

# **ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ**

**СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ  
ДЕТАЛЕЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ**

- Восстановление деталей при помощи пластической деформации основано на пластичности и способности металлов и сплавов изменять под действием определенной нагрузки свою геометрическую форму без нарушения целостности.
- Процесс деформирования металла при восстановлении деталей основан на тех же законах, на которых базируется обработка металлов давлением при изготовлении заготовок. Разница заключается лишь в том, что при восстановлении обрабатывается не заготовка, а готовая деталь с конкретными размерами и формой.

- Пластической деформацией восстанавливают детали, изготовленные из материалов, обладающих пластичностью в холодном или нагретом состоянии. Детали, изготовленные из непластичных материалов, а также с малым запасом прочности данным способом не восстанавливаются.
- Существуют две разновидности обработки деталей давлением: холодная и горячая. Пластическая (остаточная) деформация при холодной обработке происходит в результате внутрикристаллических сдвигов металла, требующих приложения больших внешних усилий. При этом в деформированных слоях металла происходит изменение физико-механических свойств: пластичность металла снижается, предел текучести, предел прочности и твердость повышается. Такие изменения механических свойств и структуры металла называют наклепом (нагартовкой)

- Горячая обработка давлением, как указывалось выше, проводится при температурах выше температуры рекристаллизации. Для сталей она обычно соответствует температурам 1300 — 1500 К. Но нагрев деталей до этих температур приводит к возникновению окалины, обезуглероживанию поверхностного слоя, короблению деталей. Поэтому для снижения влияния температуры стремятся, чтобы она была минимальной, но достаточной для деформации детали на требуемый размер. Нагрев деталей до указанных температур целесообразен только для значительных пластических деформаций. Для углеродистых сталей рекомендуется интервал температур от 600 до 1000 К. Нагрев до температуры 600 К не увеличивает, а снижает пластичность деталей, а нагрев выше температуры<sup>1</sup> 1000 К приводит к интенсивному образованию окалины.

- Упрочнение металла в результате пластической деформации называется наклепом, который повышает характеристики прочности и снижает характеристики пластичности (рис. 6.1). В связи с тем что пластическая деформация приводит металл в структурно неустойчивое состояние, нагрев способствует протеканию самопроизвольно происходящих процессов, возвращающих металл в более устойчивое структурное состояние. Таким образом, процесс изменения структуры в результате нагрева металла после холодной пластической деформации называется рекристаллизацией. Минимальная температура рекристаллизации составляет примерно 0,4 от абсолютной температуры плавления.

- Пластическая деформация при температурах выше температуры рекристаллизации происходит также с образованием сдвигов, но металл детали не получает упрочнения в результате протекания при этих температурах процесса рекристаллизации. Таким образом, холодной обработкой называется обработка давлением (пластическая деформация) при температуре ниже процесса рекристаллизации, которая вызывает упрочнение (наклеп). Горячей обработкой называется обработка давлением (пластическая деформация) при температуре выше температуры рекристаллизации, при которой металл имеет структуру без следов упрочнения.

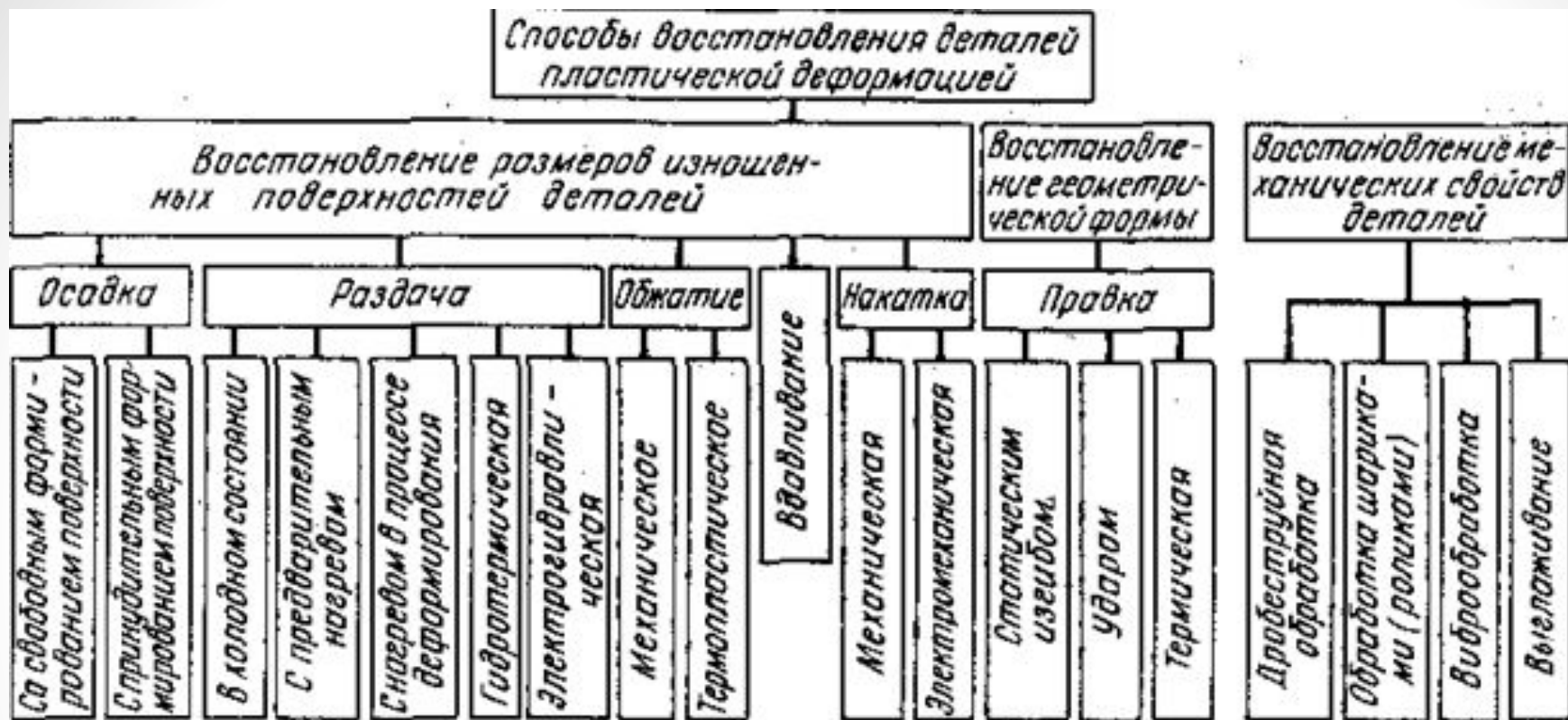
- Основными факторами, определяющими процесс восстановления выбракованных деталей давлением, является химический состав и структура металла, форма и размеры детали, размеры и характер ее износа. Учитывая перечисленные факторы, технолог определяет режимы и условия деформирования детали исходя из условий получения заданного комплекса эксплуатационных характеристик.

# КЛАССИФИКАЦИЯ И ВИДЫ СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ

- Способ восстановления деталей пластической деформацией используется в ремонтной практике в трех случаях:
- для получения требуемых размеров изношенных поверхностей деталей;
- для исправления геометрической формы деформированных деталей;
- для восстановления определенных механических характеристик материала деталей.



- На рис. 6.2 приведена классификация способов восстановления деталей пластической деформацией, которые в той или другой мере используются на ремонтных предприятиях. В соответствии с приведенной классификацией рассмотрим принципиальные технологические особенности и область применения каждого вида обработки деталей пластической деформацией



**Рис. 6.2. Классификация способов восстановления деталей пластической деформацией**

- Восстановление размеров изношенных поверхностей деталей. Восстановление размеров изношенных поверхностей осуществляется перемещением части материала из нерабочих участков детали к ее изношенным поверхностям. В зависимости от направления внешней действующей силы и направления деформации различают следующие разновидности способа восстановления: ***осадку, раздачу, обжатие, вдавливание, накатку.***

- *Осадку* применяют для увеличения наружного диаметра сплошных и внутреннего диаметра полых деталей, а в отдельных случаях при восстановлении деталей типа втулок достигают изменения обоих диаметров одновременно. При осадке (табл. 6.1) направление действия внешней силы  $P$  перпендикулярно к направлению деформации  $\delta$ . Давление, необходимое для осадки в ньютонах,

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

где  $\sigma_T$  — предел текучести материала детали яри температуре осадки, Па;

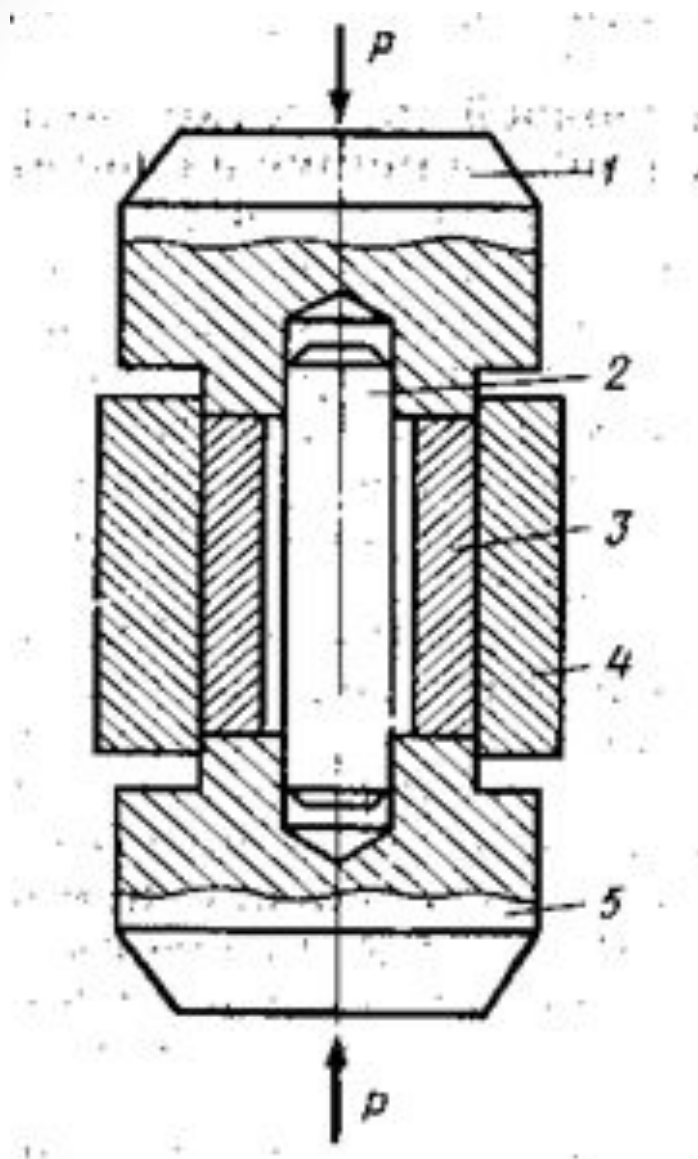
$d$  — диаметр детали до осадки, м;

$h$  — высота детали до осадки. м:

$F$  — площадь поперечного сечения детали до осадки, м<sup>2</sup>.

