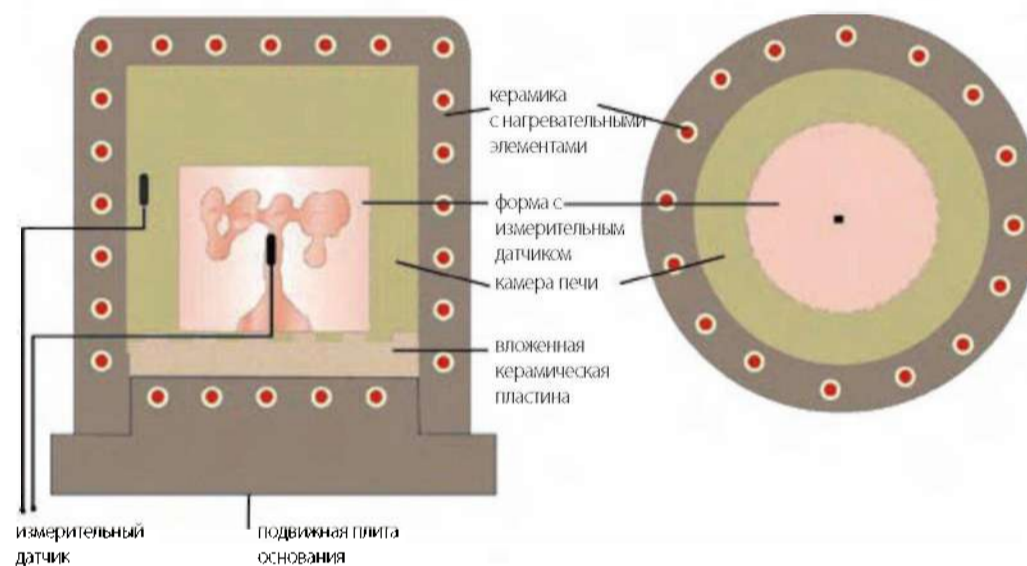
**Нагрев формы со стальным опоковым кольцом и синтетической прокладкой**  
**X9 – 480 г порошка, 75 мл жидкости для смешивания**



При сравнении графика нагрева формы со стальным опоковым кольцом и вязким вкладышем, с графиком нагрева формы без кольца, наблюдается идентичная последовательность во всем, кроме выдержки температуры в муфельной печи при 300° C. В этом случае собранная форма в центре достигает той же самой температуры 265° C, как и формовочная масса без опокового кольца при температуре выдержки нагрева печи 270° C. При температуре нагрева муфельной печи выше 450° C тепловая реакция различных форм идентична.

## Муфельные печи - непосредственное влияние на формовочную смесь

Все измерения, приведенные на страницах от 2.8 до 2.15, проводились в рабочей зоне печи со всесторонним нагревом. Печи такой конструкции позволяют очень точно управлять температурой нагрева (с отклонением до  $\pm 1^\circ\text{C}$ ).



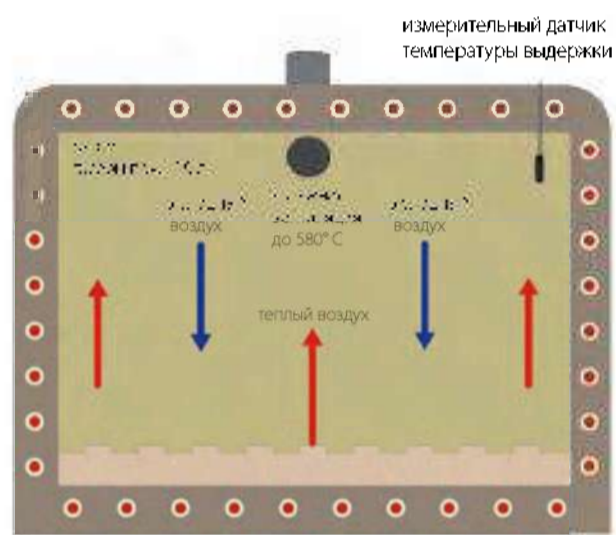
Основой термического процесса является муфельная печь. Во время нагревания формовочной смеси на теплопроводность очень сильно влияют:

- а) процесс испарения жидкости, на которой замешана формовочная масса. В этой фазе в камере печи очень высокая влажность, что в значительной степени препятствует переносу тепла излучением.
- б) испарение влаги во время кристобалитного превращения. Вода освобождается из кристаллов, из-за чего в камере печи вновь будет излишняя влага. Это также препятствует передаче тепла излучением.

Контроль над повышением температуры в камере печи с высокой влажностью возможен, если муфельная печь имеет всесторонний нагрев до температуры  $450^\circ\text{C}$  и объем камеры не превышает 3 л.

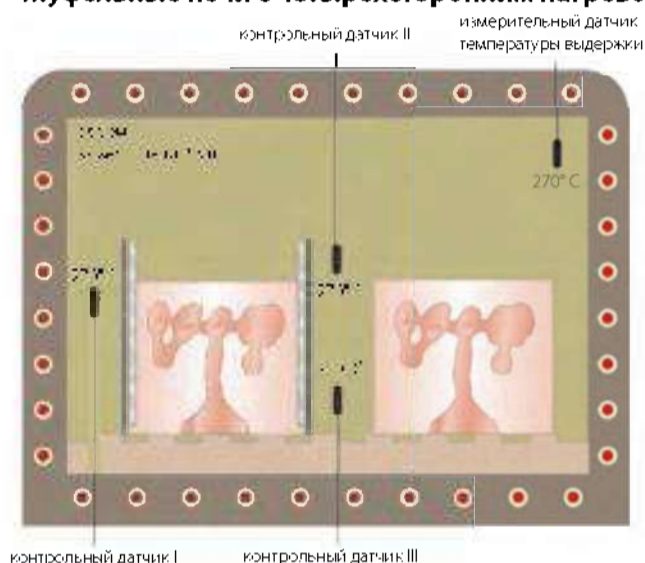
Подавляемая высокой влажностью передача лучевой энергии должна компенсироваться за счет циркуляции воздушных потоков. Согласно закону физической термодинамики теплый воздух поднимается вверх, а холодный опускается вниз. Поэтому необходимо, чтобы дно закрытой камеры муфельной печи обязательно нагревалось, так как иначе нет непрерывного теплообмена и воздух внизу постоянно остается прохладным.

### Теплообмен



Удаление отработанного воздуха из камеры печи во время процесса предварительного нагрева ускоряет вытяжной вентилятор, удаляя влагу из камеры печи и улучшая теплообмен. Вытяжной вентилятор должен работать до температуры 580° C, так как между 400° C и 600° C выгорают остатки моделировочного воска или пластмассы, что также влияет на теплообмен.

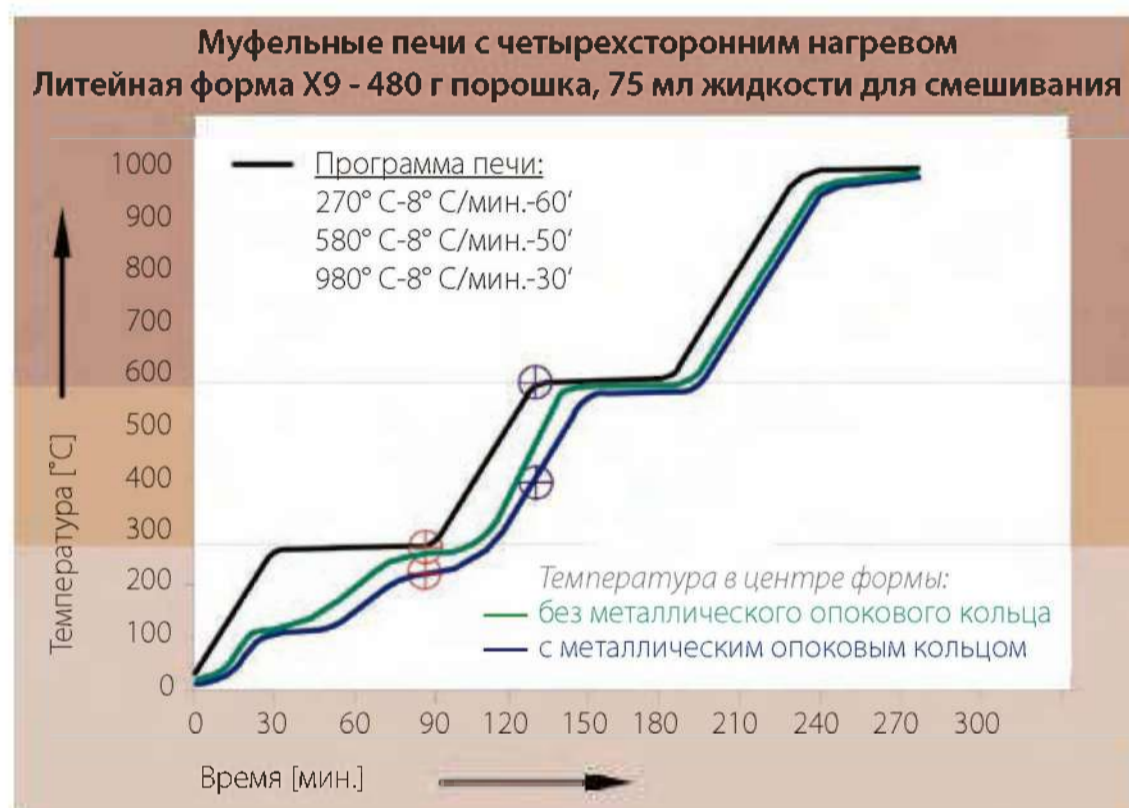
### Муфельные печи с четырехсторонним нагревом



### Правильное расположение собранной формы

Правильным считается расположение формы на рифленой пластине заливочной воронкой книзу. В начале нагрева тепло воздействует непосредственно на форму за счет циркуляции воздушных потоков, поэтому температура в области заливочной чаши в формовочной массе всегда превышает температуру окружающего нагретого воздуха или теплового излучения.

Благодаря рифленой пластине воск может свободно вытекать и удаляться вместе с холодным воздухом из формы. Поднимающиеся потоки теплого воздуха в области литниковой воронки проходят в полость формы и выдувают испаряющиеся остатки моделировочного материала, которые сгорают в камере печи. Подогрев дна камеры нормализует теплообмен и способствует равномерной температуре предварительного нагрева несмотря на влажность в печи. Если выгорели остатки моделировочного материала и испарились остатки влаги, лучевая термическая энергия создаст в ней равномерную температуру.



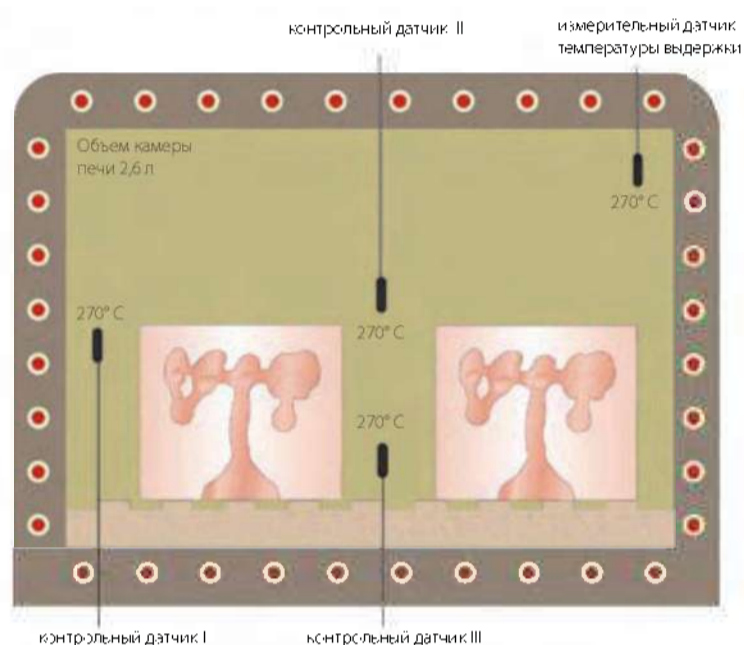
Из температурной зависимости, представленной на графике, становится очевидным, что муфельная печь с четырехсторонним нагревом и объемом камеры до 3 л дает точно такую же последовательность всех стадий нагрева, как и духовая муфельная печь.

**ВНИМАНИЕ!**

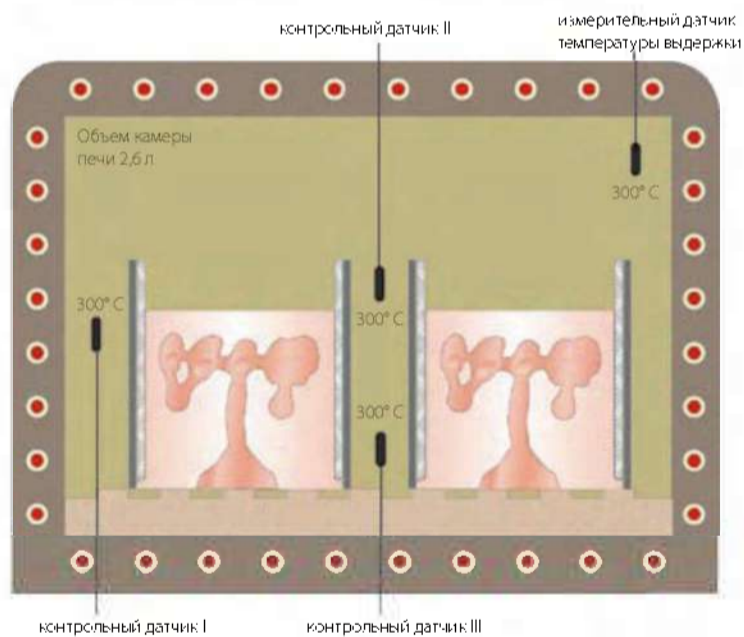
Следует помнить, что нагрев формы без опоки и формы со стальным опоковым кольцом и синтетической прокладкой до температуры 450° C проходит **не** идентично. После 450° C все последующие участки температурной кривой абсолютно аналогичны между собой в обоих типах форм.

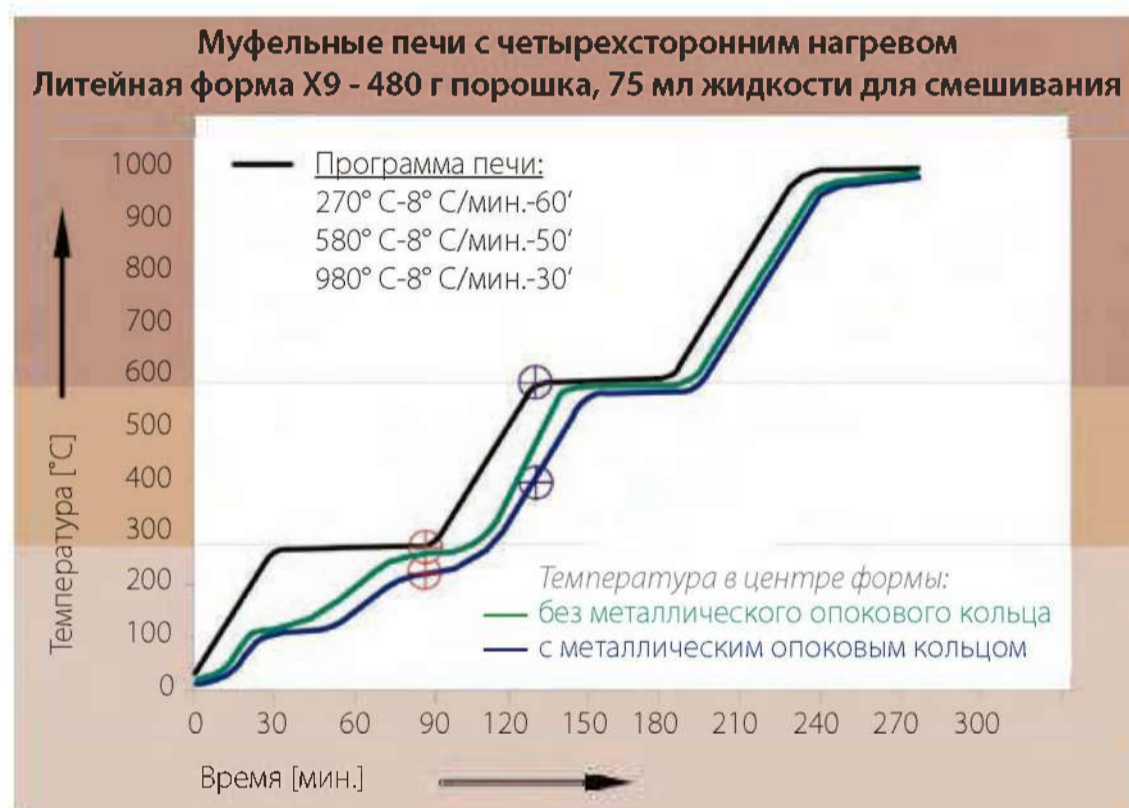
**Рекомендуемая температура  
печи при формовке без  
опокового кольца**

**Муфельная печь с четырехсторонним нагревом**



**Рекомендуемая температура  
печи при формовке в  
стальное опоковое кольцо с  
синтетической прокладкой**

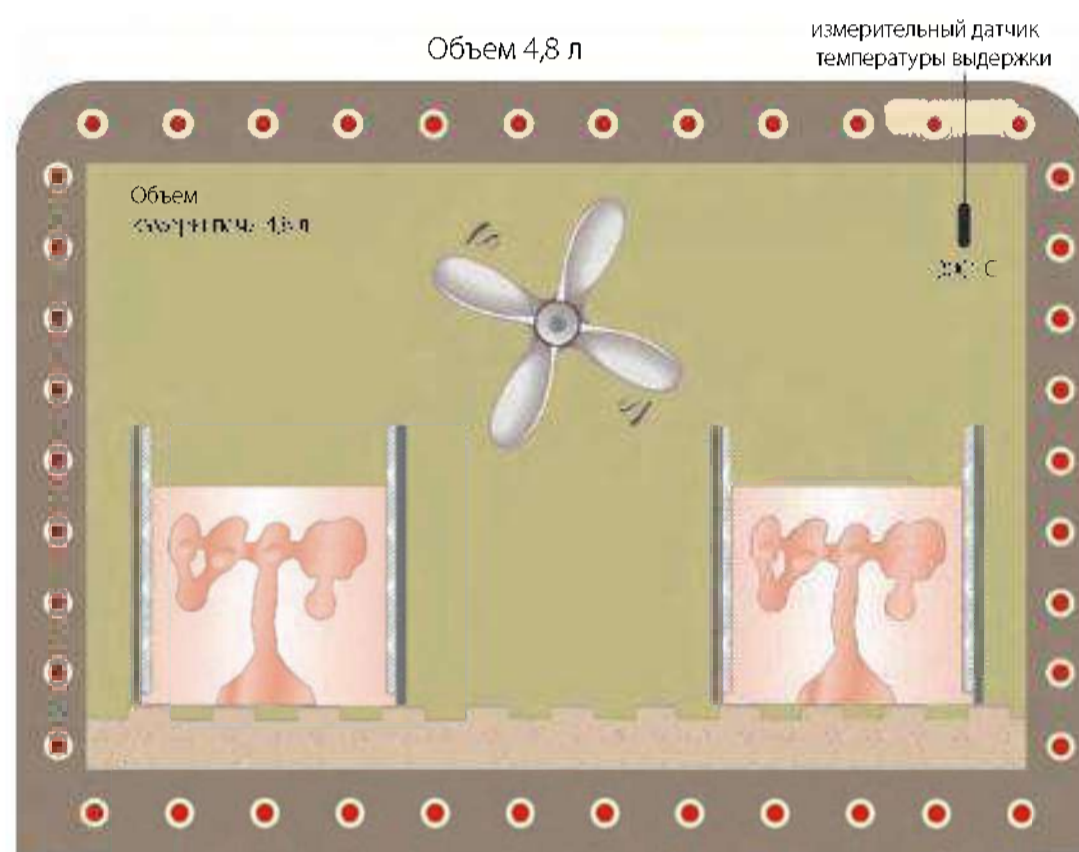




В температурном интервале до 450° C для формы без опокового кольца в первой фазе обжига устанавливают температуру выдержки 270° C, в то время как для формы со стальным опоковым кольцом и вязкой прокладкой требуется выдержка при более высокой температуре 300° C для достижения идентичного результата. Невозможно выбрать программу нагрева, которая одновременно создаст в центре форм обоих видов необходимую температуру 265° C.



### Циркуляция воздуха в муфельной печи с четырехсторонним нагревом



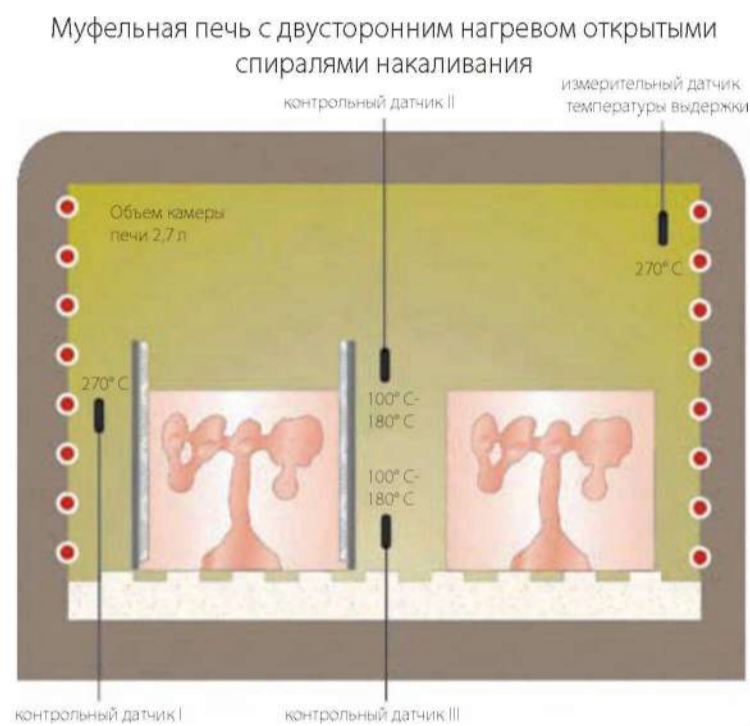
#### **Печи с камерами объемом более 3 л: - с принудительной вентиляцией**

При нагреве большой муфельной печи (с объемом камеры свыше 3 л) до 450° С, температура в центре формы может достичь нужной величины без обязательного использования четырехстороннего нагрева. Однако высокая влажность в камере печи активно препятствует теплообмену, и циркуляция тепловых потоков протекает слишком медленно. Для достижения оптимальной температуры нагрева в печи такого объема, необходим вентилятор для перемешивания воздуха.

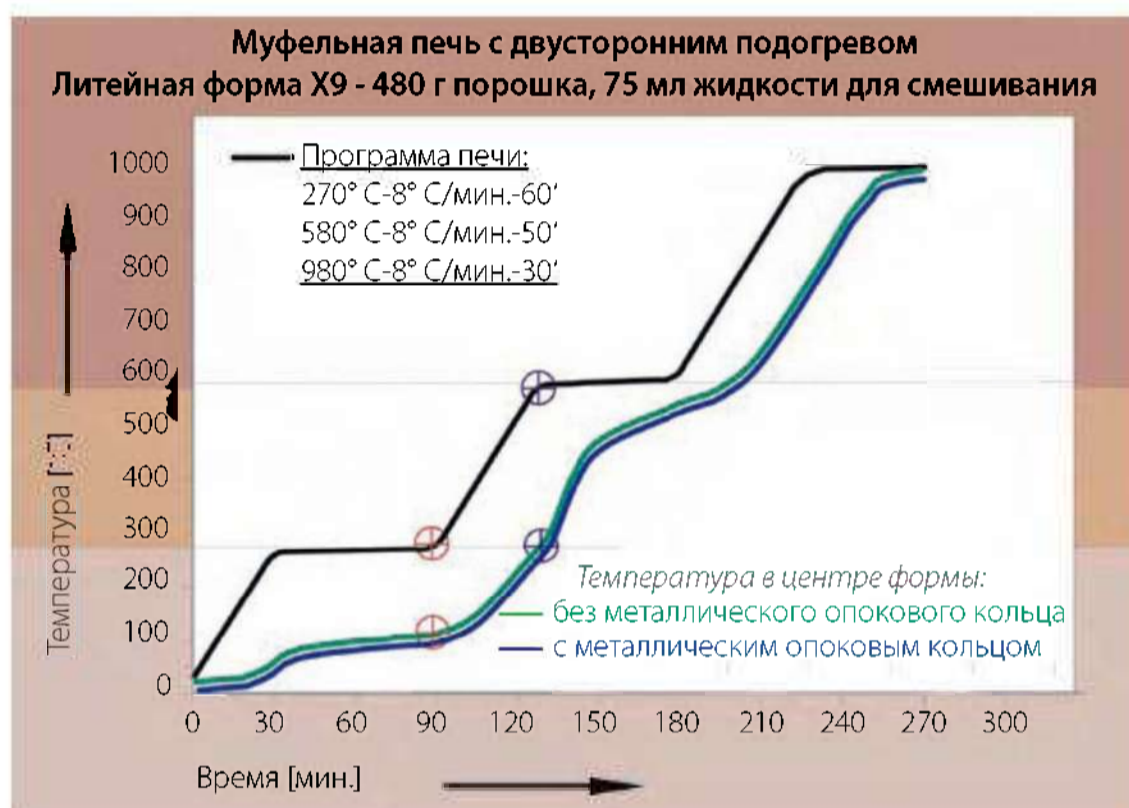


При предварительном нагреве в печи с объемом 4,8 л отчетливо видно, что для достижения точных температур в диапазоне до 450° C теплый воздух должен перемешиваться в камере печи. Тогда в этой муфельной печи можно достичь таких же точных температурных режимов, как и в четырехсторонне прогреваемой печи с меньшим объемом камеры. Температурная кривая синего цвета на вышеприведенной диаграмме показывает, что форма без кольца при отключенной принудительной циркуляции воздуха прогреется в центре менее, чем до 200° C, не набрав такой высокой температуры, как с включенным вентилятором.

### Плохой теплообмен при двустороннем нагреве камеры печи



Муфельные печи без подогрева нижней стороны камеры не позволяют точно регулировать температуру до 450° C. Если дно камеры не нагревается, полностью отсутствует циркуляционный теплообмен в камере печи (теплый воздух не поднимается вверх, холодный не опускается вниз). Без циркуляции тепловых потоков невозможно получить равномерный прогрев формовочной смеси в температурном диапазоне до 450° C и устранить избыточную влажность. Кроме того, в области заливочной воронки на формовочную массу абсолютно не действует непосредственный теплообмен, так что там всегда будет самый холодный участок формы в процессе предварительного нагрева. Недостаточный нагрев в области заливочной воронки также препятствует появлению циркуляции в литейной полости формы, испарению и выгоранию остатков моделировочного материала. При недостаточной внутренней циркуляции горячих воздушных потоков, формовочная смесь нуждается в значительном увеличении времени прогрева в температурном интервале печи до 450° C.



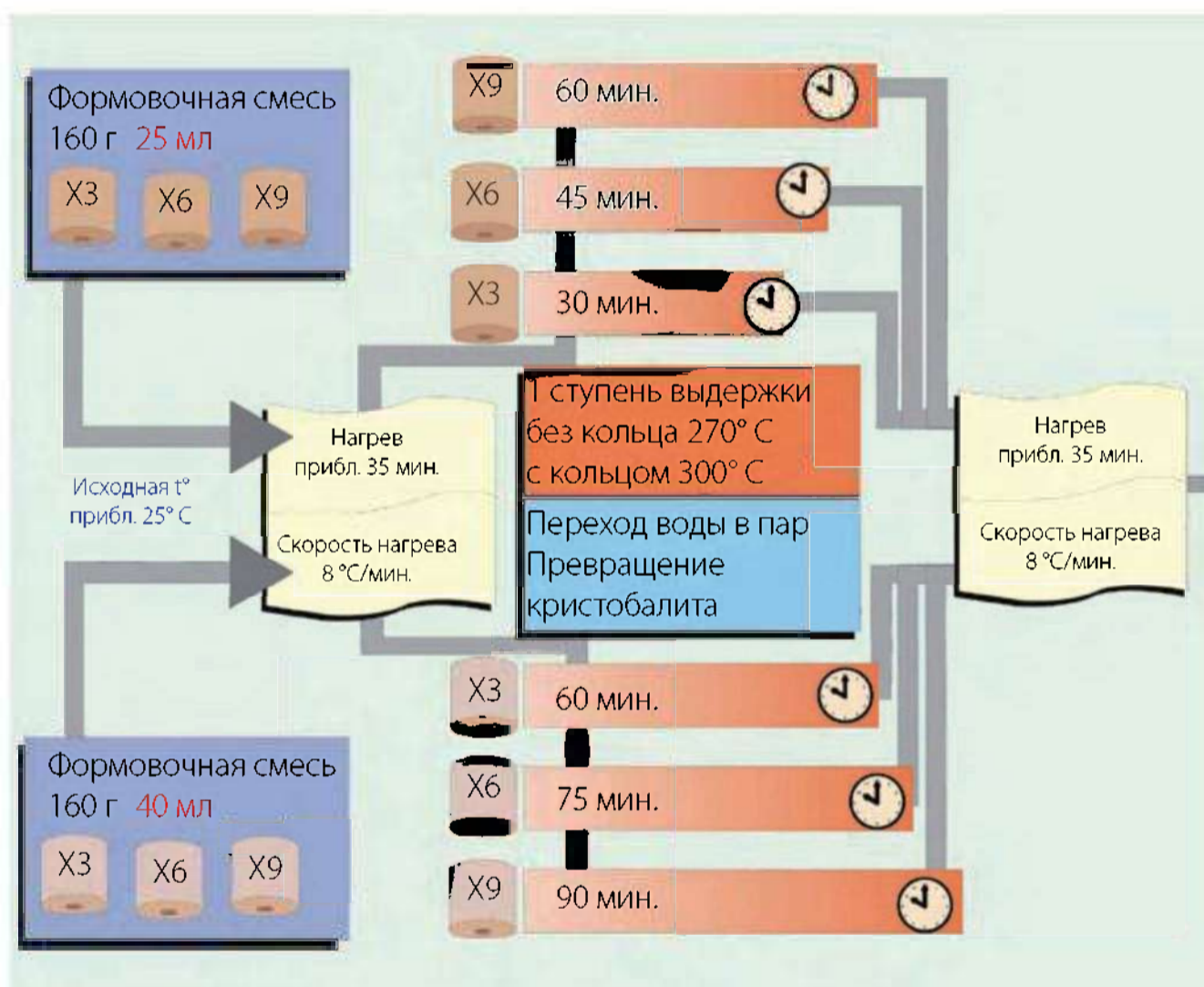
Температурный режим в камере печи, обозначенный черной линией, абсолютно не соответствует фактической температуре формовочной массы в центре формы.

При четырехстороннем подогреве (см. температурные зависимости на страницах 2.23, 2.25, 2.27) в течение 30 минут температура поднимается до 270 ° C. Форма без стального кольца через 90 минут (включая 60 минут выдержки) прогревается до 255° C.

При двустороннем нагреве (см. приведенную диаграмму) форма без стального опокового кольца через 90 минут прогревается только до температуры около 100° C. В ней даже еще не начался процесс испарения. Эта температурная кривая аналогична как для формы без кольца, так и для формы со стальным опоковым кольцом и синтетической прокладкой. Только при нагреве печи до 580° C температура в центре формы достигает 265° C.

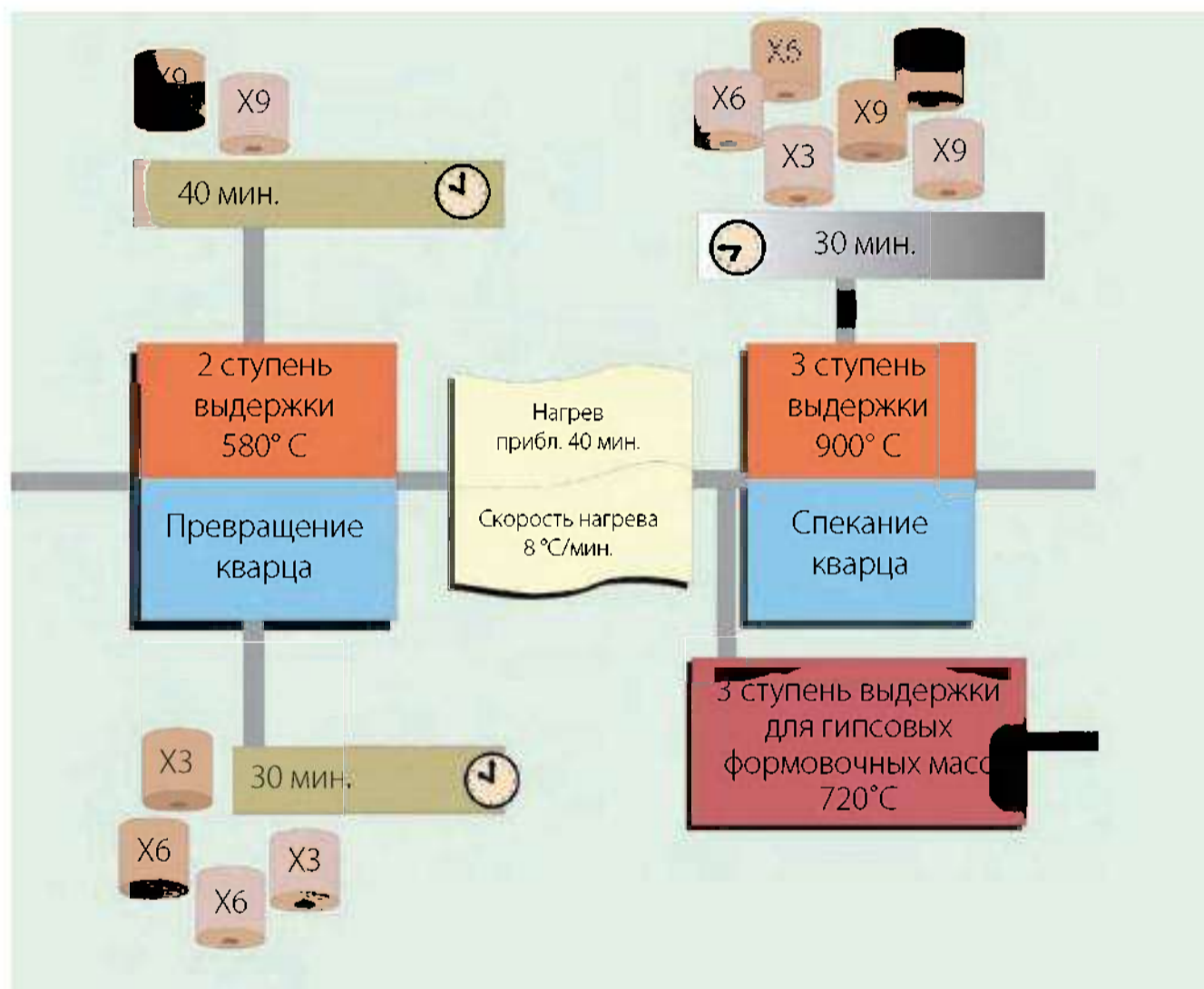
Оказывается, что вследствие отсутствия внутренней циркуляции разогретого воздуха в форме, масса далеко отстает в нагреве даже в областях с более высокой температурой. Температура формы уравнивается с температурой печи только на заключительном этапе нагрева.

## Линейный нагрев ...



Ступень 1

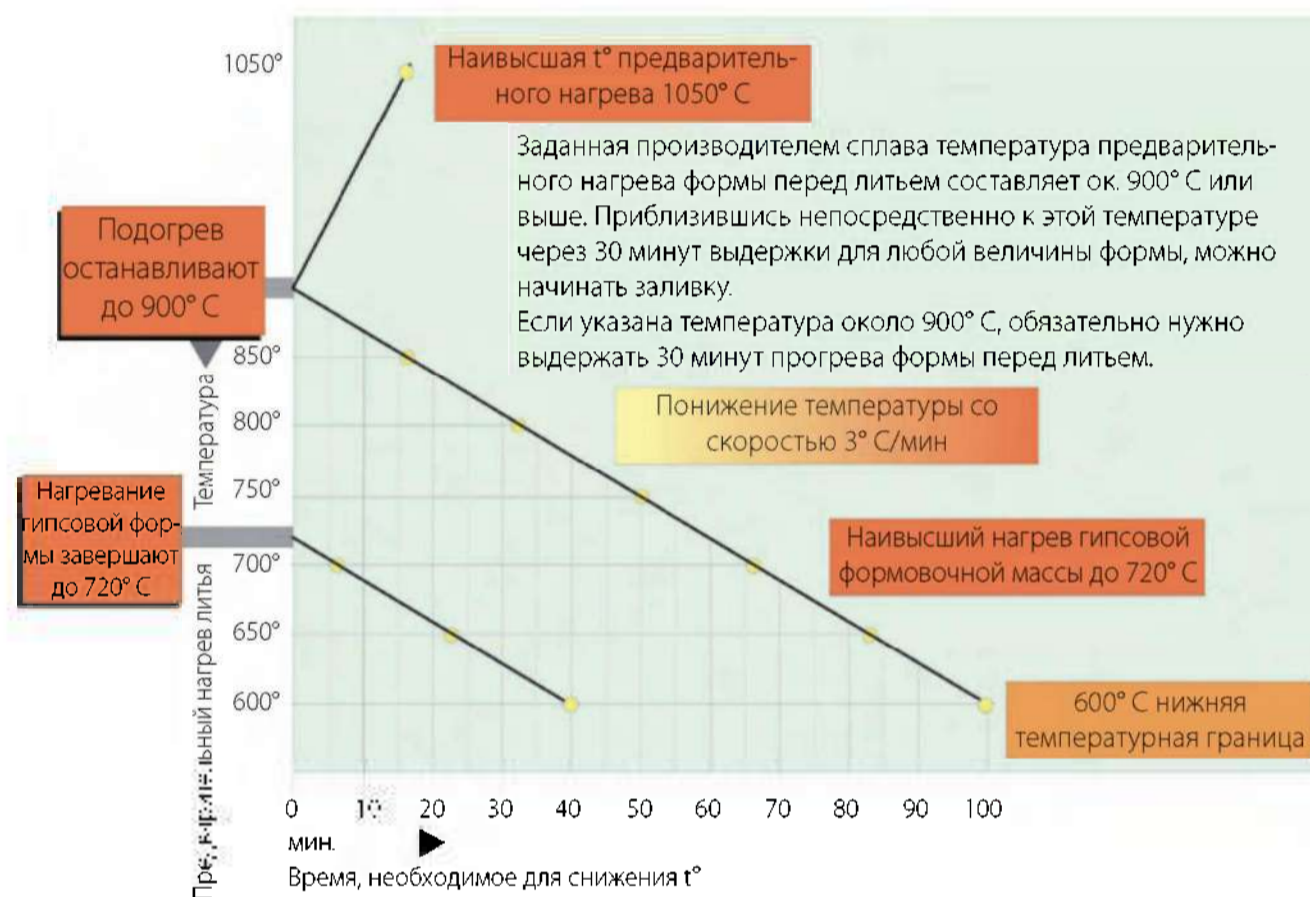
... на первый взгляд



Степень 2

Степень 3

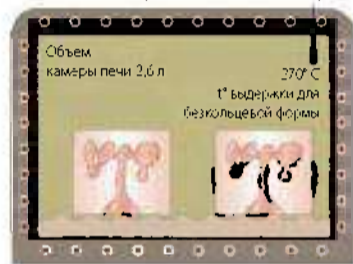
## Настройка требуемых температур предварительного нагрева перед литьем



По достижении в центре безкольцевой формы муфеля температуры  $900^\circ\text{C}$ , завершают период выдержки процесса предварительного нагрева. Рекомендуемая температура формовочной массы для литья сплава должна быть указана производителем сплава. Если она ниже  $900^\circ\text{C}$ , необходимо снова понизить температуру печи. В муфельной печи нельзя установить режим снижения температуры, поэтому просто отключают отопительные спирали печи до тех пор, пока не достигнута желаемая температура. При охлаждении формы в печи, ее температура опускается со скоростью примерно на  $3^\circ\text{C}$  в минуту. По истечении заданного времени, можно производить заливку (см. вышеприведенную диаграмму).

