

Хмельницький національний університет

Факультет: інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра: Технології машинобудування

РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи магістра на тему:
**Удосконалення технологічного процесу
виготовлення деталі «стійка 247/4/2216-08.01.10» із
застосуванням верстатів з ЧПК**

Спеціальність: 131 – Прикладна механіка

Магістрант: Білько В. М. _____

*Керівник магістерської роботи: доктор т. н. , професор
Гладкий Я. М.* _____

Рецензент: к.т.н., доцент Лук'янюк М.В. _____

Робота допущена до захисту
Завідувач кафедри технології машинобудування
Ткачук В.П. _____

Хмельницький – 2021 року

ЗМІСТ

Зміст.....	4
Вступ	7
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ. ОБ'ЄКТ ВИРОБНИЦТВА ТА ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «СТІЙКА 247/4/2216-08.01.10».....	10
1.1. Аналіз об'єкта виробництва.....	10
1.2. Аналіз технологічності конструкції деталі.....	12
1.3. Визначення типу та організаційної форми виробництва..	15
1.4. Сучасні шляхи удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі стійка 247/4/2216-08.01.10.....	18
1.5. Особливості обробки деталей на багатоцільових верстатах з ЧПК.....	20
1.6. Основні пропозиції щодо побудови удосконаленого технологічного процесу виготовлення деталі стійка 247/4/2216- 08.01.....	21
Висновки до розділу 1 та завдання досліджень.....	24
РОЗДІЛ 2.ТЕХНОЛОГІЧНИЙ.....	25
2.1. Аналіз існуючого технологічного процесу.....	25
2.2. Вибір заготовки та техніко-економічне обґрунтування методу її отримання.....	26
2.3. Вибір технологічних баз.....	28
2.4. Вибір технологічного маршруту оброблення деталі та розробка технологічних операцій.....	28
2.5. Розрахунок припусків розрахунково-аналітичним методом	31
2.6. Розрахунок та вибір режимів різання	34
2.7. Розрахунок технічних норм часу при виконанні операцій	39

Висновки до розділу 2.....	42
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ.....	43
3.1. Проектування верстатного пристрою для закріплення заготовки при фрезеруванні площин на операції 005.....	43
3.1.1. Вибір установчих елементів, схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої.....	43
3.1.2. Розрахунок необхідних сил закріплення та приводу пристрою	44
3.1.3. Розрахунок елементів пристрою на міцність.....	46
3.1.4. Розрахунок пристрою на точність.....	47
3.1.5. Розробка технічних умов на пристрій, компоновання та опис його роботи.....	48
3.2. Проектування верстатного пристрою на верстат з ЧПК VF1.....	49
3.2.1. Вибір установчих елементів, схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої.....	49
3.2.2. Розрахунок необхідних сил закріплення та приводу пристрою	50
3.2.3. Розрахунок елементів пристрою на міцність.....	52
3.2.4. Розрахунок пристрою на точність.....	52
3.2.5. Розробка технічних умов на пристрій, компоновання та опис його роботи.....	54
3.3. Проектування контрольно - вимірювального пристрою для контролю торцевого биття	55
3.3.1. Технічні умови та вимоги креслення, які підлягають контролю.....	55
3.3.2. Розробка схеми вимірювання.....	55
3.3.3. Розрахунок точності пристрою для контролю	55
3.3.3. Опис конструкції і роботи пристрою	57

3.4. Проектування різального інструменту фрези гвинтової	57
Висновки до розділу 3.....	57
РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДИЦЬКИЙ	59
4.1. Аналіз конструкції деталі стійка 247/4/2216-08.01.10 у середовищі SolidWorks в модулі Simulation	59
4.1.1. Розбиття моделі стійка 247/4/2216-08.01.10 на скінчені елементи.....	60
4.1.2. Визначення переміщень	62
4.1.3. Розрахунок на міцність.....	63
Висновки до розділу 4.....	66
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	68
5.1. Техніка безпеки при налагоджуванні, експлуатації верстатів з ЧПК	68
5.2. Проектування системи захисту від враження електричним струмом	70
5.3. Розрахунок заземлювача	74
Висновки до розділу 5.....	77
Загальні висновки по роботі.....	78
Список використаних джерел	79
Додатки	

ВСТУП

Машинобудування є важливою галуззю промисловості народного господарства країни. Його продукція – машини різного призначення поставляються всім галузям народного господарства. Ріст промисловості і народного господарства, а також темпи переозброєння їх новою технікою в значній мірі залежать від рівня розвитку машинобудування.

Перед технологами-машинобудівниками стоять задачі подальшого збільшення якості машин, зниження працеемкості, собівартості та матеріалоемності їх виготовлення, впровадження поточних методів роботи, механізації і автоматизації виробництва, а також скорочення термінів підготовки виробництва до нових об'єктів.

Технічний прогрес в машинобудуванні характеризується не тільки покращенням конструкції машин, але і неперервним удосконаленням технології виробництва їх деталей. Важливими умовами прискорення науково-технічного прогресу являються ріст продуктивності праці, підвищення ефективності виробництва і покращення якості продукції.

Вдосконалення технологічних методів виготовлення машин має при цьому головне значення. Якість машини, надійність, довговічність і економічність в експлуатації залежить не тільки від її конструкції, але й від технології виробництва. Використання прогресивних високовиробничих методів обробки, забезпечує високу точність і якість поверхонь деталей машин, методів зміцнення робочих поверхонь, підвищує ресурс роботи деталей і машин в цілому, ефективно використання сучасних автоматичних і потокових ліній, верстатів з програмним управлінням (в тому числі і багатоопераційних), електронних обчислювальних машин та іншої нової техніки, використання прогресивних форм організації і економіки виробничих процесів – все це направлено на рішення головних задач : підвищення ефективності виробництва і якості продукції.

Верстати з програмним управлінням дозволяють автоматизувати процеси механічної обробки навіть в умовах дрібносерійного виробництва. Гнучкість систем ЧПУ і можливість підключення верстатів до загальної системи управління від однієї ЕОМ створюють перспективу використання цих верстатів і в умовах масового виробництва.

Ефективність застосування верстатів з ЧПУ досягається за рахунок зменшення витрат на технічне оснащення, втрат від браку, скорочення виробничих площ, підвищення режимів різання та концентрації операцій. В умовах дрібносерійного та серійного виробництва складова машинного часу на універсальних верстатах складає 20–40 %, на верстатах з ЧПУ вона збільшується до 50–70 %.

Точність позиціонування деталі досягає 0,01 мм, а повторного встановлення – 0,0025 мм. Точність обробки на сучасних верстатах такого типу в середньому досягає 7-6-го квалітету, а в деяких випадках – 6-5-го.

Актуальність теми дослідження

Технічна задача вдосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу полягає у використанні багатоцільових верстатів з ЧПК та нових інструментальних матеріалів, що дозволяє значно скоротити час обробки деталі, що в свою чергу призводить до зменшення собівартості, підвищує точність оброблення та його конкурентоспроможність на ринку даної продукції.

Тому вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі стійка 247/4/2216-08.01 та розроблення конструкцій верстатних пристроїв є актуальною технологічною задачею.

Мета роботи. Метою магістерської дипломної роботи є зниження технологічної собівартості завдяки удосконаленню технологічного процесу механічної обробки заготовки із застосуванням сучасних технологій і нових методів обробки заготовок на верстатах з ЧПК.

Предмет дослідження – технологічний процес виготовлення деталі стійка 247/4/2216-08.01.

Об'єкт дослідження – обґрунтування технологічних параметрів процесу механічної обробки деталі стійка 247/4/2216-08.01 і конструктивних параметрів верстатних та контрольного пристроїв.

Практичне значення одержаних результатів полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі стійка 247/4/2216-08.01 при цьому запропоновані такі нові рішення:

- розроблено удосконалений технологічний процес механічної обробки корпусу із застосуванням верстатів з ЧПК фірми HAAS;
- розроблено конструкцію пристрою для виконання операції фрезерної обробки на верстаті з ЧПК та для свердлувальної операції, контрольний пристрій та різальний інструмент.

Задачі досліджень

Базуючись на типовому технологічному процесі виготовлення деталі стійка 247/4/2216-08.01 необхідно:

- вдосконалити технологічний процес виготовлення стійки, застосувавши верстат з ЧПК моделі VF-1 фірми HAAS;
- провести конструктивну розробку верстатних пристроїв;
- провести аналіз конструктивних параметрів деталі стійка 247/4/2216-08.01 та їх міцності при робочому навантаженні у програмному продукті SolidWorks.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

ОБ'ЄКТ ВИРОБНИЦТВА ТА ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ

ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «СТІЙКА 247/4/2216-08.01.10»

1.1. Аналіз об'єкта виробництва

Деталь стійка 247/4/2216-08.01.10 входить у вузол монтажу радіотехнічних деталей прицільного комплексу, який виготовляється на заводі «Новатор». (рис.1.1).



Рис.1.1 – Радіолокаційний прицільний комплекс

З точки зору аналізу по геометричній формі, деталь є простою і немає важкооброблюваних поверхонь. Усі поверхні є простими і являють собою площини, зовнішні та внутрішні циліндричні поверхні. Це є перевагою тому що точність та стабільність обробки в значній мірі залежить від простоти конструктивних форм.

Розміри на кресленні деталі проставлені так, що дозволяють використовувати суміщення баз. Це призводить до більшої точності виготовлення деталі за рахунок виключення похибок установки та базування.

Значення допустимих та граничних відхилень розмірів та шорсткості проставлені тільки на робочі поверхні, а на невідповідальні поверхні проставлені невисокі умови.

Слід пам'ятати, що занадто високі умови до точності розмірів та шорсткості поверхонь призводять до збільшення трудомісткості та до підвищення собівартості виготовлення деталі стійка 247/4/2216-08.01.10.

Хімічний склад сплаву АК6 за ГОСТ 4784-97 представлено в Таблиці 1.1, а основні механічні властивості - в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1

Хімічний склад сплаву АК6										
Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Ni	Інші	Сума домішок	Al
0.7-1.2	0.7	1.8-2.6	0.4-0.8	0.4-0.8	0.3	0.1	0.1	0.05	0.1	інше

Таблиця 1.2

Механічні властивості сплаву АК6 при T = 20°C												
Прокат	Твщина або діаметр, мм	E, ГПа	G, ГПа	σ_{-1} , ГПа	σ_B , (МПа)	$\sigma_{0,2}$, (МПа)	δ_5 , (%)	ψ , %	$\sigma_{сж}$, МПа	KCU, (кДж/м ²)	KCV, (кДж/м ²)	
Штамповка загартована і штучно зістарена	більше 30 кг	72			повздовж 447	378	12,5			0,19	1,1	
		72			поперек 427	357	11,2			0,14	1,1	
		72			по висоті 400			8,5			0,08	1,1

В технічних вимогах вказано покриття: Ан. окс. нхр.

Поверхня алюмінію і його сплавів з огляду на схильності до пасивації постійно покрита природною окисною плівкою. Товщина плівки залежить від температури навколишнього середовища і складає зазвичай 2-5 нм. Корозійну і механічну міцність алюмінію можна збільшити в десятки і сотні разів, піддаючи його електрохімічного оксидуванню (анодуванню).

Анодування - це процес отримання з алюмінію захисної оксидної плівки. Проводиться електрохімічним методом у водних розчинах. Щільність такого покриття складає 2,9-3,8 г / см³, в залежності від режиму отримання.

Призначення покриття - захист виробів від корозії, збільшення зносостійкості, надання декоративного зовнішнього вигляду (при наповненні барвниками).

Призначення сплаву АК6 за ГОСТ 4784-97 – виготовлення корпусів вилок, кронштейнів, стійок та інших деталей, які працюють під дією малих та середніх статичних та динамічних навантажень. Відрізняються непоганими антифрикційними та корозійними властивостями, досить технологічні у виготовленні та обробці.

Деталь стійка 247/4/2216-08.01.10 являє собою по конфігурації пласку не складної форми пластину з отворами та із різною товщиною стінок. Кріпильні отвори розміщені на достатньо великій відстані один від одного (> 25 мм.), що дозволяє вести одночасну обробку декількома інструментами (при свердлінні). Решта оброблюваних поверхонь з точки зору точності й чистоти не являють собою значних технологічних труднощів, легкий доступ інструменту, хороші базові поверхні, як при розточувальній обробці, так і при свердлінні отворів, фрезеруванні бокових поверхонь, добре стружковидалення (стружка не забивається в деталь).

Конструкція деталі в цілому технологічна. Деталь рис.1.2 має хороші базові поверхні для виконання більшості операцій механічної обробки.

1.2. Аналіз технологічності конструкції деталі

На кресленні деталі стійка 247/4/2216-08.01.10 вказані всі розміри, квалітети точності, шорсткість поверхонь. Вказані допустимі відхилення концентричності отворів, співвісності, радіального биття, прямолінійності.

На кресленні вказано матеріал корпуса – сплав АК6 за ГОСТ 4784-97, а також захисні покриття внутрішніх та зовнішніх поверхонь.

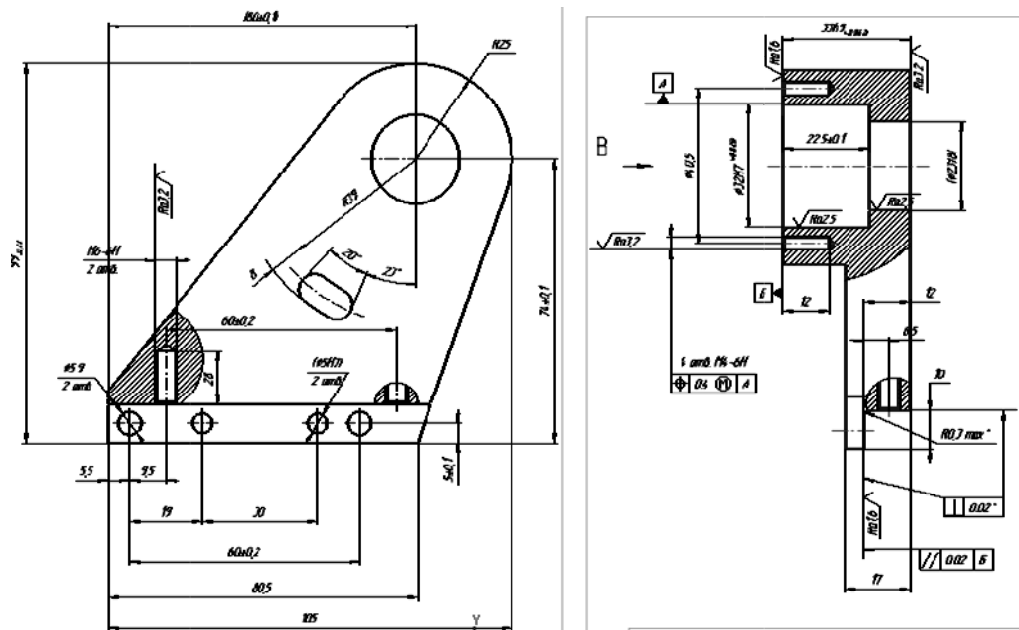


Рисунок 1.2 - Деталь стійка 247/4/2216-08.01.10

Отже, по якісним показникам деталь стійка 247/4/2216-08.01.10 являється технологічною.

Кількісний аналіз технологічності

Проводимо конструкторський аналіз, результати заносимо в таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 - Результати конструкторського аналізу

Найменування поверхні	Кількість поверхонь	Кількість уніф.елем.	Квалітет точності	Параметр шорсткості
1	2	3	4	5
Торець 1	1	1	12	3,2
Торець 2	1	1	12	3,2
Торець 3	1	1	12	3,2
Торець 4	1	1	12	3,2
Зовнішня поверхня	1	1	14	6,3
Зовнішня поверхня	1	1	14	6,3
Отвір $\varnothing 32$	2	2	12	2,5
Отвір $\varnothing 23$	1	4	12	2,5
Отвори різьбові	28	28	12	3,2

Фаски	28	28	14	6,3
	67	71		

Коефіцієнт точності:

$$K_{TЧ} = 1 - \frac{1}{T_{CP}},$$

(1.1)

де T_{CP} – середній квалітет точності обробки.

$$T_{CP} = \frac{\sum T \cdot n_i}{\sum n_i},$$

(1.2)

де n – кількість поверхонь деталі відповідного класу точності;

T – клас точності обробки.

$$T_{CP} = \frac{(14 \cdot 30 + 12 \cdot 35)}{67} = 12,5.$$

$$K_{TЧ} = 1 - \frac{1}{12,5} = 0,92.$$

Деталь по коефіцієнту точності є технологічною, так як згідно

ГОСТ 14.202-73 $0 < K < 1$; $0 < 0,88 < 1$.

