

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичної роботи №3
«Методика розрахунку і проектування гвинтових притискачів»

з дисципліни
«Складально-зварювальне оснащення»

для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка
освітніх програм «Технології та устаткування зварювання» і
«Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій»
усіх форм навчання

2024

Методичні вказівки до виконання практичної роботи №3 «Методика розрахунку і проектування гвинтових притискачів» з дисципліни «Складально-зварювальне оснащення» для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка освітніх програм «Технології та устаткування зварювання» і «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» усіх форм навчання / Укл.: М.Ю. Осіпов, О.Є. Капустян. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 14 с.

Укладачі:

Осіпов М.Ю., канд. техн. наук, доцент
Капустян О.Є., канд. техн. наук, доцент

Рецензент:

Куликовський Р.А., канд. техн. наук, доцент

Редактор:

Аверченко І.П., ст. лаб.

Відповідальний за випуск:

Осіпов М.Ю., канд. техн. наук, доцент

Затверджено

на засіданні кафедри ІТЗ та МК
Протокол №01 від 13.09.2023 р.

Рекомендовано

до видання НМК ІФФ
Протокол №06 від 16.01.2024 р.

ЗМІСТ

1 МЕТА РОБОТИ	4
2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	4
2.1 Конструкції гвинтових притискачів	4
2.2 Розрахунок гвинтових притискачів	5
2.3 Розрахунок гвинта	7
2.4 Розрахунок гайки	9
2.5 Вибір поперечного перерізу корпусу притискача і його розрахунок	10
3 ЗАВДАННЯ НА ПІДГОТОВКУ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ	11
4 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ	12
5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ	12
6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ	12
7 ЗМІСТ ЗВІТУ	13
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	13
Додаток А Вихідні дані для розрахунку гвинтового притискача	14

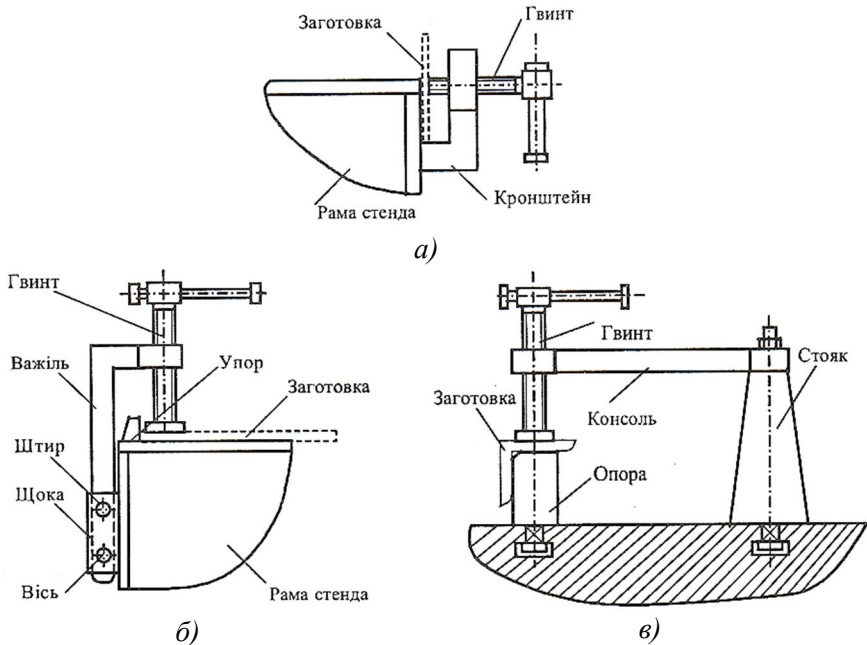
1 МЕТА РОБОТИ

Вивчення устрою, принципу дії та методики проектування і розрахунку гвинтових притискачів.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

2.1 Конструкції гвинтових притискачів

Завдяки своїй універсальності, надійності в експлуатації та простоті конструкції гвинтові притискачі одержали широке використання в різних складально-зварювальних пристроях. Деякі конструкції гвинтових притискачів наведені на рис. 2.1.



