

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ І УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему «**Обґрунтування параметрів пружинного притискача для кріплення деталей під час зварювання**»

Виконав: студент VI курсу групи Маш-62

Спеціальності 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

Богдан ЛАБА
(Ім'я та прізвище)

Керівник: к.т.н., доцент Олексій ШВЕЦЬ
(Ім'я та прізвище)

Дубляни 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ І УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

Рівень вищої освіти– другий магістерський
Спеціальність 133 - Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
Машинобудування
(назва кафедри)

(підпис)

професор Віталій ВЛАСОВЕЦЬ
(прізвище та ініціали)

“ _____ ” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу студенту

Лабі Богдану Степановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Обґрунтування параметрів пружинного притискача для кріплення деталей під час зварювання»

Керівник роботи _____ к.т.н., доцент Швець Олексій Петрович _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЛНУП від 28 квітня 2023 року №133/к-с

2. Строк подання студентом роботи до “ _____ ” _____ 20__ року

3. Вихідні дані до работ: довідкова література, технічні характеристики установок для автоматичного зварювання, каталоги зварювального обладнання, методики розробки технологічних процесів, типові технологічні процеси зварювання, методики розрахунку режимів зварювання, інструкції з охорони праці, технічні характеристики зварювальних апаратів та додаткової оснастки.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

4.1. Стан питання та задачі досліджень; 4.2. Теоретичні передумови розробки та конструювання складально-притискних пристроїв; 4.3. Проектування пружинного притискного пристрою; 4.4. Охорона праці; 4.5. Техніко-економічні показники проекту.

5. Перелік графічного матеріалу:

Графічні матеріали до роботи виконати у вигляді презентації в середовищі PowerPoint обсягом 10-12 листів.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		Завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 5	Швець О.П. доц. каф. машинобудування			
4	Городецький І.М. доц. каф. УПБВ			

7. Дата видачі завдання “ ____ ” _____ 20__ року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1	Стан питання та задачі досліджень	02.06.23	
2	Теоретичні передумови розробки та конструювання складально-притискних пристроїв	25.08.23	
3	Проектування пружинного притискного пристрою	29.09.23	
4	Охорона праці	27.10.23	
5	Техніко-економічні показники проекту	24.11.23	
6	Оформлення пояснювальної записки	29.12.23	
7	Оформлення графічної частини	19.01.24	

Студент _____ Лаба Б.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Швець О.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Лаба Б.С. «Обґрунтування параметрів пружинного притискача для кріплення деталей під час зварювання». /Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024. 77 с.

Проведено аналіз технологічної складально-зварювальної оснастки. Розглянуто класифікацію притискних пристроїв та основні вимоги до них. Розроблено задачі на проектування.

Розглянуто теоретичні передумови розробки та конструювання складально-притискних пристроїв, виконано теоретичний аналіз силової дії притискних пристроїв та параметри, які визначають взаємодію притискних пристроїв зі зварюваними заготовками та іншим технологічним обладнанням.

Розраховано зусилля, які виникатимуть під дією теплових деформацій під час зварювання металоконструкцій стиковими, кутовими, тавровими та напусковими швами. Отримано вихідні дані для проектування пружинного притискного пристрою. Запропоновано конструкцію та обґрунтовано параметри пружинного притискного пристрою, розраховано та підібрано пружину стиску до нього.

Розглянуто питання охорони праці під час виконання операцій зварювання.

Визначено собівартість виготовлення одиниці та комплекту пружинних притискних пристроїв для кріплення деталей під час електродугового зварювання.

Табл. 6; рис. 33; бібліогр. джерел 26.

ЗМІСТ

	ВСТУП	7
1	СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ	8
1.1	Суть та класифікація процесів зварювання	8
1.2	Технологічне оснащення зварювального виробництва	9
1.3	Класифікація складально-зварювальної оснастки	11
1.4	Призначення та особливості застосування складально-зварювальної оснастки	13
1.5	Аналіз конструкцій затискних пристроїв для зварювального виробництва	15
1.5.1	Основні вимоги до затискних пристроїв та їх застосування	15
1.5.2	Гвинтові затискні пристрої	17
1.5.3	Ексцентрикові затискні пристрої	20
1.5.4	Клинові затискні пристрої	22
1.5.5	Важільні затискні пристрої	24
	Висновки за розділом	24
2	ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ РОЗРОБКИ ТА КОНСТРУЮВАННЯ СКЛАДАЛЬНО-ПРИТИСКНИХ ПРИСТРОЇВ	25
2.1	Вимоги до конструкцій корпусних деталей складально-притискних пристроїв	25
2.2	Види та обґрунтування вибору установчих елементів допоміжних складально-прижимних пристроїв	27
2.3	Вимоги до затискних механізмів складально-притискних пристроїв	31
2.4	Теоретичний аналіз силової дії складально-притискних пристроїв	33
2.4.1	Силова дія притискних пристроїв стендів для листових конструкцій	33
2.4.2	Силова дія притискних пристроїв стендів та кондукторів для балкових конструкцій	35
2.4.3	Визначення зусиль притискання вузлів до рам поворотних пристроїв	38
2.4.4	Визначення зусиль притискання різних деталей у решіткових, рамних та інших конструкціях	38
	Висновки за розділом	39
3	ПРОЕКТУВАННЯ ПРУЖИННОГО ПРИТИСКНОГО ПРИСТРОЮ	40
3.1	Формування технічного завдання на проектування складально-	

	зварювальної оснастки	40
3.2	Порядок проектування складально-зварювальної оснастки	40
3.3	Розрахунок сил для закріплення заготовок	41
3.3.1	Визначення необхідного зусилля притискання під час складання та зварювання листових конструкцій для випадку утворення місцевих випуклостей	43
3.3.2	Визначення зусилля притискання для складання та зварювання листів встик у випадку утворення кутових деформацій	45
3.3.3	Розрахунок зусиль притискання для зварювання балок	47
3.3.4	Визначення значення рівномірно розподіленого зусилля притискання таврової балки при зварюванні поясних швів	49
3.3.5	Визначення величини зусилля притискання таврової балки зосередженими силами при зварюванні поясних швів	51
3.3.6	Визначення необхідного зусилля притискання при виникненні розпірних та стягуючих сил	53
3.4	Обґрунтування параметрів притискача	56
3.5	Розрахунок пружини притискача	58
	Висновки за розділом	62
4	ОХОРОНА ПРАЦІ	64
4.1	Аналіз вимог з охорони праці під час виконання робіт на металообробних верстатах	64
4.2	Моделювання процесу формування і виникнення травмонебезпечної ситуації під час роботи металоріжучому верстаті	67
	Висновки за розділом	69
5	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТУ	71
	Висновки за розділом	73
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	74
	БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	75

ВСТУП

Інтенсифікація виробництва в машинобудуванні пов'язана з модернізацією засобів виробництва на базі застосування новітніх досягнень науки і техніки. Технічне переозброєння, підготовка виробництва нових видів продукції машинобудування й модернізація засобів виробництва неодмінно охоплюють процеси проектування засобів технологічного оснащення та їхнього виготовлення.

Технологічна оснастка є однією з основних складових технологічного оснащення. Призначення технологічної оснастки – забезпечувати, змінювати й розширювати технологічні можливості обладнання. У діючому виробництві потрібне постійне оновлення технологічного оснащення, а при зміні номенклатури виробів або вимог до їхнього виготовлення для заданого складу обладнання нові виробничі умови забезпечуються завдяки повній або частковій її заміні.

До складу технологічної оснастки входить сукупність робочого, вимірювального інструменту й пристосувань, що використовуються для базування, закріплення та контролю оброблюваних деталей на різному технологічному обладнанні: металообробних верстатах, пресах, вимірювальних машинах та ін. Залежно від призначення технологічного обладнання розрізняється і його оснастка.

Механізація та автоматизація процесу закріплення заготовок поряд зі зростанням продуктивності обробки забезпечує: підвищення точності завдяки стабільності сили закріплення, зниження похибки закріплення; скорочення частки ручної праці; зниження фізичного навантаження робітників; можливість багатостанкового обслуговування, оскільки робітник звільняється від необхідності тривалої присутності біля одного верстата; регламентацію циклу обробки, що є передумовою для автоматизації процесу загалом.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Суть та класифікація процесів зварювання

Процес зварювання є одним із основних технологічних процесів, які використовуються для утворення нерознімних з'єднань у машинобудуванні, будівництві та інших галузях промисловості.

Зварювання –це процес отримання нероз'ємного з'єднання двох або більше деталей з твердих металів або їх сплавів шляхом їхнього місцевого сплавлення або спільної деформації з нагрівом або без нього, з отриманням міцних міжатомних зв'язків, за рахунок змішування основного і присадкового матеріалу [5].

Усі види зварювання сучасна наука поділяє на дві основні групи: зварювання плавленням та зварювання тиском.

Під час зварювання плавленням кромки зварюваних деталей та присадковий матеріал розплавляються теплом електричної зварювальної дуги або газовим полум'ям. В результаті в місці зварювання утворюється зварювальна ванна. Після кристалізації металу зварювальної ванни утворюється зварний шов, до складу якого входить основний метал деталей, а також, за потреби, присадковий матеріал.

При зварюванні тиском для утворення міжатомного зв'язку між кромками зварюваних деталей використовується спільна направлена пластична деформація цих металів.

Залежно від форми енергії, яка використовується для утворення зварного з'єднання, снує три основних класи зварювальних процесів: термічний, термомеханічний і механічний.

До термічного класу відносяться види зварювальних процесів плавленням з використанням теплової енергії, а саме: дугове, електрошлакове, електронно-променеве, плазово-променеве, тліючим розрядом, світлове, індукційне, газове, термітне та ливарне.

До термомеханічного класу відносяться види зварювання, які базуються на використанні теплової енергії та тиску, а саме: контактне, дифузійне, індукційно-пресове, газопресове, дугово-пресове, шлакопресове, термітно-пресове, пічне та ін. способи зварювання.

До механічного класу відносяться види зварювання, під час яких використовують механічну енергію та тиск, а саме: холодне зварювання, зварювання вибухом, ультразвукове зварювання, зварювання тертям та магнітоімпульсьnezварювання.

До технічних ознак процесів зварювання належать: спосіб захисту металу в зоні зварювання, безперервність процесу та ступінь його механізації [6].

За способом захисту металу зварювальної ванни розрізняють зварювання у повітрі, вакуумі, захисних газах, під флюсом, в піні та з комбінованим захистом.

За тривалістю процесу зварювання можуть бути переривчасті та безперервні.

За ступенем механізації технологічні процеси зварювання поділяються на: ручні, механізовані, автоматизовані та автоматичні.

1.2 Технологічне оснащення зварювального виробництва

Технологічний процес виробництва зварних конструкцій повинен забезпечувати можливість скорочення термінів його освоєння та зниження виробничих витрат при одночасному досягненні високої продуктивності, якості та надійності виробів, які випускаються.

Успішне вирішення цієї проблеми значною мірою визначається оснащеністю зварювального виробництва, причому вибір варіанта оснащення в кожному конкретному випадку повинен враховувати не тільки технічну можливість виконання запроектованих операцій з дотриманням вимог, але і техніко-економічну оптимальність.

Засоби технічного оснащення технологічних процесів зазвичай поділяють дві групи. До першої групи належать технічні засоби, які забезпечують

загальну можливість виконання технологічних операцій заданими методами обробки (штампування, зварювання, механічна обробка тощо). Ця група технічних засобів отримала назву основного технологічного обладнання. До неї належать дугові зварювальні автомати, джерела живлення дуги, зварювальні машини тощо. До другої групи відносяться технічні засоби оснащення, покликані полегшити виготовлення або створити сприятливі умови для виконання технологічних операцій з використанням основного технологічного обладнання стосовно конкретних особливостей виробів. Подібні засоби оснащення називають технологічною оснасткою [9].

Зварювальне обладнання випускається спеціалізованими підприємствами. У більшості випадків воно має великий ступінь універсальності і призначене для здійснення безпосередньо самого зварювального процесу без конкретизації щодо того чи іншого виробу. Однак, виходячи з конструктивно-технологічних особливостей конструкцій, що виготовляються на виробництві, для виконання з'єднань тієї чи іншої форми потрібно закріплення виробу в певних положеннях, переміщення або повертання їх в процесі зварювання. Відбувається це за рахунок застосування технологічної оснастки, тобто пристосуванням для закріплення і переміщення зварних конструкцій. Такі пристрої дозволяють не тільки полегшити виконання з'єднань, але й зменшити деформації, підвищити продуктивність, забезпечити безпечні умови роботи. Нарешті, як правило, зварювання нерозривно пов'язане з проведенням складання з'єднаних деталей, тому необхідні пристрої для складальних робіт, які забезпечують виконання заданих технічних умов, що пред'являються з метою підвищення якості виготовлення зварних з'єднань та досягнення проектних параметрів конструкції. Весь зазначений комплекс технічних пристроїв розглядається як складально-зварювальна оснастка або пристосування. Застосування складально-зварювальної оснастки багато в чому обумовлено як отримання високоякісних виробів, так і досягненням високих виробничих показників, тому правильність вибору та розробка складально-зварювальної оснастки є важливими елементами технологічної підготовки зварювального виробництва загалом.

У загальному балансі засобів виробництва спеціальна технологічна оснастка займає найважливіше місце і розташовується вслідза технологічним обладнанням. Але якщо парк обладнання зі зміною конструкції виробу під час технологічної підготовки змінюється незначно, то технологічне оснащення зазвичай піддається радикальним змінам, навіть повній заміні, тому витрати на його створення становлять найважливішу частину витрат із технологічної підготовки. Так, в авіаційній промисловості трудомісткість проектування та виготовлення технологічного оснащення досягає 60 ... 80% від загальної трудомісткості технологічної підготовки серійного виробництва, а часу виготовлення - до 90% всього циклу підготовки. Тому зниження трудомісткості та строків створення оснастки є одним із основних способів скорочення витрат на підготовку виробництва. Значний ефект дає нормалізація оснастки, заснована на використанні уніфікованих та стандартних деталей та вузлів [9, 19, 22].

1.3 Класифікація складально-зварювальної оснастки

Складально-зварювальна оснастка в загальному оснащенні технологічних процесів сучасного зварювального виробництва, як правило, займає чільне місце. Її характер визначається багатьма факторами, в першу чергу конструктивно-технологічними особливостями конструкцій, що виготовляються. З іншого боку, ступінь оснащеності технологічних процесів у значній мірі залежить від виду виробництва. Найбільш оснащені технологічні процеси при масовому і крупносерійному виробництві і менше - при одиничному та дрібносерійному. Це пояснюється переважно економічними міркуваннями. Номенклатура застосовуваного складально-зварювального оснащення виключно широка і різноманітна, проте за низкою ознак вона може бути класифіковано за групами, що різняться за своїми конструктивними особливостями та технологічними можливостями.

За функціональним призначенням та завданнями, яке виконуються в технологічному процесі, складально-зварювальна оснастка поділяється на складальні, зварювальні та складально-зварювальні пристосування [9].

Складальні пристрої призначені для здійснення складання конструкцій, що виготовляються зварюванням, з окремих деталей або вузлів із забезпеченням необхідних технічних умов щодо закріплення їх за допомогою прихваток або знімних фіксаторів.

Зварювальні пристосування забезпечують виконання безпосередньо зварювальних операцій при отриманні зварних з'єднань того чи іншого виду. У такі пристрої конструкції встановлюються в зібраному, попередньо закріпленому стані. У цьому випадку у технологічному процесі необхідним є застосування складальних та зварювальних пристроїв.

У складально-зварювальних пристроях може проводитися збирання та зварювання конструкції з однієї установки. При цьому в більшості випадків вдається виключити необхідність застосування прихваток.

Залежно від виду виробництва, ступеня та широти застосування пристосування поділяють на універсальні, спеціалізовані та спеціальні.

Універсальні пристрої можуть бути використані для виконання операцій, відповідно до їх функціональному призначенню, стосовно широкого кола оброблюваних конструкцій, що відрізняються за своїми конструктивно-технологічних характеристик. З підвищенням ступеня спеціалізації пристосувань широта застосування їх різко зменшується.

Так, спеціалізовані пристрої використовуються для обробки лише певної групи однотипних виробів, що мають спільність конструктивно-технологічних ознак та різняться за типорозмірами. Ще в більшій мірі обмежується область використання спеціальних пристроїв, призначених для обробки лише певного виду виробів. Однак зі збільшенням спеціалізації пристосувань, як правило, зростають їх точність і пропродуктивність, тому такі пристосування зазвичай використовуються при оснащенні великопрограмних видів виробництва.

Залежно від характеру роботи та способу приведення в дію пристосування поділяють на ручні, механізовані та автоматизовані (або автоматичні). Ручні пристосування для роботи вимагають витрат ручної праці та приводяться в дію з допомогою зусиль працівника.

Механізовані пристосування приводяться в дію за рахунок використання якогось виду енергії (стисненого повітря, рідини, електричної енергії). Автоматичними вважаються пристрої, в котрих не тільки приведення в дію, а й управління відбувається за рахунок якого-небудь виду енергії окрім зусиль працівника. У цьому випадку витрати праці людини необхідні лише налаштування та запуск у роботу.

Пристрої можуть бути швидкодіючими з мінімальними витратами допоміжного часу, одно- та багатопозиційними. Залежно від габаритів та ваги виробів пристрої можуть бути переносними або стаціонарними, а також нерухомими, рухомими або поворотними в процесі роботи.

1.4 Призначення та особливості застосування складально-зварювальної оснастки

Використання складально-зварювального оснащення в технологічному процесі виготовлення зварних конструкцій передбачає розв'язання цілого ряду завдань. Основні з них – забезпечення умов якісного виконання зварних з'єднань та виготовлення конструкцій із заданими технічними параметрами та взаємозамінністю, спрощення технології складання та зварювання, зниження трудомісткості та підвищення продуктивності складально-зварювальних робіт, запобігання або зменшення зварювальних деформацій.

Використання складально-зварювальної оснастки дозволяє розширювати технологічні можливості зварювального обладнання, забезпечувати умови стабілізації якості виконуваних робіт та є необхідною умовою підвищення загального рівня механізації та автоматизації зварювального виробництва. Складально-зварювальні пристрої можуть входити до складу зварювальних установок, вбудовуватися в потокові механізовані та автоматизовані лінії, причому за рахунок технологічного оснащення відкривається можливість механізувати та автоматизувати як основних, так і допоміжні операції технологічних процесів. З іншого боку, використання складально-зварювальної оснастки передбачає вирішення питань

соціального характеру в зварювальному виробництві. Застосування досконалих пристосувань дозволяє виключити або різко зменшити необхідність використання важкої або малопродуктивної праці, більшою мірою забезпечити умови безпеки для робітників. Таким чином, широке застосування складально-зварювальної оснастки є важливим фактором науково-технічного прогресу зварювального виробництва, що дозволяє комплексно вирішувати не тільки складні техніко-економічні питання, а й питання соціально-суспільного значення.

