

# **Восстановление деталей пластической деформацией**

- **1. Классификация способов восстановления**
- **2. Восстановление пластической деформацией**
- **Восстановление размеров изношенных поверхностей**
- **3. Восстановление геометрической формы детали.**
- 1 Восстановление деталей машин : Справочник / Ф.И. Пантелеенко [и др ] Под ред. Иванова В.П. - М.: Машиностроение, 2003. - 672с.
- 3 Способы отделочно-упрочняющей обработки материалов: Учебное пособие/ В.А. Горохов, Н.В. Спиридонов -Мн.: УП «Технопринт», 2003-96с
- 3 Восстановление автомобильных деталей: Технология и оборудование: Учебник для вузов / В. Е. Канарчук, А. Д. Чигринец – М.: Транспорт, 1995

- Классификация способов восстановления



лазерный

- Преимущества.
- Около 85% деталей при восстановлении имеют износ не более 0,3 мм.
- От 40 до 55% деталей можно восстановить.
- Затраты на материалы при изготовлении составляют 38%, при восстановлении 6% от общей стоимости.
- Количество операций при восстановлении в 5...8 раз меньше, чем при изготовлении.
- Однако трудоемкость восстановления иногда выше, чем при изготовлении.
- Причины:
  - 1. Мелкосерийный характер производства;
  - 2. Использование универсального оборудования;
  - 3. Частые переналадки оборудования;
  - 4. Малые партии деталей.
- Все способы можно разделить на две группы:
  - 1. способы наращивания;
  - 2. способы обработки.

## **Вопрос 1. Классификация способов восстановления пластической деформацией**

- *Процесс пластической деформации основан на пластичности и способности металлов и сплавов **изменять** под действием нагрузки геометрическую **форму без нарушения целостности.***
- Различают холодное и горячее пластическое деформирование.
- **Холодное** – обработка давлением при температуре ниже температуры процесса рекристаллизации, вызывает упрочнение или наклеп.
- **Горячее** – обработка давлением при температуре выше температуры рекристаллизации, при этом металл имеет структуру без следов упрочнения.

# Способы восстановления пластической деформацией

Восстановление размеров изношенных поверхностей

Восстановление геометрической формы

Восстановление механических свойств

Осадка

Раздача

Обжатие

Накатка

Правка

Со свободным формированием поверхности

С принудительным формированием поверхности

Электрогидравлическая

Гидротермическая

С нагревом в процессе деформации

С предварительным нагревом

В холодном состоянии

Механическое

Термопластическое

Механическая

Электромеханическая

Статическим изгибом

Ударом

Термическая

Дробеструйная обработка

Обработка шариками

Виброобработка

Выглаживание

Рисунок 7.1 – Способы восстановления пластической деформацией

## Восстановление размеров изношенных поверхностей

**Определение способа: восстановление размеров изношенных поверхностей происходит перемещением части материала изношенной поверхности.**

**Осадка** – при осадке направление действия внешней силы перпендикулярно к направлению деформации. Применяют для восстановления наружного диаметра сплошных деталей и внутреннего диаметра полых деталей.

Осадка пальца

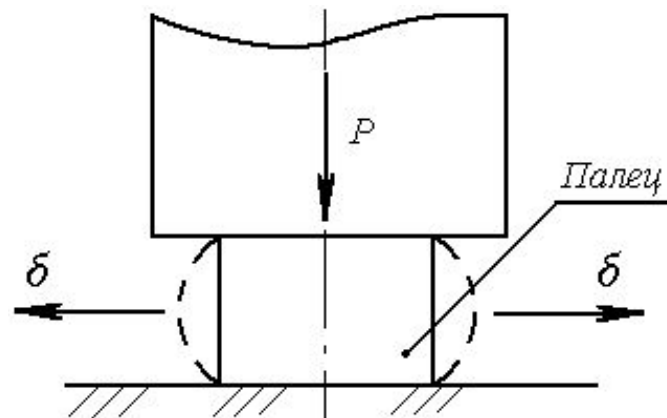


Рисунок 7.2 - Раздача втулки

Усилие, необходимое для раздачи

$$P = G_T (1 + 0,166 \cdot d / h) F$$

$G_T$  – предел текучести при температуре осадки;

$d$  – диаметр детали до осадки;

$h$  – высота детали до осадки;

$F$  – площадь поперечного сечения до осадки.

## Осадка втулки

При осадке полых деталей, в данном случае втулки, происходит уменьшение длины втулки 8...15% от номинального.

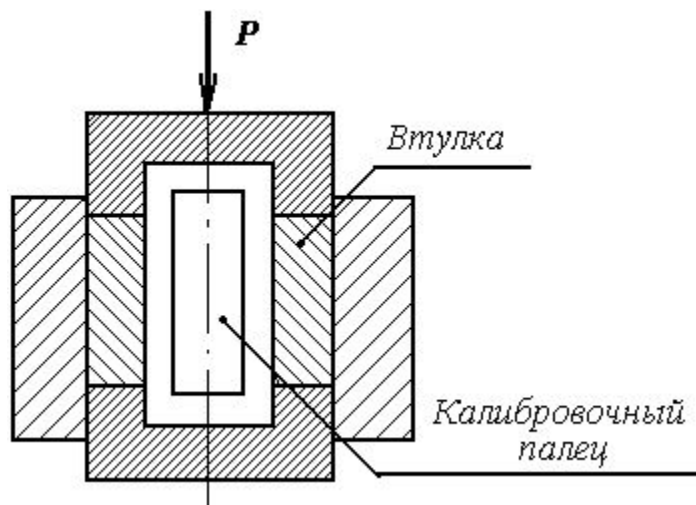


Рисунок 7.3 – Осадка втулки

Усилие, необходимое для раздачи

$$P = 1,15G_T \cdot \ln \frac{D}{d}$$

$D$  – наружный диаметр, мм;

$d$  – внутренний диаметр, мм.