Коефіцієнт шорсткості:

$$K_{Ш} = \frac{1}{Ш_{CP}},$$

(1.3)

де $Ш_{CP}$ – середній клас шорсткості поверхні виробу:

$$Ш_{CP} = \frac{\sum Ш \cdot n_{IM}}{\sum n_{IM}},$$

(1.4)

де $Ш$ – клас шорсткості поверхні;

n_I – кількість поверхонь відповідного класу шорсткості.

$$Ш_{CP} = \frac{(3,2 \cdot 39 + 6,3 \cdot 30)}{67} = 2,14 .$$

$$K_{Ш} = \frac{1}{Ш_{CP}} = \frac{1}{2,14} = 0,47$$

Згідно ГОСТ 14.202-73, $0 < 0,47 < 1$ – деталь технологічна по шорсткості поверхні.

Виходячи якісного та кількісного аналізу, робимо висновок про те, що деталь стійка 247/4/2216-08.01.10 є технологічною.

1.3. Визначення типу та організаційної форми виробництва

Для визначення типу виробництва використовуємо ГОСТ 3.1119-83, який характеризується коефіцієнтом закріплення операцій. Коефіцієнт закріплення операцій для планового періоду рівному одному місяцю визначаємо за формулою:

$$K_{з.о} = \frac{\sum n_{oi}}{(\sum P_i)}, \quad [2]$$

(1.5) де $\sum n_{oi}$ - сумарне кількість різних операцій за місяць по дільниці з розрахунку на одного змінного майстра.

$\sum P_i$ - явочна кількість робітників дільниці виконуючих різноманітні операції при роботі в одну зміну.

У даному розрахунку рекомендується визначати умовну кількість операцій виконаних на одному верстаті на протязі одного місяця при роботі водну зміну за формулою:

$$n_{oi} = \frac{\eta_m}{\eta_3}, \quad (1.6)$$

де η_3 - коефіцієнт завантаження верстата на операцією, яка проектується

η - планує мий нормативний коефіцієнт завантаження верстата всіма закріпленими за ним однотипними операціями: прийнятий для багатосерійного – 0,75; для середньо серійного – 0,8; та для дрібносерійного виробництва – 0,9.

$$\eta = T_{ш.к} N_m / (60 F_m k_b) \quad (1.7)$$

де $T_{ш.к}$ - штучно-калькуляційний час на виконання операції, хв.,

N_m – місячна програма випуску заданої деталі при роботі в дві зміни, шт.

$$N_m = N_p / 24, \quad (1.8)$$

де $N_p = 300$ - річна програма випуску заданої деталі.

$$N_m = 300 / 24 = 12 \text{ шт.}$$

F_m – місячний фонд часу роботи обладнання в дві зміни, год.

$$F_m = 4055 / (2 \cdot 12) = 169 \text{ год.}$$

K_b – коефіцієнт виконання норм, приймаємо рівним 1,3.

Підставивши в формулу (1.7) значення F_m та k_b отримаємо такий вираз;

$$\eta_3 = \frac{T_{ш.к} N_m}{13182} \quad (1.9)$$

Залежність для визначення кількості однотипних операцій, які виконується на одному верстаті протягом місяця:

$$n_{oi} = \frac{13182 \eta_n}{T_{ш.к} N_m} \quad (1.10)$$

$$n_{o1} = 13182 * 0.8 / 2.0 * 12 = 42.2$$

$$n_{o2} = 13182 * 0.8 / 16.67 * 12 = 5.0$$

$$n_{o3} = 13182 * 0.8 / 9.35 * 12 = 9.0$$

$$n_{o4} = 13182 \cdot 0.8 / 21.5 \cdot 12 = 3.9$$

$$n_{o5} = 13182 \cdot 0.8 / 30.9 \cdot 12 = 2.73$$

$$n_{o6} = 13182 \cdot 0.8 / 12.7 \cdot 12 = 6.6$$

$$n_{o7} = 13182 \cdot 0.8 / 26.6 \cdot 12 = 3.17$$

Загальну кількість операцій, які виконуються на дільниці протягом одного місяця визначаємо за формулою:

$$\sum n_{oi} = n_{o1} + n_{o2} + \dots + n_{on} \quad (1.11)$$

$$\sum n_{oi} = 42.2 + 5.0 + 9.0 + 3.9 + 2.37 + 6.6 + 3.17 = 72.6$$

Необхідна кількість робітників для обслуговування на протязі однієї зміни одного верстата завантаженого по плановому нормативному коефіцієнту.

$$P_i = \frac{N_i t_i}{60 k_g \Phi} = \frac{n_{oi} N_m T_{ш.к}}{60 k_g \Phi} \quad (1.12)$$

де N_i – приведений місячний об'єм випуску деталей, шт., при завантаженні верстата до прийнятого значення η_n : $N_i = n_{oi} N_m$;

t_i - штучно-калькуляційний час на виконання операції, хв.

Φ – місячний фонд часу робочого, зайнятого на протязі 22 робочих днів в місяць, год. $\Phi = 22 \cdot 8 = 176$ год.

Після підстановки в формулу (1.8) значень k_b , Φ та n_{oi} отримаємо залежність для визначення необхідної кількості працівників для обслуговування одного верстата.

$$P_i = 0.96 \eta_n \quad (1.13)$$

$$P_i = 0.96 \cdot 0.8 = 0.77$$

(Кількість робітників, що обслуговують один верстат приймаємо однаковою тобто 0,77).

Явочну кількість робітників дільниці визначаємо сумуванням значень P_i ;

$$\sum P_i = P_1 + P_2 + \dots + P_n \quad (1.14)$$

$$\sum P_i = 0.77 + 0.77 + 0.77 + 0.77 + 0.77 + 0.77 + 0.77 = 5.39$$

Отже:

$$K_{з.о} = 72,6 / 5,39 = 13,5.$$

По розрахованому коефіцієнту закріплення операції приймаємо тип виробництва – середньо серійне.

Серійне виробництво характеризується певною обмеженістю номенклатури виробів, які виготовляються чи ремонтуються періодично партіями, які повторюються і порівняно з великим об'ємом випуску.

На підприємствах серійного виробництва, як правило, значна кількість обладнання складається з універсальних верстатів, які обладнані як спеціальними, так і універсально – налаштованими (СНП, УНП) і універсально – збірними (УЗП) пристроями, що дозволяють знизити працемісткість і собівартість виготовлення виробу. При невеликій працемісткості обробки або недостатньо великій програмі випуску виробів бажано обробляти заготовки партіями, з послідовним виконанням операцій, тобто після обробки всіх заготовок партії на одній операції виконувати обробку цієї партії на наступній операції. При цьому час обробки на різних верстатах не узгоджують. Заготовки під час обробки зберігають біля верстата, потім транспортують цілою партією.

В серійному виробництві застосовують також змінно-потоківу форму організації робіт. Тут обладнання розташовують по ходу технологічного процесу. Обробку виконують партіями, причому заготовки кожної партії можуть відрізнятися розмірами і конфігурацією, але допускають обробку на одному і тому ж обладнанні.

При серійному виробництві застосовують універсальні, спеціалізовані, агрегатні та інші металообробні верстати. При виборі технологічного обладнання, спеціального чи спеціалізованого пристрою та інструмента необхідно виконувати розрахунки витрат і строків окупності, а також економічний ефект від використання обладнання і технологічної оснастки.

1.4. Сучасні шляхи удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі стійка 247/4/2216-08.01.10

Для обробки деталі типу стійка використовується метод концентрації операцій, тобто бажано виконати максимально-можливу кількість переходів за один установ заготовки. Забезпечити виконання даного принципу дозволяє використання багатоцільових верстатів з великою кількістю інструментів фірми HAAS (США). Дане обладнання широко розповсюджене на світових ринках, випускається ціла гамма верстатів, які поділяються за кількістю інструменту, максимально можливими розмірами заготовки тощо.

Крім того на ринку інструментальних матеріалів спостерігається тенденція підвищення зносостійкості нанесенням покриттів, застосування максимальних режимів обробки та підвищеного періоду стійкості твердосплавних пластинок.

Велику роль у вдосконаленні виробництва відіграє оснастка різного роду. Впровадження прогресивних верстатних пристроїв сприяє підвищенню продуктивності і точності обробки, складання та контролю; полегшенню умов праці, скороченню кількості і зниженню необхідної кваліфікації робітників; розширенню технологічних можливостей обладнання; підвищенню безпеки праці.

1.4.1. Сучасний інструмент для фрезерування та свердлування на багатоцільових верстатах з ЧПК

Основні типи фрез, які використовуються на обробляючих центрах з ЧПУ, є торцеві і кінцеві циліндричні фрези.

Торцеві збірні фрези застосовуються для обробки площин, а кінцеві збірні циліндричні - для обробки контурів. Залежно від конфігурації деталі і вимог креслення на операціях фрезерування використовують кінцеві сферичні, і торцеві конічні фрези. При цьому слід віддавати перевагу

збірному інструменту з пластинами з твердого сплаву (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 - Фотографії збірного інструменту; а - торцева фреза; б - кінцева

збірні свердла із твердосплавними пластинами зазвичай використовують для горизонтального свердління отворів глибиною, рівною 2,5 діаметрам свердла, а при вертикальному свердлінні до 1,5 діаметрів. В порівнянні зі швидкорізальними спіральними свердлами свердла, оснащені твердосплавними пластинами, забезпечують збільшення швидкості різання не менше чим в 5 - 10 разів (до 300 м/хв.) при зниженні величини подачі в 2 - 3 рази, а через відсутність перемички зусилля подачі інструменту зменшуються на 60% .

Особливістю експлуатації свердел з пластинами є необхідність підведення охолоджувально-змащувальної рідини через внутрішні канали під тиском 0,15МПа.

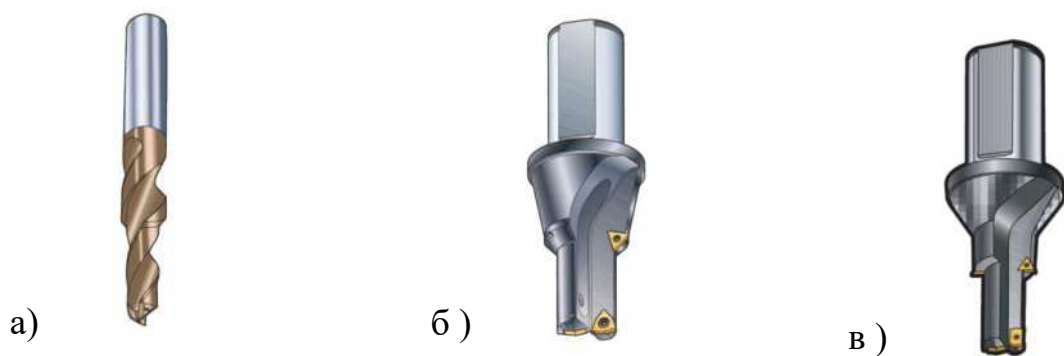


Рисунок 1.4 - Конструктивні виконання свердел ступінчатих: а – цільне свердло для обробки отвору і зняття фасок; б, в – збірні свердла для обробки фасок і заглиблень під головку гвинта

1.5. Особливості обробки деталей на багатоцільових верстатах з ЧПК

На багатоцільових (свердлувально-фрезерно-розточувальних) верстатах з ЧПУ найчастіше обробляють деталі складної конфігурації.

Отвори корпусних деталей ділять по призначенню на основні, допоміжні, у тому числі кріпильні.

Оброблювані площини, пази і інші елементи деталей можуть розташовуватися перпендикулярно, паралельно або під кутом до осі шпинделя. Багатоцільові верстати замінюють фрезерні, свердлувальні, розточувальні верстати, оскільки вони дозволяють поєднати операції фрезерування прямолінійних поверхонь, центрування, свердління, розсвердлювання, розточування, нарізування різьби і фрезерування пазів кінцевими фрезами.

Площини фрезерують торцевими і кінцевими фрезами оснащеними твердосплавними пластинами. Зазвичай це здійснюється за два переходи: чорновий і чистовий. Пази і уступи зазвичай обробляють кінцевими фрезами, оснащеними твердосплавними пластинами.

Серед технологічних переходів обробки отворів відмічають свердління і нарізування різьблення в кріпильних отворах, розточування точних посадочних отворів – гладких і ступінчастих.

При обробці системи отворів на деталі широко застосовують перехід засвердлювання отворів короткими жорсткими свердлами – своєрідну розмітку розташування осей майбутніх отворів. При роботі по ливарній кірці це дозволяє вирішити і інші завдання: полегшити врізання і підвищити стійкість свердел невеликого діаметру і в той же час зняти фаску на вході в отвір, якщо вона передбачена технічними вимогами креслення.

1.6. Основні пропозиції щодо побудови удосконаленого технологічного процесу виготовлення деталі стійка 247/4/2216-08.01

Для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі стійка 247/4/2216-08.01 запропоновано застосувати верстати з ЧПК фірми HAAS (США).

Для виконання операцій 015 та 020 приймаємо верстат вертикальний оброблюючий центр VF1 фірми HAAS. Дана модель верстату має можливість виконувати наступні переходи оброблення заготовки: фрезерування, розточування, свердлування нарізання різьби.

Загальний вигляд верстата VF1 показано на (рис. 1.5) та його основних оригінальних вузлів показано на (рис. 1.6, рис.1.7).



Рисунок 1.5 - Загальний вигляд верстата VF1

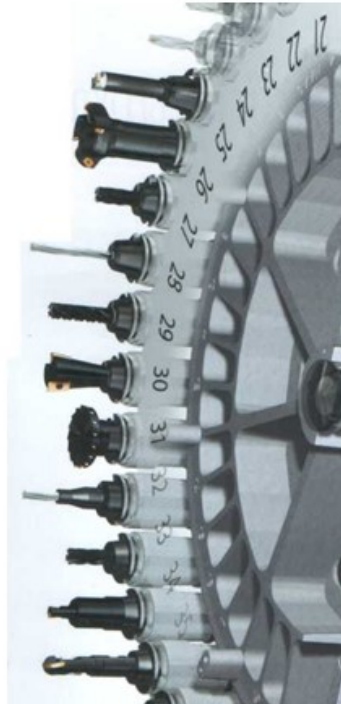


Рисунок 1.6 - Загальний вигляд магазину зміни інструменту



Рисунок 1.7 - Загальний вигляд вузла подачі МОР та очистки від стружки

Основні показники технічної характеристики верстата VF1 фірми HAAS.

Ось X, мм	508,
Ось Y, мм	406.
Ось Z, мм	508,
Відстань від переднього торця шпинделя до стола (~ макс.), мм	610,
Відстань від переднього торця шпинделя до стола (~ мін.), мм	210,
Максимальна потужність, кВт	22.4,
Максимальна швидкість, об/хв	8100,
Максимальний крутний момент, Нм	122 при 6000 об/хв,
Система привода	nline Direct-Drive,
Конус СТ or BT	40,
Довжина, мм	660,
Ширина, мм	356,
Ширина Т-подібних пазів, мм	16,
Відстань по центру Т- подібних пазів, мм	125,
Кількість стандартних Т- подібних пазів,	3,
Максимальна вага на столі (рівномірно розподілена),кг.....	1361,
Різання на максимальну глибину, мм/хв.	16.5,
Прискорене переміщення по осі X,Y, Z ,мм/хв.....	25,4,
Максимальне осеве зусилля по осі X, Y, Н	11343,
Максимальне осеве зусилля по осі Z, Н.....	18683,
Максимальний діаметр інструмента (повний), мм.....	89.

Висновки до розділу 1 та завдання досліджень

1. Для визначеного типу виробництва запропоновано вдосконалити технологічний процес виготовлення деталі стійка 247/4/2216-08.01,

застосуванням верстату з ЧПК, а саме вертикального оброблюючого центру VF1 фірми HAAS (США).

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

1. Спроекувати новий технологічний процес оброблення деталі стійка 247/4/2216-08.01 із застосуванням верстатів ЧПК фірми HAAS (США).

2. Провести проектування верстатних пристроїв. Спроекувати контрольний пристрій.

3. У дослідному розділі провести аналіз навантажень елементів конструкції деталі стійка 247/4/2216-08.01 під робочим навантаженням у SolidWorks з метою встановлення максимальних переміщень елементів деталі, визначення максимальних напружень та деформацій в елементах деталі.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1. Аналіз існуючого технологічного процесу

При розробленні технологічного процесу механічної обробки перед технологом завжди виникає завдання: вибрати з кількох варіантів обробки один, який би забезпечував найбільш економічне рішення. Сучасні методи механічної обробки і велика різноманітність верстатів, а також нові методи обробки металів – все це дозволяє складати різні варіанти технології, що забезпечуватимуть виготовлення виробів, які повністю відповідають всім вимогам креслення.

При виборі маршруту обробки будемо керуватися наступними міркуваннями:

1) через небезпеку перерозподілу внутрішніх напруг і викликану цим деформацію деталі обробку починаємо з менш точних поверхонь при знятті з них найбільших припусків;

2) з метою скорочення довжини шляху переміщення деталі обладнання розміщують по напрямку потоку.

