

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України

Донбаська державна машинобудівна академія

І. С. Алієв

Я. Г. Жбанков

ГАРЯЧЕ ОБ'ЄМНЕ ШТАМПУВАННЯ

Навчальний посібник

Рекомендовано
Міністерством освіти і науки,
молоді та спорту України

Краматорськ
ДДМА
2012

УДК 621.73.043
ББК 34.623я73
С 26

Рецензенти:

Рябічева Л.О., д-р техн. наук, професор, Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля;

Середа Б.П., д-р техн. наук, професор, Запорізька державна інженерна академія;

Левченко В.М., канд. техн. наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут».

Рекомендовано
Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України
(лист № від)

Алієв, І. С.

С 26 Гаряче об'ємне штампування : навчальний посібник / І. С. Алієв, Я. Г. Жбанков. – Краматорськ : ДДМА, 2012. – 240 с.
ISBN

У навчальному посібнику наведено основи розробки технологічних процесів гарячого об'ємного штампування поковок на молоті, КГШП і ГKM. Описано основні етапи проектування та наведено рекомендації щодо виконання практичних та самостійних робіт з розрахунку технологічних процесів штампування вісесиметричних деталей і деталей з подовженою віссю на молоті, КГШП і ГKM. Дані рекомендації з моделювання процесів об'ємного штампування.

УДК 621.73.043

ББК 34.623я73

ISBN

© І.С. Алієв, Я.Г. Жбанков, 2012

© ДДМА, 2012

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
ВСТУП	6
1 ШТАМПУВАННЯ НА МОЛОТАХ	9
1.1 Розроблення кресленика поковки	12
1.2 Облой і облойні канавки	21
1.3 Рекомендації з розрахунку вихідної заготовки і переходів штампування поковок різних конфігурацій	25
1.4 Розташування рівчаків в молотовому штампі	46
1.5 Розрахунок сили штампування та вибір обладнання	55
2 ШТАМПУВАННЯ НА КГШП	59
2.1 Складання креслення поковки	63
2.2 Вибір облойної канавки, розрахунок вихідної заготовки та переходів штампування	65
2.2.1 Штампування осадженням у відкритих штампах	65
2.2.2 Штампування осадженням у закритих штампах	73
2.2.3 Штампування видавлюванням у закритих штампах	76
2.3 Штампи КГШП	81
2.4 Розрахунок сили штампування та вибір обладнання	86
3 ШТАМПУВАННЯ НА ГKM	91
3.1 Складання креслення поковки	105
3.2 Правила висадження стовщень	112
3.3 Складання технологічного процесу штампування поковок різних конфігурацій	117
3.4 Розрахунок і вибір блока матриць, пуансонів та встановлення необхідної сили штампування	136
4 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ОБ'ЄМНОГО ШТАМПУВАННЯ В ПРОГРАМІ QFORM 2D	144
4.1 Створення геометрії інструменту	144
4.2 Створення проекту	147
4.3 Візуалізація результатів розрахунку	154
5 ПРАКТИЧНІ РОБОТИ	157
5.1 Практична робота 1. Розроблення кресленика поковки з подовженою віссю, що одержують штампуванням на молоті	157
5.2 Практична робота 2. Розрахунок заготовки і переходів штампування для виготовлення поковок з подовженою віссю штампуванням на молоті	164
5.3 Практична робота 3. Складання креслення круглої в плані поковки, що одержують штампуванням на молоті	169
5.4 Практична робота 4. Розрахунок заготовки і переходів штампування на молоті круглих в плані поковок	173
5.5 Практична робота 5. Складання креслення поковки типу стрижня з стовщенням, що одержують штампуванням на ГKM	175

5.6 Практична робота 6. Розроблення технологічного процесу штампування на ГKM поковок типу стрижня з стовщенням.....	177
5.7 Практична робота 7. Складання кресленика поковки типу кільце і втулка, що одержують штампуванням на ГKM.....	179
5.8 Практична робота 8. Розрахунок технологічного процесу штампування поковок типу кільце і втулка на ГKM	181
5.9 Практична робота 9. Складання кресленика поковки круглої в плані деталі, що одержують штампуванням на КГШП	183
5.10 Практична робота 10. Розрахунок переходів штампування круглих в плані поковок, що штампують на КГШП. Моделювання процесу штампування в програмі QFORM2D.....	185
6 ЕКСПЛУАТАЦІЯ І РЕМОНТ ШТАМПІВ	186
7 ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ ДО ІСПИТУ	198
7.1 Теоретичні питання	198
7.2 Тести.....	199
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	220
ДОДАТКИ	221
ДОДАТОК А. Приклади допоміжних розрахунків.....	221
ДОДАТОК Б. Варіанти завдань до практичних робіт	223
ДОДАТОК В. Допоміжні довідникові матеріали	229
ДОДАТОК Г. Математичні формули	230
ДОДАТОК Д. Приклади штампів для гарячого об'ємного штампування	233

ПЕРЕДМОВА

Посібник розрахований на студентів старших курсів машинобудівних і металургійних вищих навчальних закладів, що спеціалізуються в галузі обробки металів тиском при вивченні курсу «Гаряче об'ємне штампування». Послідовність викладеного в ньому матеріалу відповідає необхідним умовам для вивчення особливостей складання технологічних процесів гарячого об'ємного штампування на молотах, КГШП і ГKM та їх моделювання для одержання якісних виробів. При цьому передбачається, що студент має необхідну підготовку в галузі виробництва сталі й сплавів, матеріалознавства, основ фізики твердого тіла, теорії обробки металів тиском, термообробки, нагрівання й охолодження металу.

Зміст посібника відповідає програмі курсу, яку затверджено Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України для вищих навчальних закладів. В ньому представлені особливості штампування поковок на молотах, КГШП і ГKM; структурна схема складання технологічних процесів гарячого об'ємного штампування; викладено основи й порядок складання кресленика поковок при штампуванні на молотах, КГШП і ГKM; основи експлуатації і ремонту штампового оснащення; методика проведення моделювання процесів гарячого об'ємного штампування, а також наведено деякі довідкові матеріали, необхідні при курсовому й дипломному проектуванні.

ВСТУП

Сутність процесів обробки металів тиском полягає, насамперед, у зміні форми вихідних заготовок під дією прикладених до них сил і обумовлюється здатністю металів при дотриманні певних умов деформуватися без руйнування, тобто піддаватися пластичній деформації.

У сучасній металообробній промисловості (у тому числі й у машинобудуванні) обробка тиском є одним з основних способів виготовлення й обробки деталей машин та інших металевих виробів. При цьому методи обробки тиском, що застосовуються вельми різноманітні.

При одиничному і дрібносерійному виробництві широко застосовується вільне кування, ручне або машинне, останнє здійснюється на кувальному обладнанні. Продукт вільного кування – це кована поковка. Вільне кування в порівнянні з іншими методами обробки тиском є найменш продуктивним. Економічна доцільність його в сучасному одиничному і дрібносерійному виробництві забезпечується за рахунок порівняно низьких витрат на інструмент, що при вільному куванні є переважно універсальним. За допомогою цього інструменту можна виготовляти досить різноманітні поковки.

Серійне, крупносерійне та масове виробництво виробів на штампувальному обладнанні здійснюється спеціальним інструментом, що кріпиться на цьому обладнанні та називається штампами. У порівнянні з вільним куванням штампування, що відрізняється досить високою продуктивністю, забезпечує отримання виробів більш точних розмірів, з більш чистою й рівною поверхнею. Як правило, штамповані поковки не потребують подальшої обробки різанням з усіх сторін, а вироби отриманні листовим штампуванням зовсім не підлягають обробці.

За видом вихідного матеріалу, однотипності конструкцій штампів та аналогії в технологічних прийомах штампування поділяється на листове (гаряче і холодне) й об'ємне (гаряче і холодне). Листове штампування здійснюється головним чином у пресових цехах. Матеріалом для гарячого штампування слугує товстолистовий прокат, а для холодного штампування – тонколистовий. Об'ємне штампування здійснюється головним чином у ковальських і холоднохисадочних цехах. Матеріалом для об'ємного штампування слугує переважно сортовий прокат.

Вироби, отримані обробкою тиском, мають чітко виражену волокнисту макроструктуру. Ці вироби не однаково міцні відносно напрямку волокон. Так, вихідний матеріал під гаряче об'ємне штампування – сортовий прокат, вже має яскраво виражену волокнисту будову з напрямком волокон уздовж прокату.

Вздовж напрямку волокон сталь має найвище відносне подовження, відносне стискування й ударну в'язкість. Зразки ж, вирізані в інших напрямках, мають тим менші значення зазначених величин, чим більше кут, утворений віссю зразка з напрямком волокон. Особливо це позначається на

характеристиці ударної в'язкості.

Механічні властивості сортового прокату, що визначаються в центрі та на поверхні поперечного перерізу, неоднакові. При прокатці найменш якісна середня частина злитка залишається в серцевині катаного дроту, а найбільш цінний шар стовпчастих кристалів злитку виявляється на поверхні прокату.

При штампуванні поковок з прокату волокниста будова металу зберігається, волокна лише змінюють своє розташування всередині оброблюваної заготовки.

Для збільшення терміну служби деталей машин бажано, щоб напрямки волокон у штампованих деталях, а також розподіл серцевинного та поверхневого шарів матеріалу відповідали б умовам навантаження кожної деталі при експлуатації. Це може бути забезпечено правильно спроектованим технологічним процесом штампування і вміло сконструйованими штампами.

Поступаючись ливарному виробництву в складності конфігурації одержуваних деталей, ковальсько-штампувальне виробництво має переваги в міцності продукції та при крупносерійному та масовому випуску виробів є більш продуктивним. Лише впровадження нових методів лиття (під тиском і відцентрового) дає можливість одержувати виливки, близькі за міцністю до штампованих виробів.

Тому найбільш відповідальні деталі машин робляться кованими або штампованими, і чим відповідальніше сама машина, тим більше в ній кованих або штампованих деталей.

Поступаючись обробці різанням за чистотою поверхні та точності розмірів виготовлення, деталей, ковальсько-штампувальне виробництво відрізняється високою продуктивністю, а також високою міцністю і більш низькою вартістю продукції.

Розвиток ковальсько-штампувального виробництва сприяє виготовленню міцних виробів усе більш складних форм з точними розмірами і чистотою поверхнею. Забезпечуючи масовий випуск міцних і в той же час дешевих деталей, ковальсько-штампувальне виробництво є одним з найбільш прогресивних, поступово витісняє інші способи обробки металів і, насамперед, обробку різанням. Перехід до більш досконалих прийомів штампування зменшує трудомісткість подальшої механічної обробки.