**Раздача – увеличение наружных размеров полых деталей в результате увеличения их внутренних размеров.**

При раздаче направление прикладываемой внешней силы совпадает с направлением деформации.

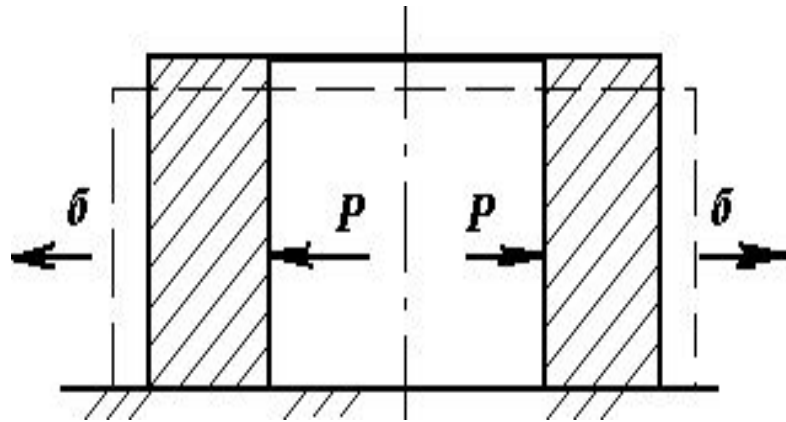


Рисунок 7.4 - Раздача втулки

Давление необходимое для раздачи

$$P = 1,15G_T \cdot \ln \frac{D}{d}$$

D – наружный диаметр, мм;

d – внутренний диаметр, мм.



Раздачей восстанавливают шипы крестовин карданного вала, поршневые пальцы. Инструмент для раздачи: прошивки, дорны, шарики. Производят в холодном и горячем состоянии. При холодной раздаче детали имеющие химико-термическую обработку. Но это не дает увеличения длины шипов крестовины.

Поэтому применяют раздачу с локальным нагревом в результате действия сил трения.

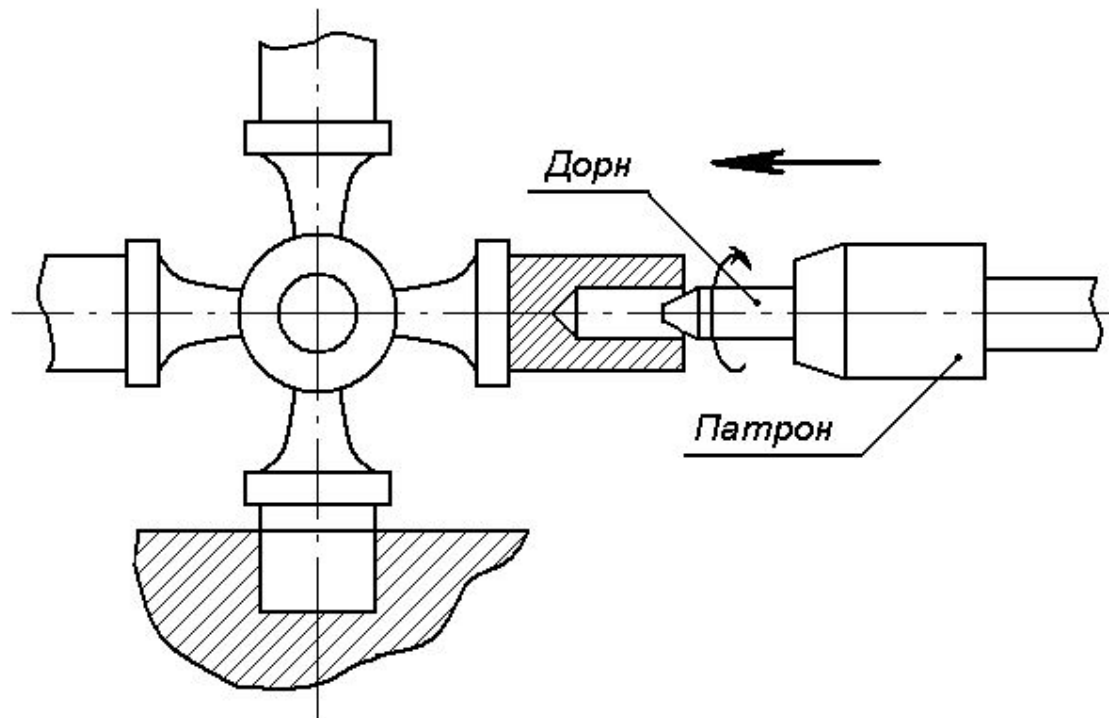


Рисунок 7.5 – Раздача крестовины карданного вала дорном

.Дорн нагреваются при трении до  $1000^{\circ}\text{C}$  и в результате осевой подачи раздает шип крестовины.

Линейные размеры шипа увеличиваются на  $0,3...0,5$  мм.

Диаметр дорна, необходимый для раздачи шипа

$$d = \sqrt{(D_P^2 - D_0^2) \cdot k + d_0^2}$$

$$D_P = D_H + 2 \cdot z_{\min}$$

$D_P$  – расчетный диаметр шипа крестовины после раздачи, мм;

$D_0$  – наружный изношенный диаметр шипа крестовины перед раздачей, мм;

$d_0$  – диаметр исходного смазочного отверстия до раздачи, мм;

$k$  – коэффициент, учитывающий пластическое течение металла по смазочному каналу в процессе раздачи.

$D_H$  – диаметр номинальный, мм.