Рекомендуемая t° печи при формовке без опокowego кольца

**Муфельная печь с четырехсторонним подогревом**  
измерительный датчик t° выдержки



Рекомендуемая t° печи при формовке в стальное опокowego кольцо с вязкой прокладкой

**Муфельная печь с четырехсторонним подогревом**  
измерительный датчик t° выдержки



Размер формы X3	соотношение порошок / жидкость 160 г / <u>24-30 мл</u>
Размер формы X6	соотношение порошок / жидкость 320 г / <u>48-60 мл</u>
Размер формы X9	соотношение порошок / жидкость 480 г / <u>72-90 мл</u>



### 1 степень техники пересадки

В противоположность плавному линейному нагреву, при этой технике будет выдержано только время линейного подъема (примерно 35 мин. при скорости нагрева 8° C/мин). К этим затратам времени прибавляют время выдержки для данного вида формовочной смеси, причем 5 мин. можно сократить (настолько быстрее нагревается форма в самом начале процесса вследствие более эффективного влияния температуры).

## Нагрев техникой пересадки

Следующая возможность нагреть собранную форму до желаемой температуры для заливки - это техника пересадки (при этом без потери точности в припасовке по сравнению с линейным нагревом).

Литейные формы ставят в камеру печи, нагретую до температуры ступени выдержки из линейного нагревательного процесса. Прежде всего необходимо установить точные температуры и время выдержки, чтобы получить действительно желаемый результат. При этом для каждого температурного уровня нужна отдельная печь. В технике пересадки камеры печи должны иметь объем не более 3 л. Обязательно требуется четырехсторонний нагрев для особо точной установки температуры. В этом случае формовочная масса прогревается идентично линейному предварительному нагреву.

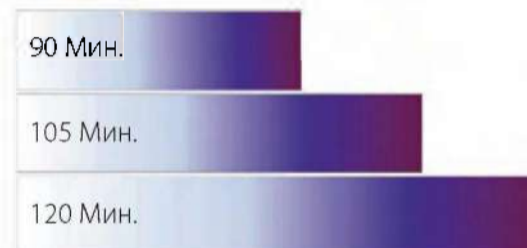
Процессы испарения (вода-пар) и окончательного высушивания (удаление воды из кристаллов) при кристобалитовом превращении предотвращают слишком быстрый нагрев формы.



## 1 ступень техники пересадки

Соответственно, время выдержки формы до требуемой температуры зависит от его величины (как показано в диаграмме). Последовательность всех физико-химических процессов точно соответствует графикам линейного предварительного нагрева.

Размер формы X3	соотношение порошок / жидкость 160 г / <u>34-40 мл</u>
Размер формы X6	соотношение порошок / жидкость 320 г / <u>48-60 мл</u>
Размер формы X9	соотношение порошок / жидкость 480 г / <u>102-120 мл</u>



## 2 ступень техники пересадки: со стальным опоковым кольцом и без кольца

Муфельная печь с четырехсторонним подогревом



### 2 ступень техники пересадки: со стальным опоковым кольцом и без кольца

При перемещении на следующую ступень нагрева с температурой 580° С, прогрев формовочной массы до этого уровня происходит значительно быстрее, чем при линейном процессе. На этой ступени нагрева выгорают остатки моделировочного материала в литейной полости формы, оказывая влияние на теплообмен при воздействии теплового излучения и обуславливая необходимость использования муфельной печи с четырехсторонним подогревом. Для получения точных результатов объем камеры нагрева не должен превышать 3 л. Формовочная масса в форме при прогреве до 580° С полностью сухая. Следовательно, свойства жидкости больше не имеют значения. Продолжительность выдержки зависит от величины формы (см. диаграмму).

Размер формы X3	40 мин.
Размер формы X6	50 мин.
Размер формы X9	60 мин.

**3 ступень техники  
пересадки со стальным  
опоковым кольцом и  
без кольца**

Для получения оптимальных результатов, температура при применении техники пересадки в процессе предварительного нагрева должна достичь 900° С. Время выдержки на этом этапе зависит только от величины формы, но ни в коей мере не от свойств жидкости. На 3 ступени время нагрева формы сокращается, так как формовочная смесь абсолютно сухая. Следующая диаграмма показывает время нагрева форм различной величины (включая время выдержки) до конечного значения температуры.

Размер формы <b>X3</b>	40 мин.
Размер формы <b>X6</b>	50 мин.
Размер формы <b>X9</b>	60 мин.

Если в центре формы температура достигла 900° С, процесс предварительного нагрева со всеми физико-химическими превращениями можно считать окончанным. Теперь необходимо регулировать температурный режим для качественного выполнения литья.

**ВНИМАНИЕ!**

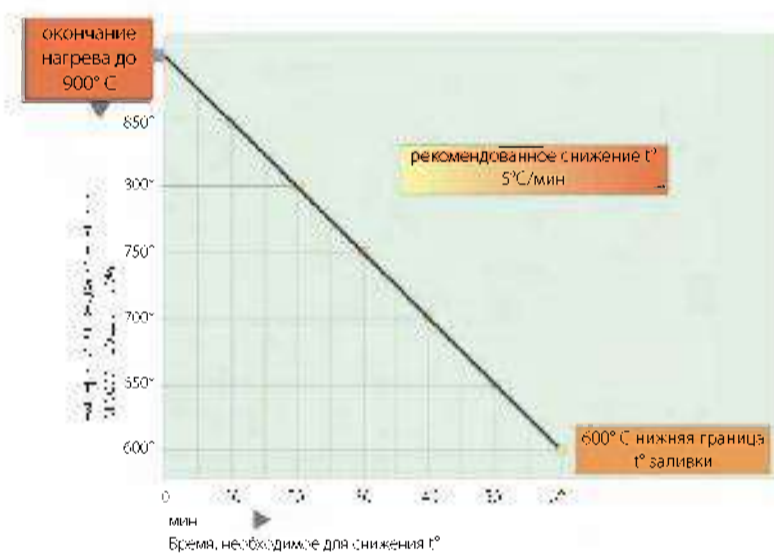
Избегайте следующих ошибок:

Если собранную форму устанавливают на определенную ступень нагрева, то следующая форма ни при каких обстоятельствах не может быть установлена в эту же муфельную печь позже. Это понижает температуру в камере муфельной печи и оказывает негативное влияние на протекание физико-химических процессов, а также на достижение температуры предварительного нагрева в центре формы. Очевидное последствие - недостаточная точность при припасовке и плохое качество поверхностей. Только после того, как прогретые формы переносят в следующую печь, можно вносить в камеру печи новые холодные формы.

## Смена режима работы печей при технике пересадки

	Печь 1	Печь 2	Печь 3
1. день	270° C 300° C	580° C	900° C
2. день	580° C	900° C	270° C 300° C
3. день	900° C	270° C 300° C	580° C

Срок службы муфельной печи, применяющейся для температурного диапазона 270°... 300°С или 580°С, значительно сокращается вследствие загрязнения остатками воска или пластмассы из-за воздействия влаги, так как они сгорают не полностью. По этой причине муфельные печи следует эксплуатировать в режиме "печного шоссе" (см. рис.), чтобы 1 раз в 3 дня все остатки моделировочных материалов могли сгореть при 900° С.



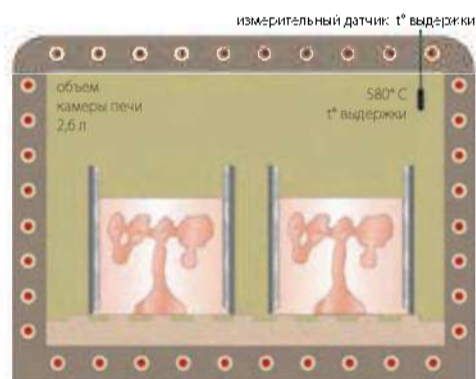
### Температура литья выше или ниже 900° С

Если производителем сплава рекомендована температура предварительного нагрева для литья выше 900° С, то формовочную массу на 3 ступени помещают в камеру с более высокой температурой и производят заливку по окончании выдержки при температуре 900° С, как указано в диаграмме.

Если температура литья для формовочной смеси должна быть ниже 900° С, необходимо по прошествии выдержки при 900° С сократить время снижения температуры формы при снижении температуры камеры печи по приведенной рядом диаграмме. Затем можно заливать расплав.

### Соответствующая требованиям печь для ускоренного нагрева

#### Муфельная печь с четырехсторонним нагревом

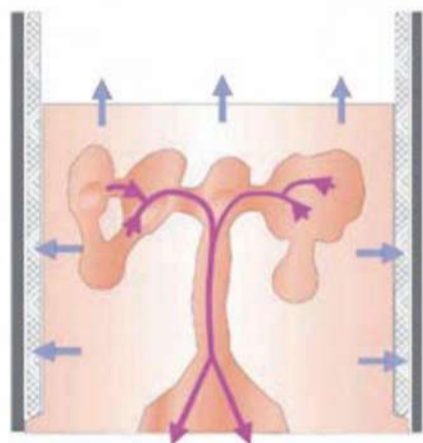


## Ускоренный нагрев

Формовочные смеси для режима ускоренного нагрева не являются принципиально новой разработкой. Их отличает возможность обжига смеси в муфельной печи, сразу прогретой до конечной температуры, а также содержание малого количества кристобалита в составе порошка и определенного сорта кремниевого золя в качестве жидкости для смешивания. В остальном эти так называемые ускоренные формовочные смеси не отличаются от других. Они также могут нагреваться линейно (см. линейный предварительный нагрев). Образование окиси магния вследствие несколько измененного состава этой формовочной массы позволяет достичь более высокой температуры схватывания, благодаря чему примерно через 15 - 20 минут форму можно устанавливать в камеру печи, прогретую до конечной температуры.

Основным фактором для достижения высокой точности припасовки при ускоренном литье является муфельная печь. Она должна иметь четырехсторонний нагрев и объем камеры не более 3 л. Камера печи выполняется из шамотной керамики с закрытыми нагревательными элементами для равномерного распределения тепла. Печь должна иметь достаточную теплоемкость, чтобы испаряющаяся влага и одновременное сгорание остатков моделировочных материалов не вызвали снижения температуры.

### Временной режим при ускоренном нагреве



Испарение с наружной поверхности формы и из литейной полости

При ускоренном нагреве нужно учитывать, что только примерно одна треть объема жидкости испаряется с наружной поверхности формы. Остальная влага испаряется изнутри через литниковый канал и воронку, препятствуя полному сгоранию остатков моделировочного материала в пустотах формы. И только выше температуры 120°С в центре формы весь моделировочный материал расплавится и испарится без остатка, обеспечив получение высококачественной поверхности отливки при методе ускоренного нагрева.

Собранную форму ставят в печь, подогретую до 900°С, причем температура в камере печи при этом должна понижаться как можно меньше. Чем быстрее температура вновь возвращается к необходимым 900°С, тем лучше результат, достигаемый ускоренным нагревом. При ускоренном нагреве также необходимо достичь температуры 900°С в центре формы, чтобы происходило спекание кварца и благодаря этому возникала идеально гладкая поверхность. Обратимость свойств кварца способствует оптимальной точности припасовки отлитой конструкции в последствии.

Если Вы хотите, чтобы ускоренный нагрев способствовал точному воспроизведению моделировки в литье и хорошим результатам припасовки, необходимо учесть определенные недопустимые операции:

- Формы устанавливают в печь только при 900°С и в процессе нагрева ни в коем случае не добавляют следующие холодные формы. Только если одновременно прогретые формы уже отлиты, можно заново загрузить муфельную печь. Чем быстрее собранная форма нагревается в процессе предварительного прогрева, тем выше точность литья.

Если форму X6 при 900° C ставят в муфельную печь, в центре формы температура достигнет значения 900° C через 50 минут. Однако если ту же самую форму поставить в печь, прогретую до 700° C, то понадобится уже 65 минут времени нагрева для достижения температуры 700° C в центре формы. Причина этого в том, что при менее интенсивном температурном воздействии на форму процесс испарения протекает гораздо медленнее и скорость повышения температуры формы составит 1°С /мин.

Собранная форма должна находиться в камере печи при температуре 900 ° C до тех пор, пока она не достигнет такого же значения температуры в центре формы. Здесь, в противоположность линейному нагреву или технике пересадки, содержание жидкости в формовочной смеси не имеет большого значения, так как высокая температура ускоряет испарение и избыточная влажность в камере печи настолько велика, что различия практически незаметны. Последующая выдержка при нагреве обязательна для всех видов формовочной смеси.

Время нагрева при температуре печи 900° C:

При ускоренном нагреве формы со стальной кольцевой опокой и вязкой прокладкой

Форма <b>X3</b>	40 мин.
Форма <b>X6</b>	50 мин.
Форма <b>X9</b>	60 мин.



Для ускоренного нагрева подходят формы со стальным опоковым кольцом и синтетической прокладкой. Эта комбинация замедляет перенос тепла в формовочную смесь. Возникает контролируемое испарение и, таким образом, равномерное прогревание формы примерно до 400° С. После 400° С собранная форма с кольцом и синтетической прокладкой набирает температуру с такой же скоростью, как и форма без опокового кольца.

При уменьшении времени вакуумного смешивания на 30 - 40 секунд ускоренную формовочную массу без стального опокового кольца и вязкой прокладки можно ставить в муфельную печь с конечной температурой более 800° С без угрозы растрескивания или разрыва формы.

Этот метод обеспечивает однородность и качество наружной поверхности, а также точность припасовки. Периоды выдержки формы со стальным кольцом или без кольца идентичны. Температура печи не влияет на продолжительность периодов выдержки. Если, например, собранную форму по причине нехватки времени устанавливают в печь при температуре всего лишь 700°С, замедляется интенсивность испарения и необходимо значительно больше времени для прогрева центра формы независимо от ее вида (с кольцом или без), но время выдержки по достижении рекомендованной температуры практически не изменяется.

### Рекомендованный ускоренный нагрев при форме без кольца без сокращения времени смешивания:

Муфельная печь с  
четырёхсторонним нагревом  
измерительными датчиками.



нагрев при 900° C

с полной мощностью  
линейно

загрузка при 700° C

Форма Х3 40 мин.

Форма Х6 50 мин.

Форма Х9 60 мин.

Если ускоренный нагрев проводят для формы без кольца, нет необходимости изменять время смешивания формовочной смеси, но температура печи на момент загрузки формы должна быть не менее 700° C и дальнейший нагрев печи до 900° C проводят с максимальной скоростью. Время ускоренного нагрева, согласно шкале, изменяется при этом

**Х3** добавить ≈ 10 мин.

**Х6** добавить ≈ 15 мин.

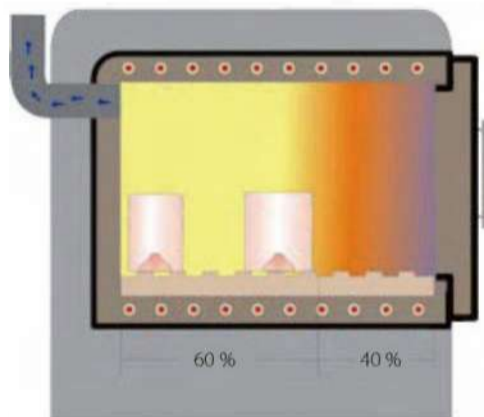
**Х9** добавить ≈ 20 мин.

Окружающая среда оказывают влияние как на физико-химическую последовательность изменений в формовочной массе, так и на качество ускоренного нагрева.

Вполне понятный и объяснимый в процессах нагревания при испарении жидкости и образовании высокотемпературной пробки кристобалитный скачок при достижении формой определенной температуры, в области превращения кварца ранее считался невозможным.



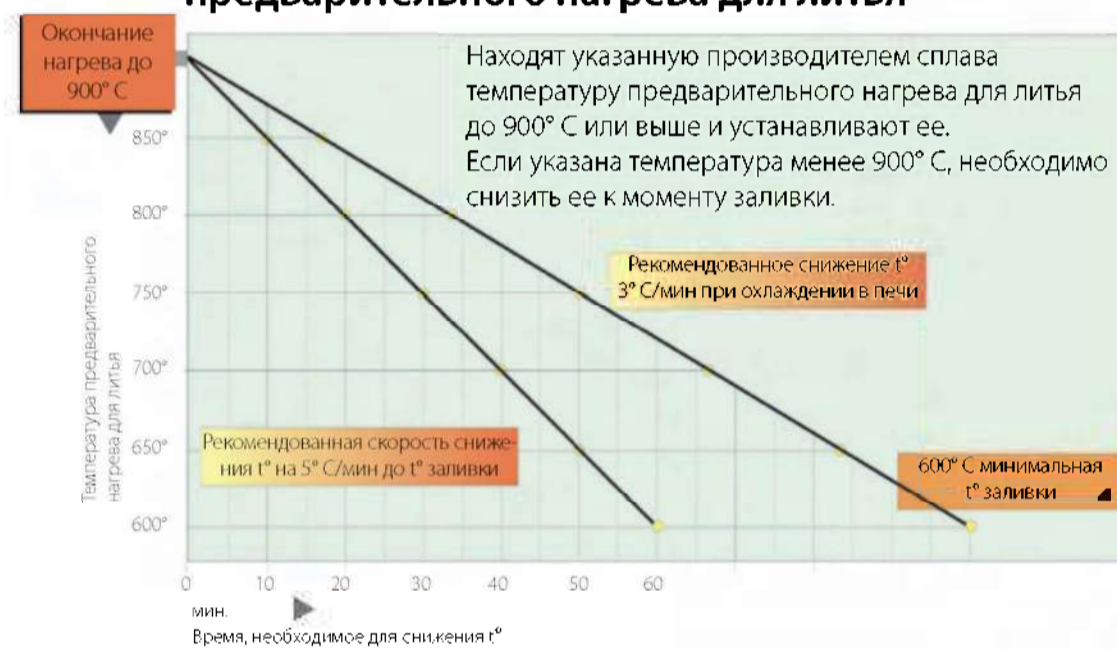
**При методе быстрого нагрева занимают только заднюю часть печи**



Очень равномерная и быстрая аккумуляция тепла и теплообмен способствуют термическому видоизменению кварца. В этом случае, как и при превращении кристобалита, имеет место кварцевый скачок. Благодаря этому можно (при правильном для данной формовочной смеси термическом режиме) отливать каркасы большой протяженности и цельнолитые вторичные конструкции методом быстрого нагрева. Собранную форму (или несколько) ставят в камеру печи с температурой предварительного нагрева заливочной воронкой вниз на рифленую пластину. Муфельная печь должна оставаться закрытой во время всего прогревания формы. В это время нельзя ставить в печь новые формы, иначе прерываются физико-химические процессы преобразования (что особенно отражается на кварцевом скачке и ведет к значительным отклонениям в результате). При установке в камеру печи дополнительных холодных форм, температура заливки, рекомендованная фирмой-производителем, в ранее установленных формах за указанное время не достигается.

Собранная форма при ускоренном нагреве должна быть установлена только в задней области камеры печи. Передние 40% объема до печной дверцы должны оставаться свободными. В этом пространстве температура слишком быстро падает и очень медленно поднимается, т.е. надолго "зависает" и не достигает в центре формы температуры предварительного нагрева. В форме возникает большая разница температур, что впоследствии приводит к напряжениям в отливке и проблемам с припасовкой.

## Настройка требуемой температуры предварительного нагрева для литья



Время процесса при ускоренном нагреве гипсовой формочной смеси

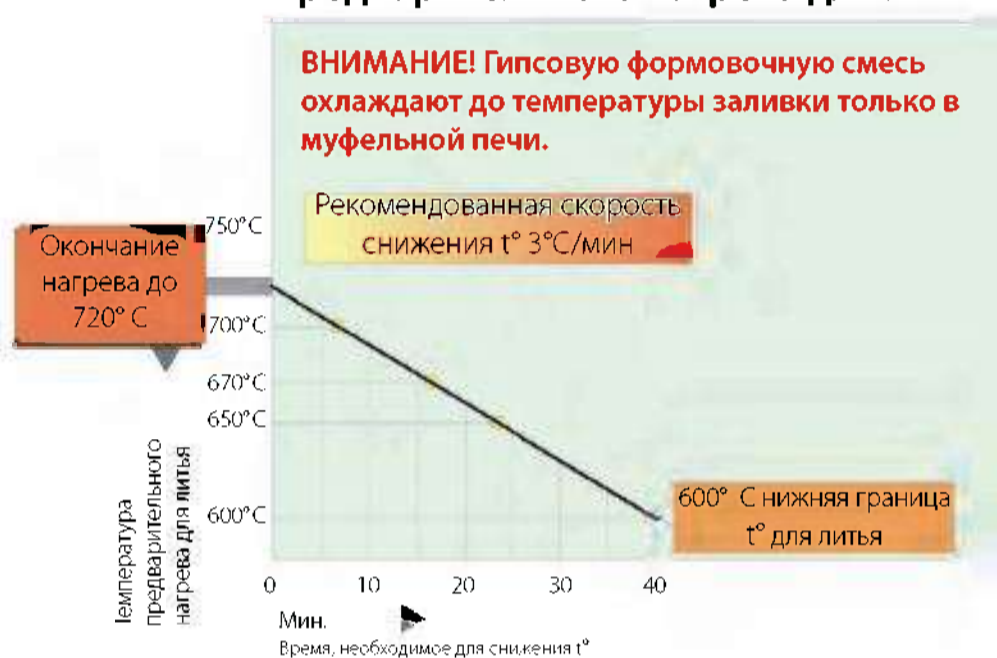
<b>Форма X3</b>	<b>50 мин.</b>
<b>Форма X6</b>	<b>60 мин.</b>
<b>Форма X9</b>	<b>70 мин.</b>

### Ускоренный предварительный нагрев для гипсовых формочных масс

Гипсовые формочные смеси также могут быстро прогреваться за счет уменьшения содержания кристобалита. Однако в этом случае нельзя устанавливать форму в печь с температурой выше 720° C, так как она теряет прочность и приобретает склонность к растрескиванию. Гипсовая формочная смесь может быть использована при температуре до 720° C включительно.

Вследствие более высокой плотности для формочных смесей этого типа необходим более продолжительный период выдержки при снижении температуры печи до 720° C. Затем прогрев формы должен быть снижен в муфельной печи до требуемой температуры литья, если она не достигает 600° C. Во избежание образования серы, наивысшая температура предварительного прогрева составляет 670° C.

## Настройка требуемой температуры предварительного нагрева для литья



### Муфельная печь с четырехсторонним подогревом и циркуляцией воздуха

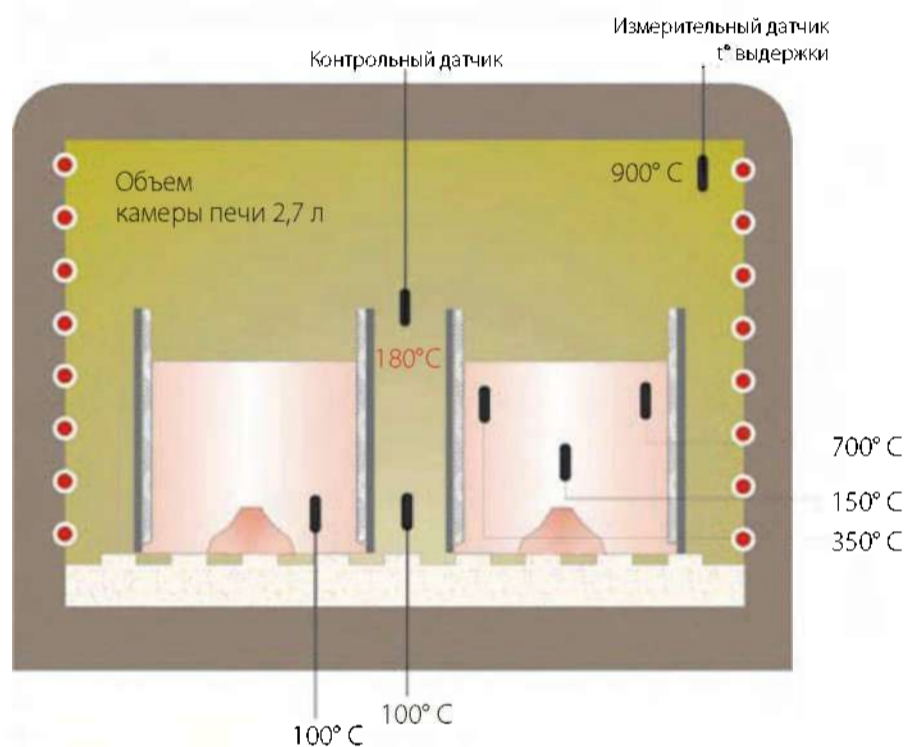


### Для ускоренного предварительного нагрева не подходят:

Печи с циркуляцией воздуха непригодны для ускоренного предварительного нагрева. Считается, что из-за внутренней циркуляции воздуха в камере печи повышена влажность и время сгорания испарений слишком велико. Вследствие этого резко снижается температура в камере печи. С учетом величины камеры печи необходимо увеличить время для достижения температуры предварительного нагрева.

Даже если циркуляцию воздуха выключают, такие печи из-за большого объема камеры не отвечают требованиям технологии, так как в них очень сильно падает температура и слишком продолжительный процесс нагрева. Эта особенность печи вызывает в пределах формы очень большой градиент температур по сечению и, в соответствии с этим, результат литья оказывается неудовлетворительным.

Муфельная печь с двусторонним подогревом и открытыми нагревательными спиралями



**Для ускоренного предварительного нагрева не подходят:**

Абсолютно непригодны для ускоренного предварительного нагрева печи с двусторонним нагревом камеры. Под влиянием влажности и сгорания испарений эффективность теплового излучения снижается и в центре печи температура быстро падает. Так как дно камеры не нагревается, отсутствует теплообмен за счет восходящих потоков горячего воздуха, и температура резко снижается от центра печи к плите основания. В форме возникает градиент температур, что ведет к значительным напряжениям в расширяющейся формовочной массе. Это также не способствует удовлетворительным результатам. Установленных значений температуры (указанных красным цветом) достигали при таком предварительном нагреве после 40 мин. (обе формы размера X6).

## Показательный практический пример взаимосвязи предварительного нагрева и последующей точности припасовки



Рис. 1: Частичная коронка



Рис. 2: Частичная коронка

Боковую частичную коронку ( см. рис. 1) моделировали на пластмассовой культе, снабжали правильной литниковой системой, и использовали форму со стальным опоковым кольцом размера SX3. Была выбрана фосфатная формовочная смесь с соотношением 160 г порошка /37 мл жидкости.

Для сравнения с опубликованными ранее данными, вторую частичную коронку (см. рис. 2) моделировали на той же самой культе, и также использовали форму размером SX3 со стальным опоковым кольцом и вязкой прокладкой. Для обеих работ в вакуумном смесителе, в полном соответствии с инструкцией, были одновременно смешаны 320 г порошка и 80 мл жидкости. Затем обе формы SX3 заполнили этой массой. Когда температура схватывания формовочной массы достигла примерно 85°C, формы после выдержки 20 мин. поставили в 2 различные муфельные печи и нагрели согласно инструкции до 800° С следующими способами:

- со скоростью нагрева 8° С/мин до 300° С, выдержка 60 минут
- со скоростью нагрева 8° С/мин до 580° С, выдержка 30 минут



Рис. 3: Частичная коронка



Рис. 4: Частичная коронка

Использовали выгораемую лигатуру желтого благородного сплава. Для него фирма-производитель рекомендует предварительный нагрев собранной формы до температуры 800° С.

Эта температура предварительного нагрева достигается непосредственно во время работы с учетом предписанных ступеней выдержки, без повышения температуры до 900°С, а именно:

по окончании выдержки при 580°С повышение температуры со скоростью 8° С/мин до 800° С с последующей выдержкой 30 мин.

Литье выполняли на индукционной вакуумной установке. Плавление сплава велось при заданных производителем технологических параметрах и отливки выполнялись литейным устройством автоматически.

После разборки формы и пескоструйной обработки, частичную коронку примеряли на модели. Результаты можно увидеть на расположенных рядом иллюстрациях.

**Рис. 3:** Край коронки неправильно соотносится с пришеечным отделом культи.

**Рис. 4:** Отчетливо видно неудовлетворительное качество края коронки на границе с пришеечным участком культи. Теперь эту частичную коронку с большими трудозатратами и потерей времени необходимо шлифовать абразивными инструментами.



Рис. 5: Частичная коронка



Рис. 6: Частичная коронка

Для литья второй частичной коронки в отдельной форме использовали ту же самую выгораемую лигатуру желтого благородного сплава.

Температуру предварительного нагрева в муфельной печи в соответствии с инструкцией после 2 выдержек плавно подняли до  $900^{\circ}\text{C}$ , и по окончании следующей выдержки (см. табл. на с. 2.32) снизили до температуры литья  $800^{\circ}\text{C}$ . Та же литейная установка автоматически выполнила литье с параметрами, идентичными первой отливке. После разборки и пескоструйной обработки частичной коронки оценили краевое прилегание на модели.

**Рисунки 5 и 6** показывают точное соответствие края коронки и пришеечного участка культи, причем края коронки специально не обрабатывали. При большом увеличении Вы можете увидеть разницу в прилегании краев коронок на **рис. 6** и на **рис. 4** (см. с. 2.47, когда формовочная смесь была подогрета только на  $800^{\circ}\text{C}$  без предварительного нагрева до  $900^{\circ}\text{C}$ ). Частичная коронка, отлитая в форме, прогретой до  $900^{\circ}\text{C}$  и после этого охлажденной до  $800^{\circ}\text{C}$ , точно соответствует размерам культи и не нуждается в обработке.



Рис. 7: Телескопическая коронка



Рис. 8: Телескопическая коронка

Насколько важен процесс предварительного нагрева для точности припасовки, еще отчетливее показывают различия при повторении вышеописанного эксперимента для литья вторичной телескопической коронки. Чтобы все параметры были сравнимыми, взяли ту же самую формовочную массу (но с 80 % жидким концентратом) и также смешали по инструкции в емкости для 2 форм SX3.

Для обеих внешних телескопических коронок использовали, как и в предыдущей работе, ту же самую выгораемую лигатуру желтого благородного сплава. Литье выполняли в той же самой литейной установке (также автоматически) при соблюдении идентичных параметров (указанных производителем сплава). Температуру предварительного нагрева формы с внешней телескопической коронкой подводят непосредственно к температуре литья 800° С (с предписанными паузами выдержки до 580° С) и после 30 минут отливают. Формовочная смесь в процессе обжига не достигла температуры 900° С.

На **рис. 7** отчетливо видна узкая щель при наложении вторичной телескопической коронки.

На **рис. 8** отчетливо видно, что край коронки не соответствует требованиям. Эта телескопическая коронка может быть припасована при больших затратах времени и труда, причем действительно оптимальное соответствие так и не будет достигнуто.



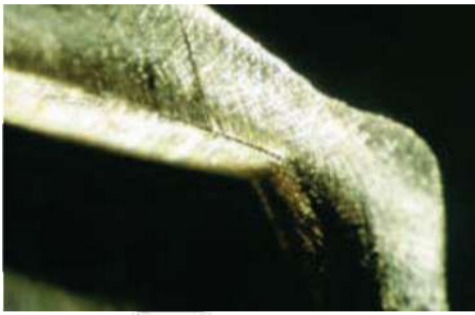


Рис. 9: Телескопическая коронка



Рис. 10: Телескопическая коронка

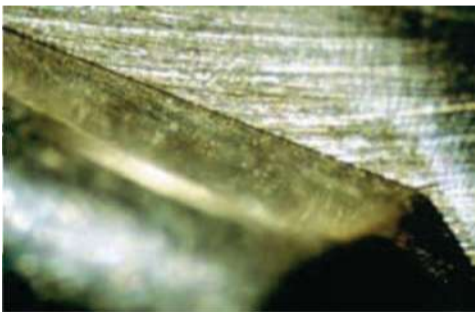


Рис. 11: Телескопическая коронка

Функция телескопического фрикционного (с использованием силы трения) крепления обусловлена как можно более плотным и равномерным контактом прилегающих поверхностей, и точным прилеганием края коронки. Благодаря наличию влаги в полости рта и плотности прилегания наружной и внутренней металлических конструкций, между ними возникает адгезия.

На **рисунках 9 и 10** увеличенные в масштабе 1:50 и 1:100 участки телескопического крепления, изображенного на **рисунках 7 и 8** (см. с. 2.49). Отчетливо видно отсутствие плотного контакта между металлическими деталями. Из-за жевательного давления в телескопической коронке возникает относительно высокая подвижность, так что несмотря на надлежащее краевое прилегание сила фиксации быстро снижается.

Для достижения оптимальной точности и функциональной полноценности, недопустимы никакие компромиссы в процессе предварительного нагрева, так как именно он влияет на качество припасовки телескопической коронки.

Насколько точно телескопическая коронка может быть припасована между первичной и вторичной коронкой, показано на **рисунках 11 и 12**. Единственное отличие при литье этой конструкции заключается в том, что температура предварительного нагрева составила немного более 900° С и затем собранная форма остыла до температуры 800° С в муфельной печи.

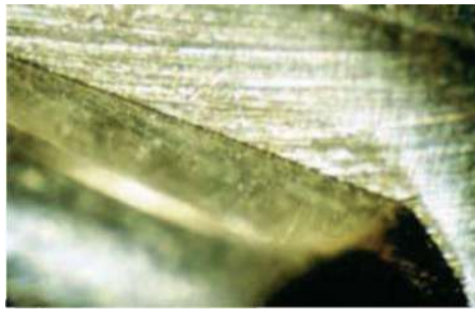


Рис. 12: Телескопическая коронка

Благодаря спеканию кварца достигается значительное улучшение внутренней поверхности формы и, соответственно, высокой точности литья. Очевидно, что точность литья определяется при припасовке и возможна благодаря знанию специальных основ. Не замена материалов приводит к успеху, а углубление собственных специальных знаний. Нет материалов и технологий, которые могут заменить уровень подготовки.

При использовании для изготовления подобных конструкций (в особенности – телескопических коронок) сплавов неблагородных металлов, необходимо регулировать количество жидкости и замешивать формовочную массу значительно более густой консистенции, чем при литье благородных сплавов. Высокая плотность расположения частиц густой формовочной смеси гарантирует такую же точную припасовку при изготовлении телескопической конструкции, как при использовании благородного металла. Однако это должна быть очень мелкозернистая формовочная масса для литья коронок и мостовидных протезов, как например Brevest Rapid или Brevest C+V Speed.

Если зубной протез плотно, без зазора, прилегает к отпрепарированной культе, никогда не возникнут коррозионные изменения, наносящие ущерб качеству протеза и здоровью пациента.

## Раздел 3 | **Литье**

	Страницы
Введение .....	3.3
Правильный выбор материалов .....	3.4
1. Плавка литейных сплавов.....	3.6
1.1. Плавка открытым пламенем.....	3.7
1.2. Плавка в печах нагрева электросопротивлением.....	3.11
1.3. Плавка в индукционных печах .....	3.12
1.4. Плавка в дуговых печах .....	3.14
Выбор материала тигля .....	3.14
Флюс .....	3.17
2. Сравнение способов литья .....	3.18
2.1. Центробежное литье.....	3.19
2.2. Вакуумное литье .....	3.22
Обзор способов литья .....	3.25
Сравнение результатов литья .....	3.26
Практическое применение литья .....	3.31

## Введение

Основой каждого зубного протеза является его индивидуальное изготовление в соответствии с требованиями врача-стоматолога. Каждый вид зубного протеза – вкладка, накладка, одиночная коронка, каркас мостовидного протеза малой или большой протяженности, цельнолитая съемная вторичная конструкция – это индивидуально выполненный из воска объект, который служит основой для замещения дефектов твердых тканей либо утраченных зубов, как можно более точно соответствуя оригиналу по медицинским показаниям и желанию пациента.

Самыми важными определяющими параметрами зубного протеза можно считать функциональность, эстетичность и биосовместимость. Использование материалов, не соответствующих этим требованиям, недопустимо. Каркасы зубных протезов моделируют на рабочей модели, соответствующей клинической ситуации в полости рта, из воска или специальной пластмассы. Самый экономичный и, вследствие этого, наиболее часто применяемый метод изготовления этих индивидуальных фиксируемых во рту каркасов из металла – литье. Изготовленные из воска или моделировочной пластмассы каркасы фиксируют в несгораемой и термостойкой формовочной смеси.

Вспомогательные материалы выплавляются и сгорают в процессе предварительного нагрева литейной формы в муфельной печи. Благодаря этому в формовочной массе образуется соответствующая оригиналу полость, в которую заливают выбранный для изготовления зубного протеза биосовместимый сплав.

## Правильный выбор материалов

Первый шаг к изготовлению биосовместимого зубного протеза - это выбор соответствующего материала или сочетания материалов. Различные сплавы или вспомогательные материалы не всегда могут быть совмещены в зубном протезе. Совместимость протеза и организма человека достижима при одном условии: если они не оказывают обоюдного вредного воздействия. В разных сплавах неблагородные составляющие части, как активные вещества, должны быть принципиально идентичны, чтобы избежать двухфазности каркаса. Выбор правильных сочетаний материалов обязательно должен согласовываться зубным техником с заказчиком – врачом-стоматологом – так как он несет ответственность за состояние протеза и пациента.

### **Результаты должны повторяться**

Однако даже лучший материал для литых каркасов только в том случае может быть совместим с достаточно агрессивной средой полости рта, если он правильно выбран, обработан и отлит. Исследования отдаленных результатов лечения показали, что зубной протез оказывает негативное влияние на пациента преимущественно при нарушении технологического процесса или ошибочном сочетании материалов. Любой самый хороший и коррозионностойкий сплав можно сделать двухфазным, допустив ошибку в технологическом процессе, или получить сплав с разрозненными структурными составляющими, что приводит к неоднородности отливки. Следствием таких ошибок является изменение состояния полости рта и нанесение ущерба здоровью пациента в целом.

### **Следует устранять не симптомы, а причину**

Симптомы воздействия сплава зубного протеза на пациента - это наличие в ротовой жидкости ионов металлов или растворившихся составляющих компонентов сплава. Причиной может служить неточность способа литья или различное качество несовместимых друг с другом материалов. Мы должны устранять симптомы для улучшения самочувствия и настроения пациента. Но необходимо также ликвидировать и причину. Только в этом случае можно устранить гигиенические нарушения и восстановить полноценность больного. Из всех пациентов, которые ощутили на себе негативное воздействие сплава зубного протеза, лишь малое количество страдает истинной аллергией на металл. Если с течением времени образуется аккумуляция ионов тяжелых металлов в полости рта, вызванные ими микротоки создают патологическую ситуацию. На сегодняшний день нет однородного биосовместимого материала, так как это только сырье для зубного техника при изготовлении зубного протеза. Полость рта – это биотип\*, с которым должен быть абсолютно совместим протез, изготовленный зубным техником. Это же касается и вспомогательных материалов (фиксирующий цемент и т.д.)

## 1. Плавка литейных сплавов

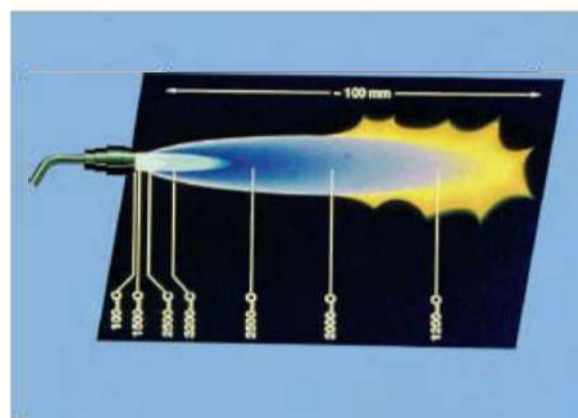
Для литья сплав необходимо расплавить. Это нужно делать как можно осторожнее, постепенным равномерным нагревом. Температура нагрева, при которой сплав начинает плавиться, называется «точка солидуса». При дальнейшем нагреве сплав разжижается все больше, до расплавления последних зерен кристаллов, и становится жидким. Этот момент обозначается как «точка ликвидуса». Однако для достижения оптимальной текучести и как можно более мелкозернистой структуры, сплав перед литьем должен быть перегрет.

Состояние сплава между точкой ликвидуса и точкой заливки называется «жидкий расплав». Точка заливки не может быть превышена, иначе расплав излишне перегревается и при его охлаждении в кристаллической структуре литья возникают лейциты. Это приводит к образованию грубых дендритных структур в отлитом каркасе. Необходимо принять во внимание, что при плавлении металла точка заливки должна быть выдержана как можно более точно. Только тогда гарантировано получение чистой структуры оптимальной консистенции в отлитом металлическом каркасе.

