

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ**

**Методичні рекомендації
до виконання самостійної роботи студентів
з навчальної дисципліни**

"МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО"

**для студентів напряму підготовки
6.051501 "Видавничо-поліграфічна справа"
всіх форм навчання**

**Харків
ХНЕУ ім. С. Кузнеця
2016**

Затверджено на засіданні кафедри техніки і технології.
Протокол № 1 від 26.08.2015 р.

Самостійне електронне текстове мережеве видання

Укладачі: А. Г. Крюк
С. О. Дитиненко

Методичні рекомендації до виконання самостійної роботи студентів з навчальної дисципліни "Матеріалознавство" для студентів напряму підготовки 6.051501 "Видавничо-поліграфічна справа" всіх форм навчання : [Електронне видання] / уклад. А. Г. Крюк, С. О. Дитиненко. – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2016. – 53 с.

Розглянуто основні моменти, що допоможуть студентові у ході виконання самостійної роботи з навчальної дисципліни.

Рекомендовано для студентів інженерних напрямів підготовки.

Вступ

В умовах ринкових відносин технічна підготовка студентів економічних спеціальностей займає особливе місце серед дисциплін, що вивчаються у процесі навчання. Сучасне виробництво потребує від фахівців економічних спеціальностей не тільки фундаментальних знань з економіки, але і знання основ техніки та технології.

Сучасний економіст повинен активно брати участь в організації виробництва, у тому числі й у створенні нових та вдосконаленні існуючих технологічних процесів.

Навчальна дисципліна "Матеріалознавство", що викладається викладачами кафедри техніки і технології, спрямована на досягнення цих цілей.

Виконуючи самостійну роботу з навчальної дисципліни, студенти закріплюють свої теоретичні знання і набувають практичні навички стосовно розроблення технологічних процесів, а також використовують економічні знання під час вибору оптимальних операцій процесу.

1. Загальні положення з розроблення технологічних процесів листового штампування

1.1. Операції листового штампування

Під **технологічним процесом** (ДСТ 3.1109-88) розуміють частину виробничого процесу, що містить дії зі зміни і наступного визначення стану предмета виробництва. Оброблення тиском – частина технологічного процесу (за методом виконання), що полягає в пластичному деформуванні або поділі матеріалу заготовки без утворення стружки.

Листове штампування – один із видів оброблення тиском. Воно здійснюється за допомогою штампа і, як правило, застосовується для виготовлення деталей (виробів), у яких товщина матеріалу незрівнянно мала порівняно з їхніми габаритними розмірами (лист, кутовий прокат тощо). У технологічній документації і практиці листового штампування застосовуються два споріднені терміни – "штампувальна операція" і "технологічна операція". Термін "штампувальна операція" відображає сутність виконуваного процесу оброблення тиском. Термін "технологічна операція" відображає

закінчену частину технологічного процесу, виконувану на одному робочому місці.

Листове штампування містить дві групи штампвальних операцій (ДСТ 18970-88): *розділові* (рис. 1) і *формозмінні* (рис. 2). Розділова операція – оброблення тиском, у результаті якого одна частина заготовки відокремлюється від іншої за заданим контуром. Формозмінна операція – оброблення тиском, у результаті якого заготовці шляхом пластичної деформації матеріалу надається задана форма.

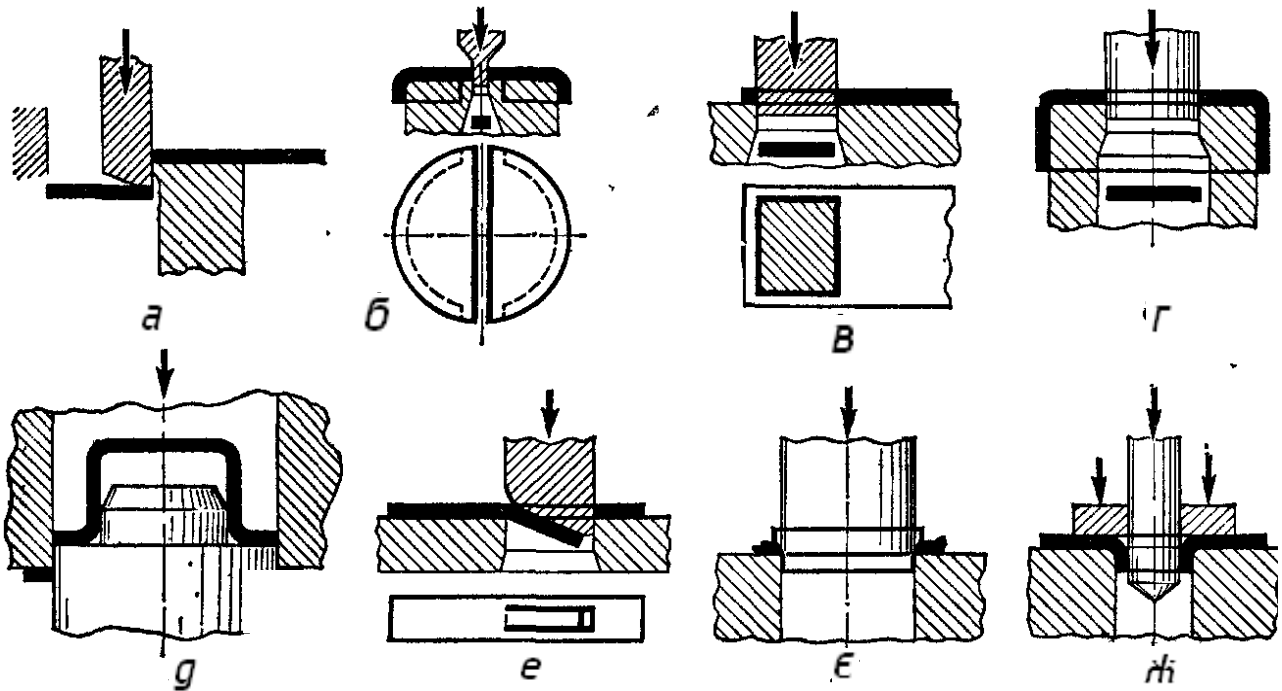


Рис. 1. Розділові операції листового штампування

До розділових належать штампвальні операції, в основі яких лежить процес зрушення матеріалу: *відрізання* (рис. 1а) – повне відділення частини заготовки за незамкнутим контуром; *розрізання* (рис. 1б) – поділ заготовки на частини за незамкнутим контуром; *вирублення* (рис. 1в) – повне відділення заготовки або деталі від листової заготовки або профільного матеріалу за незамкнутим контуром; *пробивання* (рис. 1г) – утворення в заготовки наскрізних отворів і пазів із видаленням матеріалу у відхід; *обрізка* (рис. 1д) – відділення припусків; *нарізка* (рис. 1е) – неповне відділення частини заготовки; *зачищення* (рис. 1є) – видалення припусків шляхом зняття стружки для одержання підвищених класів шорсткості поверхні і точності деталі. Крім перерахованих, до розділових належить також операція "проколка", хоча вона і містить елементи формозміни

матеріалу. *Проколка* (рис. 1ж) – утворення наскрізних отворів у листовій заготовці без видалення матеріалу у відхід.

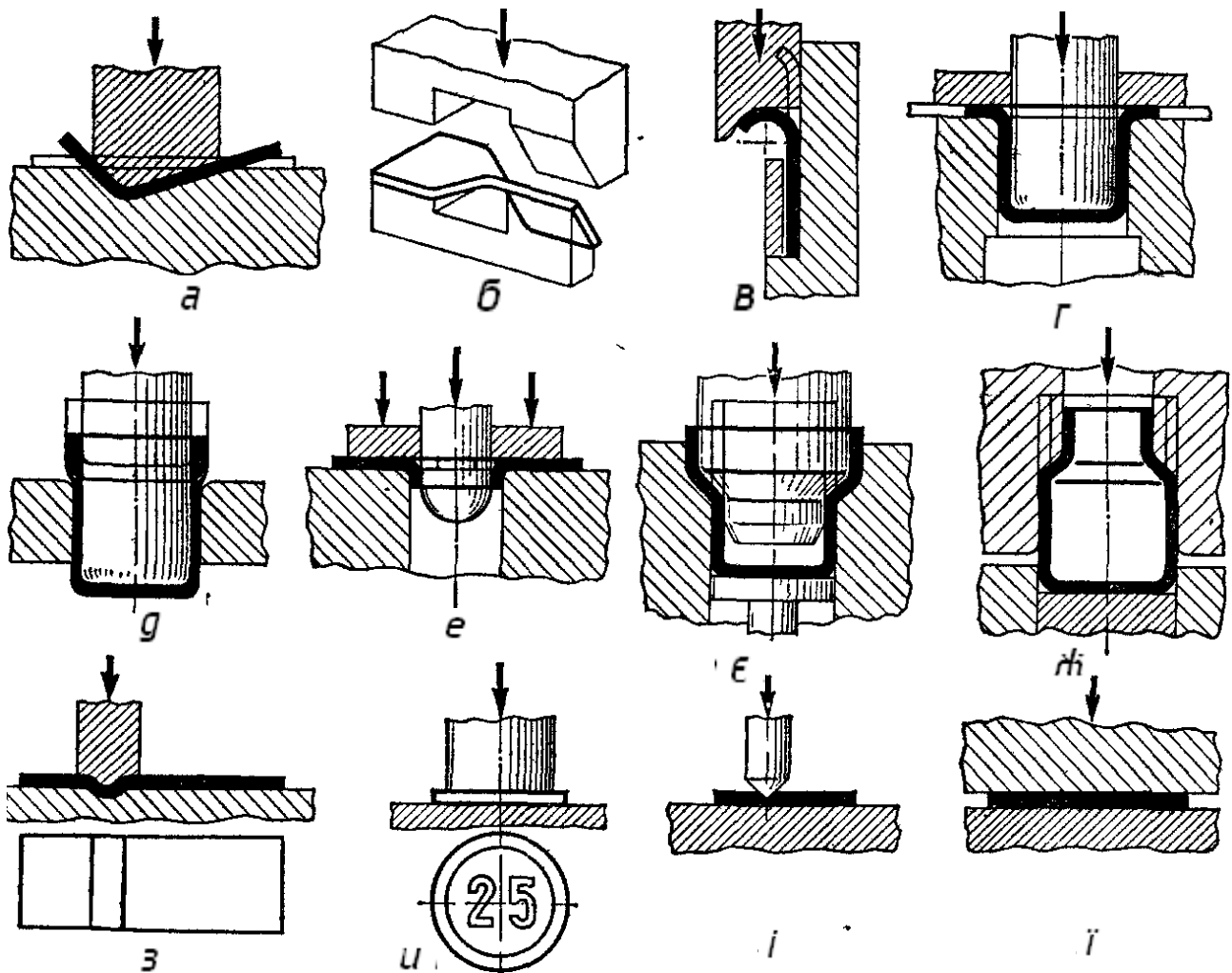


Рис. 2. **Формозмінні операції листового штампування**

До формозмінних належать такі основні операції: *згинання* (рис. 2а) – утворення або зміна кутів між частинами заготовки або додавання їй криволінійної форми; *скручування* (рис. 2б) – поворот частини заготовки навколо подовжньої осі; *закачування* (рис. 2в) – утворення закруглених бортів на краях плоскої або порожньої заготовки; *витягування* (рис. 2г) – утворення порожнинної заготовки або деталі з плоскої або порожньої листової заготовки; *витягування з потоншуванням* (рис. 2д) – витягування з заданим *потоншуванням* стінок; *відбортовка* (рис. 2е) – утворення борту за внутрішнім або зовнішнім контуром листової заготовки; *роздавання* (рис. 2є) – збільшення периметра поперечного розрізу порожнинної заготовки; *обтиск* (рис. 2ж) – зменшення периметра поперечного розрізу заготовки; *рельєфне формування* (рис. 2з) – утворення рельєфу в листовій

заготовці її місцевим деформуванням; *рельєфне карбування* (рис. 2и) – утворення рельєфних зображень на матеріалі; *кернування* (рис. 2і) – рельєфне карбування крапкових поглиблень; *виправлення* (рис. 2ї) – усунення перекручувань форми заготовки шляхом пластичного деформування.

Закінчена частина технологічної операції, що характеризується сталістю застосовуваного інструмента і поверхонь, що одержані після оброблення, називається технологічним *переходом*. Стосовно до листового штампування змістом переходу є одна штампувальна операція. Оскільки в штампі може виконуватися кілька штампувальних операцій, здійснених послідовно або одночасно, у тому чи іншому випадках одна технологічна операція поєднує (за часом і за змістом) кілька штампувальних операцій – переходів. Під час виконання в штампі однієї штампувальної операції технологічна операція містить одну штампувальну операцію – перехід, збігаючись із нею за часом і змістом.

У результаті виконання штампувальних операцій у заготовках утворюються різні штамповані елементи, сполучення яких забезпечує одержання заданих деталей. У практиці листового штампування найбільш часто використовують такі штамповані елементи: внутрішній прямий кут; прямолінійна фаска; внутрішній прямокутний паз; круглий отвір; прямокутний або фігурний, близький до прямокутного, отвір; дуга 180°; дуга 90°; згин; нормальне, кутове, тарілчате або глухе відборткування; випуклий або увігнутий борт; рифт й ін.

Параметри перерахованих штампованих елементів, що забезпечують їхню технологічність, установлену відповідними ДСТ та іншими галузевими нормативними матеріалами (наприклад, ДСТ 17040-80, ДСТ 23292-78...ДСТ 23301-78). Дотримання конструкторами виробу зазначених параметрів забезпечує уніфікацію елементів деталей і можливість застосування універсального оснащення.

1.2. Штампи для листового штампування

Штампи листового штампування класифікують за багатьма ознаками. Основними з них можна виокремити такі: призначення, технологічність і універсальність застосування. За ознакою призначення штампи класифікують відповідно до перерахованих штампувальних операцій. За технологічною ознакою (ДСТ 15830-85) розрізняють штампи простої, комбінованої (сумісної) і послідовної дій.

Штамп простої дії виконує одну або кілька однойменних операцій у межах переміщення матеріалу або заготовки за один хід рухомої частини штампа. Штамп простої дії може виконувати кожну з наведених на рис. 1 і 2 штампувальних операцій.

Штамп сумісної дії виконує різнойменні операції або переходи в межах одного кроку подачі матеріалу або заготовки за один хід рухомої частини штампа. Він виконує будь-які сумісні операції, зазначені на рис. 1 і 2.

Штамп послідовної дії виконує кілька операцій або переходів за кілька кроків подачі матеріалу або заготовки і відповідну кількість ходів рухомої частини штампа.

На рис. 3 наведений багатоопераційний штамп послідовної дії для виготовлення шайб зі смуг. У ньому за один хід повзуна преса виконуються дві операції: пробивання отвору в одній деталі і вирубка контуру іншої деталі. Нижня плита штампа 8 болтами прикріплена до столу, а верхня 1 за допомогою хвостовика 2 – до повзуна преса.

