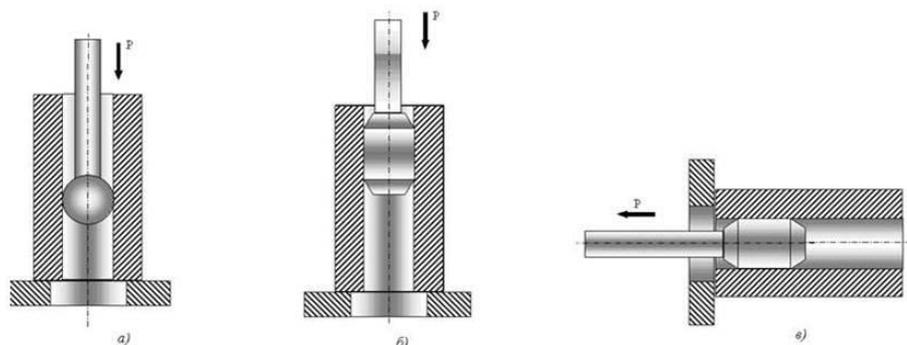


## **5.4 Дорнование.**

### **Схема и разновидности процесса**

## Дорнование. Сущность, схема процесса дорнования

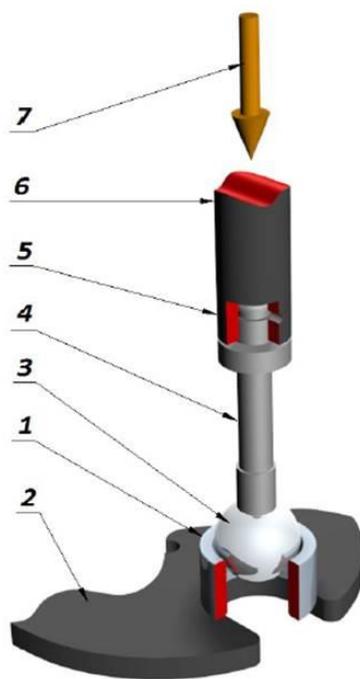
Процесс дорнования (устар. дорнирование) – метод обработки, в котором инструмент в виде жесткого тела вращения проталкивается или протягивается через обрабатываемое отверстие, имеющее несколько меньший диаметр, чем инструмент, создавая т.о. пластическое деформирование поверхности и калибрование размера отверстия.



**Дорнование** это прогрессивный бесстружечный точный процесс обработки отверстий. Название такого технологического процесса, происходит от немецкого слова «Dorn», которое в переводе на русский язык означает «металлический шип». Процесс дорнования (устаревшее название - дорнирование) это метод поверхностно-пластического деформирования, в котором инструмент в виде жесткого тела вращения проталкивается или протягивается через обрабатываемое отверстие, имеющее несколько меньший диаметр, чем инструмент, создавая т.о. пластическое деформирование поверхности и калибрование размера отверстия.

Инструментом является дорн, который можно классифицировать по конструктивным признакам: например по соединению деформирующих зубьев и оправки; по количеству зубьев; они в свою очередь различаются по геометрической форме; в продольном сечении по углу заборного конуса; по деформирующей ленточке. Помимо этого их можно классифицировать по технологическим признакам: например, с каким напряжением работает инструмент – сжатие или растяжение; по принципу автоматизации и др. Указанные признаки классификации не равноценны, но в совокупности демонстрируют разнообразие дорнов, на некоторых из них мы остановимся подробнее.

## Дорнование. Разновидности инструмента для дорнования



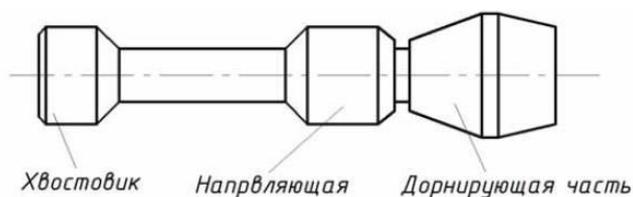
### Обработка шаровым инструментом

- 1 - втулка; 2 - опора;
- 3 - шарик; 4 – толкатель;
- 5 – замковое соединение;
- 6 - пуансон;
- 7 – толкающие усилие