Методи обробки всіх поверхонь деталі і методи її обробки при виконанні проміжних операцій призначаємо виходячи з вимог, які пред'являють до точності і якості готових деталей, враховуючи характер заготовки і властивості оброблювального матеріалу. Для попереднього вибору методу обробки окремих поверхонь деталі використовуємо дані змісту існуючого маршруту оброблення.

В існуючому технологічному процесі використовується застаріле універсальне обладнання, а саме вертикально-фрезерні верстати та радіально-свердлувальні верстати, а різьба в отворах нарізується вручну.

Для підвищення точності оброблювання та зменшення кількості верстатів в новому технологічному маршруті оброблення пропонується

застосувати верстат з ЧПК: VF1 фірми HAAS та 2E450AФ1 для свердлувальних операцій.

2.2. Вибір заготовки та техніко-економічне обґрунтування методу її отримання

Особливе значення має вибір способу виготовлення заготовки для гнучких і автоматизованих виробництв, оскільки вони вимагають вищої точності форми, розмірів, меншої зміни властивостей матеріалів заготовок тощо. Здебільшого спосіб виготовлення заготовки вибирають у такій послідовності: аналізують фактори, що впливають на спосіб виготовлення заготовки, визначають матеріал, конструктивну форму заготовки, аналізують можливості отримання заготовки зі стандартних частин, сортаментів, матеріалів, що випускаються промисловістю (періодичний, сортовий прокат, відливки, поковки, тощо); вибирають спосіб виготовлення заготовки та основного устаткування; здійснюють техніко – економічне обґрунтування та розрахунки. Деталь стійка має явно виражену пласку форму з невеликими уступами та чітко визначений матеріал з якої вона виготовляється сплав АК6 за ГОСТ 4784-97. Тому заготовкою для стійки слугує листовий прокат, який рубається на гільйотинових ножицях з листа або для порівняння можна запропонувати метод отримання заготовки литвом у кокіль.

2.2.1 Техніко-економічне порівняння двох варіантів вибору заготовки

Проведемо визначення економічного ефекту вибору заготовки по 2 варіантах: плаский прокат та литво у кокіль.

Ціна заготовок, отриманих литтям у кокіль:

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} * Q * K_T * K_c * K_v * K_m * K_n \right) - (Q - q) \frac{S_{сидх}}{1000}, \text{ грн}, \quad (2.1)$$

де C_i – базова ціна т заготовок, $C_1 = 12000$ грн,

$Q_1 = 0,4$ кг;

q – маса готової деталі, кг; $q = 0,3$ кг, ;

$S_{відх} = 300$ грн,

K_m, K_c, K_v, K_m, K_n – коефіцієнт, що залежить від класу точності,

групи складності, маси, марки матеріалу і об'єму виробництва заготовок.

$N = 300$ шт – річна програма випуску.

Вихідні данні по прокату.

$C_2 = 11000$ грн., $Q_2 = 0.5$ кг, q – маса готової деталі, кг; $q = 0,3$ кг.

2.2.2. Розрахунок собівартості заготовки на ЕОМ

Розрахунок собівартості та економічний ефект проведемо за допомогою програмного продукту «Vartist», розробленого на кафедрі технології машинобудування ХНУ. Порівняємо два варіанти отримання заготовки - литво у кокіль та з листового прокату.

Нижче представлено результати розрахунків на ЕОМ.

Рис. 2.1 – Ввід вхідних для розрахунків собівартості заготовки

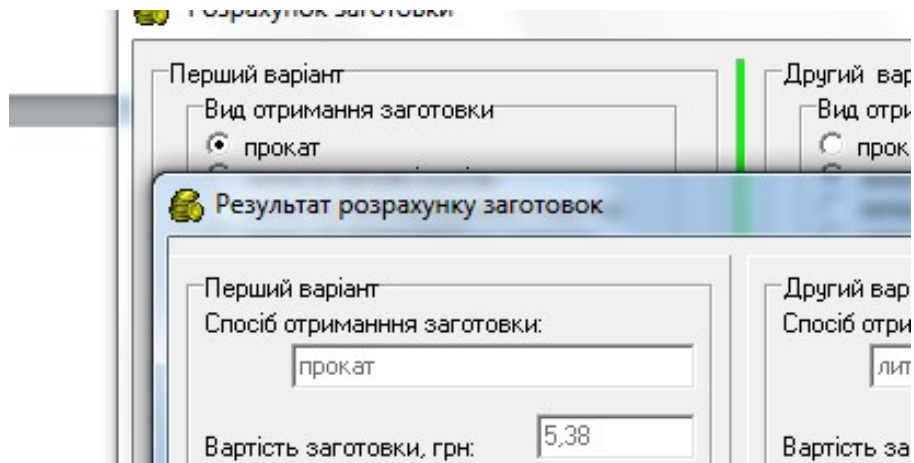


Рис. 2.2 – Результати розрахунків собівартості заготовки

З проведених розрахунків видно, що більш дешевий метод отримання заготовки з прокату.

2.3. Вибір технологічних баз

На першій операції механічного оброблення деталі стійка 247/4/2216-08.01.10 базами слугують плоскі поверхні та торці деталі, готуються чистові бази – торці та плоскі поверхні.

Згідно принципу проставлення розмірів на кресленні (координатної сітки) за бази прийнято торці деталі та площина. Така постановка розмірів від відповідних торців дає можливість застосовувати верстати з ЧПК та легко будувати розрахунково-технологічні карти на операції з ЧПК.

2.4. Вибір технологічного маршруту оброблення деталі та розробка технологічних операцій

У розроблення технологічних операцій входить вибір верстатів, різального та вимірювального інструменту. Провівши необхідний вибір усі данні заносимо у таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Технологічний процес з розробленням операцій оброблення

Операція	Модель верстата	Різальний інструмент	Вимірювальний інструмент
1	2	3	4
005. Вертикально – фрезерна 1.Фрезерувати торці заготовок в розмірі 108 _{.0.1} , 102 _{.0.1} , згідно з заготовкою СПУ	Вертикально – фрезерний мод. 6P12	Фреза торцева збірна(Ø100мм) ВК8;ГОСТ8529-89	Штангенциркуль
010. Вертикально – фрезерна 1.Фрезерувати плоскість заготовки в розмір 36 _{.0.1}	Вертикально – фрезерний мод. 6P12	Фреза кінцева збірна(Ø26мм) Z=4; ВК8;ГОСТ8529-89	Штангенциркуль
015.Комбінована Установ А 1. Фрезерувати площину «Б» 2. Фрезерувати контур згідно ОРК-1 3. Центрувати, свердлити отв. ø23 мм 4. Розточити отв. ø32, ø23 начорно начисто 5. Центрувати, свердлити 4 отв. ø3.3 мм на глибину 12.2мм. 6. Нарізати різьбу М4-6Н в 4 отв. Установ Б 1. Фрезерувати плоскість в розмір 33.2 _{.0.1} (з припуском на шліфовку)	Обробляючий центр мод. VF1 HAAS	Фреза торцева збірна(Ø100мм) ВК8;ГОСТ8529-89 Фреза кінцева збірна(Ø26мм) ВК8;ГОСТ8529-89 Свердло центровочне Р6М5 Свердло Р6М5 (Ø3,3) ГОСТ 10903-77 Свердло Р6М5 (Ø4,8) ГОСТ 10903-77 Зенківка 45° Мітчик М4 ГОСТ 3266-81 Борштанга з різцем ВК8.	Штангенциркуль

Закінчення табл.2.1

1	2	3	4
---	---	---	---

<p>020. Комбінована</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Фрезерувати паз на R39 шириною 8 мм 2. Фрезерувати заниження в розмір 12 згідно ОРК-2 3. Центрувати, свердлити 2 отв. $\varnothing 5.5$ мм 4. Центрувати, свердлити 2 отв. $\varnothing 4.8$ мм(отв. 5H7) 	<p>Обробляючий центр мод. VF1 HAAS</p>	<p>Фреза кінцева збірна($\varnothing 8$мм) BK8;ГОСТ8529-89</p> <p>Фреза кінцева збірна($\varnothing 26$мм) Z=4; BK8; ГОСТ8529-89</p> <p>Свердло центровочне P6M5</p> <p>Свердло P6M5 ($\varnothing 5,5$) ГОСТ 10903-77</p> <p>Свердло P6M5 ($\varnothing 4,8$)</p> <p>Зенківка 45°</p>	<p>-</p>
<p>025. Шліфувальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.Шліфувати площину «Б» Ra1.6 в розмір 16 згідно кресленню, 33h9 	<p>Плоскошліфувальний мод. 3Б722</p>	<p>Круг шліфувальний</p>	<p>Мікрометр</p>
<p>030. Координатно-розточувальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Центрувати, свердлити 2 отв. під М 6Н 2. Зенкувати фаски в отворах під різьбу 3. Нарізати різьбу М6-6Н 2 отв. 	<p>Координатно-розточувальний мод. 2Е450АФ1</p>	<p>Свердло P6M5 ($\varnothing 5,2$) ГОСТ 10903-77</p> <p>Зенківка 45°</p> <p>Мітчик М6 ГОСТ 3266-81</p>	<p>-</p>

2.5. Розрахунок припусків розрахунково-аналітичним методом

Розрахунок припусків на обробку проводимо аналітичним методом для однієї точної поверхні $\varnothing 23^{+0,18}$, решта припусків на обробку інших поверхонь визначаємо табличним методом.

Технологічний маршрут оброблення поверхні $\varnothing 23^{+0,18}$ складається з двох переходів:

- чорнове розточування – по 12 квалітету Ra 6,3 ;
- чистове розточування – по 10 квалітету (Ra 3,2);

Розточування $\varnothing 23^{+0,18}$

$$D_{d \min} = 23 \text{ мм};$$

$$D_{d \max} = 23,18 \text{ мм};$$

Мінімальне значення величини припуску для чистового розточування розраховується за формулою [11]:

$$2Z_{min} = 2 \cdot \left(R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right), \quad (2.2)$$

$$R_{zi-1} = 30 \text{ мм}; \quad [2], \text{ с.176, Т. 16}$$

$$T_{i-1} = 40 \text{ мкм}; \quad [2], \text{ с.181, Т.22}$$

$$\rho_{i-1} = \rho_{ocm}; \quad \rho_{ocm} = K_y * \rho_{нор} = K_y * \Delta K * L;$$

$$E_i = 70 \text{ мкм}; \quad [2], \text{ Т. 15}$$

$$2Z_{min} = 2 \cdot \left(30 + 40 + \sqrt{1,62^2 + 70^2} \right) = 280 \text{ мкм};$$

Мінімальне значення величини припуску для чорнового розточування розраховується за формулою [11]:

$$2Z_{min} = 2 \cdot \left(R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right),$$

$$R_{zi-1} = 30 \text{ мм}; \quad [2], \text{ Т. 13.}$$

$$T_{i-1} = 100 \text{ мкм}; \quad [2], \text{ Т. 13.}$$

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{нор}^2 + \rho_{см}^2};$$

$$\rho_{нор} = 27 \text{ мкм}; \quad [2], \text{ Т. 13.}$$

$$\rho_{см} = 26 \text{ мкм}; \quad [2], \text{ Т. 13.}$$

$$\rho_{i-1} = \sqrt{27^2 + 26^2} = 37 \text{ мкм};$$

$$\underline{E}_y = 70 \text{ мкм}; [2], \text{ Т. 15}$$

$$2Z_{min} = 2 \cdot \left(30 + 100 + \sqrt{37^2 + 70^2} \right) = 418 \text{ мкм};$$

Розрахунковий розмір визначаємо за формулою:

$$d_{p_i} = d_i - 2Z_{i \min_i}; \quad (2.3)$$

$$d_{p_2} = 23 - 0,280 = 22,72, \text{ мм.}$$

$$d_{p_1} = 22,72 - 0,418 = 22,3 \text{ мм.}$$

Найбільші граничні відхилення (d_{min}) визначаються додаванням допуску і діаметра за формулою: $d_{\max_i} = d_{\min} + T$;

$$d_{\max_1} = 23 + 0,18 = 23,18 \text{ мм.}$$

$$d_{\max_2} = 22,72 + 0,2 = 22,92 \text{ мм.}$$

$$d_{\max_3} = 22,3 + 0,40 = 22,7 \text{ мм.}$$

Значення (граничні максимальні і мінімальні) припусків:

$$2Z_{\max_2} = 23 - 22,72 = 0,28 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\max_1} = 22,72 - 22,3 = 0,42 \text{ мкм.}$$

Результати розрахунків заносимо у табл.2.2.

Проведемо перевірку правильності розрахунків за формулою:

$$Z_{\max_3} - Z_{\min_3} = 0,28 - 0,26 = 0,02 \text{ мм.}; T_2 - T_3 = 0,2 - 0,18 = 0,02 \text{ мм.}$$

Таблиця 2.2 - Розрахунок припусків

Методи обробки	Елемент припуску, мкм				2Zmin мкм	Розрахунковий Розмір, мм	Допуск, мкм	Граничний розмір		Граничне значення припуску, мкм	
	Rz	T	ρ	ε				dmin	dmax	2Zmin	2Zmax
Прокат	30	100	37,6	-	-	22,3	400	22,3	22,7	-	-
Розто- чування	30	40		70	418	22,72	200	22,72	22,92	0,22	0,42
Розто- чування	-	-	-	70	280	23	180	23	23,18	0,26	0,28
										0,48	0,7

Далі після того, як ми зробили перевірку після обчислення загального номінального припуску і номінального діаметру заготовки зобразимо схему розміщення припусків на рис. 2.3.

Назначимо припуски табличним шляхом за ГОСТ 26645 – 85 і занесемо їх у таблицю 2.3.

Таблиця 2.3. - Розрахунок розмірів заготовки

Розміри	Припуск, мм		Допуск
	табличний	розрахунковий	
90	$2 \cdot 1,25$	-	$\pm 0,3$
58,3	$2 \cdot 1,15$	-	$\pm 0,3$
7	$2 \cdot 1,0$	-	$\pm 0,2$

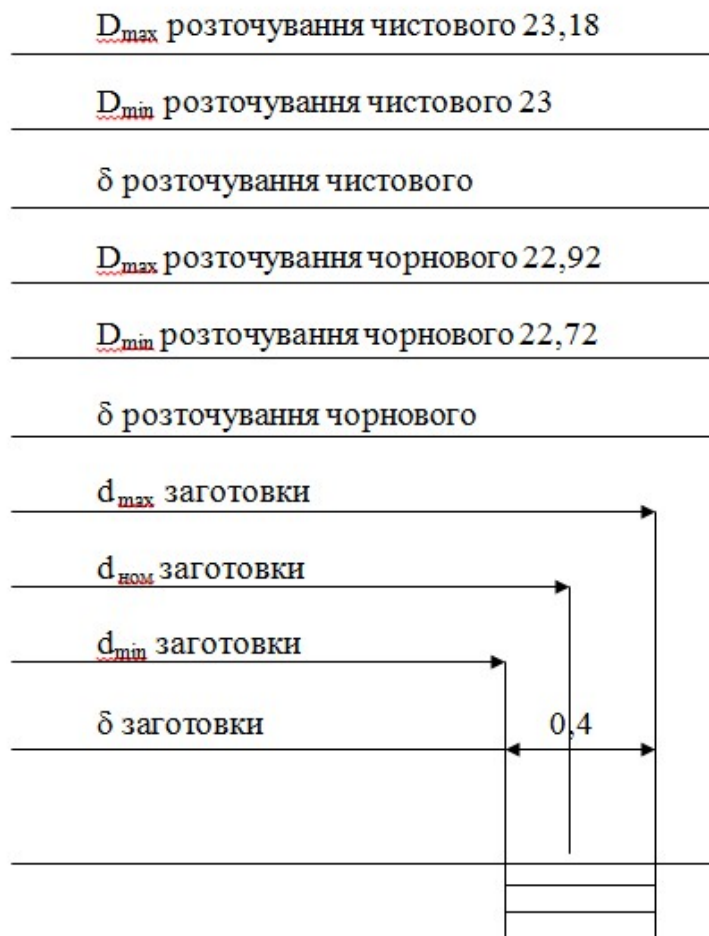


Рис. 2.3 - Схема розташовування припусків і допусків на оброблення $\varnothing 23^{+0,18}$

2.6. Розрахунок та вибір режимів різання

2.6.1. Розрахунок режимів різання на 1..2 переходи аналітично

Проведемо розрахунок припусків на операцію 015, 8 перехід.

Розточування отвору $\varnothing 23^{+0,18}$.

Вибираємо різальний інструмент – різець ВК8 $\phi=90^\circ$; $\phi_1=50^\circ$ державка – сталь 45 [3].

