

**Основные  
правила в  
процессе  
ЛИТЬЯ**

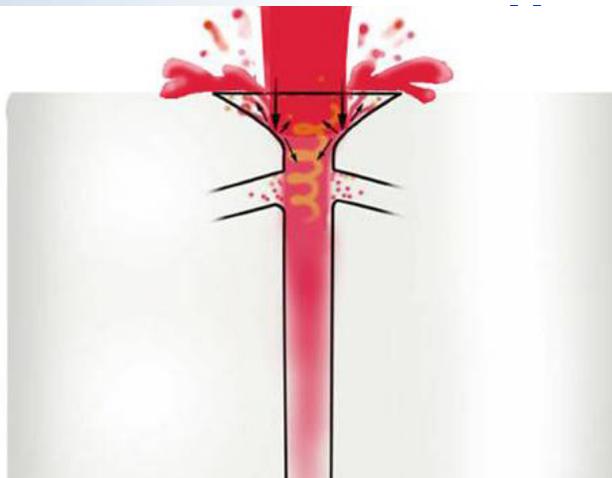
**Просто, но важно!**



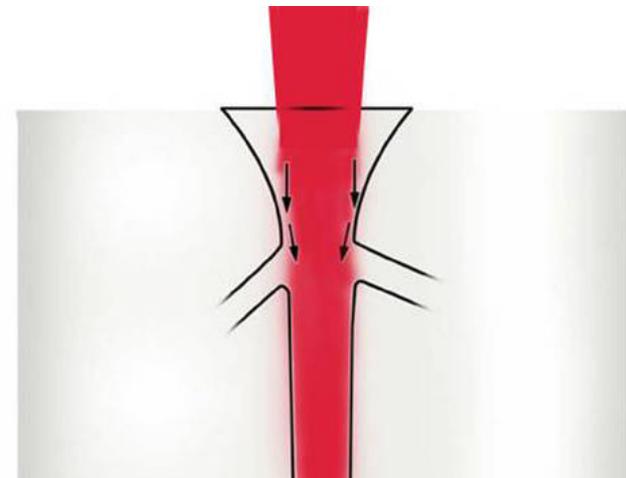
# Правила литья – основной питатель

Пытайтесь:

- избавиться от турбулентности в области основного питателя
- увеличить пропускную способность системы питателей,
- усилить заполняемость форм
- снизить разрушение формочной массы (в т.ч. с



Обычный питатель

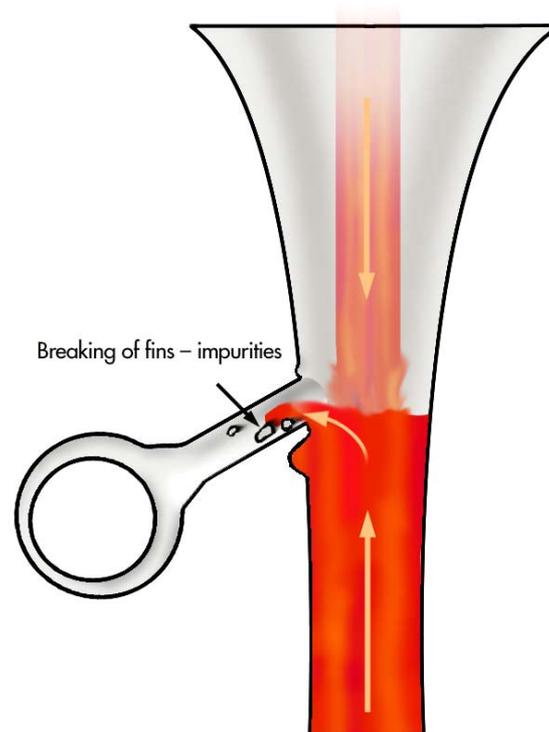


Питатель Нильсена

**Примечание: Необходим быстрый ламинарный поток металла из тигля в каждой точке!**

## Правила литья – основной питатель

Пытайтесь также избегать образования fins между основным питателем и питателем модели, в противном случае формовочная масса может быть разрушена и находиться в металле

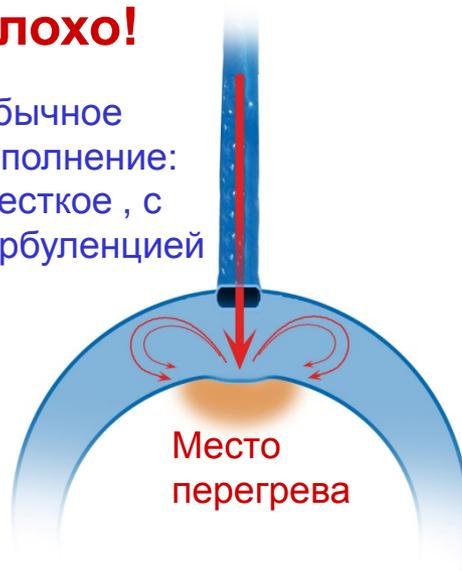


# Правила литья – основной питатель

Используйте литник с достаточным сечением для получения быстрого и плавного заполнения формы. Дополнительно это дает подпитку изделия жидким металлом в процессе отвердевания и снижает усадочную пористость.