**Виды плавки:**

## **1.1. Плавка открытым пламенем**

Одна из возможностей расплавить сплав – это использование открытого пламени. В этом случае применяют гомогенную газовую смесь пропана и кислорода.



**Для этой цели  
не подходят:**

- паяльная горелка
- поверхностная паяльная горелка
- сварочная горелка

**Подходит:**

- плавильная горелка

Пламя, выходящее из сопла плавильной горелки, должно быть окрашено в синий цвет и иметь форму вытянутого диска. Газово-кислородная смесь при сгорании дает настолько высокую температуру ( $\approx 3000^\circ\text{C}$ ), что все примеси без остатка сгорают в ядре пламени и не происходит науглероживание расплавляемого металла.



#### Установка давления:

Для регулировки пламени требуется присоединить шланги для кислорода и газа с редукционными клапанами к наконечнику горелки.

#### Установка давления

**Кислород - 2 бара**

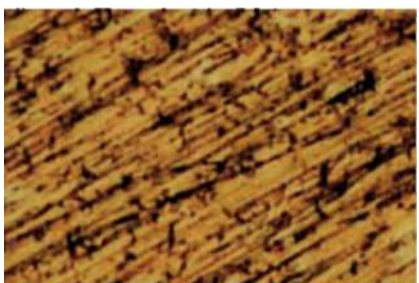
**пропан - 0,5 бар  
(природный газ / ацетилен)**



**Эта основная установка  
пригодна для всех  
зубопротезных сплавов**



Дендриты и хрупкие включения в структуре при избытке кислорода в пламени



Видимые образования углерода в структуре при микрофотосъемке

Если сплав расплавляют открытым огнем, пламя должно быть правильно отрегулировано. При неправильно установленном давлении кислорода нарушается однородность пламени. Повышается содержание кислорода или водорода в сплаве, что приводит к образованию хрупких и дендритных структур.

При повышенном давлении газа возникает слишком быстрое истечение пламени, что приводит к повышенному науглероживанию расплава и делает сплав непригодным.

Идеальное пламя можно получить только при давлении кислорода 2 бара и газа 0,5 бар..

### **Установка пламени**

Чтобы защитить сплав от неконтролируемого перегрева открытым пламенем, следует работать с избытком газа  $\approx 10-15\%$ . Контролировать этот процесс можно визуально (см. изображение правильно настроенного пламени на с. 3.7).

Сначала зажигают огонь с небольшим количеством газа и кислорода, а потом открывают газовый вентиль до момента достижения правильной структуры пламени для расплавляемого сплава. Затем добавляют кислород до появления у сопла горелки короткой синей вершины пламени в форме диска, но в то же время на вершине передней части пламени сохраняется красновато-желтая окраска, указывающая на избыток газа.

### **Контроль установки**

Настроенное пламя вносят, как при расплавлении сплава, в тигель. Немедленно должна появляться красновато-желтая окраска при обратном выдувании пламени. Это признак правильно настроенного пламени.

### **Структура пламени**

*Золотые литейные*

*сплавы*

стройное, продолговатое пламя с красновато-желтой окраской верхушки.

*Выгораемые*

*лигатуры*

стройное, но более длинное пламя сплавов с красновато-желтой окраской верхушки.

*Сплавы на основе палладия/неблагородные сплавы или сплавы для цельнолитых вторичных конструкций*

кустистое, более короткое пламя с красновато-желтой окраской верхушки

### **Плавка сплава**

Тигель обязательно должен быть прогрет в муфельной печи до необходимой температуры. Сплав компактно укладывают в тигле, причем вначале должен быть размещен свежий материал, а потом – вторично используемый. Золотые литейные сплавы и выгораемые лигатуры с высоким содержанием золота нельзя использовать повторно. Вначале тигель устанавливают в устройство для литья и еще раз хорошо нагревают пламенем. Сплав помещают в тигель и после этого устанавливают литейную форму.

При нагреве особенно обращают внимание на то, чтобы сплав не касалась синяя вершина пламени возле мундштука горелки, так как там температура достигает  $\approx 3000^{\circ}\text{C}$  и повреждает практически любой сплав. Воздействовать на сплав температурой можно переменным, изменяя расстояние между огнем и сплавом.

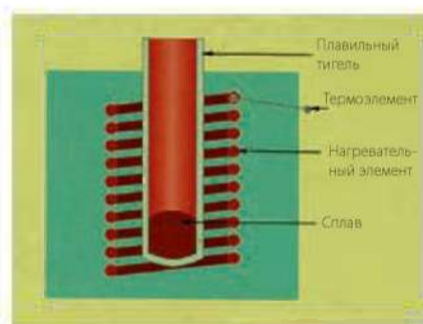
### **ВНИМАНИЕ !**

Очень важно для управления нагревом совершать постоянное вращательное движение пламенем по наружной поверхности сплава. Это оказывает равномерное влияние на нижнюю часть расплава и позволяет достичь оптимального плавления. Вращательное движение нужно проводить до тех пор, пока расплавленный металл не сбегается в компактную сферическую форму, реагирующую на движение пламени. благородный металл нагревают дольше, пока оксидный слой не исчезает полностью. Расплав литейных сплавов благородных металлов или сплавов для литья на моделях должен приобрести сферическую форму. После этого он приобретает подвижность, сохраняя форму шара, становится текучим и может быть залит в литейную форму.

### **ОСТОРОЖНО! ИЗБЕГАЙТЕ ОШИБКИ**

Вращательное движение пламени ни в коем случае нельзя прекращать во время плавки, иначе на дне тигля образуются обильные отложения углерода, которые могут попадать в расплав во время литья, или сплав прогревается неравномерно, и возникают проблемы при его вытекании. Если очевидно, что точка заливки достигнута, сразу отводят горелку от расплава и включают устройство в режим литья.

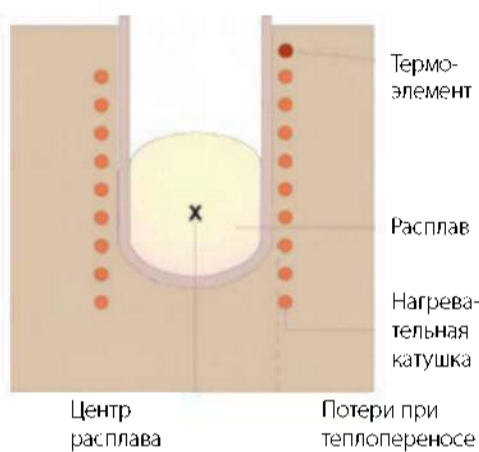
## **1.2. Плавка в печах нагрева электросопротивлением**



Плавка в печах нагрева электросопротивлением

Нагрев осуществляется за счет сопротивления нагревательной проводниковой катушки при прохождении электрического тока. Нагревательная катушка охватывает снизу приёмный лоток, в который вставлен тигель с расплавом. Тепло нагретой катушки передается на тигель и сплав. Регулируют температуру с помощью термоэлемента. В противоположность плавке открытым пламенем, в этом случае литье может быть проведено при регулируемой температуре. Показатель температуры нагревательного элемента зависит от потерь при переносе тепла на тигель с расплавом. Тепловая энергия, вырабатываемая нагревательной проводниковой катушкой, должна воздействовать на центр тигля со сплавом. В центре тигля расплав должен достигать температуры заливки для обеспечения оптимальных литейных свойств.

### Печь нагрева электросопротивлением



При переносе тепла нагревательной катушки к центру расплавляемого сплава, возникают потери тепла, которые необходимо компенсировать до достижения температуры ликвидуса ( $t^{\circ}_n$ ) сплава.

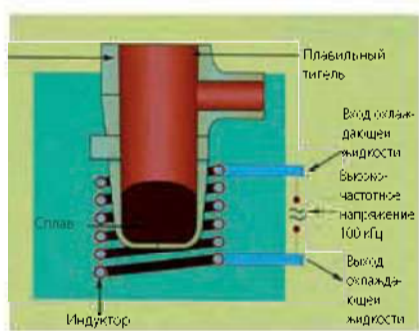
Пример:

**температура ликвидуса сплава ( $t^{\circ}_n$ ) 1050° C**  
**потери тепла при переносе 130° C**  
**температура литья 1180° C**

Потери тепла при переносе составляют примерно 130–150°С. Эта разница температуры обязательно должна приплюсовываться к  $t^{\circ}_n$  для установления правильной температуры в литейном устройстве.

Температуру литья устанавливают в терморегуляторе индивидуально для каждого сплава.

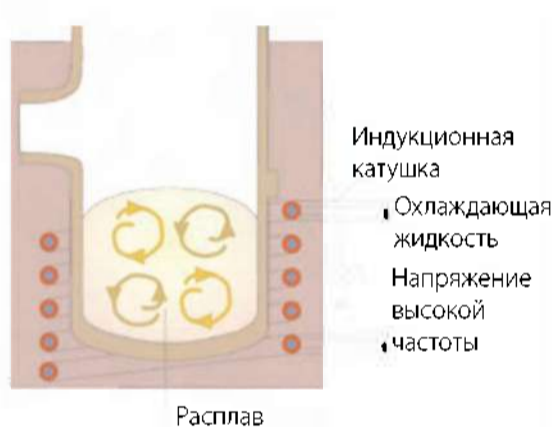
## 1.3. Плавка в индукционных печах



Индукционная плавка

Электropечь работает по принципу трансформатора, у которого первичной обмоткой является водоохлаждаемый индуктор, а вторичной обмоткой и одновременно нагрузкой – находящийся в тигле металл. Во время процесса литья индукционную катушку охлаждают жидкостью для предотвращения сгорания. Напряжение высокой частоты с индукционной катушки воздействует на расплавляемый сплав, внутри керамического или графитового тигля возникают вихревые потоки и переменное магнитное поле (в соответствии с тепловым законом Джоуля) нагревает сплав и приводит к его плавлению.

### Индукционный нагрев



Чем сильнее нагревается сплав, тем больше будет его сопротивление. При увеличении сопротивления (в соответствии с законом Ома), очень быстро повышается индукционное напряжение, и нагревание расплава ускоряется. Поэтому невозможно найти правильную температуру заливки без управления температурой при индукционной плавке золота или сплавов, содержащих золото.

По этой причине при плавке сплавов благородных металлов могут быть использованы только индукционные литейные устройства с регулируемым напряжением индуктора. Ускоренное возрастание напряжения на индукторе должно прерываться. Если индуктивное напряжение регулируемо, то можно точно устанавливать температуру литья. В этом случае нагревание сплава происходит не за счет переноса тепла, а тепло возникает в самом сплаве. Магнитная индукция образует завихрения, и расплав перемешивается в тигле. Это дает большое преимущество при повторном использовании остатка сплава для новой отливки.

При литье сплавов неблагородных металлов нет необходимости в управлении индуктивным напряжением. Инертное восприятие высокого напряжения при нагревании этих сплавов позволяет даже без регулировки точно определить температуру и начать процесс литья.



## 1.4. Плавка в дуговых печах

Электрическая дуга возникает между двумя электродами с постоянным током. Анод (отрицательный электрод) имеет водяное охлаждение и изготовлен из вольфрама. Это подвижная конструкция при плавке. Катод (положительный электрод) находится в основании тигля. Во время процесса плавки оба электрода сближаются до тех пор, пока между ними не возникает электрическая дуга постоянного тока и соединяет их. Эта электрическая дуга имеет температуру  $\approx 4000^\circ\text{C}$  и может создавать опасность перегрева расплава.

При этом контролируемое и повторяемое расплавление сплава невозможно. Этот метод непригоден для плавки благородных сплавов, так как в отливке образуется большое количество дендритов и хрупких структур.

## Выбор материала тигля

Для изготовления тиглей могут использоваться только те материалы, которые никак не взаимодействуют с расплавом в процессе литья и не изменяют таким образом его состав). В зубопротезной технике два материала не вступают во взаимодействие с используемыми сплавами. Это графит и керамика.



Графитовый тигель

### Графитовые тигли

Графитовые тигли используют преимущественно при литье золота или выгораемых лигатур с высоким содержанием золота. Так как графит в сочетании с кислородом образует защитный газ в процессе плавки и предотвращает или, по меньшей мере, сокращает образование оксидов в сплаве, эти тигли имеют ограничения по сроку годности из-за угара. Графитовые тигли не могут применяться для всех сплавов. Их нельзя использовать при плавке сплавов на основе палладия из-за науглероживания расплава. Вследствие этого состав сплава значительно изменяется и он разбрызгивается. При спекании керамической массы на каркасе из науглероженного сплава, отмечается повышенное газообразование, приводящее к возникновению пор в керамике. Это ослабляет соединение керамики с металлом, приводит к изменению цвета протеза и значительно влияет на биосовместимость. В керамике возникают микропоры, заполненные оксидами металлов, что приводит к коррозии каркаса протеза в полости рта пациента и отдаленным реакциям в биотипе.

Особое внимание необходимо обращать на заданные производителем сплава параметры, указывающие, с каким видом тигля совместим сплав, чтобы предотвратить изменение состава сплава вследствие ошибочного выбора материала тигля. Литейные сплавы благородных металлов или сплавы для литья на модели не следует плавить в графитовых тиглях.





Керамический тигель для плавки открытым пламенем

### **Керамический тигель**

Сплавы на основе палладия плавят только в керамических тиглях, чтобы состав сплава не изменялся вследствие реакции с материалом тигля. Неблагородные металлические сплавы или сплавы для литья на модели на основе кобальта, хрома и молибдена, а также сплавы на основе никеля могут быть расплавлены также только в керамических тиглях. При плавлении сплава открытым пламенем или электрической дугой используют исключительно керамические тигли.

### **Керамический тигель с графитовым вкладышем**

Графит частично используют для керамических тиглей. Это разработанное производителями решение позволяет без проблем придать керамическому тиглю свойства графитового. Из-за сильного науглероживания тигель нельзя применять в качестве чисто керамического, если ранее его использовали с графитовым вкладышем. Это приведет к тем же самым нарушениям в составе сплава, как и при применении графитового тигля. В то же время в керамические тигли, которые уже использовались без графитового вкладыша, уже нельзя закладывать графит. В этом случае возникает реакция между графитовым вкладышем и остатками шлака в керамическом тигле.

## Флюс

Флюс состоит из серы и используется в зубопротезной технике при расплавлении сплава для защиты его от окисления. Флюс используют в зависимости от способа литья и от рекомендованного вида тигля.

### При плавке открытым пламенем

Флюс обязательно должен быть использован только в виде порошка. Вначале прогревают сплав до красного каления, после чего сверху равномерным слоем насыпают флюс. Затем сразу продолжают плавку.

### При плавке контактным нагревом

При применении графитовых тиглей нет необходимости в использовании флюса. Реакция между кислородом и графитом (вложенным в тигель) за продолжительное время плавки приводит к образованию защитного газового слоя, предотвращающего образование окисной пленки.

Если же плавку проводят в керамическом тигле, то применение флюса является обязательным, так как в этом случае защитный газовый слой отсутствует. Вследствие увеличения времени нагрева, здесь лучше подходит гранулированный флюс.

### **При индукционной плавке**

При индукционной плавке золота или выгорающих лигатур желтых сплавов с высоким содержанием золота обязательно нужен флюс, даже при использовании графитового тигля или графитового вкладыша в тигель. Расплав не нагревается настолько быстро, чтобы возникло достаточное количество оксидов углерода для образования защитного газового слоя. В этом случае используют серу в виде порошка, что позволяет быстрее и равномернее изолировать расплав. Порошок насыпают только после предварительной плавки. После этого форму кладут и выливают расплав. Белые сплавы с выгорающей лигатурой, которые плавят в керамических тиглях, не нуждаются ни в каком флюсе. При расплавлении литейных сплавов неблагородных металлов или сплавов для литья на моделях флюс не применяют вообще.

## **2. Сравнение способов литья**

Для заполнения литейной полости расплавом в зубопротезной технике применяют два способа литья: центробежное и вакуумное. Статический способ заливки, при котором сплав нагревается в изложнице и в жидком состоянии расплав затекает по литниковому каналу в литейную полость собранной формы только под воздействием силы тяжести, не подходит для изготовления каркасов зубных протезов.

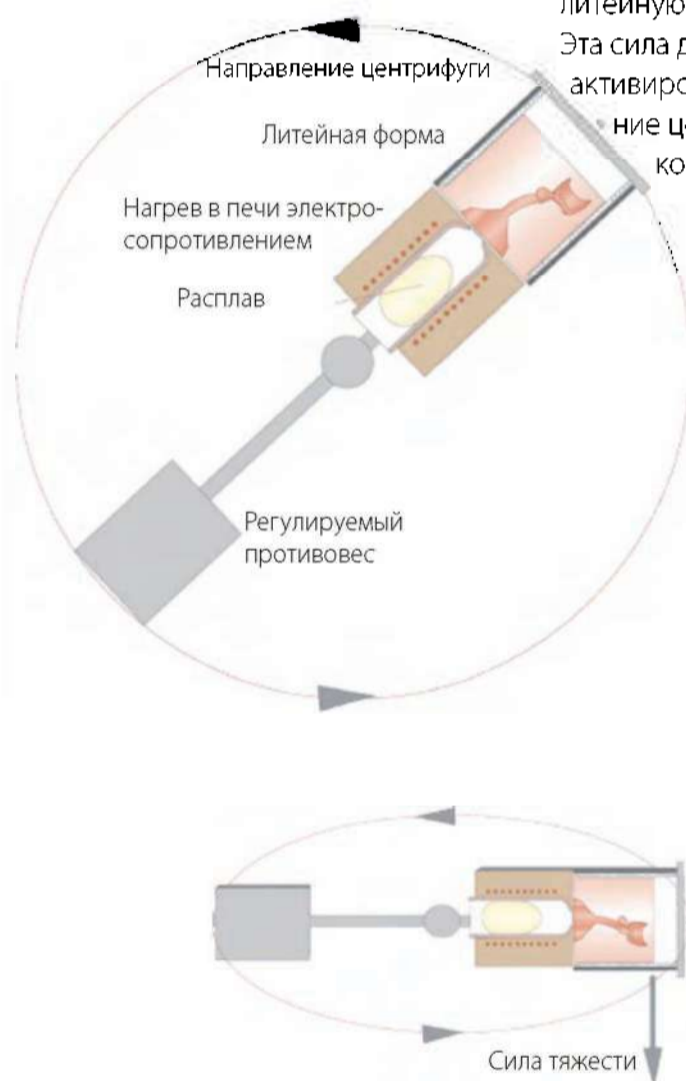
## 2.1. Центробежное литье

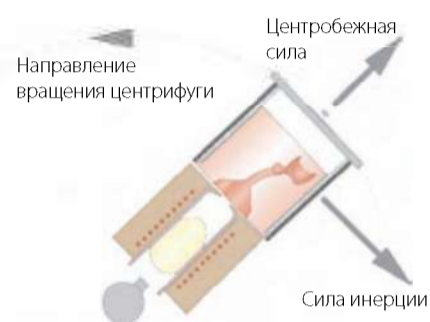
При этом способе литья сплав может быть расплавлен по выбору: открытым пламенем, в печи сопротивления, индукционным или дуговым нагревом. Когда сплав разжижен и достигнута необходимая температура литья, он заполняет литейную полость под воздействием центробежной силы. Эта сила действует на расплав со стороны центрифуги при активировании движения привода кронштейна. Вращение центрифуги происходит в горизонтальной плоскости.

Заполнение формы расплавом происходит при вращении привода центрифуги и влиянии трех разнонаправленных действующих сил. Основное воздействие оказывает центробежная сила. Она направлена наружу при вращении привода кронштейна центрифуги. Так как привод центрифуги приводится в движение по горизонтали, на нее действует также вторая, всегда противоположная, сила – сила тяжести.

Чем больше плотность, тем активнее действует сила тяжести. Ее величина будет зависеть от удельного веса и от массы расплава.

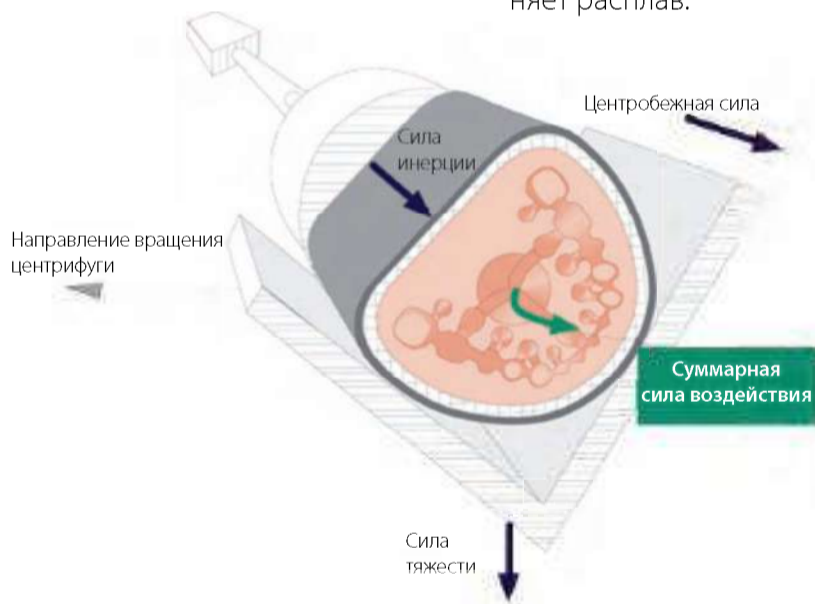
Центрифуга с тиглем (вид сверху)

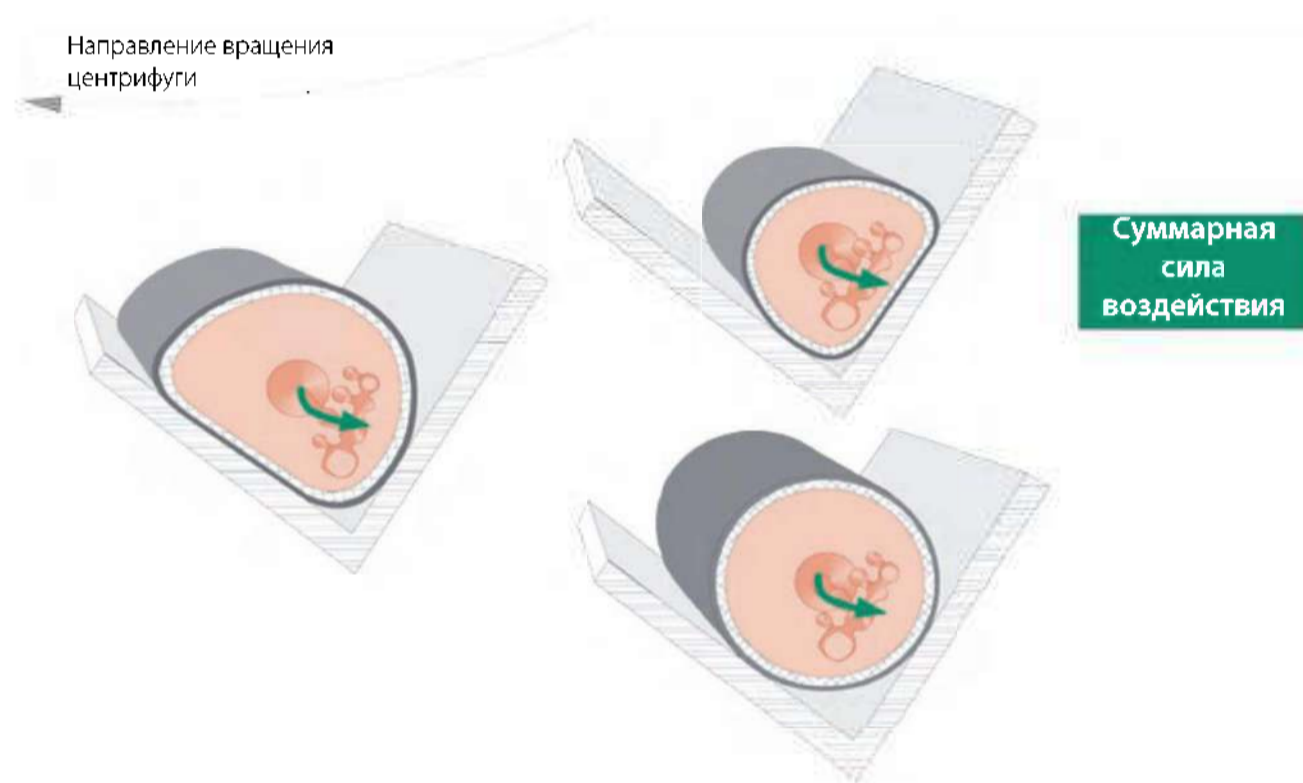




Направление действия центробежной силы зависит от направления движения кронштейна центрифуги. При вращении центрифуги влево центробежная сила действует вправо. Значение центробежной силы будет определяться плотностью сплава и скоростью вращения центрифуги.

Расплав под воздействием силы тяжести (действующей в соответствии с законом всемирного тяготения) и силы инерции (она возникает вследствие пространственного движения, по величине равна центробежной и действует вниз, наружу и вправо или влево) заполняет литейную форму. Если эти силы взаимосвязаны, то расплав затекает по самому короткому пути под углом  $45^\circ$  против вращения центрифуги вниз вправо в литейную полость. Максимальное воздействие концентрации сил направлено снизу справа вверх влево, так как противодействие в этом направлении будет очень незначительным. После заполнения литейной формы, центробежная сила уплотняет расплав.





### Правильное положение формы в собранном виде при центробежном литье

Кронштейн центрифуги в начале вращения имеет непрерывно растущий крутящий момент для медленного затекания расплава на первом обороте, и самое позднее после второго оборота центрифуга должна набрать полную скорость вращения. Гомогенный расплав должен равномерно затекать при первом обороте и испытывать оптимальное давление для уплотнения на втором. Кронштейн центрифуги должен вращаться минимум 20 секунд, чтобы эффект охлаждения оказал влияние на залитую форму и способствовал уплотнению сплава, пока он не остыл и не затвердел.

## 2.2. Вакуумное литье

Для вакуумного литья подходят только закрытые процессы плавки с использованием печей нагрева сопротивлением или индукционного нагрева. Плавление в вакууме не повышает качество отливки. По этой причине предварительный прогрев сплава проводят без вакуума, создавая его только во время основной плавки и заливки после достижения температуры литья.

Вакуум создает разрежение воздуха в литейной полости, уменьшая сопротивление воздуха для заполнения ее расплавом в процессе литья.

Вследствие этого расплав заполняет около 90% литейной полости под действием вакуума и силы тяжести. Однако вакуум – это полностью безвоздушное пространство, а разреженное воздушное пространство не является вакуумом. По этой причине необходимо давление не менее 2,5 бара, чтобы вдавить расплав в литейную форму для заполнения остальных примерно 10% пустот, в которые он не вошел под действием вакуума и силы тяжести. Прилагаемая сила давления для уплотнения сплава должна составлять (в зависимости от величины формы в собранном виде) от 3,0 до 3,2 бара и действовать от 60 до 90 секунд.

## Параметры, определяющие качество литья при комбинации вакуума и давления:

### а) рекомендуемая степень разрежения

**При литье благородных и кобальт-хром-молибденовых сплавов необходимо создать разрежение 0.60 - 0.65 метра водяного столба.**

Более высокий вакуум в этом случае повлечет за собой дефицит азота и значительное повышение вязкости сплава.

**При работе с золотыми литейными сплавами или благородными драгоценными лигатурами необходимо создать разрежение 0.80 - 0.85 метра водяного столба.**

Более высокий вакуум в этом случае приведет к неравномерному нагреву и нарушению структуры сплава.

### б) рекомендуемые значения давления

После сброса вакуума давление должно достигнуть в течение 1 секунды минимум 2,5 бара. Только тогда можно гарантировать однородность структуры отливки. Если указанного давления в течение этого времени достичь не удастся, можно рекомендовать установить ресиверный бак компрессора непосредственно перед печью для литья. Достаточный объем бака – не менее 20 л.

## ВНИМАНИЕ!

При применении литья под вакуумом нельзя выводить наружу вентиляционные каналы от восковой модели каркаса. Действующая через них сила давления препятствует заполнению формы расплавом. В этом случае каркас может отлиться не полностью или в области литникового канала образуется воздушная пробка. Если собранная форма рвется, возникает та же самая проблема, так как через трещину сжатый воздух проникает в литейную полость. При этом расплав больше не испытывает давления и вытекает назад.

Содержащую графит формовочную массу нельзя использовать при вакуумном литье, так как выделение газа из несгоревших остатков графита в литейной полости создает проблемы при заполнении ее расплавом.

#### Графит:

Не рекомендуется вводить графит в состав формовочной массы. Обычно это делают для облегчения разупрочнения формы после заливки и уменьшения количества оксидов в сплаве. Однако при отсутствии оксидов отсутствует и адгезия металлического каркаса к керамической массе. Это доказывает, что наличие следов графита в залитом сплаве можно рассматривать как дефект, приводящий к снижению адгезии с керамикой.

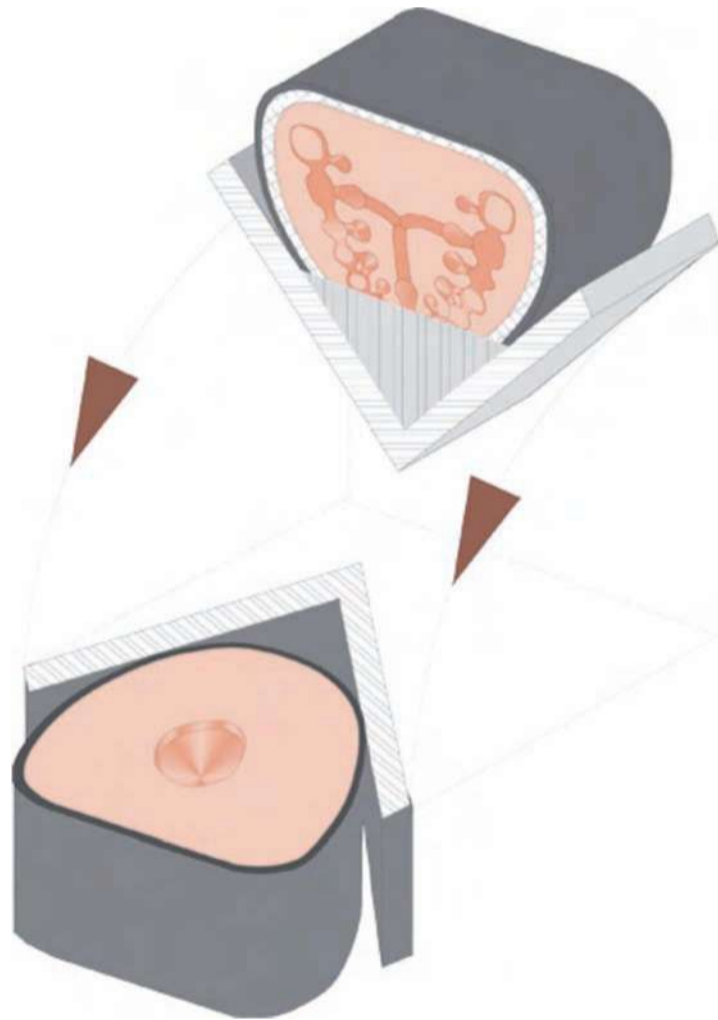


### Положение собранной формы в литейной установке

Правильное положение заливаемого объекта в литейной установке при вакуумном литье зависит от конструкции печи. В устройствах, где залитая форма откатывается в сторону в процессе литья, необходимо обращать внимание на ее положение. Во всех других устройствах можно использовать форму в собранном виде без учета положения отливаемого каркаса в литейной установке.

### Правильное положение собранной формы при CL-IG и CL-IQ

В индукционной печи собранную форму устанавливают горизонтально, чтобы отливаемый объект был направлен вниз. В этих устройствах расплав затекает во время вращения литейной формы. Если она расположена вертикально, заполнение расплавом происходит под воздействием вакуума, и последующего воздействия давления, уплотняющего расплав.



## Обзор способов литья

### 1. Открытое пламя + центробежная заливка

Сплав расплавляют открытым пламенем и воздействием центробежной силы заполняют литейную полость.

### 2. Плавка в печи нагрева электросопротивлением + центробежная заливка

Сплав расплавляют в печи нагрева электросопротивлением и центробежным вращением заполняют литейную полость.

### 3. Индукционная плавка + центробежная заливка

Сплав расплавляют индукционным нагревом и воздействием центробежной силы заполняют литейную полость..

### 4. Дуговая плавка + центробежная заливка

Сплав расплавляют электрической дугой и центробежным вращением заполняют литейную полость.

### 5. Плавка в печи сопротивления + заливка под вакуумом

Сплав расплавляют в печи сопротивления, после чего откачивают воздух и заполняют литейную полость расплавом. Окончательное заполнение достигается повышенным давлением.

### 6. Индукционная плавка + заливка под вакуумом

Сплав расплавляют индукционным нагревом, после чего откачивают воздух и заполняют литейную полость расплавом, достигая окончательного заполнения полости формы и гомогенизации сплава при затвердевании воздействием повышенного давления.

Образец 1 –  
структура стенки коронки



Увеличение 1:1000  
Оптимальный результат литья

## Сравнение результатов литья

Каждый результат литья будет зависеть от способа плавления и заливки расплава в литейную полость.

### Индукционная плавка с заливкой под вакуумом

Интенсивность индукционного воздействия регулировали при нагревании расплава до точки заливки. В точке литья напряжение индукции снижают настолько, чтобы поддерживать температуру в расплаве на одном уровне и не перегреть его. При этом теплообмен, вызывающий отклонения от заданного показателя, практически отсутствует.

Во всем объеме благородного расплава поддерживают температуру, при которой самые требовательные сплавы имеют оптимальную текучесть до тех пор, пока оксиды не сконцентрируются у края тигля. Только после этого можно выполнять заливку. Расплав заполняет литейную полость под воздействием разрежения и силы тяжести. В пределах 1 секунды происходит изменение давления, и на расплав в это время уже действует давление силой более 2,5 бара. После 1,5 секунд достигнут конечный показатель давления 3,2 бара. Самые чувствительные расплавы заливают в литейную полость кратчайшим прямым путем и максимально быстро уплотняют.

Образец 2 -  
структура стенки коронки



Увеличение 1:1000  
Оптимальный результат литья

При плавке благородных металлов, пригодных в дальнейшем для облицовки керамикой, слой оксида должен дойти до края тигля. Только после этого можно производить литье. При использовании сплавов для литья на огнеупорных моделях картина расплава будет отличаться, так что в этом случае нужно выполнять указания производителя сплава.

#### **Индукционная плавка с центробежной заливкой**

Выгораемую лигатуру благородного сплава предварительно расплавляют индукционными токами, затем форму в собранном виде фиксируют в центробежном устройстве и после полного растворения слоя оксида (по показаниям приборов) под визуальным контролем производят литье. До начала литья устанавливают максимальное значение напряжения индукции и не изменяют его во время заливки.

Результат отливки отчетливо указывает на наличие разных кристаллических структур. В то время как в нижнем участке слева на фотографии в растровом микроскопе расплав еще не был нагрет до температуры литья, в шлифе центрального участка обнаруживаются первые дендритные структуры, образовавшиеся из-за перегрева. В остальных участках можно видеть очень хорошую, тонкую структуру сплава.

Становится отчетливо видно: во время нагревания сплава возникает повышенное сопротивление. Это приводит к более высокому индуктивному потреблению напряжения, исключая возможность равномерного нагревания. По этой причине не рекомендуют отливать благородный металл при нерегулируемых параметрах индуктора.

Образец 3 –  
структура стенки коронки



Увеличение 1:1000  
Дендритный результат литья

Следующий недостаток наблюдается при сравнении с образцом 1 по микропористости. При центробежном литье вектор силы инерции, центробежной силы и силы тяжести действует вниз вправо, удлиняя путь расплава при заполнении полости. Это продолжается достаточно долго, пока 3 разнонаправленные силы не стабилизируются, уплотняя расплав.

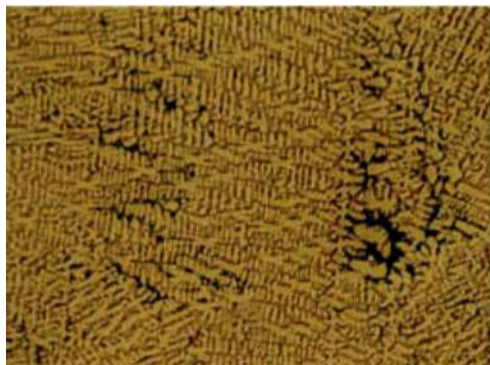
#### **Плавка открытым пламенем + центробежная заливка**

Сплав расплавляют открытым пламенем согласно инструкции и заливают в центробежной установке, при правильно установленной собранной форме.

При плавке открытым пламенем температура сплава не регулируема. Расплав в центре объема должен достичь температуры заливки. По этой причине расплав всегда перегрет снаружи (в месте контакта с пламенем), и из-за образования неметаллических включений алюмосиликата калия в процессе охлаждения расплава в этой области возникают дендритные структуры. Там, где пламя не имело контакта с расплавом, образуется очень хорошая структура сплава.

При заполнении расплавом собранной формы, первой в литейную полость всегда попадает однородная фракция, и только после нее – перегретая при соприкосновении с пламенем часть расплава. По этой причине плавку открытым пламенем специально используют для легированных сплавов, чтобы этот перегретый металл не попал в каркас протеза, а остался в литниковой системе.

Образец 4 - структура стенки  
коронки



Увеличение 1:200  
Видно обыкновенные микропоры

На фотографии микрошлифа, отлитого центробежным способом, можно увидеть обыкновенные микропоры. Однако наличие этих пор никак не связано с выбором способа плавки открытым племнем, а является результатом противоположного сильного взаимодействия силы инерции, центробежной силы и силы тяжести, которые удлиняют путь движения расплава. После этого наступает более длинный промежуток времени, необходимый для уплотнения расплава под действием повышающегося давления. Опасность науглероживания металла отливки выше, чем при других методах литья.

#### **Дуговая плавка + центробежная заливка**

В этом случае расплавляли сплав благородного металла электрической дугой и заливали в центробежной установке. Очевидно, что создаваемая электрической дугой температура более 4000°C слишком высока для благородных металлических сплавов и приводит к образованию дендритных структур на периферии отливки. Также при этом методе плавки и центробежной заливке особенно выражена микропористость, вызванная воздействием противоположных сил в процессе уплотнения. Эти факторы можно считать противопоказаниями для плавки благородных сплавов в дуговой печи.

#### **Плавка в печи сопротивления + заливка в вакууме**

Плавка в печи сопротивления и вакуумное литье дают возможность управлять процессом плавки, получая достаточно хорошую структуру сплава. Погрешности обычно возникают в незначительной мере при использовании сплавов невысокого качества и/или повторного использования сплава. При использовании таких литейных устройств следует учитывать также значительные затраты времени, так как передача тепла от нагревательного устройства требует очень большого времени и энергии для прогрева середины расплава. Нагревательные элементы плавильной печи в процессе эксплуатации изнашиваются, так что с течением времени отмечаются отклонения по температуре и, вследствие этого, значительные отклонения в производственном процессе. Для своевременного распознавания возникающих нарушений необходим постоянный контроль температуры. Эти отклонения могут возникать не только из-за нагревательного элемента, но и по вине термодатчика. Печи сопротивления не подходят для сплавов неблагородных металлов и сплавов для литья на огнеупорной модели.

#### **Плавка в печи сопротивления + центробежная заливка**

Особенности плавки сплава этим методом можно увидеть из пяти предыдущих сравнений. Центробежное литье способствует образованию микропор в структуре сплава, что уже объяснено в примере 2.

## Практическое применение литья

Для иллюстрации техники литья практическими примерами были смоделированы и отлиты четыре частичные коронки, после чего под растровым электронным микроскопом изучали шлифы их поверхностей.