Визначаємо глибину різання:

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{23 - 21,8}{2} = 0,6 \text{ мм.} \quad (2.4)$$

Призначаємо подачу по рекомендаціям $S = 0,1 \div 0,11 \text{ мм/об}$ [3],

$K_s = 0.8$ - уточнюючий коефіцієнт.

$$S = (0.1 \div 0.11) 0.8 = 0.8 \div 0.088 \text{ мм.} \quad (2.5)$$

Коректуємо подачу по верстату $S_1 = 0.084 \text{ мм/об}$.

Період стійкості різця $T = 60 \text{ хв}$.

Швидкість різання визначаємо за формулою:

$$V_i = \frac{C_V}{T^m t^{x_v} S^{y_v}} K_V. \quad (2.6)$$

Вибираємо коефіцієнти і показники степенів з таблиці 17, [3],

$C_v = 485$; $x_v = 0.12$; $y_v = 0.25$; $m = 0.28$.

Уточнюючі коефіцієнти $K_{\phi v} = 0.9$.

$$K_{M_V} = \frac{150}{\sigma_B} = \frac{150}{120} = 1,25; \quad \text{табл. 2, [3],}$$

$K_{uv} = 2.5$ (табл. 6, ст. 263, [3]); $K_{\phi v} = 0.7$ табл. 18, [3],

$$V_i = \frac{485}{60^{0.28} * 0.6^{0.12} * 0.084^{0.25}} * 0,9 * 1,25 * 2,5 * 0,7 = 599 \text{ м/хв}.$$

Частота обертання шпинделя $n = \frac{1000 V_i}{\pi D} = \frac{1000 * 599}{3,14 * 23} = 8295 \text{ об/хв}$.

Коректована частота обертів $n_q = 4000 \text{ об/хв}$.

Дійсна швидкість різання

$$V = \frac{\pi D n_q}{1000} = \frac{3,14 * 23 * 4000}{1000} = 288 \text{ м/хв}.$$

Сила різання визначається за формулою:

$$P_z = 10 * C_{pz} t^{x_{pz}} S^{y_{pz}} V^{n_{pz}} K_{pz}. \quad (2.7)$$

Вибираємо значення коефіцієнтів і показників степенів з табл. 22, [3]:

$$C_p = 40; x_p = 1; y_p = 1; n_p = 0.$$

Уточнюючі коефіцієнти

$$K_{mp} = 1,$$

$$K_{\phi p} = 0,89$$

$$P_z = 10 * 40 * 0.6^1 * 0.084^{0.75} * 288^0 * 1 * 0.89 = 40H,$$

Потужність різання:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020}.$$

$$N_{piz} = \frac{40 \cdot 288}{60 \cdot 1020} = 0,2кВт < 4,5кВт = N_{ун}.$$

Основний час визначаємо за формулою:

$$T_0 = \frac{L_i}{S}, \quad (2.8)$$

$$L = l + y + \Delta.$$

Врізання $y = t \cdot \text{ctg} 90^\circ = 0.6 * 0.58 = 0.31 \text{ мм}; \text{Перебіг} \Delta = 2 \text{ мм}$

$$L_A = 10 + 0.31 + 2 = 7.31 \text{ мм};$$

$$T_0 = \frac{7.31}{4000 * 0.084} = 0.044 \text{ хв};$$

Фрезерування уступу 12 мм

Різальний інструмент – фреза кінцева $\varnothing 26$ з вставними пластинами ВК6. Геометрія: $\alpha = 20^\circ; \gamma = 20^\circ; \phi = 60^\circ; \phi_0 = 45^\circ$.

Глибина різання $t = h = 1 \text{ мм}$.

Подача на зуб фрези, $S_z = 0.09 \div 0.18 \text{ мм/зуб}$.

Приймаємо $S_z = 0.18 \text{ мм/зуб}$.

Період стійкості фрези $T = 240$ хв. [3].

Швидкість різання визначаємо за формулою

$$V = \frac{C_V D^{q_v}}{T^m t^{x_v} S_z^{y_v} B^u Z^{p_v}} K_V. \quad (2.9)$$

Випишемо значення коефіцієнтів і показників степенів табл. 39, [3],

$C_v = 185,5$; $q_v = 0.45$; $x_v = 0.3$; $y_v = 0.2$; $u_v = 0.1$; $p_v = 0.1$; $m = 0.33$.

Уточнюючі коефіцієнти $K_{n_v} = 0.9$.

$$K_{M_V} = \frac{150}{\sigma_B} = \frac{150}{120} = 1,25; \quad \text{табл. 2, [3],}$$

$K_{uv} = 2.5$ [3];

$$V = \frac{185,5 \cdot 26^{0.1}}{240^{0.33} \cdot 1^{0.1} \cdot 0.18^{0.2} \cdot 5^{0.1} \cdot 4^{0.1}} \cdot 0,9 \cdot 1,25 \cdot 2,5 = 127,3 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 127,3}{3,14 \cdot 26} = 1560 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо частоту обертання шпинделя 1560 об/хв. частота обертання шпинделя верстата VF1 безступенева.

Хвилинна подача

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n_\partial = 0.1 \cdot 4 \cdot 1560 = 624 \text{ мм/хв.}$$

Приймаємо подачу $S_m = 624$ мм/хв.

Подача у верстата VF1 безступенева.

Визначаємо колову силу різання за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p t^{x_p} \cdot S_z^{y_p} \cdot B^{n_p} \cdot Z}{D^{q_p} \cdot n^{w_p}} k_{mp}. \quad (2.10)$$

Коефіцієнти і показники степеня (табл..41):

$$C_p = 12,5; x_p = 0,85; y_p = 0,75; u_p = 1.; w_p = - 0.13; q_p = 0.73.$$

Уточнюючі коефіцієнти: $K_{mp} = 1$ табл. 1; ст. 265[3].

$$P_z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 1^1 \cdot 0.1^{0.75} \cdot 5^1 \cdot 4}{26^{0,73} \cdot 1560^{-0.13}} \cdot 1 = 104,2H .$$

Визначаємо потужність різання за формулою:

$$N_{piz} = \frac{P_z \cdot V_d}{60 \cdot 1020} . \quad (2.11)$$

$$N_{piz} = \frac{104,2 \cdot 104,5}{60 \cdot 1020} = 0,18кВт \langle N_{um} = 8кВт .$$

Основний час визначаємо за формулою:

$$T_0 = \frac{L}{S_m} = \frac{83}{624} = 0,13хв.$$

Вибираємо режими різання табличним методом згідно [2] і зводимо їх в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Вибір режимів різання за таблицями

№ Опер.	Операція, перехід	t, мм	S, мм/об, мм/хв	n, об/хв	v м/хв	N кВт	T ₀ , хв
	1	2	3	4	5	6	7
005	1.Фрезерувати торці заготовок в розміри 108-0.1 , 102-0.1, згідно з заготовкою СПУ	1,5	200	1280	104,5	0,18	1,2
010	1.Фрезерувати площість заготовки в розмір 36-0.1	1	200	1280	104,5	0,18	1,54

Закінчення табл.2.4

	1	2	3	4	5	6	7
015	1.Фрезерувати площину «Б» 2. Фрезерувати контур	1	200	1280	104,5	0,18	1,1

	згідно ОРК-1	1	200	1280	104,5	0,18	2,2
	3. Центрувати, свердлили отв. $\varnothing 23$ мм	1,5		600	22	0,06	0,2
	4. Розточити отв. $\varnothing 32, \varnothing 23$ начорно начисто	11,5	0,11	600	22	0,1	0,3
	5. Центрувати, свердлили 4 отв. $\varnothing 3.3$ мм на глибину 12.2мм.	0,3	0,11	1000	94	0,14	1,4
	6. Нарізати різьбу М4-6Н в 4 отв.	1,6	0,11	600	22	0,1	0,8
		1,6	0,11	600	22	0,1	
	Установ Б						
	1. Фрезерувати плоскість в розмір 33.2-0.1(з припуском на шліфовку)	0,5	0,5	60	4	0,06	1,6
		1	200	1280	100		0,8
020	1. Фрезерувати паз на R39 шириною 8 мм	1	200	1280	104,5	0,18	1,34
	2. Фрезерувати заниження в розмір 12 згідно ОРК-2	1	200	1280	104,5	0,18	0,9
	3. Центрувати, свердлили 2 отв. $\varnothing 5.5$ мм	2,7	0,11	1000	22	0,1	0,2
	4. Центрувати, свердлили 2 отв. $\varnothing 4.8$ мм(отв. 5Н7)	2,4	0,11	1000	22	0,1	0,15
025	1.Шліфувати площину «Б» Ra1.6 в розмір 16 згідно кресленню, 33h9	0,225	0,2	6000	34м с	0,8	0,4
030	1. Центрувати, свердлили 2 отв. під М 6Н	2,52	0,11	1000	28	0,16	0,1
	2. Зенкувати фаски в отворах під різьбу	1	0,11	1000	28	0,16	0,1
	3. Нарізати різьбу М6-6Н 2 отв.	0,5	0,5	90	6	0,1	0,4

2.7. Розрахунок технічних норм часу при виконанні операцій

При нормуванні технологічного процесу у серійному виробництві визначається норма штучно-калькуляційного часу, $T_{ш.к.}$ за формулою:

$$T_{ш.к.} = \left(\frac{T_{п.з.}}{n} \right) + T_{шт.}, \quad (2.12)$$

$$T_{шт.} = T_o + T_\delta + T_{об} + T_{від},$$

де $T_{шт.}$ - штучний час обробки деталі , хв.

$T_{п.з.}$ - підготовчо-заклучний час на обробку , хв.

n - кількість деталей в партії, що налагоджується, шт.

T_o - основний час обробки , хв.

T_{∂} - допоміжний час обробки , хв.

$T_{об}$ - час на обслуговування робочого місця , хв.

$T_{від}$ - час відпочинку , хв.

$$T_{\partial} = T_{вст} + T_{з.о} + T_{кер} + T_{вим} \quad (2.13)$$

де $T_{вст}$ - час встановлення та зняття деталі , хв.

$T_{з.о}$ - час на закріплення та відкріплення деталі , хв.

$T_{кер}$ - час на керування верстатом , хв.

$T_{вим}$ - час на вимірювання деталі , хв.

Проведемо нормування на операцію 030 Шліфувальну.

$$T_o = 0,4 \text{ хв.}$$

$$T_{вст} = 0,39 \cdot 1,5 = 0,585 \text{ хв. [13].}$$

$$T_{кер} = (0,1 + 0,06 + 0,015 + 0,015 + 0,03 + 0,04) \cdot 1,5 = 0,39 \text{ хв.}$$

$$T_{з.о.} = 0,12 \text{ хв. [13].}$$

$$T_{вим} = 0,11 \cdot 1,5 = 0,165 \text{ хв.}$$

де 1,5 - поправочний коефіцієнт, що враховує тип виробництва - серійний, [13].

$$T_{\partial} = 0,585 + 0,12 + 0,39 + 0,165 = 1,26 \text{ хв.}$$

$$T_{обс.} + T_{від.} = P_{об.від} \cdot \left(\frac{T_o + T_B}{100} \right), \quad (2.14)$$

де $P_{об.від}$ - норматив часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби. $P_{об.від} = 8 \%$, [13].

$$T_{об} + T_{від.} = 8 \cdot \left(\frac{0,4 + 1,26}{100} \right) = 0,133 \text{ хв.}$$

$$T_{шт.} = 0,4 + 1,26 + 0,133 = 1,79 \text{ хв.}$$

$$T_{н.з.} = 18 \text{ хв.}, [13].$$

$$n = \frac{N \cdot a}{254},$$

де a - періодичність запуску деталей, $a = 12$ днів.

$$n = \frac{300 \cdot 12}{254} = 14$$

Тоді $T_{щ.к.} = \left(\frac{18}{14} \right) + 1,79 = 3 \text{ хв.}$

Отже, за довідником проводимо вибір потрібних часів і записуємо їх в таблицю 2.5. [9].

Таблиця 2.5 – Розрахунок штучного часу по операціях технологічного процесу (в хв.)

Номер і номенклатура операції	Основний час, T_0	Допоміжний час T_d	Час обслуг. та відпоч, $T_{обсл+T_{відп}}$	Штучний час, $T_{шт}$	ВЧО – заключний час, $T_{вч}$	Час на деталі в партії, $T_{парт}$	Штучно – кальк. час $T_{шк}$
-------------------------------	---------------------	----------------------	--	-----------------------	-------------------------------	------------------------------------	------------------------------

		Встановлення і зняття деталі	Керування верстагом	Вимірювання деталі	Хв.					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 Вертикально - фрезерна	1,2	0,35	0,32	0,15	0,14	-	2,16	14	14	2,86
010 Вертикально - фрезерна	1,54	0,35	0,32	0,15	0,11	-	2,47	14	14	2,67
015 Комбінована	7,4	0,35	0,32	0,15	0,11	-	8,3	14	14	8,53
020 Комбінована	2,59	0,35	0,32	0,15	0,37	-	3,53	14	14	3,6
025 Шліфувальна	0,4	0,58	0,39	0,165	0,133	-	1,79	18	14	3
030 Координатно – розточувальна	0,6	0,32	0,62	0,3	0,12	-	1,96	15	14	2

Висновки до розділу 2

1. В новому техпроцесі було запропоновано вдосконалити технологічний процес виготовлення стійки, застосувавши верстати з ЧПК обробляючі центри VF1 фірми HAAS (США). Які дозволили сконцентрувати операції старого техпроцесу на одному верстаті, що дозволило проводити оброблення з однієї установки заготовки та підвищити точність оброблення. Проведено розрахунки припусків, режимів різання та нормування техпроцесу.

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1. Проектування верстатного пристрою для закріплення заготовки при фрезеруванні площин на операції 005

Відповідно до завдання необхідно спроектувати переналагоджувальний пристрій для установки заготовки стійки, виготовленої з сплаву АК5, на вертикально-фрезерній операції 005.

3.1.1. Вибір установчих елементів, схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої

Створюємо схему базування деталі.

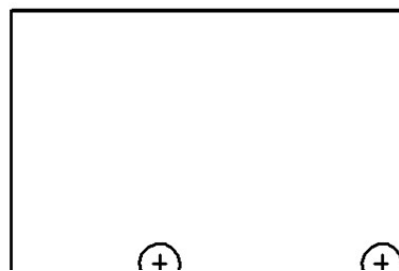


Рисунок 3.1 - Схема базування деталі

Установочними елементами пристрою вибрано плоску поверхню рухомої губки лещат та поверхні вибірки, які слугують упорною та напрямною поверхнею. Деталь корпус базується по головній опорній поверхні – площині, напрямній поверхні – нижньому торці та по упорній поверхні – правий торець (див. рис. 3.1). Спосіб закріплення деталі – затискання між двома рухомими губками лещат які само центруються. Схема базування та закріплення деталі показано на рис. 3.2.

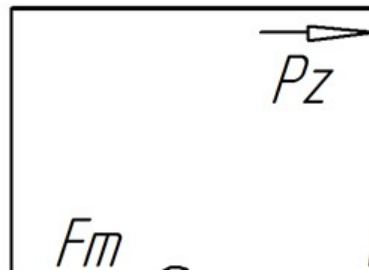


Рисунок 3.2 – Схема базування та закріплення деталі

3.1.2. Розрахунок необхідних сил закріплення та приводу пристрою

Заготовка у пристрої під дією всіх сил повинна знаходитися в рівновазі.

Тому згідно схеми дії сил на заготовку (рис. 3.2) можна записати рівняння рівноваги заготовки:

$$P_z \cdot k = 2Wf, \quad (3.1)$$

де $K = 1,5$ – коефіцієнт запасу по утриманню заготовки.

Силу різання при фрезеруванні беремо з розрахунків (див. п. 2.7.1 режими різання):

$$P_z = 104,2 \text{ Н.}$$

З рівняння (3.1) після перетворення отримаємо необхідну розрахункову залежність для сили затиску:

$$W = \frac{P_z \cdot k}{2f} = \frac{104,2 \cdot 1,5}{2 \cdot 0,16} = 488,4 \text{ Н.}$$

Розрахуємо параметри приводу пристрою – гвинто-важільного затиску, схема якого показана на рис 3.3..

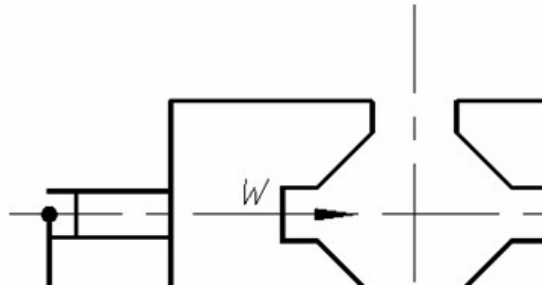


Рисунок 3.3 – Кінематична схема затискного механізму пристрою

Визначаємо необхідну силу на ключі Q .