- В процессе осадки происходит укорочение деталей. Уменьшение длины втулки, вследствие осадки, ориентировочно допускается на 8 — 15 % от номинального размера. Приблизительно считают допустимым уменьшение высоты легко нагруженных втулок на 10— 15 %. Точные допустимые пределы уменьшения длины втулок определяют расчетом исходя из условий работы восстанавливаемой детали.

- Наиболее часто осадкой восстанавливают втулки из цветных сплавов. Осадку осуществляют следующим образом. В осаживаемую втулку 3 (рис. 6.3) вставляют калиброванный палец 2, диаметр которого на 0,2 мм меньше диаметра окончательно обработанного отверстия втулки. Затем втулку 3 вместе с пальцем устанавливают в приспособление для осадки. Давлением  $P$  пресса до упоров 1 и 5 в кольцо 4 втулка осаживается, заполняя зазор между пальцем и изношенной поверхностью. После этого ее подвергают механической обработке под требуемый размер. Восстановленные осадкой втулки получают по длине на 2 — 3 мм меньше номинала, в результате чего давление на втулку в процессе эксплуатации увеличивается.
- Данным способом можно восстанавливать втулки различных конструкций, имеющие на поверхности шпоночные канавки или прорезы, бурты, днища, расположенные на одном из концов детали. Для сохранения первоначальных отверстий, прорезей, выступов в них устанавливают специальные вставки по форме и размерам этих элементов.



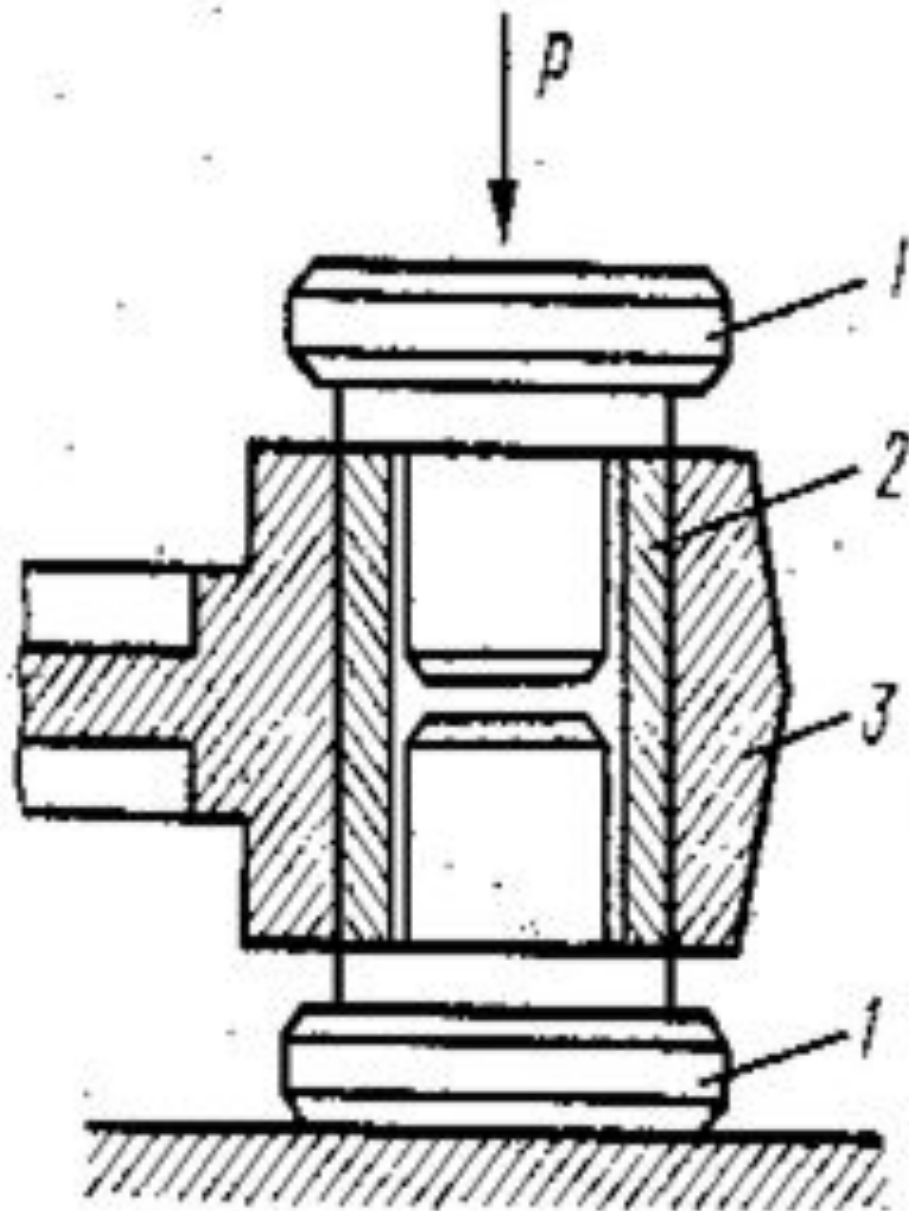
**Рис. 6.3. Восстановление втулок осадкой без выпрессовки**

Таблица 6.1. Виды восстановления деталей давлением

Наименование вида восстановления	Схемы установок	Примеры восстанавливаемых деталей
Осадка		Втулки, пальцы, зубчатые колеса
Раздача		Пальцы поршней, пальцы кулисных механизмов
Обжатие		Вкладыши подшипников, втулки
Вдавливание		Зубчатые колеса, шлицевые валики
Правка		Гладкие и коленчатые валы, оси, рычаги
Накатка		Шейки и цапфы валов



- Если деталь, сопряженная со втулкой, имеет достаточную прочность, например верхняя головка шатуна, то перед осадкой восстанавливаемую втулку можно не выпрессовывать. В этом случае часть сопряженной со втулкой детали выполняет роль своей образной матрицы (рис. 6.4). Восстанавливаемую втулку 2, расположенную в головке шатуна 3, снизу и сверху сжимают по длине специальными пуансонами 1 до тех пор, пока не уменьшится ее внутренний диаметр до требуемых размеров. Затем втулку растачивают или разворачивают под соответствующий размер.
- Способом осадки можно восстанавливать и сплошные детали, например толкатели клапанов двигателя (при износе стержня), шлицевые участки полуосей.



**Рис. 6.4.**  
**Восстановление**  
**втулок осадкой**

- Раздача заключается в увеличении наружных размеров полых деталей в результате увеличения их внутренних размеров. При раздаче направление прикладываемой внешней силы совпадает с направлением деформации (табл. 6.1).
- Давление, необходимое для раздачи детали,

$$P = 1.15\sigma_T \cdot \ln(D/d)$$

где  $D$  и  $d$  — соответственно наружный и внутренний диаметры детали,

Восстановление раздачей осуществляется при холодном и нагретом состоянии деталей. При холодной раздаче восстанавливаемые детали, имеющие химико-термическую обработку, предварительно подвергают Отжигу либо высокотемпературному отпуску. Раздачу выполняют специальными стальными или твердосплавными прошивками, дорнами, шариками. После раздачи восстанавливают первоначальную химико-термическую обработку и проводят механическую обработку деталей.

На ремонтных предприятиях страны и за рубежом холодной раздачей восстанавливают поршневые пальцы ДВС, шипы крестовин карданных шарниров, трубы рулевой колонки.

- Технология восстановления поршневых пальцев раздачей в холодном состоянии состоит из следующих операций: сортировки на две группы по внутреннему диаметру пальцев (в каждую группу входят пальцы, отличающиеся по размерам не более чем на 0,3 мм); высокотемпературного отпуска; раздачи под прессом сферическими прошивками либо шариками (разница диаметров деформирующего инструмента и внутренних отверстий пальцев в пределах 0,45 — 0,8 мм); закалки пальцев в соляной ванне или токами высокой частоты до твердости HRC 58 на 0,8 мм; контроля на наличие трещин и размеров; механической обработки пальцев (бесцентровое шлифование с последующим суперфинишем и полированием).

- Аналогичная схема технологического процесса разработана и для восстановления крестовин карданных шарниров холодной раздачей.
- Крестовины после мойки и дефектации подвергают отжигу в шахтной цементационной печи СШЦМ-6.12/9-М. После отжига осуществляют механическую обработку масляных каналов шипов зенкерами и фрезами на переоборудованной полуавтоматической установке модели УВК.-1. Механической обработкой отверстий решаются две задачи: получение калиброванных масляных каналов одного диаметра, что позволяет использовать деформирующий инструмент неизменного диаметра для одного типоразмера крестовин и, кроме того, достичь concentricity наружной и внутренней цилиндрических поверхностей шипов крестовин, что в дальнейшем обеспечит равномерность раздачи подлине.

- Непосредственно раздача осуществляется твердосплавным дорном при обильной подаче смазочно-охлаждающей жидкости в зону деформации. Усилие для деформирования материала шипа не превышает 110 кН, а время цикла раздачи лежит в пределах 45 с. Увеличение наружного диаметра шипов крестовин после раздачи — 0,30 — 0,35 мм, при этом линейные размеры детали не изменяются. Установка для раздачи работает в автоматическом режиме и обеспечивает восстановление крестовин карданных шарниров с диаметром шипов 15 — 45 мм и длиной 57 — 165 мм.
- После раздачи крестовины проходят цикл химико-термической обработки — цементацию, закалку и низкотемпературный отпуск. Механическая обработка разданных крестовин заключается в черновом и чистовом шлифовании шипов по наружному диаметру и по торцам.