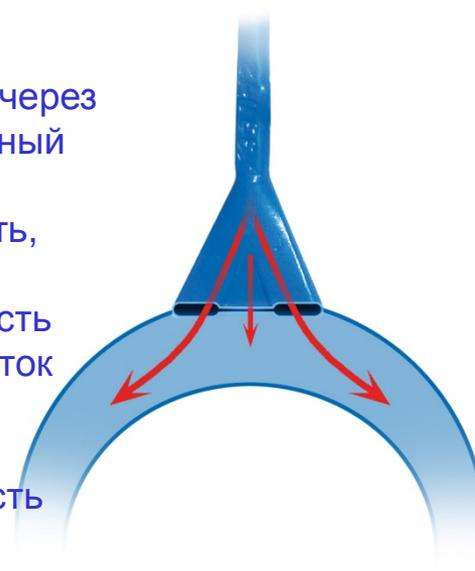
**плохо!**

Обычное  
заполнение:  
Жесткое, с  
турбуленцией



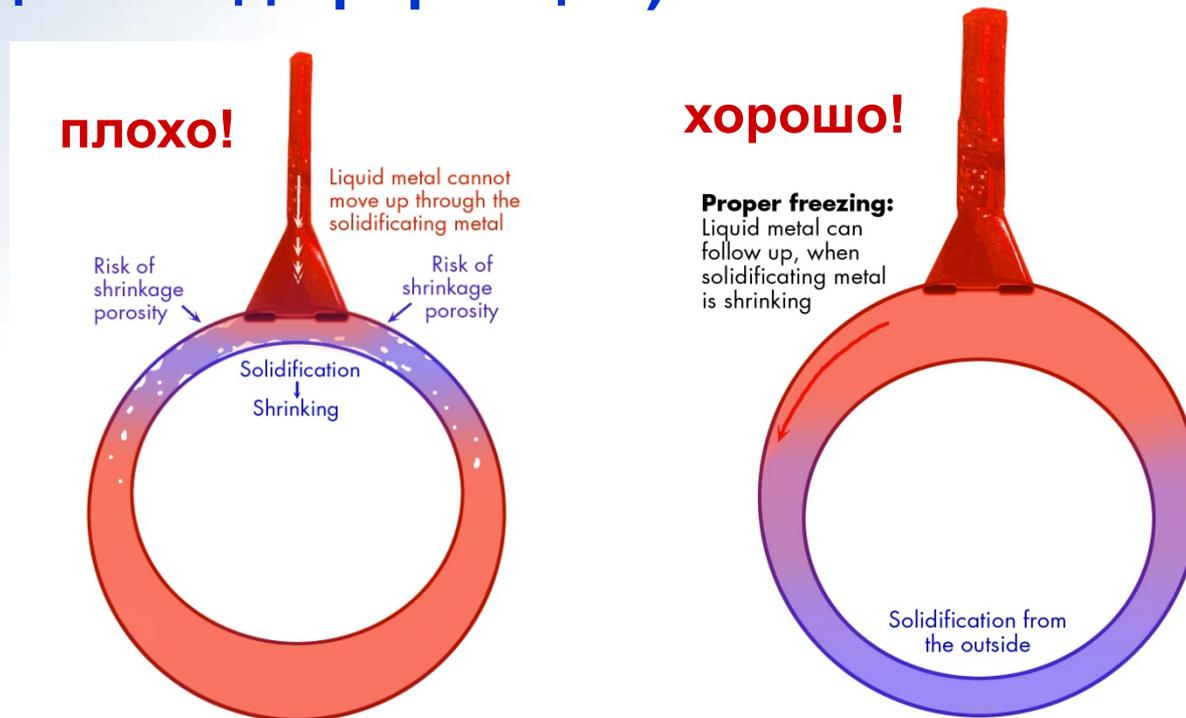
**хорошо!**

Заполнение через  
тангенциальный  
питатель:  
ламинарность,  
пониженная  
турбулентность  
- быстрее поток  
металла  
- лучше  
заполняемость  
формы



# Правила литья – основной питатель

Пытайтесь установить питатель в районе самой тяжелой секции отливаемой модели (меньше проблем с пористостью при усадочной деформации)



# Правила литья – основной питатель

## 10 различных вариантов установки питателя на отливаемую модель

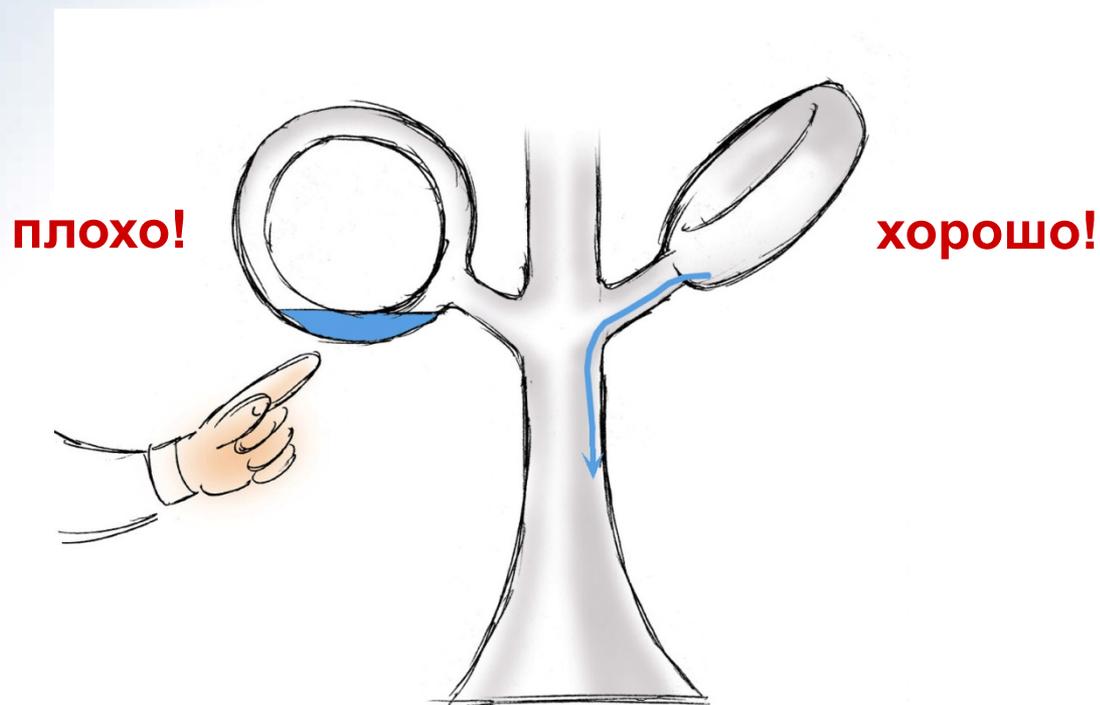


*Преставьте себе  
результаты отливки с  
некоторыми из  
представленных на  
рисунке образцов*



## Правила литья – основной питатель

Моделируйте восковое дерево так, чтобы воск легко вытекал из формы на этапе вытопки (Избегайте зон «застоя»!)



# Правила литья – Опоки

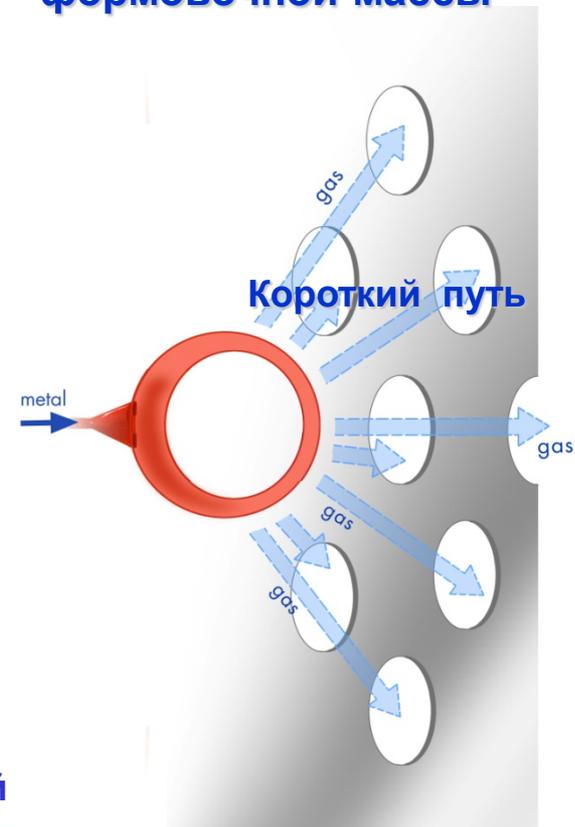
Опока с несколькими большими отверстиями:

1. Плохое заполнение формы+
2. Разрушение формовочной массы



Опока с многочисленными небольшими отверстиями:

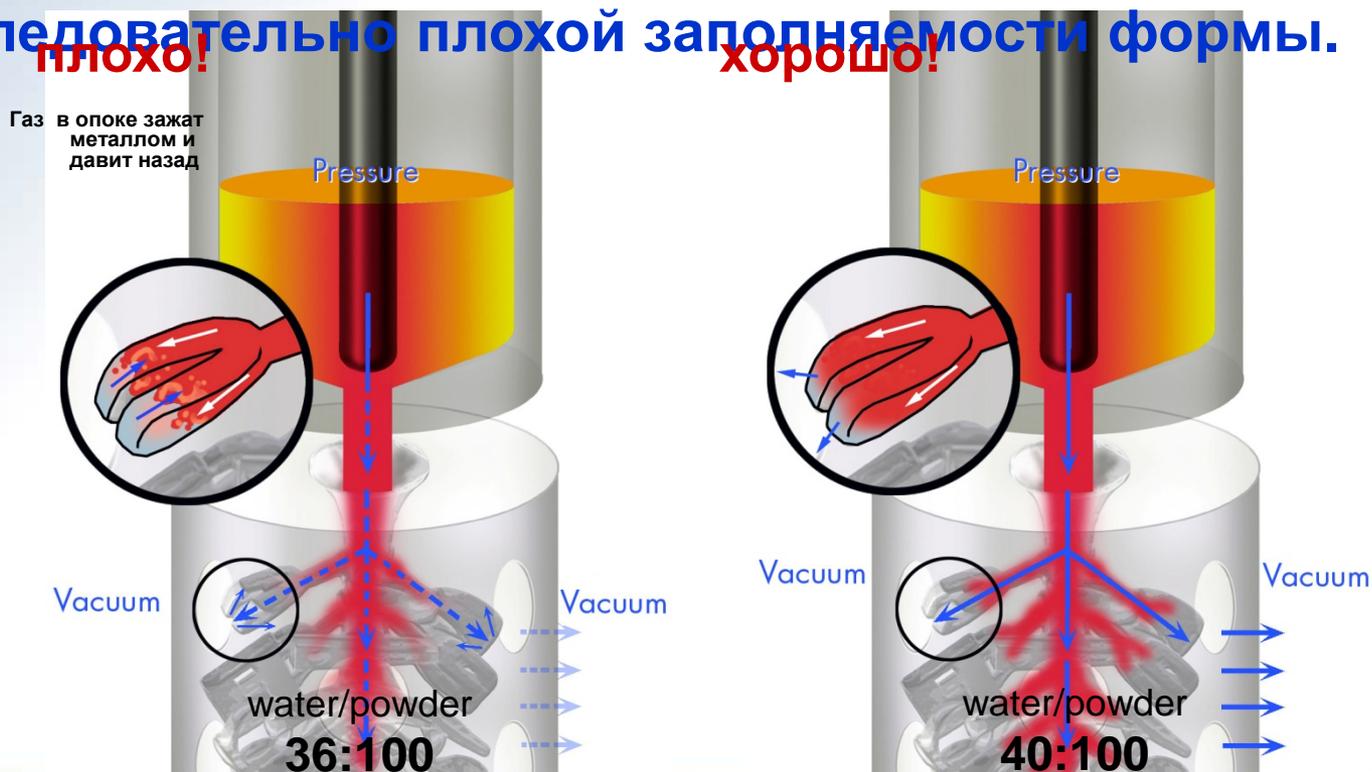
1. Хорошее заполнение формы+
2. Снижение опасности разрушения формовочной массы



# Правила литья – формовочная масса

Используйте соотношение вода/формомасса в соответствии с рекомендациями производителя (примерно. 40:100).

Пониженное содержание воды в формовочной массе будет причиной плохой газопроницаемости и, следовательно плохой заполняемости формы.



## Правила литья – формовочная масса

Используйте соотношение вода/формомасса в соответствии с рекомендациями производителя (примерно. 40:100).

Повышенное содержание воды является причиной водяных знаков и снижает прочность формовочной массы.

Водяные знаки  
на тестовом  
изделии,  
увеличение 10x

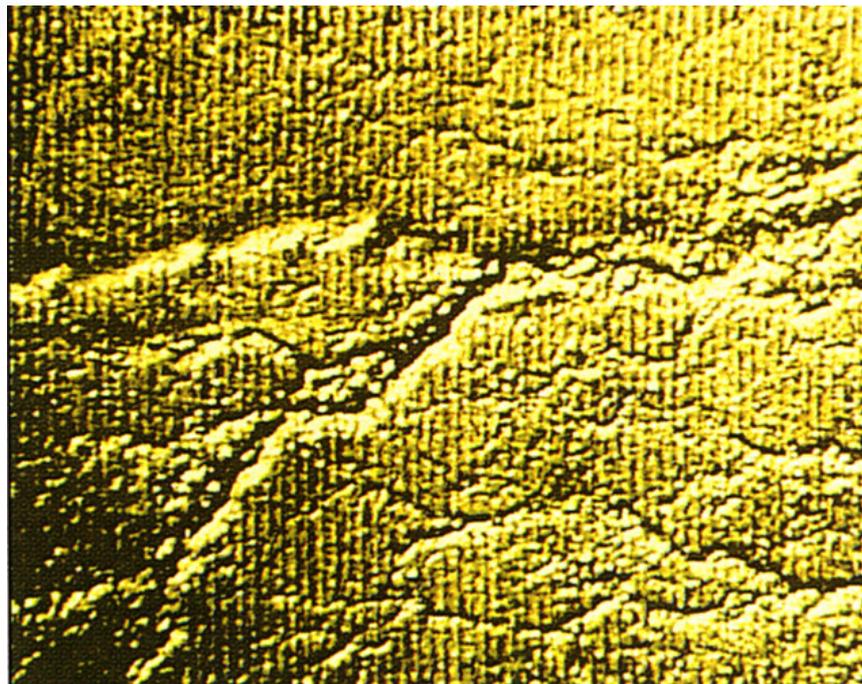
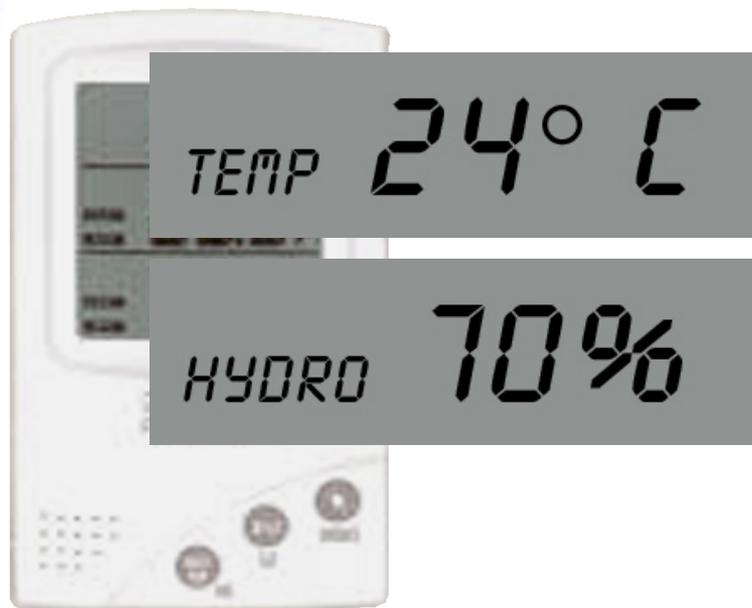