$Z_{\min}$  – минимальный припуск на последующую обработку, мм.

## ***Гидротермическая раздача.***

Изношенный поршневой палец нагревают ТВЧ до 1063 - 1110 К, затем быстро охлаждают, пропуская поток воды через внутреннюю полость. Происходит увеличение наружного диаметра от 0,1 до 0,3 мм.

Степень раздачи зависит от коэффициента относительной толщины стенки детали

Деформация наружного диаметра в процентах, %

$$\delta = 0,1 \cdot (1 - \beta)^2 \cdot \alpha \cdot \Delta T \cdot \gamma$$

коэффициента относительной толщины стенки детали

$$\beta = (D_H - D_B) / D_H$$

$\alpha$  – коэффициент теплового расширения детали

$\Delta T$  – разность температур между наружной и охлажденной внутренней поверхностью деталей

$\gamma$  – коэффициент остаточных деформаций (0...1).

$\beta$  - коэффициент относительной толщины стенок детали, (0,3 ...0,5)

## Электрогидравлическая раздача

Применяют для восстановления поршневых пальцев карбюраторного двигателя, у которых значения  $\beta$  невелики.

Схема электрогидравлической раздачи

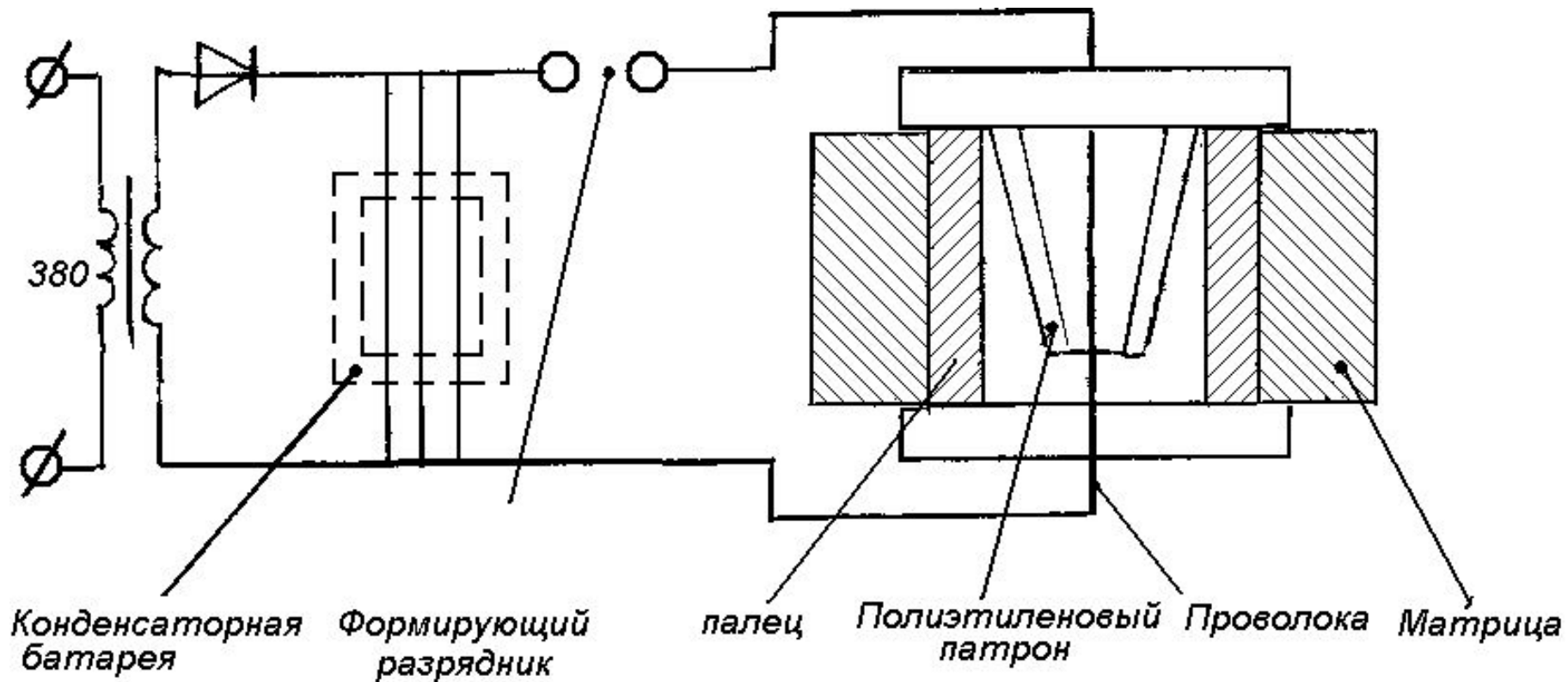


Рисунок 7.6 – Электрогидравлическая раздача поршневого пальца

Поршневой палец устанавливают в разовый полиэтиленовый патрон для направления электрического разряда по оси пальца исключая пробой на стенку пальца.

Для эффективности устанавливают специальный проводник – проволоку (Al диаметр 0,7 мм), в полость пальца подают рабочую жидкость – техническую воду.

**Принцип работы:** высоковольтный импульс от конденсаторной батареи проходит через проводник при этом в результате электрогидравлического взрыва возникает ударная волна, которая раздает поршневой палец.

Используемое напряжение 37 кВ.