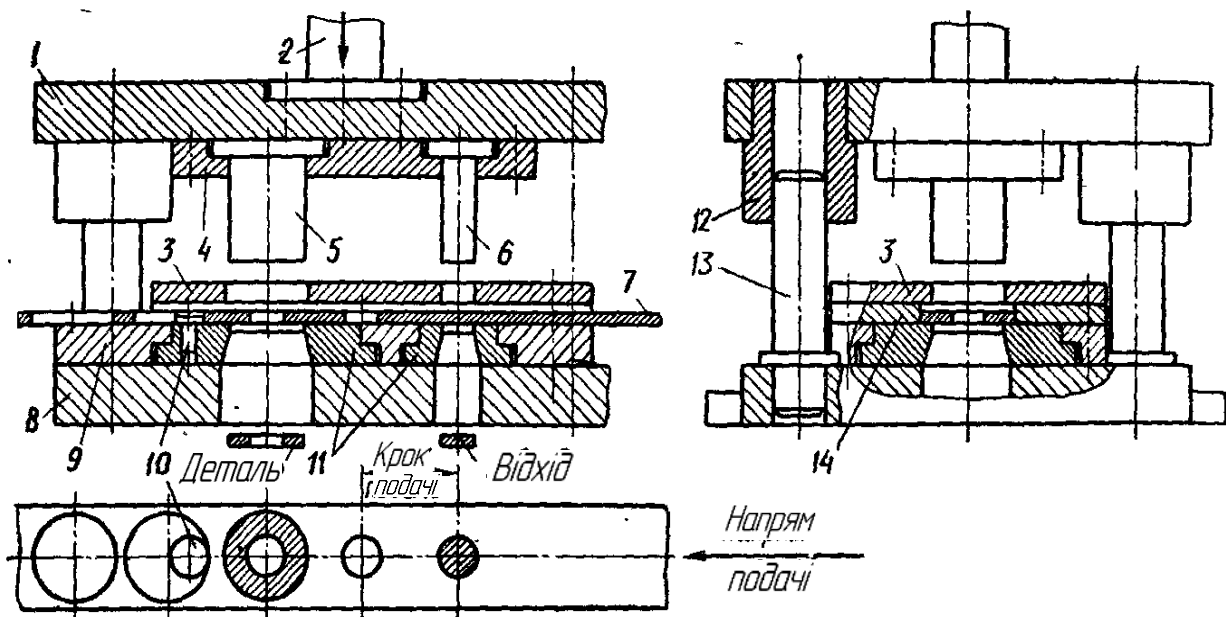


Рис. 3. Штамп послідовної дії

На нижній плиті в матрицеутримувачі 9 установлені матриці 11, а на них – дві направляючі пластини 14 і 3. На верхній плиті за допомогою пуансноутримувача 4 закріплені пуансони: пуансон пробивання 6 і пуансон вирубкы 5. Точне з'єднання робочих деталей штампа в процесі руху повзуна преса вниз забезпечується направляючими колонками 13 і направляючими втулками 12. Стовпчики закріплюються в нижній плиті.

Робочі деталі штампів, тобто пуансони і матриці, виготовляються зі сталей марок У9А, Х12М, 7ХГ2ВМ, що після термічного оброблення (гартування і відпустки) забезпечують твердість HRC58-62.

Стосовно самого процесу листового штампування, то він здійснюється в такий спосіб. Смуга 7 подається за матрицею в зазор під знімач і коли верхня частина штампа опускається, пуансон вирублення 5 і пуансон пробивання 6 входять одночасно у відповідні отвори матриці виконуючи обидві операції: вирублення та пробивання. Матеріал смуги щільно охоплює пуансони і під час підйому повзуна знімачем 3 скидається з них. Перед таким робочим ходом повзуна смуга подається до упору 10.

Штампи сумісної дії застосовують для виконання за один робочий хід преса двох, трьох і більше операцій. У штампі (рис. 4) у нижній плиті 1 кріплять матрицю вирубки 2, у якій міститься притиск 3, що увесь час утримується стрижнями 11 із пружинами в крайнім верхньому положенні. У нижній плиті нерухомо закріплений пуансон витяжки 4.

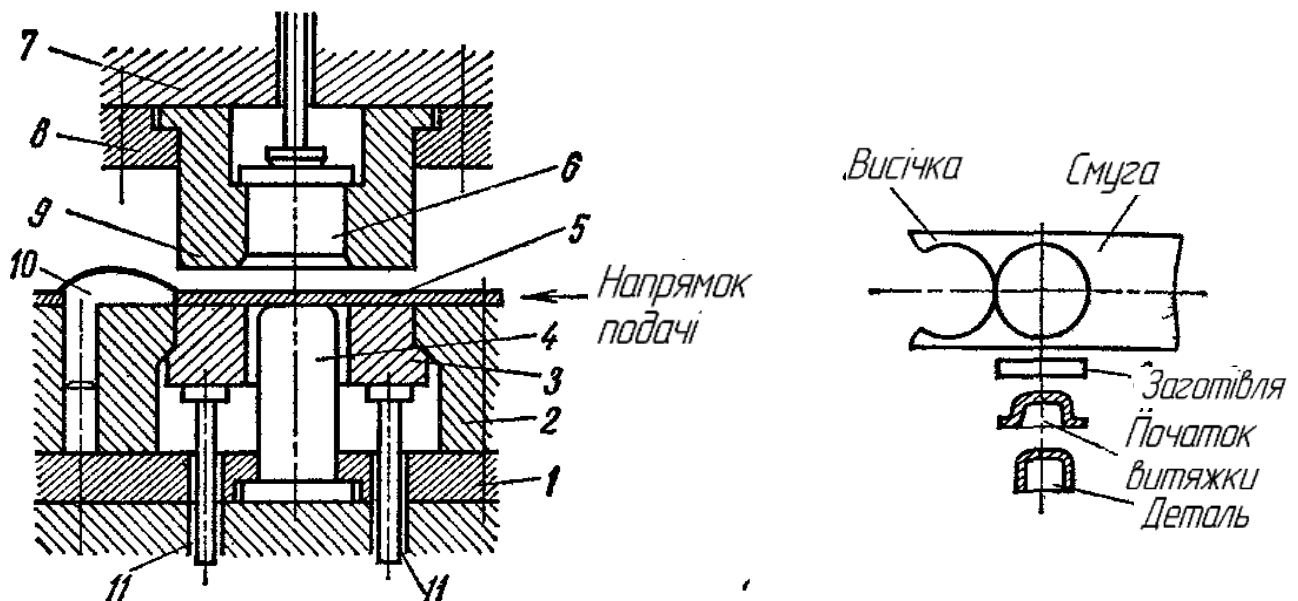


Рис. 4. Штмп сумісної дії

Технологічний процес листового штампування з застосуванням штампів сумісної дії здійснюється в такий спосіб.

Смуга 5 просувається вперед у напрямі подачі до упору 10. Під час робочого ходу пуансон вирублення 9 (він же є матрицею витяжки), що прикріплюється у верхній плиті 7 за допомогою пуансоноутримувача 8, натискає на смугу і, утоплюючи притиск 3 у матрицю вирублення, здійснює вирублення заготовки. Під час опускання пуансона вирублення 9 разом

із притиском 3 відбувається витягування ковпачка пуансоном 4, оскільки останній закріплений у нижній плиті 1 нерухомо. У цьому випадку пуансон вирублення з осьовим отвором слугує матрицею витягування. До кінця робочого ходу процес витягування ковпачка закінчується. Під час зворотного ходу повзуна, а разом із ним – верхньої плити і матриці витягування деталь викидається з матриці витовкувачем 6.

У багатоопераційних штампах поряд із пробиванням і вирубкою здійснюються також операції вигинання, витягування, відбортуння й ін.

У дрібносерійному виробництві широко використовуються універсальні штампи зі змінними пуансонами і матрицями, що легко переналагоджуються на виготовлення різних деталей, тобто застосовується система гнучкого виробництва.

1.3. Розкрій матеріалу

Технологічний процес листового штампування містить технологічні операції, у результаті виконання яких відбувається поступове перетворення основного матеріалу в готові вироби (деталь).

Виріб – це одиниця промислової продукції, кількість якого може обчислюватися в штуках і екземплярах. Готові вироби в листовому штампуванні одержують у результаті виконання останньої штампувальної операції, передбаченої технологічним процесом (у результаті виконання проміжних штампувальних операцій одержують напівфабрикат).

Матеріал вихідної заготовки, тобто заготовки, поступаючої на першу технологічну операцію, називають *основним*. Заготівля – предмет виробництва, з якого зміною форми, розмірів, якості поверхні виготовляють виріб. Стосовно до листового штампування, основний матеріал у вигляді листів, рулонів із чорних і кольорових металів розкроюється на смуги, карти тощо, що є початковими заготівлями. Останні надходять до штампу, що виконує першу технологічну операцію листового штампування.

Під час розроблення технологічного процесу виготовлення деталей варто прагнути до зменшення втрат металу в листовому штампуванні. Основним відходом у процесі листового штампування є так звана висічка, тобто частина листової заготовки після її вирублення. Форми і розміри заготовки, що вирубується, визначаються формою і розмірами деталі, а також застосованими в процесі штампування формозмінними операціями.

Під час штампування мало- і середньогабаритних деталей зазвичай з однієї листової заготовки вирубують кілька плоских заготовок для штампування. Між суміжними контурами заготівель, що вирубуються, зазвичай залишають перемички, шириною приблизно рівні товщині заготовки, хоча в окремих випадках суміжні заготовки вирубують без перемичок (економія металу при погіршенні якості зрізу і зниженні стійкості інструменту). Розташування контуру суміжних заготівель, що вирубуються, на листовому металі називається *розкроєм*. Тип розкрою варто вибирати за умови зменшення відходу металу у висічку. Приклади розкрою металу наведені на рис. 5 для: I – прямого; II – похилого; III – зустрічного; IV – комбінованого; V – багаторядного; VI – з вирізкою перемички; 1 – перемичка.

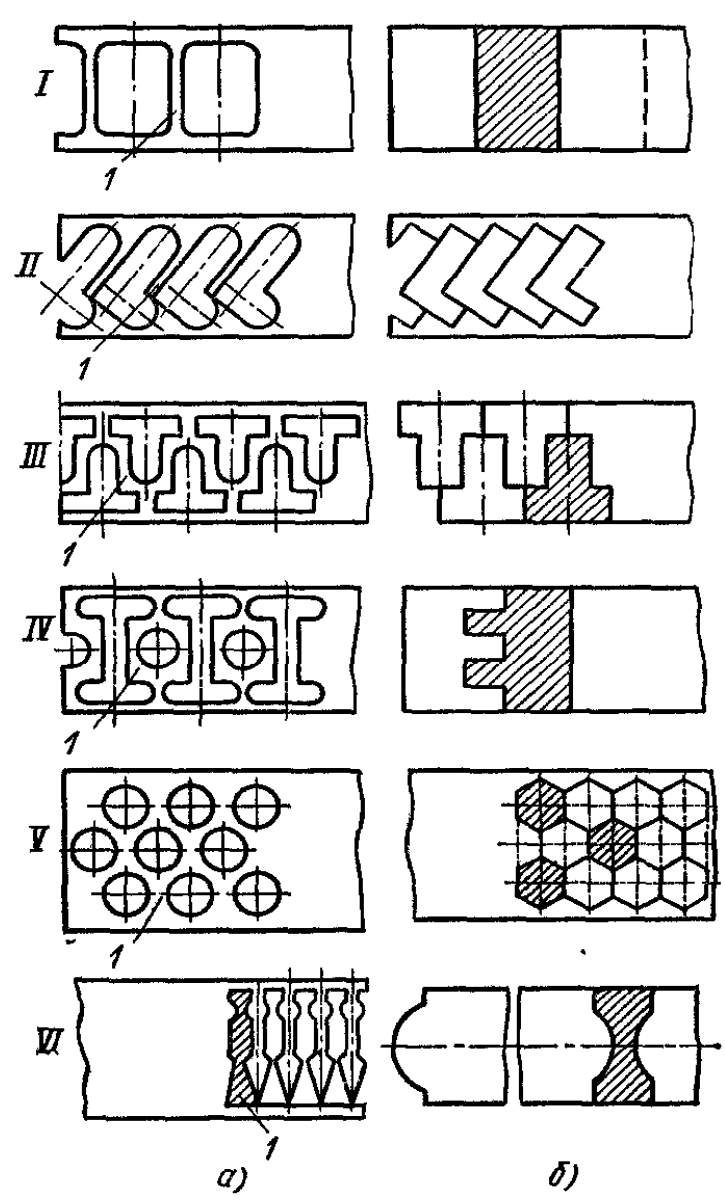


Рис. 5. Приклади розкрою матеріалу з перемичками (а) і без перемичок (б)

Як основний матеріал для листового штампування найбільш широко застосовують листи, смуги, стрічки, фасонний прокат. За заданих параметрів, що впливають із конструкції і розмірів штампованої деталі (товщини, напрямку, волокон тощо) і частково визначального сортименту основного матеріалу, остаточний його вибір здійснюють на підставі економічного аналізу можливих варіантів і визначення оптимального.

Як критерій оптимальності приймається коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{ВМ}} = \frac{P F_{\text{д}}}{F_{\text{л}}}, \quad (1)$$

де P – кількість деталей;

$F_{\text{д}}$ – площа деталей;

$F_{\text{л}}$ – площа листа.

Кількість деталей P визначають графічно, аналітично і шляхом розрахунку на ЕОМ таким чином, щоб одержати найменше значення норми витрати. Можливі два принципових методи пошуку оптимального розкрою: 1) технолог має у своєму розпорядженні можливість вибору основного матеріалу (листи з різними габаритними розмірами, смуги різної ширини за однієї і тієї ж товщини і марки матеріалу); 2) технолог обмежений визначеними розмірами вихідного матеріалу і повинен знайти оптимальний варіант тільки за рахунок різного розташування заготовки на площині смуги, смуги на площині й т. д.

Пошук оптимального варіанта розкрою і розрахунок коефіцієнта використання матеріалу виконують у такій послідовності. Спочатку приймають принципове рішення про застосування безвідхідного, маловідхідного розкрою або розкрою з відходами. Дане рішення залежить від необхідної точності деталі, ступеня складності її форми, товщини матеріалу. Після цього, якщо прийнято рішення про штампування з відходами, визначають величину перемичок залежно від габаритних розмірів заготовки, виду і товщини матеріалу (табл. 1, 2, 3). Далі вибирають тип розкрою: прямий, похилий, зустрічний, комбінований. У процесі цього враховують фактори, обумовлені можливістю геометричного розміщення заготівель на площині смуги і конструктивним виконанням штампу залежно від відносного розташування пуансонів, упорів і т. д.