Photo: Dieter Ott

## Правила литья – формовочная масса

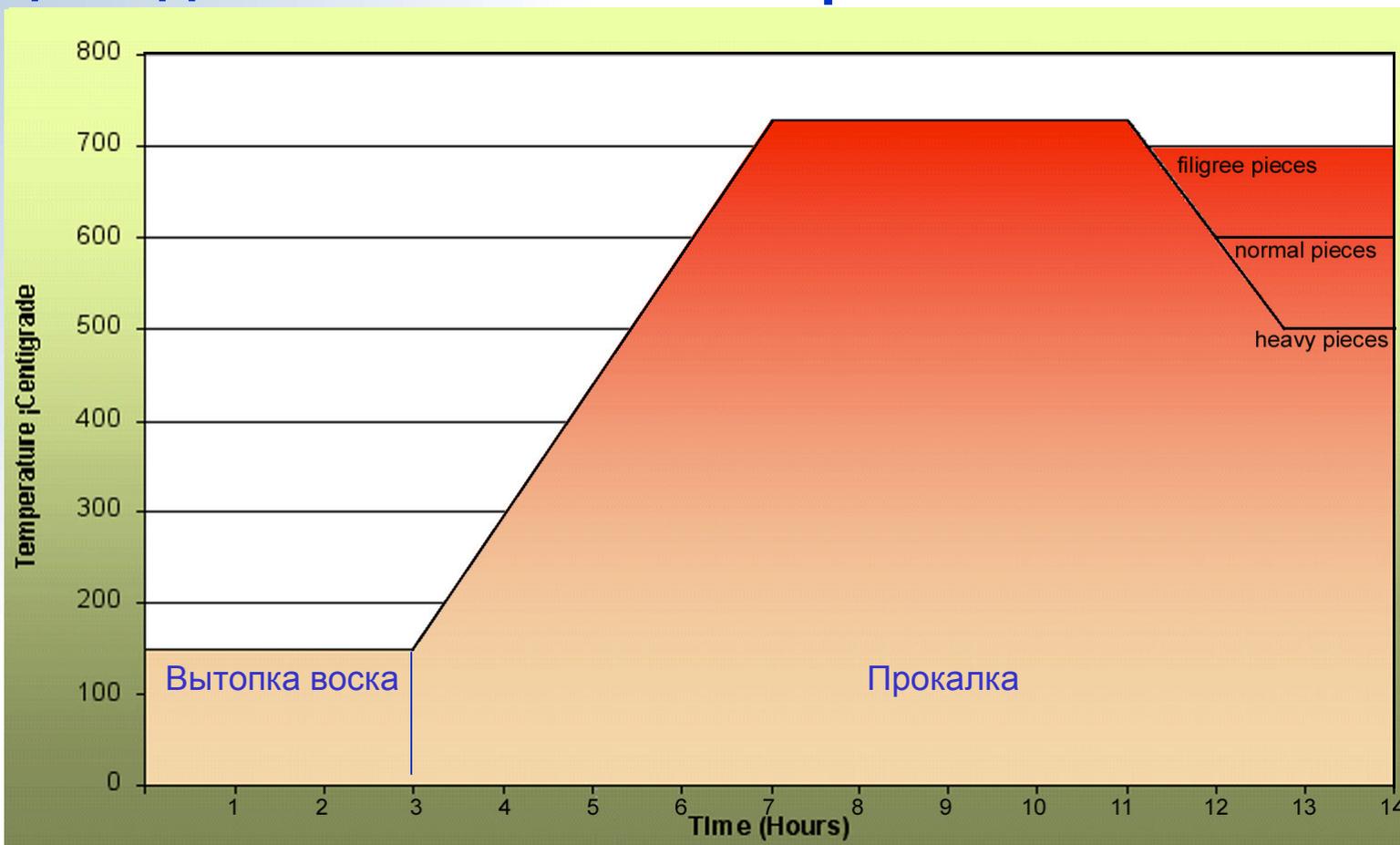
Используйте гидрометр для контроля за условиями процесса формовки:

1. Неизменно поддерживайте температуру смеси воды и формовочной массы на одном уровне.
2. Значение параметра влажности важно для правильного соотношения компонентов



# Правила литья – прокалочный цикл

Используйте в полной мере рекомендованный цикл для вытопки воска и прокалки опок.



# Правила литья- плавка

Всегда используйте для тигля и запорного штока только высококачественный графит:

- 1.) Чтобы избежать включений графита (особенно важно для сплавов с Pd, становятся хрупкими).
- 2.) Дольше срок службы
- 3.) Во избежание протечек металла
- 4.) Для продления ресурса индукционного генератора
- 5.) Снижения потерь металла



## Правила литья- плавка

Очищайте тигли для снижения включений графита.  
Старые тигли увеличивают потери металла.



Для очистки используйте газеты,  
Не цветные журналы!

## Правила литья- плавка

**Используйте только чистый металл для исключения загрязнения сплавов оксидами и включениями в т.ч. Используйте только бескислородную медь, и никогда медь с электрической проволоки!**



