

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет "ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА"

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт з дисципліни

«Технологічна оснастка»

для студентів зі спеціальностей:

131 «Прикладна механіка» освітня програма

«Технології машинобудування»

133 «Галузеве машинобудування» освітня програма

«Металорізальні верстати та системи»

усіх форм навчання

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Технологічна оснастка» для студентів зі спеціальностей: 131 «Прикладна механіка» освітня програма «Технології машинобудування» 133 «Галузеве машинобудування» освітня програма «Металорізальні верстати та системи» усіх форм навчання / укл.: Е.В. Вишнепольський, О.Б. Козлова – Запоріжжя: НУЗП, 2024. – 82 с.

Укладачі: Козлова О.Б., к.т.н., доцент кафедри ТМБ
Вишнепольський Є. В. к.т.н., доцент кафедри ТМБ

Рецензент: Гончар Н.В., к.т.н., доцент кафедри ТМБ.

Відповідальний за випуск: Дядя С.І., к.т.н., доцент, зав. каф. ТМБ

Затверджено на засіданні кафедри
«Технологія машинобудування»
Протокол № 1
від 06.08.2024р.

Рекомендовано до видання
НМК МФ
Протокол № 1 від 27.08.2024 р.

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Вибір верстата, інструмента, пристосування та розрахунок режимів різання	5
1.1 Теоретичні положення.....	5
1.2 Приклад.....	8
2. Аналіз схем установки заготовок в пристосуваннях ...	13
2.1 Теоретичні положення	13
2.2 Приклад	18
3. Розрахунок пристосувань на точність	22
3.1 Теоретичні положення.....	22
3.2 Приклад.....	29
4. Розрахунок необхідних сил затиску в пристосуваннях	32
4.1 Теоретичні положення	32
4.2 Приклад	45
5. Розрахунок затискаючих пристроїв верстатних пристосувань	46
5.1 Теоретичні положення.....	46
5.2 Приклад.....	51
6. Вибір приводу затискаючого пристрою	52
6.1 Теоретичні положення.....	52
6.2 Приклад.....	55
7. Перевірочний розрахунок на міцність	57
7.1 Теоретичні положення.....	57
7.2 Приклад.....	59
8. Принципи та послідовність конструювання пристосувань	60
8.1 Теоретичні положення.....	60
8.2 Приклад.....	64
9. Рекомендована література.....	68
9.1 Основна література.....	68
9.2 Навчально-методична література.....	68
Додаток А. Технічні характеристика верстатів.....	69
Додаток Б. Т – подібні верстатні пази по ГОСТ 1574-75.....	73
Додаток В. Допуски і посадки.....	74
Додаток Д. Похибки закріплення.....	77
Додаток Е. Економічна точність обробки шпонкових пазів.....	81
Додаток Ж. Період стійкості шпонкових фрез.....	81
Додаток К. Значення коефіцієнта k_2	82

ВСТУП

Дисципліна "Технологічна оснастка" є однією із вузлових дисциплін спеціальності "Технологія машинобудування" та "Металорізальні верстати та системи", що забезпечує якісну підготовку фахівця.

Дані методичні вказівки включають рекомендації до виконання практичних або курсових робіт по дисципліні "Технологічна оснастка".

Метою розробки цих методичних вказівок було надання допомоги студентам, що виконують практичні роботи.

Практичні роботи проводяться по наступних темах: вибір верстата, інструмента, пристосування та режимів різання; аналіз схем установки заготовок в пристосуваннях; розрахунок пристосувань на точність; розрахунок необхідних сил затиску в пристосуванні; розрахунок затискаючих пристроїв верстатних пристосувань; вибір приводу затискаючого пристрою; перевірочний розрахунок на міцність деталей верстатів; принципи та послідовність конструювання пристосувань.

Методичні вказівки містять: основні теоретичні відомості по темі заняття, приклад рішення задачі, контрольні питання, список літератури, необхідні довідкові матеріали.

На початку першого заняття студенти отримують завдання - деталь з "Альбому." [10], операцію яку необхідно виконати та річну програму виготовлення. Це завдання використовується для виконання всіх практичних робіт. Приклади конструкцій проєктованих пристосувань можна знайти в довідковому посібнику [9].

1. ВИБІР ВЕРСТАТА, ІНСТРУМЕНТА, ПРИСТОСУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ

1.1 Теоретичні положення

Завданням на проектування пристосування є креслення деталі що знаходиться у методичних вказівках "Альбом деталей для виконання завдань..." [10]. Кожен студент отримає персональне завдання з посиланням на сторінку на якій міститься креслення деталі, з визначенням операції, розмірів які необхідно отримати та річну програму випуску. Студент має під час самостійної роботи відтворити креслення деталі на форматі А3 з достатньою для проектування кількістю видів. В разі необхідності можливо використання інших форматів креслення.

Отримавши завдання на проектування студент, використовуючи довідковий посібник "Конструкції пристосувань..." [9] вибирає принципovu конструкцію пристосування, яку погоджує з викладачем.

Використовуючи отримане завдання та конструкцію пристосування студент повинен вибрати різальний інструмент [7] с. 137 – 153, 174 – 190; [5] с. – 239 - 299 та верстат на якому повинна виконуватися ця операція [7] с. 20 – 29, 51 – 59; [5] с. 20 – 65, 84 – 105. Можливо використання інших джерел паспортних даних на обрані верстати. Окремі данні наведені в додатках А та Б.

Необхідно привести ряд частот обертання різального інструмента та ряд подач який присутній на вибраному верстаті. Крім цього необхідно о привести ескіз Т-образного паза робочого столу верстата та його розміри. Всі ці данні потрібні для виконання наступної практичної роботи.

1.1.1 Визначення режимів різання

Режими різання визначаємо по методиці викладеною в [7 с. 276 . 291].

1.1.1.1 Свердлення

Глибина різання. При свердленні глибина різання $t = 0,5D$. Де D - діаметр отвору.

Подача. При свердленні отворів без обмежуючих чинників вибираємо максимально допустиму по міцності свердла подачу [7 табл. 25, стор 277].

Швидкість різання, мм/хв при свердленні

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v;$$

Значення коефіцієнтів C_v і показників ступеня приведені для свердлення в табл. 28, стор 278, а значення періоду стійкості T в табл. 30 стор 279.

$$K_v = K_{Mv} K_{Iv} K_{lv}$$

K_v – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання

де K_{Mv} – коефіцієнт на оброблюваний матеріал (див. табл. 1-4, стор. 261); K_{Iv} – коефіцієнт на інструментальний матеріал (див. табл. 6, стор. 263); K_{lv} – коефіцієнт враховує глибину свердлення (табл. 31, стор.280).

Крутячий момент, Н·м, і **осьову силу**, Н, розраховують по формулах:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y K_P; \quad P_o = 10 C_P D^q S^y K_P;$$

Значення коефіцієнтів C_M і C_P і показники ступеня приведені в табл. 32 стор.281.

Коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, в даному випадку залежать тільки від матеріалу оброблюваної заготовки і визначаються виразом

$$K_P = K_{MP}.$$

Значення коефіцієнта K_{MP} приведені для сталі і чавуну в табл. 9, стор 264.

Потужність різання, кВт, визначають по формулі

$$N_e = \frac{M_{кр} n}{9750},$$

де частота обертання інструменту або заготовки, об/хв

$$n = \frac{1000v}{\pi D}$$

1.1.1.2 Фрезерування

Конфігурація оброблюваної поверхні і вид устаткування визначають тип вживаної фрези.

Глибина фрезерування t і ширина фрезерування B - поняття, пов'язані з розмірами шару заготовки, що зрізується при фрезеруванні (див.[7] рис.3, стор.282).

Подача. При фрезеруванні розрізняють подачу на один зуб s_z , подачу на один оборот s і хвилинну s_M , мм/хв, які знаходяться в наступному співвідношенні.

$$s_M = sn = s_z zn$$

де n – частота обертання фрези, об/хв; z – число зубів фрези.

Початковою величиною подачі при чорновому фрезеруванні є її величина на один зуб s_z , при чистовому фрезеруванні - на один оборот фрези s , по якій для подальшого використання обчислюють величину подачі на один зуб $s_z = s/z$. Подачі, що рекомендуються, для різних фрез і умов різання приведені в табл. 33 – 38, стор. 283 . 286.

Швидкість різання - окружна швидкість фрези, м/хв.,

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v$$

Значення коефіцієнта C_v і показники ступенів приведені в табл. 39, стор 286, а періоду стійкості T в табл. 40, стор. 290 та додаток Е.

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання.

$$K_v = K_{Mv} K_{Pv} K_{Iv}$$

де K_{Mv} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу (див. табл. 1 - 4, стор. 261 - 263); K_{Pv} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовок (див. табл. 5 стор. 263); K_{Iv} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту (див. табл. 6, стор. 263).

Сила різання. Головна складова сили різання при фрезеруванні - окружна сила, H

$$P_z = \frac{10C_p t^x s_z^y B^{u_z}}{D^q n^w} K_{MP},$$

де z – число зубів фрези, що одночасно приймають участь у різанні; n – частота обертання фрези, об/хв.

Значення коефіцієнта C_p і показників ступеня приведені в табл. 41 стор. 291, поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу K_{MP} для сталі і чавуну в табл. 9, стор. 264. Величини решти складових сили різання (рис. 5, 6, стор. 292) встановлюють із співвідношення з головною складовою P_z по табл. 42. стор. 292.

Результуюча сил P_y і P_z

$$P_{YZ} = \sqrt{P_y^2 + P_z^2}.$$

Крутячий момент, Н·м, на шпинделі

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100},$$

де D – діаметр фрези, мм.

Потужність різання (ефективна), кВт

$$N_e = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60}.$$

Визначення норм часу проводимо по методиці викладеній в [6] стор. 45...69. Особливості розрахунку основного часу при фрезеруванні шпонкових пазів в [3], стор. 118.

1.2 Приклад

По завданню необхідно спроектувати пристосування для фрезерування шпонкового пазу глибиною 6 мм та довжиною 35 мм, дотримуючись розміру 22,5 мм. Деталь представлена на малюнку 1.1 Річна програма – 4000 шт.

Для фрезерування шпонкового пазу вибираємо шпонкову фрезу по ГОСТ 9140-78 з швидкорізальної сталі Р6М5, Тип 1, з циліндровим хвостовиком. Діаметр фрези 12 мм, довжина робочої частини 16 мм, загальна довжина 73 мм. Кількість зубів $z = 2$ [7] с. 177.

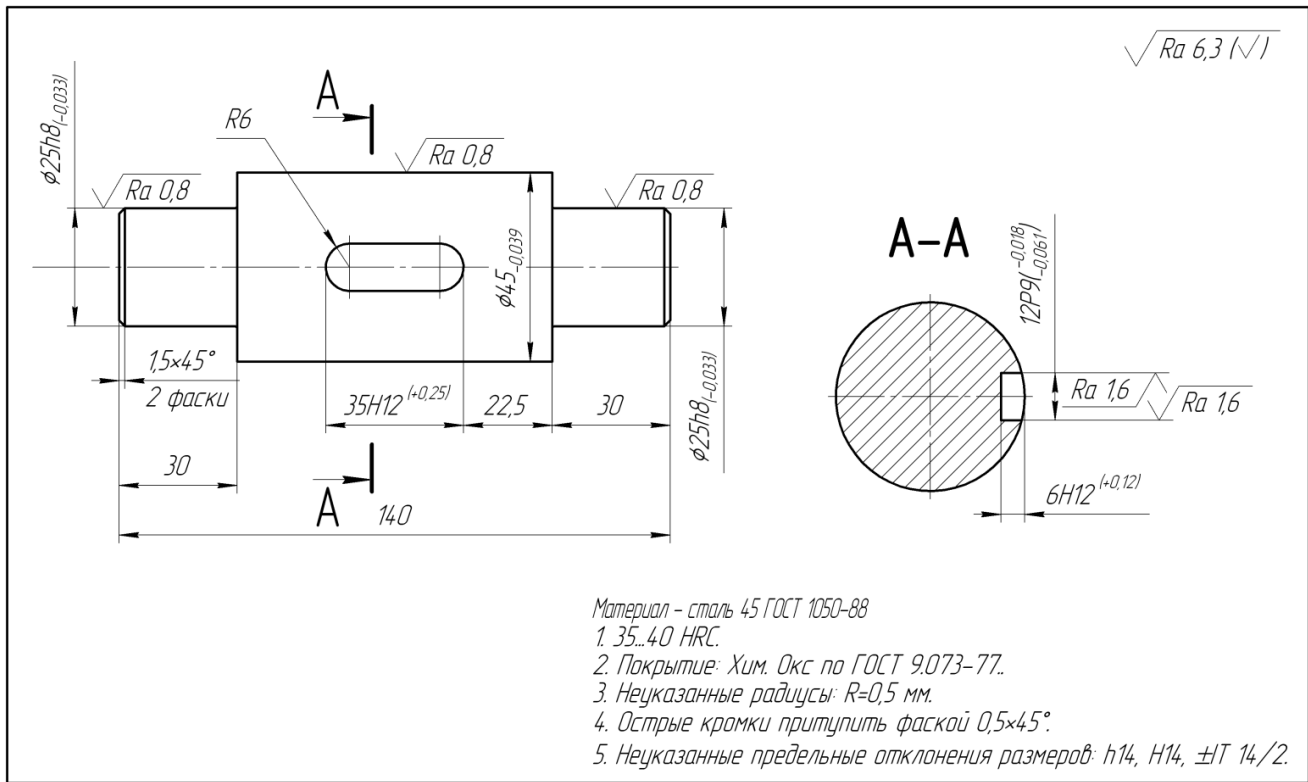


Рисунок. 1.1 - Ескіз деталі

Верстат – вертикальний консольно-фрезерний верстат моделі 6Т12. Паспортні данні приведені у додатку А.

Пристосування вибираємо по довідковому посібнику [9] що розташовано на стор. 68, але остаточний вибір зробимо після аналізу схем установки деталі в пристосуванні. Особливості означеного пристосування представлені на малюнку 1.2.

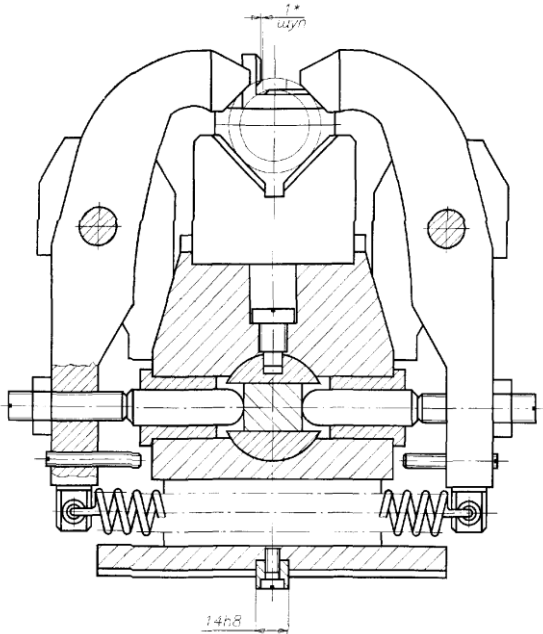


Рисунок. 1.2 - Пристосування для фрезерування шпонкових пазів

Подача ([7], табл.38 стор. 286). Вибираємо спосіб фрезерування – врізання на всю глибину шпонкового пазу і фрезерування його за один прохід.

Подача на осьове врізання на один зуб $s_{z\text{в}} = 0,009$ мм

Подача подовжнього руху $s_{z\text{о}} = 0,026$ мм.

Швидкість різання.

Визначаємо коефіцієнти і показники ступенів.

$C_v = 12$; $q = 0,3$; $x = 0,3$; $y = 0,25$; $u = 0$; $p = 0$; $m = 0,26$.

Глибина фрезерування $t = 6$ мм.

Ширина фрезерування $B = 12$ мм.

Період стійкості $T = 60$ хв. (додаток Ж).

Коефіцієнт K_{Mv} в табл.1 стор. 261.

$$K_{Mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \left(\frac{750}{610} \right)^{0,9} = 1,2$$

Для сталі 45 ($\sigma_v = 610$ МПа),

Табл. 2 стор. 262. $K_r = 1$, $n_v = 0,9$.

Табл. 5, стор. 263. Деталь чисто оброблена. $K_{пv} = 1,0$.

Табл. 6, стор. 263. $K_{ив} = 1,0$.

$$K_v = K_{Mv} K_{пv} K_{ив} = 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,2$$

Швидкість різання

$$v = \frac{12 \cdot 12^{0,3}}{60^{0,26} \cdot 6^{0,3} \cdot 0,026^{0,25} \cdot 12^0 \cdot 2^0} \cdot 1,2 = 15,28 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 15,28}{3,14 \cdot 12} = 405,5 \text{ об/хв}$$

По паспорту станка найближчою частотою обертання інструмента є $n = 400$ об/хв. (додаток А).

Тоді швидкість різання при цій частоті дорівнює

$$v = \frac{\pi D n}{1000} = 15,07 \text{ м/хв.}$$

Для розрахунку основного часу

$$s_M = s_z z n = 20,8 \text{ мм/хв}$$

По паспорта станка приймаємо $s_M = 20$ мм/хв (додаток А).

Перерахунок подачі на зуб по прийнятій хвилинній дас:

$$s_z = \frac{s_M}{z n} = \frac{20}{2 * 400} = 0,025 \text{ мм/зуб}$$

Сила різання.

Визначаємо коефіцієнти і показники ступенів (табл. 41 стор. 291).

$$Cp = 68,2; x = 0,86; y = 0,72; u = 1,0; q = 0,86; w = 0.$$

Табл. 9, стор. 264 для сталі і чавуну

$$K_{Mр} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{610}{750} \right)^{0.3} = 0,94.$$

$$P_Z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 6^{0,86} \cdot 0,025^{0,72} \cdot 12^1 \cdot 1}{12^{0,86} \cdot 400^0} \cdot 0,94 = 297,63 \text{ Н}$$

Крутячий момент.

$$M_{кр} = \frac{315,7 \cdot 12}{2 \cdot 100} = 17,86 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Потужність різання (ефективна).

$$N_e = \frac{347,5 \cdot 15,07}{1020 \cdot 60} = 0,073 \text{ кВт}.$$

Що значно менш потужності верстата 7,5 кВт (додаток А).

2. АНАЛІЗ СХЕМ УСТАНОВКИ ЗАГОТОВОК В ПРИСТОСУВАННЯХ

2.1 Теоретичні положення

Аналіз схем установки заготовок в пристосуваннях проводиться з метою вибору оптимальною, яка буде рекомендована для подальшого проектування пристосування. Для цього необхідно викреслити декілька варіантів установки, визначити похибки і обґрунтувати вибір тієї схеми, яка може бути запропонована для подальшого проектування пристосування [3] стор. 30 – 54.

