

## Лекция №4

### Тема: ЧИСТОВАЯ ВЫРУБКА и ПРОБИВКА; - ЗАЧИСТКА В ШТАМПАХ

#### 1) ЧИСТОВАЯ ВЫРУБКА И ПРОБИВКА

- В ряде отраслей машиностроения, а также в приборостроении (например, при производстве часовых механизмов) предъявляются повышенные технические требования к качеству боковой поверхности и точности размеров плоских деталей. В частности, например требуется, чтобы точность размеров соответствовала 8—11 качеству, а шероховатость боковой поверхности (по всей толщине) соответствовала параметру  $Ra = 2,5—1,25$  мкм для стальных и  $Ra = 1,25÷0,63$  мкм для цветных пластичных металлов по ГОСТ 2789—73.

В массовом и крупносерийном производстве наиболее эффективными способами получения плоских деталей, удовлетворяющими указанным требованиям, являются чистовая вырубка и пробивка и зачистка. Применение этих операций позволяет, в ряде случаев, заменить механическую обработку и этим существенно повысить производительность труда, снизить удельный расход металла и себестоимость выпускаемой продукции

- Наиболее широкое применение нашла чистовая вырубка и пробивка с *предварительным сжатием* заготовки при весьма малом зазоре между пуансоном и матрицей (Рис. 5.1).

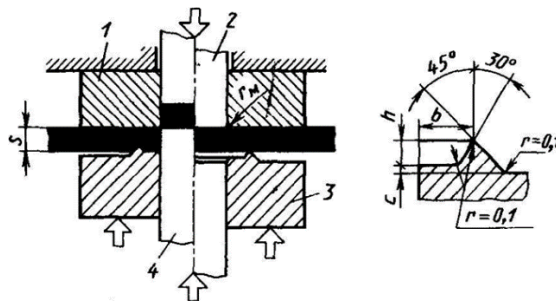


Рис. 5.1. Рабочий инструмент для чистовой вырубки с предварительным сжатием

- Особенность этих процессов заключается в том, что заготовка перед вырубкой-пробивкой сжимается вблизи очага деформации кольцевым клиновидным ребром, выполненным за одно целое с прижимным кольцом штампа. При этом касательные напряжения концентрируются в очаге деформации, увеличивается компонента шарового тензора напряжения (гидростатическое давление), пластичность металла повышается. Отделение одной части заготовки от другой происходит только в результате сдвига под действием касательных напряжений, что позволяет получить высокую точность размеров изделия и чистую боковую поверхность.

- Механизм пластической деформации чистовой вырубки-пробивки исследован недостаточно. Научно обоснованных рекомендаций по ведению этих операций мало, имеются лишь данные, полученные экспериментально и на основе использования производственного опыта.

- Чистовую вырубку и пробивку выполняют на прессах-автоматах с механическим приводом при номинальном усилии до 6,3 МН для штамповки деталей толщиной до 16 мм и с гидравлическим приводом, с номинальным усилием до 25 МН для штамповки деталей толщиной до 40 мм. Особенность прессов-автоматов заключается в том, что они последовательно развивают: усилие, необходимое для прижима заготовки к матрице до начала вырубки и внедрения в заготовку клиновидного ребра, а затем усилие вырубки и усилие, необходимое для противодействия и выталкивания из матрицы готовых деталей.

При отсутствии прессов-автоматов для чистовой вырубки и пробивки можно использовать модернизированные универсальные механические прессы, оснащенные гидравлическими устройствами для прижима заготовки и создания противодействия в процессе штамповки деталей.

- Полное (суммарное) усилие пресса  $P$ , необходимое для чистовой вырубки-пробивки с предварительным сжатием заготовки, в 1,65—2,25 раза больше, чем при вырубке-пробивке без предварительного сжатия.

-----Чистовую вырубку и пробивку применяют для получения деталей из конструкционных и низколегированных сталей, латуни, электролитической меди, алюминия и алюминиевых сплавов. В зависимости от вида оборудования и его номинального усилия чистовой вырубкой и пробивкой получают детали определенных размеров. На прессах-автоматах с номинальным усилием до 4,0 МН штампуют стальные мелкие и средние детали длиной до 250—300 мм при толщине металла до 10 мм; на прессах-автоматах с номинальным усилием до 25 МН — средние и крупные детали длиной до 800 мм при толщине металла до 40 мм.-----

Особенности конструкции инструмента.

