

**Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені Ігоря Сікорського»**

МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра технології машинобудування

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
_____ **Юрій ПЕТРАКОВ**
(підпис) (власне ім'я, прізвище)

“ ____ ” _____ 2022 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою «Технології машинобудування»

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

на тему: **Технологічне забезпечення отримання точних отворів в
деталях з титанових сплавів**

Виконав: Мельников Андрій Леонідович

студент _6_ курсу, групи _____ МТ-11МП _____

Мельников Андрій Леонідович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент,

Лапковський Сергій Вікторович _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2022 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра технології машинобудування

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма «Технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **Юрій ПЕТРАКОВ**

«__» _____ 202 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Мельникову Андрію Леонідовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Технологічне забезпечення отримання точних отворів в деталях з титанових сплавів»

науковий керівник: Лапковський Сергій Вікторович, кандидат технічних наук, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «__» листопада 2022р. №

2. Термін подання студентом дисертації «__» _____ 2022р.

3. Об'єкт дослідження - процес отримання точних отворів _____

4. Вихідні дані _____

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Провести аналіз методів і способів підвищення точності обробки отворів в умовах сучасного автоматизованого виробництва; шляхом теоретичних досліджень з'ясувати вплив факторів зменшення точності отворів, вплив швидкості, властивостей матеріалу, діаметра свердла, подачі та температури різання при обробці точних отворів. _____

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: Аналітичний огляд і постановка задачі підвищення якості отворів при обробці титанового сплаву, Дослідження впливу конструктивних параметрів свердла та режимів різання на точність обробки отворів у титанових сплавах, дослідження зажимних патронів для закріплення інструмента, теоретичне дослідження системи підвищення ефективності отримання точних отворів в титанових заготовках _____

7. Орієнтовний перелік публікацій _____

8. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
	Аналітичний огляд і постановка задачі підвищення якості отворів при обробці титанового сплаву	30.09.2022р	
	Дослідження впливу конструктивних параметрів свердла та режимів різання на точність обробки отворів у титанових сплавах	17.10.2022р	
	Дослідження зажимних патронів для закріплення інструмента	1.11.2022р	
	Теоретичне дослідження системи підвищення ефективності отримання точних отворів в титанових заготовках	3.12.2022р	

Студент

Мельников А.Л

Науковий керівник

Лапковський С.В.

АНОТАЦІЯ

Магістерська атестаційна робота на тему: «Технологічне забезпечення отримання точних отворів в деталях з титанових сплавів» складається з 46 аркушів. До неї входять 18 рисунків, 1 таблиця. В роботі використано 13 бібліографічні найменування.

Завданням даної роботи є розробка системи підвищення точності отримання отворів в умовах сучасного виробництва.

Проаналізовано існуючі методи підвищення точності отворів при свердлінні в умовах сучасного виробництва, розглянуто методи їх формоутворення, проведено аналіз факторів, що впливають на точність, здійснено теоретичне дослідження особливостей процесу різання при свердлінні точних отворів, встановлено вплив швидкості різання, властивостей оброблюваного матеріалу, діаметра свердла, подачі та температури різання на ефективність обробки точних отворів.

Результати даної роботи можуть бути використані державними та приватними підприємствами для підвищення точності отриманих отворів в умовах сучасного виробництва шляхом контролю процесу різання та інших факторів.