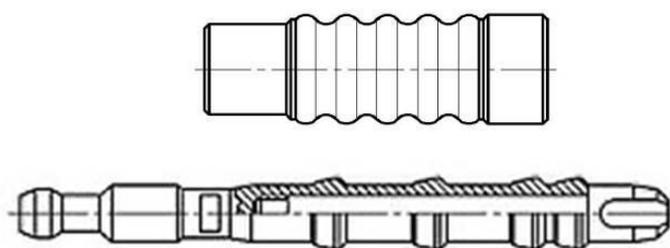
Пожалуй, самым простым инструментом является обычный металлический шарик, который проталкивается сквозь отверстие штоком, например на гидравлическом прессе. Основное преимущество это дешевизна инструмента, в качестве которого выступают сортированные по возрастанию размера шарики от подшипников, подвергнутые процессу доводки. Процесс последовательного дорнования отверстия несколькими шариками легко автоматизируется, поэтому подходит для серийного производства. Значительным недостатком шаров, проявляющимся при дорновании отверстий, является невозможность работы с большими натягами. При большом натяге возможно появление дефектов и ухудшение шероховатости, т.к. весь натяг приходится на один деформирующий элемент, что является неприемлемым. Кроме того, шарики не обладают направляющей и калибрующими частями, что снижает точность обработки. Следует, так же отметить, что шарики обладают невысокой стойкостью, и не могут обеспечить наиболее оптимальные условия деформирования. Поэтому основное назначение это обработка отверстий малой длины.

## Дорнование. Разновидности инструмента для дорнования

### Конструкция однозубого дорна



### Конструкция многозубого дорна

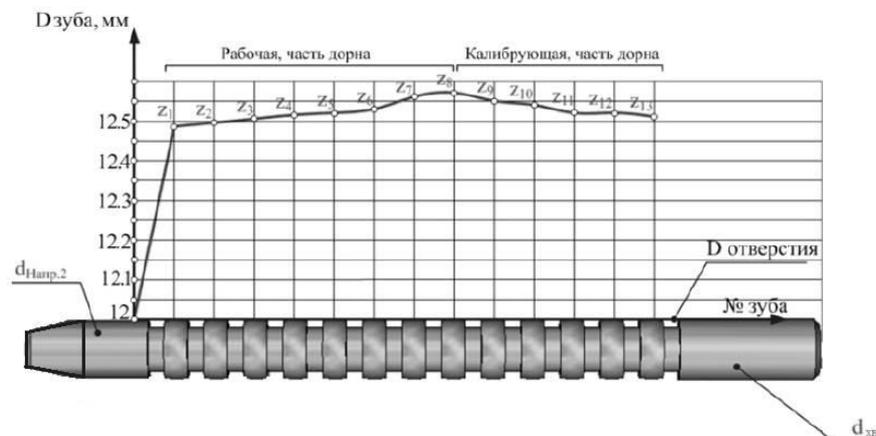


В качестве инструмента может быть использован специально изготовленный дорн типа протяжки или прошивки, к которому прилагается растягивающая или сжимающая сила соответственно. Что касается конструктивного исполнения, то они могут состоять из одного или нескольких деформирующих элементов, а также бывают сборными. С точки зрения простоты изготовления и ремонта предпочтительным является однозубый дорн, в котором есть направляющая часть, повышающая точность обработки. Рабочий элемент имеет оптимальные углы для пластического деформирования и выбираются они из соображений обеспечения минимального усилия, необходимого для проталкивания или протягивания дорна через отверстие. Главный из них это угол, образованный между осью зуба дорна и образующей заборного конуса. При применении дорна с заборной частью профиля в виде сферы или другой криволинейной поверхности угол заборного конуса не будет постоянным для всех точек профиля. Однозубый дорн не может работать с большим натягом, по той же причине что и в предыдущем случае.

Многозубый дорн любого типа состоит из передней направляющей части, рабочей части с деформирующими зубьями и заднего направления. Передняя направляющая часть служит для центрирования дорна в отверстии. Для этого диаметр направляющей делается равным размеру предварительно подготовленного отверстия. Задняя направляющая служит для обеспечения плавного выхода дорна из отверстия. Рабочая часть многозубого дорна состоит из деформирующих, калибрующих и концевых зубьев.