Аналізуючи характер складально-зварювальної оснастки, необхідно зазначити, що вона має ряд особливостей, які відрізняють її від оснастки, яка зазвичай застосовується при інших технологічних процесах, пов'язаних з обробкою та виготовленням конструкцій у машинобудуванні. Так, у пристроях для механічної обробки зазвичай закріплюють окремі оброблювані деталі або вузли декількох деталей, попередньо з'єднаних між собою. Вироби для зварювання збирають, зазвичай, зі значної кількості різних деталей, встановлення яких у пристосуваннях ведеться послідовно, а фіксування та закріплення їх частіше за все здійснюється незалежно одно від одного.

У пристосуваннях для механічної обробки кріплення деталей має забезпечувати їхню повну нерухомість у процесі обробки. У зварювальному пристрої вільне переміщення окремих зварюваних деталей за рахунок зміни їх розмірів в процесі нагрівання і охолодження при зварюванні часто є необхідним. У зв'язку з цим у них часто застосовують комбіноване складання деталей, яке передбачає жорстке фіксування одних деталей у поєднанні з вільною установкою інших, які забезпечують можливість зміни їх розміру при нагріванні і охолодженні [17 - 19].

Зварювальні пристрої на відміну від пристроїв для механічної обробки, як правило, не відчувають у роботі будь-яких значних впливів від процесу обробки (зварки) окрім дії маси самого встановленого виробу. З іншого боку, вони часто схильні до впливу високих температур під час простановки прихваток чи зварюванні. У зв'язку з цим у таких пристроях необхідно передбачати заходи для зменшення деформування конструкцій, що розвивається внаслідок

температурних впливів, тому в кожному конкретному випадку необхідно ретельно аналізувати умови виконання складально-зварювальних операцій, виявляти особливості їх взаємозв'язку з пристроями і обов'язково враховувати при виборі такої оснастки.

1.5 Аналіз конструкцій затискних пристроїв для зварювального виробництва

1.5.1 Основні вимоги до затискних пристроїв та їх застосування

Основне призначення затискних пристроїв пристосувань – забезпечення завдяки силі закріплення надійного контакту заготовки з установними елементами для попередження її зсуву та вібрацій у процесі обробки.

Затискні пристрої використовуються також для забезпечення правильного установлення й центрування заготовки.

Затискні пристрої мають відповідати таким вимогам:

- надійність у роботі й зручність в обслуговуванні;
- відсутність деформації закріплюваних заготовок та ушкодження їхніх поверхонь;
- мінімальні витрати сил і часу на закріплення і відкріплення заготовок;
- рівномірність закріплення заготовок (особливо в багатомісних пристосуваннях);
- відсутність зрушення заготовки під час закріплення;
- забезпечення постійності сил закріплення за необхідності підвищення режимів різання обробки.

Ефективність дії затискних пристроїв, певною мірою, залежить від напрямку й місця прикладання сили закріплення.

Під час вибору напрямку прикладання сили закріплення необхідно враховувати такі правила:

1. Сила закріплення має бути направлена перпендикулярно до площини установних елементів, щоб забезпечити надійний контакт з опорами базових поверхонь і унеможливити зрушення заготовки під час закріплення.

2. При базуванні заготовки по декількох базових плоских поверхнях сила закріплення має бути направлена до того установного елемента, з яким заготовка має найбільшу площу контакту.

3. Напрями сили закріплення й сили тяжіння заготовки, по можливості, мають співпадати (це полегшить роботу пристосування).

4. Напрямок сили закріплення, по можливості, має співпадати з напрямом сили обробки.

На практиці рідко можна вибрати напрям сили закріплення, що задовольнятиме всі наведені правила. Тому після аналізу всіх варіантів ухвалюють найприйнятніше рішення. При цьому можливе введення в силову схему закріплення допоміжних установних елементів, які сприятимуть зменшенню сил закріплення та зміні їхнього напрямку.

Під час вибору місця прикладання сил закріплення варто дотримуватися таких правил:

1. Сила закріплення не має призводити до перекидання заготовки або її зрушення.

2. Дія сил закріплення й зумовлених ними реакцій опор не має створювати згинаючих моментів, що знижують точність обробки нежорстких заготовок.

3. Точка прикладання сили закріплення має бути ближче до місця обробки, особливо для нежорстких заготовок.

Затискні пристрої можна не застосовувати у двох випадках: під час оброблення важких стійких заготовок, коли сили, що діють на заготовку, значно менші, ніж її вага; коли сили різання діють так, що не можуть порушити положення заготовки.

Затискні пристрої мають графічне позначення, що використовуються для розроблення схем установлення. На рис. 1.1 наведено графічні позначення затискачів затискних пристроїв.

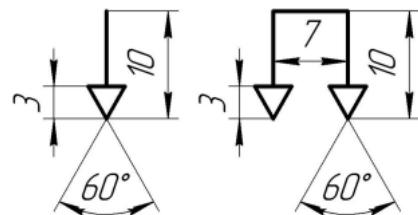


Рисунок 1.1 - Графічне позначення затискачів: одиничний та подвійний

Залежно від типу затискача й силового вузла затискні пристрої можна класифікувати за ступенем механізації на ручні, механізовані й автоматизовані.

Ручні затискні механізми потребують застосування м'язової енергії робітника під час закріплення й відкріплення заготовки. Механізовані працюють від приводу й використовують різні силові вузли: гідравлічні, пневматичні, електричні. Автоматизовані затискні пристрої приводяться в рух робочими органами верстата без участі робітника.

Затискні пристрої поділяють на прості та комбіновані, що складаються з кількох простих механізмів. До простих належать гвинтові, ексцентрикові, клинові, важільні, центрувальні тощо.

1.5.2 Гвинтові затискні пристрої

Гвинтові затискні пристрої (затискачі) застосовують у пристосуваннях з ручним закріпленням заготовок механізованого типу, а також у пристосуваннях-супутниках на автоматичних лініях.

Переваги гвинтових затискних пристроїв [19]:

- простота й компактність конструкції, широке використання стандартизованих деталей;
- зручність у налагодженні, що дозволяє успішно їх застосовувати в конструкціях прогресивних переналагоджуваних пристосувань;
- висока ремонтоздатність;
- можливість одержувати значну силу закріплення заготовок, при порівняно невеликому моменті на приводі, та здатність до самогальмування;
- великий хід натискного гвинта (гайки), що дозволяє надійно закріплювати заготовки зі значними відхиленнями розмірів.

Недоліки гвинтових затискних пристроїв:

- зосереджений характер сил закріплення, що обмежує їхнє застосування для установлення тонкостінних і термічно необроблених заготовок;
- порівняно великий (0,04–0,07 хв) час закріплення силами м'язів;

- нестабільність сил закріплення силами м'язів, що знижує точність обробки.

Найбільш проста конструкція гвинтових затискачів із закріпленням гайкою (рис. 1.2), які бувають з розрізною шайбою (рис. 1.2,а) або відкидною розрізною планкою (рис. 1.2,б). Після ослаблення гайки 1 шайба (планка) 2 зсовується і заготовка 3 знімається через гайку.

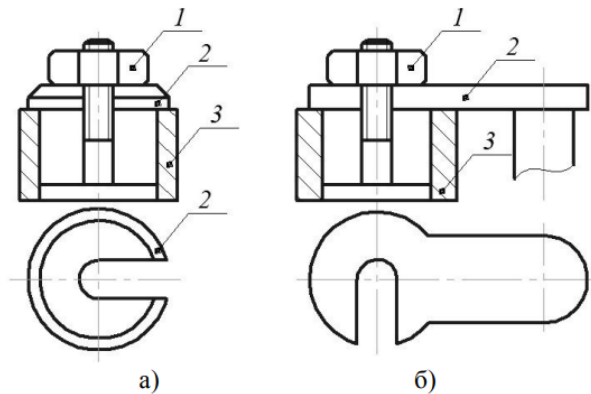


Рисунок 1.2 – Гвинтові затискачі із закріпленням гайкою

Також гвинтові затискачі виконуються у вигляді окремого затискного гвинта, що приводиться в рух рукояткою або ключем (рис. 1.3).

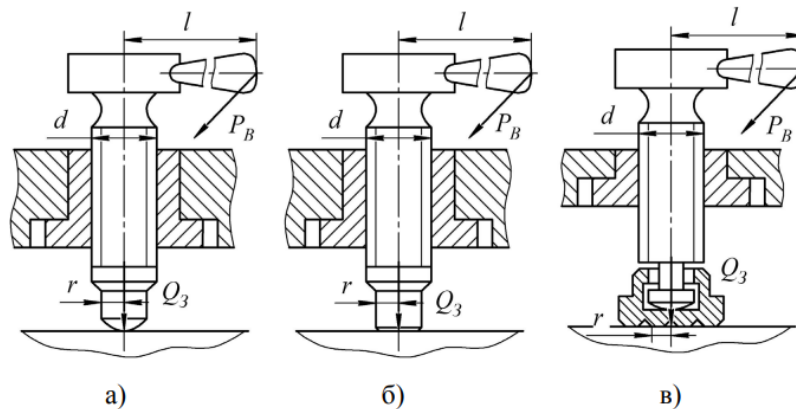


Рисунок 1.3 – Гвинтові затискачі із затискним гвинтом:

а) – зі сферичним торцем; б) – з плоским торцем; в) – зі сферичним торцем, що встановлений у п'яту

На рис. 2.3 позначено: P_B – сила, прикладена до рукоятки; Q_3 – сила закріплення; l – довжина рукоятки; d – діаметр гвинтового затискача. Закріплення за допомогою гвинтових затискачів відбувається при силовому

контакті закріплюваного об'єкта з торцем гвинта або його наконечником (п'ятою).

Заготовки закріплюють безпосередньо гвинтом (гайкою) чи за допомогою прихоплювачів і планок. Застосування прихоплювачів дозволяє закріплювати заготовку в необхідному місці, одержувати перевагу в силі чи в переміщенні. Застосування відкидних і знімних планок, швидкознімних шайб, зменшує допоміжний час. П'яти слугують для захисту поверхонь заготовок від вм'ятин. Перехідні втулки для натискних гвинтів підвищують ремонтоздатність. Рукоятки й головки гвинтових затискачів вибирають з урахуванням вимог ергономіки та необхідної величини моменту на гвинті [9].

Від виду різі й торця гвинта (гайки) залежить сила закріплення заготовки (при заданому моменті на приводі). Перевага надається метричній різі, яка має високий коефіцієнт тертя, що підвищує надійність від самовідгвинчування. Різі з великим кроком дозволяють швидше закріпити заготовку, а з дрібним – більш надійні під час обробки заготовок з ударами, вібрацією, змінними навантаженнями. Різь гвинтових затискачів, як правило, виготовляють 6, 7, 8 ступенів точності. Гвинти та гайки для гвинтових затискних механізмів виготовляють зі сталі 45 з термообробкою до твердості HRC 30–35.

На рис. 1.4 показано застосування гвинтових затискачів під час закріплення заготовок.

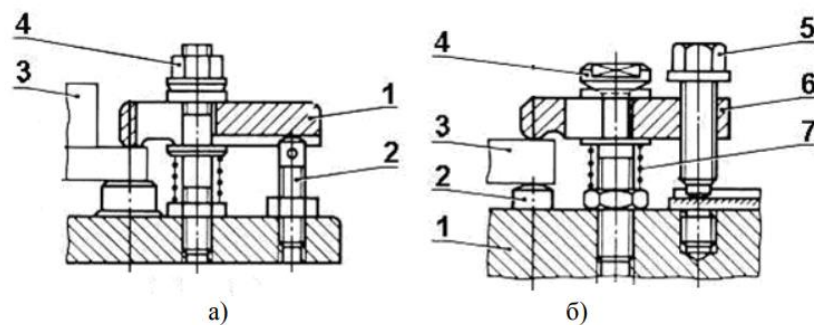


Рисунок 1.4 – Застосування гвинтових затискачів для закріплення заготовок

На рис. 1.4,а показано гвинтовий затискач із закріпленням гайкою, де 1 – притискна планка, 2 – регульована опора, 3 – заготовка, 4 – гайка.

На рис. 1.4,б показано гвинтовий затискач із закріпленням гвинтом, де 1 – корпус пристосування, 2 – опора, 3 – заготовка, 4 – гвинтова опора, 5 – гвинт, 6 – притискна планка, 7 – пружина.

1.5.3 Ексцентрикові затискні пристрої

Ексцентрикові затискні пристрої – ексцентрик, обладнаний рукояткою або іншим приводом, за допомогою чого він приводиться в рух і діє на об'єкт закріплення (рис. 1.5). Основним рухом ексцентрика є поворот зовнішньої поверхні, що зумовлює дію на закріплений об'єкт за рахунок збільшення радіуса в точці контакту.

До складу ексцентрикових затискних пристроїв входять ексцентрикові кулачки, опори під них, цапфи, рукоятки та інші елементи.

Переваги ексцентрикових затискних пристроїв:

- простота та компактність конструкції;
- широке використання в конструкції стандартних виробів;
- зручність у налагодженні;
- здатність до самогальмування;
- швидкодія.

Недоліки ексцентрикових затискних пристроїв:

- зосереджений характер сил, що не дозволяє застосувати ексцентрикові затискачі для закріплення нежорстких заготовок;

- сили закріплення круглими ексцентриковими кулачками нестабільні й суттєво залежать від розмірів заготовок;

- зниження надійності, що пов'язано зі зношенням ексцентрикових кулачків.

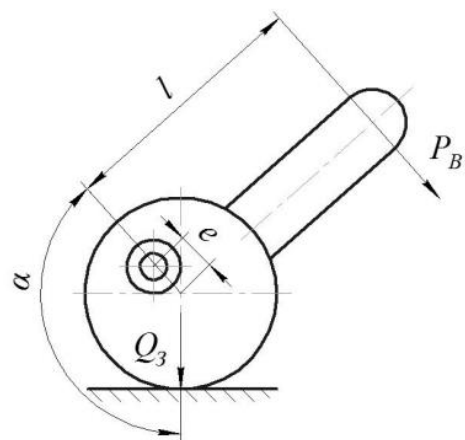


Рисунок 1.5 – Схема дії сил у ексцентриковому затискному пристрої

Ексцентрикові затискні пристрої розрізняють за типом ексцентрикових кулачків, які можуть бути:

- круглі з циліндричною робочою поверхнею;
- криволінійні з робочою поверхнею, що виконана за спіраллю Архімеда, іноді за евольвентною або логарифмічною спіраллю;
- торцеві.

Найбільшого поширення отримали круглі ексцентрики, оскільки вони найпростіші у виготовленні. Круглий ексцентрик – це диск або валик, що повертається навколо осі, зміщеної відносно геометричної осі ексцентрика на деяку величину, що називають ексцентриситетом e . При цьому круглі ексцентрики мають певні недоліки: їхні самогальмівні властивості змінюються з кутом повороту в межах, що наближається до 180° (у дійсності він завжди менший за цю величину на $20\text{--}30^\circ$). Тому інколи використовують криволінійні (не круглі) ексцентрики. Їхні самогальмівні властивості збільшуються з кутом повороту, а сам кут може бути більшим 180° . Робоча поверхня таких ексцентриків, як правило, виконується за евольвентною та спіраллю Архімеда, оскільки вони найбільш прості у виготовленні [1].

На рис. 1.6 зображено різні види ексцентрикових затискних пристроїв. З рисунка видно, що в таких пристроях можуть застосовуватись Г-подібні прихвати (а) та (б), торцевий ексцентрик (в) й ексцентриковий сектор (г).

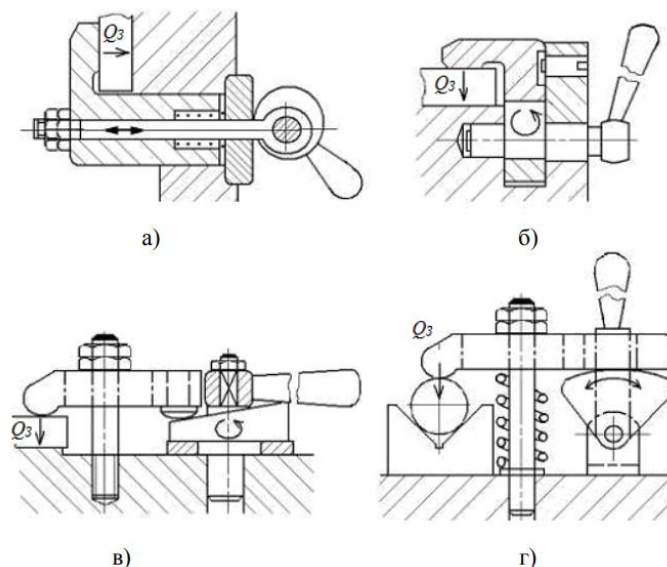


Рисунок 1.6 – Види ексцентрикових затискних пристроїв.

Ексцентрики рекомендується виготовляти зі сталі 20Х із цементацією на глибину 0,8–1,2 мм і подальшим загартуванням до твердості HRC 55–60 (ГОСТ 9061–68).

На рис. 1.7 показано застосування ексцентрикових затискачів під час закріплення заготовок.

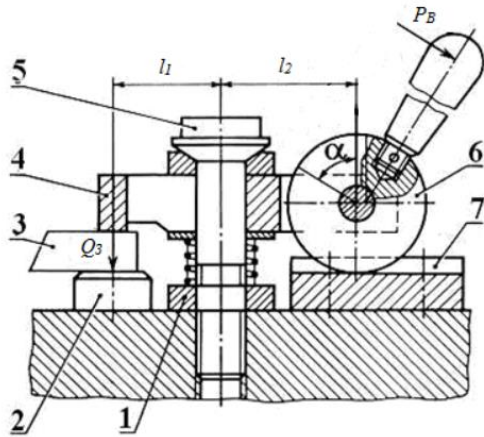


Рисунок 1.7 – Застосування ексцентрикових затискачів для закріплення заготовок

На рис. 1.7 показано ексцентриковий затискний механізм, де 1 – гайка; 2, 7 – опори; 3 – заготовка; 4 – планка, 5 – гвинт, 6 – ексцентрик. Також на рисунку позначено: Q_3 – сила закріплення; P_B – сила на рукоятці ексцентрика; l_1 та l_2 – плечі закріплення; e – величина ексцентриситету; α – кут повороту ексцентрика.