Ключові слова: ТОЧНІ ОТВОРИ, КРУТНИЙ МОМЕНТ, СИЛА РІЗАННЯ, СВЕРДЛІННЯ

Зміст

АНОТАЦІЯ.....	5
ВСТУП.....	8
1. Аналітичний огляд і постановка задачі підвищення якості отворів при обробці титанового сплаву.....	11
1.1. Аналіз факторів, що впливають на точність обробки заготовок.....	11
1.2. Класифікація дефектів обробки отвору.....	16
1.3. Аналіз оброблюваності матеріалів із титанового сплаву.....	17
1.4. Застосування твердого сплаву при виготовлення свердл для обробки титанових сплавів.....	20
1.5 Висновки розділу.....	22
2. Дослідження впливу конструктивних параметрів свердла та режимів різання на точність обробки отворів у титанових сплавах.....	24
2.1. Попереднє дослідження впливу геометричних параметрів спірального свердла на нециліндричність отвору.....	24
2.2. Візуальна діагностика стружки одержуваної під час свердління титанового сплаву.....	26
2.3 Особливості оброблювання точних отворів.....	27
2.4 Вплив швидкості різання на обробку точних отворів.....	31
2.5 Вплив діаметра свердла, подачі, глибини та температури різання при свердлінні точних отворів.....	33
2.6 Дослідження зажимних патронів для закріплення інструмента.....	34
2.6.1 Види зажимних патронів.....	34
2.6.2 Теоретичне дослідження впливу зажимних патронів на параметри отворів.....	44
2.7 Висновки по розділу.....	44
3. Теоретичне дослідження системи підвищення ефективності отримання точних отворів в титанових заготовках.....
3.1 Методика проведення теоретичних досліджень.....
3.2 Дослідження залежності точності отвору від параметрів технологічного процесу свердління.....
3.3 Технологічні рекомендації щодо процесу свердління точних отворів в деталях з титанових сплавів.....
3.4 Висновки по розділу.....

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	
Література.....	47

ВСТУП

Машинобудування — найважливіша комплексна галузь обробної промисловості, що включає до себе проектування, виробництво й експлуатацію машин та інструментів. На сьогодні машинобудування – головна галузь світової промисловості. Воно є основою в економіці будь-якої країни і відіграє головну роль в створенні та оновленні її матеріально-технічної бази. Воно відіграє важливу роль в прискоренні науково-технічного прогресу, що спрямовано на впровадження прогресивних форм організації виробництва, безперервний розвиток і вдосконалення засобів виробництва, створення принципово нових машин та технологічних процесів.

Розвиток машинобудування йде шляхом зростання точності обробки деталей машин, а також використання новітніх матеріалів. На такий важливий процес як різання покладено завдання підвищення продуктивності при забезпеченні необхідної точності розмірів деталей та заданих параметрів якості поверхневого шару матеріалу. При цьому тенденція збільшення точності залишається постійною протягом довгого часу і забезпечення точності механічної обробки матеріалу є однією з найважливіших вимог до всього сучасного металообробного обладнання.

Найважливішою та обов'язковою вимогою сучасного авіабудівного виробництва є систематичне підвищення якості виробів, продуктивності, зниження собівартості їх виготовлення, підвищення термінів впровадження та виведення ринку нової продукції. Використання на виробництвах передових технологій є сьогодні загальносвітовою тенденцією, що показує зростання конкуренції та ускладнення виробів. Підготовка виробництва та виготовлення складних корпусних виробів авіаційного призначення, має на увазі під собою рішення комплексу різноманітних за складністю та обсягом завдань. Головним завданням, для виробів авіаційного призначення є підвищення ефективності підготовки виробництва та виготовлення із забезпеченням високої якості продукції, що виробляється.

Сучасне обладнання має високий ступінь універсальності при серійному та великосерійному його використанні, що дозволяє робити значно більше операцій на одному верстаті за один установ. Використання спеціалізованої оснастки для кожної операції пов'язане з процесом її встановлення та зняття перед наступною операцією, що призводить до збільшення часу налагодження або до суттєвого ускладнення траєкторії підведення та відведення інструменту. Тому сучасне металорізальне обладнання не дозволяє використовувати додаткове оснащення для збільшення точності обробки.

Для паливно-регулюючої апаратури, що працює при температурах, що не перевищують 500°, успішно застосовуються титанові сплави. Головна перевага титану та його сплавів перед іншими матеріалами авіабудування полягає у поєднанні високих механічних властивостей та корозійної стійкості з малою питомою вагою. Тому частка використання авіабудування титанових сплавів збільшується, витісняючи алюмінієві.

З розвитком електронних устаткувань, в сучасному машинобудуванні почали зростати вимоги до отримання точних отворів. Зі збільшенням точності отворів змінюються прийоми їх отримання та залучається значна кількість різних методів обробки, у тому числі такі як зенкування, розгортання що значно розширюють технологічні можливості

сучасного виробництва. Але при цьому механічна обробка свердлінням залишається найбільш відповідним процесом з точки зору точності та ефективності в порівнянні з іншими, включаючи дорогу лазерну обробку. Виходячи з вищесказанного підвищення ефективності обробки точних отворів є важливою задачею сучасного машинобудування, у зв'язку з чим, тема представленої магістерської дисертації є досить актуальною.