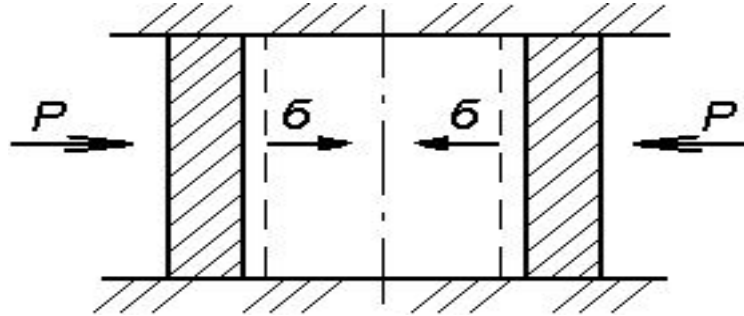
Емкость конденсатора 6 мкФ.

Деформация пальца 0,15 мм для стали 15Х; 0,2 мм для стали 45.

## Обжатие.

Обжатие применяют для восстановления внутренних размеров полых деталей в результате уменьшения наружных размеров.

При обжатии направление силы совпадает с направлением деформации.



$P$  – сила обжатия;  $\delta$  – деформация.

Рисунок 7.7 - Свободное обжатие втулки

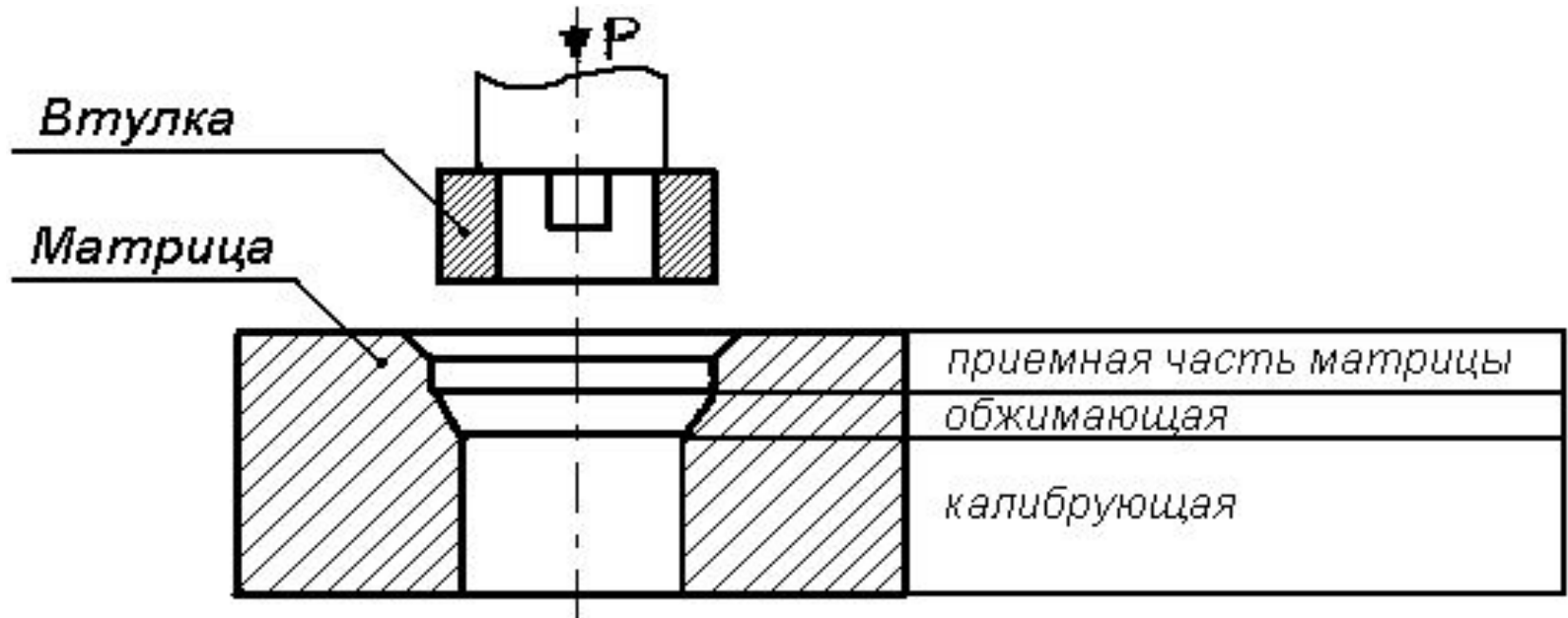


Рисунок 7.8 - Обжатие втулки в матрице

## **Вдавливание.**

При вдавливании происходит осадка и раздача.

*Восстановление шлицев вдавливанием.* Вдавливание производят инструментом клинообразной формы, материал выдавливается из средней части шлица в сторону изношенных боковых поверхностей.

Увеличение размера достигает до 1 мм на каждую сторону, инструмент перемещают вдоль шлица