Photo: Dieter Ott

Трещины, вызванные включениями

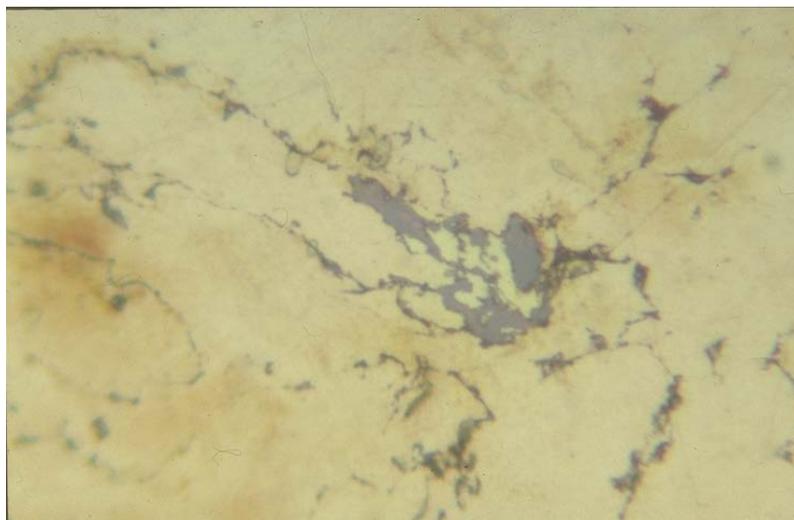


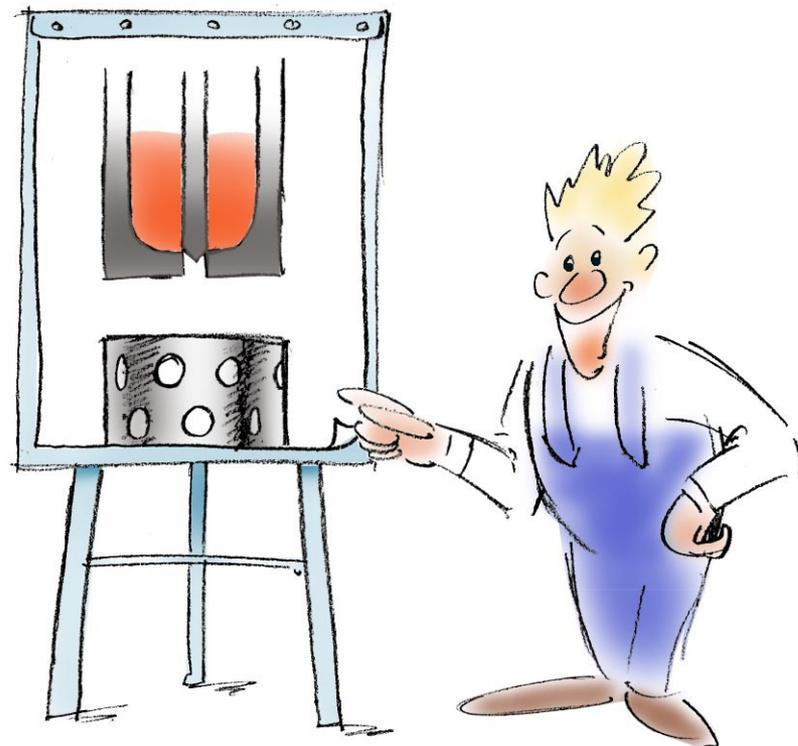
Photo: Klaus Wiesner

Включения, вызванные оксидом цинка.

# Правила литья- плавка

**Устанавливайте опоку в случае, когда весь металл перешел в расплав.**

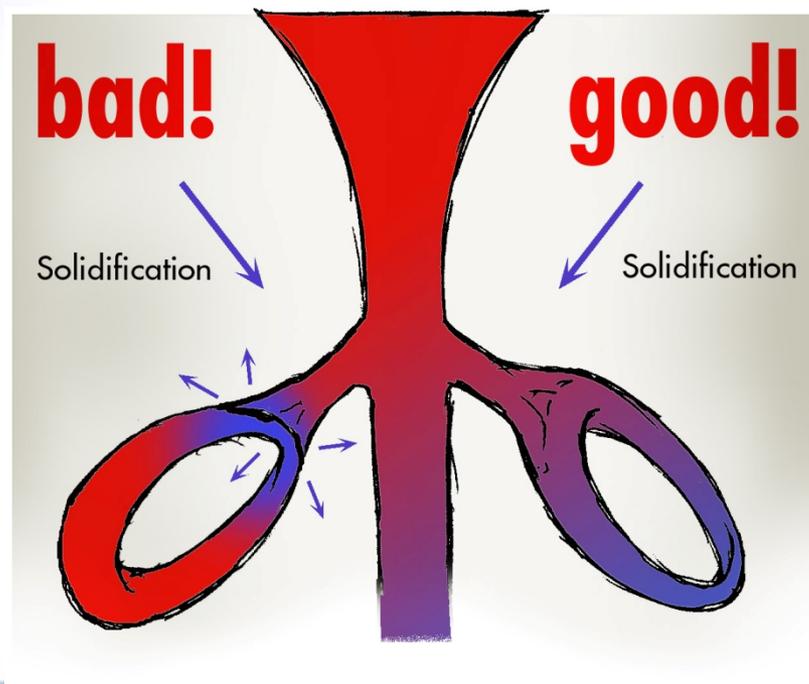
**В противном случае, если существует протечка металла из тигля через запорный шток, ваша опока может быть повреждена!**



## Правила литья- отливка

Предпочитайте опоки с низкой температурой для получения отверждения металла с наружной части опоки к внутренней.

Это даст возможность снизить усадку и газовой пористость.

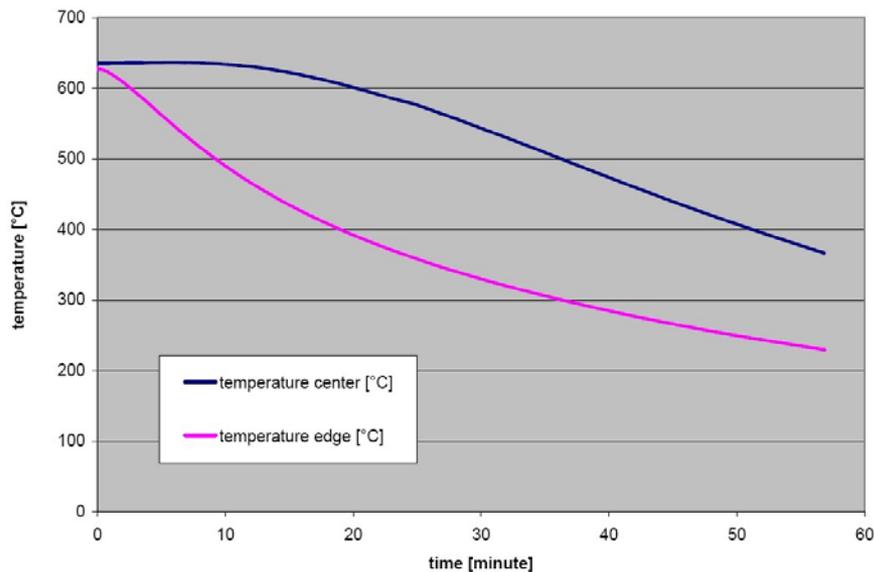


# Правила литья- отливка

Предпочитайте опоки с низкой температурой для застывания металла от наружной части опоки к внутренней.

**Примечание: время реакции горячего металла и формовочной массы должно быть как можно кор**

Temperatures inside Flask (diameter 110 mm, height 200 mm)  
(edge temperature measured 15 mm from outer surface, 100 mm below top of flask)  
27.05.04 SK



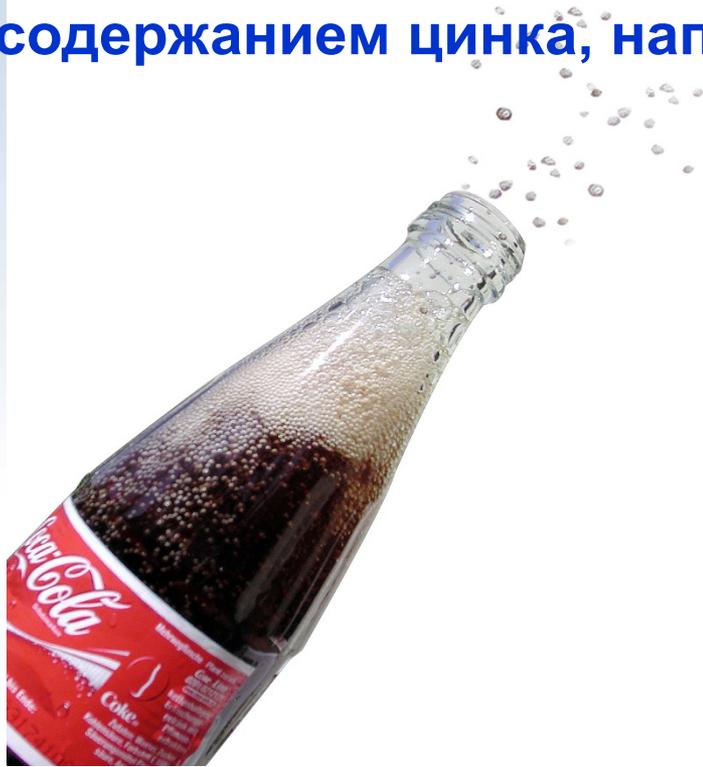
**INDUTHERM**  
Erwärmungsanlagen GmbH



## Правила литья- плавка

Плавьте металл под вакуумом перед заливкой (настоятельно рекомендуется для серебра)  
Деоксидация, дегазация, снижение внутреннего окислирования.

