

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра Механіки пластичності матеріалів
та ресурсозберігаючих процесів

Іващенко В.В.,
доцент,
канд. техн. наук

ТЕХНОЛОГІЯ ГАРЯЧОГО ШТАМПУВАННЯ ТА КОНСТРУЮВАННЯ ШТАМПІВ

конспект курсу лекцій

для студентів напряму підготовки 6. 050502 «Інженерна механіка»
спеціальності 7(8).05050203
«Обладнання та технології пластичного формування
конструкцій машинобудування»

Київ – 2012 р

ТЕХНОЛОГІЯ ГАРЯЧОГО ШТАМПУВАННЯ ТА КОНСТРУЮВАННЯ ШТАМПІВ (конспект курсу лекцій)

Розділ 1

Вступ

1.1. Про курс.

Курс "Технологія гарячого штампування та конструювання штампів" є одним з трьох курсів, які формують майбутніх фахівців як технологів і конструкторів штампового оснащення.

Об'єм курсу: лекцій - 68 годин, лабораторних занять - 34 годин, практичні заняття (17 год.) і курсовий проект. Розроблення технологічного процесу виготовлення вковів гарячим штампуванням і проектування потрібного штампового оснащення є основою частини дипломних проектів бакалаврів і спеціалістів.

Об'ємне штампування є одним із основних способів металообробки в машинобудуванні. Переважна більшість найвідповідальніших деталей в усіх машинах і пристроях, особливо в серійному, крупносерійному і масовому виробництвах, виготовляється саме об'ємним штампуванням, яке забезпечує високу якість і ідентичність усіх виробів, незначні відходи металу, низьку енерго- і трудомісткість виготовлення і, як результат, низьку собівартість виробів.

Найбільша доля відштампованих деталей (до 90%) в автомобілях, тракторах, у військовій техніці і зброї, в машинах для сільського господарства, в літаках, в усіх видах транспорту тощо. Всі ці машини виготовляються на потужних спеціалізованих заводах крупносерійного і масового виробництва.

Оскільки в Україні традиційно розвинуті усі ці галузі, то є чимала потреба у фахівцях з об'ємного штампування і конструювання штампів.

В цьому курсі будуть розглянуті:

1. Матеріали для кування і гарячого штампування і їх розроблення на заготівки.
2. Термомеханічні режими кування і гарячого штампування.
3. Кування: мета, операції, устаткування, розроблення технологічного процесу, особливості кування легованих сталей і не залізних сплавів.
4. Об'ємне штампування: сутність процесу, переваги перед куванням та іншими способами металообробки, технологічні особливості, види оснащення і устаткування, особливості штампування на молотах, кривошипних гаряче-штампувальних пресах, горизонтально-кувальних машинах, гвинтових і гідравлічних пресах. Проектування штампового оснащення для різних машин.
5. Викінчувальні операції: обрізування облою і пробивання перемичок, правлення, калібрування і очищення вковів від окалини, термообробка і технічний контроль.
6. Штампи і їхня стійкість.

1.2. Кування в історії людства.

Гаряче об'ємне штампування є розвитком найдавнішого, першого в історії людства способу металообробки - кування. Мало хто знає, що використання пластичної деформації для виготовлення виробів почали тисячі років тому ювеліри, які куванням виготовляли прикраси із пластичного золота, яке деформувалося без нагрівання.

Перше залізо отримали саме ковалі, проковуючи пористу крицю, отриману з багатої залізної руди, яку випалювали за допомогою деревного вугілля. Саме ковалі навчилися виготовляти вироби різної міцності і твердості і викували перший ріжучий інструмент (певно схожий на шабер) і зняли першу стружку з викову. Так народилася обробка металів різанням.

В усі віки професія коваля була шанована в усьому світі, про що беззаперечно свідчить кількість прізвищ, пов'язаних із ковальським ремеслом: це Сміти, Шмідти, Ковалі, Ковальови, Ковалевські, Кузнеці, Кузнецови тощо. В Росії (а ми були частиною Російської імперії) одним із перших професійних свят був День коваля - 5 листопада. Професія коваля мала своїх богів-покровителів: Вулкан, Гефест, Сварог. Не так багато професій можуть цим похвалитися.

В історії людства саме ковальство стало першим ремеслом, яке було відділене від житла, тобто прообразом заводів, фабрик, промислових зон.

Дивно, але історія техніки знає рік народження гарячого штампування: це 1817 рік, коли незалежно в Англії і в Росії в зброярнях були відштамповані перші партії невеликих, але складних у виготовленні курків для рушниць. Перехід від кування до штампування дозволив на порядок (тобто більш ніж у десять разів) підвищити продуктивність і зменшити трудомісткість виготовлення виробів. Майстри зрозуміли: якщо виковів потрібно багато, то значно вигідніше повозитися і виготовити спеціальну форму - штамп, а потім в ньому деформувати нагрітий метал і за кілька ударів отримувати майже готовий виков.

Розділ 2

Матеріали для кування і гарячого штампування і їх розроблення на заготовки

2.1. Матеріали і їх маркування.

Усі метали поділяються на дві групи: чорні – це сплави на основі заліза і кольорові – це решта.

Сьогодні активно використовується біля чотирьохсот марок чорних сплавів, які відрізняються вмістом вуглецю і кількістю легуючих елементів.

Як правило, чисті метали мають найвищу пластичність і найнижчий опір деформації (це стосується і заліза). Пластичність – це стан, при якому матеріал пластично деформується без руйнування. Для обробки металів тиском це одна з основних технологічних характеристик.

Як правило, природні властивості чистих металів рідко задовольняють конструкторів виробів. Для підвищення тих чи інших властивостей в залежності від призначення виробів і вимог до них, до металу додають певну комбінацію і кількість легуючих елементів:

марганцю, хрому, вольфраму, ванадію, нікелю, кремнію, алюмінію, молібдену тощо.

Як правило, при цьому завжди знижуються показники пластичності матеріалу і підвищується опір деформації. А від цих двох параметрів залежать допустимі інтервали температур штампування – один із основних параметрів технології виготовлення вковів.

Загальна класифікація чорних сплавів: низьковуглецеві сталі – мають вуглецю менше 0,25%, середньовуглецеві – від 0,25% до 0,6%, більше 0,6% - високовуглецеві.

Леговані сталі: низьколеговані – в яких сумарна кількість легуючих елементів менше 3%, у середньолегованих ця кількість від 3% до 5,5%, у високолегованих сталях – більше 5,5%.

За застосуванням сталі поділяються на три групи: конструкційні, інструментальні і з особливими властивостями: жаростійкі, кислототривкі, магнітом'які тощо.

Класифікація за якістю. Сталі звичайної якості поставляють за механічними властивостями (хімічний склад не регламентується) і маркують їх так: М (або Б) Ст 1, або Ст 2, і т.п., де літера говорить про спосіб виготовлення (мартенівська сталь чи бесемерівська), цифра орієнтовно вказує на межу міцності, зменшену у 10 разів, але не менше 30 кг/мм². В сталях звичайної якості сумарна кількість домішок сірки і фосфору, які знижують якість металу, не перевищує 0,1%.

У сталях підвищеної якості сумарна кількість домішок сірки і фосфору менше 0,06%. Фосфор сприяє холодноламкості сталі, а сірка, утворюючи легкоплавкі евтектики MnS і FeS, сприяє червоноламкості. В маркуванні таких сталей в кінці шифру додається літера "А".

Сталі якісні поставляють за хімічним складом і маркують: Сталь 10, сталь 20 і т. п, де двозначна цифра вказує на кількість в сталі вуглецю в сотих долях відсотка.

До групи високоякісних сталей відносяться леговані сталі, в тому числі і інструментальні. Маркування: у конструкційних сталей на початку двозначна цифра, яка інформує про кількість вуглецю, а потім літерами позначаються легуючі елементи, а цифра за кожною літерою вказує на кількість цього елемента у відсотках. Якщо цифри немає, значить вміст цього елемента біля 1%. Наприклад, сталь 18ХГСА має 0,18% вуглецю і біля одного відсотка хрому, марганцю і кремнію, а літера "А" свідчить, що сумарна кількість домішок фосфору і сірки не перевищує 0,06%.

Щоб відрізнити інструментальні леговані сталі від конструкційних, вони маркуються трохи інакше: марка починається з однозначної цифри, яка вказує на кількість вуглецю в десятих долях відсотка (а не в сотих, як у конструкційних сталей). Легуючі елементи і їхня кількість маркується так само, як і для конструкційних. Якщо марка інструментальної сталі починається з літери, а не з цифри, то ця сталь має не менше 1% вуглецю (до 2%).

Інструментальні вуглецеві сталі маркуються У7, У8, ... У13. Цифри відповідають кількості вуглецю у десятих долях відсотка.

Леговані сталі і н ш о г о п р и з н а ч е н н я: якщо перед маркою стоїть «0» - це відповідає вмісту вуглецю до 0,08%, якщо немає першої цифри – вміст вуглецю в сталі до 0,12%.

Вплив легуючих елементів і їх комбінацій на властивості сталі – це цілий розділ в металознавстві. Для загального орієнтування наводжу основні легуючі елементи і ті властивості сталі, які вони підвищують.

- Марганець, вольфрам, хром – міцність і зносостійкість;
- нікель – межу стомлюваності;
- кремній – міцність і пружність;
- ванадій – міцність і ударну в'язкість.

Дуже важлива класифікація сталей за структурою.

Існує п'ять різних класів.

- Перлітний клас, найбільш поширений. Це більшість низьковуглецевих і середньовуглецевих сталей.
- Аустенітний клас: сталі леговані нікелем і марганцем (до 30%), які знижують точки фазових перетворень A_{c1} і A_{c3} .
- Ферітний клас: низьковуглецеві сталі, леговані хромом і кремнієм (до 30%), які підвищують температури фазових перетворень A_{c1} і A_{c3} .
- Мартенситний клас: високовуглецеві і високолеговані сталі.
- Карбідний клас: високовуглецеві і високолеговані сталі хромом, вольфрамом і ванадієм, які утворюють карбіди.

Окрім чорних сплавів штампують викови і з кольорових металів і сплавів. Найбільш поширені сплави на основі алюмінія. Їх питома вага близько $2,7 \text{ г/см}^3$, межа міцності біля 45 кг/мм^2 .

Сплави магнію широко використовуються в двигунах літаків тощо. Питома вага всього $1,8 \text{ г/см}^3$, а міцність біля 35 кг/мм^2 .

Сплави міді: латуні (сплав міді з цинком), питома вага $8,9 \text{ г/см}^3$, міцність близько 55 кг/мм^2 ; бронзи (сплави міді з іншими металами), міцність до 60 кг/мм^2 .

Дуже цікаві і перспективні (свого часу це були засекречені стратегічні матеріали) сплави титану. При питомій вазі $4,5 \text{ г/см}^3$ і температурі плавлення 1725° мають межу міцності біля 70 кг/мм^2 , а леговані - до 120 кг/мм^2 .

В основному для військової, космічної та іншої спеціальної техніки штампують деталі з хрому (жароміцні і жаростійкі вироби), берилію (акустичні прилади і ядерна енергетика), ніобію (жароміцні і корозійностійкі вироби), молібдену (сопла ракет), танталу (ракетна і вакуумна техніка), вольфраму (сопла ракет) тощо.

2.2. Форми і розміри заготівок.

Для кування основний вид заготівок – це зливки масою від 200 кг до 350 т.

Співвідношення довжини зливка до його поперечного розміру 2:1. Для кування виробів з подовженою віссю (вали, штанги, пластини, важелі

тощо) використовують зливки подовженої форми зі співвідношенням довжини до поперечного розміру $4 \div 5$, щоб менше витратити часу і енергії під час кування.

Для кування порожнистих виробів (силових циліндрів, товстостінних труб тощо) використовують зливки трубчастої форми, які завдяки кращим умовам кристалізації (відведення тепла і зі сторони отвору) мають кращу структуру. До того ж непотрібна енергоємна операція прошивання викову.

Перед куванням зливки ретельно оглядають. Виявлені поверхневі дефекти, які можуть стати концентраторами напруги під час деформування і призвести до руйнування зливків, видаляються за допомогою пневмозубил, абразивною або вогневою зачисткою (газовою горілкою розігрівається поверхневий дефект до температури плавлення і здувається з поверхні). Щоб запобігти утворенню флокенів (внутрішніх тріщин, які не заварюються під час деформації і можуть призвести до руйнування виробів), зливки з флокеночутливих сталей перед вогневою зачисткою підігрівають до $180 \div 450^{\circ}\text{C}$.

Зливки з інструментальної і високолегованих сталей для видалення поверхневих дефектів обточують («обдирають») на спеціальних обдирних верстатах.

Заготівками для кування можуть бути блюми – це обтиснені болванки з перерізом 140×140 до 450×450 (мм), заготівки з безперервного розливу сталі розмірами від 80×80 до 400×500 і довжиною від 2,5 до 12 м.

Для штампування основним видом заготовок є прокат:

- круглого перерізу діаметром від 9 до 250 мм (калібрований, тобто з підвищеною точністю розмірів до 100 мм);
- квадратного перерізу з розмірами від 6×6 до 250×250 мм;
- штаби з розмірами від 4×11 до 60×200 мм;
- труби безшовні з різним співвідношенням діаметрів;
- профільний прокат;
- періодичний прокат (спеціальні заготівки для певних виковів, переріз яких вздовж осі змінюється).

Довжина прокату від 2 до 10 м. Мірні заготівки, тобто певної замовленої

довжини, поставляються з доплатою до вартості 15%.

Можливі дефекти прокату – волосовими, пліви, дряпини – видаляються абразивами або вирубуються пневмозубилами.

Співвідношення вартості заготовок: якщо вартість блюму прийняти за 100%, то вартість прокату – 125%, каліброваного прокату – 140%, а періодичного прокату – 200%.

Заготівки з кольорових металів можуть бути у вигляді зливків або пресованих напівфабрикатів різного поперечного перерізу.

2.3. Розроблення вихідних матеріалів.

При куванні, оскільки це індивідуальне чи дрібносерійне виробництво, зливки чи прокат розроблюються на заготовки безпосередньо під час кування операціями відрубування чи розрубування.

При штампуванні, оскільки це серійне чи масове виробництво, операції розроблення на заготовки виконуються окремо на спеціальному устаткуванні в окремих відділеннях чи то цехах.

Основні види розроблення прокату на заготовки:

- різання на прес-ножицях і в штампах;
- ламання на холодноламах;
- різання пилами, на відрізних верстатах, абразивами, газове, плазмове, електроіскрове, лазерне.

2.3.1. Різання на прес-ножицях.

Це найбільш поширений спосіб розроблення прокату на заготовки. Розробляють штанги діаметром від 15 до 300 мм. Якщо сталі мають межу міцності більше 60 кг/мм² або діаметр більший за 150 мм, різання виконується з підігріванням штанг до температур 450 ÷ 550°C. Сталі підігріваються не стільки для зниження опору різання, скільки для підвищення пластичності, щоб забезпечити якісний зріз. Без підігрівання під час різання і навіть після нього (за кілька годин!) на торцях у місті відколу можуть з'являтися тріщини. Їх небезпечність у тому, що вони можуть бути концентраторами напруги у відштампованому виробі під час його експлуатації.

Для якісного різання м'які низько-вуглецеві сталі також підігрівають, але з метою зменшення ступеню пластичної деформації (щоб коло не зминалося під ножами і не перетворювалося б в еліпс). Їх підігрівають до температури синьоламкості – близько 250°C. При цьому знижується пластичність, матеріал стає більш крихким і відповідно зменшується ступінь його пластичної деформації під ножами.

Продуктивність різання прокату на прес-ножицях від 200 до 1000 заготовок за годину.

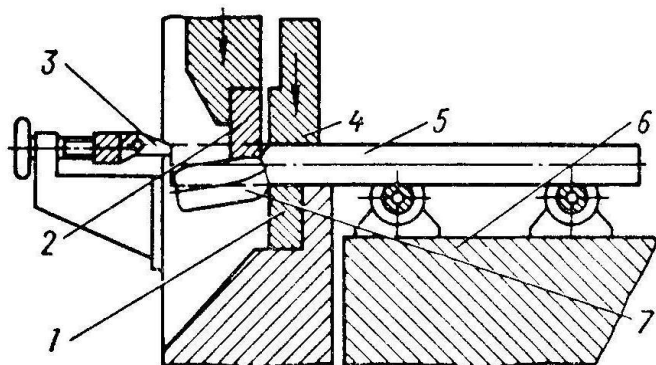


Рис 2.1 Схема прес-ножиць:

- 1 – нижній ніж, 2 – верхній ніж, 3 – упор, 4 – притискач, 5 – пруток, 6 – станина з рольгангом, 7 – відрізана заготовка

Прес-ножиці (з робочими зусиллями від 40 тс до 1600 тс, рис. 2.1) – це кривошипні машини. До поковзня кріпиться рухомий ніж втулкової чи напіввтулкової форми (2). Як правило, машини середньої і високої потужності мають приводні чи не приводні рольганги, по яких штанга

прокату (5) подається в зону різання до упору (3). Відрізані заготовки (7) по ковзалу потрапляють у тару.

Щоб під час різання крутний момент сил різання не піднімав би штангу і не збільшувалась би косина торців у місті зрізу, передбачений притиск.

Найкоротша заготовка, яку можна відрізати на прес-ножицях, має співвідношення довжини до діаметра (L/D) не менше 1,2.

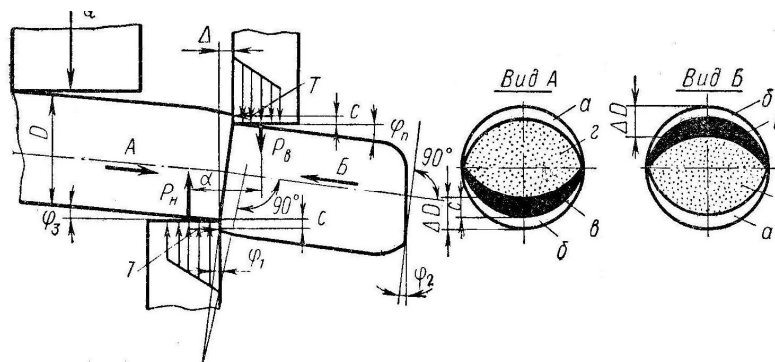


Рис 2.2. Схема різання:

а – зона зминання, б – зона утягування, в – зона зрізування,
г – зона відколу

Фізика процесу різання така (рис 2.2): верхній ніж натискає на частину заготовки, яка буде відрізана, відгинає її, зминаючи трохи контактні поверхні під нижнім і верхнім ножами. Сусідня ділянка металу утягується, утворюючи утяжину. Коефіцієнт зминання (відношення величини зім'ятого елемента до діаметра штанги) у межах $0,15 \div 0,2$. Притискач утримує штангу від повороту, тому кут α_1 завжди менший кута відгину α_2 .

Рухаючись донизу, верхній ніж ріже метал доти, доки, завдяки концентрації напруг біля крайок верхнього і нижнього ножів, не виникнуть тріщини, що йдуть назустріч одна одній, і заготовка не відколеться від прутка. Тріщини сходяться лише у випадку потрібної (оптимальної) величини зазору між ножами.

Якщо зазор цей менший оптимального, то тріщини заходять одна за одну і з'являється третя тріщина, яка з'єднує кінці двох попередніх, а на поверхнях відколу з'являються так звані козирки (тріщини йдуть у тіло торців заготовки і штанги), які при штампуванні можуть утворити затиски на поверхні виковів, що, звичайно, не бажано (Рис. 2.3, а).

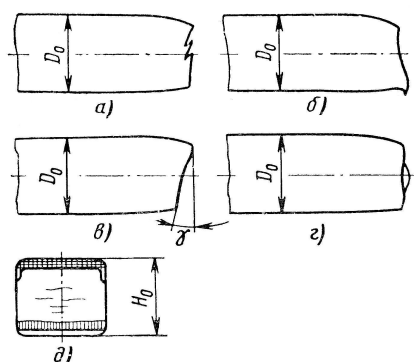


Рис 2.3 Неякісні торці після різання на пресножицях:

а – козирки на торцях (зазор менше оптимального), б – утяжина і завусень (зазор більший за оптимальний),
в – підвищений скіс (недостатня сила прижиму), г – вириг (малопластична сталь),
д – торцеві тріщини вздовж осі (недостатньо нагріта малопластична сталь)

Якщо зазор більший за оптимальний, зріз матиме великі утяжини і навіть завусні, тобто торець буде деформованим, що може заважати розміщенню заготовки на штампі перед осаджуванням (рис 2.3, б).

Підвищена величина скосу (кут) утворюється, якщо недостатня сила притиску (рис.2.3, в). Якщо матеріал малопластичний, то на місці сколу можуть утворюватись вириви (рис 2.3, г).

Під час різання недостатньо прогрітої малопластичної (легованої) сталі у зоні сколу можуть утворюватись тріщини, які йдуть вздовж осі паралельно робочим поверхням ножів (рис.2.3, д).

Відношення величини зрізу до діаметру заготовки ($\Delta D/D$) залежить від механічних властивостей металу і коливається у межах від 0,4 для м'яких пластичних сталей і до 0,15 – для пружинних сталей.

Тому оптимальний зазор (щоб зійшлися тріщини, що йдуть від ріжучих країв верхнього і нижнього ножів) для м'яких сталей має бути меншим, а для твердих більшим. Практично оптимальний зазор вибирається у межах $(2 \div 4)\%$ від товщини матеріалу чи діаметра штанги. На рис 2.1(вид А, вид Б) зображено види торців відрізаної заготовки (А) і штанги (Б): зони зминання, зрізування, відколу і утяжини.

Зусилля різання розраховується:

$$P = i\sigma_b F, \text{ де}$$

i – коефіцієнт для сталі у межах $0,6 \div 0,9$,

σ_b – межа міцності при розтягуванні при температурі різання (кг/мм^2),

F – площа перерізу штанги (мм^2).

За розрахованим зусиллям вибирають найближчі більші за тоннажем прес-ножиці зі стандартного ряду від 40 тс до 1600 тс.

У технічних характеристиках прес-ножиць вказують максимальний діаметр матеріалу (з межею міцності 45 кг/мм^2), який можна на них розрізати. Якщо матеріал має іншу межу міцності (σ_b), максимальний діаметр можна перерахувати так:

$$d_{\text{макс}} = \sqrt{45/\sigma_b}$$

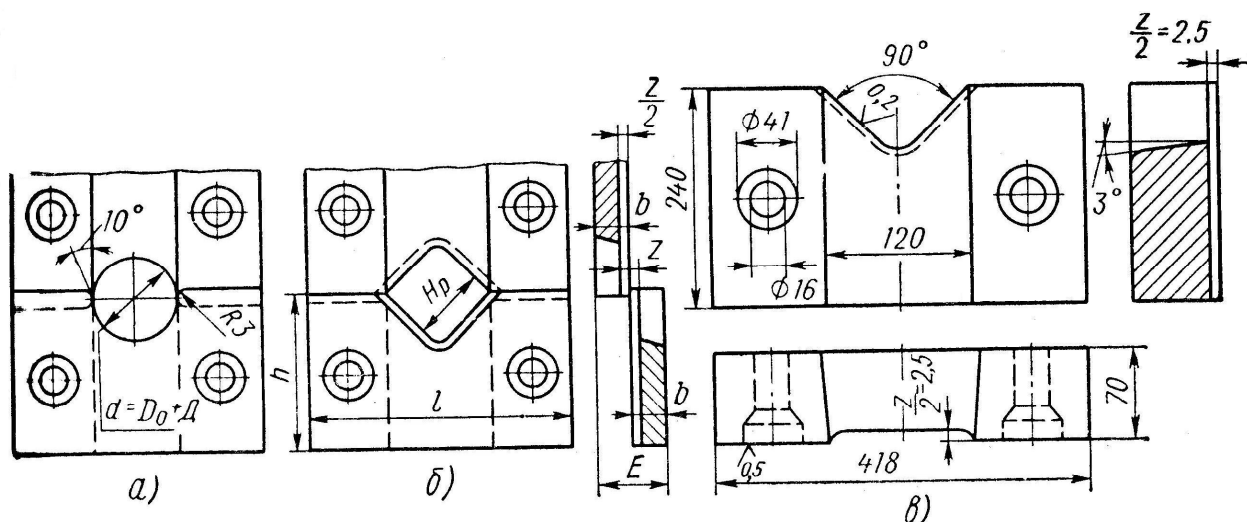


Рис. 2.4. Ножі прес-ножиць у робочому положенні:
а – для круглих прутків, б – для прутків квадратного перерізу,
в – для ножиць 4,4 Мн

Інструмент прес-ножиць – ножі – найчастіше відкриті суцільні напіввтулкові (рис.2.4). Корпуси ножів тісно прилягають одне до одного, а потрібна величина зазору забезпечується спеціальними виборками глибиною у половину потрібного зазору ($z/2$) на кожному ножі (рис 1.5)

На рис. рис. 2.5 наведена класифікація основних конструкцій ножів: одно ручаєві, які використовуються в масовому і крупносерійному виробництві: суцільні, зі вставками і складені. Вставки виготовляються з високоякісної інструментальної сталі, у разі потреби їх легко міняти. Складені простіше виготовляти. Багаторучаєві ножі використовуються в дрібносерійному виробництві, щоб, не міняючи ножів, можна було би різати різні профілі і розміри (рис. 2.6).

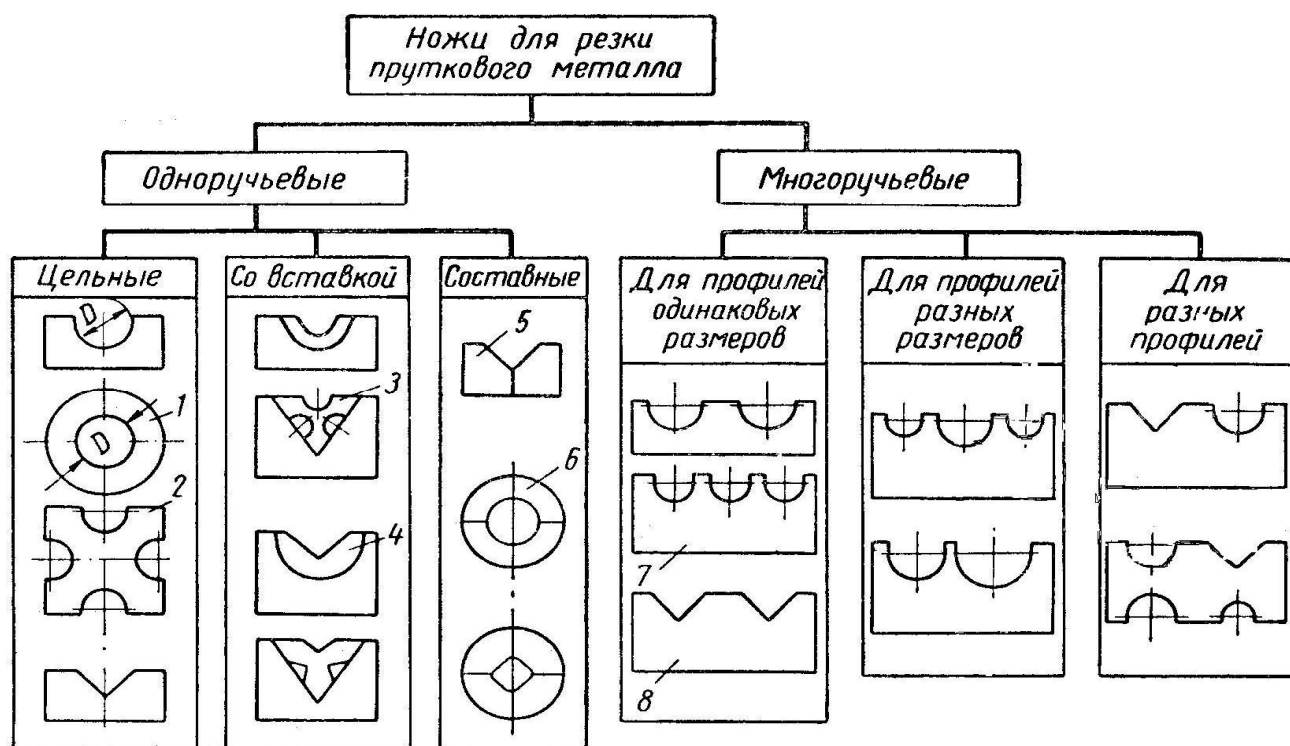


Рис 2.5. Класифікація ножів

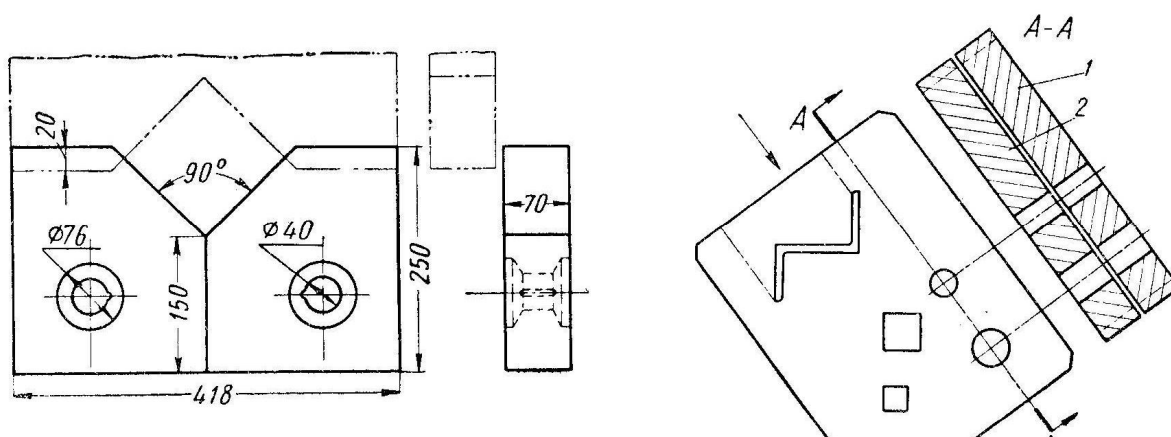


Рис 2.6. Складений і багаторучаєвий ножі:

а - складений ніж для різання квадрату по діагоналі (ножиці 150 мм),
б - багато ручаєвий закритий ніж: 1 – нерухомий ніж, 2 – рухомий ніж

Ширина ножів має бути такою, щоб матеріал, який розрізають, не зминався би під ножами.

Матеріали ножів: У8А, У10А, 6ХС, 9ХС, 7ХЗ. Для різання сталей підвищеної міцності ножі виготовляють зі сталей Х6ВФ, Х12М, для різання міцних сталей 6Х6ВЗМФС.

Точність розроблення по об'єму складає в середньому $(5\div 6)\%$, а під час різання заготовок малих діаметрів – до $(13\div 17)\%$. Оскільки точне штампування потребує підвищеної точності заготовок по об'єму $(1,5\div 2,5)\%$, то для їх розроблення використовується або вагове дозування, або заготовки ріжуть пилами чи лазером.

2.3.2. Різання в штампах.

Процес різання в штампах з фізичної точки зору нічим не відрізняється від різання на прес-ножицях. Інструмент – штамп для різання – може бути встановлений на будь-який механічний чи гідравлічний прес. Як правило, в штампах ріжуться прутки діаметром до 40 мм. На рис 2.7 представлено типову конструкцію штампу для різання заготовок.

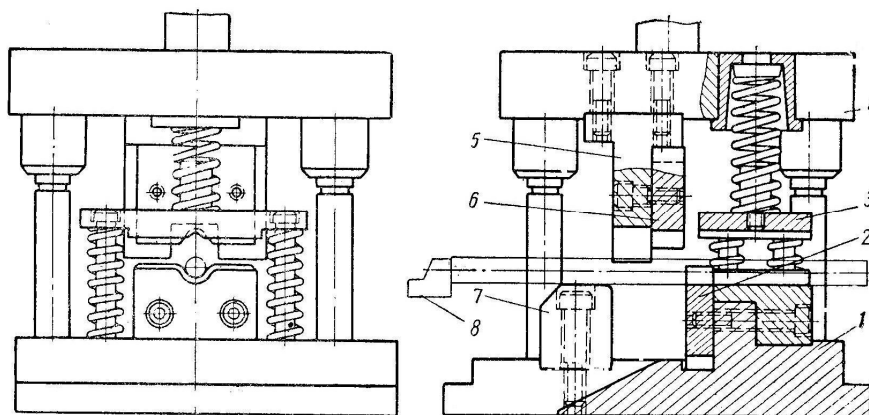


Рис. 2.7. Одноопорний штамп для різання пруткових заготовок:
1 – нижня плита, 2 – нижній ніж, 3 – планка притискача, 4 – верхня плита,
5 – тримач, 6 – верхній ніж, 7 – противідтискач, 8 – упор

Пруток подається до упору. Під час робочого ходу планка притискача притискає його, після чого ніж відрізає заготовку і вона падає. Нижні пружини повертають притискач вихідне положення.

у

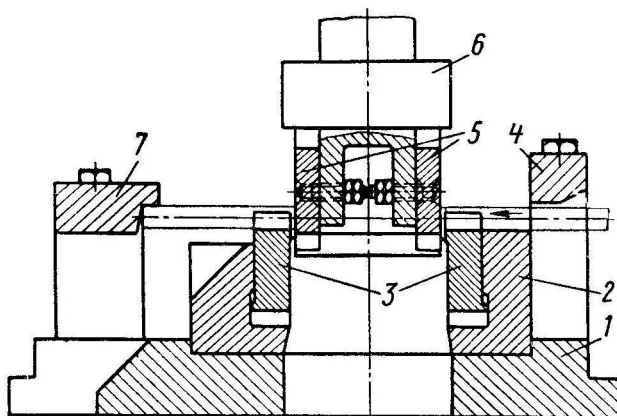


Рис 2.8 Двоопорний штамп для одночасного відрізування двох заготовок:

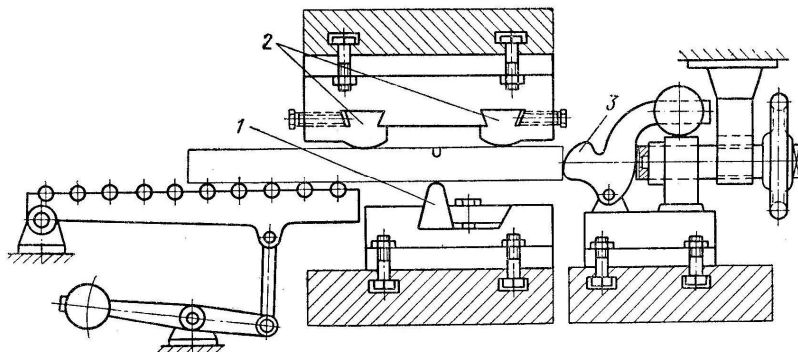
1 – нижня плита, 2 – тримач нижніх ножів, 3 – нижні ножі, 4 – скоба направлення, 5 – верхні ножі, 6 – тримач верхніх ножів, 7 – упор

На рис. 2.8 двоопорний штамп, на якому за один

робочий хід відрізаються дві заготовки.

2.3.3. Ламання в штампах-холодноломах.

Цей спосіб використовують, в основному, для розроблення на заготівки штанг діаметром $100 \div 150$ мм, найчастіше із міцної вуглецевої чи легованої сталі. Штмп складається з трьох елементів (рис. 2.8): ножа (1), що кріпиться, як правило, до столу преса, і двох опор (2), що кріпляться до поковзня пресу.



2.9. Ламання на холодноломах:

1 – нижня опора, 2 – верхні опори, 3 – упор, 4 – рольганг, що качається

Пруток розмічують за розмірами потрібних заготовок і надрізають дисковою пилкою чи ножовкою, газовим різакон чи лазерним пристроєм на глибину $h = (1 \div 2) \sqrt[3]{d}$, де d – діаметр прутка, який розрізується.

Пруток укладають надрізом навпроти ножа. Під час робочого ходу преса надріз є концентратором напружень. Напруження біля надрізу складає

$$\sigma_{\max} = \sigma \sqrt[2h]{a},$$

де σ – напруження, яке виникло би в прутку без впливу надрізу як концентратора,

h – глибина розмітного надрізу,

a – ширина надрізу.

Звідси видно, що чим глибший і вужчий надріз, тим більше напруження біля концентратора. Саме тому при робочому ході лише $(5 \div 10)\% d$ у місці надрізу з'являється тріщина і (зі швидкістю 1000 м/с) пруток розламується. На торцях злому видно структуру металу.

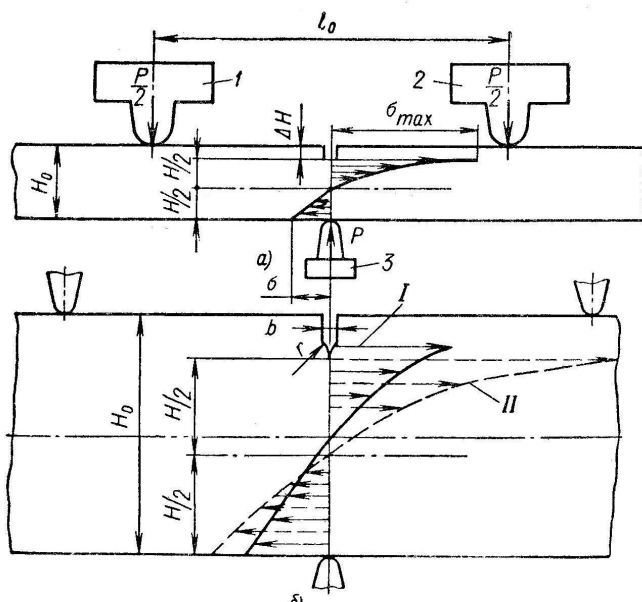


Рис 2.10. Схема концентрації напружень при ламанні на холодноломі:

епюра напружень 1 – на початку робочого ходу, 2 – в кінці

Потрібне робоче зусилля:

$$P = \sigma_b 0,4 d^3 / L_0,$$

Де L_0 – відстань між опорами (рис. 2.8).

Співвідношення довжини заготівки до діаметру, як і при різанні на прес-ножицях, не може

бути меншим за 1,2.

Штампи-холодноломи можуть встановлюватись на будь-які кривошипні чи гідравлічні преси.

Основні переваги ламання в штампах-холодноламах: простота способу і його низька енергомісткість, простота, універсальність і довговічність інструменту, відсутність відходів і можливість контролювати структуру металу на місті зламу.

Негативні риси способу: неможливість розробляти пластичні матеріали, труби і профілі, потреба в операції попереднього розмічування і надрізування, невисока точність і підвищений рівень небезпеки під час відламування.

2.3.4. Різання пилами.

Для відрізування коротких заготовок (із співвідношенням $L/d < 1,2$), для отримання перпендикулярного торця і підвищеної точності заготовки використовують різання пилами.

Для розроблення на заготовки використовуються три види пил: зубчасті, гладкі і електромеханічні.

Зубчасті пили – дискові, стрічкові і ножівочні – розрізають метал, утворюючи стружку.

Дискові можуть мати діаметр диску від 300 до 2000 мм, товщина диску, яка визначає величину пропилу, а значить і втрати металу, складає від 2 до 15 мм в залежності від його діаметру. Швидкість різання для чорних металів $10 \div 30$ м/хв., для кольорових $15 \div 35$ м/хв.

Більш продуктивні стрічкові пили, швидкість різання на яких $10 \div 240$ м/хв.

Ножівочні пили використовуються, як правило, у дрібносерійному виробництві.

Гладкі або фрікційні пили. Інструмент – диски гладкі або з прямокутними зубцями, виготовлені із в'язких низьковуглецевих сталей або із високо вуглецевих У7А чи У8А, обертаються зі швидкістю від 15 до 140 м/сек і подачею $1 \div 3,5$ мм/сек. У місці контакту диску зі штангою завдяки тертю метал розігрівається аж до температур у сотні градусів, розм'якшується і механічно виноситься із зони прорізу. Диск може охолоджуватись водою або емульсією. Добре ріжуться сталі, леговані вольфрамом, молібденом, нікелем, хромом і кремнієм.

Продуктивність різання вище ніж на зубчатих пилах у $3 \div 4$ рази. Спосіб використовується також для різання труб і фасонного прокату (швелери, кути, таври тощо).

До позитивних сторін цього способу варто віднести високу продуктивність, дешевизну інструменту і простоту устаткування. До негативних – дуже різкий шум, напливи на торцях і, для певних марок сталей, можливість їх поверхневого загартування.

Електромеханічні пили (анодно-механічні) є певним розвитком ідеї пилок тертя. До диску підводиться електричний струм напругою 20 вольт і силою струму біля 1000 ампер, який, проходячи через контакт між диском і штангою, сприяє інтенсивному розігріванню зони контакту, що дозволяє

зменшити число обертів до 2200 за хвилину. При цьому значно зменшується шум, зменшується питоме зусилля переміщення диску, продуктивність збільшується у кілька разів. Ширина прорізу біля 3 мм. Трохи зменшується чистота поверхні і завдяки потужнішому тепловому впливу можлива часткова зміна структури металу на торцях.

2.3.5. Різання на токарно-відрізних верстатах.

Цей спосіб застосовується в одиничному і дрібносерійному виробництві для відрізування точних, коротких заготовок із перпендикулярним торцем з прутків і труб. Негативні особливості процесу – низька продуктивність (1÷3 хвилини на одну заготовку), чималі відходи в стружку і значний розхід інструменту (різців).

2.3.6. Різання абразивними кругами.

Тверді і високоміцні сталі (прутки діаметром до 20 мм і труби діаметром до 600 мм) ріжуться абразивними кругами діаметром від 300 до 600 мм і товщиною від 0,5 до 4 мм зі швидкістю 30÷100 м/с. Різання точне, гарантує якісну поверхню зрізу, відносно продуктивне. Негативні риси: шум, пил, чимала витрата кругів і значні пропили – близько 1% від діаметра абразивного круга.

2.3.7. Плазменно-дугове різання.

Трубчасті і суцільні заготовки із міцних сталей, міді і алюмінію діаметром до 300 мм ріжуть струменем плазми (іонізований азот, аргон, водень або їхня суміш) з температурою (10÷30 000)°C. Спосіб економічний, але чималі втрати металу на пропили.

2.3.8. Лазерне різання.

Когерентне монохроматичне світло розплавляє і випаровує метал. Не потрібні ніякі інструменти, немає механічного тиску і деформації, практично без шуму. Величина прорізи 0,1-0,4 мм. Точність різання 0,05 мм. Термічний вплив лише 0,1 – 0,2 мм. Висока продуктивність, хороша поверхня зрізу.

2.4. Розкрійний коефіцієнт та норма розходу

Втрати металу під час розроблення штанг на заготовки оцінюється розкрійним коефіцієнтом:

$$K_{\text{роз}} = L_{\text{кор}} / L_{\text{розр уніф}} < 1, \text{ де}$$

$L_{\text{розр. уніф}}$ – розрахункова уніфікована довжина прокату, в залежності від перерізу і розміру коливається від 2,5 до 7,0 м.

Корисна довжина $L_{\text{кор}}$ – це уніфікована довжина мінус сума усіх втрат металу під час розроблення, а саме:

- торцеві обрізки біля 0,5d – відрізається «завалена» (зменшеного діаметру) частина прутка на торцях штанги;
- неkratність $L_{\text{заг}}/2$ – половина довжини заготовки;
- відходи на прорізку – залежать від способу і параметрів розроблення;
- затисний кінець – має бути не менше опорної бази прес-ножиць.

Норма розходу: $N = Q_{\text{заг}}/K_{\text{роз}}$, де
 $Q_{\text{заг}}$ – маса заготовки.

Норма розходу є вихідним значенням для розрахунку потрібної кількості металу для виконання виробничої програми з виготовлення певного викову чи викових.

Розділ 3

Термомеханічні режими кування і гарячого штампування

3.1. Вплив нагрівання на властивості металу

Під час нагрівання збільшуються амплітуди температурних коливань атомів, що призводить до полегшення пластичної деформації зерен (механізм – ковзання і двійникування) і міжкристалічної деформації: при підвищенні температури спочатку розм'якшується міжкристалітна речовина (вона кристалізувалася при нижчих температурах, ніж самі зерна, тому раніше розм'якшується), тому і полегшується взаємне переміщення зерен відносно одне одного. Тому з підвищенням температури металу опір деформації зменшується. Але це функція не монотонна, і кожен сплав має свої закономірності впливу температури на опір деформації.

Як правило, для більшості металів з підвищенням температури знижується міцність (опір деформації) і збільшується їх пластичність. (Пластичність – здатність матеріалу пластично деформуватися без руйнування), але є і винятки: так у чавуна падають і міцність, і пластичність. Ці закономірності для кожного сплаву свої.

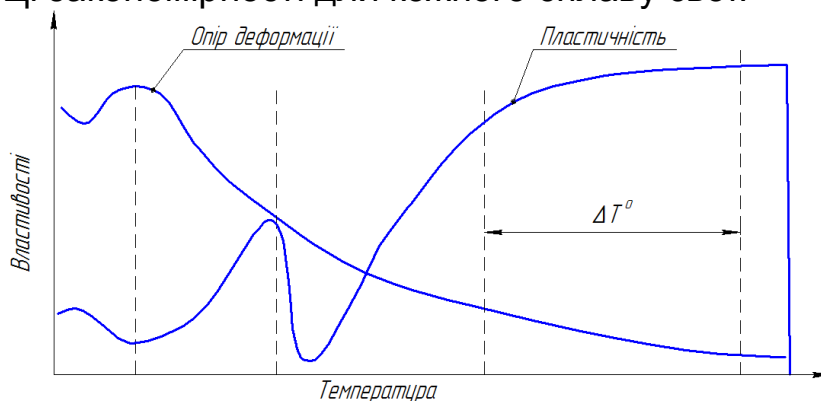


Рис. 3.1. Діаграма зміни пластичності і опору деформації в залежності від температури (сталь)

Як видно з діаграми (рис.3.1), показники пластичності при температурі синьоламкості (200÷400)°С і червоноламкості (при температурах фазових перетворень) падають, потім знов підвищуються і при температурі перепалу різко падають до нуля. Перепал – це окислення і оплавлення міжкристалітної речовини і поверхонь зерен. При цьому зникає зв'язок між зернами, метал втрачає опір і розсипається на окремі зерна, як мокрий цукор-рафінад.

Показник опору деформації трохи збільшується при температурі синьоламкості, а потім падає, асимптотично наближаючись до нуля.

При нагріванні до температур близьких до температур плавлення відбувається таке явище як перепал: міжзеренна речовина розм'якшується, частково окислюється і оплавлюється. При цьому практично зникає зв'язок між зернами, опір деформації різко падає і метал розсипається, як мокрий цукор рафінад (можна навіть побачити зерна).

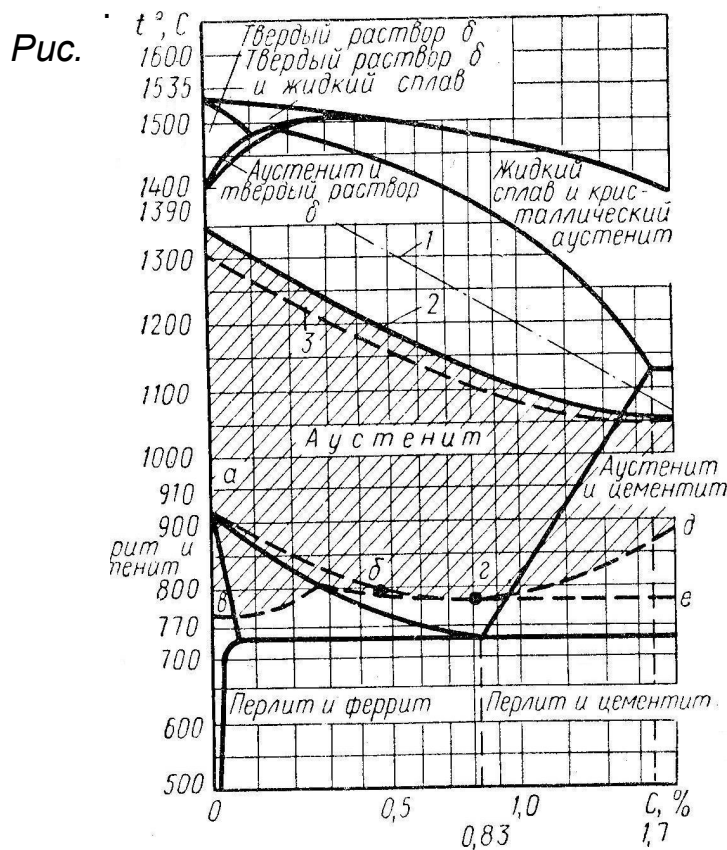
При температурах градусів на $50 \div 100$ нижчих за температуру перепалу відбувається перегрів сталі: це коагуляція (об'єднання) зерен у великі конгломерати. При цьому, як правило, зменшуються пластичність і механічні властивості металів. Перегріта сталь вважається браком, який можна виправити відпалюванням (рекристалізацією). Але якщо у перегрітій сталі між зернами виділяється неметалева складова – скловидна фаза, яку видно на шліфах при травленні (шліф має вигляд «крокодилової шкіри»), такий брак виправити не можна.

Температури перегріву і перепалу залежать від хімічного складу сталі, а також від швидкості нагрівання: що вища швидкість нагрівання, то вищі і ці температури, тому що і перегрів, і перепал – це температурно-часові процеси, тобто залежать і від температури, і від часу.

3.2. Допустимі та технологічні температури кування і штампування.

Визначення температурних інтервалів кування розробив російський вчений-металург Д.К.Чернов у 1868 році.

Допустимий інтервал – це інтервал температур, при яких матеріал має достатньо низький опір деформації і достатню пластичність для виготовлення якісного вихову.



3.2. Діаграма стану залізовуглецевих сталей і інтервали температур кування:
 верхня межа допустимого інтервалу: 1 – при швидкісному нагріванні,
 2 – для зливоків, 3 – для пруткових заготовок, а, б, в – нижня межа допустимого інтервалу для доевтектоїдних сталей, г, д, е – для заевтектоїдних сталей

Визначається допустимий інтервал властивостями матеріалу, з якого кують чи штамнують вихов. Верхня межа допустимого температурного інтервалу для всіх сталей призначається дещо нижче (градусів на 50)

температури перегріву.

Нижня межа для **доевтектоїдних** сталей (які мають вміст вуглецю до 0,83%) призначається трохи вище температур фазових перетворень (лінія Ar_3 на діаграмі «залізо – вуглець»). Завжди позначається вказівкою «не нижче». Деформування нижче вказаної температури у двофазовій зоні призводить до наклепування, зміцнення, втрати пластичності і утворення вторинної смугастої структури, що вкрай не бажано.

Це не стосується низьковуглецевих сталей, бо вони мають високу пластичність і зона двох фаз для них досить вузька.

Для **заевтектоїдних** сталей (які мають вміст вуглецю від 0,83% до 1,7%) нижня межа призначається нижчою температури цементитного перетворення.

Визначаючи цю межу інтервалу, пишуть “не вище”. При температурах нижчих цементитного перетворення структура досить крихка: зерна покриті твердими і крихкими цементитними оболонками, що знижує пластичні властивості матеріалу, тобто погіршує його якість.

Оскільки при пластичній деформації руйнуються крихкі цементитні оболонки зерен, тобто покращуються властивості металу, нижня межа температурного інтервалу призначається нижче температури цементитного перетворення, щоб завжди гарантувати високу якість.

Після закінчення процесу кування чи штампування, оскільки температура закінчення процесу досить висока, зерна продовжують рости. Для чорних металів, які мають фазові перетворювання, ці зерна подрібнюються під час обов'язкової термообробки – відпалювання.

Але є сплави, які не мають аналогічних фазових перетворень і їх зерно не може бути таким чином подрібнене. Для них нижня межа температурного інтервалу кування і штампування призначається такою, щоб зерно не встигало значно вирости і погіршити властивості, і в той же час щоб не було значного зміцнення (“наклепування”).

Технологічний інтервал температур кування і штампування – це інтервал температур, при якому кується чи штампується конкретний вивок. Безумовно, він має бути в межах допустимого температурного інтервалу.

Величина технологічного температурного інтервалу залежить від

- інтенсивності охолодження і
- часу оброблення, який складається з часу деформування і відповідних маніпуляцій з вивком.

В свою чергу інтенсивність охолодження визначається перепадом температур вивку і повітря в цеху (як правило, різниця ця невелика і залежить від пори року і умов праці в цеху), а також від форми вивку: що більше відношення площі поверхні вивку до його об'єму, тим інтенсивність охолодження вища.

Час обробки залежить від:

- складності вивку;
- швидкості устаткування;
- механізації маніпулювання;
- кваліфікації коваля.

Знаючи час кування чи штампування, виходячи з залежності Доброхотова, можна орієнтовно розрахувати, на скільки градусів охолоне виков за цей час, тобто визначити абсолютну величину технологічного температурного інтервалу виготовлення конкретного викову.

$$\Delta T_{\text{техн}} = \frac{C}{0,006 H_{\text{пр}}}, \text{ де}$$

C – час виготовлення викову (сек),

$H_{\text{пр}}$ – приведена висота викову, яка визначається як об'єм викову ($V_{\text{вик}}$), поділений на площу проекції викову на площину роз'єму штампу ($F_{\text{вик}}$) (мм):

$$H_{\text{пр}} = V_{\text{вик}} / F_{\text{вик}}$$

Якщо розрахункова величина технологічного інтервалу більше допустимого інтервалу, то передбачається додаткове підігрівання викову.

Якщо величина технологічного інтервалу менше допустимого (при штампуванні це майже завжди так), то треба визначити, де краще розташувати технологічний інтервал в межах допустимого: біля верхньої межі, біля нижньої межі чи посередині.

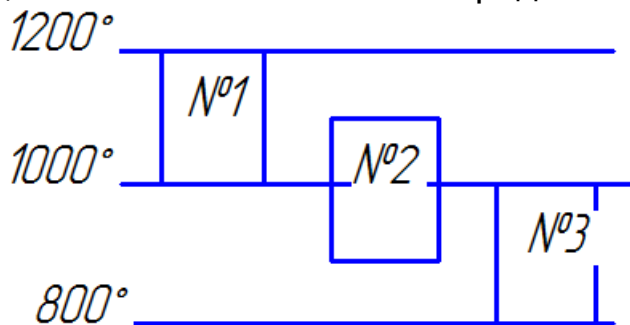


Рис. 3.3. Співвідношення допустимого і технологічного інтервалів

Наприклад, допустимий інтервал для сталі викову 400°C,

а розрахункова величина технологічного температурного інтервалу 200 °C. У цьому випадку можливі кілька варіантів призначення технологічного, скажімо: 1200° – 1000°, 1100° – 900° і 1000° - 800°. Розглянемо плюси і мінуси двох граничних варіантів: біля нижньої межі допустимого і біля верхньої.

Якщо вибираємо технологічний інтервал біля нижньої межі 1000° - 800°, то:

1. менше часу на нагрівання і менші витрати енергії;
2. менше втрати металу на вигар і менший шар знеуглецьованого металу;
3. менший розмір зерна після штампування.

Але негативні сторони:

- високий опір деформації (у порівнянні із температурою кінця штампування 1000° удвічі вищий, тобто потрібно удвічі потужніше устаткування для штампування);
- інтенсивніше зношується штамп, оскільки зношування пропорційно силі тертя, а вона пропорційна робочому зусиллю.

Якщо ж ми вибираємо технологічний інтервал температур біля верхньої межі (у нашому прикладі 1200° – 1000°), то плюси і мінуси поміняються місцями: потрібно буде менш потужне устаткування, менше зношуватиметься штамп, але буде більшим час нагрівання, більше витрата енергії на нагрівання, крупнішим буде зерно, більше буде окалини і товстіше шар знеуглецьованого металу.

Через це технологічний інтервал кування чи штампування для кожної деталі вибирається окремо із урахуванням конкретних можливостей і вимог виробництва.

Після кування і штампування усі викови обов'язково підлягають термообробці для:

- вирівнювання структури металу по усьому об'єму викову;
- подрібнення зерен;
- зняття залишкових напружень.

Для орієнтації – наводжу допустимі інтервали температур кування і штампування деяких металів і сплавів. Зверніть увагу: що більше вуглецю і легуючих елементів у сталі, тим вужчий допустимий інтервал.

Т а б л и ц я 3.1.

Допустимі інтервали температур кування і штампування

Матеріал	Допустимий інтервал	Абсол. величина $\Delta T_{\text{доп}}$
Сталь 10,15	1300 ° - 700 °C	600 °C
Сталь 40Г2	1200 ° - 800 °C	400 °C
Сталь 4Х14Н14В2М	1160 ° - 870 °C	290 °C
Сталь У11, У13	1100 ° - 890 °C	210 °C
Сталь Р9, Р18	1150 ° - 975 °C	175 °C
Латунь Л68	900 ° - 650 °C	250 °C
Бронза Бр ОЦ 4-3	920 ° - 800 °C	120 °C
Алюмінієвий сплав Д6	460 ° - 380 °C	80 °C
Магнієвий сплав МА 5	370 ° - 320 °C	50 °C

3.3. Температурно – швидкісні режими деформації

Під час деформації нагрітого металу у ньому одночасно відбуваються протилежні процеси: зміцнення («накльопування») та відпочинок і рекристалізація. В залежності від того, які з цих процесів переважають, розрізняють чотири види деформації: холодна (метал тільки зміцнюється), неповна холодна (метал зміцнюється, але присутні і процеси відпочинку), неповна гаряча (метал відпочиває і частково рекристалізується), гаряча (метал зовсім не зміцнюється, проходить повна рекристалізація).

Таким чином, вид деформації залежить не тільки від температури, а і від властивостей самого матеріалу і швидкості його деформування. (Деформація свинцю при кімнатній температурі – гаряча.)

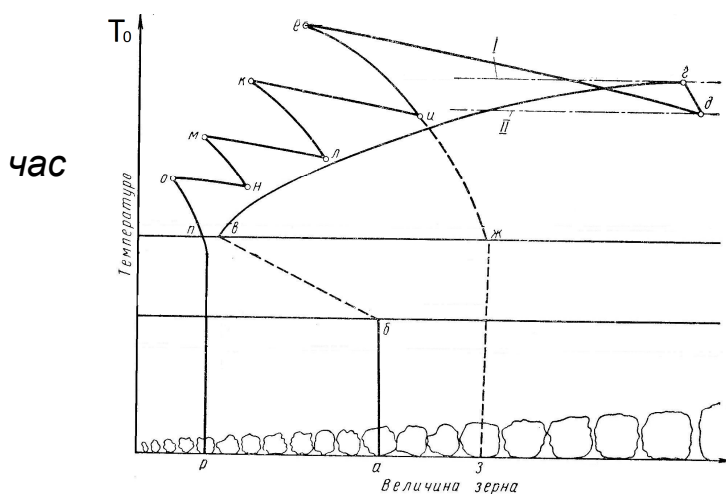
Деякі сплави алюмінію і магнію мають низьку швидкість рекристалізації, тому кувати і штампувати їх можна лише на гідравлічних пресах, швидкість деформування на яких в межах кількох міліметрів за хвилину, а не на молотах, де швидкість деформування 6÷7 метрів за секунду. Матеріал не встигає рекристалізуватися, зміцнюється, втрачає пластичність і виков може зруйнуватися.