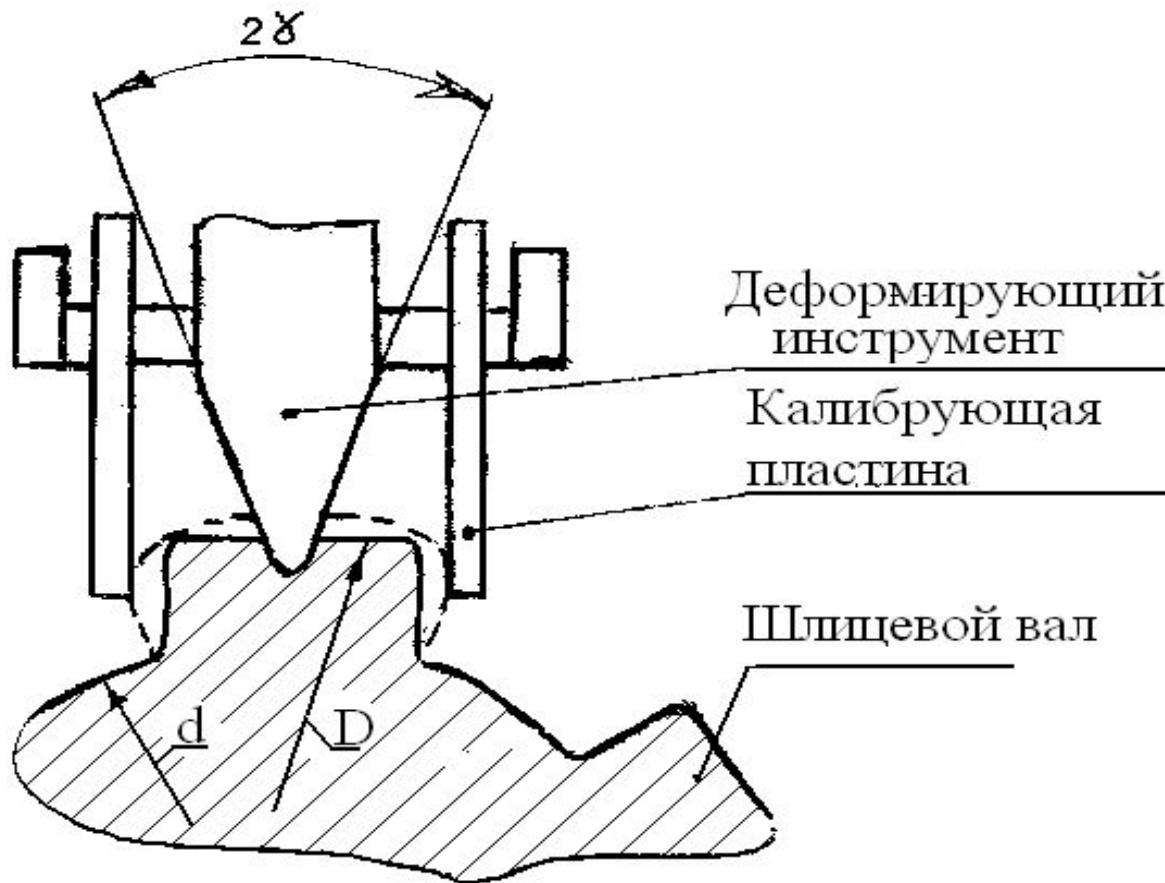


Рисунок 7.9 – Восстановление шлицев вдавливанием

Усилие необходимое для деформирования шлицев

$$P = F \cdot G_{\dot{\sigma}} \cdot \tilde{N} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot G_T \cdot C$$

$G_T$  – предел текучести материала восстанавливаемой детали, МПа

$F$  – опорная площадь мм<sup>2</sup>;

$D$  - наружный диаметр шлицевой поверхности, мм;

$d$  - внутренний диаметр шлицевой поверхности, мм.

$C$  – коэффициент, зависящий от угла  $2\gamma$ ;



## **Накатка.**

Накатку производят зубчатыми роликами или дисками для деталей с нагрузкой не более 7 МПа. Износостойкость при этом снижается на 20...25%.

При накатке образуется рифленая поверхность, что приводит к снижению площади опорной поверхности детали.

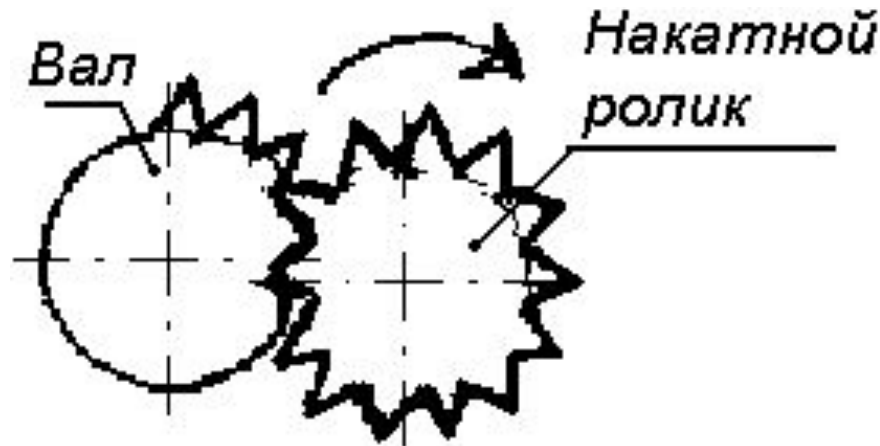


Рисунок 7.10 – Восстановление изношенной поверхности накаткой

При накатке наружный диаметр увеличивается, а внутренний диаметр соответственно уменьшается в результате вытеснения металла из восстанавливаемой поверхности

### **Вопрос 3. Восстановление геометрической формы детали.**

Восстановление геометрических форм проводят правкой:

#### **- статическим изгибом;**

При статическом изгибе усталостная прочность снижается на 15...40%, стрела обратного прогиба должна быть в 10...15 раз больше, чем до правки или используют двойной прогиб:

первый прогиб – на такую величину, чтобы вал остался прогнутым в обратную сторону на такую же величину как до правки;

второй прогиб – таким образом, чтобы он выровнялся.

Замечание. В процессе эксплуатации может вновь возникнуть исправленная деформация. Для предотвращения этого производят отпуск детали при температуре 400...450° С в течение 0,5...1 час.

#### **- ударом;**

Правка ударом (выравнивание плоскостей кузовных деталей).

Выполняют молотками от 100 гр. до 500 гр.