В штампах для чистовой вырубки и пробивки клиновидное ребро для всех толщин штампуемого металла предусматривается на прижимном кольце (см. рис. 5.1). При штамповке толстолистного металла ( $s > 4$  мм) клиновидное ребро выполняют и на матрице.

Оптимальные размеры таких клиновидных ребер установлены экспериментально. При любой геометрической форме контура штампуемой детали клиновидное ребро должно плавно огибать угловые участки. При чистовой пробивке отверстий диаметром более четырех толщин заготовки клиновидное ребро предусматривается и на выталкивателе отхода.

Для уменьшения изгибающего момента при чистовой вырубке-пробивке зазор между пуансоном и матрицей должен быть весьма малым (или совсем отсутствовать), значение его определяют по эмпирической формуле:

$$z = 0,01 \times S + \Delta z,$$

где  $z$  — двусторонний зазор;  $\Delta z$  — предельное отклонение, которое увеличивается с увеличением толщины металла (при  $s = 2$  мм,  $\Delta z = 0,005$  мм, при  $s = 12$  мм,  $z = 0,03$  мм.)

- **Рабочее отверстие матрицы** выполняют без уклона, так как штамповка ведется с обратным выталкиванием.
- **Рабочие кромки матриц** должны быть скруглены малым радиусом ( $r_m = 0,1 \div 0,6$  мм при  $s = 2 \div 12$  мм соответственно) или притуплены небольшой фаской. Притупляется только одна из рабочих кромок (**матрицы** — при вырубке, **пуансона** — при пробивке), другая должна оставаться острой во избежание образования торцового заусенца. Притуплённые кромки уменьшают концентрацию напряжений и деформаций, возникающих вблизи рабочих кромок инструмента. В связи с этим скалывающиеся трещины появляются при большей глубине внедрения пуансона в металл, чем при вырубке-пробивке инструментом с острыми кромками (или совсем не появляются), при этом высота блестящего пояска увеличивается.
- **---Матрицы и прижимные кольца** с клиновидным ребром должны иметь конусную посадочную часть с небольшим углом конусности  $0^\circ 30'$ , что необходимо для их закрепления в штампе и бандажирования.---
- Кроме рассмотренного способа чистовой вырубки и пробивки с предварительным локальным сжатием заготовки существуют и другие способы, а именно: **вырубка пуансоном больше окна матрицы** (так называемая вырубка с «отрицательным зазором»), **чистовая вырубка с радиальным обжатием** и др.

#### Сущность этих способов.

Как и чистовой вырубки и пробивки с локальным сжатием заготовки, заключается в преднамеренном создании неравномерного сжатия в очаге пластической деформации, вызывающего повышение пластичности материала заготовки, в сочетании с использованием контактных сил трения для сглаживания боковой поверхности штампуемого изделия.

- При вырубке **пуансоном больше окна матрицы** пуансон не должен доходить до зеркала матрицы на

$U = 0,10—0,15$  мм.

При этом ширина перекрытия  $b$ , должна составлять:

- на прямолинейных участках контура **0,1S**;
- на угловых **0,2S**.

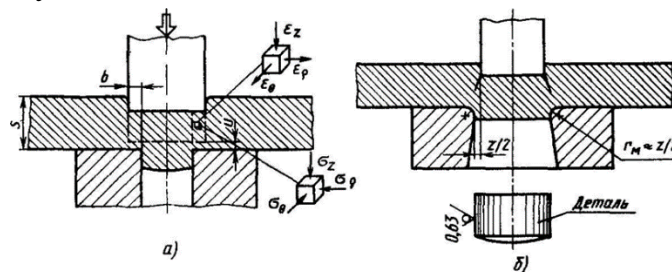


Рис. 5.2. Схемы чистовой вырубки: а — пуансоном больше окна матрицы, б — с радиальным обжатием

- При вырубке **с радиальным обжатием** зазор между пуансоном и матрицей весьма мал ( $z = 0,1 \div 0,2$  мм), а для создания неравномерного сжатия в очаге деформации и облегчения заталкивания изделия в матрицу рабочие ее кромки скруглены радиусом  $r = z/2$ .