Ексцентрикові затискачі, як і гвинтові, можуть входити до складу комбінованих затискних пристроїв. Найчастіше вони застосовуються в поєднанні з важільними й клиновими затискачами.

1.5.4 Клинові затискні пристрої

Клинові та клиноплунжерні затискні пристрої дозволяють здійснювати закріплення заготовок під дією на них затискного елемента, що приводиться в рух за допомогою клина. Такі затискні пристрої дозволяють збільшувати значення та змінювати напрям прикладеної сили закріплення, тому їх застосовують як проміжну ланку в складних затискних системах.

На рис. 1.8 зображено клиновий затискний пристрій, до складу якого входить односкосий клин 1 та одноопорний плунжер 3. Робоча поверхня (скос) клина має кут сходу клина α , контактує з плунжером 3 та опирається на

поверхню 2. Під дією сили P_B клин 1 переміщується вліво, у результаті чого плунжер 3 зміщується вгору, що дозволяє передати силу Q_3 для закріплення заготовки.

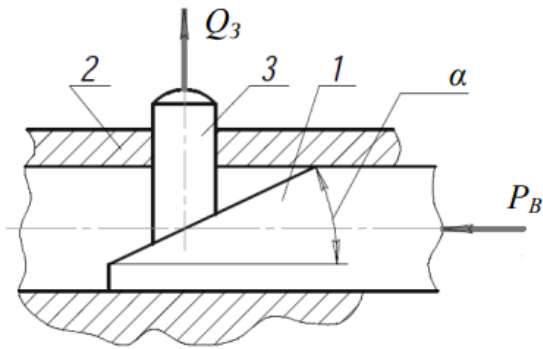


Рисунок 1.8 – Клиновий затискний пристрій з односкосним клином

Переваги клинових затискних пристроїв:

- простота та компактність конструкції;
- зручність у налагодженні;
- здатність до самогальмування;
- постійність сил закріплення, які залежать від допуску на розмір заготовки.

Недоліки клинових затискних пристроїв:

- зосереджений характер сил, що не дозволяє застосувати клинові затискачі для закріплення нежорстких заготовок;
- низька надійність, яка залежить від характеру клинового сполучення, форми поперечного перерізу плунжерів та пазів під плунжери, зазорів між плунжерами та пазами, захищеності від стружки.

На рис. 1.9 показано застосування клинового затискного пристрою для закріплення заготовки.

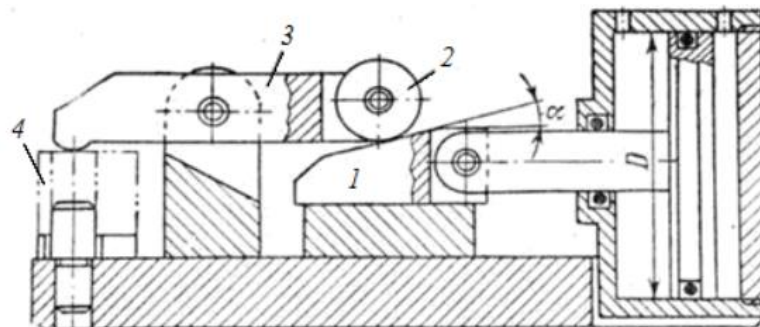


Рисунок 1.9 – Застосування клинового затискного пристрою для закріплення заготовки

На рис. 1.9 показано клиновий затискний пристрій, де 1 – клин, що приводиться у дію за допомогою штоку пневматичного циліндра діаметром D ; 2 – ролик; 3 – важіль; 4 – заготовка.

1.5.5 Важільні затискні пристрої

Важільні затискні пристрої виготовляються у вигляді прихватів, важелів або передавальних ланок. Вони використовуються спільно з іншими затискними механізмами (гвинтами, ексцентриками та ін.) часто як підсилювачі.

Переваги важільних затискних пристроїв:

- простота конструкції та дешевизна;
- здатність підсилення сили закріплення;
- здатність передавати силу закріплення під необхідним кутом.

Недоліки важільних затискних пристроїв:

- відсутнє самогальмування.

Важільні затискні пристрої виконують у вигляді прихватів (притискних планок) або як важелі підсилення силових приводів. Для полегшення установа заготовок важелі можуть бути поворотними, відкидними та пересувними. В них також можуть використовуватися як елементарні затискні пристрої (гвинтові, ексцентрикові, важільні, клинові), так і комбіновані механізми, тобто складатися з декількох елементарних затискних пристроїв.

Висновки за розділом

Результати аналізу існуючих притискних пристроїв показали необхідність розробки зварювального затискача, який мав би можливість швидкого фіксування деталей, був простий у конструкції і недорогим у виробництві.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ РОЗРОБКИ ТА КОНСТРУЮВАННЯ СКЛАДАЛЬНО-ПРИТИСКНИХ ПРИСТРОЇВ

У загальному випадку складально-зварювальний пристрій складається з основи (рама або корпусу), фіксуєчих (установчих) елементів, притискачів, поворотних пристроїв, допоміжних деталей та елементів.

Відповідно до складності зварної конструкції, функціонального призначення пристрою та серійністю виробництва у своїй конструкції вони можуть мати всі або частину з перелічених частин.

2.1 Вимоги до конструкцій корпусних деталей складально-притискних пристроїв

Основа (рама, корпус) пристрою являє собою елемент, який об'єднує в одну конструкцію всі його частини. На основі розташовуються опорні та напрямні деталі, упори та опори, які визначають положення встановлених деталей, втулки, бобишки, кронштейни та інші фіксатори.

Основа сприймає масу виробу та всі зусилля, які виникають у процесі складання, прихватки, зварювання, кантування тощо. При цьому вона має забезпечувати точність розташування встановлених деталей у нерухомому положенні, а також відсутність зсувів та вібрацій при будь-яких поворотах, тобто мати достатню міцність і жорсткість.

Основа пристрою має бути технологічною, мати раціональне конструктивне оформлення, як найменшу масу і бути компактною. Остання вимога особливо важлива для переносних, пересувних та поворотних пристроїв. Форма та розміри основи залежать від конфігурації виробу, який збирається з його допомогою, а також від виду та розташування фіксуєчих, затискних та напрямних елементів.

Основи пристроїв отримують литтям, куванням, зварюванням, збиранням окремих елементів на болтах та іншими способами. Економічно-доцільно виготовляти зварно-литі, зварно-ковані, зварно-штамповані основи, а також

застосовувати для їх виробництва низьколеговані сталі підвищеної міцності, гнуті профілі.

Під час проектування зварних основ необхідно, щоб зварювані деталі мали приблизно однакову товщину; конфігурація шва забезпечувала високу втомну міцність з'єднання; одним швом з'єднувалося не більше двох деталей; розташування швів спричиняло мінімум деформацій основи; забезпечувалося симетричне розташування ребер, що підсилюють основу пристрою, а їх приварювання виконувалося з двох сторін.

У зварних основах повинні бути відсутні з'єднання з накладками, необхідно забезпечувати припуск на остаточну обробку поверхонь та термообробка для зняття внутрішніх напружень [16].

Зварні основи мають, як правило, меншу масу. Їх окремі частини, які працюють у важких умовах, можуть бути виконані з легваної сталі.

Під час конструювання литих основ необхідно: уникати гострих кутів та різких переходів; не допускати місцевих скупчень металу; оброблювані ділянки піднімати над необробленою поверхнею; отвори у стінках робити у підсилюючих бобишках; дотримуватися необхідних ливарних ухилів.

Основи поворотних пристроїв повинні мати полиці або фланці з отворами для кріплення до планшайб кантувачів та обертачів. У стаціонарних пристроях передбачають відкриті пази та отвори для кріплення до фундаменту або рам технологічного обладнання.

Через широке конструктивне розмаїття основ їх дуже важко стандартизувати. У деяких випадках як корпус пристрою використовують складальні плити з Т-подібними пазами. Для великогабаритних пристроїв доцільно використовувати зварні основи із сортових профільних матеріалів та із сталевих листів завтовшки 8...10 мм. Як основи пристроїв можуть застосовуватися також стандартизовані порожнисті коробки з лапами для кріплення, швелери, стійки, косинці, ребра, чавунні плити, сталеві плити, а також опорні тумби, обладнані домкратами.

2.2 Види та обґрунтування вибору установчих елементів допоміжних складально-прижимних пристроїв

Установчі деталі (опори, упори, пальці, призми, настановні конуси тощо) утворюють базові поверхні пристроїв та забезпечують правильну орієнтацію в них деталей відповідно до правила шести опорних точок.

Опори пристроїв поділяють на основні та допоміжні. Основні опори визначають положення деталі у просторі, позбавляючи її всіма кількох ступенів вільності (як правило, вони жорстко закріплюються в корпусі пристрій за пресуванням або зварюванням), допоміжні - призначені для надання деталі додаткової жорсткості та стійкості, наприклад, у тих випадках, коли деталь може перекинутися або через малу жорсткість деформуватися. Допоміжні опори індивідуально підводять до встановленої деталі та закріплюють, внаслідок чого вони перетворюються на додаткові тверді опори.

Основними опорами складально-зварювальних пристроїв можуть бути опорні штирі (рис. 2.1, а-г) з плоскою, сферичною та насіченою головками.

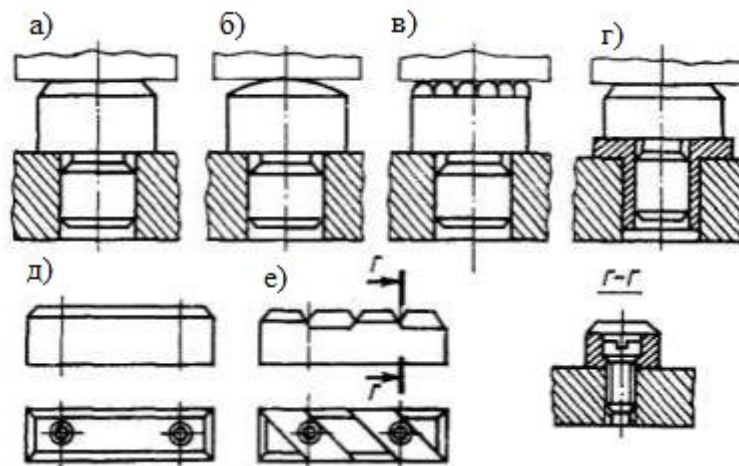


Рисунок 2.1 - Опорні штирі (а-г) та опорні пластини (д-е)

Деталі великих розмірів з обробленими базовими площинами встановлюють на пластини (рис. 2.1, д і е), а деталі невеликих та середніх розмірів - на штирі. Регульовані гвинтові опори показані на рис. 2.2, можуть підганятися як основні так і як допоміжні опори. Допоміжні опори не впливають на точність базування деталей [13].

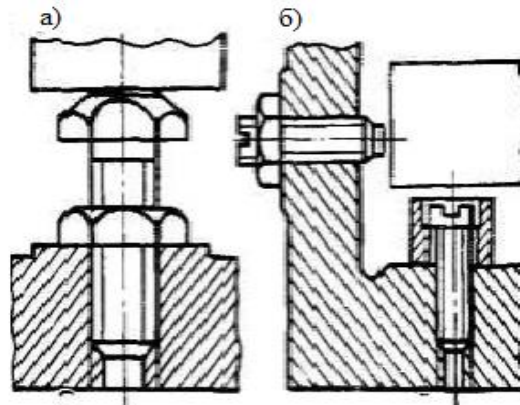


Рисунок 2.2 - Гвинтові регульовані опори

Упори встановлюються для фіксування деталей з бокових поверхонь. Як упори, які розміщуються по контуру зварної деталі, можуть використовуватись прямокутні планки, штирі, ребра. Упори можуть бути постійними, поворотними, відкидними, відвідними або знімними з рифленою, сферичною чи плоскою базовою поверхнею. Постійні упори кріпляться на корпус пристрою за допомогою гвинтів або зварюванням. Для підвищення зносостійкості робочі поверхні упорів зміцнюють термообробкою або наплавленням.

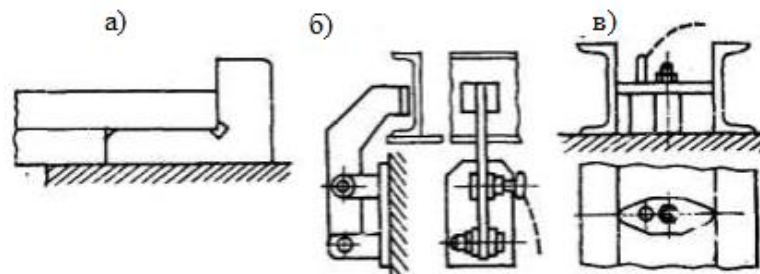


Рисунок 2.3 - Упори постійні (а), відкидні (б) та відвідні (в)

Доцільно, щоб упор одночасно був і опорною базою (рис. 2.3,а). Відкидні (рис. 2.3,б) та відвідні упори (рис. 2.3,в) застосовуються в тих випадках, коли форма деталей та конструкція виробу не дозволяє вільно зняти його після прихватки з пристрою. Довжина робочої частини упорів має бути не менше двох товщин фіксованої деталі.

Як допоміжні опори можуть застосовуватися самовстановлюючі одноточкові та підвідні клинові упори. З метою механізації та автоматизації

пристроїв для переміщення допоміжних опор застосовують механізовані приводи.

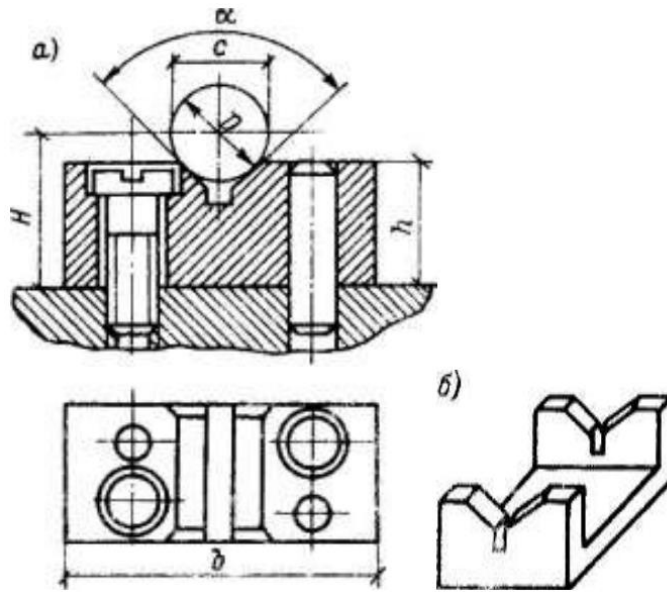


Рисунок 2.4 - Установчі призми

Під час встановлення деталей із зовнішніми циліндричними поверхнями як основні опори застосовують призми (рис. 2.4,а) або спеціальні призми із заглибленням (рис. 2.4,б) для довгих або ступінчастих деталей.

Залежність між розмірами c , H і h при $\alpha = 90^\circ$ (рис. 2.4,а) має бути наступна [9]:

$$H - h + 0,707 \cdot D - 0,5 \cdot c, \quad (2.1)$$

У пристроях, які мають можливість переналагодження, доцільно застосовувати призми, в яких ці розміри можна регулювати.

Гранично допустиме навантаження Q на призму за умовами контактної міцності

$$Q = 0,7 \cdot b \cdot D, \quad (2.2)$$

де b - довжина контакту деталі з призмою, мм;

D - діаметр деталі, мм.

Установочні пальці можуть бути постійними та змінними. Застосовуються в складально-зварювальних пристроях для встановлення на них деталей (виробів) одним або двома отворами. Постійні пальці можуть бути

циліндричні тазрізані; змінні –циліндричні або зрізані довгі ($l > 1,5D$) чи короткі ($l < 1,5D$).

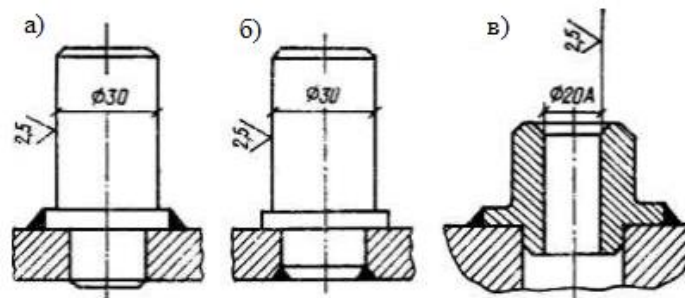


Рисунок 2.5 - Схема установки приварних чистооброблених фіксаторів
а - не рекомендується; б і в - рекомендується

Слід віддаляти оброблені поверхні заплечиків, пальців та втулок відмісця зварювання (рис. 2.5), а точні та чисті поверхні обробляти після зварювання (рис. 2.6).

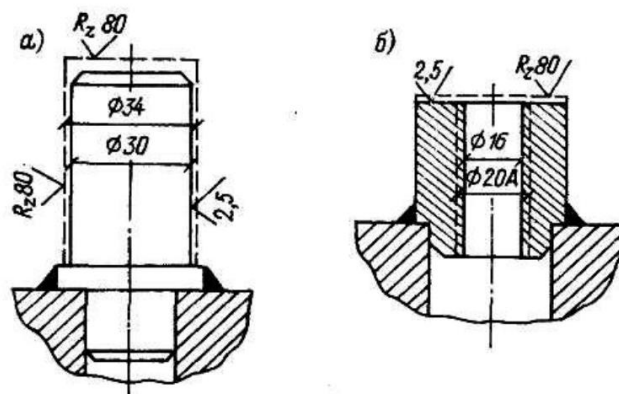


Рисунок 2.6 - Схема встановлення фіксаторів з припуском для обробки
післязварювання:
а - пальців; б - втулок

Торцеві конуси використовуються для центрування циліндричних деталей за їхньою геометричною віссю. Конструкції жорстких центрів можуть мати конічну, зрізану або рифлену поверхню конічної фаски. Останні застосовуються для передачі крутного моменту на деталь.

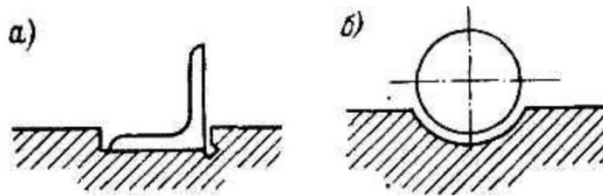


Рисунок 2.7 - Установчі ложа:

а - опорне гніздо; б – ложемент

У деяких складально-зварювальних пристроях можуть застосовуватися обертові та плаваючі центри.

Ложа складальних пристроях утворюють опорні установчі поверхні, частково або повністю копіюючи форму заготовки чи виробу (рис. 2.7).

2.3 Вимоги до затискних механізмів складально-притискних пристроїв

Затискні механізми призначені для закріплення встановлених у пристрій деталей, заготовок, складальних одиниць та повинні відповідати ряду вимог.