Для конструювання пристосувань необхідно визначати і враховувати похибку установки заготовки в пристосуваннях.

Похибка установки це різниця граничних відхилень вимірювальної бази щодо встановленого на розмір ріжучого інструменту, що виникає в процесі базування і закріплення заготовки. Складається з похибки базування, похибки закріплення і похибки пристосування.

Похибка базування - різниця граничних відстаней між вимірювальною базою і встановленим на розмір ріжучим інструментом, що виникає в наслідку неспівпадання вимірювальної і налагоджувальної бази.

Похибка закріплення - відхилення вимірювальної бази щодо встановленого на розмір ріжучого інструменту під дією прикладених сил закріплення.

Похибка пристосування - відхилення вимірювальної бази щодо встановленого на розмір ріжучого інструменту, що виникають в наслідку неточності виготовлення пристосування, зносу установочних елементів (опор), неточності базування і закріплення пристосування на столі або в шпінелі верстата.

У загальному випадку напрям похибок не співпадає по напрямку. Тому величину похибки установки, як векторну величину, знаходять за правилом квадратного кореня

$$y = \sqrt{\delta^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{пр}^2}$$

Похибка пристосування, значною мірою усуваються при настройці системи верстат - пристосування - інструмент і її величиною при визначенні похибки установки, як правило, нехтують. Таким чином, формула набуває вигляду

$$\mathcal{E}y = \sqrt{\mathcal{E}\delta^2 + \mathcal{E}z^2} \quad (2.1)$$

Такою формулою користуються при обробці поверхонь обертання і отриманні діаметральних розмірів.

При обробці площинних заготовок, а також торцевих поверхонь (уступів) тіл обертання і при отриманні лінійних розмірів похибка базування і похибка закріплення є скалярними векторами, лежачими на одній прямій, і підсумовуються арифметично тоді формула прийме вигляд.

$$\mathcal{E}y = \mathcal{E}\delta + \mathcal{E}z \quad (2.2)$$

Оскільки розміри, які ми повинні витримати частіш лінійні, то ми для визначення похибки установки зазвичай використовуємо формулу (2.2), що втім не виключає застосування формули (2.1) в обумовлених раніш випадках.

2.1.1 Методика визначення похибок базування

У загальному випадку, коли вимірювальна і налагоджувальна бази співпадають, похибка базування рівна нулю. Якщо бази не співпадають, то похибка базування дорівнює допуску на розмір між вимірювальною і налагоджувальною базами або сумі допусків, що зв'язують ці бази.

Визначення похибки базування $\mathcal{E}\delta$ слід проводити в наступній послідовності:

- викреслити схему установки заготовки в пристосуванні та вказати положення опорних точок і визначити призначення поверхонь заготовки, відповідно класифікації баз (установочна, направляюча, опорна);
- поставити розмір обробки та розміри опорних поверхонь з допусками і позначити положення вимірювальної бази;
- визначити положення налагоджувальної бази відповідно до конструкції установочних елементів і розмірам «const» пов'язати її з ріжучим інструментом;
- визначити похибку базування на розмір обробки.

2.1.2 Похибка базування при установці заготовок на призму

При обробці лисок або шпонкових пазів заготовки типу «валик» встановлюються на призми. Розміри обробки, залежно від положення

деталі в складальній одиниці, можуть бути вказані по трьом варіантам (рис. 2.1)

При установці заготовок на призму неминучі похибка базування на розміри обробки $H_1 - T_{H1}$; $H_2 - T_{H2}$; $H_3 + T_{H3}$.

Розрахункова схема для визначення похибок базування приведена на рис. 2.1.

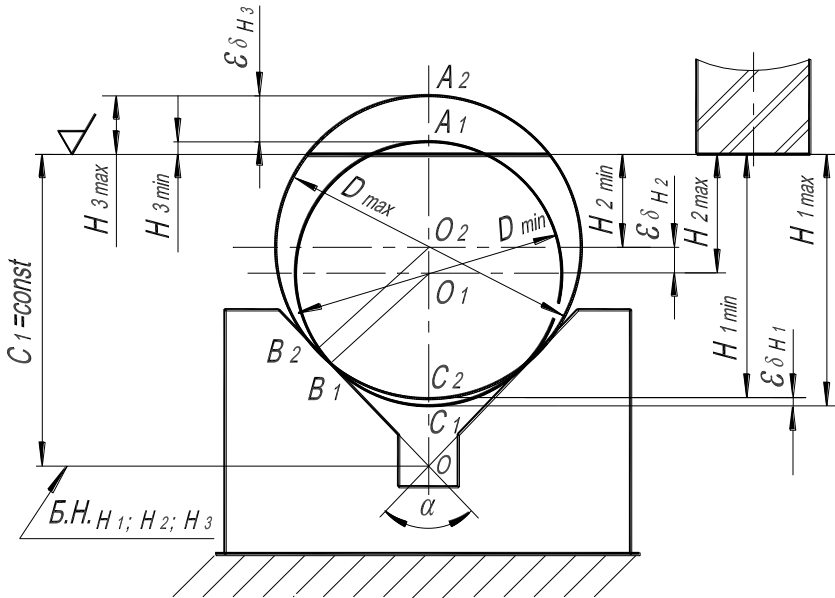


Рисунок. 2.1 - Схема установки заготовки типу «валик» на призму

Згідно даних, приведених у книзі [3] похибки базування по цим розмірам залежно від способу позначення розміру відображаються формулами:

$$\epsilon_{\delta H_1} = k_1 \cdot T_D ; \quad (2.1)$$

$$\epsilon_{\delta H_2} = k_2 \cdot T_D ; \quad (2.2)$$

$$\epsilon_{\delta H_3} = k_3 \cdot T_D ; \quad (2.3)$$

Для робочих пристосувань використовується кут призми 90° . Для цього кута коефіцієнти дорівнюватимуть:

$$k_1 = 0,21; \quad k_2 = 0,70; \quad k_3 = 1,21.$$

Поля допусків наведені в додатку В.

2.1.3 Похибка базування при обробці ступінчастих валів

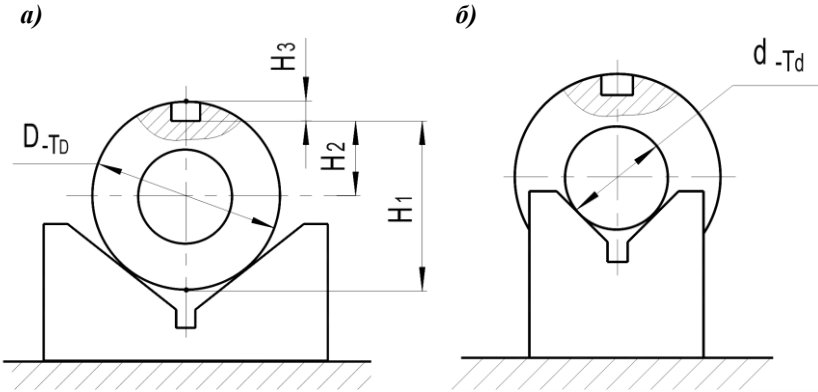


Рисунок. 2.2 - Схеми установки при обробці паза шпони в ступінчастому валіку.

Аналізуючи представлені схеми установки, можна визначити похибки базування на розміри H_1 , H_2 , H_3 , які для цих варіантів будуть різні:

для варіанту *a)*

$$\varepsilon_{\delta_{H_1}} = k_1 T_D, \quad \varepsilon_{\delta_{H_2}} = k_2 T_D, \quad \varepsilon_{\delta_{H_3}} = k_3 T_D; \quad (2.4)$$

для варіанту *б)*

$$\varepsilon_{\delta_{H_1}} = k_2 \cdot T_d + \frac{T_D}{2}, \quad \varepsilon_{\delta_{H_2}} = k_2 T_d, \quad \varepsilon_{\delta_{H_3}} = k_2 T_d + \frac{T_D}{2}. \quad (2.5)$$

Варіанти визначення похибок базування для свердління отворів у торці валів показані в роботі [3].

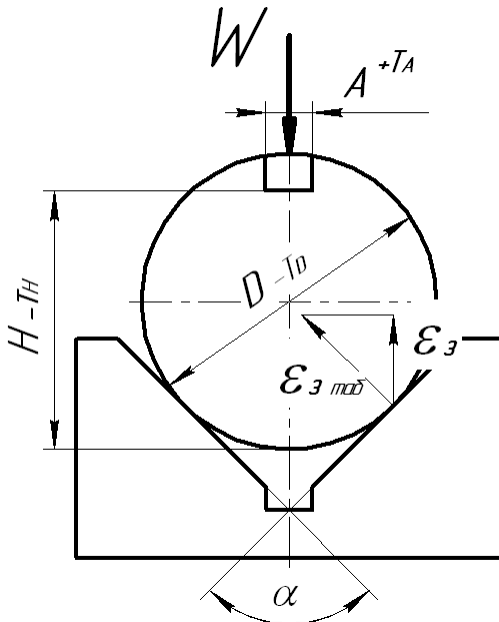
2.1.4 Похибка базування лінійних розмірів

При аналізі похибки базування лінійних розмірів, слід користуватися наступним правилом. **Якщо вимірювальна і налагоджувальна бази не співпадають – похибка базування дорівнює сумі допусків всіх розмірів що входять в розмірний ланцюг між цими базами.**

2.1.5 Методика визначення похибки закріплення

Похибка закріплення \mathcal{E}_z є частиною похибки установки. Вона визначається як різниця граничних відхилень вимірювальної бази відносного встановленого на розмір ріжучого інструменту, що виникає в результаті дії сил закріплення прикладених до заготовки для забезпечення її нерухомості в процесі обробки.

Зміщення вимірювальної бази відбувається у тому випадку, коли сили затиску (або її складових, співпадають з напрямом розміру обробки). Під дією сили затиску виникають пружні деформації (віджимання) в системі заготовка - пристосування, а також змінюються мікронерівності (осідання) в зоні контакту заготовка - установочний елемент. Це проілюстровано на малюнку 2.3



$$\mathcal{E}_{zH} = \mathcal{E}_z \max \times \sin(\alpha/2)$$

$$\mathcal{E}_{zA} = 0$$

Рисунок. 2.3 - Похибки закріплення при установці в призму

Якби величина похибки закріплення була постійною при обробці партії деталей, тоді її можна було б врахувати при визначенні налагоджувального розміру «const». Проте, у зв'язку з коливаннями сил закріплення, неоднорідністю матеріалу заготовки, висоти мікронерів-

ностей на базовій поверхні і по інших причинах неминучі коливання величини осідання. Тому в практичних розрахунках необхідно враховувати величину похибки закріплення при визначенні похибки установки заготовки. У таблицях 10.4...10.7 додатка Д приведені чисельні значення похибок закріплення з урахуванням таких чинників, як конструкція затискного пристрою, типу установочних елементів, стану базової поверхні заготовки і її габаритів.

2.1.6 Аналіз схем установки заготовок в пристосуваннях

Аналіз схем установки заготовок в пристосуваннях проводиться з метою вибору оптимальною, яка буде рекомендована для подальшого проектування пристосування. Для цього необхідно викреслити декілька варіантів установки заготовки, визначити похибки і обґрунтувати вибір тієї схеми, яка може бути запропонована для подальшого проектування пристосування.

Розглянемо аналіз схем установки вала для фрезерування шпонкового пазу.

2.2 Приклад

Проведемо аналіз схем установки при фрезеруванні шпонкового пазу деталі що на рис. 1.1 на розміри 6Н12 та 22,5 мм, які ми повинні отримати відповідно до завдання.

Похибка базування розміру 6Н12 при встановленні деталі в призму по діаметру $\varnothing 45_{-0,039}$ (схему установки рис. 2.2 а) дорівнює:

$$\mathcal{E}_{\delta_{6(a)}} = \mathcal{E}_{\delta_{H3}} = k_3 \cdot T_D = 1,21 \cdot 0,039 = 0,047 \text{ мм}$$

Водночас похибка базування розміру 6Н12 при встановленні деталі в призму по діаметру $\varnothing 25_{-0,033}$ (схему установки рис. 2.2 б) дорівнює:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\delta_{6(b)}} &= \mathcal{E}_{\delta_{H3}} = k_2 \cdot T_d + \frac{T_D}{2} = 1,21 \times 0,033 + 0,039/2 = \\ &= 0,0399 + 0,0195 = 0,0594 \approx 0,059 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Таким чином базування по схемі (а) дає меншу похибку ніж по схемі (б).

Похибка закріплення при встановленні в призму від діючої у напрямі розміру 6Н12 сили закріплення:

$$\mathcal{E}_{36(a)} = \mathcal{E}_{\text{таб}} \cdot \sin \alpha / 2$$

При установці заготовки на опорні пластинки (призма) для чисто обробленої поверхні:

по діаметру $\varnothing 45_{-0,039}$ $\mathcal{E}_{\text{таб}} = 0,04$ мм

$$\mathcal{E}_{36(a)} = 0,04 \cdot 0,7071 = 0,028 \text{ мм.}$$

по діаметру $\varnothing 25_{-0,033}$ $\mathcal{E}_{\text{таб}} = 0,035$ мм

$$\mathcal{E}_{36(b)} = 0,035 \cdot 0,7071 = 0,024 \text{ мм.}$$

Таким чином, похибки установки дорівнюють:

по схемі (а)

$$\mathcal{E}_{y(a)} = \mathcal{E}_b + \mathcal{E}_z = 0,047 + 0,028 = 0,075 \text{ мм;}$$

по схемі (б)

$$\mathcal{E}_{y(b)} = \mathcal{E}_b + \mathcal{E}_z = 0,059 + 0,024 = 0,083 \text{ мм.}$$

Проведені розрахунки показують, що похибка установки заготовки по схемі (а) менша, ніж по схемі (б). Таким чином, для базування заготовки в призмі приймаємо схему (а) - по поверхні що утворює діаметр $\varnothing 45_{-0,039}$.

Розглянемо базування заготовки для виконання розміру 22,5 мм. Можливі декілька варіантів. Розглянемо три, що позначені на малюнку 2.4.

При базуванні по торцю 1 база вимірювальна (Б.В.) співпадає із базою налагоджувальною (Б.Н. 1). В цьому випадку похибка базування дорівнює 0

$$\mathcal{E}_{b22,5(1)} = 0 \text{ мм.}$$

При базуванні по торцю 2 база вимірювальна (**Б.В.**) не співпадає із базою налагоджувальною (**Б.Н. 2**). Виникає похибка, яка дорівнює допуску на розмір 30.

$$\mathcal{E}_{622,5(2)} = 0,52 \text{ мм.}$$

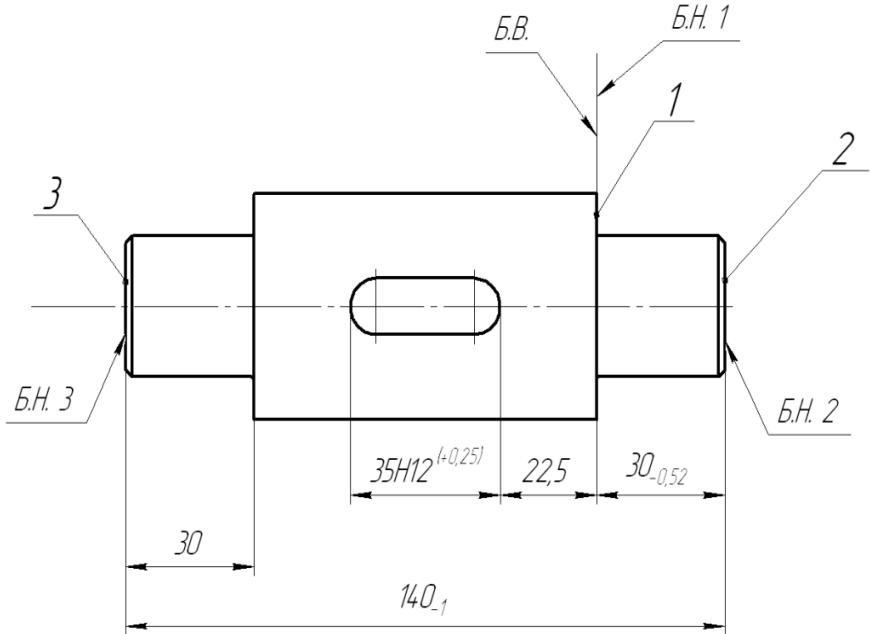


Рисунок 2.4 - Варіанти базування для виконання розміру 22,5 мм

При базуванні по торцю 3 база вимірювальна (**Б.В.**) не співпадає із базою налагоджувальною (**Б.Н. 3**). Похибка в цьому випадку дорівнює сумі допусків на розміри що складають розмірний ланцюг між вимірювальною та налагоджувальною базами. Це торці 1 (**Б.В.**) і 3 (**Б.Н. 3**).

Ці поверхні сполучають розміри 30 та 140 мм. Їх допуски 0,52 і 1,0 мм. Сума допусків дорівнює

$$0,52 + 1,0 = 1,52 \text{ мм}$$

Таким чином похибка базування по третьому варіанту

$$\mathcal{E}_{622,5(3)} = 1,52 \text{ мм.}$$

Оскільки напрям сили закріплення перпендикулярний напрямку розміру 22,5 мм то похибка закріплення у всіх випадках рівна 0. Таким чином, похибка установки теж в усіх випадках буде дорівнюватиме похибці базування. А найменша виникає при базуванні по торцю 1 і дорівнює 0.

Аналіз схеми базування показує, що виконання шпонкового пазу с дотриманням розмірів 6Н12 та 22,5 мм. Найкращим є базування по діаметру $\varnothing 45_{-0,039}$ та торцю 1.

3. РОЗРАХУНОК ПРИСТОСУВАНЬ НА ТОЧНІСТЬ

3.1 Теоретичні положення

У масовому, крупносерійному і серійному виробництві обробка заготовок проводиться на верстатах заздалегідь налаштованих на необхідний розмір. У таких умовах точність обробки заготовки залежатиме від точності виготовлення пристосування і поведінки системи СНІД в процесі обробки.

Нижче приводиться методика розрахунку пристосувань на точність, якою ми керуватимемося при курсовому і дипломному проектуванні. [3] с. 55 – 99.

3.1.1 Методика розрахунку фрезерних пристосувань на точність

Методика розрахунку пристосувань на точність базується на тому, що сума похибок, що виникає в процесі обробки, не повинна перевищувати величину допуску, встановленого на розмір обробки на операційному ескізі.

$$T_{\text{обр}} \geq \sum_{i=1}^{i=n} \varepsilon_i, \quad (3.1)$$

$$\text{где } \sum_{i=1}^{i=n} \varepsilon_i = \varepsilon_{\text{уст}} + \varepsilon_{\text{пр}} + \varepsilon_{\text{настр}} + \varepsilon_{\text{обр}} \quad (3.2)$$

Підставивши у формулу (3.1) вираз (3.2), та розкривши склад всіх компонентів і замінивши в ній Δ_4 на T_H отримаємо:

$$T_{\text{обр}} \geq \varepsilon_{\bar{6}} + \varepsilon_3 + \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + T_H + \Delta_5 + \dots + \Delta_{10}.$$

Звідки:

$$T_H \leq T_{\text{обр}} - (\varepsilon_{\bar{6}} + \varepsilon_3 + \Delta_1 + \dots + \Delta_{10}).$$

Допуск на розмір установка T_H визначатиме ступінь точності виготовлення пристосування.