- Рассмотренные способы чистовой вырубки применяются для получения мелких и средних деталей из пластичных металлов **толщиной до 4÷5 мм** (латунь, медь, алюминий, малоуглеродистая сталь).

Требуемое усилие штамповки **в 2÷2,5 раза больше**, чем при вырубке с оптимальным зазором

### ЗАЧИСТКА

- Назначение этой операции** — повышение точности размеров обрабатываемой заготовки и получение повышенного по сравнению с обычной вырубкой и пробивкой, качества боковой поверхности детали.
- Размеры деталей**, подвергаемых зачистке, не превышают 150÷200 мм при толщине материала 3÷4 мм. Зачистка более крупных деталей связана с трудностями, возникающими при изготовлении штампов. Зачистку деталей толщиной свыше 3÷4 мм (до 8÷10 мм) выполняют за несколько операций. Шероховатость поверхности после зачистки  $Ra = 1,25 \div 0,32$  мкм при толщине материала до 3 мм и  $Ra = 2,5 \div 5$  мкм при толщине материала свыше 3 мм. При этом достигается **точность размеров**, соответствующая 8÷11-му качеству.
- Зачисткой** обрабатывают заготовки из цветных металлов и их сплавов (медь, латунь, алюминий и др.), низкоуглеродистой и коррозионно-стойкой сталей и титановых сплавов.
- Ширина** отделяемого зачисткой слоя материала всегда меньше толщины заготовки, процесс его отделения принципиально иной, чем при обычной вырубке и пробивке. Отделение припуска в виде стружки происходит постепенно, по мере опускания пуансона вплоть до опорной поверхности заготовки, а не путем скалывания, как при обычной вырубке и пробивке.
- В зависимости** от того, какой контур обрабатывают (внешний или внутренний), работает только одна режущая кромка инструмента: режущая кромка матрицы или режущая кромка пуансона. (рис. 5.3).

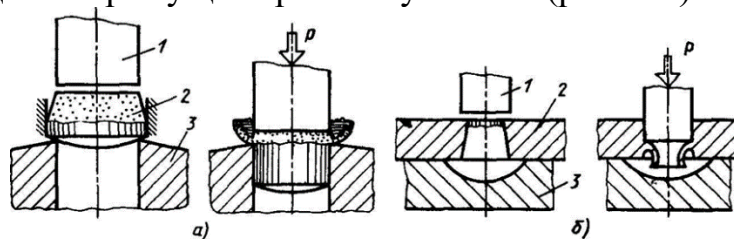


Рис. 5.3. Схема зачистной штамповки внешнего (а) и внутреннего (б) контура детали:  
1 — пуансон; 2 — деталь, полученная вырубкой (пробивкой); 3 — матрица

- Зачистку применяют**, в основном, в приборостроении вместо механической обработки, что существенно снижает трудоемкость изготовления детали.

Кроме того, **зачистка позволяет** механическим путем удалить наклепанный (упрочненный) слой, расположенный по контуру детали или отверстия, полученного обычной вырубкой или пробивкой. При выполнении формоизменяющих операций (например, отбортовки отверстия) отсутствие наклепанного слоя по контуру заготовки позволяет повысить предельную степень деформации

### Припуски на зачистку.

Детали и заготовки, полученные вырубкой и пробивкой, имеют слегка конусную боковую поверхность. Поэтому соответствующие друг другу поперечные размеры внешнего контура заготовки (или поперечные размеры отверстия в заготовке) неодинаковы. Наибольший поперечный размер заготовки (отверстия) равен размеру рабочего отверстия матрицы ( $D_{\max}=D_M$ ), наименьший — размеру пуансона ( $D_{\min}=D_P$ ), а их разность равна значению двустороннего оптимального зазора  $Z_{\text{опт}}$  между матрицей и пуансоном:

$$D_{\max} - D_{\min} = Z_{\text{опт}}.$$

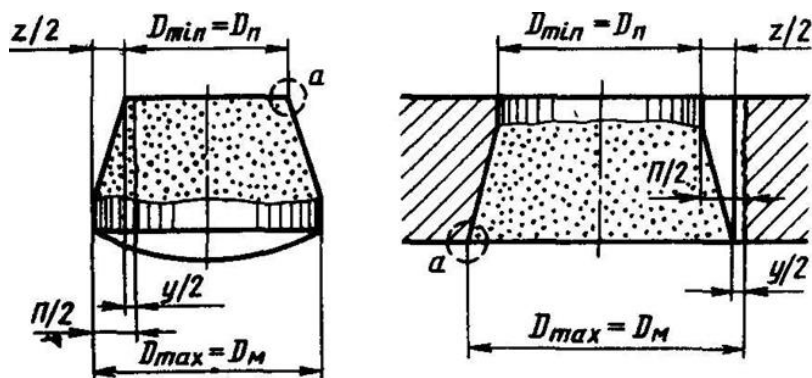


Рис. 5.4. Схема расположения припуска на зачистку

- Для того чтобы соответствующие друг другу размеры внешнего контура заготовки (или отверстия в ней) были бы одинаковы во всех сечениях, параллельных плоскости листа, необходимо зачисткой удалить припуск шириной:  $Z = Z_{\text{опт}}$ .
- Однако при таком припуске нельзя гарантировать получение чистой блестящей поверхности среза по всей толщине и особенно у ее кромки (рис. 5.4, точка «а»). Поэтому полный ( $\Pi$ ) припуск на зачистку должен быть больше, чем припуск на некоторый обрабатываемый размер. **Следовательно:**  $\Pi = z + y$ ,  
где  $\Pi$  — полный двусторонний припуск на зачистку;  
 $y$  — дополнительный двусторонний припуск.

Припуск « $y$ » зависит от рода зачищаемого материала, его толщины и формы контура детали. В соответствии с нормативными данными дополнительный припуск на зачистку составляет:

- для металлов  $0,1 \div 0,6$  мм,
- для не металлических материалов  $0,2 \div 0,5$  толщины листа.

При зачистке отверстий небольшого диаметра ( $d \leq S$ ) припуск на зачистку составляет:

- после сверления  $0,10 \div 0,15$  мм,
- после пробивки  $0,15 \div 0,20$  мм.

При многократной зачистке полный двусторонний припуск на зачистку равен:

$$\Pi = y \times (0,7 \times N + 0,3) + Z,$$

где  $N$  — число операций зачистки.

**Деформирующее усилие зачистки** срезанием припуска зависит от периметра зачищаемого контура, толщины металла, характеристик прочности металла и припуска на зачистку.

При определении усилия зачистки внешнего контура следует учитывать усилие, необходимое для проталкивания зачищаемой детали сквозь рабочее отверстие матрицы.

Суммарное усилие зачистки и проталкивания приближенно можно определить по формуле, полученной эмпирически:

$$P \approx L \times \sigma_{\text{ср}} \times [L + (0,15 \div 0,20) \times n \times S],$$

где  $L$  — периметр зачищаемого контура;  $\sigma_{\text{ср}}$  — сопротивление срезу;  $L$  — полный двухсторонний припуск;  $n$  — число деталей, находящихся одновременно в зачистной матрице.

**Ориентировочно можно считать, что усилие зачистки составляет ~25 % усилия вырубки-пробивки.**

При выполнении разделительных операций, особенно при чистовой вырубке-пробивке, износостойкость пуансонов и матриц может быть существенно (в 2—4 раза) повышена в результате использования специальных смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) взамен масла индустриального И-45. Состав различных СОТС, полученных на основе средневязких масел с присадками хлора и серы, разработан еще в бывшем СССР, к ним относятся: ХС-147, ХС-163, ХС-164, Укринол 5/5 и др. . Указанные смазочные материалы обладают высокой адгезией и теплопроводностью, их использование уменьшает контактное трение, предохраняет инструмент от налипания (схватывания) штампуемого металла, исключает микровывы, задиры и т. п.

#### Описание рисунка 5.1

**Чистовую вырубку-пробивку с предварительным локальным сжатием заготовки проводят в штампе.**

Прижимное кольцо 3 прижимает заготовку к матрице 1, при этом происходит внедрение клиновидного ребра в заготовку. Затем пуансоном 4, вырубают деталь и заталкивают ее в матрицу 1, преодолевая противодействие контрпуансона 2. При обратном ходе отход освобождают от прижимного кольца 3, а вырубленную деталь выталкивают из матрицы 1 контрпуансоном 2 и удаляют из рабочего пространства штампа. Нормальные сжимающие напряжения, создаваемые прижимным кольцом 3, должны быть не менее предела текучести материала заготовки.