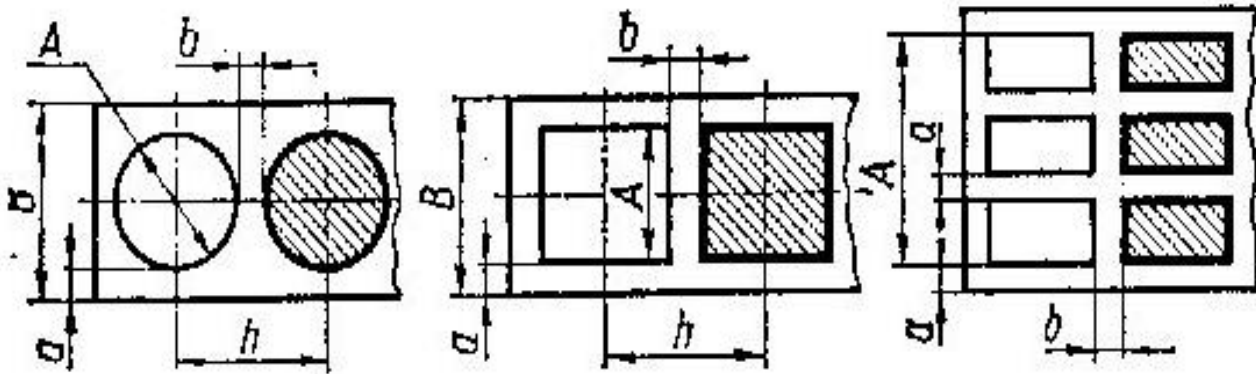


Рис. 6. Приклад позначення перемичок

Таблиця 1

Розміри перемичок а/в під час штампування м'якої сталі

Товщина матеріалу, S	Мінімальна ширина перемичок під час вирублення заготовок, мм								
	Круглих і овальних за діаметром				Прямокутних із найбільшим розміром				
	до 50	більше 50 до 100	більше 100 до 200	більше 200	до 50	більше 50 до 100	більше 100 до 200	більше 200 до 300	більше 300
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
До 0,2	2,0/1,5	2,2/1,7	2,5/2,0	2,8/2,2	2,5/2,0	3,0/2,5	3,5/3,0	4,0/3,5	5,0/3,8
Більше 0,2 до 0,5	1,5/1,2	1,7/1,4	1,9/1,6	2,2/1,8	1,8/1,5	2,0/1,7	2,5/2,2	3,0/2,7	4,0/3,0
Більше 0,5 до 1,0	1,2/0,8	1,4/1,0	1,6/1,2	1,8/1,4	1,5/1,0	1,7/1,2	2,2/1,7	2,7/2,2	3,5/3,0
Більше 1,0 до 1,5	1,5/1,1	1,7/1,3	1,9/1,5	2,1/1,7	1,9/1,4	2,1/1,6	2,6/2,1	3,1/2,6	3,5/3,0
Більше 1,5 до 2,0	1,9/1,5	2,1/1,7	2,3/1,9	2,5/2,1	2,2/1,7	2,4/1,9	3,0/2,5	3,4/2,9	4,0/3,5
Більше 2,0 до 2,5	2,3/1,8	2,5/2,0	2,7/2,2	2,9/2,4	2,6/2,2	2,8/2,4	3,3/2,9	3,8/3,4	4,0/3,5
Більше 2,5 до 3,0	2,6/2,1	2,8/2,3	3,0/2,5	3,2/2,7	3,0/2,5	3,2/2,7	3,7/3,2	4,2/3,7	4,5/4,0
Більше 3,0 до 3,5	3,0/2,5	3,2/2,7	3,4/2,9	3,6/3,1	3,4/2,9	3,6/3,1	4,1/3,6	4,6/4,1	5,0/4,5
Більше 3,5 до 4,0	3,3/2,8	3,5/3,0	3,7/3,2	3,9/3,4	3,7/3,2	3,9/3,4	4,4/3,9	4,9/4,4	5,0/4,5
Більше 4,0 до 4,5	3,6/3,1	3,8/3,3	4,0/3,5	4,2/3,7	4,0/3,6	4,2/3,8	4,7/4,3	5,2/4,8	6,0/5,0
Більше 4,5 до 5,0	4,0/3,4	4,2/3,6	4,4/3,8	4,6/4,0	4,5/4,0	4,7/4,2	5,2/4,7	5,7/5,2	6,0/5,0
Більше 5,0 до 6,0	4,2/3,5	4,5/3,9	4,8/4,2	5,0/4,5	4,5/4,0	5,5/4,5	5,5/4,5	6,0/5,0	6,5/5,5
Більше 6,0 до 7,0	4,5/3,6	5,0/4,2	5,5/4,2	6,0/4,5	4,8/4,3	6,0/5,0	6,0/5,0	6,5/5,5	7,0/6,0

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Більше 7,0 до 8,0	5,0/4,2	5,5/4,5	5,8/4,8	6,0/5,0	5,3/4,8	6,5/5,5	7,0/6,0	7,8/6,8	7,5/6,5
Більше 8,0 до 9,0	5,5/4,5	6,0/5,0	6,3/5,2	6,5/5,5	5,8/5,3	7,0/6,0	7,5/6,5	8,0/7,0	8,0/7,0
Більше 9,0 до 10,0	6,0/5,0	7,0/6,0	7,5/6,5	8,0/7,0	6,3/5,8	7,0/6,0	7,5/6,5	8,0/7,0	9,0/8,0

Примітка: для інших матеріалів табличні значення перемичок варто помножити на коефіцієнт:

для сталі (середньої твердості і твердої) –	0,8 – 0,9;
для бронзи (катаної і латуні) –	1,0 – 1,2;
для дуралюмінію –	1,0 – 1,2;
для міді й алюмінію –	1,2 – 1,3;
для магнієвих сплавів –	1,5 – 2,0;
для титанових сплавів BT1 без підігріву і BT5 з підігрівом –	1,2 – 1,3;
для титанового сплаву BT5 без підігріву –	1,5 – 2,0;
для м'яких неметалічних матеріалів (шкіра, папір, картон та ін.) –	1,5 – 2,0.

Таблиця 2

Допуски на ширину смуг

Товщина матеріалу	Ширина смуги				
	до 50	Більше 50 до 100	Більше 100 до 150	Більше 150 до 200	Більше 220 до 300
До 1,0	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Більше 1,0 до 2,0	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
2,0 до 3,0	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
3,0 до 5,0	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
5,0 до 10,0	1,8	2,0	2,5	3,0	4,0

Таблиця 3

Допуски на ширину стрічки

Товщина матеріалу	Ширина стрічки					
	Нормальна точність			Підвищена точність		
	до 100	Більше 100 до 300	Більше 300	до 100	Більше 100 до 300	Більше 300
До 0,1	0,10	0,15	0,25	0,05	0,08	0,15
Більше 0,1 до 0,63	0,20	0,30	0,40	0,10	0,15	0,25
0,63 до 1	0,30	0,40	0,50	0,20	0,25	0,35
1 до 3,6	0,40	0,50	0,60	0,30	0,35	0,45

Розміри перемичок a/b під час штампування шаруватих пластиків (у частках товщини матеріалу), мм

Матеріал	Товщина матеріалу, s	Отвір						Контур					
		діаметром 0,8...5		з плавним накресленням		важкої форми з гострими кутами		малогабаритні з плавним накресленням; АхВ до 100х100		малогабаритні з гострими кутами; АхВ до 100х100		крупногабаритні; АхВ більше 100х100	
		b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a
Гетинакси Ав,Бв,Гв КТ- 1, Т	До 1	2,8/2,7	3,2/3,0	3,0/2,7	3,4/3,2	3,4/3,2	3,5/3,6	2,8/2,6	3,0/2,8	2,8/2,6	3,2/3,0	3,4	3,6
	1,1/2,0	1,7/1,5	1,8/1,5	1,7/1,6	1,9/1,7	1,9/1,7	2,0/1,8	1,7/1,5	1,8/1,6	1,8/1,6	2,0/1,8	2,0	2,2
	2,0/3,0	1,4/1,2	1,4/1,3	1,3/1,1	1,4/1,3	1,4/1,3	1,5/1,3	1,2/1,1	1,4/1,8	1,5/1,4	1,6/1,5	1,9	2,0
Гетинакси В, Вс, Д-Пластик ППТ	До 1	2,7/2,5	3,0/2,8	2,8/2,6	3,1/3,0	3,0/2,7	3,2/3,0	2,6/2,4	2,8/2,7	2,8/2,5	2,9/2,7	3,0	3,2
	1,1/2,0	1,5/1,4	1,6/1,4	1,6/1,5	1,7/1,5	1,7/1,5	1,8/1,5	1,5/1,3	1,7/1,4	1,7/1,5	1,8/1,7	1,8	2,0
	2,0/3,0	1,2/1,1	1,2/1,1	1,2/1,1	1,4/1,2	1,3/1,2	1,4/1,3	1,3/1,1	1,2/1,1	1,4/1,2	1,4/1,2	1,6	1,8
Текстолити	До 1,5	2,3/1,6	2,4/1,8	2,4/1,7	2,5/1,7	2,5/1,7	2,5/2,2	1,8/1,6	1,8/1,6	1,8	1,8	1,7	1,8
	1,5/3,0	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	1,3	1,5	1,1	1,4	1,5	1,6	1,6
Склотекстолити	До 1,5	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,2	1,2	1,4	1,5	1,5	1,5
	1,5/3,0	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,1	1,1	1,3	1,4	1,4	1,4
Скловолонити	До 1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,0	2,2	Штампування не проводиться					
	1,5/3,0	1,4	1,5	1,8	2,0	1,8	2,0						

Примітка: див. позначення табл. 1.

Визначивши оптимальне розташування заготовки на площині смуги (як під час штампування з відходами, так і без відходів), розраховують *ширину смуги*. Якщо намічено проектувати штамп із боковим притиском смуги (див. рис. 6), її ширину обчислюють за формулою:

$$B = A + 2a + \delta, \quad (2)$$

де δ – допуск на ширину смуги (мінусовий).

Якщо ж передбачається проектувати штамп із вільним переміщенням смуги між направляючими планками, то її ширину визначають за формулою:

$$B = A + 2(a + \delta) + c, \quad (3)$$

де c – гарантований зазор між направляючими штампа і смугою за умови її найбільшої ширини.

Значення допуску δ для стандартизованих смуг і стрічок приймають за відповідним ДСТ на сортамент матеріалів. Під час розкрою листа на смуги із застосуванням ножиців допуск δ приймають за табл. 2, гарантований зазор за табл. 5.

Розрахунок ширини смуги під час штампування у штампі зі ступеневими ножами варто виконувати за формулами (1, 2) і збільшувати ширину смуги додатково на величину кромки, що обрізується ножами. Кромку, обрізану одним ножом, приймають рівну перемичці a для відповідних розмірів прямокутної деталі.

Таблиця 5

Значення гарантованого зазору C під час штампування без бокового притиску смуги, мм

Ширина смуги	Для розкрою	
	Однорядного	Зустрічного
До 100	0,5 – 1,0	1,5 – 2,0
Більше 100	1,0 – 1,5	2,0 – 3,0

За розрахованою шириною смуги визначають кількість смуг, одержуваних з листа з заданими розмірами, а за довжиною смуги і ступеня вирубки h – кількість заготовок, одержуваних зі смуги. Потім обчислюють загальну кількість заготовок P , одержуваних з листа, норму витрати матеріалу і коефіцієнт його використання.

Зазначений процес обчислення коефіцієнта використання металу може повторюватися багаторазово, поки не буде знайдений оптимальний варіант розкрою із найбільшим коефіцієнтом використання матеріалу.

Після будь-якого, навіть найвигіднішого варіанта розкрою, залишаються відходи листа основного матеріалу, які можна використовувати для штампування інших деталей за таких умов:

1) деталь, виготовлена з відходів, повинна належати тому ж виробові, якому належить основна деталь. Інакше під час припинення випуску основної деталі виникає необхідність передбачати додаткову витрату матеріалу на виготовлення виробу, якому належить деталь, що раніше виготовлялася з відходів;

2) маса відходів повинна відповідати потрібній кількості матеріалу для забезпечення програми випуску виготовленої з них деталі. Для виготовлення деталі можна використовувати відходи від декількох деталей з урахуванням забезпечення її програми.

1.4. Технологічність деталей для холодного штампування

Під *технологічність* розуміють таке сполучення конструктивних елементів, що дозволяє найбільш ощадливо виготовляти деталі в заданих кількостях під час дотримання експлуатаційних вимог до них.

Під час розроблення конструкції деталі звичайно вирішуються завдання:

1. Забезпечення найкращих експлуатаційних якостей проекрованої деталі.

2. Створення такої конструкції, що допускала б найбільш раціональні способи виготовлення.

Технологічна конструкція виробу створюється під час спільної роботи конструктора і технолога та передбачає:

1. Найбільш сприятливу форму виробу для того, щоб спростити процес штампування, забезпечити малу трудомісткість виготовлення і мінімальну витрату металу, знизити вартість і підвищити стійкість штампів.

2. Правильний вибір металу за товщиною і фізико-механічними властивостями.

3. Відповідність установлених допусків на розміри виробу технологічно й економічно досяжної точності штампування.

Варто мати на увазі, що перераховані фактори не можна розглядати у відриві від конкретних виробничих умов і, зокрема, від обсягу виробництва.

Мала трудомісткість досягається за рахунок скорочення операцій, застосування багаторядного штампування, збільшення продуктивності штампів, застосування автоматизації і створення потокових ліній штампування. Застосування більш дорогих штампів мало впливає на собівартість продукції під час крупносерійного і масового виробництва, тому що їхня вартість розподіляється на велику кількість виробів. У процесі дрібносерійного виробництва, навпаки, вартість штампів має значну питому вагу в собівартості, а тому застосування спрощених і універсальних штампів є більш доцільним і вигідним навіть під час підвищення витрати матеріалу і трудомісткості виготовлення.

Зокрема плоскі деталі виготовляють переважно за допомогою операцій різання, пробивання і вирубки. Варто уникати ускладнення форми деталі, тому що чим складніша конфігурація, тим більші труднощі виникають під час виготовлення штампів, що призводить до їхнього подорожчання і зменшення стійкості.

Ділянки спряжень елементів контура потрібно округляти дугою окружності з радіусом, рівним не менше половини товщини штампованого матеріалу. Не слід округляти зовнішні контури в деталей, виготовлених на гільйотинних ножицях або у відрізних штампах.

Для виробництва штампованих деталей найбільше значення має технічно здійснена й економічно найвигідніша точність виконання. Занадто жорсткі необґрунтовані допуски лише збільшують вартість виготовлення штампованої деталі і штампів, і, крім цього, зменшують стійкість штампів.

До найбільш важливих критеріїв технологічності плоских деталей варто віднести:

- 1) найменші розміри отворів (діаметр, ширина), що пробиваються у штампах без спеціальних направляючих пристроїв для пуансонів;
- 2) найменші відстані між отворами, що пробиваються, і між краєм отвору і краєм плоскої деталі;
- 3) найменші радіуси сполучення прямокутних ділянок;
- 4) відхилення розмірів контура плоских деталей;
- 5) точність чистового штампування;
- 6) шорсткість поверхні зрізу після розділових операцій.

1.5. Точність штампованих деталей

Точність листових штампованих деталей залежить від великої кількості факторів, що є причиною утворення особливих погрешностей. Але найбільше значення має не гранично припустима точність штампованих деталей, а економічно доцільна точність, під якою розуміють технічно здійсненну й економічно найвигіднішу точність виконання даної операції з обліком гранично припустимого зношування штампа.

Варто пам'ятати, що шорсткість нормальних допусків на 20% може підвищити вартість деталей на 50 – 80 %.

У штампах сумісної дії може бути досягнута підвищена і середня точність штампування (9 – 12 квалітет), а в штампах послідовної дії – середня і знижена (13 – 15 квалітет). Щоб підвищити точність плоских деталей до 6 – 9 квалітет, вводять додаткову операцію зачищення або застосовують чистову вирубку. Шорсткість поверхні зрізу R_a при цьому знаходиться в межах 0,4 – 1,6.