Дана методика розрахунку пристосувань на точність достатньо складна і вимагає застосування великої кількості довідкового матеріалу. Тому у виробництві користуються спрощеним виразом за визначенням допуску на виготовлення пристосувань:

$$T_H \leq T_{\text{обр}} - (k_1 \varepsilon_{\bar{6}} + \varepsilon_3 + k_2 \omega) \quad (3.3)$$

Це окремий випадок для скалярних, тобто лежачих на одній прямій векторів похибок. У загальному випадку

$$T_H \leq T_{обр} - k_p \sqrt{(k_1 \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + (k_1 \cdot \omega)^2} \quad (3.4)$$

де: k_p – коефіцієнт, що враховує відхилення розсіяння значень величин, що становлять, від закону нормального розподілу;

$$k_p = 1 \dots 1,2;$$

k_1 – коефіцієнт, що враховує зменшення похибки базування в слідство того, що установочний елемент в пристосуванні замінюється нечасто, а дійсні базові розміри заготовки рідко рівні граничним;

$$k_1 = 0,8 \dots 0,85;$$

k_2 – коефіцієнт, що враховує частку похибки обробки в загальній похибці, що викликається чинниками, не залежними від конструкції пристосування;

$$k_2 = 0,6 \dots 0,65;$$

ω – середня економічна точність обробки .

Значення середньої економічної точності обробки ω приведені в таблицях 5.2...5.14 в кн. [3], та додатку Е.

Допуск на виготовлення установка необхідно привести у відповідність з нормалізованими величинами, які характеризують клас точності пристосування:

$\pm 0,1$ – пристосування для чорнової обробки;

$\pm 0,05$ – пристосування нормальної точності;

$\pm 0,02$ – пристосування підвищеної точності;

$\pm 0,01$ – пристосування особливо високої точності.

Якщо, отриманий в результаті розрахунку, допуск істотно менший, ніж нормалізований для пристосувань особливо високої точності, і використання останнього не відповідатиме вимогам точності, необхідно його привести до найближчому квалитету, що відповідає таким вимогам.

На пристосуваннях, призначених для свердлувальних і розточувальних верстатів, допуск на координати осей кондукторних втулок необхідно проставляти симетрично, як вказано вище. Наприклад, по проведених розрахунках повне поле допуску дорівнює 0,14 або $\pm 0,07$. Приймаємо допуск на виконавчий розмір пристосування $\pm 0,05$.

На фрезерних, зубооброблювальних верстатах, для настройки інструментів застосовують установи, габарити, еталони. Виконавчий розмір установка, габариту, еталону приймають рівним розрахованому по середнім розмірам з одностороннім полем допуску в «тіло» оброблюваної заготовки за вирахуванням товщини щупа.

3.1.2 Розрахунок на точність пристосувань для фрезерування лисок і шпонкових пазів в деталях типу «валик»

Можливі варіанти позначення розмірів обробки і схема настройки інструменту показані на рис. 3.1.

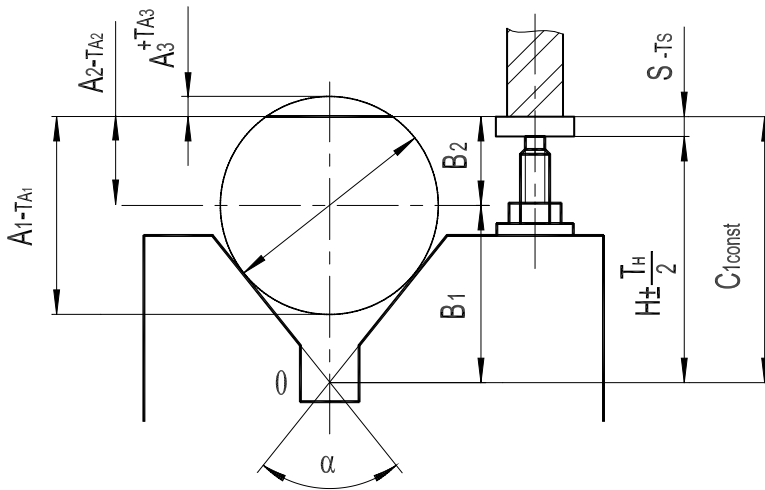


Рисунок. 3.1 - Схема установки заготовки на призму.

Похибки базування на розміри обробки дивись формули 2.4, 2.5.

На рис. 3.1 представлена схема настройки інструменту від уявної точки «0», яка є налагоджувальною базою призми.

У всіх подальших розрахунках під виразом типу T_A маємо на увазі поле допуску.

Послідовність розрахунків:

1. Середній розмір обробки A_{1-3cp} :

$$A_{cp} = A_{1-3} \min + \frac{T_A}{2} ;$$

$$A_{1-3min} = A_{1-3} + EI.$$

EI – нижнє відхилення допуску беруть зі своїм знаком
Середній діаметр обробки D_{cp} по аналогії з попереднім:

$$D_{cp} = D_{min} + \frac{T_D}{2}.$$

2. Середній радіус R_{cp} :

$$R_{cp} = \frac{D_{cp}}{2}.$$

3. Середній розмір B_{1cp} :

$$B_{1cp} = \frac{R_{cp}}{\sin \frac{\alpha}{2}}.$$

4. Допуск на розмір B_{1cp} :

$$T_{B_1} = \frac{T_D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}.$$

5. Середній розмір B_2cp для всіх варіантів позначення розміру A :

$$B_2cp = A_1cp - Rcp; \quad B_2cp = A_2cp; \quad B_2cp = Rcp - A_3cp.$$

6. Допуск на розмір B_2cp для розрахунку по розмірах A_1cp і A_3cp :

$$T_{B_2} = T_{A_1} - T_R; \quad T_{B_2} = T_R - T_{A_3};$$

у разі розрахунку за розміром A_2cp

$$T_{B_2cp} = T_{A_2}.$$

7. Середній розмір щупа S_{cp} :

$$S_{cp} = S_{min} + \frac{T_S}{2}.$$

Допуск на щупи вибирають по $h5 - h6$ (додаток В).

8. Середній розмір установка H_{cp} :

$$H_1 = B_{1cp} + B_{2cp} - S_{cp}.$$

Отриманий розмір заданий від умовної бази. Але, для виготовлення установка необхідно прив'язатися до реальної поверхні. Найбільш зручна для цього поверхня плити, на якій встановлена призма і установ.

Визначення цього розміру зручно виконати графічно. Необхідно в поточному кресленні встановити точність розмірів до 3-го знаку. При роботі в САПР "КОМПАС-3D" послідовність дій така: меню "Сервіс", "Параметри", "Поточне креслення", "Розміри", "Точність", "Число знаків після коми в розмірних написах" - встановити 3.

Потім, для необхідного розміру заготовки по довіднику [8, табл. 25, стор. 363] вибрати всі необхідні розміри і побудувати в масштабі 1:1 призму спільно з оброблюваною деталлю.

Продовжити тонкими лініями похилі поверхні призми. Їх перетин дасть положення налагоджувальної бази. Зміряти від цієї крапки відстань до опорної площини призми (розмір a) дивись рис. 3.2.

Підсумовувати розміри H_1 та a

$$H = H_1 + a$$

9. Допуск на розмір H :

$$T_H = T_{B_1} + T_{B_2} + T_S.$$

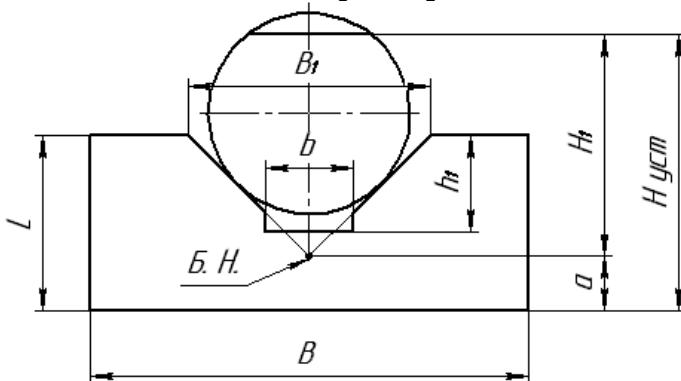


Рис. 3.2 - Схема для розрахунку виконавчого розміру установка

Якщо $T_H/2 \leq (1/4 \dots 1/3)T_{A_{1-3}}$ – то приймаємо його як допуск на установ ($T_{Hуст}$) переходимо до пункту 12. Але найчастіше це неможливо і тоді виконуємо пункт 11.

1. Допуск на установ з урахуванням середньо - економічної точності обробки $T_{Hуст}$:

$$T_{Hуст} \leq T_{A_1} - (k_1 \varepsilon_6 + \varepsilon_3 + k_2 \omega),$$

де $k_1 = 0,8 \dots 0,85$;

ε_6 – похибка базування при виконанні операції;

ε_3 – похибка закріплення, яка утворюється під впливом докладених зусиль затиску:

$$k_2 = 0,60 \dots 0,65;$$

ω - середня економічна точність обробки на цю операцію.

2. Представимо $T_{Hуст}$ у вигляді $T_{Hуст} = \pm \frac{T_{Hуст}}{2}$ і зробимо його більш жорстким приймаючи найближчий нормалізований, та перевіряємо на відповідність вимозі точності $T_H/2 \leq (\frac{1}{4} \dots \frac{1}{3})T_{A_{1-3}}$.

3. Призначимо виконавчий розмір \boxed{H} з одностороннім допуском в тіло установка. В даному випадку це:

$$\boxed{H} = H_1 - \frac{T_{Hуст}}{2}$$

Але допуск цього розміру повинен відповідати вимозі пункту 11. Інакше його необхідно зробити більш жорстким з урахуванням нормативних значень пристосувань вищого класу точності по даним приведеним на стор. 21.

3.1.3 Шпонкові пази

При обробці шпонкових пазів для того щоб була можливість визначення положення інструменту щодо осі заготовки використовуються кутові установи.

На рис. 3.3 показана схема настройки інструменту при фрезеруванні шпонкового пазу.

Початковими даними для розрахунків є технічні вимоги на відхилення осі шпонкового паза щодо осі заготовки. Розрахунок проводимо в наступній послідовності.

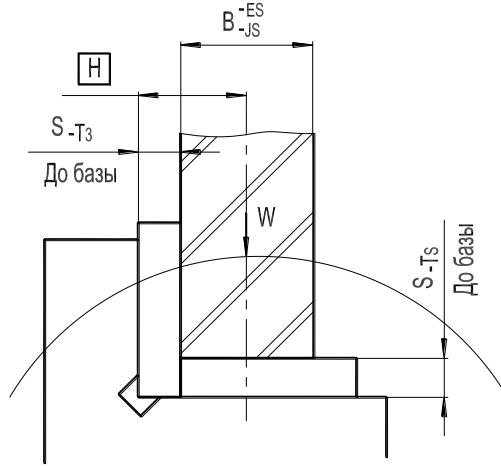


Рисунок. 3.3 - Схема настройки інструменту при фрезеруванні шпонкового паза.

Початковими даними для розрахунків є технічні вимоги на відхилення осі паза шпонки щодо осі заготовки. Розрахунок проводимо в наступній послідовності.

1. Визначуваний середній розмір обробки (положення осі шпонкового паза):

$$\frac{B_{cp}}{2} = \frac{B + \frac{ES + EI}{2}}{2}$$

Величини допусків ES і EI беруться зі своїм знаком

2. Середній розмір щупа S_{cp} :

$$S_{cp} = S - \frac{T_S}{2}$$

3. Визначуваний середній розмір установка:

$$H_{cp} = \frac{B_{cp}}{2} + S_{cp} = \frac{B + \frac{ES + EI}{2}}{2} + S_{cp}$$

4. Розраховуємо допуск на розмір установка H :

$$T_H \leq T_{Т.Т.} - (k_1 \varepsilon_6 + \varepsilon_3 + k_2 \omega),$$

де $T_{Т.Т.}$ – величина допустимого відхилення осі шпонкового пазу щодо осі заготовки.

$\varepsilon_6 = 0$, оскільки налагоджувальна (вісь призми) і вимірювальна (вісь заготовки) бази співпадають.

$\varepsilon_3 = 0$, оскільки напрям сили затиску і розміру обробки взаємно перпендикулярні.

ω - середня економічна точність обробки на цю операцію.

Коефіцієнти k_1 і k_2 в тих же межах, що і раніше.

У остаточному вигляді формула прийме вигляд:

$$T_H \leq T_{Т.Т.} - k_2 \omega$$

5. Представимо T_H у вигляді $T_H = \pm \frac{T_{Hуст}}{2}$ і зробимо його більш жорстким приймаючи найближчий нормалізований.

6. Призначимо виконавчий розмір \boxed{H} з одностороннім допуском в тіло установка. В даному випадку це:

$$\boxed{H} = H_{CP} + \frac{T_H}{2}$$

Як і в попередньому випадку отриманий допуск слід перевірити на виконання правила точності.

Розрахунок на точність свердлильних пристосувань приведений в книзі [3] стор. 81 ... 96.

3.2 Приклад

Проведемо розрахунок на точність фрезерного пристосування. А саме – розрахуємо виконавчі розміри кутового установка.

Розрахунок розміру горизонтальної полки кутового установка.

Відомо:

$$D_{TD} = \varnothing 45_{-0,039} \text{ мм}; A_3 = 6_{-0,12} \text{ мм}; S = 3_{-0,004} \text{ мм}; \alpha = 90^\circ; B = 12_{-0,061}^{-0,018};$$

$$\varepsilon_{66} = \varepsilon_{6A_3} = k_3 \cdot T_D = 1,21 \cdot 0,039 = 0,047 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_{3 \text{ таб}} = 0,04 \text{ мм} \quad \varepsilon_{3_6} = \varepsilon_{\text{таб}} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = 0,04 \cdot 0,7071 = 0,028 \text{ мм};$$

$$\omega = 0,04 \text{ мм. (додаток Е); } k_1 = 0,83; k_2 = 0,63.$$

Розрахунок:

1. $A_{3cp} = 6 - 0,12 / 2 = 5,94 \text{ мм};$
2. $D_{cp} = 45 - 0,039 / 2 = 44,9805 \text{ мм};$
3. $R_{cp} = 44,9805 / 2 = 22,490 \text{ мм};$
4. $B_{1cp} = 22,490 / \sin 45^\circ = 31,806 \text{ мм};$
5. $TB_{1cp} = 0,039 / 2 \sin 45^\circ = 0,0276 \text{ мм};$
6. $B_{2cp} = 22,490 - 5,94 = 16,550 \text{ мм};$
7. $TB_2 = 0,12 - 0,039 / 2 = 0,1005 \text{ мм};$
8. $S_{cp} = 3,0 - 0,004 / 2 = 2,998 \text{ мм};$
9. $H_1 = 31,806 + 16,550 - 2,998 = 45,358 \text{ мм},$
 $a = 12, 5 \text{ мм (відповідно до креслення),}$
 $H = 45,358 + 12, 5 = 57,858 \text{ мм};$
10. $T_H = 0,0276 + 0,1005 + 0,004 = 0,1321 \text{ мм};$

Перевіряємо на відповідність вимозі точності

$$T_H / 2 \leq \left(\frac{1}{4} \dots \frac{1}{3} \right) T_{A_3}$$

$$0,1321 / 2 = 0,06605 \Leftrightarrow 0,05 > 0,12 \times 0,3 = 0,036.$$

Вимога не виконується. Розраховуємо допуск на установ з урахуванням економічної точності.

11. $T_{Hуст} = 0,12 - (0,83 \times 0,047 + 0,028 + 0,63 \times 0,08) = 0,028 \text{ мм};$
12. $T_{Hуст} = \pm 0,014 \Leftrightarrow \pm 0,01 \text{ мм.}$

Перевіряємо на відповідність вимозі

$$T_H / 2 \leq \left(\frac{1}{4} \dots \frac{1}{3} \right) T_{A_3}$$

$$0,01 < 0,12 \times \frac{1}{4} = 0,03.$$

Вимога виконується.

13. Визначимо виконавчий розмір

$$\boxed{H} = 57,858 - 0,01 \text{ мм.}$$

Розрахунок розміру вертикальної полки кутового установа.

1. Визначаємо середній розмір обробки:

$$\frac{B_{cp}}{2} = \frac{12 + \frac{(-0,018) + (-0,061)}{2}}{2} = \frac{11,9605}{2} = 5,9803;$$

2. Визначаємо середній розмір установа H_{cp} :

$$H_{cp} = \frac{B_{cp}}{2} + S_{cp} = 5,980 + 2,998 = 8,978 \text{ мм};$$

3. Розраховуємо допуск на розмір:

$$T_{T.T.} = 0,043 \text{ мм.}$$

$$T_H = T_{T.T.} \cdot k_2 \times \omega$$

$$T_H = 0,043 - 0,0252 = 0,0178 \text{ мм} = \pm 0,0089 \Leftrightarrow \pm 0,01 \text{ мм.}$$

Перевіряємо на відповідність вимозі

$$T_H/2 \leq \left(\frac{1}{4} \dots \frac{1}{3}\right) T_{A_3}$$

$$0,01 < 0,043 \times \frac{1}{4} = 0,0108 \text{ мм}$$

Вимога виконується.

4. Визначаємо розмір установа

$$\boxed{H} = 8,98^{+0,01} \text{ мм.}$$

Отримані результати заноситься в креслення як виконавчі розміри.

4. РОЗРАХУНОК НЕОБХІДНИХ СИЛ ЗАТИСКУ В ПРИСТОСУВАННЯХ

4.1 Теоретичні положення

Основне призначення затискних пристроїв пристосувань - забезпечення надійного контакту заготовки з установочними елементами, попередження її зсуву і вібрації в процесі обробки.

Оброблювана деталь знаходиться в рівновазі унаслідок дії сил що виникають в процесі обробки і затиску. Основними силами процесу обробки є сили різання та протидіючі ним сили тертя. Іноді необхідно враховувати так звані об'ємні сил - сили ваги, відцентрові і інерційні, виникаючі за певних умов обробки.

Величина сил затиску розраховується виходячи з умови рівноваги всіх перерахованих сил при повному збереженні контакту базових поверхонь оброблюваної деталі з установочними елементами пристосування і при виключенні можливості зрушення в процесі обробки.