Затиск здійснюється за допомогою гвинта М16 та ключа. Знайдемо силу, яку треба прикласти до рукояті ключа, щоб закріпити заготовку гвинтом з необхідним зусиллям. Розрахунок проводимо за формулою:

$$Q = \frac{W \left[r_{сер} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \frac{1}{3} \cdot f \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right]}{L}, \quad [15] \quad (3.2)$$

де $\alpha = 2^\circ 56'$ – кут підйому різьби;

φ_{np} – приведений кут тертя.

$$\varphi_{np} = \operatorname{arctg} \frac{f}{\cos \alpha} = \operatorname{arctg} \frac{0,15}{\cos 30^\circ} \approx 9^\circ 5',$$

де $L = 210$ мм – довжина ключа;

$r_{сер} = 7,45$ мм – середній радіус різьби М16;

D - зовнішній діаметр затискної шайби, $D = 25$ мм,

d – діаметр натискного пальця $d = 16$ мм.

$$Q = \frac{488,4 \left[7,45 \cdot \operatorname{tg}(2^{\circ}56' + 9^{\circ}50') + \frac{1}{3} \cdot 0,15 \frac{25^3 - 16^3}{25^2 - 16^2} \right]}{210} = 80 \text{ Н}$$

Сила, яку для затиску може прикладати робітник до ключа, згідно вимог техніки безпеки, не може бути більше чим $P = 150 \text{ Н}$.

Робимо висновок, що затиск гайкою М16 задовольняє, тобто $150 \text{ Н} > 80 \text{ Н}$.

3.1.3. Розрахунок елементів пристрою на міцність

Номинальний діаметр гвинта для гвинтового затискача визначаємо за формулою:

$$d = C \sqrt{\frac{W}{\sigma}} \quad [15] \quad (3.3)$$

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

W – сила затискача;

σ – напруження розтягування; для гвинтів із сталі 45 з врахуванням зносу різьби $\sigma = 100 \text{ МПа}$.

Проводимо розрахунок діаметра різьби:

$$d = 1,4 \sqrt{\frac{488,4}{100}} = 3,1 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр гвинта М16. Маємо запас міцності.

$$K = \frac{12,34}{3,1} = 3,9 \text{ рази.}$$

3.1.4. Розрахунок пристрою на точність

Похибку виготовлення пристрою розраховуємо за формулою:

$$\varepsilon_{np} \leq T - K \sqrt{(K_1 \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{заст}^2 + \varepsilon_{зм}^2 + \varepsilon_n^2 + (K_2 W^2)}, \quad [15] \quad (3.4)$$

де $T = 0,2$ мм – допуск на розмір, що виконується;

K – коефіцієнт, що враховує можливе відступлення від нормального розподілення окремих складових.;

$$K = 1,2; \quad [15]$$

K_1 – враховується при $\varepsilon_{\delta} = 0$;

Для серійного виробництва $K_1 = 0,8$; [15]

$$K_2 = 0,7; \quad [15]$$

$\varepsilon_{\delta} = 0$ похибка базування

ε_3 – похибка закріплення. $\varepsilon_3 = 0,09$ мм.

$$\varepsilon_{уст} = 0,02 \text{ мм.}$$

$\varepsilon_{зн}$ – похибки, що виникають в результаті зношування деталей пристрою. $\varepsilon_{зн} = 0,02$ мм.

ε_n – похибка зміщення ріжучого інструменту.

Так, як відсутні направляючі елементи пристрою то похибка

$$\varepsilon_n = 0.$$

W – значення похибки обробки, виходячи з економічної точності для даного методу

$$W = 0,04 \text{ мм.}$$

Розрахункова похибка виготовлення пристрою дорівнює:

$$\varepsilon_{np} = 0,2 - 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0,09^2 + 0,02^2 + 0^2 + (0,7 \cdot 0,04)^2} = 0,035 \text{ мм.}$$

Проведені розрахунки показують, що похибка виготовлення пристрою незначна та задовольняє потребу до вимог точності деталі, що оброблюється у даному пристрої.

3.1.5. Розробка технічних умов на пристрій, компонування та опис його роботи

Основні технічні вимоги до пристрою пролягають у наступному:

1. Не перпендикулярність площини губок до основи пристрою не більше 0,1 мм на 100 мм довжини;
2. Не допускається заїдання рухомих частин.

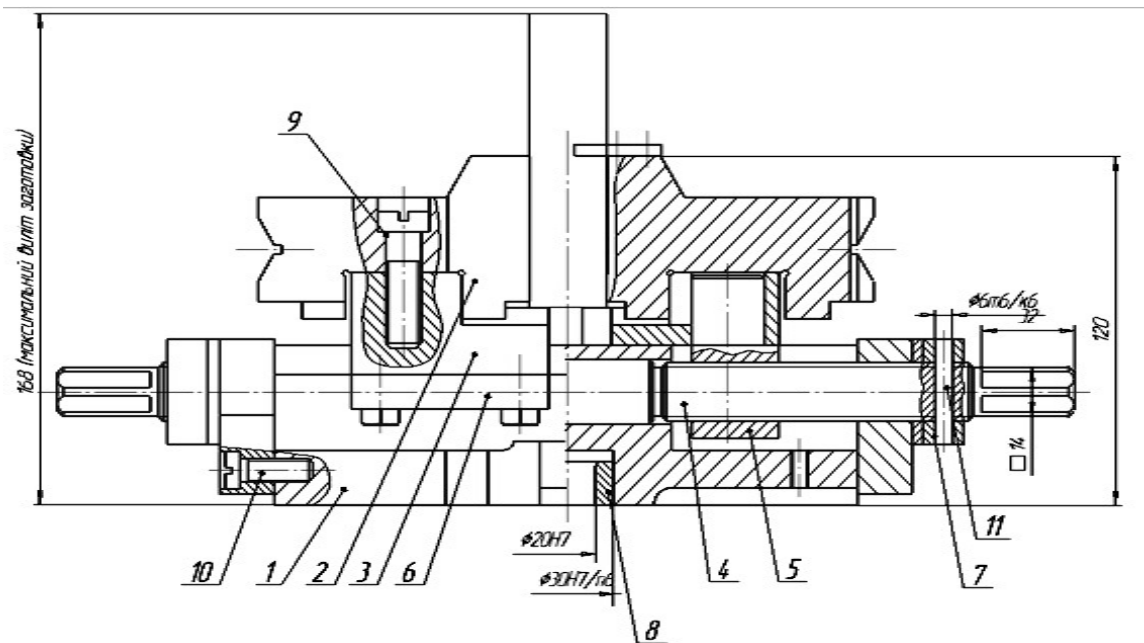


Рисунок 3.4 – Загальний вигляд переналагоджуємого пристрою

Пристрій складається з корпуса поз. 1 по направляючих якого з допомогою гвинта поз. 4 рухаються дві призми поз. 2. Рух на призми поз. 2 передається від гвинта 4 через гайки поз. 5 і поз. 6.

Деталь встановлюється в призми поз. 2 до упора торцем в корпус лещат поз. 1. Обертот рукоятки гвинта поз. 4 гайки поз. 5 і поз. 6 рухаються на зустріч одна одній, рух від гайок передається на призми, які своїм рухом затискають деталь, базуючи її.

Обертот рукоятки гвинта поз. 4 в зворотному напрямку система робить зворотній рух і звільняє деталь. Деталь знімаємо і замінюємо на необролену.

3.2. Проектування верстатного пристрою на верстат з ЧПК VF1

Необхідно спроектувати та провести необхідні розрахунки пристрою для виконання фрезерних та свердлувальних операцій на верстаті з ЧПК VF1.

На операції 035 виконують фрезерування заниження та свердлування 2 отв. \varnothing 5,5 мм, 2 отв. \varnothing 4,8 мм та проводять зенкування фасок з наступним нарізанням різьб.

Найбільший вплив сил різання на зміщення заготовки буде при фрезеруванні заниження тому розрахунок приводу будемо вести за режимами на фрезерування.

3.2.1. Вибір установчих елементів, схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої

Деталь встановлюється на площину пристрою торцем з отвором та базується в отворі по двох циліндричних пальцях. Площина деталі із заниженням базується встановленням на два штиря.

При встановленні деталі отвором на два пальця та на штирі деталь повертається торцем до упорного пальця – тоді виконується повна схема базування, яка показана на рис. 3.5.

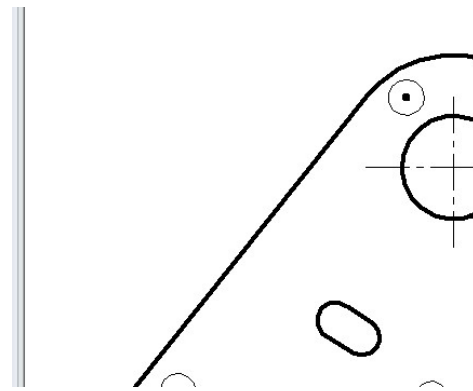


Рисунок 3.5 – Схема базування заготовки

Базовими елементами пристрою є плоскі штирі та пальці, які запресовані у корпус пристрою.

Закріплення заготовки здійснюється за допомогою важільних прихватів, які приводяться у дію за допомогою гідроциліндрів. Конструкція пристрою зібрана з елементів комплекту УЗП та застосовані вмонтовані гідроциліндри односторонньої дії.

3.2.2. Розрахунок необхідних сил закріплення та приводу пристрою

На рис. 3.6 наведена розрахункова схема базування та закріплення заготовки на переході фрезерування заниження. Пристрій розраховується по переходу фрезерування, як найбільш навантажений силами різання.

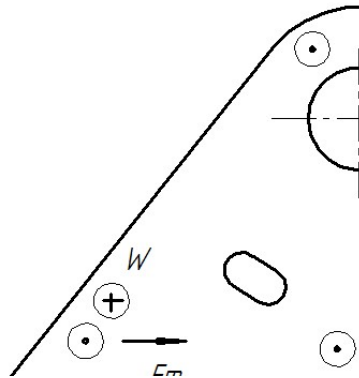


Рисунок 3.6 – Схема базування та закріплення заготовки
З режимів різання при фрезеруванні заниження сила $P_z = 104,2$ Н.

Рівняння заготовки під дією усіх сил має вигляд:

$$P_z \cdot k = 2 \cdot W \cdot f, \text{ звідки отримаємо силу затиску:}$$

$$W = \frac{P_z \cdot k}{2 \cdot f} = \frac{104,2 \cdot 1,5}{2 \cdot 0,1} = 781 \text{ Н.}$$

З урахуванням силового коефіцієнта передачі важільної системи маємо на штокові гідроциліндра

$$W \cdot L = Q \cdot L_1, \quad (3.5)$$

звідки
$$Q = \frac{W \cdot L}{L_1} = \frac{781 \cdot 56}{39} = 1122 \text{ Н.}$$

Визначаємо основні розміри гідроциліндра, виходячи із розрахункової сили Q на штокові з урахуванням, що робоча порожнина поршнева та частина зусилля витрачається на стиснення зворотної пружини $P_{пр} = 100$ Н за формулою:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot P_M - P_{np} \quad (3.5)$$

де D - діаметр гідроциліндру;

P_M - тиск мастила у гідросистемі, $P_M = 1$ МПа;

З формули 3.5 визначаємо діаметр пневмоциліндра

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot (Q + P_{np})}{\pi \cdot P_M}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1222}{3,14 \cdot 1 \cdot 0,9}} = 39,4 \text{ мм}$$

Конструктивно приймаємо стандартний діаметр гідроциліндра $D = 40$ мм, діаметр штока $d = 12$ мм [9].

Визначаємо дійсне зусилля, яке діє з боку пневмоциліндра:

$$Q_0 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot P_M = \frac{3,14 \cdot 40^2}{4} \cdot 1 = 1256 \text{ Н}$$

3.2.3. Розрахунок елементів пристрою на міцність

Проводимо розрахунок елементів пристрою. Виконуємо перевірочний розрахунок різьби на болті важеля на обмежуючий тиск за формулою:

$$p = \frac{W}{z \cdot \pi \cdot d_2 \cdot h} \leq [p], \quad (3.6)$$

де z - число працюючих витків, $z = 5$;

d_2 - середній діаметр різьби, $d_2 = 14,701$ мм;

h - робоча висота профілю, $h = 1,082$ мм;

$[p]$ - допустимий тиск, $[p] = 15$ Н/мм².

Сила на осі болта $W = 1122$ Н.

$$p = \frac{1122}{5 \cdot 3,14 \cdot 14,701 \cdot 1,082} = 4,87 \text{ Н/мм}^2 .$$

Умова виконується. $[p] = 15 \text{ Н/мм}^2$ більше чим $4,87 \text{ Н/мм}^2$

3.2.4. Розрахунок пристрою на точність

Допустиму похибку пристрою визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_{\text{дон}} = TD - \kappa \cdot \omega , \quad (3.7)$$

де TD – поле допуску на виконуваний розмір деталі, $TD = \pm 0,1 \text{ мм}$;

κ – поправочний коефіцієнт, $\kappa = 0,8$ [3];

ω – точність обробки на вибраному верстаті, $\omega = 20 \text{ мкм}$, [3].

$$\varepsilon_{\text{дон}} = 200 - 0,8 \cdot 20 = 184 \text{ мкм.}$$

Похибку установки визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\text{б}}^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2} , \quad (3.8)$$

де $\varepsilon_{\text{б}}$ - похибка базування $\varepsilon_{\text{б}} = 0$, співпадають технологічні, конструкторські та встановлювані бази.

ε_z - похибка закріплення, $\varepsilon_z = 0,01 \text{ мм}$ (затиск гідравлічний) [3];

$\varepsilon_{\text{пр}}$ - похибка пристрою:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{виг}}^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2 + \varepsilon_{\text{фікс}}^2} , \quad (3.9)$$

де $\varepsilon_{\text{виг}}$ - похибка виготовлення установочних елементів, $\varepsilon_{\text{виг}} = 0,01 \text{ мм}$;

$\varepsilon_{\text{зн}}$ - похибка зношення установочних елементів, $\varepsilon_{\text{зн}} = 0,02 \text{ мм}$;

$\varepsilon_{\text{фікс}}$ - похибка фіксації пристрою на столі верстата, $\varepsilon_{\text{фікс}} = 0,01 \text{ мм}$.

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{0,01^2 + 0,02^2 + 0,01^2} = 0,025 \text{ мм.}$$

Тоді похибка встановлення деталі у пристрій:

$$\varepsilon_y = \sqrt{0,01^2 + 0,025^2} = 0,027 \text{ мм.}$$

Умова $\varepsilon_{дон} \geq \varepsilon_y$ виконується. Тобто $0,184 > 0,027$. Точність оброблення деталі у пристрої забезпечена.

3.2.5. Розробка технічних умов на пристрій, компонування та опис його роботи

Застосування системи пристроїв УЗП дозволяє з великою ефективністю використовувати верстати з ЧПК, враховуючи то, що кількість деталей має малу програму.

Привід пристрою гідравлічний. Гідроприводи малогабаритні, так як працюють при високому тиску масла. Вони можуть забезпечувати плавність руху, мають високий ККД (до 90%) і мале запізнення (0,01-0,02с) в порівнянні з пневмоприводом.

Заготовка встановлюється на площину пристрою по штирям з плоскою головкою та на пальці у отворі і впирається у циліндричний штир по боковій поверхні (рис.3.7). Втримується повна схема базування. Важелі підводяться до заготовки та подається стиснуто мастило у гідроциліндри. Виконується закріплення заготовки та проводиться її оброблення.

Для витримування точності оброблення необхідно витримати паралельність установочної площини пристрою до площини основи 0,1 мм на 100 мм довжини.

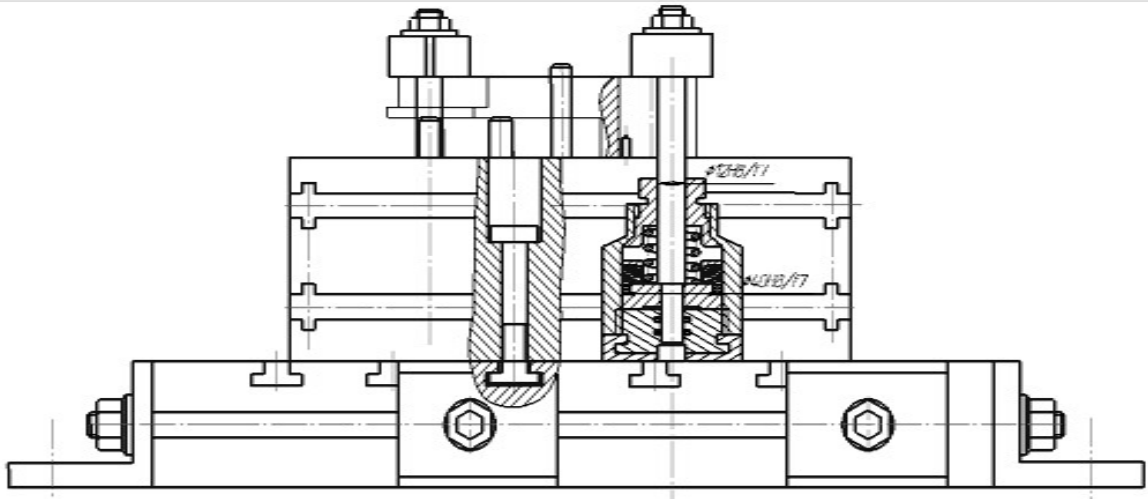


Рисунок 3.7 – Загальний вид верстатного пристрою

3.3. Проектування контрольно-вимірювального пристрою

3.3.1. Технічні умови та вимоги креслення, які підлягають контролю

Для деталі корпус згідно технічних умов з креслення контролю підлягає паралельність протилежних площин, по яким деталі вузла встановлюються у виробі.