а – постійний, *б* – відкидний, *в* – поворотний
Рисунок 2.1 – Гвинтові притискачі [1]

У складально-зварювальних пристроях використовуються постійні, відкидні та поворотні гвинтові притискачі.

Гвинтові притискачі складаються з корпусу, гвинта і гайки. Найчастіше затиск здійснюється обертом гвинта, рідше – обертанням гайки. Гвинтові пристрої широко застосовуються в якості знімних пристосувань для всіх складально-зварювальних робіт.

Гвинтові притискачі завжди є силовими ланками і тому повинні мати достатню міцність і твердість.

У тих випадках, коли важко підрахувати зусилля притиску, розміри гвинтового притиску призначаються за аналогією.

При заданому ж зусиллі затиску повинен бути проведений відповідний розрахунок основних елементів притискача.

Зазвичай підлягають перевірці:

- а) гвинт;
- б) гайка;
- в) корпус,

а в разі стаціонарних притискачів – елементи кріплення притискача до нерухомої рами.

2.2 Розрахунок гвинтових притискачів

У пристроях застосовуються гвинтові пари:

- з метричної різьбою від М8 до М42 (для легких затискачів на малі зусилля);

- з прямокутною різьбою;

- з трапецеїдальною різьбою.

Трапецеїдальна різьба більш міцна, ніж прямокутна і менш складна у виготовленні. Тому вона найбільш споживана.

Сила на рукоятці гвинта P (рис. 2.2), що необхідна для створення сили притиску, розраховується за наступною формулою

$$P = Q \cdot \frac{r_{cp}}{l_p} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho_1), \quad (2.1)$$

де Q – сили притиснення деталі гвинтом, Н;

l_p – довжина рукоятки, м;

$r_{cp} = 0,45 d_3$ – середній радіус різьби, м;

α – кут підйому різьби (2° - 4°); $\operatorname{tg} \alpha = \frac{S}{2\pi r_{cp}}$;

S – крок різьби, м;

ρ_1 – кут тертя в різьбі, град.

Кути тертя для пари гвинт-гайки приймаються наступні:

$\rho_1 = 6^\circ 40'$ – для метричної різьби при $\beta = 30^\circ$ (β – половина кута при вершині профілю метричної різьби);

$\rho_1 = 6^\circ 00'$ – для упорної різьби при $\beta = 15^\circ$;

$\rho_1 = 5^\circ 43'$ – для прямокутної різьби при $\beta = 0^\circ$.

Діаметр рукоятки гвинта d_o розраховується за формулою

$$d_o = \sqrt[3]{\frac{Pl_p}{0,1[\sigma]_p}}$$

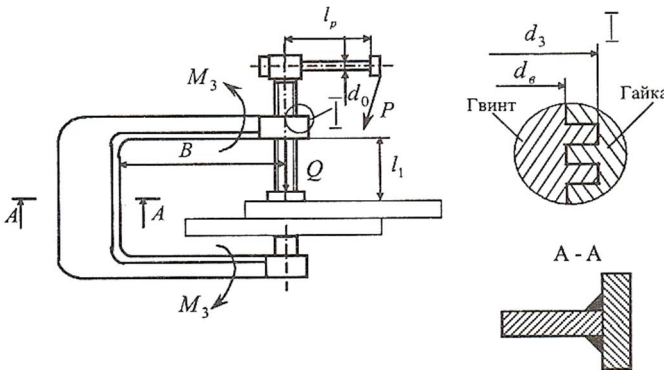


Рисунок 2.2 – Розрахункова схема гвинтового притискача [1]

При розрахунку сили, що розвивається гвинтовим притискачем, необхідно врахувати додаткові витрати на тертя в місці контакту гвинта з заготовкою. Умову рівноваги гвинта можна записати в наступному вигляді

$$P \cdot l_p = Q \cdot r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho_1) + M_{тр.}, \quad (2.2)$$

де $M_{тр}$ – момент тертя на опорному торці гвинта, Н·м.