Затискні пристрої повинні бути такими, щоб:

- при затиску не порушувалося задане положення деталі;
- точка прикладення сили знаходилася якомога ближче до місця обробки;
- точка прикладення сили затиску знаходилася в зоні, утвореній умовними лініями, що сполучають опорні точки деталі в пристосуванні;
- затиски не викликали деформації деталей і псування їх поверхонь;
- закріплення і відкріплення деталі проводилося з мінімальною витратою сил і часу робочого;
- сили різання по можливості не впливали на затискні пристрої;
- при закріпленні недостатньо жорстких деталей сили затиску розташовувалися над опорами або близько до них.

При розрахунку сил затиску визначаються місце їх застосування і напряму, а також величини:

- сил різання і моменти їх дії на оброблювану деталь, а при необхідності - інерційні і відцентрові сили, що виникають при обробці;
- сил тертя, що протидіють силам та моментам різання;

– сил затиску шляхом множення знайденого їх значення на коефіцієнт запасу.

У ручних затискних пристосуваннях сила на рукоятці не повинна перевищувати 150 Н.

У загальному вигляді умова рівноваги деталі в пристосуванні, що виникає під дією сил різання і сил затиску, може бути представлена у вигляді формули.

$$\sum M_0 = 0 \quad (4.1)$$

4.1.1 Методика розрахунку необхідних сил затиску

Початковими даними для визначення сил затиску є:

- операційний ескіз установки заготовки в пристосуванні;
- операційна карта і чисельні значення сил і моментів різання, яке визначаємо по формулах і методиці викладеною в СТМ-2 [7] стор. 261...304.

4.1.2 Послідовність розрахунків:

1. У ескізному варіанті викреслюється схема установки заготовки в одній або двох проєкціях залежно від того, в яких координатах прикладені сили і моменти різання. Показуються всі сили і моменти, що діють, визначають можливість зрушення або відриву заготовки, в місцях їх застосування. Враховується вага заготовки, якщо вона знаходиться в одному порядку з силами різання і сили інерції, якщо такі присутні у момент обробки.

2. Визначається точка прикладення і напрям сили затиску.

Рекомендації по вибору точок прикладення і напрямку сили затиску:

- бажано, щоб точка прикладення сили знаходилася якомога ближче до об'єкту обробки;
- бажано, щоб напрям сили затиску і сил різання співпадали і були направлені на основні опори пристосування;
- прикладенні сили затиску не повинні приводити до перекидання заготовки в процесі її закріплення;
- прикладена сила затиску не повинна викликати деформації заготовки і її викривлення в процесі обробки.

3. На ескізному варіанті вибирається система координат, тобто визначається нульова крапка і напрям осей. Указуються розміри, що

визначають важелі сил, що діють, і, виходячи з умови рівноваги, складаються рівняння сил або моментів сил. З умови статистичної рівноваги визначається сила затиску $W_{ст}$.

4. Визначається коефіцієнт запасу закріплення

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (4.2)$$

де:

k_0 – гарантований коефіцієнт запасу, $k_0 = 1,5$;

k_1 – враховує зміну (коливання) сил різання в процесі обробки із-за нерівномірності припуску на заготовці і враховується тільки для чорнових переходів, $k_1 = 1,2$. Для чистової обробки $k_1 = 1,0$;

k_2 – враховується в усіх випадках обробки і залежить від виду обробки, оброблюваного матеріалу і нерівномірного зносу ріжучого інструменту, вибирається з таблиці 10.10 (додаток К);

k_3 – враховує умови переривистого виду обробки. $k_3 = 1,0$ - в умовах плавного різання; $k_3 = 1,2$ – при переривистому різанні (фрезерування).

k_4 – характеризує затискний пристрій з погляду постійності сил затиску.

$k_4 = 1,0$ – для всіх механізованих приводів (пневматичних, гідравлічних, магнітних і так далі);

$k_4 = 1,3$ – для ручних затисків (гвинтових і ексцентрикових).

k_5 - характеризує ручні затиски з погляду зручності закріплення деталі. При зручному розташуванні рукоятки і вугіллі її повороту в межах 90° $k_5 = 1,0$. При незручному розташуванні рукоятки і її повороті більше 90° $k_5 = 1,2$.

$k_5 = 1,0$ – для ексцентрикових затисків;

$k_5 = 1,2$ – для гвинтових затисків;

$k_5 = 1,0$ – для механізованих затисків.

k_6 - враховується тільки за наявності крутячих моментів, прагнучих повернути заготовку, і залежить від виду опорної поверхні пристосування.

$k_6 = 1$ – для точкових опор (опорні штирі, призми);

$k_6 = 1,5$ — для суцільних опор (опорне кільце).

5. Визначається дійсна сила затиску по формулі:

$$W = k \cdot W_{cm} \quad (4.3)$$

Але, при визначенні дійсної сили закріплення, необхідно умножати на коефіцієнт запасу тільки активні (що приводять до зрушення або відриву заготовки) сили або моменти сил.

Крім цього слід враховувати, що на заготовку діє результуюча сила, а не її складові. Якщо напрямок складових сил різання не співпадає с напрямком на основні опори то їх потрібно враховувати при кінцевому визначенні дійсної сили затиску.

Сили, що діють при фрезеруванні шпонкових пазів у валах встановлених на призму приведена на рис. 4.1.

По даним, приведеним в [7], $P_y \approx (0,4 \dots 0,6)P_z$. Тому за інших рівних умов протидія силі P_z , прагнучій повернути деталь, вимагає в двоє більшого затискного зусилля, чим силі P_y , що викликає зрушення уздовж осі OY . Але, найбільше зусилля створюватиме результуюча сила P_{yz} , яка приблизно дорівнює $1,1P_z$. Окрім цього істотний вплив на співвідношення сил роблять кути заточування ріжучого інструменту. В умовах, коли це питання для фрезерного інструменту освітлене недостатньо, отриманий результат можна збільшити ще на 10% для корекції по кутах інструменту. Цього збільшення, як правило, досить і для урахування сили P_x . Таким чином, розрахункові дані, проведені по силі P_z , при фрезерування шпонкових пазів необхідно помножити на коефіцієнт 1,2. Позначимо цей коефіцієнт як γ . Тоді з урахуванням останнього

$$P_{yz} = \gamma \cdot P_z. \quad (4.4)$$

Отже при розрахунку дійсної сили затиску її кінцеве значення слід збільшувати на величину коефіцієнта γ . Таким чином рівняння (4.3.) прийме вигляд

У кожному випадку, конструктор, проаналізувавши розташування сил, що діють, для кожного конкретного інструменту, повинен самостійно зробити свій вивід про величину цього коефіцієнта, та необхідність його застосування.

4.1.3 Визначення сил затиску для типових схем установки

4.1.3.1 Фрезерування шпонкового пазу на валу встановленого в призму

Розглянемо проведення розрахунку при фрезеруванні шпонкового пазу. Цей розрахунок слід проводити по тангенціальній або окружній силі P_z . Сила P_y остається поза розрахунком і направлена у бік основних опор тому її вплив на сили затиску враховуємо за допомогою коефіцієнта γ , як показано в рівнянні (4.5).

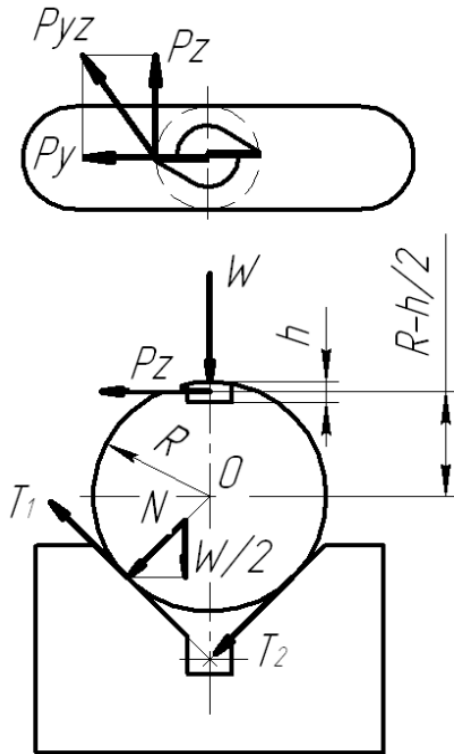


Рисунок. 4.1 - Схема сил при фрезеруванні шпонкового пазу

Прийняті позначення:

- M_o – момент сили щодо крапки 0;
- P_z – тангенціальна складова сил різання;
- P_y – подовжня складова сил різання;

- P_{yz} – результуюча сила;
- W – сила закріплення (затиску);
- T_1, T_2 – сили тертя;
- N – сила нормального тиску;
- h – глибина шпонкового паза;
- R – радіус валу

Сума діючих моментів відносно крапки O

$$\sum M_o = 0;$$

при $T_1 = T_2 = T$;
рівняння суми моментів прийме вигляд

$$P_z \cdot \left(R - \frac{h}{2}\right) - 2T \cdot R = 0; \quad (4.6)$$

де $T = f \cdot N$;

$$N = \frac{W}{2\sin(\alpha/2)};$$

підставимо отримані значення в формулу (4.6)

$$P_z \cdot \left(R - \frac{h}{2}\right) = f \frac{W}{\sin(\alpha/2)} R;$$

звідки,

$$W = \frac{P_z \cdot \left(R - \frac{h}{2}\right) \sin(\alpha/2)}{fR};$$

тоді дійсна сила з урахуванням формули 4.5

$$W_d = k \cdot \gamma \cdot W. \quad (4.6)$$

4.1.3.2 Фрезерування лиски на циліндричній заготовці встановленій на опорні пластини

На даній схемі обробка проводиться дисковою фрезою з прямим зубом, але якщо технолог приймає інше рішення, то можливе інше розташування діючих сил різання.

Заготівка встановлюється на дві опорні пластини сполучені під кутом 90° в одну деталь.

Затиск заготовки здійснюється повзунком, що має робочу поверхню з нахилом під кутом α від вертикалі. Кут α може змінюватися від 0 до 45° залежно від розмірів заготовки.

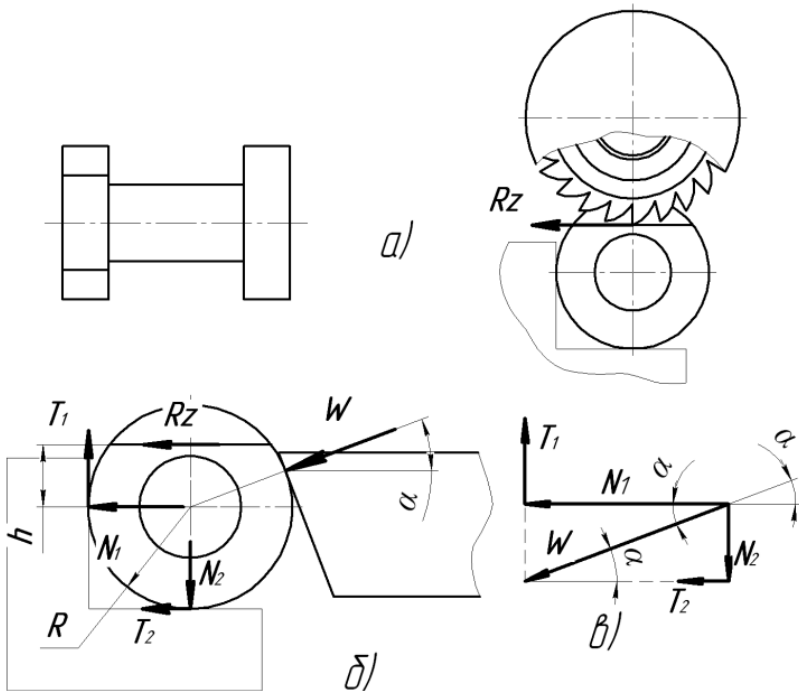


Рисунок. 4.2 - Схема сил при фрезеруванні лиски

Прийняті позначення:

- R – радіус більшого діаметру;
- h – розмір от центру деталі до поверхні лиски.

Решта позначень ти ж самі, але сила нормального тиску представлена двома силами N_1 і N_2 , які будуть мати різні значення залежно від кута α .

Сума діючих моментів відносно крапки O

$$\begin{aligned}\sum M_o &= 0; \\ P_z h - T_1 R - T_2 R &= 0; \\ P_z h &= (T_1 + T_2)R;\end{aligned}\tag{4.7}$$

де, сили тертя і нормального тиску

$$\begin{aligned}T_1 &= N_1 f; & T_2 &= N_2 f; \\ T_1 + T_2 &= f(N_1 + N_2); \\ N_1 &= W \cos(\alpha); & N_2 &= W \sin(\alpha); \\ N_1 + N_2 &= W(\cos(\alpha) + \sin(\alpha));\end{aligned}$$

підставимо отримані вирази в (4.7)

$$P_z h = fW(\cos(\alpha) + \sin(\alpha))R;$$

Тоді рівняння рівноваги відносно сили затиску прийме вигляд

$$W = \frac{P_z h}{f(\cos(\alpha) + \sin(\alpha))R};$$

а дійсна сила затиску згідно (4.5) дорівнює

$$W_d = k \cdot \gamma \cdot W.$$

4.1.3.3 Радіальне свердлення валу встановленого в призму

Ступінчастий або гладкий вал встановлений в призму. Необхідно просвердлити радіальний отвір. Для простоти приймаємо, що відстань від отвору до межі опорних поверхонь L однакова. Схема розкладу сил показана на малюнку 4.3.

У даній схемі не враховується дія осьової сили свердлення, оскільки в початковий момент виходу свердла з металу осьова сила швидко зменшується, а зміна моменту різання менш значна. Під дією приложених сил та моментів вал притиснутий к обома частинам кожної

призми. Але діючий момент різання намагається повернути вал за напрямком обертання свердла. І вся загрузка від цього приходиться на одну частину призми.

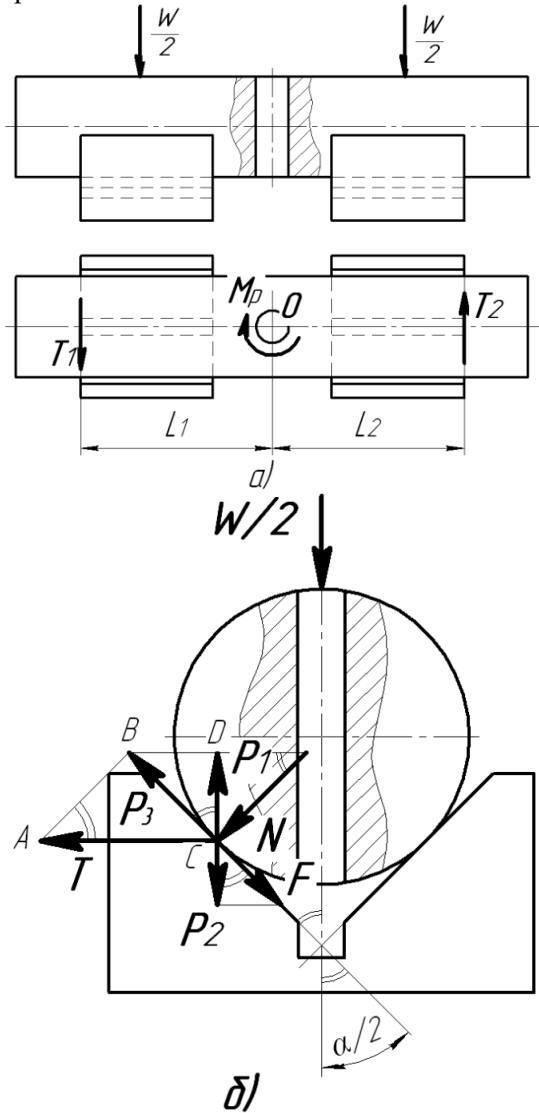


Рисунок. 4.3 - Схема сил при свердленні отвору

Прийняті позначення:

- M_p – момент різання при свердлінні;
- T_1, T_2 – горизонтальна складова реакції опор від сили нормального тиску N ;
- P_2 – вертикальна складова сили тертя F ;
- T – горизонтальна складова реакції опор від сили нормального тиску N .

Сума діючих моментів відносно крапки O

$$\sum M_o = 0;$$

$$M_p - T_1 \cdot L_1 - T_2 \cdot L_2 = 0;$$

тому що $T_1 \cdot L_1 = T_2 \cdot L_2;$

$$M_p = 2T_1 \cdot L_1;$$

або ж $T = \frac{M_p}{2L_1};$ (4.7)

Для зручності графічного уявлення розглянемо схему сил дії валика на призму, що виникла під дією моменту різання на зовнішньому краю призми.

$$P_3 = T \cdot \sin(\alpha/2); \quad (4.8)$$

$$P_1 = P_3 \cdot \cos(\alpha/2); \quad (4.9)$$

Підставляючи у формулу (4.9) значення P_3 з (4.8) отримаємо:

$$P_1 = T \cdot \sin(\alpha/2) \cdot \cos(\alpha/2);$$

$$P_2 = F \cdot \cos(\alpha/2) \quad (4.10)$$

$$F = f \cdot N; \quad (4.11)$$

$$N = AB = T \cdot \cos(\alpha/2); \quad (4.12)$$

Підставляючи значення N з (4.12) в (4.11), а потім значення F у (4.10) отримаємо:

$$P_2 = f \cdot T \cdot \cos^2(\alpha/2).$$

Із схеми сил, що представлена на рис. 4.3 б

$$W/2 = P_1 - P_2 \quad (4.13)$$

$$W/2 = T \cdot \sin(\alpha/2) \cdot \cos(\alpha/2) - f \cdot T \cos^2(\alpha/2);$$

$$W = 2T(\cos(\alpha/2) \cdot \sin(\alpha/2) - f \cdot \cos^2(\alpha/2)).$$

Підставимо в останнє рівняння значення T з (4.7). Тоді:

$$W = M_P/L (\cos(\alpha/2) \cdot \sin(\alpha/2) - f \cdot \cos^2(\alpha/2));$$

Оскільки ураховані всі дуючі моменти різання дійсна сила затиску

$$W_d = k \cdot W.$$

В розглянутій схемі не врахована сила тертя що створюється силою від моменту різання. Пропонується цю задачу студентам вирішити самостійно.

4.1.3.4 Свердлення отворів в скальчатом кондукторів у фланцях, кришках, зірочках

На відміну від решти випадків розрахунку сил закріплення, коли ми застосовували принцип не передачі сил різання на затискні пристрої, конструкція скальчатих кондукторів передбачає розподіл сил закріплення заготовки між опорною і затискною поверхнею. У цьому варіанті розрахунку сили тертя розподіляються між нижньою опорною поверхнею і верхньою затискною поверхнею кондукторної плити.