3.4. Зміна структури при гарячому деформуванні

На діаграмі (рис.3.4) в координатах «температура – розмір зерна» зображені процеси, які мають місце під час нагрівання, деформації і охолодження викову.

Вихідний розмір зерна зображено на осі абсцис позицією **а**. Під час нагрівання до температури фазових перетворень (**а – б**) розмір зерна не змінюється. Під час фазових перетворень (**б – в**) зерно подрібнюється (процес відпалювання). Під час подальшого нагрівання зерно росте (**в – г**). Позиція **г** – це температура заготовки, яка знаходиться в печі при завершенні процесу нагрівання.

Заготовку виймають з печі, транспортують до преса чи молота, розташовують на бойку (**г – д**). При цьому температура заготовки трохи зменшується, але зерно продовжує рости.



*Рис. 3.4. Зміна розмірів зерна і температури під кування і охолодження:
I – температура нагрівання заготовки, II - температура початку кування, III - температура закінчення кування, IV – У – зона фазових перетворень*

Скажімо, нам потрібно лише осадити заготовку,

тобто зменшити її висоту. При цьому робота деформації переходить в тепло і температура заготовки трохи підвищується, а зерно значно подрібнюється (**д – е**).

Під час охолодження викову температура зменшується, але зерно продовжує рости (**е – и**) до розміру, що на позиції **ж, з**. Саме тому у випадках, коли кування чи штампування закінчуються при високій температурі, виков має крупнозернисту структуру.

Якщо окрім осаджування технологія передбачає якісь інші технологічні операції, скажімо, протягування, гнуття, передачу, прошивання, роздавання на оправці тощо, то під час кожної деформації зерно подрібнюється, а температура підвищується, а під час маніпулювання температура падає, а зерно росте (цикли **и – к і к – л, л – м і м – н, н – о і о – п**). Процес завершується охолодженням викову до нижньої межі технологічного інтервалу температур і в результаті виков має дрібне зерно (позиція **р**). Це ще раз підтверджує той факт, що якщо деформування закінчується біля нижньої межі допустимого температурного інтервалу, то структура деформованого металу буде дрібною.

Ступінь розігрівання металу під час пластичної деформації залежить від величини роботи деформації, яка тим більша, чим вище опір деформації (нижча температура) і більше ступінь деформації. Як приклад:

під час деформації на 30% зразка з середньо-вуглецевої сталі при температурі 1200° його тепломісткість збільшується на 0,5%, а при температурі 850° - на 20%, тобто в сорок разів більше.

Аномальне зростання величини зерен відбувається при критичних ступенях деформації: для сталей це (5÷7)%, для алюмінієвих сплавів – (15÷20)%. При цих ступенях деформації центрів рекристалізації ще мало, а оболонка зерна зруйнована, і зерна коагулюють, тобто об'єднуються у великі конгломерати.

3.5. Швидкість нагрівання.

Розрізняють дві швидкості нагрівання: допустиму і технічно можливу.

Допустима – це максимальна швидкість нагрівання металу, яка гарантує якість вихову (тобто не буде ані утворення тріщин, ані руйнування заготовки чи вихову під дією термічних напружень під час нагрівання). Визначається вона властивостями металу, тому для різних металів і сплавів вона різна. Допустима швидкість нагрівання тим менша, чим менша температуропровідність і більше об'єм заготовки чи вихову.

Технологічно можлива швидкість нагрівання – це максимальна швидкість, яку забезпечує конкретне нагрівальне устаткування. Вона залежить від способу нагрівання – полум'яного, контактного, індукційного, в електричних печах тощо, а також і від властивостей металу – температуропровідності, електричного опору тощо.

3.6. Режими охолодження виховів.

Час охолодження може бути визначений за формулою Доброхотова:

$$Ч = 0,006 \Delta T^{\circ} H_{\text{пр}},$$

де ΔT° - інтервал температур охолодження,

$H_{\text{пр}}$ – приведена висота вихову, яка визначається як об'єм вихову ($V_{\text{вик}}$), поділений на площу проекції вихову на площину роз'єму штампугеру ($F_{\text{вик}}$):

$$H_{\text{пр}} = V_{\text{вик}} / F_{\text{вик}}$$

Оскільки процес охолодження можна розглядати як протилежний процесу нагрівання, то зрозуміло, що у вихові виникають такі ж термічні напруження тільки протилежного знаку і можуть бути небезпечними. Тому швидкість охолодження має бути регульованою.

Вуглецеві сталі можуть охолоджуватись на повітрі. Для решти сталей треба передбачати різні способи уповільнення охолодження, а саме:

- вихови з високовуглецевих сталей охолоджують в штабелях;
- з легованих сталей – в ящиках з кришками. Масивні вихови – у теплоізованих (футерованих) колодязях із засипкою сухим піском чи шлаком або навіть у опалюваних колодязях. Іноді вихови охолоджують в печі, в якій нагрівали заготовку. Вимикають горілки і вихови охолоджуються разом із піччю. Це стосується, як правило, лише масивних виховів, які куються.

3.7. Особливості нагрівання кольорових сплавів

Сплави алюмінію мають теплопровідність більшу ніж у сталі в $3 \div 4$ рази, тому завантажуватися у піч можуть холодними. Але час нагрівання їх більший ніж у сталей, оскільки під час нагрівання у сплаві мають розчинитися зміцнюючі фази CuAl_2 і Mg_5Al_8 .

Час нагрівання сплавів магнію приблизно такий же, як і у алюмінію. Але треба мати на увазі, що стружки, пил магнію у контакті із сталевими обрубками чи окалиною вибухонебезпечні.

Теплопровідність титанових сплавів складає всього 3% від міді, тому нагрівати їх треба поволі. При температурах вищих за 900° титан активно поглинає з повітря азот і водень і втрачає свої пластичні властивості. Тому процес нагрівання, кування чи штампування вковів з титану має чимало особливостей.

3.8. Окаліноутворення та видалення окалини.

Під час нагрівання залізо вступає в хімічну реакцію з киснем, вуглекислим газом і парами води, утворюючи FeO , Fe_3O_4 і Fe_2O_3 . Це і є окалина. Вона починає інтенсивно утворюватися при температурах на $(50 \div 80)^\circ$ вище температури свічення (коли нагрітий метал починає випромінювати світло). При наявності в атмосфері 0,1% сірчаного газу SO_2 об'єм утвореної окалини збільшується вдвічі.

В залежності від хімічного складу сталі може утворюватись пористий шар окалини, а може щільний. Якщо при щільному шарі коефіцієнт термічного розширення окалини такий же, як і у сталі, то окалина гальмує подальше утворення окислів, такі сталі називаються жаротривкими. Це сталі леговані хромом, алюмінієм, кремнієм і нікелем.

Якщо окалина пориста, то її об'єм пропорційний часу окаліноутворення (нагрівання і деформування): $X = kT$, де k – коефіцієнт пропорційності, який залежить від марки сталі, T – час окаліноутворення.

Якщо шар окалини щільний, її утворюється значно менше:

$$X = \sqrt{kT}$$

Інтенсивність вигару (утворення окалини) значно зростає з підвищенням температури нагрівання. Якщо вигар при температурі 900° прийняти за 1, то при 1000° він буде 2, при 1100° – 3,5, а при 1300° – 7.

Зменшити окаліноутворення можна зменшенням температури нагрівання і часу нагрівання (підвищити швидкість).

Під час нагрівання у полум'яних печах вигар складає $(1,5 \div 2)\%$. При куванні складних великих вковів, коли розрахований технологічний інтервал більше допустимого, вков потрібно підігрівати, при цьому утворюється ще $(1,2 \div 1,5)\%$ окалини.

Під час нагрівання електроіндукційним способом завдяки скороченню часу нагрівання (тепло виникає в усьому об'ємі викову), кількість окалини зменшується у $3 \div 5$ разів і складає всього $(0,4 \div 0,6)\%$.

На металургійних комбінатах і на заводах масового виробництва окалину збирають і відправляють на виготовлення залізного порошку чи то на переплавку. На жаль, на більшості інших заводів вона не утилізується і

тисячі тон заліза зникають безповоротно. При цьому не треба забувати, що запаси залізної руди обмежені і невдовзі будуть вичерпані.

Окалину, яка утворилася на заготовках під час їх нагрівання, перед куванням чи штампуванням потрібно видалити з поверхні через те, що вона, по-перше, може заштамповуватись в тіло викову і псувати його поверхню (після фарбування відлущуватись тощо) і, по-друге, оскільки вона дуже тверда (це, практично, абразив), інтенсивно будуть зношуватись штампи, що вкрай небажано.

Є кілька способів видалення окалини перед штампуванням. Найпоширеніший – осаджування заготовки на (25 – 30)% висоти. При цьому заготовка приймає діжкоподібну форму, окалина (вона непластична і крихка) облущується з поверхні, осипається і її здувають з бойка чи штампу стислим повітрям.

Мінусами цього способу є те, що він енергетично досить витратний: спочатку матеріал прокатують до певного діаметру (витрата енергії), а потім осаджують до більшого – теж витрата енергії. До того ж це додаткова технологічна операція, що зменшує продуктивність праці (при штампуванні на КГШП, коли виков штампується тільки в чистовому ручаї, продуктивність зменшується майже вдвічі).

Відомий, але ще мало поширений спосіб *г і д р о о ч и щ е н н я* нагрітих заготовок від окалини.

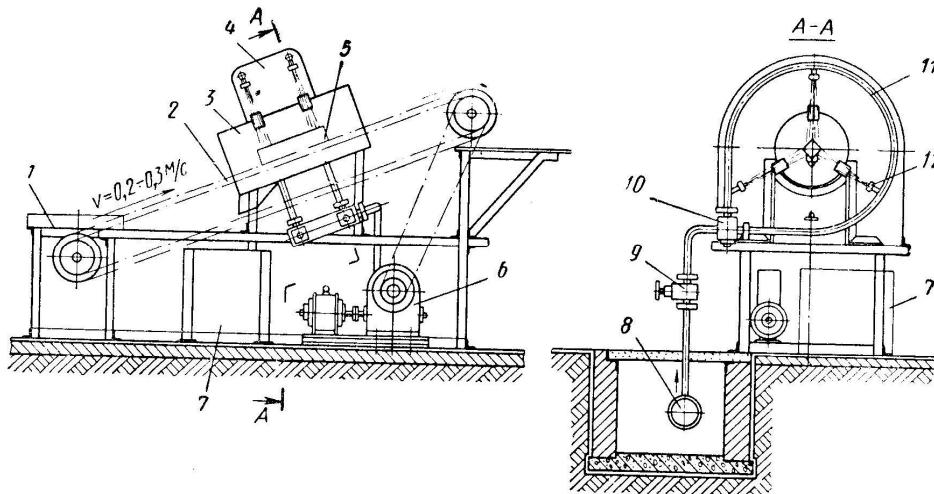


Рис. 3.5. Схема установки для гидроочистки заготовок від окалини:

1 – прийомний стіл, 2 – транспортер, 3 – камера, 4 – кожух, 5 – заготовка, 6 – привод, 7 – бачок для окалини, 8 – магістраль, 9 – вентиль, 10 – клапан, 11 – труби підведення води, 12 – сопло

Установка мобільна – може переставлятися від одного устаткування до іншого. Вона встановлюється між нагрівальним і штампувальним устаткуванням. Складається вона з порожнистого тора (1), в який подається вода під тиском 50-100 атмосфер, крізь його центральний отвір перпендикулярно його площині проходить пластинчатий конвеєр (2), який переміщує заготовку (3) від нагрівального устаткування до штампувального зі швидкістю 0,2 м/с. Коли заготовка наближається до тора, автоматично відкриваються сопла, що розташовані на внутрішній поверхні тора, і струмені води (розхід 0,06 л/с) потрапляють на гарячу заготовку. Окалина

різко охолоджується, тріскається, вода потрапляє на метал, випаровується і пара «роздягає» заготовку від окалини, яка осипається в піддон (4), куди зливається і вода. Окалина періодично виймається з піддона і утилізується.

Розділ 4 КУВАННЯ

4.1. Особливості і галузі застосування.

Кування – це вид обробки металів тиском, при якому виков виготовляють пластичним деформуванням заготовки за допомогою універсальних інструментів. З кування почалася уся обробка металів тиском.

Сьогодні куванням виготовляють, як правило, викови для найбільш відповідальних деталей машин і конструкцій будь-якої форми і розмірів в індивідуальному і дрібносерійному виробництві.

Кування використовується у важкому машинобудуванні, інструментальному виробництві, іноді під час ремонтних робіт і для створення перших зразків нових машин і конструкцій.

У порівнянні зі штампуванням кування характерне більшими напусками, припусками і допусками. Продуктивність кування нижче за штампування на порядок. Воно вимагає високої кваліфікації ковалів.

Під час кування в металі утворюється певна макроструктура (направлення «волокон»), тобто з'являється анізотропія властивостей у викові, що обов'язково треба враховувати під час розроблення технологічного процесу, виходячи з вимог до міцності майбутніх деталей під час їх експлуатації (рис. 4.1).

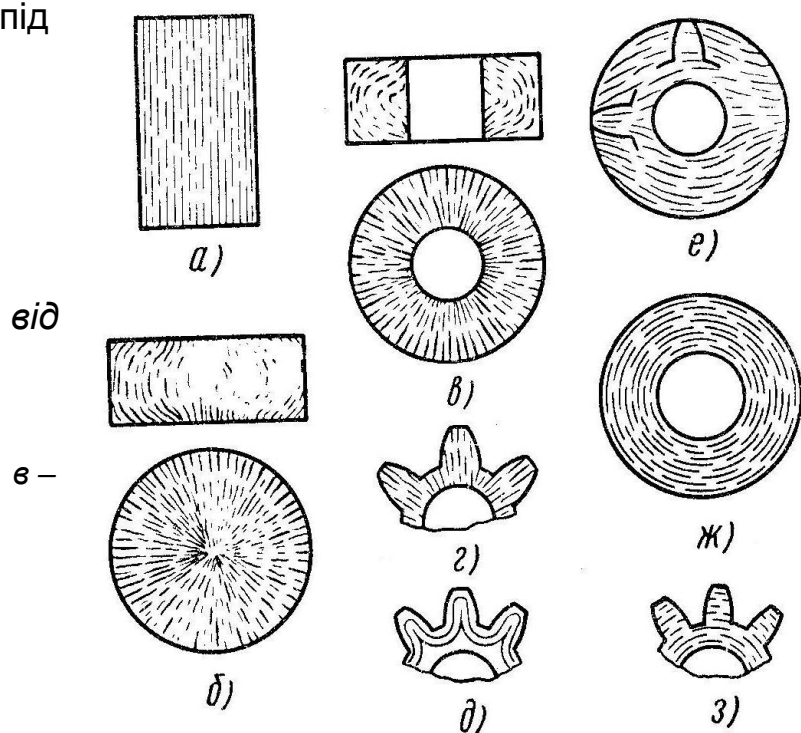


Рис. 4.1.
Макроструктура
виковів в залежності
способів
деформування
а – прокат, б –
прокат після осаджування,
прошита заготовка,
г – нарізана
шестерня, д –
накатування або
штампування з зубом,
е – неоднакова міцність
зубів,
ж – після роздачі чи
розкатування,
з – найгірша якість зубів коліс чи шестерен

4.2. Устаткування та інструмент для кування

Викови масою до 20 кг (простої форми до 200 кг) куять на приводних пневматичних молотах з масою падаючих частин (м.п.ч.) від 50 до 1000 кг.

Викови масою до 200 кг (простої форми до 2000 кг) куять на пароповітряних кувальних молотах з масою падаючих частин (м.п.ч.) від 1 до 8 тон.

Викови масою більше 200 кг (і аж до 350 т) куять на кувальних гідропресах з робочим зусиллям від 500 до 30 000 тс.

Найбільший в світі гідропрес для кування і штампування було спроектовано і виготовлено на Новокраматорському машинобудівному заводі в м. Краматорську Донецької області. Він має робоче зусилля 75 000 тс. (Таких пресів у світі два).

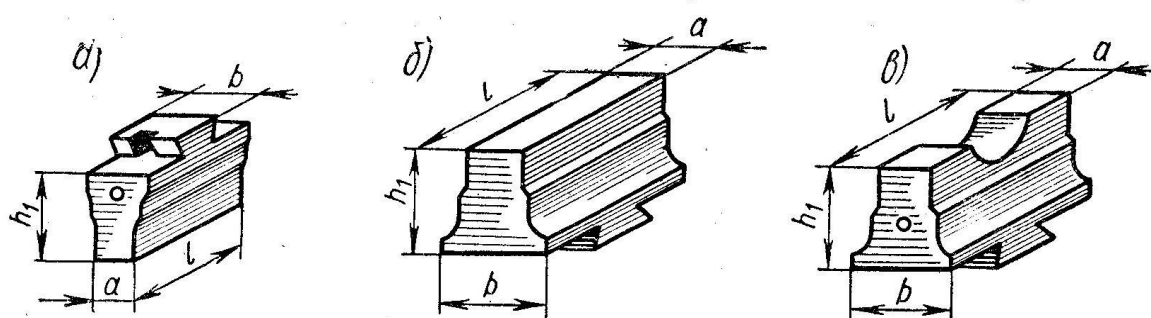


Рис. 4.2. Бойки кувального молота:

а – верхній плоский, б – нижній плоский, в – нижній радіусний

Основний інструмент для кування на молотах – бойки (рис. 4.2), які виготовляються зі штампової сталі (5ХНТ, 5ХНМ, а також зі сталі 50, 60) і кріпляться: верхній до баби молота, а нижній до столу станини за допомогою хвостовика, що має форму «ластівчиного хвоста» і клина. Фіксується бойок від переміщення уздовж хвостовика за допомогою спеціальної шпонки. Кріплення за допомогою «ластівчиного хвоста» і клина є єдино надійним в умовах ударних навантажень. Клин має однобічний ухил 1:100 ($0^{\circ}35'$), це забезпечує його гальмування, тобто сам він ніколи не розклиниться. У перерізі клин має різні ухили 10° і 12° для того, щоб клин притискувався би до баби, притягуючи тим самим бойок до баби.

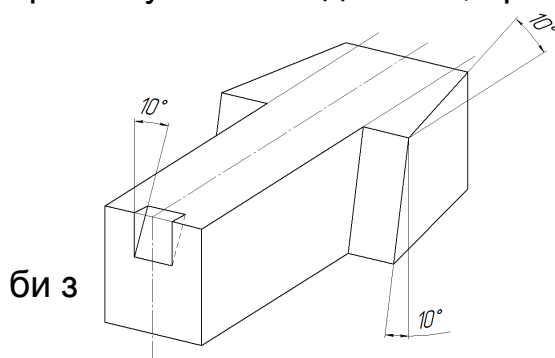


Рис. 4.3. Фіксуюча шпонка бойка.

Тіло шпонки (рис. 4.3) має широку конічну частину, яка фіксується в гнізді баби (конус, щоб шпонка легко виймалася гнізда у бабі під час демонтажу), і призматичну частину, яка фіксується у відповідному гнізді бойка. Скіс на торці

цієї частини для того, щоб, вставивши в нього зубило, ударом молотка видаляти шпонку з гнізда бойка при демонтажі. Ухили заплечиків 10° для того, щоб вони прилягали до «ластівчиного хвоста» бойка.

Робоче зусилля від баби на бойок передається через заплечики, а між хвостовиком і бабою є зазор.

Основний інструмент при куванні на гідропресах – плити. Їх різновиди і призначення для виконання різних технологічних операцій розглянемо пізніше.

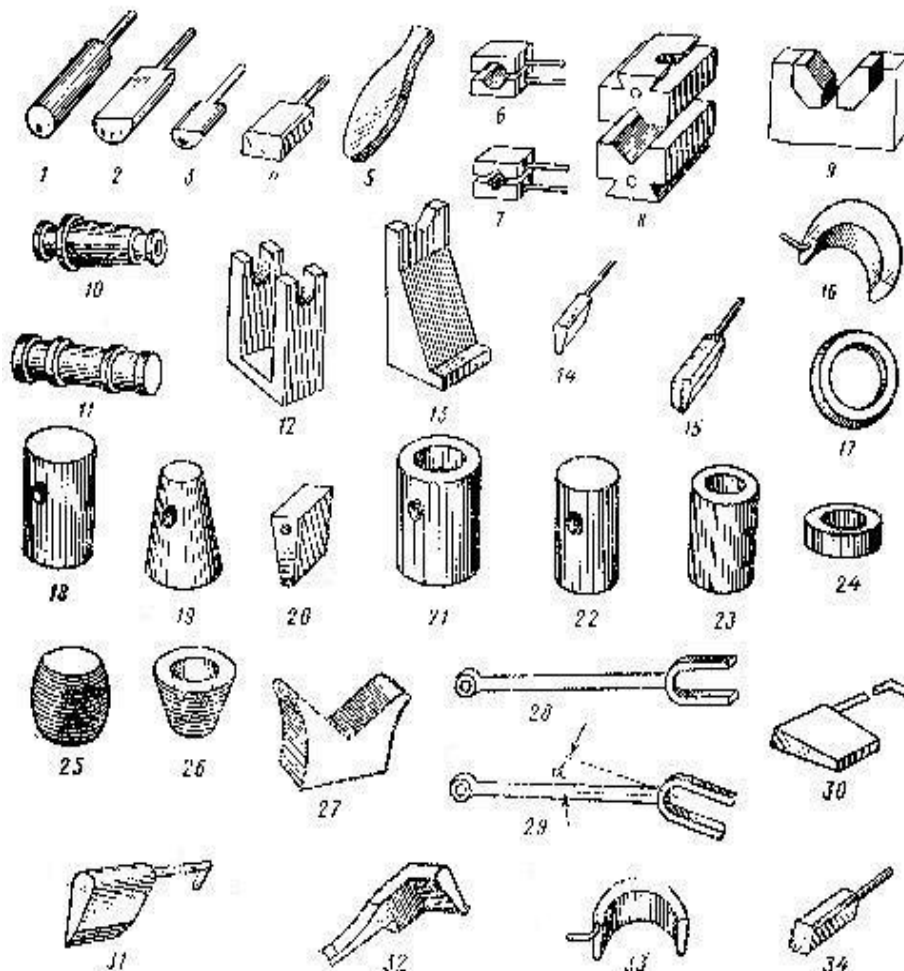


Рис. 4.4. Основний інструмент для кування:

Розкатки (1 – 5), обтискач для круглого профіля (6), для квадратного профіля (7), вирізні бойки (8), вкладень вирізного бойка (9), оправка конічна (10), оправка циліндрична (11), скоба (12), козли (13), пережитки круглого (14) і складного (15) профілю, пережитки фасонні (16,17); прошивачі: циліндричний (18), конічний (19), клиновидний (20), порожнистий (21), наставки циліндрична (22) і порожниста (23), кільце (24), калібрувальні оправки дішко- подібна (25) і конічна (26), пристрій для гнуття (27), виделки пряма (28) і зігнута (29); сокири: двостороння (30), одностороння (31), кутова (32), фасонна (33), квадрат (34)

4.3. Технологічні операції кування.

Процес кування – це певна послідовність операцій кування, таких як осаджування, висаджування, протягування, розгін, передача, гнуття, закручування, прошивання, пробивання і рубання.

4.3.1. О с а д ж у в а н н я . Це технологічна операція зменшення висоти вихову, при цьому збільшуються поперечні розміри (Рис. 4.5 а). При

цьому вихідна висота викову не повинна бути більше, ніж 2,5 діаметри, інакше заготівка втратить стійкість і не осадиться, а зігнеться (Рис. 4.5 б).

Під час осаджування в заготівці руйнуються дендрити, подрібнюється зерно і карбіди (якщо вони є), заварюються неокислені мікротріщини, облущується і осипається крихка окалина.

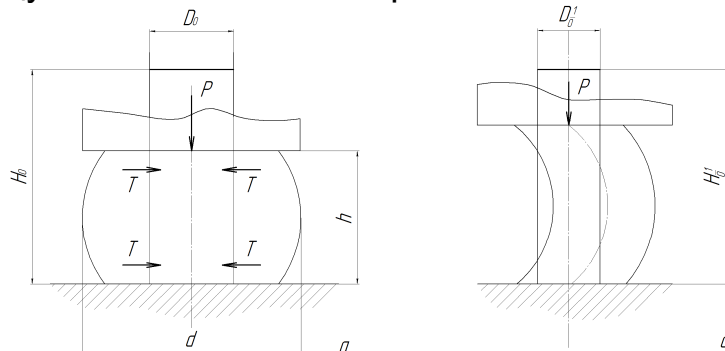


Рис. 4.5.
Осаджування

Уков при осаджуванні
викову висотою H_0 до
висоти H_1 :

$$K = H_0/H_1 = F_1/F_0 > 1,$$

де F_0 – площа поперечного перерізу до деформації,
 F_1 – площа поперечного перерізу після деформації.

Операція осаджування вимагає найбільших робочих зусиль, вона найбільш енергомістка, оскільки тільки при ній одночасно деформується увесь об'єм викову.

Інструмент для осаджування при куванні на молотах – бойки (рис. 4.2 і рис. 4.4, 8,9).

При куванні на гідропресах – плити плоскі і сферичні.

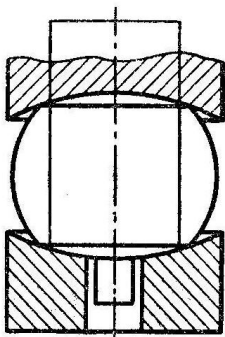


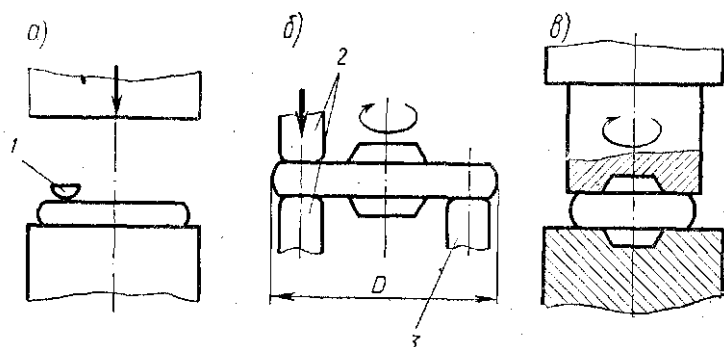
Рис.4.6. Сферична плита (підкладне кільце)

При осаджуванні на сферичних плитах (рис. 4.6) робоче зусилля діє на виков по нормалі до увігнутої поверхні. Його горизонтальна складова разом із силою тертя на поверхні створюють напруження в горизонтальній площині, збільшуючи σ_2 і σ_3 у схемі напруженого стану. При цьому дещо збільшується опір деформації, але головне – підвищується пластичність матеріалу. Саме для цього і використовують сферичні плити під час кування малопластичних сплавів. Нагадаємо, що найчастіше заготівками для кування є зливки, а вони завдяки нерівномірності структури, великому зерну і лікваціям малопластичні. Тому часто осаджування, особливо на сферичних плитах, як перша операція, використовується для підвищення пластичності зливків.

При осаджуванні на пресах використовуються підкладні кільця – це плити, які можуть бути сферичними (рис.4.6) чи плоскими, які мають центральні отвори для розміщення в них раніше відтягнутого хвостовика (частина викову, за який тримають його під час маніпуляцій) або для формування (видавлюванням) елементів майбутнього викову метал витікає в порожнини потрібного діаметру.

У випадках, коли потужності преса не вистачає, щоб осадити виков на потрібну величину, використовують розкатки (рис. 4.4, 1, 2, 3). Розкатка

укладається на поверхню викову і деформує тільки певну частину викову, потім перекладається на ділянку, що поруч, і знову осаджується частина викову (рис. 4.7, а).



*Рис 4.7. Осаджування розгонкою:
а – розкаткою, б – бойками,
в – вузьким бойком. 1 – розкатка,
2 – бойки, 3 – підставка.
(описати в тексті)*

Другий варіант – бойками малої площі контакту (рис. 4.7, б): при цьому вигов опирається на підставку і після деформації повертається на певний кут.

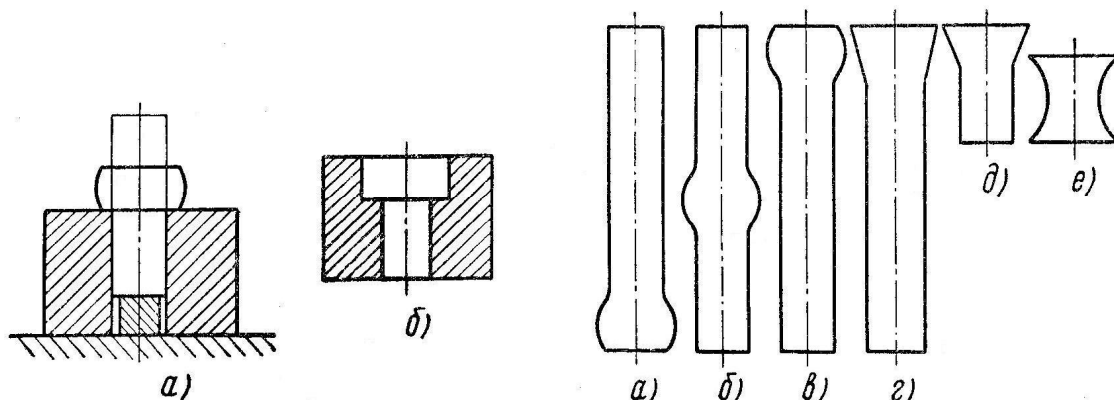
Третій варіант (рис. 4.7, в): осаджування вузьким бойком, який за один хід деформує невеликий сегмент викову, після чого вигов повертають навколо осі на певний кут і знов деформують іншу ділянку.

Як правило, після осаджування вигов має діжкоподібну форму. Щоб зробити вигов циліндричним, його кантують і обтискують поперек осі, кожен раз повертаючи на певний кут.

При куванні невеликих виговів таке обкатування замінюють деформуванням в обтискачі (рис. 4.4, б) – спеціальному інструменті, в якому за 2 – 3 робочі ходи отримують циліндричну поверхню викову.

4.3.2. Висаджування – це осаджування частини заготовки.

Найпростіший варіант: частина заготовки, яка не повинна деформуватись, розміщується в порожнистій обоймі, решта, довжина якої не має бути більшою за $2,5$ її діаметра ($h < 2,5D_0$), осаджується (рис. 4.8, а).



*Рис. 4.8. Операція висаджування:
а – висаджування в кільці,
б – нижник.*

Рис. 4.9. Висаджування без підкладного інструменту з зонним нагріванням

Як варіант – в обоймі (нижнику) може бути порожнина певної форми, яку заповнює метал, який осаджується. Таким чином може формуватись

головка потрібних розмірів і форми (аналог підкладного штампу). Найчастіше це використовують у дрібносерійному виробництві.

Висаджування великогабаритних елементів виковів першої групи (з подовженою віссю) виконується інакше (рис. 4.9,а). Заготівка чи виков затискується між бойками молота у горизонтальній площині. Нагріта частина потрібної довжини осаджується за допомогою «сокола» - масивного пристрою, підвішеного до мостового крану цеху. Ковалі його розгойдують, кран підводить до заготівки і кількома ударами виконується висаджування вільної частини.

Ця схема дозволяє висаджувати частину викову не тільки на торці, а й будь де: для цього розігрівається лише та частина, яку треба висадити. Оскільки опір деформації в нагрітій частині значно менше, ніж в холодній, то висаджується тільки вона (рис. 4.9, а,б,в). Якщо деформувати ударами малої потужності, то замість діжки утворюється конічне потовщення (рис.4.9, г,д,е).

4.3.3. Протягування. Це технологічна операція, мета якої збільшити довжину викову за рахунок зменшення поперечних розмірів (площі перерізу). Як правило, ця операція займає (60 ÷ 70)% усього часу кування відповідного викову.

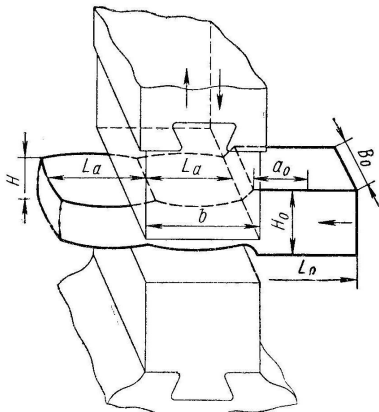


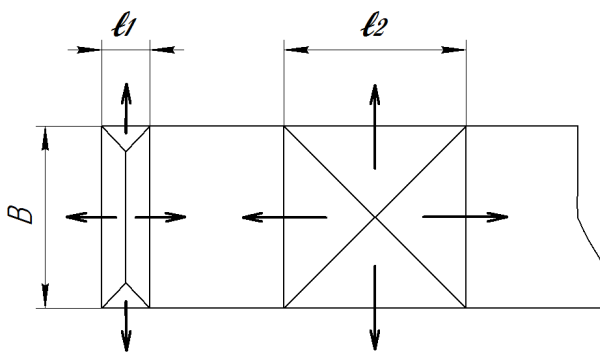
Рис. 4.10. Схема протягування

Обтиснення викову в одній площині кількома ходами з подачами a_0 (протягнута ділянка L_a) називається проходом (рис.4.10). Після проходу виков кантують і з тією ж подачею виконують ще один прохід. Прохід, кантування, прохід називаються переходом.

Уков за перший прохід: $K_1 = F_0/F_1$. Уков за другий прохід: $K_2 = F_1/F_2$. Сумарний уков: $K_\Sigma = F_0/F_2 = F_0/F_1 \cdot F_1/F_2 = K_1 K_2$. Тобто укови за кожен прохід і перехід перемножуються.

Під час разового натиснення до висоти h матеріал тече вздовж осі (подовження) до розміру L_a і поперек осі (поширення) до розміру b . Співвідношення b/h називається коефіцієнтом переходу, яке не повинно перевищувати 2,5, інакше при протягуванні після кантування виков втратить стійкість і зігнеться. $\varphi = b/h < 2,5$.

Основним параметром процесу протягування є відносна подача $\Psi = L/B$



– відношення подачі до ширини викову. Саме вона визначає інтенсивність процесу протягування: що менша відносна подача, то інтенсивність протягування вища.

Рис. 4.11 .Вплив величини відносної подачі на процес протягування

Розглянемо процес протягування при двох різних подачах з $\Psi = 0,3$ і з $\Psi = 1$

(рис. 4.12, вид зверху). Виходячи із закону найменшого опору і правила найкоротшої нормалі (при осаджуванні кожна точка тече по найкоротшій нормалі до бокової поверхні), позначимо зони течії металу уздовж осі (подовження) і поперек осі (поширення). Лінії розділу цих зон – це бісектриси кутів (бісектриса кута – лінія рівновіддалена від його сторін). Коли $\Psi = L/B = 1$, площі зон течії однакові і матеріал однаково тече в обидві сторони (якщо не брати до уваги стримуючий вплив недеформованої частини заготовки).

У випадку $\Psi = L/B = 0,3$ зони течії вздовж осі (об'єми металу) значно більші за зони течії поперек осі. Тому: що менше відносна подача, то інтенсивніше виков подовжується і навпаки.

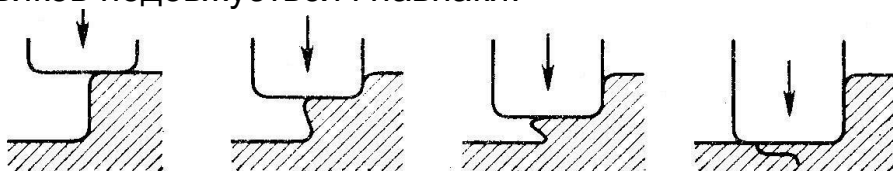


Рис. 4.12. Зминання при малій подачі

Але мінімальна подача L не може бути менше половини висотної деформації $(H - h)/2$, тому що метал буде не протягуватися, а зминатися, утворюючи затиски, а це небезпечний брак.

Інструмент для протягування – плоскі, радіусні і вирізні бойки (рис. 4.14).

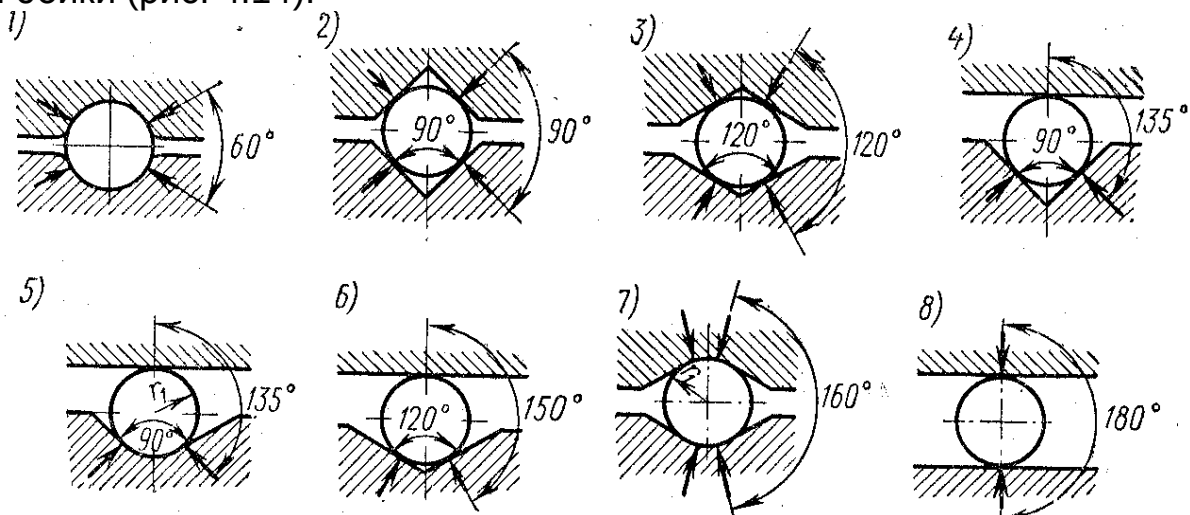


Рис.4.13. Основні типи бойків:

1 – радіальні 60°, 2 – вирізні (ромбічні) 90°, 3 – вирізні 120°, 4 – плоский і вирізний 90°, 5 – плоский і радіальний 135°, 6 – плоский і вирізний 120°, 7 – радіальні 160°, 8 – плоскі.

Під час протягування на радіусних і вирізних бойках завдяки горизонтальним складовим робочого зусилля (яке перпендикулярне до

контактної поверхні) обмежується течія металу поперек осі і інтенсифікується течія вздовж, тобто протягування інтенсифікується, підвищується його продуктивність.

Окрім цього міняється схема напруженого стану – збільшуються напруження σ_2 , тобто схема стає більш жорсткою, що підвищує пластичність металу, який деформують. Тому малопластичні сплави треба протягувати на вирізних чи радіусних бойках.

Основні закономірності і правила протягування.

1. Подовження і уковування тим більше, чим менша відносна подача

$\Psi = L/V$. В практиці Ψ береться в межах від 1 до 0,2.

2. Мінімальна подача має бути більшою за половину висотної деформації, інакше буде не протягування, а зминання, будуть утворюватися затиски, тобто брак. $L_{\min} > (H - h)/2$.

3. Коефіцієнт переходу – відношення ширини протягнутої ділянки до її висоти – має бути меншим 2,5, інакше після кантування виков втрапить стійкість і зігнеться. $\phi = b/h < 2,5$.

4. Зливки перед протягуванням білетирують: обтискують з малими ступенями деформації і подачами для подрібнення великих зерен, вирівнювання ліквацій, що забезпечує підвищення пластичності. При цьому треба слідкувати, щоб деформації не були би критичними (при яких аномально виростає зерно).

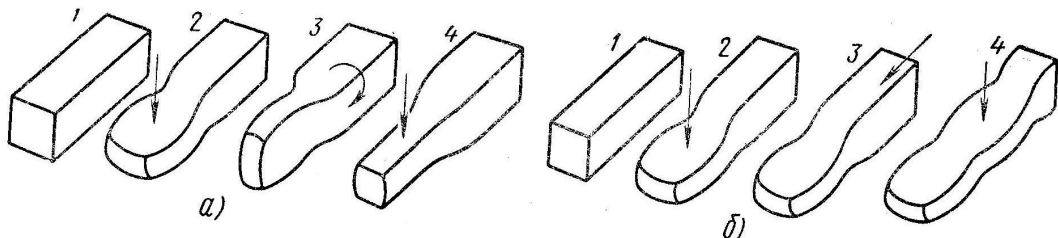


Рис. 4.11. Протягування з кантуванням після кожного обтиснення (а) і без кантування (б)

5. Під час протягування на вузьких бойках, щоб запобігти викривленню викову, його кантують після кожного натиснення у різні боки (рис. 4.11, а).

6. Щоб запобігти появі «браку по халяві» (розшарування між зовнішніми і внутрішніми шарами викову за рахунок значної нерівномірності деформації: зовнішні шари течуть більш інтенсивно ніж внутрішні) довгі викови кують від середини до торців. При цьому удвічі зменшується сумарна нерівномірність деформації і ймовірність появи браку.

7. Невеликі і легкі викови зручніше кувати, переміщуючи їх від себе. Важкі викови кують «на себе». При цьому кінець викову завжди лежить на нижньому бойку і немає небезпеки, що під вагою протягнутої частини він перекинеться за бойок.

8. Під час протягування виковів з круглим перерізом завдяки тому, що в його центральній частині весь час поперемінно виникають

напруження стискання і розтягування, можуть з'явитися тріщини і навіть отвір (рис. 4.12). Щоб запобігти цьому, круглий переріз перековують у квадратний, уковують вики за кілька переходів, а потім перековують у круг (рис. 4.13).

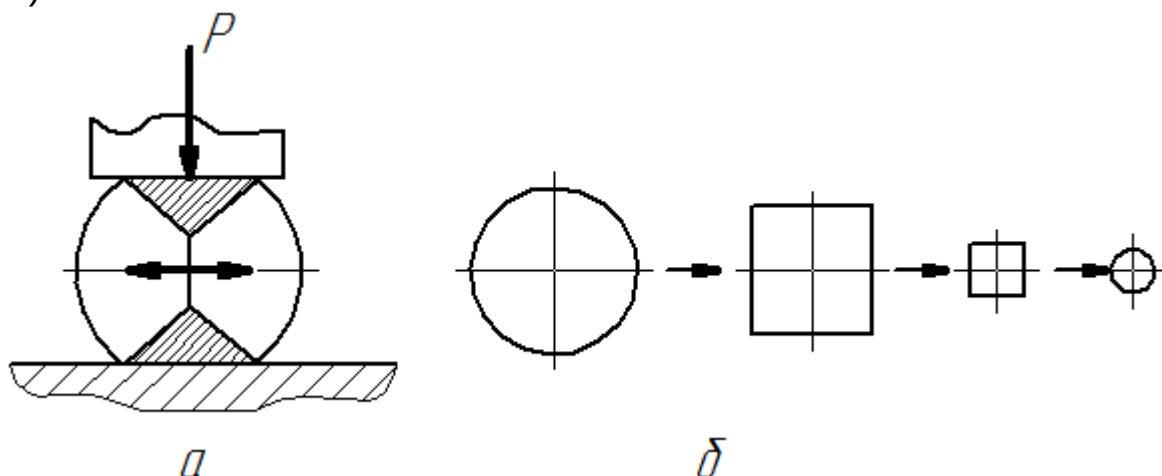


Рис. 4.12. Загальмовані зони і напруження під час осаджування заготовки круглого перерізу (а), протягування: круг-квадрат-квадрат-круг (б)

4.3.4. Розгін.

Цю технологічну операцію можна розглядати як місцеве протягування в одній площині (Рис. 4.13).

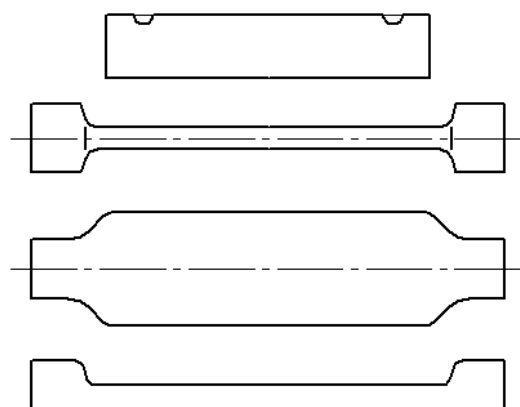


Рис. 4.13. Розгін
а – заготовка з намітками, б, б¹ – симетричний розгін, в – утворення уступу

На викові спочатку розмічують місце початку і кінця розгону, а потім за один чи декілька натиснень, не кантуючи вики, протягують цю ділянку до потрібної товщини, утворюючи таким чином уступи, потоншення тощо.

4.3.5. Протягування порожнистих викив.

Порожнисті викиви протягуються на спеціальних оправках за допомогою радіусних бойків (Рис.4.17).

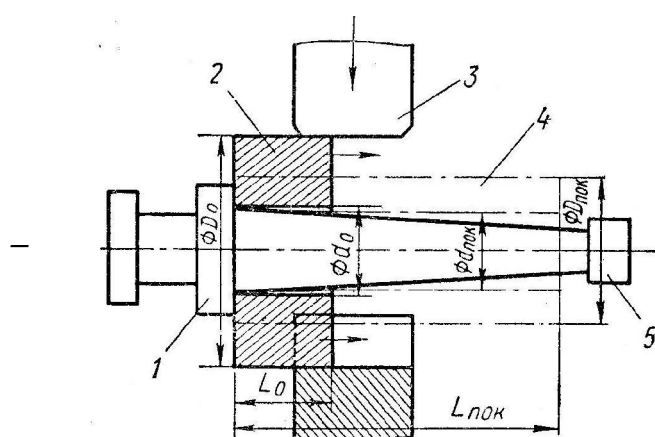


Рис. 4.14. Схема протягування на оправці:
1 – борт оправки, 2 – заготовка, 3 – бойок, 4 – вики, 5 – оправка

Оправка має хвостовик (1), за який її тримає коваль чи маніпулятор (в залежності від маси

викову). Зовнішня поверхня оправки має конусність 1/100 для того, щоб протягнутий вков (4) легко знімався би з оправки. По осі у оправки циліндричний отвір. Якщо протягуються масивні сталеві вков, які можуть так розігріти оправку, що вона почне деформуватись разом з вковом, крізь цей отвір пропускають холодну воду і вона охолоджує оправку.

Якщо протягуються вков невеликої маси або із кольорових сплавів, то оправка може охолоджувати внутрішні шари вкову, що призведе до нерівномірності деформації по його перерізу, що завжди небажано (поява тріщин, значних залишкових напружень, а то і руйнування вкову). Щоб запобігти цьому через отвір в оправці пропускають перегріту пару з температурою $150^{\circ} \div 250^{\circ}\text{C}$.

Щойно протягнутий вков зразу знімається з оправки, бо при затримці він охолоджується, зменшується у розмірах, і можуть бути неприємності (вков не зніметься з оправки).

4.3.6. Передача .

Під час цієї технологічної операції певна частина заготовки зміщується відносно решти (рис. 4.15).

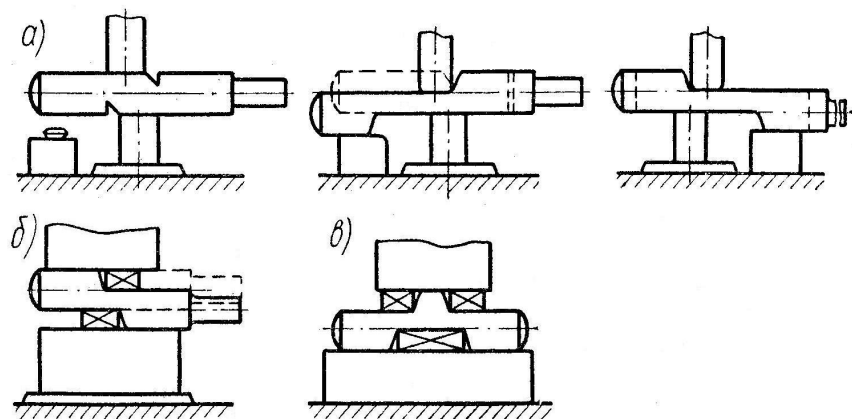


Рис. 4. 15. Схема операції «передача»:

а – передача на зміщених бойках, б – передача за допомогою двох підставних підкладок, в - передача за допомогою трьох підкладок

Спочатку вков розмічують і розкатками робляться відповідні позначки. На бойок укладаються призматичні підкладки потрібних розмірів і вков деформується за один чи кілька робочих ходів. Передача – основна операція під час кування колінчастих валів будь-яких розмірів і конфігурацій.

4.3.7. Гнуття .

Гнуття вковів чи їх елементів може виконуватись в одній чи то в декількох площинах в залежності від форми вкову.

Вков невеликих розмірів затискають між бойками, вільну частину відгинають на потрібний кут молотом (рис. 4.16,а). Великі вков теж затискають між бойками молота чи плитами гідропреса, частину, яку треба відігнути, зачалюють тросом і підтягують на потрібну величину цеховим підйомним краном.

Викови з товстолистого матеріалу гнутью простому пристрої (підкладному штампі) потрібної конфігурації (рис. 4.16, в).

Для гнуття багатьох невеликих виковів використовують спеціальний пристрій коробчастої форми, який має кілька гнізд, в які вкладаються опорні ролики на потрібній відстані один від одного (рис. 4.16,г). На ролики

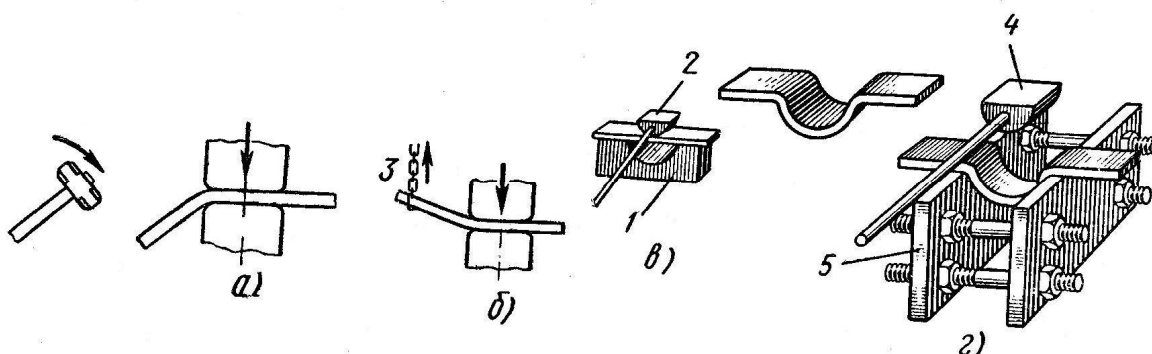


Рис.4.16. Схеми гнуття при куванні і пристрій для гнуття

вкладається штанга чи пруток (виков) і гнеться спеціальним пуансоном, який закріплений на траверсі преса чи на бабі молота.

Треба мати на увазі, що під час гнуття у зоні деформації міняється форма перерізу викову (рис. 4.17) через те, що одна зона викову розтягується, а інша стискається: круг перетворюється в несиметричний еліпс, а квадрат у трапецію.

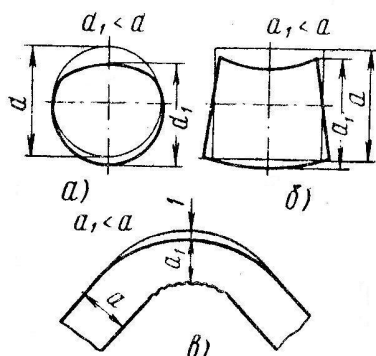


Рис. 4.17. Зміна форми перерізу викову під час гнуття:
а – круглого перерізу,
б – прямокутного перерізу,
в - утяжина

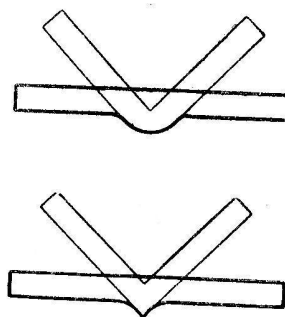


Рис.4.18. Потовщення перед гнуттям

Якщо в деталі у місті згину мають бути круг чи квадрат, то треба передбачати у цьому місці додатковий напуск. Для цього перед гнуттям формують спеціальне потовщення (рис.4.18).

4.3.8. Закручування.

Під час цієї операції одна частина викову повертається навколо повздовжньої осі відносно іншої частини (приклад – розворот шийок колінчастих валів).

Одна частина викову затискується між бойками чи плитами, на другу надягається спеціальна «виделка» (рис. 4.19) з поворотним важелем, який фіксується в щоках виделки вкладишем чи штифтом. Якщо виков

невеликий, то вручну, якщо великий, то тросом підйомного крану важіль піднімається і повертає зажаті частину на певний кут. Якщо потрібен більший кут повороту, штифт-фіксатор, виймається, важіль повертається і фіксується штифтом в іншому положенні щік, і частину викову можна повернути ще на певний кут.

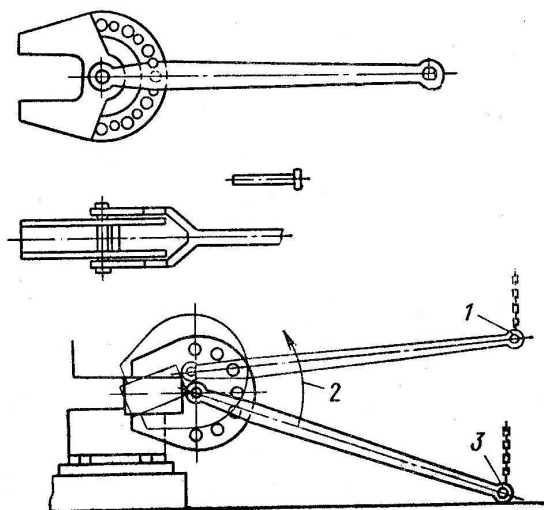


Рис. 4.19. Закручування виделкою із шарніром

Це дозволяє закручувати частину викову на будь-який кут, не знімаючи захват з викову.

Під час закручування у зоні інтенсивної деформації досить складний напружений стан, і якщо на поверхні викову будуть тріщини чи ще якісь поверхневі дефекти, то вони можуть стати концентраторами напруження і призвести до руйнування викову. Тому, як

правило, виков у цьому місці зачищають, а то й обдирають на обдирних верстатах.

4.3.9. Прошивання.

Прошивання – це операція формування порожнини у викові. Як правило, прошивається виков на глибину $(70 \div 85)\%$ його висоти (рис. 4.23).

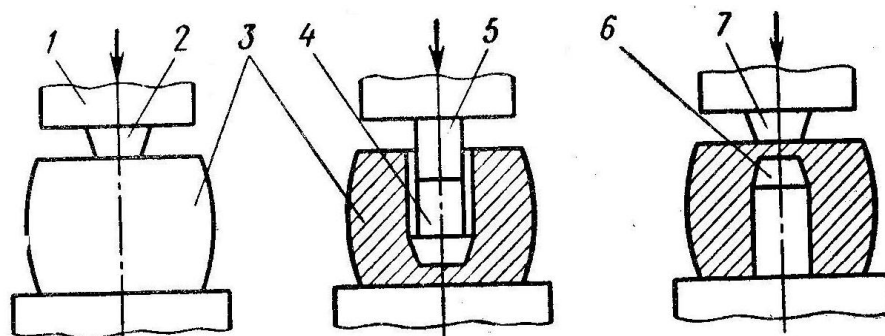


Рис. 4.20. Прошивання прошивачем із надставками:
1 – бойок, 2 – прошивач, 3 – зливоч, 4 і 5 – перша і друга надставки,
6 і 7 – перший і другий прошивачі

Частіше застосовується відкрите прошивання, коли течія металу під час прошивання нічим не обмежена (рис. 4.20).

При закритому прошиванні течія металу у боки обмежена спеціальною обоймою (рис. 4.25).

Інструмент для прошивання – прошивачі – мають конічну форму для зручності їх видалення після завершення процесу.

При відкритому прошиванні, якщо співвідношення діаметра прошивача до діаметра викову $d/D < 0,25$, то висота викову (H) не

змінюється. Якщо це співвідношення у межах $0,4 > d/D > 0,25$, то висота викову (H) зменшується, при цьому помітне утягування в зоні прошивача і діжкоутворення. Якщо ж $d/D > 0,4$, то форма викову дуже спотворюється, тому при такому співвідношенні діаметрів викуви не прошивають. У разі потреби прошивають меншим діаметром, а потім роздають отвір на оправці.

Щоб вийняти прошивач, ставлять на виков натисне кільце (рис.4.24), притискають, між пробивачем і виковом утворюється невеличкий зазор і прошивач легко виймається. Або виков кантують і «обкатують» - обтискують по утворюючій, повертаючи кожен раз на певний кут. При цьому отвір роздається, трохи збільшується і прошивач легко виймається.

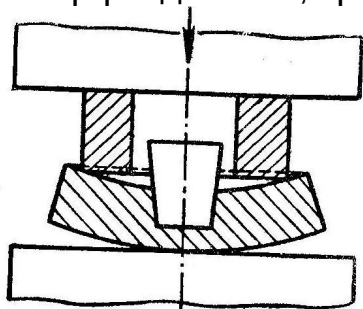


Рис.4.21. Видалення прошивача з викову

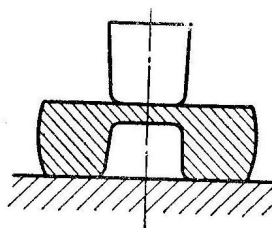
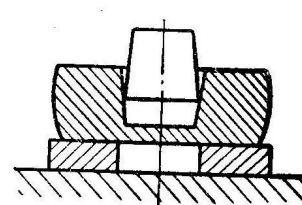


Рис. 4.22. Пробивання без кільця



4.23. Пробивання з кільцем

Якщо потрібно у викові утворити отвір, то після прошивання його пробивають, видаляючи «видру» - метал, який залишився під прошивачем (товщиною $30 \div 15\%$ висоти викову).

Є дві схеми пробивання (видалення «видри»).