1. Затискне зусилля має надаватися у вибраній точці та мати напрямок, зазначений у схемі закріплення. Як правило, затискачі розташовуються над опорами чи поблизу них. Вони не повинні створювати перекидаючого моменту.

2. Затискні механізми повинні розвивати задане розрахункове зусилля та надійне закріплення деталей.

3. Розрахунок елементів затискачів (діаметрів пневмоциліндрів, гвинтів, перерізувачів тощо) повинен проводитися за задалегідь обраним або розрахованим зусиллям, яке розвивається затиском, а не навпаки.

4. Затискачі не повинні порушувати задане положення деталей, псувати їх поверхні та викликати деформації.

5. Прижими повинні бути швидкодіючими.

6. Затискні механізми повинні бути зручними та безпечними в роботі.

У складально-зварювальних пристроях найчастіше застосовують притискачі з механічним, пневматичним, гідравлічними, магнітним

абоелектромеханічним приводом. В одному пристрої бажано застосовувати не більше двох типів притискачів.

За ступенем механізації затискачі ділять на:

- ручні - працюючі від м'язової сили робітника (їх рекомендується застосовувати в одиничному та дрібносерійному виробництві);
- механізовані - працюючі від силового приводу, керованого вручну;
- автоматизовані - здійснюють затискач та розкріплення деталей тавузлів без участі робітника.

Останні два типи затискачів рекомендується застосовувати в серійному та масовому виробництві.

Різні конструкції затискачів мають різний час спрацьовування та закріплення (відкріплення) деталей (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Тривалість закріплення деталей

№ з/п	Вигляд затискного пристрою	Тривалість закріплення, с
1	Затискач плунжерного виду з пневматичним або гідравлічним приводом	0,5...1,2
2	Ручний ексцентриковий або байонетний затискач	0,7...2,0
3	Гвинтовий затискач з рукояткою або маховиком	1,5...4,2
4	Гвинтовий затискач, обертовий гайковий ключ	3...12
5	Тиски або кулачковий патроніз застосуванням ключа	6...18

Складально-зварювальні пристосування можуть створювати наступні сили:

- 1) утримання виробу від деформування в процесі простановки прихваток, зварювання, вистигання та усадки зварних швів;
- 2) забезпечення щільного притискання (без зазорів) деталей;
- 3) забезпечення попереднього зворотнього прогину деталей з метою компенсації залишкової зварювальної деформації (якщо це передбачено технологічним процесом);
- 4) інші сили (сили ваги виробу, зварювальних пристроїв, інерційні тощо).

Для знаходження перших двох сил теоретичними розрахунками (за методиками теорії зварювальних деформацій) або експериментально (на дослідних чи головних зразках) визначається форма та розміри залишкових зварювальних деформацій або фактичних відхилень. Потім розрахунковим шляхом встановлюються зусилля, необхідні для того, щоб звести ці деформації до нуля. При розрахунках слід орієнтуватися на максимальні величини зусиль з урахуванням їхнього місця прикладання та напрямків.

2.4 Теоретичний аналіз силової дії складально-притискних пристроїв

Визначати необхідну силу затискання слід з урахуванням коефіцієнта запасу, який передбачає збільшення сил, а також непостійність встановлення, закріплення, відхилення форми та розмірів заготовок, зношування пристрою тощо. Коефіцієнт запасу для ручних затискачів рекомендується брати рівним 2, а для механізованих - 1,5 [9, 13, 15, 16].

2.4.1 Силова дія притискних пристроїв стендів для листових конструкцій

Розрахункове зусилля p на кромку (рис. 2.8) визначається за формулою:

$$p = P / (4r) = 4,5 \cdot f \cdot E (\delta / r)^3, \quad (2.3)$$

де P - шуканий тиск на одиницю довжини кожної кромки;

r - радіус круглого вигину;

f - величина прогину;

E - модуль пружності;

δ - товщина пластини.

Напруження згину обчислюється з виразу

$$\sigma = 2,8 \cdot f \cdot E \cdot \delta / r^3 \quad (2.4)$$

Розрахункове питоме зусилля на обидві кромки приймається $Q_p - 2P$.

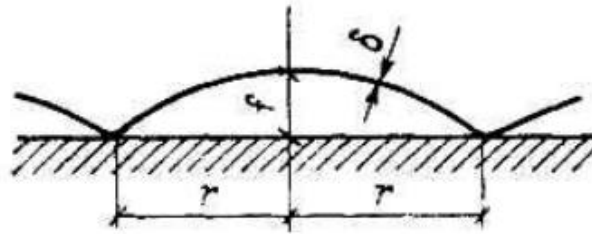


Рисунок 2.8 - Деформація листа у вигляді круглої вигнутості

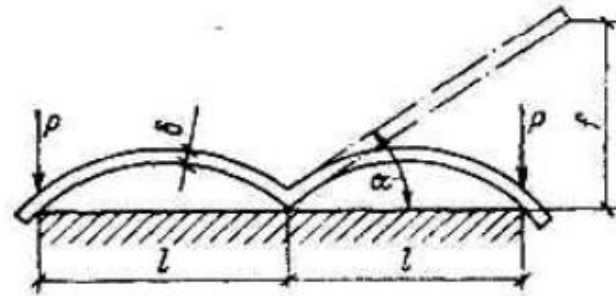


Рисунок 2.9 - Кутова деформація листів типу «будиночок»

З врахуванням коефіцієнта запасу ІЕЗ ім. Є.О. Патона у своїх стендах для збирання та зварювання листових конструкцій приймає $Q_p = 40$ кН (4000 кгс) на 1 м довжина шва.

За порівняно малих кутових деформаціях та невеликих товщинах ($\delta < 5$ мм) застосовують метод розрахунку, заснований на залежності реактивного зусилля p від величини кутової зварювальної деформації a (рис. 2.9). При використанні цього методу розрахунку необхідно перевіряти напруження у шві, які не повинні перевищувати межі текучості. Для того, щоб листи на лінії притисків не відокремлювалися від стенду при кутовій деформації, на притискачах необхідно прикласти зусилля

$$p = \delta^3 \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot E / (4l^2) \quad (2.5)$$

Потім перевіряють, чи не перевищують межі текучості напруження згину в металі шва: $\sigma_{\text{в}} = pl / \omega = 6 \cdot pl / \delta^2$, тобто $\sigma_{\text{зг}} < \sigma_{\text{т}}$. Якщо в пристроях затискання листів відбувається без попереднього поставлення складальних прихваток, то зусилля тертя на затискачах має бути достатнім для подолання температурної деформації листів у їхній площині (має перешкодити розходженню кромки і утворення зазорів у стику).

У магнітному стенді сила зчеплення листа зі стендом

$$F = p \cdot \mu_2 \quad (2.6)$$

де p -сила притискання листа по одній кромці, Н/см довжини;

μ_2 -коефіцієнт зчеплення листа з опорною балкою чи підкладкою.

У стендах, які мають затискний пристрій, що складається з верхніх клавiш(з пневмо- або гiдроприводом) та нижньої опорної балки або плити, силазчеплення листа зi стендом буде

$$F = p \cdot (\mu_2 + \mu_1) \quad (2.7)$$

де μ_1 – коефіцієнт зчеплення листа з клавiшами.

Якщо за розрахунком для утримання кромок потрібні дуже великі зусиллязатискання, потужності затискних пристроїв можна зменшити, передбачивши прихватку по кінцях стику технологічних вивідних планок, які об'єднуютькромки, чи постановкою сполучних скоб, «гребінок».

2.4.2 Силова дія притискних пристроїв стендів та кондукторів для балкових конструкцій

Основні розрахункові схеми затискних пристроїв для балкових конструкцій показано на рис. 2.10. Зусилля на притискачах повинні бути достатніми, щоб деформувати балку взворотному напрямку при складанні та утримати балку від деформації під час їїзварювання та охолодження. Рівномірно розподілене навантаження g (рис. 20, а) можна визначити за формулою [16]

$$g = 384 \cdot f \cdot E \cdot I / (5L^4) = 9,7 \cdot P_{yc} \cdot e / L^2, \quad (2.8)$$

де f , L , e - позначення на рис. 2.10 а;

E , I – характеристики жорсткості перерізу;

P_{yc} - сила усадки (при зварюванні в тавр одним швом $P_{yc} = 1,7 \cdot D \cdot k^2$; під час зварювання двома швами - $P_{yc} = 1,15 \cdot 1,7 \cdot D \cdot k^2$);

D - діаметр леталі (при автоматичному зварюванні, $D = 30000$, при ручному $D = 40000$);

k – катеткутового шва, см.

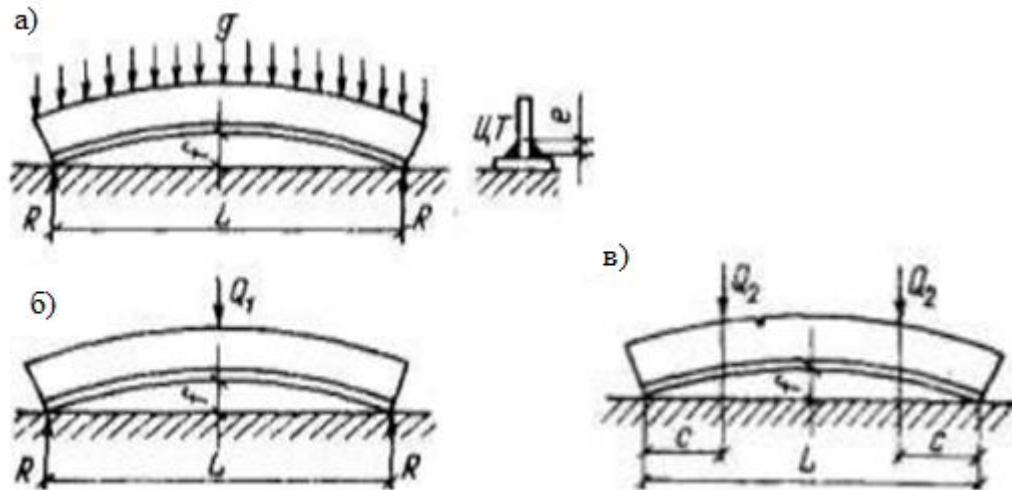


Рисунок 10 - Поздовжня деформація зварної балки та схеми її навантаження у складально-зварювальному кондукторі

а - рівномірно розподіленим навантаженням у вигляді ряду клавішних притискачів; б - зосередженою силою посередині довжини балки; в – двомасилами, симетрично розташованими по довжині балки

Повне навантаження Q на всю балку буде:

$$Q = g \cdot L = 9,6 \cdot P_{yc} \cdot e / L \quad (2.9)$$

Розрахунок зусиль притискання коротших балок (рис. 2.10, б і в).

Для балки за рис. 2.10, б

$$Q_1 = 48 \cdot f \cdot E \cdot I / L^3 = 6 \cdot P_{yc} \cdot e / L, \quad (2.10)$$

Для балки за рис. 2.10, в

$$Q_2 = 24 \cdot f \cdot E \cdot I / [c(3L^2 - 4c^2)] = 3 \cdot P_{yc} \cdot e \cdot L^2 / [c(3L^2 - 4c^2)]. \quad (2.11)$$

Для двотаврової балки вигин у протилежному напрямку – визначаються за наведеними вище формулами з підстановкою в них нового ексцентриситету e та моменту інерції всього перерізу двотавра. Потім підсумовують обидва вигини (тавра та двотавра) і таким чином знаходять результуючі виникаючі в кондукторі зусилля.

Аналогічним шляхом розраховуються зусилля у кондукторах для зварювання коробчастих балок, швелерних та ін.

Для збирання та зварювання двотаврових балок визначення утримуючого зусилля кондуктора здійснюють за наступними виразами:

Сила усадки на обох швах:

$$P_{yc} = 1,15 \cdot 1,7 \cdot D \cdot k^2. \quad (2.12)$$

Питоме навантаження:

$$G = 9,6 \cdot P_{yc} / L^2. \quad (2.13)$$

Навантаження на балку:

$$Q = q \cdot L. \quad (2.14)$$

Опорні реакції на кінцях:

$$R = Q/2. \quad (2.15)$$

Визначення зусилля на притискачах таврової балки виконують за схемою, представленою на рис. 2.11.

Поперечну деформацію пояса балки в затискному пристрої можна розглядати як вигин двоконсольної пластинки, заробленої посередині і навантаженої по кінцях силами P .

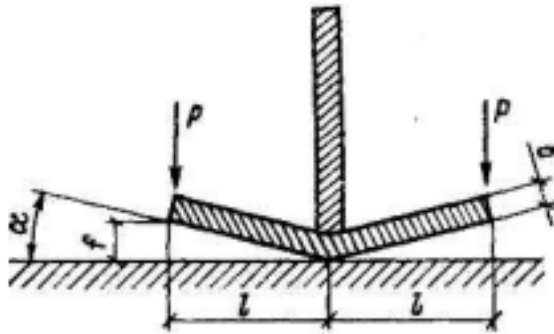


Рисунок 2.11 – Поперечна (кутова) деформація поясу балки (грибовидність)

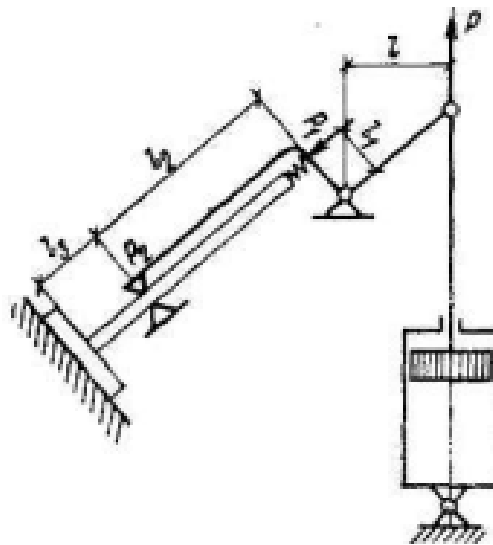


Рисунок 2.12 – Розрахункова схема пристрою для складання таврових балок

Для такої балки критичне значення кутової деформації буде:

$$\operatorname{tg}\alpha_{\text{кр}} = 2 / 3 \cdot l \cdot \sigma_{\text{дон}} / (E \cdot \delta) \quad (2.16)$$

Оскільки дійсна величина деформації менша за критичну, то визначення необхідного зусилля на притискачах проводимо виходячи з умов прилягання країв пояса до ложементу кондуктора:

$$P = \delta^3 \cdot \operatorname{tg}\alpha \cdot E / (4l^2) \quad (2.17)$$

2.4.3 Визначення зусиль притискання вузлів до рам поворотних пристроїв

Зусилля затиску P вузла масою Q , що зварюється в двостійковому поворотному кантувачі (рис. 2.13), знаходять із умови, що сили притискання P забезпечують зчеплення установних поверхонь M та зварюваного вузла з поверхнями опорних заплічків рами пристрою та перешкоджають випаданню вузла при повороті у найбільш небезпечне положення (поворот на 90° з площини, рис. 2.13). У цьому випадку зусилля

$$P = k \cdot \mu \cdot Q / 2 \quad (2.18)$$

де k - коефіцієнт запасу: $k = 1,5$;

μ - коефіцієнт тертя ковзання сталі по сталі: $\mu = 0,2$.

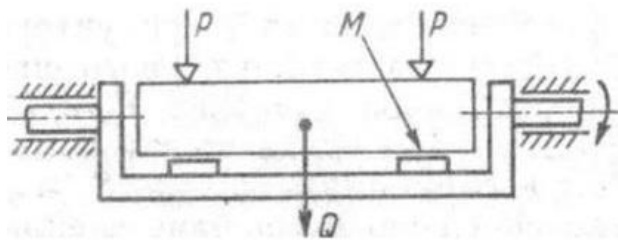


Рисунок 2.13 - Схема установки виробу у двостійковому поворотному кантувачі

2.4.4 Визначення зусиль притискання різних деталей у решіткових, рамних та інших конструкціях

При складанні сітчастих, рамних та інших конструкцій потрібно спроектувати притискні елементи пристроїв для затискання різного виду розкосів, зв'язок, планок, косинок, кронштейнів, накладок тощо. Виконувати визначення зусиль затискання таких деталей розрахунковими методами,

наведеними вище, дуже трудомістко, а часто й неможливо. Для таких з'єднань зусилля притискання повинні забезпечувати збереження контакту, заданого зазору або відсутність зазорів між встановлюваними деталями та утримання деталей від можливого їх зсуву в процесі прихватування, наступного збирання чи зварювання.

Враховуючи виробничий досвід багатьох машинобудівних заводів та проектних організацій для закріплення таких деталей зусилля кожного необхідного притискача вибирають у межах (2...6 кН).

Висновки за розділом

За результатами досліджень, проведених в даному розділі встановлено, що основними параметрами, які можна використати як вихідні дані до проектування притискних пристроїв є схема розташування деталей під час зварювання, вид зварного з'єднання та параметри зварного шва, геометричні параметри деталей та схема розташування притискних пристроїв на загальній зварній конструкції, а також сили усадки та деформівні сили, які залежать від виду та марки матеріалів, а також їх товщини і способу зварювання.

3 ПРОЕКТУВАННЯ ПРУЖИННОГО ПРИТИСКНОГО ПРИСТРОЮ

3.1 Формування технічного завдання на проектування складально-зварювальної оснастки

Технічне завдання на проектування нового пристосування повинно узагальнювати усі основні вимоги, які ставляться до складально-зварювальної оснастки, а також до її окремих конструктивних елементів [1, 9, 13, 17, 19, 22].

У технічному завданні наводяться наступні відомості щодо розроблюваного пристрою:

- Найменування складально-зварювальноїоснастки;
- Призначення складально-зварювальної оснастки;
- Технічні вимоги до розроблюваного пристрою.

В технічних вимогах формулюються основні вимоги до пристрою [1, 9, 13, 17], які забезпечуютьнадійну фіксацію та закріплення заготовок, вільний доступ до місця виконання прихваток та основного зварювання, можливі граничні відхилення розмірів, міцність та жорсткість конструктивних елементів пристовування, можливість вільного вивільнення звареного виробу з пристосування, технологічність та ремонтоздатність.

Під час обґрунтування параметрів пристрою необхідно також мати дані про виділену площу, місце його встановлення, його габарити тощо. До вихідної інформації також відноситься опис технологічного процесу складання-зварювання виробу з використанням проектованого пристрою, схема базування та закріплення заготовок,перелік зварювального та допоміжного устаткування, режими його роботи, необхідна кількість зазначених пристроїв.