Гнуттям без притиску можна одержати деталі з точністю розмірів до 14 квалітет. Використання для фіксації заготовки притиску дозволяє підвищити точність до 12 квалітету. За допомогою технологічних баз і додаткового калібрування точність розмірів можна довести до 9 – 11 квалітет.

Під час витягування відхилення розмірів деталі (діаметра або ширини) відповідають 11 квалітетові.

1.6. Основні технологічні розрахунки за операціями різання листового матеріалу на ножицях, вирублення та пробивання

Розрізку листового матеріалу здійснюють на ножицях:

- з паралельними ножами;
- з похилими ножами (гільйотинними ножицями);
- дискових;
- вібраційних.

У крупносерійному і масовому виробництвах найбільше поширення одержало різання на гільйотинних і багатодискових ножицях.

1.7. Розрахунок зусиль операцій

Зусилля різання P (у Н) матеріалу ножицями з паралельними ножами визначають з виразу:

$$P = kBs \delta_{ch}, \quad (4)$$

де k – коефіцієнт, що враховує вплив різних факторів на процес різання у виробничих умовах;

$$k = 1,1-1,3;$$

B – ширина смуги або листа, мм;

S – товщина матеріалу, мм;

σ_{cp} – опір зрізові, МПа.

Величина роботи A (у Дж), затраченої під час різання, можна визначити за формулою:

$$A = \frac{\lambda \times P \times S}{1000}, \quad (5)$$

де λ – коефіцієнт, що дорівнює відношенню середнього зусилля відрізки до максимального (табл. 6);

S – у мм;

P – у Н.

Таблиця 6

Значення коефіцієнта λ залежно від товщини штампованого матеріалу

Товщина матеріалу, мм	Коефіцієнт, λ
до 2	0,75 – 0,55
2 – 4	0,55 – 0,45
більше 4	0,45 – 0,30

Зусилля різання гільйотинними ножицями значно менше, ніж на попередньому типі ножиців, і визначається за формулою:

$$P = K \frac{0,5S^2 \sigma_{cp}}{\operatorname{tg} \varphi}, \quad (6)$$

де S – товщина матеріалу, мм;

$\sigma_{\text{ср}}$ – опір зрізові, Мпа (додаток В);

φ – кут нахилу верхнього ножа, град.: (приблизно 7°);

$K = 1,1 - 1,3$.

Затрачувана робота (у Дж) на різання листа дорівнює:

$$A = \frac{P \cdot B \cdot \text{tg}\varphi}{1000}, \quad (7)$$

де P – зусилля розрізки, Н;

B – довжина смуги, що відрізається, мм.

Зусилля різання в Н парнодисковими ножицями визначають за формулою:

$$P = K \frac{h_{\text{Н}} \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср}}}{\text{tg}\alpha}, \quad (8)$$

де $K = 1,1-1,3$;

$h_{\text{Н}}$ – глибина заходу ножів у матеріал, мм;

$\sigma_{\text{ср}}$ – опір зрізові, Мпа;

α – кут захоплення роликів ножиців, град.

Розрахункове зусилля P (у Н) для розділових операцій (вирублення, пробивання, обрізка, відрізка тощо), виконуваних у штампах розраховують за формулою:

$$P = K \times U \times S \times \sigma_{\text{ср}}, \quad (9)$$

де $K = 1,1-1,3$;

U – периметр поділу матеріалу, мм;

S – товщина матеріалу, мм;

$\sigma_{\text{ср}}$ – опір зрізові.

Зусилля зняття матеріалу з пуансона визначають за формулою:

$$P_{\text{сн}} = K_{\text{пр}} \times P \times n, \quad (10)$$

де $K_{\text{пр}}$ – коефіцієнт, що складає в середньому під час вирублення на провал $0,05 - 0,10$;

P – розрахункове зусилля вирублення, Н (кН);

n – кількість деталей, що знаходяться в шийці матриці, $n = h-1/S$, де h – висота шийки матриці, мм.

Повне технологічне зусилля операції вирубки (пробивання й ін.) залежить від прийнятої схеми штампа – послідовного або сумісного, типу знімача – рухомого або нерухомого та інших факторів.

У загальному вигляді технологічне зусилля можна обчислити за формулою:

$$P_{\text{техн}} = P_{\text{В}} + P_{\text{пр}} + P_{\text{пр}}^{\text{В}} + P_{\text{пр}}^{\text{пр}} + P_{\text{сн}}^{\text{В}} + P_{\text{сн}}^{\text{пр}} \quad (11)$$

де $P_{\text{В}}$ і $P_{\text{пр}}$ – відповідно зусилля операцій вирублення і пробивання;

$P_{\text{пр}}^{\text{В}}$ і $P_{\text{пр}}^{\text{пр}}$ – відповідно зусилля проштовхування під час операції вирублення і пробивання;

$P_{\text{сн}}^{\text{В}}$ і $P_{\text{сн}}^{\text{пр}}$ – зусилля зняття матеріалу під час операції вирублення і пробивання.

Вибір преса здійснюють виходячи зі співвідношення:

$$P_{\text{прес}} \geq 1,25P. \quad (12)$$

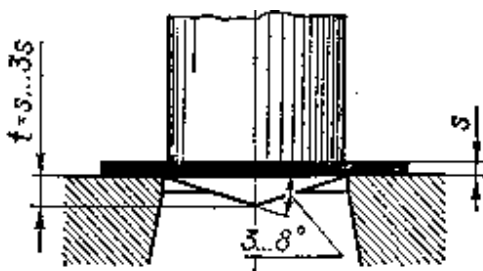


Рис. 7. Скос на матриці під час вирублення контура

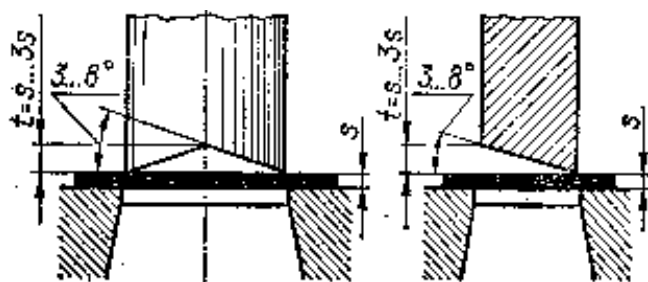


Рис. 8. Скос на пуансоні під час пробивання отвору

Якщо пуансон або матриця мають скоси ($3 \dots 8^\circ$), що призводять до непаралельності їх ріжучих граней (ребер) і знижують потрібне зусилля, то це зусилля визначають за формулою

$$P_c = (0,4 \dots 0,6) P. \text{ [кН]}. \quad (13)$$

Значення коефіцієнта $0,4 \dots 0,6$ залежить від висоти скоса l ; під час висоти скоса, рівній товщині матеріалу, коефіцієнт приймають $0,6$; у разі висоти скоса до двох і більше товщини матеріалу – $0,4$ (рис. 7, 8).

Зусилля зняття відходів (деталі) з пуансона або зусилля проштовхування їх крізь матрицю, знаходять залежно від зусилля вирублення, пробивання за формулою:

$$P_{\text{сн,пр}} = PK_{\text{сн,пр}} \cdot \quad (14)$$

Коефіцієнти $K_{сн}$, $K_{пр}$ визначають за табл. 7. Для підвищення якості вирублення і пробивання в штампах застосовують притиски. Зусилля, яке має забезпечити притиск, (кН):

$$P_{прт} = \frac{Lsq}{1000} \quad (15)$$

Тиск q підставляють в формулу (15) у мегапаскалях. Залежно від товщини матеріалу (стали) воно приймається рівним: для товщини до 1мм – 6 ... 10МПа; для товщини 1 ... 2 мм – 10 ... 15 МПа; для товщини 2 ... 3 мм – 15 ... 20 МПа.

Таблиця 7

Коефіцієнт посилення знаття та проштовхування деталі після штампування

Штампуючий матеріал	$K_{сн}$	$K_{пр}$
Сталь	0,03/0,05	0,02/0,06
Латунь	0,02/0,04	0,02/0,05
Мідь	0,015/0,03	0,03/0,07
Алюміній	0,025/0,05	0,03/0,06
Дуралюмін та магнієві сплави	0,02/0,05	0,02/0,06

1.8. Технологічність деталей

Під технологічністю розуміють відповідність параметрів даної деталі можливостям операцій листового штампування, які повинні бути застосовані під час її виготовлення.

Забезпечення технологічності деталі (вироби) – найважливіша функція технологічної підготовки виробництва.

Єдиною системою технологічної підготовки виробництва передбачається виконання (на рівні підприємства) технологічного контролю конструкторської документації: оцінюються рівні технологічності; відпрацьовуються конструкції вироби (деталі) на технологічність; вносяться необхідні зміни в конструкцію, забезпечують підвищення її технологічності, тобто параметри деталі приводяться відповідно до можливостей штампувальних операцій.

У якості основних показників технологічності деталей установлені рівні технологічності за трудомісткістю і технологічною собівартістю. У процесі

відпрацювання деталей на технологічність необхідно прагнути до максимального зниження зазначених показників, змінюючи елементи конструкції деталей, в результаті чого досягається найменша кількість операцій, максимальне спрощення штампів і т. д. (див. відповідні державні стандарти Єдиної системи технологічної підготовки виробництва).

Практика листового штампування дає підставу для встановлення визначених критеріїв технологічності деталей, керуючись якими технолог може здійснити технологічний контроль деталей. Ці критерії визначають критичні параметри деталей, відхилення від яких призводить до завищення трудомісткості штамповки, зростання складності і вартості штампів і т. д.

У процесі технологічного контролю поряд з критеріями технологічності штампуються деталей повинні враховуватися вимоги конструкції виробу. Критерії технологічності, що дозволяють знизити трудомісткість і собівартість штампування, можна розглядати як правило, якщо вони не вступають у протиріччя з вимогами конструкції. Ступінь ефективності технологічного контролю визначається вмiлим поєднанням критеріїв технологічності з вимогами інструкції.

Особливе значення з точки зору технологічності має система про- ставляння розмірів на кресленнях штампованих деталей. в якості загальних в даному випадку повинні враховуватися за можливістю подальші правила:

1) конструкторська база будь-якого елемента деталі повинна бути обрана таким чином, щоб її можна було використовувати в якості технологічної;

2) для всіх елементів деталі, штампування яких здійснюється в одному штампі, має бути обрана одна конструкторська база (для встановлення розмірів одного напрямку), яка приймається під час базування в штампі в якості опорної бази;

3) вибір конструкторських баз і про- ставляння розмірів слід здійснювати таким чином, щоб максимальна кількість елементів деталі можна було штампувати на стадії виготовлення заготовки до гнуття, витяжки та т. д.

Детальний аналіз можливих варіантів технологічного процесу штампування, зіставлення його результатів з конструктивними вимогами дозволяє встановлювати умови технологічності в кожному конкретному випадку (з урахуванням наведених загальних критеріїв і правил).

1.9. Зазори між пуансоном і матрицею під час розділових операцій

Під час розділових операцій між ріжучими кромками пуансона і матриці маються зазори. Розмір зазору визначається механічними властивостями і товщиною матеріалу.

Зазор повинен мати оптимальний розмір і забезпечувати досяжну якість поверхні зрізу, найменше зусилля вирубки (пробивання), найбільшу стійкість штампа і достатню точність штампування, що зберігається під час тривалої роботи штампа. Існує визначений діапазон розмірів зазорів – між мінімальним значенням Z_{\min} і максимальним Z_{\max} . у зв'язку з тим, що в процесі роботи штампа зазор поступово збільшується, розмір розрахункового зазору приймається мінімальним Z_{\min} . Вибір напрямку зазору визначається в такий спосіб. Оскільки розміри деталі, що вирубуються, визначаються робочим вікном матриці, то розрахунковим під час вирублення є розмір матриці, а розмір зазору призначається за рахунок зменшення розмірів пуансона. Під час пробивання отвору його розмір визначається пуансоном, тому розрахунковим є розмір пуансона, а зазор призначається за рахунок збільшення розміру матриці.

Для вирубки і пробивання повинна виконуватися така умова:

$$\delta_{\Pi} + \delta_M \leq Z_{\max} - Z_{\min}, \quad (16)$$

де δ_{Π} і δ_M – допуски на виготовлення пуансона і матриці.

Якщо під час призначення табличних допусків ця нерівність не дотримується, ці допуски варто зменшити.

1.10. Розрахунок виконавчих розмірів пуансонів і матриць під час вирублення і пробивання

Зовнішній контур деталей (як і внутрішній контур отворів), що вирубуються, може бути круглої, прямокутної, П-подібної або довільної форми. Допуски на розміри цих контурів можуть бути задані в будь-якій системі, частіше в системі отвору.

У системі отвору розмір, що охоплює, має позитивний допуск, а охоплюваний – негативний. Таким чином, допуск "спрямований у метал".

Під час визначення виконавчих розмірів пуансонів і матриць виходять з розмірів штампованого виробу, його точності (допуску на виготовлення матеріалу), характеру зношування штампа, величини технологічного зазору.

Якщо розміри на кресленні не обумовлені допусками, то варто вважати, що на вільні розміри допуски призначаються в системі отвору за 14-м квалітетом точності. Таким чином, на охоплювані розміри деталі допуск призначається по h14, на що охоплюють – по H14, на міжосьові розміри – по $\pm \frac{1T14}{2}$.

Під час вирублення контуру номінальним розрахунковим розміром матриці буде найменший розмір виробу, а під час пробивання отвору номінальним розрахунковим розміром пуансона буде найбільший розмір отвору.

Розміри пуансона і матриці під час вирублення круглого і прямокутного контуру визначаються за формулами:

$$D_M = (D - \Delta')^{+\delta_M}; \quad (17)$$

$$D_{\Pi} = (D_M - z)_{-\delta_{\Pi}} = (D - \Delta' - z)_{-\delta_{\Pi}}; \quad (18)$$

під час пробивання отворів:

$$d_{\Pi} = (d + \Delta')_{-\delta_{\Pi}}; \quad (19)$$

$$d_M = (d_{\Pi} + z)^{+\delta_M} = (d + \Delta' + z)^{+\delta_M}, \quad (20)$$

де D_M , D_{Π} – розмір під час вирублення відповідно матриці і пуансона;

D , d – номінальні розміри виробу;

Δ' – припуск на зношування інструмента;

δ_M і δ_{Π} – допуск на виготовлення відповідно матриці і пуансона;

d_M , d_{Π} – розмір під час пробивання відповідно пуансона і матриці.

Припуск на зношування Δ' визначається залежно від необхідної точності штампування деталі: у разі $\Delta \leq 0,1$ мм $\Delta' = \Delta$; у разі $\Delta > 0,1$ $\Delta' = 0,8$, де Δ – поле допуску штампованої деталі.

Допуск δ_M беруть за 7 квалітетом ($S \leq 4$ мм); у разі $S > 4$ мм і для великогабаритних деталей δ_M беруть за 9 квалітетом з посадкою H9, а допуск на пуансон – відповідно по h6 і h9.

Якщо розміри штампованого елемента для випадку вирублення задані у вигляді $a \pm \Delta$, то їх варто привести до виду $(A + \Delta)_{-2\Delta}$ і далі

розглядати $(A + \Delta)$ як номінальний і 2Δ – як його поле допуску. Це ж стосується випадку задання розміру отвору у вигляді $a \pm \Delta$. Його варто привести до вигляду $(A - \Delta)^{+2\Delta}$.