Прошитий виков встановлюють на підкладне кільце і спеціальним просічним пробивачем вирубують «видру» (рис. 4.23). Або ж виков кантують на 180° і просічним пробивачем вирубують «видру» зі сторони «дна» (рис. 4.22).

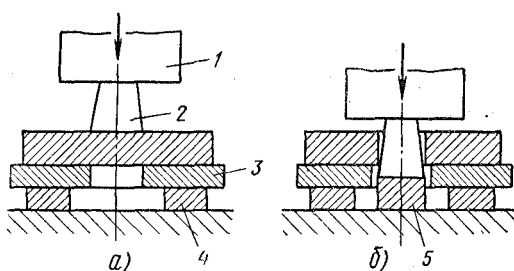


Рис. 4.24. Пробивання на підкладному кільці.

1 – бойок, 2 – прошивач, 3 – кільце, 4 – підставка, 5 – видра

Якщо діаметр потрібного отвору у $3 \div 4$ рази більший за товщину заготовки, отвір пробивають на

підкладному кільці без попереднього прошивання (рис. 4.24).

Що більше діаметр отвору, який потрібно прошити, то більший опір деформації (потрібно більше робоче зусилля) і більше металу переміщується, міняючи форму викову. Тому отвори діаметром більше 400 мм, як правило, прошивають порожнистими пробивачами (4.25).

Сам прошивач має форму невисокого кільця (4). Щоб прошити глибокий отвір на прошивач ставляться по черзі одне або декілька наставних кілець (надавок (2.3.8)). Це дозволяє прошивати порожнини у високих виковах. Наставні кільця мають зовнішній діаметр менший, а внутрішній більший за відповідні діаметри прошивача. Це знижує робоче

зусилля, оскільки поверхні наставних кілець не торкаються викову, тому немає сил тертя.

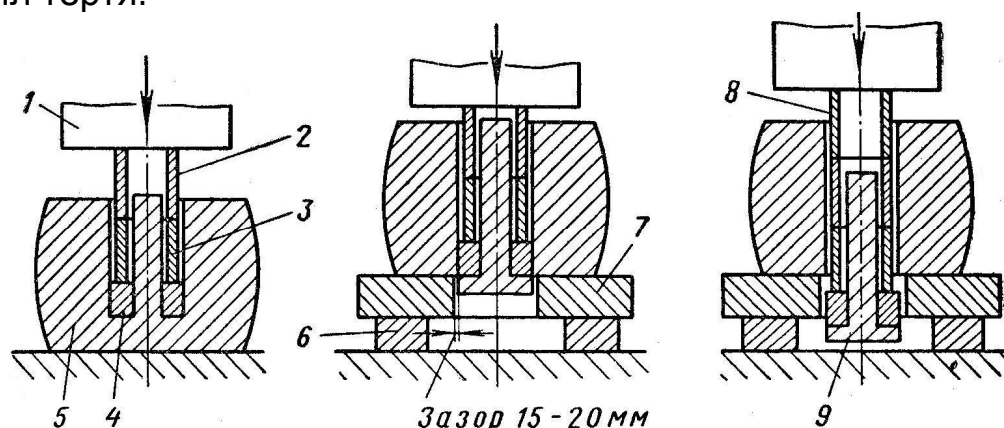


Рис. 4.25. Пробивання порожнистим пробивачем:

а – бойок, 2, 3, 8 – наставки, 4 – прошивач, 5 – прибуткова частина зливку, 6 – підставка, 7 – кільце, 9 – стрижень-видра

Наприкінці процесу прошивання виков переставляється на підкладне кільце (6), або виймається вклавень з підставки, на якій виконувалось прошивання. Діаметр отвору в ній трохи більший за діаметр отвору, який прошивається. При подальшому деформуванні відбувається вирубування «видри» - одне ціле з недеформованою серцевиною викову, яка залишилась в порожнистому пробивачі (9). У подальшому ця серцевина може використовуватись в якості заготовки для виготовлення інших виковів.

Одна з переваг цієї схеми прошивання полягає в тому, що якщо прошивається зливков, то дефектна центральна частина зливку видаляється.

Після прошивання діаметр прошитого отвору може калібруватися спеціальною оправкою (опрака проштовхується через прошиту порожнину).

З а к р и т е п р о ш и в а н н я виконується в спеціальних обоймах чи контейнерах. Оскільки при цій схемі метал не може текти в радіальному напрямку, він тече вверх, збільшуючи висоту викову. Зовнішній діаметр викову не міняється.

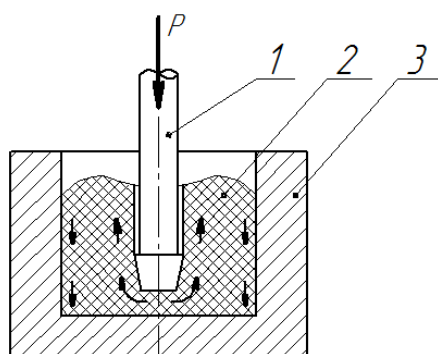


Рис. 4.26. Закрите прошивання.
1 – прошивач, 2 – заготовка, 3 – обойма.

При цьому, звичайно, значно збільшуються напруження у горизонтальній площині (σ_2 і σ_3), схема напруженого стану стає більш жорсткою, збільшується опір деформації і збільшується пластичність. Саме

збільшення пластичності є одним із основних аргументів застосування закритого прошивання при куванні малопластичних сплавів.

4.3.10. Роздавання на оправці.

Ця операція використовується для збільшення діаметра порожнистого викову за рахунок зменшення товщини його стінки.

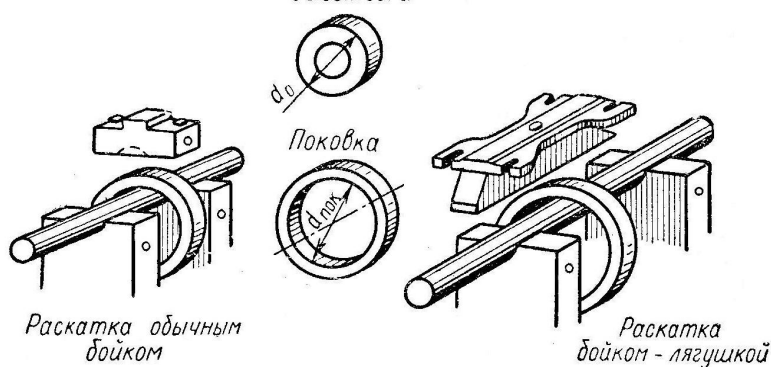


Рис. 4.27.
Роздавання на оправці.

Прошиту заготовку розміщують на оправці, яка розташовується на

опорних стійках. Після кожного натискання, яке зменшує товщину стінки в зоні деформації і збільшує внутрішній і зовнішній діаметри викову, його повертають на певний кут і знову деформують на ту ж величину.

4.3.11. Рубання.

Розрубання виковів чи відрубування певних його частин виконується на бойках із використанням спеціальних сокир.

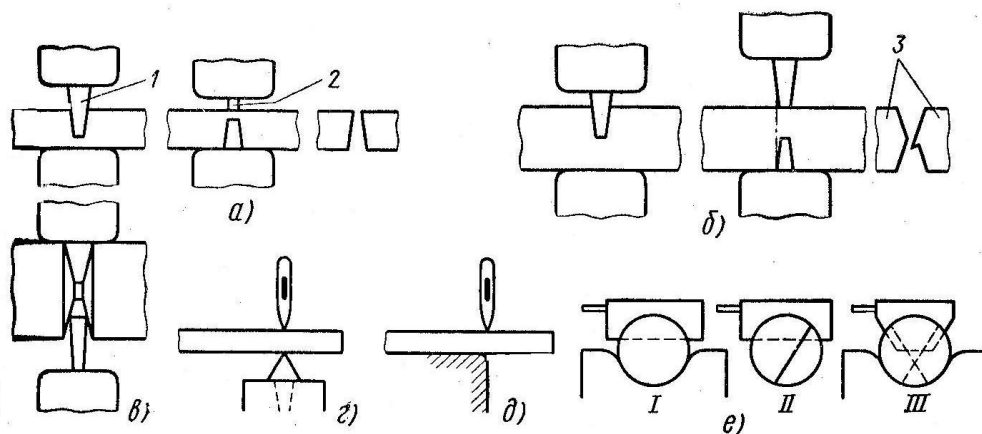


Рис.4.28. Схеми рубання при куванні:
1 – сокира, 2 – квадрат, 3 – торці після обрубання

Викови малої товщини можуть рубатися односторонньою сокирою на підставці (рис. 28, г) або на краю бойка (д).

Викови більших розмірів рубуються з одної сторони, потім кантуються на 180° і остаточне розділення виконується за допомогою інструмента квадрат (б).

Викови ще більших розмірів рубуються з двох сторін (кантуються на 180°), причому, щоб не мати на викові завусня, після кантування сокира трохи зміщується у бік тіла викову (в).

Великі викови рубуються з чотирьох сторін двосторонньою сокирою, а остаточно відділяються вирубанням центральної перемички спеціальною пластиною (г).

Круглі викови рубуються на радіусних бойках з трьох сторін з поворотом кожного разу на 120° (е).

4.3.12. Ковальське зварювання.

Це найдревніший спосіб зварювання. Добре зварюються сталі із вмістом вуглецю не більше 0,4 – 0,45%. Частини виковів, які будуть зварюватись, для шлакування окалини происипають флюсами (кварцовий пісок, бура, поварена сіль), нагріваються до верхньої межі температурного інтервалу, швидко і якісно зачищаються скребками і щітками, прикладаються одна до одної і інтенсивно проковуються (рис. 4.32).

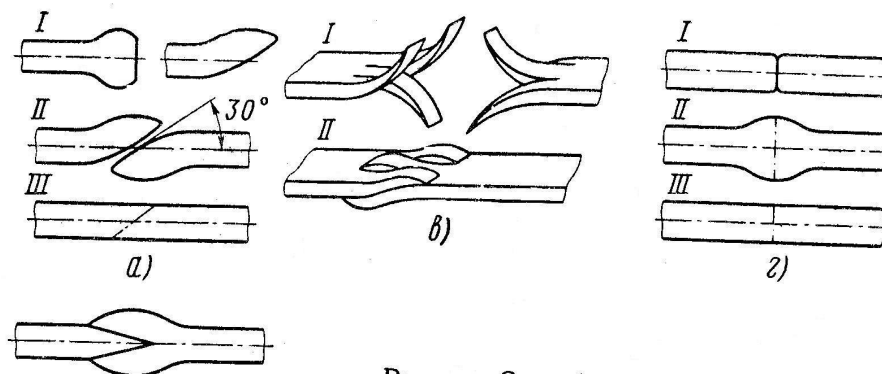


Рис. 4.29. Ковальське зварювання

а – нахлестом, б – враструб, в – вращеп, г – встик

4.4. Розроблення технологічного процесу кування

Основна робота інженера-технолога в ковальському цеху – це розроблення технологічного процесу виготовлення виковів.

Вихідним документом для цього є креслення деталі, яке було попередньо узгоджене із технологами (щодо технологічності її кування і наступної обробки), її матеріал, серійність виробництва і, якщо такі є, особливі чи додаткові вимоги до деталі чи викову.

Основні етапи розроблення технологічного процесу виготовлення викову на деталь.

1. Технологічне та економічне співставлення можливих варіантів виготовлення викову на деталь і вибір оптимального.
2. Розроблення креслення викову.
3. Визначення об'єму і маси викову і заготівки.
4. Призначення оптимального укову і розрахунок вихідних розмірів заготівки.
5. Призначення технологічних операцій.
6. Підбір і проектування інструментів.
7. Призначення технологічного інтервалу температур кування.
8. Розрахунок робочих зусиль кування і вибір потрібного устаткування.
9. Уточнення заходів техніки безпеки.

4.4.1. Технологічне та економічне співставлення можливих варіантів виготовлення викову на деталь.

аналізуючи масу, форму, розміри і серійність деталі, визначають можливі способи виготовлення викову на цю деталь.

Як правило, деталі масою більше 100 ÷ 150 кг куються. Виготовляють куванням також деталі будь-якої маси, якщо це виробництво одиничне. (Для одної – трьох деталей ніхто не буде виготовляти штампи).

Якщо треба виготовити десятки однакових виковів (дрібносерійне виробництво), то передбачають їх кування у простих не закріплюваних підкладних штампах.

У серійному, багатосерійному і масовому виробництві, коли треба виготовити сотні, тисячі і мільйони однакових виковів, застосовують штампування.

Існує спеціальна методика економічних розрахунків критичних серійностей, тобто розрахунок як економічно вигідніше виготовляти той чи інший виков.

Штампування може виконуватись на універсальному і спеціалізованому устаткуванні: на молотах, кривошипних гарячештампувальних пресах (КГШП), горизонтально-кувальних машинах (ГКМ), гвинтових пресах, високошвидкісних молотах, гарячештампувальних пресах-автоматах, кувальних вальцях тощо.

Устаткування вибирається, виходячи з його технологічних можливостей і основних характеристик викову (форма, маса, розміри, серійність тощо).

4.4.2. Розроблення креслення викову.

Креслення викову розробляється на основі креслення деталі.

Насамперед призначаються напуски, припуски і допуски.

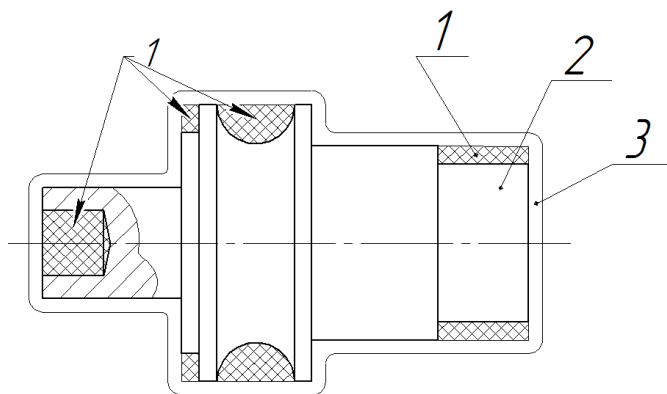


Рис. 4.30. Креслення викову

1 – напуски, 2 – виков,
3 – припуск

Напуск - це додатковий об'єм металу, завдяки якому спрощують

форму викову (рис. 4.30, 1). Спрощують форму викову тому, що за допомогою універсального інструменту не можна виготовити виков складної конфігурації. Цей метал буде видалено під час механічної обробки. Що більше об'єм напусків, то більший об'єм механічної обробки і більші втрати металу.

Припуск - шар металу на поверхні викову, який треба буде видалити механічною обробкою для того, щоб отримати деталь потрібної форми, розмірів і чистоти поверхні.

Припуски потрібні тому, що на поверхні викову завжди є дефектний шар металу. По-перше, це поверхневі дефекти, які залишилися ще від заготівки: риски, подряпини, завусні – на катаних заготівках; тріщини, набризки, пліви – на зливках. По-друге, це може бути окалина, яка закована в тіло викову. По-третє, це геометричні нерівності поверхні – сліди бойків,

непаралельності поверхонь і неперпендикулярності торців, напливи, утяжини, діжкоподібності ті зневуглецьований під час нагрівання шар металу.

Д о п у с к - це допустимі відхилення розмірів викову.

Що більші припуски і допуски, то більший об'єм наступної механічної обробки і більші втрати металу. (Не забуваймо, що метал дорожчає і буде дорожчати з кожним роком, оскільки запаси руд у землі обмежені). Саме тому розроблені спеціальні Державні стандарти, за якими призначаються припуски і допуски. Порушення цих норм карається законом.

Вхідними даними для призначення припусків і допусків за стандартом є устаткування, на якому буде куватися виков, його маса, форма, розмір і потрібна чистота поверхні.

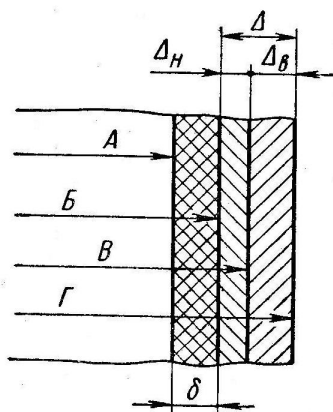


Рис. 4.31. Схема розмірів викову з припусками і допусками

А – деталі, Б – мінімальний розмір викову, В – номінальний розмір викову, Г – максимальний розмір викову, Δ – допуск, Δ_н – нижнє допустиме відхилення, Δ_в – верхнє допустиме відхилення

Робота з державним стандартом буде опановуватись під час практичних занять і виконання курсового проекту [4].

4.4.3. Визначення об'єму і маси викову і заготівки

Об'єм викову визначають за його кресленням у графічному редакторі «Компас» або іншому. Якщо немає такої можливості, то потрібно розбити виков на елементарні геометричні фігури, вирахувати їх об'єми і визначити суму. Для виковів першої технологічної групи (які штампуються поперек осі) особливо, якщо вони мають складну форму, потрібно побудувати епюру перерізів і за її площею з урахуванням масштабів визначити об'єм викову.

Маса заготівки завжди більше маси викову.

Якщо вихідною заготівкою є зливоч, то його маса визначається:

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{вик}} + Q_{\text{виг}} + Q_{\text{обс}} + Q_{\text{вид}} + Q_{\text{приб}} + Q_{\text{дон}}, \text{ де}$$

$Q_{\text{вик}}$ – маса викову;

$Q_{\text{виг}}$ – маса вигару (2 ÷ 4)%;

$Q_{\text{обс}}$ – маса обсічок (до 5%);

$Q_{\text{вид}}$ – маса видри (8 ÷ 10)%;

$Q_{\text{приб}}$ – маса прибуткової частини зливка (20÷25)% для вуглецевих сталей і (25÷35)% для легованих);

$Q_{\text{дон}}$ – маса донної частини зливка (5÷7)%.

Розхідний коефіцієнт $K_{\text{розх}} = Q_{\text{заг}} / Q_{\text{вик}} > 1$.

Якщо вихідною заготівкою є прокат, блюм, сляб або заготівка безперервного розливу сталі, то двох останніх складових немає. Тоді $K_{\text{розх}} = 1,03 \div 1,2$.

4.4.4. Призначення оптимального укову і розрахунок вихідних розмірів заготовки

Оскільки в процесі кування властивості металу змінюються, розробляючи технологічний процес, обов'язково потрібно враховувати величину укову у різних частинах викову.

Вплив укову на властивості металу.

Відомо, що зливки малопластичні через те, що мають різну структуру по перерізу: в центральній зоні у них великі зерна (кристаліти), навколо яких прошарки межкристалітної речовини, що ослаблює зв'язок між зернами, можуть бути дрібні тріщини і навіть мікропорожнини.

Тому, як правило, кування зливок починається з білетирування: протягування з малим обтисненням і малими подачами, які поступово збільшуються, оскільки підвищується пластичність зливка.

Пластичність підвищується завдяки тому, що подрібнюються зерна, заварюються мікротріщини і не окислені мікропорожнини. При цьому кристаліти витягуються у напрямку переважної деформації, витягується у цьому ж напрямку міжзеренна речовина, яка при травленні шліфів дає лінію. Так утворюється «волокниста» структура (текстура), яку не знищує наступна термообробка.

При цьому матеріал стає анізотропним, тобто його властивості стають неоднаковими у напрямку волокон і в поперечному напрямку. При укові $K = 8 \div 10$ показники пластичності у поперечних зразках менше, ніж у подовжніх у $2 \div 3$ рази.

За впливом величини укову на властивості усі метали і сплави поділяються на дві групи. До першої відносяться сталі і сплави перлітного та феритного класів, зерна яких мають феритні та цементитні оболонки. При укові

$3 \div 4$ викови майже ізотропні, тобто їх властивості мало відрізняються від напрямку дії сили. Якщо ж робочі зусилля при експлуатації деталей з цих виковів будуть співпадати з напрямком текстури, то найкращі результати щодо міцності будуть при укові $K = 10 \div 12$.

До другої групи відносяться сталі і сплави аустенітного, карбідного та мартенситного класів, які мають значно міцніші оболонки зерен, включення карбідів і мартенситної структури. Для отримання металу з оптимальними властивостями потрібен уков $K = 8 \div 12$.

Існує два підходи до призначення оптимальної величини укову (рис. 4.32). Перший. Для найбільшого перерізу викову ($F_{\max}$) призначають мінімальний, але достатній для подрібнення литої структури уков ($K_{\min}$).

Тоді площа перерізу заготовки: $F_{\text{заг}} = F_{\max} \times K_{\min}$. Решта елементів викову будуть мати більші укови, тобто якість їх буде забезпечена.

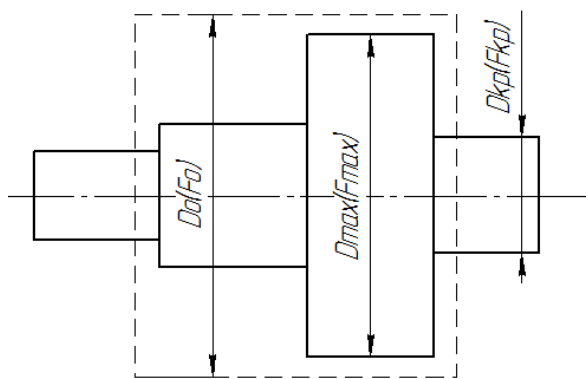


Рис. 4.32. Визначення оптимального укову.

Другий застосовується тоді, коли якийсь елемент викову під час експлуатації деталі є найбільш навантаженим чи найбільш відповідальним, і треба забезпечити його максимальні властивості. У цьому разі для такого критичного перерізу призначається оптимальний уков, який це забезпечує $K_{\text{опт}}$. Тоді переріз заготовки буде: $F_{\text{заг}} = F_{\text{крит}} \times K_{\text{опт}}$. Але у цьому випадку треба ще перевірити, чи матиме найбільший переріз викову уков не менше мінімального, інакше в цьому перерізі лишиться лита структура з низькими властивостями.

Тому повинно бути: $F_{\text{макс}} / F_{\text{заг}} > K_{\text{мін}}$

Знаючи об'єм заготовки і площу її перерізу, визначають її довжину:

$$L_{\text{заг}} = V_{\text{заг}} / F_{\text{заг}}$$

4.4.5. Призначення технологічних операцій

Усі викови умовно поділяються на шість технологічних груп. Щоб не давати довгі словесні визначення, на рис. 4.33 наведені типові представники цих груп.

1. Вали циліндричні гладкі із потовщеннями (I).
2. Викови прямокутного перерізу з потовщеннями (II).
3. Викови типу колінчастих валів (III).
4. Порожністі викови з малим відношенням висоти до діаметру (типу кілець, IV).
5. Порожністі викови з великим відношенням висоти до діаметру (типу циліндрів чи товстостінних труб (V).
6. Викови із зігнутою віссю типу крюків (VI).

Для виготовлення виковів кожної технологічної групи потрібна певна послідовність технологічних операцій.

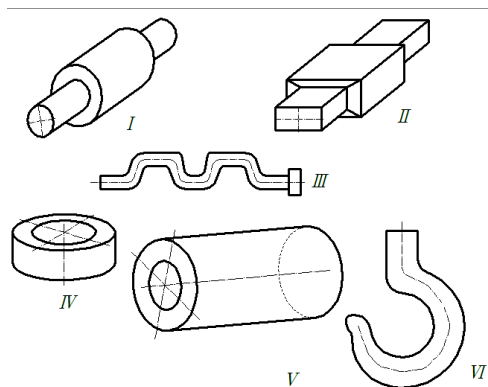


Рис.4.33. Основні технологічні групи виковів

Для першої групи це, в основному, протягування, висаджування. Для другої осаджування, розгін, передача, протягування. Для третьої – протягування, висаджування, передача, закручування. Для четвертої – осаджування, прошивання, пробиття, роздача на оправці. Для п'ятої – осаджування, прошивання, пробиття, протягування на оправці. Для шостої – протягування, висаджування, гнуття.

4.4.6. Підбір і проектування інструментів

У кожному ковальському цеху є певний набір універсальних інструментів, які використовуються на кожному устаткуванні для виготовлення виковів різних форм і розмірів. Це бойки гладкі, радіусні і вирізні, підкладні кільця і плити, прошивачі суцільні і порожністі, пробивні пуансони, розкатки, обойми, сокири тощо.

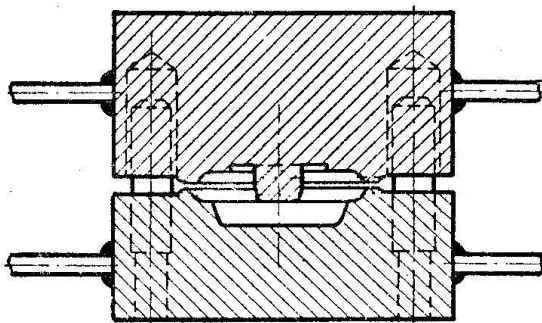


Рис. 4.34. Підкладний штамп

Знаючи технологічні операції, підбирають універсальний інструмент, за допомогою якого вони можуть бути виконані. У

випадках, коли існуючі інструменти не дозволяють виготовити виков, проектують і виготовляють нескладний спеціальний інструмент (наприклад обойми для закритого прошивання, порожнисті прошивачі певних розмірів тощо).

Якщо виготовляються не один, а кілька виковів, або кілька десятків виковів, то проектують і виготовляють підкладні штампи (рис. 4.34).

Сталі недорогі. Штампи не закріплюються на столі, співпадіння верхньої і нижньої частин штампів забезпечується направляючими колонками. Як правило, збираються і рознімаються штампи вручну.

4.4.7. Призначення інтервалу температур кування

Знаючи матеріал викову, за таблицями визначають *допустимий інтервал температур кування* – це діапазон температур, при яких матеріал має достатньо високу пластичність і низький опір деформації, що забезпечує виготовлення якісного викову.

Для розрахунку технологічного інтервалу нормують технологічний процес кування конкретного викову: розраховують, скільки часу потрібно, щоб вийняти заготовку з печі, транспортувати до молота чи преса і виконати всі технологічні операції – Ч.

Виходячи з формули Доброхотова $\text{Ч} = 0,006 \Delta T^\circ \text{Н}_{\text{пр}}$, визначають на скільки градусів охолоне заготовка і виков за цей час: $\Delta T^\circ = \text{Ч} / 0,006 \text{Н}_{\text{пр}}$, де $\text{Н}_{\text{пр}}$ - приведена товщина викову: $\text{Н}_{\text{пр}} = V_{\text{вик}} / F_{\text{вик}}$ – об'єм викову, поділений на площу проекції його на роз'єм штампів.

Знаючи абсолютну величину технологічного інтервалу, визначають його межі – при якій температурі починають кувати і при якій закінчують.

Як правило, технологічний інтервал менше допустимого, і саме технолог має призначити температуру нагрівання, початку кування і закінчення, виходячи з наявного устаткування і керуючись потребою мінімально можливої собівартості виготовлення виковів.

Як приклад розглянемо варіант кування із середньовуглецевої сталі, що має допустимий інтервал температур кування від 1200° до 800° і розраховану абсолютну величину технологічного інтервалу 200° . Можливі кілька варіантів (рис. 4.35):

1. Технологічний інтервал біля верхньої межі допустимого.
2. Десь посередині.
3. Біля нижньої межі допустимого інтервалу.

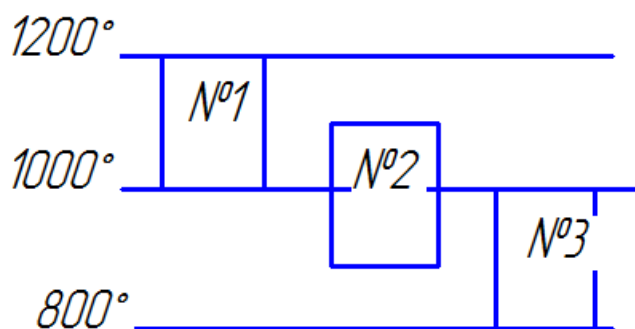


Рис. 4.35. Допустимий і технологічний інтервали температур кування

При першому варіанті виков має найнижчий опір

деформації, тому потрібне устаткування найнижчої потужності і буде найменше зношування штампів (менші сили тертя). Але при цьому подовжується технологічний процес: потрібно довше гріти, а значить більше витрати енергії на нагрівання, буде більше окалини і більше знеуглецьовування. До того ж, оскільки кування закінчується при високій температурі, під час охолодження виросте зерно.

При третьому варіанті плюси і мінуси першого міняються місцями: коротший технологічний процес, менше втрати енергії на нагрівання, менше окалини і менше знеуглецьовування, зерно не росте, але вищий опір деформації, потрібне більш потужне обладнання (а його на заводі може просто не бути), інтенсивніше зношується штамп.

Другий варіант проміжний.

Виходячи саме з цих міркувань у кожному конкретному випадку технолог призначає потрібний технологічний температурний інтервал кування.

Якщо ж розрахункова величина технологічного інтервалу більше допустимого (при куванні це буває, при штампуванні, практично, ніколи), то потрібно передбачити підігрівання викову під час кування (а, може, навіть і двох).

4.4.8. Розрахунок робочих зусиль кування і вибір потрібного устаткування.

Кожний технологічний процес складається із декількох операцій. Для вибору устаткування за робочим зусиллям розраховують робочі зусилля не всіх операцій, а тих, де опір деформації буде найбільшим. Насамперед це осаджування, бо це єдина операція, при якій деформується увесь об'єм викову, висаджування, прошивання. Формули для розрахунку робочих зусиль при всіх операціях є в довідниках.

Треба пам'ятати, що практично всі формули визначення опору деформації мають дві складові: перша враховує властивості матеріалу, а друга – так званий коефіцієнт форми, який враховує параметри форми (в найпростішому випадку осаджування це співвідношення діаметра і висоти) і вплив тертя, які міняють кількісні показники схеми напруженого стану, а значить і опір деформації. Як приклад – класична формула Зібеля – Петрова:

Робоче зусилля $P = pF$, де

F – площа викову, перпендикулярна робочому зусиллю,

p – питомий опір деформації: $p = \sigma_s (1 + fd/3h)$, де

f – коефіцієнт тертя,

d і h – діаметр і висота циліндра, який осаджують.

$fd/3h$ – цей член і враховує вплив форми викову на питомий опір деформації.

Визначивши максимальне робоче зусилля, вибирають відповідне устаткування.

4.4.9. Уточнення заходів техніки безпеки.

Завершуючи розроблення технологічного процесу, треба оцінити його з точки зору техніки безпеки ковалів і підручних. Якщо загальноприйняті заходи недостатні через якісь особливості викову чи розробленої технології, розробляються спеціальні заходи, які обов'язкові до виконання.

4.5. Особливості кування легованих сталей та незалізних сплавів

Кожна сталь і кожний незалізний сплав (яких сотні) мають свої особливості щодо їх кування і штампування. Ми узагальнимо ці особливості. Але це не значить, що всі вони притаманні усім легованим сталям і всім незалізним сплавам.

1. Низька пластичність зливок.

Як правило, зливки мають: різну структури по перерізу, значні ліквіації (нерівномірності хімічного складу) дендритні і зональні, наявність легкоплавких евтектик і твердих включень (наприклад, карбідів).

Підвищують пластичність зливок або білетируванням (протягуванням з малими ступенями обтиснення і малими подачами, які поступово збільшуються), або пресуванням (усі кольорові сплави) з невеликим ступенем обтиснення. При цьому завдяки жорсткій схемі напруженого стану підвищується пластичність. В обох випадках під час деформації подрібнюється зерно, розтрощуються тверді оболонки зерен, зменшується ліквіація, заварюються мікротріщини і не окислені невеличкі порожнини в зливках. Все це сприяє підвищенню пластичності.

2. Необхідність попереднього відпалювання.

Попереднє відпалювання потрібно для того, щоб:

- зняти залишкові напруження у зливку,
- зменшити ліквіації дендритні і зональні,
- зменшити твердість,
- ослабити карбідні та ледебуритні (аустеніт + цементит) оболонки зерен.

3. Ступінчате рівномірне нагрівання.

Ця особливість стосується, в основному, легованих сталей, у яких теплопровідність у 3-4 рази менше ніж у вуглецевих сталей, а пластичність нижче.

Як видно з графіку(рис. 4.36), мають бути п'ять стадій нагрівання.

Перша стадія. Витримка при температурі посадки.

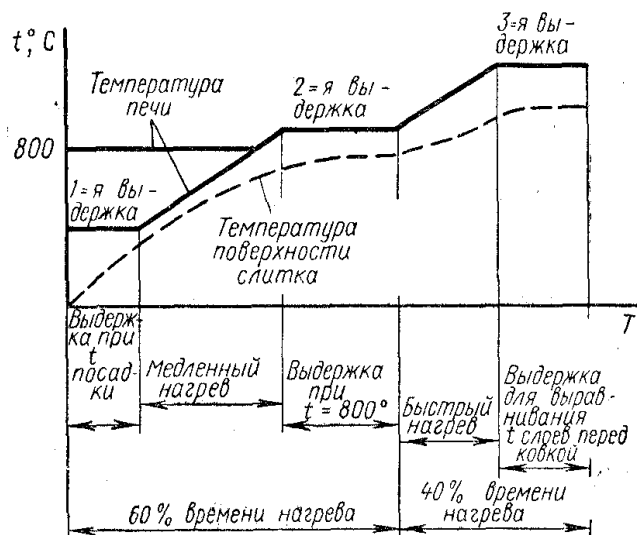


Рис.4.36. Режим нагрівання легованої сталі.

Друга стадія. Заготівка гріється з швидкістю, що не вище допустимої, до температури фазових перетворень. У разі перевищення допустимої швидкості термічні напруження між шарами металу можуть зруйнувати заготівку.

Третя стадія. Витримка при температурі фазових перетворень: заготівку не нагрівають тому, що в цей час в ній одночасно присутні дві фази (та, що була, і нова, яка тільки утворюється) з різними кристалічними решітками, а значить і з різними властивостями. При цьому різко падає пластичність сплаву, і навіть невеликі термічні напруження від нагрівання можуть зруйнувати заготівку. Перші три стадії проходять протягом 60% всього часу нагрівання.

Четверта стадія. Після того, як фазове перетворення завершиться в усьому об'ємі, заготівку нагрівають із технічно можливою швидкістю, тобто з максимальною швидкістю, яку може забезпечити прийнятий спосіб нагрівання.

Небезпеки руйнування вже немає, тому що структура сплаву однорідна, завдяки високій температурі матеріал став пластичнішим, знизився опір деформації, і термічні напруження релаксуються (зменшуються) за рахунок незначних місцевих деформацій. Заготівка нагрівається до верхньої межі технологічного температурного інтервалу кування.

П'ята стадія. При цій температурі заготівка тримається в печі ще певний час для того, щоб вона прогрілася вся, тобто щоб вирівнялась температура по всьому її перерізу. Нерівномірність температури по перерізу (а значить і неоднаковість опору деформації на поверхні заготівки і в центральних шарах) призведе до нерівномірності деформації, що небезпечно для мало - пластичних сплавів.

4. Вузькі температурні інтервали кування і штампування.

Допустимі температурні інтервали визначаються властивостями металів і сплавів. Як правило, у чистих металів вони найбільші. Будь-які домішки, в тому числі легування, зменшують їх. Так якщо для низько- і середньовуглецевих сталей допустимий інтервал температур складає біля 600° , то для легованих він звужується до $200^{\circ} \div 100^{\circ}$, а деякі кольорові сплави мають температурний інтервал $50^{\circ} \div 30^{\circ}$.

Щоб встигнути викувати чи відштампувати вков за таких вузьких температурних інтервалів, потрібно, по-перше, мати точний контроль температури, а по-друге, уповільнювати охолодження вкову під час деформації.

Оскільки за таких вузьких інтервалів може бути небезпечним навіть місцеве охолодження вкову від контакту з холодним інструментом, бойки і увесь інший інструмент підігрівають до температур $250^{\circ} \div 600^{\circ}$.

З цією ж метою використовують торцеві підкладки з дешевої вуглецевої сталі, які підігріті до $900^{\circ} - 1000^{\circ}$. Вков розміщується на них. Від контакту з інструментом охолоджується прокладка, а не торець вкову.

У якості теплоізоляторів використовують азбестові листи, які просочені графітом. Вони зменшують охолодження вкову від бойків і під час деформації виконують роль мастила.

Особливо складним є кування з легованих сталей вковів із розвиненою поверхнею: довгих валів, штанг, пластин. Щоб загальмувати їх охолодження використовують спеціальні рефлектори.

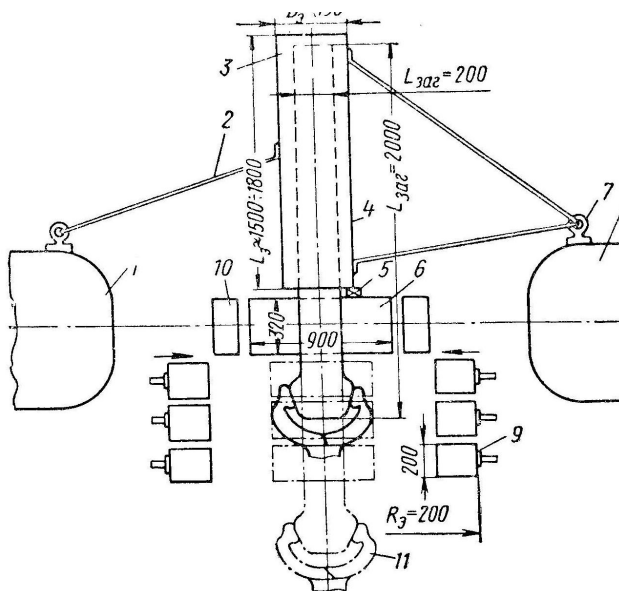


Рис.4.39. Схема рефлекторів для гальмування охолодження під час кування.

- 1 і 8 – стійки (станина молота чи преса), 2 – фіксуюча тяга, 3 – заглушка з азбесту, 4 – задній трубчастий рефлектор, 5 – стопор, 6 – нижній боек, 7 – шарнир, 9 – секції заднього рефлектора, 10 – середній кільцевий стаціонарний рефлектор, 11 – кліщі маніпулятора.

Оскільки втрата тепла відбувається, в основному, випромінюванням, використовують рефлектори, які відбивають ці промені, зменшуючи інтенсивність охолодження.

На рис. 4.39 показані три рефлектори які виготовляються із листової нержавіючої сталі або з алюмінієвого листа. Передній трубчастий рефлектор (4), середній кільцевий стаціонарний рефлектор (10), який розміщено по боках бойка, і задні напівтрубчаті рефлектори (9), які складаються із двох половинок і зводяться у кільце над протягнутою частиною вкову, яка ближче до коваля чи маніпулятора.

Заготівки зі сплавів алюмінію, міді і магнію нагріваються в електропечах, що дозволяє точно контролювати їх температуру.

5. Необхідність проміжного відпалювання.

Багато легованих сталей мають високу температуру і низьку швидкість рекристалізації, сплав не встигає повністю рекристалізуватися під час деформування, тому, практично, має місце процес напівгарячого деформування. При цьому поступово вичерпується запас пластичності, і виков може зруйнуватися.

Щоб цього не допустити, передбачають проміжне відпалювання. Треба мати на увазі, що це подовжує технологічний процес, вимагає додаткової енергії для нагрівання, при цьому збільшується вигар і знеуглецювання.

6. Підвищена чутливість до швидкості деформації

Деякі сплави магнію, алюмінію і міді при високих швидкостях деформування втрачають пластичність і можуть зруйнуватися. Тому, як правило, їх кують і штампують не на молотах, де швидкість деформування 6-7 м/с, а на гідропресах зі швидкістю міліметри в секунду, тобто на три порядки менше.

7. Підвищена чутливість до нерівномірності деформації.

Більшість малопластичних сплавів чутливі до:

- локалізації деформації,
- зсувної деформації,
- повторних деформацій розтягування.

Питання нерівномірності деформації є визначальними щодо якості отриманих виковів, тому розглянемо його детально. Насамперед, є три причини нерівномірності деформації:

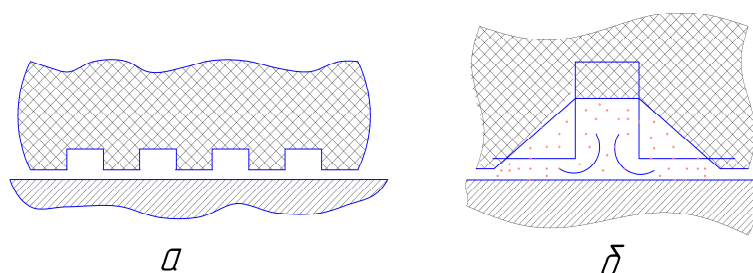
- Мета кування і штампування: із заготівки простої форми отримати виков складної форми. Для цього якість частини викову деформують більше, якісь менше, тобто нерівномірно.
- Наявність контактного тертя. Тертя на контакті інструмент – виков змінює схему напруженого стану у приконтактних зонах: завдяки напруженням від тертя вона стає більш жорсткою, підвищується опір деформації, це і створює зони загальмованої деформації, тобто призводить до нерівномірності.
- Практично не однакова температура металу під час деформування по всьому об'єму викову через нерівномірність нагрівання, нерівномірність охолодження і контакт окремих частин викову з інструментом, температура якого завжди нижча, ніж викову. А опір деформації залежить від температури, тому метал деформується нерівномірно.

Щодо першої причини – нічого змінити не можна, але потрібно кувати з обмеженими ступенями деформації, щоб запобігати отриманню значної нерівномірності деформації за один хід. Крайки бойків та інших універсальних інструментів мають бути заокруглені, щоб не було різких переходів між деформованою і недеформованою частинами викову.

Друга причина. Тертя між інструментом і виковом можна і треба максимально зменшувати. Саме для цього поверхні бойків і штампів полірують до R_a 0,2 – 0,4.

Обов'язково мають застосовуватися мастила. При куванні це, в основному, мастила на основі колоїдного (дуже тонкого) графіту: графітна паста на основі рідкого скла, азбестові листи, просочені графітом, графітові обмазки на різних основах тощо.

Оскільки при осаджуванні важких виковів при великих робочих зусиллях мастило може бути просто вичавлене з контакту між виковом і інструментом, для його утримання на торцях заготовки проточують неглибокі кільцеві проточки, в яких утримується певна кількість мастила (рис. 4.40, а).



*Рис. 4.40.
Проточки на торцях
заготовки для
утримання мастила
а – до деформації, б – при
деформації мастило
витискається*

Під час осаджування деформується і контактна поверхня, проточки спрямляються і витискають нові порції мастила на контактну поверхню (рис 4.40, б).

Щоб зменшити нерівномірність деформації від нерівномірності температури викову:

- В кінці процесу нагрівання роблять певну витримку заготовки в печі, щоб вирівнялася її температура по перерізу, щоб краще прогрілися внутрішні зони заготовки.
- Щоб зменшити ступінь охолодження торців виковів, які контактують холодним інструментом, перед початком кування інструмент обов'язково підігрівають до температур $250^\circ \div 350^\circ$ і навіть до $500^\circ \div 600^\circ\text{C}$.
- З цією ж метою використовують металеві торцеві підкладки, нагріті до $900^\circ \div 1000^\circ\text{C}$.

Щоб під час деформування малопластичних сплавів нерівномірність (локалізація) деформації не призводила би до руйнування виковів, їх деформують у вирізних і радіусних бойках та увігнутих плитах. При цьому схема напруженого стану стає більш жорсткою завдяки тому, що напруження σ_2 і σ_3 зростають (їх окрім тертя визначають ще й горизонтальні складові робочого зусилля), матеріал стає більш пластичним і зникає небезпека руйнування.

Для того, щоб при осаджуванні заготовок із малопластичних матеріалів розтягуючі напруження у зоні максимального діаметра (діжкоподібної форми) не зруйнували би заготовку, її осаджують в обоймі із пластичної недорогої сталі (рис. 4.41).

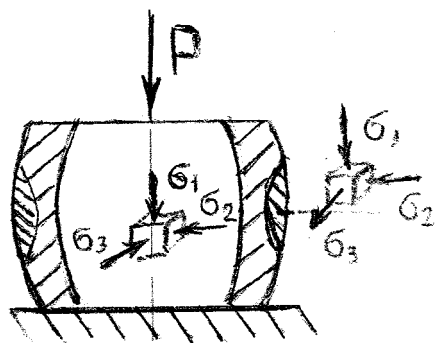


Рис.4.41. Осаджування малопластичних матеріалів в обоймі.

Тоді зона розтягуючих напружень розміщується в пластичній обоймі, яка забезпечує основній масі заготовки бокові напруження σ_2 і σ_3 . Після охолодження для видалення обойми виков механічно обробляють (обточують чи фрезерують).

8. Кувальний хрест.

Під час протягування завдяки утворенню зон загальмованої деформації біля контактів інтенсивна деформація локалізується вздовж них – по діагоналі перерізу. Під час кантування на 90° і другого проходу протягування деформація знову локалізується в тих же зонах, але зі зворотнім знаком. В цих зонах з'являються спочатку мікротріщини, які згодом перетворюються в тріщини і розломи по діагоналям перерізу під прямим кутом – оце і є так званий кувальний хрест.

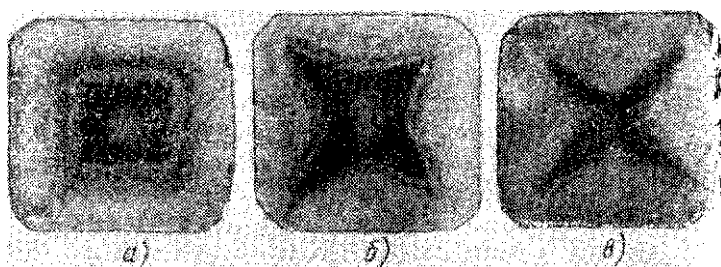


Рис. 4.42. Кувальний хрест:

а, б, в – стадії утворення

Ймовірність утворення кувального хреста тим більша,

чим більше ступінь обтиснення, і відношення подачі до висоти заготовки, і більша кількість кантувань. Тому оптимальне співвідношення подачі до висоти має бути в межах $0,5 < L/H_0 < 0,8$.

9. Заварювання тріщин.

Мікротріщини з поперечною орієнтацією (перпендикулярною до напрямку дії деформуючого зусилля), які були в заготовці чи утворилися під час деформації, можуть заварюватись в процесі кування. Сприяє заварюванню наявність бокових напружень. Для цього поверхням викову дають трохи охолонути, а потім проковують: поверхня виконує роль певної обойми.

Розділ 5.

ОБ'ЄМНЕ ШТАМПУВАННЯ

Штампкування – це виготовлення викову пластичним деформуванням заготовки в порожнинах спеціального інструменту – штампу.

Штампкування з'явилося як розвиток і вдосконалення кування. У 1817 році в Росії і в Англії у зброярнях були відштамповані невеличкі, але складної форми курки для рушниць. Ковалі, щоб довго не морочитись із виготовленням викову складної форми, яких, до речі, потрібно було чимало, виготовили штампи з двох половин із міцної сталі і в них за один –

два удари молота відштамповували курок. Лишалось лише обрізати облой – додатковий матеріал, який витискувався з порожнин штампу.

Штампуння інтенсивно розвинулося з початку XX століття, особливо у зв'язку із Першою світовою війною, коли з'явилася потреба у виготовленні великих кількостей зброї, снарядів, набоїв тощо.

Певним стимулом для розвитку і вдосконалення процесів штампуння стало автомобілебудування і взагалі індустріалізація усіх галузей матеріального виробництва, потреба в машинах різного призначення.

В СРСР перший спеціалізований цех гарячого штампуння був побудований в Ленінграді на Кіровському заводі. У 1932 році кілька ковальських штампунвальних цехів було побудовано на Горьківському автомобільному заводі за проектом Генрі Форда-старшого.

Сьогодні потужні штампунвальні цехи в усьому світі працюють в автомобілебудуванні, в транспортному, сільськогосподарському та інших видах машинобудування.

5.1. Особливості гарячого штампуння.

У порівнянні з куванням штампуння має такі переваги.

- Штампунвати можна викови досить складної форми з мінімальними напусками. Це значно зменшує обсяг наступної механічної обробки виковів (менше трудовитрати, енерговитрати, витрати інструменту), менші втрати металу.
- Оскільки виков формується в порожнині штампу, яка полірована, він не має ніяких нерівностей на поверхні, то це дозволяє мати значно менші розміри припусків. В свою чергу це зменшує втрати металу і обсяг механічної обробки.
- Відштамповані викови мають високу ідентичність, тобто однаковість форми і розмірів, оскільки вони не залежать від кваліфікації ковалів, а визначаються формою і розмірами штампу.
- З цієї ж причини штампунвані викови мають значно менші допустимі відхилення, які призначаються із міркувань раціональної стійкості штампів. Розміри виковів збільшуються в результаті зношування штампів.
- Продуктивність штампуння в сотні і тисячі разів вища, ніж кування.
- Технологічний процес штампуння легко піддається механізації і автоматизації.
- Вимоги до кваліфікації штампунвальників значно нижчі, ніж до ковалів. Їх підготовка не вимагає багато часу і витрат.

Нагадаємо, що вироби, отримані за допомогою пластичного деформування (куванням і штампунням), мають високі експлуатаційні показники, тому найвідповідальніші деталі машин, як правило, штампунються.

Але процес штампуння має і свої обмеження:

- Під час штампування одночасно деформується увесь об'єм вихову в штампі. Схема напруженого стану жорстка, опір деформації високий. Це потребує потужних машин.
- Саме через це маса виховів обмежена – до 250 кг.
- Для кожного вихову потрібен свій інструмент із дорогої штампової сталі. Оскільки порожнини штампів мають складну форму і вимоги до виготовлення штампів (точність, чистота поверхні) теж високі, штампи – дорогий інструмент.
- Усе обладнання для штампування дорожче за кувальні молоти.

5.2. Обладнання для гарячого штампування.

Є спеціальний курс «Обладнання для обробки металів тиском», який познайомить вас з конструкціями і особливостями роботи основних машин для штампування. Ми назвемо кілька основних.

- Кривошипні гаряче-штампувальні преси (КГШП) з робочими зусиллями 630, 1000, 1600, 2000, 2500, 4000, 6300 і 8000 тс.
- Горизонтально-кувальні машини (ГКМ) з робочими зусиллями від 100 тс до 3150 тс.
- Пароповітряні штампувальні молоти з масою падаючих частин (це маса поршня, штока, баби і верхньої половини штампа) від 0,63 до 25 тон.
- Преси гвинтові (фрикційні, дугостаторні, гідрогвинтові) з робочим зусиллям від 400 до 2500 тс.
- Преси кривошипні обрізні з робочим зусиллям від 160 до 1000 тс.
- Преси кривошипно-колінні (для калібрування) з робочим зусиллям від 100 до 4000 тс.
- Преси гідравлічні для гарячого об'ємного штампування з робочим зусиллям від 1250 до 5000 тс.
- Вальці кувальні : від 16 до 100 тс.
- Гаряче-штампувальні автомати.

І ще десятки різновидів спеціальних машин.

5.3. Етапи і види штампування.

5.3.1. Технологічний процес штампування складається з трьох етапів:

1. Підготовчі операції: розроблення на заготовки, нагрівання, попереднє фасонування.
2. Формування вихову за один – три технологічні переходи.
3. Викінчувальні операції: обрізування облою, пробиття перемички, правлення, калібрування, термообробка, очищення від окалини.

Існують три види (три схеми) гарячого об'ємного штампування: відкрите, закрите (безоблойне) і штампування витискуванням.

5.3.2. Відкрите штампування.

Найбільш поширена схема штампування – відкрита: між верхнюю і нижньою половинами штампу передбачена спеціальна порожнина, в яку під кінець робочого ходу витікає певний об'єм металу. Порожнина

називається облойною канавкою, метал, що витікає в неї, називається облоєм.

Цей спосіб універсальний, тобто відсотків $80 \div 90$ виковів штампується саме відкритим штампуванням. При цьому оскільки метал може витікати з порожнини штампа, з неточної заготовки можна отримати точний виков.

До недоліків процесу можна віднести:

- Підвищене робоче зусилля за рахунок деформування облою, а він має малу товщину (високий опір деформації) і чималу площу деформації, а також значна витрата енергії на деформування облою,
- Втрати металу на облой – від 10 до 30%,
- Потреба в спеціальній операції з обрізування облою, для чого потрібні спеціальне устаткування, оснащення, робоча сила, подовжується технологічний процес.
- Погіршення макроструктури у місці обрізування облою (перерізуються волокна).

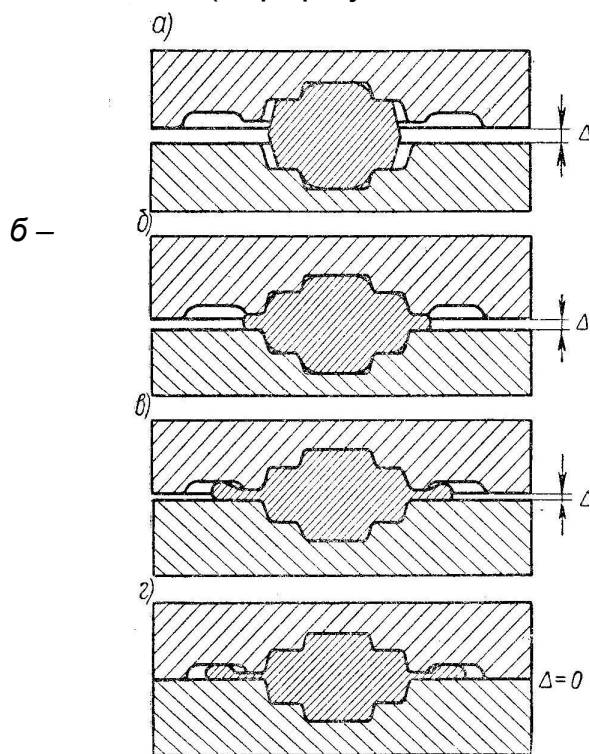


Рис. 5.1. Схема і етапи відкритого штампування:

а – заповнення ручая осаджуванням, заповнення ручая витискуванням, в – працює облой, ручай заповнюється, г – доштампування.

На рис 5.1 представлені чотири етапи заповнення чистового ручая при відкритому штампуванні.

5.3.3. Закрите (безоблойне) штампування.

При закритому штампуванні одна половина штампа входить в другу як в направляючу. На відміну від відкритого штампування, при якому всі

кути стаціонарні і заповнюються металом в останню чергу, у закритому штампуванні кут, утворений рухомою і нерухомою частинами штампу активний, легко заповнюється: сили тертя не заважають, а сприяють його заповненню.

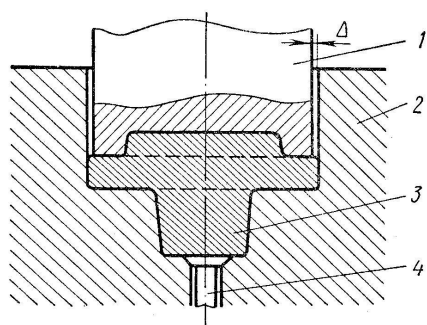


Рис. 5.2. Схема закритого (безоблойного) штампування

1 – рухома частина штампу, 2 – нерухома частина штампу, 3 – виков, 4 – виштовхувач.

Позитиви:

- Немає втрат металу на облой.
- Потрібне менше робоче зусилля, оскільки не деформується облой. Можна використовувати менш потужні преси, які значно дешевші.
- Не потрібна операція обрізування облою: не потрібні обрізні преси, витрати на обрізні штампи, робоча сила. Коротший технологічний процес.
- Краща макроструктура (не перерізуються волокна під час обрізування облою).

Негативи.

- Спосіб не універсальний: штампуються, в основному, викови другої технологічної групи, які штампуються в торець, та й лише ті, які не мають тонких полотен.
- Неточність об'єму заготовки переходить в неточність викову по висоті (недоштампування).
- Під час штампування на машинах із жорсткою характеристикою ходу (КГШП, ГKM) можливо заклинення машин.

5.3.3. Штампування витискуванням (видавлюванням)

Частина викову формується витискуванням металу з порожнини штампу в напрямку робочого ходу (пряме витискування), у зворотному напрямку (зворотне витискування) або в радіальних напрямках (радіальне витискування).

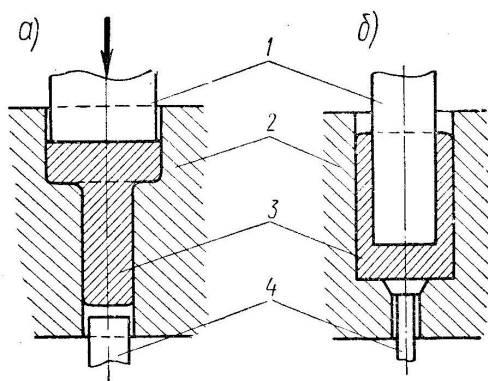


Рис. 5.3. Схема штампування витискуванням

*а – пряме витискування, б – зворотне витискування,
1 – пуансон, 2 – матриця, 3 – виков, 4 – виштовхувач.*

Цей спосіб має всі переваги безоблойного штампування. Один з кутів також активний. Окрім цього немає небезпеки заклинення пресу, оскільки «зайвий» метал витискується в стержень. Тому корпус відштамповується точно.

До негативів процесу можна віднести його не універсальність (він високоефективний тільки для певного типу виковів – «корпус - стрижень» і порожнисті викови), високий опір деформації і пов'язану з цим низьку стійкість штампів.

5.4. Технологічні особливості відкритого штампування.

Заповнення порожнини ручая штампу може здійснюватись осаджуванням (рис. 5.4, а) і выдавлюванням (рис. 5.4, б). Опір деформації при заповненні выдавлюванням завдяки більш жорсткій схемі напруженого стану значно більший.

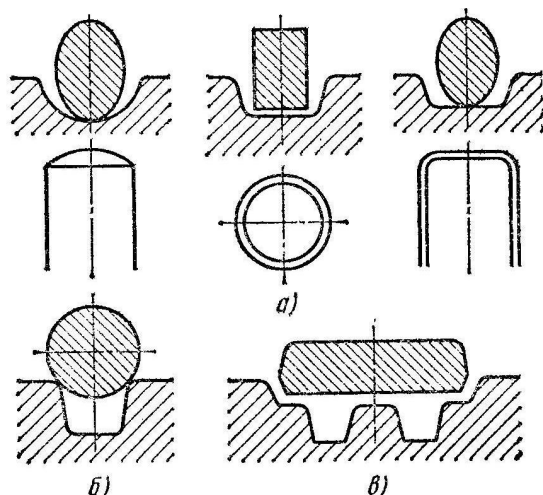


Рис.5.4. Схеми заповнення ручая осаджуванням (а) і видавлюванням (б і в)

5.4.1. Штампувальні ухили.