Величина моменту тертя залежить від конструкції п'яти гвинта [2].

Для гвинтів зі сферичною п'ятою (рис. 2.3, а) гвинт з заготовкою

контактує в точці, і тому

$$M_{\text{тр.}} \cong 0. \quad (2.3)$$

Для гвинтів з кільцевою п'ятою (рис. 2.3, б)

$$M_{\text{тр.}} = \frac{1}{3} Qf \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}. \quad (2.4)$$

Для гвинтів з плоскою п'ятою (рис. 2.3, в)

$$M_{\text{тр.}} = \frac{1}{3} QfD. \quad (2.5)$$

Для гвинтів з нерухомим башмаком (рис. 2.3, г)

$$M_{\text{тр.}} = Qf \frac{D}{2} ctg \frac{\beta}{2}, \quad (2.6)$$

де $f = 0,15$ – коефіцієнт тертя п'яти гвинта по поверхні заготовки.

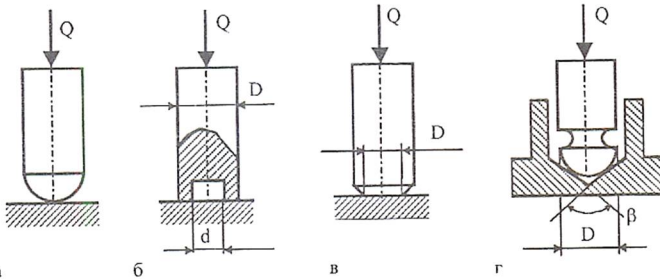


Рисунок 2.3 – Види контакту гвинта з опорною поверхнею [1]

Для зберігання поверхні деталі, що затискається і збільшення площі дотику кінці гвинтів забезпечуються нерухомим башмаком.

Конструкція башмака залежить від форми деталі, яка затискається і вимог, що пред'являються до об'єднання в пару.

При обертанні гвинта червик не обертається і самовстановлюється по поверхні, що затискається завдяки кульовій опорі.

2.3 Розрахунок гвинта

У більшості випадків гвинти притискачів відчувають деформацію стиску і кручення. Торець гвинта та нарізка гайки і гвинта повинні перевірятися на питомий тиск.

Найменший внутрішній діаметр гвинта визначається за формулою (рис. 2.2):

$$d_B = C \sqrt{\frac{Q}{[\sigma]_p}},$$

де $C = 1,4$ – коефіцієнт для основної метричної різьби;

Q – сила закріплення заготовки, Н;

$[\sigma]_p$ – допустимі напруження розтягу, МПа.

Отриманий діаметр гвинта округляється до найближчого більшого по ДСТУ (ГОСТ).

Гвинти рекомендується виготовляти зі сталі 45 для якої $[\sigma]_p = 80-100$ МПа з урахуванням зносу різьби. Твердість опорних п'ят повинна складати 33-38 HRC.

Якщо вільна довжина гвинта $l_1 > 10d_B$, то гвинт підлягає перевірці на поздовжній вигин

$$\sigma_z = \frac{4Q}{\pi d_B^2 \varphi_0} \leq [\sigma]_p,$$

де φ_0 – коефіцієнт зменшення основного допустимого напруження на стиск. Для сталі 45 обирається за табл. 2.1 в залежності від $-\frac{l}{r_0}$.

l – розрахункова довжина при поздовжньому згині, що дорівнює $0,5l_1$, при жорсткому закріпленні кінця гвинта;

r_0 – радіус інерції дорівнює $\sqrt{\frac{I_{min}}{F}}$;

I_{min} – мінімальний момент інерції приблизно дорівнює $0,05 d_B^4$;

F – площа перетину за внутрішнім діаметром.