Розміри можуть бути задані також у вигляді $A_{-\Delta 2}^{-\Delta 1}$ або $A_{+\Delta 1}^{+\Delta 2}$ (у разі $\Delta 2 > \Delta 1$). у цьому випадку варто привести їх до виду відповідно $(A - \Delta 1)_{-(\Delta 2 - \Delta 1)}$ і $(A + \Delta 1)^{+(\Delta 2 - \Delta 1)}$ і вважати $(A - \Delta 1)$ і $(A + \Delta 1)$ номінальними розмірами штампованого елемента, а $(\Delta 2 - \Delta 1)$ – полем їхнього допуску.

Під час вирублення (пробивання) деталі П-подібної форми розміри пуансона і матриці з урахуванням зносу штампа можна розділити на три види, що:

- збільшуються;
- зменшуються;
- незмінні.

Під час вирублення зовнішнього контуру довільної форми всі розміри, зв'язані з виробом, що вирубується, проставляються на кресленні матриці. Ті ж розрахункові розміри матриці, але без допусків, проставляються на кресленні пуансона. У технічних вимогах вказують: "пуансон пригнати по матриці, забезпечивши зазор $Z_{\min} = \dots$ на сторону" (рис. 9).

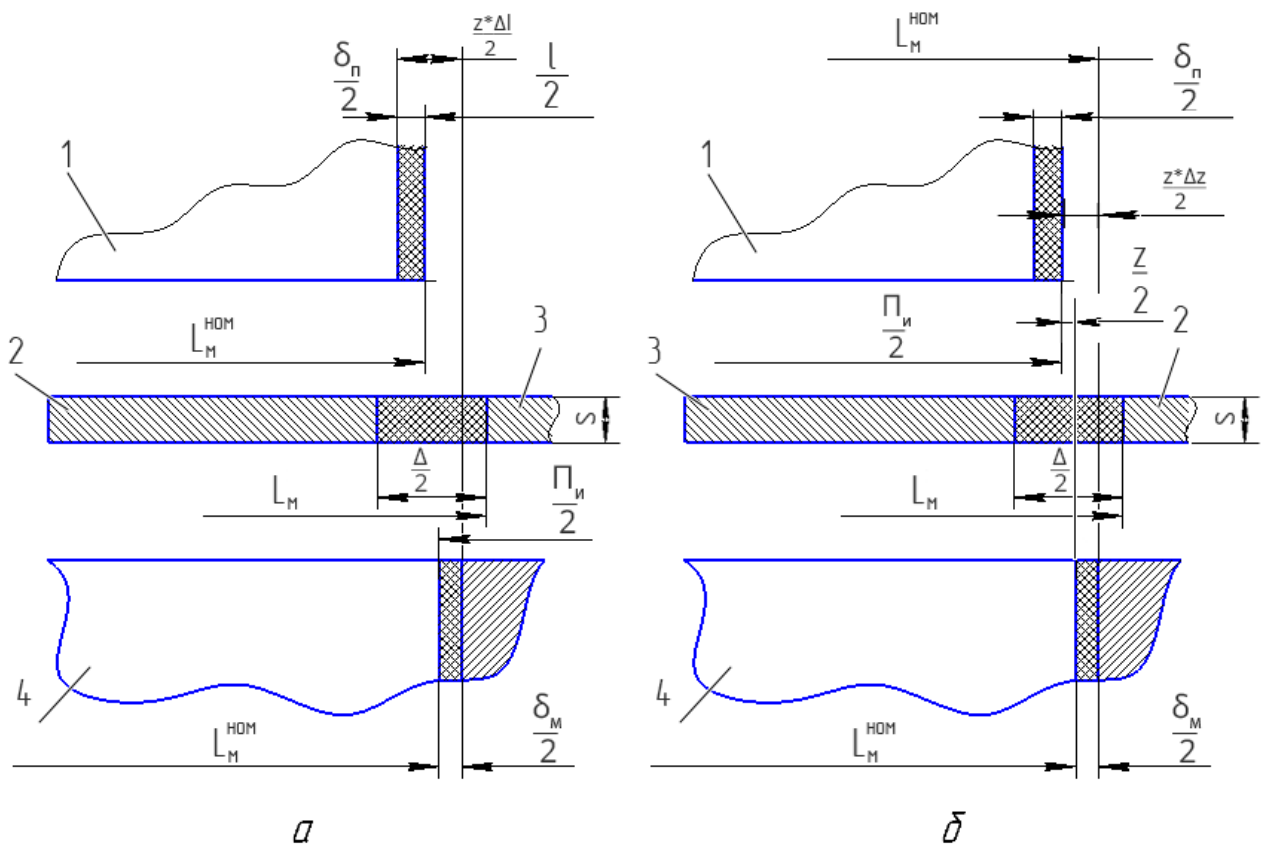


Рис. 9. Характерні схеми взаємного розташування полів допусків

На рис. 9 показані характерні схеми взаємного розташування полів допусків зазорів штампуючої деталі, робочих деталей штампуючої матриці і поля допуску зазору між ними для випадку роздільного виготовлення робочих деталей: а – для вирубку, б – для пробивання. На малюнку позначено: 1 – пуансон, 2 – деталь, що штампуються, 3 – відхід, 4 – матриця; L_n – номінальний розмір штампуючої деталі L_M^{HOM} – номінальний розмір матриці; L_n^{HOM} номінальний розмір пуансона. Очевидно, що в міру зношування штампа номінальний розмір деталі що штампуються під час вирублення збільшується, а під час пробивання зменшується.

1.11. Визначення розмірів матриць

Форма і розміри матриці визначаються формою і розмірами штампуючої деталі. ДСТ 15861 містить габаритні розміри прямокутних матриць за умови розмірів робочої зони від 30 x 80 мм до 450 x 280 мм.

Передбачені також матриці круглої форми з робочим розміром до 310 мм (ДСТ 15862).

У випадку великих габаритних розмірів, або коли матриця містить елементи (отвору, щілини) досить малих розмірів, її варто виготовляти секційною – складеною з окремих секцій. Конструкції і розміри прямих секцій матриць штампів передбачені ДСТ 18732 і ДСТ 24526.

Товщину матриць можна визначити за формулою:

$$H = S + K_M \sqrt{a + b} + 7, \quad (21)$$

де S – товщина штампуючого матеріалу, мм;

K_M – коефіцієнт, що залежить від σ_y штампуючого матеріалу (див. табл. 6);

a, b – розміри отворів робочої зони матриці, мм.

Товщину матриці круглої форми визначають за формулою (21), підставивши в неї замість $a + b$ значення $1,75d$.

Додатково варто перевірити достатність товщини матриці:

$$H = \sqrt[3]{100P}, \quad (22)$$

де P – необхідне технологічне зусилля штампуювання, кН.

**Двосторонні зазори між матрицею і пуансоном у штампах
для розділових операцій зі сталевими робочими деталями, мм**

Товщина штампуємого матеріалу, S	Низковуглецева сталь 10;20; мідь, латунь, алюміній ($\sigma_{cp}=200\dots360\text{Мпа}$)		Середньовуглецева сталь 25,35,45; дюралюміній, бронза ($\sigma_{cp}=360\dots520\text{Мпа}$)		Високовуглецева сталь, трансформаторн а та нержавіюча сталі ($\sigma_{cp}>520\text{Мпа}$)		Гетінакс і текстолит		Картон, папір, шкіра, асбест, гума		Магнієві сплави, штампування з підігрівом та без		Титанові сплави			
	z	Δz	z	Δz	z	Δz	z	Δz	z	Δz	z	Δz	BT1 без підігріву, BT5 з підігрівом		BT5 без підігріву	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	z	Δz	z	Δz
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0,1	0,005	—	0,006	—	0,007	—	0,004	—	0,002	—	—	—	—	—	—	—
0,2	0,010	—	0,012	—	0,014	—	0,005	—	0,003	—	—	—	—	—	—	—
0,3	0,015	+0,010	0,018	+0,010	0,021	+0,010	0,006	+0,005	0,004	+0,003	0,017	—	0,030	—	0,075	—
0,4	0,020	—	0,024	—	0,028	—	0,008	—	0,005	—	—	—	—	—	—	—
0,5	0,025	—	0,030	—	0,035	—	0,010	—	0,006	—	—	—	—	—	—	—
0,6	0,030	—	0,036	—	0,042	—	0,012	—	0,008	—	0,020	—	0,036	—	0,090	—
0,7	0,035	—	0,042	—	0,049	—	0,014	—	0,009	—	0,025	—	0,042	—	0,105	—
0,8	0,040	+0,020	0,048	+0,020	0,056	+0,020	0,016	+0,010	0,010	+0,008	0,030	+0,010	0,048	+0,020	0,120	+0,008
0,9	0,045	—	0,054	—	0,063	—	0,018	—	0,012	—	0,034	—	0,054	—	0,135	—
1,0	0,050	—	0,060	—	0,070	—	0,020	—	0,015	—	0,035	—	0,060	—	0,150	—
1,2	0,070	+0,030	0,080	+0,030	0,100	+0,030	0,024	+0,015	0,018	+0,01	0,042	+0,015	0,084	+0,030	0,192	+0,012
1,5	0,090	—	0,110	—	0,120	—	0,030	—	0,022	—	0,052	—	0,105	—	0,240	—
1,8	0,110	—	0,130	—	0,140	—	0,036	—	0,027	—	0,062	—	0,125	—	0,288	—
2,0	0,120	—	0,140	—	0,160	—	0,040	—	0,030	—	0,070	—	0,140	—	0,320	—
2,2	0,160	+0,050	0,180	+0,050	0,200	+0,050	0,044	+0,025	0,040	+0,020	0,077	+0,025	0,176	+0,050	0,374	+0,020
2,5	0,180	—	0,200	—	0,230	—	0,050	—	0,045	—	0,090	—	0,200	—	0,425	—
2,8	0,200	—	0,220	—	0,250	—	0,056	—	0,048	—	0,098	—	0,224	—	0,475	—
3,0	0,210	—	0,240	—	0,270	—	0,060	—	0,053	—	0,105	—	0,240	—	0,510	—
3,5	0,280	—	0,320	—	0,350	—	0,070	—	—	—	0,122	—	0,315	—	0,595	—
4,0	0,320	—	0,360	—	0,400	—	0,080	—	—	—	0,140	+0,050	0,400	+0,100	0,680	+0,030
4,5	0,360	+0,100	0,450	+0,100	0,540	+0,100	0,090	+0,050	—	+0,020	0,157	—	—	—	—	—
5,0	0,400	—	0,500	—	0,600	—	0,100	—	0,060	—	0,175	—	—	—	—	—

Закінчення табл. 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
6,0	0,500		0,600		0,700											
7,0	0,700		0,900		1,000											
8,0	0,800	+0,200	1,000	+0,200	1,100	+0,200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9,0	1,100		1,300		1,400											
10,0	1,200		1,400		1,600											
11,0	1,600		1,800		2,00											
12,0	1,700		1,900		2,200											
13,0	2,100	+0,300	2,300	+0,300	2,600	+0,300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14,0	2,300		2,500		2,800											
15,0	2,700		3,000		3,300											
16,0	2,900		3,200		3,500											
17,0	3,400		3,800		4,100											
18,0	3,600	+0,500	4,000	+0,500	4,300	+0,500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19,0	4,200		4,600		5,000											
20,0	4,400		4,800		5,200											

29

Примітка: z – найменший допустимий зазор (двосторонній); Δz – граничне відхилення у сторону збільшення зазору (двостороннього).

**Двосторонні зазори між матрицею і пуансоном в штампах
для розділових операцій
зі твёрдосплавними робочими деталями, мм**

Товщина штампуємого матеріалу, S	Низковуглецева сталь 10; 20; мідь, латунь, алюміній ($\sigma_{cp}=200\dots360\text{Мпа}$)		Середньовуглецева сталь 25, 35, 45; дюралюміній, бронза ($\sigma_{cp}=360\dots520\text{Мпа}$)		Високвуглецева сталь, трансформаторна та нержавіюча сталі ($\sigma_{cp}>520\text{Мпа}$)	
	z	Δz	z	Δz	z	Δz
0,1	0,007	+0,006	0,008	+0,006	0,010	+0,006
0,2	0,014		0,016		0,020	
0,3	0,021	+0,010	0,024	+0,010	0,030	+0,010
0,4	0,028		0,032		0,040	
0,5	0,035		0,040		0,050	
0,6	0,042	+0,020	0,048	+0,020	0,060	+0,020
0,7	0,049		0,056		0,070	
0,8	0,056		0,064		0,080	
0,9	0,063		0,072		0,090	
1,0	0,070		0,080		0,100	
1,2	0,084	+0,030	0,096	+0,030	0,120,	+0,040
1,5	0,105		0,120		0,150	
1,8	0,125		0,144		0,180	
2,0	0,140	+0,050	0,160	+0,050	0,200	+0,060
2,2	0,176		0,198		0,220	
2,5	0,200		0,225		0,275	
2,8	0,224		0,252		0,306	
3,0	0,240		0,270		0,330	

Таблиця 10

Залежність коефіцієнта K_M від штампованого матеріалу

σ_y , МПа	До 120	120–200	200–300	300–500	500–1000	Більше 1000
K_M	0,5	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5–2,0

Після цього приймають більше значення товщини H і округлюють до найближчого більшого числа з наступного ряду чисел: 16, 20, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 71, 80.

Ширину вирубної матриці визначають за формулою:

$$B = b + (3...4)H, \quad (23)$$

де b – ширина матричного отвору, мм;

H – товщина матриці, мм.

Орієнтований вибір діаметрів гвинтів і штифтів для кріплення матриці здійснюють за табл. 7. Число гвинтів визначають за умови, що відстань між двома найближчими гвинтами не повинна перевищувати 90 мм. Однак в окремих випадках виникає необхідність деякого відхилення від наведених даних. Число штифтів визначають за умови, що сама матриця (або кожна її окрема частина) повинна фіксуватися двома штифтами.

Таблиця 12

Діаметри гвинтів і штифтів для кріплення матриці

Найбільший габаритний розмір матриці, мм	Діаметри гвинтів і штифтів під час технологічного зусилля P , що сприймається матрицею, кН					
	до 500		500 – 1 000		більше 1 000	
	гвинт	штифт	гвинт	штифт	гвинт	штифт
100 – 125	M8	8	M10	8	–	–
125 – 160	M10	8	M12	10	M12	10
160 – 250	M10	10	M12	10	M12	10
250 – 280	M10	10	M12	10	M12	10
280 – 400	M12	10	M12	10	M12	10
більше 400	M12	10	M12	12	M16	12

1.12. Вибір кривошипного преса для листового штампування

Під час вибору преса враховують такі параметри:

- нормальне зусилля, кН;
- хід повзуна, мм;
- частота ходів повзуна, хв^{-1} ;
- розміри столу, мм;
- найбільша відстань між столом і повзуном у його нижньому положенні, мм;
- потужність приводу, кВт;

Номінальне зусилля обраного преса повинне дещо перевищувати технологічне зусилля. Деякий надлишок зусилля проти розрахункового захищає від поломки під час випадкового попадання більш товстої заготовки, що має велике значення під час гнуття з калібруванням, рельєфного штампування.