В момент заповнення ручая металом на стінки штампу діє робоче зусилля і пружно його деформує (розтягує). По закінченню деформування штамп пружно стискається і затискує виков. Щоб

видалити виков з порожнини штампу з вертикальними стінками, треба подолати сили тертя на усьому шляху «S».

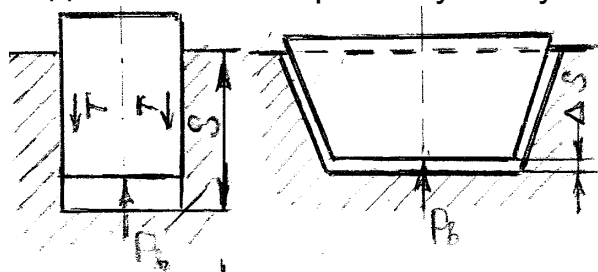


Рис. 5.5. Два варіанти виштовхування

Але якщо стінки ручая будуть мати штампувальний ухил (α), то достатньо лише зрушити виков на величину ΔS , як між виковом і штампом утвориться

зазор і виков можна вільно виймати зі штампу.

Кривошипні гаряче-штампувальні преси мають механізми для виштовхування виковів із ручаїв.

Штампувальні молоти таких механізмів не мають: при ударному навантаженні виштовхувальні механізми не працюють, до того ж отвори для виштовхувачів у молотових штампах – це концентратори напружень, які можуть зруйнувати штампи. Викови з штампів «вискакують» самі.

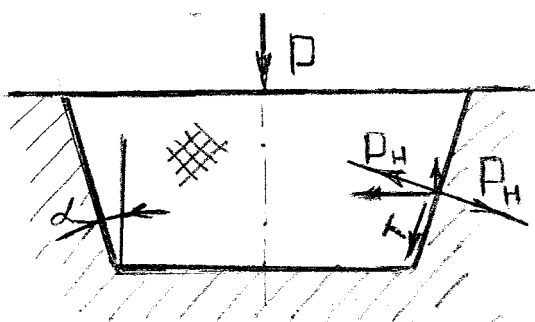


Рис. 5.5. Схема виштовхування

На схемі (рис. 5.5) показані сили, які діють на виков в момент деформації і після її завершення (перекреслені): робоче зусилля P_p деформує заготовку,

метал тисне на дно і бокові стінки штампу з нормальним зусиллям P_n , яке врівноважується силами пружної деформації штампу P_n^1 .

Після закінчення деформації викову робоче зусилля зникає (дорівнює нулю), на виков тиснуть сили пружної деформації P_n^1 . Ці сили мають вертикальну складову ($P_n^1 \sin \alpha$), яка виштовхує виков зі штампу. Затримує виков у штампі сила тертя ($T = f P_n^1$, де f – коефіцієнт тертя між виковом і штампом), точніше, її вертикальна складова $f P_n^1 \cos \alpha$.

Проекція цих сил на вертикальну вісь і визначає силу, яка виштовхує (чи не виштовхує) виков з порожнини штампу: $P_{\text{вишт.}} = P_n^1 (\sin \alpha - \cos \alpha)$.

Якщо двочлен у дужках більше нуля, то виков виштовхується зі штампа. Аналіз показує, що сила виштовхування буде тим більшою, чим більшими будуть штампувальні ухили і меншою сила тертя.

Для зменшення коефіцієнту тертя штампи обробляють до високого ступеню чистоти (полірують до шорсткості $0,2 \div 0,4$) і обов'язково змащують.

Штампувальні ухили не можуть бути великими, оскільки чим більший ухил, тим більший напуск на ухил, тим більше треба буде зняти металу механічною обробкою для отримання вертикальних стінок деталі.

Ухили розрізняють зовнішні і внутрішні (рис. 5.6, а). Внутрішні ухили завжди призначаються більшими, аніж зовнішні, щоб запобігти затриманню викову на знаку, який формує порожнину.

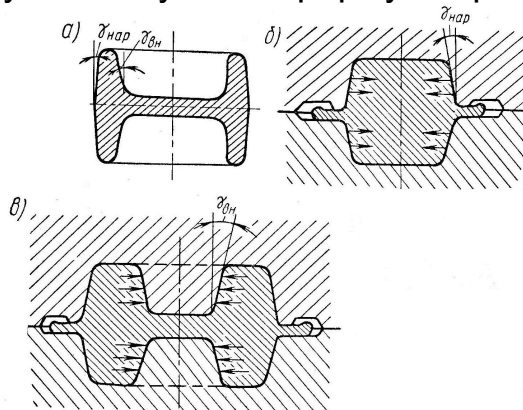


Рис.5.6.

Зовнішні і внутрішні штампувальні ухили (а).

Напруження під час охолодження викову із зовнішніми (б) і внутрішніми (в ухилами)

Якщо виков затримується в порожнині по зовнішнім ухилам, то під час хоч і незначного охолодження (від контакту зі штампом), розміри викову зменшуються, тиск штампу на виков зменшується (можливо до нуля), і виков можна вийняти зі штампу (рис. 5.6, б).

Якщо ж виков затримується на знаку (на внутрішньому ухилі) то під час охолодження викову його розміри зменшуються, збільшується тиск викову на знак (гаряча посадка!), і зняти виков зі знаку стає проблематичним (рис. 5.6, в).

При штампуванні виковів складної форми ухили у верхній половині штампу роблять більшими, ніж у нижній, щоб виков ні в якому разі не затримався би у верхній половині штампу, бо, падаючи, він може травмувати коваля (упасти на кліщі як на важіль), а головне – на викові утворюється забоїна і виков – брак!

Величини штампувальних ухилів стандартизовані. Для молотів вони найбільші: зовнішні 7° , внутрішні 10° ; для КГШП і ГKM зовнішні 5° , внутрішні 7° , для гаряче штампувальних автоматів відповідно $1^\circ \div 3^\circ$.

5.4.2. Роз'єм штампів.

Під час розроблення креслення викову ми маємо визначити, яка його частина буде штампуватися у верхній половині штампа, яка у нижній, тобто визначити розташування площини роз'єму.

Оскільки кожен виков можна розглядати як такий, що складається із певної комбінації простих геометричних фігур, проаналізуємо, як вибрати роз'єм штампів для штампування виковів простої форми (Рис. 5.7).

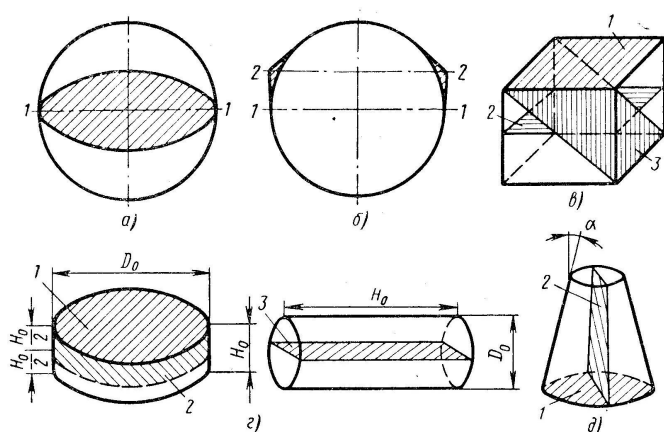


Рис. 5.7. Можливі площини роз'єму при штампуванні виковів простої форми.

Правила призначення роз'єму штамп.

1. Оптимальним можна вважати такий роз'єм штамп, при якому напуски на ухили будуть мінімальними, а значить мінімальними будуть об'єм наступної механічної обробки і втрати металу. З цих міркувань за лінію роз'єму приймають геометричне місце точок перетину оптимальних верхнього (який більший) і нижнього ухилів.

2. Роз'єм штамп призначається у площині двох найбільших розмірів викову. У цьому випадку буде:

- Мінімальна глибина порожнин штамп (ручаїв).
- Простіше виготовлення штамп.
- Краще заповнення ручаїв.
- Менші зусилля, які діють на стінку штамп (бо менша їх площа), менша небезпека руйнування штамп під дією цих сил.

3. Бажано мати плоский роз'єм штамп (Рис. 5.8, а, в, д, е).

4. Неплоский (ступінчатий) роз'єм ускладнює виготовлення штамп і під час штампування буде причиною появи зсувних зусиль, які будуть намагатися змістити половини штамп одна відносно одної (Рис. 5.8, б і г).

5. Штамп зі ступінчастим роз'ємом виготовляють у разі штампування виковів зігнутої форми або в тих випадках, коли інакше не можна заповнити глибоку порожнину штамп (Рис. 5.8, б і г). В таких випадках

зсувні зусилля врівноважують або симетричним роз'ємом (як у нашому випадку), або спеціальним замком (буде розглянута окрема тема врівноваження зсувних зусиль).

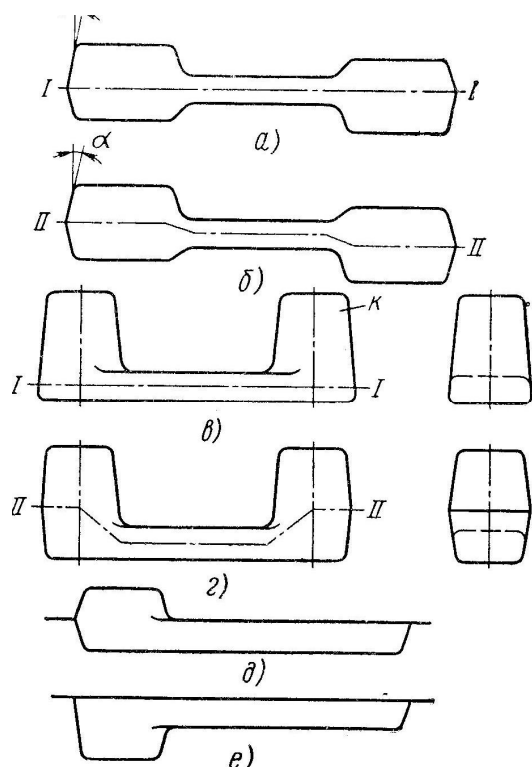


Рис. 5.8. Плоскі (а, в, д і е) і ступінчаті (б і г) роз'єми штампів

6. Вибираючи роз'єм штамп, треба враховувати макроструктуру відштампованого викову з міркувань вимог до деталі, яка буде виготовлена з цього викову (треба враховувати напрямок основних

робочих напружень в деталі під час її експлуатації тощо).

Як видно з рисунку 5.9, якщо основне робоче зусилля буде діяти в деталі в горизонтальній площині «а – а» на зріз, то роз'єм потрібно брати по торцю (I – I), а не по геометричному місцю точок перетину верхнього і нижнього ухилів (II – II), щоб максимальні напруження від робочих зусиль діяли би поперек волокон.

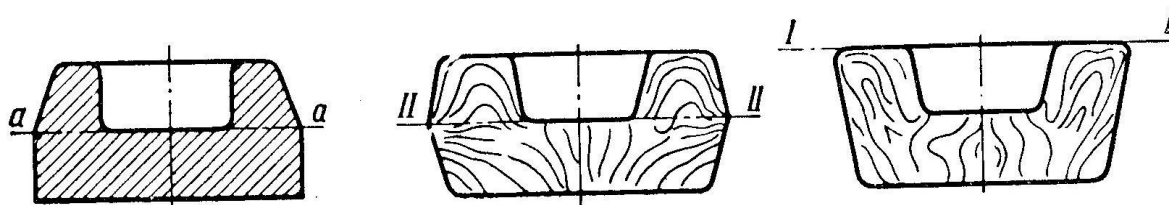


Рис.5.9. Врахування макроструктури при призначенні роз'єму штамп.

У разі призначення роз'єму по II - II під час обрізування облою волокна будуть перерізані саме в критичному перерізі деталі, що погіршить її експлуатаційні характеристики.

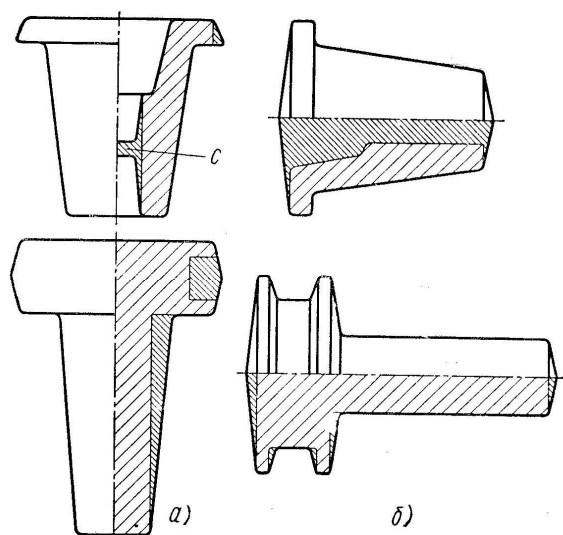


Рис.5.10. Варіанти вибору роз'єму штамп.

7. Роз'єм штамп треба вибирати таким, щоб відштампований виков мав би мінімальні напуски, щоб обсяг механічної обробки і втрати металу були би мінімальні.

На рис 5.10 видно, як залежить об'єм напусків від

роз'єму штамп: для верхнього викову правильний вибір лівий, для нижнього – правий.

8. При штампуванні на КГШП у верхній половині штамп розміщують простіші елементи викову, щоб гарантувати, що виков не затримається в верхній половині (а потім не впаде і не zdeформується).

9. При штампуванні на молотах навпаки складні для заповнення елементи викову розміщуються у верхній половині штамп, оскільки вони краще заповнюються завдяки ефекту «сплеску» (це явище буде розглянуто пізніше).

10. При штампуванні виковів простої форми, щоб спростити конструкцію штамп і його виготовлення, роз'єм призначають по верхньому торцю, тобто увесь виков розміщують у нижній половині штамп, а верхня являє собою просто поліровану плиту.

5.4.3. Радіуси заокруглення.

У вивках перехід від однієї поверхні до іншої мають певні радіуси заокруглення. Розрізняють зовнішні (r) і внутрішні ($R = 3r$) радіуси заокруглення. (Рис. 5.11).

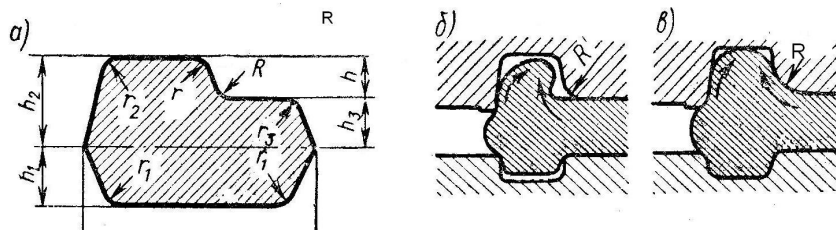


Рис.5.11. Зовнішні (r) і внутрішні (R) радіуси заокруглення.

Щоб зрозуміти логіку їх призначення, проаналізуємо два варіанти: малий радіус заокруглення і великий.

З о в н і ш н і р а д і у с и . Занадто малими ці радіуси призначати не можна тому, що:

- складно буде виготовляти штамп,
- цей кут погано буде заповнюватися металом під час штампування,
- малий радіус може стати концентратором напруження і призвести до руйнування штамп.

Призначення великого радіусу заокруглення вимагатиме збільшення припусків на прилеглих поверхнях, що вкрай небажано (втрата металу і збільшення обсягу механічної обробки).

Під час обов'язкового узгодження креслення деталі між конструктором і технологом треба вимагати, щоб були передбачені фаски, що дозволить при оптимальних радіусах заокруглення не збільшувати припуски (рис...,б).

Призначення величини внутрішніх кутів заокруглення регламентовано Державним стандартом в межах $1 \div 8$ мм.

В н у т р і ш н і р а д і у с и не можуть призначатися занадто малими тому, що:

- Крайки знаків, які формують порожнини, будуть інтенсивно розігріватися і деформуватися у напрямку переміщення матеріалу вивку, утворюючи напливи (рис. 5.12, в). Це насамперед призведе до того, що вивок не буде вийматися із порожнини штамп. Ці напливи зачищають при поточному огляді і ремонті, тим самим міняючи форму порожнини.

- Малий радіус заокруглення на крайці знаку може як ніж перерізати волокна металу, який деформується, що погіршить макроструктуру (рис. 5.12, а).

- При малому радіусі заокруглення крайки знаку біля нього може утворюватись затиск через те, що метал інтенсивно тектиме в горизонтальній площині (а не рівномірно вниз), торкатиметься бокової стінки штамп, потім дна ручая і, завертаючись, підніматися вверх біля знаку і утворювати затиск, який візуально не можна побачити, але він є стовідсотковим браком (рис. 5.11, б).

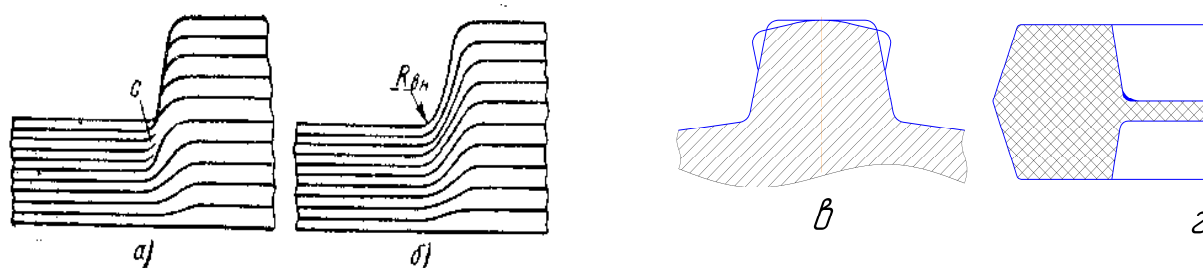


Рис. 5.12. Внутрішні радіуси заокруглення (а, б), деформація знаку (в) і втрата металу при збільшенні внутрішнього радіусу (г)

При малих радіусах заокруглення кути знаків розігріваються і під дією металу, який їх обтікає, деформуються, створюючи проблеми для видалення виковів із штампу (рис. 5.12, в).

Збільшення ж величини внутрішнього радіусу заокруглення веде лише до ускладнення процесу пробиття перемички (якщо це знаки на місці отвору у деталі) – збільшується товщина перемички у місці перерізу. Втрата металу при цьому незначна (рис. 5.12, г).

Саме тому внутрішні радіуси заокруглення призначаються втричі більшими, ніж зовнішні ($R = 3r$).

Розміри зовнішніх радіусів заокруглення регламентовано Державним стандартом 7505-89. Вони залежать від маси викову і глибини порожнини і знаходяться у межах від 1 до 8 мм, відповідно внутрішні в межах від 3 до 24 мм.

5.4.4 Формування порожнин. Порожнини можуть бути елементами виковів або формуватися на місці отвору у деталі. Під час викінчувальних операцій пробивають перемичку і отримують отвір у викові. Порожнини формуються спеціальними елементами штамів, які називаються знаками, які є найбільш зношуваними частинами штамів, якщо не мати на увазі пороги облойних канавок.

Під час штампування знак розігрівається значно більше інших елементів штампу, тому що він з трьох сторін оточений нагрітим металом. Оскільки опір деформації тим більший, чим менше його товщина (вплив сил тертя на поверхнях контакту викову і штампу робить схему напруженого стану більш жорсткою), то він завжди найбільший на містку облойної канавки і на знаках.

Оскільки знаки працюють у тяжких умовах і їхня стійкість іноді визначає стійкість всього штампу, мінімальний діаметр знаку приймається не менше 30 мм, а висота його не більше 0,8 його діаметру.

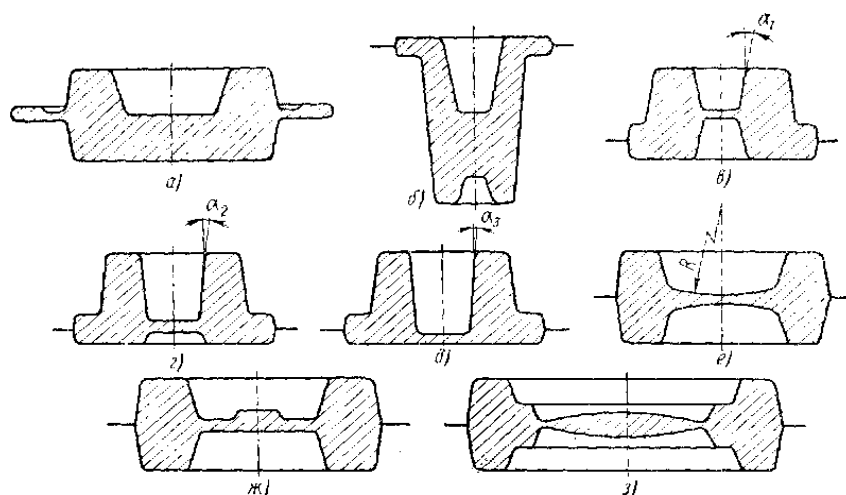


Рис. 5.13. Види порожнин у викових

Оскільки під час штампування нагріта заготовка і виков значно довше (у десятки разів) контактують із нижньою половиною штампу, її робоча температура вища, а значить, стійкість нижча. Тому із міркувань рівності стійкості нижній знак робиться меншої висоти.

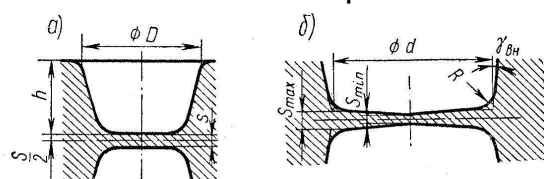
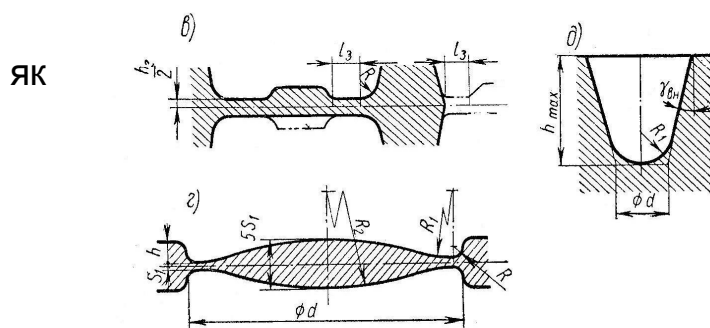


Рис. 5.14. Перемички при формуванні порожнин



Якщо деталь має отвір, то, правило, порожнини формуються зверху і знизу, а товщина перемички між ними розраховується $S = 0,1d$ або $S = 0,4\sqrt{d}$, але не менше 4 мм (рис. 5.14, а).

Щоб зменшити опір деформації під час формування порожнин великих діаметрів ($d > 80$ мм), торці знаків роблять конічними: мінімальна товщина перемички на них по центру приймається $S_{min} = 0,65S$, а максимальна на краях $S_{max} = 1,35S$ (рис. 5.14, б). Такі знаки, як конуси, розсувають метал перемички, зменшуючи загальний опір деформації.

Якщо діаметр порожнини більше 155 мм, передбачається другий технологічний перехід: щоб забезпечити якісне пробиття перемички (при великій товщині конічної перемички у місці зрізу виков може деформуватися) метал перемички у місці зрізу переміщується до центру (рис. 5.14, в, г). Знаки другого переходу мають спеціальні порожнини в центрі, в які переміщується метал з краю перемички.

При діаметрах отворів чи заглиблень менше 30 мм застосовують глуху прошивку без пробивання перемички. При цьому заокруглення знаку приймають $R = 0,6d$, де d – нижній діаметр розрахункової порожнини (рис. 5.14, д).

5.4.5. Облой та облойні канавки.

Облой – це певний розрахований об'єм металу, який витікає у спеціальну порожнину у роз'ємі штампу, яка називається облойною канавкою.

Технологічне призначення облою: на певній стадії штампування створити опір витіканню металу в облой більший, ніж опір заповнення порожнини штампу. Саме це і забезпечує універсальність відкритого штампування.

Облойна канавка (рис.5.16, тип I) має місток (поріг) і магазин (карман). Метал, який витікає з порожнини штампу, деформується тільки на містку

(Рис. 5.15, б) і ні в якому разі не в магазині (Рис. 5.15, а).

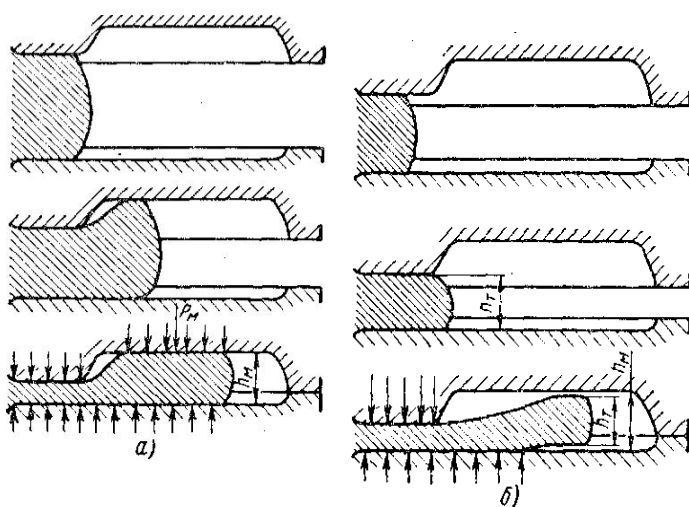


Рис.5.15. Стадії утворення облою.

Тому саме параметри містка ширина «b» і висота «h» визначають опір витіканню металу в облой (рис.5.16, тип I).

В магазині розміщується метал, який пройшов через поріг. Якщо його передбачається багато, то використовується другий тип облойної канавки із збільшеним

об'ємом магазину (рис. 5.16, тип II). Із міркувань рівномірності ширина

містка в нижній половині штампу робиться дещо більшою.

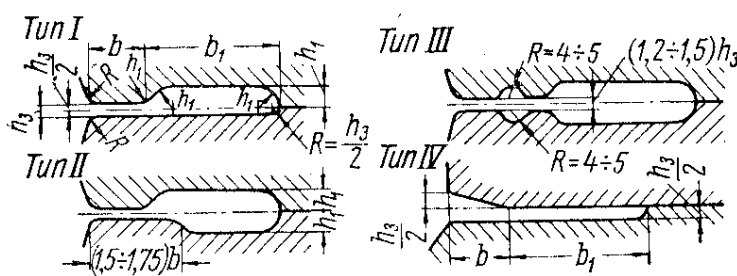


Рис.5.16. Типи облойних канавок.

Постійне зростання опору витікання металу в облойну канавку в процесі деформації заготовки (викову) забезпечується тим, що висота металу, який деформується на порозі увесь час зменшується аж до розрахункової величини h (рис. 5.15).

Оскільки різні елементи ручая мають різну складність, а значить, і різний опір деформації, для їх заповнення потрібний і різний опір витіканню металу в облой. В тих місцях контуру викову, де треба створити підвищений опір деформації, виготовляють третій тип облойної канавки (рис. 5.16, тип IV), який від попередніх відрізняється наявністю неглибокої поперечної проточки, яка значно збільшує опір витіканню металу в облой:

витікати заважають не тільки сили зовнішнього тертя на поверхні контакту металу викову з містком, а і внутрішнє тертя у загальмованих проточками зонах.

Четвертий тип – так званий клиновий облой. Канавка принципово відрізняється від усіх тим, що не має магазину (рис. 5.16, тип ІУ). Опір витіканню в ньому значно вищий, бо він збільшується не тільки за рахунок зменшення товщини металу, який витікає з порожнини штампу, а й за рахунок того, що збільшується площа деформації в конічній частині облойної канавки і в зоні її постійного перерізу.

Як правило, третій і четвертий типи облойних канавок використовуються не по всьому периметру викову, а тільки в тих місцях, де треба створити додатковий опір витіканню.

Оскільки місток облойної канавки є найбільш зношуваним елементом штампів, а нижня половина штампу має завжди вищу температуру і зношується інтенсивніше, місток облойної канавки завжди розміщується у верхній половині штампу.

Винятком є п'ятий тип облойної канавки, у якому поріг і уся канавка розміщується в нижній половині штампу. Але цей тип використовується дуже рідко: лише тоді, коли штампується вков дуже простої форми, ручай розміщується тільки в нижній половині штампа, роз'єм штампа по верхньому торцю, а верхня половина штампу – просто шліфувана плита. Такий штамп простіше виготовити і він дешевший.

5.4.6. Об'єм облою .

Оптимальний об'єм облою, по-перше, залежить від складності викову: що він складніший, то більший об'єм облою маємо передбачати, тому що метал на порозі облойної канавки буде з'являтися раніше і його більше витече.

По-друге, об'єм облою залежить від місця розташування роз'єму штампу.

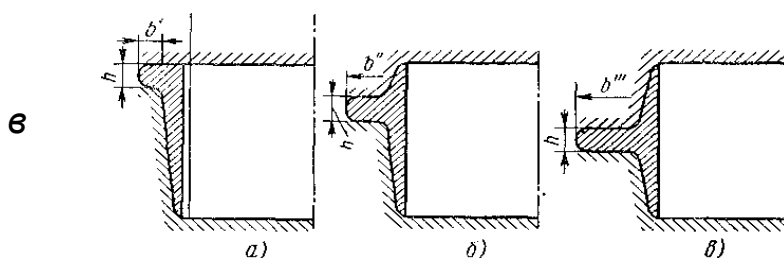


Рис.5.17. Об'єм облою залежності від розташування роз'єму штампу.

Найбільший об'єм облою треба передбачати, якщо роз'єм розташований близько до середини висоти викову (рис. 5.17, в), і найменший, якщо роз'єм штампу біля торця (рис. 5.17, а). У цьому випадку облой почне утворюватись лише після того, як буде заповнено кут штампу біля торця, тому металу в облой витече менше.

Абсолютна ж маса облою при однакових інших параметрах пропорційна масі викову.

5.4.6.1. Розрахунок маси облою .

При штампуванні на молотах. Параметри облойної канавки розраховуються в залежності від розмірів викову:

$$h = 0,015 D, \quad h = 0,015 H_{\text{пр}},$$

де D – діаметр круглого викову в плані (викови другої групи, які штамнуються в торець),

$H_{\text{пр}}$ – приведена висота викову – для виковів першої групи, які штамнуються поперек осі.

$$H_{\text{пр}} = V_{\text{вик}} / F_{\text{вик}},$$

де $V_{\text{вик}}$ – об'єм викову, $F_{\text{вик}}$ – площа проекції викову на площу роз'єму штампу.

За розрахованою товщиною облою вибирають один з трьох типорозмірів облойної канавки в залежності від того осаджуванням чи витискуванням заповнюється ручай – за таблицею у довідниках.

Кожний типорозмір має свої значення ширини містка, параметрів магазину і площі перерізу відповідної облойної канавки $F_{\text{о.к.}}$.

$$\text{Площа перерізу облою: } F_{\text{об.}} = \xi F_{\text{о.к.}}, \text{ де}$$

ξ – коефіцієнт заповнення облойної канавки, який залежить від складності викову: $0,1 < \xi < 0,7$.

$$\text{Об'єм облою } V_{\text{обл}} = F_{\text{об.}} P_{\text{вик}}, \text{ де } P_{\text{вик}} \text{ – периметр викову.}$$

При штампуванні на КГШП параметри облойної канавки визначаються тоннажем пресу. Об'єм облою: $V_{\text{обл}} = (bh + Bh_1) P_{\text{вик}}$, де

h_1 – табличне значення висоти магазину, а B залежить від маси викову: 10 мм для виковів масою до 0,5 кг, 15 мм для мас 0,5 ÷ 2 кг, і 20 мм для виковів масою більше 2 кг.

Якщо передбачений чорновий ручай і в ньому утворився облой, то величина « B » збільшується удвоє.

Фактичний об'єм облою, як правило, більший за оптимальний. Це перевищення має три складові.

$$V_{\text{об}} = V_{\text{опт}} + \Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3,$$

де: $V_{\text{опт}}$ – оптимальний об'єм облою,

ΔV_1 – неточність заготовки, яка пов'язана із допусками на діаметр штанги і неточністю розроблення, може складати від 1 до 5% об'єму.

ΔV_2 – об'єм, який компенсує максимальне зношення штампу. Під час експлуатації розміри порожнини штампу збільшуються за рахунок стирання, тому збільшується її об'єм. ΔV_2 може складати до 5% об'єму.

ΔV_3 – неякісне попереднє фасонування може призводити до витікання в облой значних об'ємів металу. Ця складова може бути до десятків відсотків.

Але будь-яке збільшення об'єму облою понад оптимальний небажано з двох причин:

- Для витискування його з порожнини штампу потрібно витратити додатково чимало енергії. При цьому, оскільки ручай вже заповнений,

схема напруженого стану досить жорстка, а тому опір деформації різко зростає. При цьому інтенсивно зношується штамп.

- Зайва витрата металу.

Тому потрібно дбати про зменшення надлишкового об'єму облою. Як?

1. Можна підвищити точність розроблення штанг на заготовки, скажімо, об'ємним дозуванням, при якому вимірюється (спеціальним приладом) площа перерізу кожної штанги і за допомогою мікропроцесора коригується довжина заготовки, яку треба відрізати. Упор виставляється автоматично.
2. Контролюється (статистично) ступінь зношування штампу і відповідно коригується об'єм заготовки. Наприклад, при стійкості штампу 10 000 виковів, його роботу ділять на п'ять періодів по 2000 виковів, і відповідно кожного разу міняють об'єм заготовки на 1%.
3. Застосування сучасних способів попереднього фасонування, таких як вальцювання, періодичне прокатування, електровисаджування тощо, дозволяє зменшити цю складову практично до нуля.

5.4.7. Чотири стадії заповнення чистового ручая.

Чистовий ручай – це порожнина штампа, в якій остаточно формується виков. Існують чотири стадії його заповнення.

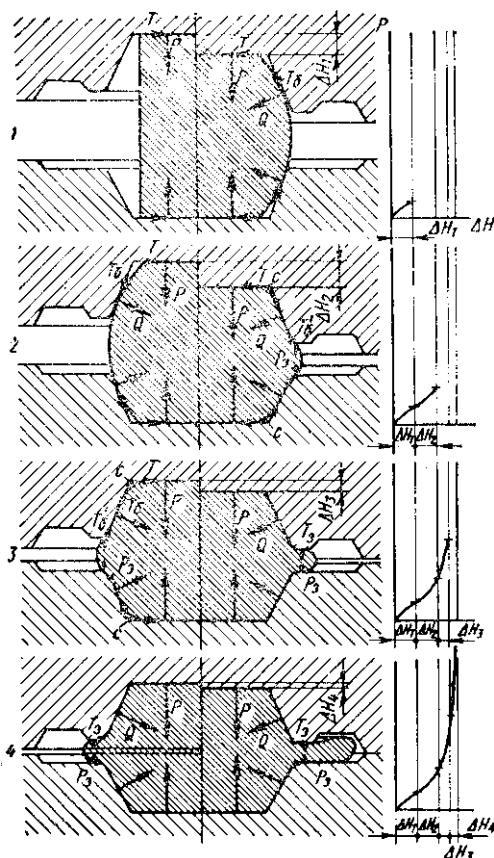


Рис. 5.18. Стадії заповнення чистового ручая.

На *першій стадії* ручай заповнюється осаджуванням. На діаграмі «зусилля – шлях» ($P - S$ діаграма) робоче зусилля майже монотонно підвищується (рис 5.15, 1).

На *другій стадії* (рис 5.15, 2). ручай заповнюється витискуванням. При цьому робоче зусилля підвищується, тому що опір деформації при витискуванні вищий, ніж при осаджуванні. Закінчується друга стадія, коли метал з'являється на порозі облойної канавки.

На *третьій стадії* (рис 5.15, 3). працює облой: на містку облойної канавки увесь час зростає опір витіканню металу в облой, оскільки зменшується висота облою, і це сприяє заповненню усього чистового ручая: заповнюються усі кути, глухі порожнини тощо. При цьому робоче зусилля значно зростає, бо окрім викову деформується ще і увесь облой (чимала площа і мала товщина). Закінчується третя стадія, коли метал повністю

заповнить ручай. Якщо об'єм облою оптимальний, верхня половина штампа торкається нижньої – і виков відштамповано.

Але якщо об'єм облою більше оптимального, що буває досить часто, то є ще і *четверта стадія* (рис 5.15, 4) «доштамповування»: при ній із заповненого ручая в облойну канавку витискується надлишковий метал. Висотна деформація може складати всього $(2 \div 3)$ мм, але при цьому буде витрачено $(30 \div 50)\%$ усієї енергії штампування: метал витискується з так званої «чечевичної» зони (рис. 5.19), де жорстка схема напруженого стану і тому дуже високий опір деформації. На діаграмі видно різке зростання робочого зусилля.

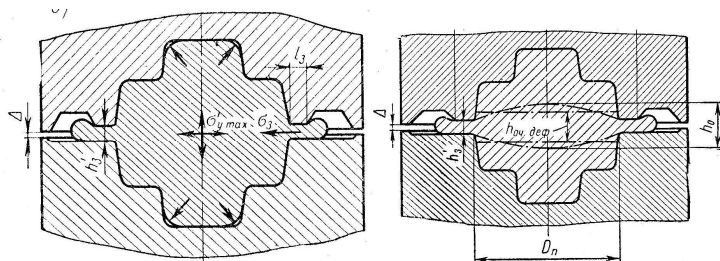


Рис.5.19. Напруження в штампі під час заповнення ручая і під час доштамповування

Як правило, у різних частинах ручая ці стадії проходять не одночасно: в одних може бути друга стадія, а в інших вже четверта.

5.4.8. Чорновий ручай.

Стійкість штампу (кількість виковів, виготовлених на штампі до його ремонту) визначається стійкістю чистового ручая. Що складніша форма викову, то швидше зношується штамп. Тому, щоб збільшити стійкість штампів при штампуванні складних виковів, передбачають чорнові ручаї, в яких виков формується «начорно».

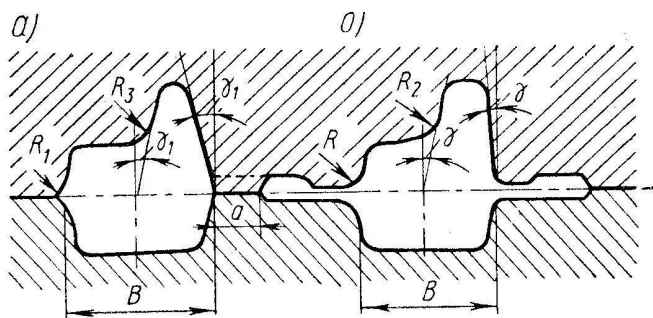


Рис. 5.20. Переріз чорнового (а) і чистового (б) ручаїв

Форма чорнового ручая схожа на чистовий, але він не має облойних канавок, в ньому не формуються складні елементи

викову, він має більші радіуси заокруглення, більший об'єм, більшу висоту і менші поперечні розміри, щоб після нього виков легко укладався би в чистовий ручай (рис. 5.20).

Якщо виков першої групи (викови, що штампуються поперек осі) має розвилку, то у чорновому ручаї використовується так званий розсічник, який розділяє об'єм заготовки на два потоки (рис. 5.21).

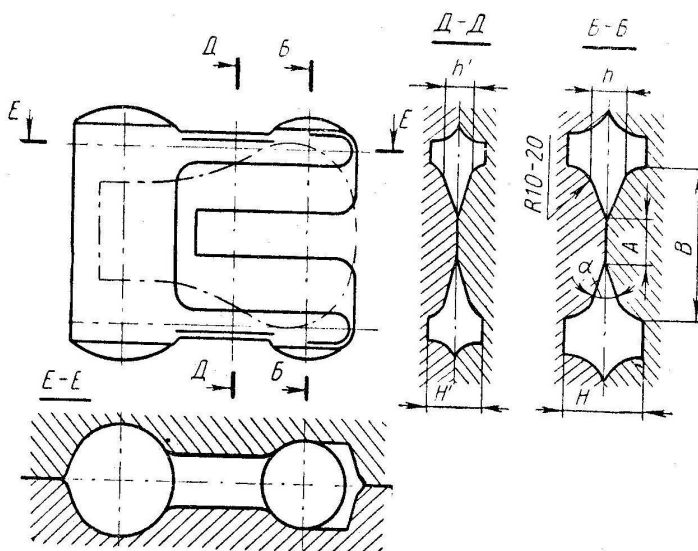


Рис. 5.21. Чорновий ручай для викову з розвилкою

Оскільки при штампуванні на молотах завдяки ефекту сплеску багато краще заповнюється верхня половина штампу, то у разі штампування викову із двосторонніми високими виступами один з них формують у чорновому ручаї, потім кантують виков на 180° , укладають в чистовий ручай і штамнують.

Допускається неповне заповнення елементів чорнового ручая, якщо це не впливає на заповнення чистового.

5.5. Попереднє фасонування.

Усі викові поділяють на дві технологічні групи.

1. До першої групи відносяться усі викові, які штамнуються поперек осі.
2. До другої групи відносяться усі викові, які штамнуються вздовж осі, тобто в торець.

Кожна група має свої підгрупи – деталі в довідниках.

Мета попереднього фасонування – перерозподілити метал у заготівці таким чином, щоб зменшити до мінімуму роботу в чистовому ручаї і витрати металу на облой.

5.5.1. Попереднє фасонування для викових першої групи. Задача: так перерозподілити метал вздовж осі викову, щоб під час штампування в чистовому ручаї він переміщувався б тільки поперек осі.

Закон розподілення металу вздовж осі у викові можна взнати, побудувавши епюру його перерізів.

5.5.1.1. Побудова епюри перерізів викову і розрахункової заготівки

1. Для цього креслять у двох проекціях виков за номінальними розмірами, збільшеними на половину верхнього допустимого відхилення. Як приклад розглянемо побудову епюри перерізів для викову «шатун» (рис. 5.22, 1).

2. Призначають характерні перерізи. Це такі перерізи викову поперек осі, між якими очевидно як змінюються їх площі. Що більше брати перерізів, то точнішою буде епюра (комп'ютерний варіант).

3. Викреслюють усі характерні перерізи і вираховують їх площі (S_i).

4. Призначають масштаб ординат площі і розраховують їх: $h_i = \mu_s S_i$.
5. За отриманими ординатами будують епюру перерізів (3).
6. Заміряють площу епюри перерізів $F_{еп}$. Поділивши її на довжину епюри, отримують епюру середнього перерізу $h_{сер}$ (2).

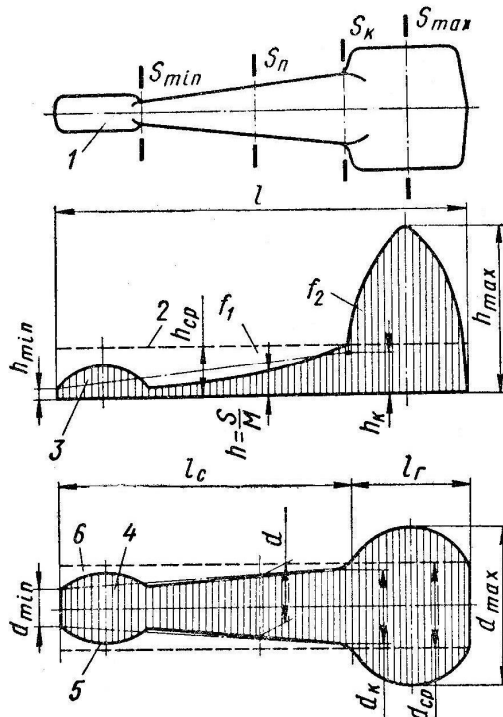


Рис. 5.22. Побудова епюри перерізів і розрахункової заготівки

1 – виков, 2 – епюра середнього перерізу, 3 – епюра перерізів, 4 – розрахункова заготівка, 5 – виступ, 6 – середня розрахункова заготівка

7. Поділивши площу епюри перерізів $F_{еп}$ на масштаб ординат площі, отримують величину об'єму викову: $V_{вик} = F_{еп} / \mu_s$. Ця методика використовується для визначення об'єму виковів першої групи складної форми.

8. Визначають площу перерізу облою $S_{обл}$ (як це робиться, розглянуто раніше), розраховують відповідне значення ординат цієї величини і додають до кожної ординати характерного перерізу.

9. По цим точкам будують епюру перерізів викову з урахуванням облою.

10. Визначають площу отриманої сумарної епюри $F_{еп.сум.}$ (виков + облой) і, поділивши на масштаб площі μ_s , отримують об'єм потрібної заготівки $V_{заг.}$

11. Якщо виков має прості і складні елементи, при заповненні яких величина облою буде різною, відповідно перерозподіляють площі, які визначають об'єм облою, біля цих елементів: в одних місцях віднімають, в інших додають, дотримуючись рівності цих площ. У нашому прикладі виков має два складних елементи – головки і один простий елемент стержень. Доцільно вдвічі зменшити розрахунковий облой на стержні і цю площу (в реальності об'єм) перерозподілити між двома головками.

12. Розраховують ординату середнього перерізу, для чого сумарну площу ділять на довжину епюри: $h_{сер} = F_{еп.сум.} / L_{еп.}$

13. Будують епюру діаметрів (4), для чого симетрично від осі по обидві сторони відкладають половину розрахованого діаметра кожного характерного перерізу $D_i = 1,13 \sqrt{S_{ісум.}}$, де $\sqrt{S_{ісум.}}$ – сумарна площа перерізу викову і облою. Ця епюра і називається розрахунковою заготівкою.

14. Розраховують діаметр середнього перерізу: $D_{\text{сер}} = 1,13 \sqrt{\frac{h_{\text{сер}}}{\mu_s}}$

і наносять горизонтальні лінії на розрахунковій заготовці.

Елементи епюри з ординатами більшими за середній переріз називаються головками, з меншими – стержнем.

5.5.1.2. Побудова елементарної розрахункової заготовки і визначення потрібних операцій попереднього фасонування.

Елементарна розрахункова заготовка має один стержень і одну головку.

Саме за параметрами елементарної розрахункової заготовки виконуються усі розрахунки процесів попереднього фасонування.

Складні розрахункові заготовки приводяться до елементарних таким чином (рис. 5.23.).

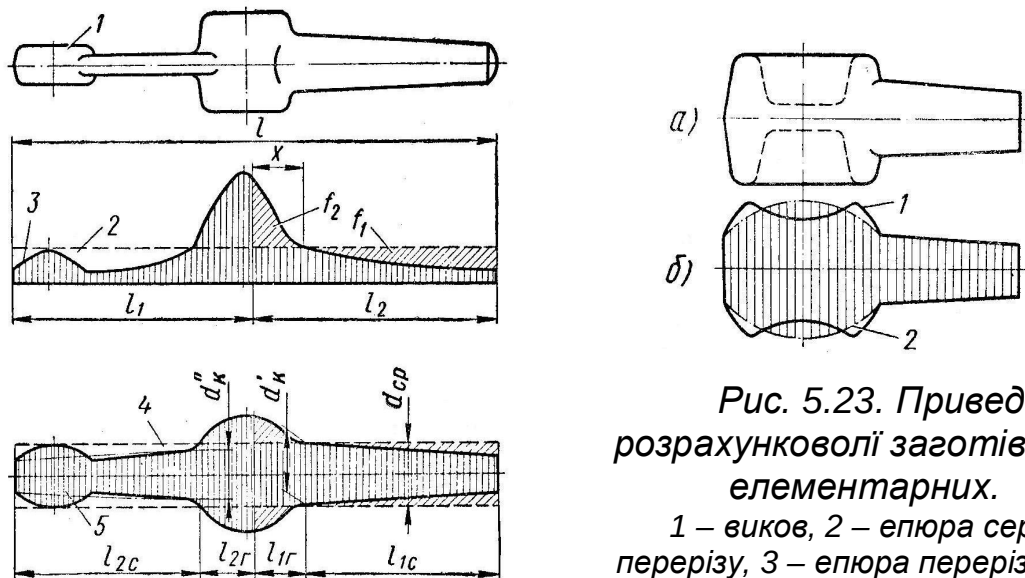


Рис. 5.23. Приведення розрахункової заготовки до елементарних.

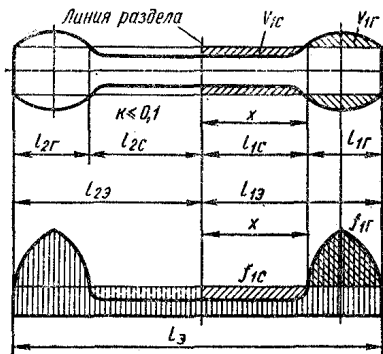
1 – виков, 2 – епюра середнього перерізу, 3 – епюра перерізів, 4 – середня розрахункова заготовка, 5 – розрахункова заготовка, а – елемент викову, б – об'єднання двох голівок.

• Епюра, яка має одну головку і два стержні (рис. 5.23) розділяється на елементарні січною, яка проводиться таким чином, щоб площі епюри над середнім перерізом і під ним були би однаковими.

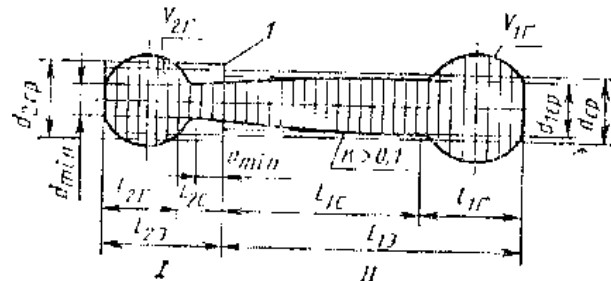
• Розташовані поруч дві головки об'єднуються в одну (а, б). Маючи на увазі, що площа епюри виковів має фізичний смисл об'єму, головки об'єднуються таким чином, щоб площі, які віднімають і додають до епюри були би однаковими.

• Епюра, яка має дві головки і один стержень (рис. 5.24,а), розділяється на елементарні січною «х – х», яка проводиться на такій відстані від головки, щоб площа епюри над середнім перерізом під ним були би однаковими.

• Якщо на епюрі діаметрів конусність стержня більше 0,1 (рис. 5.24,б), то вона розділяється на дві елементарні січною, яка проходить на відстані $d_{\min}$ від мінімального діаметра заготовки (рис...г). В цьому разі для обох елементарних частин потрібно визначити нові середні діаметри.



а)



б)

Рис. 5.24. Приведення розрахункових заготовок до елементарних.

- Якщо стержень розрахункової заготовки має дві конусності більші 0,1 різного напрямлення, то переріз зміни конусностей ділить розрахункову заготовку на дві елементарні. Як і у попередньому випадку потрібно для кожної частини розрахувати свій середній переріз (середній діаметр).

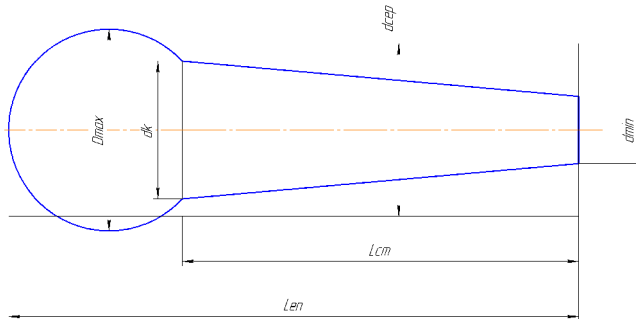


Рис. 5.25. Елементарна розрахункова заготовка.

За параметрами елементарної розрахункової заготовки розраховують коефіцієнти

трудомісткості α , β і конусність стержня k :

$$\alpha = D_{\max} / d_{\text{сер}}, \quad \beta = L_{\text{еп}} / d_{\text{сер}}, \quad k = (d_k - d_{\min}) / L_{\text{ст}},$$

де: $D_{\max}$ – максимальний діаметр елементарної розрахункової заготовки,

$d_{\text{сер}}$ – середній діаметр заготовки,

$L_{\text{еп}}$ – довжина епюри,

d_k – початок конусності стержня,

$d_{\min}$ – мінімальний діаметр стержня,

$L_{\text{ст}}$ – довжина стержня.

За номограмою (рис. 26), яка є в професійних довідниках, перетин координат коефіцієнтів трудомісткості α і β потрапляє у певне поле, яке визначає, який саме ручай треба використовувати для отримання такої заготовки: пережимний, підкатний відкритий чи підкатний закритий. Якщо перетин координат у правій верхній зоні, то має використовуватись протяжний ручай сам або у комбінації із підкатними відкритим чи закритим ручаями в залежності від конусності стержня. При конусності до 0,02 використовується тільки протяжний ручай. При конусності від 0,02 до 0,05 –

протяжний і підкатний відкритий, при конусностях більше 0,05 – протяжний і підкатний закритий.

Треба мати на увазі, що коефіцієнт α має кілька шкал в залежності від маси викову.

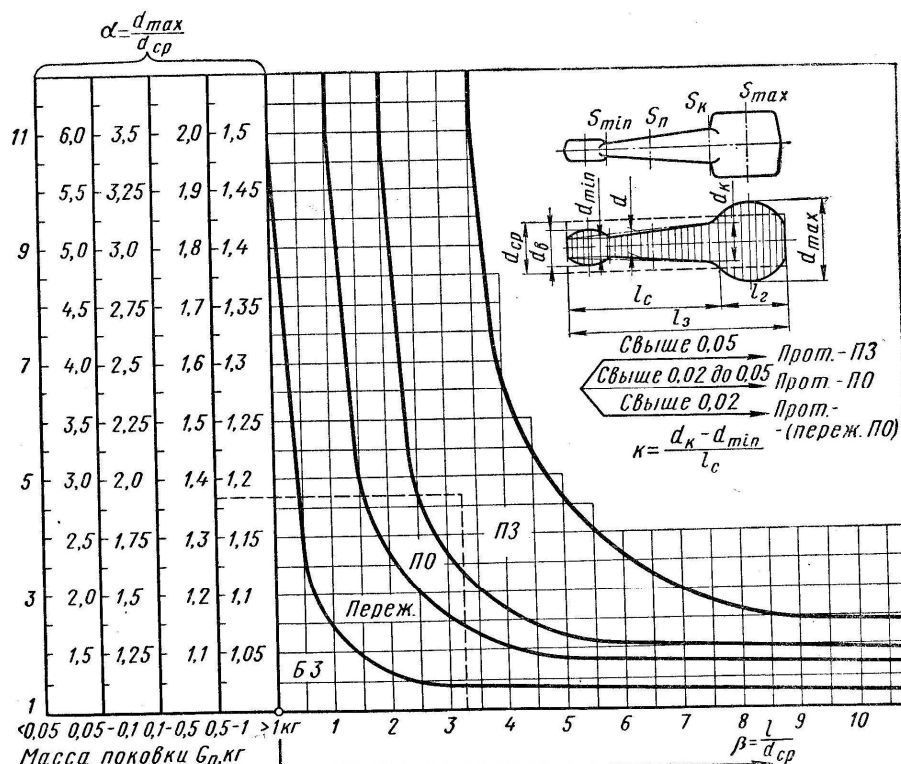


Рис.5.26. Номограма для визначення операцій попереднього фасонування при штампуванні на молоті

Для фасонування використовуються підготовчі ручаї: БЗ – штампування без підготовчих ручаїв, Переж. – пережимний ручай, ПО – підкатний відкритий, ПЗ – підкат - ний закритий, Прот – протяжний ручай.

Як відомо, при штампуванні на КГШП підготовчі ручаї не використовуються, попереднє фасонування виконується періодичним прокатуванням, електровисадкою, але, в основному, вальцюванням.

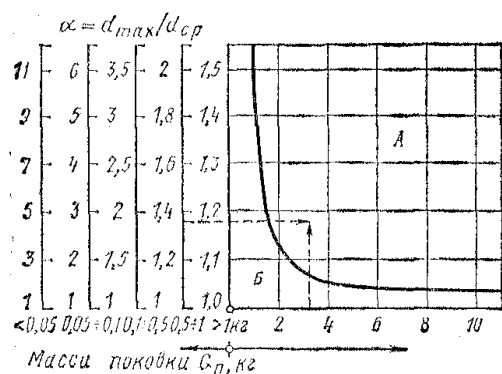


Рис. 5.27. Номограма визначення потреби у вальцюванні

Існує номограма для визначення потреби у вальцюванні заготовки (Рис. 27). Якщо перетин координат α і потрапляє в зону А – потрібно

застосовувати вальцювання. Якщо в зону Б – можна штампувати без вальцювання.

5.5.1.3. Побудова розрахункових заготовок для виковів із зігнутою віссю.
Розглянемо три різних варіанта.

1. Виков із плавно зігнутою віссю (рис.5.28).

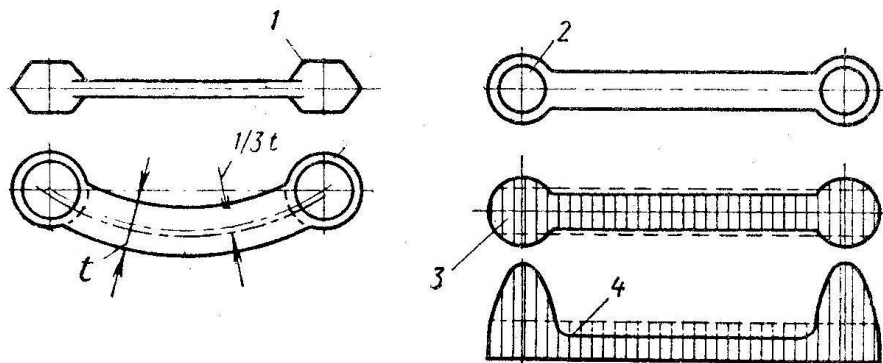


Рис. 5.28. Побудова розрахункової заготовки для виковів із плавно зігнутою віссю.

1 – виков, 2 – розгортка, 3 – розрахункова заготовка розгорнутого викову, 4 – еюра перерізів викову.

Виков спрямляють відносно нейтрального шару, який розташований на відстані $1/3$ товщини викову зі сторони стиснутих шарів. А далі побудову розрахункової заготовки виконують як прямої, що розглянуто було перед цим.

2. Виков з місцевим вигином (рис. 5.29). На рисунку представлений вид зверху, товщина викову однакова. Етапи побудови.

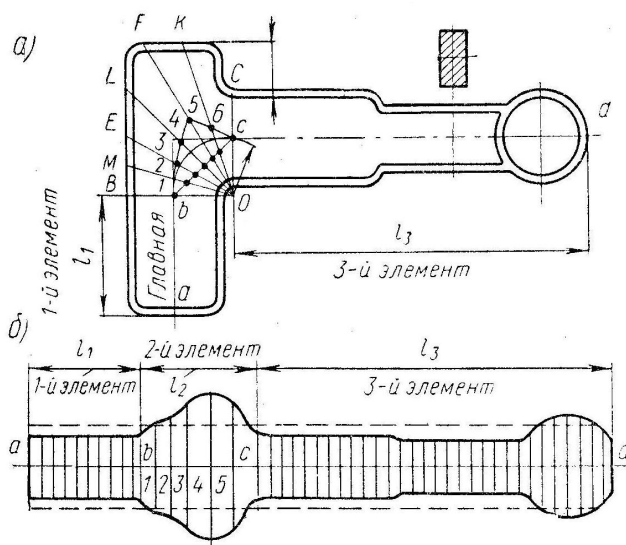


Рис. 5.29. Побудова розрахункової заготовки для викову із місцевим вигином

1. Січними перпендикулярними до осі викову (СО і ВО) відділяємо частини викову, які не будуть гнутись.
2. З центру їх перетину «О» проводимо січні по

характерних перерізах (вибір характерних перерізів аналогічний розглянутому): ОК, OF, OL, OE, OM.