3.2 Порядок проектування складально-зварювальної оснастки

На основі вивчення проектного завдання та детального аналізу вихідних даних проектування притискного пристосування рекомендується виконувати в наступній послідовності:

- за складальним кресленням виробу визначається базова заготовка та її базові поверхні з метою вибору способу та місця для фіксації та закріплення її в пристосуванні;

- визначаються розрахункові зусилля, які можуть діяти на пристрій в процесі експлуатації;

- розробляється принципова схема пристрою;

- розробляється конструктивна або ескізна компоновка пристрою, в якій розміри його деталей приймають конструктивно та на основі відповідних проектних розрахунків;

- оформляється конструкція розробленого пристрою у вигляді складальних креслень;

- визначаються показники економічних затрат на виготовлення пристрою;

- за результатами економічних розрахунків розробляють рекомендації до впровадження пристрою у виробництво.

Під час розробки ескізної компоновки пристосування необхідною умовою є забезпечення необхідної якості виконання технологічних операцій за максимальної простоти конструкції проектного обладнання.

3.3. Розрахунок сил для закріплення заготовок

Необхідне зусилля притискання визначається з урахуванням коефіцієнта запасу, який враховує можливе збільшення розрахункової сили через можливість неточності установки та закріплення, відхилення розмірів і форми заготовок, наявності ударних навантажень, нестабільного процесу зварювання. У зв'язку з цим розрахунковий коефіцієнт запасу при проектуванні ручних притискачів приймають рівним 2; для механізованих він становить 1,5.

Якщо для розрахунку зусилля притискання заготовок неможливо застосувати теорію зварювальних деформацій то методикою допускається використовувати довідкових експериментальних даних. За даними досліджень, ІЕЗ ім. Є.О. Патона, погонна сила притискання двох зварних кромок під час стикового зварювання листових матеріалів складає 40 кН/м. За попередніми

дослідженнями, для закріплення таких заготовок зварними пристроями зусилля кожного притискача слід вибирати в межах 2...6 кН.

Складально-зварювальні пристрої можуть сприймати та забезпечувати наступну силову дію [17-19]:

- створення сил, необхідних для утримання виробу в процесі його зварювання та охолодження;
- сприймання та протидія силам, які виникають при нерівномірному нагріванні, охолодженні зварних швів;
- створення сил, необхідних для попереднього деформування виробу з метою компенсування подальшої залишкової зварювальної деформації;
- створення локальних сил для підгинання деталей в процесі складання з метою їх щільного прилягання одна до одної та усунення місцевих зазорів.

У загальному випадку визначення цих сил зводиться до визначається форми та розмірів залишкових зварювальних деформацій виробу за методиками теорії зварювальних деформацій або вихідними експериментальними даними. Після цього проектними розрахунками визначаються сили та моменти, необхідні для запобігання утворенню цих деформацій під час зварювання [13].

Корпусні та несучі елементи пристроїв повинні мати достатню міцність та жорсткість для унеможливлення виникнення деформацій виробу через можливу деформацію конструкції пристосування. Їх фіксатори повинні забезпечувати необхідну точність установки деталей в процесі складання та зварювання. Саме через це точність розмірів проектного пристосування буде залежати від допусків на виготовлення як фіксаторів так і зварної конструкції. Під час проектування допуски на відхилення лінійних розмірів складально-зварювальних пристосувань складають 0,5...0,75 від допуску на відповідні розміри деталей (заготовок) виробу, який складається за їх допомогою.

Розрахунок зусиль, які можуть створюватися або сприйматися проектованим пружинним притискачем будемо розглянути на конкретних прикладах.

3.3.1 Визначення необхідного зусилля притискання під час складання та зварювання листових конструкцій для випадку утворення місцевих випуклостей

Розглянемо схему зварювання стикових повздовжніх швів за умови виникнення деформації у вигляді круглої випуклості (рис. 3.1)

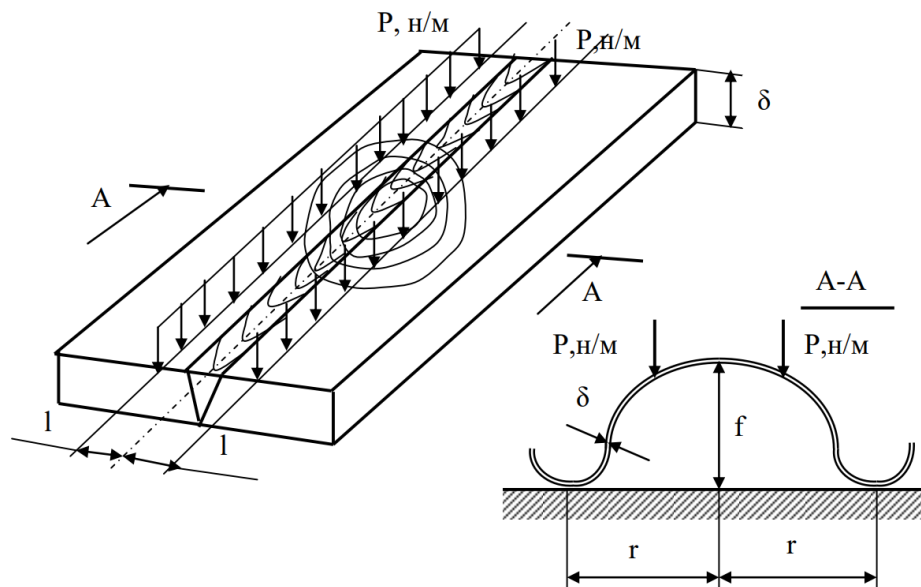


Рисунок 3.1 - Деформація листового полотна у вигляді круглої випуклості

Вихідні дані до розрахунку:

- матеріал листів сталь Ст.3;
- довжина листів $L=6$ м;
- ширина одного листа $B=1,5$ м;
- товщина $\delta=5$ мм;
- модуль пружності сталі $E=2,1 \times 10^5$ МПа;
- межа текучості $\sigma_T=250$ МПа;
- деформація (місцева випуклість з радіусом $r=45$ см та прогином в центрі випуклості $f=1,5$ см).

Визначаємо відстань встановлення притискачів відносно осі зварного шва:

$$l=(5\dots 10) \cdot \delta. \quad (3.1)$$

При розташуванні притискачів по двом лініям, паралельним осі зварного шва, відстань їх встановлення становитиме:

$$l = (5 \dots 10) \cdot 5 = 25 \dots 50 \text{ мм.}$$

Виходячи з параметрів залишкової деформації у вигляді круглої випуклості, визначимо значення напружень згину. Для цього випуклість можна розглядати як круглу пластину, защемлену по контуру з радіусом r та навантажену розподіленим зусиллям. Для усунення такої місцевої деформації до випуклості зварної конструкції необхідно прикласти зосереджене або розподілене навантаження відповідної сили. При цьому у зварному з'єднанні будуть виникати напруження згину. Величину цих напружень можна визначити за формулою:

$$\sigma_{зг} = 2,8 \frac{f \cdot E \cdot \delta}{r^2}, \text{ МПа} \quad (3.2)$$

$$\sigma_{зг} = 2,8 \frac{1,5 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 5}{45^2} = 217,8 \text{ МПа}$$

Визначаємо погонну силу притиску однієї кромки листа зварюваного полотнища до підкладки стенда.

Якщо напруження згину $\sigma_{зг} < \sigma_T$, то розрахунок погонних зусиль притискання однієї кромки до підкладки виконують за формулою:

$$p = 4,5 \cdot f \cdot E \cdot \left(\frac{\delta}{r}\right)^3, \text{ Н/м} \quad (3.3)$$

Якщо напруження згину $\sigma_{зг} > \sigma_T$, то розрахунок погонних сил притиску однієї кромки ведуть за виразом визначення допустимих зусиль притискання:

$$P_{\text{доп}} = \frac{\sigma_T \cdot \delta^2}{0,6 \cdot r}, \text{ Н/м} \quad (3.4)$$

Так як, в розглянутому прикладі напруження згину менші межі текучості сталі ($217,8 \text{ МПа} < 250 \text{ МПа}$), тому визначення погонних зусиль притискання виконаємо за виразом (3.3):

$$p = 4,5 \cdot 0,015 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot \left(\frac{0,005}{0,45}\right)^3 = 19440 \text{ Н/м}$$

Тоді розрахункове зусилля, яке необхідно прикласти до обидвох кромок:

$$Q = 2p = 2 \cdot 19440 = 38880 \text{ Н/м.}$$

Для даного випадку за викладеною вище методикою розрахуємо значення необхідного зусилля притискання за різних величин деформацій та товщин деталі. Результати заносимо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Необхідне зусилля притискання листового полотна, Н

Деформація, мм	Товщина деталі, мм				
	1	2	3	4	5
3	31,11	248,89	840,00	1991,11	3888,89
6	62,22	497,78	1680,00	3982,22	7777,78
9	93,33	746,67	2520,00	5973,33	11666,67
12	124,44	995,56	3360,00	7964,44	15555,56
15	155,56	1244,44	4200,00	9955,56	19444,44
18	186,67	1493,33	5040,00	11946,67	23333,33

За отриманими розрахунками будемо визначати можливість використання пружинного притискача.

3.3.2 Визначення зусилля притискання для складання та зварювання листів встик у випадку утворення кутових деформацій

Вихідні дані до розрахунку:

- матеріал листів сталь ВСт3сп;
- товщина листів $\delta = 2$ мм;
- модуль пружності $E = 2,1 \times 10^5$ МПа;
- межа текучості $\sigma_T = 250$ МПа;
- залишкова кутова деформація $\text{tg}\alpha = 0,0065$.

Як і в попередньому випадку, визначаємо відстань від осі зварного шва до лінії розташування притискачів за (3.1):

$$l = (5 \dots 10) \cdot 2 = 10 \dots 20 \text{ мм.}$$

Приймаємо для подальших розрахунків відстань від осі зварного шва до лінії розташування притискачів $l = 20$ мм.

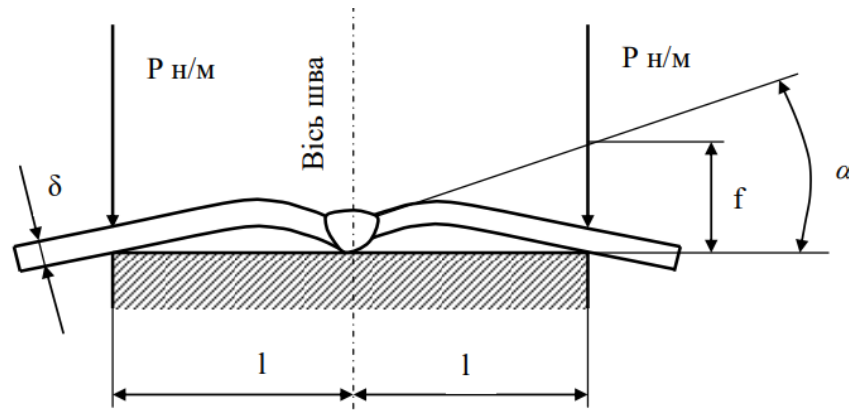


Рисунок 3.2 - Розрахункова схема визначення сил притиску листів при кутових деформаціях

Критичне значення кутової деформації визначають за формулою:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{кр}} = \frac{2 \cdot l \cdot \sigma_{\text{T}}}{3 \cdot E \cdot \delta} \quad (3.5)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{кр}} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 250}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 2} = 0,0079$$

Для визначення погонної сили притискання порівняємо критичне значення кутових деформацій з залишковими кутовими деформаціями.

Якщо $\alpha > \alpha_{\text{кр}}$, то розрахунок зусилля притискання необхідно виконувати за формулою:

$$P_{\text{доп}} = \frac{\sigma_{\text{T}} \cdot \delta^2}{6 \cdot l}, \text{ Н/м} \quad (3.6)$$

Якщо ж $\alpha < \alpha_{\text{кр}}$, то розрахунок слід вести за формулою:

$$P_{\text{доп}} = \frac{\delta^3 \cdot \operatorname{tg} \alpha_{\text{кр}} \cdot E}{4 \cdot l^2}, \text{ Н/м} \quad (3.7)$$

Оскільки для заданих умов проектування $\alpha < \alpha_{\text{кр}}$, тобто $0,0065 < 0,0079$, тому погонна сила притискання однієї кромки буде визначається за формулою (3.7):

$$P_{\text{доп}} = \frac{0,002^3 \cdot 0,0065 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 10^6}{4 \cdot 0,02^2} = 6825 \text{ Н/м}$$

Тоді, розрахункове зусилля на обидві кромки становитиме:

$$Q = 2P = 2 \cdot 6825 = 13650 \text{ Н/м}. \quad (3.8)$$

Результати розрахунку зусилля притискання під час зварювання листів у стик для різних товщин листа наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку зусилля притискання під час зварювання листів у стик

Товщина деталі, мм	1	2	3	4	5
Зусилля притискання	853,13	6825,00	23034,38	54600,00	106640,63

3.3.3 Розрахунок зусиль притискання для зварювання балок

Розглянемо випадок, коли притискач буде застосовуватися для кріплення елементів під час складання та зварювання балок для випадку утворення «грибоподібності» полиці під час зварювання поясних швів.

Вихідні дані до розрахунку:

- матеріал листів сталь ВСтЗсп;
- товщина полиці $\delta = 10$ мм;
- модуль пружності $E = 2,1 \times 10^5$ МПа;
- межа текучості $\sigma_T = 250$ МПа;
- половина ширини полиці $l = 200$ мм;
- залишкова кутова деформація $\text{tg}\alpha = 0,01$.

Поперечну деформацію пояса балки, закріпленої притискачами, розглядаємо як згинання двохконсольної пластини, закріпленої посередині та навантаженої по кінцях силами P .

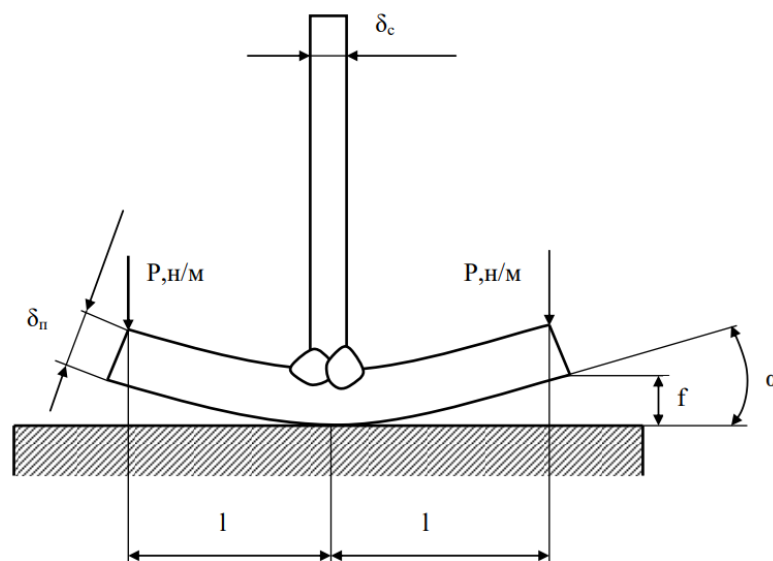


Рисунок 3.3 - Розрахункова схема визначення зусиль притискання полиці балки з виникненням кутових деформацій при зварюванні поясних швів

Критичне значення кутової деформації буде визначатися за виразом (3.5):

$$tg\alpha_{кр} = \frac{2 \cdot 200 \cdot 10^{-3} \cdot 250 \cdot 10^6}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 0,01} = 0,016$$

Для визначення погонної сили притискання полиці балки, як і в попередньому випадку, порівняємо критичні значення кутової деформації з залишковою деформацією.

Якщо $\alpha > \alpha_{кр}$, то розрахунок зусилля притискання необхідно виконувати за формулою (3.6).

Якщо ж $\alpha < \alpha_{кр}$, то розрахунок слід вести за формулою (3.7).

В нашому випадку $\alpha < \alpha_{кр}$. Підставимо відповідні вихідні та розрахункові значення у формулу (3.7) і визначимо необхідне зусилля притискання однієї кромки полиці балки:

$$P_{доп} = \frac{0,01^3 \cdot 0,01 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 10^6}{4 \cdot 0,2^2} = 13130 \text{ Н/м}$$

Отже, сила притискання всієї полиці зварної балки (3.8):

$$Q = 2 \cdot 13130 = 26260 \text{ Н/м.}$$

Для визначення можливості притискання полиці пружинним притискачем, розрахуємо необхідне зусилля притискання за різної її товщини та величини кутової деформації. Результати занесені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку зусилля притискання полиці
необхідне зусилля притискання полиці

Кут деформації	tg α	Товщина полиці, мм				
		1	2	3	4	5
1	0,017	22,31	178,50	602,44	1428,00	2789,06
2	0,035	45,94	367,50	1240,31	2940,00	5742,19
3	0,052	68,25	546,00	1842,75	4368,00	8531,25
4	0,07	91,88	735,00	2480,63	5880,00	11484,38
5	0,087	114,19	913,50	3083,06	7308,00	14273,44
6	0,105	137,81	1102,50	3720,94	8820,00	17226,56
7	0,123	158,81	1270,50	4287,94	10164,00	19851,56

З таблиці бачимо, що для деталей товщиною 1 мм кут деформації мало впливає на необхідне зусилля притискання.

3.3.4 Визначення значення рівномірно розподіленого зусилля притискання таврової балки при зварюванні поясних швів

Для визначення зусилля притискання балки рівномірно розподіленим навантаженням з метою уникнення деформації стінки балки по всій її довжини розглянемо наступну схему навантаження (рис. 3.4).

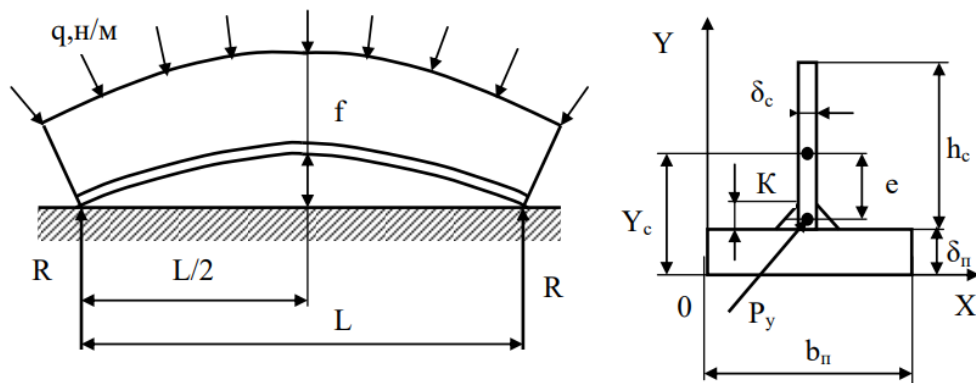


Рисунок 3.4 - Розрахункова схема притискання заготовок балки рівномірно розподіленими силами

Вихідні дані до розрахунку:

- матеріал листів сталь ВСт3сп;
- модуль пружності $E=2,1 \times 10^5$ МПа;
- межа текучості $\sigma_T=250$ МПа;
- товщина стінки $\delta_c=10$ мм;
- висота стінки $h_c=600$ мм;
- товщина полиці $\delta_n=20$ мм;
- ширина полиці $b_n=300$ мм;
- довжина балки $L=6$ м;
- струм зварювання $I=600$ А;
- напруга на дузі $U_d=40$ В:

- швидкість зварювання $V_{зв}=1$ см/с;
- к.к.д. процесу $\eta=0,8$;
- катет шва $K=8$ мм.