Не рекомендуется для сплавов с высоким содержанием цинка, например 9ct. Au



„Следы ворона“-дефект поверхности – вызван оксидами включений

Photo: Dieter Ott

# Правила литья- плавка

**Сплавы с легко испаряемыми примесями, напр. Zn, не желательно плавить под вакуумом. Лучше использовать защитный газ или защитный газ в сочетании с избыточным давлением!**

- Цинк легко испаряется под вакуумом.
- Изменяется композиция сплава.
- Увеличение потерь металла.



## Правила литья- плавка

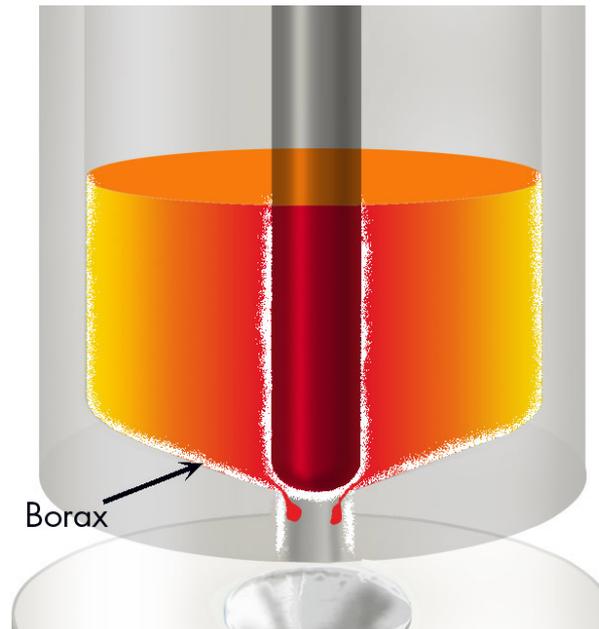
**Не перегревайте сильно металл, потому что это может стать причиной усадочной пористости или дополнительных потерь металла.**



Перегрев сплава с 25% цинка

## Правила литья- плавка

При эксплуатации современных литейных машин не применяйте добавки при плавке, напр. Bогах. Графит также снижает оксидацию. Bогах будет также создавать проблемы связанные с запорным штоком.



## Правила литья- плавка

Используйте только **N2** or **Ar** класса **ВЧ** для защиты  
Вашего сплава и графита от оксидации.

Чистота на уровне или выше 99.95% (Качество 3.5 or 4.6), газ  
класса **ХЧ** может стать причиной пористости.

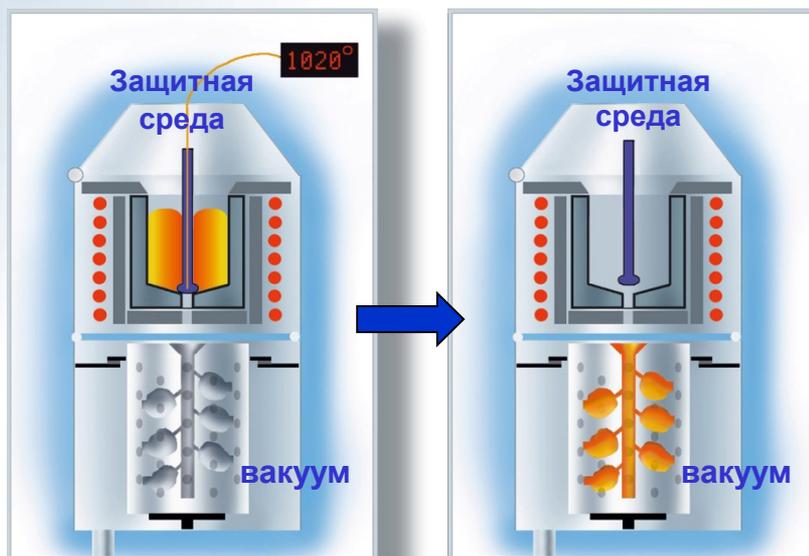


# Правила литья- отливка

## Когда Вам следует использовать вакуум, атмосферное или избыточное давление?

Если Вы собираетесь отливать **массивные части** или вы собираетесь отливать металлы с **высокой текучестью**, мы рекомендуем оптимизировать принцип ручной заливки:

Выполняйте плавку в защитной среде инертного газа и с вакуумом в емкости под опоку.



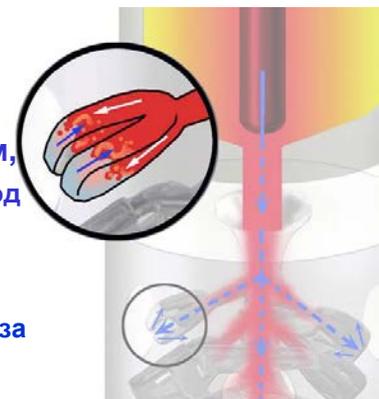
### Достоинства:

Ниже газовая пористость

### Недостаток:

Ниже наполняемость форм,

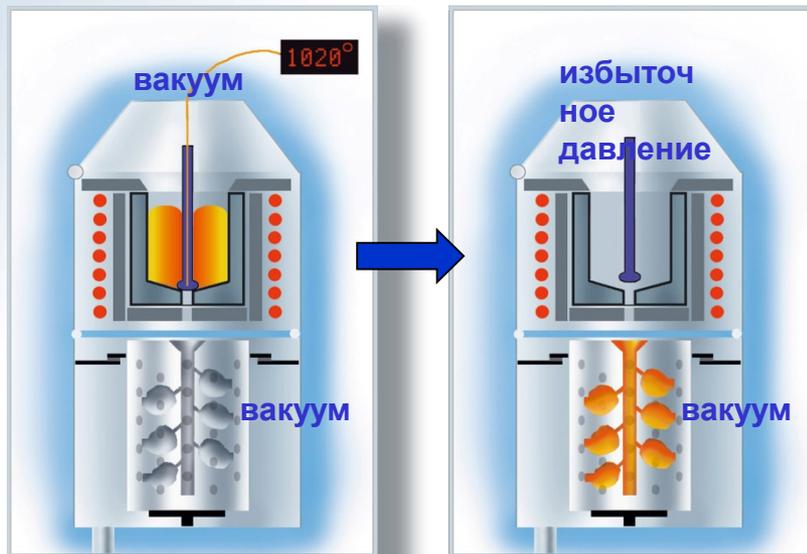
1. Газ в опоке находится под воздействием давления металла и давит назад.
2. Газ нагревается за счет металла и расширяется, за счет чего снижается скорость еще больше скорость потока металла.