На вітчизняних заводах усе більш широке поширення набувають прогресивні технологічні процеси штампування на кривошипних гарячештампувальних пресах і горизонтально-кувальних машинах. До таких технологічних процесів відносяться виготовлення точноштампованих поковок у відкритих штампах, штампування в закритих штампах, штампування видавлюванням у штампах з цільними і рознімними матрицями, комбіноване штампування із застосуванням універсального і спеціалізованого устаткування, а також вдосконалення конструкцій штампів і методів їх кріплення. Замість суцільноблочних штампів застосовуються збірні, в яких швидкозношувані частини (вставки) виготовляють зі спеціальних марок сталей, а

блок зі звичайної вуглецевої сталі.

Вельми перспективним новим методом гарячого штампування, що забезпечує значне підвищення комплексу механічних властивостей сталей і сплавів, надійність деталей машин, є штампування поковок із застосуванням термомеханічної обробки, сутність якої полягає в поєднанні пластичної деформації та термічної обробки.

Розвиток прогресивних технологічних процесів направлено на зниження витрат металу та отримання високоякісних поковок, що за своєю формою та розмірами максимально наближаються до готової деталі з мінімальними припусками або взагалі не потребують подальшої механічної обробки; на збільшення продуктивності устаткування, скорочення трудових витрат на виготовлення поковок і зниження собівартості деталей, а також на поліпшення умов праці в гарячештампувальних цехах.

1 ШТАМПУВАННЯ НА МОЛОТАХ

Процес штампування на молотах полягає в заповненні деформується металом порожнин штампів. Порожнини, в яких метал, що знаходиться в пластичному стані, піддається деформації, називаються рівчакми. Рівчак, що представляє собою точний відбиток виготовляється поковки, називається кінцевим рівчаком штампа. Решта рівчаків штампа є допоміжними або заготівельними, які служать для зміни розмірів вихідної заготовки для надання їй оптимальної форми, яка буде сприяти бездефектної її деформації. Кінцевий рівчак як і інші рівчаки, розташовуються зазвичай в двох частинах молотового штампа: у нижній частині штампа і верхньої частини штампа. Нижня частина штампа закріплюється через штампотримач в нерухомій частині молота – шаботі, а верхня частина штампа кріпиться в зворотно-поступально рухливій бабі молота.

У простому випадку штампування може бути здійсненим за один перехід, якому в штампі відповідає один кінцевий рівчак. Штампування здійснюється наступним чином: вихідна заготовка нагріта до необхідної температури, встановлюється в рівчак нижнього штампа і по ній зі зростаючою силою наноситься ряд ударів верхньою частиною штампа. Зазвичай процес триває до зіткнення частин штампа по поверхні роз'єму. Для отримання чіткого заповнення кінцевого рівчака штампа і добре оформленої поковки об'єм вихідної заготовки повинен бути трохи більшим об'єму готової поковки. Надлишок металу витісняється в спеціальну порожнину, розташовану навколо кінцевого рівчака, що називається облойною канавкою. Таким чином після закінчення штампування на молоті і видалення поковки з кінцевого рівчака остання має розташований навколо неї облой. Видалення облою проводиться в обрізному штампі, що встановлюється на обрізний прес.

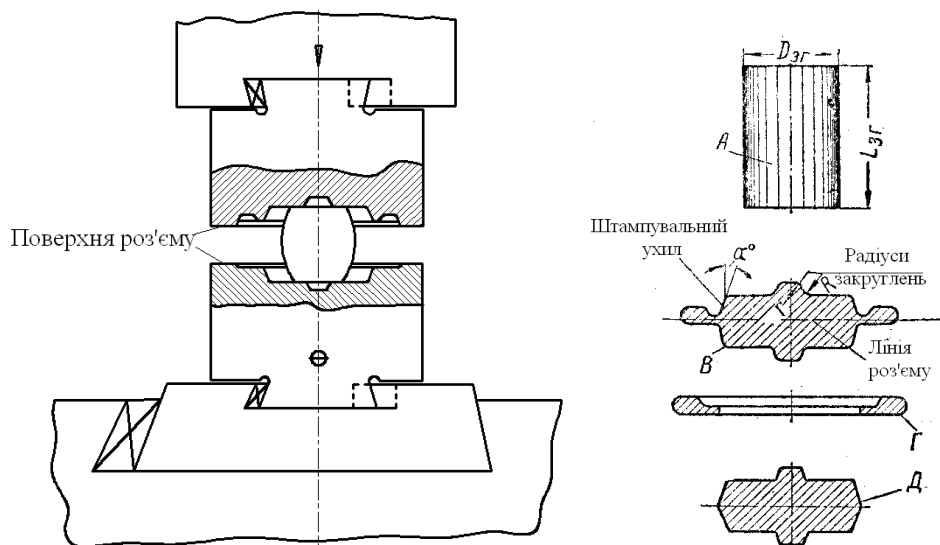
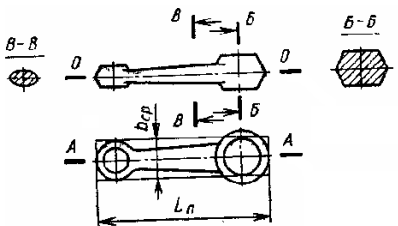
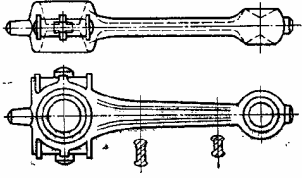
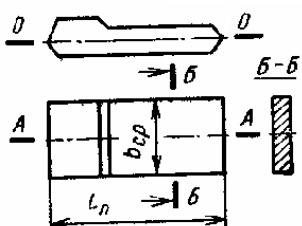
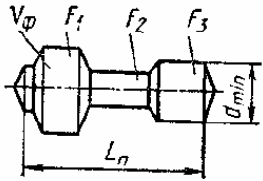
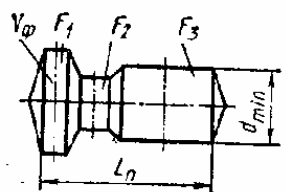
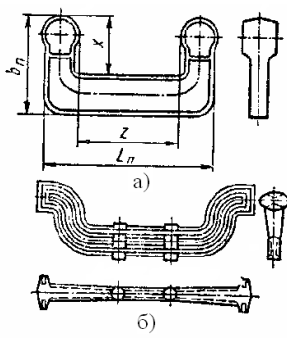
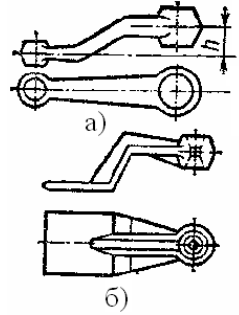
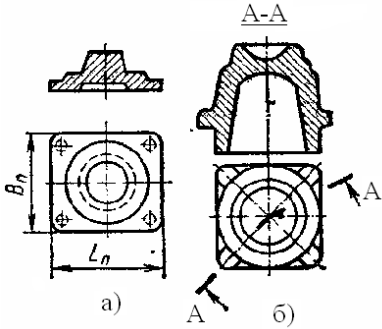


Рисунок 1.1 – Схема кріплення верхньої і нижньої частини штампу в молоті

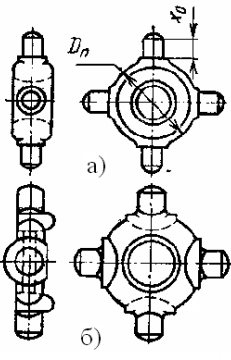
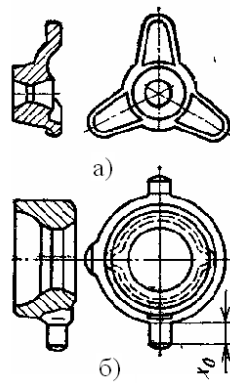
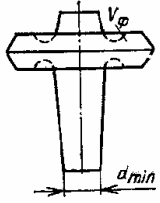
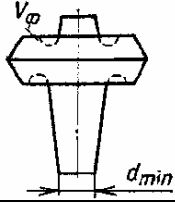
Таблиця 1.1 – Класифікація поковок що штампуються на молотах

Основна характеристика	Тип поковки	
	А	Б
1 група. Поковки, що штампуються перпендикулярно вісі заготовки.		
1 підгрупа. Із прямою лінією рознімання О-О і прямою подовженою головною віссю А-А. Співвідношення довжини до середньої ширини поковки більше 2.5	3 простими поперечними перетинами, що одержують при незначному видавлюванні металу. 	Зі складними поперечними перетинами, що одержують при значному видавлюванні металу. 
2 підгрупа. З прямою лінією рознімання і прямою подовженою головною віссю при відношенні довжини до середньої ширини поковки від 1.5 до 2.5.	Теж що і для першої підгрупи. 	
3 підгрупа. Подовжені в плані з прямою віссю, мають фланець або борт, з невеликою різницею в площах поперечних перерізів на інших ділянках поковки.	З фланцем відносно невеликого об'єму. $V_{\phi} > 3 \frac{\pi d_{\min}^3}{4}$ 	З фланцем великого об'єму. $V_{\phi} < 3 \frac{\pi d_{\min}^3}{4}$ 
4 підгрупа. З вигнутою віссю у яких головна вісь або лінія розніму являє собою криву лінію.	З кривою головною віссю. 	З кривою лінією рознімання. 