Таблиця 2.1 – Співвідношення $\frac{l}{r_0}$ і φ_0

$\frac{l}{r_0}$	φ_0	$\frac{l}{r_0}$	φ_0	$\frac{l}{r_0}$	φ_0
20	0,96	80	0,75	150	0,32
30	0,94	90	0,69	160	0,29
40	0,926	100	0,60	170	0,26
50	0,89	110	0,52	180	0,23
60	0,86	120	0,45	190	0,21
70	0,81	130	0,40	200	0,19
		140	0,36		

Гвинт повинен перевірятися по повним напруженням від стиску σ_z і кручення τ :

$$\sigma_z = \frac{1,4Q}{d_B^2};$$

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_o} \quad \text{або} \quad \tau = \frac{M_{кр}}{0,2d_B^3};$$

$$M_{кр} = M_1 + M_2;$$

$$M_1 = Q \cdot r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho_1),$$

де $M_{кр}$ – максимальний крутний момент на гвинті, визначається за формулою (2.2);

M_1 – момент від сил тертя на різьбі;

M_2 – момент від сил тертя на опорній поверхні гвинта і залежить від виду контакту гвинта з опорною поверхнею (рис. 2.3);

W_o – полярний момент опору поперечного перерізу гвинта.

Повне напруження в гвинті:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_z^2 + 4\tau^2}, \quad \text{якщо } \sigma_z \geq \tau,$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma_z^2 + 3\tau^2}, \quad \text{якщо } \sigma_z \leq \tau.$$

Повне напруження σ не повинне перевищувати допустиме напруження $[\sigma]_p$.

У всіх зварювальних пристосуваннях гвинтові притиски повинні бути самогальмівними. Умова самогальмування: $\alpha < \rho_1$.

2.4 Розрахунок гайки

Кількість витків різьби в гайці визначається зі співвідношення:

$$n = \frac{Q}{\frac{\pi}{4}(d_3^2 - d_2^2)p_0},$$

де d_3 і d_b – зовнішній і внутрішній діаметри різьби;

p_0 – питомий тиск на поверхні ниток різьблення, прийняте для сталевго гвинта і чавунної гайки 5-6 МПа, і для сталевго гайки – 9-13 МПа.

Висота гайки:

$$H = \frac{nS}{m},$$

де S – крок гвинта;

m – число заходів. Для самогальмівної різьби $m = 1$.

2.5 Вибір поперечного перерізу корпусу притискача і його розрахунок

Корпус гвинта (рис. 2.2) працює на розтяг та на згин. Тому поперечний переріз корпусу попередньо визначаємо з умови міцності на згинання з наступним урахуванням осьової сили розтягу.

Умова міцності корпусу гвинта при згинанні

$$\sigma_3 = \frac{M_3}{W_x} = \frac{QB}{W_x} \leq [\sigma]_p.$$

Необхідний момент опору поперечного перерізу корпусу гвинта

$$W_x = \frac{QB}{[\sigma]_p}.$$

Задаючись параметрами поперечного перерізу a , b , δ_1 , δ_2 , конструюють корпус і визначають дійсний момент опору (рис. 2.4)

$$W_k = \frac{I_x}{H_1 - Z_0}.$$

Положення центра ваги поперечного перерізу

$$Z_0 = \frac{(\delta_1 b) \frac{\delta_1}{2} + a \delta_2 \left(\delta_1 + \frac{a}{2} \right)}{\delta_1 b + \delta_2 a}.$$

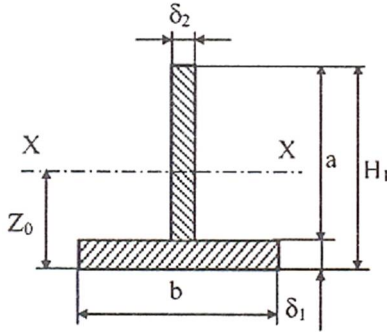


Рисунок 2.4 – Схема розрахунку поперечного перерізу корпуса гвинтового притискача