3. Викреслюємо ці перерізи, визначаємо їх площу і центр ваги кожного перерізу. Проекцію цього центру перерізу відмічаємо на відповідній січній:

6, 5, 4, 3, 2, 1.

4. Будуємо епюру перерізів для частини, яка не гнеться, як для звичайного прямого викову (рис. 5.29, ділянка L_3).
5. На відстані «сб» (відстань між проекціями центрів ваги) на ординаті відкладаємо відрізок, пропорційний площі перерізу січної «ОК» (площа перерізу в мм помножена на масштаб площі).

6. На відстані «5-6» від цієї ординати відкладаємо на ординаті відрізок, пропорційний площі перерізу викову другою січною (OF). І так само з подальшими перерізами (OF, OL, OE, OM).
7. Аналогічно п.4 будуємо епюру перерізів для другої частини викову, яка не гнеться (L_1).
8. З'єднуємо відкладені ординати і отримуємо епюру перерізів викову.

3. Виков, у якому вигини утворюються за рахунок не гнуття, а витягування із защемленням

Типовими представниками таких виковів є колінчасті вали. Для них епюра перерізів будується як для прямої заготовки (рис. 5.30).

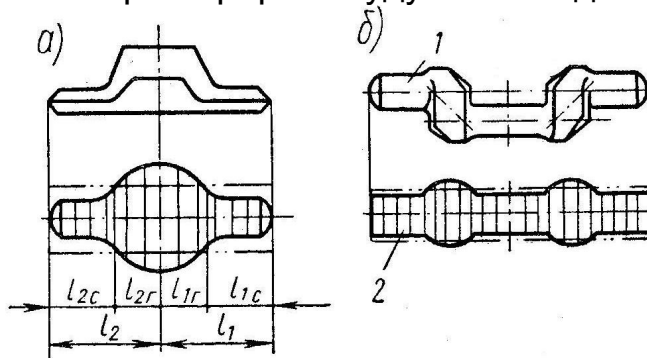


Рис. 5.30. Епюри перерізів виковів, які штампуються витягуванням із защемленням
1 – виков, 2 – розрахункова заготовка.

5.5.2. Попереднє фасонування виковів другої групи
До цієї групи відносяться викови, які штампуються в торець. Основна підготовча операція для цих виковів – осаджування і різні його варіанти (будуть розглянуті у наступному розділі).

5.6. Підготовчі операції і ручаї при штампуванні на молотах.

5.6.1. Підготовчі операції і ручаї для виковів першої групи.

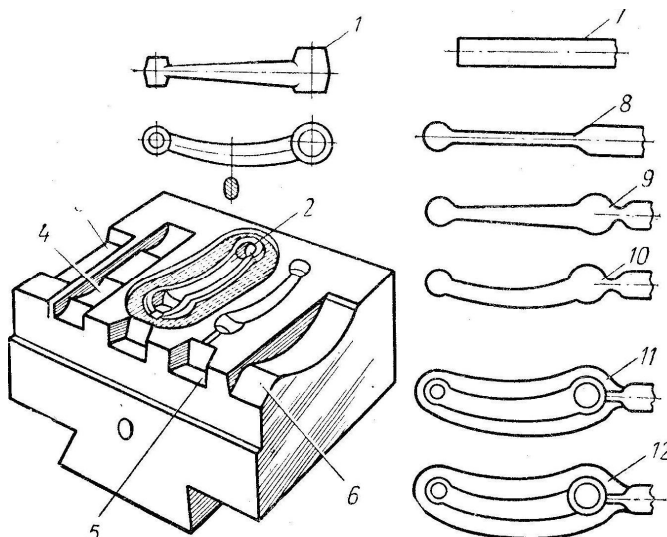


Рис. 5.31. Загальний вигляд молотового штампу з підготовчими ручаїми:
1 – виков, 2 – чистовий ручай, 3 – протяжний ручай, 4 – підкатний ручай, 5 – чорновий ручай, 6 – ручай для гнуття, 7 – вихідна заготовка, 8 – протягування, 9 – підкатування, 10 – гнуття, 11 – попереднє (чорнове) штампування, 12 – штампування в чистовому ручаї.

На рис. 5.31 зображено типовий молотовий штамп і

як протягуватиметься заготівка: «від себе» чи «на себе». Найчастіше протягують «від себе» - до упору протягнутої частини в торець ручая.

При цьому довжина вільної частини ручая: $L_1 = V_{\text{прот}}/F_{\text{прот}} + L_{\text{гол}} - L$, де $V_{\text{прот}}$ – об'єм протягнутої частини заготівки, $F_{\text{прот}}$ – площа поперечного перерізу протягнутої частини, $L_{\text{гол}}$ – довжина не протягнутої головки, L – довжина протяжного порогу.

Щоб зменшити площу, яку займає протяжний ручай, протягування ведуть «на себе». Тоді довжина вільної частини ручая буде меншою:

$L_1 = V_{\text{прот}}/F_{\text{заг}} + L_{\text{гол}} - L$, де $F_{\text{заг}}$ – площа поперечного перерізу заготівки.

Довжина вільної частини протяжного ручая у верхній половині штампу робиться на кілька міліметрів більшою (до 10), щоб заготівка не защемлювалася, коли вона упирається в край ручая.

Висота порога закритого ручая $h_{\text{пр. закр.}} = (0,8 \div 0,9)D_{\text{р.з.}}$. Радіус заокруглення підбирається, виходячи із висоти і ширини ручая.

Розміщують протяжний ручай біля бокової сторони штампу. Якщо виков довгий, щоб ручай займав би менше місця на штампі, його розміщують під кутом близько 15° до бокової сторони штампу.

Пережимання і пережимний ручай використовуються для збільшення ширини заготівки у певних місцях (рис. 5.33).

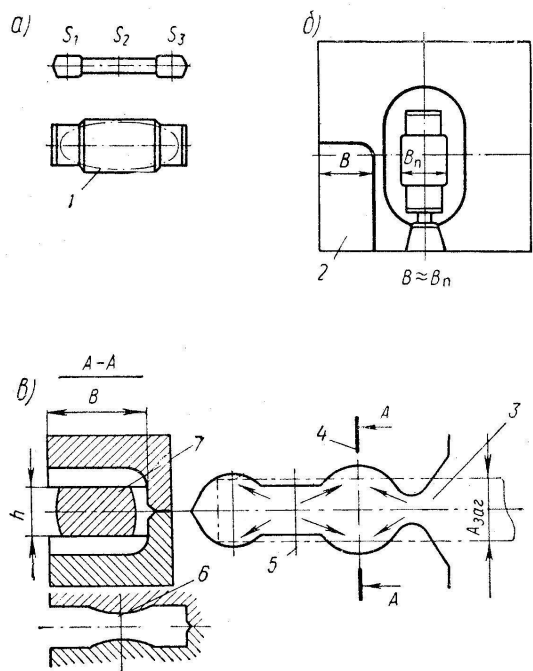


Рис. 5.33. Пережимний ручай
1 – контур заготівки після нережимного ручая, 2 – пережимний ручай, 3 – вихідна заготівка, 4 – переріз більший, ніж у вихідної заготівки, 5 – переріз менший від вихідної заготівки, 6 – форма перерізу пережимного ручая, 7 – мінімальний переріз пережатої заготівки.

- Пережимання (операція аналогічна розгонці при куванні) виконується за один-два удари без кантування. Висота ручая в зоні витискування $h_{\text{пер}} = (0,6 \div 0,7)D_{\text{р.з.}}$. Оскільки метал витискується не тільки поперек осі, а і вздовж, у місцях набору поперечний

переріз може збільшуватись відсотків на 20. Для цього у місцях набору висоту ручая приймають $h_{\text{наб}} = (1,05 - 1,1) D_{\text{р.з.}}$. В цьому разі коефіцієнт підкатування, який характеризує на скільки може збільшитися площа перерізу, $K = F_{\text{макс}}/F_{\text{заг}} < 1,2$.

Ширина пережимного ручая приймається на 10 мм більше найбільшої ширини протягнутої частини заготівки: $b_{\text{пер}} = b_{\text{макс}} + 10$.

Розміщується нережимний ручай, як і протяжний, біля бокової сторони штампу.

- Підкатування і підкатний ручай (рис.5.34) використовуються для якомога точнішого перерозподілення металу вздовж

решти підготовчих ручаїв.

- Гнуття може виконуватись в одній площині, або послідовно у двох площинах із використанням двох ручаїв. Обов'язкова вимога до ручая для гнуття: заготівка має точно фіксуватися в ньому. Поверхні ручая в обох половинах штампу увігнуті («сідловини»), щоб заготівка чи виков не вислизали би з ручая під час деформації (рис. 5.36).

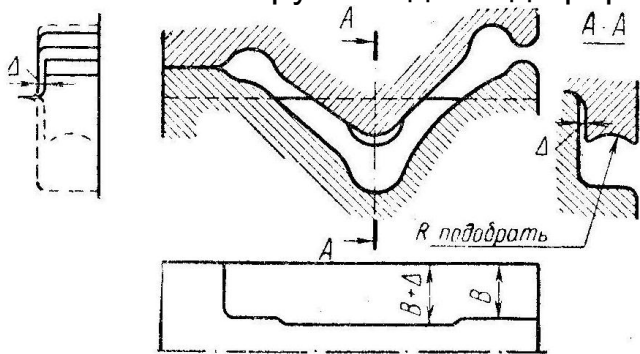


Рис.5.36. Ручай для гнуття

Біля зовнішнього кута в ручаї передбачають певну порожнину (карман), щоб заготівка у цих місцях не торкалася би поверхні штампу.

Як правило, роз'єм ручая для гнуття не співпадає із роз'ємом штампу, щоб зменшити обсяг механічної обробки під час виготовлення штампу і щоб маса обох половин штамів була би приблизно однаковою.

- Відрубування і відрубний ніж (рис. 5.37)

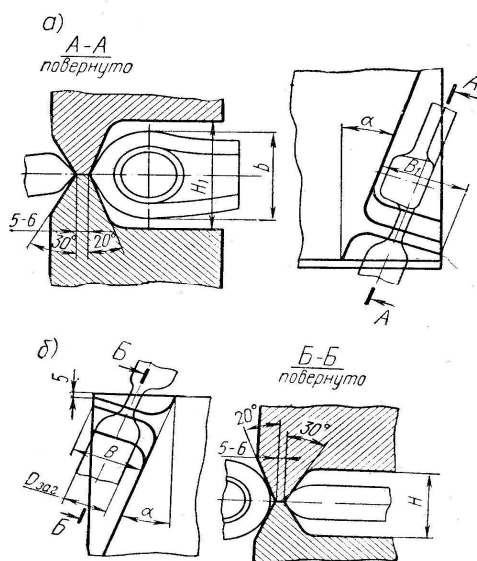


Рис. 5.37. Відрубний ніж
а – розташований на правому передньому куті штампу, б – на лівому задньому.

Відрубування використовують для розрубання виковів під час штампування спарених виковів чи багатоштучного штампування, для відрубування виковів при штампування «від прутка», для відрубування кліщовини (частина заготівки, за яку її тримає кліщами коваль). Відрубний ніж найчастіше розташовується на правому ближньому куті штампу під кутом 30° , і являє собою вузький (5 мм) протяжний поріг –

однаковий у верхній і нижній половинах штампу.

Під час удару матеріал на ножі інтенсивно тече вздовж осі у протилежних напрямках і сам себе розриває.

5.6.2. Підготовчі операції і ручаї для виковів другої групи.

Осаджування і його варіанти – основна підготовча операція для виковів другої групи.

Основне призначення осаджування – видалення окалини. При осаджуванні заготівки на (25 – 30)% збільшується її діаметр, при цьому крихка окалина відлущується від заготівки і осипається. Зі штампа її видаляють струменем стислого повітря.

В той же час треба розуміти, що осаджування заготовки для збивання окалини – це енергетично витратний процес, тому що спочатку витрачалася енергія для прокатування штанг меншого діаметру, а потім ще витрачається енергія для отримання більшого діаметру під час осаджування. Перспективним рішенням у цьому напрямку є використання гідроочистки виковів від окалини перед штампуванням.

Осаджування використовують, коли потрібна коротка заготовка зі співвідношенням довжини до діаметру менше 1,2, які не можна відрізати на пресножицях чи в штампі, а тільки на пилках, що менш продуктивно, є втрати металу на пропили і тому дорожче.

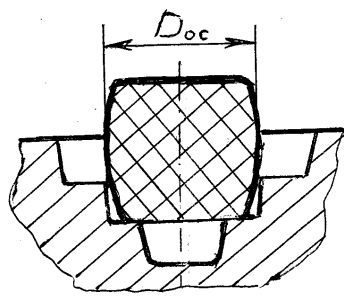


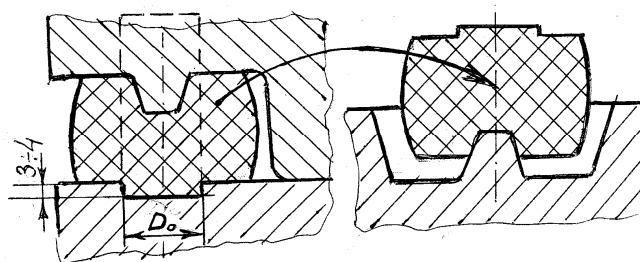
Рис. 5.38. Осаджування для фіксації в чистовому ручаї.

Осаджування використовується і як спосіб підготовки заготовки для точної фіксації її в чистовому чи чорновому ручаях. Це можна реалізувати:

1) осаджуванням заготовки до отримання певного діаметра, по якому вона буде фіксуватися (рис. 5.38,

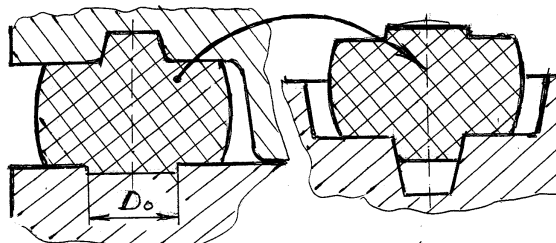
а);

а)



б)

2) формуванням спеціальної порожнини, якою заготовка буде одягатися на знак у нижній половині штапу (рис. 5.38, б);



3) формуванням спеціального виступу, яким заготовка буде фіксуватися у порожнині ручая (рис. 5.38, в);

в)

Площадка для осаджування, як правило, розміщується на лівому (ближньому до нагрівального устаткування) куту штапу (рис. 5.39). Вона може бути частиною площі вільного співударяння (лівий рисунок), а може мати виборку у верхній половині штапу на висоту осадженої заготовки (правий рисунок) – у тих випадках, коли ступінь осаджування має бути точною, тобто у випадках осаджування і для фіксації в чистовому ручаї (рис. 5.38, б, в).

У цьому випадку площадка для осаджування може займати і місце магазину облойної канавки.

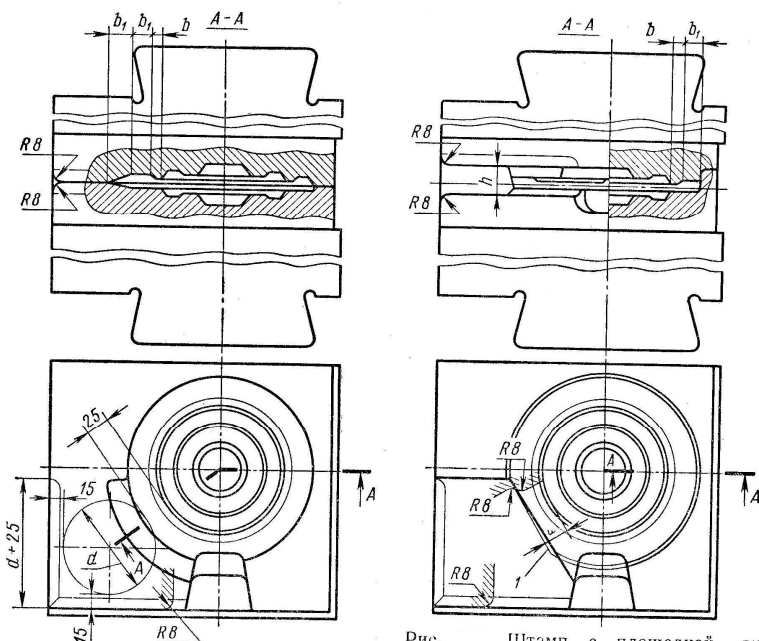


Рис. 5.39. Площадка для осаджування на молотовому штампі

5.7. Розроблення технологічного процесу штампування.

Алгоритм розроблення аналогічний, як і при куванні. Основні етапи.

1. Співставлення можливих варіантів виготовлення викову.
2. Розроблення креслення викову.
3. Призначення способу нагрівання заготовок перед штампуванням.
4. Визначення маси викову, маси і розмірів заготовки.
5. Призначення технологічних переходів.
6. Призначення термічного режиму та вибір нагрівального устаткування.
7. Вибір штампувального устаткування.
8. Обрізування облою і пробиття перемичок.
9. Очищення викову від окалини.
10. Правлення та калібрування виковів.
11. Контроль якості виковів.

Розглянемо більш детально усі етапи розроблення технологічного процесу.

5.7.1. Співставлення можливих варіантів.

Вихідним документом для розроблення технологічного процесу є креслення деталі, дані про матеріал і серійність.

Аналізуючи форму, розміри, масу деталі, вимоги до неї і серійність, вибирають і обґрунтовують спосіб її виготовлення: відкрите штампування, закрите чи штампування видавлюванням, і на якому устаткуванні: на КГШП, ГKM, молотах, гвинтових пресах, на гарячештампувальних пресах-автоматах тощо.

5.7.2. Алгоритм розроблення креслення викову. Під час розроблення потрібно користуватися Державним стандартом «Поковки стальне штампованные, допуски, припуски и кузнечные напуски, ГОСТ 7505 – 89», Москва, 1990.

- 1) Призначають лінію роз'єму штампі, враховуючи, на якому устаткуванні буде виготовлятися виков: якщо на молоті, то більш складні

елементи мають формуватися у верхній половині штамп, яка краще заповнюється завдяки «ефекту сплеску». Якщо це багатоступеневе штампування, то на КГШП: матеріал краще розтікається в сторони. Потрібно враховувати і місце розташування перемички при формуванні порожнин під отвори, враховуючи способи фіксації заготовки в чистовому ручаї.

2) Призначають напуски на ті елементи, які не можуть бути відштамповані або ж нераціонально їх формувати. Насамперед це порожнини (елементи викову і на місці отворів), у напрямку робочого ходу діаметром менше 30 мм, отвори і порожнини, які розташовані не у напрямку робочого ходу, впадини зубів, шліци, шпоночні пази, дрібні проточки тощо.

3) Призначають клас точності викову.
 Т1 – перший, найвищий клас точності забезпечує прицизійне штампування;
 Т1 і Т2 – перший і другий класи точності забезпечує калібрування;
 Т2 і Т3 – другий і третій класи точності можуть бути досягнуті при штампуванні на гарячештампувальних пресах-автоматах і під час закритого штампування на КГШП;
 Т3 і Т4 – третій і четвертий класи точності забезпечує штампування видавлюванням;
 Т4 і Т5 – четвертий і п'ятий класи точності характерні для відкритого штампування на КГШП, для відкритого і закритого штампування на молотах, гвинтових пресах, ГKM тощо.

4) Визначають групу сталі. Для призначення припусків і допусків усі сталі розділено на три групи.

- Перша група М1: вуглецеві сталі із вмістом вуглецю до 0,35% і сумарною кількістю легуючих елементів до 2%.
- Друга група М2: сталі із вмістом вуглецю від 0,35% до 0,65% і сумарною кількістю легуючих елементів від 2% до 5%.
- Третя група М3: сталі із вмістом вуглецю вище 0,65% і кількістю легуючих елементів більше 5%.

5) Розраховують ступінь складності деталі, яка визначається за співвідношенням об'єму деталі до об'єму описаної фігури (описана фігура – це найменша «коробочка» простої форми – циліндр, паралелепіпед тощо, – в яку можна помістити деталь). Об'єм її визначається за габаритними розмірами деталі.

Об'єм деталі визначають, виходячи з її маси і питомої щільності матеріалу.

Якщо це співвідношення знаходиться в межах від 1 до 0,63, то це перша група складності (С1), в межах 0,63 – 0,32 – друга (С2), 0,32 – 0,16 – третя (С3), менше 0,16 – четверта (С4).

6) Визначають розрахункову масу викову. Оскільки і припуски, і допуски залежать від маси викову, а ми її ще не знаємо, бо кожен виков має свій об'єм напусків, Держстандартом передбачені коефіцієнти, які дозволяють попередньо орієнтовно визначити їх долю в масі викову.

Розрахункова маса – це маса деталі, помножена на коефіцієнт, який в залежності від форми викову вибирається у межах від 1,1 до 2,2.

7) Знаючи розрахункову масу викову (G), групу матеріалу (M), ступінь складності (C) і клас точності (T), за номограмою Держстандарту 7505-89 визначають вихідний індекс викову.

Маса поковки, кг	Група сталі			Степень складності поковки				Клас точності поковки					Вихідний індекс
	M1	M2	M3	C1	C2	C3	C4	T1	T2	T3	T4	T5	
До 0,5 включ.	/			/				/					1
СВ 0,5 до 1,0 "													2
" 1,0 " 1,8 " х	/			/				/					3
" 1,8 " 3,2 "													4
" 3,2 " 5,6 "	/			/				/					5
" 5,6 " 10,0 "													6
	/			/				/					7

Рис. 5.40. Номограма для визначення вихідного індексу

На рис. 5.40 представлена номограма, де в першій колонці розрахункова маса викову, а в п'ятій вихідний індекс. Приклад користування (лінії зі стрілочками). Виков має масу до 0,5 кг включно. В другій колонці – врахування групи сталі. Якщо група сталі перша (M1), то по горизонталі переходимо до третьої колонки, де враховується складність. Якщо вона першої групи (C1), переходимо по горизонталі до четвертої колонки, де враховується точність. Оскільки точність другого класу (T2), то по товстій лінії номограми опускаємось до вертикалі T2 і далі по горизонталі до п'ятої колонки, де наведені вихідні індекси. У цьому прикладі він 3.

Другий приклад (для маси викову 1,0 – 1,8 кг) розгляньте самостійно.

Знаючи індекс, для кожного розміру визначають основний припуск, який залежить від шорсткості поверхні і від того, чи це розміри у напрямку робочого ходу чи ні.

Припуск це певний шар металу, який треба буде зняти механічною обробкою, щоб отримати потрібну форму, розміри деталі і якість поверхні.

Якщо поверхні, які визначають розмір, мають різні шорсткості, припуск визначають, враховуючи вищий з цих двох клас обробки.

На поверхні, які не оброблюються, припуск не призначається.

Окрім основного можуть бути ще чотири додаткові припуски:

- Для розмірів товщини (у напрямку робочого ходу) призначається додатковий припуск на зігнутість, відхилення від площинності і прямолінійності – в залежності від найбільшого розміру викову і групи точності.
- Для розмірів перпендикулярних до напрямку робочого ходу призначається додатковий припуск на зміщення по поверхні роз'єму, який

залежить від маси викову, групи точності і виду роз'єму штампу: плоский, зігнутий симетрично чи не симетрично.

- Якщо у викові формуються порожнини під отвори в деталі, то додатковий припуск передбачається для відхилення між осями – в залежності від відстані між ними і групи точності.
- Якщо передбачене полум'яне нагрівання заготовки, то призначається додатковий припуск на вигар в залежності від маси викову у межах 0,5 – 1,0 мм.

Розраховують сумарний припуск. Треба мати на увазі, що припуск призначається на сторону. Розраховують розміри викову, додаючи до зовнішніх розмірів подвоєний сумарний припуск і віднімаючи його від внутрішніх розмірів.

8) Виходячи із розмірів і вихідного індексу, за Державним стандартом визначають допустимі відхилення усіх розмірів викову. Для розмірів товщини (у напрямку робочого ходу) допустимі відхилення призначаються на найбільший розмір і розповсюджуються на решту розмірів.

Для внутрішніх розмірів допустимі відхилення проставляються зі зворотним знаком.

Допустиме відхилення розміру, який відображає одностороннє зношування штампу, приймається як половина номінального.

Величина допустимих відхилень розмірів викову при штампуванні визначає стійкість штампів (це кількість виковів, виготовлених у цьому штампі до його ремонту чи заміни). Для важких виковів складної форми (поворотні кулаки ходової частини автомобілів) стійкість штампів може складати 3 – 5 тисяч виковів, для виковів простої форми, наприклад, шестерен – 15 – 20 тисяч.

9) За державним стандартом призначають штампувальні ухили зовнішніх і внутрішніх поверхонь викову і зовнішні та внутрішні радіуси заокруглення.

10) Креслять інспекційне креслення, проставляють усі розміри з урахуванням припусків, вказують допустимі відхилення, ухили і радіуси заокруглення. Поруч або під розмірною лінією проставляють у дужках відповідний розмір деталі. Тонкою лінією креслять контур деталі. Інспекційне креслення – це основний документ, за яким замовляють і приймають викови.

11) Розміри ручаїв, в яких буде штампуватися виков, повинні бути більшими на величину температурної усадки. Якщо цього не зробити, то виков під час охолодження зменшить свої розміри і вийде за межі допустимого відхилення, тобто буде штампуватися брак. Тому для виготовлення штампу потрібне спеціальне креслення, в якому враховувалась би температурна усадка під час охолодження викову.

12) Розраховують «гарячі» розміри викову, збільшивши їх на величину температурної усадки, яку приймають у межах 1,5%. Для тонких елементів викову, які охолоджуються швидше за основний об'єм, приймають температурну усадку 1,2%. (Для цього номінальні розміри викову множать на 1,015 чи 1,012).

13) Креслять виков для виготовлення штампу.

Основні вимоги. На кресленні має бути виков, який буде отримано у чистовому ручаї штампу. Зміна форми після штампування – гнуття, пробиття перемички тощо – не вказуються. Усі розміри мають бути проставлені так, щоб за ними було зручно розмітити і виготовити шаблони і чистовий ручай штампу. А саме:

- наносять тонкою лінією лінію роз'єму;
- усі розміри по висоті проставляють від лінії роз'єму;
- горизонтальні розміри у площині роз'єму проставляють з

урахуванням напусків від штампувальних ухилів. Величину горизонтальних відрізків на площині роз'єму визначають в залежності від висоти фігури і штампувального ухилу (є таблиці).

- в місцях інтенсивного зношування штампу допускається корегування відповідних розмірів у межах допустимого відхилення з урахуванням, що під час зношування штампу ці розміри викову будуть відповідати вимогам інспекційного креслення;

- контур готової деталі не наноситься, допустимі відхилення розмірів не ставляться;

- у примітках до креслення наводять значення не вказаних ухилів, радіусів заокруглення тощо, які будуть полегшувати читання креслення.

5.7.3. Призначення способу нагрівання.

Виходячи із технічних можливостей виробництва, вартості енергоносіїв (газу, мазуту, електроенергії), вибирають спосіб нагрівання заготовок: полум'яне, електроіндукційне, електроконтактне, у електропечах опору тощо. Оцінюють і продуктивність, і кількість вигару металу, маючи на увазі постійне його подорожчання.

У разі крупносерійного і масового виробництва, особливо при штампуванні на високопродуктивних КГШП і ГKM, аналізують можливості і потребу механізації і автоматизації процесу нагрівання заготовок.

5.7.4. Визначення об'єму викову, облою, перемички (бажано з використанням програми «Компас 3D»), вигару і заготовки в цілому.

5.7.5. Призначення технологічних переходів.

Визначають потребу в попередньому фасонуванні виковів першої технологічної групи. Розраховують розміри вихідної заготовки. При штампуванні на молотах призначають підготовчі ручаї: пережимний, протяжний, підкатний (відкриті чи закриті), формувальний, для гнуття тощо.

При штампуванні на КГШП, якщо потрібно, передбачають вальцювання.

Для виковів другої групи вирішують питання із фіксацією заготовки в чистовому ручаї і розраховують розміри вихідної заготовки.

Виходячи зі складності викову, призначають тільки чистовий чи чорновий і чистовий ручаї.

5.7.6. Призначення температурних інтервалів.

Виходячи з матеріалу викову визначають допустимий інтервал температур штампування.

Знаючи технологічні переходи, нормують їх, визначивши, скільки часу заготівка і вков будуть охолоджуватись і визначають технологічний температурний інтервал штампування саме цього викову.

5.7.7 Проектують (ескізно) штамп і за його габаритами визначають потужність устаткування, на якому буде штампуватися вков.

Розраховують робоче зусилля штампування, щоб переконатися, що воно менше, ніж у вибраного устаткування. Якщо більше, то вибирають більш потужне устаткування.

5.8. Молотові штампи.

5.8.1. Проектування молотового штампу.

Вихідний документ для проектування штампу – креслення викову для виготовлення штампу («гарячий» вков).

Розглянемо алгоритми проектування штампів – три варіанти.

А. На штампі розташований один **чистовий** ручай (рис. 5.40). У цьому варіанті порядок проектування такий.

А1. Визначають центр тиску ручая для того, щоб розташувати ручай таким чином, щоб центр тиску співпадав би з віссю штока. У цьому випадку не буде перекосів баби і штампу під час удару, не будуть зношуватись направляючі тощо.

Центр тиску ручая – це центр ваги епюри питомого опору деформації. Оскільки питомий опір деформації залежить і від форми викову, і від його температурного поля, і від товщини викову у різних частинах, побудувати такі епюри досить складно. З достатньою для практики точністю за центр тиску ручая приймають центр ваги його проекції на площину роз'єму штампу (тобто прийнято допущення, що опір деформації в усіх точках викову однаковий).

При значній різниці товщин різних елементів викову, можливе певне корегування центру тиску.

А2. Через центр тиску проводять осі симетрії штампа: вісь хвостовика (на кресленні вертикаль) і вісь шпонки (горизонталь). Креслять контур викову (рис. 5.40, 1).

А3. Розраховують товщину стінки штампа, яка залежить від глибини ручая і приймається в межах: $S = (1 \div 2)h_{\text{руч.}}$, де $h_{\text{руч.}}$ – глибина ручая, але не менше 35 мм (що глибший ручай, то коефіцієнт менший).

А4. Від контуру ручая відкладають товщину стінки і визначають перший контур штампа (3), який має бути симетричним відносно осей хвостовика і шпонки.

А5. Визначають висоту штампа: $H = 2h_p + 100$ мм.

А6. Із стандартного ряду підбирають ближній більший розмір штампового кубика і креслять його симетрично до осі хвостовика і осі шпонки (4).

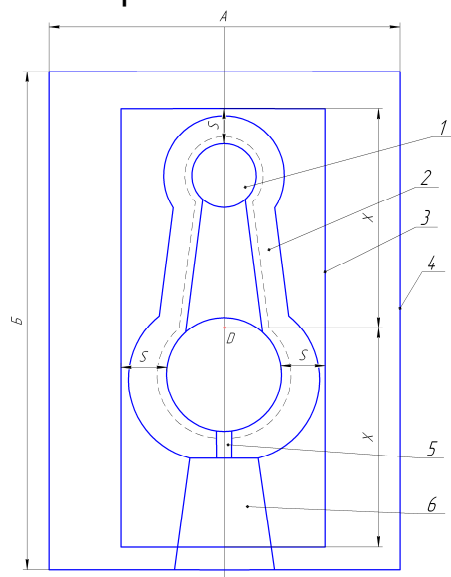


Рис. 5.40. Молотовий штамп з одним чистовим ручаєм.

А7. Наносять на креслення контури містка і магазину облойної канавки (2), контур виїмки під кліщовину (6) і ливникову канавку (5).

А8. Заміряють вільну від ручаїв, облою, виїмки під кліщовину і ливникову канавку площу вільного співударяння, яка має бути не менше 300 см^2 / тону м.п.ч. для молотів з м.п.ч. до 4 тон, і не менше 250 см^2 / тону м.п.ч. для молотів з м.п.ч. більше 4 тон.

Площа вільного співударяння

нормується для того, щоб під час холостих ударів (коли вся енергія йде на деформацію штампа, а не на деформацію викову) не деформувалася б (не зминалася б) контактна поверхня обох половин штампу. У разі деформації змінюються вертикальні розміри ручаїв і штамп виходить із ладу.

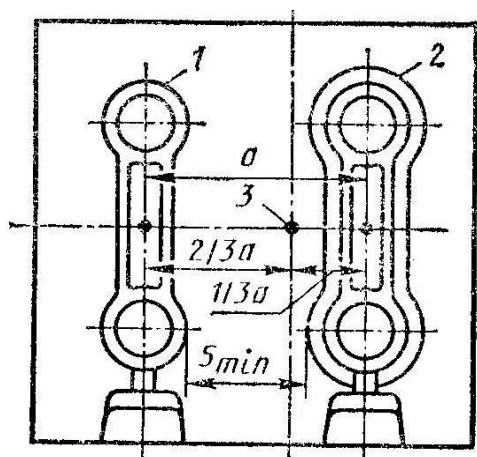
Менша норма для важких молотів пояснюється тим, що, як правило, на них працюють висококваліфіковані ковалі, які не допускають холостих ударів.

У разі, якщо ця норма не виконується, вибирається стандартний штамповий кубик більшого типорозміру.

Б. Штамп має чорновий і чистовий ручаї.

Б1. Розраховують товщину стінки між чорновим і чистовим ручаєм. Вона трохи тонша ніж звичайна стінка ручая: $S_{\min} = (0,7 - 1,7)h_{\text{руч}}$, але не менше 25 мм.

Б2. На такий відстані один від одного креслять чорновий і чистовий ручаї (рис. 5.41).



Б3. Знаходять центри ваги їх проекцій і через них проводять вісь шпонки.

Рис.5.41. Молотовий штамп із чорновим і чистовим ручаями

Б4. Розташування осі хвостовика вибирають із міркувань мінімальних крутних моментів від чистового і чорнового ручаїв, які можуть згинати і зруйнувати шток молота. Умова мінімальності цих моментів – це умова їх

однаковості.

Дослідженнями було доведено, що загальний опір деформації при штампуванні у чистовому ручаї вдвічі вищий, ніж у чорновому.

Тому вісь хвостовика розташовують між осями чорнового і чистового ручая у пропорції 2:1, щоб крутні моменти були б однаковими: $2Pa/3 = P2a/3$ (рис. 5.41).

Усі подальші розрахунки аналогічні попередньому варіанту.

В. Штамп має підготовчі ручаї.

В1. Розташування осей шпонки і хвостовика визначаються описаними вище способами.

В2. Площадка для осаджування (для виковів другої групи) розташовується на ближньому до коваля і до нагрівального устаткування (як правило, лівому) куті штампу. Площадка може займати місце магазину облойної канавки.

В3. Підготовчі ручаї, як правило, окрім формувального і пережимного, розташовуються біля бокових країв штампу. Робочі зусилля підготовчих операцій незначні, тому крутні моменти від них безпечні для штоку молота (див. рис. 5.26).

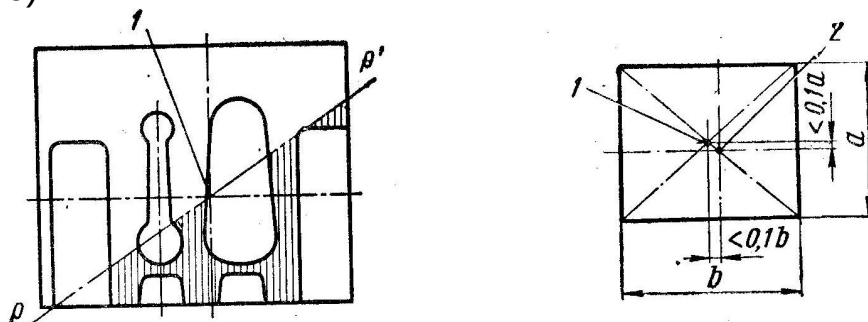


Рис. 5.42. Перевірка достатності площі вільного співударення штампу і допустиме зміщення осей штампу

В4. Перевіряючи достатність площі вільного співударення, додають ще одну перевірку: площа вільного співударення з будь-якої сторони будь-якої лінії, проведеної через центр тиску штампу, має бути не менше половини мінімальної регламентованої площі (рис. 5.42, зліва). Тому що наявність кількох підготовчих ручаїв може привести до того, що при достатності загальної площі вільного співударення в певній зоні штампа буде замало площі і це призведе до місцевої деформації поверхні штампу і виведе його з ладу.

Корегуючи розташування підготовчих ручаїв на дзеркалі штампу, іноді доцільно трохи змістити центр тиску від осі штоку. Але це зміщення не повинно перевищувати 0,1 розміру відповідної сторони (рис. 5.42, справа, а, в).

5.8.2. Елементи конструкції молотових штамів

Заготівки для молотових штамів – це ковані штампові кубики із інструментальних легированих (штампових) сталей стандартних розмірів, які не мають якоїсь направленої текстури, тобто вони квазіізотропні.

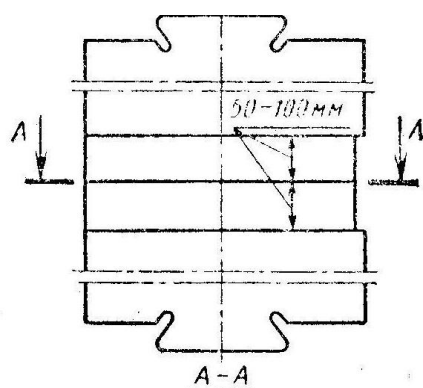


Рис. 5.43. Контрольний кут молотового штампу.

Насамперед фрезерують поверхні роз'єму, складають їх одну до одної і з двох сторін фрезерують так званий контрольний кут (90°) на глибину біля 5 мм і висотою 50-60 мм (рис. 5.43).

Від контрольного кута розмічають вісь хвостовика і вісь шпонки, і вже від них координують розташування усіх ручаїв. Виняток – ширину підготовчих ручаїв, які розташовані біля бокових граней штампу, вказують від контрольного кута.

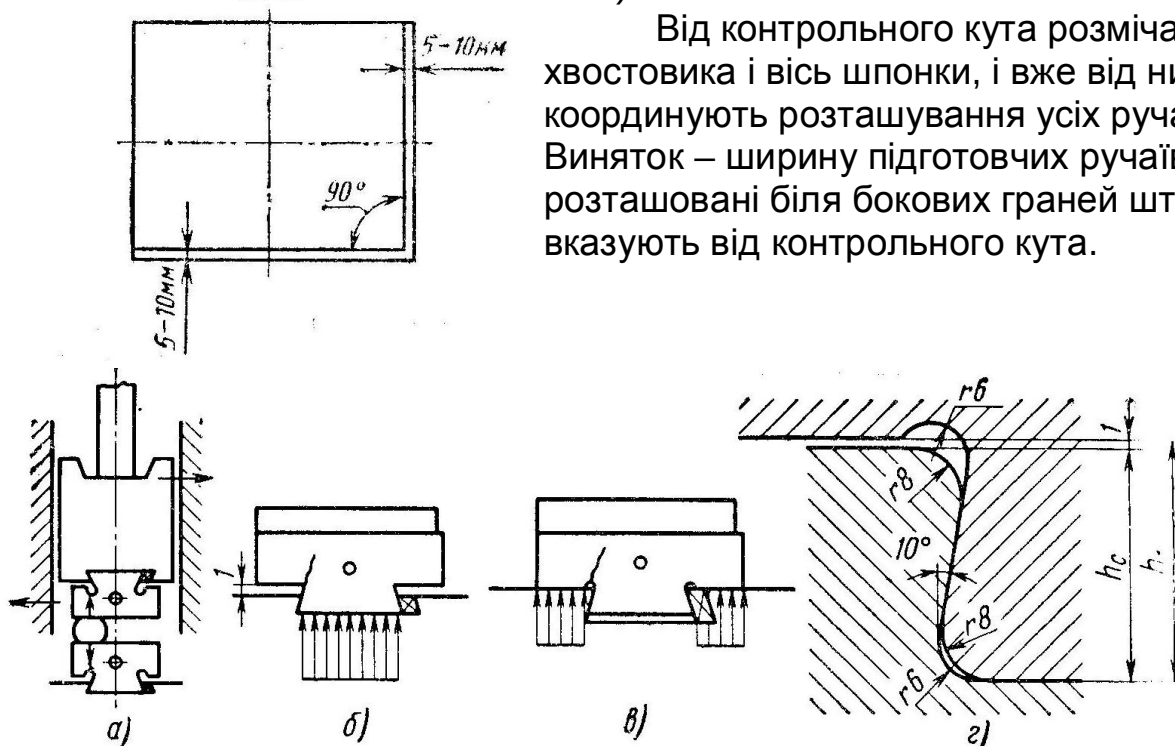


Рис. 5.44. Кріплення молотового штампу

Кріпляться молотові штампи так, як і бойки кувальних молотів, за допомогою клина, «ластівчиного хвоста» і спеціальної шпонки. На відміну від бойків робоче зусилля від баби на штамп передається не через заплечики, а через широкий хвостовик, тому що максимальний опір деформації і максимальне робоче зусилля при штампуванні в чистовому ручаї саме по центру тиску ручая (рис. 5.44).

Якби штамп опирався би на заплечики, як боек молота, ймовірні були б руйнування його біля хвостовика (в). Щоб при позацентрових ударах (а) не було руйнування, виконують радіусний перехід між хвостовиком і тілом штампу (г). Зазор між столом (чи бабою) і за плечиками 1 мм.

Як і бойки, штампи мають транспортні заглиблення (на фронтальній і задній поверхні штампу), в які вставляються спеціальні штирі для транспортування і наладки штампів.

При штампуванні вковів першої групи (від прутка) з фронтальної сторони штампу фрезерують кліщову виїмку, в якій під час штампування розміщуються кліщі, якими тримають кліщовину (частина заготовки,

призначена для її утримуванні під час маніпуляцій у підготовчих ручаях). При штампуванні виковів другої групи виїмка використовується для виїмання (за облой) викову із штампа. Розміри кліщових виїмок нормалізовані (рис. 5.45).

Якщо штамп має і чорновий, і чистовий ручаї, їх кліщові виїмки можуть об'єднуватися в одну.

Товщина стінки штампа між ручаєм і кліщовою виїмкою $S = (1 \div 2)h_{\text{руч.}}$, але не менше 35 мм. Решта розмірів нормалізована.

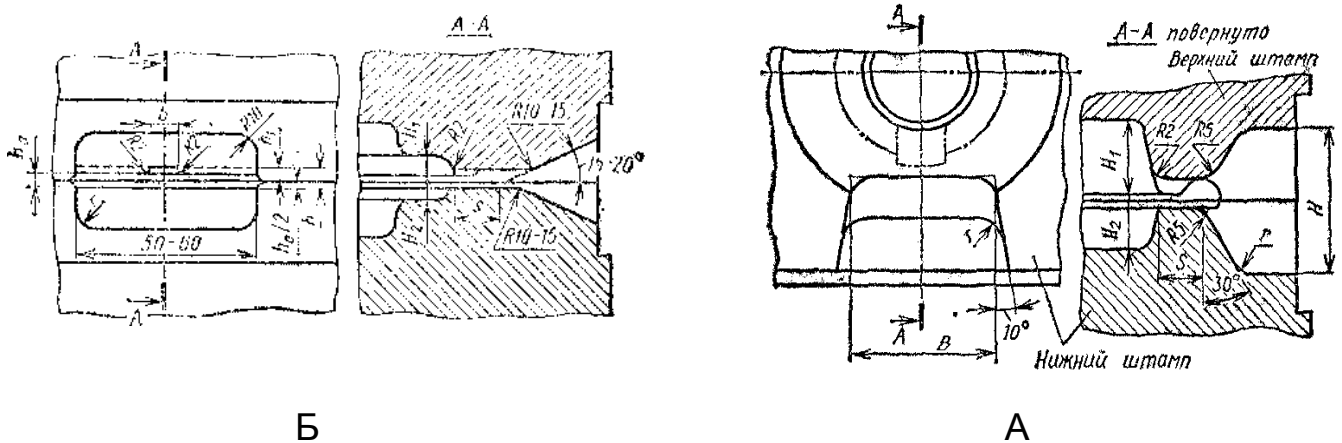


Рис. 5.45. Кліщова виїмка (А) і виїмка для видалення викову (Б)

При штампуванні виковів другої групи передбачається виїмка для видалення викову з ручая: скіс $(15 \div 20)^\circ$ заходить за межі магазину облойної канавки, щоб кліщами можна було взяти виков за облой (рис. 5.45, Б).

Між кліщовою виїмкою і ручаєм до виготовлення облойної канавки фрезерується ливникова канавка глибиною і шириною $h_{\text{л.к.}} = h/2 + h_1$, де h - товщина облой, h_1 - висота магазину облойної канавки.

Після виготовлення чистового (і чорнового, якщо він передбачений) ручая обидві половини штампа складають по роз'єму і стискають струбцинами. Кубики повертаються фронтальною поверхнею догори і через кліщову виїмку і ливникову канавку у штамп, як у кокіль, заливають легкоплавкий сплав (сплав Вуда або спеціальну суміш легкоплавких солей). Отримують контрольну відливку і по ній контролюють розміри і якість виготовлення ручая.

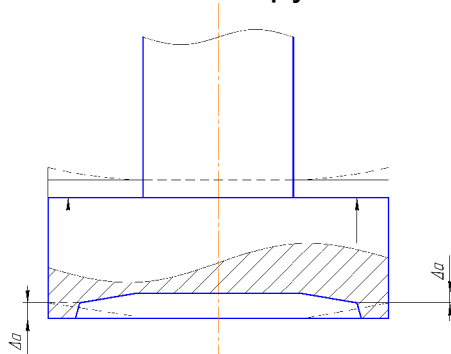


Рис. 5.46. Коригування глибини ручая.

то

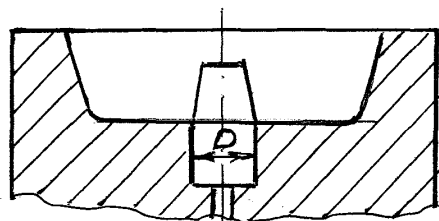
частини штампа, яка виходить за бабу і при ударі відгинається. Потрібно корегувати (зменшувати) глибину відповідних частин ручаїв (рис. 5.46).

Розміри штампа мають вписуватись в габарити баби, які визначаються тоннажем молота. Якщо при штампуванні довгих виковів штамп виступає за габарити баби, треба передбачати пружну деформацію

Види штампів.

Молотові штампи можуть бути суцільними, зі вставками і збірними. Суцільний штамп виготовляють з кованих штампових кубиків.

Рис. 5.47. Вставний знак



Найчастіше вставками в штампах є знаки (рис. 5.47), оскільки вони працюють в найтяжчих умовах: висока температура (знак з трьох сторін оточений нагрітою заготівкою) і високі питомі зусилля, оскільки опір деформації у зоні перемички дуже високий (вище тільки на містку облойної канавки).

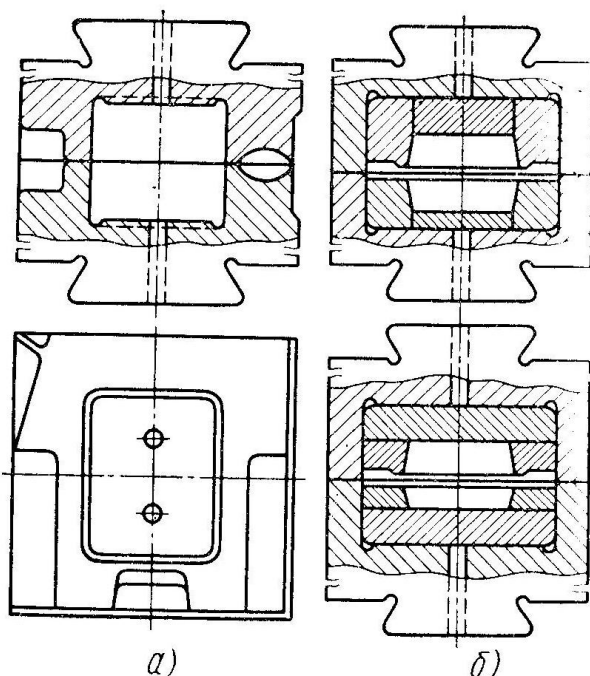


Рис. 5.48. Молотові штампи зі вставками
а – для виковів першої групи, б – для виковів другої групи

Знаки виготовляють із високостійкої штампової сталі і запресовують в гніздо. Основна умова: щоб коефіцієнт термічного розширення сталі штампа і знака були б однаковими, щоб час нагрівання не ослаблялась пресова посадка.

Вставним може бути навіть ручай (Рис. 5.48, б). У

цьому випадку зі штампової сталі виготовляється тільки сам ручай.

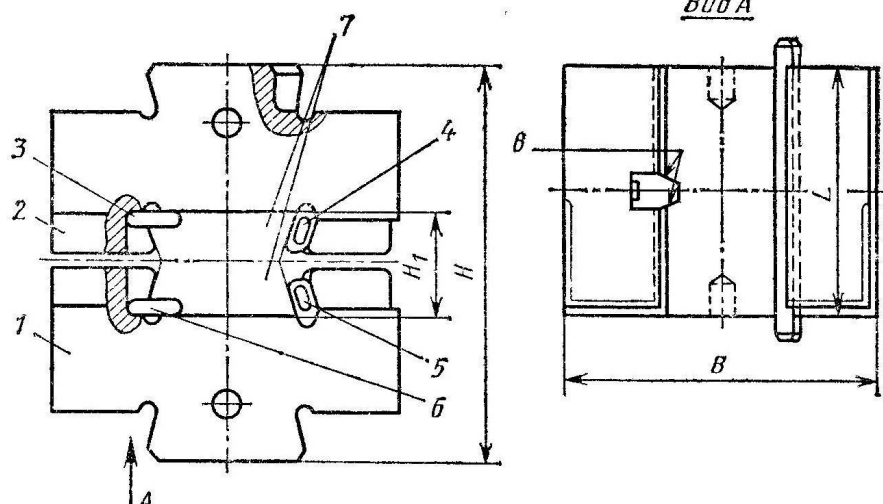


Рис. 5.49. Збірний молотовий штамп

1 – нижній блок, 2 – верхній блок, 3 – верхня шпонка, 4 – верхній клин,

5 – нижній клин, 6 – нижня шпонка, 7 – призматичні вставки.

Збірні штампи (рис. 5.49) використовуються у дрібносерійному виробництві, коли недоцільно, бо дорого виготовляти звичайні штампи, а вставки до стандартного блоку в кілька разів дешевші, то того ж їх досить легко налагоджувати.

Штамп складається із стандартного масивного блоку, який постійно закріплений на молоті, як звичайний штамп. Змінні вставки зі штампової сталі вставляються в спеціальне гніздо блоку, фіксуються сухарем і клином.

5.8.3. Врівноваження зсувних зусиль.

При штампуванні можуть виникати зсувні зусилля, які будуть зміщувати половини штампу відносно одна одної з двох причин.

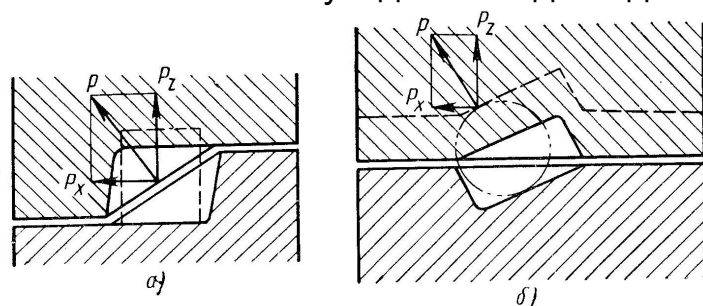


Рис. 5.50. Причини появи зсувних зусиль на початку(б) і в кінці (а) деформації викову

- Несиметрична, скошена форма ручая у верхній половині штампу (рис.5.49, б). Зсувні зусилля виникають на початку процесу деформації.

- Неплоский роз'єм штампу (рис 5.49, а). Максимальні зсувні зусилля виникають в кінці процесу штампування, коли метал деформується на порозі облойної канавки.

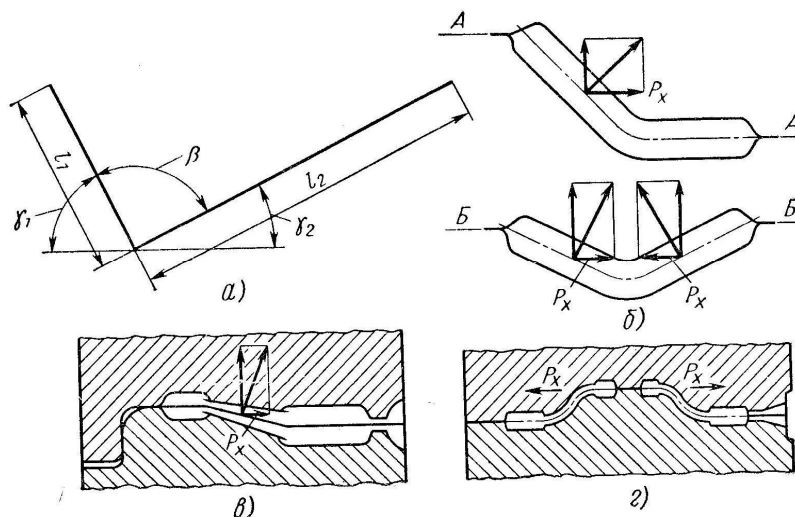


Рис.5.51. Зсувні зусилля при штампуванні і їх врівноважування.

Зсувні зусилля, зміщуючи половини штампу, зменшують точність викову, можуть призвести навіть до зрізування викову у площині роз'єму, інтенсивно зношують направляючі молота, а в разі існування зазору в направляючих можуть привести до руйнування штока молота. Шток – досить дорога деталь, до того ж заміна його трудомістка операція.

Тому зсувні зусилля обов'язково потрібно врівноважувати. Існують три способи врівноважування зсувних зусиль.

1). **Р о з т а ш у в а н н я м** . Роз'єм штампу вибирають таким чином, щоб горизонтальні складові робочих зусиль, які пропорційні площі відповідних ділянок викову, врівноважували б одна одну (рис. 5.51, а, б).

Звичайно, це ускладнює виготовлення штампу.

2). **С п а р ю в а н н я м** . Якщо задовольняє тоннаж молоту і розміри штампу, одночасно штампуються два викови з протилежним розташуванням скосу роз'єму. Горизонтальні складові робочих зусиль у цьому випадку врівноважуються (5.51, г).

3). **З а м к о м** . У разі, коли не можна врівноважити двома попередніми способами, використовують замок (рис. 5.51, в, і 5.52). Одна з частин штампу має виступ, інша відповідну впадину, які не дозволяють частинам штампа зміщуватись, врівноважуючи зсувні зусилля під час штампування.

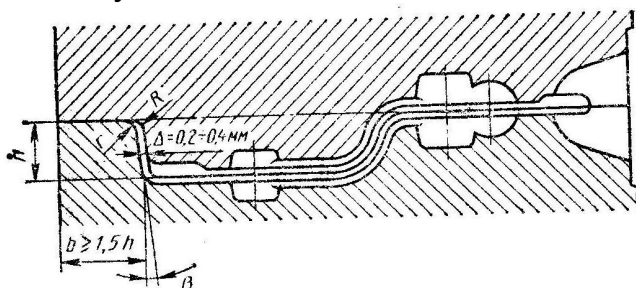


Рис.5.52. Замок для врівноважування зсувних зусиль.

Висота замка вибирається такою, щоб під час появи зсувних зусиль в штампі, він би вже

працював, тобто замки верхньої і нижньої половини штампу торкалися би одна одної, і зміщення не відбувалося.

Товщина виступу b вибирається з міркувань міцності $b = 1,5 h$, де h – висота замка.

Кут замка залежить від його висоти: якщо висота замка до 20 мм, кут 7° , від 20 до 50 – 5° , від 50 до 100 – 3° , при висоті замка понад 100 мм – кут 1° .

Зазор між робочими поверхнями замка у неробочому стані від 0,2 до 0,4 мм, але не більше половини допуску на зміщення (визначається стандартом).

Є кілька варіантів розташування замків на дзеркалі штампу (рис. 5.53).

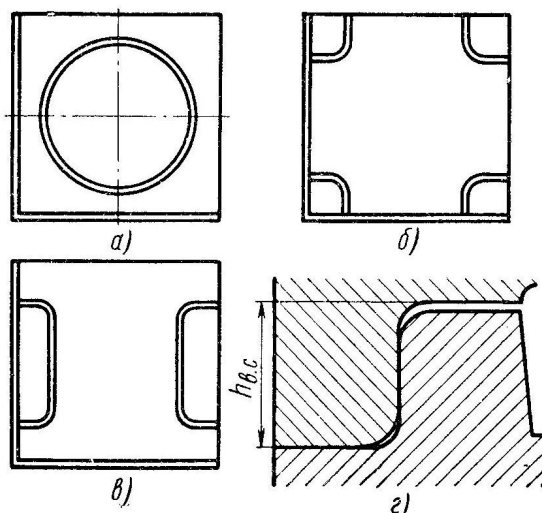


Рис. 5.53. Розташування замків для врівноваження зсувних зусиль.

5.8.4. М а т е р і а л и м о л о т о в и х ш т а м п і в .

Найчастіше молотові штампи виготовляють із спеціальних штампових сталей марок: 5ХНТ, 5ХГМ, 5ХНВ, 5ХНСВ. Твердість робочих частин 310 – 460, опорної частини хвостовиків 250 – 308.

5.8.5. Особливості штампування на молотах.

1. Найсуттєвішою перевагою штампування на молотах, яка в значній мірі забезпечує його універсальність, є те, що чистовий ручай може заповнюватись за кілька ударів. Тобто для деформації може бути використана енергія в кілька разів більша, ніж енергія одного удару. Це дозволяє штампувати великі викови з тонкими полотнами (наприклад, диски коліс бронетехніки).