# Правила литья- отливка

## Когда Вам следует использовать вакуум, атмосферное или избыточное давление?

Если Вы собираетесь отливать **филигранные части** или собираетесь отливать металл с **низкой текучестью** (в т.ч. сплавы Pd-Au), мы можем рекомендовать Вам плавить под вакуумом/опока в вакууме, а затем после заливки незамедлительно подавать сверхдавление.



Достоинства: хорошая наполняемость форм

Недостатки: возможна химическая реакция между формовочной массой и металлом, потери металла за счет испарения цинка.

## Правила литья- отливка

После заливки металла в опоку, дайте возможность металлу охладиться продолжительное время под вакуумом и защитным газом (мин. 2 минуты, лучше больше) во избежание трещин и для снижения тепловых пятен.

(в особенности при отливке серебра)



Photo Dr. Jörg Fischer-Bühner

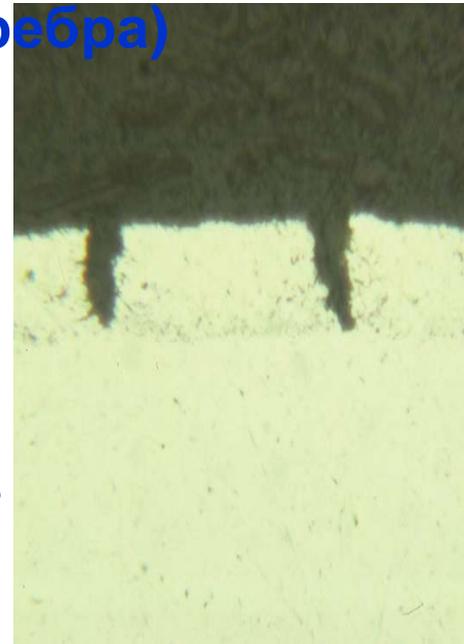


Photo Klaus Wiesner

## Отливка со вставками

Какие камни могут быть использованы для литья со вставками:

### Не подходят:

- Аметист
- Топаз
- Стекло
- Изумруд
- Опал



### подходят:

- Фианит (Cubic Zirconia)
- Синтетические камни
- Рубин
- Сапфир
- Бриллиант



## Отливка со вставками

Подготовьте дизайн изделия под закрепку в воске таким образом, чтобы в процессе застывания, давление металла на камень было, как можно ниже.

Помните об усадке и соприкасающихся поверхностях в процессе застывания!



Для работы непригодно



Для прямоугольных камней, обработайте углы каста шаровой фрезой небольшого размера



Вы можете перфорировать поверхность, что бы снизить давление на камень

## Отливка со вставками

Не перегревайте бриллианты выше  $640^{\circ}\text{C}$ , даже в процессе цикла прокалики.

Используйте бриллианты качества лучше, чем качество VS.

Включения могут повредить камень!

В дополнение, вы можете защитить свои вставки двумя путями:

1. Добавить комбинацию из буры и борной кислоты в формовочную массу.
2. Использовать формовочные массы, специально разработанные для этих целей.



# Отливка со вставками

При отливке изделий с фианитами:



**Очень важно дать возможность медленно остывать опоке после отливки!**

**Опоки должны отстояться как минимум 2 часа до процесса размывки.**

**Используйте только калиброванные камни!**

# Правила литья- отливка

Оборотный металл перед очередной плавкой и заливкой металла должен быть тщательно очищен от остатков формовочной массы, кислоты, песка, оксидов и буры.

1. Отбел в 10% серной кислоте ( $H_2SO_4$ )
2. Промыть в чистой воде.
3. Очистить ультразвуком.



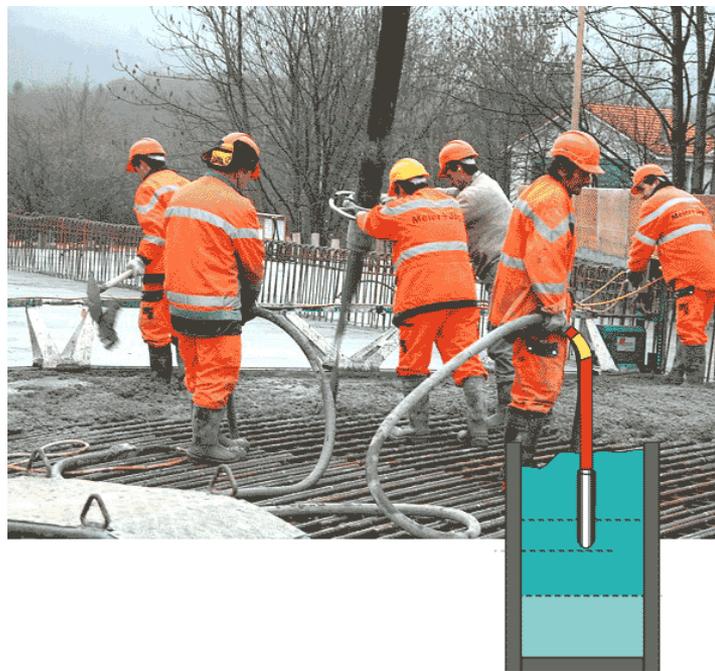
# Правила литья- отливка с вибрацией

Как Вы знаете: одно из самых важных условий «идеальной» отливки является «идеальное» заполнение формы:

- Мы должны получить оптимальную связь между частицами.
- Мы должны избежать воздушных включений.

Давайте рассмотрим другие направления в промышленности, которые имеют похожие задачи :

А конкретно, работы с пневматической **вибрационной** помпой



# Правила литья- отливка с вибрацией

Как Вы знаете: одно из самых важных условий «идеальной» отливки является «идеальное» заполнение формы:

- Мы должны получить оптимальную связь между частицами.
- Мы должны избежать воздушных включений.

Или другой пример:

Магазины, при продаже кофе используют мельницы для зёрен кофе. **Вибрационная** плита помогает порошку кофе занять правильное положение в упаковке.



# Правила литья- отливка с вибрацией

*Для отливки металла эффект вибрации используется очень часто также. Позвольте мне показать все позитивные эффекты от данного воздействия:*

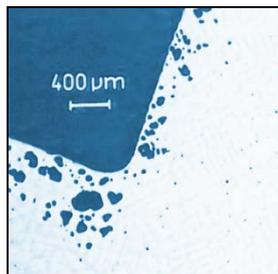
**Оптимизирован поток материала и заполнение формы**

- Вибрация металла происходит в самых тонких местах, форма получает полное заполнение.
- Воздушные включения могут быть легче удалены за счет движения материала.
- Снижается опасность очень быстрой кристаллизации.