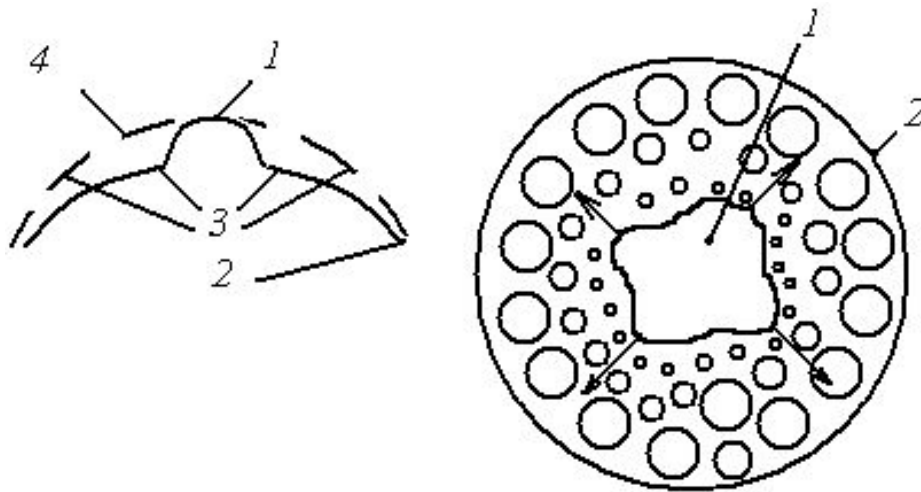
Преимущества:

- точность выправленной поверхности и устойчивое сохранение форм.

Замечание. При правке листа удары наносят не по выпуклым местам, а от края листа по направлению к выпуклости, при приближении к центру выпуклости удары наносят чаще и слабее. Если имеется несколько выпуклостей их сводят к одной, которую затем исправляют таким же методом.

Правка в холодном состоянии:

Правка выпучин в холодном состоянии основана на растяжении металла по концентрическим окружностям от выпученной к неповрежденной части металла.

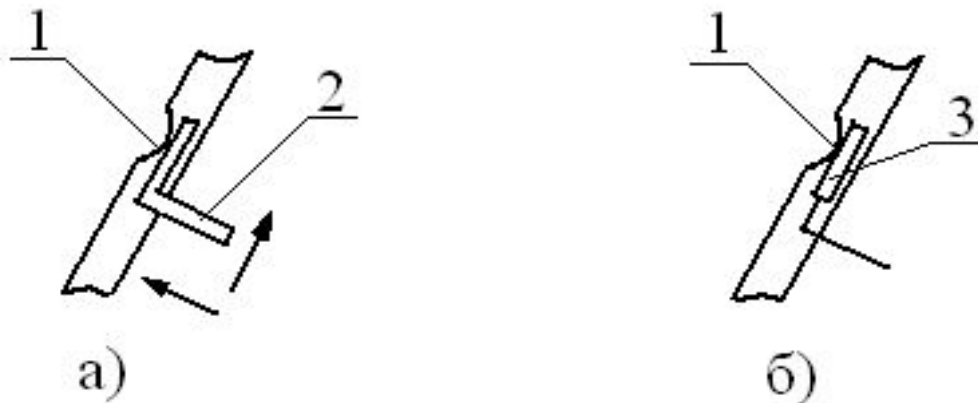


1 – выпучина; 2 – панель; 3 – участки панели, подлежащие растягиванию; 4 – радиус кривизны панели после правки выпучины.

Рисунок 7.11– Правка выпучины без нагрева.

Для правки наносят молотком цепочку последовательных ударов по кругу, при приближении молотка к границе выпучины сила удара уменьшается.

Правка вмятин. Пологие вмятины выправляют, не разбирая обивки кузова – через просверленное отверстие вводят крючок и вытягивают вогнутую часть до нормального состояния. В труднодоступных местах, рисунок 7.11, вмятины 1 выравнивают с помощью изогнутого стержня 2 (стойки ветрового стекла, центральные стойки кузова), а также вакуумными или гидравлическими приспособлениями 3.



1 – вмятина в труднодоступном месте; 2 – изогнутый стержень;  
3 – приспособление.

Рисунок 7.12– Правка выпучины без нагрева, а) выравнивание вмятины с помощью изогнутого стержня; б) выравнивание вмятины с помощью вакуумного или гидравлического приспособления

## **- термической правкой.**

При термической правке металл нагревают до  $600...700^{\circ}\text{C}$  в местах неровностей и при остывании под действием сил сжатия деталь выпрямляется.

*Сущность способа термической правки в том, что нагреваемый участок панели в процессе теплового расширения встречает противодействие со стороны окружающего холодного металла и, увеличиваясь в поперечном направлении, уменьшается в продольном, т. е. в плоскости панели. Нагрев производят от краев выпучин к ее середине.*

Способы нагрева: нагрев производят пятнами или полосами при температуре  $600...650^{\circ}\text{C}$ .