2. Висока швидкість деформування (5 – 7 м/с) забезпечує якісне заповнення верхньої половини штампа за рахунок ефекту «сплеску». При таких високих швидкостях переміщення інструменту інерційні сили заготівки сприяють заповненню складних елементів ручая верхньої половини штампу. (Застосувавши принцип обернення руху: баба і верхня половина штампу не рухаються, а шабот, маса якого у 20 разів більше маси падаючих частин молота, нижня половина штампу і заготівка рухаються зі швидкістю 5-7м/с, легко уявити, що інерція нагрітого металу заготівки сприяє заповненню порожнин ручая).

3. Те, що баба може підніматися на різну висоту, тобто накопичувати різну кількість потенційної енергії, дозволяє змінювати силу удару і виконувати усі підготовчі операції, тобто попереднє фасонування.

Негативні сторони штампування на молотах такі:

1. Низький коефіцієнт корисної дії – як у паротяга біля 3%.
2. Потрібні паро- чи газогенераторні станції, складні комунікації для підведення і відведення пари.
3. Ударний характер роботи має такі особливості.
 - Штампувальні молоти мають масивні шаботи (маса шаботу у 20 разів перевищує масу падаючих частин молота (для 5-тонного молота потрібен шабот масою 100 тон).
 - Масивні штампи, а це великий розхід штампової сталі, складне виготовлення, непросте налагоджування.
 - Відсутність виштовхувачів: отвори під виштовхувачі можуть бути концентраторами напруги і значно зменшать стійкість штампів. При ударних навантаженнях швидко розладнюється робота виштовхуючи механізмів.
 - Відсутність виштовхувачів вимагає призначати більші кути штампувальних ухилів для того, щоб виков сам видалявся би з порожнини штампу. При цьому збільшуються напуски на ухили, а значить втрата металу і обсяг механічної обробки.
 - Стрясаються будівлі і конструкції в ковальському цеху і навіть навколо. Через це проблеми з роботою точних приладів.
 - З цієї ж причини складність механізації і автоматизації штампування на молотах.
 - Важкі умови праці ковалів.

Все це і обумовило заміну молотів на кривошипні гаряче-штампувальні преси, горизонтально-кувальні машини, гвинтові преси, гаряче-штампувальні автомати та інші машини.

Розділ 6

6. Особливості штампування на КГШП

Кривошипні гаряче-штампувальні преси почали використовувати на початку 30-х років минулого століття. Перші ковальські цехи з КГШП були побудовані на Ленінградському Кіровському заводі і на Горьківському автомобільному.

6.1. Переваги штампування на КГШП

У порівнянні зі штампуванням на молотах:

- У КГШП втричі більший коефіцієнт корисної дії – близько (8-9)%.
- КГШП не потрібні масивні шаботи.
- Не потрібні паро – і газогенераторні станції і складні комунікації для підведення і відведення пари.
- КГШП мають неударний характер роботи: швидкість деформування не перевищує 1 м/с (в той час як у молотів (5 ÷ 7) м/с).
- Це дозволяє мати не цільноблочні, а збірні штампи.
- Маса виготовлених із штампової сталі ручаєвих вставок у

десять разів менша, а значить і менший розхід штампової сталі. В свою чергу це дозволяє виготовляти ручаєві вставки із більш дорогих сталей, які забезпечують вищу стійкість, що впливає на зниження собівартості виконів.

- У порівнянні із молотовими штампами ручаєві вставки КГШП простіше виготовляти і налагоджувати.
- Продуктивність штампування на КГШП вища ніж на молотах через те, що на них не виконуються підготовчі операції, такі, як протягування і підкатування, які виконуються за декілька робочих ходів. Для попереднього фасонування використовуються такі спеціалізовані процеси як вальцювання, періодичне прокатування, поперечне прокатування, електровисаджування тощо. Тому найчастіше штампування на КГШП виконується за 1-2-3 робочих ходи: осаджування для видалення окалини і підготовки до фіксації викову в ручаї, штампування (далеко не завжди) в чорновому ручаї і в чистовому. З підготовчих ручаїв можуть використовуватись пережимні, формувальні і ручаї для гнуття.

• Штампування на КГШП можна механізувати, автоматизувати і роботизувати. Але це економічно вигідно лише у масовому виробництві, оскільки продуктивність штампування на КГШП сама по собі висока.

- Кращі умови праці для ковалів: нижчий рівень шуму, менші вібрації.

Але треба мати на увазі, що:

- КГШП у 3-4 рази дорожчі за штампувальні молоти відповідної потужності.
- Для штампування викову, який виготовляється на молоті з м.п.ч 1 тона потрібен КГШП зусиллям 1 000 тс. Розмірний ряд пресів: 630 тс, 1000тс, 1600 тс, 2000 тс, 2500 тс, 4000 тс, 6300 тс. Пресів з робочим зусиллям 8 000 тс було виготовлено лише два. Машини настільки великі,

металоємні і дорогі, що їх більше не виготовляють. Є ще преси кривошипно-клинової конструкції зусиллям 12 000 тс. (Два таких преси працюють на Камському автомобільному заводі).

- При штампуванні на КГШП при суттєвому порушенні технології може відбутися заклинення преса.

6.2. Технологічні особливості штампування на КГШП.

6.2.1. Жорстка характеристика ходу. На рис. 6.1 зображена діаграма «шлях – швидкість» штампування на молоті і КГШП.

Швидкість переміщення штампа молота (крива 2) збільшується до 5,4 м/с. Під час деформації вона падає до нуля. (Зліва знизу схема деформації – осаджування на 25 мм). Нижня точка – це положення штампа в кінці робочого ходу, коли вся накопичена енергія «падаючих частин» пішла на деформацію заготовки.

Зміна швидкості переміщення штампу КГШП (крива 1) визначається кінематикою кривошипного механізму і практично не залежить від опору деформації – це і називається жорсткою характеристикою ходу.

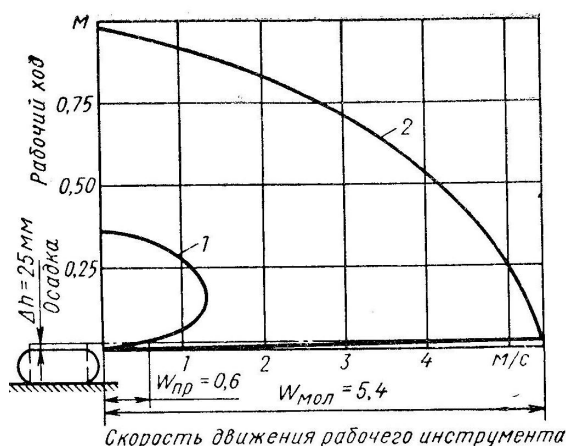


Рис. 6.1. Швидкість робочого ходу при штампуванні на молоті і КГШП

Преси розраховуються таким чином, що під час робочого ходу витрачається біля 30% енергії, накопиченої маховиком. Якщо ж енергія, яка потрібна для деформації заготовки (чи то завищеного об'єму, чи то заниженої температури), перевищує запас енергії маховика, то прес зупиняється – його заклинює. При

цьому станина розтягнута, кривошипний вал зігнутий, поковзень і штампи стиснуті зусиллям, яке перевищує номінальне зусилля пресу. Є три варіанти виведення КГШП із заклинювання.

- Завдяки реверсу двигуна маховик розкручують у протилежному напрямку і вмикають робочий хід. Якщо енергії маховика достатньо для того, щоб зрушити поковзень з місця, він піднімається – прес розклинено. Це можливо у тих випадках, коли поковзень зупинився біля крайнього нижнього положення і зусилля заклинювання незначне.

- В конструкції КГШП передбачена спеціальна клинова подушка столу: це клинова пластина, яка за допомогою спеціального приводу і черв'ячній передачі витягується у горизонтальній площині і стіл опускається, збільшуючи тим самим закриту висоту преса. Вмикають прес і кривошип прокручується.

Рекомендована закрыта висота КГШП: $H_{\text{закр}} = H_{\text{мін}} + 0,75 h_{\text{рег}}$, де $H_{\text{мін}}$ – мінімальна закрыта висота пресу, $h_{\text{рег}}$ – величина можливого регулювання закрытої висоти пресу.

• У тих випадках, коли не вдаються ці два варіанти лишається просто розрізати частину штампу і видалити її.

6.2.2. Підготовчі операції.

Найпоширеніша підготовча операція при штампуванні на КГШП – осаджування. Його виконують насамперед для того, щоб збити (видалити) окалину з поверхні заготовки. Друга мета – підготувати заготовку для точної фіксації в чистовому чи чорновому ручаях штампу, інакше штампуватиметься брак. Третя – виконати функцію чорнового ручая: попереднє формувати виков (рис. 6.2).

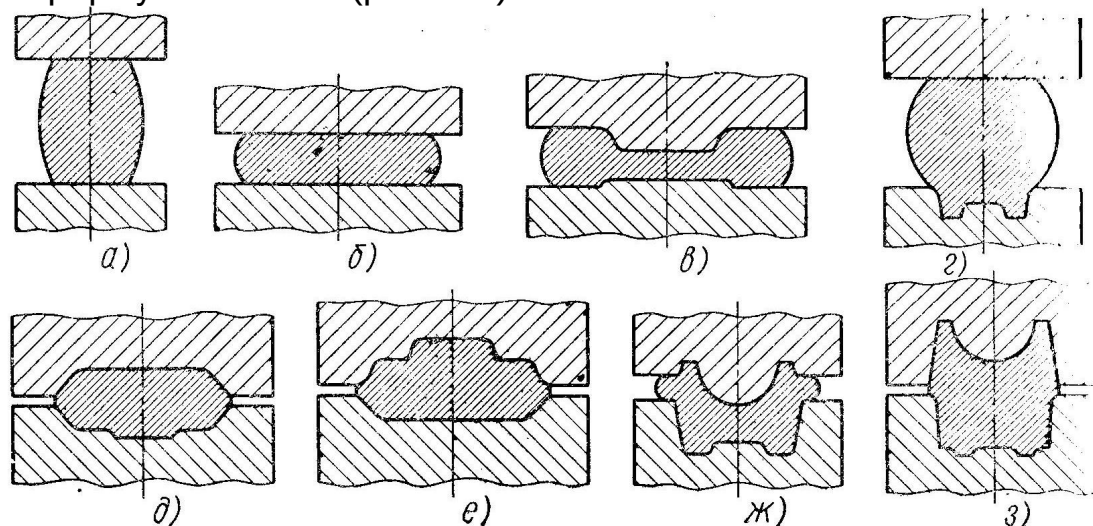
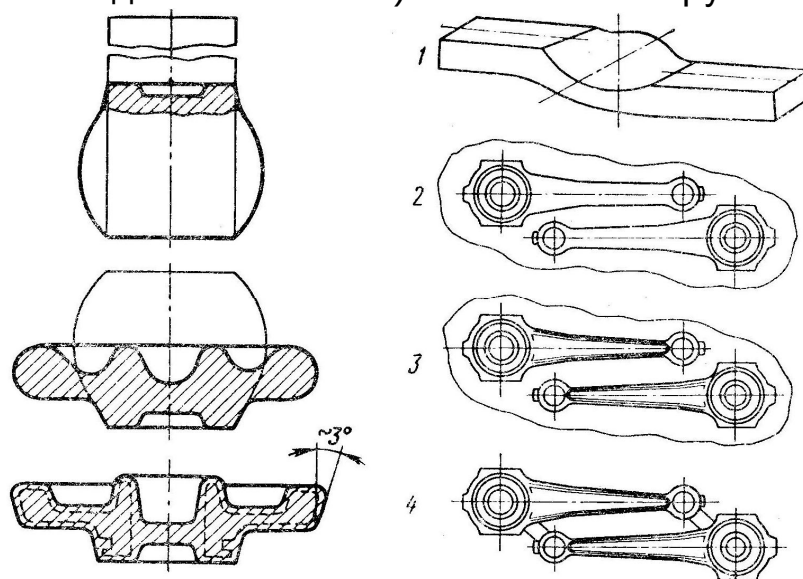


Рис. 6.2. Підготовчі ручаї для виковів другої групи

6.2.3. На рис. 6.3 показані два типових технологічних процеси штампування на КГШП виковів другої (які штампуються в торець) і першої (викови з подовженою віссю) технологічних груп.



штампування в чистовому ручаї,
4 – викови після обрізування облою.

Рис. 6.3.
Технологічні
переходи
штампування на
молоті
а – штампування
шестерні в закритому
ручаї,
б – штампування
двох шатунів: 1 –
заготовка після
пережиму,
2 – штампування в
чорновому ручаї, 3 –

6.2.4. При штампуванні на КГШП немає ефекту «сплеску» як на молоті, тому що швидкість деформування у $5 \div 7$ разів нижча (до 1 м/с).

Матеріал більш інтенсивно тече вбік, завдяки чому можуть утворитися утяжини і затиски, тобто виков буде бракованим.

Під час подальшої деформації утяжини можуть закритись, утворивши зажим – небезпечний брак, який зовні невидимий (бо він в середині порожнини) і може бути виявленим лиш під час спеціального ультразвукового чи то рентгенівського дослідження.

Утяжини можуть утворюватись навіть у випадках зміщення розташування перемички від площі роз'єму (рис.6.4, а).

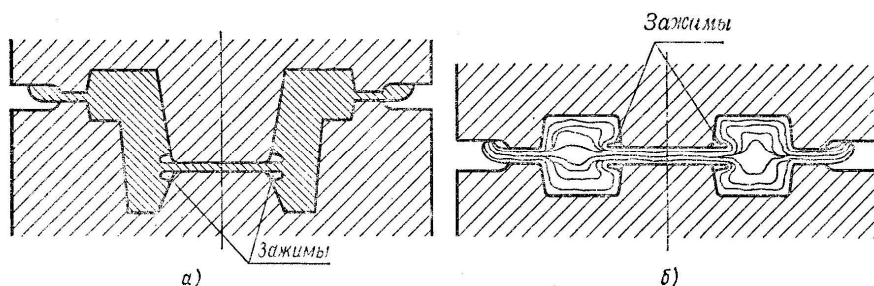


Рис. 6.4.
Утворення
утяжин і
затисків

час

Те, що під
штампування на

КГШП матеріал досить інтенсивно тече в сторони, дозволяє широко застосовувати багатоштучне штампування: кілька виковів невеликих розмірів штампуються як один виков (рис. 6.5) і розділяються під час обрізування облою.

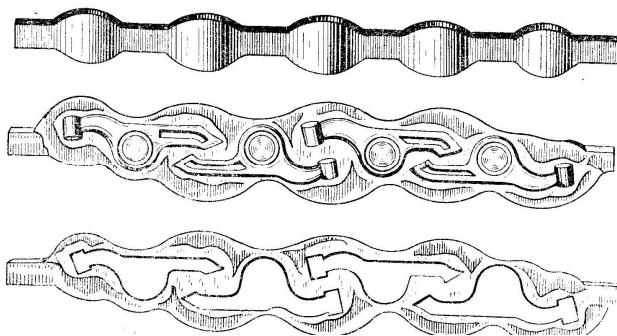


Рис. 6.5. Багатоштучне
штампування.

Іноді багатоштучне штампування дозволяє спростити технологічний процес,

відмовившись від операції попереднього фасонування (рис. 6.3). Як приклад - штампування двох шатунів, коли сумарна епюра перерізів не вимагає значного попереднього фасонування, яке треба було б робити, якби їх штампувати по одному.

Відсутність ефекту «сплеску» ускладнює заповнення глибоких порожнин. У разі потреби використовується чорновий ручай, в якому навпроти глибокої порожнини, яка заповнюється настільки, наскільки може заповнитись за один перехід, формується виступ певного об'єму. В чистовому ручаї метал цього виступу зміщується в зону глибокої порожнини і таким чином заповнює її.

6.2.4. Облой і облойні канавки.

На відміну від молотових штамів облойні канавки штамів КГШП відкриті, тобто верхня половина штампу в кінці робочого ходу не торкається нижньої, простір магазину не обмежений. Потрібні розміри висоти (товщини) викову гарантуються тим, що при кожному робочому ході поковзень проходить через так звану нижню мертву точку.

Якби облойні канавки були закриті, тобто в кінці робочого ходу поверхні ручаєвих вставок торкались би одна одної, значно збільшилась би ймовірність заклинювання, яке б виникало завжди при потраплянні на роз'єм штампу окалини або при переповненні магазину канавки металом і витікання його на роз'єм.

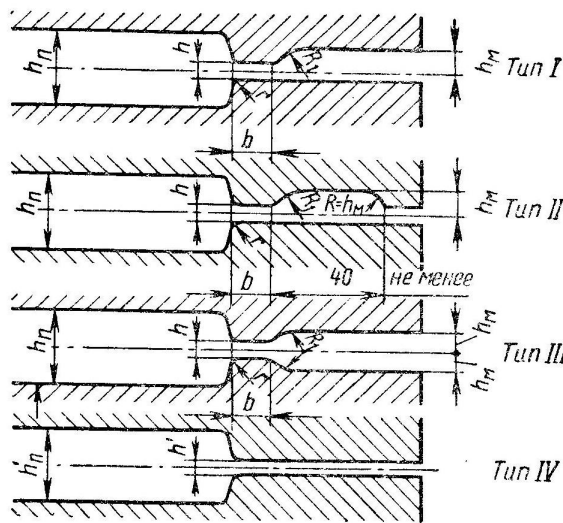


Рис.6.6. Облойні канавки штампів КГШП

Форми облойних канавок штампів КГШП нагадують молотові (рис. 6.6). Місток, як правило, розташований у верхній половині штампу, яка менше розігрівається, а значить має вищу стійкість. Найчастіше застосовується перший тип канавки.

Другий тип канавки

відрізняється від першого тільки тим, що з метою зменшення фрезерування під час виготовлення магазину його обмежують (але не менше 40 мм).

Третій тип застосовується тоді, коли очікується збільшений об'єм облою. Місток у нижній половині штампу часто роблять ширшим для кращої тепловіддачі, щоб зрівняти стійкість обох половин штампу.

Четвертий тип облойної канавки не має магазину (це аналог клинового облою при штампуванні на молоті) виготовляється у тих місцях штампу, де складніша конфігурація порожнини ручая і треба збільшити опір витіканню металу в облой. Опір витіканню металу в облой збільшується не тільки за рахунок зменшення висоти шару металу на містку, а і за рахунок постійного збільшення площі деформації облою.

Як і на молотах, опір витіканню металу в облой може змінюватись за рахунок збільшення ширини містка облойної канавки.

Потрібна, визначена тоннажем пресу висота облою на містку встановлюється під час налагоджування пресу. Первинно – регулюванням закритої висоти пресу за допомогою клинової подушки, а більш точно за допомогою мірних загартованих сталевих підкладок під вставку чистового ручая штампу. Під час налагоджування враховується пружна деформація системи прес – штамп під дією робочого зусилля, яка може бути до 2 мм. Завершується налагоджування висоти облою пробним штампуванням заготовки, нагрітої до верхньої межі технологічного температурного інтервалу.

Об'єм облою ($V_{об}$) при штампуванні на КГШП розраховують як добуток довжини периметру викову на площу поперечного перерізу облою, яка визначається за розмірами облойної канавки (b, h і h_1), які залежать тільки від тоннажу пресу.

$$\text{Об'єм облою: } V_{об} = \pi x(bh + Vh_1),$$

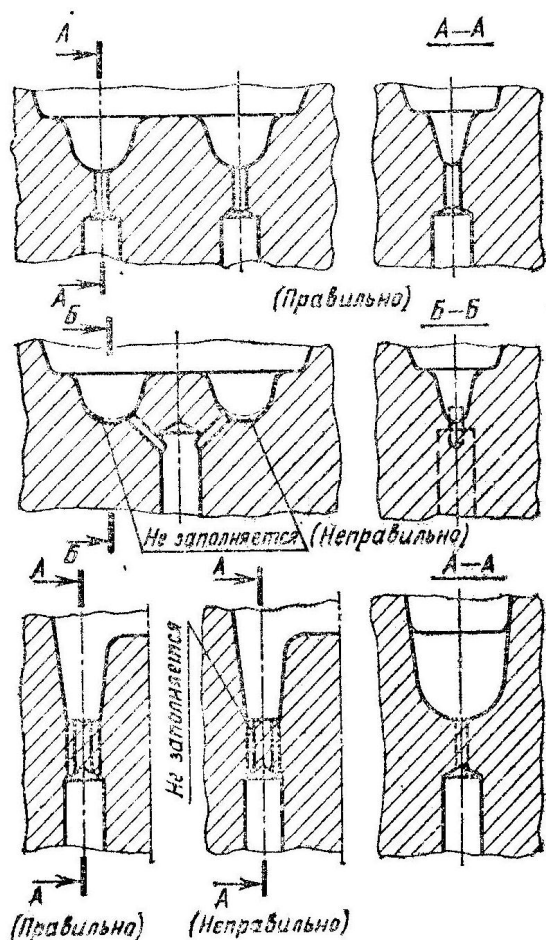
де величина $B = 10$ мм для виоквів масою до 0,5 кг,
 $B = 15$ мм для виоквів масою від 0,5 до 2 кг,
 $B = 20$ мм для виоквів, маса яких перевищує 2 кг.

6.2.5. Газовідводні канали.

Якщо під час заповнення ручая метал заготовки перекриває порожнину штампу (ймовірність тим вище, чим глибше сама порожнина), повітря в ній стискується і створює певну компресію, яка перешкоджає заповненню кутів порожнини.

Щоб запобігти цьому у тих частинах (як правило, кутах) ручая, які заповнюються останніми, просвердлюють (пропалюють лазером) спеціальні отвори – газовідвідні канали, через які повітря видаляється з порожнини штампу.

Рис. 6.7. Газовідводні канали



Отвори свердлять діаметром 1,2 – 1,5 мм на глибину $15 \div 20$ мм, а з протилежної сторони отвір має діаметр $8 \div 15$ мм. На опорній площині вставки фрезерують канавки глибиною $5 \div 6$ мм для виходу повітря за межі вставки (рис. 6.7).

У глибоких порожнинах, де вкрай незручно, а іноді просто неможливо просвердлити отвори, повітря відводять через шліци на пробці, яку запресовують у ручаєву вставку.

6.2.6. Штампи КГШП.

Штампи збірні. Пакет (блок) складається з верхньої і нижньої плит. В нижню запресовані напрямні колонки, у верхню напрямні втулки. Вони додатково забезпечують точне направлення верхньої і нижньої

половин штампу. В універсальних блоках колонок і втулок дві пари. Є ще спеціальні блоки іншої конструкції (наприклад, для штампування видавлюванням), які можуть мати і три, і чотири направляючі колонки і втулки.

Верхня плита фіксується у поковзні спеціальним пазом і відповідним виступом на поверхні поковзня. Кріпиться плита до поковзня болтами.

Нижня плита фіксується на столі пресу спеціальним клином і кріпиться болтами.

6.2.6.1. Ручаєві вставки призматичної форми, які мають спереду і ззаду спеціальні скоси, фіксуються і кріпляться двосторонніми

клиновими притискачами, які розташовані на передній частині блока. Задній скіс упирається в спеціальну скошену планку блоку.

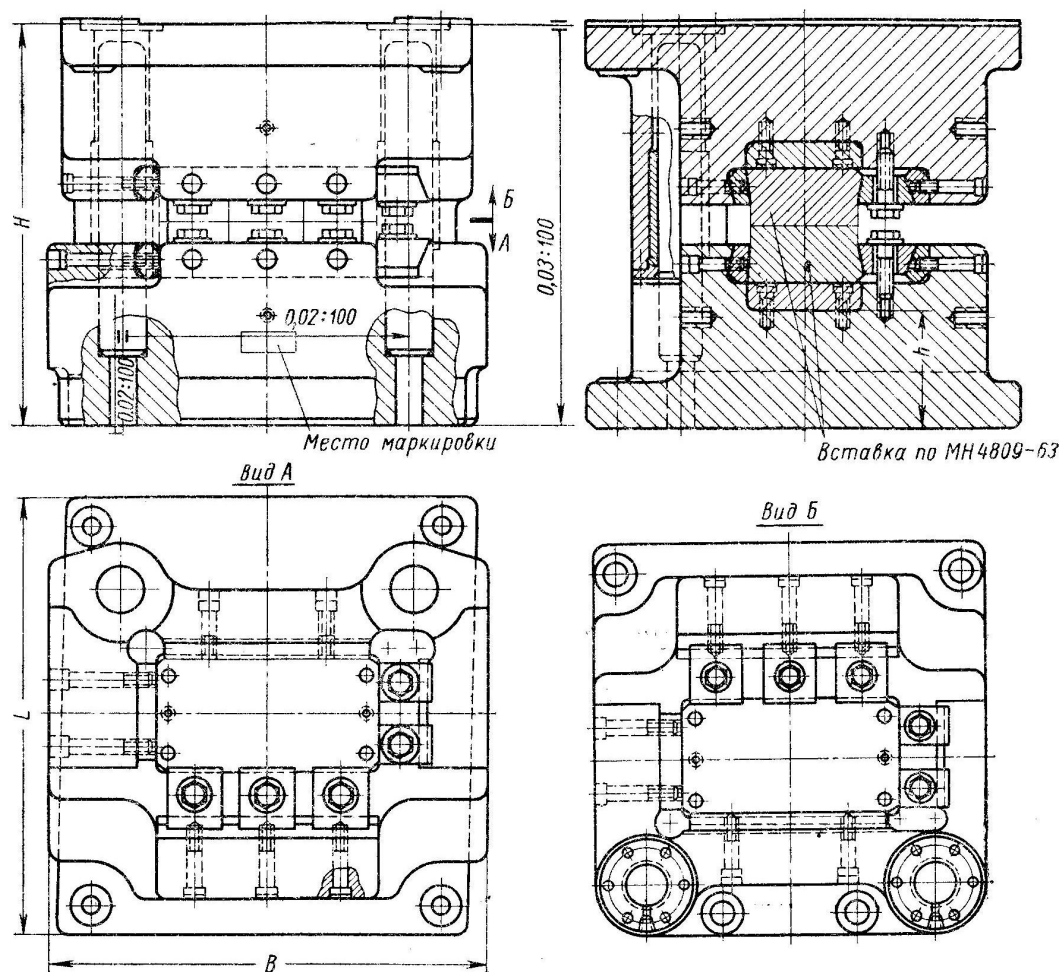


Рис. 6.8. Нормалізований блок штампу КГШП

У поперечному напрямку вставки притискаються одна до одної, фіксуються і кріпляться односторонніми клиновими притискачами, розташованими з лівої сторони блоку.

Блоки КГШП розраховані на 1 – 2 – 3 ручаєві вставки. Вставка чистового ручая розміщується по центру штампу таким чином, щоб центр тиску штампу співпадав би з вертикальною віссю поковзня.

Перший підготовчий ручай (найчастіше це вставка для осаджування) розміщується з лівої сторони штампу – зі сторони нагрівального устаткування. Вставка другого переходу (гнуття, формування тощо) з правої сторони.

Якщо штампування виконується за два переходи, то з правої сторони розміщується фіксуюча вставка, яку виготовляють не з штампової, а із конструкційної сталі (наприклад, сталі 45X). Висота фіксуючих вставок підбирається такою, щоб вона була не нижчою за сусідню вставку.

З метою економії штампової сталі ручаї для штампування виковів другої групи, які штампуються в торець, збірні: сама ручаєва вставка (вкладень) виготовляється циліндричною зі штампової сталі і вставляється в призматичний тримач, який, як правило, виготовляється зі сталі 45X.

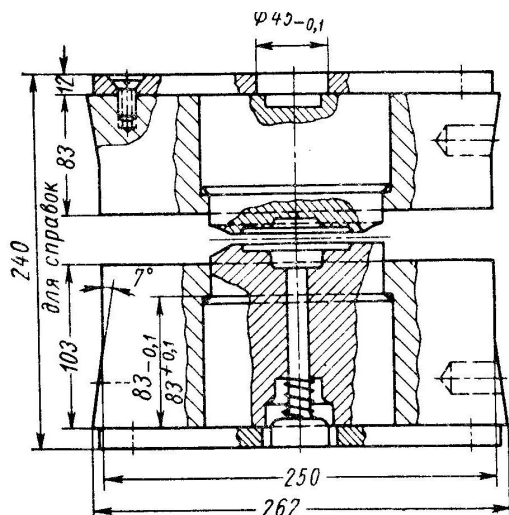


Рис. 6.9. Циліндрична ручаєва вставка в тримачі.

Така конструкція дозволяє практично вдвічі зменшити розхід штампової сталі. Ручаєва вставка виготовляється з допустимим відхиленням діаметра посадочної (меншого діаметру) частини – $0,05 \div -0,10$. Діаметр вільної частини на 10 мм більше посадочної.

Кріпиться циліндрична вставка (вкладень) за допомогою спеціальної пластини до нижнього торця тримача чотирма болтами.

Для транспортування і налагоджування ручаєвих вставок в них передбачені спеціальні гнізда (порожнини), в які вставляються спеціальні штирі. Гнізда діаметром $d = 16$ чи 20 мм і глибиною $2d$ розташовані на скошених частинах вставки на відстані $2d$ від опорної частини.

6.2.6.2. Виштовхуючий механізм пресу забезпечує в кінці кожного робочого ходу переміщення штовхача (рис. 6.10, 7), який знаходиться в центрі стола і поковзня, на $10 \div 25$ мм – в залежності від тоннажу пресу.

Цей рух сприймає двоплечий важіль пакета (рис. 6.10, 8), який повертається навколо своєї осі і передає цей рух на центральну і бокову ручаєву вставку через підпружинений стакан (6) і штовхач (3).

В свою чергу виштовхувач пакету передає рух підпружиненому виштовхувачу ручаєвої вставки (2), який і виштовхує виков. Діаметри виштовхувачів нормалізовані і вибираються із ряду 10, 13, 15, 18, 20 мм в залежності від потужності пресу і складності викову.

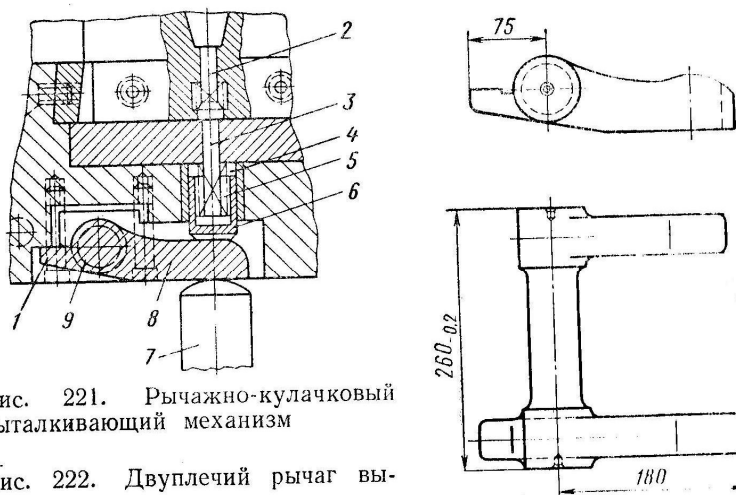


Рис. 221. Рычажно-кулачковый выталкивающий механизм

Рис. 222. Двуплечий рычаг выталкивающего механизма

Рис. 6.10. Виштовхуючий механізм штампу КГШП і двоплечий важіль.

Виштовхувачі для виковів першої групи (їх може бути декілька) приводяться до руху через спеціальну підпружинену планку (рис. 6.11), яку переміщують два важілі, на які тисне штовхач

пресу.

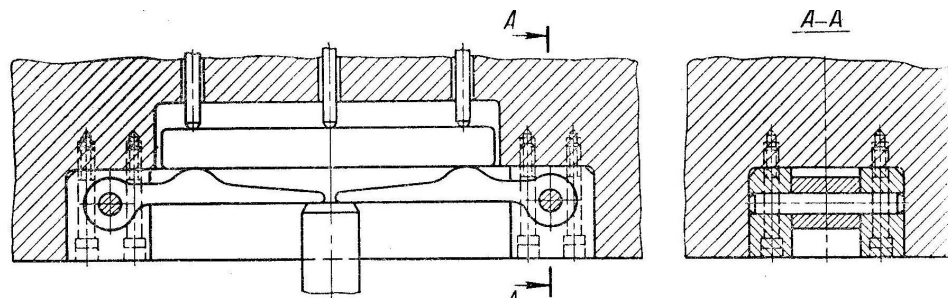


Рис. 6.11. Виштовхувачі для виковів першої групи.

Якщо глибина ручая невелика і виштовхувачі не використовуються, то на опорній площині вставок треба передбачати гнізда (порожнини), в яких би рухались виштовхувачі пакета.

6.2.6.3. Матеріали деталей штампів КГШП.

- Ручаєві вставки: 5ХНВ, 5ХНМ, 5ХГСВФ, 5ХГМ з твердістю поверхні чорнового ручая НВ 341 – 401, чистового НВ 401 – 444.
- Вставки для осаджування: 5ХГС, 7ХЗ з твердістю НВ 341 – 415.
- Тримачі циліндричних ручаєвих вставок: сталь 40Х.
- Блоки (верхня і нижня плити): сталь 40Л, 40ХЛ.
- Напрямні колонки: сталь 45 або сталь 20 з поверхневою цементацією і загартуванням поверхневого шару 0,8 – 1,2 мм.
- Втулки: бронза О6Ц6С3.
- Притискачі: сталь 45, сталь 40Х.
- Виштовхувачі: 7ХЗ, 5ХГС, 3Х2В8Ф.
- Знаки вставні: 4Х5В2ФС, 3Х2В8Ф.
- Вставки для штампування видавлюванням: 4Х8В2, 4Х5В2ФС.
- Вставки для штампування важкодеформованих сталей: 4Х3В2Ф2М2, 4Х2В5ФМ, 3Х2В8Ф.

6.3. Штампування на КГШП видавлюванням.

Частина викову формується витіканням металу з порожнини штампу.

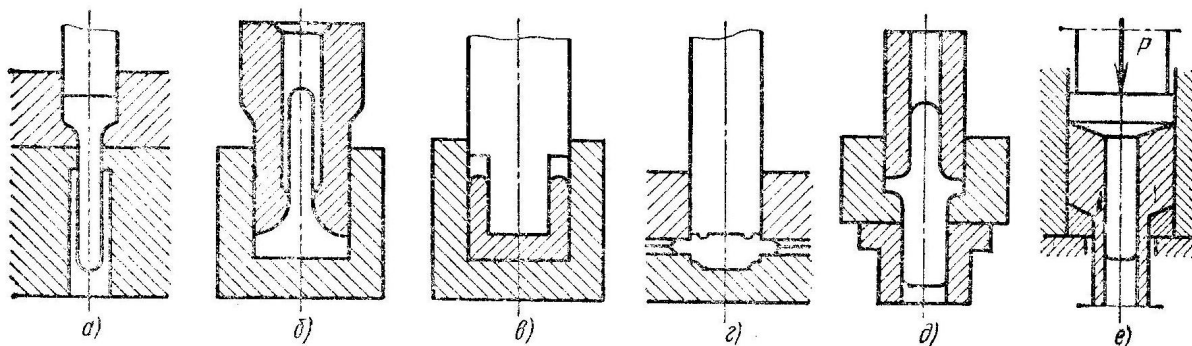


Рис. 6.12. Схеми штампування видавлюванням:

а, е – пряме, б, в – зворотне, г – радіальне

Розрізняють (рис. 6.12):

- пряме видавлювання, коли матеріал витікає у напрямку руху робочого інструменту;
- зворотне – матеріал витікає навпроти руху охоплюваної частини;

- радіальне – матеріал витікає у радіальних напрямках щодо робочого ходу;
- комбіноване видавлювання.

Метал, який витікає з порожнини штампу, формує стержень чи то гільзу, матеріал в штампі – корпус.

Штампкування видавлюванням може виконуватись за один перехід, але частіше за перший перехід формується стержень чи гільза, а за другий штампується корпус за відкритою (з облоєм) або закритою схемою рис. 6.13).

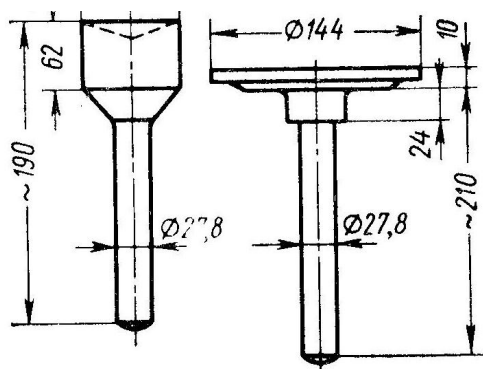


Рис. 6.13. Пряме витискування і штампкування корпусу.

Найменша нерівномірність деформації під час видавлювання стержня має місце, якщо кут біля входу матрицю і на деформуючій частині

в пуансона не буде перебільшувати 150° .

За один перехід можна видавлювати стержень з коефіцієнтом витягування

$K = F/f > 7,5$, де F – площа перерізу заготовки, а f – площа перерізу стержня, який видавлюють.

При $7,5 < K < 15$ утворюється торцевий завусень товщиною 1 мм і висотою

4 ÷ 6 мм, який потім видаляють спеціальною операцією. Завусні утворюються, якщо відношення діаметрів заготовки і стержня перевищує 2,6 – 2,7 ($D/d > 2,5 - 2,7$).

Швидкість видавлювання металу в стержень: $W = VF/f$,

де V – швидкість руху пуансона, яка при штампванні на КГШП зменшується від максимальної (при повороті вала на 90°) до нуля у нижній «мертвій» точці робочого ходу.

Під час розроблення технологічного процесу потрібно перевірити, чи швидкість витікання не перевищує допустиму швидкість для конкретного металу чи сплаву. Що вище легована сталь, то нижче значення допустимої швидкості.

Оскільки при штампванні видавлюванням схема напруженого стану досить жорстка, тобто опір деформації високий, штампують при температурах біля верхньої межі допустимого температурного інтервалу.

Діаметри заготовок вибирають із розрахунку $H/D < 2,5$. Як правило, спочатку заготовку осаджують для видалення окалини і зручної фіксації в штампі (діаметр заготовки має бути на 1÷10 мм менше діаметра контейнера в залежності від її розмірів). Що меншим буде діаметр заготовки, то менше буде робоче зусилля видавлювання і менше швидкість видавлювання.

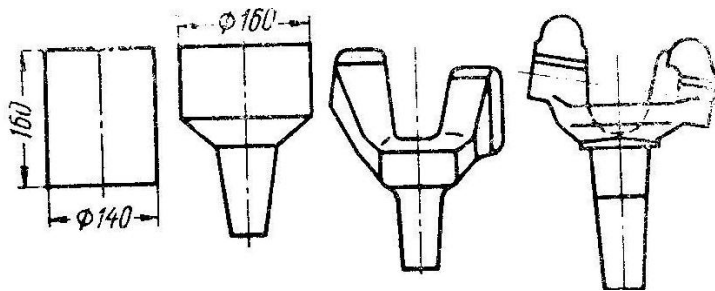


Рис. 6.14. Приклади переходів штампування видавлюванням.

При невеликих розмірах корпусу під час видавлювання можуть утворюватись утяжини, затиски, сколи і простріли (рис. 6.14).

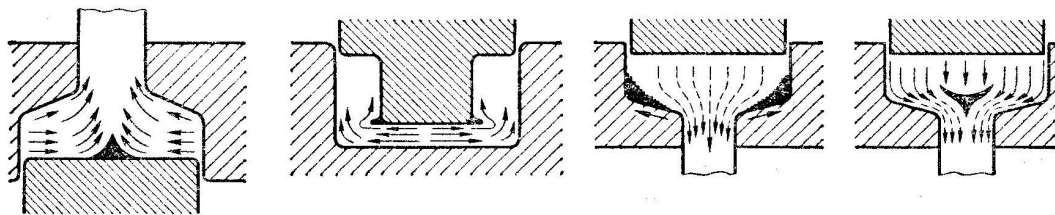


Рис. 6.15. яжини, затиски, сколи і простріли в корпусах вковів при штампуванні видавлюванням

При штампуванні видавлюванням на універсальних КГШП потрібно провести дві перевірки придатності пресу для цієї операції.

Справа в тому, що на відміну від звичайного (відкритого чи закритого) штампування процес видавлювання відрізняється тим, що має високий опір деформації не тільки в кінці робочого ходу, а протягом всього процесу видавлювання метала з контейнера, тобто «Р – S» діаграма при однаковому робочому ході має значно більшу площу, тобто процес вимагає більшої енергії.

Тому перша обов'язкова перевірка – потрібно переконавшись, що запас енергії маховика достатній для виконання даної операції. Інакше прес заклинить.

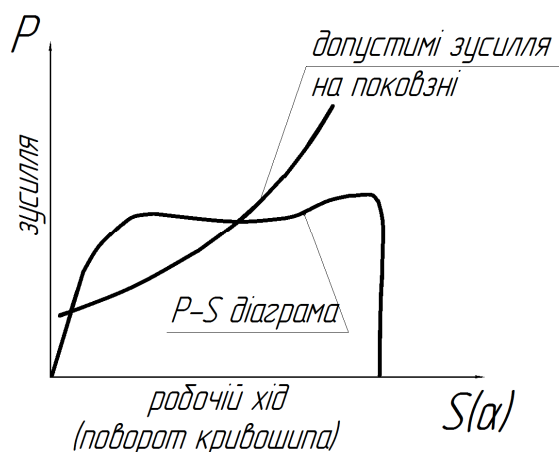


Рис. 6.16. Допустимі зусилля на поковзні і «Р – S» діаграма видавлювання.

По-друге, оскільки при видавлюванні процес деформації починається при менших кутах повороту кривошипа, а опір деформації

близький до максимального, то «Р – S» діаграма може не вписатися в криву допустимих зусиль на поковзні, і з'явиться небезпека поламки кривошипного механізму.

Виходячи з цього розроблена гама спеціалізованих КГШП для штампування видавлюванням. За основу взято універсальний КГШП наступного типорозміру (КГШП для видавлювання 630 тс на базі серійного

КГШП 1000 тс і т.д.), приблизно вдвічі зменшено число ходів, збільшено штамповий простір і хід виштовхувача.

6.4. Торцеве штампування.

Наявність виштовхувачів, малі штампувальні ухили і, відповідно, малі відходи від напусків від ухилів при штампуванні на КГШП дозволяє застосовувати торцеве штампування (рис. 6.17, б). Тобто деякі деталі першої технологічної групи штампуються за схемою другої групи.

Торцеве штампування має такі суттєві переваги.

- Значно простіше виготовлення штампів, особливо, обрізних (спрощується контур обрізної матриці і пуансона).

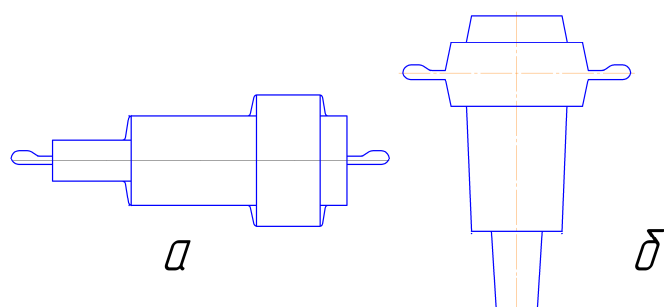


Рис. 6.17. Роз'єм штампу при звичайному і торцевому штампуванні.

- Практично не потрібні ніякі операції попереднього фасонування. Застосовується тільки осаджування для видалення окалини.
- Зручно укласти заготовку в штамп і фіксувати її там.
- Значно менше втрата металу на облой з двох причин: значно менший периметр викову у площі роз'єму і площа роз'єму штампу може бути зміщена ближче до торця деталі. В цьому випадку облой буде утворюватися пізніше, значить витече його в облойну канавку менше.
- Буде кращою макроструктура викову.

За цією ж схемою проектується штампи для закритого (безоблойного) штампування.

6.5. Проектування штампів КГШП.

Вихідний документ – креслення викову для проектування штампу («гарячий» виков).

1. Розраховують товщину стінки ручаєвої вставки. Як і на молоті, її приймають рівній найменшій глибині ручая, але не менше 35 мм.
2. Для викових першої групи таким чином визначаються мінімальні габарити ручаєвої вставки. За нормаллю підбирається найближча більша вставка, і визначається типорозмір пресу, на якому буде штампуватися виков. Знаючи типорозмір пресу і габарити підштампової плити, перевіряють, чи впишуться підготовчі ручаї (якщо такі є) в її габарити. При штампуванні довгих викових застосовують поперечне розташування призматичної ручаєвої вставки (однієї).

3. Для виківів другої групи, додавши до контура викову товщину стінки, визначають діаметр ручаєвої вставки, вибирають нормалізовану або проектують свою. За нормаллю підбирають розміри тримача. (Як правило, його поперечний розмір більше діаметра вставки на $60 \div 80$ мм) і визначають типорозмір пресу.

4. Проектують вставку для осаджування, виходячи з того, що ширина її має бути на 10-25 мм більшою діаметра осадженої заготовки. Якщо передбачено технологією, проектують вставку чорнового ручая (аналогічно п. 1), формувальну, пережимну чи для гнуття. Перевіряють, чи впишуться усі вставки в габарити підштампової плити. Якщо ні, то приймають більший типорозмір КГШП.

5. Якщо ручаї мають глибокі порожнини, проектують виштовхувачі і газовідводні канали.

6. Спереду чистового ручая проектують виїмку для захвату кліщами облою і виймання викову з ручая (рис. 6.18).

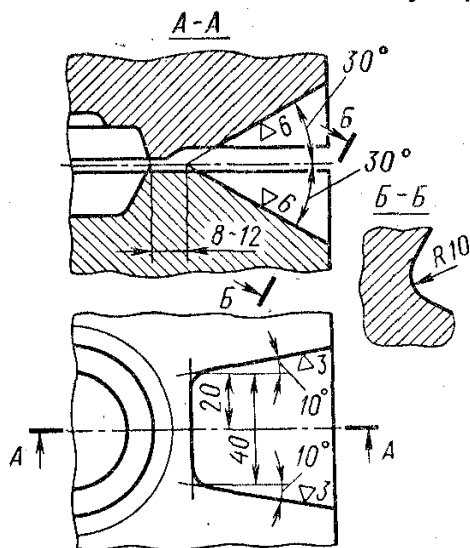


Рис.6.18. Виїмка для захвату кліщами облою

7. Якщо вставка не має виштовхувачів, проектується спеціальні гнізда у підшвах вставок, в яких могли би вільно рухатися виштовхувачі блока. (Діаметр гнізда $1,4 D$, де D – діаметр виштовхувача блока, і глибиною $1,2 A$, де A – робочий хід виштовхувача ($10 \div 40$ мм)).

8. За формулами розраховують потрібне робоче зусилля штампування викову при температурі нижньої межі допустимого

температурного інтервалу.

9. Якщо розраховане зусилля більше прийнятого, то пропорційно підвищують температуру штампування і таким чином визначають нижню межу технологічного температурного інтервалу.

10. Розрахувавши абсолютну величину технологічного інтервалу, перевіряють, чи вкладається технологічний інтервал в допустимий. Якщо не вкладається, приймають більший типорозмір КГШП.

7.3 акрите (безоблойне) штампування.

7.1. Штампування на молотах.

Схема, переваги, недоліки і сфери застосування закритого штампування розглянуті раніш.

Роз'єм штампів, як правило, береться по нижній крайці найбільшого перерізу корпусу викову.

7.1. Закриті молотові штампи.

Існують три схеми штампів.

1. Штампи першого типу з простим замком (рис. 7.1) застосовуються найчастіше.

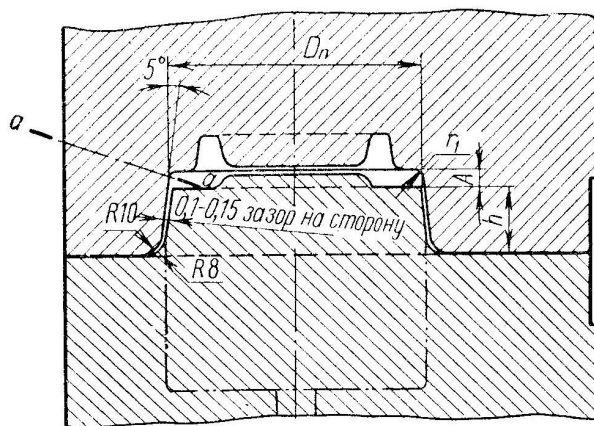


Рис. 7.1. Закритий молотовий штамп першого типу

2. Якщо діаметр стержня ненабагато менший діаметра корпусу (рис. 7.2, зліва), застосовується другий тип штампу – зі

ступінчастим замком. Якщо для такого вихову виготовити штамп першого типу, то стінка штампу в зоні стержня буде тонкою і може зруйнуватись. Щоб запобігти цьому, замок робиться ступінчастим, що збільшує товщину стінки і міцність штампу.

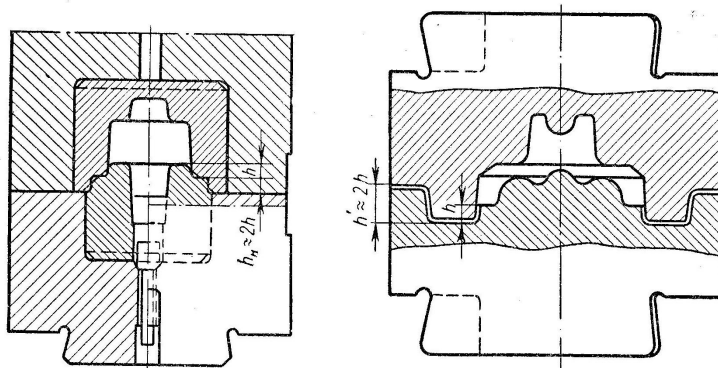


Рис. 7.2. Закриті молотові штамп другого і третього типу

3. Якщо штампувати будуть на молоті з недостатньої

потужності, тобто штамп заповнюватиметься не за один удар, або устаткування зношене і має погане направлення баби, використовують третій тип штампу – із подвійним замком (рис. 7.2, справа).

Зазор між направляючими частинами верхньої і нижньої половин штампу має складати 0,08 – 0,1 мм. Деформація заготовки має починатися, коли частини замка зайшли вже на 3 – 5 мм, тобто замок вже працює.

7.2. Штампування на КГШП.

Закрите штампування на КГШП ускладнене тим, що у разі перевищення об'єму заготовки може статися заклинення пресу. Щоб запобігти цьому потрібно в штампах проектувати так звані компенсатори: це спеціально передбачені порожнини, які розташовані біля тих місць ручая, які заповнюються в останню чергу (рис. 7.3).

Якщо об'єм заготовки у межах допуску, компенсатор не заповнюється взагалі. Якщо ж об'єм перевищений, то надлишковий метал заповнює компенсатор, кривошип прокручується, поковзень проходить через крайню нижню точку, прес не заклинює.

Щоб звести до мінімуму можливість заклинення КГШП, під час проектування штампу потрібно:

- Враховуючи максимальні верхні допуски по діаметру і довжині заготовки, розрахувати величину можливого недоштампування по висоті Δ (мм).

- За графіком пружної деформації системи «штамп – прес» визначити, яке зусилля при цьому виникне в системі і порівняти його з тоннажем пресу.
- Перевірити міцність штампу при такому робочому зусиллі.

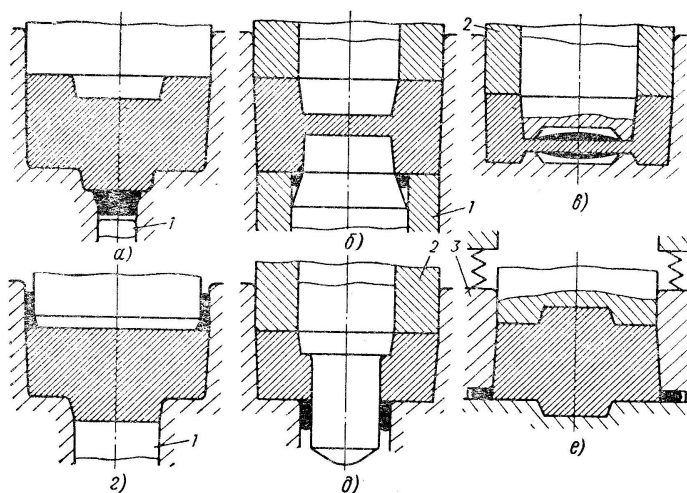


Рис. 7.3. Компенсатори закритих штамів кривошипних гарячештампувальних пресів

- о Організувати контроль за точністю заготовок, щоб виключити можливість використання немірних заготовок.

Для отримання точних заготовок може використовуватись вагове дозування, використання каліброваного прокату, точне різання, фрезерування торців, попереднє калібрування у штампах з обрізуванням облою, литво тощо.

8. Особливості штампування на горизонтально-кувальних машинах (ГКМ)

8.1. Загальна характеристика штампування на ГКМ.

ГКМ – це кривошипний прес, станина якого розташована в горизонтальному положенні, поковзень якого переміщується теж у горизонтальному напрямку. ГКМ має ще боковий (зажимний) поковзень, який кінематично зв'язаний з основним таким чином, що саме він починає робочий хід, затискує заготовку чи вков у роз'ємних матрицях штампу і утримує її так доти, доки головний поковзень не виконає свій робочий хід (кривошипний вал зробить повний оберт), потім боковий поковзень повертається у своє вихідне положення.

На рис. 8.1 зображений один цикл роботи ГКМ. Вихідна позиція а: поковзень з пуансоном (1) в крайньому лівому положенні, заготовка подана до переднього упору (2). Боковий поковзень (4) у вихідному положенні, він не торкається нерухомого блока напівматриць (3).

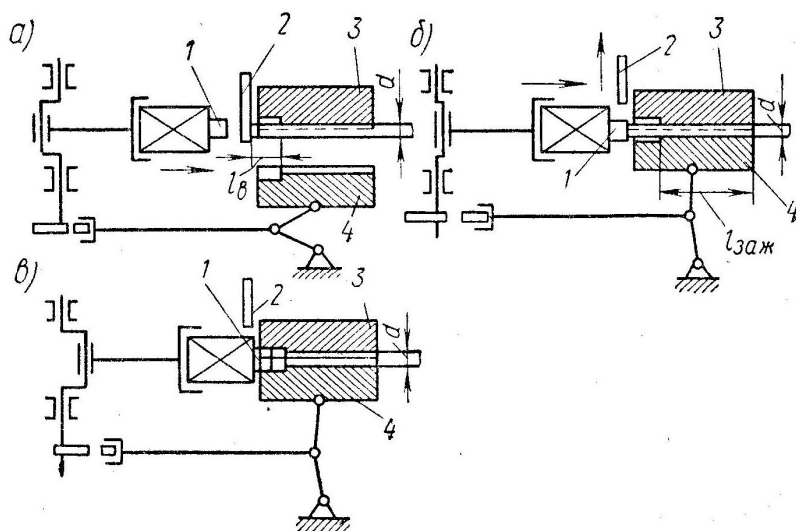


Рис. 8.1. Схема роботи горизонтально-кувальної машини

1 – поковзень з пуансоном, 2 – передній упор, 3 – нерухомий блок напівматриць, 4 – боковий поковзень з рухомим блоком напівматриць.

а – вихідне положення: заготівка подана до упору, б – заготівка затиснута в ручаї робочим ходом бокового поковзня, в – штампування ходом головного поковзня.

Проміжна позиція б): боковий поковзень з блоком напівматриць затискує заготівку в ручаї, передній упор відходить в сторону і пуансон, закріплений на основному поковзні починає деформувати заготівку.

Позиція в): головний поковзень в крайньому правому положенні, виков zdeформований (висаджена головка).

Після цього головний поковзень відійде в крайнє (ліве) положення, після чого відійде у вихідне положення і боковий поковзень, заготівка звільниться від затиску і може бути перенесена до іншого ручая.

Є ГKM із горизонтальним роз'ємом матриць, в яких зажимний поковзень переміщується у вертикальній площині.

8.1.1. Позитивні сторони штампування на ГKM.

- Штампи ГKM мають дві площини роз'єму. Це дозволяє виготовляти викови досить складної форми (рис. 8.2). Виготовлення таких виковів іншими способами або неможливе, або занадто витратне.

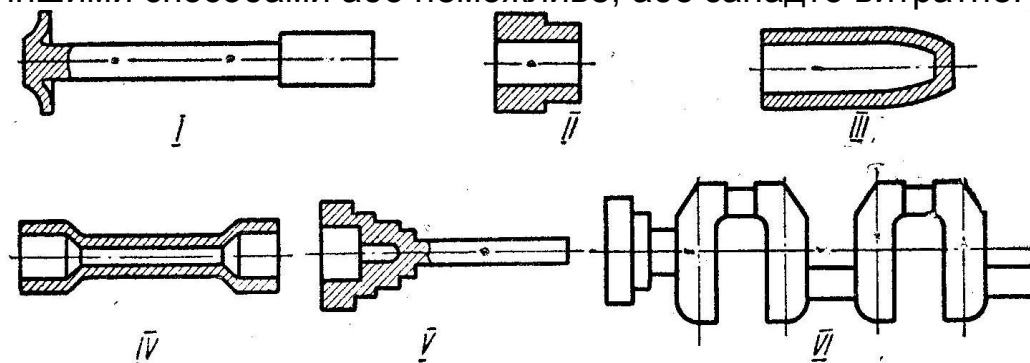


Рис. 8.2. Основні типи виковів, які штампуються на ГKM:

1 – стержень з потовщенням, 2 – кільця, 3 – з глухою порожниною, 4 – порожнистий виков з труби, 5 – складної форми з порожниною на торці, 6 – висадка фланця на відштампованому викові.

• Наявність двох площин роз'єму дозволяє значно зменшити штампувальні ухили (до $1^\circ \div 3^\circ$), а значить зменшується і обсяг механічної обробки, і витрат металу.

• Значна економія металу за рахунок того, що штампування на ГKM, в основному, відбувається за схемою закритого штампування і видавлювання, тобто без облою. Це можливо завдяки тому, що, якщо і є

якийсь надлишок металу у заготовці, то він буде витиснений у стержень, і не буде небезпеки заклинення ГKM.

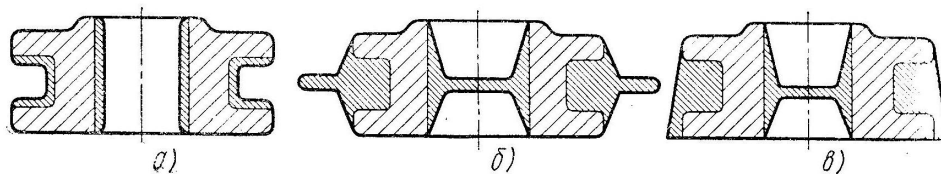


Рис. 8.3. Порівняльний аналіз напусків при штампуванні: на ГKM (а), у відкритому (б) і закритому (в) штампах на молоті і КГШП.