Продовження таблиці 1.1

<p>5 підгрупа. Подовжені з відростками і розвилками з головною віссю, яка на деякій ділянці проходить не по тілу поковки а між її елементами що складають розвилку.</p>	<p>З витягнутою віссю та відростком</p> 	<p>З розвилкою.</p> 
<p>6 підгрупа. Подовжені з комбінованою формою виготовляються з розділенням процесу і комбінуванням агрегатів відповідно до специфіки окремих ділянок поковки.</p>	<p>Виготовляються на штампувальному молоті в поєднанні з пресом або спеціальними машинами.</p> 	<p>Виготовляються на штампувальному молоті в поєднанні з ГKM.</p> 
<p>2 група. Поковки що штампуються вздовж вісі заготовки.</p>		
<p>1 підгрупа. Круглі і квадратні в плані; типу кілець, втулок, шестерен, круглих фланців.</p>	<p>Круглі що штампуються з переважним осадженням і видавлюванням металу або осадженням і прошиванням з роздачею.</p> 	<p>Квадратні що штампуються з переважним осадженням і видавлюванням металу або осадженням і прошиванням з роздачею.</p> 

Продовження таблиці 1.1

<p>2 підгрупа. Типу хрестовин; круглі і квадратні в плані з різно розташованими відростками.</p>	<p>Типу хрестовин з чотирма симетрично розташованими відростками однакової довжини.</p> 	<p>З трьома симетрично розташованими відростками різної довжини</p> 
<p>3 підгрупа. Типу стрижня з фланцем і циліндричним і конічним стрижнем без западин.</p>	<p>З відносно невеликим об'ємом фланця.</p> $V_{\Phi} < 3 \frac{\pi d_{\min}^3}{4}$ 	<p>З відносно великим об'ємом фланця.</p> $V_{\Phi} > 3 \frac{\pi d_{\min}^3}{4}$ 

1.1 Розроблення кресленика поковки

Вихідною інформацією для розроблення кресленика поковки є кресленика деталі із зазначеними на ньому розмірами, граничними відхиленнями розмірів, шорсткістю поверхонь, маркою матеріалу і установочними базами. Перед конструюванням поковки необхідно встановити умови експлуатації деталі, технологію обробки після штампування, а також можливість і раціональність:

- зміни конструкції деталі для спрощення процесу штампування;
- збільшення шорсткості поверхонь деталі, що не дотикаються в процесі експлуатації з поверхнями інших деталей, для зменшення об'єму подальшої обробки;
- виготовлення двох і більше деталей в одній поковці з подальшим її розділенням;
- отримання деталі зварюванням окремих поковок;
- виготовлення симетричної поковки, що об'єднує дві несиметричні деталі;
- отримання поковки комбінуванням штампування на молоті з обро-

бкою на інших ковальсько-штампувальних машинах;

- заміни обробки різанням калібруванням;
- застосування групової поковки, з якої обробкою різанням можливо отримувати невеликі партії однакових за формою, але різних за розмірами деталей;

- отримання поковок в мало- і безоблойних кінцевих рівчаках замість штампування у відкритих рівчаках штампів;

- штампування поковок без ухилів з наступним обтисканням і виправленням при обрізанні облою і пробиванні перемички.

Розроблення кресленика поковки полягає в послідовному вирішенні таких питань:

- вибір положення поверхні розніму;
- визначення орієнтовної маси поковки, призначення припусків на обробку різанням, допусків на виготовлення поковки і зовнішніх радіусів закруглень поковки;

- призначення напусків на отвори і проточки, внутрішніх радіусів закруглень та штампувальних ухилів;

- проектування наміток отворів і поглиблень;

- побудова ліній розніму;

- оформлення кресленика поковки.

Поверхня розніму – це поверхня, по якій сполучаються верхня і нижня частини штампа. У відкритому штампі на цій поверхні передбачають облойну канавку, яку заповнюють надлишком металу що витікає із рівчака, що утворює облой. При виборі положення розніму необхідно виконати умови:

- поковка повинна вільно видалятися з верхньої і нижньої частин штампа, для чого рознім розташовують у площині перетину поковки з найбільшим периметром, що забезпечує найменшу глибину і найбільшу ширину рівчака;

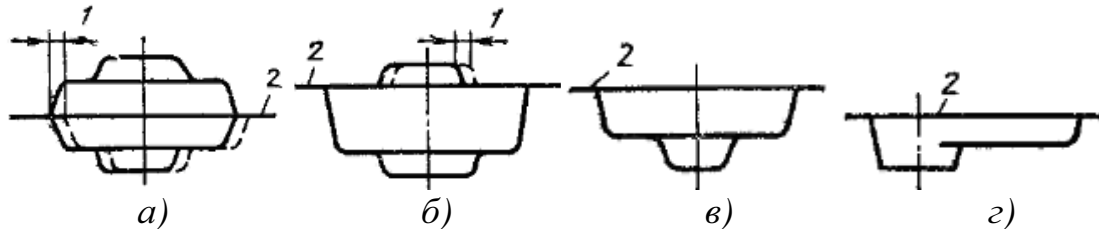
- взаємне розташування поверхні розніму і поковки повинно виключати виступи чи поглиблення на бічних поверхнях поковки;

- рівчаки орієнтують таким чином, щоб їх заповнення здійснювалося за рахунок осадження, а не видавлювання, при цьому порожнини під тонкі і високі ребра, бобишки і припливи рекомендується розташовувати у верхній половині штампа;

- бажано, щоб поверхня розніму перетиналася вертикальними утворюючими поковки, що спрощує контроль зміщення частин штампа, наприклад, під час обрізання облою (рис. 1.2. а і б); для плоских поковок рознім може бути зміщений до верхньої поверхні (рис. 1.2. в і г); для підвищення міцності поковки розташовувати рознім біля поверхні, що займає крайнє верхнє або крайнє нижнє положення, так як перерізані волокна облою знижують опір руйнуванню під дією навантажень і агресивних середовищ (рис. 1.3. а), або розміщувати в площині розніму валок (рис. 1.3. б) з круговим розташуванням волокон (рис. 1.3. в і г); валок частково або повністю видаляють при подальшій обробці різання; поковка, що штампується без

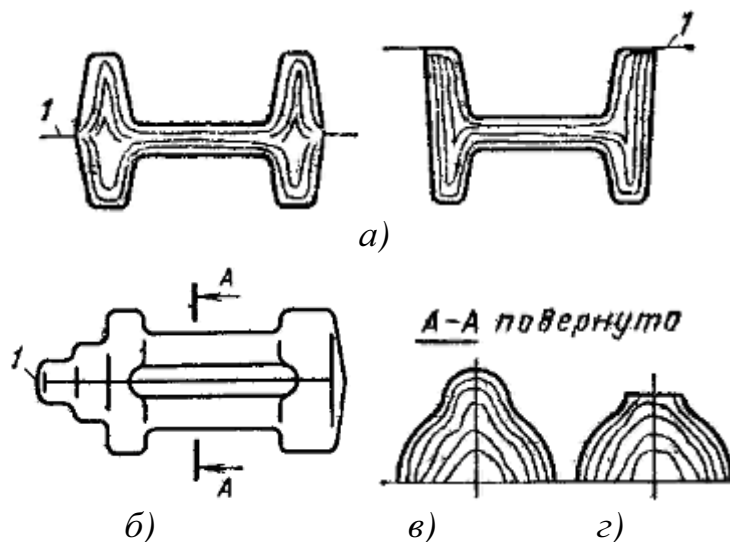
облою, має кращі експлуатаційні якості, так як відсутні перерізані при видаленні облою волокна;

- при неплоскій поверхні розніму горизонтальні зсувні зусилля компенсують замками, направляючими колонками, симетричним розташуванням двох неплоских поковок або поворотом неплоскої поковки таким чином, щоб кінці її опинилися на одному рівні.



а – правильне; б – неправильне; в – зміщене для плоскої круглої поковки; з – зміщене для плоскої подовженою в плані поковки; 1 – зсув половин штампна; 2 – поверхня розніму

Рисунок 1.2 – Положення поверхні розніму



а – зміщенням поверхні розніму; б – розміщенням валку в площині розніму; в – розташуванням волокон в перерізі поковки; з – розташування волокон в перерізі деталі після часткового видалення валку в процесі обробки різанням; 1 – поверхня розніму

Рисунок 1.3 – Підвищення механічних та експлуатаційних якостей поковки

Припуски, допуски і зовнішні радіуси закруглень.

В припусках для подальшої обробки повинні бути враховані: вм'ятини від окалини. Шар знеуглецьованого металу, спотворення форми поверхні і інші можливі дефекти.

В допусках враховують недоштампування по висоті, коливання розмірів рівчака штампа в результаті зносу, зсув половин штампа, викривлення і ряд інших чинників.

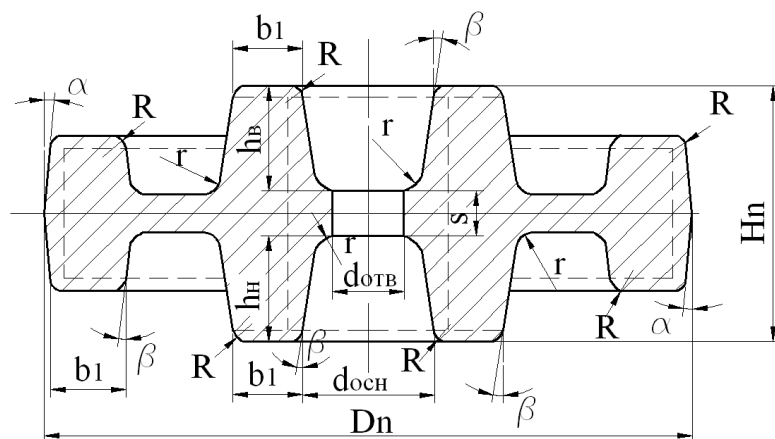
Припуски і допуски на сталеві поковки призначають по ГОСТ 7505-89.

Призначення допусків на розміри поковок, що штампуються в закритих рівчаках осадженням в торець, має ряд особливостей і виконується в наступній послідовності:

- вибирають за ГОСТ 7505-89 допуски на розміри;
- визначають об'єм поковки за максимальними горизонтальним і мінімальним вертикальним її розмірами;
- за об'ємом поковки і з урахуванням угару металу визначають мінімальну довжину заготовки з прокату з урахуванням нижнього відхилення розміру поперечного перерізу;
- встановивши допуск на довжину заготовки, розраховують її максимальний об'єм; в розрахунках довжину і розміри заготовки беруть з позитивними відхиленнями;
- знаходять різницю об'ємів заготовки (мінімального і максимального);
- діленням цієї різниці на площу проекції поковки на площину рознімання, отримують значення відхилень розмірів поковки, від номінальних по висоті, тобто верхні відхилення розмірів, а нижнє відхилення при цьому залишається таким, яким воно передбачено в ГОСТі.

Для отримання більш точних по висоті поковок, що штампуються в закритих штампах, заготовки сортують по масі.

При конструюванні поковок передбачають зовнішні радіуси заокруглень R (рис. 1.4) для запобігання концентрації напружень, разгарних тріщин в кутках гравюри рівчака штампа, зниження зусиль, необхідних для заповнення кутів і забезпечення плавної зміни напрямку волокон. Найменші значення R залежать від маси поковки і глибини порожнини рівчака.