**1 частичная коронка** – плавка открытым пламенем, температура нагрева 800° С

**2 частичная коронка** - плавка открытым пламенем, температура нагрева 900° С

**3 частичная коронка** – установка с индукционным нагревом и комбинированным литьем в вакууме и под давлением при температуре 800° С

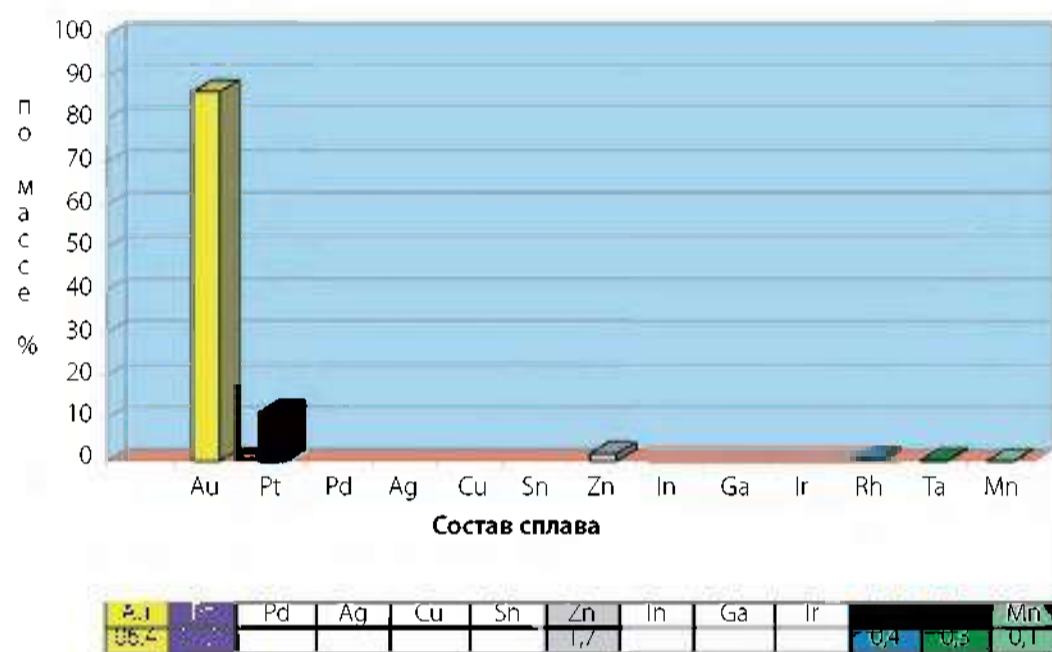
**4 частичная коронка** - установка с индукционным нагревом и комбинированным литьем в вакууме и под давлением при температуре 900° С



Для анализа микроструктуры расплав получали в печи с регулируемым индукционным нагревом и отливали эти четыре частичные коронки с помощью вакуума и повышенного давления при разной температуре нагрева собранной формы: 800° С / 850° С/900° С.

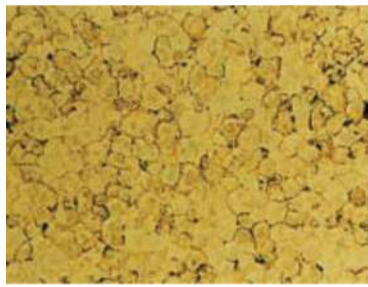


### Выгораемая лигатура из сплава с высоким содержанием золота



Поскольку сплав с высоким содержанием золота, используют желтую выгораемую лигатуру.  
 Температура ликвидуса 1130° С  
 Температура солидуса 1050° С  
 Температура предварительного нагрева формы 800° С

Весь процесс литья проводился в литейном устройстве с индукционным регулируемым нагревом в условиях вакуума и под давлением. Параметры литья были указаны производителем сплава. При работе точно придерживались инструкции по эксплуатации литейного устройства. При литье решающее значение имеет не только точное значение температуры расплава, на что указывает приведенная серия фотоснимков. Температура нагрева литейной формы имеет такое же значение. Неоднородная структура сплава может быть следствием ошибочно выбранной температуры предварительного нагрева.

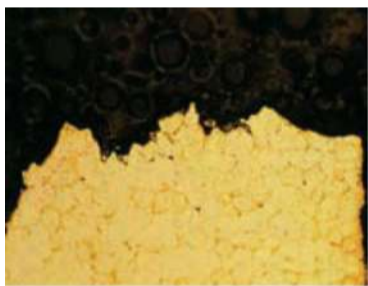


Зернистая структура шлифа частичной коронки **A**

800° C  
200:1

Благородный сплав с выгораемой лигатурой заливали в собранную форму, предварительно прогретую в соответствии с установленными производителем сплава параметрами.

Анализ поверхности шлифа в растровом электронном микроскопе показывает тонкую, равномерно зернистую структуру сплава после затвердевания. Кристаллические решетки соединились, создав однородный сплав.

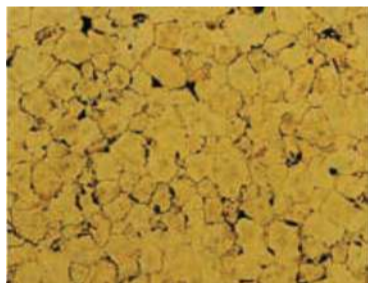


Микроструктура поверхности частичной коронки **A**

800° C  
200:1

Поверхность очищена пескоструйным аппаратом и обработана только шлифовальным кругом. Чтобы точнее определить микроструктуру полученного сплава, шлифованную поверхность протравили около 15 секунд царской водкой и залили контрастной пластмассой.

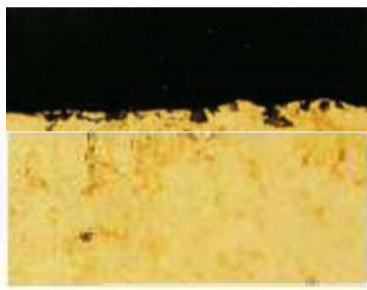
В структуре сплава не обнаружены пористость или посторонние включения. Эта частичная коронка соответствует самым высоким требованиям.



Зернистая структура шлифа частичной коронки **B**

850° C  
200:1

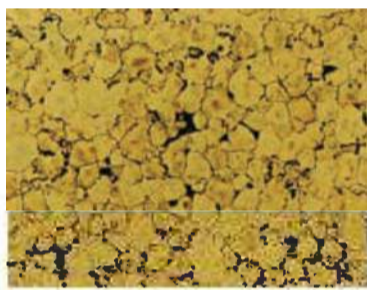
При литье **частичной коронки B** были выбраны абсолютно идентичные параметры литья, как и при литье **частичной коронки A**, со сплавом того же самого состава. Но в отличие от отливки **частичной коронки A**, при литье **частичной коронки B** форму в собранном виде подогрели до 850° C, и только после этого ее заливали. Теперь очень отчетливо видно изменение структуры сплава. Появляются зёрна разной величины и смешанная структура уже не однородна в области их границ. В структуре начинают выделяться отдельные составляющие сплава. Кристаллическое строение сплава больше не является однородным.



50° C  
500:1

Микроструктура поверхности  
частичной коронки **Б**

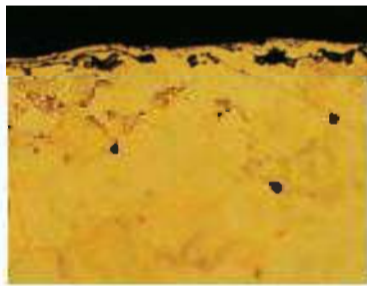
Эта поверхность также обработана пескоструйным аппаратом и 15 секунд протравлена царской водкой. Разобщенные структурные составляющие и загрязнения удалены из кристаллов металла. Наложение пластмассы делает контраст еще резче. Отчетливо видно, что неоднородность структуры распространяется до поверхности. На открытой поверхности отмечается расслоение составных компонентов, что ухудшает свойства и может привести к повреждению при дальнейшей обработке сплава.



900° C  
200:1

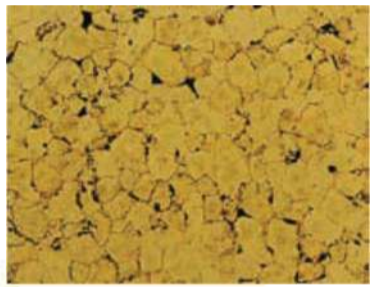
Зернистая структура шлифа  
частичной коронки **В**

Снова взяли сплав, полученный по идентичным литейным параметрам, и обработали в том же самом устройстве. Однако на этот раз температуру предварительного нагрева собранной формы повысили до 900° C и произвели отливку. Отчетливо видно, что составляющие сплава разобщены между собой и возникает абсолютно разное зернистое строение. В структуре образуются пустоты с очень мелкими углублениями и выемками, находящимися как бы во взвешенном состоянии. Они расположены на открытой поверхности изделия и изменяют биотип полости рта вследствие выделения солей тяжелых металлов. Смешанная структура не гомогенна. Поверхность снова обрабатывали и протравливали царской водкой 15 секунд, после чего заливали контрастной пластмассой. На фотографии шлифа отчетливо обнаруживается подповерхностное повреждение структуры. Это ведет к образованию пор в керамике, проблемам при полировке, а также к опасности развития гальваноза.



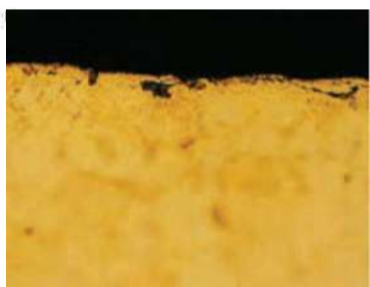
900° C  
500:1

Микроструктура поверхности  
частичной коронки **В**



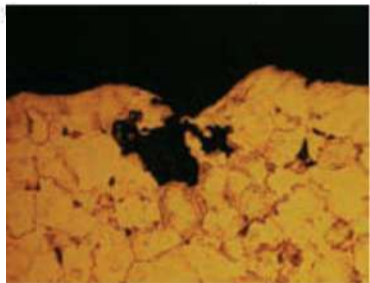
Зернистая структура шлифа частичной коронки Г

850° C  
200:1



Микроструктура поверхности частичной коронки Г

850° C  
500:1



Увеличение фрагмента  
Зернистая структура шлифа  
частичной коронки Г

850° C  
500:1

Если не выдержана температура предварительного нагрева формовочной массы, которую рекомендует производитель сплава, литье практически всегда оказывается повреждено как на поверхности, так и в микроструктуре. Вследствие этого сплав плохо полируется. В керамике возникают микропоры, приводящие к коррозии, так как в них скапливаются оксиды металлов, не связанные с керамикой. Даже при использовании высококачественного материала, под поверхностью оказываются большие поры. При облицовке фарфоровой массой **частичной коронки Г** образуются воздушные пузыри и мелкие поры в керамике. Между открытыми участками металла возникают гальванические токи.

Такие изменения строения приводят также к изменению жаропрочности и модуля упругости сплава, так что трещины от напряжения, последующее растрескивание и сколы керамики - естественное и логичное последствие.

Повреждения поверхностей из-за ошибок при литье (как в **частичной коронке Г**) - это не только оптически узнаваемые дефекты (ухудшается полировка). Возникают гальванические пары. В углублениях на поверхности металла скапливается ротовая жидкость, имеющая достаточно высокую химическую активность.

На предыдущей фотографии шлифа заметно, что имеющиеся в наличии зерна очень различаются по величине. Границы зерен имеют темный цвет и хорошо заметны черные скопления углерода. Здесь отчетливо видна неоднородная структура сплава, не способная удержать ионы металла. Этот процесс активизируется и ускоряется при повышении кислотности слюны. При этом изменяется цвет металла, могут появиться радужные разводы и красно-бурые пигментации. Обмен ионов металлов на поверхности каркасов происходит посредством слюны и ротовой жидкости, оказывая влияние на биотип полости рта.

В этом случае на микроорганизмы воздействуют тяжелые металлы, входящие в состав столовых приборов, либо попадающие в полость рта вследствие загрязнения окружающей среды, и служат индикатором напряжения. Таким образом, поля гальванических напряжений могут возникать во всей полости рта и влиять на организм пациента.



В полости усадочной раковины накапливается слюна, содержание кислорода в которой становится все меньше и возникает отчетливая разность потенциалов. В частности, при использовании медь- и серебросодержащих сплавов, контакт каркаса с бедной кислородом слюной приводит к отложению на поверхности каркаса оксида или сульфида меди. Однако гальванический элемент может возникнуть

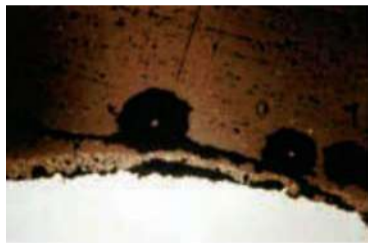
и как следствие неоднородного внутреннего строения сплава.



рис. Д

На **рисунке Д** видно, что дефекты в структуре каркаса приводят к выпуклостям или мелким порам в керамике.

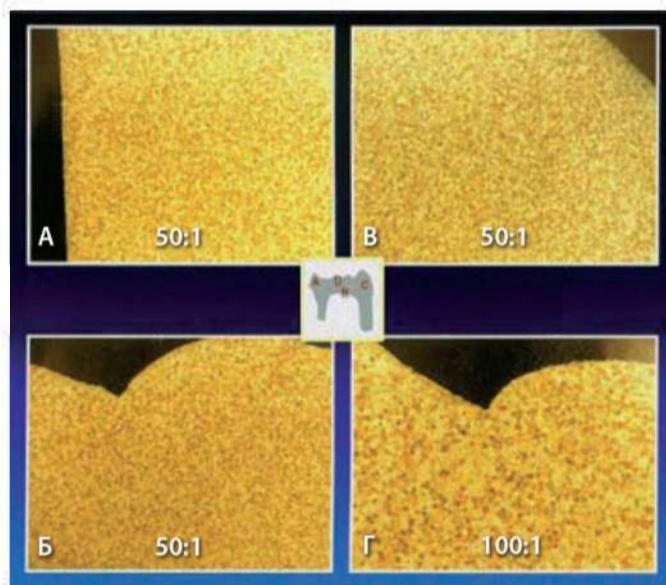
Дефекты структуры, выпуклости и мелкие поры в керамике



Дефекты структуры, поры в керамике

рис. 1. F

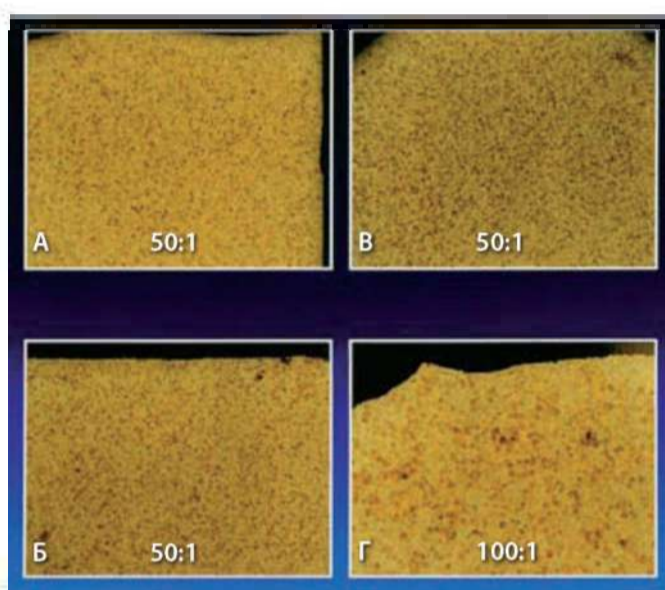
На **рисунке E** хорошо видны мелкие поры, заполненные оксидами тяжелых металлов. Коррозия приводит к их разрыву. Она возникает между заполнившими поры оксидами металлов из сплава и оксидами металлов из красителей для керамики, которые не связаны в стекловидной фазе керамики. Это ведет к значительному нарушению контакта между металлом и керамикой. Пациент обычно приходит к врачу по истечении довольно долгого времени с локальными проблемами токсической этиологии, что изначально выражается в анемии десны. Это касается не только сплавов благородного металла, но и в той же мере всех содержащих благородный металл сплавов и неблагородных сплавов с выгорающими лигатурами.



Фотографии шлифов 1 (А / Б / В / Г) - благородный металл с выгорающей лигатурой: предварительный нагрев 800° С

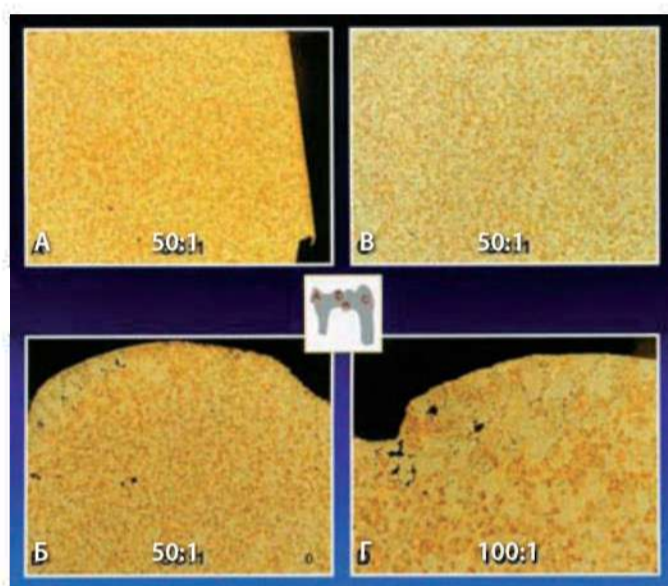
#### Вакуумное литье

Четыре шлифа различных участков литой частичной коронки (смотри **рисунки шлифов А , Б , В , Г**) должны демонстрировать идентичные структуры гомогенной отливки. При литье этой коронки (как и при литье прежних частичных коронок) использовали сплав одного и того же состава. Микро-структура сплава сетчатая, однородная на всех четырех участках шлифовки, так как все требования изготовителя соблюдены.



Фотографии шлифов 2 (А / Б / В / Г) - благородный металл с выгорающей лигатурой: предварительный нагрев 900° С

Эту частичную коронку отливали по абсолютно идентичной литейной технологии. Только собранную форму подогрели до 900° С, нарушая, таким образом, указания производителя сплава. Отчетливо видны изменения структуры (она стала неоднородной и смешанной) на поверхности литья, несмотря на то, что расплав заливали без изменения параметров. Нет необходимости искать температуру литья, рекомендуемую изготовителем формовочной массы, в инструкции по применению, и устанавливать ее с точностью до градуса. При отклонении в качестве литья следует устранять проблему, а не изменять температуру. Значительно более темный цвет шлифов показывает, что здесь составляющие компоненты обособились из сплава. Золото, платина, цинк и др. образуют снова собственные зернистые структуры, и возникает миграция ионов, характерная для двухфазного качества структуры. Более темное окрашивание возникает из-за частиц золота, которые при уменьшении содержания платины и цинка в сплаве приближают материал к цвету золота.



Фотографии шлифов 3 (А / Б / В / Г) - благородный металл с выгорающей лигатурой: предварительный нагрев 800° С

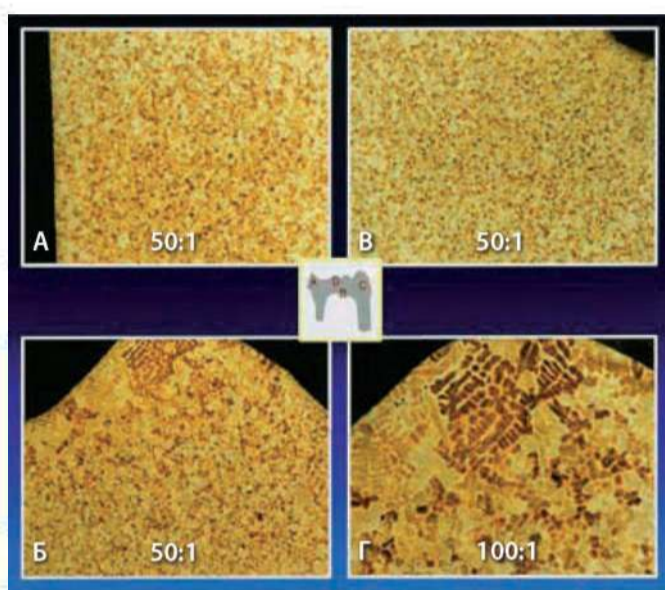
### Плавка открытым пламенем с центробежной заливкой

Как литейное устройство центрифугу включали после нагрева расплава открытым пламенем (давление смеси: кислород 2 бара, пропан 0,5 бара). Пламя устанавливали согласно инструкции и собранную форму правильно фиксировали в центрифуге.

На **фотографии шлифов в участках А и В** видна очень тонкая структура сплава. **Шлифы Б и Г** в области дефектов литья частичной коронки имеют значительно более грубую зернистую структуру, чем **шлифы А и В**. Эти изменения внешнего вида шлифов косвенно связаны с режимом литья. В остальном в области дефекта литья частичной коронки отмечается гомогенное строение с зерном различной величины.

Грубая структура на **фотографиях шлифов с дефектом литья Б и Г** является следствием перегрева металла, с которым пламя соприкасалось непосредственно. По этой причине при **плавлении открытым огнем** в литейной воронке всегда должно быть чуть больше сплава, чем при управляемых методах литья, чтобы перегретый пламенем расплав не подал в литой каркас зубного протеза, а оставался в литниках.





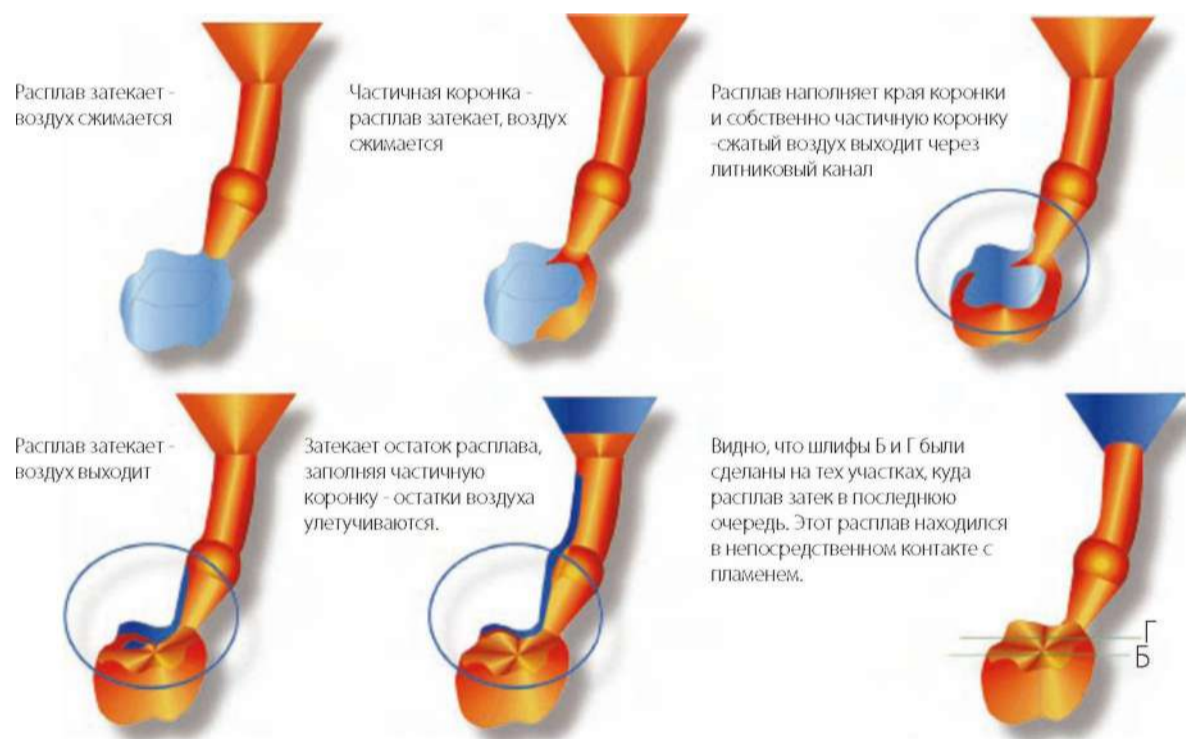
Фотографии шлифов 4 (А / Б/ В / Г) - благородный металл с выгорающей лигатурой: предварительный нагрев 900° С

Эта частичная коронка была отлита абсолютно идентично по всем параметрам с предыдущими. Использовали ту же самую партию сплава и тот же самый способ литья на той же самой установке. При этом температуру предварительного нагрева подняли до 900° С и расплав залили в форму, прогретую до этой температуры. Становится заметным отчетливое изменение в структуре сплава, вызванное расслоением неоднородных составляющих микроструктуры. Особенно очевидным это становится на **шлифах Б и Г**. Здесь отчетливо наблюдается разделение компонентов сплава, если перегретый открытым пламенем расплав попадает в каркас протеза.

Эти же ошибки процесса вызывают аналогичные изменения при литье сплавов неблагородных металлов или сплавов для литья на моделях. Причиной некачественного литья является не материал, а несоблюдение технологического процесса обработки зубного протеза.



Значительное отличие вида микроструктуры шлифов А и В по сравнению со шлифами Б и Г обусловлено режимом литья сплава. Если используется небольшое количество сплава (на каждую частичную коронку – 8 г), во время процесса плавки его обычно перегревают. Малое количество сплава дает еще меньший объем расплава в тигле, так что в непосредственном контакте с открытым пламенем находится относительно большая часть расплава, вследствие чего температура литья всегда превышена. Таким образом, при кристаллизации расплава из-за образования неметаллических включений лейцита (алюмосиликата калия) возникают грубые структуры.



**В итоге, приходят к следующему результату:**

**Для изготовления биосовместимого зубного протеза недостаточно сырья с однородной структурой. Не меньшее значение имеет способ обработки материалов зубным техником. Только в случае точного соблюдения зубным техником технологических параметров, можно получить однородный и, благодаря этому, биосовместимый зубной протез.**

**Это заставляет сомневаться в качестве своих услуг и размышлять о собственном методе работы.**

**Четких стандартов технологии литья при изготовлении свободных от примесей изделий не существует. Однако зубной протез может иметь анатомо-физиологические ограничения в полости рта пациента.**

**Пациент надеется, что зубной протез будет биосовместимым, и полностью доверяет решение этой проблемы зубному технику.**

## Глава 4 | Разработка литниковой системы

	Страницы
Разработка литниковой системы.....	4.3
Заполнение формы расплавом.....	4.7
Литниковый канал .....	4.11
Непосредственное питание.....	4.23

## Разработка литниковой системы

Для изготовления отливки любого каркаса протеза, изготовленного индивидуально из воска или пластмассы, необходима разработка литниковой системы. Через нее расплав заполняет литейную полость после выжигания модели. Необходимо учесть множественные нюансы для получения высококачественной однородной отливки.

- Быстрое и ламинарное заполнение
- Заданная температура расплава
- Необходимая температура предварительного нагрева
- Кристаллизация сплава

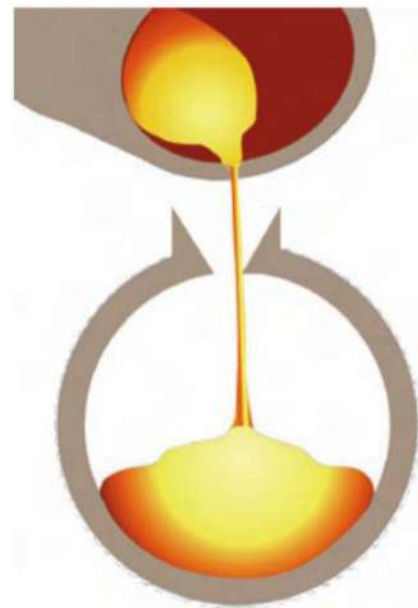
Однородность структуры сплава зависит преимущественно от того, владеет ли пользователь специальными знаниями и практическими навыками по четырем выше перечисленным пунктам, чтобы получать повторяемые качественные результаты литья. Литниковые каналы должны быть расположены таким образом, чтобы обеспечить быстрое и плотное заполнение расплавом. В области литниковой системы формовочная масса не может иметь пористую структуру, так как в этом случае мелкие частицы смеси могут попасть в расплав и повредить поверхность отливки. Оптимальная температура нагрева и температура расплава уже были всесторонне освещены в предыдущих главах.

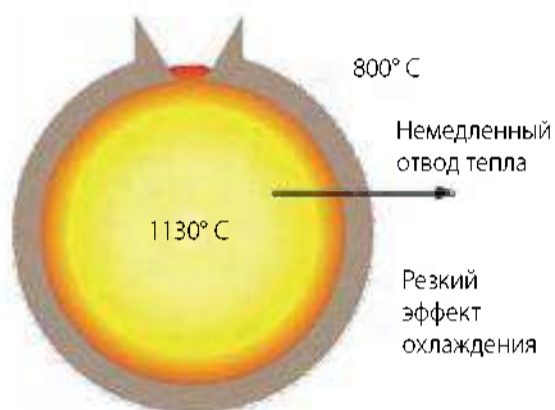
Определение диаметра литниковых каналов играет главную роль при затвердевании сплава после заливки. При планировании и разработке литниковой системы принципиально важно учитывать метод литья и, одновременно, поведение сплава в период кристаллизации. Желательно параметры литниковых каналов приводить в инструкции изготовителя сплава. Только тогда будет получен многократно повторяемый результат литья, соответствующий высоким требованиям к однородности отлитого каркаса.

Например, изготавливают литейную форму и нагревают ее согласно инструкции; производителем сплава рекомендована температура 800° C

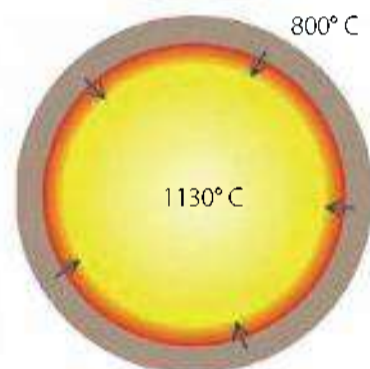


Затем плавят в тигле сплав до требуемой температуры 1130° C и заливают расплав при этой температуре в собранную форму, нагретую до температуры 800° C.

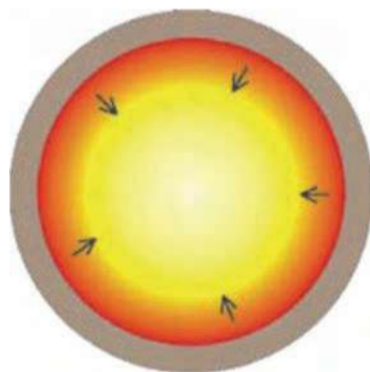




Благодаря ускоренной кристаллизации расплава в относительно холодной форме (800°C по отношению к 1130°C расплава), на литье нет наружных пор, и в сплав не проникают окислы. При охлаждении уменьшаются наружные размеры (усадка составляет  $\approx 10\%$  по отношению к жидкому расплаву) и не затвердевший центр отливки испытывает влияние очень высокого давления. Однако, этот ускоренный процесс охлаждения внешней оболочки отливки необходим. В противном случае в ее поверхность проникают окислы (представьте себе формовочную массу, нагретую расплавленным металлом) и это приводит к возникновению грубых повреждений поверхности литья.

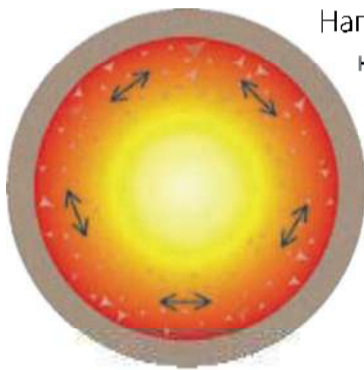


(Сила сжатия действует по направлению от края остывающего расплава к жидкому центру отливки).



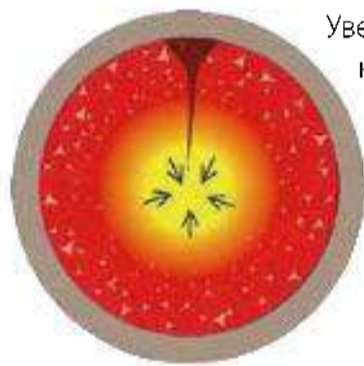
После первого резкого периода охлаждения отливки со стороны формовочной массы, последующее остывание сопровождается равномерной теплоотдачей. В этот момент большое значение имеет отвод тепла. Температура отливки снижается не по всему объему равномерно: интенсивнее идет отвод тепла снаружи, а изнутри – медленнее. Следовательно, внутренний объем залитой формы застывает значительно дольше внешнего. Действующая от поверхности к центру сила сжатия при охлаждении создает очень высокое давление на расплавленный металл в центре отливки.

(Оптимальное давление сжатия кристаллизующегося расплава на еще жидкий центр. Начало частичной усадки охлаждающегося расплава).



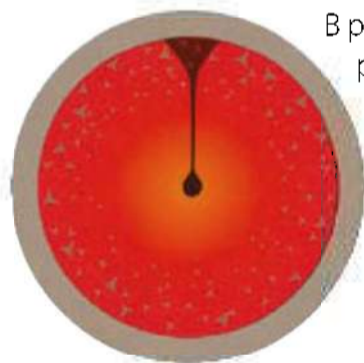
Направленное к центру сжатие затвердевающего расплава становится настолько сильным, что даже если сплав не деформируется во всем объеме, он испытывает частичную усадку. Вследствие этого, при кристаллизации и затвердевании сплава увеличивается размер и количество пор в наружной поверхности слитка.

Окончание частичного сжатия



Увеличение объема пор в интервале кристаллизации отливки при частичной усадке снимает давление с еще жидкого центра. После этого еще жидкий металл в центре начинает охлаждаться и застывать вследствие теплоотдачи. Теперь уменьшающийся в объеме центр дает усадку, втягивая края, и возникает втянутая усадочная раковина.

Втягивающий эффект, застывший наружный слой уже не оказывает давления.



В результате раковина возникает в центре отливки, и восходящий канал расположен вертикально. Усадочные раковины и пористость могут возникать только в направлении затвердевания. Закон физики гласит, что тепло поднимается вверх, а холод опускается вниз. Таким образом, вверху всегда расположена более нестабильная часть объема отливки. Поэтому необходимо, чтобы собранная форма за счет уменьшения объема и расположения системы литниковых каналов воздействовала на расплав в момент его охлаждения и затвердевания.

Восходящая усадочная раковина – следствие втягивающего эффекта



## Заполнение формы расплавом

### Выбор оптимальной литниковой воронки

При выборе литниковой воронки следует обращать внимание на то, чтобы при ее заполнении расплав не падал с большой высоты в литейную полость. При этом расплав должен сразу попадать в литниковый канал, который ведет в полость формы. Идеальная заливочная воронка изображена на прилагаемом эскизе. Расплав очень быстро без нарушений и завихрений растекается в полости формы.



Литниковая воронка с идеальным направлением движения струи расплава



Литниковая воронка с неправильным направлением заполнения расплавом



Литниковая воронка с эффектом противотока

Литниковые воронки очень большой высоты и расширенной формы очень плохо направляют затекающий расплав. Широкому ложу заливочной воронки часто сопутствуют чрезмерно длинные литниковые каналы, и это приводит к слишком большому охлаждению расплава и завихрениям во время заполнения литейной полости, а также возникновению «флажков» или «жемчужин» и, соответственно, к потерям металла. Из-за завихрений может образоваться усадочная пористость в отливке.

Острые кромки воронки не способствуют оптимальному направлению движения струи расплава, из-за этого он не может сразу сформироваться и заполнить полость. Сопротивление при заполнении расплавом создает проблемы: в литниковой воронке образуются «флажки» или «жемчужины». Выбор технологичной литниковой воронки для готовой формы не зависит от используемого способа литья.

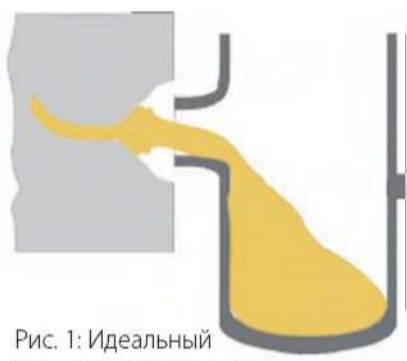


Рис. 1: Идеальный характер заполнения

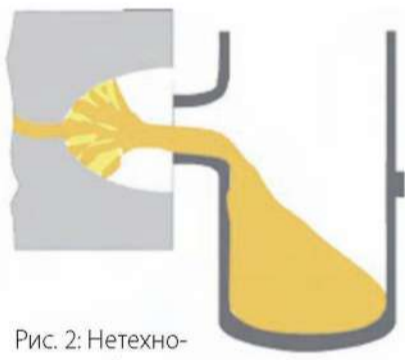


Рис. 2: Нетехнологичный характер заполнения



Рис. 3: Противоток при заполнении расплавом

**Рис. 1:** При этой форме литниковой воронки заливаемый расплав сразу полностью ее заполняет и самым коротким путем попадает в литниковый канал. Отливка имеет идеальное качество, абсолютно отсутствуют потери металла из-за образования «флажков» и «жемчужин».

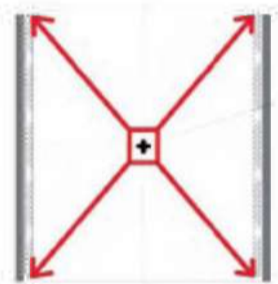
**Рис. 2:** Расплав движется по очень глубокому и широкому каналу. Это приводит к нарушению компактности струи расплава. Следствием является пониженное давление в литниковом канале в момент заполнения его расплавом, что приводит к образованию «флажков» и множественных «жемчужин» в литниковой воронке. В отлитом каркасе имеются усадочные раковины, шероховатая поверхность ведет к потере металла.

**Рис. 3:** При зауженной форме литниковой воронки расплав с большим напором затекает в канал. При использовании центробежного литья это может привести к образованию множественных «жемчужин» или «флажков» в литниковой воронке под действием противотока. При кристаллизации расплава такие «флажки» или маленькие шарики могут отделяться от поверхности и исчезать. Однако вместо них могут возникать усадочные поры. Усадочные поры на отливке не имеют ничего общего со втянутыми усадочными раковинами. При этом даже вид используемой литниковой воронки не имеет такого значения, как правильность крепления литниковых каналов к воронке. Ошибки на этом этапе – главная причина усадочных дефектов отливки. Диаметра 5 мм для центрального литникового канала при вакуумном или 4 мм при центробежном литье всегда достаточно для оптимального движения сплава в момент заполнения. Оно не зависит от количества литниковых каналов, идущих к каркасу. При заполнении расплав должен образовывать плотную однородную струю, чтобы возник равномерный скоростной напор.



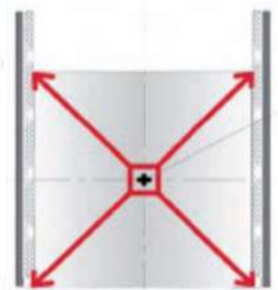
Литниковый канал аккуратно сращен по кругу

Стальное опоковое кольцо с синтетической прокладкой



Центр формы в собранном виде

Рис. 1



Термический узел  
Формовочная смесь

Рис. 2

Если расплав заполняет канал слишком большого диаметра, возникают значительные завихрения, образующие включения в толще металла, что влечет за собой образование усадочных раковин в отливке и неоднородную структуру каркаса протеза. Это характерно, в частности, для сплавов с низким удельным весом на основе палладия, серебряно-палладиевых сплавов, литейных сплавов неблагородных металлов и сплавов для литья на огнеупорных моделях. Все старания, приложенные зубным техником при моделировке каркаса из воска, могут быть сведены на нет при неправильном размещении литниковых каналов.

#### Расположение литникового канала от воронки к каркасу

**Рис. 1:** Расположение литникового канала играет важнейшую роль во время кристаллизации отливки в форме. Правильно расположенный в центре формы литейный канал не оказывает воздействия на расплав при затвердевании.

**Рис. 2:** Расположение литниковой системы в центре собранной формы весьма важно. Здесь находится самый горячий участок охлаждающейся формы. При течении расплава принципиально важно, чтобы заполняемые им литейные пустоты имели самую высокую температуру. Тепловой узел в залитой форме возникает только во время ее охлаждения из-за отвода тепла от литья.

Литниковый канал аккуратно сращен по кругу

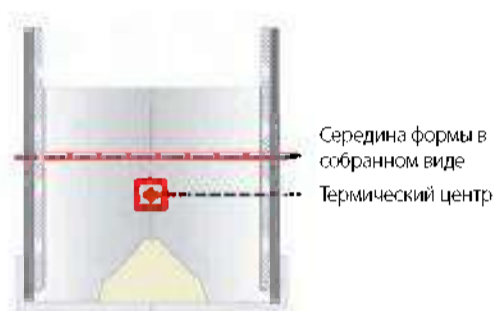


Рис. 3

**Рис. 3:** Термический центр формы, середина высоты муфеля и литниковая воронка определяют правильное положение и ровный ход литникового канала. Литниковый канал должен проходить от заливочной воронки к литейной полости через термический центр собранной формы.