- Холодной раздачей можно восстанавливать крестовины с износом по наружному диаметру, не превышающим 0,3 мм. Кроме того, не обеспечивается восстановление износа шипов крестовин по торцам. Данные недостатки процесса холодной раздачи не позволяют, рекомендовать его для централизованного восстановления таких деталей, как крестовины карданов.
- При горячей обработке давлением определенное влияние на физико-механические свойства оказывает температура нагрева, которая зависит от химического состава сплава. При восстановлении горячей обработкой давлением (раздачей) такие параметры, как скорость и температура нагрева, влияют на качество поверхности деталей.
- Температура начала обработки не должна вызывать пережога или перегрева металла. Необходимо принимать меры по предотвращению обезуглероживания поверхностного слоя деталей, особенно цементированных. В табл. 6.2 приведены данные по температуре нагрева в процессе раздачи деталей в горячем состоя



**Таблица 6.2. Температурный интервал при горячей обработке давлением деталей из сплавов**

Химический состав сплава	Температура начала обработки, °С	Температура конца обработки, °С
Углеродистый:		
С до 0.35%	1200 — 1150	800—850
С 0,3 — 0,5 %	1150 — 1100	800—850
С 0,5 — 0,9 %	1100— 1050	800—850
Низколегированный	1100	825—850
Среднелегированный	1100— 1150	850—875
Высоколегированный	1150	875-900
Сплав на основе меди:		
Бронза	850	700
Латунь	750	600

- В зависимости от размера и места износа, а также формы раздаваемой детали проводят общий или местный нагрев. В последнем случае нагревают только восстанавливаемую часть детали. Для общего нагрева используют печи, а для местного — токи высокой частоты. Распространен эффективный локальный нагрев относительно небольших объемов металла в результате действия (рис. 6.5) сил трения. При этом механическая энергия, подводимая к инструменту дорну, преобразуется в тепловую непосредственно в месте его контакта с деталью.

- В призму 7 устанавливают изношенную крестовину 5, которую фиксируют в направляющих пазах призмы при помощи штока 2 пневмоцилиндра 1 таким образом, чтобы ось отверстия восстанавливаемого шипа 4 совпала с осью вращения дорна 5 (инструмента). В качестве дорна используют цилиндрический твердосплавный стержень с конической заходной частью. Дорн жестко закреплен в патроне 6, который имеет привод вращательного и осевого перемещения. Диаметр твердосплавного дорна берется на 1 — 3 мм (в зависимости от требуемой величины раздачи) больше диаметра отверстий в шипах крестовины, служащих для подачи смазки к игольчатым подшипникам.

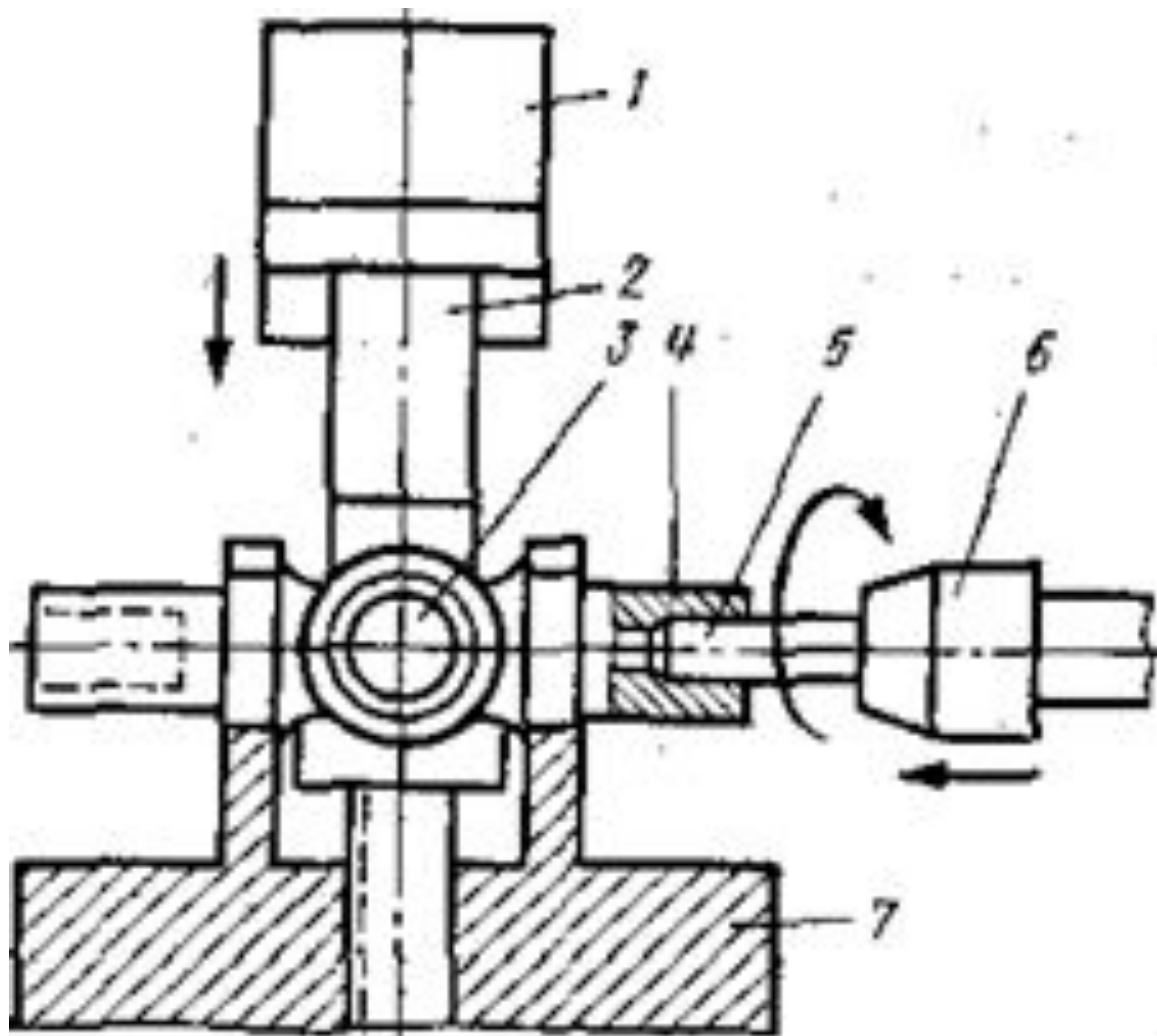


Рис. 6.5. Схема процессе раздачи крестовин с нагревом в результате действия сил трения

- Раздача шипов крестовины осуществляется следующим образом. Патрон с инструментом (дорном) приводят во вращательное движение и включают осевую подачу. В результате дорн 5 конической частью соприкасается с поверхностью отверстия шипа 4. В месте контакта дорна с восстанавливаемой деталью возникают силы (момент) трения и генерируется тепловая энергия, которая отводится в тело шипа и инструмент. Таким образом, в месте контакта дорна и детали действует внутренний источник тепловой энергии, обеспечивающий быстрый локальный нагрев металла до заданной температуры. В результате осевой подачи дорн по мере нагрева тела шипа до температуры 950 — 1000 °С внедряется в смазочное отверстие 1 крестовины и раздает ее в диаметральной направлении.

- Благодаря тому что нагрев восстанавливаемого шипа до пластического состояния проводится только в зоне деформации в отличие от предварительного объемного его нагрева, например, в печи или токами высокой частоты, одновременно с раздачей (увеличением диаметральных размеров) удлиняются линейные размеры шипа на 0,3 — 0,5 мм. Это позволяет исключить трудоемкие операции по наплавке торцевых поверхностей шипов для их удлинения и механической обработки после наплавки.
- В процессе раздачи дорн, как и деталь, нагревается до температуры 950 — 1000 °С. Жаропрочные стали при данной температуре резко снижают свои механические свойства и под действием прикладываемой нагрузки деформируются. Поэтому в качестве материала для дорна используют твердые сплавы. Наибольшей стойкостью обладает инструмент из однокарбидного сплава ВК-6, состоящий из 94 % карбида вольфрама и 6 % кобальта.

- По форме дорн представляет собой цилиндрический круглый стержень с конической заходной частью. Диаметр цилиндрической части дорна определяет диаметр шипа крестовин после раздачи.
- Диаметр рабочей части инструмента (дорна) для раздачи с нагревом детали в результате сил трения,

мм

$$d_n = \sqrt{(D_{расч}^2 - D_0^2)k + d_0^2}$$

где  $D_{расч}$  — требуемый расчетный диаметр шипа крестовины после раздачи, мм;  $D_0$  — наружный диаметр изношенного шипа крестовины перед раздачей, мм;  $k$  — безразмерный коэффициент, учитывающий пластическое течение металла крестовины по смазочному каналу в процессе раздачи;  $d_0$  — диаметр (исходный) смазочного отверстия шипа крестовины до раздачи, мм.

- Расчетный диаметр шипов крестовины, который необходимо получить после раздачи,

$$D_{расч} = D_{ном} + 2z_{мин}$$

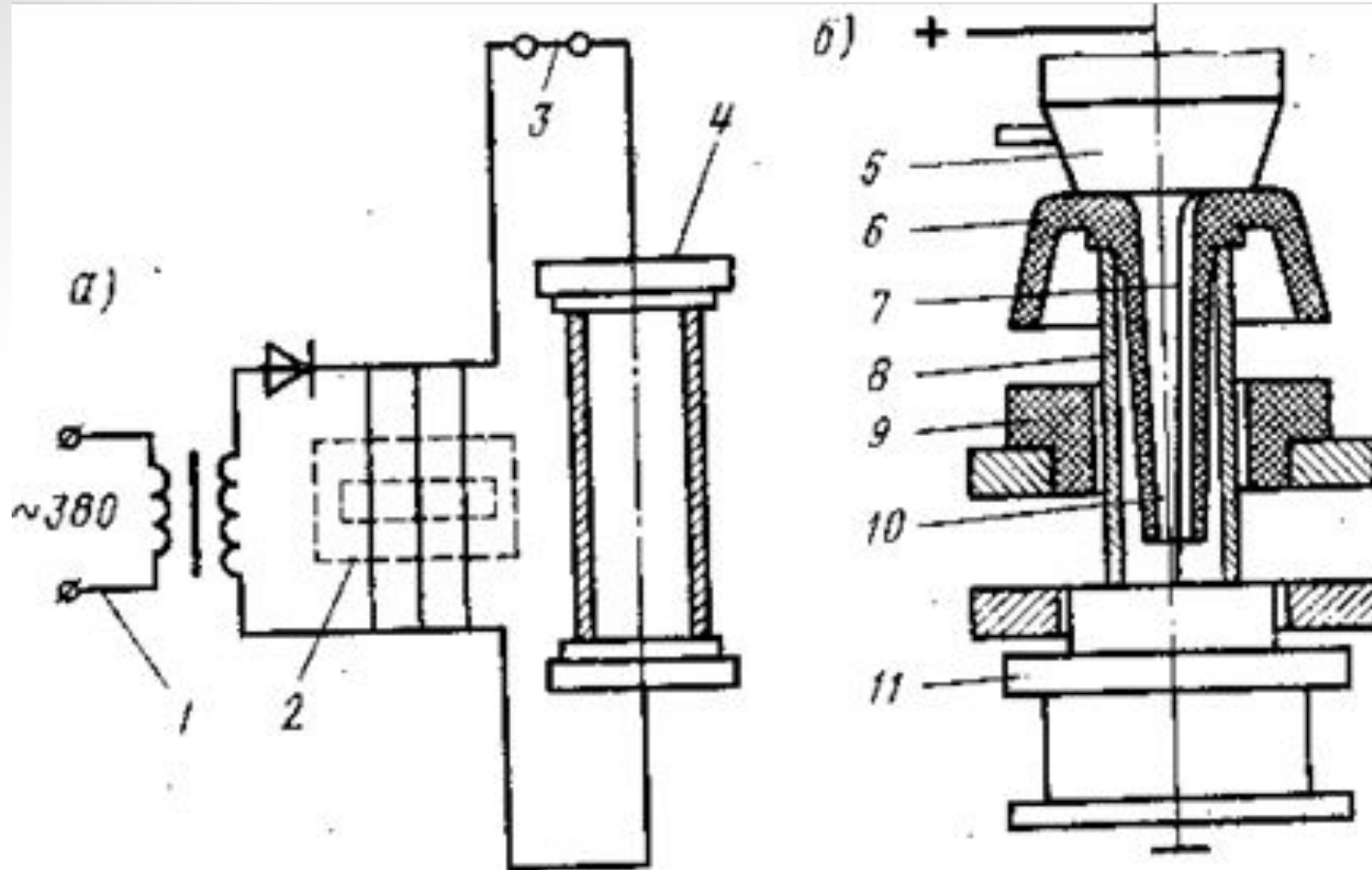
- где  $D_{ном}$  — номинальный диаметр шипов крестовины, мм;  
 $Z_{мин}$  — минимальный припуск на последующую после раздачи механическую обработку, мм.
- Коэффициент  $k$  для крестовин, изготовленных из стали 20Х с последующей цементацией, находится в пределах 1,15 — 1,25.
- В период раздачи шипы нагреваются до температуры 950 — 1000 °С. В результате происходит отпуск, и твердость рабочих поверхностей крестовин снижается до HRC 35 — 42. Поэтому после раздачи выполняется термическая обработка крестовин, заключающаяся в закалке на масло с температур 840 — 860 °С и последующем отпуске (нагрев при температуре 180—200°С в течение 90—120 мин).