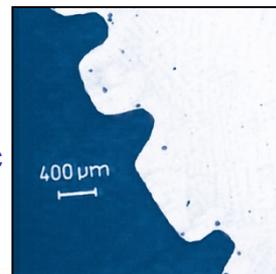
**Меньше воздушных включений, меньше усадочная пористость.**

Ниже вы можете увидеть несомненный результат от отливки с вибрацией:

Пористость без  
вибрации



Пористость с  
вибрацией

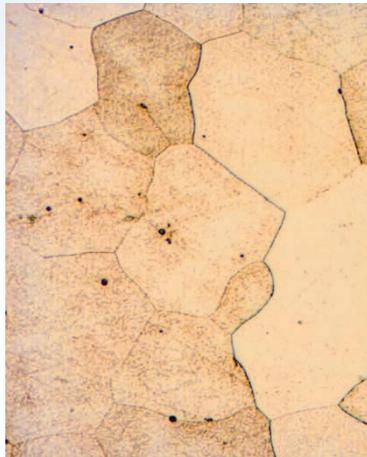


# Правила литья- отливка с вибрацией

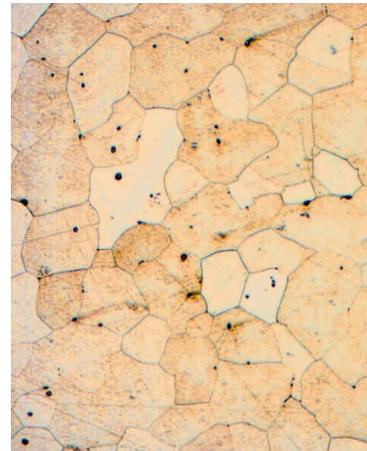
**Более тонкая структура сплава, снижен размер гранул.**

Для анализа, были отлиты различные ювелирные изделия, в частности золото 750 пробы (Au 750, Ag 128, Cu 122).

Микроскопическая картинка покажет Вам различие :



Размер гранул без вибрации



Размер гранул с вибрацией

**Как вы видите, размер гранул снизился более, чем на 50%!**

# Правила литья- отливка с вибрацией

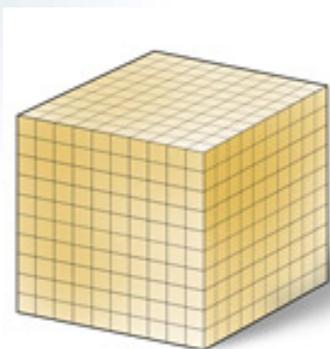
## Более тонкая структура сплава, снижен размер гранул металла.

На простом примере мы можем Вам пояснить реальный эффект от половинчатого размера гранул:

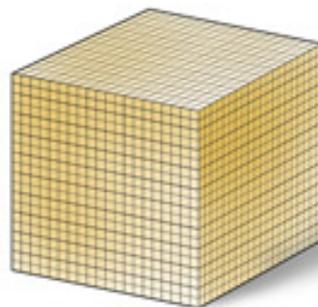
Вообразите себе куб размером 1x1x1 м, собранный из 10 см кубиков = 1000 небольших кубиков.

Сконструируем такой же куб, но с 5 см кубиками, данный куб состоит из 8000 маленьких кубиков!

Но более значительное сравнение получается при сравнении когерентной площади маленьких кубиков: 10 см кубики образуют когерентную площадь в 540000 см<sup>2</sup>, с 5см кубиками мы получаем **11 миллионов см<sup>2</sup>** !



Куб из 10 см элементов  
=1.000 элементов  
Когерентная площадь:  
540.000 см<sup>2</sup>



Куб из 5 см элементов =  
8.000  
Когерентная площадь:  
11 000 000 см<sup>2</sup>

# Правила литья- отливка с вибрацией

## Более тонкая структура сплава, уменьшен размер гранул металла.

Существуют также положительные эффекты и при тестовом использовании популярного серебряного сплава AgCu 6.5:

Кристаллизация данного сплава происходит в древовидной- дендритической структуре. Строение длинной оси данной дендритической структуры является очень часто причиной для плохого потока материала в особенности в районе основного питателя или его узких местах.

Вибрация снижает длину дендрита и улучшает поток материала даже в наиболее тонких местах.

Разрушенный серебряный питатель.  
Очень сильное дендритическое образование очень сильно возмущает поток материала.



# Правила литья- отливка с вибрацией

## Более высокая и равномерная плотность.

Все проведенные опыты подтверждают следующее:

Отливка с вибрацией отличается более высокой плотностью. В тоже время, и это даже более важно, все циклы отливки доказывают очень постоянную плотность, а соответственно и минимальное отличие веса изделий.

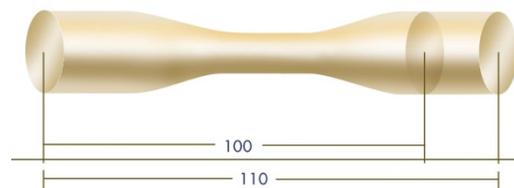
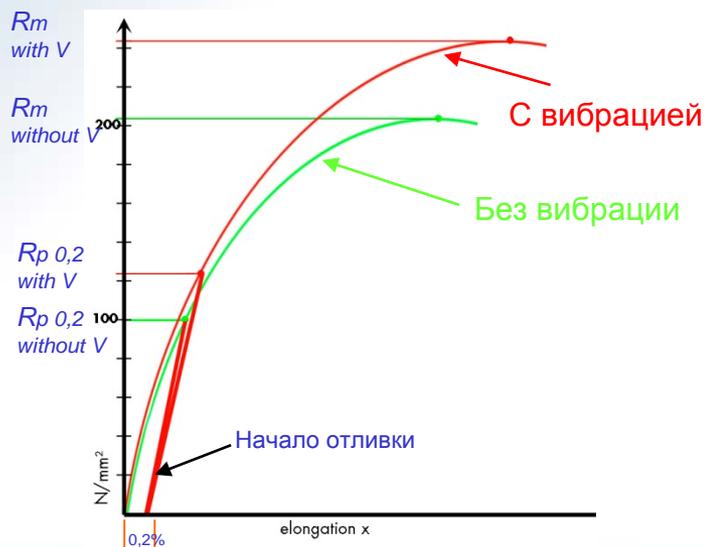
- Совершенное заполнение формы:**
- + Минимальная пористость,
  - + Минимальный размер зерна,
  - + Высокую и постоянную плотность
- 
- = Качество отливки лучше!**

**ПОЧЕМУ!  
ПОЗВОЛЬТЕ,  
ОБЪЯСНИТЬ.**



# Правила литья- отливка с вибрацией

1. Снижена опасность трещин и разломов
2. Сокращение финишных и последующих работ
3. Отливка более оптимальна для дальнейшей обработки (в т.ч. для пайки, шлифовки), более эластична и податлива (важно при закрепке камней).



**Результат теста на разрыв:**

**Предел удлинения на 25 % выше с вибрацией  
Растяжимость на 10-12 % лучше с вибрацией**

# Спасибо за Ваше внимание!