Рис. 4

**Рис. 4:** Середина высоты собранной формы служит в этом случае точкой, определяющей длину литниковых каналов. Слишком длинные каналы удлиняют заливочный путь и увеличивают количество остаточного воздуха в форме, ухудшают течение расплава и приводят к закупорке. Однако литниковые каналы не должны быть и слишком короткими, чтобы достичь оптимального – направленного к центру – режима затвердевания отливки. Укрыв их формовочной смесью доверху, опоковое кольцо при процессе формовки больше не заполняют.



Рис. 5а

**Рис. 5а:** Правильное расположение литникового канала от воронки через термический центр формовочной массы к резервуару с расплавом, находящимся по медиане высоты формы и соединенном с литейной полостью.

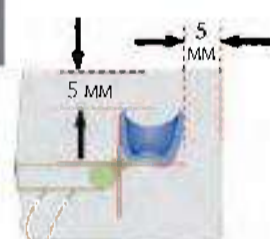


Рис. 5б

**Рис. 5б:** При правильном расположении восковой модели протеза сверху нее должно быть 5 мм формовочной массы и расстояние до наружной стенки собранной формы также должно равняться 5 мм. В этом случае обеспечены условия для идеального затвердевания отливки.

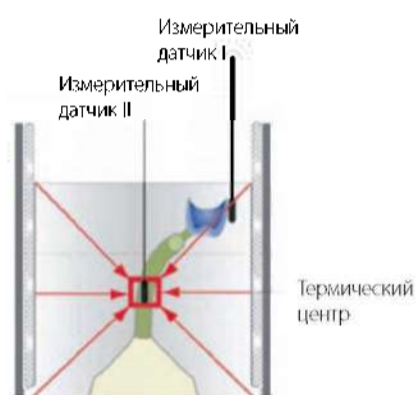
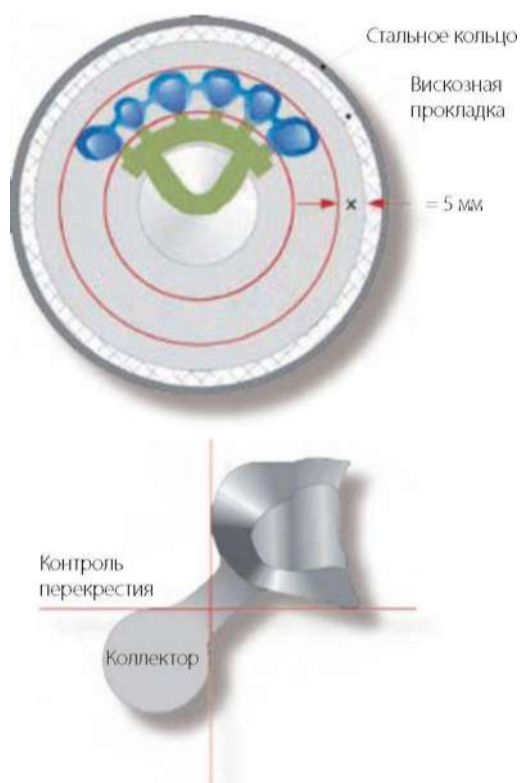


Рис. 6

Остывание собранной формы после заливки. Для проведения измерений в области расположения модели отливки и в термическом центре использовали по одному термодатчику. Датчику II, расположенному в термическом центре, потребовалось в 24 раза больше времени, чтобы остыть от температуры 900° С до температуры 50° С, чем датчику I, расположенному в области отливки на границе формы. Этот принцип замедленного остывания используют для регулирования затвердевания расплава, что дает возможность получать однородные отливки деталей различных объемов.

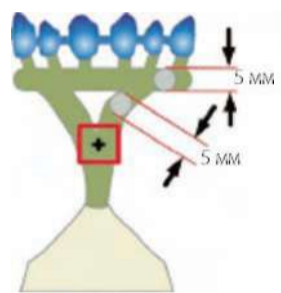


## Литниковый канал

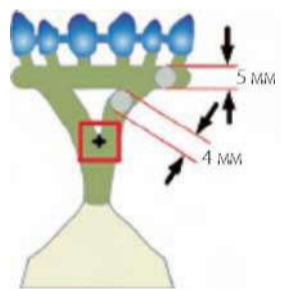
При любой форме литникового канала следует обращать внимание на то, чтобы он выходил из литниковой воронки и проходил через термический центр к резервуару с расплавом. Резервуаром расплава служит коллектор, который размещен в центральном положении вдоль модели протеза в собранном виде.

Коллектор соответствует модели каркаса протеза и в горизонтальной проекции расположен ближе к центру. При этом литниковые каналы должны быть расположены еще ближе к центру, чем коллектор к заливочной воронке.

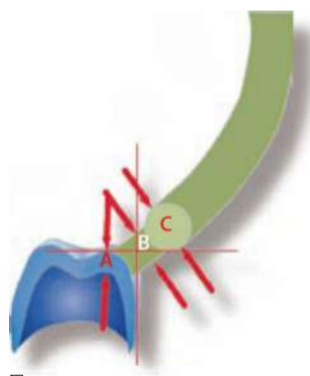
Литейная полость должна находиться в смеси на расстоянии примерно 5 мм от края вискозной прокладки. Резервуар для расплава должен располагаться на середине высоты стального опокового кольца. Обратите внимание на контрольное перекрестие. В горизонтальной проекции восковая модель протеза должна быть выше питателя, в вертикальной – выше коллектора.



При вакуумном литье:  
Диаметр литникового канала и  
коллектора одинаков



При центробежном литье:  
Диаметр литникового канала по  
сравнению с диаметром коллектора



Промежуточная часть мостовидного  
протеза

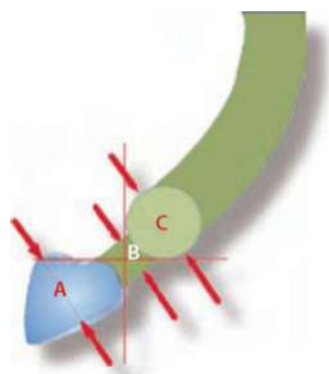
При креплении литникового канала к коллектору необходимо учитывать способ литья. При вакуумном литье литниковый канал имеет такой же диаметр, как коллектор, служащий резервуаром снабжения, так как при **вакуумном литье** давление оказывает очень незначительное влияние, обусловленное только действием силы тяжести.

При **центробежном** литье диаметр литникового канала должен быть уменьшен по сравнению с диаметром коллектора. Если коллектор выполнен диаметром 5 мм, то литниковый стояк, соединяющий его с заливочной воронкой, должен иметь диаметр 4 мм. Если используют коллектор диаметром 4 мм, диаметр литникового канала должен быть уменьшен до 3,5 мм, а при диаметре коллектора 3,5 мм – до 3,0 мм.

Под воздействием противоположно направленных сил (центробежной, центростремительной и силы тяжести), структура расплава стабилизируется и уплотняется за счет сужения канала, подводящего к коллектору. В противном случае может возникнуть эффект обратного потока и привести к возникновению пористости в области перехода широкой части литниковой системы в узкую.

#### Питатель

Литниковый канал, соединяющий коллектор с коронкой, мостовидным протезом или промежуточным элементом, называется «питатель». Однородность отливки очень сильно зависит от правильного определения размеров этих питателей „В“. Учитывая то обстоятельство, что через них должен не только поступать расплав, но и выходить воздух из литейной полости, диаметр этого канала должен быть больше толщины отливаемой коронки „А“. Диаметр питателя будет одинаковым и при центробежном, и при вакуумном литье.



Промежуточная часть мостовидного протеза

При литье сплавов золота и выгорающих лигатур с высоким содержанием золота сплавов питатель должен иметь диаметр „В“ приблизительно 1,5 раза больше толщины стенок коронки „А“. При небольшом выгорании, использовании сплавов на основе палладия или неблагородных металлов, диаметр питателя „В“ должен быть примерно вдвое больше толщины стенок коронки „В“.

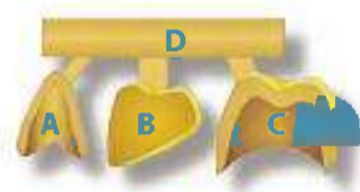
Минимальный диаметр питателя при литье сплавов благородных металлов – 2,5 мм, при литье серебряно-палладиевых или неблагородных сплавов – 3 мм.

При литье промежуточных элементов мостовидных протезов диаметр питателя зависит от поперечного размера „А“ отливки. При этом определяют только его объем. Диаметр коллектора „С“ должен быть не менее диаметра „А“ отливаемого промежуточного элемента. С учетом значительного воздушного обмена рекомендуется изготавливать соединительный канал диаметром 3,5 мм и коллектор диаметром 5 мм.

При литье промежуточных элементов мостовидных протезов правильное определение размеров коллектора зависит от диаметра „А“ отливки, а при литье коронок и цельнолитых мостовидных конструкций – от диаметра питателей. Однако в любом случае диаметр питателя должен быть не менее 2,5 мм, иначе возникнут проблемы воздушного обмена.

При этом коллектор должен иметь диаметр 4 мм. При диаметре питателя от 3 до 3,5 мм, диаметр коллектора должен составлять 5 мм.

#### Схематическое изображение:



Питатели:	
<b>A</b> коронка	2,5 мм
<b>B</b> промежуточный элемент	3,5 мм
<b>C</b> цельнолитая коронка	3,0 мм
<b>D</b> коллектор	5,0 мм

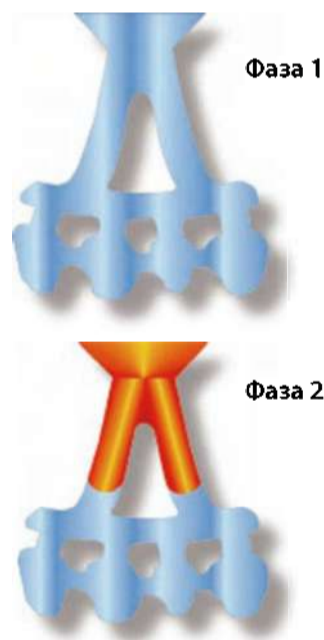
#### Пример: литейная полость мостовидного протеза

К ажурным колпачкам с незначительной толщиной стенок (например, "А") подводят питатель диаметром 2,5 мм. Однако промежуточный элемент "В" снабжается каналом диаметром 3,5 мм, а цельнолитая коронка "С" – каналом диаметром 3,0 мм, чтобы достичь однородного и равномерного заполнения и воздушного обмена в литейной полости мостовидного протеза. Если диаметр питателя в области промежуточной части мостовидного протеза составляет 3,5 мм, коллектор, соответственно, должен иметь диаметр 5 мм. При вакуумном литье диаметр литниковых каналов, идущих от коллектора к заливочной воронке, также составляет 5 мм. При центробежном литье эти каналы уменьшают в диаметре от 5 мм до 4 мм.

#### Литниковые каналы – текучесть расплава

На представленной рядом серии фотоснимков литейная полость в собранной форме снабжена системой литниковых каналов для вакуумного литья. Характер заполняемости идентичен при использовании вакуумного и центробежного литья. Изменяется только расстояние между коллектором и заливочной воронкой.

**Фазы 1 и 2:** При вакуумном литье в литейной полости находится разреженный воздух, так что расплав под воздействием силы тяжести затекает гомогенно и компактно. Начальное увеличение сопротивления вызвано высокой температурой и состоянием остаточного воздуха. При центробежном литье расплав затекает вследствие активного внешнего воздействия, на которое не влияет ни укороченный литниковый канал, ни возникающее сопротивление воздуха.







Фаза 3

**Фаза 3:** Нарастающее противодействие сжатого остаточного воздуха способствует непрерывному и компактному заполнению расплавом. Это касается как вакуумного, так и центробежного литья.



Фаза 4

**Фаза 4:** Противодействие сжатого остаточного воздуха становится настолько сильным при резком повышении температуры во время затекания расплава, что вначале заполняется весь коллектор, и только после этого расплав заполняет литейную полость каркаса протеза.



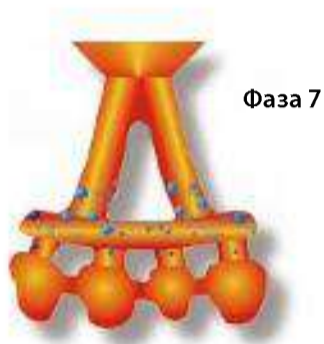
Фаза 5

**Фаза 5:** В этой фазе при обоих способах литья достигают момента, при котором давление затекающего расплава уравнивается с давлением остаточного воздуха. Он не может моментально быть вытеснен расплавом из литейной полости. Таким образом воздух замешивается в расплав.



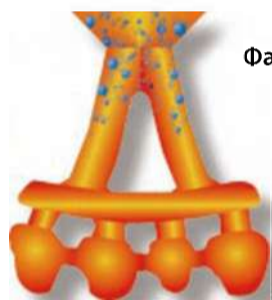
Фаза 6

**Фаза 6:** Противодействие остаточного воздуха вследствие затекания расплава мгновенно ослабевает, так как воздух уходит в направлении заливочной воронки. По этой причине необходимо, чтобы питатель между коллектором и литейной полостью имел не слишком малые размеры, способствующие нормальному воздушному обмену. Для достаточной толщины в месте прикрепления диаметр канала всегда увеличивают вдвое.



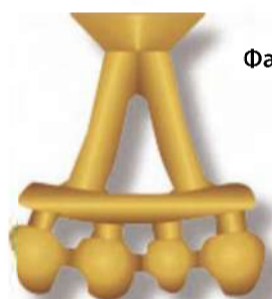
Фаза 7

**Фаза 7:** Теперь давление сжатого остаточного воздуха снова растет из литейной полости в направлении заливочной воронки. Поэтому очень важно, чтобы при вакуумном литье каналы между заливочной воронкой и коллектором имели одинаковые размеры, иначе воздухообмен может не произойти. Это не касается центробежного литья, основанного на внешнем силовом воздействии вращающейся центрифуги.



Фаза 8

**Фаза 8:** После этого остаточный воздух выходит через литниковый канал в заливочную воронку наружу. По этой причине при вакуумном литье заливочную воронку можно заполнять только очень незначительно. Иначе возникают проблемы заполнения, так как выход воздуха очень затруднен. При центробежном литье это не имеет значения.



Фаза 9

**Фаза 9:** Теперь литейная полость заполнена расплавом. Однако воздухообмен в ней в процессе заливки питателя будет иметь различный характер в промежуточных элементах значительного объема или в ажурных коронках. В литейной форме промежуточного элемента содержится объем воздуха, для вытеснения которого нужно больше времени, чем в тонкостенном колпачке. Чем больше времени нужно для затвердевания расплава, тем более зернистую структуру будет иметь отливка. Смотрите главу 5 *breident*-техника литья по Sabath „Затвердевание сплава при охлаждении в полости формы“.



#### **Практический пример: коллектор – блок из шести фронтальных коронок**

Этот фронтальный протез покрывает коронками и объединяет в блок культы шести зубов. Для изготовления питателей была выбрана восковая проволока диаметром 2,5 мм, а для коллектора – диаметром 4 мм. Так как эту работу отливали в индукционной вакуумной печи, литниковые каналы между коллектором и заливочной воронкой имеют тот же диаметр 4 мм.

Вес сплава устанавливается точным взвешиванием воска, чтобы расплав достигал верха заливочной воронки, но не переполнял ее. При таком уровне заполнения металл расплавляется при индукционной плавке так же, как и при плавке открытым пламенем. Однако при плавке открытым пламенем большой суммарный объем литниковой системы не дает возможности заполнить протезную полость расплавом.

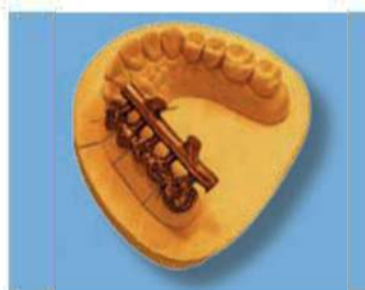


Горизонтальная проекция отлитого каркаса демонстрирует идеальное направление литниковых каналов, причем их раздвоение начинается от центра собранной формы. Канал, идущий от заливочной воронки к коллектору, должен быть точно зафиксирован в определенном месте, чтобы он состыковался с коллектором между питателями двух внешних коронок. Это гарантирует очень хорошее распределение расплава при заполнении. При литье сплавов благородных металлов следует обращать внимание на то, чтобы питатели между каркасом протеза и коллектором были не менее 3 мм длиной и 4 мм диаметром, а подводящие каналы заливочной воронки – не менее 3,5 мм.



#### **Практический пример: коллектор – боковой мостовидный протез**

На культы опорных зубов 13 и 14 этого мостовидного протеза изготовлены колпачки для облицовки керамикой, отсутствующие зубы 15 и 16 восстановлены промежуточными элементами, на культе зуба 17 смоделирована цельнолитая коронка. Все перечисленные фрагменты объединены в монолитную конструкцию мостовидного протеза. Коллектор имеет диаметр 4 мм, так как диаметр промежуточных элементов составляет тоже 4 мм. Таким образом, обеспечено достаточное снабжение литейной полости расплавом.



В области промежуточных элементов длина питателей определена расстоянием между коллектором и каркасом мостовидного протеза, и составляет 3 мм. Каркас отливали вакуумным методом, поэтому литниковый канал, идущий к заливочной воронке, имел такой же диаметр. На рисунке показано расположение литникового канала точно по центру формы, что создает условия для хорошо сбалансированного охлаждения и затвердевания отливки.

В итоге, длина питателей между литейной полостью и коллектором обеспечивается контролем перекрестия. Такие же параметры литниковая система должна иметь при отливке идентичной конструкции протеза из неблагородного сплава с учетом толщины воска в месте крепления штифтов. Диаметр питателей от каркаса протеза к коллектору – по меньшей мере 3 мм, самого коллектора – минимум 4 мм, и между коллектором и заливочной воронкой – минимум 3,5 мм.



Рис. 1а



Рис. 1б



Рис. 1в

**Литниковая система - избегайте ошибки!**

**Пример 1**

Это некачественное литье (рис. 1а) вызвано следующими причинами:

- Слишком много каналов литниковой системы** = правильно
- Тонкие каналы** = ошибочно

И то и другое не было причиной этого литейного брака. Это правильно – достаточно меньшего количества питателей и меньшей толщины. Диаметра питателей для литья коронок вполне достаточно. Место крепления добавляет толщину коронке. Те же самые причины повторно.

В этом случае (рис. 1б) причины следующие:

- Литниковый канал и коллектор хорошие** = ошибочно
- Тонкие каналы** = ошибочно

Отчаяние зубного техника можно понять, если по этим причинам работа снова не удастся.

**Потому что правильно:** полное заполнение заливочной воронки было ошибкой. Вытеснение воздуха из полости формы при вакуумном литье и выход через заливочную воронку невозможен из-за ее переполнения. Идентичное заполнение и при литье мостовидного протеза на рис. 1б: только без переполнения заливочной воронки. Проблема затекания расплава полностью устранена.

**Идеальное расположение литников (рис. 1в)** было бы при соединении 4 отливаемых коронок питателями диаметром 3 мм к коллектору. Диаметра коллектора 4 мм вполне достаточно. Форма заполненной заливочной воронки показывает, что речь идет о вакуумном литье. Таким образом, от заливочной воронки к коллектору будет использован тот же самый диаметр литникового канала 4 мм. После этого точно взвешивают сплав, чтобы при плавлении он достигал заливочной воронки, но не переполнял ее. Это способствует получению очень качественной и однородной отливки.



Рис. 2а



Рис. 2б

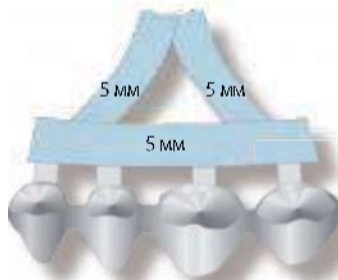


Рис. 2в Устранение ошибок

### Пример 2

Низкое качество этой отливки обусловлено следующими причинами:

**Литниковый канал слишком тонкий** =  
**относительно верно**

**Поперечный канал слишком тонкий** =  
**относительно верно**

Причины правильны только отчасти. Указанные факторы в данном случае не явились причиной снижения качества отливки.

Отливка (рис. 2а) выполнена со следующими параметрами: коллектор имеет диаметр 4 мм, питатель между резервуаром и отливаемым каркасом – 3,5 мм. Каналы заливочной воронки также изготовлены диаметром 3,5 мм.

В этом случае (рис. 2б) очевидна ошибка при литье. Для вакуумного литья слишком переполнена заливочная воронка и укорочены каналы между коллектором и заливочной воронкой, что было ошибочным. Этот диаметр каналов применяют только при центробежном литье. При этом диаметры каналов уменьшаются по направлению к заливочной воронке отливки. Форма заполненной заливочной воронки показывает, что речь идет о вакуумном литье. Питание отливки нельзя считать оптимальным. Это литье не выдерживает критики при исследовании шлифов под микроскопом.

**Идеальные условия для заливки (рис. 2в)** были бы созданы, исходя из толщины промежуточной части отливаемого мостовидного протеза, при диаметре питателей от 3,5 мм. В этом случае диаметр коллектора должен составлять 5 мм. Вакуумное литье предусматривает изготовление питающих каналов от заливочной воронки к коллектору также диаметром 5 мм. После этого точно взвешивают сплав (исключая переполнение заливочной воронки), чтобы расплав после застывания достигал нижнего края воронки. Таким образом, все проблемы устранены.



Рис. 3а

### Избегайте ошибок!

#### Пример 3

Изготовление литниковой системы из стандартных восковых заготовок для вкладок и накладок (**рис. 3а**). Остатки формовочной массы и оксидный слой удаляли после разупрочнения формы химическим способом. Размеры литниковых каналов явно увеличены, вкладки и накладки расположены в той же самой плоскости, что и коллектор.



Рис. 3б

Ошибочное размещение отливаемых конструкций (**рис. 3б**) точно по коллектору в этом случае очевидно. Здесь не может происходить никакого направленного к центру охлаждения расплава и доходит до контрвсасывающих эффектов между отливкой и коллектором, вследствие чего ухудшается структура сплава и возникает опасность образования усадочных раковин.



Рис. 3в

Внешне не может быть видно, имеет ли отливка однородное строение (**рис. 3в**). Если возникает втянутая усадочная раковина, это видимое повреждение, в то время как нарушение структуры сплава не может быть установлено без разрушения отливки. Повреждение структуры сплава полностью исключает гомогенность и биосовместимость отлитого каркаса зубного протеза даже в том случае, когда идет речь о так называемом биосплаве.

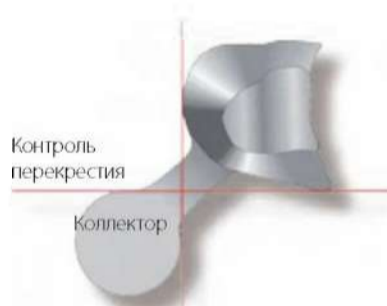


На этом отлитом объекте не только система литниковых каналов полностью преувеличена в размерах, но и переполнена заливочная воронка, чего не должно быть при вакуумном литье. Вследствие этого очень велик риск брака отливки.



Ошибочное расположение объекта

**Ошибочное приращение;** вкладка расположена точно в плоскости коллектора; это исключает направленное охлаждение и равномерное затвердевание расплава. Возникает опасность получения неоднородного и, следовательно, не биосовместимого зубного протеза. Коллектор имеет слишком большой размер.



Правильное расположение объекта

**Правильное питание;** правильное расположение вкладки и коллектора в собранном виде. Гарантировано идеальное направленное охлаждение и равномерное затвердевание, структура становится гомогенной и зубной протез обладает полной биосовместимостью.

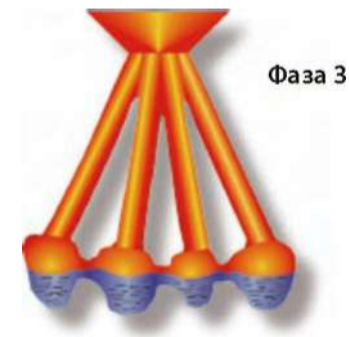




Фаза 1



Фаза 2



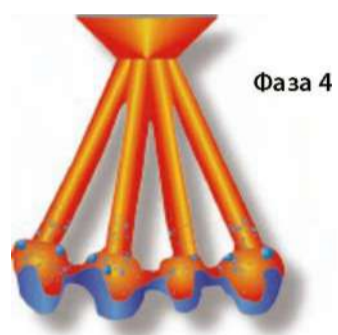
Фаза 3

## Непосредственное питание

Непосредственным питанием называют такое строение литниковой системы, при котором каждая отливаемая деталь каркаса прикрепляется литниковым каналом непосредственно к заливочной воронке. Если речь идет только о тонких колпачках или промежуточных элементах, литниковый канал можно использовать без коллектора. Для демонстрации характера заполнения формы расплавом при этом способе литья на расположенной рядом иллюстрации представлена **фаза 1**: литейная полость собранной формы с непосредственными литниковыми каналами.

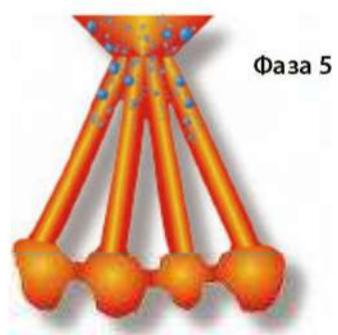
**Фаза 2:** Полость формы закрывается затекающим расплавом. Из-за этого сразу возникает непрерывно повышающееся противодействующее давление воздуха, так что расплав затекает компактно и направлено.

**Фаза 3:** Затекающий расплав закупоривает оставшийся воздух в литейной полости собранной формы в области отливаемого протеза до тех пор, пока давление воздуха не ослабеет и он проникает в виде пор в еще жидкий расплав.



Фаза 4

**Фаза 4:** В этой фазе сжатый воздух заменяется в литейной полости расплавом и расплав заполняет полость, в то время как остатки воздуха выводятся в систему литниковых каналов.



Фаза 5

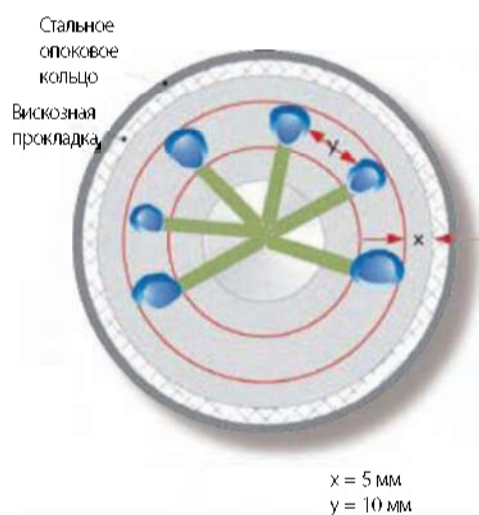
**Фаза 5:** Теперь воздух удаляется в литниковые каналы и заливочную воронку из литейной полости. Очень важно учитывать, что при вакуумном литье ни в коем случае не должно быть никакого переполнения заливочной воронки, чтобы воздух мог выйти прежде, чем давление металла этому воспрепятствовало бы. При центробежном литье должно быть соответственное наполнение заливочной воронки, чтобы достичь достаточного давления для уплотнения расплава при затвердевании под воздействием центробежной силы.



Фаза 6

**Фаза 6:** Качество заполнения похоже на коллекторное. Система литниковых каналов должна быть приспособлена для затвердевания расплава при непосредственной заливке объекта. „Поведение сплава при охлаждении в литейной полости собранной формы“, см. главу 5 bredent-техника ЛИТЬЯ по Sabath.

### Вакуумное литье отдельных деталей



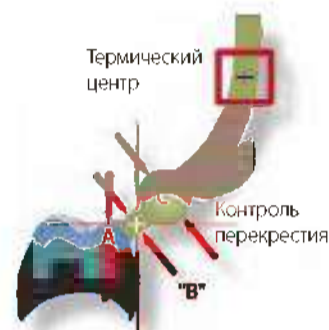
### Непосредственное заполнение при литье отдельных объектов

Размеры литниковых каналов для литья полных коронок, частичных коронок, накладок и вкладок должны отличаться по размерам при непосредственном заполнении в зависимости от применяемого способа литья (вакуумное или центробежное). Этот способ заливки лучше всего применим при литье отдельных объектов. Если непосредственная заливка выбирается при вакуумном литье, то литниковые каналы идут без изменения диаметра непосредственно к отливке. Исходная толщина отливаемой детали определяет диаметр литникового канала. При литье всех золотых, золотосодержащих сплавов и выгораемых лигатур с высоким содержанием золота, **диаметр литникового канала (B)** должен быть минимум в 1,5 раза больше толщины **стенки коронки (A)**, желательнее не менее 3 мм, чтобы не возникало проблем заполнения расплавом при вытеснении воздуха. При литье сплавов на основе палладия и цветных металлов, диаметр литникового канала должен не менее чем в 2 раза превышать толщину стенок коронки. Но и здесь необходимо помнить, что минимальный диаметр канала – 3,5 мм.

Если в собранной форме размещается несколько объектов с отдельным питанием, то для достижения идентичного результата следует выдержать одинаковый тепловой режим для каждой отливаемой детали. Все объекты должны быть расположены на одинаковой высоте, находиться на расстоянии 5 мм от наружной стенки формы и 10 мм между собой.

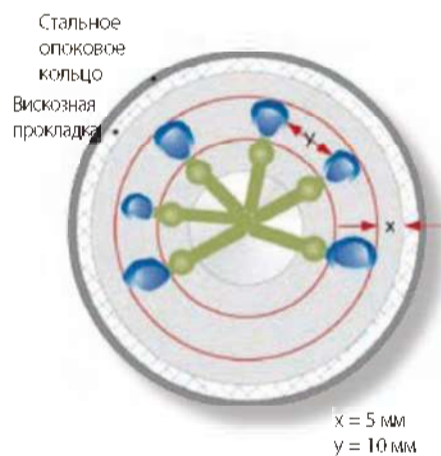
При вертикальной литниковой системе расстояние до опокового кольца или наружной поверхности формы составляет 5 мм для всех объектов. Литниковые каналы к отливке должны проходить через термический центр к литниковой воронке. Если все эти параметры выдержаны, результаты литья всех деталей идентичны.

### Центробежное литье отдельных деталей



A = толщина стенки коронки  
B = диаметр питателя  
C = прибыль

Литниковый канал · Ø [мм]	1,5	3,5	3,5	4,0
Прибыль · Ø [мм]	4,5	5,0	6,0	6,5
Питатель · Ø [мм]	2,5	2,5	3,0	3,5



Если отдельные детали отливают центробежным способом при непосредственном питании, то для этого литниковые каналы изготавливают с прибылью. Из-за вращательного движения рычага центрифуги после заполнения расплавом возникает эффект вентиляции, который очень быстро охлаждает собранную форму снаружи по направлению к центру. По этой причине усадка расплава при охлаждении может привести к образованию дефекта отливки. Это приводит к нарушению структуры отливки в переходной области между зубным протезом и питателем. Диаметр **питателя (B)** уменьшается при вакуумном литье и должен достигать **толщины стенки коронки (A)** в месте контакта. Литниковый канал между **прибылью (C)** и заливочной воронкой имеет несколько больший диаметр, чем питатель между прибылью и коронкой (см. иллюстрацию). При центробежном литье с непосредственной заливкой можно разместить несколько отдельных отливаемых деталей в одной форме.

При этом должны быть выполнены те же самые условия, как при вакуумном литье с допустимыми отклонениями, чтобы на литниковых каналах были использованы прибыли.

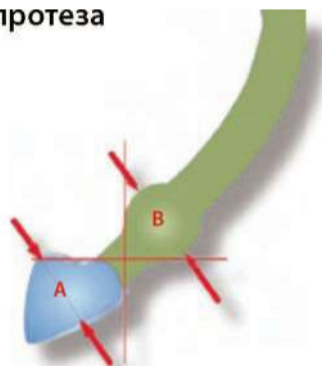
При этом должны быть выполнены те же самые условия, как при вакуумном литье с допустимыми отклонениями, чтобы на литниковых каналах были использованы прибыли.

### Непосредственная заливка каркаса мостовидного протеза

Вакуумное литье исключает возможность непосредственного заполнения каркаса мостовидного протеза. В этом случае литниковые каналы с прибылями в качестве резервуара расплава не могут быть использованы, так как вытесненный при затекании расплава воздух приведет к образованию воздушных пор.

### Вакуумное литье непригодно для мостовидных протезов

### Центробежное литье каркаса мостовидного протеза



Промежуточная часть мостовидного протеза

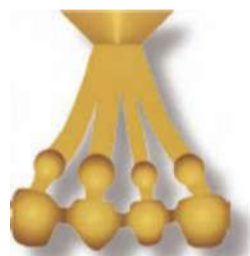


Схема питания

Из-за разной жидкотекучести расплава при изготовлении деталей каркаса с различным объемом могут возникать проблемы при затвердевании. Различная плотность структуры представляет опасность при спекании керамики из-за коробления металла. При использовании промежуточных элементов, канал должен был бы иметь их толщину вплоть до заливочной воронки, и несколько промежуточных элементов обусловили бы такую толщину литникового канала, при которой он едва ли поместился бы в заливочной воронке. Кроме того, такое увеличение объема не дало бы достаточной компактности струи расплава.

При центробежном литье непосредственная заливка – это совершенная альтернатива. В этом случае используют литниковую систему с прибылями, так как каналы, идущие от коллектора к заливочной воронке, должны быть не одинакового с коллектором диаметра (в отличие от вакуумного литья), а значительно меньше. Чтобы расплав усреднился при заполнении и во время воздухообмена, воском фиксируют большее количество литниковых каналов к заливочной воронке и расплав хорошо кристаллизуется.

Определение размеров литникового канала производится отдельной оценкой отливаемой детали. Питание коронки может определяться по чертежу литниковой системы отдельного заполнения. У промежуточных элементов диаметр прибыли (как и у коллектора) должен достигать, по меньшей мере, параметров этих деталей мостовидного протеза. Таким образом, мостовидный протез снабжается отдельными литниковыми каналами, размеры которых определяют различными способами. Соответствие каналов заливаемым объемам приводит к хорошим результатам заполнения формы и качественной структуре сплава при затвердевании.

Также при непосредственной заливке диаметр литникового канала определяет направленное затвердевание. Большое значение имеет также удельный вес: в зависимости от плотности сплава (напр., на основе палладия, серебряно-палладиевого или неблагородного), литниковые каналы от заливочной воронки к коллектору должны иметь минимальный диаметр 3,5 мм, а в месте прикрепления к коронке – не менее 3 мм.

## Глава 5 | **bredent-техника литья** по Sabath

	Страницы
Введение .....	5.3
Характер заполнения литейной формы	
- традиционная техника литья отдельных изделий .....	5.5
- традиционное литье.....	5.5
- при литье вкладок или одиночных коронок.....	5.8
- при литье каркасов мостовидных протезов.....	5.22
Сравнение скорости заполнения литейной формы .....	5.10
Литниковые каналы .....	5.10
Цельнолитые мостовидные протезы и каркасы большого объема при	
- вакуумном литье с последующим	
воздействием давления.....	5.12
- центробежном литье.....	5.15
Правильный выбор литникового канала	
при центробежном литье.....	5.16
Прибыль .....	5.18
Воск для литниковых каналов.....	5.20
Центральная формовка при литье каркаса мостовидного протеза	
вне модели.....	5.21
Сравнение способов литья.....	5.24
Примеры правильной установки литниковых каналов	
- при литье вкладок и коронок.....	5.26
- при литье каркасов мостовидных протезов.....	5.28
Первичные конструкции при протезировании на имплантатах...	5.34
Фазы охлаждения и усадка при затвердевании отливки.....	5.38
Охлаждение центра расплава .....	5.38

## Введение

Для лучшего понимания инновации в bredent-технике литья по Sabath мы должны сравнить характер текучести расплава при различных способах литья. Формовочная масса должна соответствовать технологическим требованиям и быть очень однородной. Только очень плотная формовочная смесь может обеспечивать точные показатели расширения и сжатия во всем объеме отливки. Точность припасовки обусловлена гладкой поверхностью отливки. Этого удастся достичь при наличии плотной и гладкой поверхности формовочной массы в литейной полости.

При однородной формовочной массе и плотной поверхности заливаемой формы, оставшийся в полости воздух не может быть вытеснен из нее со скоростью затекания расплава. При других системах заливки через литниковые каналы вытесняется всего лишь  $\approx 30\%$  остаточного воздуха. Основной его объем сжимается и удаляется через систему литниковых каналов, вызывая значительные завихрения затекающего расплава. Новый способ расположения литниковых каналов непосредственного питания над коллектором при bredent-технике литья по Sabath зависит, таким образом, от свойств формовочной смеси. Проблема вытеснения остаточного воздуха из литейной полости формы затекающим расплавом осталась в прошлом.





При новой breident-технике литья по Sabath обращают внимание на изменения в формовочной массе, и при оценке характера течения расплава учитывают эффект сжатия остаточного количества воздуха. Теперь он вытесняется под действием силы тяжести (при комбинированном литье в вакууме с последующим воздействием давления) или центробежной силы (при центробежном литье) в литейную полость. Благодаря повышающемуся противодействию, расплав плотным потоком заполняет литейную полость и образуется очень однородная структура сплава.



На литниковую систему расходуется очень незначительное количество сплава, который нельзя повторно использовать при литье отдельных деталей. Все это в итоге дает экономию материала и экономию времени при значительном улучшении качества отливки. Восковые готовые детали для breident-техники литья по Sabath изготовлены из низкотемпературного воска, сгорающего абсолютно без остатка. Литниковые каналы и прибыль осторожно приклеивают к каркасу таким же расплавленным воском, нанося его тонким инструментом, чтобы не возникало никаких усадочных напряжений. Благодаря этому каркас легко и без деформаций снимается с модели.



## Характер заполнения литейной формы при литье отдельных изделий традиционными методами:

### При комбинированном литье в вакууме и под давлением



Литейная полость частичной коронки

Заполнение через литниковые каналы для вакуумного литья с последующим воздействием давления; каналы имеют одинаковый диаметр на всем протяжении, вплоть до заливочной воронки ( $\approx 5$  мм).

### При центробежном литье



Литейная полость частичной коронки

Заполнение при центробежном литье через укороченные литниковые каналы между заливочной воронкой и полостью литейной формы ( $\approx 4$  мм).

## Жидкотекучесть расплава при обычных методах литья:

### Комбинированное литье в вакууме с последующим воздействием давления



1. Расплав поступает под действием силы тяжести и вакуума в литейную полость. Сжатием воздуха достигают очень хороших показателей по заполнению формы, несмотря на незначительное влияние силы тяжести.

### Центробежное литье



1. При центробежном литье на расплав действуют более значительные силы, чем при вакуумном, однако он не заполняет форму быстрее. В процессе заполнения литейной формы возникает значительно более плотная воздушная пробка в ее полости, чем при комбинированном литье в вакууме с последующим воздействием давления.



**Комбинированное литье в вакууме с последующим воздействием давления**

**2.** Под воздействием силы тяжести расплав затекает в полость формы коронки и вытесняет остаточный воздух. Воздух начинает сжиматься.

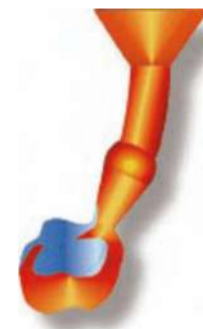


**Центробежное литье**

**2.** Большой объем воздуха вытесняется взаимодействующими гравитационными силами и сжимается. Вследствие этого расплав затекает очень равномерно.



**3.** В этот момент происходит замена вакуума на повышенное давление. Теперь расплав дожимается давлением в полость формы.



**3.** Давление между расплавом и остатком воздуха в этой фазе выше, чем при литье в вакууме с последующим воздействием давления, так что, несмотря на противоположную направленность центробежной силы, центробежной силы и силы тяжести происходит очень равномерное заполнение литейной полости.



#### **Комбинированное литье в вакууме с последующим воздействием давления**

**4.** Повышенным давлением в литейной установке вжимают расплав в полость формы и остаточный воздух удаляется через литниковый канал. Отчетливо видно, что остаточное количество воздуха выходит через литниковый канал в виде множественных мелких пузырьков.



**5.** При воздействии давления на расплав остаточное количество воздуха поднимается в виде пузырьков по литниковому каналу, а расплав, находящийся в заливочной воронке, уходит в литниковую систему.