- Механическая обработка розданных и термически обработанных крестовин включает черновое и чистовое шлифование торцов на плоскошлифовальном станке ЗД722 в многоместном приспособлении, черновое шлифование на бесцентрово-шлифовальном полуавтомате ЗМ185 и чистовое шлифование на бесцентрово-шлифовальном полуавтомате ЗЕ184 шипов по наружному диаметру.
- Окончательно обработанные крестовины после мойки и контроля консервируют в ванне типа 25М-ОН-1-66, упаковывают и направляют в комплектовочную кладовую или на склад готовой продукции.

- Основные достоинства восстановления раздачей с нагревом в результате сил трения при относительном движении детали и инструмента: высокая производительность процесса. В зависимости от диаметра восстанавливаемых деталей время раздачи от 12 с до 1 мин;
- малое потребление энергии и мощности. Локальное выделение теплоты в месте контакта дорна и изделия предопределяет высокие энергетические характеристики процесса. Расход энергии и мощности в несколько
- раз меньше, чем при нагреве деталей в печах сопротивления или токами высокой частоты;
- высокий коэффициент мощности  $\cos \varphi = 0,8 \div 0,85$  и равномерное распределение энергии между фазами питающей трехфазной электрической сети. Это связано с тем, что энергетическим узлом в установках для раздачи является асинхронный двигатель;
- в отличие от других методов раздачи не происходит укорочения восстанавливаемых изделия по длине, а напротив, обеспечивается удлинение линейных размеров до 0,5 мм;
- простота механизации и автоматизации процесса. Основные параметры процесса — частота вращения и осевое давление дорна легко программируются. Существующие установки работают в полуавтоматическом (модель УВК-1) или автоматическом (модель АВК-4) режимах;
- высокая экономическая эффективность процесса. Перечисленные энергетические и технологические достоинства раздачи с нагревом в результате сил трения определяют ее высокую экономическую эффективность.

- В ремонтном производстве помимо рассмотренных разновидностей механической раздачи широко используют способы восстановления пустотелых деталей гидротермической и электрогидравлической раздачей.
- Гидротермическая раздача (ГТР) относится к числу высокоэффективных и недорогих способов восстановления трубчатых деталей, типа поршневых пальцев. Способ заключается в том, что изношенный поршневой палец нагревают в индукторе токами высокой частоты до температуры 1063—1103 К. После достижения требуемой температуры нагрев прекращают и быстро охлаждают палец, пропуская поток воды через внутреннюю полость детали. В результате происходит увеличение наружного диаметра с одновременной закалкой. Приращение наружного диаметра пальца лежит в пределах 0,1—0,3 мм.
- Физическую сущность механизма гидротермической раздачи можно объяснить следующим образом. При нагреве стального пальца до требуемой температуры происходит увеличение наружного и внутреннего диаметров детали. Под воздействием охлаждающей жидкости внутренний кольцевой слой образца стремится уменьшиться в объеме. Однако нагретый наружный слой стали охлаждается значительно медленнее и этим препятствует сокращению внутренних охлажденных слоев до исходных размеров. Внутренние слои металла, будучи связанными с наружными слоями, не имеют возможности уменьшиться в объеме. При остывании внутренние кольцевые слои стали теряют свою пластичность и образуют своеобразную жесткую "оправку", предотвращающую усадку на наружного кольца. В результате чего происходит увеличение наружного диаметра трубчатой детали.



**Рис. 6.6. Восстановление поршневых пальцев электрогидравлической раздачи:**

а — схема установки; б — схема технологического узла;

1 — выпрямительное устройство; 2 — конденсаторная батареи; 3 — формирующий шаровой разрядник; 4 - технологический узел;

5 — подвижной положительный электрод; б — матрон; 7 — взрывающаяся проволока; 8 — поршневой пален;

9 — матрица; 10 — полость заполнения жидкости; 11 — отрицательный электрод

- Для восстановления деталей используют механический и термопластический виды обжатия.
- При механическом обжатии деталей типа втулок предварительно изготавливают штампы (рис. 6.7). Матрица штампа состоит из трех частей: приемной части, обжимающей и калибрующих частей. Внутреннюю по верхность матрицы для уменьшения сил трения обрабатывают до высокой степени чистоты. Чем меньше будет шероховатость на рабочей поверхности матрицы, тем меньше требуется усилие при обжатии.
- Диаметры и длину участков матрицы, а также уклоны при переходе от одного диаметра к другому задают конструктивно, исходя из размеров, износов и материала восстанавливаемой детали.

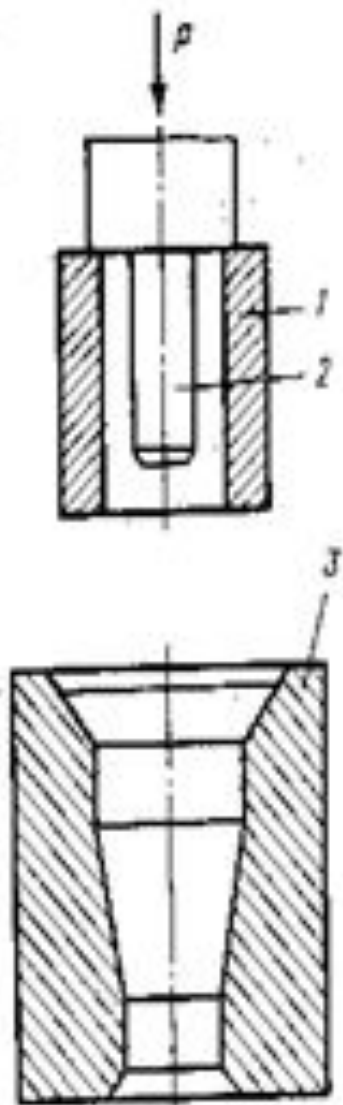


Рис. 6.7. Восстановление втулок обжатием:  
1 — втулка; 2 — пуансон; 3 — матрица

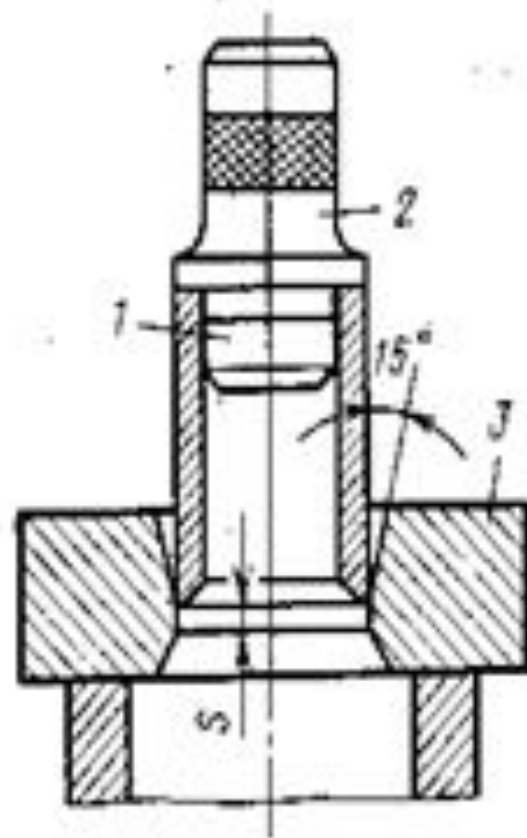
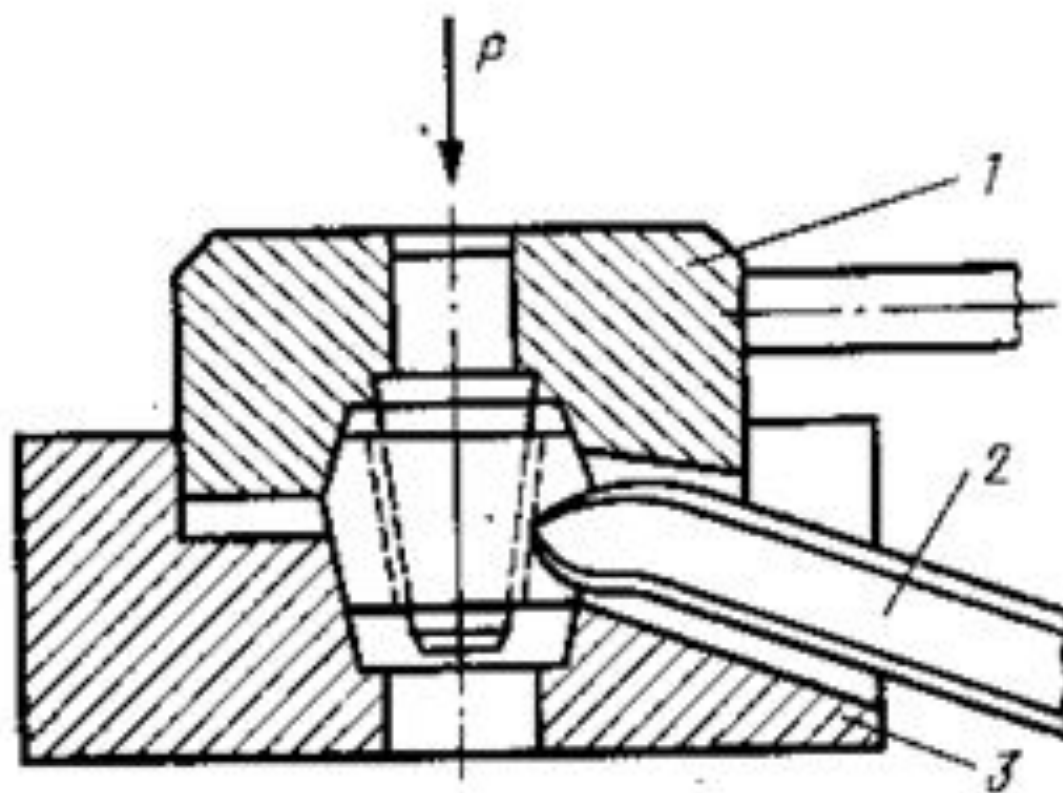