Дослідження та аналіз креслень деталей авіаційної техніки на агрегатобудівних заводах з 1960 по 2021 роки показали, що допуски на розміри профілю отвору-у деталях з титанових сплавів зменшилися з 0,05-0,10 мм до 0,010-0,030 мм. Вивчення літературних даних показав, що підвищення точності виготовлення таких важкообробних матеріалів, як титанові сплави досягається за рахунок суттєвого підвищення трудомісткості, пов'язаної зі збільшенням кількості операцій та кількості проходів. Зниження трудомісткості в цьому випадку можливе підвищенням точності обробки на попередніх операціях. Завдання зменшення трудомісткості посилюється тим, що за межі технологічних можливостей устаткування підприємств недоцільно, оскільки застосування таких розробок вимагає великих матеріальних витрат.

Одним із найбільш складних у виготовленні інструментів, який найчастіше застосовується для обробки корпусних деталей паливно-регулюючої апаратури, є свердло. Його розвиток пов'язаний із різноманітними змінами конструкції інструменту, а також з появою високоякісного твердого сплаву на основі субмікронних порошків. Здатність твердих сплавів зберігати досить високу твердість і чинити опір деформуванню при високій температурі в поєднанні з задовільною міцністю є важливою перевагою перед іншими інструментальними матеріалами. Фізично-механічні властивості твердих сплавів зберігаються значною мірою у разі підвищення температури, що особливо важливо зі збільшенням глибини свердління.

Під час виконання магістерської дисертації планується здійснити аналіз методів формоутворення точних отворів, а особливо процесу їх свердління. Також буде проведено теоретичне дослідження впливу швидкості різання, властивостей оброблюваного матеріалу, діаметра свердла, подачі і температури на процес різання при обробці точних отворів.

Об'єктом дослідження є процес обробки точних отворів.

Предметом дослідження є підвищення ефективності обробки точних отворів на основі визначених критичних значень сили різання та крутного моменту.

Метою магістерської дисертації є розробка системи підвищення ефективності обробки точних отворів на основі визначення критичних значень сил та моменту різання при яких відбувається вивід свердла для видалення стружки, що дозволяє в умовах сучасного автоматизованого виробництва значно підвищити продуктивність, точність оброблюваної поверхні деталі та знизити собівартість процесу різання.

Завдання дисертації:

- провести аналіз методів підвищення ефективності обробки точних отворів в деталях з титанових сплавів;
- встановити вплив швидкості різання, властивостей оброблюваного матеріалу, діаметра свердла, подачі та температури різання на ефективність обробки точних отворів;

- розробити систему підвищення ефективності обробки точних отворів в умовах сучасного автоматизованого виробництва. На основі дослідження визначимо найбільш доцільні методи підвищення ефективності обробки точних отворів, а також вплив швидкості різання, особливих властивостей оброблюваного матеріалу, діаметра свердла, подачі та температури різання та розраховано критичний крутний момент при якому здійснюватиметься вивід свердла для видалення стружки. Для виконання роботи було застосовано теоретичні методи досліджень, а також математичні методи обробки результатів вимірювання.

Наукова новизна отриманих результатів:

- на основі теоретичних досліджень встановимо як впливає швидкість різання, властивості оброблюваного матеріалу, діаметр свердла, подача та температура різання на ефективність обробки точних отворів;

- розроблена математична модель оптимізації операції свердління точних отворів з врахуванням обмеження на величину крутного моменту;

Отримані результати даної роботи можуть використовуватись у наукових дослідженнях спорідненої тематики та у сучасному виробництві. Система підвищення ефективності обробки точних отворів може буде використана для підвищення точності обробки в умовах «безлюдної технології».

1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ОТВОРІВ ПРИ ОБРОБЦІ ТИТАНОВОГО СПЛАВУ

1.1 Аналіз факторів, що впливають на точність обробки заготовок

Точність – основна характеристика деталей машин чи приладів. Абсолютно точно виготовити деталь неможливо, тому що при її обробці виникають похибки; тому точність обробки буває різною. Точність деталі, отримана в результаті обробки, залежить від багатьох факторів та визначається:

- а) відхиленнями від геометричної форми деталі або її окремих елементів;
- б) відхилення дійсних розмірів деталі від номінальних;
- в) відхиленнями поверхонь та осей деталі від точного взаємного розташування (наприклад, відхиленнями від паралельності, перпендикулярності, концентричності).