R і r – зовнішні і внутрішні радіуси відповідно; α і β – зовнішні і внутрішні штампувальні відхилення відповідно; D_n – діаметр поковки; H_n – висота поковки; h_n і h_v – глибина відповідно нижньої і верхньої намітки під отвір

Рисунок 1.4 – Креслення поковки

Напуски (внутрішні радіуси закруглень, напуски на отвори проточки, штампувальні ухили).

Радіуси закруглення внутрішніх кутів поковки r (див. рис. 1.4) впливають на умови течії металу, стійкість штампа і якість поковок. Внутрішні радіуси повинні бути в 3 – 4 рази більше зовнішніх радіусів, в іншому випадку можливе утворення затисків чи перерізів волокон. Величину зовнішніх радіусів закруглень вибирають за ГОСТ 7505-89 в залежності від орієнтовної маси поковки і глибини рівчака штампа.

Для глибоких наміток внутрішній радіус

$$r = 3 + \left(2 + \frac{h}{b}\right) 0.01 D_n ;$$

у всіх інших випадках

$$r = 2.4 + \left(2 + \frac{h}{b}\right) 0.008 D_n .$$

У цих формулах D_n – діаметр поковки, мм.

Значення радіусів закруглень рекомендується обирати з ряду: 0.8; 1; 1.5; 2; 2.5; 3. 4. 5. 6. 8. 10. 125; 20; 25; 30 і прагнути до їх уніфікації (для однієї поковки), так як це суттєво знижує трудомісткість виготовлення штампа і ріжучого інструменту.

Проточки, розташовані в площинах, перпендикулярних до напрямку переміщення баби молота, виступи і поглиблення, які не доцільно виконати при подальшій обробці, закривають напуском. Виробник має право закрити напуском отвори, діаметр яких не перевищує 30 мм.

Штампувальні ухили полегшують видалення поковки із рівчака. Ухили α (див. рис. 1.4) призначають на зовнішні поверхні поковки, які при охолодженні відходять від стінок рівчака; ухили β призначають на поверхні, що охоплюють виступаючі частини рівчака. Максимально допустимі штампувальні ухили відповідно до ГОСТ 7505-89 становлять: для зовнішніх поверхонь – 7° і для внутрішніх – 10° . З метою уніфікації ріжучого і вимірювального інструмента значення ухилів рекомендується вибирати з ряду: 1. 3. 5. 7. 10. 12 і 15.

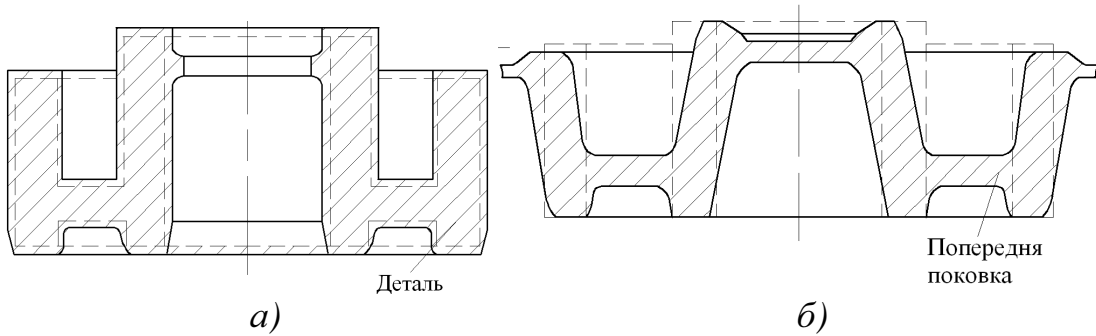
Економію металу (до 10%) отримують при виготовленні поковок з природними ухилами і подальшою її виправленням.

В цьому випадку кресленик поковки, спроектованої без ухилів (вертикальні утворюють мають природний ухил; рис. 1.5. а), є кінцевим креслеником (рис. 1.5. б). При обрізанні облою і пробиванні перетинки поковку піддають правці.

Проектування заглиблень і отворів. Практично можливе отримання наміток отворів (див. рис. 1.4) з діаметром основи

$$d_{\text{осн. min}} = 24 + 0.0625 D_n ,$$

де D_n – діаметр поковки, мм.



а – поковка, що спроектована без ухилів; б – поковка, із природними ухилами, що підлягає послідовній правці

Рисунок 1.5 – Поковка, що штампується без ухилів із послідовним виправленням

Намітка верхнім знаком виконується глибиною $h_{\text{в}} \leq D_{\text{осн}}$; нижнім знаком – глибиною $h_{\text{н}} \leq 0.8 D_{\text{осн}}$. Мінімальна ширина кільцевого виступу поковки встановлюється розміром поковки:

$$b_{1\text{min}} = 10 + 0.625 D_n .$$

Якщо ширина виступу $b_1 > b_{1\text{min}}$, то цей виступ отримують в поковці за умови, що $h/b_1 \leq 0.8$. В іншому випадку призначається напуск.

Товщина плоскої перетинки (рис. 1.6. а) може бути встановлена за формулою:

$$S = 0.45 \sqrt{d_{\text{осн}} - 0.25 h - 5} + 0.6 \sqrt{h} ,$$

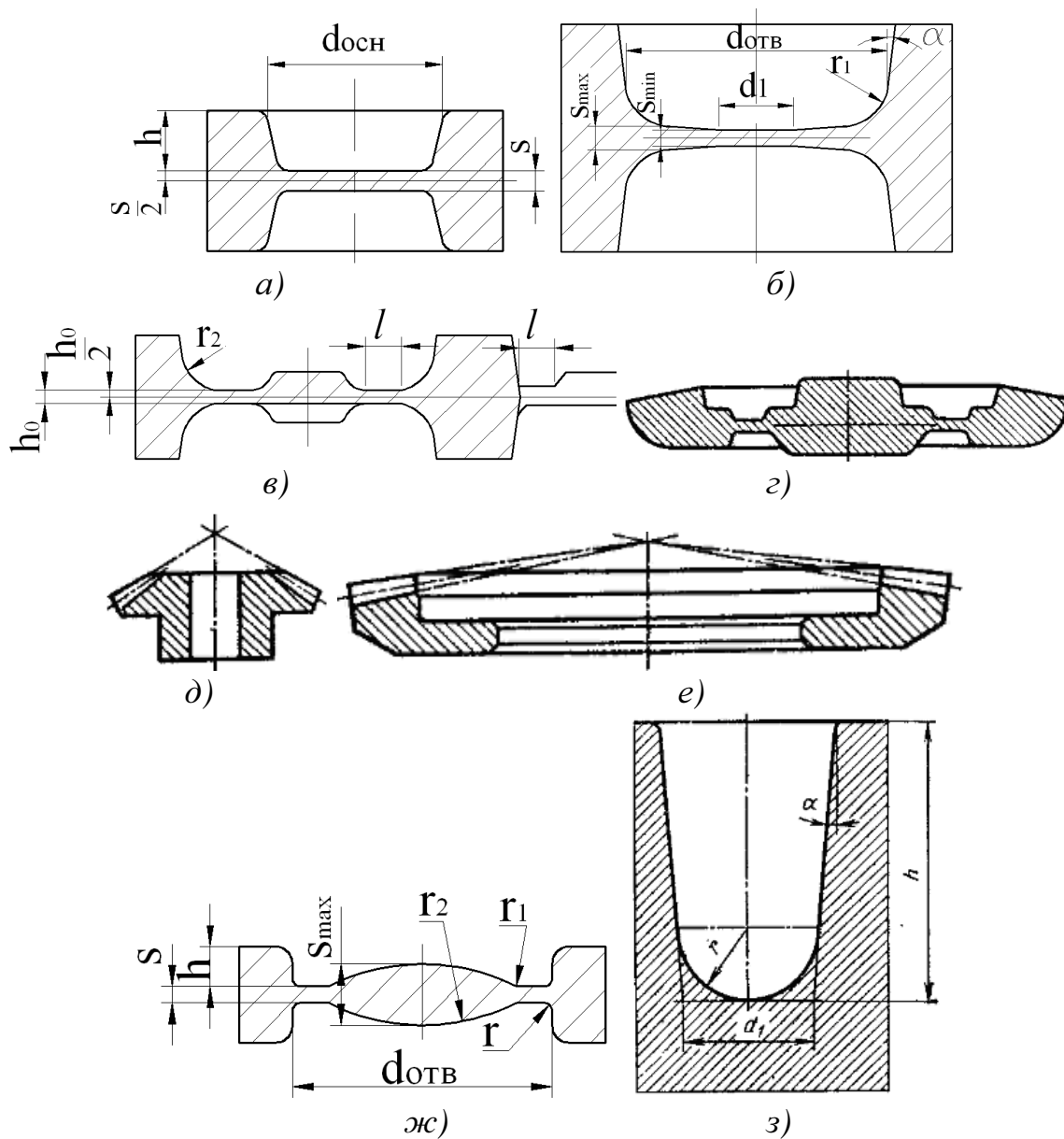
При $h/d_{\text{осн}} < 0.4$ замість плоских наміток рекомендується намітки із розкосом (див. рис. 1.6. б), при цьому товщина перетинки $s_{\text{min}} = 1.35 s$, де s слід встановлювати так же, як і для плоскої перетинки, а $d_1 = 0.12 d_{\text{осн}} + 3$ мм.

Радіуси закруглень вершин наміток в попередньому, а також в кінцевому рівчаках, якщо штампування проводиться без попереднього рівчака, рекомендується встановлювати за формулою:

$$r_1 = r + 0.1 h + 2 \text{ мм} ,$$

де r – внутрішній радіус закруглення даної поковки, мм, h – глибина намітки, мм.

При штампуванні із застосуванням попереднього рівчака з розкосом в кінцевому рівчаку можна передбачити плоску намітку або намітку з магазином (див. рис. 1.6. в), причому радіус закруглення r_2 повинен бути вдвічі менше відповідного радіуса в попередньому рівчаку, а розміри $\frac{h_0}{2}$ і l перетинки визначають так само, як і для нормальної облойної канавки штампа для даної поковки. З метою економії металу замість магазину в перемичці можна штампувати поковку з відповідними габаритними розмірами (див. рис. 1.6 г).



а – плоска; б – із розкосом; в – із магазином; г – здвоєна поковка; д і е – деталі; ж – перетинка із карманом; з – глуха намітка (поглиблення)

Рисунок 1.6 – Перетинки в намітках отворів і поглиблень

Для низьких поковок при $h/d < 0.07$ після штампування в поперечному рівчаку з плоскою наміткою для зниження зусилля і підвищення стійкості знаків кінцевого рівчака рекомендуються намітки з карманом (див. рис. 1.6. ж). Після штампування в кінцевому рівчаку карман повинен залишатися трохи незаповненим. При цьому товщина перетинки $S = 0.4\sqrt{d_{осн}}$, глибина карману $S_{max} = 5 S$, а радіус закруглення $r_1 = 5 h$. Радіус r_2 підбирають графічно.