Рис. 6.8. Обжатие втулок с небольшим износом

- При восстановлении втулки 1 по внутреннему диаметру обжимающий и калибрующий участки матрицы 3 могут быть соединены так, как показано на рис. 6.8. Внутренний диаметр втулки после ее обжатия пуансоном 2 обрабатывают, а наружный диаметр наращивают на требуемый размер одним из способов, например гальваническим путем.
- Аналогичным способом восстанавливают рабочие цилиндры телескопических амортизаторов легковых и грузовых автомобилей. Технология восстановления заключается в обжатии по наружной поверхности цилиндров и последующим протягиванием отверстия до номинального диаметра калибрующими роликами. Процесс обжатия цилиндров осуществляют на 10 — 20-тонном протяжном станке.

- Не менее эффективно использование обжатия для восстановления такой ответственной детали, как сошка рулевого управления (рис. 6.9). Перед восстановлением участок сошки с изношенным коническим отверстием нагревают (лучше в соляной ванне) до температуры 1000 — 1050 °С и устанавливают в матрицу штампа. Проушину сошки 2 сверху закрывают подвижной верхней обжимкой 1, к которой прикладывают деформирующую силу. Обжатие осуществляют до тех пор, пока размеры конусного отверстия не достигнут номинального плюс припуск на механическую обработку. После пластического деформирования восстанавливают повторной термической обработкой структуру и физико-механические свойства материала.





**Рис. 6.9.** Восстановление конусного отверстия рулевой сошки автомобиля обжатием

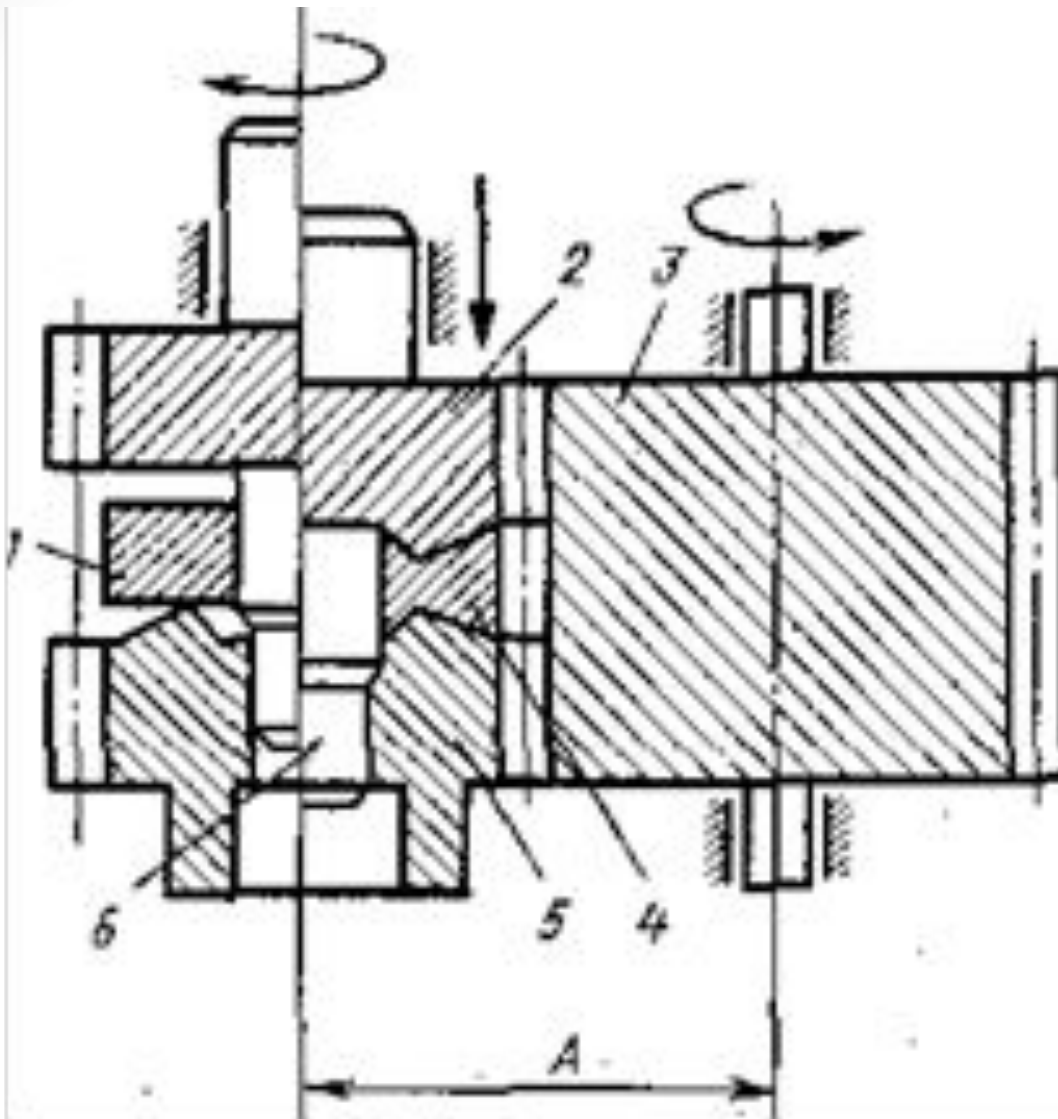
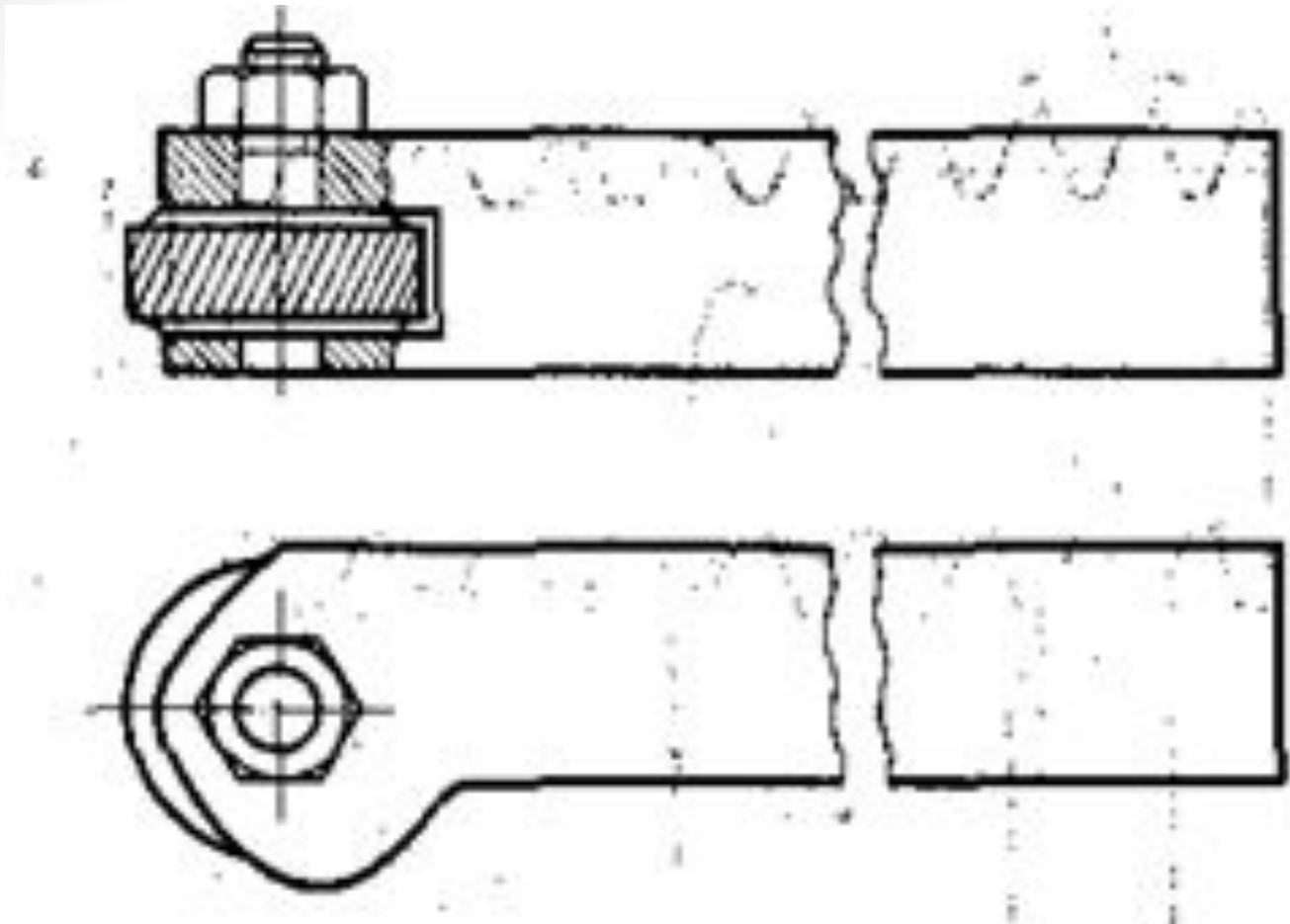


Рис. 6.11. Восстановление шестерни ротационным вдавливанием; 1 и 4 — детали; 2 — пуансон; 3 — накатник; 5 — синхронизатор; 6 — центратор

- Институтом проблем надежности и долговечности машин (Беларусь) разработан ротационный способ восстановления зубчатых колес, который является разновидностью процесса вдавливания. Способ основан на обкатывании деформируемого вдавливанием зубчатого колеса профилирующим инструментом, так называемым накатником 3 (рис. 6.11). Восстанавливаемая деталь и накатник вращаются с синхронизированной скоростью при строго постоянном межцентровом расстоянии  $L$ .
- Восстановление осуществляется следующим образом. Изношенное зубчатое колесо устанавливают на оправку зубонакатного стана и нагревают токами высокой частоты в кольцевом индукторе. После чего двусторонние инденторы вдавливаются в торцевую поверхность зубчатого венца и вытесняют металл в сторону износа. При этом зубчатое колесо и накатник находятся в зацеплении и вращаются. Вытесненный в зону действия накатника металл деформируется, и зубья принимают первоначальную форму и размеры (с учетом припуска на последующую механическую обработку). После реверсирования накатника проводят калибровку и закругление зубьев. После шевингования осуществляют химико-термическую обработку зубчатых колес (нитроцементацию, закалку, отпуск).