Момент інерції поперечного перерізу

$$I_x = \frac{b\delta_1^3}{12} + b\delta_1 \left(Z_0 - \frac{\delta_1}{2} \right)^2 + \frac{\delta_2 a^3}{12} + \delta_2 a \left(\delta_1 + \frac{a}{2} - Z_0 \right)^2.$$

Після визначення розмірів поперечного перерізу виконується остаточна перевірка на міцність корпуса притискача за формулою

$$\sigma_3 = \frac{QB}{W_k} + \frac{Q}{F} \leq [\sigma]_p$$

3 ЗАВДАННЯ НА ПІДГОТОВКУ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

Перед тим, як приступати до виконання практичної роботи студент зобов'язаний вивчити дані методичні вказівки, ознайомитися з конструкціями та методикою розрахунку гвинтових притискачів [1 (§7.3); 2)], вивчити інструкцію по техніці безпеки, відповісти на контрольні запитання викладача та отримати у нього дозвіл на виконання роботи.

4 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Які існують різновиди гвинтових притискачів?
2. Які переваги і недоліки гвинтових притискачів?
3. Які типи різьб застосовуються в гвинтових притискачах?
4. Які можуть бути види контакту наконечника гвинта з поверхнею деталей? Як при цьому змінюється момент тертя?
5. Які елементи гвинтового притискача підлягають розрахунку?
6. По яким напруження перевіряються гвинтова пара?

5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. До практичної роботи допускаються студенти після інструктажу з охорони праці та пожежної безпеки.
2. У випадку виявлення неполадок обладнання студент повинен негайно повідомити викладача або завідуючого лабораторією.
3. У випадку виникнення пожежі або ураження електричним струмом студенти повинні діяти у відповідності із затвердженими інструкціями з охорони праці та пожежної безпеки.

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

1. Ознайомитися з устроєм і методикою розрахунку та проектування гвинтових притискачів.
2. Виконати розрахунок гвинтового притискача з використанням для цього даних, наведених в додатку А.
4. Оформити звіт.

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Мета роботи.
2. Стислий опис конструкцій гвинтових притискачів.
3. Силкові розрахунки гвинтового притискача з ілюстраціями.
4. Креслення гвинтового притискача.
5. Висновки про виконану роботу.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві / 2-е видання, переробл. та доповн.: Навч. посібник / А.С. Карпенко. – К.: Арістей, 2006. – 272 с.
2. Чертов І.М. Зварні конструкції: Підручник. – К.: Арістей, 2006. – 376 с.

Додаток А

Вихідні дані для розрахунку гвинтового притискача

№ вар	Тип різьби*	Сила на рукоятці гвинта, P , Н	Довжина рукоятки, l_p , м	Вид контакту гвинта з поверхнею (рис. 2.3)	Вільна довжина гвинта, l_1 , м	Розмір B (рис. 2.2), м
1	M16×2	600	0,30	а)	0,20	0,25
2	M24×3	700	0,30	б)	0,25	0,28
3	S28×5	750	0,35	в)	0,30	0,30
4	Tr20×4	750	0,38	в)	0,25	0,30
5	M30×3,5	800	0,35	б)	0,35	0,32
6	S40×7	850	0,35	а)	0,45	0,35
7	M36×4	800	0,33	в)	0,40	0,33
8	Tr24×5	750	0,30	в)	0,30	0,30
9	S52×8	900	0,35	г)	0,55	0,40
10	M42×4,5	850	0,33	а)	0,45	0,35
11	Tr30×5	1000	0,35	в)	0,40	0,35
12	M48×5	1000	0,38	а)	0,50	0,40
13	Tr36×6	1200	0,40	г)	0,45	0,40
14	S70×10	1400	0,40	в)	0,75	0,50
15	M20×2,5	650	0,28	а)	0,30	0,33

* - М – метрична, S – упорна, Tr – трапецеїдальна