2. Економіка листової штамповки

2.1. Собівартість штампованої деталі

Собівартість штампованої деталі – виражена в грошовій формі сума витрат на спожиті в процесі виготовлення цієї деталі засоби виробництва, оплату праці робітників, послуг інших підприємств, витрати з реалізації виготовленої деталі, а також витрати з управління та обслуговування виробництва, віднесені до даної деталі.

Собівартість може бути визначена для конкретної деталі, в середньому на одну деталь деякої номенклатурної групи або на тонну деталей. У всіх випадках всі витрати повинні бути віднесені до тієї одиниці, для якої обчислюється собівартість. Повна (фабрично-заводська) собівартість

$$C = C_{ц} + C_{з} + C_{в}, \quad (24)$$

де $C_{ц}$ – цехова собівартість;

$C_{з}$ – загальнозаводські витрати;

$C_{в}$ – позавиробничі витрати, цехова собівартість:

$$C_{ц} = C_{м} + (C_{ш} + C_{н})K_{с} K_{д} + C_{те} + C_{о} + C_{оц}, \quad (25)$$

де $C_{м}$ – вартість матеріалів з урахуванням транспортно-заготівельних витрат (за вирахуванням вартості зворотних відходів);

$C_{ш}$ – заробітна плата штампувальників;

$C_{н}$ – заробітна плата наладчиків;

$K_{с}$ – коефіцієнт, що враховує відрахування до фонду соціального страхування;

$K_{д}$ – коефіцієнт, що враховує додаткову заробітну плату виробничих робітників;

$C_{те}$ – витрати на технологічне паливо і технологічну електроенергію;

$C_{о}$ – витрати на утримання та експлуатацію обладнання;

$C_{оц}$ – загальноцехові витрати.

Складові цехової собівартості C_o і C_{oc} обчислюють за формулами:

$$C_o = C_3 + C_A + C_p, \quad (26)$$

де

$$C_3 = C_{в.м} + C_{в.р} + C_{с.э} + C_{в.пр}; \quad (27)$$

$$C_A = C_{AO} + C_{АШ}; \quad (28)$$

$$C_p = C_{р.о} + C_{р.ш}; \quad (29)$$

$$C_{oc} = C_{АЗ} + C_{р.з} + C_{и.м} + C_{пр}. \quad (30)$$

У наведених формулах прийняті позначення:

C_e – витрати, безпосередньо пов'язані з експлуатацією обладнання;
 C_A – амортизаційні відрахування від вартості ковальсько-пресового і транспортногo устаткування (C_{AO}) і штампів ($C_{АШ}$); C_p – витрати на поточний ремонт ковальсько-пресового, транспортногo устаткування ($C_{р.о}$) і штампів ($C_{р.ш}$); $C_{в.м}$ – вартість обтиральних, мастильних та інших матеріалів, які витрачаються в процесі обслуговування ремонту обладнання, транспортних засобів та штампів; $з".р$ – основна і додаткова Зарплата допоміжних робітників, зайнятих обслуговуванням і ремонтом обладнання, транспортних засобів і штампів (включаючи відрахування на соціальне страхування); $C_{с.е}$ – вартість силової енергії, що витрачається на приведення в дію обладнання та транспортних засобів; $C_{в.пр}$ – вартість послуг допоміжних виробництв; $C_{АЗ}$ – амортизаційні відрахування від вартості будівель, споруд, інвентарю; $C_{р.з}$ – витрати на поточний ремонт будівель, споруд, інвентарю; $C_{и.м}$ – вартість відшкодування зношування малоцінних і швидкозношуваних інструментів інших предметів; $C_{пр}$ – інші цехові витрати.

З урахуванням наведених залежностей і позначень формули (26), (30) можна перетворити до вигляду: *

$$C_{ц} = C_M + (C_{ш} + C_H) K_c K_d + C_{тэ} + C_3 + C_{АП} + C_{р.п} + C_{и.м} + C_{пр}, \quad (31)$$

де $C_{АП}$ і $C_{р.п}$ – повні суми відповідно амортизаційних відрахувань і витрат на поточний ремонт ($C_{АП} = C_{AO} + C_{АШ} + C_{АЗ}$; $C_{р.п} = C_{р.ш} + C_{р.о} + C_{р.э}$).

Складові цехової собівартості можуть обчислюватися залежно від наявності вихідних даних для розрахунку з урахуванням конкретних параметрів технологічного процесу або за укрупненими нормативами. у першому випадку підставою для розрахунку є дані про витрату металу, обсязі зворотних відходів, нормах часу на штампування і наладку штампів, про

витрату електроенергії, палива, допоміжних матеріалів і т. д. Якщо задана норма витрати металу на одну деталь H і маса готової деталі M_d , то

$$C_m = H C_m K_T - (H - M_d) C_o, \quad (32)$$

де C_m і C_o – ціна одиниці маси, відповідно металу і відходів (визначаються за відповідними прейскурантами); K_T – коефіцієнт, що враховує транспортно-заготівельні витрати.

Витрати на матеріали, як правило, є основною складовою собівартості деталей, виготовлених листовим штампуванням. Як видно з наведеного далі прикладу розрахунку (див. "Приклад 1"), вони становлять понад 90 % від цехової і більше 85 % від повної собівартості деталі. Тому в умовах листового штампування необхідно особливо економно витратити метал. Якби в згаданому прикладі за рахунок більш раціонального розкрою вдалося підвищити коефіцієнт використання металу з 60 до 65 %, то повна собівартість деталі знизилася б на 8 ... 10 %. Це слід завжди враховувати під час розроблення технологічного процесу листового штампування. Заробітну плату виробничих робітників визначають залежно від трудомісткості:

$$C_{\text{ш}} = T_k \text{Ч}, \quad (33)$$

де $T_k = T_{\text{шт}} + (T_{\text{пз}} / \text{п})$ – штучно-калькуляційний час, норма часу на штампування однієї деталі; T_k обчислюється для всіх технологічних операцій, що виконуються в процесі виготовлення даної деталі, і підсумовується для визначення норми часу на штампування деталі в цілому;

$T_{\text{шт}}$ – штучний час; $T_{\text{пз}}$ – підготовчо-заклучний час, що визначається за типовими нормами часу; п – середня партія штампуються деталей, шт; ч – годинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, яка приймається за відповідними нормативами:

Заробітна плата наладчиків:

$$C_{\text{п}} = T_{\text{н}} \text{Ч} / \text{п}, \quad (34)$$

де $T_{\text{н}}$ – норма часу на установку і наладку штампа.

Сума величин $C_{\text{ш}} + C_{\text{н}}$ – основна зарплата виробничих робітників. Коефіцієнти K_c і K_d в різних галузях приймають за відповідними нормативами, проте в середньому вони можуть прийматися для практичних розрахунків: $K_c = 1,077$; $K_d = 1,08$.

Сума амортизаційних відрахувань визначається як частка балансової вартості обладнання, штампів, виробничих будівель відповідно до чинних "Нормами амортизаційних відрахувань за основними фондами".

У разі практичних укрупнених розрахунків частка амортизаційних відрахувань за обладнанням може бути прийнята в розмірі 0,107, за будівлями – 0,03, за штампами під час терміну служби два роки – 0,5, під час терміні служби три роки – 0,3. Аналогічно визначається сума витрат на поточний ремонт. Частка витрат відповідно приймається: за обладнанням – 0,045, за будівлями – 0,02, за штампами – 0,07.

Інші цехові витрати $C_{пр}$ приймаються у відсотках від основної заробітної плати виробничих робітників за усталеними нормативами. Загальнозаводські C_3 і позавиробничі $C_в$ витрати також визначають за усталеними нормативами. Собівартість штампованої деталі можна визначити на підставі даних про цехову собівартість роботи преса протягом однієї години.

2.2. Вибір варіантів технологічного процесу і їх економічне обґрунтування

Вибір варіантів технологічного процесу спочатку здійснюється виходячи, з технічних можливостей виконання штампувальних операцій, наявності обладнання, наявного в розпорядженні підприємства, часу на підготовку виробництва, можливостей придбання або виготовлення штампів і т. д. Однак для прийняття остаточного рішення про вибір варіанта технологічного процесу повинен бути виконаний економічний аналіз. В основі економічного аналізу лежить порівняння приведених витрат, необхідних для здійснення варіантів технологічного процесу. Наведені витрати на одиницю продукції:

$$П_3 = C + E_n K_в, \quad (35)$$

де E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, $E_n = 0,15$; $K_в$ – капітальні вкладення, що припадають на одиницю продукції, для якої визначено собівартість C . Варіант технологічного процесу з найменшими наведеними витратами є найбільш економічним і, отже, найбільш прийнятним.

До складу капітальних вкладень включається вартість обладнання (з урахуванням витрат на його монтаж), виробничих будівель і штампів. Перші дві складові зазвичай визначають для цеху, дільниці, великого

вироби. Потім обчислюють їх частку, що припадає на одиницю продукції, для якої знаходять наведені витрати. Суму капітальних вкладень, яка визначається вартістю штампів, можна обчислити відразу для даної одиниці продукції.

2.3. Економічний ефект від впровадження технологічних процесів листового штампування

Економічний ефект у загальному випадку визначають за однією з формул:

$$E = \Pi_3 - \Pi_{32} = (C_1 + E_H K_{B1}) - (C_2 + E_H K_{B2}) = (C_1 - C_2) - E_H (K_{B2} - K_{B1}) = \Delta C - E_H \Delta K_B, \quad (36)$$

де C_2, C_1 – собівартість за умови варіантів 2 і 1 технологічного процесу; K_{B2}, K_{B1} – відповідні величини капітальних вкладень, необхідні для здійснення варіантів 2 і 1 технологічного процесу; ΔC – зміна собівартості продукції; $\pm \Delta K_B$ – зміна капітальних вкладень, що викликало зміна собівартості або пов'язане з ним ("плюс" під час підвищення K_B ; "мінус" під час зниження K_B).

Наведені величини приймаються з розрахунку на одиницю продукції; відповідно на одиницю продукції визначається економічний ефект. Щоб знайти річний економічний ефект, необхідно значення отриманого економічного ефекту E помножити на величину річної програми продукції. Як правило, варіант технологічного процесу з більш низькою собівартістю вимагає великих капітальних вкладень. У разі $C_2 \leq C_1$ і $K_{B2} > K_{B1}$ у цьому випадку економічний ефект – це різниця між економією, отриманою за рахунок зниження собівартості у разі варіанта 2, і часткою додаткових капітальних вкладень, потрібних у разі варіанта 2 порівняно з варіантом 1. Термін окупності додаткових капітальних вкладень визначається за формулою:

$$T_{K.B} = \frac{K_{B2} - K_{B1}}{C_1 - C_2}. \quad (37)$$

Однак можливі випадки (наприклад, під час впровадження поелементного штампування на універсально-переналагоджуваних штампах замість штампування: на спеціальних штампах), коли різке зниження капітальних

вкладень призводить до відповідного зменшення відрахувань на амортизацію та поточний ремонт і, отже, – до зниження собівартості, тобто одночасно дійсні дві умови: $C_2 < C_1$ та $K_{B2} < K_{B1}$. Термін окупності капітальних вкладень не визначається.

3. Порядок виконання роботи з розроблення технологічного процесу виготовлення деталі методом холодного листового штампування

1. Одержавши завдання (додаток А), у якому вказується варіант (додаток Б), приводиться креслення деталі (додаток Г) і річна програма кількості виготовлених деталей, варто визначити раціональний спосіб їхнього виготовлення.

2. Проаналізувати, наскільки деталь є технологічною з урахуванням способу її виготовлення.

3. Вибрати листову заготовку залежно від варіанта (додаток Б).

4. Визначити ширину смуги під час розрізання листа. Намічаємо проектування штампа з вільним переміщенням смуги між направляючими планками в період холостого ходу повзуна преса.

5. Намітити розкрій листа під час подовжнього і поперечного його розрізання на смуги.

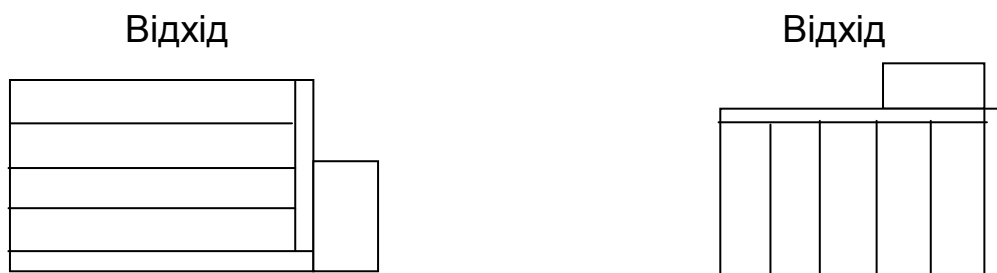


Рис. 9. Приклад подовжнього і поперечного розкрою листа

Визначити кількість деталей, розташованих на смугах, і вказати розміри матеріалу, що йде у відхід.

Знаючи кількість деталей, розташованих на смугах, і кількість, смуг, визначаємо загальну кількість деталей, що можна виготовити (під час подовжнього і поперечного різання листа).

6. Визначаємо площі листа і деталі. Потім визначаємо коефіцієнти використання матеріалу (Кім) під час подовжнього і поперечного різання листа за формулою (1).

7. Відповідно до річної програми виготовлення деталей визначаємо необхідну кількість листів з урахуванням можливого браку і загальну їхню масу, знаючи щільність металу. Для сталевих листів щільність орієнтовно дорівнює $7,8 \text{ т/м}^3$, для алюмінієвих – $2,7 \text{ т/м}^3$, для латунних – $8,9 \text{ т/м}^3$.

8. Визначити технологічне зусилля розрізування листа на смуги для вибору кривошипних гільйотинних ножиців за формулою (6).

9. Визначити розрахункове зусилля для розділових операцій вирубки і пробивання за формулою (9).

10. Розрахувати загальне технологічне зусилля за формулою (11).

11. За каталогом підібрати відповідний кривошипний прес для холодного листового штампування (додаток Г).

12. Використовуючи формули (13 – 19), визначити виконавчі розміри матриці і пуансона.

13. Виконати креслення деталі пуансона і матриці (додаток Д, Е, Ж).

14. Заповнити маршрутну карту (додаток И).

15. Виконані розрахунки і креслення оформити пояснювальною запискою. Титульний лист записки наведений у додатку К.

Рекомендована література

1. Григорьев Л. Л. Рациональные варианты холодной штамповки / Л. Л. Грибоедов. – Ленинград : Машиностроение, 1985. – 230 с.
2. Гусев А. И. Холодноштамповочное оборудование и его наладка / А. И. Гусев, В. П. Линц. – Москва : Высшая школа, 1987. – 288 с.
3. Дружинин Н. С. Выполнение чертежей по ЕСКД / Н. С. Дружинин, П. П. Цылбов. – Москва : Изд. стандартов, 1985. – 544 с.
4. Дурандин М. М. Штампы для холодной штамповки мелких деталей. Альбом конструкций и схем / М. М. Дурандин, Н. П. Рымзин, Н. А. Шихов. – Москва : Машиностроение, 1988. – 108 с.
5. Зубцов М. Е. Листовая штамповка / М. Е. Зубцов. – Ленинград : Машиностроение, 1980. – 430 с.
6. Маталин А. А. Технология машиностроения : учебник / А. А. Маталин. – Москва : Машиностроение, 1985. – 496 с.
7. Мещерин В. Т. Листовая штамповка. Атлас схем / В. Т. Мещерин. – Москва : Машиностроение, 1985. – 228 с.
8. Михаленко Ф. П. Стойкость разделительных штампов / Ф. П. Михаленко. – Москва : Машиностроение, 1986. – 208 с.
9. Мовшович А. Я. Система универсально-сборочных штампов для листовой штамповки / А. Я. Мовшович. – Москва : Машиностроение, 1987. – 178 с.
10. Нефедов А. П. Конструирование и изготовление штампов. / А. П. Нефедов. – Москва : Машиностроение, 1993. – 408 с.
11. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке / В. П. Романовский – Ленинград : Машиностроение, 1989. – 520 с.
12. Рудман Л. И. Наладка прессов для листовой штамповки / Л. И. Рудман. – Москва : Машиностроение, 1980. – 220 с.
13. Свешников В. С. Прогрессивная технология листовой штамповки / В. С. Свешников – Ленинград : Лениздат, 1984. – 256 с.
14. Технология металлов / под ред. Б. В. Кнорозова. – Москва : Metallургия, 1989. – 320 с.