#### **Центробежное литье**

**4.** Теперь центробежная сила достигает максимальной величины давления на текущий расплав вследствие вращательного движения, так что поступающий более тяжелый металл смешивается с более легким воздухом. Однако под действием центробежной силы остатки воздуха удаляются не в виде пузырьков, а в форме струи.



**5.** Характер движения выходящих остатков воздуха при этом методе литья определяется действующими силами. Центробежная сила удерживает расплав, и остаточный воздух удаляется в направлении движения центрифуги. Остаток расплава заполняет освободившуюся после выхода воздуха полость.



**6.** Полость литейной формы заполнена расплавом. Однако при литье в вакууме с последующим давлением категорически исключено переполнение заливочной воронки, иначе остаточный воздух не сможет выйти.



**6.** В обоих процессах есть много общего. Единственное различие - это способ вытеснения остаточного воздуха силой воздействия расплава.

### Способы литья вкладок и одиночных коронок:

**Вакуумное литье**



**Центробежное литье**



**breident-техника литья по Sabath**

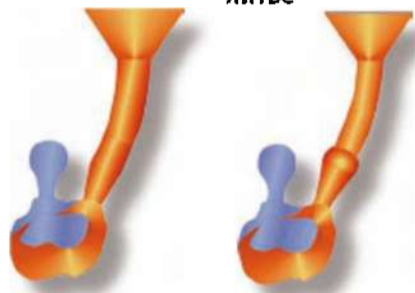
**1.** Различие между литьем в вакууме с последующим воздействием давления и центробежным литьем состоит в том, что при использовании последнего литниковые каналы выполняются с прибылями. В качестве дополнительного питающего резервуара для обмена воздуха и расплава создается прибыль. В литниковом канале с увеличенным общим объемом движущийся расплав не встречает сопротивления.



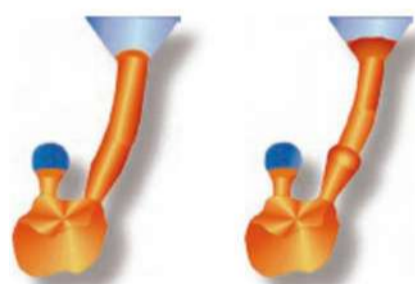
**2.** Расплав затекает в первую треть литейной полости значительно быстрее, чем при обычных процессах. При этом он начинает воздействовать на оставшийся в литейной полости воздух, сжимая и уплотняя его.

Вакуумное литье

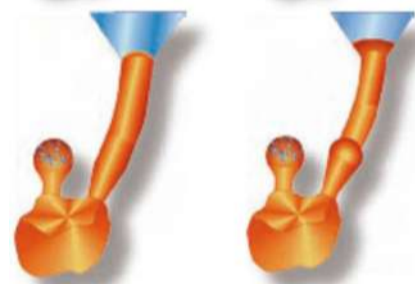
Центробежное литье



**3.** Под воздействием силы тяжести при вакуумном литье и центробежной силы при литье в центрифуге расплав заполняет вначале пришеечную область коронки, после чего поднимается к жевательной поверхности в результате повышения давления воздуха. На этой стадии расплав очень хорошо уплотняется.



**4.** Вследствие постоянно повышающегося противодействия остаточного количества воздуха, плотность расплава повышается до оптимальной величины. Остаточный воздух вытесняется в прибыль и не отводится системой литниковых каналов.



**5.** Скопившийся в прибыли воздух вытесняется, и еще жидкий внутри объема расплав сжимается, при этом его однородность начинает повышаться, так как отсутствует противодействие воздуха в литниковом канале.

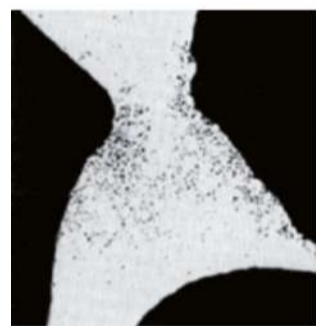
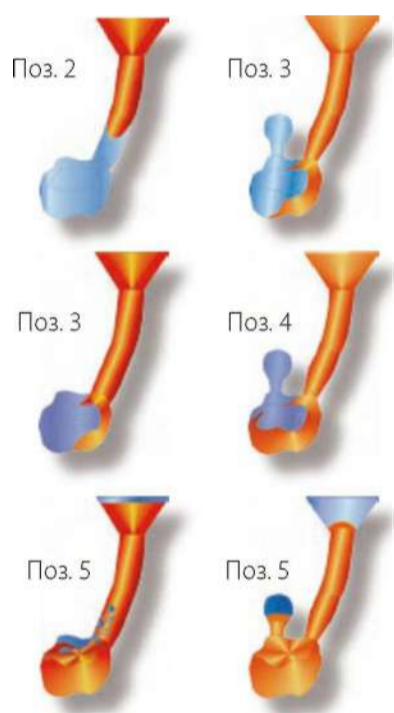


**6.** Остаточный воздух вытеснен, расплав оптимально уплотнен. При остывании прибыль будет служить питающим резервуаром расплава, способствуя получению очень хорошей плотности металла в отлитом объекте.

## Сравнение скорости заполнения

Вакуумное литье отдельного изделия:

традиционно    bredent-техникой  
no Sabath



Пористость при обычном способе литья с литниковым каналом уменьшенного диаметра

**а)** Благодаря дополнительному объему воздуха в полости прибыли, расплав быстрее течет при правильном расположении литникового канала. В этом состоянии расплав начинает уплотняться образовавшейся воздушной пробкой.

**б)** При обоих процессах расплав движется очень быстро и вытесняет остаток воздуха в коронке. В этот момент происходит замена действия вакуума на повышенное давление, и расплав очень быстро сжимает остатки воздуха.

**в)** При обычном способе литья одиночных изделий остаток воздуха из полости формы выходит через литниковый канал. Вследствие этого расплав будет неоднородным. Расплав уплотняется давлением только в том случае, если остаточный воздух удален. При bredent-технике литья по Sabath остаточное количество воздуха вытесняется через литейную полость в прибыль. Вследствие этого плотность расплава постоянно повышается на протяжении всего процесса литья.

### Литниковые каналы

для bredent-техники литья по Sabath

Литниковые каналы не должны быть укорочены при вакуумном литье с последующим давлением в месте присоединения к каркасу или отдельному объекту. Однако это не имеет значения при bredent-технике литья по Sabath. Остаточный воздух удаляется в прибыль и вытесняется высоким давлением расплава в формовочную смесь, не оказывая сопротивления на расплав в системе литниковых каналов. Благодаря этому практически полностью исключено образование втянутых воздушных пор.



A = Толщина стенки коронки  
 B = Диаметр канала в месте крепления  
 C = Диаметр литникового канала

Эти втягивающие воздух литниковые каналы могут использоваться только при breident-технике литья по Sabath. Если их моделируют без прибыли, выход воздуха через литниковый канал затруднен и при вакуумном литье с последующим воздействием давления будет образовываться пористая структура (смотри рисунок).

Выбор правильного диаметра литникового канала определяется толщиной стенки коронки, видом сплава, диаметром промежуточного элемента, а также объемом металла, который должен пройти через литниковый канал в литейную полость.

Правильно изготовленный литниковый канал **диаметром B** при **вакуумном литье с последующим воздействием давления** будет не меньше **толщины стенок коронки A**.

При литье золотых сплавов диаметр литникового канала C должен составлять минимум 3,5 мм, а **в месте крепления B** – 2,5 мм. При литье выгорающих высокозолотосодержащих лигатур минимальный диаметр C литникового канала составит 4 мм, а **в месте крепления B** – минимум 2,5 мм.

При большом объеме отливаемой конструкции, например, цельнолитых мостовидных протезов крупного размера, нужно увеличить диаметр литникового канала, но не **в месте крепления B**.

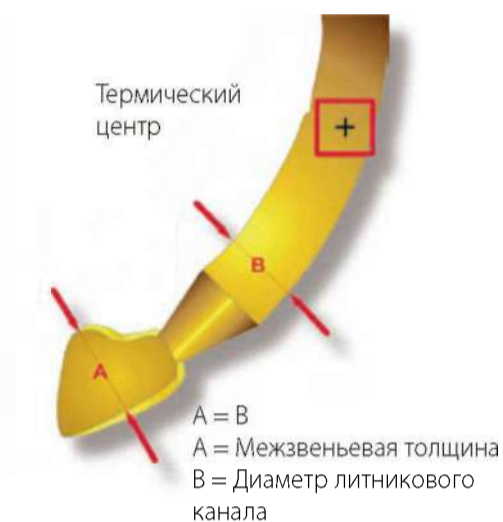
Пример:

Маленький мостовидный протез или непосредственное питание V = 3,0 мм C = 4,0 мм

Большой мостовидный протез с несколькими промежуточными элементами V = 3,0 мм C = 5,0 мм

При литье сплавов с небольшим удельным весом, например, на основе палладия, серебра или благородных металлов, при вакуумном литье одиночных коронок и ажурных вкладок можно использовать литниковые каналы диаметром не более 4 мм; при литье каркасов мостовидных протезов – не более 5 мм.





При низкой плотности расплава действие силы тяжести очень незначительно, что может приводить к проблемам при заполнении. Расплав поступает в литниковый канал и заполняет прибыль преимущественно под воздействием давления.

При литье комбинированным методом (в вакууме с последующим воздействием давления) диаметр литникового канала должен соответствовать диаметру самого толстого места отливаемого промежуточного элемента. Это требование обязательно для всех заливаемых расплавов.

### Цельнолитые мостовидные протезы и каркасы большого объема при вакуумном литье с последующим воздействием давления

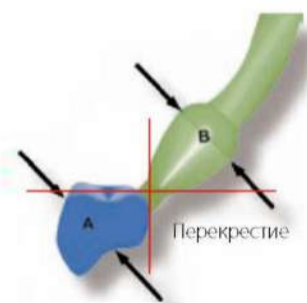
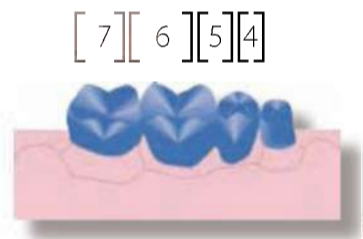
Цельнолитой мостовидный протез от 4 до 7

4 = Цельнолитая коронка

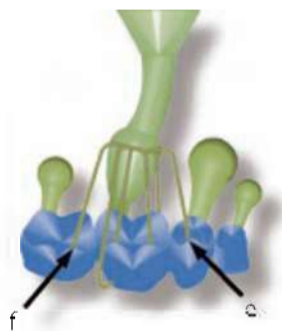
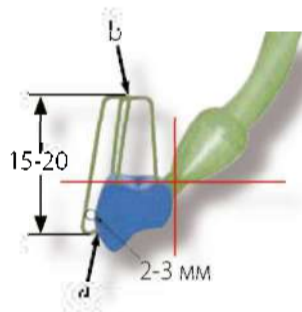
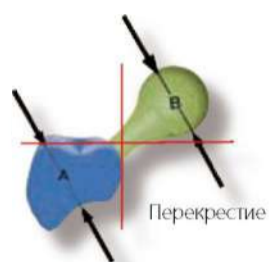
5 = Цельнолитая промежуточная часть мостовидного протеза

6 = Цельнолитая промежуточная часть мостовидного протеза

7 = Цельнолитая коронка



Если при вакуумном литье диаметр A превышает 5 мм, прибыль B должна иметь аналогичный диаметр. При этом подводящий литниковый канал выполняют диаметром не более 5 мм. К диаметру A приравнивают только диаметр прибыли B. Таким образом, даже при вакуумном литье с последующим воздействием давления необходимо предусматривать прибыль.



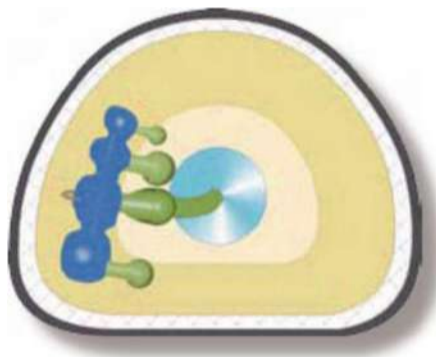
Таким образом, при выполнении литниковой системы для конструкции с различными объемами составляющих частей максимальный диаметр литникового канала для промежуточной части мостовидного протеза составляет 5 мм, и только диаметр **прибыли В** равен **диаметру** отливки **А**. Эти параметры обязательно должны быть выдержаны.

Диаметр питателей цельнолитых коронок 4 и 7 определяется толщиной стенки коронки в месте крепления. Диаметр прибылей в области 5 и 6 должен достигать диаметра промежуточной части мостовидного протеза.

Качество и однородность каркаса мостовидного протеза определяют правильным выполнением условий направленного затвердевания сплава. Получение гладкой и однородной поверхности при литье каркасов с различным объемом элементов достигается установкой холодильников в виде ребер для направленной кристаллизации из восковой проволоки диаметром 1 мм, имеющих указанную на рисунке форму.

Их крепят к восковой модели по диагонали от места крепления питателя и расположения литникового канала в **точке а**. Восковую проволоку устанавливают вертикально вверх примерно на 2-3 мм кпереди от промежуточного элемента и изгибают книзу на высоте  $\approx 15-20$  мм от места крепления, фиксируя к дистальному щечному бугру жевательной поверхности. После этого щечные и язычные (или небные) бугры жевательной поверхности соединяют между собою восковой проволокой, одинаковой по высоте в **точке b** с первой восковой проволочной петлей.

**Бугор** е жевательной поверхности восковой модели **промежуточного элемента 5** также должен быть соединен приклеенной восковой проволокой с **точкой крепления b**. Абсолютно необходимо связать медиальный щечный **бугор f** жевательной поверхности **промежуточного элемента 6** с верхней **точкой b**.



Для цельнолитых мостовидных протезов большого объема необходимо использовать форму со стальным опоковым кольцом и прокладкой из синтетического полотна размера X6.

Большой объем расплава в стадии затвердевания нуждается в медленном охлаждении для обеспечения направленного к центру равномерного затвердения сплава.

Цельнолитый мостовидный протез должен быть установлен примерно в 5 мм от края собранной формы. Коллектор литниковой системы и прибыли должны быть расположены ближе к центру литейной формы на всей протяженности отливаемой конструкции. Грушевидного продолговатого опокового кольца размером SX3 явно недостаточно. Подводящий от заливочной воронки литниковый канал должен располагаться ближе к центру формы, чем коллектор.



На практике изучали изображенный на рисунке цельнолитый мостовидный протез с промежуточным элементом диаметром 9,5 мм, снабженный прибылью диаметром тоже 9,5 мм.

Второй промежуточный элемент, имеющий диаметр 8,5 мм, также снабжен прибылью диаметром 9,5 мм.



На коронки устанавливали прибыли заданной величины, и ребра охлаждения размещали точно в соответствии с рабочей инструкцией. Благодаря этому удалось получить однородное литье несмотря на большой объем конструкции.

## Цельнолитые мостовидные протезы и каркасы большого объема при центробежном литье

Если каркас большого объема отливают центробежным способом, то единственное отличие по отношению к вакуумному литью с последующим воздействием давления заключается в том, что при наличии промежуточных частей мостовидного протеза диаметром свыше 6,5 мм становятся необходимыми ребра охлаждения. Литниковый канал, идущий от коллектора к заливочной воронке, в отличие от вакуумного литья, имеет максимальный диаметр 4 мм.



Размещение охлаждающих ребер (холодильников) для направленной кристаллизации не в соответствии с рекомендуемой схемой не дает гарантии получения очень гладкой поверхности. Однако это допустимо, если холодильники выполнены в форме восковых проволочек диаметром 1 мм и длиной 1,5-2 см без соединения друг с другом.



При литье полных цельнолитых коронок из неблагородных сплавов прибыль и охлаждающие ребра для направленной кристаллизации нужно размещать обязательно на массивных буграх жевательной поверхности, что позволяет получить очень гладкую и, соответственно, более однородную поверхность. Решающее значение для обеспечения качества литья имеет температура расплава.

## Правильный выбор литникового канала при центробежном литье

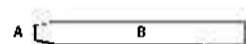


Исходный диаметр и определение размеров прибыли при центробежном литье имеет общие с вакуумным методом принципы только в части затвердевания расплава.

При центробежном литье **диаметр литникового канала В**, как и при вакуумном литье, должен соответствовать **толщине стенки коронки А**, и ни в коем случае не может быть менее 2,5 мм.

Размеры прибылей при breident-технике литья по Sabath определены исходной величиной изготовленных из воска элементов протеза. Однако, в отличие от вакуумного литья, сокращается длина литникового канала между прибылью и заливочной воронкой. Уменьшение подводящего литникового канала необходимо, чтобы стабилизировать противоположные силы воздействия (центробежная сила – как основная, центростремительная и сила тяжести) и предотвратить эффект образования завихрений в литниковом канале.

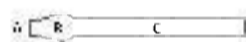
При центробежном литье диаметр **прибыли В** должен быть равен **диаметру А** промежуточного элемента. Это равным образом относится ко всем видам сплавов, идет ли речь о литье золота, выгорающей лигатуры благородного металла или неблагородных сплавов. Обратите принципиальное внимание на правильное изготовление литникового канала: при breident-технике литья по Sabath независимо от технологии плавки в сомнительных случаях лучше всегда выбрать несколько больший диаметр. Чем меньше удельный вес сплава, тем больше должен быть диаметр литникового канала. При литье сплавов на основе неблагородных металлов или серебра литниковый канал не делают тоньше 3,5 мм.



Диаметр питателя = **A**  
Диаметр канала = **B**



Диаметр питателя = **A**  
Диаметр прибыли = **B**  
Диаметр канала = **C**



Диаметр питателя = **A**  
Диаметр прибыли = **B**  
Диаметр канала = **C**



Диаметр питателя = **A**  
Диаметр прибыли = **B**  
Диаметр канала = **C**



### Восковые заготовки литниковой системы для bredent-техники литья по Sabath

имеются на складе в следующем ассортименте размеров.

#### Литниковые каналы для вакуумного литья с последующим воздействием давления:

<b>A:</b> 2,0 мм	<b>A:</b> 2,5 мм	<b>A:</b> 3,0 мм
<b>B:</b> 3,5 мм	<b>B:</b> 4,0 мм	<b>B:</b> 4,0 мм
<b>A:</b> 3,0 мм	<b>A:</b> 3,5 мм	<b>A:</b> 4,0 мм
<b>B:</b> 5,0 мм	<b>B:</b> 5,0 мм	<b>B:</b> 5,5 мм

#### Литниковые каналы для технологии вакуумного литья деталей большого объема:

<b>A:</b> 3,5 мм	<b>A:</b> 3,5 мм	<b>A:</b> 3,5 мм	<b>A:</b> 3,5 мм
<b>B:</b> 6,5 мм	<b>B:</b> 7,5 мм	<b>B:</b> 8,5 мм	<b>B:</b> 9,5 мм
<b>C:</b> 5,0 мм	<b>C:</b> 5,0 мм	<b>C:</b> 5,0 мм	<b>C:</b> 5,0 мм

#### Литниковые каналы для центробежного литья:

<b>A:</b> 2,5 мм	<b>A:</b> 2,5 мм	<b>A:</b> 3,0 мм	<b>A:</b> 3,5 мм
<b>B:</b> 4,5 мм	<b>B:</b> 5,0 мм	<b>B:</b> 6,0 мм	<b>B:</b> 6,5 мм
<b>C:</b> 3,0 мм	<b>C:</b> 3,5 мм	<b>C:</b> 3,5 мм	<b>C:</b> 4,0 мм

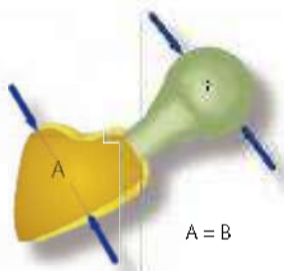
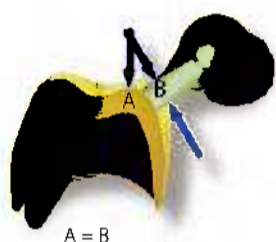
#### Литниковые каналы для технологии центробежного литья деталей большого объема:

<b>A:</b> 3,5 мм	<b>A:</b> 3,0 мм	<b>A:</b> 3,5 мм
<b>B:</b> 7,5 мм	<b>B:</b> 8,0 мм	<b>B:</b> 9,5 мм
<b>C:</b> 4,0 мм	<b>C:</b> 4,0 мм	<b>C:</b> 4,0 мм

Применение восковых заготовок деталей для bredent-техники литья по Sabath дает значительную экономию времени.

Кроме того, заданные размеры готовых восковых деталей позволяют получить точную однородную отливку.

Размещение дополнительной  
прибыли



## Прибыль

при breident-технике литья по Sabath

Как места прикрепления, так и размеры прибылей при вакуумном и центробежном литье идентичны. Прибыли служат в качестве места скопления воздуха и резервуара для расплава. Литниковый канал размещают на одном из небных бугорков коронки, а прибыль – на соседнем небном бугорке. И канал, и прибыль направлены к центру литейной формы. При этом конусность в месте присоединения не должна быть изменена воском при фиксации.

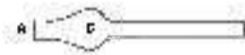
При размещении дополнительной прибыли на поверхности отливаемой коронки, **диаметр шейки конуса В** должен соответствовать **толщине стенки коронки А**. Нельзя использовать больший диаметр конуса, иначе будет нарушено давление остаточного воздуха. Это утверждение в равной степени верно для всех видов сплавов.

При литье промежуточных элементов диаметр **дополнительной прибыли В** должен иметь диаметр, равный максимальному **диаметру А** отливаемой детали. Этот принцип также верен для всех видов сплавов.

При установке дополнительной прибыли нужно обращать внимание на то, чтобы ее размер был не слишком большим. В то время, как в спорных случаях диаметр литникового канала лучше несколько увеличить, в отношении прибыли – наоборот: чтобы при росте давления воздух мог сжаться раньше, в сомнительном случае лучше определять несколько меньший размер. Эта возможность относительно свободного выбора размеров обусловлена тем, что расплав поступает в дополнительную прибыль уже холоднее, чем он был в каркасе протеза.



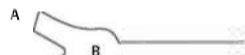
При литье телескопических коронок (первичных, вторичных) и вкладок вакуумным или центробежным методом, дополнительная прибыль имеет минимальную величину 2,5 x 4,0 мм и устанавливается под углом в начале конусовидного питателя литникового канала, как показано на иллюстрации. Однако при центробежном литье используют литниковые каналы с прибылями, устанавливая при этом дополнительные прибыли на коллектор под таким же самым углом наклона.



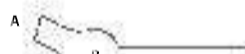
A = диаметр питателя  
B = диаметр прибыли



A = диаметр питателя  
B = диаметр прибыли



A = диаметр питателя  
B = диаметр прибыли



A = диаметр питателя  
B = диаметр прибыли



A = диаметр



#### Восковые заготовки деталей для bredent-техники

##### ЛИТЬЯ по Sabath

имеются на складе в следующем ассортименте размеров.

##### Дополнительная прибыль:

A: 2,5 мм	A: 2,5 мм	A: 2,5 мм
B: 4,0 мм	B: 5,0 мм	B: 5,5 мм

A: 3,0 мм	A: 3,5 мм
B: 6,0 мм	B: 6,5 мм

##### Дополнительная прибыль для технологии литья деталей большого объема:

A: 3,5 мм	A: 3,5 мм
B: 7,5 мм	B: 8,5 мм

##### Двойная дополнительная прибыль:

A: 2,5 мм	A: 2,5 мм	A: 2,5 мм	A: 3,0 мм
B: 4,0 мм	B: 5,0 мм	B: 5,5 мм	B: 6,0 мм

##### Двойная дополнительная прибыль для технологии литья деталей большого объема:

A: 3,5 мм
B: 6,5 мм

##### Восковые профили для ребер охлаждения, канала для вентиляции и выравнивания давления:

A: 0,8 мм	A: 1,0 мм	A: 1,2 мм
-----------	-----------	-----------





Беззольное выгорание



Моделировочный воск



Литниковая система

## Воск для литниковых каналов - легкоплавкий -

Особенность восковых заготовок для изготовления литниковой системы – это применение легкоплавкого воска. Температура плавления у этого воска значительно ниже, чем у моделировочного. Все используемые воски должны выгорать без остатка во избежание попадания золы в отливку.

При моделировке каркаса мостовидного протеза из беззольного воска необходимо правильно выбирать воск для литниковых каналов и прибылей. Их слегка разогревают в месте соединения и легким давлением крепят к каркасу мостовидного протеза. Этого достаточно, чтобы каналы и прибыли уже были зафиксированы.

После предварительной фиксации прибылей и каналов, их осторожно расплавляют в месте контакта слабо нагретым тонким инструментом, чтобы образовалась чистая гладкая поверхность воска. Конус в месте крепления ни в коем случае не может быть утолщен загустевшим воском. Для изготовления литниковой системы используют только специальный воск (ни в коем случае не моделировочный), чтобы не расплавлялся моделировочный воск каркаса и не возникало внутреннее напряжение в области опорных зубов. Смоделированный и снабженный литниковой системой из правильно выбранного воска каркас можно очень легко снять с гипсовой модели, отсутствие деформации воскового каркаса протеза облегчит его припасовку после литья.

## Центральная формовка при литье каркаса мостовидного протеза вне модели



При снятии воскового каркаса мостовидного протеза с гипсовой мастер-модели на него действуют разнонаправленные силы при отсутствии параллельности между кульями опорных зубов или различные по величине силы трения отдельных коронок. Для предотвращения деформации при снятии восковую конструкцию можно упрочнить формовочной массой.

**Для этого необходим:** дозировочный шприц объемом до 60 мл для забора концентрата для последующей формовки и точной дозировки 4 мл жидкости для смешивания.

Емкость для смешивания в вакуумном смесителе должна иметь максимальный объем 80 - 100 мл. Емкость бóльшего объема не может быть использована, так как формовочная масса не смешается до нужной степени подвижности.

Теперь из шприца выдавливают в емкость необходимое количество жидкости для смешивания и на точных весах отмеряют необходимое количество формовочной массы. Соотношение порошка и жидкости (например, Brevest C+B Speed) – 23 г на 4 мл. После смешивания в вакууме в соответствии с инструкцией, приготовленную массу наносят на жевательную поверхность упрочняемой восковой конструкции тонкой пластмассовой кисточкой. Пластмассовые волоски кисточки нулевого размера не забирают из формовочной смеси жидкость, так что образование пористости не происходит. Формирование литниковой системы мостовидного протеза перед этим уже должно быть закончено. Нанесенный слой формовочной смеси должен иметь толщину  $\approx$  4-6 мм. Консистенция формовочной массы должна соответствовать консистенции сбитых сливок. В этом случае нанесенная смесь твердеет в течение 30 минут, не нагреваясь. Выделения тепла не происходит также благодаря незначительному количеству массы.

Через 30 минут каркас можно снимать и формовать обычным способом. Теперь можно быть абсолютно уверенным, что Ваш мостовидный протез не деформируется при литье и разупрочнении формы.

## Выполнение литья каркаса мостовидного протеза

**bredent-техника литья по Sabath**



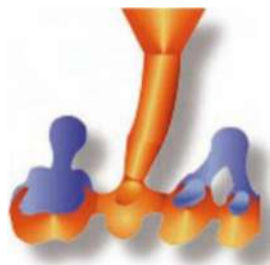
Литейная полость собранной формы с литниковой системой для вакуумного литья с последующим воздействием давления. При центробежном литье используются только литниковые каналы с прибылями.



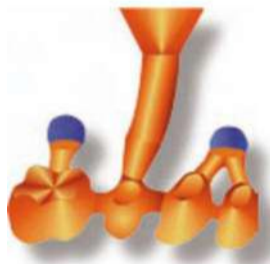
Расплав поступает в заливаемую форму при вакуумном литье под действием силы тяжести, а при центробежном литье – под действием центробежной и центростремительной сил.



Благодаря сопротивлению имеющегося в литейной полости воздуха, заливаемая форма очень равномерно заполняется расплавом. Вначале заливаются края коронок, затем расплав поднимается к жевательной поверхности или режущему краю и начинает вытеснять остаточный воздух в прибыль. Одновременно повышается противодействие воздуха, способствуя уплотнению расплава.



В этой фазе происходит изменение глубины вакуума. Вакуум снижается и одновременно в течение одной секунды давление повышается до 2,5 бар, дожимая расплав в оставшиеся незаполненными участки литейной полости. При центробежном литье воздействие центробежной силы повышается за счет ускорения вращения кронштейна центрифуги.



Теперь оставшийся воздух вытесняется и перемещается в прибыль под действием силы поступающего в заливаемую форму расплава. Во время всего процесса заливки, расплав уже оптимально уплотнен непрерывно повышающимся давлением сжимаемого воздуха.



Дальнейшее поступление расплава позволяет окончательно заполнить литейную полость каркаса и вытеснить сжатый воздух из прибыли в формовочную массу. При breident-технике литья по Sabath сжатый остаточный воздух не перемещается из литейной полости по системе литниковых каналов и оказывает постоянное уплотняющее действие на расплав во время заливки.



После заливки и выдержки форму извлекают из литейного устройства и устанавливают вниз заливочной воронкой на шамотном камне до полного охлаждения.

## Сравнение способов литья

### Коллекторное:

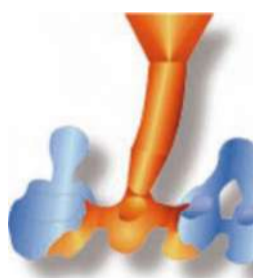


1. При литье с коллектором литейная полость имеет значительно больший объем. Соответственно, необходимо и большее количество сплава. При затекании большего количества расплава в литейную полость увеличенного объема, воздух (также имеющий больший объем) активнее противодействует заполнению литейной формы.



2. Вследствие сопротивления сжатого остаточного воздуха, в первую очередь заполняется система литниковых каналов. Полость каркаса протеза еще не заполнена расплавом.

### breident-техника литья по Sabath:



1. При breident-технике литья по Sabath расплав вначале затекает быстрее, так как в литейной полости есть отдельная зона разрежения в направлении движения расплава. Объем литейной полости меньше, что позволяет использовать меньшее количество сплава.



2. Расплав заполняет полость каркаса протеза через литниковый канал. После этого жидкий расплав вдавливается силой противодействия остаточного воздуха в края и стенки коронок. Благодаря этому возникает однородная структура расплава.

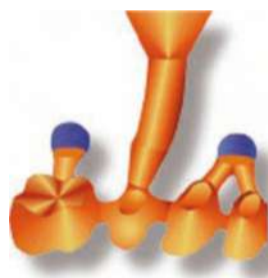


### Коллекторное:

**3.** Затекающий расплав достиг полости протеза и сжал остаточный воздух настолько сильно, что он уравновесил давление расплава. Однако полость протеза залита расплавом еще не полностью.



**4.** Теперь остаточный воздух сжимается настолько сильно, что происходит выравнивание давления, вследствие чего более легкий воздух удаляется по системе литниковых каналов. Расплав будет неоднородным. Расплав испытывает уплотнение только в том случае, когда удален весь воздух из литейной полости.



### breident-техника литья по Sabath:

**3.** Расплав заполнил теперь уже всю полость каркаса протеза и противодействующее давление сжатого остаточного воздуха способствует оптимальной однородности расплава.



**4.** Оказывая давление через центр заполнения, (между литниковым каналом и каркасом до прибыли) расплав сжимает остаточный воздух, вытесняя его в прибыль и не позволяя ему выходить в противоположном направлении. Расплав непрерывно уплотняется во время течения.

## Примеры правильной установки литниковых каналов при литье вкладок и коронок bredent-техникой ЛИТЬЯ по Sabath



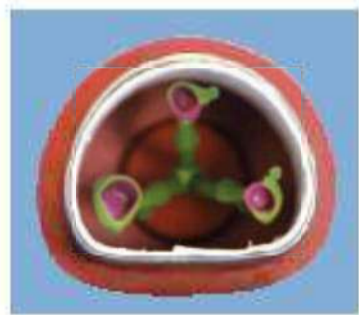
При литье вкладок, накладок или отдельных коронок отсутствует движение воздуха по литниковым каналам. Весь остаточный воздух должен вытесняться в литейную форму.



При литье вкладок вытеснение остаточного воздуха происходит преимущественно в области краев. По этой причине вкладки при оценке состояния краев в микроскопе имеют большей частью неудовлетворительную структуру и шероховатость поверхности. Чтобы получить гладкие и однородные края, литниковый канал снабжают дополнительной прибылью, выводящей воздух в сторону, противоположную движению расплава.



В нее вытесняется практически весь остаточный воздух из литникового канала. Обязательно нужно обратить внимание на то, чтобы коллектор литникового канала с прибылью был расположен значительно центральнее, чем отливаемая вкладка, и выполнял функцию отводящего воздух канала.



При литье вкладок или коронок однородность отливки достигается выполнением условий направленной кристаллизации. Модель располагают в литейной форме таким образом, чтобы расстояние между восковой композицией и синтетическим полотном или наружным краем составило  $\approx 5$  мм. Коллектор должен быть расположен в горизонтальной проекции значительно центральнее, чем вкладка или коронка.

Если отливают первичные детали телескопических конструкций или одиночные коронки, необходимо создать условия для выхода воздуха из литниковых каналов в прибыль, чтобы он не вытеснялся в края коронок. Это особенно заметно при фрезеровке или припасовке внешних (вторичных) телескопических коронок. Такая конструкция литниковой системы позволяет получить очень однородную структуру поверхности литья и отличный результат при фрезеровке этих конструкций с острыми кромками.

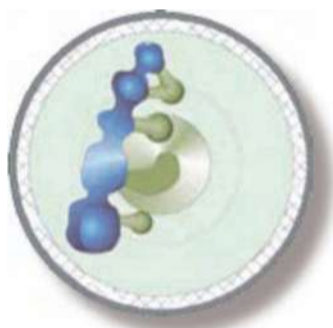
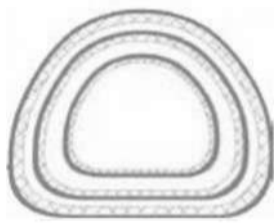
Если к коронке или первичной телескопической конструкции прикреплены какие-нибудь вспомогательные элементы, рекомендуется снабжать их дополнительными вентиляционными восковыми проволочками диаметром 1 мм, прикрепленными расплавленным воском к верхней части прибыли на литниковом канале.

При изготовлении литниковой системы для цельнолитой коронки, литниковый канал устанавливают на самый массивный бугор под углом  $45^\circ$  к центру литейной формы. Прибыль фиксируют ко второму по величине бугру параллельно литниковому каналу.

При литье массивных цельнолитых коронок или накладок из тугоплавкой выгораемой лигатуры или неблагородного сплава, рекомендуется вертикально размещать на щечных буграх по одной восковой проволоке диаметром 1 мм и длиной 15 - 20 мм в качестве охлаждающих ребер для ускорения кристаллизации и получения очень гладких и однородных поверхностей.



Стальная опока с синтетической прокладки,  
адаптированная к форме зубной дуги



## Примеры правильной установки литниковых каналов при литье кар- касов мостовидных протезов

**bredent-техники литья по Sabath**

Залог правильного охлаждения и кристаллизации жидкого расплава при литье каркасов мостовидных протезов – расположение отливаемой конструкции ближе к наружной стенке опоки. Каркас протеза никогда не имеет идеально округлой формы, поэтому в продаже имеются стальные опоки в форме полуэллипса с ровной задней стенкой. Правильная форма и величина опокowego кольца, а также идеальная толщина синтетической прокладки необходимы для выполнения bredent-техники литья по Sabath.

### Размер формы X3

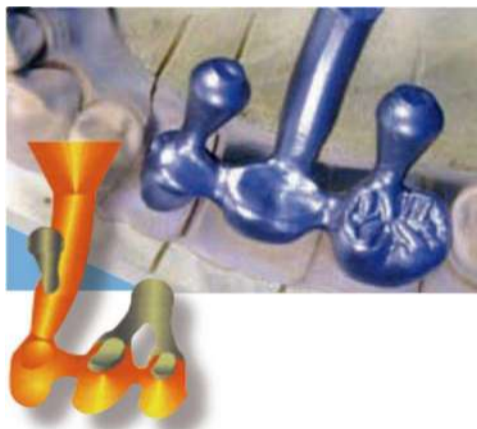
Положение каркаса в круглой литейной опоке показывает, что в этом случае невозможно достичь приемлемого расстояния до наружной стенки кольца. При несвоевременной заливке быстрее будут остывать расположенные ближе к внешней стенке литейной формы тонкостенные коронки, чем промежуточная часть протеза, имеющая больший объем и расположенная в центральной части формы. Вследствие этого отливка имеет различную структуру. Отливаемые детали большого объема расположены слишком близко к термическому центру литейной формы. Вследствие этого замедляется их охлаждение, образуются множественные поры и усадочные раковины. Промежуточные элементы отлитого каркаса имеют неоднородное кристаллическое строение.

### Размер формы SX3

Это опокговое кольцо имеет такой же объем, как и круглое кольцо размера X3, но его форма соответствует геометрическим требованиям. Мостовидный протез бокового отдела зубного ряда значительно большей протяженности можно установить в эту опоку идеально точно по отношению к термическому центру. Равномерная однородная структура отливки обеспечена идеальным отводом тепла и равномерной кристаллизацией расплава.



Правильная установка литникового канала для литья мостовидного протеза при breident-технике литья по Sabath. Этот мостовидный протез из четырех элементов без проблем соединяется с литниковым каналом. Необходимо обратить внимание на то, что промежуточный элемент 5 не может быть снабжен двойной прибылью от коронки 4. По этой причине здесь необходимо установить 2 одиночные прибыли. При установке прибылей коронки могут быть соединены двойными прибылями только с коронками, а промежуточные элементы – с промежуточными элементами.



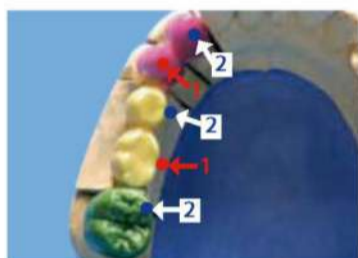
Правильно расположенный литниковый канал при breident-технике литья по Sabath должен быть прикреплен к промежуточной части мостовидного протеза или к коронке в участке с максимальной толщиной.

Прибыли всегда устанавливаются с двух сторон от литникового канала, строго выдерживая определенные размеры, что способствует равномерному и однородному заполнению литейной полости. Литниковый канал также подведен (как представлено на рисунке) к деталям с самым большим объемом. При этом прибыль нужно размещать на подводящем литниковом канале в качестве воздушного резервуара, как было описано в разделе «Литниковая система раздельного питания».



В дальнейшем на коронки или мостовидные протезы устанавливаются прибыли в соответствии с руководством.

Если необходимы два или более литниковых канала, прибыль не обязательно всегда должна располагаться на краю отливки. Для достижения равномерной и однородной структуры литья ее необходимо установить между двумя литниковыми каналами.



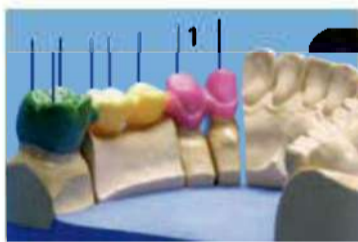
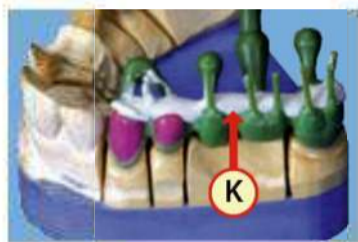
5.30

Правильное определение размеров и размещение литниковых каналов необходимо не только для быстрой заливки формы и получения однородной структуры сплава, но в первую очередь – для равномерного затвердевания расплава.

Начнем с цельнолитой коронки 7. Здесь уместно будет расположить **прибыль в позиции 2**, причем в связи с большим объемом цельнолитой коронки диаметр прибыли будет равняться 5 мм, а диаметр питателя в месте крепления – 2,5 мм. Литниковый канал фиксируют к **промежуточному элементу 6** – здесь каркас протеза имеет самый большой объем – и устанавливают **в позиции 1**. В этом случае диаметр питателя в месте фиксации равен 3,5 мм, а диаметр прибыли на литниковом канале – 6,5 мм. При центробежном литье литниковый канал между коллектором и заливочной воронкой должен быть сокращен до 4 мм. На промежуточном элементе 5 устанавливают **прибыль**, по диаметру соответствующую объему отливаемой детали, с питателем диаметром 2,5 мм. При литье тонкостенных коронок на **4 и 3 зубы**, на них устанавливают **сдвоенную** **прибыль** диаметром 4 мм с питателями в местах крепления к коронкам диаметром 2,5 мм.