Так як точність обробки у виробничих умовах залежить від багатьох факторів, обробку на верстатах ведуть не з досяжною, а з так званою економічною точністю. Під економічною точністю механічної обробки розуміють таку точність, яка при мінімальній собівартості обробки досягається в нормальних виробничих умовах, що передбачають роботу на справних верстатах із застосуванням необхідних пристроїв та інструментів за нормальної витрати часу та нормальної кваліфікації робітників, що відповідає характеру роботи. Під досяжною точністю розуміють таку точність, яку можна досягти при обробці в особливих, найбільш сприятливих умовах, незвичайних для даного виробництва, висококваліфікованими робітниками, при значному збільшенні витрати часу, не зважаючи на собівартість обробки.

На точність обробки на металорізальних верстатах впливають такі основні фактори:

1. Неточність верстатів, що є наслідком неточності виготовлення їх основних деталей і вузлів і неточності складання, зокрема неприпустимо великих зазорів у підшипниках або напрямних, зносу поверхонь деталей, що труться, овальності шийок шпинделів, порушення взаємної перпендикулярності або паралельності осей, гвинтів тощо.
2. Ступінь точності виготовлення ріжучого, допоміжного інструменту та пристроїв.
3. Похибки, що спричиняються розмірним зносом інструмента.
4. Неточність установки інструменту та налаштування верстата на розмір.
5. Похибки базування та встановлення оброблюваної деталі на верстаті або у пристрої (наприклад, неправильне положення деталі щодо осі шпинделя тощо).

6. Деформації деталей верстата, оброблюваної деталі та інструменту під час обробки під впливом сили різання внаслідок недостатньої жорсткості їх та пружної системи верстат – пристосування – інструмент – деталь.
7. Деформація деталі, що виникає при її закріпленні для обробки.
8. Теплові деформації оброблюваної деталі, деталей верстата та ріжучого інструменту в процесі обробки та деформації, що виникають під впливом внутрішніх напруг у матеріалі деталі.
9. Така якість поверхні деталі після обробки, яка може дати неправильні показання під час вимірювання.
10. Помилки у вимірах внаслідок неточності вимірювального інструменту, неправильного користування ним, впливу температури тощо.
11. Помилки виконавця.

Розглянемо деякі з наведених вище факторів, що впливають на точність обробки деталей:

1. Неточність верстатів

Точність верстата в ненавантаженому стані, звана геометричною точністю верстата, залежить головним чином від точності виготовлення основних деталей та вузлів верстата та точності їх складання. Похибки, допущені у розмірах і формі цих деталей та їх взаємному розташуванні (площинність, циліндричність, паралельність і перпендикулярність осей і площин, концентричність, співвісність тощо) називають іноді геометричними похибками верстата. Величини цих похибок визначають шляхом перевірки верстата в ненавантаженому стані, при нерухомому положенні його частин і при повільному переміщенні від руки. Перевірку проводять за допомогою пристроїв з індикаторами, вимірювальних приладів, точних лінійок, рівнів та інших засобів вимірювання. Норми точності та методи перевірки верстатів регламентовані стандартами.

Так, наприклад, радіальне биття шпинделів токарних і фрезерних верстатів у кінця шпинделя в ненавантаженому стані допускається трохи більше 0,01-0,015 мм. Похибка в прямолінійності та паралельності напрямних токарних та поздовжньо-стругальних верстатів на довжині 1000 мм допускається не більше 0,02 мілі всієї довжини не більше 0,05-0,08 мм. У металорізальних верстатів, перш за все, зношуються деталі, які при їх взаємному відносному переміщенні зазнають найбільших питомих навантажень. Знос деталей верстата значною мірою залежить від вмісту верстата в чистоті та регулярності його промивання та мастила. Наявність абразивного пилю підвищує знос тертьових поверхонь деталей верстата. Внаслідок зносу шпинделя і підшипників у верстатів, що працюють за принципом точення, з'являється биття шпинделя, що надає неточність геометричній формі деталі, що обробляється. Зношування напрямних токарного верстата викликає розбіжність центрів задньої і передньої бабок, що також призводить до похибки в геометричній формі оброблюваної деталі.