Додатки

Додаток А

**Розміри планки і вихідної заготовки (листа), а також вид покриття
(варіанти самостійної роботи)**

№ п/п	A	B	l	d ₁	d ₂	S	Розмір листа	Вид покриття
1	100	40	60	14	20	5	5x1200x2000	Хромове
2	102	40	62	12	20	5	5x1200x2000	Хромове
3	98	38	60	10	18	5	5x1200x2000	Хромове
4	104	42	62	16	20	5	5x1200x2000	Хромове
5	106	44	62	12	22	5	5x1200x2000	Хромове
6	108	46	62	10	20	5	5x1200x2000	Хромове
7	104	40	64	10	18	5	5x1200x2000	Хромове
8	98	38	60	12	16	4	4x1000x1800	Нікелеве
9	104	40	64	10	16	4	4x1000x1800	Нікелеве
10	116	46	70	12	20	4	4x1000x1800	Нікелеве
11	122	42	80	14	20	3	3x1500x2400	Оксидне
12	120	48	72	12	18	3	3x1500x2400	Оксидне
13	120	40	80	16	16	3	3x1500x2400	Оксидне
14	128	48	80	14	22	3	3x1500x2400	Оксидне
15	116	46	70	16	20	3	3x1500x2400	Оксидне
16	100	40	60	12	18	2	2x1400x2200	Фосфатне
17	104	42	62	10	26	2	2x1400x2200	Фосфатне
18	116	46	70	12	20	2	2x1400x2200	Фосфатне
19	114	46	68	12	18	2	2x1400x2200	Фосфатне
20	108	44	64	14	20	2	2x1400x2200	Фосфатне
21	120	40	80	14	18	1	1x1200x2000	Хромове
22	100	30	70	12	16	1	1x1200x2000	Хромове
23	90	30	60	10	14	1	1x1200x2000	Хромове
24	120	40	80	10	20	1	1x1200x2000	Хромове
25	110	40	70	12	22	1	1x1200x2000	Хромове
26	100	40	60	14	20	3	3x1400x2200	Хромове
27	110	40	70	10	18	3	3x1400x2200	Хромове
28	110	50	60	12	22	3	3x1400x2200	Хромове
29	105	40	65	10	18	2	2x1200x2000	Хромове
30	111	46	65	10	20	2	2x1200x2000	Хромове

**Розміри пластини і вихідної заготовки (листа),
(варіанти самостійної роботи)**

№ п/п	A	B	l	d ₁	d ₂	S	Розмір листа
1	30	62	32	10	9	2	2x1200x2000
2	36	74	38	12	10	2	2x1200x2000
3	34	70	36	14	12	3	3x1000x1800
4	36	76	40	16	14	2	2x1500x2400
5	38	80	42	18	16	3	3x1400x2200
6	60	124	64	20	18	2	2x1400x2200
7	24	50	26	8	20	3	3x1200x2000
8	180	40	22	10	8	2	2x1000x1800
9	36	62	22	8	6	3	3x1400x2200
10	66	32	34	12	14	3	3x1400x2200
11	60	50	30	20	15	2	2x1200x2000
12	60	24	32	12	10	3	2x1500x2400
13	38	82	25	18	12	2	2x1200x2000
14	62	100	32	20	16	3	3x1400x2200
15	70	120	50	25	20	3	3x1000x1800

Дозволяється заміна листів на стрічки.

**Механічні властивості листових матеріалів для холодного
штампування**

Найменування сталі	Марка сталі	Стан	Опір зрізові, 10МПа	Межа міцності, 10МПа	Відносне подовження, %
1	2	3	4	5	6
Тонколистова Вуглецева Звичайної якості S = 0,5 – 4 мм	Ст1	–	28 – 34	32 – 40	33 – 28
	Ст2		29 – 36	34 – 42	31 – 26
	Ст3		33 – 40	38 – 47	25 – 21
	Ст4		36 – 45	42 – 52	23 – 19
	Ст5		43 – 53	50 – 62	19 – 15
	Ст6		52 – 62	60 – 72	14 – 11
	Ст7		60	70	10 – 8
Тонколистова Вуглецева якісна Конструкційна S = 0,2 – 4 мм	08кп	–	25	30	35
	08		28	33	33
	10кп		27	32	33
	10		29	34	31
	15кп		31	36	29
	15		32	38	27
	20кп		33	39	27
	20		36	42	25
	25		39	46	23
	30		43	50	21
	35		46	54	20
	40		49	58	19
	45		52	61	16
50		54	64	14	
Тонколистова якісна Маловуглецева для автомобільних кузовів S = 0,8 – 1,5 мм	08кп, 08Фкп,	–	22 – 28	26 – 33	44
	08Ю		22 – 29	26 – 34	42
	08В				
	08СВ				
Листова Низьколегована Конструкційна S = 4 – 10 мм	15ХГС	–	43	50	18
	14ХГС				
	10ХГ2СН		43	50	18
	12ХГН				
	15ХСНД (СХЛ-1) 10ХСНД		47	54	16
Тонколистова легована Конструкційна S = 0,5 – 4 мм	60М	–	47 – 68	55 – 80	14
	65М		51 – 72	60 – 85	12
	70М		55 – 76	65 – 90	10
	10М2А		34 – 49	40 – 58	22
	25ХГСА		42 – 60	50 – 70	18
	30ХГСА		45 – 64	55 – 75	16
	12М2А		42 – 55	50 – 65	18

Продовження додатка В
Продовження табл. В.1

1	2	3	4	5	6
Тонколистова Високолегована Корозійно-стійка Жаростійка S = 0,8 – 4 мм	1X13 2X13 3X13 4X13 X17 X25T, X28	–	34 43 43 48 43 46	40 50 50 56 50 54	21 20 15 15 18 17
Тонколистова Високолегована Корозійно-стійка Жаростійка S = 0,8 – 4 мм	OX18H9 1X19H9 1X18H9T 2X18H9 X18H12Б X23H18 X25H20C2 X17H2 2X13H4M9	–	46 47 46 51 46 47 47 94 56	54 55 54 60 54 55 55 110 65	45 35 40 35 40 40 35 10 40
Тонколистова Електротехнічна Кремениста S = 0,2 – 0,5 мм	Э11, Э12, Э13 Э31-Э32, Э21, Э22, Э41-Э48 Э310-Э380	–	35 43 55	40 50 65	- - -
Тонколистова Електротехнічна Низьковуглецева типу Армко S = 0,2 – 4 мм	Э, ЭА, ЭАА	–	25	30	40
Латунь	Л68 Л62 ЛС59-1 Л68 Л62	М'яка Холоднокатана Напівтверда Холоднокатана Тверда	26 26 30 30 33	30 30 35 35 38	40 35 25 25 20
Латунь	Л68 Л62 ЛС59-1	Холоднокатана	34 36 40	40 42 45	15 10 5
Латунь марганцовиста	ЛМц58-2	М'яка Напівтверда Тверда	34 40 52	39 45 60	30 25 3
Бронза олов'яно-фосфоритна й олов'яно-цинкова	БрОФ6,5-0,25 БрОц4-3	М'яка Напівтверда Тверда	26 48 50	30 55 65	38 5 2
Бронза алюмінієва	Бра7	Відпалена Невипалена	52 56	60 65	10 5
Бронза олов'яно-свинцево-цинкова	БрОЦС4-4- 2,5	М'яка Напівтверда	24 34 – 43	30 40 – 50	35 10
Бронза берилієва	БрБ2	Тверда М'яка	34 – 50 55	40 – 60 65	30 2

Закінчення додатка В

Закінчення табл. В.1

1	2	3	4	5	6
Мідь	М1, М2, і М3	М'яка	18	21	30
		Тверда	26	30	3
Алюміній	ПЕКЛО, ПЕКЛО1 А2, А3	М'який	7	7,5 – 11	30 – 20
		Твердий	11	12 – 15	9 – 6
Дуралюмін	Д16А-М Д16А-Т	Відпалений	15 – 20	18–25	12
		Загартований	27 – 30	34–38	15
Магнієвий сплав	МА1 МА8 МА1 МА8	Холодний	12 – 14	17–19	3 – 5
		Підігрітий до 300 ^{оc}	15 – 18	23–24	14 – 5
			3 – 5	5,5–6	50 – 52
			5 – 7	6,5–8	58 – 60
Нікель**	Н1, Н2, Н3	М'який	35	40	35
		Твердий	47	55	2
Нейзильбер	МНЦ-15-20	М'який	30	35	35
		Твердий	48	55	1
		Особливо твердий	56	65	1
Мельхіор	МН19	М'який	26	30	30
		Твердий	34	40	3
Цинк	Ц1, Ц2, Ц3, Ц4	–	12 – 20	14 – 23	40 – 36
Свинець	31, 32, 33, 34	–	2 – 3	2,5 – 4	50 – 40
Ковар	Н30ДО18	М'який	38 – 52	45 – 60	35 – 50
Пермалой	Н78	М'який	55 – 60	65 – 70	30 – 35
Ніхром	Х20Н80	М'який	64 – 70	75 – 80	35 – 45
Феронікель	Н-52	М'який	52 – 64	60 – 75	30 – 35
Титанові сплави	ВТ1-1	Відпалений	39 – 52	46 – 60	25 – 40
	ВТ1-2	– // –	47 – 64	55 – 75	22 – 35
	ВІД4-1	– // –	52 – 64	60 – 75	20 – 35
	ВІД4	– // –	60 – 73	70 – 85	15 – 35
	ВТ5-1	– // –	64 – 80	75 – 95	12 – 25
	ВТ4	– // –	73 – 86	85 – 100	12 – 22
	ВІД4-2	– // –	86 – 103	100 – 120	9 – 15
	ВТ6	– // –	77 – 95	90 – 110	10 – 15
	ВТ6	Загартований (при 800 - 840 ^{оc})	86 – 90	100 – 105	16 – 18
	ВТ6	Після старіння (при 500 ^{оc})	95– 100	110–115	14 – 16
	ВТ14	Відпалений	77 – 95	90 – 110	8 – 16
	ВТ14	Загартований (при 820 - 880 ^{оc})	82 – 90	95 – 105	14 – 20
	ВТ14	Після старіння (при 500 ^{оc})	100 – 120	115 – 140	7 – 12

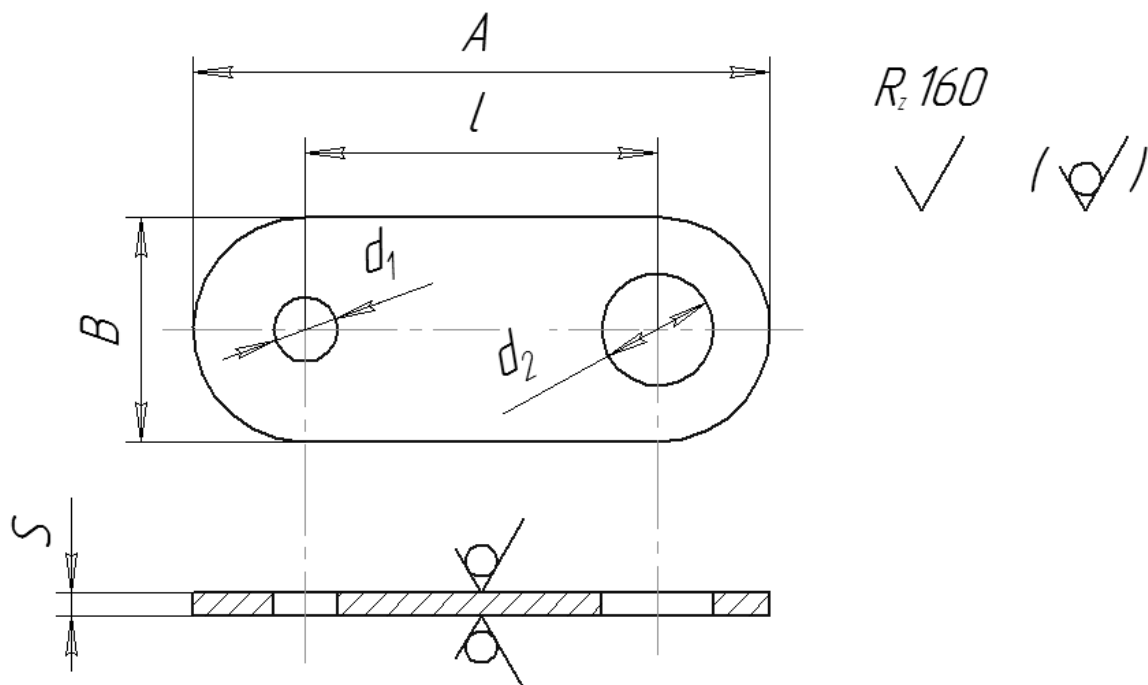
Преси однокривошипні закриті, простої дії

Основні параметри	Модель преса							
	KB2532	KB2534	KB2535	KB2535A	KB2536	KB2538	KB2540	KB2542
Нормальне зусилля, кН	1 600	2 500	3 150	3 150	4 000	6 300	10 000	16 000
Хід повзуна, мм	160	200	200	400	250	320	400	400
Частота ходів повзуна, хв ⁻¹	30 – 60	28 – 40	32	15 – 20	28	15 – 20	15 – 20	12 – 16
Розміри столу, мм	800х 800	800х 800	1000х 1000	1000х 1000	1000х 1000	1250х 1250	1250х 1250	1600х 1600
Найбільша відстань між столом і повзуном у його нижньому положенні, мм	480	560	560	710	510	800	730	870
Потужність приводу, кВт	27	36	40	40	40	56	75	110
Оптова ціна, ум. од.	35 000	40 000	40 000	40 000	42 200	60 000	100 000	1 600 000

Преси однокривошипні простої дії, відкриті, похилі

Основні параметри	Модель преса							
	КД2114А	КД2118А	КД2122 ДО	КД2124 ДО	КД2126 ДО	КД2128 ДО	КЕ2130	КВ2132
Нормальне зусилля, кН	25	63	160	250	400	630	1 000	1 600
Хід повзуна, мм	4 – 36	5 – 50	5 – 71	5 – 80	10 – 90	10 – 100	10 – 130	25 – 160
Частота ходів повзуна, хв ⁻¹	200 – 400	150 – 250	180	50 – 180	56 – 160	45 – 140	100	71
Розміри столу, мм	280х 180	360х 280	420х 280	500х 340	600х 400	710х 480	850х 560	1000х 670
Найбільша відстань між столом і повзуном у його нижньому положенні, мм	180	200	250	280	300	340	400	480
Потужність приводу, кВт	0,32	0,51	1,1	2,5	4,5	6,3	15,5	19
Оптова ціна, ум. од.	2 000	2 200	4 200	5 730	6 800	9 530	14 190	21 000