При литье каркаса из золота или выгорающей лигатуры благородного сплава, такого питания вполне достаточно. В дополнительных охлаждающих ребрах для направленной кристаллизации или втором литниковом канале нет необходимости.

Если же мостовидный протез отливают из сплава неблагородных металлов, необходимо использовать 2 литниковых канала различного диаметра. Иначе придется устанавливать очень длинный литниковый канал поверх коронки 4 вплоть до ажурной коронки 3, что увеличивает вероятность дефектов литья.



Для предотвращения деформации каркаса мостовидного протеза при снятии с модели можно применять **центральную формовку (К)**, как при литье вторичной цельнолитой конструкции. Эта методика не только исключает затрудненное снятие каркаса, но и способствует получению однородной и гладкой поверхности отливки из тугоплавких сплавов.

При литье мостовидных протезов из тугоплавких сплавов охлаждающие ребра для направленной кристаллизации диаметром 1 мм и длиной  $\approx 15 - 20$  мм создают условия для получения гладкой и однородной поверхности.



Применение **центральной формовки (К)** при изготовлении цельнолитых коронок или мостовидных протезов из сплавов неблагородных металлов в любом случае улучшает состояние поверхности отливки.



Такой же эффект получается при установке охлаждающих ребер 1 мм. Дефектов формовки и пористости литья на жевательных поверхностях благодаря этой методике удастся полностью избежать.

При использовании очень легких сплавов, в частности сплавов неблагородных металлов, рекомендуется устанавливать дополнительный литниковый канал на промежуточные элементы мостовидных протезов большего объема или создавать более длинные литниковые пути при получении цельнолитой вторичной конструкции, чтобы исключить возможные проблемы при литье, вызванные недостаточным уплотнением расплава. Формула очень проста - чем ниже плотность расплава, тем меньше скорость заполнения при его заливке. **Охлаждающие ребра для направленной кристаллизации** 1 мм (см. **позицию 1**) и длиной 15-20 мм дополнительно способствуют получению очень гладкой и однородной отливки из неблагородного сплава.



Этот мостовидный протез фронтального отдела зубного ряда из восьми протезных единиц снабжен очень хорошим коллектором распределения расплава. Размеры литниковых каналов определяются в соответствии с руководством. Здесь акцентируется внимание на удлинении литниковых путей. Для того, чтобы уменьшить гидравлическое сопротивление в литниковом канале, увеличивают диаметр самого литникового канала, не изменяя размеры прибыли. Промежуточные элементы и коронки снабжают двойными прибылями.

Чем больше длина комбинированного каркаса, тем быстрее расплав поступает в литейную полость и нуждается в меньшем количестве литниковых каналов. При этом необходимо увеличить диаметр литникового канала, но не в месте крепления к каркасу. Тогда расплав будет затекать безупречно. У этого цельнолитого мостовидного протеза из 14 элементов, снабжение литниковыми каналами и прибылями не вызывает затруднений. Первые моляры – самые крупные промежуточные элементы на обеих сторонах, имеющие максимальный объем. Они снабжаются литниковыми каналами соответствующего диаметра. Четыре промежуточных элемента во фронтальном отделе зубной дуги от 12 до 22 также снабжают питателями определенного размера, благодаря чему добиваются уплотнения при течении расплава. При размещении прибылей следует обращать внимание на то, чтобы на промежуточных элементах они имели минимальные размеры, соответствующие объему отливаемой детали, а на коронках необходимо установить сдвоенные прибыли. Промежуточные элементы ни в коем случае не связывают двойными прибылями с коронками. Конфигурация литниковой системы в данном случае показывает, что речь идет о вакуумном литье с последующим воздействием давления.



Если к каркасу мостовидного протеза большой протяженности необходимо подвести массивный толстый литниковый канал, как показано на промежуточном элементе в области 6 зуба, то при применении вакуумного метода литья на этом питателе необходимо установить прибыль. Это значит, что резервуар расплава должен иметь диаметр более 5,5 мм. В данном случае диаметр резервуара составил 9,5 мм, так как промежуточный элемент также имеет этот диаметр. Для получения гладкой поверхности необходимо установить охлаждающие ребра. На противоположной стороне литниковый канал был соответственно размеру промежуточного элемента 4 снабжен коллектором 5 мм, и (так как речь идет о вакуумном литье) этот резервуар диаметром 5 мм доведен до заливочной воронки. Остальные коронки и промежуточные элементы снабжались прибылями соответствующего размера.

Тот же самый каркас мостовидного протеза, отливаемый центробежным методом, должен снабжаться (в отличие от вакуумного литья) каналами с прибылями. В остальном параметры литниковой системы рассчитываются аналогично. При литье таких каркасов большой протяженности особое внимание нужно обращать на правильное расположение в центрифуге. Также принципиально важно учитывать, что коронки могут быть соединены прибылями только с коронками, а промежуточные элементы – только с промежуточными элементами.

При литье этого ажурного мостовидного протеза фронтального отдела зубного ряда из шести элементов, равномерный объем прибылей может быть создан в обоих направлениях. Необходимо помнить, что на таких ажурных каркасах нельзя использовать большие прибыли, так как тогда воздух не сжимается, и края коронок не заполняются расплавом. Малая величина прибылей в этом случае имеет принципиальное значение. В любом случае следует обращать внимание на то, чтобы отливаемые объекты находились на равном удалении  $\approx$  5 мм от внешней стенки муфеля.



5.34

Выбор литникового канала всегда приспособляют к способу литья. В данном случае очевидно, что речь идет о вакуумном литье. При центробежном литье литниковые каналы (в соответствии с breident-техникой литья по Sabath) должны быть снабжены прибылями.

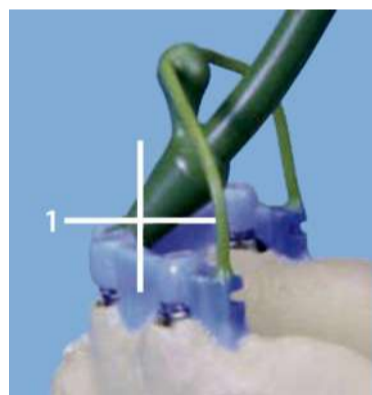
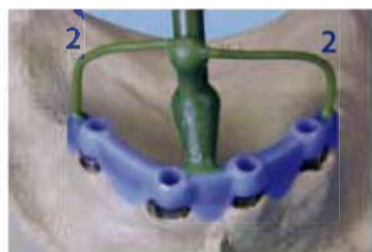
#### **ВНИМАНИЕ!**

Восковой каркас обязательно должен быть взвешен и пересчитан на массу сплава. При любом способе литья следует обращать внимание на то, чтобы был залит достаточный объем расплава. Завышенное количество сплава не имеет смысла. Любой сплав не улучшается при повторном использовании металла даже при вакуумном литье, кроме того, при превышении необходимого количества сплава возникают проблемы при заливке.

При применении breident-техники литья по Sabath на литье каркаса мостовидного протеза расходуетс значительное меньшее количество сплава, чем при установке коллектора или при непосредственном питании. Также нужно учитывать, что моделировочный воск и воск для литниковых каналов имеют различный удельный вес, иначе отливка может не соответствовать требованиям по качеству из-за недостаточного количества сплава.

### **Первичные конструкции при протезировании на имплантатах**

Особенность съемного зубного протеза с опорой на имплантаты – это наличие условно съемных балок в качестве первичной конструкции. Эти балки должны надеваться абсолютно без малейших линейных напряжений, независимо от положения имплантата. В противном случае имплантат может выпасть.



Точность определяется в значительной степени формовочной массой (см. главы 1 и 2) и структурой металла. Неоднородная структура металла влияет не только на качество припасовки, но и может привести к удалению имплантата вследствие возникновения микротоков.

Точно смоделированная восковая балочная конструкция должна правильно снабжаться литниковой системой для безупречной отливки. Очень важно, чтобы затекающий расплав быстро и равномерно заполнил форму.

При использовании bredent-техники литья по Sabath отливку такой балочной конструкции в достаточной степени обеспечивает литниковая система с одним питателем. Его устанавливают между 2 винтами для крепления балки к имплантатам и приклеивают расплавленным воском под углом  $45^\circ$  к центру литейной формы. При этом нужно обращать особое внимание на то, чтобы коллектор был расположен ближе к центру, чем отливаемая балка. Контроль перекрестия ( 1 ) показывает, что установленный литниковый канал расположен правильно. На коллекторе прибыль будет служить для удаления остаточного воздуха из литникового канала, как при отдельном питании. Вследствие этого в балку, фиксируемую на имплантатах, движущимся расплавом вытесняется лишь очень небольшое количество остаточного воздуха и возникает очень хороший эффект заполнения формы. После этого с двух сторон к концевым отделам балки расплавленным воском прикрепляют восковые проволочки 1 мм, которые сверху соединены с прибылью на литниковом канале. Это необходимое условие для выравнивания давления, гарантирующее очень равномерное и однородное заполнение формы расплавом.

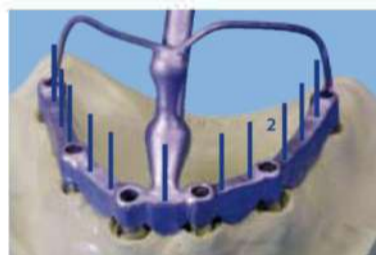
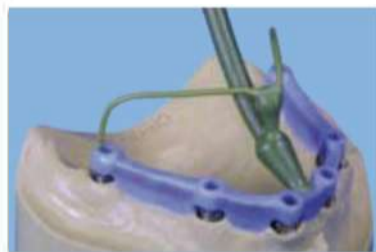




Если каркас отливают из золота или выгораемой лигатуры драгоценного сплава, этого снабжения отливки будет достаточно. Пристальное внимание необходимо обратить на то, чтобы была выдержана температура предварительного нагрева литейной формы и расплав был прогрет до необходимой температуры заливки. На иллюстрациях изображен литниковый канал для центробежного литья. Если литье проводят вакуумным способом с последующим воздействием давления, должен быть использован литниковый канал из breident-техники литья по Sabath. Все остальное идентично.

При изготовлении первичного балочного каркаса из тугоплавкого или неблагородного сплава, обязательно должны быть установлены и фиксированы расплавленным воском охлаждающие ребра. Для первичных балок характерно крайне быстрое заполнение формы при относительно компактном объеме. Если не установлены охлаждающие ребра для направленной кристаллизации, на поверхности может образоваться оксидная пленка и обусловить ее неоднородность. Из-за такого быстрого заполнения формы балки центры кристаллизации возникают на поверхности расплава слишком поздно, и это дает возможность проникать в сплав оксидам из формовочной массы.

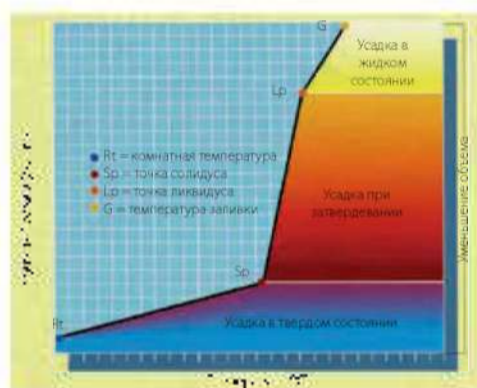
В этом случае главную роль играет не длина балочной конструкции, а исключительно достаточная высота температуры предварительного нагрева литейной формы и расплава.



Балка любой длины снабжается таким же самым литниковым каналом с установленной на нем прибылью, чтобы сжимаемый остаточный воздух не препятствовал равномерному заполнению расплавом. Благодаря эффекту действия прибыли, оставшийся воздух из концевых отделов отливаемой балки уходит в прибыль через дополнительные воздухопроводы, выполненные из восковой проволоки диаметром 1 мм и соединяющие края балки с прибылью. Все эти факторы способствуют равномерному распределению давления при заливке. Охлаждающие ребра необходимы при литье из тугоплавких сплавов и благородных металлов. Однако можно не сомневаться, что и при литье из золота или низкотемпературных выгорающих лигатур они больше повышают надежность качества литья, нежели наносят убыток перерасходом металла.

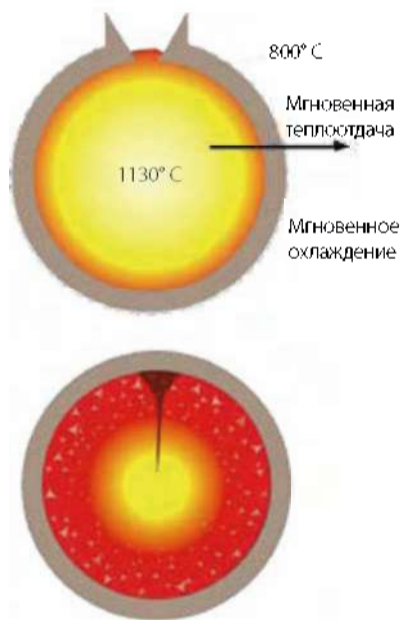
При формовке таких первичных балочных каркасов для фиксации на имплантатах рекомендуется использовать стальное опоковое кольцо с синтетической прокладкой из bredent-техники литья по Sabath. Это нетканое полотно, будучи абсолютно сухим, не адсорбирует в себя влагу, способствуя очень однородному уплотнению формовочной смеси. Благодаря замедленной теплоотдаче при использовании стального опокового кольца с прокладкой из нетканого синтетического полотна, в первой фазе охлаждения после заливки возникает оптимальная однородная структура сплава даже при задержке отливки, что исключает впоследствии любое патологическое воздействие металлического каркаса на организм пациента.

## Фазы охлаждения и усадка при затвердевании отливки

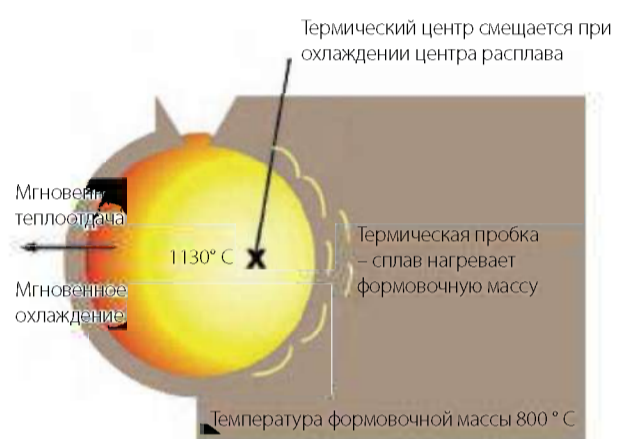


Процесс охлаждения сплава в литейной форме делится на 3 стадии. Первая фаза — это охлаждение жидкости с сокращением объема в процессе остывания между температурой заливки и точкой ликвидуса. Во второй фазе охлаждения после точки ликвидуса начинают расти кристаллы, образуя кристаллическую структуру. В точке солидуса начинается третья фаза, в которой сплав окончательно затвердевает и остывает до комнатной температуры. В этой фазе, которая обозначается как затвердевание, стабилизируется кристаллическая структура и границы зерен уплотняются.

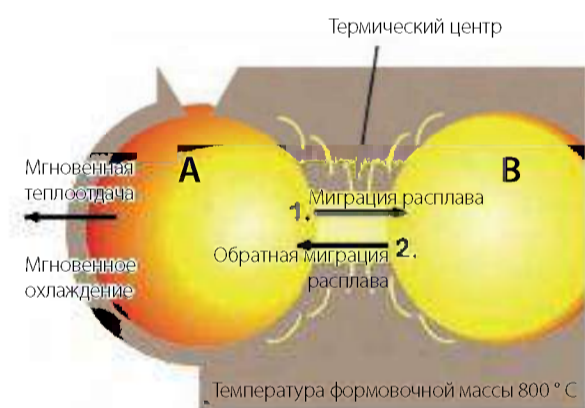
## Охлаждение центра расплава



Во время заполнения расплавом литейной формы, изготовленной при комнатной температуре со стенками одинаковой толщины, происходит равномерное охлаждение и сжатие, направленное к центру залитого расплавом объема. Этот процесс называют «центральное противонаправленное охлаждение расплава». Расплав застывает и уменьшается в объеме вследствие теплоотдачи. При этом нужно учитывать, что теплоотвод не может обеспечить равномерное охлаждение, так как отсутствует непрерывный ток тепла. Температура снижается снаружи внутрь, в то время как теплоотдача происходит в обратном направлении. Не теплоемкость, а процесс охлаждения способствует получению однородного литья. Следовательно, нужно оказывать влияние именно на процесс охлаждения сплава.

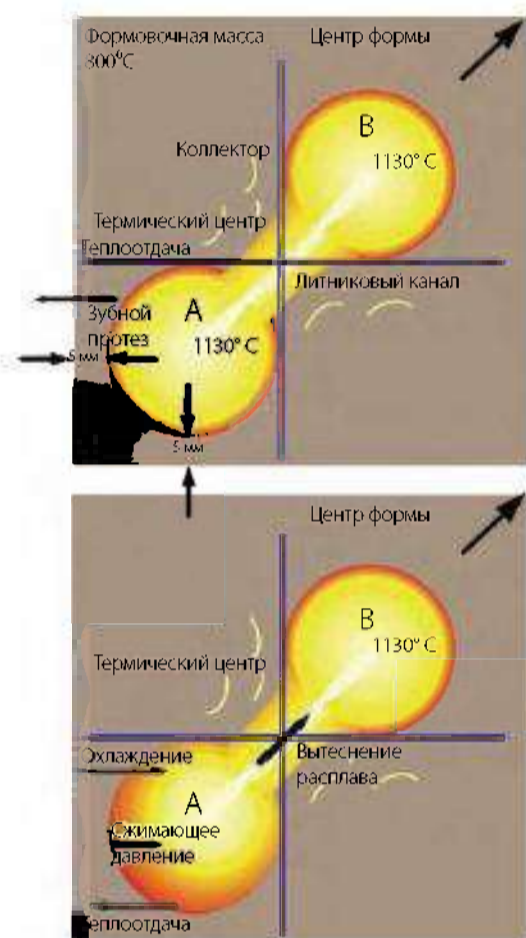


Благодаря вышеописанным процессам, в литейной форме возникает запирающий термический эффект, который изменяет охлаждение центра расплава. Центр кристаллизации смещается при изменении термического центра. Он существенно меняет локализацию даже при незначительном отводе тепла в направлении от центра формы. Это позволяет воздействовать на процесс охлаждения.



В **объеме расплава А** теплоотдача вызовет немедленное охлаждение. В **объеме В** теплоотдача будет затруднена вследствие утолщения слоя формовочной смеси, благодаря чему тепловая энергия накопится и нагреет саму формовочную массу. По этой причине в **объеме А** возникает повышенное давление, в то время как в **объеме В** оно отсутствует вследствие аккумуляции тепла.

Только в том случае, когда в **объеме А** возникает разрежение, в **объеме В** возникает повышенное давление. По этой причине **расплав** может перемещаться вначале **из объема А в объем В**, а потом опять **из объема В в объем А**. Благодаря этому исключается сжатие отдельных участков расплава.

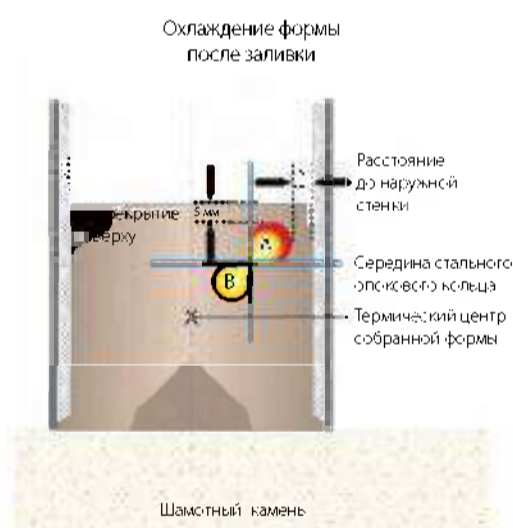


Мы переносим этот процесс охлаждения в литейную форму. Коллектор ставится в соответствии с контрольным перекрестием по направлению к центру формы. Правильное расположение деталей способствует образованию идеальной термической пробки для замедленного охлаждения. Расплав затекает, внешняя стенка охлаждает его поверхность и запирает поры, предотвращая попадание оксидов в сплав.

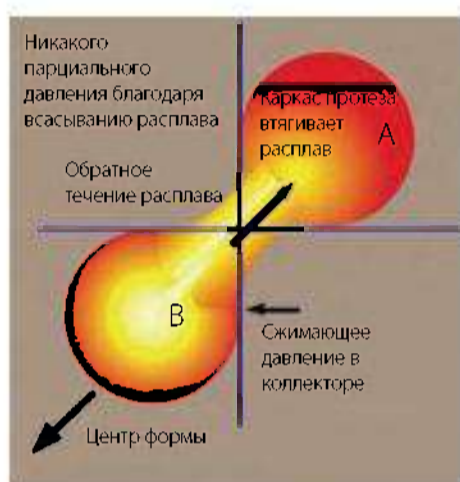
В области отливаемого зубного протеза **А** температура снижается, вызывая немедленный процесс охлаждения, и давление направлено против центра расплава. **Коллектор В** передает тепло расплава в формовочную массу, и из-за пониженной теплоотдачи возникает термическая пробка. На термический центр коллектора давление не действует, однако оно приводит к вытеснению расплава из **формы А** в **форму В**. Вследствие этого в **форме А** частично предотвращается усадка.



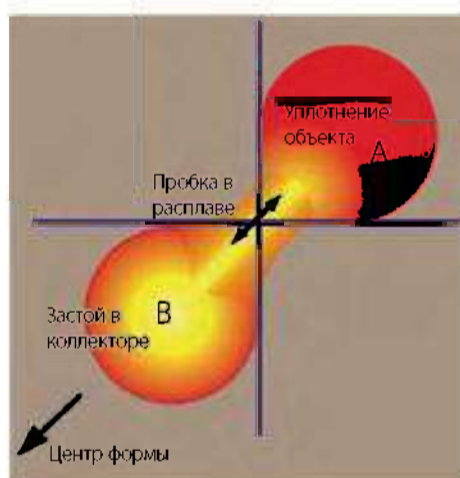
Тепло из расплава может беспрепятственно уйти в окружающую среду через формовочную массу. Но в центре литниковый канал остается свободным благодаря термической пробке. Это дает возможность обратного течения расплава при **повышении давления из В в А**. В области отливаемого протеза начинается всасывание. Расплав, переместившийся в коллектор, будет вытесняться в **фазе всасывания в А и повышающегося давления в В** назад в отливаемый каркас зубного протеза. После этого наступает момент, когда залитую форму можно извлечь из литейного устройства.



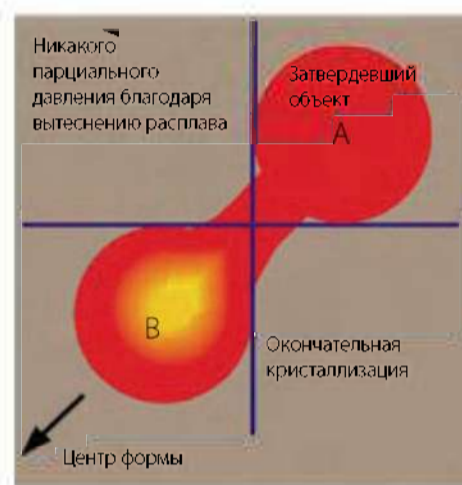
Форму для охлаждения следует устанавливать заливной воронкой вниз на **шамотный камень**. Только таким образом тепло может схлынуть и будет достигнуто идеальное направленное охлаждение. Тепло поднимается вверх, холод опускается вниз. Термический центр формовочной массы сохраняет расплав в коллекторе в жидком состоянии до тех пор, пока в области протеза не снизится температура (тепло уйдет наверх и наружу) и он охладится и застынет.



На следующем этапе процесса охлаждения в области отливаемого каркаса протеза **A** наблюдается эффект всасывания и затвердевает центр расплава, в то время как одновременно повышающимся давлением в **форме B** избыток расплава возвращается снова в **форму A**. По этой причине очень важно, чтобы залитая форма была установлена заливочной воронкой книзу. Это способствует направленному движению расплава.



Температура каркаса протеза в **области A** ниже точки солидуса и расплав полностью твердый. В конце процесса фронт кристаллизации движется в направлении коллектора. При этом важно, чтобы был установлен контроль перекрестия для предотвращения контрвсасывающего эффекта в питателе.



Залитая форма должна стоять на шамотном камне литниковой воронкой вниз до тех пор, пока не произойдет окончательное затвердевание расплава. Это произойдет при снижении температуры в центре сплава до  $\approx 60^\circ\text{C}$ .

Формовочную массу в процессе охлаждения необходимо выдержать при комнатной температуре не разрушая, чтобы дать возможность в течение этого времени пройти линейной усадке частиц кварца. И только по достижении температуры  $\approx 50^\circ\text{C}$  в центре залитой формы, ее можно разупрочнять. При этом следует соблюдать осторожность, чтобы не нарушить тщательно изготовленную форму каркаса протеза агрессивным удалением формовочной массы.



## Глава 6 | Техника литья на модели

	Страницы
Введение.....	6.3
Параметры заливки. ....	6.4
Выбор правильной конструкции литникового канала...6.5	
Расположение канала для выравнивания давления.....	6.6
Расположение литниковых каналов и заливочной воронки .....	6.7
Система литниковых каналов с выравниванием давления – влияние на литейные свойства сплава .....	6.9
Расположение литниковых каналов – практические примеры.....	6.11
Дублирование при выполнении комбинированных цельнолитых работ на модели .....	6.19

## Введение

Стандарты качества в технике литья на модели значительно повысились, что обусловлено требованиями высокой точности. Литье на модели как технология, обеспечивающая совокупность свойств – комплексная тема. В течение многих лет литье на модели было очень дорогостоящей технологией. Значительно позже появился метод погружения. Огнеупорные модели из формовочной массы производились с очень большими трудозатратами и недостаточной точностью вследствие неудовлетворительного качества геля для дублирования. Для припасовки каркаса использовали абразивные инструменты и шлифовальную машинку, так как не было возможности изготовить комбинированный цельнолитой зубной протез методом прецизионного литья на модели.

Только применение в технике литья на модели силиконовых гелей для дублирования дало возможность производить дубль-оттиски, отвечающие предъявляемым требованиям. Эти силиконовые массы для дублирования позволяли использовать фосфатную формовочную массу, очень точно воспроизводящую рельеф. Фосфатная смесь выделяет тепло при затвердевании, и благодаря аккумуляции тепла в толще силикона хорошо высыхает и становится достаточно прочной. Значительно сокращаются затраты времени, так как больше не следует замачивать гипсовые модели, сушить и закаливать формовочную массу. При этом значительно повышается точность литья. Взяв за основу цепь производственных процессов, необходимо очень точно выдерживать согласованность очередности материалов и методов их обработки, чтобы добиться хорошего и стабильного результата литья. См. рабочую инструкцию для техники дублирования по Sabath.

Это дает возможность достичь максимальной точности при минимальных затратах самым быстрым способом.

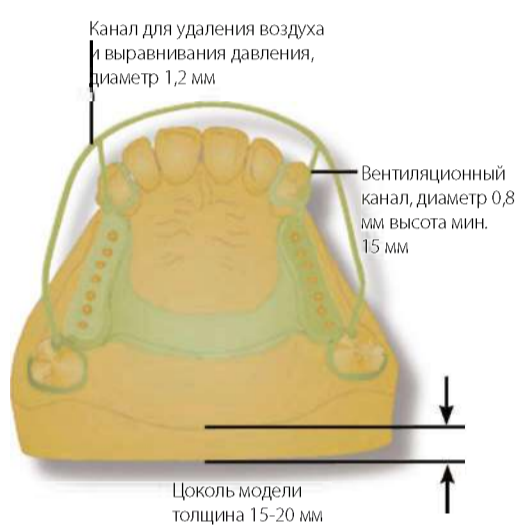
## Параметры заливки

В технике литья на модели применяют очень мелкозернистую формовочную массу, хорошо отображающую рисунок рельефа поверхности. Беспористый и очень точно воспроизводящий рельеф дублировочный силикон позволяет получить гладкую поверхность формовочной массы и, соответственно, такую же поверхность литья. Работа с формовочной смесью и предварительный нагрев описаны в главах 1 и 2. Определенная прочность поверхности формовочной массы имеет особенно большое значение в области расположения литниковых каналов. В полости литейной формы находятся газы, образовавшиеся в процессе спекания кварца. Процесс течения расплава из-за высокой температуры предварительного нагрева вызывает эффект сжатия газов внутри формы. Этот эффект сжатия можно представить аналогично действию амортизатора у машины: если на амортизатор нажать резко, он блокируется. При медленном и равномерном давлении его очень легко можно сжать. Этот эффект используется в представленной далее конструкции литникового канала, чтобы влиять на параметры заливки расплава. При центробежном литье следует обращать внимание на то, чтобы начальная скорость не была слишком высокой, иначе возникнет очень сильное газовое сопротивление и возникнут проблемы заполнения. Нельзя устанавливать слишком много литниковых каналов, так как в области выполняемого на модели литья весь остаточный воздух должен вытесняться в полость литейной формы поступающим расплавом. Обратное продвижение остаточного воздуха в литниковый канал невозможно.



## Выбор правильной конструкции литникового канала

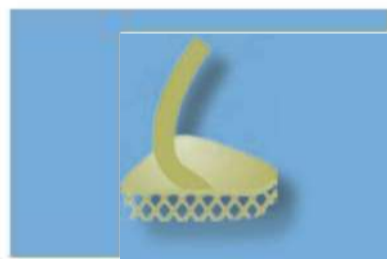
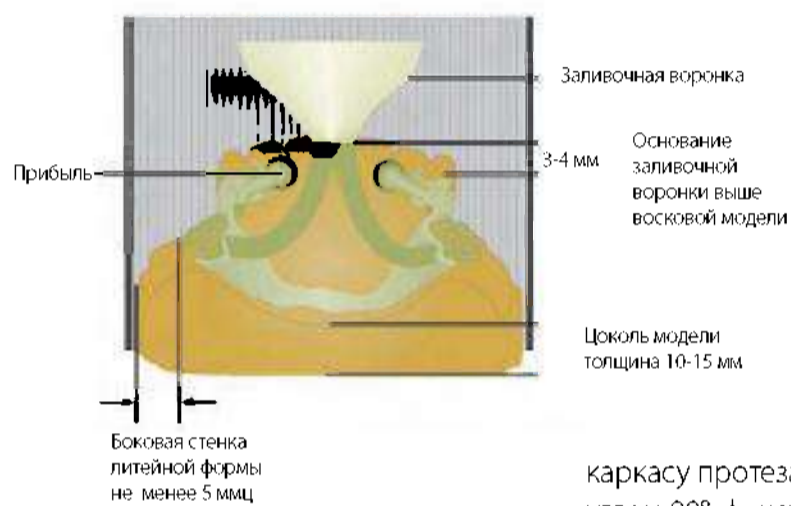
В основном двух литниковых каналов достаточно для заполнения отливки на модели. Если объемные детали необходимо обеспечить дополнительным питанием, на них размещают прибыли. Диаметр литникового канала должен соответствовать количеству расплава. При нормальном объеме металла достаточно каналов диаметром 3,5 мм для центробежного и диаметром 4 мм для вакуумного литья с последующим давлением. При этом следует использовать каналы исключительно круглого сечения. Это требование связано не с жидкотекучестью расплава, а с процессом затвердевания во время охлаждения. Круглые каналы значительно медленнее застывают от наружной поверхности к центру. Таким образом, расплав дольше находится в жидком состоянии и может дольше заполнять литейную форму, исключая напряжения или частичную усадку литья. См. «Охлаждение центра расплава» в главе 5 „bredent-техника ЛИТЬЯ по Saboth”.



## Расположение канала для выравнивания давления

Чтобы оптимизировать параметры заливки расплава в литейную полость, канал для нормализации или выравнивания давления должен иметь диаметр 1,2 мм. Этот канал связывает крайние (концевые) отделы восковой модели протеза и закольцовывает зубную дугу. При этом следует учитывать, чтобы он должен быть зафиксирован расплавленным воском там, где расплав достигает наивысшей точки. У кламмера, например, это окклюзионная накладка, расположенная намного выше гребня альвеолярного отростка в дистальном отделе. Чтобы эффект сжатия возникал благодаря наличию канала для выравнивания давления, дополнительно устанавливают вентиляционные каналы диаметром 0,8 мм. Эти каналы связывают самые высокие участки литейной полости непосредственно с каналом для нормализации давления. Их длина должна составлять не менее 15 - 20 мм между точкой фиксации к восковой модели протеза и каналом для выравнивания давления, чтобы расстояние было достаточным. Диаметр 1,2 мм для канала нормализации давления и 0,8 мм для вентиляционных каналов не меняется, так как в противном случае они не выполняют свою функцию и не возникает процесс сжатия, имеющий большое значение и влияющий на процесс заполнения расплавом.

## Расположение литниковых каналов и заливочной воронки



Литниковый канал с коротким изгибом приклеен воском к модели

Литниковые каналы должны быть расположены таким образом, чтобы они проходили через центр литейной формы к заливочной воронке. От исходной точки и до заливочной воронки литниковый канал должен идти как можно более плавно, непрерывно поднимаясь вверх, тогда расплав будет поступать беспрепятственно. Литниковый канал не подводит к восковому

каркасу протеза, отливаемого на модели, под прямым углом 90°, фиксируя его всегда с легким изгибом или короткой дугой. Тогда расплав сразу может поступать в углубления на основании модели и не возникает эффекта разбрызгивания.

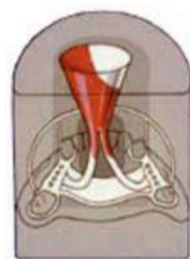
Заливочная воронка при этом должна располагаться на 3 - 4 мм выше восковой модели каркаса, чтобы оптимальное распределение скоростного напора происходило по всему каркасу протеза. Ни в коем случае нельзя делать литниковые каналы длиннее необходимого, так как это приведет к ухудшению заполнения расплавом. Чем длиннее литниковые пути, тем больше объем воздуха в полости. И значительно хуже жидкотекучесть расплава.



**bredent- заливочная воронка** по Sebald.  
Литниковые каналы аккуратно  
приклеены воском по окружности

При выборе правильной заливочной воронки следует учитывать, что при литье на модели расплав должен образовать компактную струю и заполнять форму без завихрений. По этой причине литниковые каналы также должны иметь круглую форму и быть аккуратно прикреплены воском к основанию заливочной воронки. Диаметр литниковых каналов в месте крепления к заливочной воронке при центробежном литье должен быть не более 4 - 4,5 мм, тогда как при вакуумном литье с последующим давлением – не более 5 - 5,5 мм. Это правило соблюдается независимо от количества литниковых каналов, подведенных к заливочной воронке. Расплав должен образовывать однородную струю в устье заливочной воронки и создать высокий скоростной напор. Только тогда расплав также равномерно поступает во все отходящие литниковые каналы. Этот же принцип должен быть выдержан и в местах крепления литниковых каналов к восковому каркасу протеза. В противном случае могут возникать усадочные раковины вследствие завихрения затекающего расплава. Формовочная масса в литейной воронке или системе литниковых каналов не должна иметь тонких краев, чтобы отломившиеся кусочки формовочной смеси не попали в поток расплава.

## Система литниковых каналов с выравниванием давления – влияние на литейные свойства сплава



Стадия 1

В **1 стадии** расплав заполняет заливочную воронку. Полость литейной формы закрывается и движущийся расплав начинает вытеснять имеющийся в полости воздух.



Стадия 2

Во **2 стадии** расплав попадает в литейную полость. Оставшийся воздух, смешанный с кварцевым газом, вытесняется в канал для выравнивания давления и сжимается. Этот сжимающий эффект влияет на литейные свойства расплава во время процесса заливки. Расплав всегда заполняет самые глубокие места пустотелой литейной формы.



Стадия 3

В **3 стадии** расплав накапливается при постоянно увеличивающемся противодействии (вызванном остаточным количеством воздуха), очень равномерно действующим из канала для выравнивания давления, и заполняет пустотелую форму отливаемого на модели каркаса. Как при наполнении стакана водой. Расплав начинает уплотняться благодаря постоянно растущему противодействию.





Стадия 4

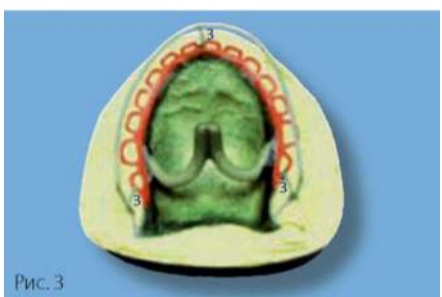
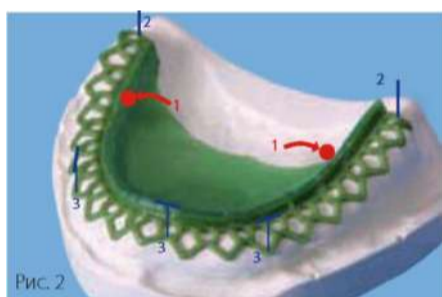
**В 4 стадии** полость отливки на модели заполнена расплавом. Он находится напротив канала для выравнивания сил сжатия и воздухоотводящего канала под давлением, благодаря чему кламмеры, распределители нагрузки и т.п. элементы оптимально заливаются и имеют очень высокую плотность. По этой причине обычные или кольцевые кламмеры и распределители нагрузки можно не соединять с каналом для выравнивания давления, фиксируя их только к основанию каркаса. При этом быстро возникает сопротивление течению расплава.



Стадия 5

**В последней стадии** заполняется часть канала для выравнивания давления или вентиляционных каналов. Глубина этого заполнения зависит от литейного оборудования или плотности формовочной массы. Решающее влияние на характер жидкотекучести расплава оказывают короткие литниковые пути, и металл заполняет литейную полость значительно быстрее, начиная уплотняться уже тогда.

## Расположение литниковых каналов – практические примеры



Эта верхнечелюстная пластина для литья на модели может быть снабжена двумя литниковыми каналами диаметром 3,5 мм при центробежном литье и 4 мм при вакуумном литье с последующим давлением. **Литниковые каналы (см. рис. 2, поз. 1)** устанавливаются на кромке небной пластины так, чтобы расплав по самому короткому пути попал к основанию модели и их длина должна быть насколько возможно одинакова во всех направлениях. Особое внимание следует обратить на то, чтобы литниковые каналы на всем протяжении от отливаемой небной пластинки до литейной воронки имели постоянный и непрерывный подъем. Литниковые каналы должны быть подведены так, чтобы избежать напряжений в процессе затвердевания, принципиально важно расположить их ближе к центру литейной формы, чем к центру каркаса протеза. Заливочная воронка должна быть расположена на 3 - 4 мм выше самой высокой части восковой модели протеза. **Канал для выравнивания давления (см. рис. 2, поз. 2)** диаметром 1,2 мм устанавливают в самом высоком месте альвеолярного отростка и фиксируют расплавленным воском, после чего проводят над зубной дугой на высоте 15 - 20 мм.

**Вентиляционные каналы (см. рис. 2 и 3, поз. 3)** имеют диаметр 0,8 мм и высоту 15 - 20 мм и фиксируются к альвеолярной части отливаемого каркаса и каналу для нормализации давления.

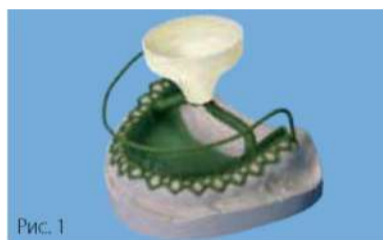


Рис. 1



Рис. 2

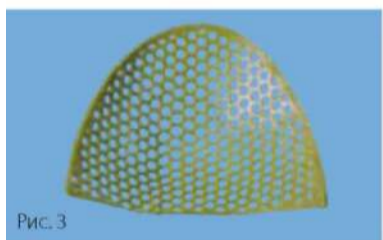


Рис. 3

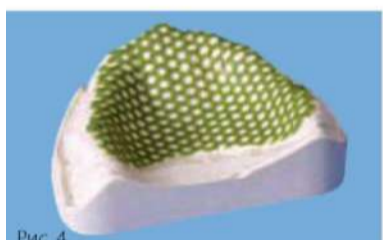


Рис. 4

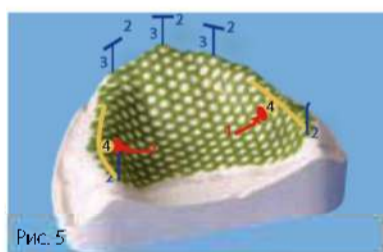


Рис. 5

Теперь огнеупорную модель с восковой моделировкой и установленной на ней литниковой системой можно обматывать креп-манжетой, формовать и заливать.