Прийняті позначення:

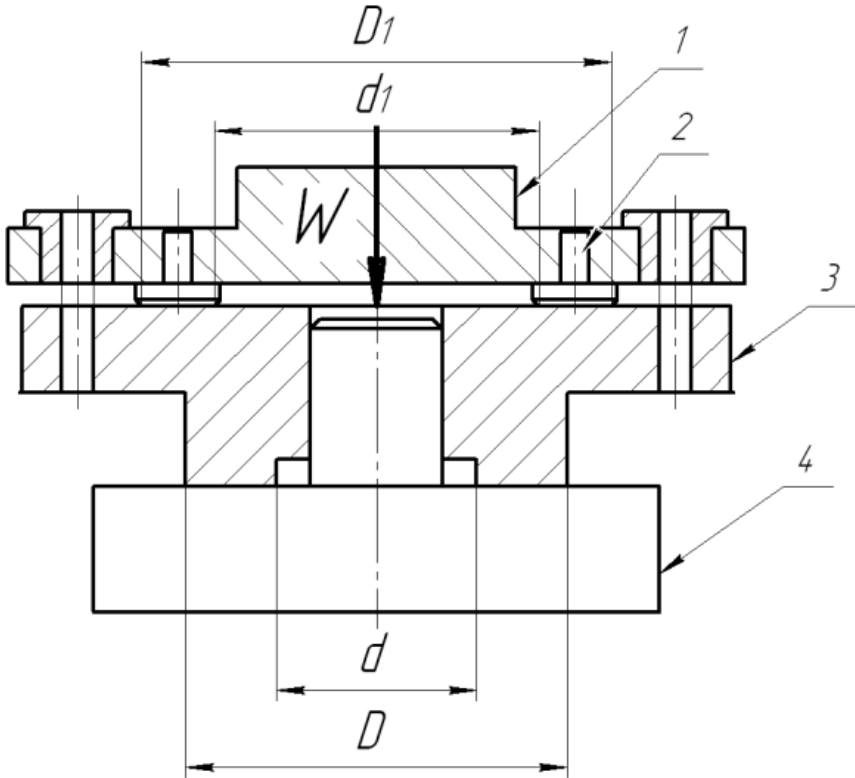
- M_P – момент різання при свердлінні;
- $M_{mp 1}$ – момент сил тертя по нижній (опорній) поверхні;
- $M_{mp 2}$ – момент сил тертя по верхній (затискній) поверхні;
- D_0 – міжцентрова відстань між отворами;
- ΔP – неврівноважена радіальна сила;
- P_0 – осьова сила;

- n – кількість одночасно оброблюваних отворів;
- D, d – діаметри обмежуючі нижню опорну поверхню в мм;

$D1, d1$ – діаметри обмежуючі верхню (затискну) поверхню в мм.

Якщо отвір один, або кілька отворів свердлять послідовно, при розрахунку сили затиску використовують значення Mp визначеного згідно методики, що відображена на стор. 6.

Якщо кілька отворів свердлять одночасно розрахунок Mp проводять з використанням поняття невірноваженої радіальної сили ΔP .



1 – верхня плита кондукторна (затискна); 2 – затискні штирі; 3 – заготовка;
4 – нижня опорна плита

Рисунок. 4.4 - Схема закріплення заготовки при свердленні отворів

$$M_P = \frac{D_0}{2} \cdot \Delta P \cdot n$$

$$\Delta P = 0,0153(1 - k)P_0$$

$k = 0,5$ тому що свердла мають дві ріжучі кромки.

Сума діючих моментів відносно крапки O

$$\sum M_o = 0;$$

$$M_P - M_{\text{тр } 1} - M_{\text{тр } 2} = 0;$$

$$M_P = M_{\text{тр } 1} + M_{\text{тр } 2}; \quad (4.14)$$

по нижній опорній поверхні [1] стор.80, замінюючи радіуси діаметрами отримаємо

$$M_{\text{тр } 1} = \frac{Wf(D^3 - d^3)}{3(D^2 - d^2)};$$

по верхній опорній поверхні

$$M_{\text{тр } 2} = \frac{Wf(D_1^3 - d_1^3)}{3(D_1^2 - d_1^2)};$$

підставимо отримані вирази в (4.14)

$$\begin{aligned} M_P &= \frac{Wf(D^3 - d^3)}{3(D^2 - d^2)} + \frac{Wf(D_1^3 - d_1^3)}{3(D_1^2 - d_1^2)} = \\ &= \frac{Wf}{3} \left(\frac{(D^3 - d^3)}{(D^2 - d^2)} + \frac{(D_1^3 - d_1^3)}{(D_1^2 - d_1^2)} \right); \end{aligned}$$

отже

$$W = \frac{3M_P}{f \left(\frac{(D^3 - d^3)}{(D^2 - d^2)} + \frac{(D_1^3 - d_1^3)}{(D_1^2 - d_1^2)} \right)},$$

а дійсна сила становитиме

$$W_{\text{д}} = k \cdot W.$$

4.2 Приклад

Розрахуємо силу затиску по методиці викладеній в розділі 4.1.3.1

$$W = \frac{P_z \cdot \left(R - \frac{h}{2}\right) \sin(\alpha/2)}{fR}$$

$R = 22,5$ мм; $h = 6$ мм, $f = 0,16$. Тоді

$$W = \frac{297,63 \cdot \left(22,5 - \frac{6}{2}\right) \cdot 0,7071}{0,16 \cdot 22,5} = 1139,57 \text{ Н}$$

Визначається коефіцієнт запасу закріплення

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6$$

$$k_0 = 1,5; k_1 = 1; k_2 = 1,7; k_3 = 1,2; k_4 = 1; k_5 = 1; k_6 = 1.$$

$$k = 3,06. \gamma = 1,2.$$

$$W_{\text{д}} = k \cdot \gamma \cdot W = 3,06 \cdot 1,2 \cdot 1139,57 = 4185,98 \text{ Н.}$$

5. РОЗРАХУНОК ЗАТИСКАЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТОСУВАНЬ

5.1 Теоретичні положення

Затискні пристрої служать для надійного утримання заготовки в процесі її обробки на металорізальних верстатах.

По ступеню механізації силові механізми класифікуються на ручні, механізовані і автоматизовані.

Ручні механізми вимагають застосування значної мускульної енергії і стомлюють робочого, механізовані працюють від енергії, переданої приводом, автоматизовані приводяться в дію столами, що переміщуються, супортами, шпинделями верстатів або відцентровими силами мас, що обертаються, і здійснюють затиск та розкріплення виробів без участі робочого.

Прості затискні механізми добре освітлені в літературі [3, 1, 4].

Найчастіше ми маємо справу с механізованими приводами. Розглянемо деякі варіанти їх розрахунків.

5.1.1 Розрахунок клиново-важільного механізму

Схема клиново-важільного механізму наведена на малюнку 5.1. Заготовка (1) в якій фрезерують шпонковий паз встановлено на призму (9). Її потрібно затиснути з силою W . Для цього з двох боків на неї тиснуть важелі (2) із силою P . Ці важелі встановлені на вісі (3) з радіусом R . Важелі притиснуті до плунжерів (5) пружиною (4). Через ті плунжери клин (6) рухомий штоком (7) гідро, або пневмоциліндру передає на важелі необхідну силу затиску. Потрібно розрахувати величину сили Q на штоку (7) для забезпечення необхідної сили затиску W .

Для проведення розрахунку необхідно виконати попереднє креслення для визначення числових значень розмірів (L , $L1$, h , $h1$, $h2$, R). Можливо, ці значення прийдеться відкоригувати під час проведення розрахунків.

Сила W розкладається на дві рівнозначні сили P на опорних площадках важелів, що тиснуть на заготовку

$$P = \frac{W}{2\cos(\gamma)}.$$

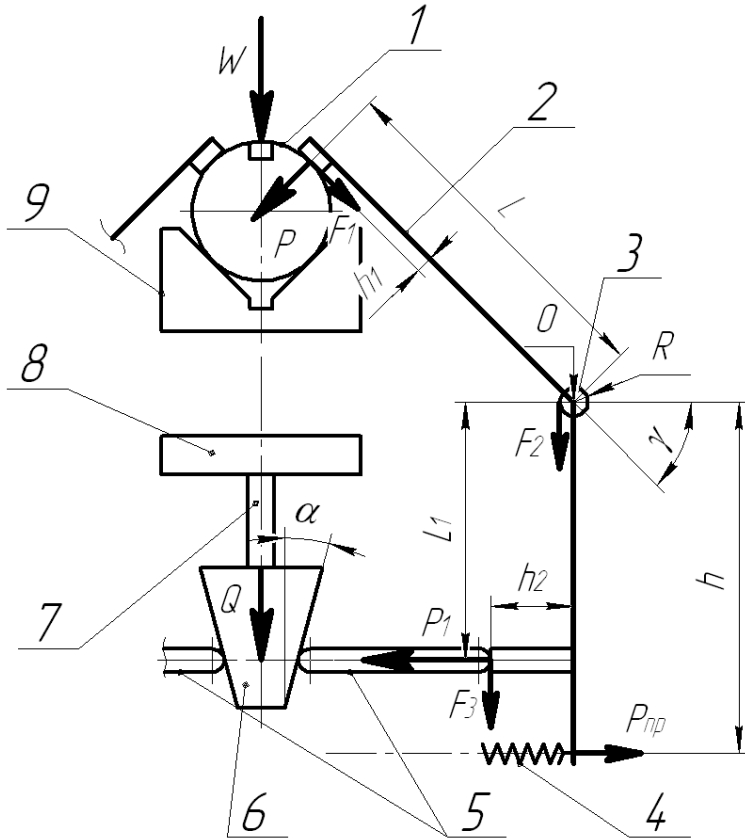


Рисунок. 5.1 - Схема клиново-важільного механізму

Сума діючих моментів відносно точки O

$$\sum M_o = 0;$$

Розпишемо рівняння моментів за складовими

$$PL - P_1 L_1 + P_{np} h + F_1 h_1 + F_2 R + F_3 h_2 = 0;$$

де сили тертя мають вираз:

$$F_2 = f(P_1 - P_{np} + P \sin(\gamma)) = fP_1 - fP_{np} + fP \sin(\gamma);$$

$$F_1 = fP; \quad F_3 = fP_1;$$

тоді рівняння моментів прийме вигляд

$$PL - P_1 L_1 + P_{np} h + f P h_1 + f P_1 R - \\ - f P_{np} R + f P \sin(\gamma) R + f P_1 h_2 = 0;$$

залишимо в лівій частині рівняння всі доданки, що містять P_1

$$P_1 L_1 - f P_1 h_2 - f P_1 R = \\ = PL + P_{np} h + f P h_1 - f P_{np} R + f P \sin(\gamma) R; \\ P_1 = \frac{PL + P_{np} h + f P h_1 - f P_{np} R + f P \sin(\gamma) R}{L_1 - f \cdot h_2 - f \cdot R},$$

або

$$P_1 = \frac{P(L + f h_1 + f R \sin(\gamma)) + P_{np} h - f P_{np} R}{L_1 - f h_2 - f R}. \quad (5.1)$$

Такий вигляд має рівняння сили, яку плунжер (5) передає на важіль (2).

P_{np} – сила пружини визначається як,

$$P_{np} = 1,2(a m f),$$

де m – маса важеля, f – коефіцієнт тертя – 0,16 - 0,18, $a = 3$ – коефіцієнт враховуючий, що пружині потрібно подолати тертя ще в двох місцях – між плунжером і втулкою та плунжером та регулювальним гвинтом. Після розрахунку сили пружина вибирається по [2], т. 3, стор. 111. При цьому номер пружини вибирається таким, щоб сила пружини по довіднику була найближча, більша. Табличне значення сили пружини використовуємо при рішенні рівняння (5.1).

Розрахував силу P_1 можемо обчислити силу Q , яку передає шток (7) гідرو або ж пневмоциліндру.

Зусилля на штоку Q , необхідне для перетворення двостороннім клином в силу на плунжерах P_1 описує рівняння

$$Q = 2P_1 \cdot tg(\alpha + \varphi) \quad (5.2)$$

де α - кут клину, що задається конструктором;

φ – кут тертя знаходиться в межах $9 - 10^\circ$.

5.1.2 Розрахунок сили на штоку Г-подібного прихвату

Залежність між силою затиску W і осьювою силою Q визначають з рівності моментів сил щодо крапки O . Розрахункова схема прихвату показана на малюнку 5.2.

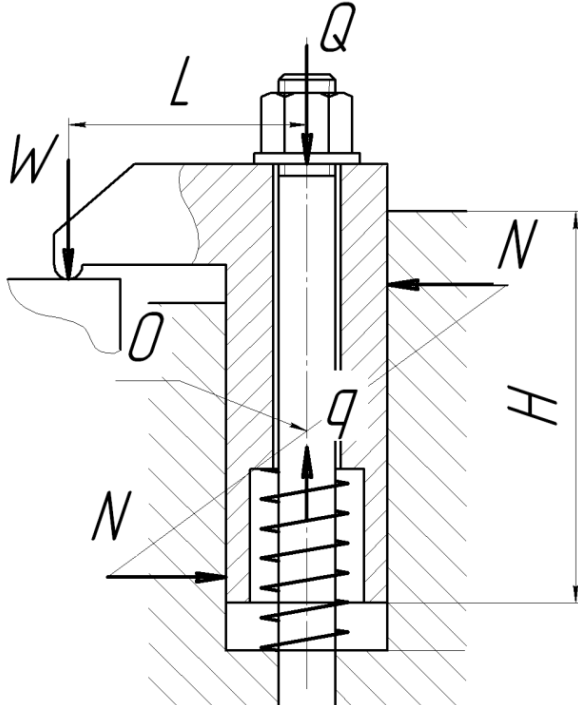


Рисунок. 5.2 - Схема Г-подібного прихвату

$$\sum M_o = 0 ;$$

$$W \cdot l - 2 \cdot N \cdot \frac{1}{3} H = 0 ;$$

звідки

$$N = \frac{3}{2} \cdot W \frac{l}{H}. \quad (5.3)$$

З іншого боку, сила затиску рівна

$$W = Q - F - q;$$

звідки

$$Q = W + F + q; \quad (5.4)$$

де F - сила тертя, що відноситься до направляючої частини прихвату;

q - сила поворотної пружини. При цьому

$$F = 2 \cdot N \cdot f; \quad (5.5)$$

де f - коефіцієнт тертя на направляючій поверхні прихвату.

У разі розрахунку скальчатого кондуктора маємо три поверхні тертя - шток і дві колонки. Тоді формула (5.5) прийме вигляд

$$F = 3 \cdot 2 \cdot N \cdot f; \quad (5.6)$$

Підставляючи в (5.5) значення N з (5.3) отримаємо

$$F = 3 \cdot W \frac{l}{H} \cdot f;$$

підставляючи значення F в (5.4) отримаємо

$$Q = W + 3 \cdot W \frac{l}{H} \cdot f + q,$$

або

$$Q = W \left(1 + 3 \cdot \frac{l}{H} \cdot f \right) + q.$$

Якщо пружина в даному пристрої відсутня

$$Q = W \left(1 + 3 \cdot \frac{l}{H} \cdot f \right).$$

Для скальчатого кондуктора підставимо значення N з (5.3) в (5.6) і виконаємо аналогічні перетворення. Тоді остаточний вираз сили Q прийме вигляд

$$Q = W \left(1 + 9 \frac{l}{H} \cdot f \right).$$

Де коефіцієнт тертя $f = 0,1 - 0,05$.

5.2 Приклад

Проведемо розрахунок клиново-важільного механізму.

Відомо:

Дійсна сила затиску $W\delta = 4185,98$ Н. Коефіцієнт тертя $f = 0,16$.

Розміри складових механізму:

$$L = 108 \text{ мм}; \quad h_1 = 12 \text{ мм}; \quad h_2 = 20 \text{ мм};$$

$$L_1 = 90 \text{ мм}; \quad h = 120 \text{ мм}; \quad R = 5 \text{ мм}.$$

Кут нахилу важеля $\gamma = 50^\circ$. Кут клину $\alpha = 20^\circ$. Кут тертя по поверхні клину $\varphi = 9^\circ$.

Маса важеля $m = 22,5$ Н.

Отже

$$P = \frac{W}{2\cos(\gamma)} = \frac{4185,95}{2 \cdot 0,6428} = 3256,11 \text{ Н}.$$

Сила пружини

$$P_{np} = 1,2mf = 1,2 \cdot 3 \cdot 22,5 \cdot 0,16 = 12,96 \text{ Н}.$$

По [2], т. 3, стор. 111 пружину № 182, яка має силу 1,32 кгс, що дорівнює 13,2 Н.

Скористаємося формулою (5.2) і розрахуємо сил тиску на плунжер (5).

$$P_1 = \frac{3256,11 \cdot (108 + 0,16 \cdot 12 + 0,16 \cdot 5 \cdot 0,7660) + 4,75 \cdot 120 - 0,16 \cdot 13,2 \cdot 5}{90 - 0,16 \cdot 20 - 0,16 \cdot 5} = 4203,27 \text{ Н}.$$

Сила на штоку що передається клином (5.2)

$$Q = 2 \cdot 4203,27 \cdot 0,5543 = 4659,82 \text{ Н}.$$

6. ВИБІР ПРИВОДУ ЗАТИСКАЮЧОГО ПРИСТРОЮ

6.1 Теоретичні положення

До механізованих приводів відносяться затискні пристрої, в яких джерелом енергії є: стисле повітря, рідина, електрика, вакуум, інерційні сили, а так само їх комбінації.

Пристрої, в яких джерелом енергії є стисле повітря, називаються пневматичними приводами.

Пристрої, в яких джерелом енергії є тиск рідини, відносяться до гідравлічних приводів або гідроциліндрів.

6.1.1 Пневматичні приводи

Дані приводи складаються з пневмодвигуна, пневматичної апаратури і повітропроводів. [3, 8]

Пневматичні приводи підрозділяються по вигляду пневмодвигуна на поршневих і діафрагмових, по схемі дії на одне - і двостороннє, по методу компоновки з пристосуванням - на вбудованих і агрегованих, по вигляду установки - на стаціонарних і таких, що обертаються, по кількості приводів - на одинарних і здвоєних.

До переваг приводів слід віднести швидкість дії (0,5...1,2 с), постійність зусилля затиску і можливість його регулювання, простоту конструкції і експлуатації, незалежність працездатності від коливань температури навколишнього середовища.

Оптимальна робоча швидкість виконавчого механізму при застосуванні пневмопривода складає 0,1...2 м/с. При менших швидкостях виникають вібрації і нерівномірність ходу. Економічно доцільне застосування пневмопривода в механізмах із зусиллям до 30 кН і з максимальним діаметром циліндрів до 250 мм.

Недоліками пневмопривода є великі габарити в порівнянні з гідроприводом (із-за застосування низького тиску повітря), нерівномірність переміщення робочих органів, особливо при змінних зусиллях, неможливість зупинки в середині ходу.