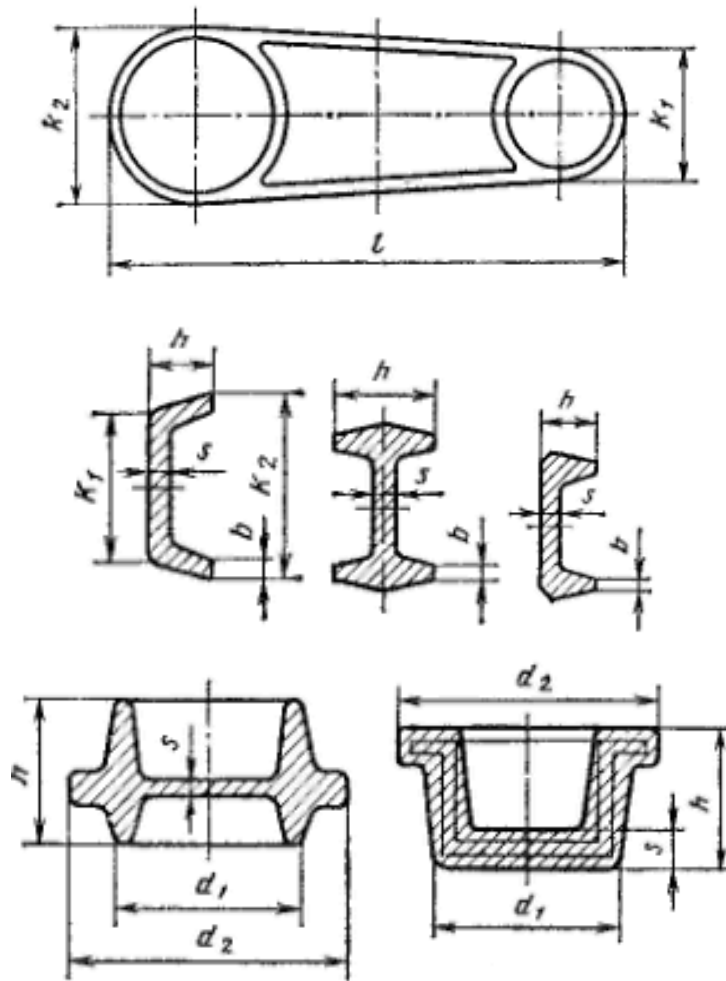
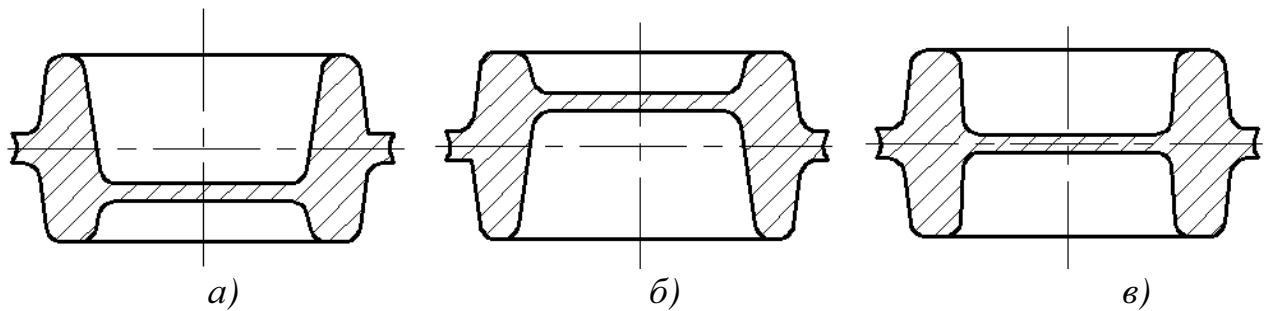


Рисунок 1.7 – Параметри круглих і подовжених в плані поковок із плоским дном або перетинкою

Якщо глибина отвору що намічається $h > 1.7 d_{осн}$ або після призначення радіуса закруглення, що визначений за формулою $r_1 = r + 0.1 h + 2$ мм, не залишається плоскої ділянки, то обмежуються глухою наміткою (див. рис. 1.6. в). Радіус закруглення глухої намітки

$$r = \frac{d}{2 \operatorname{tg}(45^\circ - \frac{\alpha}{2})}.$$

Для двосторонньої намітки рекомендується зміщати поверхню внутрішнього розніму, а з ним і перетинку по відношенню до поверхні зовнішнього розніму (рис. 1.8), що значно полегшує центрування поковки в кінцевому рівчаку.



а – рекомендований; б – можливий; в – небажаний

Рисунок 1.8 – Варіанти розміщення перетинки в намітці отвору

Лінія розніму утворюється на перетині поверхні розніму з утворюючими (як зовнішніми, так і внутрішніми) контуру поковки.

При проектуванні лінії розніму рекомендується:

розташовувати лінію розніму в одній площині, що спрощує конструкцію обрізного штампа (в іншому випадку ускладнюється конструкція обрізної матриці і можливо викривлення поковки);

коригувати ухили і, можливо, збільшити об'єм металу в напуску при несиметричному розташуванні лінії розніму щодо поковки (рис. 1.9);

зміщати лінію розніму, щоб отримати площину, а при виготовленні штампа стругану поверхню замість фрезерованої або лінію розніму, що складається з прямих ліній, сполучених радіусами, замість лінії розніму складної конфігурації; зміщувати лінію розніму рекомендується також для отримання більш сприятливого розташування волокон металу;

зміщати внутрішню лінію розніму щодо зовнішньої, що підвищує стійкість знаків і дозволяє краще фіксувати заготовку в рівчаку.

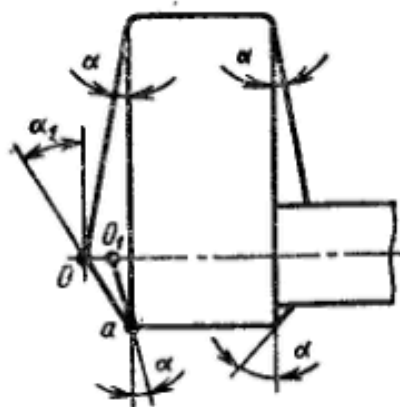


Рисунок 1.9 – Коригування кута нахилу при несиметричному розташуванні лінії розніму щодо поковки

При штампуванні в закритому штампі зовнішню лінію розніму передбачають на бічній поверхні поковки у її верхній або нижньої кромки, при цьому штампувальні ухили повинні бути спрямовані в одну сторону. Внутрішню лінію розніму А (рис. 1.10) слід розташовувати відповідно в 1.5-4 рази ближче до дна площині рівчака, ніж до розніму штампа.

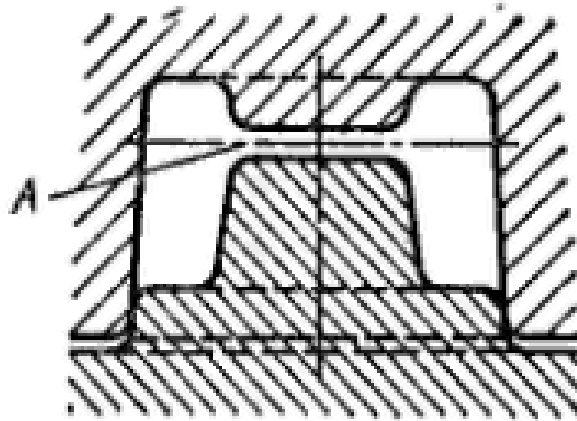


Рисунок 1.10 – Положення внутрішньої і зовнішньої ліній розніму в закритому рівчаку штампа

1.2 Облой і облойні канавки

Типи канавок, що застосовуються у відкритих штампах, показані на рис. 1.11.

Канавка типу I забезпечує велику стійкість виступу (містка) так як верхня половина штампа прогрівається менше, ніж нижня.

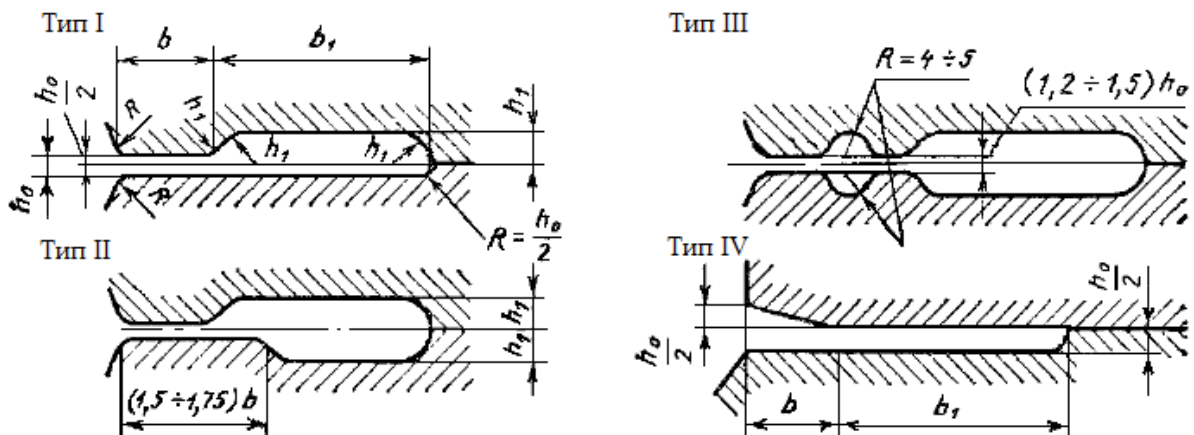


Рисунок 1.11 – Типи облойних канавок

Магазин висотою h_1 можна виконати в нижній половині штампа. Та-

кий варіант доцільний при обрізанні облою з поворотом поковки, тобто в положенні, зворотному положенню поковки в кінцевому рівчаку штампа, так як бажане укладання поковки на матриці плоскою стороною облою, а також у тому випадку, якщо поковка цілком розміщується в нижній половині штампа.