## Дорнование. Разновидности инструмента для дорнования

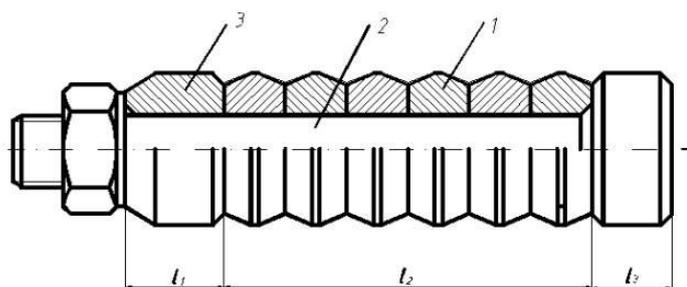
Распределение диаметров зубьев дорна по длине



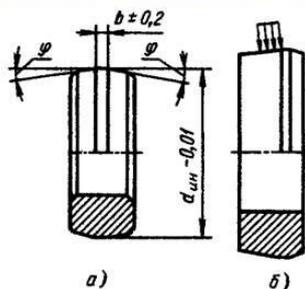
Каждый из деформирующих элементов такого дорна представляет собой поясok определенного размера, причем сам деформирующий элемент, изготавливаемый обычно из быстрорежущей стали, с целью достижения высокой твердости закаливается. Первые зубья производят основную работу деформирования металла, обеспечивая упрочнение исходной поверхности и получение необходимого размера отверстия. Перенесение большей доли общего натяга на первый деформирующий зуб позволяет осуществлять процесс за один рабочий ход. Натяги на последующие рабочие зубья распределяются по логарифмической зависимости. Калибрующие зубья позволяют иметь запас на перешлифовку дорна и обеспечивают лучшее центрирование его в отверстии. Диаметр их равен диаметру деформирующего зуба с максимальным натягом. Концевые зубья обеспечивают плавность выхода дорна из отверстия, сконструированы так для уменьшения сил трения при дорновании. Размеры их постепенно понижаются до размера окончательно обработанного отверстия. Понятно, что диаметр отверстия после дорнования получается несколько меньше диаметра инструмента, в связи с тем, что после пластического деформирования часть металла упруго восстанавливается, это и влияет на конструктивные исполнения дорнов. Основной недостаток такого дорна это дороговизна и сложность его изготовления, но при этом такой инструмент имеет максимальную прочность и наилучшее качество и точность обрабатываемых отверстий большой длины. Кроме того он подходит для обработки тонкостенных деталей за счет возможности плавного изменения натяга.

## Дорнование. Разновидности инструмента для дорнования

### Конструкция сборного дорна для прошивки

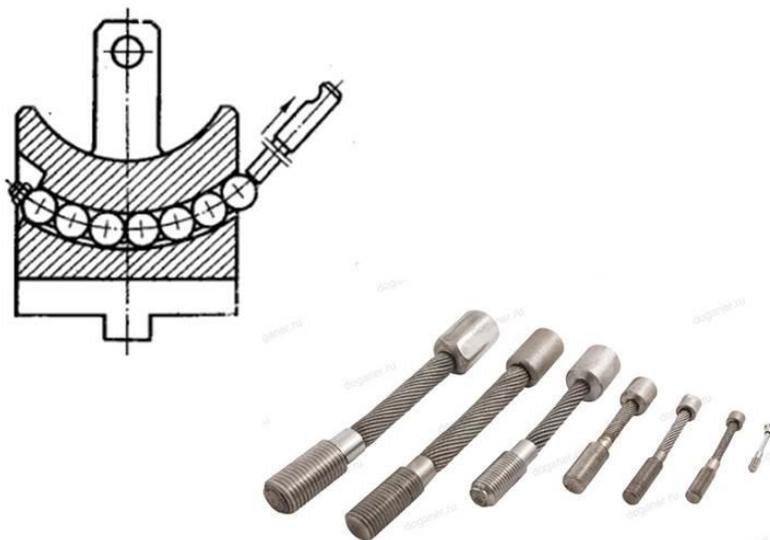


1 – зубья; 2 - оправка - стержень; 3 - направляющая



Для единичного и мелкосерийного производства с частой сменой номенклатуры обрабатываемых отверстий предпочтительным является сборный дорн, в котором рабочие элементы надеваются на специальную оправку. Прочность на разрыв таких дорнов ниже из-за конструкторских концентраторов напряжений, невысокая точность установки зубьев в радиальном направлении из-за зазоров приводит к разбивке отверстия, но указанные недостатки легко перекрываются перенастройкой на новый размер и регулировкой натягов на каждом зубе. Зубья таких дорнов изготавливают из твердых сплавов. Размерная стойкость их по сравнению со стойкостью донов из быстрорежущей стали выше в 50 раз. Деформирующий элемент могут выполнять симметричным (рисунок а). Им можно работать с возвратно-поступательной подачей и обработка в реверсивном режиме позволяет сделать распределение остаточных напряжений вдоль оси отверстия более равномерным. Элемент с более длинным рабочим и коротким обратным конусом обладает наивысшей несущей способностью, но работать может только с продольным перемещением инструмента.