- Данным способом восстанавливают ведущие валы, блоки шестерен, подвижные шестерни коробок передач автомобилей.
- В Германии фирма "Waller Krupp" разработала технологию и комплект инструментов для восстановления направляющих втулок клапанов двигателей способом выдавливания.
- Принцип восстановления деталей основан на применении специального твердосплавного ролика, при помощи которого в направляющей втулке прокатывают спиральный паз. Под действием ролика материал внутренней поверхности втулки выдавливается, в результате чего внутренний диаметр уменьшается. Последующей обработкой специальной разверткой получают номинальный размер внутреннего диаметра.



**Рис. 6.12. Оправка с зубчатым накаточным роликом**

- К достоинствам данного способа восстановлений следует отнести простоту технологического процесса, оборудования и оснастки, малую трудоемкость и высокую эффективность процесса. Недостаток способа — ограниченная номенклатура восстанавливаемых деталей, в основном этот способ используют для восстановления посадочных мест под подшипники качения.
- **Рис- 6.13. Схема электрохимического способа накатывания деталей**

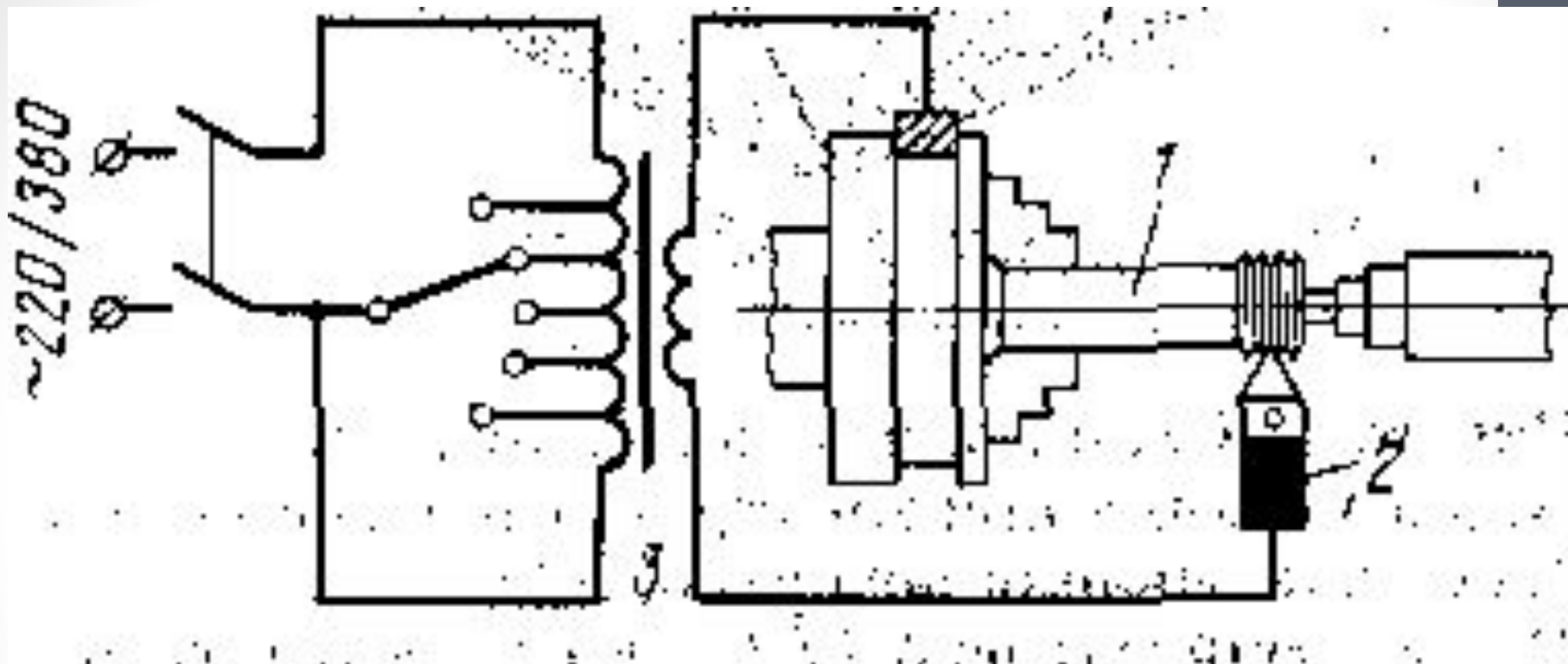


Рис- 6.13. Схема электромеханического способа намотывания деталей

- Электромеханический способ накатки в отличие от механического не требует последующего шлифования. Для сглаживания деформированной поверхности детали достаточно сгладить ее сферическим роликом. Сущность электромеханического способа накатки (рис. 6.13), разработанного проф; Б. М. Аскинази, заключается в следующем.. В центры переоборудованного, токарного станка закрепляют изношенную деталь 1, к которой от понижающего трансформатора подводят ток. В суппорте станка зажимают твердосплавный инструмент — резьбовой резец 2 с притупленным углом при вершине. Второй полюс электрической цепи от трансформатора 3 подключен к державке инструмента. В местах касания инструмента с поверхностью детали протекает ток большой силы (300 — 1000 К) при напряжении 1 — 5 В. В результате протекания тока в зоне контакта поверхностный слой металла нагревается до температуры 800 — 1000° С. Благодаря быстро течности процесса и незначительной глубине проникновения тепловое воздействие не оказывает влияния на структуру материала детали. . Металл, нагретый до пластического состояния, вытесняется из зоны внедрения инструмента, вследствие чего на восстанавливаемой поверхности детали образуется винтовая канавка и приподнятый гребень металла (рис. 6.14). После высадки осуществляют сглаживание гребня специальным инструментом — гладилкой, выполненной в виде ролика или твердосплавной пластиной со сферической поверхностью. Сглаживание поверхности осуществляют до требуемого номинального диаметра восстанавливаемой детали.



- **Восстановление геометрической формы деталей.**  
При ремонте автомобиля многие детали выбраковывают из-за потери своей первоначальной формы в результате деформаций изгиба и скручивания. Такие детали восстанавливают правкой. Суть этого способа в том, что под действием внешних сил восстанавливают первоначальные формы деталей без заметных пластических деформаций и с незначительными искажениями структуры материала в поверхностных слоях детали. В зависимости от деформации и физико-химических свойств материала детали правят в горячем и холодном состоянии.

- Наиболее часто используется холодная правка для пластического деформирования тонкостенных деталей и конструкций. При правке, как и при любом другом виде холодной деформации, происходит упрочнение металла (наклеп или нагартовка), возникают остаточные напряжения. Поэтому при правке необходимо стремиться к получению меньшей локальной пластической деформации, а также ее равномерному распределению в металле детали. Для выравнивания внутренних напряжений после правки деталь целесообразно подвергнуть стабилизирующему нагреву до температуры, равной  $0,8T_{отп}$ , где  $T_{отп}$  — температура от пуска новой детали. Время выдержки при этом составляет 0,5 — 1 ч. При больших деформациях проводят горячую правку деталей при температуре 600 — 800° С.

- Различают следующие виды правки:
- статическим изгибом (рис. 6.16), ударом и термическую.
- *Правка статическим изгибом* выполняется в холодном состоянии и с нагревом. После холодной правки усталостная прорость снижается на 15 — 40 %. Способность детали противостоять воздействию внешней силы, направленной навстречу правке, оценивается коэффициентом несущей способности, выражаемым в процентах
- где  $R_{п1}$  — предел пропорциональности правленного образца;  $R_{п}$  — предел пропорциональности неправленного образца.
- Холодным способом погнутые валы правят следующим образом.