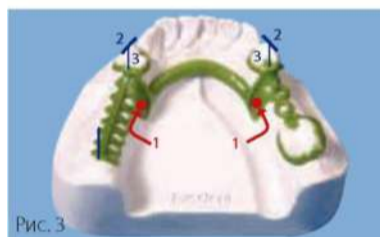
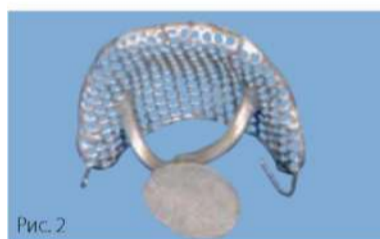
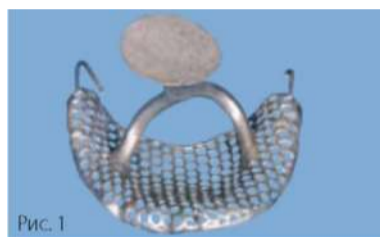
При моделировке литой небной пластины круглые ретенционные отверстия для фиксации пластмассы подходят значительно лучше решеток другой формы, так как они обладают оптимальными характеристиками заполнения при литье.

Для изготовления литниковых каналов нельзя использовать слишком толстые восковые заготовки. В этом случае диаметра  $\approx 3 - 3,5$  мм вполне достаточно. Увеличение количества или диаметра литниковых каналов препятствует нормальному процессу заливки, так как большое количество остаточного воздуха не может быть вытеснено в малый объем литейной полости ретенционной решетки.

Однако самый важный параметр, на который следует обращать внимание – установка **литниковых каналов** (см. рис. 5, поз. 1) отчетливо **ниже альвеолярного гребня** (см. рис. 5, поз. 4).

Расплав должен беспрепятственно проходить в углубления по самому короткому пути. Точки крепления литников на углублении небной пластины должны выбираться таким образом, чтобы остановка расплава при выравнивании давления одновременно наступала в литниковых путях одинаковой длины. Тогда расплав очень быстро вытесняется до края ретенционной решетки, так что ошибки при литье исключены и сплав имеет абсолютно однородную структуру.

Для этого необходимо установить **канал для выравнивания давления** (см. рис. 5, поз. 2) диаметром 1,2 мм. Его всегда фиксируют воском к концам альвеолярного отростка в области верхнечелюстных бугров и располагают горизонтально над альвеолярным гребнем на расстоянии 15 - 20 мм.



Тогда **вентиляционные каналы (см. с. 6.12, рис. 5, поз. 3)** диаметром 0,8 мм и длиной 15 - 20 мм будут зафиксированы расплавленным воском к ретенционной решетке на альвеолярном гребне и каналу для нормализации давления. Также должен быть установлен литниковый канал, идущий с легким изгибом к ретенционной небной пластинке. С целью экономии литниковый канал круглой формы можно слегка сдавить, удлинив его и получив овальное сечение, при этом увеличивается площадь места крепления канала к модели. Теперь канал ведут с постоянным подъемом по самому короткому пути к заливочной воронке, расположенной максимум на 3 - 4 мм выше уровня небной пластинки, и приклеивают к основанию воронки расплавленным воском. Этого достаточно, если модель обматывают креп-манжетой и заполняют опоку формовочной смесью.

При литье кламмерных протезов нижней челюсти обращают внимание на то, чтобы дуга усиливала ретенционные решетки и в дальнейшем пластмасса не отсоединялась от дистальных отделов каркаса. На эти усиливающие элементы конструкции будут установлены оба **литниковых канала (см. рис. 3, поз. 1)** непосредственно за задней кромкой. Литниковые каналы ведут с плавным изгибом в центр формы с постоянным подъемом к заливочной воронке, расположенной примерно на 3 - 4 мм выше верхней точки восковой модели каркаса протеза.

Диаметр литникового канала при центробежном литье составляет 3,5 мм, при вакуумном литье с последующим давлением – 4 мм. **Канал для выравнивания давления (см. рис. 3, поз. 2)** диаметром 1,2 мм устанавливают на кламмере на расстоянии 15 - 20 мм от альвеолярного гребня, фиксируя на дистальных отделах модели каркаса расплавленным воском. Теперь обе **вентиляционные проволоки (см. рис. 3, поз. 3)** диаметром 0,8 мм и длиной 15 - 20 мм будут связывать кламмерные накладки с каналом для выравнивания давления.

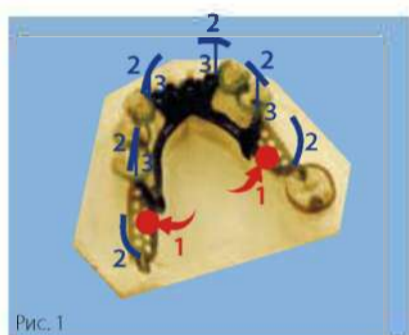


Рис. 1



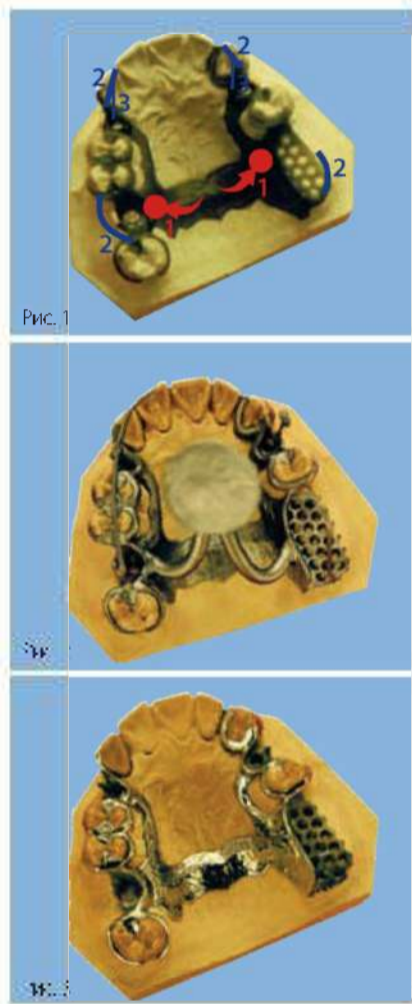
Рис. 2



Рис. 3

Этот кламмерный протез нижней челюсти будет снабжен **двумя литниковыми каналами (см. рис. 1, поз. 1)** диаметром 3,5 мм при центробежном литье и диаметром 4 мм при вакуумном литье с последующим давлением. Дуга нижней челюсти - это участок каркаса с самым большим объемом. Переход к фронтальной ретенции для зубов имеет большую площадь, но он не толще дуги. Дуга нижней челюсти переходит в дистально расположенные решетки, причем заднюю кромку располагают между дугой и ретенционными решетками с восковой проволокой диаметром 0,8 мм. Место крепления литниковых каналов находится непосредственно на задней кромке со стороны ретенционной решетки, однако при этом сама кромка, которая служит для удержания пластмассы в месте перехода к металлу, не должна быть залита расплавленным воском. Таким образом, достигают необходимого объема дуги, не утолщая конструкцию. Категорически нельзя рекомендовать установку литниковых каналов непосредственно на дугу. Иначе сжатие объема может привести к образованию усадочной раковины из-за эффекта всасывания.

Следует обращать внимание на количество заливаемого сплава. В заливочной воронке должна быть такая же масса сплава, как и в каркасе протеза. Разумеется, без учета объема литниковых каналов. В процессе заливки заполненная литниковая воронка служит коллектором расплава. **Канал для выравнивания давления (см. рис. 1, поз. 2)** ведут от кламмерной окклюзионной накладке по зубной дуге к концевым отделам каркаса и там укрепляют расплавленным воском. После этого фиксируют **вентиляционные каналы (см. рис. 1, поз. 3)** диаметром 0,8 мм и длиной в 15 - 20 мм к кламмерным окклюзионным накладкам и к каналу для выравнивания давления. Остается обернуть модель креп-манжетой и заформовать.



Этот кламмерный протез верхней челюсти может быть снабжен двумя литниковыми каналами диаметром 3,5 мм при центробежном литье и диаметром 4 мм при вакуумном литье с последующим давлением. Усиленный восковой дугой, большой соединительный элемент образует с задней кромкой ретенционной решетки область равномерного объема. Стабильность результатов делает выгодным бюгельное протезирование и изготовление ажурных съемных зубных протезов. У пациента снижается чувство дискомфорта и улучшается состояние при пользовании протезом.

**Литниковые каналы** будут прикреплены расплавленным воском к ретенционной решетке (см. рис. 1, поз. 1) и с подъемом подведены к заливочной воронке. Расположение точек фиксации на пластине определяют, исходя из положения небной дуги. Там, где эта восковая дуга переходит в ретенционную решетку, должен быть установлен литниковый канал. Расплав из двух литниковых каналов затекает теперь по самому краткому пути на глубину неба и накапливается благодаря выравниванию давления. Следует помнить, что быстрое затекание расплава через оба литниковых канала дает возможность беспрепятственно отлить ретенционные решетки и кламмеры с окклюзионными накладками. Канал для выравнивания давления ведут от кламмерной окклюзионной накладке по зубной дуге к дистальным участкам концевых седел. **Соединительный зажим для вентилирования** (см. рис. 1, поз. 2) диаметром 0,8 мм и длиной 15 - 20 мм связывают с каналом для выравнивания давления. После этого модель обертывают креп-манжетой и формуют.



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

Особое внимание обращают на определение правильного количества заливаемого металла. При недостаточном заполнении заливочной воронки слишком быстро проходит процесс охлаждения, и уменьшение объема сплава в литниковых каналах может приводить к образованию усадочных раковин в месте фиксации литникового канала к каркасу. Заполненная заливочная воронка служит резервуаром расплава. В литниковой воронке должна находиться такая же масса сплава, как и в каркасе протеза.

Комбинированный зубной протез состоит из несъемной первичной конструкции и съемного вторичного цельнолитого протеза, фиксируемого замковым креплением или другим удерживающим элементом. При литье каркасов таких протезов расположение литниковых каналов определяется толщиной восковой модели. При изготовлении этого протеза на нижнюю челюсть смоделированы очень равномерные объемы, и в области замков нет утолщения. Необходимо установить **два литниковых канала** диаметром 3,5 мм при центробежном литье или диаметром 4 мм при вакуумном литье с последующим давлением (**см. рис. 1, поз. 1**). Литниковые каналы с легким изгибом фиксируют расплавленным воском за местом прикрепления задней кромки и с постоянным подъемом подводят к заливочной воронке. Воронка устанавливается на 3 - 4 мм выше самой высокой точки воскового каркаса. **Канал для выравнивания давления (см. рис. 1, поз. 3)** диаметром 1,2 мм устанавливается на дистальные участки каркаса, закрепляется расплавленным воском и проходит над зубной дугой. **Вентиляционные каналы (см. рис. 1, поз. 3)** диаметром 0,8 мм и длиной 15 - 20 мм соединяют распределители нагрузки с каналом для выравнивания давления. Модель обертывают креп-манжетой и заполняют опоковое кольцо формовочной массой. Формовочная смесь для изготовления модели и формовки всегда приготавливается с одинаковым соотношением и концентрацией жидкости и порошка.

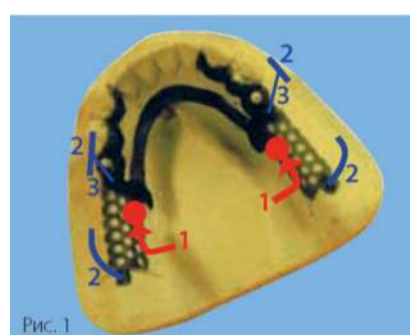


Рис. 1

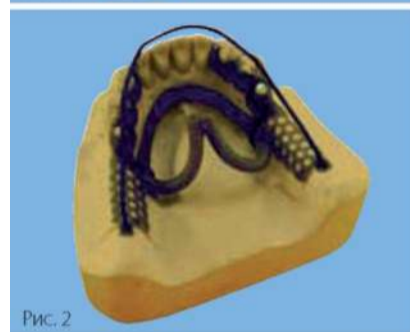


Рис. 2



Рис. 3

При литье этой комбинированной работы на нижнюю челюсть распределители нагрузки смоделированы ажурно, но, благодаря технологическим свойствам кобальт-хром-молибденового сплава, имеют достаточный запас прочности. Литниковый канал прикреплен к дуге нижней челюсти в области прочной задней кромки возле решетки. Объем модели в этом месте невелик, однако равномерен, поэтому двух литниковых каналов диаметром 3,5 мм вполне достаточно для питания отливки при центробежном литье и 4 мм при вакуумном литье с последующим давлением.

**Литниковые каналы (см. рис. 1, поз. 1)** будут прикреплены позади усиливающей задней кромки расплавленным воском и проведены с легким изгибом и постоянным подъемом через центр литейной формы к заливочной воронке. Ее устанавливают на 3 - 4 мм выше самой высокой точки восковой моделировки протеза. **Канал для выравнивания давления (см. рис. 1, поз. 2)** диаметром 1,2 мм устанавливают на дистальных участках модели и также фиксируют расплавленным воском, проведя его на 15 - 20 мм над зубной дугой. **Вентиляционные каналы (см. рис. 1, поз. 3)** диаметром 0,8 мм и длиной 15 - 20 мм связывают место крепления распределителя нагрузки с каналом для выравнивания давления. После этого модель обертывают креп-манжетой и формируют.



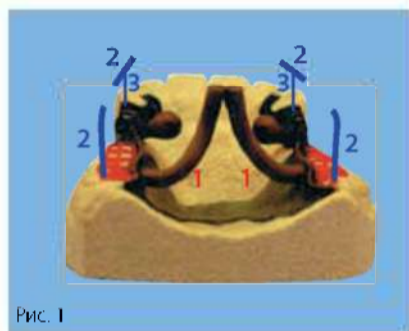


Рис. 1

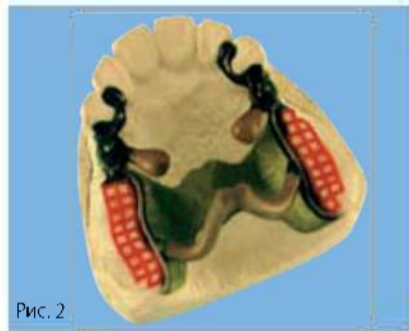


Рис. 2



Рис. 3



Рис. 4

Этот комбинированный протез, отливаемый из выгораемой лигатуры драгоценного сплава на модели, снабжают двумя литниковыми каналами. Точку фиксации на задней кромке ретенционной решетки выбирают так, чтобы подаваемый расплав прямым путем затекал во все углубления решетки. При этом пробки, образующиеся в каналах по обеим сторонам отливки, способствуют затеканию расплава в ретенционные элементы конструкции, распределители нагрузки и прибыли. Литниковые каналы имеют легкий изгиб и постоянный подъем через центр литейной формы к заливочной воронке. Воронку устанавливают на 3 - 4 мм выше самой верхней точки восковой модели каркаса.

При изготовлении этой работы из благородного металла достигают достаточной стабильности, увеличив толщину моделировки на распределителе нагрузки и гнезде замкового крепления. В связи с этим их снабжают двумя прибылями, установленными в центре под углом  $45^\circ$ . Если идентичная работа выполняется из сплава неблагородных металлов, то это усиление не имеет смысла. В этом случае восковая модель каркаса должна быть равномерно ажурной. Тогда можно отказаться от установки прибылей. Все остальное будет идентичным.

**Канал для нормализации давления (см. рис. 1, поз. 2)** диаметром 1,2 мм будет расположен на расстоянии  $\approx 15 - 20$  мм над зубной дугой и зафиксирован расплавленным воском на дистальных участках модели каркаса. Вентиляционные каналы диаметром 0,8 мм и длиной 15 - 20 мм связывают основание распределителей нагрузки с каналом для выравнивания давления.

## Дублирование при выполнении комбинированных цельнолитых работ на модели

Условием для воспроизведения высокой точности при выполнении комбинированных работ методом цельного литья является применение системы дублирования аддитив-носетчатым силиконом. Для этого необходима дубль-кювета и соответствующие вспомогательные детали, которые точно согласованы друг с другом. В инструкции по проведению дублирования должны быть исключены неточности и ошибки.

Дублирование позволяет выполнить комбинированную работу с требуемой точностью припасовки вторичной конструкции. На медиальных опорных зубах выполнены два распределителя нагрузки. На дистальной стороне включенного дефекта находится открытое телескопическое кольцо. Данный конструктивный элемент нуждается в большем расширении формовочной смеси, чем оба распределителя нагрузки. Обе контактирующие поверхности телескопического крепления должны быть максимально гладкими для обеспечения полноценной функциональности. Этого можно достичь уменьшением количества жидкости в формовочной смеси при наличии маленьких чашечек для вакуумного смесителя с максимальным объемом 80 - 100 мл. Они имеются в продаже как чашечки для смешивания керамической культевой массы. В больших емкостях формовочная масса нужной вязкости не может быть замешана, так как они не позволяют достичь полной однородности смеси. В небольшой одноразовый шприц набирают жидкость для смешивания, уже имеющую нужную концентрацию (например, для особо мелкозернистых формовочных масс Brevest Rapid 1 или Brevest C+B Speed), и выливают 4 мл в маленькую чашечку для смешивания.



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3



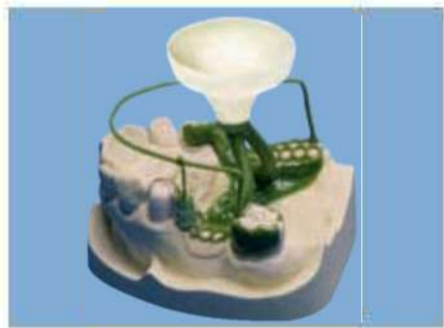
Рис. 1: Пластмассовая сменная кисточка с держателем (прямая и угловая)



Рис. 2: Огнеупорная модель

После этого на точных весах отвешивают 20 - 21 г порошка и интенсивно перемешивают маленьким шпателем до консистенции сливок. Затем смешивают 60 секунд в вакууме и заливают дублированный оттиск первичной конструкции. На этом этапе работы можно добиться очень хорошего результата, применяя для заполнения оттиска формовочной смесью маленькие сменные пластмассовые кисточки с держателем; они не забирают влагу из формовочной смеси, которая, в свою очередь, очень легко отделяется от кисточки. В любом случае следует до краев заполнить массой этой консистенции углубления от коронок раньше, чем они соединятся в блок. Формовочная масса незначительной вязкости может быть внесена в оттиск с помощью кисти без вибратора. Чем меньшее количество жидкости Вы берете, тем больше будет расширение, и наоборот (при той же самой концентрации). Таким образом, у нас есть возможность управлять расширением с помощью количества и концентрации жидкости.

Этим способом можно обеспечить лучшее краевое прилегание в области двойных, телескопических или конусовидных коронок, либо кольцевого кламмера. Изготовление модели таким способом забирает несколько лишних минут, но впоследствии экономит много времени при припасовке литья. После традиционной подготовки рабочую модель с первичной конструкцией протеза устанавливают в кювету для дублирования, заполняют силиконовой дубль-массой и оставляют приблизительно на 20 мин, пока она не затвердеет. Силиконовая дубль-масса при этом не нагревается. Она затвердевает только при охлаждении. Теперь порошок формовочной смеси для цельного литья на модели (например, Brevest M1) традиционным способом смешивают с жидкостью 50% концентрации и заполняют дубль-оттиск. Фосфатная формовочная масса затвердевает. Дублирование ажурных конструкций (рис.2, поз.1.1) лучше выполнять с помощью мелкодисперсной формовочной смеси для литья благородных металлов. Некоторые фрагменты модели отлиты из массы **Brevest Rapid 1, смешанной с жидкостью концентрацией 40% (см. рис. 2, поз. 1.2)**, остальной объем – из этой же массы (однако смешанной с жидкостью концентрацией 50%). Благодаря этому оба фрагмента модели точно соответствуют требованиям.



Теперь можно моделировать каркас протеза из воска. Необходимо акцентировать внимание на том, чтобы толщина восковой модели во всех участках была одинаковой. При этом отсутствует необходимость в дополнительном увеличении объема литниковой системы. Каркас, выполненный из литейного сплава благородных металлов, может быть ажурным и при этом все же иметь достаточную прочность.

Двух литниковых каналов диаметром 3,5 мм при центробежном литье и 4 мм при вакуумном литье с последующим воздействием давления в этом случае будет вполне достаточно. Литниковый канал должен быть установлен таким образом, чтобы пробки при заполнении расплава на обеих сторонах литникового канала направляли металл к распределителям нагрузки и ретенционным решеткам. В отдельном питании кольцевого телескопа нет необходимости. Литниковые каналы плавно поднимаются через центр литейной формы к заливочной воронке, установленной на 3 - 4 мм выше самой высокой точки восковой модели. Канал для выравнивания давления диаметром 1,2 мм располагают на высоте 15 - 20 мм над зубной дугой, фиксируют к дистальным участкам ретенционных решеток расплавленным воском и соединяют с телескопическим кольцом. Вентиляционные каналы диаметром 0,8 мм и длиной 15 - 20 мм будут расположены, как показано на рисунке, между распределителями нагрузки (в месте крепления к каркасу) и каналом для выравнивания давления. После этого огнеупорную модель с изготовленной литниковой системой устанавливают в опоковое кольцо и заполняют формовочной смесью Brevest M1 с тем же самым объемом жидкости 50 % концентрации, как и при изготовлении огнеупорной модели. Некоторые способы формовки требуют наличия креп-манжеты, охватывающей модель.

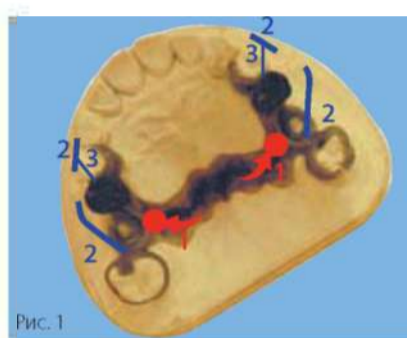


Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3



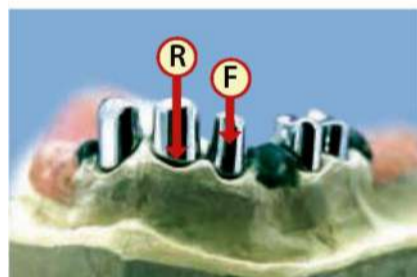
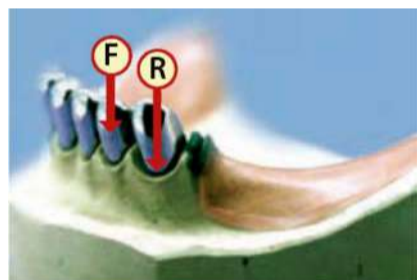
Рис. 4

При выполнении этой комбинированной работы следует учитывать большое количество нюансов. Здесь имеется два достаточно тонких распределителя нагрузки и очень большой объем воска на жевательной поверхности в области замковых креплений. В качестве дистальных опор с одной стороны зубной дуги выполнен опорно-удерживающий кламмер, а с другой – открытое телескопическое кольцо.

При этом в области открытого телескопического кольца была выполнена формовка центра массой Brevest Rapid, смешанной с 50% концентратом жидкости, а в области обоих распределителей нагрузки – с 40% концентратом. Модель была изготовлена из массы Brevest M1, смешанной с 50% концентратом жидкости. Таким образом, речь идет о модели с двумя видами первичных конструкций, имеющими абсолютно различный уровень припасовки. Соответственно, различаются и требования к точности изготовления модели, включая зуб с кламмерной фиксацией. Для решения этой проблемы были использованы две различных формовочных массы. Литниковая система состоит из двух каналов диаметром 3,5 мм для центробежного литья или 4 мм для вакуумного литья с последующим давлением. Литниковые каналы, слегка изгибая, устанавливаются на задней кромке ретенционной решетки, чтобы гидростатический скоростной напор способствовал заполнению расплавом обеих сторон модели в отдаленные участки ретенционной решетки, распределители нагрузки, кламмер и открытое телескопическое кольцо.

Литниковые каналы идут с постоянным подъемом через центр литейной формы к заливочной воронке, которую устанавливают на 3 - 4 мм выше самой верхней точки восковой модели каркаса.

Обе массивных жевательных поверхности в области замковых креплений снабжают прибылями соответствующего размера, которые фиксируют расплавленным воском в направлении к центру литейной формы под углом 45°.



Теперь необходимо установить **канал для выравнивания давления (см. с. 6.22, рис. 1, поз.2)** диаметром 1,2 мм в основании телескопического кольца, укрепить его расплавленным воском, и провести на высоте 15 - 20 мм над зубной дугой к основанию кламмера. Здесь его также следует зафиксировать расплавленным воском. **Вентиляционные каналы (см. с. 6.22, рис. 1, поз. 3)** диаметром 0,8 мм и длиной 15-20 мм соединяют основание распределителей нагрузки с каналом для выравнивания давления. Модель обертывают креп-манжетой и формуют, используя ту же массу и то же количество жидкости аналогичной концентрации, что и при изготовлении модели.

Если в качестве фиксирующих элементов используют цельнолитые телескопические или двойные коронки, то их подготовка к работе играет особенно важную роль. Превосходная **фрезеровка (см. F)** – это предпосылка для функциональной полноценности. Следует обращать внимание на то, чтобы на поверхности металла не было никаких насечек, возникающих из-за отклонения фрезерного станка при слишком высоких оборотах. Такая же проблема может возникать и при фрезеровке на слишком низких оборотах. Приложите во время выполнения фрезеровки палец к свободному участку конструкции или коронки, и Вы сразу почувствуете вибрацию, если фрезерный станок отклонен или на низких оборотах рвет металл.

При подготовке модели также следует обращать внимание на то, чтобы **край (см. R)** был открыт и давал возможность определить точную посадку при припасовке вторичной телескопической конструкции.



Рис. 1



Рис. 2

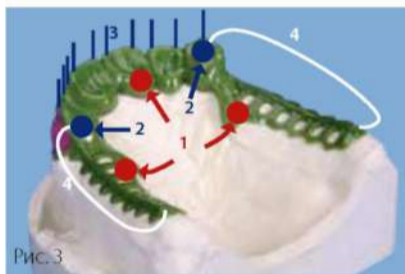


Рис. 3

В этой работе с фрезерованными под 2° телескопическими коронками была применена система дублирования из bredent-техники литья по Sabath: блокировка поднутрений и изготовление огнеупорной модели с первичной конструкцией методом формовки центральной части мастер-модели мелкодисперсной формовочной массой Brevest Rapid. Для смешивания использовали 4 мл жидкости 40% концентрации, которую добавили к 21 г порошка Brevest Rapid. Смешивание на протяжении 60 секунд производили в вакуумном смесителе, в емкости объемом 80 - 100 мл для керамических культовых масс.

После того как затвердела рабочая часть огнеупорной модели с дублированной первичной конструкцией (≈ через 20 минут), оставшийся объем силиконовой дубли-формы заполняют формовочной массой Brevest M1, смешанной с жидкостью 50% концентрации. По истечении времени затвердевания (≈30 минут) модель извлекают из формы и моделируют на ней вторичный каркас.

Данная ситуация имеет особенность: с одной стороны мы должны отлить цельную конструкцию на модели, а с другой – мостовидный протез из шести единиц. Обе эти конструкции объединены в монолит.

Чтобы процесс заполнения формы прошел очень быстро и плотной струей, должно быть гарантировано равномерное поступление жидкого расплава. Таким образом, один **литниковый канал (см. рис. 3, поз. 1)** будет подведен непосредственно к коронкам фронтальных зубов под углом 45° относительно центра формы, и еще два литниковых канала крепят к задним кромкам ретенционных элементов. Литниковые каналы имеют точно определенные размеры: диаметр 3,5 мм при центробежном литье и диаметр 4 мм при вакуумном литье с последующим давлением. Литниковые каналы имеют плавный подъем к заливочной воронке, которую устанавливают на 3 - 4 мм выше самой верхней точки восковой модели каркаса.



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

Чтобы расплав мог поступать равномерно и быть однородным, необходимо на крайние коронки установить **прибыли** с диаметром питателя 2,5 мм и диаметром головки 4 мм (**см. с. 6.24, рис. 3, поз. 2**) под углом 45° к центру литейной формы.

С целью получения очень гладкой поверхности к коронкам подводят **охлаждающие ребра** диаметром 1 мм и длиной 15 - 20 мм и фиксируют расплавленным воском (**см. с. 6.24, рис. 3, поз.4**).

Для лучшего заполнения расплавом углублений ретенционной решетки и равномерной заливки всей литейной полости, **канал для выравнивания давления** (**см. рис. 1**) диаметром 1,2 мм фиксируют расплавленным воском к дистальным участкам восковой модели каркаса и верхней части прибылей.

После этого модель обертывают креп-манжетой и формуют той же массой (Brevest M1). При этом следует использовать жидкости для смешивания такой же концентрации, как и при изготовлении модели. Объем жидкости также не должен быть изменен, чтобы точное соответствие состава материала давало в итоге одинаковое расширение и облегчало припасовку.



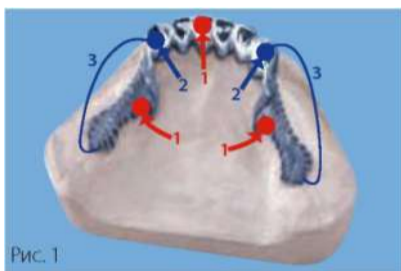


Рис. 1

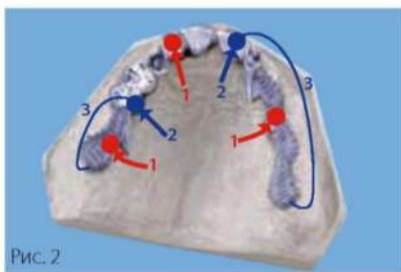


Рис. 2

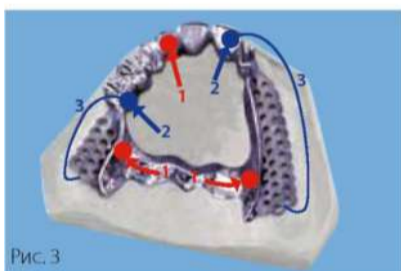


Рис. 3



Рис. 4

Система и логическое обоснование конструирования литниковой системы при изменении клинической ситуации повторяется по этому же самому принципу. Фрагменты литейной полости могут быть связаны между собой так, что расплав будет поступать очень равномерно основными и вспомогательными литниковыми каналами, но будет возможно образование пробок, препятствующих формированию равномерной структуры отливки.

**Литниковые каналы (см. рис. 1/2/3, поз. 1)** размещают так, чтобы их протяженность была как можно длиннее. Между литниковыми каналами устанавливают **прибыли (см. рис. 1/2/3, поз. 2)**, в которые под воздействием движущегося расплава будет вытеснен и не окажет влияния на структуру отливки протеза остаточный воздух из литейной полости. **Канал для выравнивания давления (см. рис. 1/2/3, поз. 3)** нормализует уровень давления в литейной полости. При высоких температурах заливки (в частности, при литье неблагородных сплавов) всегда следует рекомендовать использовать охлаждающие ребра диаметром 1 мм, что способствует получению очень гладкой поверхности. В роли промежуточного фиксатора выступают вентиляционные каналы длиной 15 - 20 мм и диаметром 0,8 мм, расположенные между отливаемым объектом и каналом для выравнивания давления.

При опоре первичных балочных конструкций на имплантаты необходимо, чтобы каркас вторичной конструкции очень точно им соответствовал. Для этого мы рекомендуем отливать саму балку с использованием очень мелкозернистой формовочной массы методом центральной формовки. Необходимо взять 4 мл жидкости для смешивания 50%-й концентрации, 20 г порошка формовочной массы Brevest Rapid 1, и в течение 60 секунд перемешивать в вакуумном смесителе в маленькой емкости (объемом 80 - 100 мл) для смешивания керамических культевых масс.



Рис. 1

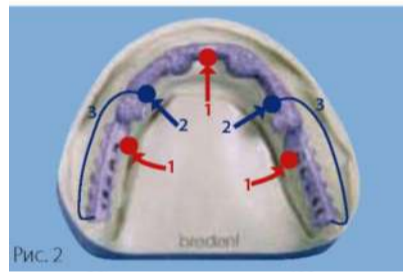


Рис. 2



Рис. 3

После затвердевания центральной части формы ( $\approx 20$  мин.), изготавливают модель из формовочной смеси Brevest M1. Массу готовят в вакуумном смесителе с жидкостью 50% концентрации в течение 90 секунд.

Через 30 минут после начала схватывания формовочной смеси огнеупорную модель можно извлечь из силиконовой дубль-формы и приступить к моделировке воскового каркаса. Принципиально важно выполнить восковую моделировку сразу после извлечения модели из дубль-формы, пока формовочная масса не высохла.

Для выполнения правильной литниковой системы необходимо присоединить к восковой модели три **литниковых канала (см. рис. 2, поз. 1)** в области первичной конструкции. При центробежном литье достаточно диаметра 3,5 мм, а при вакуумном литье с последующим давлением диаметр каналов должен быть не менее 4 мм. При центробежном литье к мостовидной конструкции подводят литниковый канал с прибылью из bredent-техники литья по Sabath. Оба литниковых канала, которые расходятся в стороны и крепятся к передним усиленным участкам ретенционных решеток, имеют одинаковый диаметр на всем протяжении, как обычно при питании литья на модели. Литниковые каналы ведут с легким изгибом и постоянным подъемом через центр литейной формы к заливочной воронке, расположенной на 3 - 4 мм выше наивысшей точки восковой модели каркаса. На внутренней стороне концевой консольной балки между литниковыми каналами спереди от замкового крепления устанавливают **маленькие прибыли (см. рис. 2, поз. 2)** с исходным диаметром от 2,5 мм и основным диаметром – 4 мм.

**Каналы для выравнивания давления** имеют диаметр 1,2 мм (см. рис. 2, поз. 3), проходят на высоте  $\approx 15 - 20$  мм над альвеолярным гребнем и фиксируются расплавленным воском к верху прибылей и к дистальным участкам ретенционных решеток.

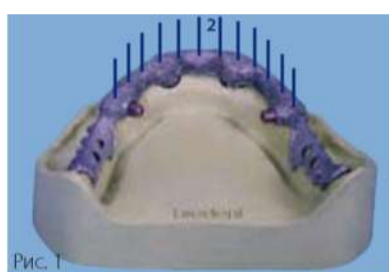


Рис. 1



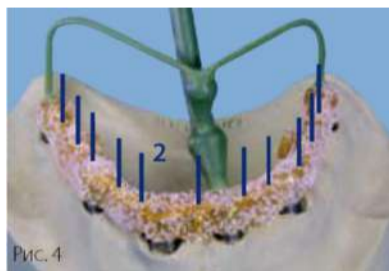
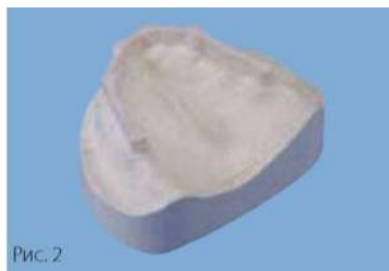
Рис. 2

В данном случае речь идет об отливке конструкции из сплава для литья на модели, имеющего высокую температуру плавления. По этой причине обязательно должны быть установлены **охлаждающие ребра для направленной кристаллизации** диаметром 1 мм и длиной 15 - 20мм (см. рис. 1, поз. 2) для предотвращения возможного образования пор или шероховатостей. Тогда поверхность литья будет гладкой и однородной.

Теперь модель можно обмотать креп-манжетой. Формовку следует выполнять обязательно:

- той же самой формовочной массой;
- жидкостью той же самой концентрации;
- при тех же самых пропорциях смешиваемых компонентов;
- в тех же самых условиях смешивания компонентов.

Только в этом случае можно добиться абсолютно одинаковых показателей расширения и, соответственно, высокой точности литья. Формовочную массу можно помещать в печь для предварительного нагрева уже примерно через 20 минут, в точном соответствии с инструкцией по пользованию. Всегда необходимо обращать внимание на то, чтобы заливочная воронка имела соответствующий объем в качестве резервуара расплава. Также очень важно, чтобы залитая форма стояла на подставке из шамота заливочной воронкой вниз до тех пор, пока она не остынет до комнатной температуры. Это способствует образованию однородной структуры литья при затвердевании.



Эта опирающаяся на имплантанты первичная балочная конструкция отличается от предыдущих конструкций, в которых опорой служили естественные зубы. В данном случае вторичная конструкция напоминает мостовидный протез, так как в ней отсутствуют концевые седла, опирающиеся на слизистую оболочку альвеолярного отростка.

Огнеупорную модель из формовочной массы изготавливают аналогично предыдущим. Оптимальное соответствие и точность достигается использованием технологии центральной формовки.

Для питания отливки в этом случае достаточно литникового канала, который устанавливают во фронтальном отделе между центральными резцами и под углом  $45^\circ$  через центр литейной формы с постоянным подъемом ведут к заливочной воронке. При этом должны быть равномерно заполнены однородным расплавом длинные и ажурные литейные полости. Чтобы свободно мог поступать расплав неблагородного металла, имеющий малую плотность, литниковый канал не должен быть слишком тонким (при центробежном литье – 4 мм, при вакуумном литье с последующим давлением – 5 мм). В месте фиксации канала к балке достаточно диаметра 3 мм. Чтобы остаточный воздух не вытеснялся из литникового канала в литейную полость, на самом подводящем канале устанавливают прищель (как при раздельном питании), в которую и уходит сжатый воздух. Канал для выравнивания давления диаметром 1,2 мм соединяет дистальные участки каркаса с верхней частью добавочной прищели. Он расположен на минимальной высоте (15 - 20 мм) от восковой модели каркаса. Это способствует равномерному заполнению формы расплавом и образованию однородной структуры отливки. Однако при литье таких конструкций необходимо помнить, что на каркасе должны быть еще установлены **охлаждающие ребра для обеспечения направленной кристаллизации (см. рис. 4, поз. 2)** диаметром 1 мм и длиной 15 - 20 мм.



Рис. 1

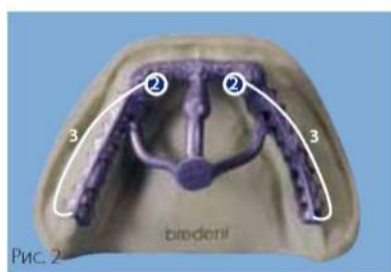


Рис. 2

При выборе конструкции литниковой системы главную роль играет не длина первичной конструкции, а перепады высоты. В данном случае вторичная конструкция на балочном креплении выполнена из воска и покрыта кристаллами. Она очень коротка, но расположена значительно выше ретенционных решеток, доходящих до крайних точек зубной дуги.

По этой причине ретенционные решетки должны быть снабжены литниковыми каналами для традиционного цельного литья на модели, а расположенный значительно выше фронтальный участок – литниковым каналом для литья коронок и мостовидных протезов. Литниковые каналы фиксируют к крайним отделам вторичной конструкции на балочном креплении и устанавливают между каналами две **прибыли** с диаметром шейки 2,5 мм и головки – 4 мм (**см. рис. 2, поз. 2**). Обе прибыли соединены **каналами для выравнивания давления** (**см. рис. 2, поз. 3**) с дистальными участками ретенционных решеток. Только в этом случае можно добиться равномерного заполнения расплавом и однородной структуры отливки.

На вторичную конструкцию балочного крепления устанавливают **охлаждающие ребра** диаметром 1 мм и длиной 15 - 20 мм (**см. рис. 1, поз. 2**).

**bredent**

GmbH & Co.KG · Weissenhagen Str. 2 · 89250 Senden · Germany  
Tel. (+49) 0 73 09 / 8 72-22 · Fax (+49) 0 73 09 / 8 72-24  
[www.bredent.com](http://www.bredent.com) · e-mail [info-lab@bredent.com](mailto:info-lab@bredent.com)



## **bredent - техника литья**

Дентальное литье точность - однородность - совместимость

**bredent**

bredent

# **bredent - техника литья**

по Sabath

## **Дентальное литье**

точность - однородность - совместимость