Канавку типу II рекомендується використовувати в тих випадках, коли поковку не можна відштампувати з нормальним облоєм, наприклад, коли за умовами виробництва не можна здійснити точну відрізку заготовки і об'єм заготовки сильно коливається. Канавку цього типу застосовують для збільшення об'єму магазину при штампуванні складних поковок. Для поковок подовженої форми облойну канавку типу II слід застосовувати, якщо заготівельні рівчаки не забезпечують розподілу металу відповідно до площин поперечних перерізів поковки. Тому канавку типу II допускається виконувати на окремих ділянках контуру, де заготівельні операції не забезпечують видалення надлишку металу у вихідній заготовці. Основну ж частину контуру кінцевого рівчака оснащують канавкою типу I. Ширину містка в нижній половині штампа збільшують з метою підвищення стійкості містка і для більш зручної укладки поковки на поясok обрізаної матриці.

Канавку типу III застосовують в тому випадку, якщо необхідно різко підвищити опір течії металу на деяких ділянках кінцевого рівчака, з тим щоб забезпечити заповнення глибоких і складних порожнин штампа. При цьому на частині заготовки передбачають збільшений надлишок металу. Канавку цього типу передбачають на окремих ділянках контуру фігури рівчака.

У канавці типу IV відсутній магазин для облою, а залишається тільки гальмуючий місток з нахилом. Канавку цього типу застосовують для круглих в плані поковок, які зазвичай штампують із застосуванням тільки кінцевого рівчака (маловідходне штампування).

У табл. 1.2 наведено рекомендовані розміри і площі Соб.к. поперечного перерізу для облойної канавки типу I.

Товщину облою на містку рекомендується визначити в залежності від форми поковки в плані:

для поковок довільної форми з площею поперечного перерізу F_n :

$$h_0 = 0.015 \sqrt{F_n};$$

для квадратних поковок зі стороною квадрата A_n :

$$h_0 = 0.015 A_n;$$

для круглих поковок діаметром D_n :

$$h_0 = 0.015 D_n;$$

Округливши результат, підбирають по табл. 1.2 найближче значення h_0 і визначають номер канавки, а отже, і інші розміри канавки:

$$h_1, R_1, b, b_1.$$

Якщо більш складний елемент переважає в загальній формі поковки, то рекомендується вздовж всього периметра кінцевого рівчака застосовувати облойную канавку однакової ширини відповідно до форми поперечного перерізу цього складного елемента. Якщо ж більш складний елемент поковки становить порівняно невелику її частину (за величиною площі в плані), то для нього можна встановити більшу ширину облойной канавки відповідно до форми його поперечного перерізу, ніж на решті периметру поковки (див. b і b_1 , а також b' і b_1' на рис. 1.13).

Таблиця 1.2 – Розміри (мм) облойних канавок типу I (див. рис. 1.11)

Номер канавки	h_0	h_1	R при глибині рі- вчака, мм			Номер канавки в залежності від формозміни при штампуванні								
			До 20	20 – 40	св. 40	1) штампу- вання оса- дженням або осадженням з елементами видавлювання (см. рис. 1.12. а)			2) штампу- вання видав- люванням поковок не складної фо- рми (рис. 1.12. а)			3) штампуван- ня поковок складної фор- ми з елемен- тами що важко заповнюються та глибокими порожнинами (рис. 1.12. в)		
						b	b_1	Соб. к, см ²	b	b_1	Соб. к, см ²	b	b_1	Соб.к , см ²
1	0.6	3	1	1	1.5	6	18	0.52	6	20	0.61	8	22	0.74
2	0.8	3	1	1.5	1.5	6	20	0.69	7	22	0.77	9	25	0.88
3	1	3	1	1.5	2	7	22	0.8	8	25	0.91	10	28	1.04
4	1.6	3.5	1	1.5	2	8	22	1.02	9	25	1.13	11	30	1.55
5	2	4	1.5	2	2.5	9	25	1.36	10	28	1.53	12	32	1.77
6	3	5	1.5	2	2.5	10	28	2.01	12	32	2.33	14	38	2.78
7	4	6	2	2.5	3	11	30	2.68	14	38	3.44	16	42	3.85
8	5	7	2	2.5	3	12	32	3.43	15	40	4.34	18	46	5.06
9	6	8	2.5	3	3.5	13	35	4.35	16	42	5.3	20	50	6.42
10	8	10	3	3.5	4	14	38	6.01	18	46	7.45	22	55	9.03
11	10	12	3	3.5	4	15	40	7.68	20	50	9.88	25	60	12.08

Якщо контур канавки, який побудовано на поверхні штампу вздовж контуру поковки в плані, виходить багатоступінчастим і складної форми, то із метою його спрощення рекомендується прийняти за табл. 1.2 загальну

ширину $b + b_1$ витримувати лише на деяких ділянках контуру, а на інших ділянках контуру загальна ширина канавки повинна бути більше ніж $b + b_1$ (рис. 1.12).

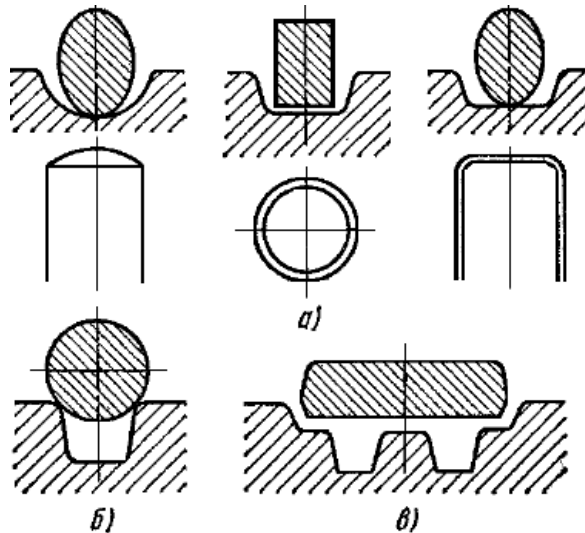


Рисунок 1.12 – Штампування осадженням (а) і видавлюванням (б і в)

Розміри канавок типів II і III встановлюють за табл. 1.2 (канавка номер 3 по горизонталі); розміри канавок типу IV – також за табл. 1.2 (колонка для канавки номер 2).

Об'єм V_0 облою (без врахування внутрішньої плівки) можливо встановити як добуток середньої площі його поперечного перерізу на довжину лінії, що проходить через центри тяжіння поперечних перерізів облою або приблизно за формулою:

$$V_0 = S_0 P_n,$$

де P_n – периметр поковки за лінією розніму, мм.

Для поковок із вагою менше 3 кг замість периметра P_n в розрахунках використовують периметр по центру тяжіння облою, що знаходиться на відстані $(b + b_1)/2$ від крайньої точки контуру поковки. Середня площа поперечного перерізу облою:

$$S_0 = \xi \cdot S_{об.к},$$

де ξ – коефіцієнт, що враховує ступінь заповнення облойної канавки; залежить від форми поковки (або елемента поковки) і складності перетинів (табл. 1.3); $S_{об.к}$ – площа поперечного перерізу облойної канавки для канавок типу I встановлюють за табл. 1.2 або для канавок інших типів – відповідним розрахунком.

Отриманий об'єм облою V_0 за формулою наведеною вище, для важких поковок можна дещо збільшити (приблизно на 20%).

Якщо на окремих ділянках кінцевого рівчака використано облойну

канавку для облою змінної ширини або різної висоти, слід об'єм облою розраховувати як суму об'ємів його частин, біля різних елементів поковки; при встановленні V_0 для кожного елементу необхідно підставляти відповідні цьому елементу значення $S_{об.к}$, P_n і ξ .

Таблиця 1.3 – Значення коефіцієнта ξ заповнення облойної канавки (при використанні розмірів, наведених в табл. 1.2)

Група поковки	Вага поковки, кг	Номер канавки по горизонталі		
		1	2	3
<i>Із подовженою віссю</i>	До 1	0.4	0.5	0.6
	1-5	0.5	0.6	0.7
	Більше 5	0.6	0.7	0.8
<i>Круглі в плані</i>	До 1	0.3	0.4	0.5
	1-5	0.4	0.5	0.6
	Більше 5	0.5	0.6	0.7

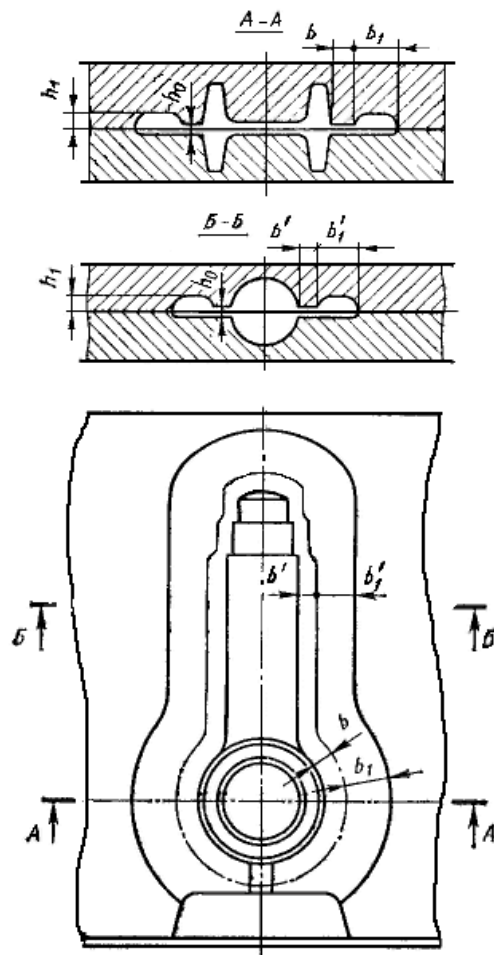


Рисунок 1.13 – Облойна канавка із різною шириною для різних елементів рівчака; $b > b'$, $b_1 > b_1'$

1.3 Рекомендації по розрахунку вихідної заготовки і переходів штампування поковок різних конфігурацій

При виборі рівчаків молотових штамів рекомендується попередньо вивчити, як штамнують поковки із розподілом металу, аналогічним до даної поковки і такої ж ваги і тільки після цього приступити до вибору рівчаків. Далі необхідно намітити розподіл всіх рівчаків в одному штампі. Якщо всі заготівельні і штампувальні рівчаки не розміщуються в одному штампі, то рекомендується штампувати в двох штампах, що встановлені на рядом стоячих молотах. Бажано здійснювати такий процес при одному нагріванні заготовки і з дотриманням засобів механізації для швидкої передачі заготовки із молота на молот.