- Оскільки викови штамуються за схемою видавлювання або закритого штампування, то вони мають хорошу макроструктуру (волокна металу не перерізуються під час обрізування облою).
- ГKM – кривошипна машина, штампування на ній безударне, тому її досить легко механізувати і автоматизувати. Наприклад, переміщення з ручая в ручай на машинах із горизонтальним роз'ємом матриць передбачено самою конструкцією машини (аналог шибєрних лінійок).
- Штампи ГKM збірні (конструкції будуть розглянуті пізніше). Тому витрати штампової сталі невеликі, нескладне виготовлення ручаєвих вставок і пунсонів, нескладний монтаж.
- Умови праці на ГKM легші, ніж на молотах і, навіть, на КГШП.

8.1.2. Негативні фактори штампування на ГKM

- Насамперед це спосіб не універсальний. Він ефективний лише для штампування певних форм виковів.
- Невисока стійкість штамів через те, що при штампуванні видавлюванням і за закритою схемою схема напруженого стану більш жорстка, опір деформації вищий, більші сили тертя, як результат – інтенсивніше зношуються штампи.
- При штампуванні за схемою «від прутка» (коли відштампований виков відрізається від прутка, пруток ще гріється, штампується наступний виков і так далі аж доки не залишиться затиснений в зажимній частині ручая кінцевий відхід) наявність кінцевих відходів. Це не завжди пряма втрата металу, у хороших господарів кінцеві відходи утилізуються. (Один із способів – їх перекачують на менші діаметри і знов пускають у виробництво як заготівки).
- Є певні питання щодо видалення окалини з нагрітої заготівки, тому що не завжди першою операцією є набір металу, який аналогічно осаджуванню дозволяє видалити окалину з викову. Передбачають використання спеціальних скребоків для очищення окалини. Але це не дуже зручно і знижує продуктивність праці.
- Зміна діаметра заготівки вимагає зміни всього штампу, інакше заготівка не буде затискатися в ручаї або заклинить ГKM.
- Вартість ГKM у півтора рази вища ніж вартість КГШП аналогічної потужності.

8.2. Технологічні операції штампування на ГКМ

Операції, які виконуються ходом основного поповзня: набірні, формувальні, прошивні, обрізні, просічні, штампування з трубчастих заготовок.

Операції, які виконуються ходом бокового поковзня: затискування, відрізування, пережимання, плющення і гнуття.

8.2.1. Набірні операції. Їх задача – набрати (висадкою) потрібний об'єм металу для наступного формування головки чи корпусу викову.

Якщо об'єм потрібної головки не більше, ніж об'єм заготовки довжиною $2,5$ її діаметра (D_0), то така головка набирається за один перехід.

На рис. 8.4. представлені різні схеми висадки: в матрицях (а, б), в матрицях і в пуансонах (в, г) і в матрицях, що ковзаються (справа).

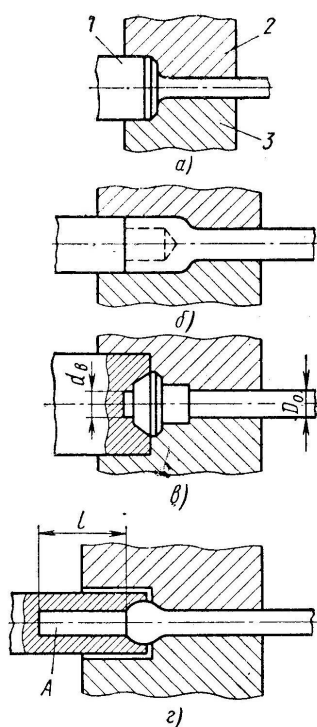


Рис. 269. Различные схемы высадки:
1 — пуансон; 2 — неподвижная и 3 — подвижная части матрицы

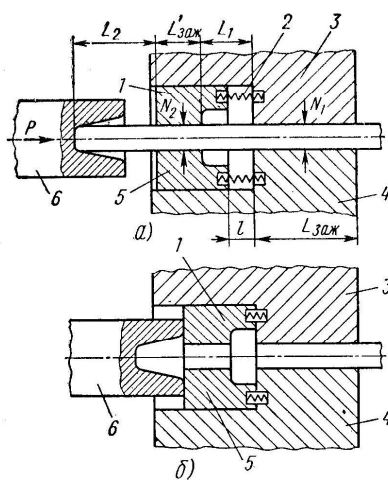


Рис. 270. Высадка в скользящих матрицах:
а — начальная; б — конечная стадии (разрез вид сверху)

Рис. 8.4. Висадка звичайна (ліворуч) і в матрицях, що ковзаються (праворуч)

Використовуючи матриці, що ковзаються, можна за один робочий хід набрати два фланці (рис. 8.4, справа).

Для того, щоб визначити, чи потрібна додаткова операція набору металу при штампуванні викову типу «стержень – головка», потрібно об'єм «головки» поділити на

площу перерізу вихідної заготовки (яка часто має діаметр стержня), визначивши довжину заготовки, з якої формуватиметься головка. Якщо відношення цієї довжини до діаметра більше $2,5$, то додатковий набірний перехід потрібен.

Якщо потрібно набрати головку більшого об'єму (до $15 D_0$), то набір здійснюється в конічних порожнинах пуансонів за декілька переходів (рис. 8.4, 8.5).

Менший діаметр конічної порожнини в пуансоні приймається $D_{\min} = 1,05 D_0$, а більший діаметр $D_{\max} = (1,25 \div 1,5) D_0$. Початкова відстань між торцем пуансона і блоком матриць не більше $2,5 D_0$ (рис. 8.5).

Під час робочого ходу метал заповнює конічну порожнину, але не втрачає стійкості, оскільки з самого початку деформації він защемлюється біля меншого діаметра порожнини.

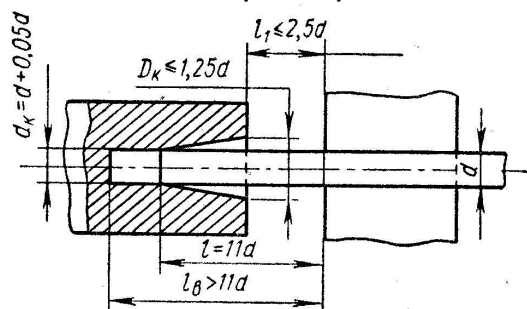


Рис. 8.5. Набір в конічній порожнині пуансону.

Якщо довжина набраного конуса (рис. 8.5) більше, ніж 2,5 його середнього діаметра ($D_{\text{сер}}$), потрібен ще

один набір в конічній порожнині пуансона, але вже з іншим більшим діаметром, і так далі аж поки співвідношення довжини конуса до середнього діаметра не стане менше 2,5. Після цього можна штампувати корпус (рис. 8.5, нижня позиція).

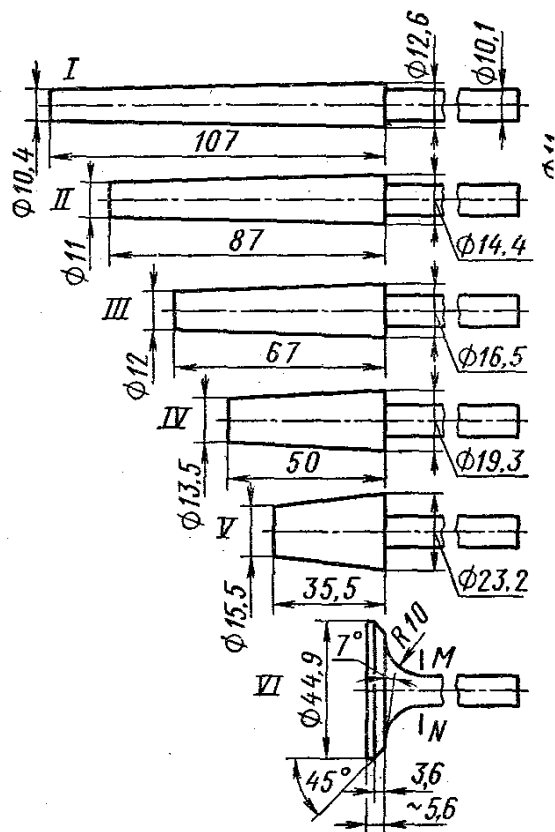


Рис. 8.6. Набір значного об'єму в п'яти конічних порожнинах пуансонів.

8.2.2. Формувальні операції.

На ГKM виков, точніше, корпус викову може формуватися і за відкритою (з утворенням облоу), і за закритою схемами.

Частіше використовується закрыта схема: не буде потрібна операція обрізування облоу (не потрібні додаткова технологічна операція, ручаєві вставки і пуансон для обрізування, тому простіший штамп, до того ж він займає менше штампового простору.

Наявність двох площин роз'єму дозволяє виготовляти викови досить складної форми (рис. 8.7).

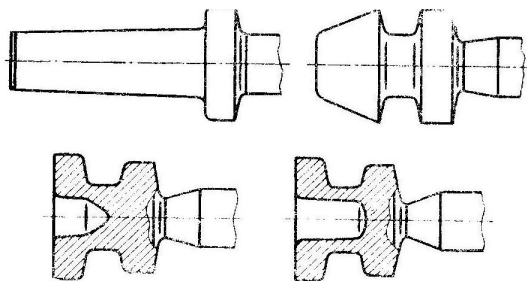


Рис. 8.7. Технологічні переходи при штампуванні на ГKM за закритою схемою.

При штампуванні на ГKM виковів зі стержнем чи то «від прутка» ймовірність заклинювання невелика, оскільки надлишковий метал витискується в стержень (рис. 8.8, справа).

Відкрите штампування проектується і виконується аналогічно штампуванню на КГШП (рис. 8.8, зліва).

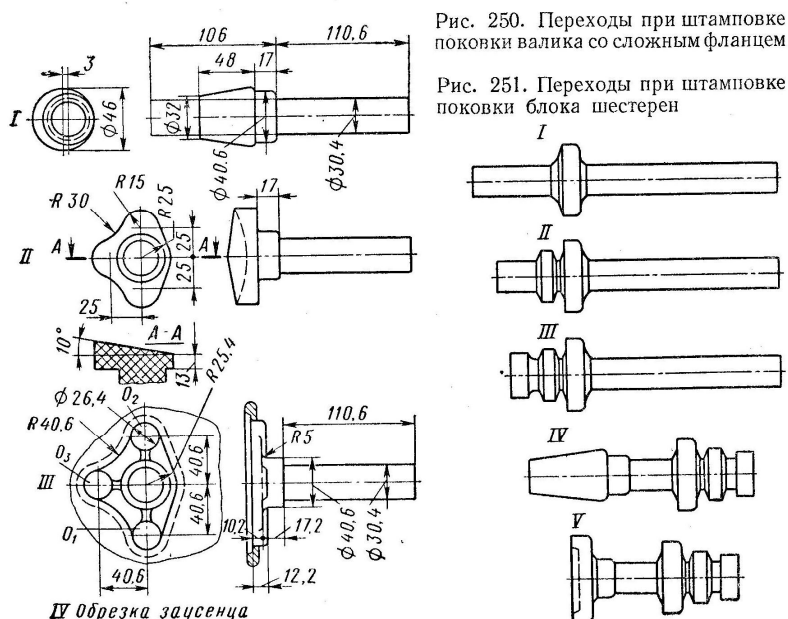


Рис. 250. Переходи при штамповке поковки валика со сложным фланцем

Рис. 251. Переходы при штамповке поковки блока шестерен

Рис. 8.8. Технологічні переходи відкритого (зліва) і закритого (праворуч) штампування на ГKM

Обрізування облою виконується в спеціальному обрізному ручаї окремим робочим ходом (буде розглянуто пізніше).

2

8.2.3. Прошивні операції.

При штампуванні на ГKM прошивання виконується за закритою схемою (рис. 8.9). Діаметр порожнини (d) має бути не більше 0,75 діаметра заготовки (D_0): $d < 0,75D_0$.

Щоб на початку прошивання вільний кінець заготовки не втратив стійкість і не зігнувся, він має бути меншим за $(2 \div 2,5)D_0$, тобто $L_0 < (2 \div 2,5)D_0$.

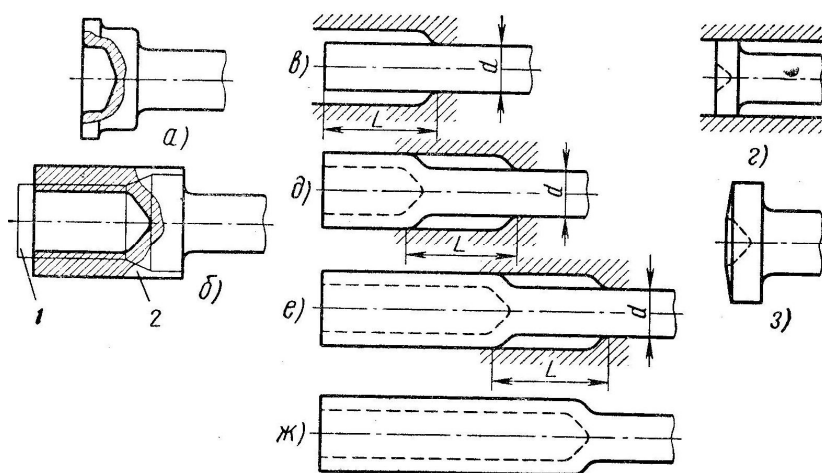


Рис. 8.9. Прошивання за один і кілька переходів

Як і при штампуванні на молотах і КГШП, з міркувань стійкості прошивних знаків і

пуансонів їх діаметр не призначається менше 30 мм.

Але на відміну від штампування на молотах і КГШП, де глибина порожнини, яка формується, не може перевищувати 0,8 d (її діаметра) на ГKM можна прошивати порожнини глибиною $(3 \div 4) d$ в два переходи (рис. 8.10).

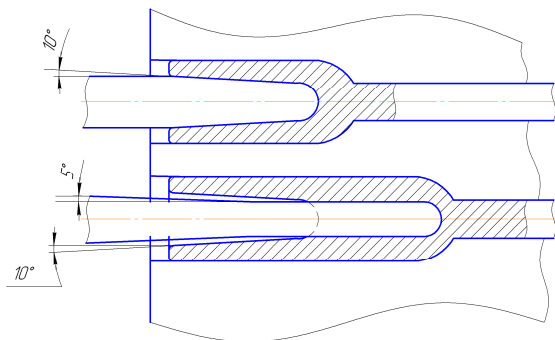


Рис. 8.10. Глибоке прошивання на ГКМ.

На першому переході ухили прошивного пуансона приймаються 10° , а на другому 5° для того, щоб прошивач другого переходу не торкався би стінок вже прошитої частини.

Прошивання на ГКМ безвідходне: видра лишається на прутку.

8.2.4. Просічна операція.

На рис. 8.11 зображена схема просічної операції: прошитий вивок вкладається в просічну матрицю, діаметр якої трохи більший (на робочий зазор) діаметра порожнини, просічний пуансон висікає видру, яка лишається на стержні.

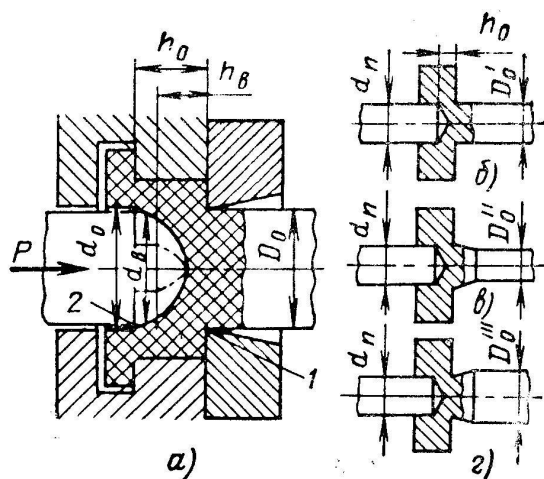


Рис. 8.11. Просічні операції

Якщо діаметр вихідної заготовки менше діаметра порожнини, то в попередньому ручаї набирають у вигляді конусу потрібний діаметр біля торця вивку, якщо він більший, то відповідно пережимають пруток до потрібного діаметру (рис. 8.11, в).

Просічна матриця і пуансон мають ріжучі крайки.

8.2.5. Операція обрізування облою.

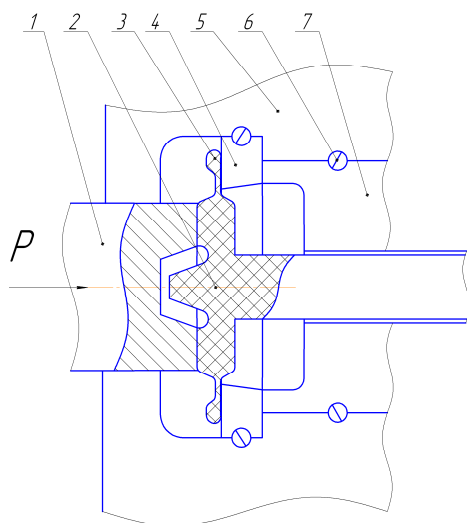


Рис. 8.12. Обрізування облою на ГКМ.

Якщо вивок складної форми, то він штампується за відкритою схемою і в штампі проектується ручай для обрізування облою (рис. 8.12).

Ріжучу крайку має тільки обрізна матриця, пуансон штовхаючого типу. Він не повинен щільно прилягати до всієї поверхні вивку, а може мати спрощену конфігурацію (простіше і дешевше його виготовляти), оскільки його задача проштовхнути вивок крізь обрізну

матрицю.

Але при цьому треба мати на увазі, щоб робоче зусилля обрізування не деформувало би сам вивок – якщо він має тонкі полотна,

або не зминало, якщо буде мала площа контакту пуансону і викову. Її величина має бути $F_n > P_{обр} / |\sigma_{зм}|$, де $P_{обр}$ – зусилля обрізування облою, $|\sigma_{зм}|$ – допустима напруга зминання.

8.2.6. Штампування виковів із трубчастих заготовок.

Основні операції – набору, роздачі і формування (рис. 8.13). незмінним.

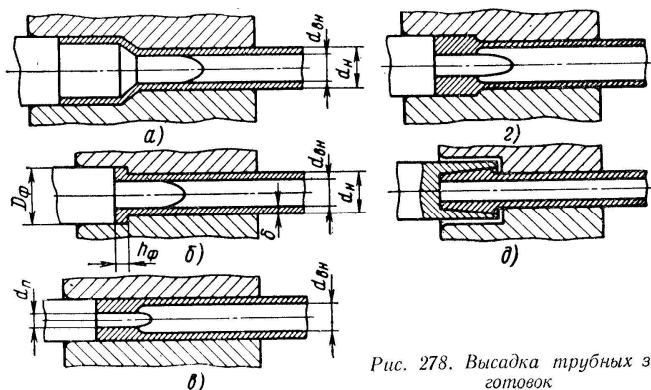


Рис. 8.13. Штампування виковів з трубчастих заготовок.

Під час набору може збільшуватись зовнішній діаметр (б), внутрішній (в), обидва (г). Набрана частина на наступному переході може штампуватися за відкритою чи закритою схемами

для отримання викову потрібної форми і розмірів.

Якщо збільшується зовнішній діаметр, то пуансон має спеціальну голку, яка входить в трубчасту заготовку і внутрішній діаметр лишається

8.2.7. Операції, які виконуються ходом бокового поковзня.

8.2.7.1. Затискання.

Для більшості операцій, які виконуються на ГKM, на першій операції заготовка має бути зафіксована в затискній частині ручая для того, щоб пуансон просто не виштовхнув би заготовку зі штампу. Для цього проектується затискна частина штампу (затискні вставки).

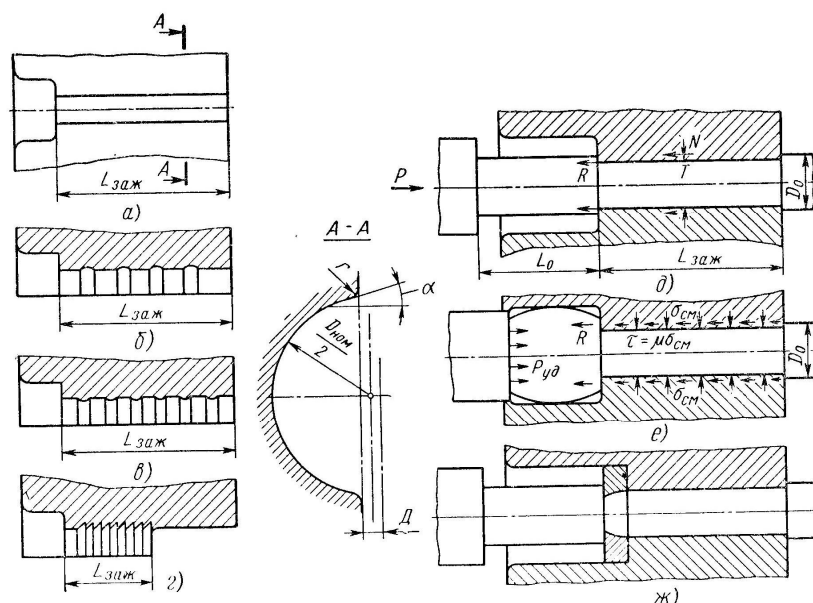


Рис. 8.14. Затискні ручаї ГKM.

Довжина вставок $L_{зат} = 2,5D_0 + 50$. Поперечний розмір (діаметр) у напрямку затискання приймається рівним номінальному розміру заготовки мінус нижній допуск на діаметр прокату – в холодному стані (рис. 8.14). Заготовка затискується завдяки

збільшенню її розмірів за рахунок температурного розширення при

нагріванні до температури штампування. Розмір у площині роз'єму – номінальний плюс позитивний допуск.

При штампуванні «від прутка» величина затискної частини визначає величину затискного кінця, тобто відходу. Щоб зменшити його, поверхню ручая роблять не гладкою, а рифленою (рис. 8.14, б). Це дозволяє зменшити довжину ручая до $2D_0 + 30$.

На другому і подальших переходах величина затискної частини не так важлива, тому що, як правило, вивод утримується в ручаї за рахунок набраної чи вже відформованої головки чи фланця.

В процесі висаджування утворюються заплечики (рис.14, д,е,ж), які утримують заготовку і розвантажують затискний ручай.

8.2.7.2. Відрізування.

Відрізування заготовки чи то відрізування відштампованого виводу від прутка здійснюється також ходом бокового поковзця (рис. 8.15).

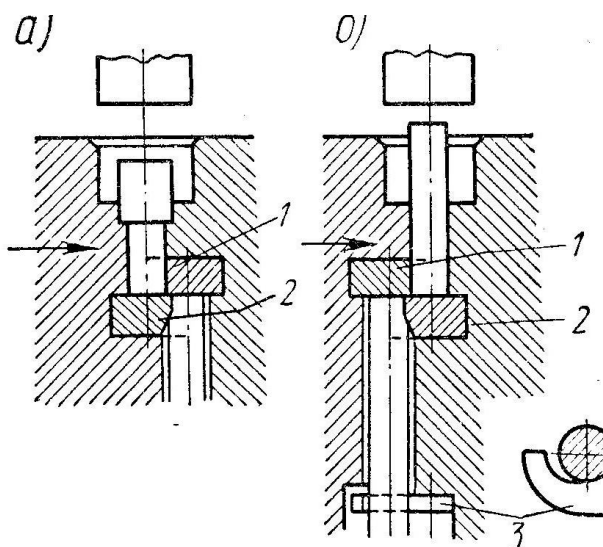


Рис. 8.15. Відрізування заготовки зміщенням прутка (а) і заготовки (б).

Є дві схеми відрізування: зміщенням прутка (а) і зміщенням заготовки (б).

За першою схемою (а) зафіксований в ручаї прутковий відрізається нерухомим ножем, закріпленим в блоці напівматриць і рухомим ножем (2), закріпленим в боковому поковзці. При відрізуванні прутковий переміщується

праворуч. Відрізана заготовка затискується в ручаї і може деформуватися пуансоном.

При відрізуванні зміщенням заготовки (б), щоб крутний момент різання не вивертав би прутковий ліворуч, його фіксують спеціальною скобою (3).

8.2.7.3. Пережимання.

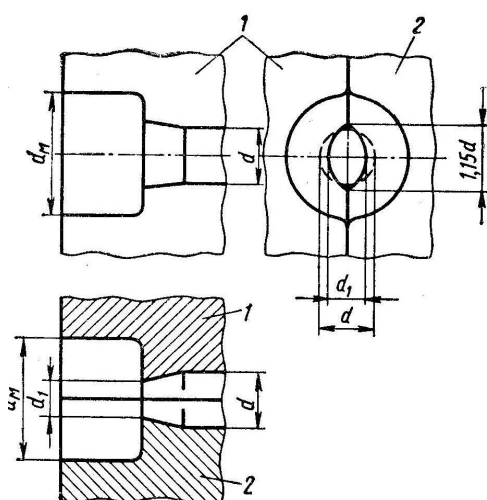


Рис. 8.16. Операція пережимання.
1 – нерухома напівматриця, 2 – рухома напівматриця.

Операція використовується для місцевого зменшення перерізу заготовки чи виводу (рис. 8.16). Операція виконується, як правило, в два переходи. На першому переході утворюється овал з меншою віссю в

напрямку ходу затискного поковзня. Ручай має конічну форму, витиснутий метал переміщується вздовж осі прутка.

Виков переміщують в ручай другого переходу і повертають на 90° , при цьому еліптична зона деформується в круг меншого діаметру.

Ходом бокового поковзня виконуються, але досить рідко, також операції плющення і гнуття.

8.2.8. Зусилля штампування на ГКМ.

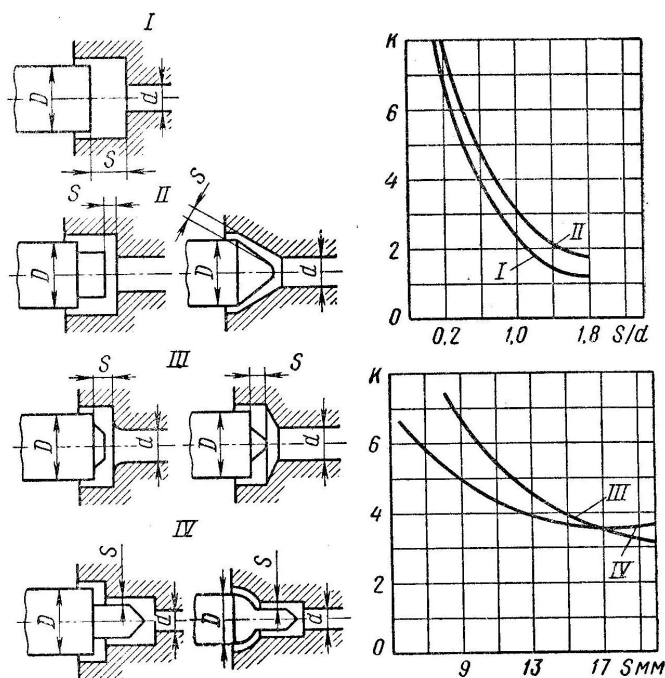


Рис.8.17. Параметри викувів ГКМ для визначення коефіцієнту форми.

Зусилля штампування на ГКМ (P) розраховується:

$$P = K \sigma_{st^0} F,$$

де σ_{st^0} – межа текучості при температурі кінця штампування;
 F – площа проекції викуву у напрямку перпендикулярному робочому ходу основного поковзня;

K – коефіцієнт форми викуву, який залежить від співвідношення S/D , де

S – товщина фланцю чи стінки

труби, а D – діаметр фланцю чи прошитого викуву (рис.8.17). В залежності від цього співвідношення коефіцієнт K змінюється в межах від 1 (набірні операції) до 8.

8.3. Штампи горизонтально-кувальних машин

8.3.1. Загальна характеристика.

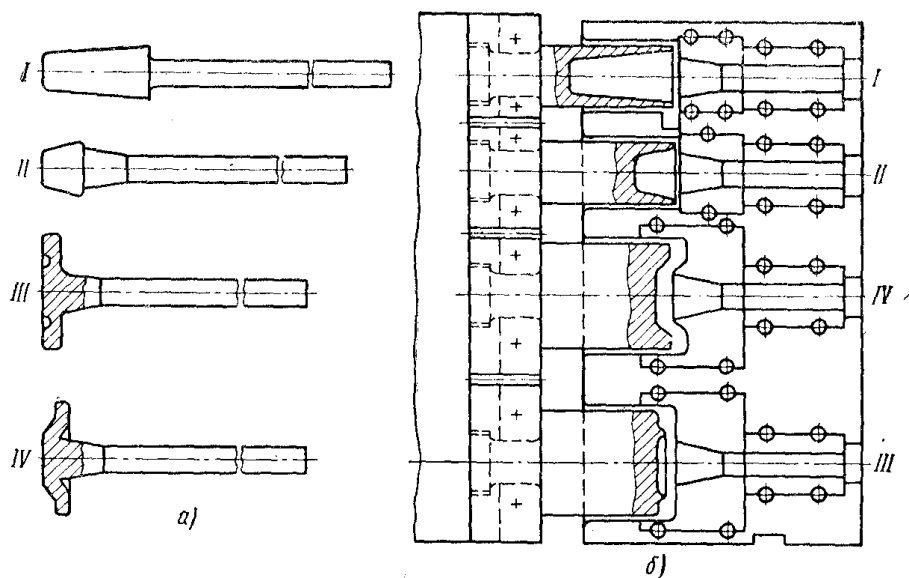


Рис.8.18. Загальний вигляд штампу ГКМ (б) і технологічні переходи (а)

Як і у КГШП штампи ГКМ збірні. Основні складові: блок пуансонів і два блоки напівматриць – рухомий і нерухомий. Нерухомий кріпиться

до станини, рухомий до бокового поповзня (рис. 8.18). Матеріал блоків сталь 45 або сталь 40Х.

В блоках монтується робочий інструмент – пуансони і ручаєві вставки, які виготовляються зі штампових сталей.

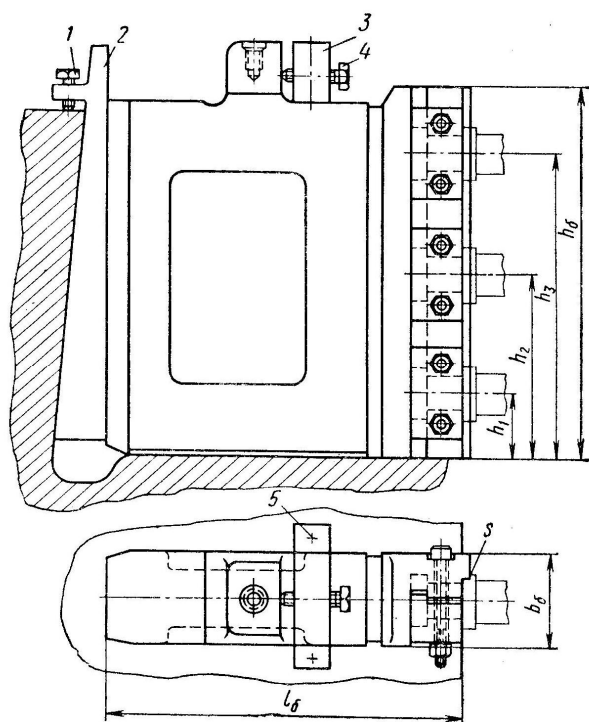


Рис. 8.19. Трьохручаєвий блок пуансонів ГKM

8.3.2. Пуансони. Пуансони фіксуються і кріпляться в блоці пуансонів (рис. 8.19), який, в свою чергу, фіксується і кріпиться в головному поковзні за допомогою спеціальної планки (3) і гвинта для регулювання (4). Закрита штампова висота ГKM регулюється спеціальним клином і стопорним гвинтом (2,1). Пуансони ГKM, як правило, збірні: зі штампової сталі виготовляються тільки робочі частини, пуансонотримачі – з конструкційної. Кріпляться робочі частини пуансонів за допомогою гвинтів, накидних гайок, клинових фіксаторів тощо (рис. 8.20).

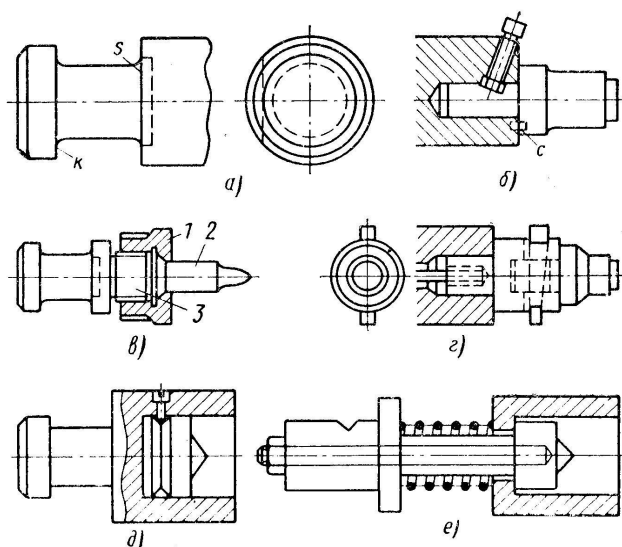


Рис. 8.20. Кріплення робочих частин пуансонів у пуансонотримачах

В ГKM невеликої потужності пуансони (точніше, пуансонотримачі з пуансонами) кріпляться в блоках за допомогою стопорного гвинта, який утримує пуансон під час зворотного ходу і в той же час запобігає його повороту навколо осі (рис. 8.20, б).

В потужних ГKM застосовується фланцеве кріплення пуансонів (рис. 8.20, а). Фланець на задньому кінці пуансонотримача (к) фіксується в спеціальній проточці, а сам притискається гвинтами до блоку пуансонів спеціальною кришкою.

Щоб пуансон не провертався навколо осі, пуансонотримач має спеціальний шліц (s), який припасовується до відповідного виступу блока пуансонів.

8.3.3.

8.3.4. Матриці.

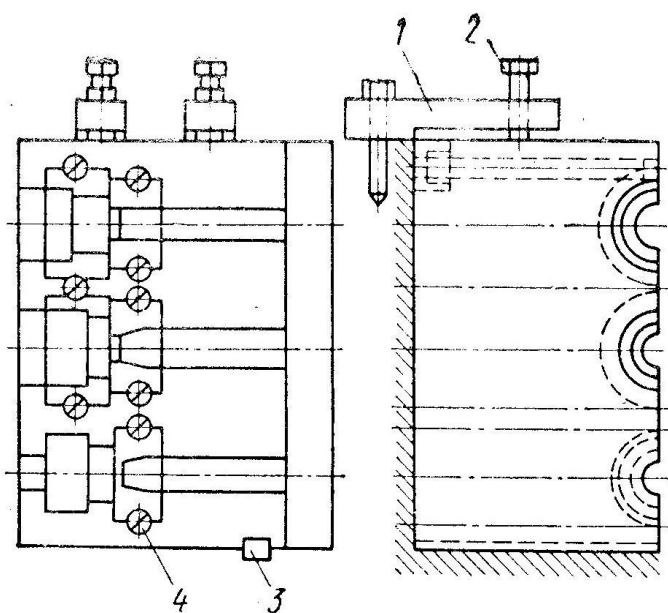


Рис. 8.21. Блок напівматриць ГКМ.

Для зручності виготовлення, здешевлення, зручності монтажу і можливості оперативної заміни найбільш зношуваних частин ручаєві вставки напівматриць виготовляються не суцільними, а секційними. Вони вставляються у відповідні гнізда блоків напівматриць по перехідній

посадці і кріпляться гвинтами (4) з гайками і котрагайками в гніздах на тильній стороні блоку матриць (рис. 8.21).

Сам блок напівматриць фіксується спеціальною шпонкою (3) і кріпиться двома кронштейнами (1) і стопорними гвинтами (2).

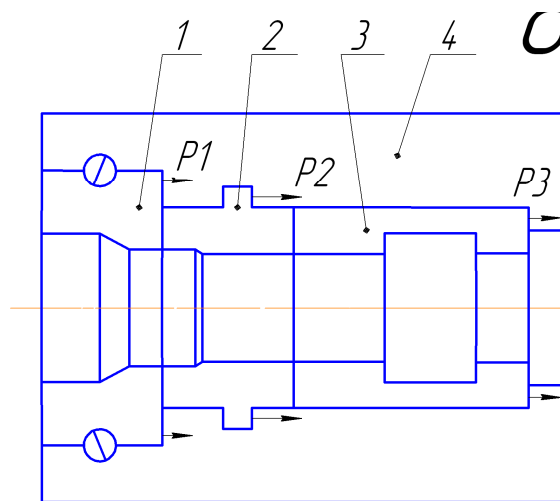


Рис. 8.22. Фіксація і розвантаження ручаєвих вставок ГКМ

Зовнішній діаметр кожної наступної (по ходу) матриці робиться меншим попереднього для того, щоб робоче зусилля з кожної ручаєвої вставки розвантажувалося на блок. Якщо це зробити неможливо чи недоцільно, на

зовнішній поверхні такої вставки робиться фіксуючий бурт, а в блоці відповідна проточка (рис. 8.22).

8.3.4. Упори ГКМ.

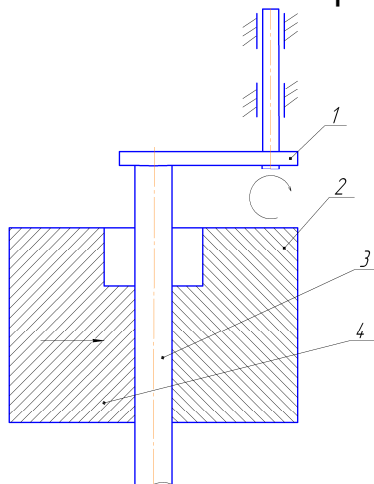


Рис. 8.24. Передній упор ГКМ

Більшість технологічних процесів проектується таким чином, щоб на першій операції торець заготовки виступав би за блок матриць для того, щоб для її фіксації використовувати передній автоматичний упор (рис. 8.24). Під час робочого ходу цей упор автоматично піднімається і не заважає робочому ходу пуансону.

Якщо передній торець заготовки не виходить за торець блоку матриць, використовують задні упори.

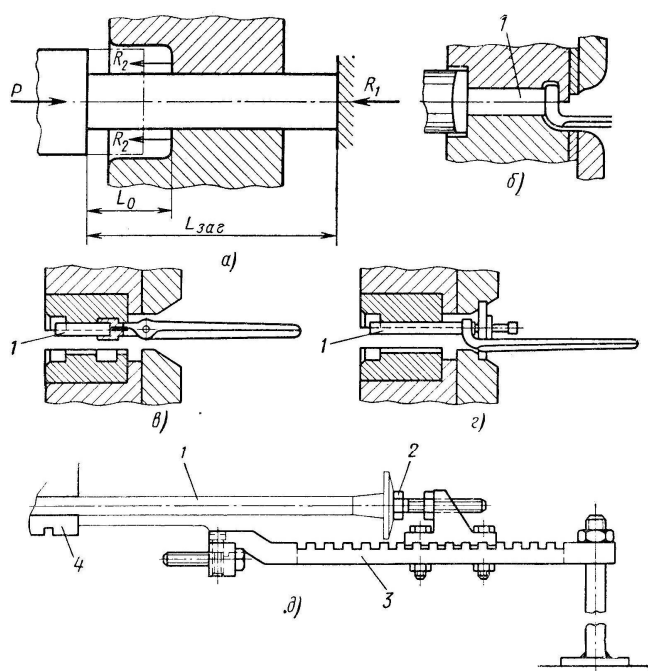


Рис. 8.25. Задні упори для штучних заготовок:

*б і г – в планку, в – в кліщі,
д – виносний упор на
кронштейні і опорі. 1 – заготовка, 2 –
упорний болт,
3 – рейка з кареткою, 4 –
штамп.*

При штампуванні виковів із штучних заготовок використовують або упор в планку (рис. 8.24, б, г), або упор в кліщі (в).

Якщо задній торець заготовки виходить за штамповий простір блоку матриць (викови з довгою віссю), то використовуються виносні упори (рис. 8.25). Це можуть бути закріплені на станині консольні кронштейни чи то довгий кронштейн на спеціальній опорі (д). При цьому опорна бабка фіксується в спеціальних пазах, а точне регулювання виконується гвинтовим упором.

Розділ 9

Особливості штампування на гвинтових пресах

Гвинтові преси є фрікційні (з яких все почалося), гідрогвинтові і дугостаторні (винахід радянських вчених). Попри різну енергетику цих машин, точніше, різний привід, суть їх однакова: розкручується потужний гвинт, переміщується в гайці, яка вмонтована в станину, поковзень розганяється, накопичуючи при цьому певну кінетичну енергію, за рахунок якої деформується метал. Певний тиск створює і крутний момент приводу.

Саме через цю обставину гвинтові преси свого часу називали молот-прес. Вони дійсно займають проміжне становище між молотами і пресами, а саме: швидкість деформування 1 – 3 м/с (на молотах 6 – 7 м/с, на КГШП до 1 м/с), можна регулювати енергію деформації, змінюючи висоту підйому поповзня, як на молоті, штампи збірні і часто мають напрямні колонки, як на КГШП, а кріплення, в основному, клинове.

Технологічні особливості гвинтових пресів: великий робочий хід, великий штамповий простір, великий хід виштовхувача.

Все це дозволяє штампувати на гвинтових пресах складні вироби в розбірних штампах (рис. 9.1), які мають кілька площин роз'єму. Виков складної форми (3) формується в двох ручаєвих вставках – роз'ємних напівматрицях (2), які розміщуються в конічній обоймі штампа (4) під дією пуансона (1). Робочий цикл закінчується тим, що виштовхувач (5) піднімає напівматриці, і вони розкриваються, звільнюючи відштампований виков (3).

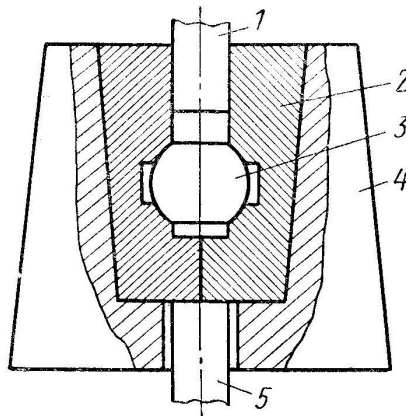


Рис. 9.1. Розбірний штамп гвинтового пресу:

1 – пуансон, 2 – роз'ємні напівматриці, 3 – ручай штампа, 4 – обойма штампа.

На рис. 9.2 зображено типова конструкція штампа гвинтового пресу, який складається з нижньої (1) і верхньої (7) плит, ручаєвих вставок: нижньої (3), яка фіксується і кріпиться за допомогою розрізного кільця (5) обойми (4), і верхньої (6), яка фіксується шпонкою (8) і кріпиться клином (11).

Така конструкція штампу дозволяє легко переналагоджувати штамп для штампування різних виковів.

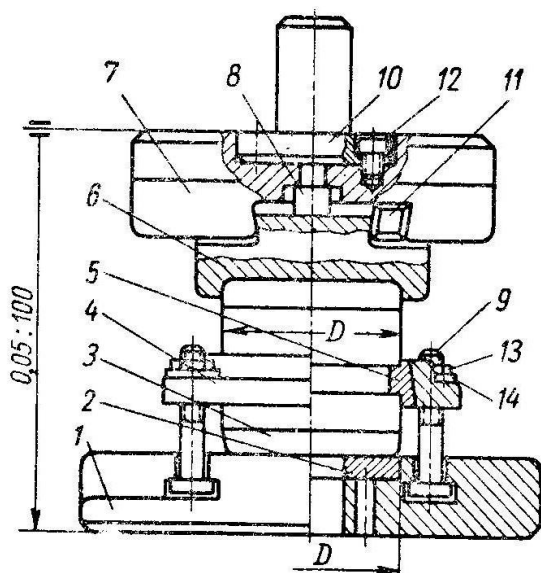


Рис. 9.2. Штамп гвинтового пресу для циліндричних вставок:

1 – плита нижня, 2 – прокладка, 3 – вставка нижня, 4 – обойма, 5 – кільце розрізне, 6 – вставка верхня, 7 – плита верхня, 8 – шпонка, 9 – болт, 10 – хвостовик з фланцем, 11 – клин верхній, 12 – гвинт, 13 – гайка, 14 – шайба.

Нежорстке направлення поковзня гвинтових пресів не дозволяє штампувати у декількох

ручаях. Тому штампування, як

правило, відбувається в одному ручаї, центр тиску якого співпадає з віссю поковзня і гвинта.

Найчастіше штампують за закритою схемою, при якій половини штампу направляються циліндричним центральним замком.

При відкритому штампуванні використовують блоки з направляючими колонками (рис. 9.3).

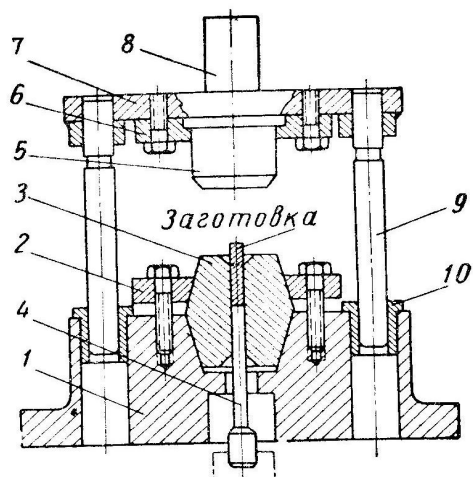


Рис. 9.3. Штaмп гвинтового пресу зі змінними робочими деталями:

1 - нижня плита, 2 – притиск матриці, 3 – матриця (змінна), 4 – виштовхувач, 5 – пуансон (змінний), 6 – притиск пуансону, 7 – верхня плита, 8 – хвостовик, 9 – направляюча колонка, 10 – направляюча втулка.

Розділ 10

Особливості штампування на гідравлічних пресах.

Штампують і на спеціалізованих гідравлічних пресах для виготовлення певного виду виковів, наприклад снарядів, і на універсальних. (Найпотужніший у світі універсальний гідравлічний прес зусиллям 75 000 тон виготовлений в Україні на Новокраматорському

машинобудівному заводі, місто Краматорськ Донецької області). Штампують на гідравлічних пресах великогабаритні викови (найчастіше з кольорових сплавів) площею до $2,5 \text{ м}^2$ і довжиною до 8 м.

Основні операції, які виконуються на гідравлічних пресах (рис. 10.1):

- Витискування – пряме і зворотне для формування панелей і напівфабрикатів: кутки, таври, швелери тощо.
- Витягування з потоншенням.
- Гнуття.
- Штампкування у закритих і відкритих штампах.

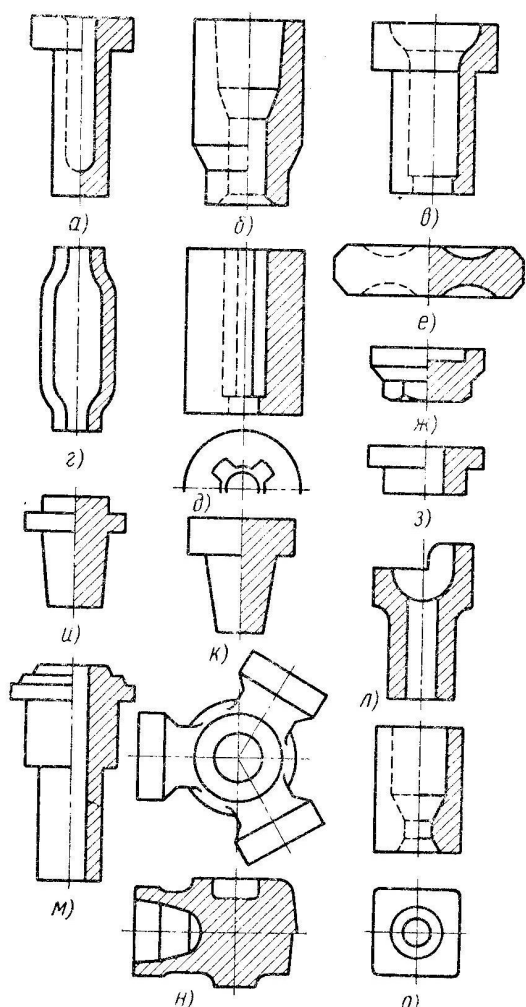


Рис. 10.1. Типи виковів, які штампуються на гідравлічних пресах

Оскільки поковзні гідравлічних пресів мають великі габарити в плані і чутливі до перекосів, то штампування ведеться в одному ручаї, центр тиску якого має співпадати з центром поковзня.

Оскільки швидкість деформування на гідропресах мала (мм/с), нагрітий метал значно довше контактує зі штампом і в разі штампування чорних металів може значно розігрівати штамп. Щоб запобігти його деформації, передбачають охолодження таких штампів водою: через спеціальні отвори в штампі прокачують холодну воду.

У разі штампування виковів з кольорових сплавів, які мають значно меншу теплоємність і досить вузький допустимий інтервал температур штампування, є небезпека їх швидкого охолодження від контакту зі штампом і виходу за межі температурного інтервалу. В цих випадках штампи підігрівають вбудованими в штамп електродігрівачами.

Питомий опір деформації при штампуванні може бути настільки високим, що під дією робочих зусиль деякі елементи штампів можуть пружно деформуватися. В цих випадках під час проектування штампів потрібно корегувати форму і розміри елементів ручая з урахуванням можливої пружної деформації штампів.

На рис 10.2 представлено типову схему штампування сопла ракети на чотирьохциліндровому гідравлічному пресі.

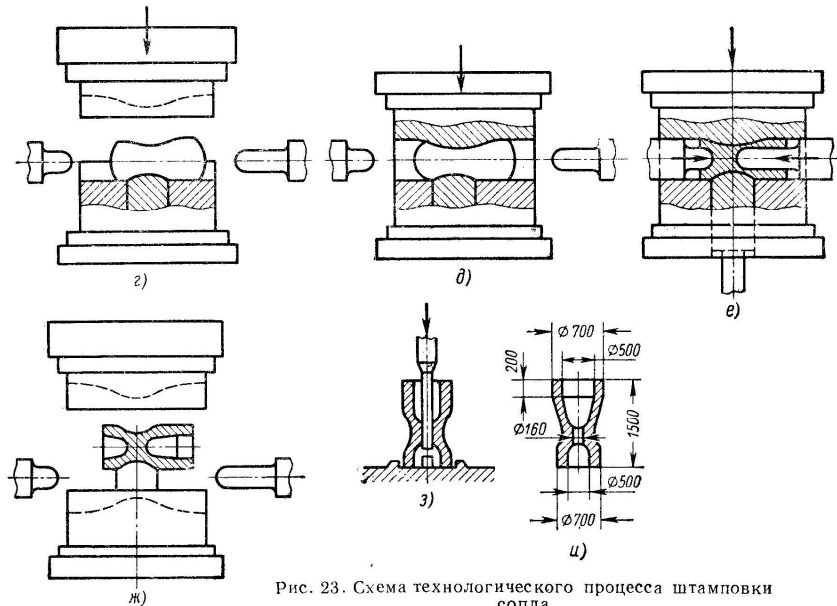


Рис. 23. Схема технологического процесса штамповки сопла

Рис. 10.2. Приклад технологічного процесу кування сопла
(вагою 2,5 тони на гідропресі 26 750 тс: вертикальний циліндр 11 000 тс, допоміжний 3 000 тс, два бокових по 6 000 тс, нижній для виштовхування 750 тс)

Розділ 11

Викінчувальні операції

До викінчувальних операцій відносяться:

- Обрізування облою і пробиття перемичок.
- Очищення виковів від окалини.

- Правлення виковів.
- Калібрування виковів.
- Термооброблення виковів.

11.1. Обрізування облою.

Облой обрізують в холодному стані найчастіше у дрібносерійному виробництві. Холодним виковом зручніше маніпулювати і немає проблем з узгодженням продуктивності штампувального устаткування і обрізних пресів, які, до того ж, можуть розміщуватись у нижчих приміщеннях.

У великосерійному і масовому виробництві, як правило, застосовують гаряче обрізування облою і пробиття перемичок тому що при цьому значно підвищується загальна продуктивність праці, непотрібні проміжні склади для охолодження і зберігання відштампованих виковів, значно менше транспортних операцій. До того ж у виколах із деяких високолегованих сталей при холодному обрізуванні можуть з'являтися тріщини в зоні обрізаного облою (аналогічно з різанням на пресножицях штанг на заготовки).

Для обрізування облою і пробиття перемичок, а також правлення виковів використовуються спеціалізовані обрізні преси.

11.1.1. Зусилля обрізування.

Зусилля обрізування залежить від матеріалу викову, його температури під час обрізування і площі зрізу: $P = k \sigma_{st} S_{зр}$, де

$$S_{зр} = \Pi(h + r + \Delta), \text{ де}$$

Π – периметр викову.

h – товщина облою.

r – радіус заокруглення містка облойної канавки.

Δ - верхній допуск на товщину викову.

Після визначення робочого зусилля вибирають прес.

11.1.2. Обрізні штампи.

Пакет обрізного штампу складається з верхньої і нижньої плити (башмака), які відливаються зі сталі 35Л. У верхній плиті фіксується і кріпиться пуансон – або безпосередньо, або за допомогою пуансонотримача.

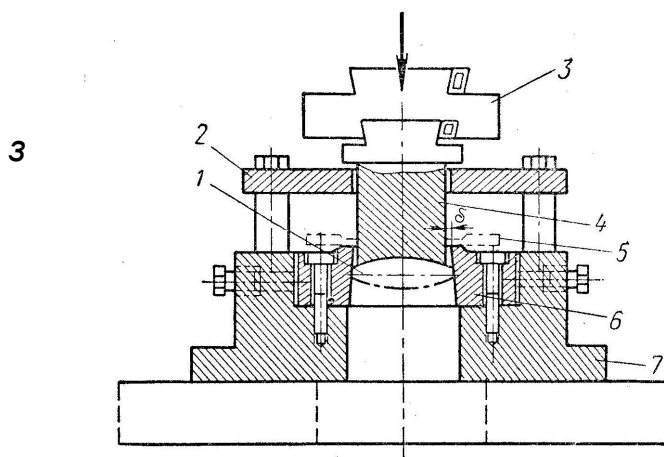


Рис. 11.1. Обрізний штамп низьким башмаком.

1 – виков, 2 – з'йомник, 3 – пуансонотримач, 4 – пуансон, 5 – зрізаний облой, 6 – матриця, 7 – низький башмак.

Нижня плита (башмак)

може бути низьким (рис. 11.1), який використовується у тих випадках, коли габарити викову менше розмірів провального отвору у столі пресу, і обрізаний виков падає крізь нього в тару, що розташована під столом, чи то на транспортер.

Якщо розміри викову більші розмірів провального отвору стола чи то виков має тонкі полотна чи інші елементи, які при падінні в тару можуть деформуватися, використовуються високі башмаки (рис. 11.2), які мають вигрібне вікно, в яке падає обрізаний виков, а потім видаляється чи то вручну чи елементарним пневматичним пристроєм, який вигрібає виков за стіл преса на конвеєр чи то на склиз, по якому виков потрапляє в тару за столом пресу.

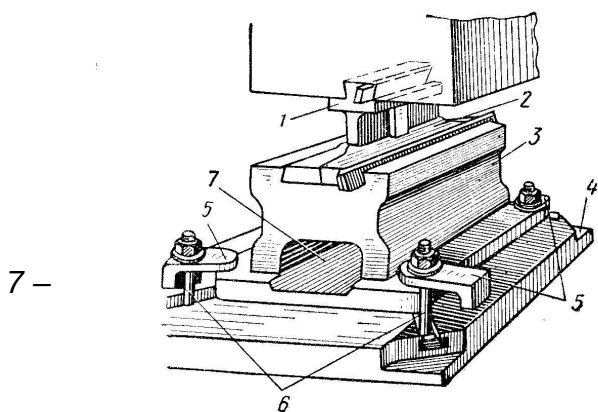


Рис. 11.2. Обрізний штамп зі збірною матрицею і високим башмаком:

1 – пуансон, 2 – збірна матриця, 3 – високий башмак, 4 – стіл пресу, 5 – притиски, 6 – болти притисків, вигрібне вікно.

У дрібносерійному виробництві використовуються штампи без напрямних колонок і втулок. Пуансон за допомогою пуансонотримача або без нього кріпиться до поковзня (наприклад, за допомогою клина), а матриця, закріплена в нижньому башмаку, виставляється по пуансону із потрібним рівномірним зазором, після чого башмак кріпиться до столу пресу.

У великосерійному і масовому виробництві використовуються обрізні штампи з направляючими колонками і втулками, що забезпечує точність і надійність роботи штампу.

11.1.3. Обрізні матриці.

Ріжуча крайка матриць має ширину від 6 до 15 мм в залежності від розміру виковів і виступає над рівнем матриці на $8 \div 20$ мм (рис. 11.3).

тіла

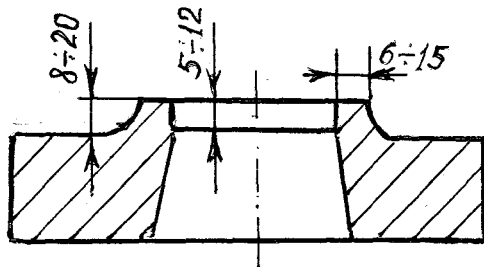


Рис. 11.3. Ріжуча крайка обрізної матриці

Це робиться для того, щоб зменшити обсяг шліфування під час виготовлення матриці і під час перешліфовування при затупленні ріжучої крайки. Крім того це допомагає рівно укласти виков на матрицю навіть у разі деформації облою (це особливо важливо при холодному обрізуванні).

Ріжуча крайка зсередини має циліндричний поясок шириною $5 \div 12$ мм для того, щоб під час перешліфовування затуплених крайок робочий

розмір матриці не збільшувався би за рахунок ухилу 3° , який має провальний отвір самої матриці (рис. 11.6, б). Діаметр матриці приймають не меншим за два діаметри викову, а товщина вибирається в межах $35 \div 50$ мм.

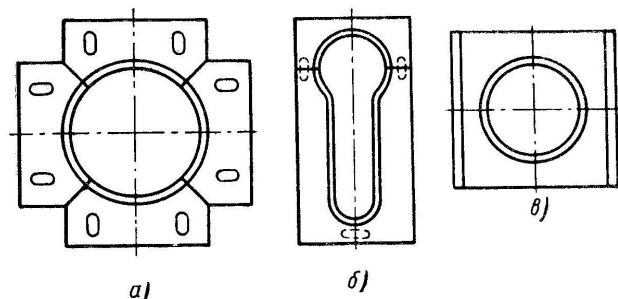


Рис. 11.4. Типи обрізних матриць:

а і б – збірні, в – суцільна.