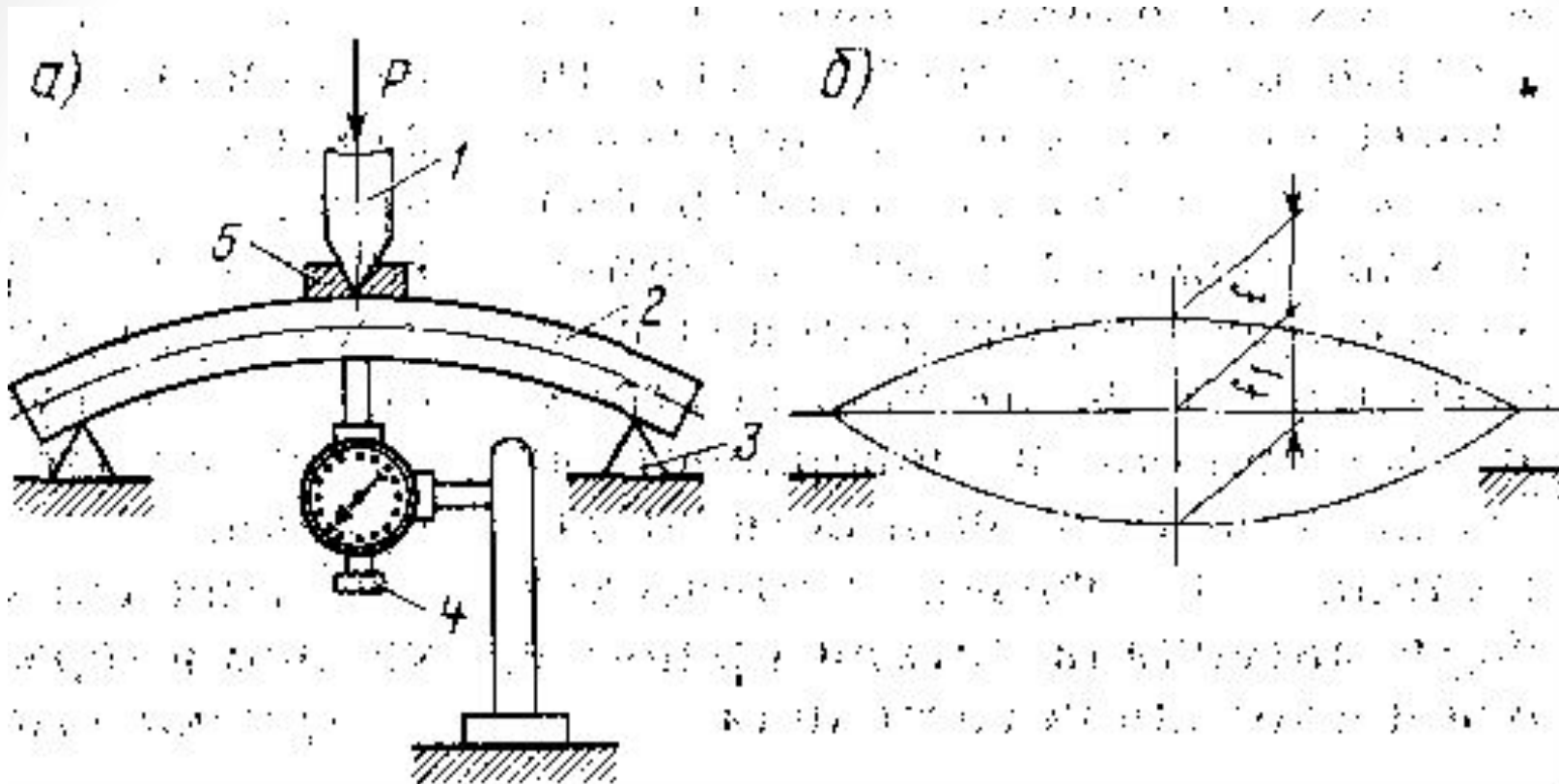


Рис. 6.17. Схема холодной правки вала: а — монтажная; б — расчетная

# РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ

- **Восстановление дизельных поршневых пальцев.** Способ восстановления деталей пластической деформацией отличается от известных способов тем, что требуемые размеры получают в результате перераспределения материала внутри самого изделия. При этом нарощенный слой и основной металл представляют собой одно целое. Поэтому при восстановлении деталей данным способом их долговечность и эксплуатационная надежность не ниже, чем у новых изделий.
- Рассмотрим особенности разработки технологии на примере восстановления дизельных поршневых пальцев гидротермической раздачей (рис. 6.32).

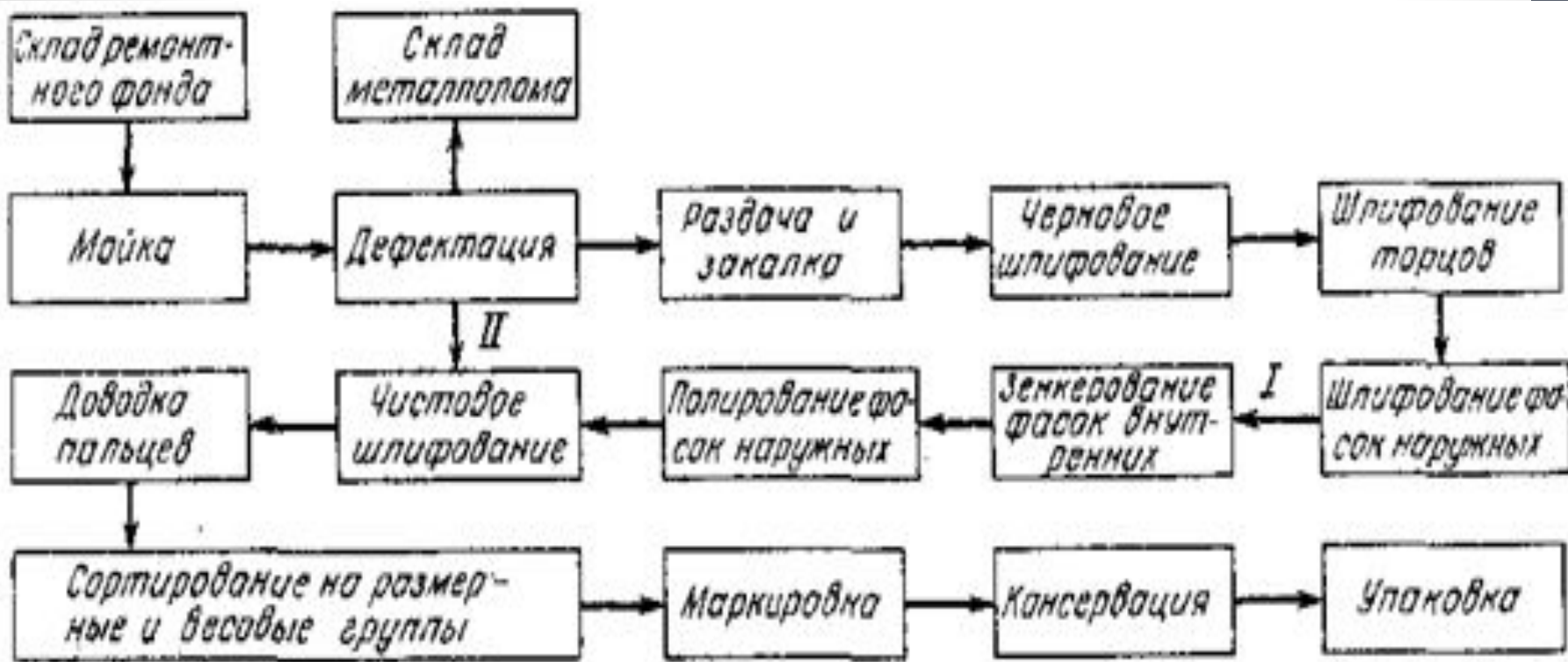


Рис. 6.32. Схема технологического процесса восстановления поршневых пальцев гидротермической раздачей

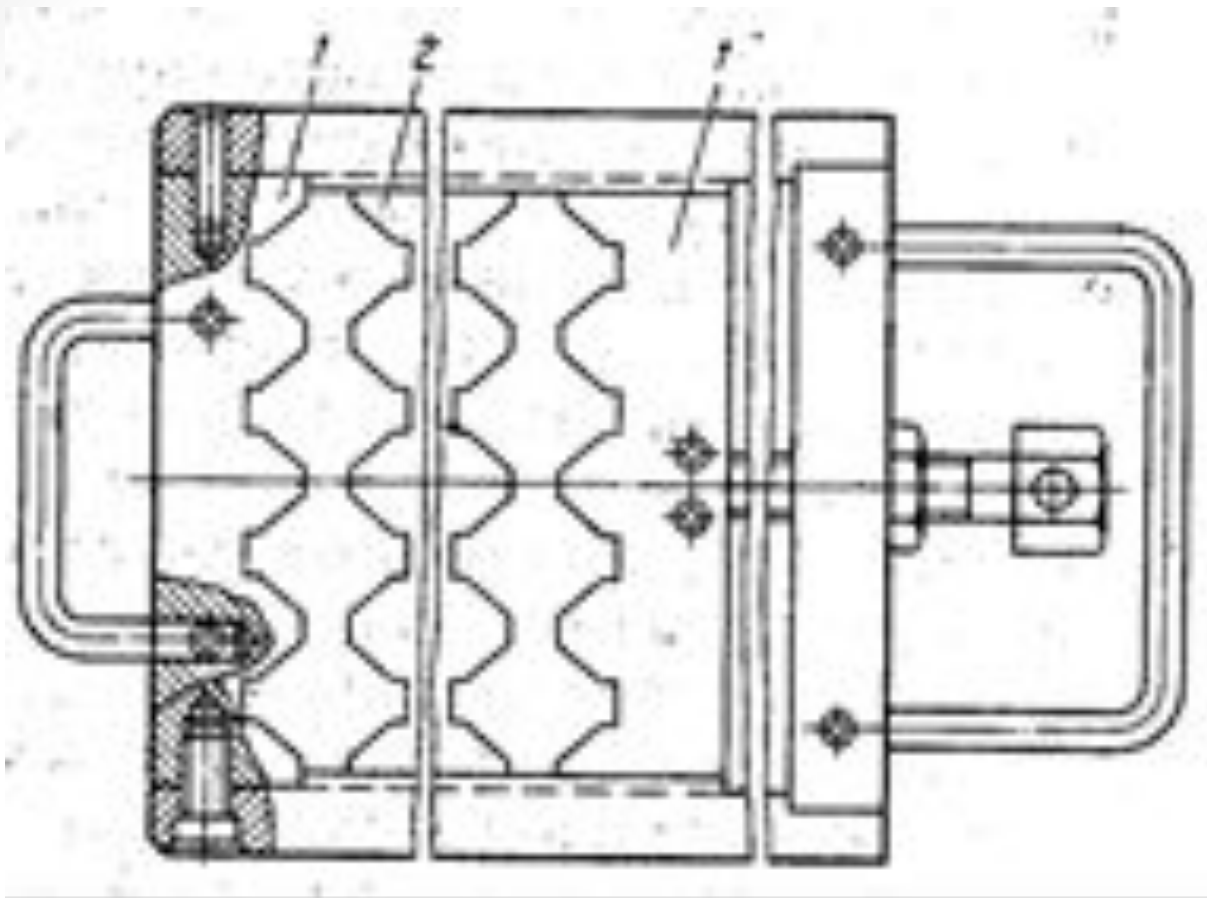
- *Основным выбраковочным дефектом* поршневых пальцев является износ по наружной поверхности на участках сопряжения с головкой шатуна и отверстиями в бобышках поршня. Наибольший износ пальцев наблюдается в месте контакта с втулкой верхней головки шатуна и достигает 0,08 мм.
- Дефектацию поршневых пальцев выполняют микрокатором 0,5-ИГП и скобами. Анализ ремонтного фонда показывает, что 90 % поршневых пальцев ремонтнопригодны, причем до 20 % пальцев имеют наружный диаметр в пределах допуска на новые детали. Поэтому в зависимости от сочетания дефектов технологический процесс разделяется на два взаимосвязанных маршрута. Первый маршрут предусматривает выполнение всех операций, а второй маршрут короче на шесть операций и заключается в шлифовании и полировании пальцев до более низкой размерной группы.