Величина непаралельності площин згідно вимог з креслення дорівнює 0,025 мм.

3.3.2. Вибір схеми вимірювання

Вибираємо схему контролю по [10], яка зображена на рис. 3.8.

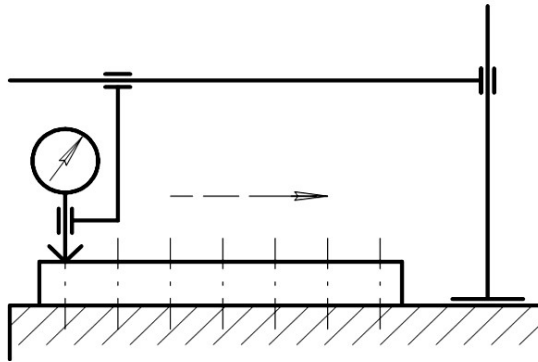


Рисунок 3.8 – Схема контролю параметра непаралельності площин

3.3.3. Розрахунок пристрою на точність

Спочатку визначаємо допустиму похибку вимірювання за формулою:

$$\varepsilon_{\text{дон}} = 0,3T, \quad [14]; \quad (3.10)$$

де T -допуск на параметр, який контролюється $T = 0,025$ мм;

$$\varepsilon_{\text{дон}} = 0,3T = 0,3 \cdot 0,025 = 0,0075 \text{ мм.}$$

Визначаємо фактичну похибку вимірювального пристрою за формулою:

$$\varepsilon_{\text{ф}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{б}}^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2 + \varepsilon_{\text{прил}}^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2}, \quad (3.11)$$

де $\varepsilon_{\text{б}}$ – похибка базування деталі, $\varepsilon_{\text{б}} = 0$ (технологічна база співпадає з конструкторською);

$\varepsilon_{\text{пр}}$ - похибка виготовлення пристрою, $\varepsilon_{\text{пр}} = 0,005$ мм;

$\varepsilon_{\text{зн}}$ - похибка зношення пристрою, $\varepsilon_{\text{зн}} = 0,005$ мм;

$\varepsilon_{\text{пр}}$ – похибка контрольно - вимірювального приладу:

$$\varepsilon_{\text{прил}} \approx \frac{Ц}{2}, \quad (3.12)$$

де $Ц$ – ціна поділки контрольно - вимірювального приладу.

Для контролю параметра непаралельності вибираємо індикаторну головку важільно - зубчастого типу 2ИГ ГОСТ 18833 – 73, ціна поділки якої

$$Ц = 0,002 \text{ мм. [14];}$$

Тоді похибка приладу визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\text{прил}} \approx \frac{0,002}{2} = 0,001 \text{ мм,}$$

Фактична похибку вимірювального пристрою

$$\varepsilon_{\phi} = \sqrt{0^2 + 0,005^2 + 0,005^2 + 0,001^2} = 0,0051 \text{ мм}$$

Отже фактична похибка обробки не перевищує допустиму $\varepsilon_{\phi} < \varepsilon_{\text{доп}}$
(0,0051 < 0,0075).

3.3.4. Опис конструкції і роботи пристрою

Деталь кладеться площиною на вимірювальну плиту. До протилежного торця деталі підводимо індикатор і налагоджуємо його при дотиканні ніжки до поверхні на «0» (створюємо попередній натяг) і переміщуючи деталь по плиті поступово фіксуємо показники індикатора у декількох положеннях деталі. Визначивши найбільше відхилення по індикатору проводимо порівняння з допустимим відхиленням за вимогами креслення.

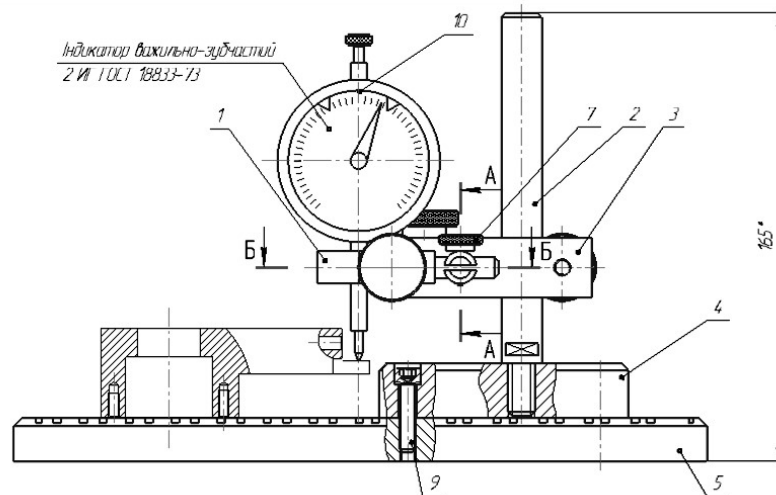


Рисунок 3.9 – Загальний вид контрольного пристрою

3.4. Проектування різального інструменту фрези гвинтової

Згідно завдання необхідно спроектувати різальний інструмент фрезу збірну з пластинами твердого сплаву для оброблення плоских поверхонь.

Визначаємо діаметр фрези - $\varnothing 26$ мм він співпадає за ГОСТ 8529-89;

Кількість зубів фрези $Z = 4$. Кут нахилу гвинтової канавки $\omega = 20^\circ$.

Діаметр хвостовика $\varnothing 16$ виконуємо по ГОСТ 8529-69 під цангу.

Визначаємо геометричні параметри, різальної частини фрези, головний задній кут $\alpha = 12^\circ$, передній кут $\gamma = 5^\circ$.

Вибираємо матеріал різальної частини фрези: пластини з твердого сплаву ВК6 ГОСТ 2151-82. Кріплення механічне.

Назначаємо твердість елементів фрези після термічної обробки: хвостовик $HRC 40...50$.

Допуски на основні елементи фрези і інші технологічні вимоги виконуємо по ГОСТ 2574-83. На рис 3.10 показано конструкцію загального виду фрези.

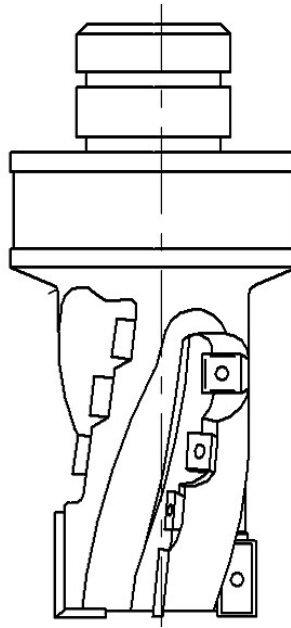


Рисунок 3.10 – Конструкція фрези гвинтової з механічним кріпленням пластин

Висновки до розділу 3

1. У конструкторському розділі спроектовано верстатний пристрій для верстату з ЧПК VF1, а також верстатний пристрій для операції 005 для верстату моделі 6P12 для фрезерування площин заготовки.

2. Спроектовано пристрій для контролю паралельності поверхонь та конструкцію фрези збірної з твердосплавними пластинами.

РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ

4.1. Аналіз конструкції деталі стійка 247/4/2216-08.01.10 у середовищі SolidWorks в модулі Simulation

Метою досліджень є інженерний аналіз конструктивних параметрів деталі стійка 247/4/2216-08.01.10 на міцність та переміщення елементів деталі при впливі робочих навантажень.

Для виконання аналізу конструкції деталі стійка 247/4/2216-08.01.10 рекомендується використовувати програмне середовище SolidWorks.

Використовуючи середовище SolidWorks та модуль Simulation можна проводити інженерні розрахунки і моделювати методом аналізу кінцевих елементів різні впливи навколишнього середовища на виріб [12]. Основними особливостями модуля Simulation є:

- лінійний аналіз;
- втомний аналіз металу;
- нелінійний аналіз;
- теплової аналіз;
- частотний аналіз;
- аналіз виробів з пластмаси і гуми;
- динамічний аналіз і ін.

Моделювання методом аналізу кінцевих елементів (FEA) – це дискретизація проєктованих компонентів в тверде тіло, оболонку або балковий елемент, що використовує лінійний аналіз напружень для визначення реакції деталей і вузлів під впливом: - сили; - тиску; - прискорення; - температури. - контакт між компонентами[12].

Будь-який вид аналізу здійснюється у декілька етапів. Для здійснення розрахунків необхідно здійснити наступні кроки:

- 1) побудувати тривимірну модель виробу;

- 2) згенерувати кінцево-елементну сітку;
- 3) визначити матеріал моделі;
- 4) накласти граничні умови, що визначають суть фізичного явища, що підлягає аналізу;
- 5) виконати розрахунок;
- 6) проаналізувати результати.

Також можна врахувати напруження, що виникають внаслідок температурного розширення чи стиснення матеріалу або деформації конструкції на величину відомих переміщень. За допомогою програмного продукту SolidWorks користувач може оцінити міцність розробленої ним конструкції за напруженнями, що допускаються, визначити найменш надійні місця конструкції і внести необхідні зміни, оптимізувати конструктивно виріб [12].

Тривимірну модель створюємо за допомогою програмного продукту SolidWorks, яка представлена на рис. 4.1.

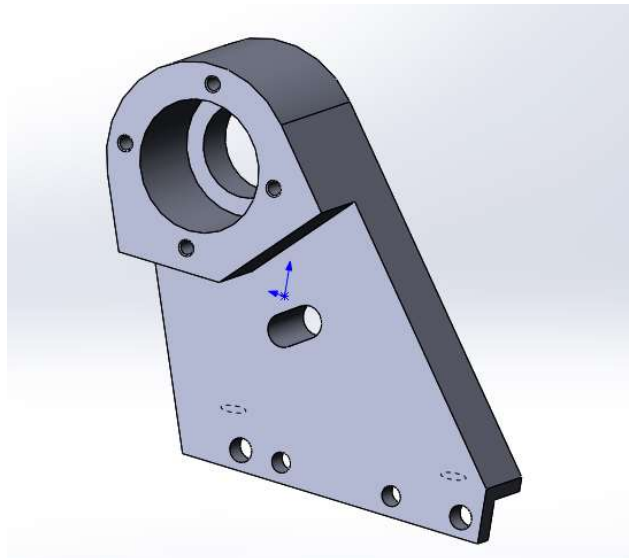


Рисунок 4.1 – Загальний вигляд тривимірної моделі стійка 247/4/2216-

08.01.10

4.1.1. Розбиття моделі стійка 247/4/2216-08.01.10 на скінчені елементи

Попередньо визначаємо параметри дискретизації – середній розмір скінченого елемента та, при необхідності, зони з більш мілкою сіткою. Крім того, можливо дозволити системі самостійно керувати розмірами комірок у зонах із різкою зміною геометрії.

У нашому випадку концентратором зусиль у деталі стійка 247/4/2216-08.01.10 будуть місця закріплення її болтами та місце центрального отвору де встановлюється підшипник.

Тому, після успішного створення 3D моделі на екрані монітора з'явиться діалог управління настройками генерації кінцево-елементної сітки, після закінчення якого утворюється сіткова модель з тетраедрів, апроксимуючу тривимірну модель виробу [12]. Схему сітки розбиття деталі стійка 247/4/2216-08.01.10 на скінченні елементи зображено на рис. 4.2.

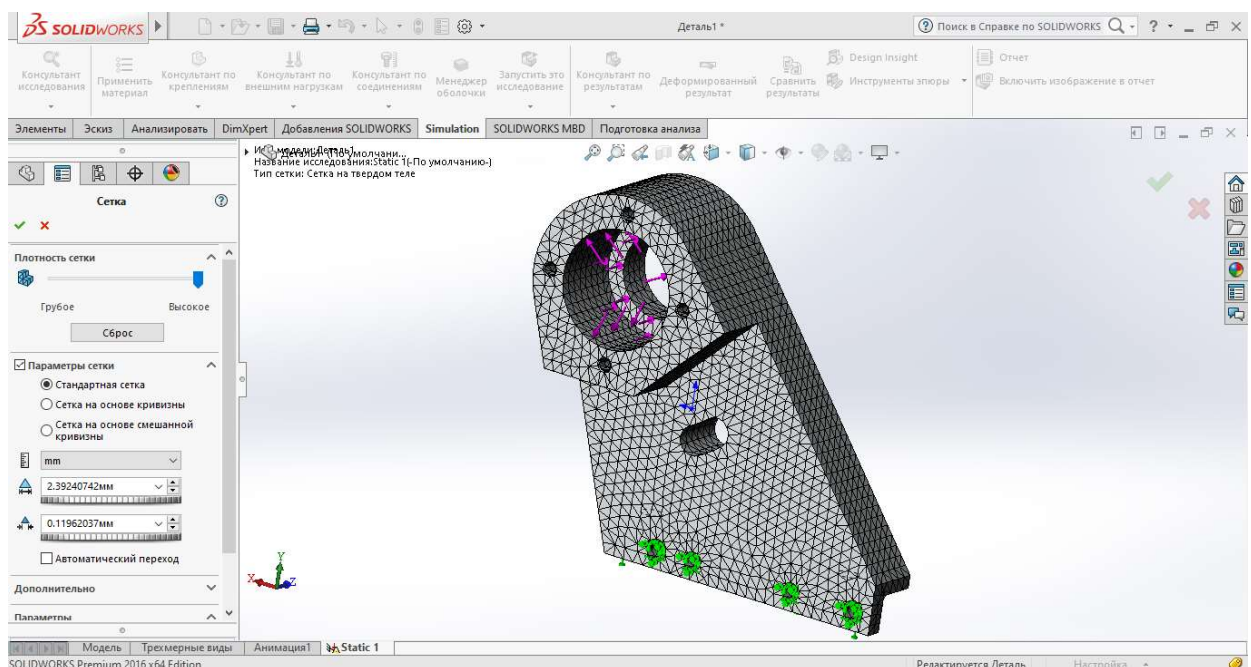


Рисунок 4.2 - Сітка деталі, побудована методом кінцевих елементів

Для того, щоб здійснювати які-небудь розрахунки з твердотільною

моделлю деталі необхідно визначити матеріал, з якого вона виготовлена.

У SolidWorks аналізі є дві можливості завдання матеріалу для виконання аналізу [12]. За умовчанням, в розрахунку використовуються характеристики матеріалу «з операції». Призначення матеріалу для тривимірної моделі здійснюється у вікні властивостей операції, або з бази даних матеріалів. Доступ до бази матеріалів Аналізу для поточної задачі здійснюється по команді «Анализ-Материал» або з контекстного меню дерева задач, що відображається у вікні задач. Призначимо для нашої моделі матеріал «Сплав АК6» з бази матеріалів SolidWorks. Для визначення закріплень в SolidWorks в аналізі передбачені три команди: «Полное закрепление», «Частичное закрепление» і «Контакт» [12].

Команда «Анализ → Ограничение → Полное закрепление» застосовується до вершин, граней і ребер моделі. Вона визначає, що даний елемент тривимірного тіла повністю нерухомий, тобто зберігає своє первинне розташування і не міняє свого положення під дією прикладених до системи навантажень [12].

Вкажемо нерухому грань моделі - в даному випадку використаємо базову поверхню деталі – кріпильні отвори (рис. 4.2).

4.1.2. Визначення переміщень

Навантаження буде складати 300 Н та прикладатиметься до внутрішньої поверхні отвору деталі стійка 247/4/2216-08.01.10, імітуючи дію силу від крутного моменту та осьового зусилля конічної передачі під час роботи деталі у вузлі (рис. 4.3).