Обрізні матриці можуть бути суцільними і збірними (рис. 11.4).

Для великих виковів матриці виготовляються збірними – щоб зменшити розхід матеріалу і спростити їх виготовлення (рис. 11.3, а).

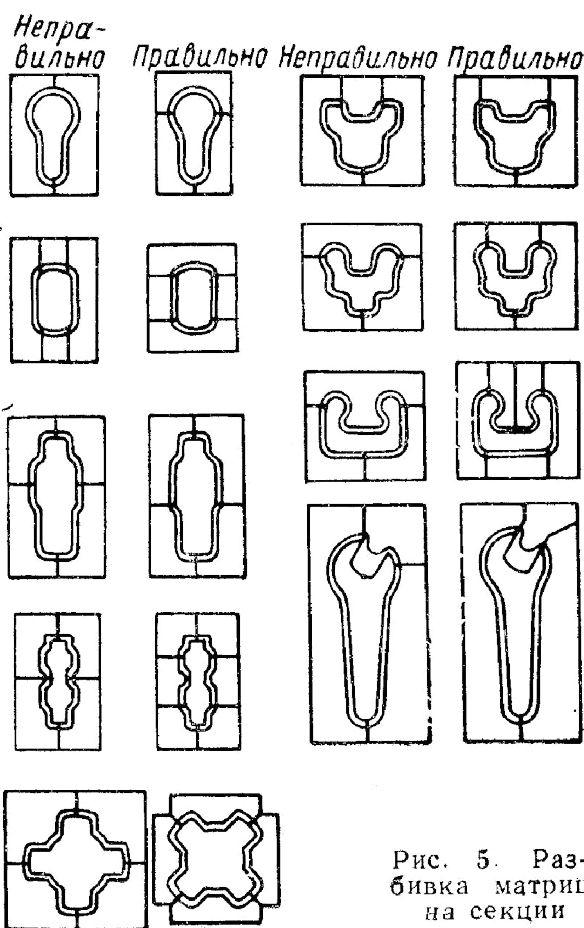


Рис. 11.5. Збірні (секційні) матриці

Збірні матриці роблять також у випадках, коли виков має складну конфігурацію (рис. 11.5).

Під час загартування суцільної матриці складної конфігурації термічні напруження можуть її zdeформувати. Тому її виготовляють із декількох елементарних частин. Під час монтажу (налагоджування) окремі елементи збірної матриці фіксуються один відносно одного штифтами і кріпляться болтами башмака. Або системою натяжних і віджимних болтів.

Якщо матриця збірна, то циліндричного пояску на різучій крайці не виготовляють, а

збільшення розміру під час перешліфовування компенсують шліфуванням відповідного роз'єму збірної матриці. Але у цих матриць ухил провального вікна менший: $30' \div 1^\circ$ (рис. 11.6, а).

Рис. 5. Разбивка матриц на секции

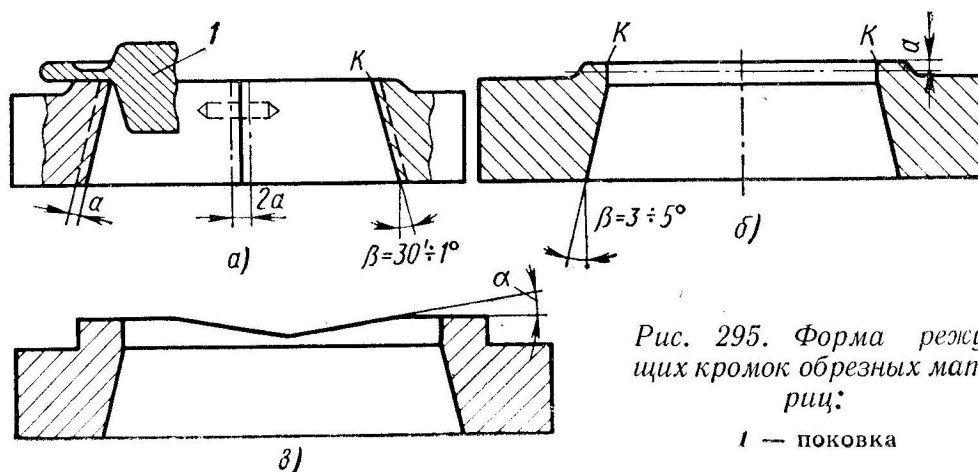


Рис. 295. Форма режущих кромок обрезных матриц:

1 — поковка

Рис. 11.6. Обрезні матриці:

а – збірна (секційна), б – суцільна, в – зі скошеною ріжучою крайкою.

Якщо вивок великих розмірів і відносно простої форми, для того щоб зменшити пік робочого зусилля (велика площа перерізу при малій товщині облою), ріжучі крайки симетрично скошують під кутом альфа $3 \div 6^\circ$ (рис. 11.6, в). При цьому аналогічно із різанням косим ножом зменшується пік зусилля і збільшується хід різання (рис. 11.7).

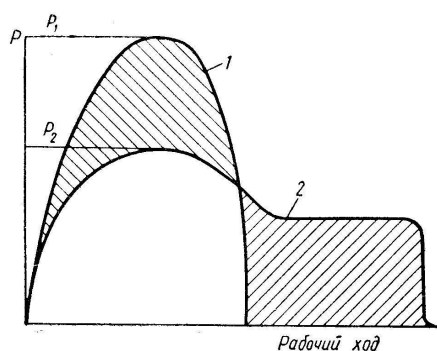


Рис. 11.7. «P – S» діаграма обрізування на матриці зі звичайним (1) і скошеними крайками (2).

Матриці для гарячого обрізування виготовляють із сталі 7Х3 (або 8Х3, 5ХНВ, 5ХНТ). Для холодного обрізування – зі сталі Х12Ф1 (Х12М, У10А).

Щоб продовжити термін використання обрізних матриць ріжучі крайки їх наплавляють сталями 2Х13 і 3Х13.

На рис. 11.8 представлені основні способи фіксації і кріплення матриць:

а – клином, б і г – натискними гвинтами під кутом, в – натискними і відтискними гвинтами (секційна матриця), д – фіксація посадкою, кріплення гвинтами, е – фіксація штифтами, кріплення гвинтами.

В штампах з напрямними колонками і втулками матриці фіксуються в спеціально розточеному гнізді по посадці і кріпляться стандартними притисками.

Матеріали матриць. Матриці для гарячого обрізування виготовляють зі сталі 7Х3, або 8Х3, 5ХНВ, 5ХНТ. Для холодного обрізування Х12Ф1 або Х12М, У10А.

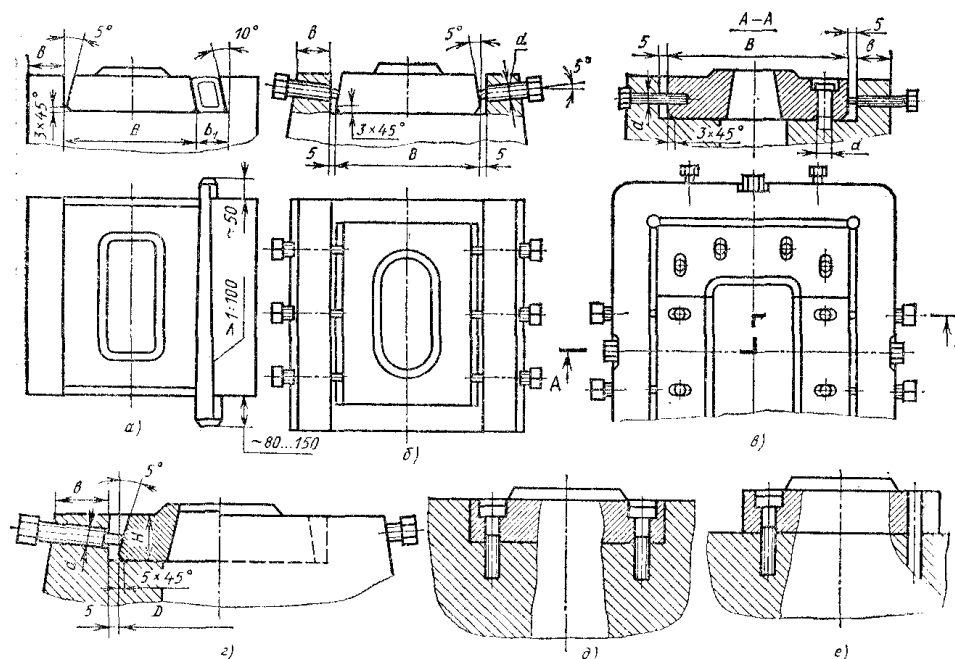


Рис. 11.8. Фіксація і кріплення матриць в башмаках

11.1.4. Пуансони.

Пуансони обрізних штамів можуть бути штовхаючого типу (рис. 11.9, I-III) і з ріжучими краями. Штовхаючого типу дешевші, їх простіше виготовляти і налагоджувати. Пуансон з ріжучою крайкою використовують тоді, коли облой розташований на торці викову (рис. 11.9, IV).

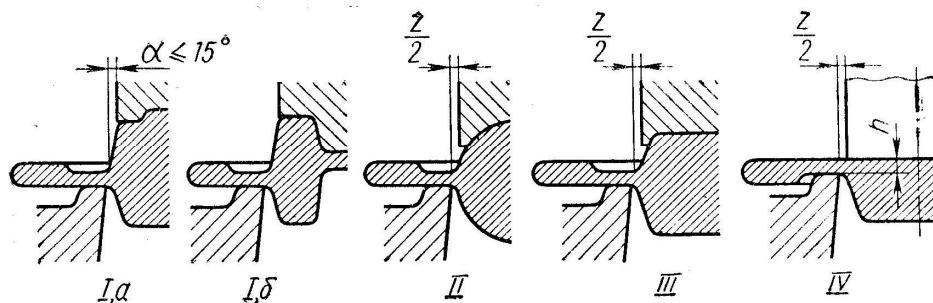


Рис.11.9. Різновиди пуансонів

Якщо нахил бокової поверхні викову менше 15° , то поверхня пуансону виготовляється плоскою (рис. 11.9, I). Якщо нахил її більше 15° , то, щоб запобігти деформації частини викову, який прилягає до облой, під дією сил обрізування, пуансон виготовляють охоплюючим (рис. 11.9, III). При цьому зазор між крайками пуансона і матриці має бути не менше 0,3 мм. Якщо переріз викову круг, пуансон має прилягати до поверхні викову, то відстань від крайки матриці до пуансона має бути не менше $0,2D_{\text{пер}}$, де $D_{\text{пер}}$ — діаметр перерізу викову (рис. 11.9, II).

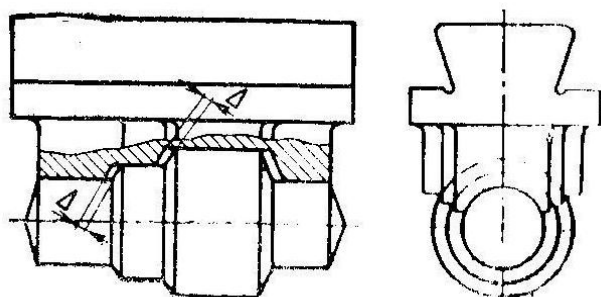


Рис. 11.10. Обрізний пуансон для викову складної форми

Якщо виков першої групи перерізи - тіло обертання, то в місцях зміни діаметрів

Фіксуються і кріпляться пуансони так (рис. 11.13):

- Клином (а, б, в).
- Гвинтами, фіксація виступом і пазом в пуансонотримачі (г).
- Фіксується посадкою і кріпиться притиском (д).
- За допомогою пуансонотримача – по посадці в гніздо верхньої плити штампу, кріпиться гвинтами (е).
- Пуансони складного профілю без фланців затискуються болтами в роз'ємному пуансонотримачі, а він фіксується двома штифтами і кріпиться чотирма гвинтами до верхньої плити (ж).

Матеріали пуансонів для гарячого обрізування штовхаючого типу – сталь 45, пуансони з ріжучими крайками сталь 7Х3. Штовхаючі пуансони для холодного обрізування Х12Ф1. Пуансонотримачі – зі сталі 40Х.

11.1.5.3 н і м а ч і .

Якщо торець пуансону опускається нижче крайки матриці, то обрізаний облой може зачепитися, надітися на пуансон. Щоб зняти його передбачають знімачі (рис. 11.14).

Найпростіші знімачі для викові простої і складної форми – пластинчаті з отвором по формі перерізу пуансону, які кріпляться гвинтами на опорних втулках (I). Але при цьому ускладнюється укладання викову на матрицю. Тому зйомники роблять підпружиненими (IV), при робочому ході пластина опускається, при зворотному піднімається за допомогою пружин, робочий простір над матрицею збільшується, укласти виков на матрицю зручніше.

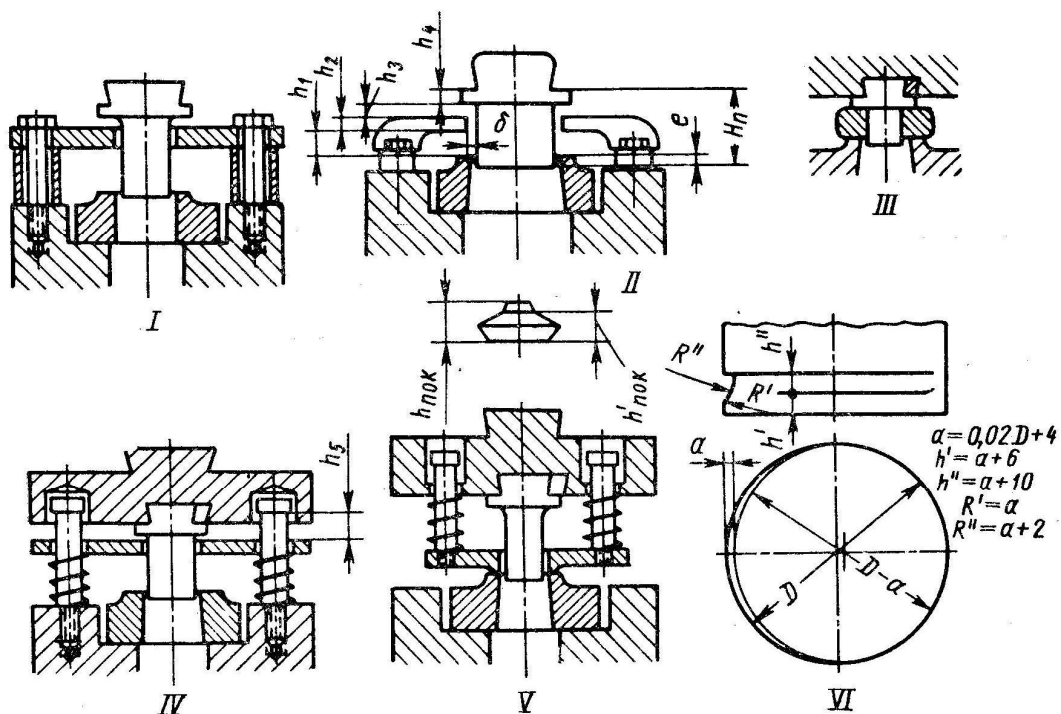


Рис.11.14. Основні типи знімачів

Якщо викові простої конфігурації, облой може зніматися трьома – чотирма скобами (II).

При холодному обрізуванні знімачем може слугувати гумова подушка на пуансоні (III).

Підпружинений зйомник може монтуватися на верхній плиті (У).

На пуансонах круглого перерізу біля нижнього торця роблять ексцентричну проточку з протилежної від коваля сторони (УІ). Коваль кліщами тягне облой на себе, який потрапляє в проточку і легко знімається з пуансона.

11.2. Пробивання перемичок.

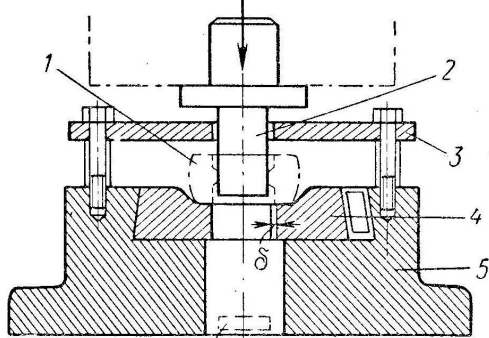


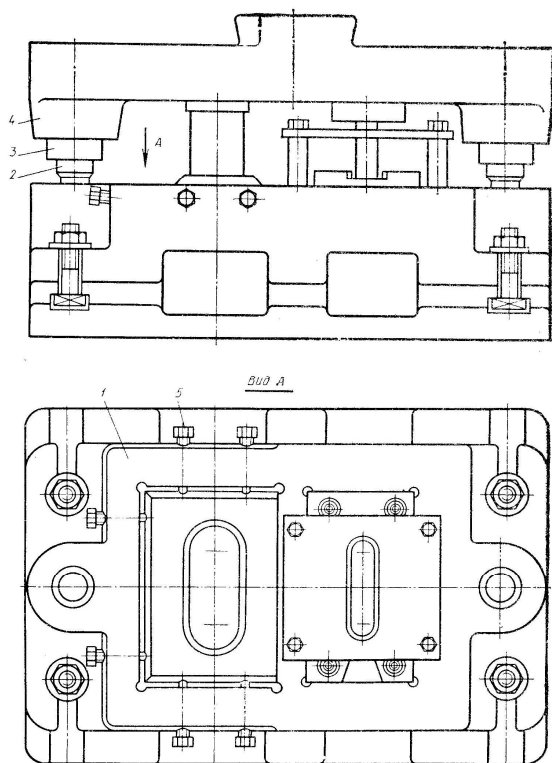
Рис. 11.15. Штамп для пробивання перемичок:

1 – виков, 2 – пуансон, 3 – знімач на втулках, 4 – матриця, 5 – низький башмак, 6 – вирубана перемичка.

Штампи для пробиття перемичок нагадують обрізні. Матриця, яка закріплюється в низькому башмаку, виконує роль фіксатора, в якому розміщують виков. Пуансон має ріжучі крайки, які і вирізують (пробивають) перемичку (рис. 11.15).

Щоб зменшити обсяг механічної обробки під час виготовлення пуансонів значного діаметра в їх центральній частині роблять заглиблення, яке не шліфується.

11.3. Штампи для обрізування облою і пробиття перемичок.



Ці штампи можуть бути простої дії, в яких виконується тільки обрізування облою або пробивається перемичка.

В штампах послідовної дії (рис. 11.16) обрізування облою і пробивання перемички виконується послідовно на двох різних позиціях за два робочі ходи.

Рис.11.16. Штамп послідовної дії

На рис.11.17 представлений нормалізований штамп суміщеної дії. Виков (7) укладають на матрицю (3), пуансон штовхаючого типу (2) продавлює його крізь матрицю, яка

обрізує облой (він лишається на матриці). Виков переміщується вниз на жорстко закріплений і зафіксований прошивач (6), який і пробиває (вирубляє) перемичку. Пуансон піднімається вгору, а виков з прошивача знімається спеціальним знімачем, закріпленим на коромислі (5), яке піднімається тягами (1).

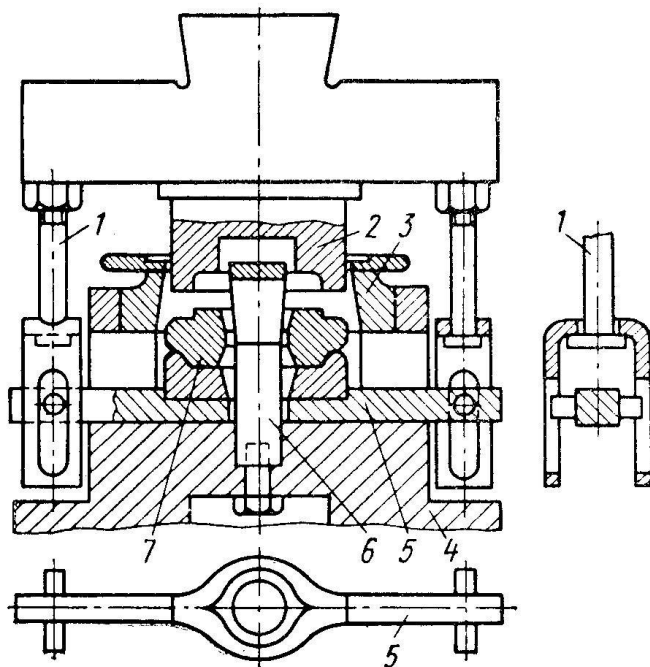


Рис.11.17. Штамп суміщеної дії:

1 – тяги, 2 – обрізний пуансон, 3 – обрізна матриця, 4 – нижня плита штампу (башмак), 5 – коромисло знімача, 6 – пробивний пуансон, 7 – виков.

Знімач виготовляють із сталі 40Х.

В серійному і масовому виробництві найчастіше використовують штампи суміщеної дії, в яких на одній позиції (з одної установки) за один робочий хід обрізується

облой і пробивається перемичка, але не одночасно, а послідовно (частіше – спочатку обрізується облой, а потім пробивається перемичка (рис. 11.17).

12.3.1. Розрахунок висоти пуансонів.

Висота пуансона обрізного штампа визначається в залежності від закритої висоти преса, на якому буде встановлено штамп, товщини башмака (від підшви до матриці і товщини верхньої плити до опорної площини пуансона. Висота пуансона має бути такою, щоб виков було проштовхнуто за циліндричний поясок матриці і він впав би у провальний отвір матриці (рис. 11.18).

11,17

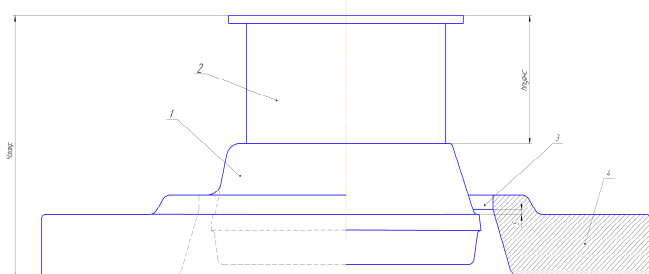


Рис. 11.18. Схема розрахунку висоти пуансону обрізного штампу простої дії.

Висота пуансону штампів суміщеної дії має забезпечувати обрізування облой і пробиття

перемички. Для розрахунку креслять штамп із виковом у крайньому нижньому положенні пуансону.

На рис. 11.19 (а, б, і в – три положення викову: на початку процесу, після обрізування облой і після пробиття перемички – крайнє нижнє положення) представлена нормалізована схема штампу суміщеної дії, на якому за один робочий хід спочатку обрізується облой (2) – виков (4),

покладений на матрицю (3), проштовхується пуансоном (1), облой (2) лишається на матриці, а виков опускається і «одягається» на прошивач (5), під дією штовхаючого пуансона (1) виков опускається ще нижче, перемичка пробивається прошивачем (5).

Під час зворотного ходу під дією механізму виштовхування виштовхувач (6) піднімає виков, знімає його з прошивача (5) і виштовхує його крізь матрицю (3). Робочий кліщами знімає виков зі штампа.

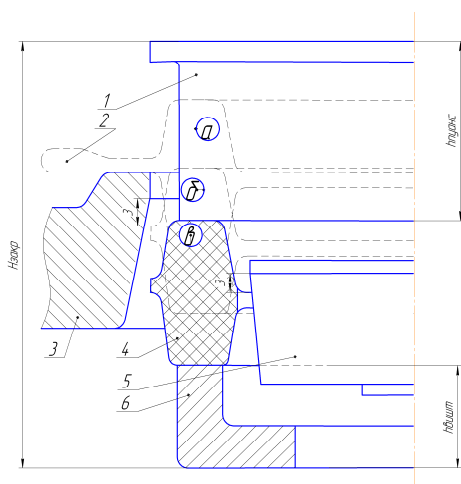


Рис. 11.19. Схема розрахунку висоти пуансона штамп суміщеної дії.

Для розрахунку потрібної висоти пуансона і виштовхувача креслиться крайнє нижнє положення викову (позиція «в») і замірюються розміри пуансона і виштовхувача.

11.4. Правлення.

Відштамповані викови, які мають тонкі полотна чи інші елементи, які під час видалення зі штампа, обрізування облою, пробивання перемички, транспортування, охолодження чи галтування (очищення від окалини), можуть деформуватися, підлягають правленню.

Як правило, деформується не весь виков, а окремі його елементи.

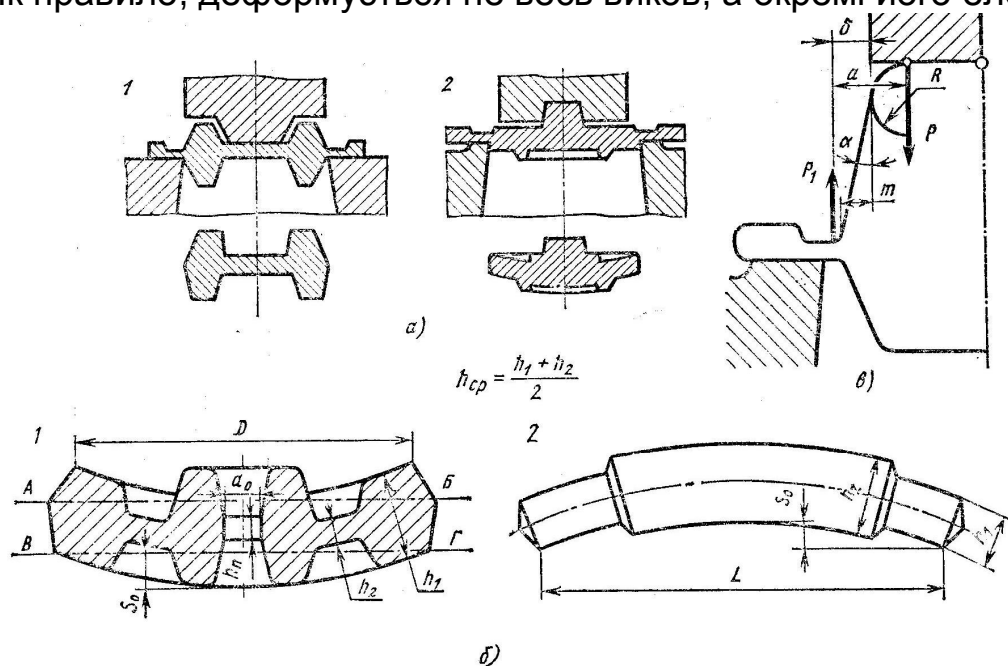


Рис. 11.20. Можливі викривлення виковів під час обрізування облою і пробивання перемичок

Якщо ці деформації у межах допуску на розмір, то виков вважається не зігнутим, якщо перевищують допуск, то такі викови підлягають правленню.

Правлення буває холодне і гаряче.

11.4.1. **Г а р я ч е п р а в л е н н я** використовується для великих виков з високовуглецевих і легованих сталей. Його виконують на обрізних пресах одночасно з обрізуванням облою і пробиванням перемичок у штампах послідовної чи то суміщеної дії.

Правлення може виконуватись і на молотах, і на КГШП, але це недоцільно, бо це машини дорогі і, як правило, завантажені, до того ж правлення не вимагає високих робочих зусиль. Гаряче правлення не виключає холодного правлення.

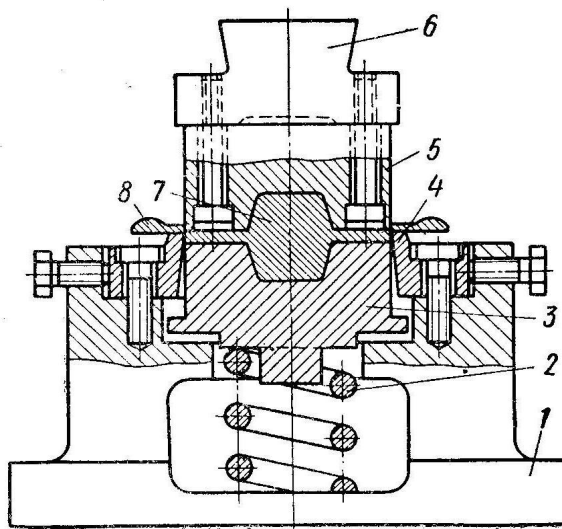
11.4.2. **Х о л о д н е п р а в л е н н я** застосовується для середніх і дрібних виков після термообробки і очищення від окалини. Найчастіше його виконують на гвинтових пресах і на гідравлічних правильних пресах (найчастіше на них правлять вали різних розмірів).

11.4.3. **Ш т а м п и д л я п р а в л е н н я .**

Виконуються за кресленнями холодного чи гарячого виковів. Конфігурація ручаїв спрощена таким чином, щоб деформація локалізувалася саме в тих місцях викову, де змінена його форма. Радіуси заокруглення збільшені на 2 мм.

Під час правлення на молоті і гвинтовому пресі можливе співударення верхньої і нижньої половин штампу. При правленні на КГШП зазор між половинами штампу має бути $0,5 \div 1$ мм.

Для зручності укладання і видалення заготовок ручаї виготовляють відкритими з торців. Штampi, як правило, одноручаєві.



Зусилля при холодному правленні складає $1/2 \div 1/4$ робочого зусилля штампування.

Рис.11.21. Штaмп суміщеної дії для обрізування облою і правлення:

1 – нижній башмак, 2 – пружина матриці для правлення, 3 – матриця для правлення, 4 – обрізна матриця, 5 – пуансон, 6 – пуансоноутримач, 7 – виков, 8 – обрізаний облой.

На рис. 11.21 представлений типовий штамп суміщеної дії для обрізування облою і правлення за один робочий хід.

11.5. К а л і б р у в а н н я .

Застосовується для:

- Підвищення точності форми і розмірів викову.
- Підвищення класу чистоти обробки.
- Зменшення обсягу подальшої механічної обробки.

Точність звичайного калібрування $\pm 0,1$ до $\pm 0,25$. Підвищена точність: $\pm 0,05 \dots \pm 0,15$. Подвійне калібрування: $\pm 0,025$. Точність залежить від:

- припуску до калібрування, тому іноді сортирують за величиною припуску;
- жорсткості конструкції штампу;
- тертя. Для його зменшення змащують технічним вазеліном, милом, парафіном, машинним маслом.

Чистота поверхні – шорсткість від $Ra\ 1,25$ до $0,63$.

Ступінь деформації 1% - 5% (до 10%).

Калібрування є об'ємне, криволінійне, плоске.

Виконується калібрування на кривошипно-колінних (чеканочних) пресах, іноді на гвинтових пресах.

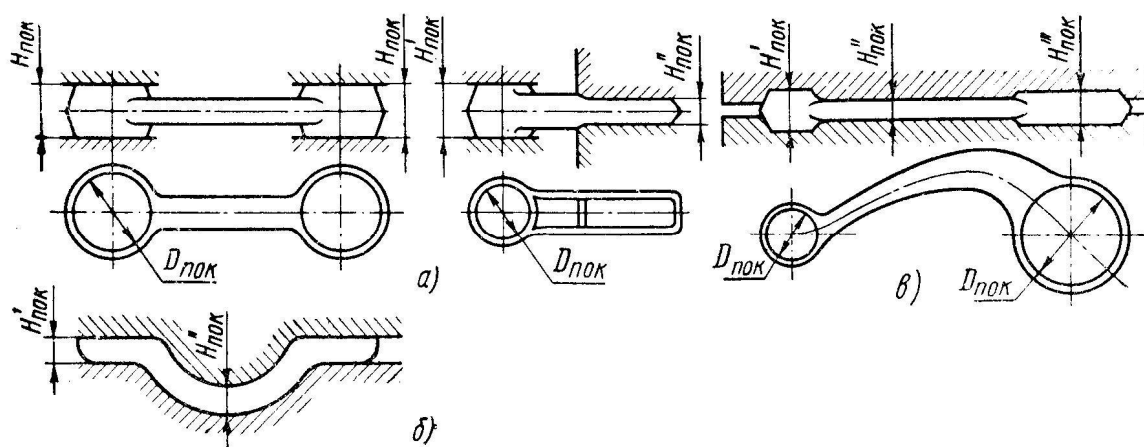


Рис. 11.22. Схеми плоского (а), криволінійного (б) і об'ємного калібрування (в)

11.5.1. Об'ємне калібрування.

Гаряче об'ємне калібрування виконується після штампування і обрізування облою. При цьому передбачений технологією надлишковий об'єм металу (припуск на калібрування) витискується з порожнини ручая у спеціально передбачений зазор між половинами штампу, який утворює невеличкий облой чи завусень (рис. 11.22, в, 11.23, зліва). Цей облой обрізується на обрізному пресі, як правило, у холодному стані.

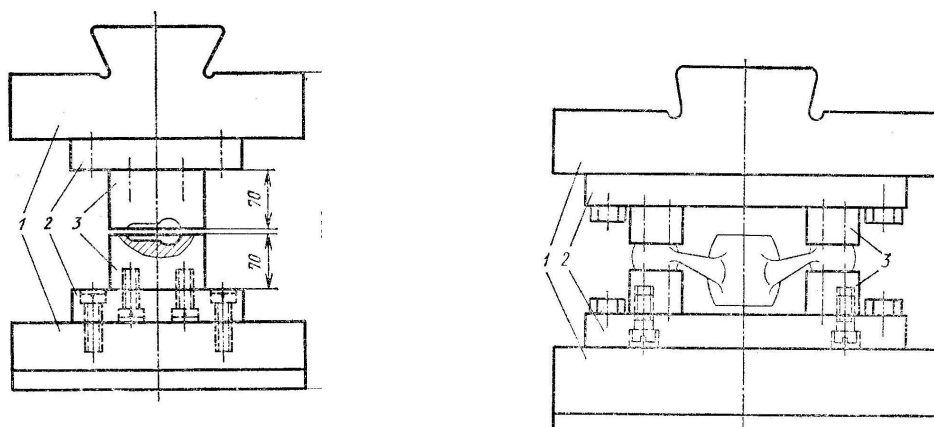


Рис. 11.23. Штampi для об'ємного (зліва) і плоского (справа) калібрування: 1 – верхні і нижні плити, 2 – пуансотримачі, 3 – пуансони.

Об'ємне калібрування найчастіше виконується в технологічній лінії: піч – прес чи молот – обрізний прес – прес для калібрування.

При об'ємному калібруванні схема напруженого стану (всебічне стискання) дуже жорстка, опір деформації високий, потрібно високе робоче зусилля, невеликий робочий хід поковзня і підвищена жорсткість рами пресу, що і забезпечують кривошипно-колінні преси.

11.5.2. Криволінійне калібрування (рис.11.22, б).

Застосовується у тих випадках, коли деталь має складний (часто лекальний) профіль і подальша механічна обробка його ускладнена. Аналогічно об'ємному калібруванню передбачають припуск на калібрування, під час деформації він витискується у відкритий роз'єм штампу, а потім ці торці фрезеруються.

11.5.3. Плоске калібрування.

Застосовується найчастіше для калібрування плоско-паралельних поверхонь. Метал припуску витискується в боки (рис. 11.24).

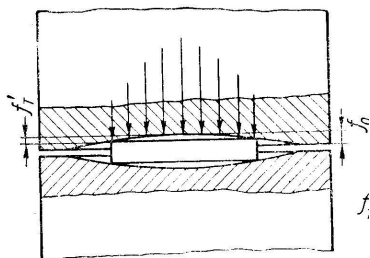


Рис.11.24. Плоске калібрування.

Оскільки схема напруженого стану в центрі викову і на його краю відрізняються, опір деформації в центрі найвищий, то

деформація викову в центральній зоні найменша.

При співвідношенні діаметра викову, який калібрують, до висоти більше 4 ($D/H > 4$) епюра нормальних напруг на торці має куполоподібну форму (рис. 11.24), тому штамп більше пружно деформується в центрі, що і призводить до утворення меніску. При калібруванні більш високих виковів ($D/H < 2$) величина меніска зменшується.

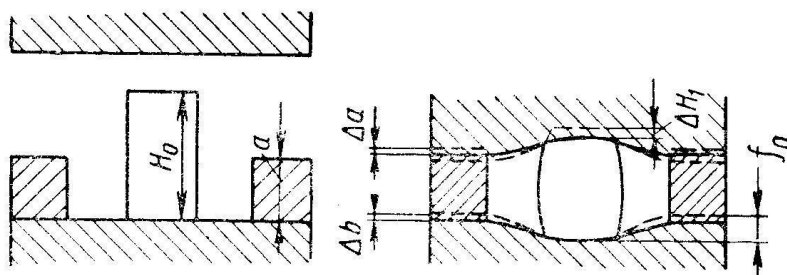


Рис 11.25. Плоске калібрування до жорсткого упору

Зменшити меніск можна двома способами. Якщо в деталі передбачено отвір по центру, то на його місці передбачається заглиблення. При цьому епюра опору деформації в центрі має не максимум, а нуль і деформація стає практично рівномірною по всьому об'єму.

Якщо отвір в деталі не передбачений, то щоб уникнути меніску виков калібрують до жорстких упорів (рис. 11.25). З боків викову, який

калібрують, встановлюють жорсткі упори, розмір яких відповідає розміру калібрування. У крайній нижній точці деформуються всі елементи, через це рівномірно деформується і штамп.

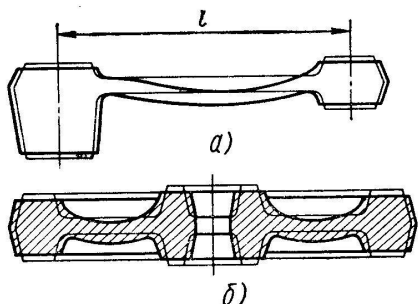


Рис.11.26. Можливий брак калібрування виковів із тонким стержнем (а) чи полотном (б)

Під час плоского калібрування виковів з двома головками (а) або виковів з тонкими полотнами (б)

можливий вигин стержневої частини і тонкого полотна (рис. 11.26). В таких випадках калібрують окремо кожну головку, ступицю і вінець шестерні окремо.

11.6. Термообробка.

Усі викови після штампування підлягають термообробці для:

- зняття залишкових напружень;
- вирівнюванню структури;
- виправлення перегріву;
- покращення оброблюваності виковів.

Для виковів з чорних металів (сплавів заліза) застосовують такі види термообробки:

- відпалювання (великі викови);
- нормалізація;
- нормалізація та відпуск;
- покращення: загартовування та високий відпуск.

Для алюмінієвих сплавів застосовується загартовування і старіння.

Для магнієвих сплавів – відпалювання, загартовування і старіння.

Для сплавів титану – відпалювання і гомогенізація.

Враховуючи подорожчання енергоносіїв, перспективно використовувати для термообробки тепло відштампованих виковів, тобто викови зразу після штампування мають направлятися на термообробку. Особливо це стосується крупносерійного і масового виробництва.

11.7. Очищення від окалини.

Окалина утворюється на металі під час нагрівання, штампування, охолодження і термообробки.

Окалину потрібно обов'язково видаляти з поверхні виковів для того, щоб:

- їх можна було фарбувати;
- виявляти брак по вмінанню і затиски;
- зменшити зношення ріжучого інструменту, оскільки окалина дуже тверда, це абразив.

11.7.1. Т р а в л е н н я . Раніше (а зараз тільки зрідка для одиничних відповідальних та експериментальних виковів) для очищення виковів від окалини використовувалось травлення. Викови на певний час опускалися у ванни із сірчаною (H_2SO_4) і соляною (HCl) кислотою із невеликим додаванням азотної (HNO_3).

Кислоти взаємодіяли із залізом: при реакції із сірчаною кислотою виділявся водень і відривав окалину від викову, соляна кислота частково розчинювала окалину. Після цього викови інтенсивно обмивалися водою із розчиненими лугами для нейтралізації кислот.

Цей спосіб дозволяв не тільки видаляти окалину з поверхні виковів, але й виявляти затиски (вони протравлювались, їх було видно). Але спосіб мав важкі санітарні умови, страждала екологія. Тому сьогодні у серійному виробництві цей спосіб не застосовується.

11.7.2. Д р і б о с т р у м и н н е о ч и щ е н н я .

Металевий дріб діаметром $0,8 \div 2$ мм механічно чи пневматикою розганяється до швидкості $30 \div 80$ м/с і збиває окалину з викову. Є два варіанти очищення: в камерах періодичної дії (рис. 11.27, б) і в камерах безперервної дії.

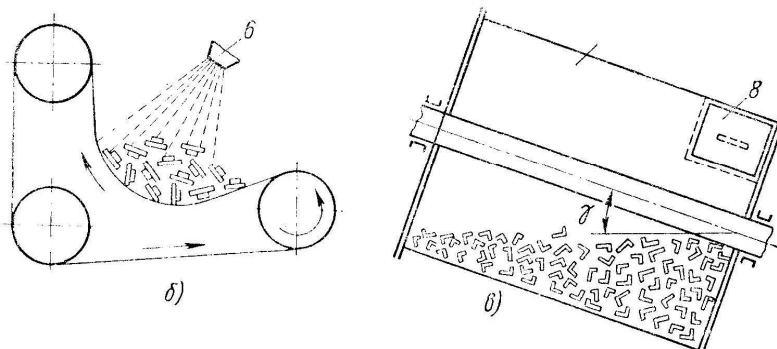


Рис. 11.27. Схеми камери періодичної дії (б) і галтування (в).

Викови масою до 50 кг завантажують у камеру на пластинчатий транспортер (рис. 11.27, б). Під час його руху викови повертаються різними боками під струмінь дробу з дрібострумінних головок (рис. 11.28), який збиває з них окалину. І дріб, і окалина просипаються між пластинами транспортеру. Потім вони сепаруються (відділяються) і дріб використовується ще кілька разів аж поки не розіб'ється у попіл. Розхід дробу $2,5 \div 3,5$ кг/тону виковів. В камеру завантажуються до 500 кг виковів. Продуктивність таких камер $1,5 \div 3$ тони на годину.

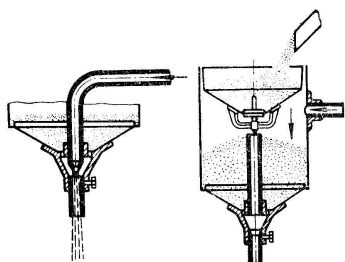


Рис. 11.28. Пневматичні дрібострумінні головки
Дріб частково нагартує поверхню викову, збільшуючи твердість до 40% на глибину 0,3 – 0,5 мм.

В камерах безперервної дії найчастіше очищуються великогабаритні викови (полуосі, колінчасті вали тощо), які підвішують до спеціального транспортеру, який переміщує викови у камеру, при цьому обертаючи їх навколо осі, де під

струменем дробу збивається окалина. По виходу з камери викови знімаються з транспортера. Продуктивність таких камер $2 \div 15$ тон на годину.

11.7.3. Очищення в барабанах (галтування).

Викови масою до 40 кг, які не мають тонких ребер, полотен і малих отворів очищують від окалини в барабанах (рис. 11.27, в). Виковами завантажуються приблизно третина об'єму барабана. Під час його обертання навколо осі викови пересипаються, ударяються один об одного і таким чином збивають окалину. Для інтенсифікації процесу разом з виковами завантажують литі чавунні зірочки і тирсу (щоб не дуже пилило). Іноді пил від окалини відсмоктують з барабана через отвори у цапфах. Поверхня виковів очищується до $R_z 40$.

Окрім сухого очищення застосовують ще і мокре. До виковів додають шматки граніту, битого фарфору, сталеві кульки, литі чавунні зірочки, додається мильна або лужна емульсія. При цьому зовсім немає пилу, очищення йде інтенсивніше, зрівнюються мікро нерівності на поверхні до шорсткості $R_a 0,63$.

Суттєвим недоліком очищення в барабанах є досить високий рівень шуму, якого і так вистачає в кузні. А шум руйнує здоров'я.

12.7.4. Віброабразивне очищення.

Викови завантажуються в U – образні контейнери, які завдяки спареним в протифазі двом дебалансним вібраторам мають вертикальні коливання з частотою 25 Гц і амплітудою $1 \div 6$ мм. Окрім виковів в контейнер додаються биті абразивні круги, фарфорова крошка, чавунні зірочки, штамповані зірочки тощо.

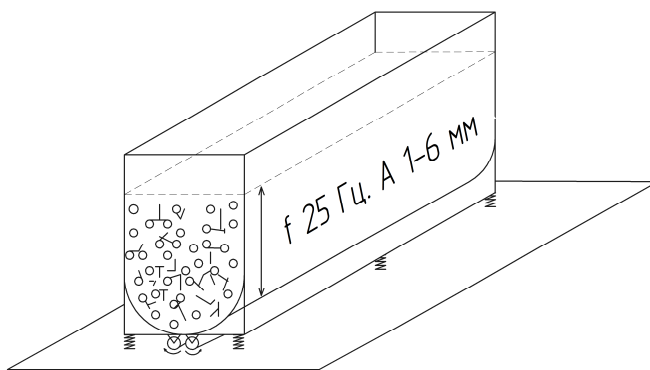


Рис. 11.29. Установка для віброабразійного очищення

Очищення може бути сухим і мокрим. При мокрому додається лужний розчин з інгібітором – нітратом натрію. За одне коливання контейнера відбувається біля 50

торкань викову з очищувачими елементами.

Якщо додавати м'які наповнювачі (керамічні плитки, обрізки шкіри тощо), то чистота поверхні підвищується аж до аналогії зі шліфуванням і навіть поліруванням.

Штампи, їх стійкість і експлуатація

12.1. Вимоги до штампової сталі.

- Висока зносостійкість при високій температурі, а саме: висока температура відпуску, високий опір деформації, високий опір розгару, високий опір стиранню. Розгар – утворення сітки дрібних тріщин, з появою яких різко збільшується інтенсивність стирання.

- Хороша оброблюваність.
- Невисока вартість.

Заготівки з штампової сталі, як правило, ковані.

12.2. Особливості експлуатації.

Перед роботою штампи обов'язково підігрівають. Молотові штампові сталі типу 5ХГМ, 5ХНМ, 5ХВГ, 5ХНТ, 5ХНВ, 5ХНСВ підігрівають до $200^{\circ} \div 400^{\circ} \text{C}$.

Штампи зі сталей 3Х2В8Ф, 4Х2В5ФМ, 4Х5В2ФС підігрівають до 500°C .

Штампи ГKM, як і молотові, і КГШП підігрівають протягом $1 \div 1,5$ години. Штампи гідравлічних пресів гріють $6 \div 8$ годин. Якщо взимку штампи ввезені з холоду, їх треба витримати $4 \div 5$ годин при температурі цеху і тільки потім підігрівати.

Підігрівають штампи спеціальними переносними газовими горілками так, щоб полум'я було на відстані 50 мм від поверхні штамп. Індукційними нагрівачами гріють менше часу – пів години.

Якщо в роботі штамп перерва більше години – треба знову підігрівати. Температуру штампів контролюють термopарами.

При інтенсивній роботі штампи КГШП можуть перегріватися і інтенсивніше зношуватися. Щоб запобігти цьому штамп КГШП комплектують двома вставками чистового ручая і штампують в них по черзі. У решті випадків штампи охолоджують: обдувом повітрям, емульсійною сумішшю, мастилами.

Найефективніше – внутрішнє охолодження штампів (в штампах передбачені спеціальні канали, по яким подається вода), при цьому не міняється вектор тепловитоку, що дозволяє майже вдвічі збільшити стійкість штампів.

12.3. Види зношування штампів.

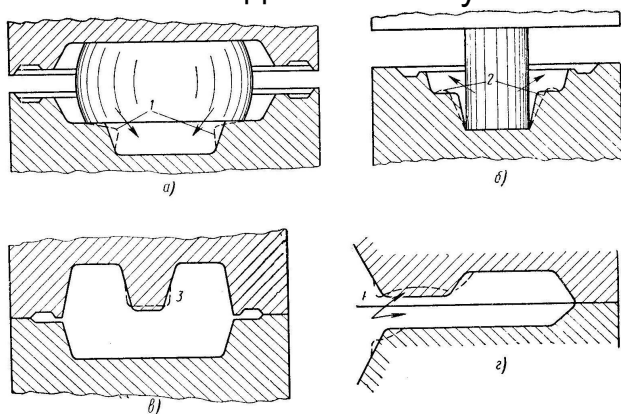


Рис.12.1. Зони інтенсивного зношування штампів.

1. Деформаційне (рис. 12.1). Усі кути порожнини ручая розігріваються і під дією сил тертя потроху деформуються у напрямку переміщення метала викову (а і б). Найбільше деформуються в

штампах знаки і облойна канавка (в,г), оскільки на них деформуються найтонші шари металу, а значить опір деформації найвищий, метал викову інтенсивно переміщується і деформує крайки знаків і місток облойної канавки. До того ж знаки з трьох сторін оточені нагрітим металом, їх температура найвища, опір деформації знаків низький, тому вони найбільше й деформуються (крайки «зализуються»).

1. Розгар – це поява сітки дрібних мікротріщин пропорційно кількості змін напрямку теплових потоків, зони стискання – розтягування міняються, метал «втомлюється» і дає тріщини.
2. Стирання – відрив мікрочасток штампу. З появою розгару стирання значно інтенсифікується.
3. Наліпання. Зварюється метал викову з неокисленими частинами стертої поверхні штампу.

Інтенсивність зношування зменшується застосуванням мастил.

12.4. М а с т и л а .

Вимоги до мастил, які застосовуються при куванні і штампуванні:

- Не горіти, не бути токсичними.
- Хімічно не реагувати з металом штампу і викову.
- Зручно наноситись.
- Бути гігієнічними.
- Бути недорогими.

Найчастіше у якості мастил використовують водяні суспензії колоїдного графіту (аквадаг) АГ-1, В-1, в яких $18 \div 25\%$ графіту. Розчин сульфітно-спиртової барди з додаванням графіту, бури, лугів. Поварена сіль з додаванням CaCl і BaCl . Мазут з графітом (ойлдаг).

Мастила наносяться пульверизатором на поверхню розігрітого штампу, вода випаровується і графіт покриває поверхню штампу тонким шаром. Можна штампувати $0,5 \div 2$ години не змащуючи.

Хорошим мастилом є дисульфід молібдену, але він не дешевий. Детально мастила будуть розглянуті в окремому курсі.

Вартість штамів у собівартості продукції складає від 6 до 25%.

Для підвищення стійкості штамів застосовують хіміко-термічну обробку робочих поверхонь. Застосовують поновлення штамів, наплавлення найбільш зношуваних частин.

12.5. Ч и с т о т а о б р о б к и ш т а м п і в.

Неробочі поверхні молотових штамів $5 \div 10$.

Неробочі поверхні штамів КГШП – 0,32. Робочі поверхні – $0,02 \div 0,04$

Точність виготовлення штамів: чистові ручаї – 3, 3а, 4 клас, чорнові – 4, 5 клас.

12.6. С т і й к і с т ь ш т а м п і в оцінюється кількістю виковів, знятих (відштампованих на цьому штампі) до його ремонту або заміни.

Стійкість штамів, в яких штампуються складні і масивні викови на молотах, від 3 до 8 тисяч. Що простіші викови, то стійкість штамів більша.

Стійкість ручаєвих вставок КГШП: при штампуванні складних кронштейнів – 13 тис, шестерен – 22 тис, хрестовин – 43 тис.

При штампуванні на ГKM стійкість пуансонів – від 3 до 12 тисяч, матриць від 3 до 8 тисяч, зажимних вставок – 20÷30 тисяч.

Розділ 13

Контроль якості штампованих викових

13.1. Різновиди браку.

Є кілька причин появи бракованих викових.

- Від вихідного матеріалу (рис. 13.1).

Риски, подряпини глибиною $0,2 \div 0,5$ мм (а), волосовини – розкатування газових порожнин глибиною $0,5 \div 1,5$ мм (б), закати глибиною до 0,5мм (в), плени – розкатані захолові бризки сталі товщиною до 1,5 мм (г), розшарування виявляються у місці обрізування облою, іноді це розкатування усадочної раковини (д), шлакові включення (е) флокени (ж).

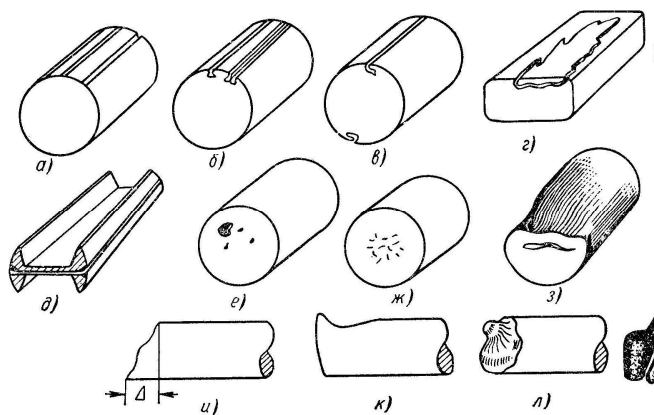


Рис. 13.1. Види браку вихідного матеріалу

- Від розробки.
торцеві тріщини у твердих сталей і великих діаметрів, які можуть з'явитися за 2 – 6 годин після різання (з), косий зріз (и), завусень через завеликий зазор між ножами (к), скол з вирином через замалий зазор (л).

- Під час нагрівання.

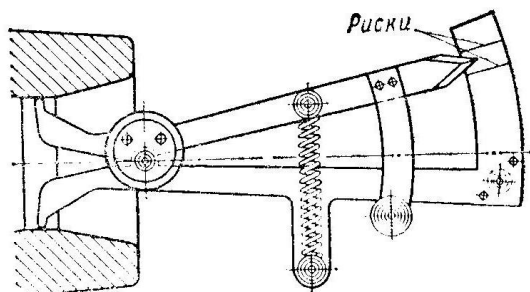
Недогрів, перегрів, перепал, окалина, знеуглецьовування.

- Під час штампування.

Вм'ятини, забоїни, незаповнення фігури ручая (кути, ребра, виступи), недоштампування (більша висота), утяжини і затиски (рис. 6.4), сліди від виштовхувачів, кривизна (деформування під час обрізування облою і пробиття перемички).

При штампуванні витискуванням: пресутяжина, простріл, скол (рис. 6.14).

- Під час термообробки. Підвищена або недостатня твердість, загартовальні тріщини.



- Під час очищення: залишки окалини, забоїни і вм'ятини.

13.2. Контроль викових.

Рис. 13.2. Контроль кронциркулем.

Контроль розмірів виконується універсальними інструментами – штангенциркулями, кронциркулями, індикаторами (рис. 13.2).

При серійному і масовому виробництві для контролю виготовляються спеціальні скоби, шаблони, пробки (рис. 13.3).

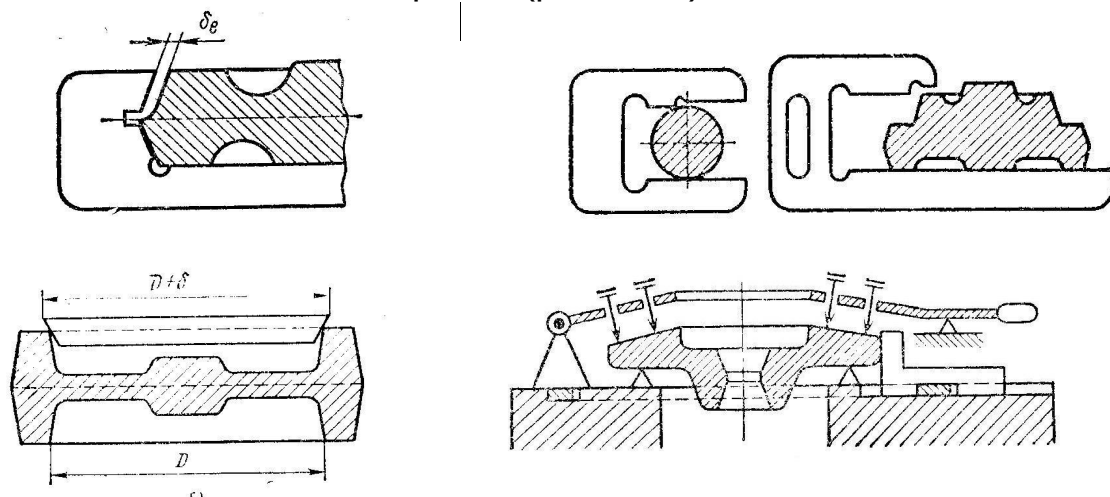


Рис. 13.3. Контроль спеціальним інструментом.

Паралельність і площинність контролюються у спеціальному пристрої з індикаторами (рис. 13.3, справа внизу).

Контроль хімічного складу виконується:

- Хімічним аналізом (вибірково окремих виковів).
- Іскровим контролем: по формі і кольору іскри фахівці визначають вміст вуглецю з точністю до 0,05%.
- Оптично-спектральним аналізом за допомогою стилоскопів (запалюється дуга, її світло розкладається на спектр, по ньому визначають наявність і кількість елементів).

Металографічні дослідження дозволяють оцінити структуру металу, розмір зерен тощо.

Наявність тріщин і залишкових напружень контролюється з використанням методу вихрових струмів.

Тріщини розмірами менше 0,005 мм (5 мікрон) виявляють люмінесцентним методом: мінеральне масло в цій тріщині під дією ультрафіолетових променів світиться.

Внутрішні дефекти виковів виявляються за допомогою ультразвукової дефектоскопії.

Більшість операцій контролю автоматизовано.

Контролюються, як правило, не всі викови, а вибірково. Величина вибірки визначається в залежності від відповідальності виковів і очікуваного ймовірного відсотку браку.

Л И Т Е Р А Т У Р А

О С Н О В Н А

1. А.Н.Брюханов, Ковка и объемная штамповка, М., 1975.
2. Е.И.Семенов, Ковка и объемная штамповка, М., 1972.
3. Я.М.Охрименко, Технология кузнечно-штамповочного производства. М., 1976.
4. Ковка и штамповка, справочник в 4-х томах под ред. Е.И.Семенова, том 1, М., 1985.
5. Ковка и штамповка, справочник в 4-х томах под ред. Е.И.Семенова, том 2. М., 1986.
6. А.П.Атрошенко, С.Н.Салов, С.М.Хесин. Современные штампы для обрезки облоя, М.-Л., "Машиностроение", 1966.

Д О Д А Т К О В А :

7. М.В.Сторожев, П.И.Середин, С.Б.Кирсанова, Технологияковки и объемной штамповки цветных металлов и сплавов.М. "Высшая школа". 1967.
8. Ковка и объемная штамповка стали, справочник в 2-х томах под ред. М.В.Сторожева, том1, М., 1968.
9. Ковка и объемная штамповка стали, справочник в 2-х томах под ред. М.В.Сторожева, том 2, М., 1968.
10. Штампы для горячего деформирования металлов. Под ред. М.А.Тылкина, М., "Высшая школа", 1977.
11. Поковки стальные штампованные, допуски, припуски и кузнечные напуски, ГОСТ 7505-89, Государственный стандарт Союза ССР, М., 1990 г.

Віталій Іващенко
2012-01-28