Діаметр циліндра в робочій камері якого шток відсутній:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot \rho \cdot \eta}}, \quad (6.1)$$

де D – діаметр пневмоциліндра;

p – тиск стислого повітря, $p = 0,2 \dots 0,6$ МПа;
 η – к. п. д., що враховує втрати на тертя, $\eta = 0,85 \dots 0,9$.
 Якщо шток присутній в робочій камері, то його діаметр:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot \rho \cdot \eta} + d^2}, \quad (6.2)$$

де d – діаметр штоку пневмоциліндра.

Внутрішній діаметр шпильок (болтів) для кріплення кришок розраховується по формулі:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \alpha Q}{Z \pi [\sigma_p]}}, \quad (6.3)$$

де d_1 - внутрішній діаметр різьблення;

α – коефіцієнт затягування ($\alpha = 2,25$);

Q – осьове зусилля, що діє на шпильки (болти);

Z – число шпильок (болтів), найчастіше дорівнює 4;

$[\sigma_p]$ - допустима напруга матеріалу болта на розтягування (див. [3, стор. 200, табл. 9.1]) для другого виду навантаження.

Внутрішній діаметр різьблення на штоку розраховується по формулі:

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \alpha Q}{\pi [\sigma_p]}}, \quad (6.4)$$

де d_2 - внутрішній діаметр різьблення на штоку.

При розрахунку довжини хода поршня с початку потрібно визначити величину розкриття важелів в місці їх контакту з заготовкою x .

$$x = S_1 + S_2 + \delta + A, \quad (6.5)$$

S_1 – конструктивний зазор визначається по кресленням;

S_2 – додатковий зазор для зручності виконання робіт (1...10 мм);

δ – зазор на допуск;

A – зазор для компенсації пружних деформацій.

$$\Delta = \frac{W}{J}, \quad (6.6)$$

W – максимальна сила, діюча в місці закріплення заготівки;

J – жорсткість системи. 1,0..2,5 кН/мм

Після визначення x потрібно розрахувати трансформацію цієї величини важелями та клином, або іншими механізмами які перетворюють цю величину в довжину хода поршня H . Для клиново-важільного механізму, що розглядається в якості приклада, таке перетворення має вигляд:

$$H = \frac{x \cdot h}{L \cdot \operatorname{tg}(\alpha)}, \quad (6.7)$$

де L , h і α позначення елементів клиново-важільного механізму на рис. 5.1. Потрібно мати на увазі, що в інших механізмах цей перерахунок може мати інший вигляд, або ж бути зовсім відсутнім. Крім цього в деяких пристосування слід замість величин $S_1 + S_2$ використовувати лише S_1 . Таким чином, у кожному окремому випадку для визначення довжини хода поршня слід розробляти свою схему.

При розрахунку пневмоциліндра повинні бути визначені величини необхідного зусилля Q або діаметру циліндра D , d_1 внутрішній діаметр шпильок (болтів), d_2 внутрішній діаметр різьблення на штоку і довжина ходу поршня H , які визначають основні конструктивні параметри пневмопривода. Для забезпечення безшумної і плавної роботи пневмоциліндр а слід призначити робочу швидкість переміщення поршня V в межах 0,2...1 м/с. У необхідних випадках встановлюється час робочого або холостого ходу поршня. В кінці ходу поршня бажано передбачати гальмування для зниження швидкості 0,05...0,1 м/с, що забезпечує не шумну роботу пневмопривода.

6.1.2 Гідравлічний привод

Перевагою гідравлічного приводу є можливість отримання великих зусиль при малих його розмірах і безступінчастого регулювання зусиль затиску і швидкостей переміщення. До недоліків відносяться витоки рідини, погіршуючи характеристики роботи гідроприводу, зміну властивостей робочій рідині залежно від температури, що при-

водить до зміни характеристики роботи, досить висока вартість, необхідність кваліфікованого обслуговування.

При застосуванні гідروприводу оптимальним вважається тиск в межах 5...10 МПа, проте, останнім часом застосовується і вище – до 16...20 МПа. Робочі швидкості складають від 0,01 до 1 м/с.

Формули для визначення: діаметру циліндра, внутрішнього діаметру різьблення на штоку ті ж самі (6.1 – 6.4), що і для пневмоциліндрів.

Інші формули щодо швидкості та часу переміщення поршня, витрати рідини за хід (робочий або холостий), внутрішнього діаметру трубопроводу наведені в [3], стор. 147...150.

6.2 Приклад

З огляду на значення розрахованої сили на штоку (приклад 5.2, $Q = 4659,82$ Н) привод повинен бути пневматичним.

Отже, оскільки робочий тиск створюється в частині гідроциліндру, в якій шток відсутній, скористуємось для розрахунку діаметра циліндра формулою (6.1), яку будемо рішати відносно D , де тиск рідини $p = 0,4$ МПа, а к. п. д., що враховує втрати на тертя, $\eta = 0,85$.

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4659,82}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,85}} = 132,13 \text{ мм}$$

Внутрішній діаметр різьблення на штоку розраховується по формулі (6.4), в якій коефіцієнт затягування $\alpha = 2,25$; а, напруження розтягування приймаємо по [3], табл. 9.1 для стали 15, II групи навантаження, нормалізованої – $[\sigma_p] = 70$ МПа.

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \alpha Q}{\pi [\sigma_p]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 4659,82}{3,14 \cdot 70}} = 13,81 \text{ мм}$$

Внутрішній діаметр болтів для кріплення кришок розраховується по формулі (6.3), де,

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \alpha Q}{z\pi [\sigma_p]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 4659,82}{4 \cdot 3,14 \cdot 70}} = 6,91 \text{ мм}$$

де Z - число болтів (вбудований пневмоциліндр), дорівнює 4.

Визначення ходу поршня. Скористаємось формулою (6.5) в якій:

- конструктивний зазор – $S_1 = 15$ мм;
- додатковий зазор для зручності (1...10 мм) – $S_2 = 4$ мм;
- зазор на допуск діаметру вала – $\delta = 0,039/2 = 0,02$ мм;
- максимальна сила, діюча на важільну систему – сил, що діє на вісь важеля – $P_2 = P_1 - P_{np} + P \sin(\gamma) = 6684,39$ Н;
- жорсткість системи приймаємо $J = 1,5$ кН/мм;
- зазор для компенсації пружних деформацій – Δ

$$\Delta = \frac{P_2}{J} = \frac{6684,39}{1500} = 4,46 \approx 4,5 \text{ мм.}$$

$$x = S_1 + S_2 + \delta + \Delta = 15 + 4 + 0,02 + 4,5 = 23,52 \text{ мм;}$$

Тоді довжина ходу поршня по (7.7)

$$H = \frac{x \cdot L_1}{L \cdot \operatorname{tg}(\alpha)} = \frac{23,52 \cdot 90}{108 \cdot 0,3640} = 53,85 \text{ мм}$$

По отриманим розрахунковим даним виберемо вбудований пневмоциліндр по [7] стор.433.

Таким буде пневмоциліндр що має наступні параметри:

Діаметр циліндра $D = 160$;

Різьблення штока M20;

Болти кріплення кришки M16

Довжина ходу поршня 63 мм;

Різьблення штуцера пневмопровіда M16×1,5.

Його позначення:

Пневмоциліндр 7021-0297.

Якщо конструктор застосує агрегатований пневмоциліндр, то він може мати наступне позначення:

Пневмоциліндр 1011-160 0055 У4 ГОСТ 15608-71.

7. ПЕРЕВІРОЧНИЙ РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ

7.1 Теоретичні положення

У конструкціях пристосувань використовуються деталі, які випробовують різноманітні види навантажень.

Кожна деталь повинна мати певний запас міцності, величина якого завжди приймається більше одиниці. Запас міцності враховує розкид механічних властивостей матеріалів, призначених для відповідальних деталей. Запас міцності по напрузі визначається:

$$k = \frac{[\sigma]}{\sigma_{max}}, \quad (7.1)$$

де $[\sigma]$ - допустимі значення ([3] таблиці 9.1, 9.2, 9.3);

σ_{max} - максимальна напруга, яка виникає в деталі;

k - коефіцієнт запасу, для деталей пристосувань, дорівнюватиме 1,5 – 2,0.

Таким чином, напруга, будь якого виду, що виникає в деталі повинна відповідати наступній вимозі

$$k \cdot \sigma_{max} \leq [\sigma]. \quad (7.2)$$

Якщо перевірочний розрахунок проводиться на зріз, то ця нерівність буде матиме наступний вигляд:

$$\tau_{cp} = k \cdot \frac{4P_{\Pi}}{\pi \cdot d^2 n} \leq [\tau]. \quad (7.3)$$

де P_{Π} - зусилля поперечного навантаження;

n - кількість площин зрізу;

d - діаметр досліджуваної деталі.

Якщо перевірочний розрахунок проводиться на розтягування то нерівність буде наступна:

$$\sigma_p = k \cdot \frac{4P_p}{\pi \cdot d^2} \leq [\sigma_p]. \quad (7.4)$$

де P_p - зусилля розтягування.

Найпоширенішим з'єднанням при збірці пристосувань є різьбо-ве. Найбільш актуальною є перевірка різьб на зріз.

При цьому розрахунку використовують наступну формулу

$$\tau_{cp} = k \cdot \frac{k_1 P_0}{\pi \cdot d \cdot n \cdot k_{up} \cdot p} \leq [\tau_{cp}], \quad (7.5)$$

де P_0 – осьове зусилля, Н;

k_1 – коефіцієнт враховує попереднє затягування приймається рішним 2,25;

k – коефіцієнт запасу для різьб діаметром до 10 мм 1,6 - 3,0, для великих діаметрів 4,0 - 6,5;

d – внутрішній діаметр різьблення;

n – кількість витків тих, що сприймають навантаження (3 – 5);

k_{up} – коефіцієнт повноти використання різьблення на зріз (для метричної різі - 0,75);

p – крок різьблення в мм.

Умова міцності фланцевих болтів:

$$\sigma_p = k \cdot \frac{4P_{шт}}{\pi \cdot d_1^2 z} \leq [\sigma_p], \quad (7.6)$$

де $P_{шт}$ - сила на штоку;

z - число болтових з'єднань.

При застосуванні гідроциліндрів як силових приводів і значних навантаженнях на штоку розрахунок на міцність слід проводити, виходячи з умови втрати стійкості штока.

Втрата стійкості штока виникає при навантаженні критичною силою $P_{кр}$:

$$P_{кр} = \eta \frac{EW}{l_{пр}^2},$$

де η – коефіцієнт $\eta = \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2$

E – модуль пружності;

W – момент інерції $W = \frac{\pi d_{шт}^4}{64}$ - для круглого перетину;

$l_{пр}$ – робоча довжина штока приведена $l_{пр} = \lambda l$;

l – довжина штока;

$\lambda = 2$ – для консольного закріплення штока.

Допустиме навантаження на штоку не повинне перевищувати $(0,5 \dots 0,7)P_{кр}$

7.2 Приклад

В обраному пристосованні найбільш небезпечним є можливість зрізання поворотної осі важелів під дією прикладених сил.

Результуюча сила P_n , що прикладена до тієї осі дорівнює

$$P_n = P_1 - P_{пр} + P \sin(\gamma) = \\ = 4203,27 - 13,2 + 3256,11 \cdot 0,76604 = 6684,39 \text{ Н.}$$

Скористуємось формулою (7.3), що описує вимогу забезпечення міцності деталі що працюють на зріз. Прийемо значення коефіцієнту $k = 2,0$. Кількість площин зрізу $n = 2$. Тоді

$$2,0 \cdot \tau_{ср} = 2,0 \cdot \frac{4 \cdot 6684,39}{3,14 \cdot 10^2 \cdot 2} = 85,15 \text{ МПа.}$$

Згідно [3], таблиці 9.1 для II групи навантаження нормалізована сталь 15 має $[\tau_{ср}] = 90 \text{ МПа}$ після цементації і гарту в масло. Чого цілком достатньо для забезпечення необхідної міцності.

8. ПРИНЦИПИ ТА ПОСЛІДОВНІСТЬ КОНСТРУЮВАННЯ ПРИСТОСУВАНЬ

8.1 Теоретичні положення

Конструювання пристосування тісно пов'язане з розробкою технологічного процесу виготовлення деталі.

8.1.1 Початкові дані

Конструктор пристосування повинен мати в своєму розпорядженні наступні початкові матеріали:

- а) робочі креслення заготовки і готової деталі з технічними умовами її приймання;
- б) операційні ескізи оброблюваної деталі (з розмірами і допусками) на попередню і виконувану операцію з схемою базування і закріплення;
- в) карту (або опис) технологічного процесу обробки деталей зі всіма необхідними даними (устаткування, інструменти, режими, норми і інше);
- г) річну програмою випуску;
- д) вказівки, для якого конкретно верстата проектується дане пристосування (в окремих випадках).

З креслень заготовки і готової деталі виявляють розміри, допуски, шорсткість поверхонь, а також марку і вид термічної обробки матеріалу.

При аналізі представлених даних виявляють послідовність і зміст операцій, прийняте базування, використовуване устаткування і інструменти, режими різання, а також запроектовану продуктивність з урахуванням часу на установку, закріплення і зняття оброблюваної деталі.

З технологічного процесу отримують відомості про верстат, на якому ведуть обробку, його розміри, пов'язані з установкою пристосування (розміри столу, розміри і розташування Т-подібних пазів, найменша відстань від столу до шпинделя, розміри конуса шпинделя і так далі) в загальному стані. Необхідне також ознайомлення з верстатом в цеху для виявлення особливостей пристосування і найбільш вигідного розташування органів його управління.

Корисно ознайомитися з аналогічними пристосуваннями, перш за все по архіву підприємства, за літературними джерелами і патент-

ними матеріалами. Вивчити досвід експлуатації аналогічних пристосувань. Опрацювання початкових даних може привести до раціональнішої побудови технологічних операцій і іншої схеми пристосування. Такі зміни після узгодження з технологом вносять до карти технологічного процесу.

8.1.2 Послідовність розрахунків і конструювання

Послідовність розрахунків повинна відповідати основним етапам конструювання пристосувань.

На першому етапі конструювання отримують і аналізують початкові дані, визначають умови використання пристосування і вимоги, що пред'являються до нього.

Другий етап полягає в уточненні схеми установки. Знаючи прийняту в технологічному процесі схему базування заготовки, точність і шорсткість поверхонь бази, визначають тип і розмір установочних елементів, їх число і взаємне положення. Рішення цього питання ув'язується з необхідною точністю обробки на даній операції.

На третьому етапі конструювання, знаючи величини сил різання, встановлюють місце прикладення сил закріплення і визначають їх величину на основі розрахункових даних. Виходячи з регламентованого часу на закріплення і відкріплення заготовки, типу пристосування (одне - або багатомісне), конфігурації і точності заготовки, а також сили закріплення, вибирають тип затискного пристрою і визначають його основні розміри.

На четвертому етапі встановлюють тип і розмір деталей для визначення напрямку руху і контролю положення ріжучого інструменту.

На п'ятому - виявляють необхідні допоміжні пристрої, вибирають їх конструкції і розміри, виходячи з маси заготовки, виконуваної операції і необхідної точності обробки. При виборі конструкції і розмірів вказаних елементів максимально використовують наявні стандарти.

Конструювання зводиться до послідовного викреслювання елементів пристосування навколо контуру оброблюваної деталі. Рекомендується дотримуватися наступного порядку.

1. Контур оброблюваної деталі наносять у необхідній кількості проєкцій, що розташовуються з таким розрахунком, щоб залишалася достатньо місця для подальшого викреслювання елементів присто-

сування. Контур зображають тонкими або, навпаки, товщими пунктирними (штрих - пунктирними) лініями в порівнянні з лініями деталей пристосування. Іноді для більшої наочності контур оброблюваної деталі викреслюють червоним олівцем.

2. Викреслюють установочні деталі і деталі для напряму інструменту.

3. Затискні і допоміжні пристрої.

4. Силові пристрої.

5. Після цього викреслюють корпус пристосування, який об'єднує всі перераховані вище елементи.

На всіх етапах використовують по можливості нормалізовані і стандартні вузли і деталі.

Проектовану конструкцію деталі або вузла пристосування відразу ж викреслюють у всіх проекціях. Попутно викреслюють необхідні розрізи та вигляди, що пояснюють конструкцію. Загальні види пристосувань рекомендується викреслювати в масштабі 1:1; виняток можуть становити пристосування для особливо крупних і дрібних деталей. На загальному вигляді пристосування приводять технічні умови на його збірку. У них указують необхідну точність збірки пристосування, вимоги до його регулювання і настройки, методи перевірки при установці на верстат, обробку і маркування. А так само нумерація деталей і їх специфікація з вказівкою використаних стандартів.

На кресленні загального вигляду, окрім пристосування, рекомендується тонкими суцільними або пунктирними лініями зображати місце верстата, на якому базується і закріплюється пристосування. Наприклад, на кресленнях патронів і оправок - контур головки шпинделя верстата і перехідної планшайби; на кресленнях фрезерних пристосувань - частина контуру столу з пазами під установочні шпонки і болти для закріплення пристосування і тому подібне.

У ряді випадків доцільно схематично зображати і ріжучий інструмент.

На загальному вигляді дається нумерація деталей і їх специфікація з вказівкою використаних ГОСТ і нормалей.

Після виконання загального вигляду розробляють креслення окремих вузлів (якщо це необхідно) і деталей.

8.1.3 Розміри, допуски і посадки на кресленнях пристосувань

На кресленні загального вигляду указуються:

1. Габаритні розміри пристосування.
2. Контрольні і координуючі розміри з допусками (відхиленнями), що характеризують точність взаємного розташування таких елементів пристосування, які визначають точність координації поверхонь оброблюваних в пристосуванні деталей; точність цих розмірів перевіряється після збірки пристосування.

Так, наприклад, у кондукторів контрольними розмірами є відстані між осями кондукторних втулок і відстані від цих осей до поверхонь установочних елементів пристосування. У фрезерних пристосувань - відстані від поверхонь установочних габаритів до поверхонь відповідних установочних елементів і тому подібне.

Допуски на ці розміри беруться в 2-3 рази меншими допусків на відповідні координуючі розміри, вказані на робочому кресленні оброблюваної деталі.

3. Допуски на взаємну непаралельність, неперпендикулярність, неплоскостність установочних поверхонь і осей центруючих елементів пристосування. Ці допуски указуються на полі креслення текстом і не повинні перевищувати половини відповідних допусків на розташування базових поверхонь деталі, що сполучаються з ними.

За відсутності на робочому кресленні деталі цих допусків допуски для пристосування призначаються в межах 0,02-0,05 мм на 100 мм довжини, тобто кутові зсуви не повинні бути більше 1-2°.

4. Посадки на основні сполучення в деталях, необхідні при збірці пристосування.