Для визначення рівномірно розподіленого навантаження спочатку необхідно знайти центр ваги таврової балки. Для цього знаходимо статичний момент її поперечного перерізу відносно осі $O-X$ та площу даного перерізу.

Статичний момент перерізу балки визначають за формулою:

$$S_x = b_{\pi} \cdot \delta_{\pi} \cdot \frac{\delta_{\pi}}{2} + b_c \cdot \delta_c \cdot \left(\frac{\delta_c}{2} + \delta_{\pi} \right), \text{ см}^3 \quad (3.9)$$

$$S_x = 30 \cdot 2 \cdot \frac{2}{2} + 60 \cdot 1 \cdot \left(\frac{60}{2} + 2 \right) = 1980 \text{ см}^3$$

Площа перерізу балки становить:

$$F = b_c \cdot \delta_c + b_{\pi} \cdot \delta_{\pi} = 60 \cdot 1 + 30 \cdot 2 = 120 \text{ см}^2 \quad (3.10)$$

Тоді, центр ваги балки буде становити:

$$Y_c = \frac{S_x}{F} = \frac{1980}{120} = 16,5 \text{ см} \quad (3.11)$$

Визначимо ексцентриситет прикладання зусилля усадки:

$$e = Y_c - \left(\frac{1}{3} K + \delta_{\pi} \right), \text{ см} \quad (3.12)$$

$$e = 16,5 - \left(\frac{1}{3} \cdot 0,8 + 2 \right) = 14,233 \text{ см}$$

Теплова потужність зварювальної дуги становитиме:

$$T = I \cdot U_{\text{д}} \cdot \eta = 600 \cdot 40 \cdot 0,8 = 19200 \text{ Вт} \quad (3.13)$$

Визначаємо значення сили усадки під час зварювання двох поясних швів:

$$P_{y2} = 1,15 \cdot 17 \frac{\text{Т}}{V_{зв}}, \text{ Н} \quad (3.14)$$

$$P_{y2} = 1,15 \cdot 17 \frac{19200}{1,0} = 375360 \text{ Н}$$

Тоді, величина розподіленого навантаження, яке прилягатиме на балку становитиме:

$$q = 9,6 \cdot \frac{P_{y2} \cdot e}{L^2}, \text{ Н/м} \quad (3.15)$$

$$q = 9,6 \cdot \frac{375360 \cdot 14,233 \cdot 10^{-2}}{6^2} = 14250 \text{ Н/м}$$

В результаті, зосереджена сила, яка діятиме на всю балку буде рівна:

$$Q = q \cdot L = 14250 \cdot 6 = 85500 \text{ Н} \quad (3.16)$$

Опорні реакції на кінцях балки, закріпленої в кондукторі становитимуть:

$$R = \frac{Q}{2} = \frac{85500}{2} = 42750\text{Н} \quad (3.17)$$

3.3.5 Визначення величини зусилля притискання таврової балки зосередженими силами при зварюванні поясних швів

Для визначення зусилля притискання балки зосередженими силами розглянемо наступну схему навантаження (рис. 3.5).

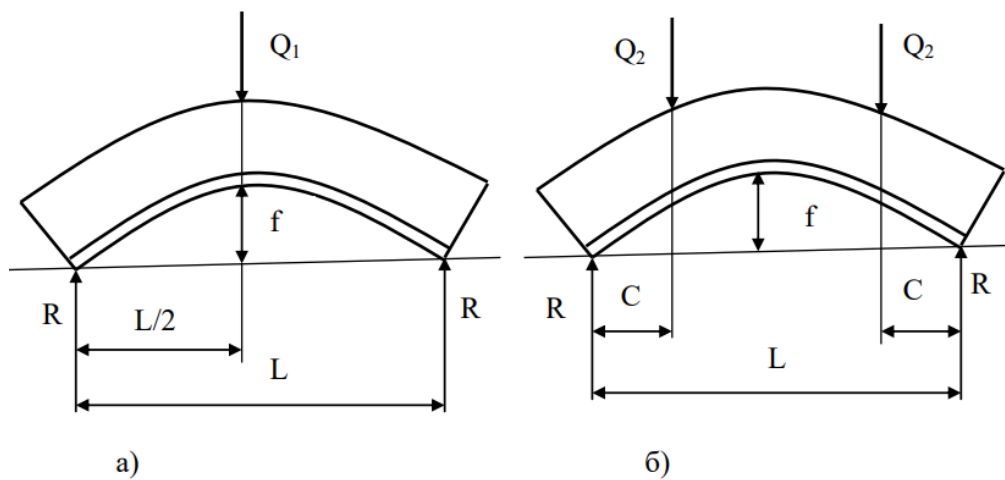


Рисунок 3.5 - Схема закріплення балки в кондукторі однією - а та двома – б зосередженими силами

Вихідні дані до розрахунку:

- матеріал листів сталь ВСт3сп;
- модуль пружності $E=2,1 \times 10^5$ МПа;
- межа текучості $\sigma_T=250$ МПа;
- товщина стінки $\delta_c=10$ мм;
- висота стінки $h_c=400$ мм;
- товщина полиці $\delta_{II}=20$ мм;
- ширина полиці $b_{II}=200$ мм;
- довжина балки $L=2,5$ м;
- відстань від краю балки до прикладання місця притискання $C=750$ мм;
- струм зварювання $I=600$ А;

- напруга на дузі $U_d=40$ В;
- швидкість зварювання $V_{зв}=1$ см/с;
- к.к.д. процесу $\eta=0,8$;
- катет шва $K=8$ мм.

Визначимо статичний момент S_x , площу поперечного перерізу балки F та центр її ваги Y_c за формулами (3.9-3.11):

$$S_x = 20 \cdot 2 \cdot \frac{2}{2} + 40 \cdot 1 \cdot \left(\frac{40}{2} + 2\right) = 920 \text{ см}^3$$

$$F = 40 \cdot 1 + 20 \cdot 2 = 80 \text{ см}^2$$

$$Y_c = \frac{920}{80} = 11,5 \text{ см}$$

Ексцентриситет прикладання сили усадки за (3.12) становитиме:

$$e = 11,5 - \left(\frac{1}{3} \cdot 0,8 + 2\right) = 9,233 \text{ см}$$

Теплова потужність зварювальної дуги за незмінних параметрів роботи джерела живлення зварювальної дуги становитиме 19200 Вт. Тоді сила усадки від зварювання двох поясних швів, визначена за (3.14), як і в попередньому випадку, буде рівна 375360 Н.

Для балки, довжиною 2,5 м значення однієї зосередженої сили (рис. 3.5,а) буде рівне:

$$Q_1 = 6 \cdot \frac{P_{y2} \cdot e}{L} = 6 \cdot \frac{375360 \cdot 9,233 \cdot 10^{-2}}{2,5} = 83180, \text{ Н} \quad (3.18)$$

При такому навантаженні, опорні реакції на кінцях балки будуть рівні:

$$R = \frac{Q_1}{2} = \frac{83180}{2} = 41590 \text{ Н.}$$

Значення зусилля притискання при навантаженні двома зосередженими силами (рис. 3.5,б) визначатиметься за формулою:

$$Q_2 = \frac{3 \cdot P_{y2} \cdot e \cdot L^2}{C \cdot (3L^2 - 4C^2)}, \text{ Н} \quad (3.19)$$

$$Q_2 = \frac{3 \cdot 375360 \cdot 9,233 \cdot 10^{-2} \cdot 2,5^2}{0,75 \cdot (3 \cdot 2,5^2 - 4 \cdot 0,75^2)} = 52510 \text{ Н}$$

Для такої схеми навантаження опорні реакції на кінцях балки:

$$R = \frac{2Q_2}{2} = \frac{2 \cdot 52510}{2} = 52510 \text{ Н} \quad (3.20)$$

Так як пружинні притискачі в основному використовуються для закріплення тонких листових деталей з величиною деформації до 3 мм, то для

кріплення та випрямлення балкових конструкцій як зосередженим так і розподіленим навантажувань для інших розмірних характеристик розраховувати немає сенсу.

3.3.6 Визначення необхідного зусилля притискання при виникненні розпірних та стягуючих сил

Розпірні сили (рис. 3.6) виникають та діють на складально-зварювальний пристрій в результаті нерівномірного нагрівання під час зварювання деталей встик. Розглянемо випадок зварювання пластин встик за наступними вихідними даними.

Вихідні дані до розрахунку:

- матеріал листів сталь ВСт3сп;
- модуль пружності $E=2,1 \times 10^5$ МПа;
- межа текучості $\sigma_T=250$ МПа;
- товщина деталі $\delta=1,0$ см;
- сумарна ширина зварної конструкції $L=80$ см;
- довжина деталі $B=50$ см;
- струм зварювання $I=725$ А;
- напруга на дузі $U_d=36$ В;
- швидкість зварювання $V_{зв}=1$ см/с;
- к.к.д. процесу $\eta=0,8$;
- теплофізичні властивості $\alpha=12 \times 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$; $C_V=5,2$ Дж/см³°C.

Теплова потужність зварювальної дуги:

$$T = I \cdot U_d \cdot \eta = 725 \cdot 36 \cdot 0,8 = 20880 \text{ Вт}$$

Ширина зони втрати пружних властивостей сталі при $\delta_0=2\delta=2$ см:

$$b_1 = \frac{0,484 \cdot T}{V_{зв} \cdot \delta_0 \cdot C_V \cdot 600}, \text{ см} \quad (3.21)$$

$$b_1 = \frac{0,484 \cdot 20880}{1 \cdot 2 \cdot 5,2 \cdot 600} = 1,62 \text{ см}$$

Ширина зони, в якій температура має значень 20°C :

$$Y_K = \frac{0,484 \cdot T}{V_{ЗВ} \cdot \delta_0 \cdot C_Y \cdot 20}, \text{ см} \quad (3.22)$$

$$Y_K = \frac{0,484 \cdot 20880}{1 \cdot 2 \cdot 5,2 \cdot 20} = 48,586 \text{ см}$$

Температурне видовження стикового з'єднання при нерівномірному нагріванні:

$$\Delta L = 2 \cdot \frac{0,484 \cdot T \cdot \alpha}{V_{ЗВ} \cdot \delta_0 \cdot C_Y} \ln \frac{Y_K}{b_1}, \text{ см} \quad (3.23)$$

$$\Delta L = 2 \cdot \frac{0,484 \cdot 20880 \cdot 12 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 5 \cdot 5,2} \ln \frac{48,586}{1,62} = 0,079, \text{ см}$$

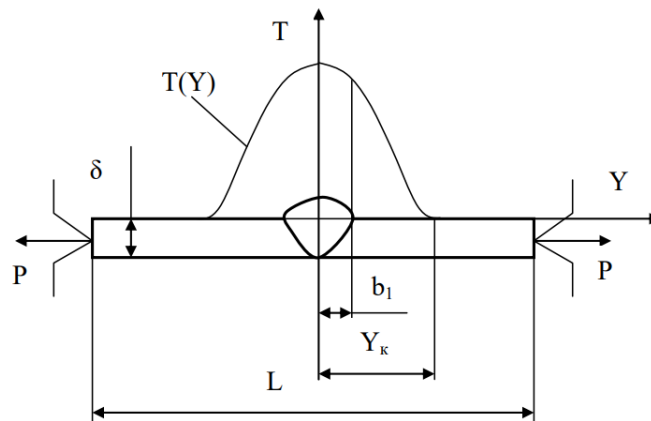


Рисунок 3.6 - Розрахункова схема для визначення розпирних сил від нерівномірного нагрівання при зварюванні в затискачах

Під час визначення величини розпирної сили при зварюванні в затискачах необхідно врахувати, що при установці заготовок в затискачах між заготовкою та упорами затискача можуть виникати зазори:

- при необроблених поверхнях упора і заготовки $\Delta=0^{+1} \dots 0^{+2}$ мм;
- при оброблених поверхнях упора і заготовки $\Delta=0^{+0,2} \dots 0^{+0,5}$ мм;
- при механічно обробленій поверхні упора і необробленій поверхні заготовки $\Delta=0^{+0,5} \dots 0^{+1,0}$ мм.

У зв'язку з цим реальне видовження зварного з'єднання буде залежати від величини зазорів між упором притискача та заготовкою $\Delta L' = \Delta L - \Delta$. Для розрахунку прийемо $\Delta = 0,5$ мм, тоді $\Delta L' = 0,079 - 0,05 = 0,029$ см.

Площа поздовжнього перерізу зварного з'єднання становитиме:

$$F = B \cdot \delta = 50 \cdot 1,0 = 50 \text{ см}^2. \quad (3.24)$$

Величина розпирної сили, яка діятиме на упор притискача становитиме:

$$P = \frac{\Delta L'}{L} \cdot E \cdot F, \text{ Н} \quad (3.25)$$

$$P = \frac{0,029}{80} \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 50 = 3806 \text{ Н}$$

Зворотнім випадком використання притискних пристроїв є їх застосування під час кріплення деталей під час зварювання замикаючих швів, коли в конструкції виникатимуть стягуючі сили деформації. Розглянемо випадок визначення необхідного зусилля розтискання за умови виникнення стягуючої сили під час зварювання замикаючих швів рамної конструкції (рис. 3.7).

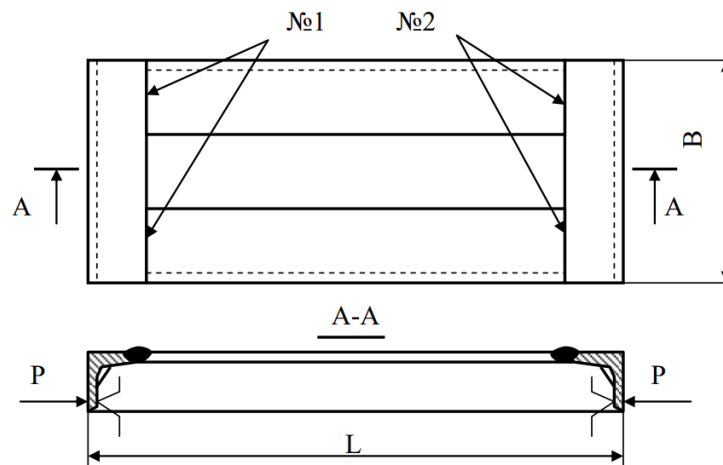


Рисунок 3.7 - Розрахункова схема визначення стягуючих сил при зварюванні замикаючих швів

Вихідні дані до розрахунку:

- матеріал листів сталь ВСтЗсп;
- модуль пружності $E=2,1 \times 10^5$ МПа;
- межа текучості $\sigma_T=250$ МПа;
- розмір кутників $7,0 \times 7,0$ см;
- товщина полиці $\delta=0,8$ см;
- ширина зварної конструкції $L=400$ см;
- площа поперечного перерізу $F=10,7$ см²;
- струм зварювання $I=200$ А;
- напруга на дузі $U_d=27$ В;
- швидкість механізованого зварювання $V_{зв}=7$ м/год;
- к.к.д. процесу $\eta=0,8$;

-теплофізичні властивості $\alpha = 12 \times 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$; $C_\gamma = 5,2 \text{ Дж/см}^3\text{}^\circ\text{C}$.

Теплова потужність зварювальної дуги

$$T = 200 \cdot 27 \cdot 0,8 = 4320 \text{ Вт}$$

Погонна енергія зварювання для швидкості механізованого зварювання швів $V_{зв} = 7 \text{ м/год} = 0,194 \text{ см/с}$ становитиме:

$$\frac{T}{V_{зв}} = \frac{4320}{0,194} = 22270 \text{ Дж/см}$$

Прийнявши конструктивно-технологічний коефіцієнт $k = 1,4$ визначимо поперечну усадку замикаючих зварних швів №1 або №2:

$$\Delta_{\text{п}} = k \cdot \frac{T \cdot \alpha}{V_{зв} \cdot \delta \cdot C_\gamma}, \text{ см} \quad (3.26)$$

$$\Delta_{\text{п}} = 1,4 \cdot \frac{4320 \cdot 12 \cdot 10^{-6}}{0,194 \cdot 0,8 \cdot 5,2} = 0,09 \text{ см}$$

Реальне вкорочення зварного виробу з урахуванням зазорів між упором притискача та заготовкою $\Delta = 0,05 \text{ см}$

$$\Delta'_{\text{п}} = \Delta_{\text{п}} - \Delta = 0,09 - 0,05 = 0,04 \text{ см.}$$

Значення сили стягування при площі поперечного перерізу заготовок з двох кутників $F = 2F_{\text{к}} = 2 \cdot 10,7 = 21,4 \text{ см}^2$ складає:

$$P = \frac{\Delta'_{\text{п}}}{L} \cdot E \cdot F, \text{ Н} \quad (3.27)$$

$$P = \frac{0,04}{400} \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 21,4 = 449,4 \text{ Н}$$

При виникненні розпирних та стягуючих сил пружинні притискачі можуть застосовуватися як частини складальної оснастки шляхом встановлення їх у зварювальних кондукторах. Через незначне зусилля притискання вони забезпечують легкість встановлення і зняття деталі з кондуктора. Однак слід пам'ятати, що при виникненні значних зусиль деформації при зварюванні деталей з товстими стінками кількість притискачів на одному кондукторі буде різко зростати.

3.4 Обґрунтування параметрів притискача

Пружинні притискачі в більшості випадків складального виробництва використовуються для фіксації не великих тонких листових деталей, оскільки

вони не можуть забезпечувати великого зусилля притискання. У зварювальному виробництві в основному використовуються круглі та листові притискачі. Корпус притискача кріпиться в корпусі складального пристрою гвинтами, штифтами або приварюється.