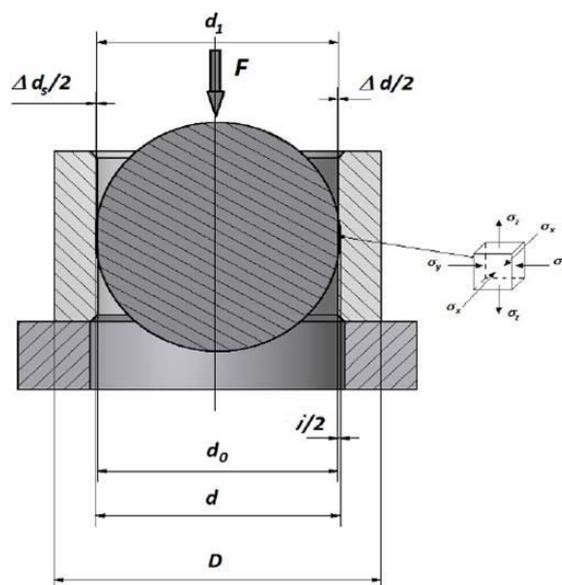
Гибкие дорны



Гибкий дорн применяют при гибке труб для исключения образования в зонегиба неровностей (гофр), смятия трубы, а также уменьшения ее утонения.

Гибкий дорн представляет собой металлический трос, имеющий на конце один или несколько шариков, либо специальных тел, которые заходят в гиб, не давая трубе изменять форму сечения. При окончаниигиба дорн вытягивается или выдергивается из зоныгиба, при этом шарики калибруют форму трубы.

## Дорнование. Параметры процесса дорнования

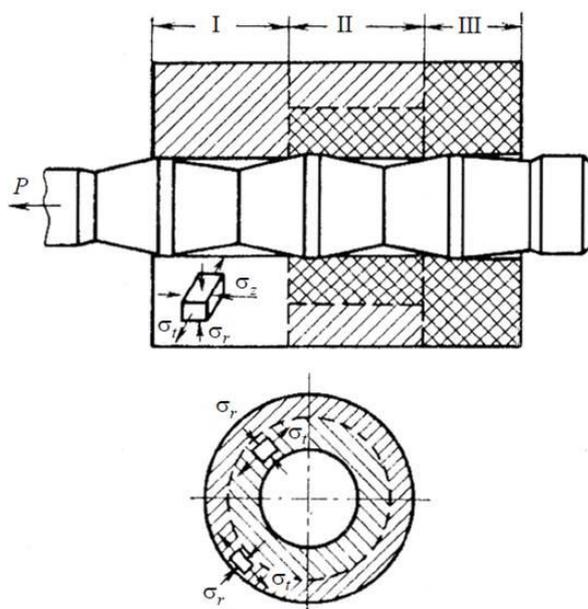


$d$  – диаметр шарика;  $d_0$  – исходный диаметр отверстия;  $d_1$  – диаметр после обработки

Основным параметром режима дорнования является натяг, определяемый как разность между диаметрами дорна и обрабатываемого отверстия. Для многозубых дорнов определяется суммарный натяг и натяг на один зуб как разность диаметров последующего и предыдущего зубьев. Для удобства сопоставления натяга у инструментов различных размеров принято пользоваться относительным натягом, приходящимся на заданный диаметр зуба. Натяги оказывают определяющее влияние на напряженно-деформированное состояние детали и результат обработки в целом. Натяги определяют силы деформирования и контактные напряжения, они являются обязательными при технологических и прочностных расчетах.