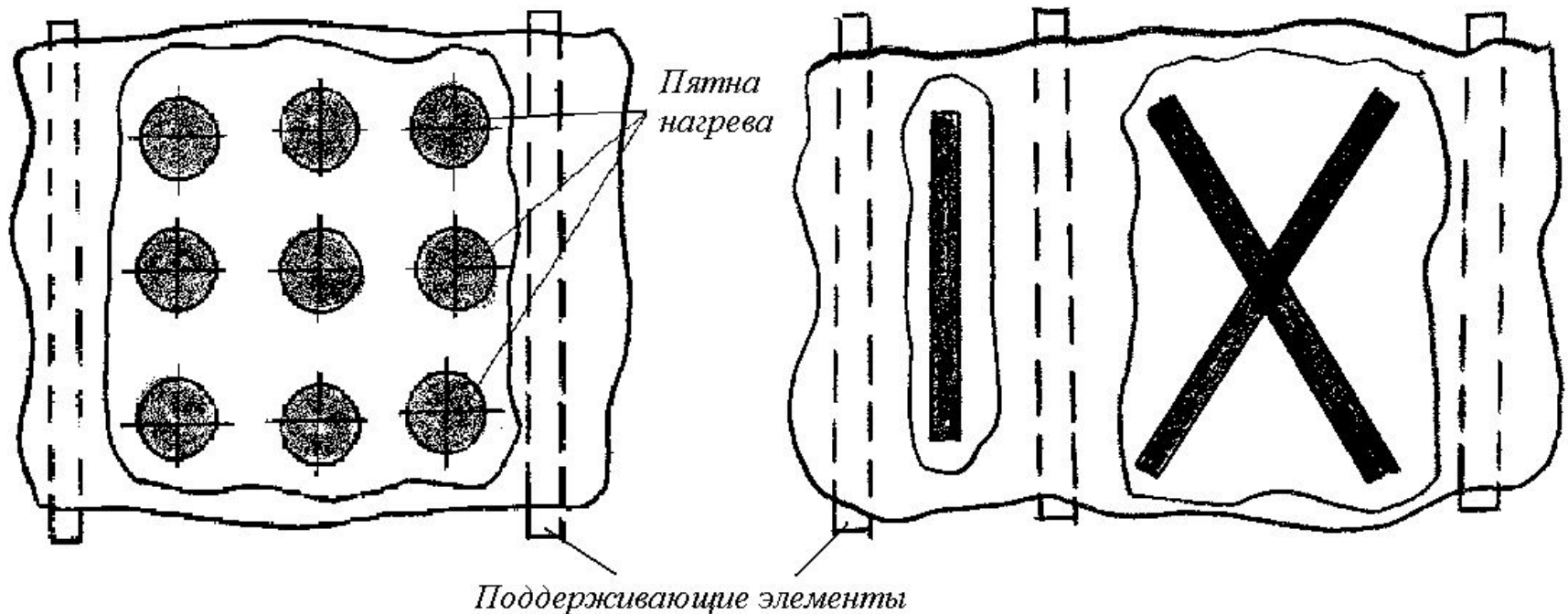


Рисунок 7.13 – Способ нагрева выпучин при правке панелей, а) нагрев пятнами; б) нагрев полосами

Последовательность нагрева: от наиболее жестких участков к менее жестким, расстояния между центрами пятен 70...80 мм.

Правка нагревом полосами более производительный способ. Полосы шириной 20...30 мм располагают в зависимости от ориентации выпучин.

При шаровой поверхности выпучин нагрев производят перекрещивающимися полосами по склонам выпучины. Нагрев каждой последующей полосы проводят после остывания предыдущей. При свободном доступе к выпучины с наружной и внутренней стороны растянутую часть нагревают и ударами деревянного молотка вокруг нагретого пятна “вгоняют” излишек металла в это пятно.

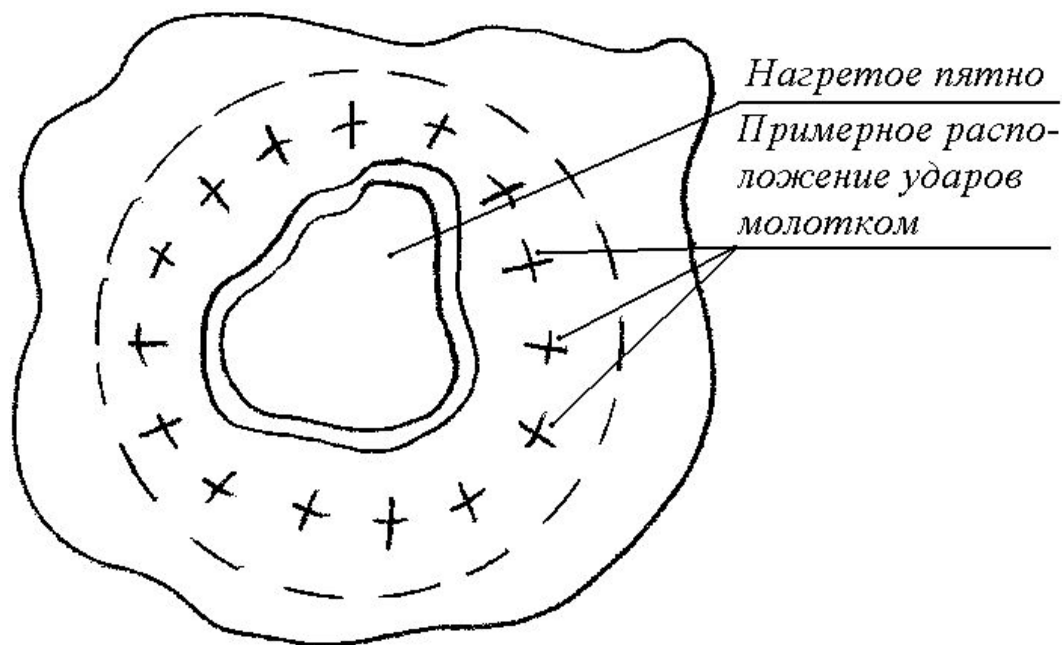


Рисунок 7.14 – Схема правки выпучины в нагретом состоянии.

## **Вопрос №2. Восстановление механических характеристик материала деталей.**

Проводится для пружин, рессор, коленчатых валов, а также деталей после наплавки.

Наибольшее распространение получили: дробеструйная обработка, обкатка шариками или роликами.

При дробеструйной обработке пластическая деформация достигает 0,5...0,8 мм.

Используется чугунная или стальная дробь 0,8...2 мм, скорость дроби 30...90 м/сек.; время обработки 0,5...2 мин.

**Обкатывание роликами** применяют для жестких деталей из стали, чугуна и цветных сплавов. Применяется для внутренних и наружных поверхностей вращения, плоскостей и различных фасонных поверхностей, рисунок 7.15.