Пружинні притискні пристрої для фіксації деталей під час зварювальних робіт характеризуються простотою конструкції, зручністю експлуатації, швидким монтажем та можливістю регулювання зусилля притискання заготовок шляхом зміни жорсткості пружини. На рис. 3.8 наведено конструктивну схему притискача з циліндричною пружиною. В даній конструкції вихідне зусилля W перетворюється в зусилля притискання заготовки Q . Під дією зусилля переміщення гайки 5 циліндрична пружина 6 має можливість стискатися на певну величину f_n із запасом 1...3 мм. Запас необхідний для компенсації неточностей установки притискача в корпусі складального пристрою або стола, а також неточності поверхні деталі, яку ним притискають. Зусилля, створене пружиною 6 передається заготовці 1 через стакан 2.

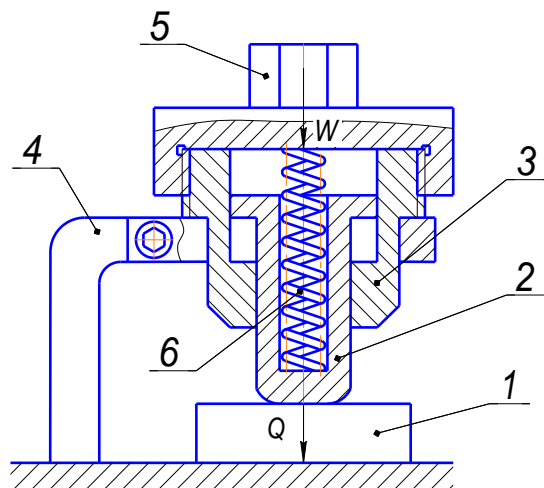


Рисунок 3.8 – Схема пружинного притискача

1 – деталь; 2 – стакан; 3 – корпус; 4 – стояк; 5 – гайка; 6 – пружина

Необхідний діаметр пружини та діаметр дроту, з якого її виготовляють, вибирається стандартними або з розрахунку пружини на кручення. Оскільки при статичному навантаженні циліндричної пружини осьовою силою в

поперечному перерізі її витків виникають дотичні напруження кручення, за якими можна визначити зусилля стискання:

$$Q = \frac{\pi \cdot d^3}{8 \cdot D} \cdot [\tau_k], \quad (3.28)$$

де Q – зусилля стискання пружини, Н;

d – діаметр дроту пружини, м;

D – середній діаметр пружини;

$[\tau_k]$ – допустиме напруження кручення, МПа.

Допустиме напруження кручення можна визначити з допустимого зусилля матеріалу на згин:

$$[\tau_k] = [\sigma_{зг}]/1,25, \quad (3.29)$$

Для виготовлення пружин підходить дріт, виготовлений зі сталей 65Г, 60С2 та 60С2А, який має допустиме напруження згину 450...600 МПа.

Вкорочення пружини під дією сили Q можна визначити за формулою:

$$f_n = \frac{8 \cdot Q \cdot D^3}{G \cdot d^4} \cdot i \quad (3.30)$$

де G – модуль зсуву (для сталі $G = 0,8 \cdot 10^4$ МПа);

i – кількість витків пружини.

Висоту пружини можна визначити за формулою:

$$H_n = i \cdot t + d, \quad (3.31)$$

де t – крок витків пружини.

З метою уникнення втрати стійкості висоту пружини у вільному стані рекомендується обмежити умовою $H_n/D = 3$.

3.5. Розрахунок пружини притискача

Під час розрахунку пружини стиску притискного пристрою приймаємо, що навантаження, яке діятиме на пружину, буде спрямоване вздовж її осі (рис. 3.10). За таких умов сили, які діятимуть на виток пружини в будь-якому місці його перерізу, будуть зводитися до сили P , яка згинає виток і моменту $M_{кр} = \frac{P \cdot D}{2}$, який буде його скручувати [21].

За таких умов навантаження основне значення буде мати крутний момент, за яким і будемо виконувати розрахунки.

Напруження зсуву в перерізі витка матимуть максимальне значення по його колу і визначаються за емпіричною формулою для круглого бруса, який піддається скручуванню:

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_{кр}} \quad (3.32)$$

де $W_{кр}$ – розрахунковий момент опору перетину витка скручуванню;

$$W_{кр} = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \approx 0,2 \cdot d^3$$

де d - діаметр перетину витка пружини, мм.

Вплив кривизни осі витка враховується коефіцієнтом форми k , який залежить індексу пружини. Індекс циліндричної пружини визначають зі співвідношення $c = \frac{D}{d}$. З врахуванням коефіцієнта k формула (3.34) матиме вигляду:

$$\tau = k \cdot \frac{M_{кр}}{W_{кр}} = k \cdot \frac{8P \cdot D}{\pi \cdot d^3} \quad (3.33)$$

Для проектних розрахунків значення коефіцієнта k вибирають за рисунком 3.10 для різних кутів підйому витків α .

Для найбільш поширених значень $\alpha = 6 \dots 12^\circ$ коефіцієнт k можна також виразити формулою:

$$k = \frac{4c + 2}{4c - 3} \quad (3.34)$$

Для індекс пружини $c = 8 \dots 12$, рекомендовані значення $k = 1,1 \dots 1,2$.

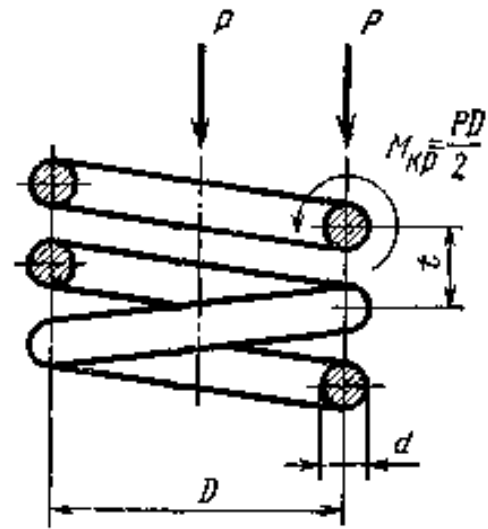


Рисунок 3.9 - Схема дії сил при осьовому навантаженні на пружину стискання

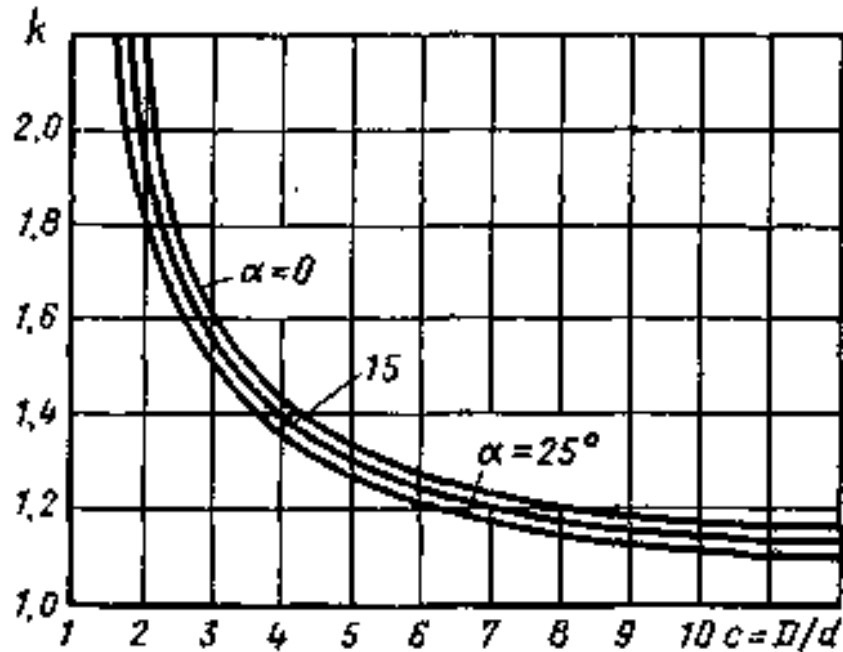


Рисунок 3.10 - Графік вибору коефіцієнта індексу пружин стиску

В нашому випадку маємо:

$$c = \frac{D}{d} = \frac{15}{3} = 5$$

Тоді

$$k = \frac{4 \cdot 5 + 2}{4 \cdot 5 - 3} = 1,29$$

Із формули (3.35) знайдемо зусилля, яке розвивається пружиною:

$$P = \frac{\pi \cdot d^3}{8k \cdot D} \cdot \tau = 0,392 \cdot \frac{d^3}{k \cdot D} \cdot \tau \quad (3.35)$$

$$P = 0,392 \cdot \frac{3^3}{1,29 \cdot 15} \cdot 500 = 273,5 \text{ Н}$$

Осьове переміщення торців пружини (усадку пружини) під дією сили P визначають за формулою:

$$\lambda = \frac{8 \cdot P \cdot D^3 \cdot i}{G \cdot d^4} = \frac{8 \cdot P \cdot c^3 \cdot i}{G \cdot d} \quad (3.36)$$

де i - число робочих витків циліндричної пружини;

c - індекс циліндричної пружини;

G - модуль зсуву (для пружинних сталей в середньому $G = 8 \cdot 10^5$ МПа) [20].

Підставивши в (3.38) значення зусилля P з виразу (3.37), отримаємо: $\lambda =$

$$\frac{\pi \cdot D^2 \cdot i}{k \cdot G \cdot d} \tau = \frac{\pi \cdot c \cdot D \cdot i}{k \cdot G} \cdot \tau \quad (3.37)$$

$$\lambda = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 15 \cdot 10}{1,29 \cdot 8 \cdot 10^5} \cdot 500 = 6,85 \text{ мм}$$

При перевірочному розрахунку, знаючи D , d та i , можна визначити напруженість, що виникає у витках, і деформацію пружини під дією сили P .

Задавшись значенням допустимого напруженості в межах $\tau_{\text{доп}} = 4000 \dots 6000$ кгс/см², перевіряємо правильність вибору діаметра d дроту:

$$d = 1,6 \cdot \sqrt[2]{\frac{k \cdot P \cdot c}{\tau_{\text{доп}}}} \quad (3.38)$$

$$d = 1,6 \cdot \sqrt[2]{\frac{1,29 \cdot 273,5 \cdot 5}{500}} = 3,005 \text{ мм}$$

Визначаємо необхідне для отримання заданого прогину число робочих витків:

$$i = \frac{\lambda \cdot G \cdot d}{8 \cdot c^3 \cdot P} \quad (3.39)$$

$$i = \frac{6,85 \cdot 8 \cdot 10^5 \cdot 3}{8 \cdot 10^3 \cdot 273,5} = 7,51$$

Приймаємо: $i=8$

Довжину пружини в стиснутому стані визначаємо за формулою:

$$L_{cm} = t_{cm}(i - 2) + d(i_o + 1) \quad (3.40)$$

де i_{on} - кількість опорних витків пружини, ($i_{on} = 2 - 3$);

t_{cm} - крок робочих витків пружини в стиснутому стані

$$t_{cm} = d + s$$

де d - діаметр дроту пружини, мм;

s - мінімальний зазор між робочими витками пружини ($s=d \cdot (0,3 \dots 1)$).

$$t_{cm} = 3 + 2 = 5 \text{ мм}$$

$$L_{cm} = 5 \cdot (8 - 2) + 3 \cdot (2 + 1) = 39 \text{ мм}$$

Тоді, довжина пружини в вільному стані становитиме:

$$L = L_{cm} + \lambda \quad (3.41)$$

$$L = 39 + 6,85 = 48,85 \text{ мм}$$

Крок робочих витків пружини у вільному стані (крок навивки) визначають за наступною формулою:

$$t = \frac{L - d \cdot (i_{on} + 1)}{i - 2} \quad (3.2)$$

$$t = \frac{48,85 - 3 \cdot (2 + 1)}{8 - 2} = 6,64 \text{ мм}$$

Приймаємо: $t = 7,13$, як найближче значення кроку, що можна отримати під час навивки на навивочному автоматі для діаметра дроту $d = 3$ мм [25].

За прийнятим стандартним значенням $t = 7,13$ кінцево визначимо довжину пружини за (3.31):

$$H_{\Pi} = 8 \cdot 7,13 + 3 = 60,04 \text{ мм}$$

Кінцево для виготовлення приймаємо пружину довжиною 60 мм.

Величину стискання пружини завжди необхідно вибирати дещо більшою від необхідної для забезпечення сили притискання. Так вдається отримати певний запас осадки пружини та можливість її регулювання.

Висновки за розділом

За результатами розрахунків встановлено, що для прийнятого діаметру пружини 15 мм, встановленої в корпусі притискача діаметр дроту, з якого вона навивається становить 3 мм. При довжині 60 мм така пружина в стиснутому стані створюватиме зусилля притискання 250...300 Н. При цьому усадка

пружини становитиме 6 мм, чого достатньо для кріплення деталей товщиною до 3 мм.

Судячи з результатів, наведених в табл. Одного пружинного притискача достатньо для кріплення листових заготовок товщиною до 2 мм з максимальною деформацією 1,5...2 мм та кутом до 3 градусів.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Аналіз вимог з охорони праці під час виконання робіт на металообробних верстатах

Загальні положення

Вимоги з охорони праці під час виконання робіт на металообробних верстатах формуються на основі галузевих правила з техніки безпеки і виробничої санітарії при холодній обробці металів на металорізальних верстатах; правила безпеки при обробці металів різанням; правила і норми безпечної роботи з абразивним інструментом; та типових положень про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці [8, 12].

До роботи на металообробних верстатах допускаються особи не молодше 18 років, що пройшли спеціальне навчання й одержали дозвіл на виконання токарних робіт.

Не слід торкатися до електропроводів та інших частин, що проводять струм, а також самому усувати несправності електрообладнання для уникнення ураження електричним струмом.

Бути уважним, не займатись сторонніми справами й розмовами, не відволікати увагу інших.

Не стояти і не проходити під піднятим вантажем або поблизу нього.

Постійно виконувати правила техніки безпеки, утримувати своє робоче місце в чистоті й порядку, не загроможувати проходи.

Палити в спеціально відведених місцях.

Помітивши порушення правил по техніці безпеки іншою особою або небезпеку для оточуючих, попередити цю особу або механіка про необхідність дотримання вимог, що забезпечують безпеку праці.

У випадку травмування або недомагання закінчити роботу, сповістити про це механіка і звернутися в медпункт.

Вимоги безпеки перед початком роботи.

Надіти робочий одяг. Застібнути або обв'язати обшлага рукавів, заправити одяг так, щоб не було кінців, що розвиваються.

Оглянути робочий одяг, забрати всі предмети, що заважають при роботі. Робочий інструмент і пристрої розкласти в зручному й безпечному для користування порядку і перевірити справність.

Переконатися в тому, що робоче місце достатньо освітлене і світло не буде сліпити очі.

Перевірити наявність, справність і міцність кріплення огороження та інших частин, що обертаються.

Перевірити чи не обірваний провід заземлюючого пристрою і його з'єднання.

При закріпленні інструменту в шпинделі за допомогою клинків, гвинтів, планок та інших пристроїв ці елементи не повинні виступати поза межі шпинделя. У випадку неможливого виконання цієї вимоги поверхні вказаних елементів слід закривати захисним пристроєм.

Перевірити на холостому ході справність верстату, про всі несправності сповістити механіка і до їх усунення до роботи на верстаті не приступати.

Вимоги безпеки під час роботи.

Знімаючи (згвинчуючи) патрон або планшайбу, необхідно обертати їх тільки вручну. Забороняється для виконання цієї операції включати шпиндель верстата.

Під час роботи верстата забороняється торкатися обертаючих частин, вводити руку в зону їх руху, класти на верстат деталі та інструменти.

При обробці в'язких матеріалів (сталей) необхідно застосовувати різці зі спеціальною заточкою або пристрої, що забезпечують роздроблення стружки в процесі різання. При обробці крихких матеріалів і при утворенні роздрібненої на малі частини стружки повинні застосовуватись стружковідвідники.

Обробка металів, що утворюють зливну стружку, повинна проводитися із застосуванням стружколомачів для роздроблення стружки.

Обпиловка, поліровка, зачистка абразивним полотном деталей, що обробляються на верстатах, повинна проводитися за допомогою спеціальних пристроїв (інструменту) і методами, що забезпечують безпеку виконання цих операцій.

Прутковий матеріал, що подається для обробки на верстаті, не повинен мати кривизни.

При обробці на високих швидкостях із метою безпеки необхідно користуватися обертовими центрами.

Для створення безпечних умов праці при обробці деталей великої довжини повинні застосовуватись люнети.

Перед кожним включенням верстату переконатися, що його пуск нікому не загрожує небезпекою.

Ріжучий інструмент підводити до деталі, яка обробляється плавно, без ударів і різкого натиску.

Вимкнення верстату необхідно здійснювати в наступних випадках: при тимчасовому закінченні роботи; при перерві в подачі електроенергії; для очищення, мащення і наладки верстату; при підтягуванні болтів, гайок, клинків та інших з'єднань деталей; при замірі деталей, які обробляються.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.

Для уникнення травмування – вставляти або виймати деталі, які обробляються із шпинделя дозволяється лише тільки після повної зупинки.

При встановленні деталі, яка обробляється в шпиндель верстату слідкувати за надійністю його кріплення й правильністю центрування.

У випадку засідання або поломки ріжучого інструменту вимкнути станок. Під час роботи верстату не нахилитись близько до шпинделя і ріжучого інструменту.

Команду «Стій» виконувати швидко, хто б її не подав – це команда запобігання аварії та нещасних випадків.

Після вимикання верстату не допускається сповільнювати обертання шпинделя рукою або будь-яким іншим предметом.

При виявленні несправності негайно викликати пожежну бригаду і прийняти заходи по ліквідуванню пожежі наявними засобами пожежогасіння.

Вимоги безпеки після закінчення роботи.

Виключити електрообладнання.

Привести до ладу робоче місце. Прибрати інструмент, обладнання, пристрої у відведене для них місце.

Зняти спецодяг, помити лице, руки теплою водою з милом, при можливості прийняти душ.

Повідомити майстра про всі недоліки, які мали місце під час роботи.

4.2. Моделювання процесу формування і виникнення травмонебезпечної ситуації під час роботи металоріжучому верстаті

Одним із основних способів моделювання небезпечних ситуацій є метод графічно окресленого логічного моделювання потенційних аварій, травм і катастроф. Цей метод базується на побудові схем, відмов і помилок працівників (операторів) різних систем. В ньому потрібно вести математичну обробку даних, з метою одержання ймовірності виникнення травматичних випадкових подій. Розрахунки спрямовані на зниження нещасних випадків на виробництві [4].

Вивчаючи модель процесів формування та можливого виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій, з якої починається небезпечний процес і до виникнення небезпечних наслідків. Якщо провести дослідження то обов'язково можна знайти подію (явище), що є причиною травмонебезпечних чи аварійних ситуацій.