- *Мойка* происходит в машине ОМ-6083 с использованием в качестве моющей среды 15 — 20 %-ного водного раствора синтетического моющего средства Лабомид 101 при температуре 75 — 85° С. Время мойки пальцев составляет 0,5 ч.
- *Гидротермическая раздача* осуществляется в автоматическом станке, снабженном устройством для загрузки и выгрузки пальцев. Для нагрева пальцев до температуры 780 — 830° С используют индуктор, питающийся от преобразователя частоты ВПЧ 1000/8000.
- Для обеспечения полного распада остаточного аустенита пальцы обрабатывают холодом в течение 2 ч при температуре - 50 ÷ -70° С в холодильном агрегате АКФЭС 2,5-70. После обработки холодом пальцы проходят отпуск в шахтной электропечи 2БП-62 при температуре 220 — 230 °С в течение 2 ч с последующим охлаждением на воздухе. После гидротермической раздачи наружный диаметр пальцев увеличивается в среднем на 0,2 мм.



- *Черновое шлифование* розданных пальцев осуществляется на трех бесцентрово-шлифовальных станинах ЗШ-184. Режимы шлифования: частота вращения круга —  $1330 \text{ мин}^{-1}$ , окружная скорость круга —  $24,2 \text{ м/мин}$ , подача —  $1,7 \text{ мм/об}$ , число проходов — 1, глубина резания при первом черновом шлифовании —  $0,035 \text{ мм}$ , при втором —  $0,025 \text{ мм}$ , при третьем —  $0,0175 \text{ мм}$ . При черновом шлифовании используют шлифовальные круги: ПП 500Х150Х305 1А5-К63-40С1-СМ1, ПП 500Х200Х305 1А5-К63-40С1-СМ1; круги ведущие: ПП 350Х150Х203 1А5-В12-16СТ-Т и ПП 350Х200Х203 1А5-В12-16СТ-Т.

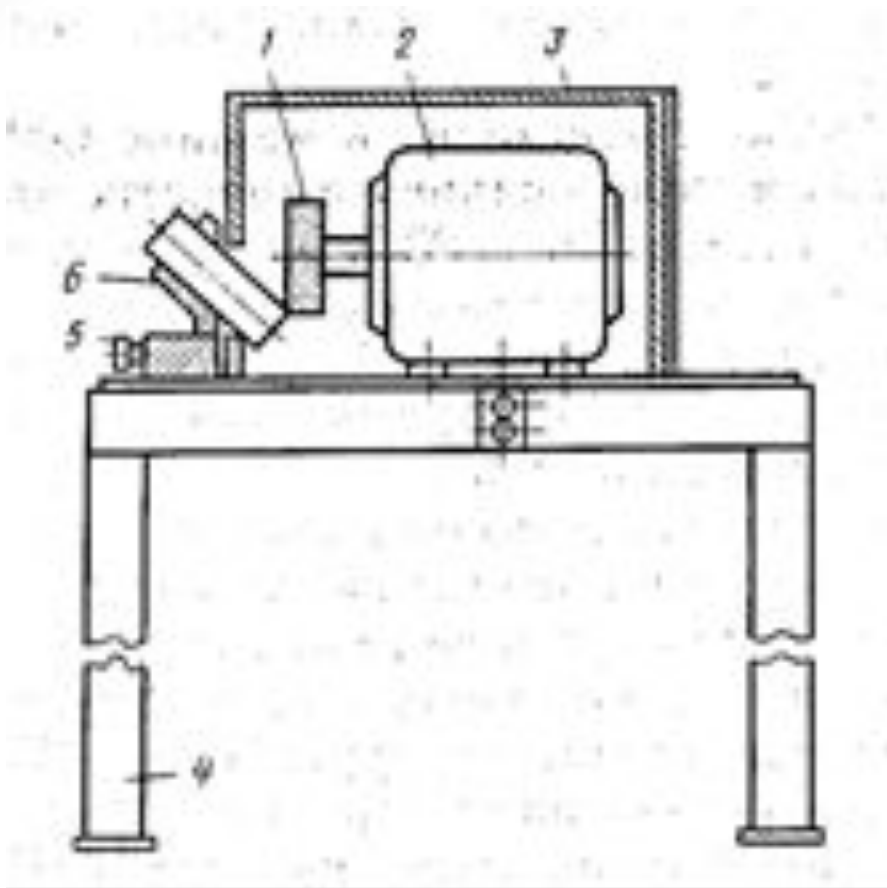
- *Шлифование торца* поршневого пальца обусловлено тем, что в процессе гидротермической раздачи наряду с увеличением диаметральных размеров происходит увеличение и длины пальцев. Поэтому необходима операция шлифовки торцов до номинального размера пальцев по длине. Шлифовку выполняют на плоскошлифовальном станке ЗБ-722 с использованием многоместного приспособления (рис. 6.33), которое состоит из прямоугольной рамки 1. По направляющим перемещаются фиксирующие элементы 2 с рабочей частью в виде призм. Обрабатываемые пальцы устанавливаются между призмами в своеобразные ячейки, где они фиксируются. Базирование осуществляется по обработанной цилиндрической поверхности детали. Зажим пальцев осуществляется при помощи пневмоцилиндра одностороннего действия.
- После шлифовки торцов с одной стороны пальцы переворачивают на  $180^\circ$  и шлифуют противоположные торцы, выдерживая заданные рабочим чертежом размеры. Перпендикулярность плоскости торца наружной цилиндрической поверхности пальца обеспечивается приспособлением



**Рис. 6.33. Многоместное приспособление для шлифовки торцов пальцев**

- *Обработка фасок с двух сторон пальцев* осуществляется на обдирочно-шлифовальном станке ТШН-400 с использованием приспособления. Для обработки используют шлифовальный круг ПП 400Х32Х203 1А5-Ю40МЗ-М1 с частотой вращения 1440 мин<sup>-1</sup> при ручной подаче пальца.
- Полируют наружную фаску на приспособлении (рис. 6.34), состоящем из сварного стола 4 и электро двигателя 2 с алмазным кругом /. Шлифовальный круг защищен кожухом 3, в нижней части которого (в зоне вращения круга) выполнено отверстие и установлена направляющая втулка 6 для подачи пальца. При износе шлифовального круга втулку перемещают при помощи винта 5 по направлению к шлифовальному кругу. Частота вращения круга—1440 мин<sup>-1</sup>.

- После обработки фасок контролируют твердость наружной поверхности у всех пальцев. Твердость измеряют на приборе ТК-2М в трех поясах и двух плоскостях. При твердости на поверхности меньше HRC 56 пальцы бракуют и направляют на повторную раздачу.



**Рис. 6.34. Приспособление для полирования наружных фасок пальцев**

- *Чистовое шлифование* пальцев выполняют на двух бесцентровошлифовальных станках ЗА-184. Размеры контролируют индикатором 0,5-ИГП со стойкой и призмой.
- Режимы шлифования: частота вращения круга — 1337 мин<sup>-1</sup>, подача — 1,035 мм/об, число проходов — 1, глубина резания при первом чистовом шлифовании — 0,0075 мм, при втором — 0,0055 мм.
- Для чистового шлифования используют шлифовальные круги ПП 500X150X305 1А5<sup>^</sup>К40<sup>^</sup>25С1-МЗ, ведущие круги ПВД 300X150X127 1А5-В6-12СТ-Т. Овальность, огранка, конусо-, бочко-, седлообразность и изогнутость наружной цилиндрической поверхности после чистового шлифования не должна превышать 0,003 — 0,004 мм (в зависимости от типоразмера пальца).

- *Доводку*- рабочей поверхности восстановленных пальцев осуществляют на бесцентровом доводочном станке ЗШ-184 Д по размерным группам.
- Режимы доводки наружной цилиндрической поверхности пальцев: частота вращения шлифовального круга —  $1920 \text{ мин}^{-1}$ , подача — 0,2 мм/об, число проходов — 1. Для процесса доводки используют шлифовальные круги ПП 500X150X305 1А5-К6-8С1-СМ, ведущие круги ПВД 300X150X Х1227 1А5-В3-6СТ-Т. В качестве охлаждающей жидкости так же, как и при черновом и чистовом шлифовании, применяют 1,5 %-ный водный раствор кальцинированной соды.



- **Контроль, сортировка и маркировка.**

Восстановленные пальцы должны отвечать техническим требованиям, предусмотренным в рабочем чертеже на деталь.. После восстановления разностенность пальцев не должна превышать 0,5 мм. Твердость наружной поверхности пальцев должна быть в пределах НКС 56 — 63, причем разность в показаниях твердости в различных участках поверхности одного и того же пальца не должна отличаться более чем на 5 единиц.

- Качество обработки поверхностей контролируют визуально. Риски, волосовины, черновины, забоины, трещины не допускаются. Не менее чем у 5 % восстановленных пальцев проверяют шероховатость наружной поверхности при помощи профилометра-профилографа модели БП-3. Шероховатость должна соответствовать  $Ra = 0,16 — 0,08$  мкм.

- Не менее чем на трех пальцах в смену проводят контроль микроструктуры цементованного слоя и сердцевины. Для этого используют металлографические микроскопы МИМ-7 или МИМ-8М. Микроструктура закаленного цементованного слоя должна состоять из мелкоигльчатого мартенсита и цементита, а сердцевина из мартенсита и феррита. Слой цементации должен быть не менее 7мм.
- Конусность, бочкообразность, овальность цилиндрической рабочей поверхности пальцев контролируют пневматическим длинномером ДП-0,001.
- Поршневые пальцы сортируют по наружному диаметру на размерные группы, кроме того, детали сортируют на группы и по массе. Сортировка пальцев осуществляется при помощи микроатора 0,5-ИГП со стойкой и призмой пневматического длинномера ДП-0,001. Обозначение размерной группы наносят на внутреннюю поверхность пальца масляной краской соответствующего цвета. На торец наносят товарный знак завода-изготовителя штемпельной черной краской.

- **Консервация и упаковка.** Поршневые пальцы перед консервацией моют в 25 — 30 %-ном растворе Лабомида-201 при температуре 95 — 100 °С. После этого пальцы помещают в раствор нитрита натрия (концентрация — 200 ч на 1 л воды), нагретого до температуры 70 — 75° С. После извлечения пальцев из ванны и отекания раствора детали вновь погружают в раствор нитрита натрия той же концентрации, но комнатной температуры. Далее контейнер с пальцами вынимают из ванны и кладут на стол для стока раствора. Пальцы пакуют в оберточную бумагу, пропитанную 20 %-ным раствором нитрита натрия, и в парафиновую бумагу БП-6. Пальцы одной весовой и размерной группы укладывают в упаковочные картонные коробки, на которой цифрами обозначают соответствующую группу. После чего пальцы направляют на склад готовой продукции.