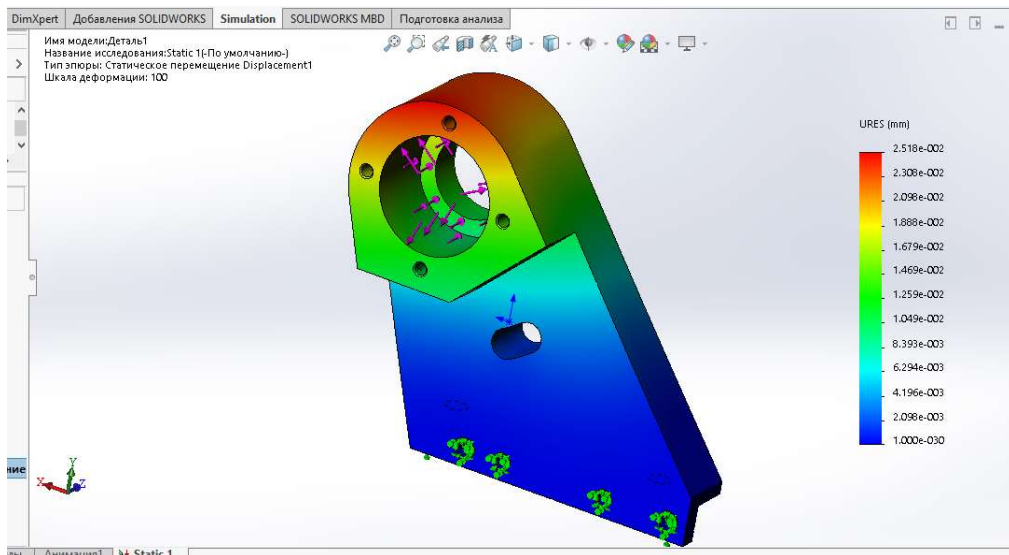


Рисунок 4.3 – Переміщення елементів деталі стійка 247/4/2216-08.01.10 під навантаженням

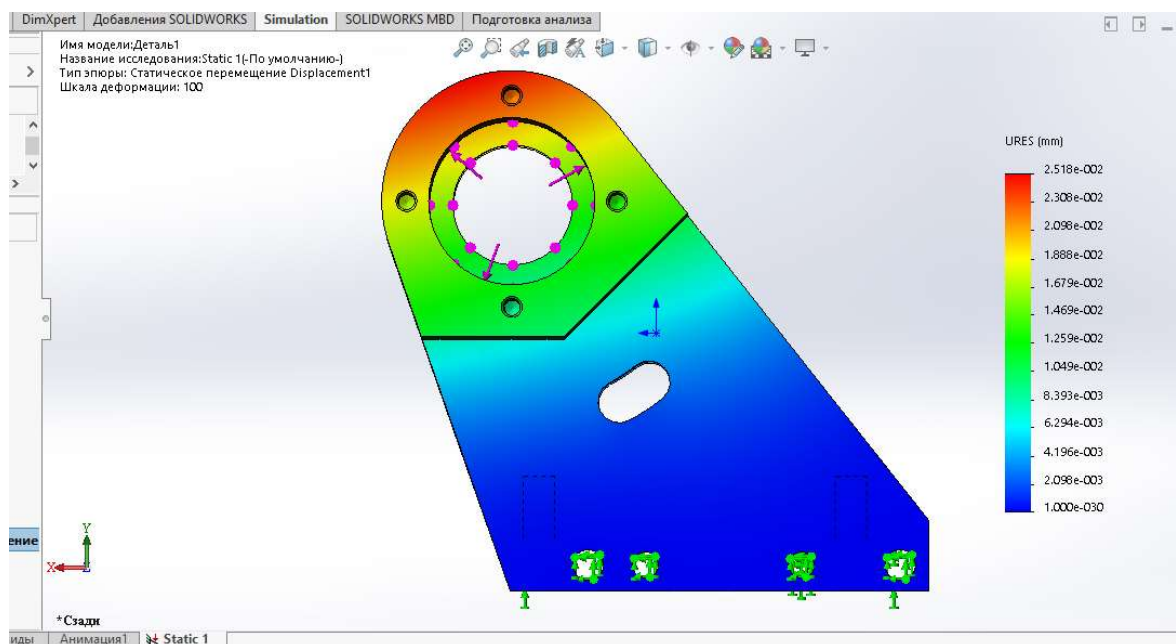


Рисунок 4.4 – Переміщення елементів деталі стійка 247/4/2216-08.01.10 під навантаженням у вигляді з боку

Встановлено, що під дією робочих навантажень максимальні переміщення складають – 0,00252 мм.

4.1.3 Розрахунок на міцність

Розрізняють наступні навантажені стани [12]:

а) лінійний (з однією віссю) – коли з трьох головних напружень тільки одне не дорівнює нулю. У цьому напруженому стані знаходяться деталі при розтягу, стисканні, чистому згині;

б) плоский (із двома осями) – коли із трьох головних напружень два не дорівнюють нулю. Практично у двохосьовому напруженому стані знаходяться диски, що обертаються, тонкостінні посудини під внутрішнім тиском, стрижні при чистому крученні та при поперечному згині. Вільні від навантажень ділянки поверхонь деталей будь – якої конфігурації завжди знаходяться у двохосьовому напруженому стані;

в) об'ємний (трьохосьовий) – коли всі три головні напруження не дорівнюють нулю (товстостінні труби під внутрішнім тиском, ділянки контакту різних тіл, внутрішні зони масивних деталей).

Після виконання всіх необхідних операцій виконується розрахунок. Результати розрахунку напружень відображаються в дереві задач та показані на рис 4.6 та 4.7.

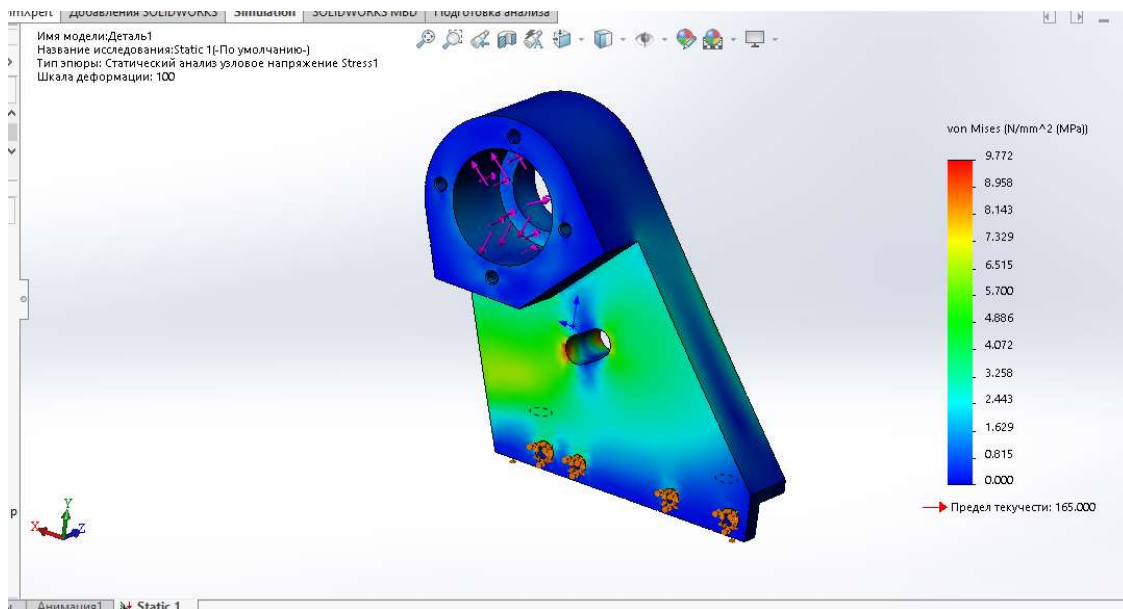


Рисунок 4.5 - Напруження в елементах деталі стійка 247/4/2216-08.01.10

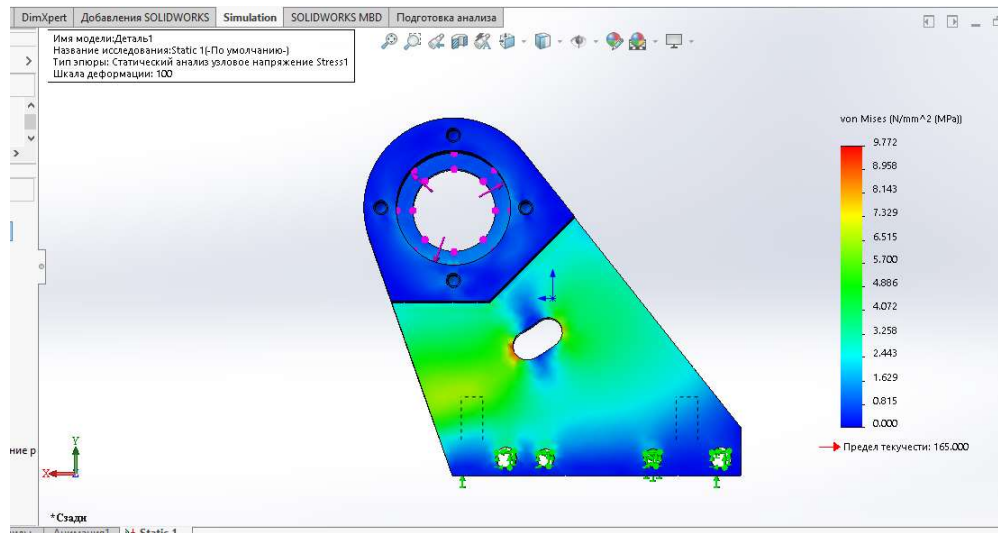


Рисунок 4.6 – Напруження деталі стійка 247/4/2216-08.01.10 (вид з боку)

Надалі проводимо аналіз напружень у елементах деталі. Результати досліджень деформації елементів деталі стійка 247/4/2216-08.01.10 відображаються в дереві задач та показані на рис. 4.7. та 4.8.

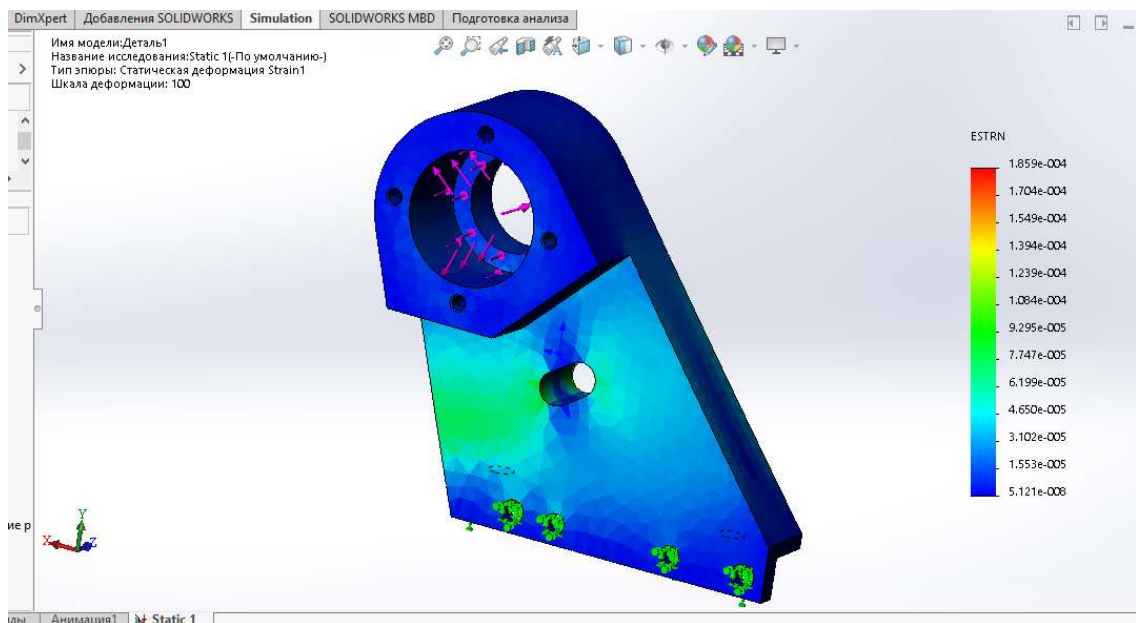


Рисунок 4.7 - Результати аналізу деформації елементів деталі стійка
247/4/2216-08.01.10

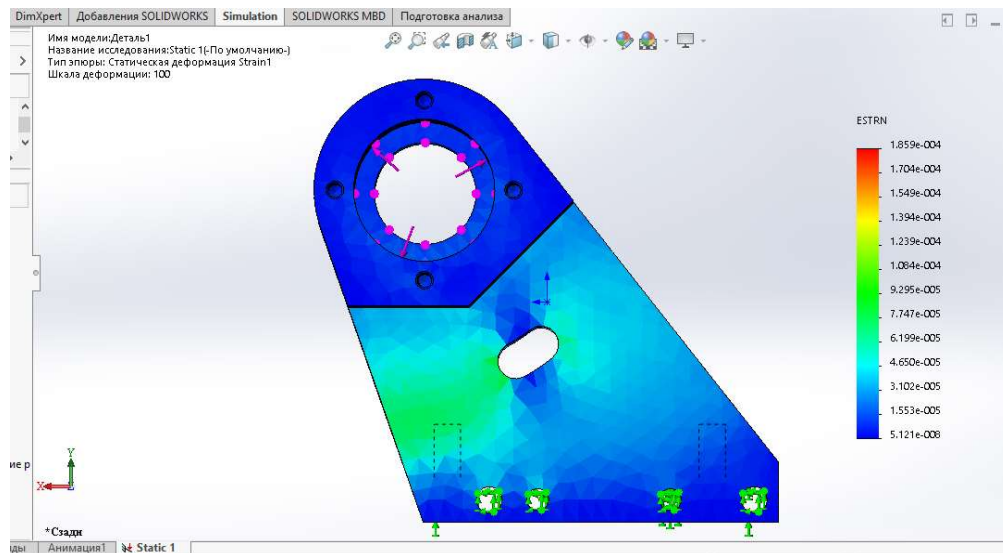


Рисунок 4.8 - Результаты анализа деформации элементов детали стійка
247/4/2216-08.01.10 (вид з боку)

Висновки до розділу 4

Провівши аналіз переміщень та напружень конструктивних параметрів деталі стійка 247/4/2216-08.01.10 при робочому навантаженні 3 00 Н виявлено в деяких зонах максимальні напруження $7,47 \cdot 10^{-5}$ МПа, та максимальні переміщення 0.00252 мм, що є в межах допустимої норми для роботи деталі у вузлі.

Отже деталь стійка 247/4/2216-08.01.10 має достатню жорсткість, буде працювати при робочому навантаженні без значних деформацій поверхонь і не потребує заміни матеріалу на більш міцний та додаткових конструкторських модернізацій по збільшенню розмірів її окремих параметрів.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Техніка безпеки при налагоджуванні, експлуатації верстатів з ЧПК

Безпека праці на верстаті досягається виконанням вимог безпеки по ГОСТ 12.2.009-80, а також деякими конкретизованими вимогами, що наведені нижче.

Міри безпеки для обслуговуючого персоналу.

До роботи на верстаті допускаються особи, що знайомі з його будовою, правилами експлуатації, що пройшли інструктаж по техніці безпеки, а також ознайомлені з експлуатаційною документацією, що входить в комплект документації верстата.

До строповки верстата та його складових частин допускаються особи, що вивчали правила строповки, мають посвідчення на право виконання цих робіт та пройшли відповідний інструктаж по ТБ.

При стропуванні накопичувача та інструментального магазину необхідно врахувати нерівноваженість вузлів.

Всі роботи що пов'язані з налагодкою електрообладнання виконують тільки спеціалісти по електрообладнанню.

Міри безпеки при транспортуванні та установці верстата

Транспортування, установка, монтаж системи здійснюється згідно вимог відповідних розділів "Керівництва по експлуатації верстата".

Для строповки використовуються спеціальні рим-болти.

Установка системи використовується тільки із застосуванням спеціальних вантажних механізмів.

При установці деталей масою більше 16кг, необхідно підкладати під них дерев'яні підкладки.

Міри безпеки при підготовці верстата до роботи.

Необхідно перевірити наявність та справність:

- захисних механізмів та огорожень робочих органів;
- попереджувальних механізмів для захисту від стружки та МОР;
- різального та допоміжного інструментів;
- роботи блокувальних пристроїв.

Міри безпеки при роботі верстата.

Не допускається знаходитися стороннім особам в зоні роботи системи. Забороняється:

- перевищувати номінальну потужність;
- проводити контроль деталей, ручну заміну інструментів, ручне вилучення стружки, ремонт несправностей при ввімкнутому верстаті;

- використовувати в якості МОР та ін., бензин, керосин і т.п.;
- прибирати верстат стисненим повітрям.

Враховувати рекомендації по відповідні довжині інструмента та його максимальному діаметру.

Передбачене блокування випадання інструмента, перевантаження верстата, самовільного опускання шпindelної бабки, перебігів рухомих вузлів.

Вмикання обертів шпindelя в автоматичному режимі можливе тільки після кінцевого закріплення інструмента в шпindelі та його наявності при справній цанзі.

Реле тиску в магістралі гідроциліндра вимикає верстат при поданні тиску в гідросистемі.

При вимиканні шпindel автоматично гальмується.

Рухомі вузли верстата, що розташовані поза закритим габаритом верстата, пофарбовані в жовтий колір.

На верстаті передбачено захисні пристрої від попадання стружки та МОР на оператора.