Розглянемо випадок виробничого травматизму під час механічної обробки різанням деталей пружинного притискача для зварювальних робіт. У даному випадку може відбутися травма працівника, внаслідок ураження електричним струмом, захоплення робочого одягу рухомими частинами верстата та використання верстата не за призначенням або на недозволенних режимах. Головну подію розміщують у верхній частині аркуша паперу і зверху

донизу розміщують інші події. У побудованій моделі базові події мають форму круга. Нерозкриті базові події зображують у вигляді ромба, прямокутник подія, що виникає як результат дії фактора.

Математичну обробку побудованої моделі починають з крайньої лівої гілки, події якої пронумеровані знизу у вгору починаючи з базових подій і закінчуючи головною. Значення подій вказуємо безпосередньо на символи зображення події. Ймовірності виробничих подій визначаємо за даними виробництва. Наприклад, базова подія “охорона праці”. Для визначення ймовірності ми повинні встановити наскільки (%) від ідеального рівня здійснюється відповідний контроль на об’єкт. Якщо буде встановлено, що такий рівень контролю становить 20 або 30%, то ймовірність відповідно становить 0,2 і 0,3. При відсутності контролю ймовірність “не здійснення контролю” становитиме 1, якщо контроль ідеальний, то відповідна ймовірність дорівнює 0. Для виконання математичних обчислень ймовірностей випадкових подій логіко-імітаційної моделі застосовують складені формули відповідно до положень.

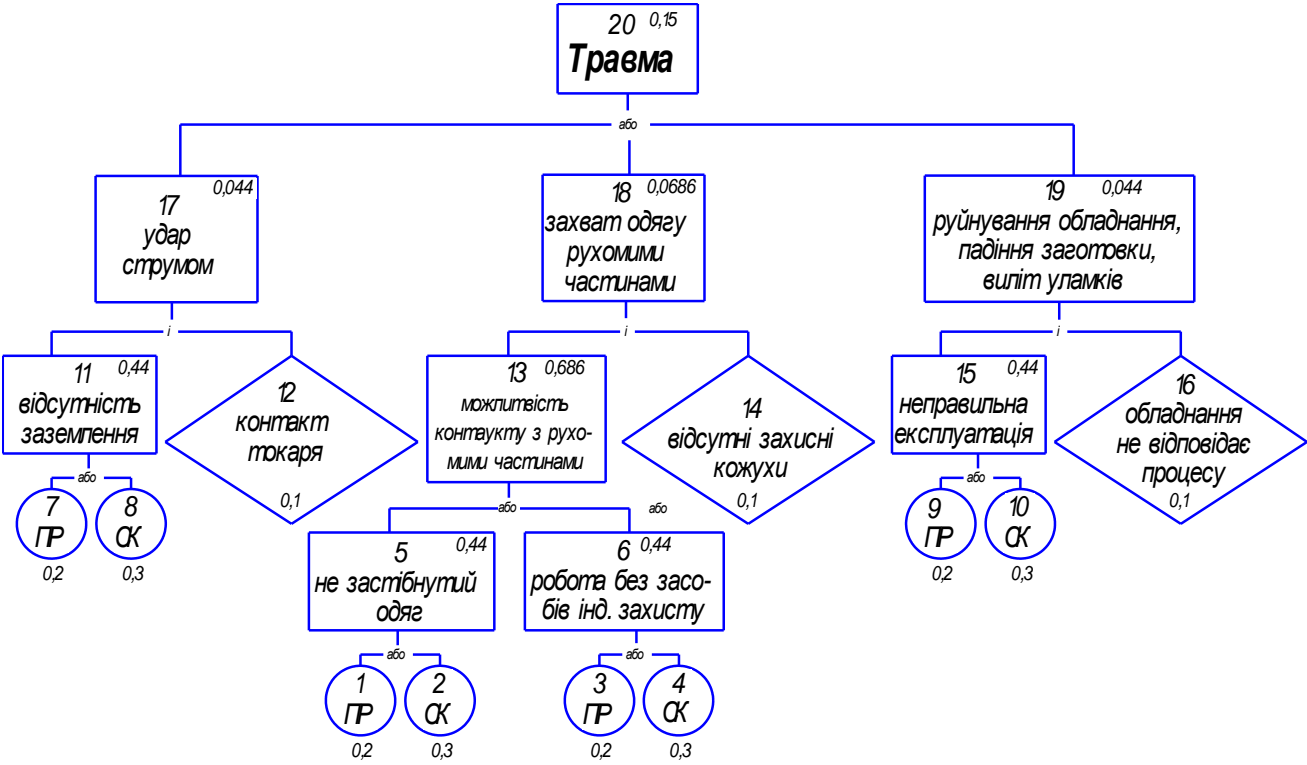


Рисунок 4.1. Модель процесу формування та виникнення травми

На даній схемі графічно відображено математичну обробку даних на виробництві про нещасні випадки.

Ймовірність події P_5 визначаємо наступним чином

$$P_5 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2 = 0,2 + 0,3 - 0,2 \cdot 0,3 = 0,44 \quad (4.1)$$

Ймовірність подій P_6, P_{11}, P_{15} буде рівною події P_5 , оскільки базові події для них є однаковими.

Ймовірність події P_{13}

$$P_{13} = P_5 + P_6 - P_5 \cdot P_6 = 0,44 + 0,44 - 0,44 \cdot 0,44 = 0,6864 \quad (4.2)$$

Ймовірність події P_{17}

$$P_{17} = P_{11} \cdot P_{18} = 0,44 \cdot 0,1 = 0,044 \quad (4.3)$$

Ймовірності подій P_{19} буду рівною події P_{17} , оскільки події P_5, P_6, P_{11}, P_{15} рівні між собою.

Ймовірність події P_{18}

$$P_{18} = P_{13} \cdot P_{14} = 0,6864 \cdot 0,1 = 0,069 \quad (4.4)$$

Ймовірність події P_{20}

$$P_{20} = P_{17} + P_{18} + P_{19} - P_{17} \cdot P_{18} - P_{17} \cdot P_{19} - P_{18} \cdot P_{19} \quad (4.5)$$

$$P_{24} = 0,044 + 0,069 + 0,044 - 0,044 \cdot 0,069 -$$

$$-0,044 \cdot 0,044 - 0,069 \cdot 0,044 = 0,15$$

Таким чином, на робочому місті під час механічної обробки деталей притискача за наявності і можливості виникнення існуючих небезпек та небезпечних діях на 100 робочих місць ймовірність виникнення травмонебезпечної ситуації становить 0,15 (15 %).

Такий високий показник пояснюється великою кількістю небезпечних факторів та високими вимогами щодо кваліфікації працівників, якості виконання технологічного процесу та умов безпеки праці.

Висновки за розділом

В даному розділі проаналізовано вимоги нормативно-правових документів щодо охорони праці та виробничої санітарії під час виконання робіт в механічних цехах на металообробних верстатах різанням.

Встановлені основні чинники та причини виникнення травмонебезпечних ситуацій під час роботи на металоріжучих верстатах.

Розроблено логічні моделі виникнення окремих травмонебезпечних ситуацій та проведено визначення ймовірності виникнення травмонебезпечної ситуації в конкретних умовах виробництва шляхом математичного моделювання.

В результаті моделювання встановлено, що за наявних небезпечних факторів та недоліків в організації праці ймовірність виникнення травми становить 15 %. Усунення всіх недоліків та підвищення контролю з ОП дозволить мінімізувати виробничий травматизм на підприємстві.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТУ

Економічний розрахунок розробки виконуємо за основними затратами, необхідними для виготовлення комплексу притискачів з 4 шт. До основних статей витрат відносяться вартість технологічних матеріалів та покупних деталей, затрати на оплату праці робітників з необхідними доплатами, затрати на роботу обладнання тощо.

Проектований пружинний притискач планується виготовляти в заводських умовах. Затрати на конструкційні матеріали (прокат сталевий) будемо визначати з розрахунку на 1 притискач. До даної вартості входять також транспортні затрати та затрати на виконання заготівельних операцій.

Характеристика матеріалів, які використовуються для виготовлення притискача наведена в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Характеристика конструкційних матеріалів

Деталь	Марка сталі	Діаметр прутка, мм	Довжина заготовки, мм	Ціна, грн/м	Вартість, грн
Стакан	Круг 22 Ст35	22	50	115,9	5,79
Корпус	Круг 40 Ст20	40	60	406,2	24,37
Гайка	Круг 50 Ст20	50	40	634,6	25,38
Разом					55,54

Транспортно логістичні витрати становлять 15% від вартості матеріалів, і будуть рівні 8,33 грн.

Вартість пружини стиску за даними [26] становить 75 грн. Отже вартість притискача з розрахунку на вагу матеріалу становить:

$$V_v = 55,54 + 75 = 130,54 \text{ грн} \quad (5.1)$$

Перелік та характеристика операцій, передбачених технологією виготовлення притискача наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Характеристика виконання робіт

Види робіт	Трудомісткість люд. год	Розряд	Тарифна ставка, грн.	Тарифний фонд, грн.
Проектні	2,2	IV	7,6	16,72
Верстатні	2,4	IV	6,1	14,64
Складальні	0,2	IV	5,4	1,08
	$\Sigma = 4,8$			$\Sigma = 32,44$

Затрати праці на виготовлення притискача становлять $Z_n = 4,8$ люд. год.

Визначимо нарахування на доплату праці за професійну майстерність робітників:

$$Z_{\text{проф}} = T_{\text{ф}} \cdot 16\%, \quad (5.2)$$

$$Z_{\text{проф}} = 32,44 \times 0,16 = 5,19 \text{ грн}$$

Відрахування на преміювання працівників визначаються за формулою:

$$Z_{\text{пр}} = T_{\text{ф}} \cdot 50 \%, \quad (5.3)$$

$$Z_{\text{пр}} = 32,44 \cdot 50 = 16,22 \text{ грн}$$

Розраховуємо надбавки працівникам за безперервний стаж роботи:

$$Z_{\text{ст}} = T_{\text{ф}} \cdot 30 \%, \quad (5.4)$$

$$Z_{\text{ст}} = 32,44 \cdot 0,3 = 9,73 \text{ грн}$$

Відрахування до фонду формування відпустки становлять:

$$Z_{\text{відп}} = (T_{\text{ф}} + Z_{\text{проф}} + Z_{\text{пр}} + Z_{\text{ст}}) \cdot 11,3 \% \quad (5.5)$$

$$Z_{\text{відп}} = (32,44 + 5,19 + 16,22 + 9,73) \cdot 0,113 = 7,18 \text{ грн}$$

Відрахування до фонду оплати праці визначаються за формулою:

$$Z_{\text{фон}} = (T_{\text{ф}} + Z_{\text{проф}} + Z_{\text{пр}} + Z_{\text{ст}} + Z_{\text{відп}}) \cdot 20,4 \% \quad (5.6)$$

$$Z_{\text{фон}} = (32,44 + 5,19 + 16,22 + 9,73 + 7,18) \cdot 0,204 = 14,44 \text{ грн}$$

Визначимо затрати коштів на роботу обладнання в виробничих цехах (сума затрат на енергоресурси, амортизацію та ТО обладнання):

$$Z_{\text{ц}} = (T_{\text{ф}} + Z_{\text{проф}} + Z_{\text{пр}} + Z_{\text{ст}} + Z_{\text{відп}} + Z_{\text{фон}}) \cdot 142 \% \quad (5.7)$$

$$Z_{\text{ц}} = (32,44 + 5,19 + 16,22 + 9,73 + 7,18 + 14,44) \cdot 1,42 = \\ = 120,98 \text{ грн}$$

Отже, повна вартість виготовлення пружинного притискача становитиме:

$$V_{\text{повна}} = V_{\text{в}} + T_{\text{ф}} + Z_{\text{проф}} + Z_{\text{пр}} + Z_{\text{ст}} + Z_{\text{відп}} + Z_{\text{фоп}} + Z_{\text{ц}} \quad (5.8)$$

$$V_{\text{повна}} = 130,54 + 8,33 + 32,44 + 5,19 + 16,22 + 9,73 + 7,18 + 14,44 + \\ 120,98 = 237,05 \text{ грн}$$

Собівартість виготовлення комплекту притискачів з чотирьох штук становитиме:

$$V_{\text{к4}} = 237,05 \times 4 = 948,2 \text{ грн}$$

Висновки за розділом

За результатами розрахунків встановлено, що собівартість виготовлення одного пружинного притискача запропонованої конструкції становить 237,05 грн, а комплекта з чотирьох штук – 948,2 грн. Судячи з ринкових цін на зварювальну оснастку така вартість є прийнятною.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналізу існуючих притискних пристроїв показав необхідність розробки зварювального затискача, який мав би можливість швидкого фіксування деталей, був простий у конструкції і недорогим у виробництві.

2. За результатами теоретичних досліджень встановлено, що основними вихідними даними до проектування притискних пристроїв є схема розташування деталей під час зварювання, вид зварного з'єднання та параметри зварного шва, геометричні параметри деталей та схема розташування притискних пристроїв на загальній зварній конструкції, а також сили усадки та деформувальні сили, які залежать від виду та марки матеріалів, а також їх товщини і способу зварювання.

3. За результатами розрахунків встановлено, що для прийнятого діаметру пружини 15 мм, встановленої в корпусі притискача діаметр дроту, з якого вона навивається становить 3 мм. При довжині 60 мм така пружина в стиснутому стані створюватиме зусилля притискання 250...300 Н. При цьому усадка пружини становитиме 6 мм, чого достатньо для кріплення деталей товщиною до 3 мм. Одного пружинного притискача достатньо для кріплення листових заготовок з максимальною деформацією 1,5...2 мм на кут до 3 градусів.

4. В результаті моделювання процес у можливості виникнення травмонебезпечної ситуації встановлено, що за наявних небезпечних факторів та недоліків в організації праці ймовірність виникнення травми становить 15 %. Усунення всіх недоліків та підвищення контролю з ОП дозволить мінімізувати виробничий травматизм.

5. За результатами техніко-економічних розрахунків встановлено, що собівартість виготовлення одного пружинного притискача запропонованої конструкції становить 237,05 грн. Судячи з ринкових цін на зварювальну оснастку така вартість є прийнятною.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Березін Л.Я., Хоменко М.М., Карпенко А.С. Засоби технологічного оснащення зварювального виробництва. Навчальний посібник. – Чернігів: ЧДТУ, 2003. 142 с.
2. Биковський О.Г. Зварювання, різання й контроль якості під час виробництва металоконструкцій: підручник. Київ: Основа, 2021. 400 с.
3. Вернигора В.Д. Методичні вказівки до практичного заняття „Розрахунок віброізоляційного устаткування” з дисципліни “ Охорона праці в галузі ” для здобувачів вищої освіти другого (магістерського рівня) денної форми навчання спеціальностей: 274 «Автомобільний транспорт»; 131 «Інженерна механіка»; 133 «Машинобудування». Кам’янське: ДДТУ, 2017. 16 с.
4. Городецький І. В, О. Тимочко. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях: методичні рекомендації до виконання розділу у роботах ОКР ”Магістр” студентами факультету механіки та енергетики. Львів: Львівський НАУ, 2011. 16 с.
5. Гуменюк І.В. Іваськів О.В., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: Підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.
6. Драган С.В., Лабарткава А.В. Практикум зі зварювання: Навчальний посібник. Миколаїв: НУК, 2008. 68 с.
7. ДСТУ 2456-94. Зварювання дугове і електрошлакове. Вимоги безпеки. [Чинний від 1995-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 1994. 48 с.
8. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Сторожук В.М., Туряб Л.В., Лико Х.І. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 352 с.
9. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві: Навчальний посібник. Київ: Арістей, 2005. 268 с.
10. Конспект лекцій з дисципліни «Напруження та деформації при зварюванні» для студентів денної форми навчання з напрямку 7.050504 -

Технологія та устаткування зварювання. Укл. доцент, к.т.н. Гасило Ю.А. Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2015р., 48 с.

11. Контрольно-вимірювальні пристрої технологічних машин: навчальний посібник / За ред. проф. З. А. Стецька. Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2008. 321 с.

12. Левченко О. Г. Охорона праці у зварювальному виробництві Навчальний посібник. Київ: Основа, 2010. 240 с.

13. Лисак В.В. Складально-зварювальне оснащення-2. Проектування складально-зварювальної оснастки. Курсовий проєкт: рекомендації до виконання: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Технології та інжиніринг у зварюванні». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 67 с.

14. Махненко В. І., Єрмолаєв Г. В., Квасницький В. В., Лабарткава А. В. Напруження та деформації при зварюванні: навчальний посібник. Миколаїв: НУК, 2011. 240 с.

15. Мироненко О. М., Буренніков Ю. А. Курсове проектування з дисциплін «Проектування пристосовань», «Системи автоматизованого проектування технологічної оснастки» : навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2007. 61 с.

16. Напруження та деформації при зварюванні і паянні : підручник / за заг. ред. Л. М. Лобанова. Миколаїв: НУК, 2016. 246 с.

17. Осіпов М.Ю., Капустян О.Є. Конспект лекцій з дисциплін "Складально-зварювальне оснащення" і "Оснащення для наплавлення та напилення" (частина 1) для студентів спеціальності 131 "Прикладна механіка" усіх форм навчання. Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. 66 с.

18. Осіпов М.Ю., Капустян О.Є. Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни "Допоміжне обладнання для зварювання та інженерії поверхонь" для студентів спеціальності 131 "Прикладна механіка" освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» усіх форм навчання. Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. 58 с.

19. Петров О. В., Сухоруков С.І. Технологічна оснастка: навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2018. 123 с.
20. Писаренко Г.С. та ін. Опір матеріалів: Підручник. Київ: Вища школа, 2004. 655 с.
21. Роганов Л.Л., Карнаух С.Г. Розрахунок пружин, ресор та пружних амортизаторів. Навчальний посібник до курсового та дипломного проектування для студентів механічних спеціальностей. Краматорськ, ДДМА, 2000. 112 с.
22. Савуляк В. В. Складальні процеси в машинобудуванні: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2013. 99 с.
23. Швець О.П. Вивчення обладнання для механізованого зварювання в середовищі захисних газів (MIG/MAG): методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Технології та обладнання зварювання металів і пластмас» студентами ОС «Бакалавр» спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування», 208 «Агроінженерія», 274 «Автомобільний транспорт», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Львів: ЛНАУ, 2018р. 19 с.
24. Швець О.П. Зварювання сталей в середовищі вуглекислого газу: методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Технології та обладнання зварювання металів і пластмас» студентами ОС «Бакалавр» спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування», 208 «Агроінженерія», 274 «Автомобільний транспорт», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Львів: ЛНАУ, 2020 р. 10 с.
25. <https://hennlichshop.com/ua/category/metrovye-razmery-iz-pruzhinnoj-stali>
26. https://pruzhiny.com.ua/ua/pruzhiny_stysku.html