## Дорнование. Параметры процесса дорнования

### Зоны деформации и напряженное состояние детали

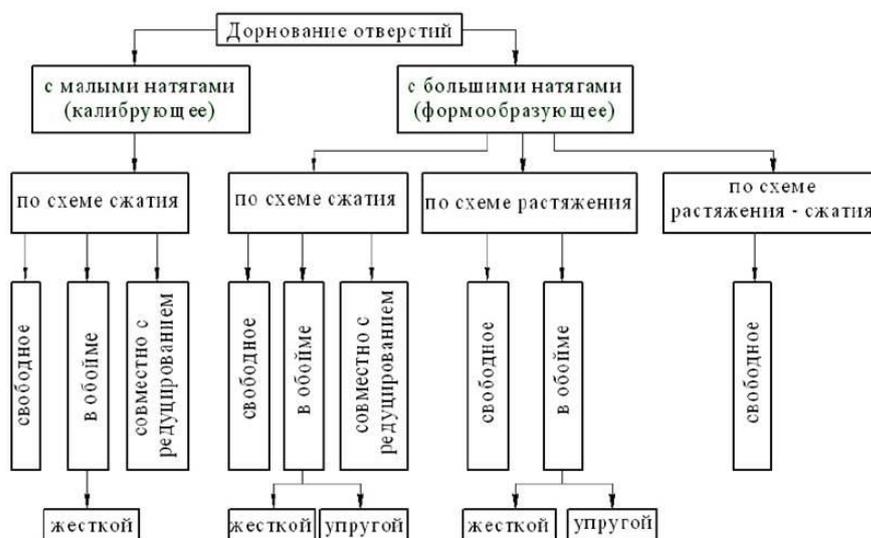


Вообще в процессе обработки дорном с оптимальными углами можно выделить три характерные зоны деформации:

- 1) зона активного деформирования в пределах заборного конуса дорна, где осуществляется процесс пластического деформирования металла;
- 2) зона цилиндрической ленточки, с максимальной деформацией;
- 3) зона обратного конуса, в которой происходит частичное упругое восстановление прежних размеров детали.

Рассмотрим напряженное состояние обрабатываемой заготовки, выделив для упрощения элементарный объем металла внутри детали, и выясним соотношение и направление действующих на него сил. Объемное напряженное состояние может быть приближенно охарактеризовано следующими главными нормальными напряжениями: радиальным сжимающим напряжением  $\sigma_r$  (сигма р), образующимся в результате нормального давления дорна на металл; окружным растягивающим напряжением  $\sigma_t$  (сигма тау), направленным по касательной к окружности данного радиуса, и осевым напряжением  $\sigma_z$  (сигма z), возникающим вследствие противодействия деформациям соседних участков металла.

## Дорнование. Сущность, разновидности процесса дорнования



Все известные разновидности дорнования отверстий могут быть классифицированы по натягу дорнования и по применяемой схеме процесса. Дорнование с малыми натягами, когда пластически деформированная зона металла не распространяется на всю толщину стенки обрабатываемой детали, применяют для отделочной обработки отверстий. Дорнование с большими натягами применяется чаще всего при получении нарезки в оружейном стволе, для обработки равностенных корпусов пневмо- и гидроцилиндров. Дорнование с большими натягами позволяет не только уменьшить трудоемкость изготовления деталей примерно в 2 раза, но и поднять коэффициент использования, так можно уменьшить расход материала (для бесшовных труб) на 15 ... 30%. Процессы дорнования с малыми натягами выполняются по схеме сжатия; для процессов дорнования с большими натягами в настоящее время основными являются схемы сжатия и растяжения; кроме того, принципиально возможна и схема растяжения-сжатия. Схема сжатия обычно применяется для обработки коротких втулок (когда  $l/d < 4$ ), схема растяжения – для обработки деталей типа длинных гильз и цилиндров ( $4 < l/d < 8$ ), схема растяжения-сжатия возможна при обработке длинных гильз с отношением  $l/d > 8$ . Процесс свободного дорнования отверстий по схеме сжатия пояснений не требует. При свободном дорновании отверстий по схеме растяжения заготовка по специально проточенной технологической канавке или технологическому бурту устанавливается в раздвижных кулачках опоры пресса (протяжного станка); при таком базировании удастся обеспечить требуемую прямолинейность образующей обратного отверстия в случае обработки длинных гильз. Дорнование могут совмещать с редуцированием - процессом вытяжки круглой заготовки, бесшовных или сварных труб в холодном состоянии, заключающийся в уменьшении их поперечного сечения путём всестороннего бокового обжатия.