Діаметри отворів під робочу частину ріжучого інструменту в змінних кондукторних втулках. Ці діаметри після їх розрахунку зазвичай приводяться у вигляді таблиці на полі креслення

8.1.4 Розрахунки при конструюванні

При конструюванні проводяться наступні розрахунки.

1. Погрішностей установки.
2. Розрахунок на точність.
3. Наближений розрахунок потрібних сил затиску, виходячи із заданих сил різання.
4. Розрахунок основних характеристик і вибір конструктивних параметрів силових механізмів з визначенням дійсних сил затиску, що розвиваються ними, при заданих початкових силах на рукоятці або штоку приводу.
5. Перевірочний розрахунок на міцність і зносостійкість деяких особливо навантажених деталей силових механізмів.

6. Для пристосувань з механізованим силовим приводом (пневматичним, гідравлічним і т. п.) розрахунок параметрів приводу діаметру циліндра або діафрагми, довжина ходу поршня, перетинів трубопроводів і т. д).

З розглянутого видно, що процес конструювання пристосування - це процес синтезу його елементів. Він складається з вибору цих елементів, що забезпечують задані точність, продуктивність і економічність; розміщення елементів виходячи з взаємозв'язку між ними і вибору найбільш раціонального з'єднання елементів корпусу пристосування. При конструюванні і виготовленні пристосувань забезпечують їх високу надійність за показниками безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності, а в деяких випадках і збереженості. Пристосування повинні бути ергономічними, їх обслуговування повинне бути зручним і легким. Органи управління повинні бути нечисленними і розташовуватися в одному місці.

8.2 Приклад

На малюнку 8.1 проілюстрована послідовність конструювання пристосування. Проектування ведемо на форматі А1.

1. Наносимо контур заготовки у необхідній кількості проєкцій. Як правило, їх повинно бути не менш трьох (рис. 8.1 а). В даному випадку дві проєкції обумовлені відсутністю достатнього місця.

Проводимо аналіз кількох варіантів базування заготовки і вибираємо найкращий. На основі результатів проведених розрахунків переходимо до другого етапу.

2. Проводимо розрахунок на точність та викреслюємо установочні деталі або деталі для завдання напряду інструменту (рис. 8.1 б).

Маючи розташування заготовки в установочних елементах пристосування проводимо розрахунок потрібних сил затиску, виходячи із заданих сил різання. На основі отриманих результатів приймається рішення о можливим вигляді затискного пристрою і проводимо його наближений розрахунок. На основі результатів проведених розрахунків переходимо до третього етапу.

3. Викреслюємо затискні і допоміжні пристрої (рис. 8.1 в).

Маючи вірогідне розташування елементів затискного механізму уточнюємо попередній розрахунок, при необхідності вносимо відповідні поправки до креслень.

Проводимо розрахунки деталей на міцність.

По отриманих результатах робимо висновок о типі затискного приводу і проводимо його розрахунок.

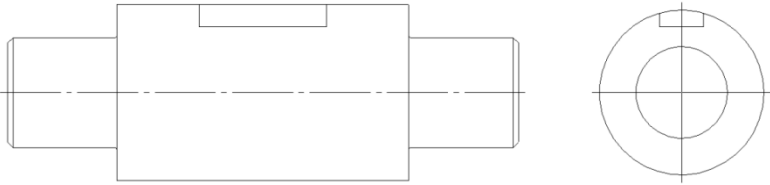
4. Викреслюємо силовий привід (рис. 8.1 г).

Проводимо узгодження розташування всіх елементів пристосування. При необхідності проводимо уточнюючі розрахунки.

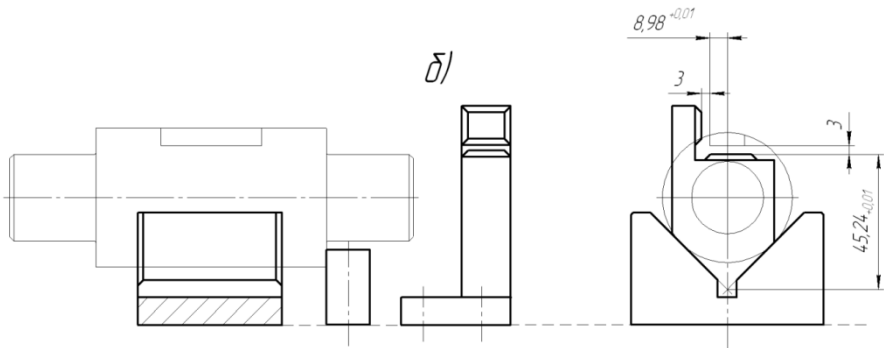
5. Після цього викреслюємо корпус пристосування, який об'єднує всі перераховані вище елементи.

Проставляємо всі необхідні розміри з їх допусками. Записуємо необхідні технічні вимоги. Оформлюємо специфікації та креслення.

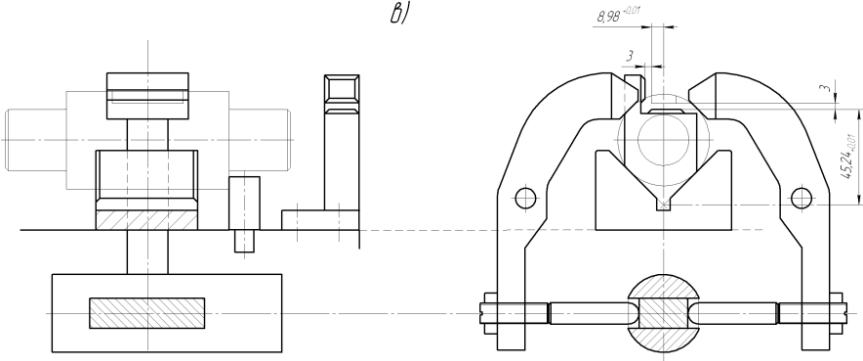
a)



δ)



θ)



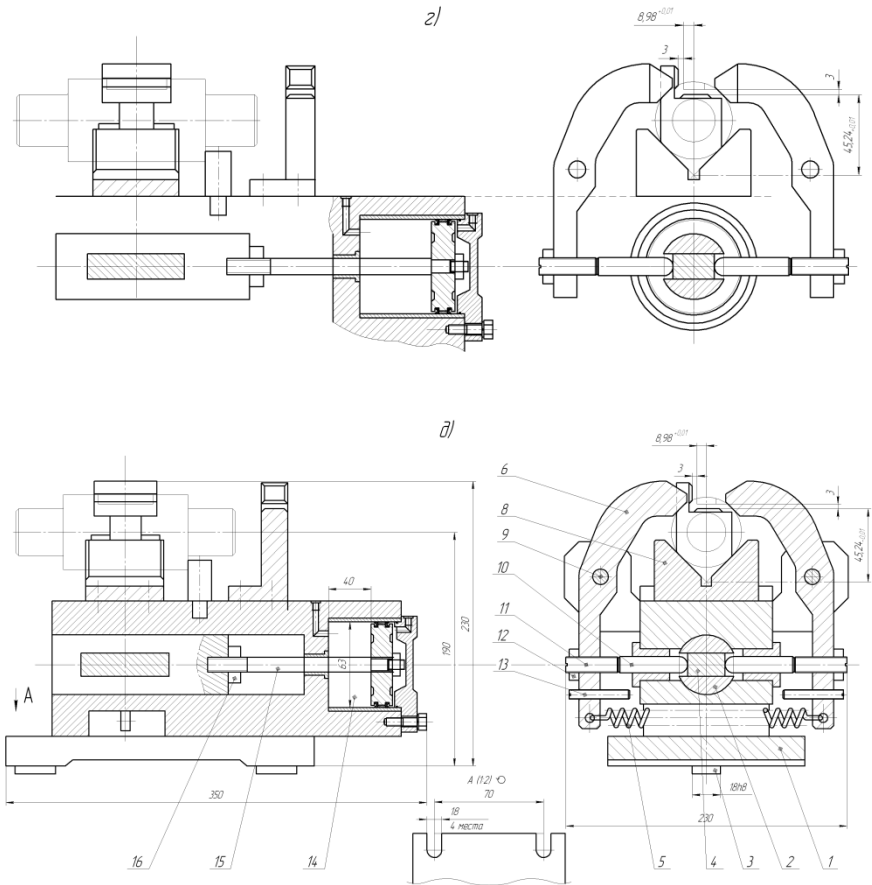


Рисунок. 8.1 – Послідовність проектування пристосування

Маючи креслення загального вигляду конструктор має можливість виконати всі необхідні креслення деталей. По закінченні чого оформлюється пояснювальна записка.

9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Надається частковий перелік навчальної та довідникової літератури, що рекомендується при виконанні практичних робіт з дисципліни "Технологічна оснастка". Слід мати на увазі, що джерела, які можуть бути використані, не обмежуються тільки цим переліком.

1. Технологічна оснастка: навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 123 с.
2. Технологічне оснащення. Методичний посібник до виконання індивідуального конструкторського проекту при проектуванні затискних верстатних пристроїв для студентів напряму підготовки 6.050502 Інженерна механіка / Т.В. Біркіна, В.В. Зіль, В.І. Холоша. – Д.: Дніпровський гірничий університет, 2012 - 73 с.
3. Nee A. Y. C. et al. An advanced treatise on fixture design and planning. – World Scientific, 2004. – Т. 1.
4. Bird L. Taunton's complete illustrated guide to using woodworking tools. – Taunton Press, 2004. – Т. 70729.
5. Altintas Y. Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations, and CNC Design/Y.Altintas. — Cambridge University Press, 2012. — 380p.
6. Klocke F. Manufacturing Processes, Cutting/ Fritz Klocke. — New York :Springer, 2011. — 504 p.
7. Kumar G. et al. Recent advances in mechanical engineering. – Springer, 2021. – С. 51-60.
8. Kalpakjian S. MANUFACTURING ENGINEERING AND TECHNOLOGY SIXTH EDITION IN SI UNITS Serope Kalpakjian Illinois Institute of Technology Steven R. Schmid The University of Notre Dame SI Conversion by Hamldon Musa Universiti Teknologi Malaysia Prentice Hall Singapore London. – 2007.

Додаток А.
Технічні характеристика верстатів

Вертикальний консольно-фрезерний верстат моделі 6P12K

Розміри робочої поверхні столу, мм	320×1250
Найбільше переміщення столу, мм	
подовжнє	800
поперечне	280
вертикальне	420
Переміщення гільзи з шпинделем, мм	70
Число швидкостей шпинделя	18
Числа оборотів шпинделя	40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000
Число ступенів подач столу	19
Подачі столу, мм/хв	
Подовжня і поперечна:	18; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000
Вертикальна	15; 18,7; 23,6; 30,6; 37 47,2; 60; 75; 93,5; 120; 150; 187; 236; 300; 375; 472; 600; 750
Потужність електродвигуна, кВт	7,5
Габарити верстата	2500×1950×2035
Вага верстата, кг	3850

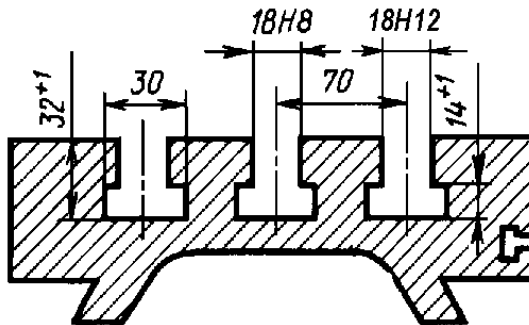


Рисунок. А.1 - Посадочні розміри робочого столу вертикально фрезерного верстату моделі 6P12K

Вертикальний консольно-фрезерний верстат моделі 6Т12

Розміри робочої поверхні столу, мм	320×1250	
Найбільше переміщення столу, мм		
подовжнє	800	
поперечне	320	
вертикальне	420	
Переміщення гільзи з шпинделем, мм	70	
Число швидкостей шпинделя	18	
Числа оборотів шпинделя	31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600;	
Число ступенів подач столу	23	
Подачі столу, мм/хв		
Подовжня і поперечна:	12,5; 16; 18; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600	
Вертикальна	4,1 - 530	
Потужність електродвигуна, кВт	7,5	
Габарити верстата	2280×1965×2265	
Вага верстата, кг	3250	

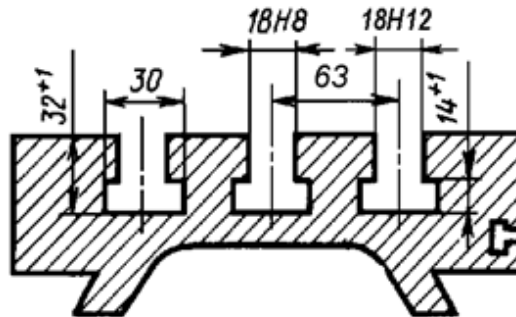


Рисунок. А.2 - Посадочні розміри робочого столу вертикально фрезерного верстату моделі 6Т12

Вертикально - свердлувальний верстат моделі 2Н118

Найбільший діаметр свердлення, мм	18
Конус Морзе шпинделя	№2 ГОСТ 2847-67
Найбільше осьове переміщення шпинделя, мм	150
Виліт шпинделя, мм	200
Відстань від кінця шпинделя до столу:	
найбільше, мм	650
найменше, мм	0
Переміщення шпинделя на 1 оборот маховика рукоятки, мм	110
Ціна ділення лімба, мм	1
Переміщення головки шпинделя на один оборот маховика, мм	4,4
Число швидкостей шпинделя	9
Пределы чисел оборотов шпинделя, об/хв	180 – 2800
Числа оборотів шпинделя: об/хв	80, 250, 355, 500, 710, 1000, 1420, 2000, 2800.
Число подач	6.
Частоти подач, мм/об:	0,1; 0,14; 0,20; 0,28; 0,40; 0,56.
Найбільше переміщення головки шпинделя, мм	300
Найбільше вертикальне переміщення столу, мм	350
Переміщення столу на 1 оборот рукоятки, мм	2,4
Ширина робочої поверхні столу, мм	320
Потужність, кВт	1,5

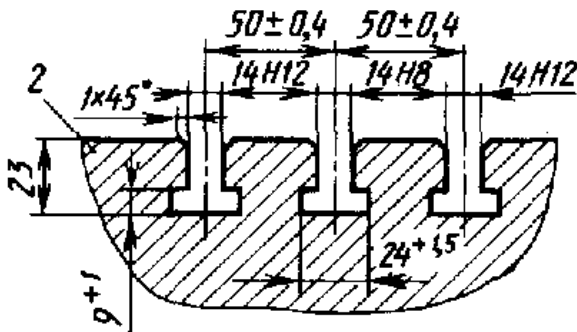


Рисунок. А.3 - Посадочні розміри робочого столу вертикально - свердлувального верстату моделі 2Н118

Вертикально - свердлувальний верстат моделі 2Н125

Найбільший діаметр свердлення, мм	25
Розміри робочої поверхні столу, мм	400x450
Найбільша відстань від торця шпинделя до поверхні столу, мм	700
Найбільше вертикальне переміщення столу, мм	250
Переміщення столу, мм, не більш	520
Вертикальне переміщення свердлувальної головки, мм	270
Найбільше переміщення шпинделя, мм	200
Виліт шпинделя, мм	250
Конус шпинделя	Морзе 3
Число ступенів оборотів шпинделя	12
Числа оборотів шпинделя: об/хв	45, 63, 90, 125, 180, 250, 355, 500, 710, 1000, 1400, 2000
Число подач	9
Частоти подач, мм/об:	0,1, 0,14, 0,2, 0,28, 0,56, 0,8, 1,12, 1,6
Потужність, кВт	2,2
Габарити станка, мм	915x785x2350
Вага верстата, кг	880

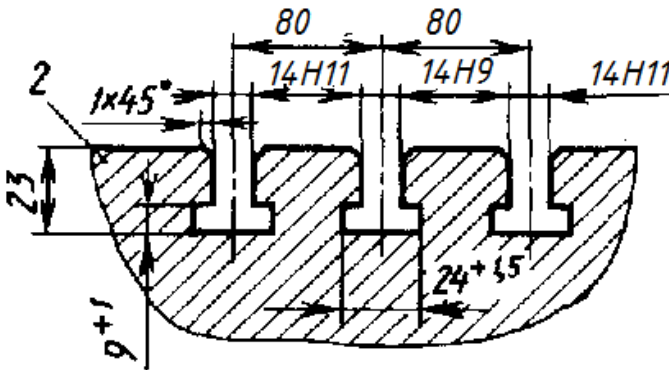


Рисунок. А.4 - Посадочні розміри робочого столу вертикально - свердлувального верстату моделі 2Н118

Додаток Б.

Т – подібні верстатні пази по ГОСТ 1574-75.

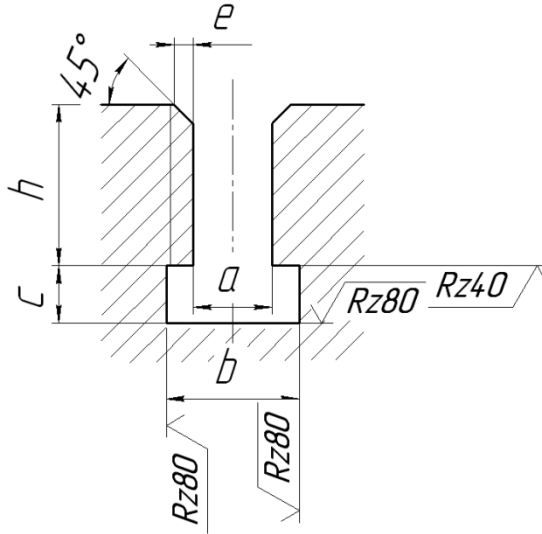


Рисунок. Б.1 – Пази верстатні

Таблиця Б.1 – Розміри Т – подібних пазів

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>e</i>
10	16	21	7	1
12	19	25	8	1.6
14	23	28	9	
18	30	36	12	
22	37	45	16	
28	46	50	20	
36	56	71	25	2.5
42	68	85	32	
48	80	95	36	
54	90	106	40	

Примітки:

1. Розмір *a* може бути виконаний з відхиленнями по: **H6, H7, H8, H11, H12.**
2. Шорсткість бічних поверхонь $Rz > 20$ мкм по ГОСТ 2789 - 73.