Перед обкаткой поверхность должна быть обработана по 7-9 качеству точности и иметь шероховатость 1,6...0,2. Припуск на обработку 0,005...0,02 мм.

Шероховатость поверхности достигает значений  $Ra = 0,2...0,8$  мкм, при исходных значениях шероховатости  $Ra = 0,8...6,3$  мкм

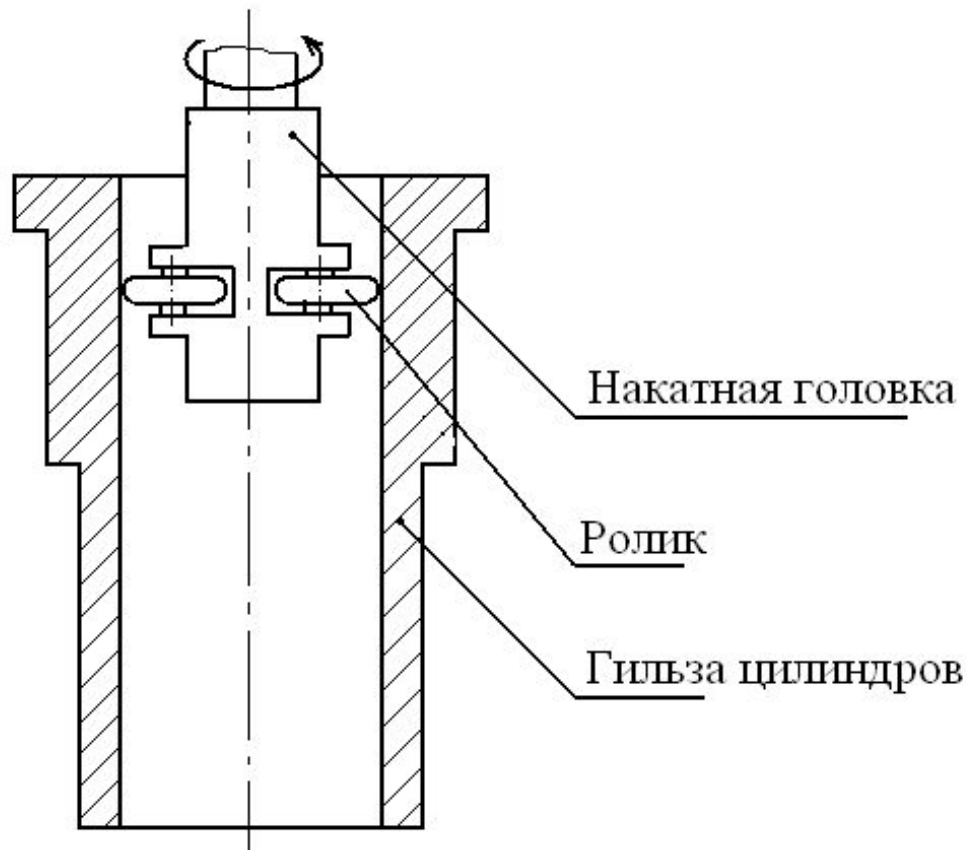


Рисунок 7.15 – Накатывание роликами гильзы цилиндров

Подача, мм на оборот детали, при накатывании определяется исходя из количества роликов и подачи на один ролик.

$$S=KS$$

Где  $K$  – число роликов;

$S$  – подача на один ролик.

Подача на один ролик рекомендуется 0,1 ...0, 5 мм/об.



## **Восстановление механических характеристик обработкой шариками.**

Способ применяется для упрочнения коленчатых валов, гильз цилиндров, поршневых пальцев, торсионных валов и т.д. рисунок 7.16.

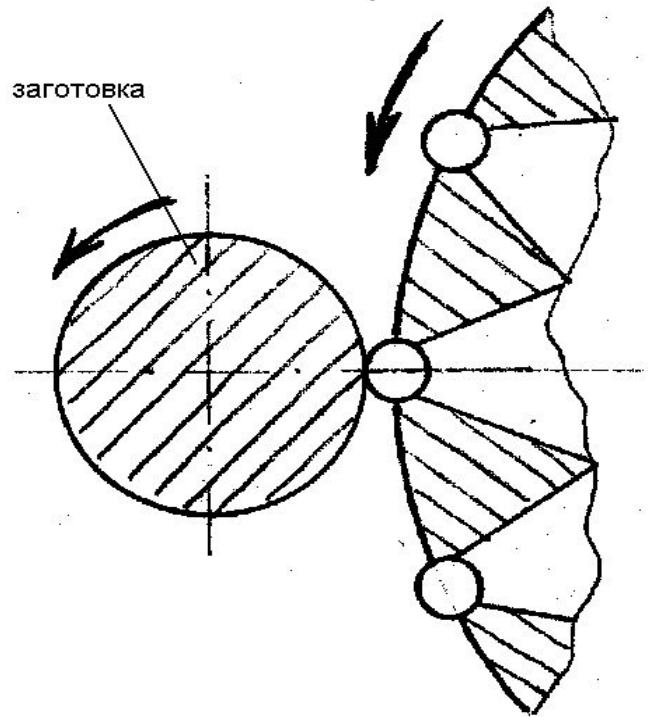


Рисунок 7.16 – Восстановление механических характеристик обработкой шариками.  
При обработке размер детали не изменяется, шероховатость поверхности уменьшается на один – два класс, твердость увеличивается для стали на 25 – 45%, чугуна на 30 -60 %. Погрешность формы и радиальное биение не должна превышать 0,04 мм, обработка ведется при подаче смазки – индустриальное масло 12 -60 % и остальное керосин.