Штампування на двох молотах здійснюють також в тому випадку, якщо поковка має складну форму. Тому зсув половини штампу повинен бути мінімальним, а розташування штампувальних рівчаків в двох окремих штампах – центральне.

Поковки 1 групи. 1-а підгрупа. Форма поковки визначає вибір того чи іншого рівчака або комбінації рівчаків. При виборі рівчаків використовують так звану розрахункову заготовку, епюри перетинів розрахункової заготовки і коефіцієнти підкочування.

Побудова розрахункової заготовки і епюри перетинів. Розрахунковою називають умовну заготовку із круглими поперечними перетинами, площі яких дорівнюють сумарній площі відповідних перетинів поковки і облою (рис. 1.14):

$$S_{\Sigma} = S_{\Pi} + 2 \cdot S_O = S_{\Pi} + 2 \cdot \xi \cdot S_{OB.K.}$$

де S_{Σ} – площа поперечного перетину розрахункової заготовки в довільному місці; S_{Π} – площа поперечного перерізу поковки в довільному місці, що розрахована за нормальними розмірами із додаванням до вертикальних розмірів половини додатного відхилення; S_O – площа перетину облою; $S_{OB.K.}$ – площа перетину облойної канавки, яка встановлюється за табл. 1.2.

Діаметр розрахункової заготовки в будь якому перетині встановлюють із рівняння:

$$\frac{\pi \cdot d_{\Sigma}^2}{4} = S_{\Sigma}; \quad d_{\Sigma} = 1,13 \cdot \sqrt{S_{\Sigma}}.$$

Розрахувавши ряд значень d_{Σ} для характерних поперечних перетинів поковки, відкладають відрізки отриманих діаметрів по лініям площин цих перетинів, розподілив їх симетрично по відношенню до вісі і з'єднав поспідовно по ділянках прямими лініями характерні точки, отримують крес-

леник розрахункової заготовки або епюри приведених діаметрів.

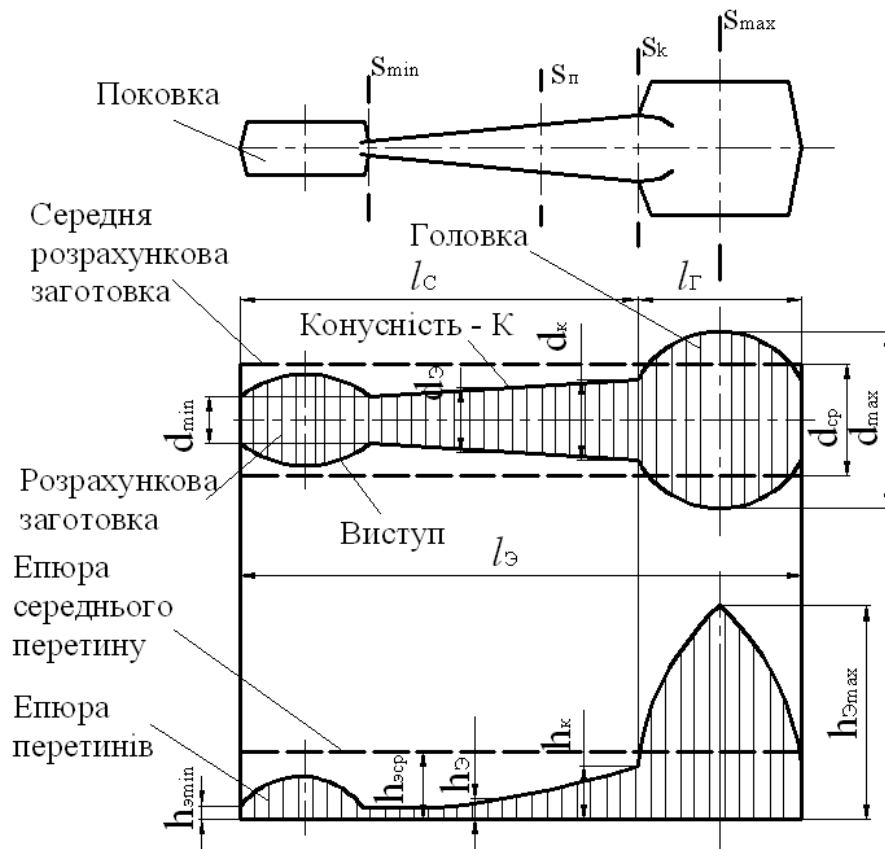


Рисунок 1.14 – Елементарна розрахункова заготовка і епюра її перетинів (по А.В. Ребельскому)

Зображення розрахункової заготовки рекомендується виконувати в масштабі 1:1. Якщо по ординатам відкласти в масштабі М величини площі характерних перетинів $S_{\text{э}}$ в вигляді відрізків, рівних:

$$h_{\text{э}} = \frac{S_{\text{э}}}{M},$$

то, з'єднавши кінці цих відрізків, отримаємо епюру поперечних перетинів розрахункової заготовки. Площі окремих її елементів, помножені на прийнятий масштаб М, являють собою об'єми відповідних елементів розрахункової заготовки:

$$V_x = F_{\text{эx}} \cdot M,$$

де V_x – об'єм любого х-го елемента розрахункової заготовки; $F_{\text{эx}}$ – площа відповідного елемента епюри перетинів.

Об'єм всієї розрахункової заготовки дорівнює

$$V_{\text{э}} = F_{\text{э}} \cdot M.$$

Середньою розрахунковою заготовкою називають циліндр діаметром d_{cp} , довжиною, яка дорівнює довжині поковки ($l_{\text{з}} = l_n$), і об'ємом $V_{n.ob}$, який дорівнює сумі об'ємів поковки V_n і облою V_{ob} :

$$V_{n.ob} = V_n + V_{ob} = V_{\text{з}} = F_{\text{з}} \cdot M.$$

Площа перетину середньої розрахункової заготовки:

$$S_{cp} = \frac{V_{n.ob}}{l_n} = \frac{V_{\text{з}}}{l_{\text{з}}}.$$

Діаметр середньої розрахункової заготовки

$$d_{cp} = 1,13 \cdot \sqrt{S_{cp}}.$$

Об'єм середньої розрахункової заготовки і її діаметр можна також встановити, із використанням епюри поперечних перетинів, попередньо знайшовши її площу $F_{\text{з}}$.

Висота епюри середнього перетину

$$h_{\text{з},cp} = \frac{F_{\text{з}}}{l_{\text{з}}}.$$

Площа перетину середньої розрахункової заготовки з епюри поперечних перетинів

$$S_{cp} = h_{\text{з},cp} \cdot M.$$

При цьому в будь-якому напрямку вісі епюри (за лінією абсцис) прийнято брати масштаб 1:1.

Частина розрахункової заготовки, в межах якої $d_{\text{з}} > d_{cp}$, називають головою. Частина розрахункової заготовки, в межах якої $d_{\text{з}} < d_{cp}$, називають стрижнем.

Різниця об'ємів головки V_{Γ} и середньої заготовки в межах головки називають недостатнім об'ємом:

$$v_{\Gamma} = V_{\Gamma} - \frac{\pi \cdot d_{cp}^2}{4} \cdot l_{\Gamma},$$

де V_{Γ} встановлюють як об'єм тіла обертання.

Значення v_{Γ} іноді зручніше встановлювати через недостатню площу f_{Γ} головки епюри перетинів:

$$v_r = f_r \cdot M.$$

Різність об'ємів середньої заготовки в межах стрижня і стрижня називають надлишковим об'ємом:

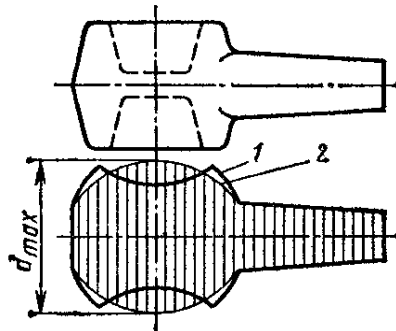
$$v_c = \frac{\pi \cdot d_{cp}^2}{4} \cdot l_c - V_c$$

де v_c встановлюють як об'єм тіла обертання.

Значення v_c іноді зручніше встановлювати через надлишкову площу f_c стрижня епюри:

$$v_c = f_c \cdot M.$$

Якщо головка поковки із отвором або порожниною має на епюрі розрахункової заготовки різку форму (рис. 1.15), то таку епюру необхідно привести до плавної форми, зберігаючи об'єм незмінним.



1 – епюра діаметрів, 2 – приведена епюра діаметрів

Рисунок 1.15 – Приведення розрахункової заготовки із різкою формою головки до плавної форми

Встановивши найбільшу висоту епюри $h_{\text{Эmax}}$, легко знаходять відповідний найбільший діаметр розрахункової заготовки:

$$d_{\text{max}} = 1,13 \cdot \sqrt{S_{\text{max}}} = 1,13 \sqrt{h_{\text{Эmax}} \cdot M}.$$

Конусність стрижня:

$$K = \frac{d_k - d_{\text{min}}}{l_c}.$$

Причому якщо контур стрижня накреслено ломаною або кривою лінією, або стрижень має виступи, то для встановлення розміру переходу стрижня в головку d_k необхідно привести стрижень розрахункової заготовки до виду усіченого конусу, користуючись формулою:

$$d_k = \sqrt{3.82 \cdot \frac{V_c}{l_c} - 0.75 \cdot d_{\min}^2} - 0.5 \cdot d_{\min},$$

де d_{\min} найменший діаметр розрахункової заготовки.

Частіше d_k зручніше встановлювати за допомогою епюри поперечних перерізів. При цьому необхідно мати на увазі, що

$$d_k = 1.13 \cdot \sqrt{S_k} = 1.13 \sqrt{h_k \cdot M}$$

і що епюру на ділянці стрижня можна привести до форми трапеції, тоді h_k встановлюють за формулою:

$$h_k \approx \frac{2 \cdot F_{\Sigma c}}{l_c} - h_{\Sigma \min},$$

де $F_{\Sigma c}$ – площа приведеної епюри стрижня; $h_{\Sigma \min}$ – див. рис. 1.14.

Розрахункову заготовку із однією головкою і одностороннє розташованим стрижнем називають елементарною розрахунковою заготовкою. Їй буде відповідати елементарна епюра перетинів. Складною є така розрахункова заготовка, яка складається із однієї головки і двохстороннього стрижня або двох і більше головок. Відповідно складною буде і епюра перетинів для цих розрахункових заготовок (рис. 1.16 і 1.17).