Додаток В.
Допуски і посадки

Таблиця В.1 – Поля допусків для розмірів от 1 до 10 000 мм (по
ГОСТ 25346-89)

Номинальні розміри, мм	Квалітети									
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	Допуски, мкм									
До 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4		10	14
Св, 3 до 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18
» 6 » 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22
» 10 » 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27
» 18 » 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33
» 30 » 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39
» 50 » 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46
» 80 » 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54
» 120 » 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63
» 180 » 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72
» 250 » 315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81
» 315 » 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89
» 400 » 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97
» 500 » 630	4,5	6	9	11	16	22	30	44	70	110
» 630 » 800	5	7	10	13	18	25	35	50	80	125
» 800 » 1 000	5,5	8	И	15	21	29	40	56	90	140
» 1 000 » 1 250	6,5	9	13	18	24	34	46	66	105	165
» 1 250 » 1 600	8	11	15	21	29	40	54	78	125	195
» 1 600 » 2 000	9	13	18	25	35	48	65	92	150	230
» 2 000 » 2 500	11	15	22	30	41	57	77	110	175	280
» 2 500 » 3 150	13	18	26	36	50	69	93	135	210	330
» 3 150 » 4 000	16	23	33	45	60	84	115	165	260	410
» 4 000 » 5 000	20	28	40	55	74	100	140	200	320	500
» 5 000 » 6 300	25	35	49	67	92	125	170	250	400	620
» 6 300 » 8 000	31	43	62	84	115	155	215	310	490	760
» 8 000 » 10 000	38	53	76	105	140	195	270	380	600	940

Продовження таблиці В.1

Номінальні розміри, мм	Квалітети								
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Допуски								
	МКМ			ММ					
До 3	25	40	60	0,12	0,14	0,25	0,40	0,6	1,0
Св 3 до 6	30	48	75	0,14	0,18	0,30	0,48	0,75	1,2
» 6 » 10	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5
» 10 » 18	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,70	1,1	1,8
» 18 » 30	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1
» 30 » 50	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1,00	1,6	2,5
» 50 » 80	74	120	190	0,30	0,46	0,74	1,20	1,9	3,0
» 80 » 120	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,40	2,2	3,5
» 120 » 180	100	160	250	0,40	0,63	1,00	1,60	2,5	4,0
» 180 » 250	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6
» 250 » 315	130	210	320	0,52	0,81	1,30	2,10	3,2	5,2
» 315 » 400	140	230	360	0,57	0,89	1,40	2,30	3,6	5,7
» 400 » 500	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,50	4,0	6,3
» 500 » 630	175	280	440	0,70	1,10	1,75	2,80	4,4	7,0
» 630 » 800	200	320	500	0,80	1,25	2,00	3,20	5,0	8,0
» 800 » 1 000	230	360	560	0,90	1,40	2,30	3,60	5,6	9,0
» 1 000 » 1 250	260	420	660	1,05	1,65	2,60	4,20	6,6	10,5
» 1 250 » 1 600	310	500	780	1,25	1,95	3,10	5,00	7,8	12,5
» 1 600 » 2 000	370	600	920	1,50	2,30	3,70	6,00	9,2	15,0
» 2 000 » 2 500	440	700	1100	1,75	2,80	4,40	7,00	11,0	17,5
» 2 500 » 3 150	540	860	1350	2,10	3,30	5,40	8,60	13,5	21,0
» 3 150 » 4 000	660	1050	1650	2,60	4,10	6,00	10,5	16,5	26,0
» 4 000 » 5 000	800	1300	2000	3,20	5,00	8,00	13,0	20,0	32,0
» 5 000 » 6 300	980	1550	2500	4,00	6,20	9,80	15,5	25,0	40,0
» 6 300 » 8 000	1200	1950	3100	4,09	7,60	12,0	19,5	31,0	49,0
» 8 000 » 10 000	1500	2400	3800	6,10	9,40	15,0	24,0	38,0	61,0

Таблиця В.2 - Граничні відхилення отвору і валу (квалітети 6...14) по ГОСТ 25437-82

Інтервал розміру, мм	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	H7	f7	s7	js7	H8	d8	e8	f8	h8	u8	H9	d9	f9	H11	a11	b11	d11	h11	H12	b12	h12	H14	h14	js14
от 1 до 3	+2 -8	+3,0 -6	+6 -3,0	+8 +4	+10 +6	+12 +10	+16 +14	+20 +18	+20 +14	+10 +6	-6 -14	+24 +5	+5 -5	+14 0	-20 -34	-14 -28	-6 -20	-14 -14	+32 +18	+25 +20	-20 -45	-6 -31	+60 -370	-140 -200	-140 -200	-20 -60	0 +100	-140 -240	0 -100	+250 0	0 -250	+125 -125	
св 3 до 6	-4 -12	0 -8	+4,0 -4,0	+9 +1	+12 +4	+16 +12	+20 +19	+23 +23	+27 +19	+12 0	-10 -22	+31 -31	+6 -6	+18 0	-30 -48	-20 -38	-10 -28	-18 -18	+41 +23	+30 +30	-30 -60	-10 -40	+75 -280	-270 -150	-140 -215	-30 -105	0 +120	-140 -260	0 -120	+300 0	0 -300	+150 -150	
» 6 » 10	-5 -14	0 -9	+4,5 -4,5	+10 +1	+15 +6	+19 +15	+24 +19	+28 +23	+32 +23	+15 0	-13 -28	+38 +38	+7 -7	+22 0	-40 -62	-25 -47	-13 -35	0 -22	+50 +28	+36 +30	-40 -76	-13 -49	+90 -280	-150 -240	-150 -240	0 -130	+150 -90	-150 -300	0 -150	+360 0	0 -360	+180 -180	
» 10 » 14	-6	0	+5,5	+12	+18	+23	+29	+34	+39	+18	-16	+46	+9	+27	-50	-32	-16	0	+60	+43	-50	-16	+110	-290	-150	-50	0	+180	-150	0	+430	0	+215
» 14 » 18	-17	-11	-5,0	+1	+7	+12	+18	+23	+28	0	-34	+28	-9	0	-77	-59	-43	-27	+33	0	-93	-59	0	-400	-260	-160	-110	0	-330	-180	0	-430	-215
» 18 » 24	-7	0	+6,5	+15	+21	+28	+35	+41	+48	+21	-20	+56	-10	+33	-65	-40	-20	0	+74 +41	+52	-65	-20	-130	-300	-160	-65	0	+210	-160	0	+520	0	+260
» 24 » 30	-20	-13	-6,5	+2	+8	+15	+22	+28	+35	0	-41	+35	-10	0	-98	-73	-53	-33	+81 +48	0	-117	-72	0	-430	-290	-195	-130	0	-370	-210	0	-520	-260
» 30 » 40	-9	0	+8,0	+18	+25	+33	+42	+50	+59	+25	-25	+68	+12	+39	-80	-50	-25	0	+99 +60	+62	-80	-25	+160	-310 -470	-170 -330	-80	0	+250	-170 -420	0	+620	0	+310
» 40 » 50	-25	-16	-8,0	+2	+9	+17	+26	+34	+43	0	-50	+43	-12	0	-119	-89	-64	-39	+109 +70	0	-142	-87	0	-320 -480	-180 -340	-240	-160	0	-180 -430	-250	0	-620	-310
» 50 » 65	-10	0	+9,5	+21	+30	+39	+51	+60 +41	+72 +53	+30	-30	+83 +53	+15	+46	-100	-60	-30	0	+133 +87	+74	-100	-30	+190	-340 -530	-190 -380	-100	0	+300	-190 -490	0	+740	0	+370
» 65 » 80	-29	-19	-9,5	+2	+11	+20	+32	+43 +62	+78 +59	0	-60	+89 +59	-15	0	-146	-106	-76	-46	+148 +102	0	-174	-104	0	-360 -550	-200 -390	-290	-190	0	-200 -500	-300	0	-740	-370
» 80 » 100	-12	0	+11,0	+25	+35	+45	+59	+73 +51	+93 +71	+35	-36	+106 +71	+17	+54	-120	-72	-36	0	+173 +124	+87	-120	-36	+220	-380 -600	-220 -440	-120	0	+350	-220 -570	0	+870	0	+435
» 100 » 120	-34	-22	-11,0	+3	+13	+23	+37	+76 +54	+101 +79	0	-71	+114 +79	-17	0	-174	-126	-90	-54	+198 +144	0	-207	-123	0	-410 -630	-240 -460	-340	-220	0	-310 -590	-350	0	-870	-435
» 120 » 140	-14	0	+12,0	+28	+40	+52	+68	+88 +63	+117 +92	+40	-43	+132 +92	+20	+63	-145	-85	-43	0	+233 +170	+100	-145	-43	+250	-460 -710	-260 -510	-145	0	+400	-260 -660	0	+1000	0	+500
» 140 » 160	-39	-25	-12,5	+3	+15	+27	+43	+90 +65	+125 +100	0	-83	+140 +100	-20	0	-208	-148	-106	-63	+253 +190	0	-245	-143	0	-520 -770	-280 -530	-395	-250	0	-280 -680	-400	0	-1000	-500
» 160 » 180	-39	-25	-12,5	+3	+15	+27	+43	+93 +68	+133 +108	0	-83	+148 +108	-20	0	-208	-148	-106	-63	+273 +210	0	-245	-143	0	-580 -830	-310 -560	-395	-250	0	-310 -710	-400	0	-1000	-500
» 180 » 200	-15	0	+14,5	+33	+46	+60	+79	+106 +77	+151 +122	+46	-50	+168 +122	+23	+72	-170	-100	-50	0	+308 +236	+115	-170	-50	+290	-660 -950	-340 -630	-170	0	+460	-660 -800	0	+1150	0	+575
» 200 » 225	-44	-29	-14,5	+4	+17	+31	+50	+109 +80	+159 +130	0	-96	+176 +130	-23	0	-242	-172	-120	-72	+330 +258	0	-285	-165	0	-740 -1030	-380 -670	-460	-290	0	-380 -840	-460	0	-1150	-575
» 225 » 250	-44	-29	-14,5	+4	+17	+31	+50	+113 +84	+169 +140	0	-96	+186 +140	-23	0	-242	-172	-120	-72	+356 +284	0	-285	-165	0	-820 -1110	-420 -710	-460	-290	0	-420 -880	-460	0	-1150	-575
» 250 » 280	-17	0	+16,0	+36	+52	+66	+88	+126 +94	+190 +158	+52	-56	+210 +158	+26	+81	-190	-110	-56	0	+396 +315	+130	-190	-56	+320	-920 -1240	-480 -800	-190	0	+520	-480 -1000	0	+1300	0	+650
» 280 » 315	-49	-32	-16,0	+4	+20	+34	+56	+130 +98	+202 +158	0	-108	+222 +170	-26	0	-271	-191	-137	-81	+431 +315	0	-320	-186	0	-1050 -1370	-540 -860	-510	-320	0	-540 -1060	-520	0	-1300	-650
» 315 » 355	-18	0	+18,0	+40	+57	+73	+98	+144 +108	+226 +190	+57	-62	+247 +190	+28	+89	-210	-125	-62	0	+479 +390	+140	-210	-62	+360	-1260 -1560	-600 -960	-210	0	+570	-600 -1170	0	+1400	0	+700
» 355 » 400	-54	-36	-18,0	+4	21	+37	+62	+150 +114	+244 +208	0	-119	+265 +208	-28	0	-299	-214	-151	-89	+524 +435	0	-350	-202	0	-1350 -1710	-680 -1040	-570	-360	0	-680 -1250	-570	0	-1400	-700
» 400 » 450	-20	0	+20,0	+45	+63	+80	+108	+166 +126	+272 +232	+63	-68	+295 +232	+31	+97	-230	-135	-68	0	+587 +435	+155	-230	-68	+400	-1500 -1900	-760 -1160	-230	0	+630	-760 -1390	0	+1550	0	+775
» 450 » 500	-60	-40	-20,0	+5	+23	+40	+68	+172 +132	+292 +252	0	-131	+315 +252	-31	0	-327	-232	-165	-97	+637 +540	0	-385	-223	0	-1650 -2050	-840 -1240	-630	-400	0	-840 -1470	-630	0	-1550	-775

**Додаток Д.
Похибки закріплення**

Таблиця В.1 – Похибка закріплення в радіальному напрямі при установці заготовок для обробки на верстатах

Характеристика базової поверхні	Похибка закріплення в мкм в радіальному напрямі								
	При поперечних розмірах заготовки в мм								
	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-260	260-360
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Установка в затискній гільзі									
Холоднотягнута, калібрована, оброблена	40	50	60	70	80				
Чисто оброблена	20	25	30	35	40				
Установка в трикулачковому самоцентруючому патроні									
Литво в піщану форму	220	270	320	370	420	500	600	700	800
Литво в кокіль	150	175	200	250	300	350	400	450	550
Гаряче штампування	220	270	320	370	420	500	600	700	800
Гарячекатана	220	270	320	370	420	500	600	-	-
Попередньо оброблена	50	60	70	80	100	120	140	160	180
Чисто оброблена	25	30	35	40	50	60	70	80	90
Установка в пневматичному патроні									
Литво в піщану форму	180	220	260	320	380	440	500	580	660
Литво в кокіль	120	140	170	200	240	280	320	380	440
Гаряче штампування	180	220	260	320	380	440	500	580	660
Гарячекатана	180	220	260	320	380	440	500	-	-
Попередньо оброблена	40	50	60	70	80	90	100	120	140
Чисто оброблена	20	25	30	35	40	45	50	60	70

При установці і закріпленні враховувати похибку базування і приймати похибку залежно від кріплення оправки в гільзі, патроні або затискному пристосуванні.

Таблиця В.2 – Похибки закріплення в осьовому напрямі при установці заготовок для обробки на верстатах

Характеристика базової поверхні	Похибка закріплення в мкм в осьовому напрямі								
	При поперечних розмірах заготовки в мм								
	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-260	260-360
Установка в зажимной гильзі по упору									
Холоднотягнута, калібрована	40	50	60	70	80				
Чисто оброблена	20	25	30	35	40				
Установка в трикулачковому самоцентрующем патроні									
Литво в піщану форму	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Литво в кокіль	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Гаряче штампування	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Гарячекатана	70	80	90	100	110	120	130		
Попередньо оброблена	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Чисто оброблена	30	40	50	60	70	80	90	110	110
Установка в пневматичному патроні									
Литво в піщану форму	55	60	70	80	90	100	110	120	130
Литво в кокіль	55	60	65	75	80	90	100	110	120
Гаряче штампування	55	60	70	80	90	100	110	120	130
Гарячекатана	55	60	70	80	90	100	110		
Попередньо оброблена	40	50	60	70	80	90	90	100	110
Чисто оброблена	25	30	35	40	50	60	70	80	90

При установці на оправку враховувати похибку базування і приймати похибку закріплення залежно від кріплення оправки в гільзі, патроні або затискному пристосуванні. Установка в центрах похибки не дає, але дає похибка базування в осьовому напрямі.

Таблиця В.3 – Похибка закріплення при установці заготовки на опорні штифти пристосування.

Характеристика базової поверхні	Похибка закріплення в мкм при поперечному розмірі заготовки в мм								
	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-260	260-360
Установка в затискне пристосування з гвинтовими або ексцентриковими затисками									
Литво в піщану форму		100	125	150	175	200	225	250	300
Литво в кокіль		100	110	120	130	140	150	160	180
Гаряче штампування		100	125	150	175	200	225	250	300
Гарячекатана	90	100	125	150	175	200	225		
Попередньо оброблена	80	90	100	110	120	130	140	150	160
Чисто оброблена	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Шліфувана	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Установка в затискне пристосування з пневматичним затиском									
Литво в піщану форму		90	100	120	140	160	180	200	240
Литво в кокіль		80	90	100	110	120	130	140	160
Гаряче штампування		90	100	120	140	160	180	200	240
Гарячекатана	70	80	100	120	140	150	180		
Попередньо оброблена	65	70	75	80	90	100	110	120	130
Чисто оброблена	50	60	70	80	90	90	100	110	120
Шліфувана	40	50	60	70	80	80	90	100	110

Установка на магнітній плиті похибки закріплення не дає. Поперечним розміром заготовки приймати найбільший в перетині по нормалі до оброблюваної поверхні. Похибка закріплення дана по нормалі.

Таблиця В.4 – Похибка закріплення при установці заготовки на опорні пластинки.

Характеристика базової поверхні	Похибка закріплення в мкм при поперечному розмірі заготовки в мм								
	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-260	260-360
Установка в затискне пристосування з гвинтовими або ексцентриковими затисками									
Литво в піщану форму		100	110	120	135	150	175	200	240
Литво в кокіль	55	60	70	80	90	100	110	120	130
Гаряче штампування		100	110	120	135	150	175	200	240
Гарячекатана	90	100	110	120	135	150	175		
Попередньо оброблена	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Чисто оброблена	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Шліфована	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Установка в затискне пристосування з пневматичним затиском									
Литво в піщану форму	80	90	100	110	120	120	140	160	180
Литво в кокіль	55	55	60	70	80	90	100	100	110
Гаряче штампування		80	90	100	110	120	140	160	180
Гарячекатана	70	80	90	100	110	120	140		
Попередньо оброблена	35	40	50	55	60	70	80	90	100
Чисто оброблена	25	30	35	40	50	60	70	80	90
Шліфована	15	20	25	30	40	50	60	70	80

Установка на магнітній плиті похибка не дає. Поперечним розміром заготовки приймати найбільший в перетині по нормалі до оброблюваної поверхні. Похибка закріплення дана по нормалі до оброблюваної поверхні.

По матеріалам [3] стор. 47

Додаток Е.
Економічна точність обробки шпонкових пазів

Таблиця Е.1 – Середня економічна точність обробки шпонкових пазів шпонковою фрезою

Ширина канавки, мм	Точність обробки, мм	
	Чорновий прохід	Чистовий прохід
6...10	0,10	0,03
10...18	0,15	0,04
18...30	0,20	0,05

Додаток Ж.
Період стійкості шпонкових фрез

Таблиця Ж.1 – Період стійкості шпонкових фрез за ГОСТ 9140-78

Діаметр фрези, мм	Середній період стійкості T , хв
2	10
3	12
4	13
5	17
6	45
Від 7 до 8 включ.	50
Св. 8 -"- 25 -"-	60
-"- 25 -"- 40 -"-	70

Додаток К.
Значення коефіцієнта k_2

Таблиця К.1 – Значення коефіцієнта k_2

Метод обробки	Компоненти різання	Значення	
		для чавуну та твердих сталей	для в'язких сталей
Свердлення <i>Мкр</i>	<i>Мкр</i>	1,2	1,0
	<i>Ро</i>	1,1	1,0
Зенкерування попе- редне	<i>Мкр</i>	1,3	1,0
	<i>Ро</i>	1,2	1,0
Зенкерування чистове	<i>Мкр</i>	1,2	1,0
	<i>Ро</i>	1,2	1,0
Попереднє точіння і розточування	<i>Pz</i>	1,0	1,0
	<i>Pу</i>	1,2	1,4
	<i>Px</i>	1,25	1,6
Чистове точіння і розточування	<i>Pz</i>	1,05	1,00
	<i>Pу</i>	1,40	1,05
	<i>Px</i>	1,30	1,00
Фрезерування попе- редне і чистове, торцевою та цилін- дричною фрезою	<i>Pz</i>	1,2 - 1,4	1,6 - 1,8
Шліфування	<i>Pz</i>	1,0	1,1 - 1,2
Протягування	<i>Pпр</i>	1,0	1,5