Забезпечена надійність захисту інструмента в шпindelі після раптового припинення подачі електроенергії.

Міри безпеки при перевірці технічного стану верстату.

Шумові характеристики перевіряють у відповідності з ГОСТ 12.2.107-85.

Якщо при перевірці порушена плавність роботи верстата; проходять заклинювання; з'являється сторонній шум та стук в вузлах та гідросистемі; проходить підвищене нагрівання електрообладнання, не спрацювання бло-кувань, відмовлення роботи кінцевих вимикачів та ін., то роботу на верстаті припиняють, вимикають електрообладнання верстата.

Міри безпеки при ремонтних роботах.

Всі види ремонтних робіт проводити тільки при вимкненому електрообладнанні. На верстаті вивісити плакати "Не вмикати. Працюють люди!" або "Не вмикати – ремонт!".

Ремонтні роботи проводити справним інструментом.

При ремонті гідро-обладнання впевнитись у відсутності тиску масла в магістралі.

Заборонено проводити ремонт (регулювання) привода подачі при піднятій шпindelній бабці.

5.2. Проектування системи захисту від враження електричним струмом

Застосування електричної енергії пов'язане з небезпекою ураження обслуговуючого персоналу електричним струмом.

При випадковому контакті неізолюваного струмоведучого провідника з металевими частинами конструкції устаткування на останніх з'являється

небезпечна для людини напруга.

Одним із технічних засобів забезпечення безпеки експлуатації устаткування в такому аварійному режимі є захисне заземлення.

Захисне заземлення – це навмисне електричне з'єднання з землею або її еквівалентом металевих частин, що не є струмоведучими, але можуть виявитися під напругою.

Захисна дія заземлення електроустановки полягає у тому, що струм замикання перерозподіляється між заземлювальним пристроєм і людиною обернено пропорційно їхнім електричним опорам.

Отже, захисне заземлення повинно мати електричний опір, значно менший по величині, ніж опір тіла людини. Тільки при такій умові на людину, що доторкнулася до ушкодженого устаткування, прийдеться безпечна частина струму.

Заземлювальний пристрій являє собою сукупність конструктивно об'єднаних провідників і заземлювачів.

Заземлювальний провідник – це провідник, який з'єднує частини конструкції, що заземлюються, із заземлювачем.

Заземлювач – це сукупність з'єднаних між собою провідників, що знаходяться в стиканні з землею або її еквівалентом.

Заземлювачі можуть бути природними і штучними.

У якості природних заземлювачів можуть бути використані:

- прокладені під землею водопровідні й інші металеві трубопроводи, за винятком трубопроводів горючих рідин, горючого пилу, вибухонебезпечних газів і каналізаційних систем;
- металеві конструкції й арматура залізобетонних конструкції будинків і споруджень, що мають з'єднання з землею;
- свинцеві оболонки кабелів, прокладених у землі (алюмінієві оболонки кабелів і голі алюмінієві провідники не допускається використовувати в якості природних заземлювачів).

При цьому заземлювачі повинні бути зв'язані з магістралями заземлювача в різних місцях.

Перед використанням природного заземлювача перевіряють його опір розтіканню струму. Цей опір повинний бути не більше допустимого. Якщо опір розтіканню струму природного заземлювача більше допустимого, влаштовують додатково штучні заземлювачі, які повинні забезпечити спільно з природним заземлювачем опір розтікання струму не більше допустимого.

При неможливості використання природних заземлювачів, споруджуються заземлювальні пристрої, які повністю складаються з штучних заземлювачів.

Штучні заземлювачі, як правило, являють собою вертикальні або горизонтальні електроди. Для вертикальних електродів застосовуються

сталеві стержні, труби і кутники довжиною 2...4 м. Їхні верхні кінці знаходяться на глибині 0,6...0,7 м від поверхні землі.

Для зв'язку між собою вертикальних заземлювачів застосовуються горизонтальні електроди – кругла сталь або сталеві штаби.

Розташовані в землі стержні, штаби і провідники не повинні бути пофарбованими.

Електричний опір системи захисного заземлення визначається як сума опору заземлювальних провідників, опору заземлювачів і опору розтіканню струму в землі. Оскільки визначальним є останній, то фактично електричний опір системи захисного заземлення дорівнює опору розтіканню струму в землі заземлювального пристрою.

Опір розтіканню струму в землі залежить від властивостей і стану ґрунту, розміру і форми заземлювачів, глибини їхнього закладення і взаємного розташування заземлювачів.

Провідність ґрунту характеризується питомим опором ρ , тобто опором куба ґрунту зі стороною довжиною 1 м.

Питомий опір ґрунту знаходиться у великій залежності від його виду і структури, а також його температури й вмісту в ньому вологи і солей.

В залежності від розташування заземлювачів відносно устаткування, яке заземлюється, заземлення можуть бути виносними або контурними. Виносне заземлення розташовується зосереджено на деякій відстані від устаткування, яке заземлюється. Заземлювачі контурного заземлення розташовуються по периметру й усередині площадки, на якій встановлене устаткування, яке заземлюється.

Відповідно до ПУЕ захисне заземлення слід виконувати:

- при напрузі змінного струму 380 В і постійного струму 440 В і вище в усіх електроустановках;
- при номінальних напругах змінного струму вище 42 В і постійного струму вище 110 В тільки в установках, які розміщені у приміщеннях із підвищеною небезпекою і особливо небезпечних, а також у зовнішніх установках;
- у вибухонебезпечних установках – при будь-якій напрузі змінного і постійного струму.

До частин, що підлягають заземленню, належать: корпуси електричних машин, трансформаторів, апаратів, каркаси розподільних щитів і шаф, сталеві труби електропроводки, металеві корпуси пересувних і переносних електричних приймачів.

Приєднання заземлювальних провідників конструкцій, які заземлюються, повинно бути виконане зварюванням, приєднання до корпусів апаратів, машин тощо – зварюванням або надійним болтовим з'єднанням.

При наявності струсів або вібрації повинні бути прийняті заходи проти

ослаблення контакту (контргайки тощо).

Кожний елемент електроустановки, яка заземлюється, повинний бути приєднаний до заземлювача або заземлювального пристрою за допомогою окремого відгалуження.

Послідовне підключення до заземлювального провідника декількох одиниць обладнання, що заземлюється, забороняється.

У процесі експлуатації електроустановки не виключена можливість підвищення опору розтіканню струму заземлювального пристрою. Це може бути викликано сезонними коливаннями електричного опору ґрунту, погіршенням стану контактів заземлювачів під впливом корозії, механічними ушкодженнями мережі заземлення тощо. В усіх цих випадках заземлювальні пристрої можуть втратити здатність забезпечення безпеки людей під час замикання фази на корпус.

Для визначення технічного стану заземлювального пристрою періодично проводять:

- зовнішній огляд видимої частини пристрою;
- вимір опору пристрою;
- вибіркове скресання ґрунту для огляду підземних елементів

пристрою.

Контрольний вимір опору пристроїв для заземлення цехових електроустановок повинен проводитися не рідше 1 разу в рік.

Результати замірів опору заземлення оформляються протоколом.

Вимір опору заземлювачів, а також питомого опору ґрунту: влітку – при найбільшому просиханні, або зимою – при найбільшому промерзанні ґрунту.

5.3. Розрахунок заземлювача

Визначаємо необхідну кількість вертикальних електродів, для виконання заземлювального пристрою, та його опір.

Знайдемо відстань від поверхні землі до середини вертикального заземлювача (рис. 5.1)

$$t = h + \frac{l}{2}, \quad (5.1)$$

де h – відстань від поверхні землі до верхівки вертикального заземлювача

($h = 0,6 \text{ м} \dots 0,7 \text{ м}$), приймаємо $h = 0,6 \text{ м}$

l – довжина вертикального заземлювача $l = 3 \text{ м}$.

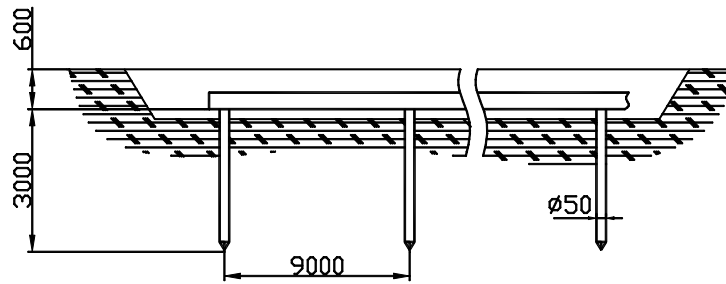


Рисунок 5.1 – Схема проектованого заземлювального пристрою

Підставляючи в формулу числові значення величин букв отримаємо:

$$t = 0,6 + \frac{3}{2} = 2,1 \text{ (м)}.$$

Визначимо питомий опір ґрунту ρ . Так як опір розтіканню струму в землі залежить від властивостей і стану ґрунту, а виміри опору заземлювачів, а також питомого опору ґрунту відбувається у період найменшої провідності ґрунту, то питомий опір суглинку $\rho = 70 \text{ Ом}$.

Обрахуємо опір одиночного вертикального заземлювача за формулою:

$$R_{\text{од.ст.}} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t + 1}{4 \cdot t - 1} \right), \quad (5.2)$$

де d – діаметр сталевій труби, яка застосовується у якості вертикальних електродів $d = 0,05 \text{ м}$.

Отже:

$$R_{\text{од.ст.}} = \frac{70}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,05} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 2,1 + 3}{4 \cdot 2,1 - 3} \right) = 21,01 \text{ (Ом}\cdot\text{м)}.$$

Теоретична кількість вертикальних електродів, без урахування коефіцієнта використання, визначається за формулою:

$$n_t = \frac{R_{\text{од.ст.}}}{R_d}, \quad (5.3)$$

де R_d – допустимий опір заземлювального пристрою, взятий у відповідності з ПУЕ для електричних сіток зі струмом живлення до 1000 В - 4 Ом.

Звідки

$$n_t = \frac{21,01}{4} = 5,2 \text{ (шт.)}.$$

Приймаємо $n=6$ шт.

По таблиці коефіцієнтів використання вертикальних електродів (табл. Д.21. [13]), так як $\frac{L}{l} = 3$ та розміщенню електродів в ряд $\eta_v = 0,8$.

Визначимо потрібну кількість вертикальних електродів з урахуванням коефіцієнта використання за формулою:

$$n_n = \frac{R_{\text{од.ст.}}}{R_q \cdot \eta_B}, \quad (5.4)$$

$$n_n = \frac{31,01}{4 \cdot 0,8} = 6,5 \text{ (шт.)}.$$

Приймаємо $n_n=7$ (шт.).

Так як $\frac{L}{l} = 3$ то $L = 3l = 9$ м.

Визначимо довжину з'єднувальної смуги вертикальних електродів за формулою:

$$L_n = 1,05 \cdot L \cdot n_n, \quad (5.5)$$

$$L_n = 1,05 \cdot 9 \cdot 7 = 66,15 \text{ (м)}.$$

Визначаємо опір розтікання струму з'єднувальної смуги:

$$R_n = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L_n} \cdot \ln \frac{2 \cdot L_n^2}{B \cdot t}, \quad (5.6)$$

де B – ширина з'єднувальної смуги $B = 0,03$ м.

Отже

$$R_n = \frac{70}{2 \cdot 3,14 \cdot 66,15} \cdot \ln \frac{2 \cdot 66,15^2}{0,03 \cdot 2,1} = 1,99 \text{ (Ом)}.$$

По таблиці (Д. 22. с. 33.[13]) $\eta_r=0,62$.

Визначимо загальний опір заземлювальної системи за формулою:

$$R_{\text{заг}} = \frac{R_{\text{од.ст.}} \cdot R_n}{R_{\text{од.ст.}} \cdot \eta_r + R_n \cdot n_n \cdot \eta_B}, \quad (5.7)$$

$$R_{\text{заг}} = \frac{21,01 \cdot 1,99}{21,01 \cdot 0,62 + 1,99 \cdot 7 \cdot 0,8} = 1,72 \text{ (Ом)}.$$

В зв'язку з тим, що опір заземлення складає величину набагато меншу ніж допустиму та з метою економії матеріалів приймаємо зменшену кількість електродів $n_n=4$ шт.

Визначимо довжину з'єднувальної смуги за формулою:

$$L_n = 1,05 \cdot 9 \cdot 4 = 37,8 \text{ (м)}.$$

Визначаємо опір розтікання струму з'єднувальної смуги:

$$R_n = \frac{70}{2 \cdot 3,14 \cdot 28,35} \cdot \ln \frac{2 \cdot 37,8^2}{0,03 \cdot 2,1} = 3,98 \text{ (Ом)}.$$

По таблиці (Д. 22. с. 33.[13]) $\eta_r=0,7$.

Визначимо загальний опір заземлювача за формулою:

$$R_{\text{заг}} = \frac{21,01 \cdot 3,98}{21,01 \cdot 0,7 + 3,98 \cdot 4 \cdot 0,8} = 3,77 \text{ (Ом)}.$$

Так як $R_{\text{заг}} < R_d$ то розрахунок необхідної кількості вертикальних електродів задовольняє вимогам ПУЕ, де $R_d=4$ Ом.

Визначаємо конструктивні параметри заземлювальної смуги, до якої

під'єднується кожний з верстатів.

Згідно з конструктивних та експлуатаційних вимог вибираємо розміри поперечного перерізу смуги, що прокладена вздовж стін дільниці $50 \cdot 3 = 150 \text{ мм}^2$.

Довжина смуги згідно плану розміщення обладнання складе приблизно 120 м (разом з відповідними відводками до окремого обладнання).

Висновок: штучне заземлення відповідає необхідним вимогам і може бути застосовано на практиці для виконання конкретних робіт.

Загальні висновки по роботі

1. Проаналізовано призначення, конструкцію та технічні вимоги на об'єкт виробництва. Визначено тип виробництва та ступінь технологічності деталі стійка 247/4/2216-08.01.10 Проаналізовано сучасні досягнення та шляхи удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу, визначено перспективне обладнання та різальний інструмент.
2. Для визначеного типу виробництва вдосконалено технологічний процес виготовлення корпусу, застосувавши верстати з ЧПК, а саме обробляючий центр свердлильно-фрезерно-розточувальної групи VF-1 фірми HAAS (США).
3. Проведено обґрунтування технологічних параметрів процесу механічної обробки деталі стійка 247/4/2216-08.01.10, а саме вибрано обладнання та різальний інструмент, розраховано припуски на обробку, розраховано режими різання по операціях, проведено нормування операцій.
4. Виконано проектування технологічної оснастки для операцій 005, 020. Розроблено конструкцію пристрою для виконання операції механічної обробки на верстаті з ЧПК VF-1 та проведено його розрахунок, а також спроектовано верстатний пристрій для фрезерної операції 005. Виконано проектування контрольного пристрою та проведено розрахунок його на точність. Спроектовано різальний інструмент – фрезу кінцеву збірну із пластинами твердого сплаву
5. Аналіз результатів проведених досліджень у SolidWorks показали, що елементи деталі стійка 247/4/2216-08.01.10 мають достатню жорсткість, будуть працювати при робочому навантаженні без значних деформацій

поверхонь і не потребують додаткових конструкторських модернізацій по збільшенню розмірів їх окремих параметрів

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабук В.В. Дипломное проектирование по технологии машиностроения/ В.В. Бабук , 1978. – 422 с.
2. Барановский Ю.В. Режимы резания металлов/ Ю.В. Барановский . М. “Машиностроение”, 1972. -311 с.
3. Горбачевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения /А.Ф. Горбачевич . Минск. “Высшая школа”1983.-365 с.
4. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков/ А.К. Горошкин. М., “Машиностроение”, 1979. - 436 с.
5. Добриднев А.Н. Курсовое проектирование по предмету “Технология машиностроения” / А.Н Добриднев. Москва. М. 1985. -244 с..
6. Егоров М.Е. Основы проектирования машиностроительных заводов/ М.Е. Егоров . М., “Высшая школа” 1969. -480 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя, том 1. М. под ред. Косиловой А.Г. “Машиностроение”, 1986. - 650 с..
8. Справочник технолога-машиностроителя, том 2.под ред Малова А.Н. М. “Машиностроение”, 1986. -720 с.
9. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени, на обслуживание рабочего места и подготовительно – заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство.-М.:Машиностроение.1974.-136 с.
10. Курсове та дипломне проектування для технології машинобудування та металорізальних верстатів /А.І Гордєєв, Є.А. Урбанюк, А.Є. Безносів, В.Г. Мігаль. Навчальний посібник, ХНУ, 2005, -300 с.
11. Чернин А.Г. Детали машин. /А.Г. Чернин. М., “Высшая школа”, 1975. - 443 с.
12. Алямовский А. А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation / А.А. Алямовский. М.: ДМК Пресс, 2010. 464 с.
13. Полтев М.К. Охрана труда в машиностроении.- Москва «Высшая школа»,1980.- 294с.