2. Похибки, що викликається розмірним зносом ріжучого інструменту

Істотно впливає точність обробки знос ріжучого інструменту, який зношується швидше, ніж деталі верстата. Ріжучий інструмент зношується по передній та задній поверхнях. Зношування по задній поверхні особливо впливає на точність обробки. Розміри деталей змінюються також через затуплення різальної кромки інструменту, що викликає збільшення радіальної складової сили різання і, отже, збільшення деформацій всієї системи. Зношування різального інструменту від шляху різання характеризується приробітком ріжучої кромки і розмірним зносом. Останній характеризується питомим зносом. До протягом шляху різання в 1000 м. Шлях різання L в м при точенні визначають за формулою

$$L = vt = \frac{\pi D}{1000} \frac{l}{s}, \quad (1.1)$$

де D — діаметр оброблюваної поверхні в мм; l - Довжина оброблюваної поверхні в мм; s - подача в мм/про.

Шлях різання L_N для партії заготовок N , оброблюваної в період між налагодженнями верстата,

$$L_N = LN \quad (1.2)$$

Шлях для приробітку ріжучої кромки приймають рівним 1000 м; тоді повна довжина шляху різання для партії деталей

$$\sum L = L_N + 1000m \quad (1.3)$$

Приймаючи за нормативними даними величину питомого розмірного зносу K різця, визначають сумарний знос E_p за формулою

$$E_p = \frac{\sum L}{1000} K_0 \quad (1.4)$$

У загальному випадку похибка виготовлення пристосування не повинна перевищувати $1/3 - 1/5$ частки допуску на відповідний розмір деталі, що обробляється. При експлуатації пристосувань відбувається зношування елементів настановних і для спрямування ріжучих інструментів. Характеристикою зносу настановних елементів служить зносостійкість E_n , під якою розуміють кількість установок N' , викликають знос деталі пристосування на 1 мкм,

$$E_n = \frac{N'}{K} \quad (1.5)$$

де K - знос деталі за N' установок.

3. Неточність обробки, яка залежить від установки інструменту та налаштування верстата на розмір

Установку інструменту на розмір при обробці в одиничному виробництві на верстатах загального призначення виконує робітник, який виготовляє деталь. У серійному та масовому виробництві деталі обробляють на верстатах, налаштованих розміром налаштованим. У одиничному виробництві необхідний розмір деталі виходить методом пробних проходів (взяттям пробних стружок): після кожного проходу інструментом

невеликої ділянки поверхні деталь вимірюють і, якщо необхідний розмір не отриманий, установку інструменту на потрібний розмір коригують по діленням лімба або показання індикатора. Так як при цьому глибина різання на ділянці пробних проходів і на решті всієї оброблюваної поверхні може виявитися неоднаковою внаслідок нерівності, виникає неточність обробки.

Більш досконалим є спосіб автоматичного отримання необхідного розміру. Працюючи з цього методу верстати попередньо налаштовують на заданий розмір, тобто. робочим ланкам верстата, пристосування та інструменту надається певне взаємне положення, яке забезпечує автоматичне отримання необхідного розміру оброблюваної деталі. Пробні проходи у разі не потрібні, і час обробки скорочується.

Заготовки, що підлягають обробці, при встановленні їх у пристосуванні автоматично, без вивірки, приймають певне положення щодо інструменту, встановленого на певний розмір. Потрібне положення інструменту щодо деталі не змінюється до закінчення обробки всієї партії деталей або зміни інструмента через його притуплення. Неточність установки інструменту після його зміни та зношування інструменту призводять до неточності обробки. На автоматах, напівавтоматах та револьверних верстатах деталі обробляють способом автоматичного отримання розмірів, для чого верстати попередньо налаштовують на розмір. Переміщення інструменту щодо деталі обмежується упорами. При одночасному обробленні декількома інструментами (набором різців, фрез тощо) встановлення їх на розмір (налаштування) виробляють за шаблонами.

З метою підвищення точності обробки та скорочення часу на вимірювання у виробництві все більше застосовують спеціальні автоматизовані пристрої для безпосереднього вимірювання деталей у процесі їх обробки на верстаті. При досягненні необхідного розміру деталі вимірювальний пристрій викликає механізм подачі верстата. Такі пристрої дають можливість автоматизувати вимірювання та роботу верстата.