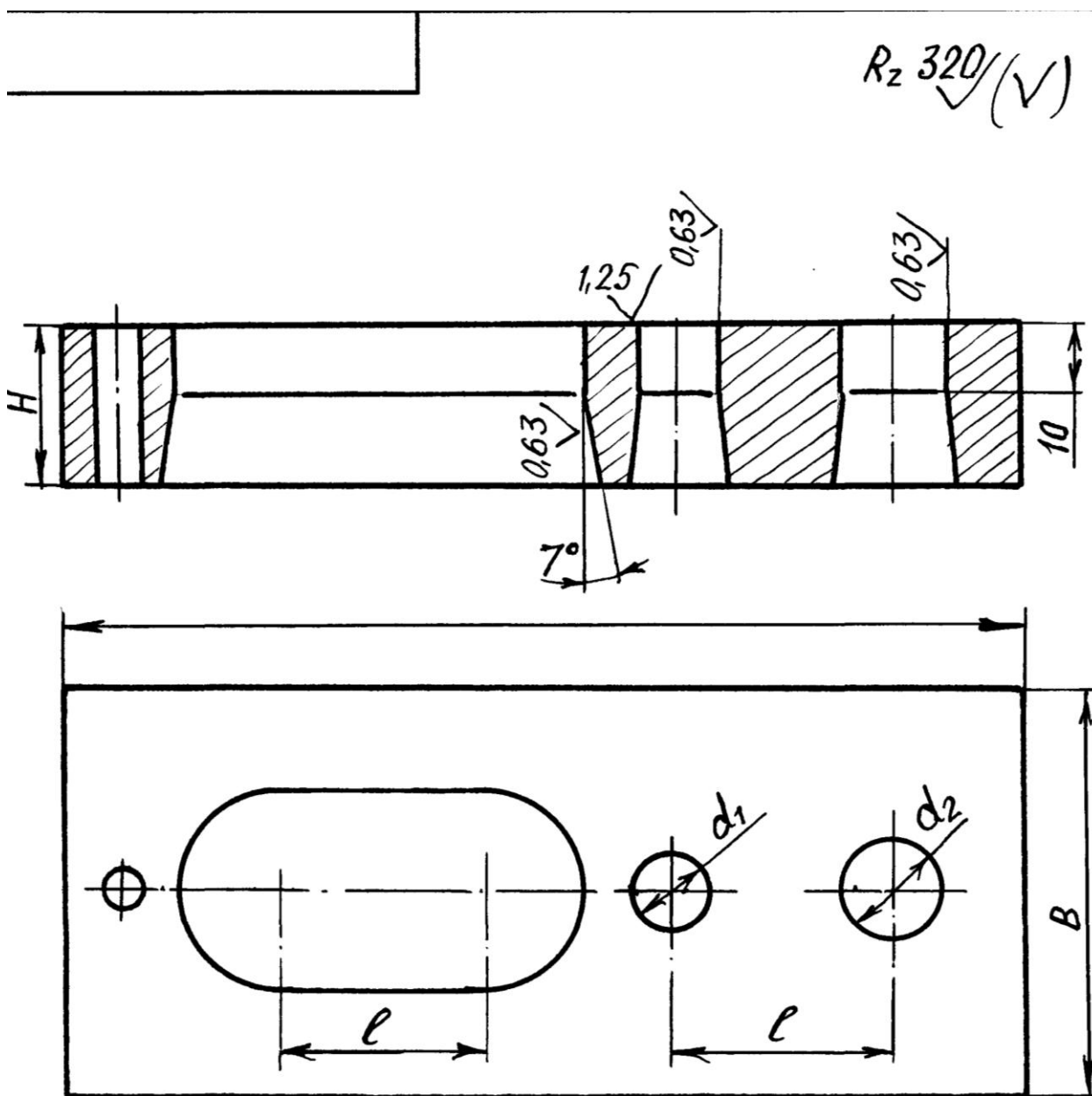
Ескіз планки



1. Допускається виготовлення зі сталі марки ст 2.
2. Планку кроміровать.

Рис. Д.1. Ескіз планки

Ескіз матриці



1. HRC_p 58 ... 62

2. Допускається виготовлення
зі сталі У10А ГОСТ 1435-84

Рис. Е.1. Ескіз матриці

Ескіз креслення Пуансона

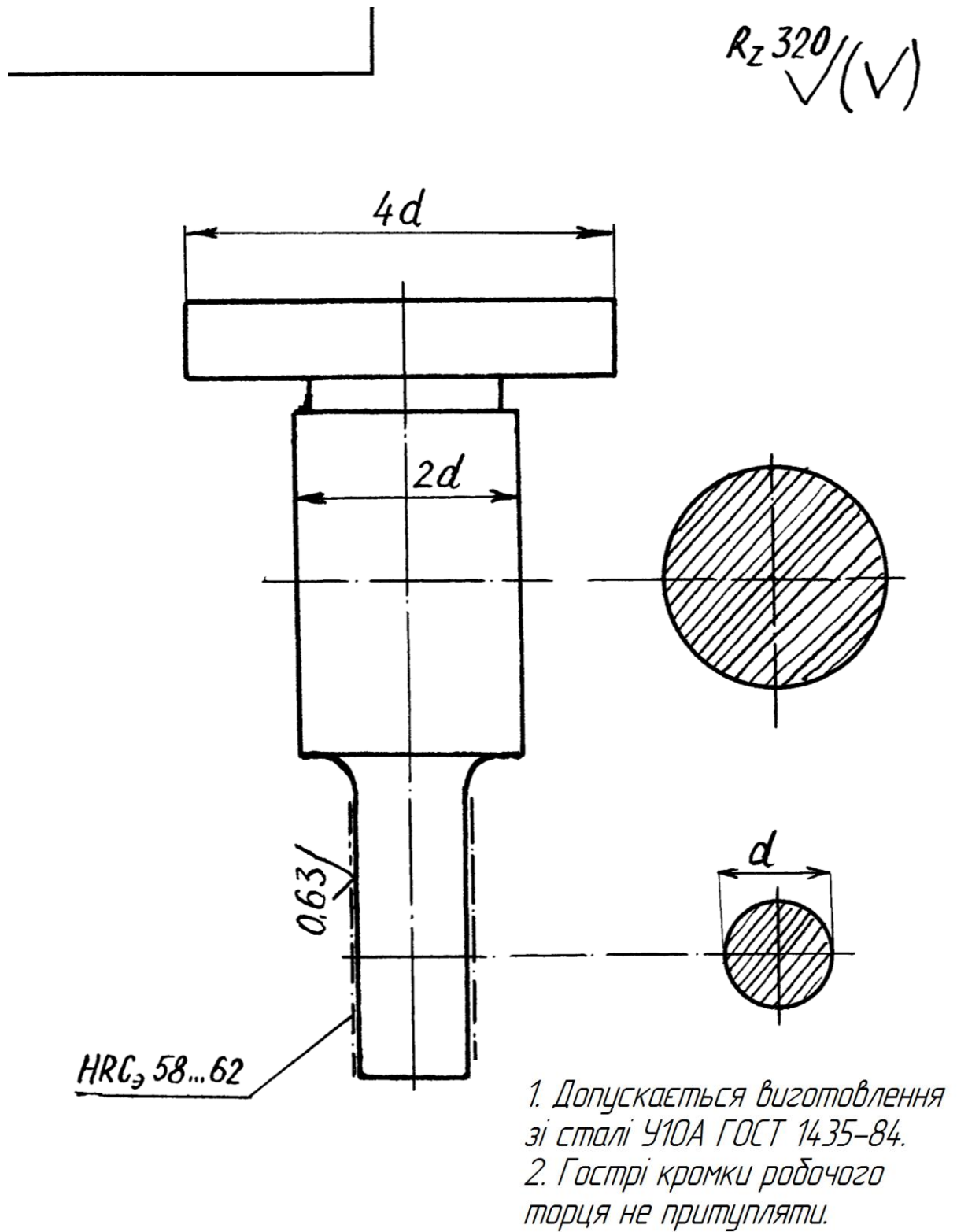
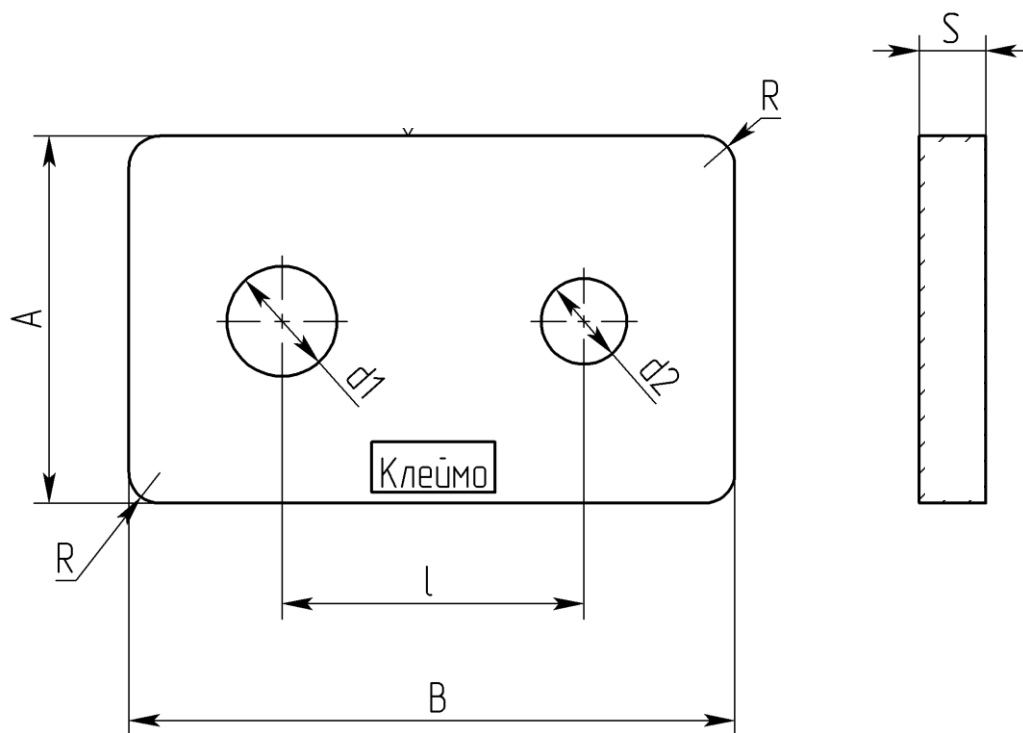


Рис. Ж.1. Ескіз креслення Пуансона

Ескіз пластини



1. Дозволяється заміна листів на стрічки.
2. Радіус сполучення лінійних ділянок $R = S$.
3. Наноситься клеймо ХНЕУ ім. С. Кузнеця.

Рис. И.1. Ескіз пластини

Зразок заповнення маршрутної карти

ДСТ 3:110575 Форма 2						
ХНЕУ ім. С. Кузнеця	Маршрутна карта		Деталь Планка	Літера	У	
Матеріал, марка, код	найменування,	Маса деталі	Заготовка, вид, профіль	Маса заготовки		КВМ
Ст 3 ДСТ 380-84 Лист 1x1200x2000		0,2	Смуга 1x50x2000			0,85
№ п/п	Найменування і зміст операції	Устаткування (найменування, код, інвент. №)	Пристосування й інструмент, код	Розряд робітника, професія	Об'єм вироб- ництва, партії	Т _{пз}
						Т _{шт.}
001	Транспортна. Доставка аркушів до ножиців	Електрокар	Короб для укладання листів	2		
010	Розкрій. Розрізування листа на смуги	Гільйотинні ножиці	Лінійка для поділу смуг	2		
015	Штампувальна. Операції пробивання і вирублення	Кривошипний прес. Штамп послідовної дії	Механізм подачі смуги	3		Т _{шт.} 1/n
020	Галтувальна. Зняття задірок	Галтувальний барабан	Технологічний склад	3	За міст- кістю бараба- на	
030	Правильна. Забезпечення площини	Карбувальний прес	Спеціальний штамп	3		
	Контрольна. Вибірковий контроль	Стіл ВТК	Штангенциркуль	4		
035	Гальванічна. Хромування деталей	Гальванічна ванна для де- коративного хромування	Гачки для підри- зування деталей	4		
040	Контрольна	Стіл ВТК	Набір вимірювальних інструментів. Еталони шорсткості	5		
045	Пакувальна. Консервація деталей і їхнє упакування в спеціальні шухляди	Стіл для упа- кування		3		
050	Транспортна. Транспортування деталей на склад	Електрокар		2		
Зміни	Лист	№ документа	Підпис, дата	Розроб.		Лист Листів

**Зразок оформлення титульного аркуша
самостійної роботи**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ

КАФЕДРА ПРИРОДНИЧИХ НАУК ТА ТЕХНОЛОГІЇ

Самостійна робота
з навчальної дисципліни "Матеріалознавство"

Розробив
студент 1 курсу ___ групи

факультет

П. І. Б.

Перевірив

П. І. Б.

Харків, ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2016

Зміст

Вступ.....	3
1. Загальні положення з розроблення технологічних процесів листового штампування.....	3
1.1. Операції листового штампування	3
1.2. Штампи для листового штампування.....	6
1.3. Розкрій матеріалу.....	9
1.4. Технологічність деталей для холодного штампування.....	16
1.5. Точність штампованих деталей.....	18
1.6. Основні технологічні розрахунки за операціями різання листового матеріалу на ножицях, вирублення та пробивання.....	18
1.7. Розрахунок зусиль операцій	19
1.8. Технологічність деталей	22
1.9. Зазори між пуансоном і матрицею під час розділових операцій.....	24
1.10. Розрахунок виконавчих розмірів пуансонів і матриць під час вирублення і пробивання	24
1.11. Визначення розмірів матриць.....	27
1.12. Вибір кривошипного преса для листового штампування	31
2. Економіка листової штамповки.	32
2.1. Собівартість штампованої деталі.....	32
2.2. Вибір варіантів технологічного процесу і їх економічне обґрунтування	35
2.3. Економічний ефект від впровадження технологічних процесів листового штампування	36
3. Порядок виконання роботи з розроблення технологічного процесу виготовлення деталі методом холодного листового штампування	37
Рекомендована література.....	39
Додатки.....	40

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

**Методичні рекомендації
до виконання самостійної роботи студентів
з навчальної дисципліни**

"МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО"

**для студентів напряму підготовки
6.051501 "Видавничо-поліграфічна справа"
всіх форм навчання**

Самостійне електронне текстове мережеве видання

Укладачі: **Крюк** Анатолій Григорович
Дитиненко Станіслав Олександрович

Відповідальний за видання *Ф. В. Новіков*

Редактор *В. О. Бутенко*

Коректор *В. О. Бутенко*

План 2016 р. Поз. № 334 ЕВ. Обсяг 53 с.

Видавець і виготовлювач – ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 61166, м. Харків, просп. Науки, 9-А

*Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру
ДК № 4853 від 20.02.2015 р.*