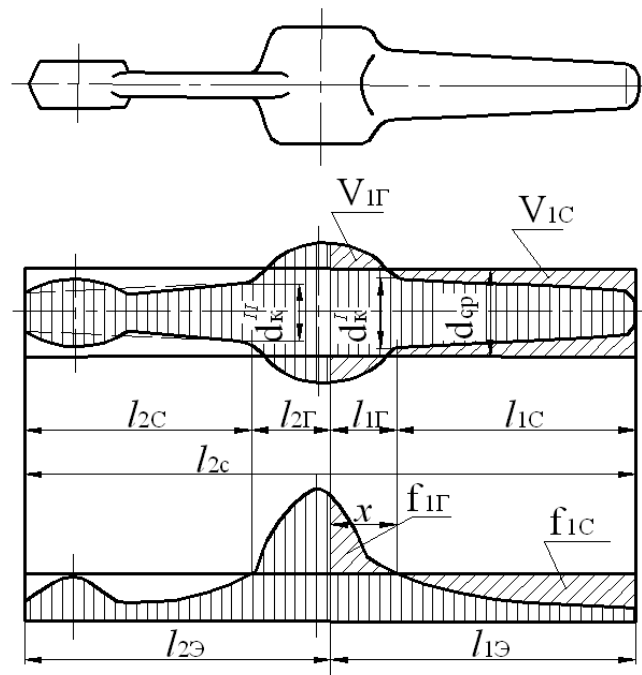


Рисунок 1.16 – Приведення складної епюри головки – двостороннього стрижня до двох елементарних

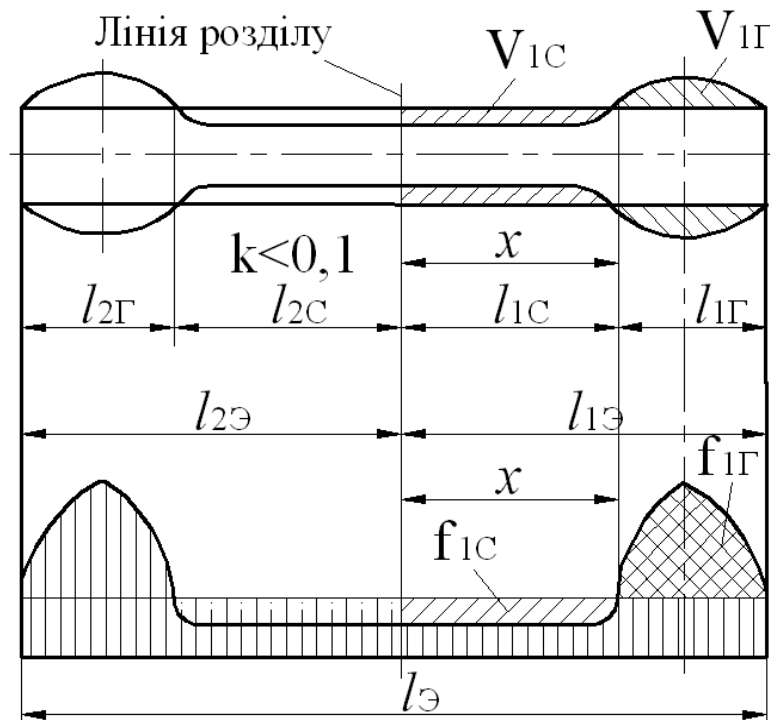


Рисунок 1.17 – Приведення складної епюри стрижня із двома головками до двох елементарних

Складну розрахункову заготовку і відповідно складну епюру перетинів можна представити в вигляді ряду елементарних, побудувавши лінії розділу:

1. Якщо розрахункова заготовка і епюра являють собою головку із двома стрижнями (див. рис. 1.16), то слід знайти таку відстань x , на довжині якої недостатня частина об'єму головки дорівнювалась би надлишковому об'єму дотичного стрижня ($v_{1Г} = v_{1С}$). Положення цієї лінії розподілу простіше знайти на епюрі перетинів, так як необхідно дотримуватись рівності площ $f_{1Г} = f_{1С}$.

Визначивши таким чином лінію розділу, отримаємо дві елементарні епюри з довжинами $l_{1Э}$ і $l_{2Э}$.

2. Якщо розрахункова заготовка і відповідно епюра перерізів являють собою стрижень з двома головками при незначній конусності стрижня, тобто $K \leq 0,1$, то слід розподілити надлишковий об'єм з таким розрахунком, щоб відсутній об'єм в головці $v_{1Г}$ дорівнював надлишкового об'єму $v_{1С}$ на ділянці шуканої довжини стрижня, причому визначати положення лінії розділу x рекомендується з рівності площ на епюрі перетинів $f_{1Г} = f_{1С}$.

3. При наявності двох головок і стрижня з конусністю $K > 0,1$ (рис. 1.18) слід для знаходження лінії розділу відкласти від мінімального перерізу розрахункової заготовки відстань, рівну d_{\min} , і отримати таким штучним прийомом дві ділянки.

Для цих ділянок визначають середні перетини, виходячи з об'ємів або, що простіше, з площ цих ділянок на епюрі перетинів.

У тому випадку, коли головки розрахункової заготовки досить близько розташовані одна до одної, можна шляхом усереднення привести їх до однієї головки.

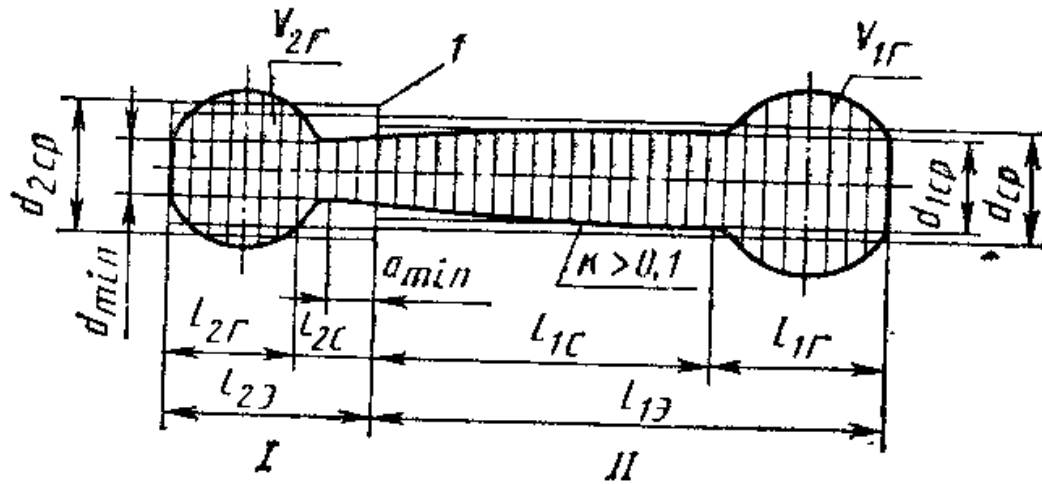


Рисунок 1.18 – Приведення складної заготовки (епюри) дві головки – стрижень до елементарних розрахункових заготовок для випадку коли стрижень має значний ухил (1 – лінія розділу)

4. Якщо на розрахунковій заготовці є межа, від якої починається конусність $K > 0,1$, то цю межу слід вважати лінією розділу. Для отримання двох ділянок будують окремі середні розрахункові заготовки або на епюрі перерізів – окремі епюри середніх перерізів по ділянках.

5. Якщо розрахункова заготовка і відповідно епюра перерізів містять три і більше головки, то приведення такої складної розрахункової заготовки до ряду елементарних проводять відповідно до основного принципу розподілу надлишкового об'єму стрижня між відсутніми об'ємом головки.

6. Для заготовок з трьома і більше головками, деякі ділянки стрижня які мають конусність $K > 0,1$, приведення до елементарних розрахункових заготовок проводять з урахуванням вказівки п. 3.

Коефіцієнт підкочування. Відповідно до отриманих розмірів розрахункової заготовки можна визначити загальний коефіцієнт підкочування:

$$K_{по} = \frac{S_{\max}}{S_{cp}} = \frac{d_{\max}^2}{d_{cp}^2}.$$

Можливі значення коефіцієнта підкочування для окремих рівчаків наведені в табл. 1.4.

Вибір заготівельних рівчаків. При штампуванні поковок 1-ї підгрупи застосовуються заготівельні рівчаки: формувальний, підкочувальний від-

критий і закритий і протяжний. Комбінацію рівчаків вибирають таким чином, щоб

$$K_{\text{по}} \leq K_{\text{пр}},$$

де $K_{\text{пр}}$ дорівнює добутку $K_{\text{п}}$ обраних рівчаків. Наприклад якщо обрані рівчаки: підкочувальний закритий, попередній і кінцевий, то

$$K_{\text{пр}} = 1.6 \cdot 1.1 \cdot 1.05 \approx 1.8.$$

Таблиця 1.4 – Значення коефіцієнта підкочування рівчаків

Рівчак	Коефіцієнт підкочування
Формувальний	1.2
Підкочувальний відкритий	1.3
Підкочувальний закритий	1.6
Попередній	1.1
Кінцевий	1.05

При $K_{\text{по}} > 1.8$ необхідно застосовувати протяжний рівчак.

При виборі заготівельних рівчаків керуються такими правилами:

1. Якщо розрахункова заготовка елементарна, то заготівельні рівчаки вибирають безпосередньо з розрахунку $K_{\text{по}}$. При наявності на розрахунковій заготовці виступів зі співвідношенням $\frac{d_{\text{с}}}{d_{\text{мін}}} > 1.2$ або головки складної

форми рекомендується, крім протяжного рівчака (якщо за розрахунком він необхідний), застосовувати ще формувальний і підкочувальний відкритого типу.

2. При складній розрахунковій заготовці із загальним для всіх ділянок середнім перерізом $d_{\text{ср}}$ визначають заготівельні рівчаки для кожної елементарної розрахункової заготовки і вибирають найбільш трудомісткий процес. Наприклад, якщо для трьох ділянок складної епюри відповідно потрібно з розрахунку протяжний підкочувальний відкритий і підкочувальний закритий рівчаки, то для розрахункової заготовки в цілому слід застосовувати протяжний і підкочувальний закритий рівчаки.

Якщо за розрахунком для всіх ділянок виходить тільки протяжний рівчак, то із метою фіксації відстаней між головками рекомендується застосовувати ще формувальний або підкочувальний відкритий рівчаки.

3. При складній розрахунковій заготовці з різними середніми перерізами по ділянках заготівельні рівчаки визначають для кожної елементарної розрахункової заготовки, виходячи з її максимального і середнього діамет-