4. Похибки встановлення та базування заготовки на верстаті або в пристосуванні

Похибка установки є однією з величин, що становлять загальну похибку при виконанні заданого розміру деталі, що обробляється. Похибка установки (ϵ_y) визначається сумою похибки базування (ϵ_b) та похибки закріплення (ϵ_z). Похибка базування виникає внаслідок несуміщення настановної бази з вимірювальною. Ця похибка визначається величиною коливання (тобто різницею) граничних (найбільшої та найменшої) відстаней вимірювальної бази від ріжучої кромки, встановленого на розмір інструменту.

Похибка закріплення виникає внаслідок усунення заготовки під дією затискної сили, що додається фіксації її становища. Зміщення заготовки з положення, що визначається настановними елементами, а отже, і зміщення її вимірювальної бази відбуваються внаслідок деформацій окремих ланок ланцюга, через які передається сила затискання: заготівля - настановні елементи - корпус пристосування. Тут можуть бути пружні віджимання деталей та елементів пристосування, деформація поверхневих шарів металу та поверхневих нерівностей (шорсткостей). Усунення заготовки можуть бути осьові, радіальні, кутові.

Похибка закріплення дорівнює різниці між граничними (найбільшою та найменшою) величинами зміщення вимірювальної бази у напрямку виконуваного розміру.

При обробці плоских поверхонь можна прийняти, що вектор похибки базування і вектор похибки закріплення спрямовані на одну точку (колінеарні вектори); у цьому випадку похибка встановлення

$$\varepsilon_y = \varepsilon_6 + \varepsilon_3 \quad (1.6)$$

При обробці поверхонь тіл обертання вектори похибки базування і закріплення вектори можуть мати взаємне положення під різними кутами; похибка установки в цьому випадку можна прийняти за найбільш вірогідним значенням, що дорівнює кореню квадратному із суми квадратів величин похибок базування і закріплення, тобто

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \quad (1.7)$$

При обробці методом автоматичного одержання заданих розмірів (тобто. при обробці на верстатах, налаштованих на розмір) похибка базування, як уже сказано, виникає у тих випадках, коли настановна база не поєднана з вимірювальною. При суміщенні настановної та вимірювальної баз похибка базування дорівнює нулю ($\varepsilon_b=0$), тому слід, якщо можливо, приймати як настановну базу поверхню, яка є в той же час вимірювальною базою, тобто. ту поверхню, від якої має бути витриманий заданий розмір і від якої проводиться вимір.

Похибка базування відсутня також при обробці на верстатах, не налаштованих на розмір (тобто при обробці методом пробних проходів), так як положення ріжучої кромки щодо настановної бази регулює робочий шляхом взяття пробних стружок та промірів від вимірювальної бази кожної окремої оброблюваної деталі. За схемою установки плоску поверхню, зображеної на рис. 1.1 похибка базування по відношенню до розміру L дорівнює нулю ($\varepsilon_b = 0$), так як бази вимірювальна і настановна суміщені (А-А). Похибка базування по відношенню до розміру має місце, так як настановна (А-А) і вимірювальна (В-В), бази не поєднані; похибка базування в цьому випадку дорівнює допуску на розмір H заготовки: $\varepsilon_b = \delta$. При встановленні деталі базовим отвором на циліндричну поверхню (палець) (рис. 2) слід враховувати зміщення вимірювальної бази в напрямку розміру, що витримується. При посадці на розтискний палець, тобто. без зазору, похибка базування стосовно розміру L виражається величиною половини допуску на діаметр D заготовки: $\varepsilon_b = \delta/2$. При посадці на жорсткий палець із зазором похибка базування буде більшою на величину граничного коливання діаметрального зазору ΔZ і в цьому випадку виразиться величиною $\varepsilon_b = (\delta/2) + \Delta Z$.

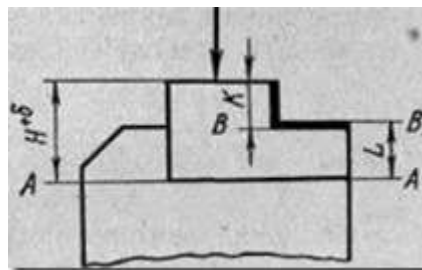


Рис. 1.1 Схема установки на плоску поверхню

5. Теплові деформації та внутрішні напруження

На точність механічної обробки деталей при виконанні остаточних операцій суттєво впливають температурні деформації оброблюваної деталі та деталей верстата, що

викликаються їх нагріванням. На точність обробки можуть впливати теплові деформації ріжучого інструменту, який під час роботи сильно нагрівається.

Теплові деформації відбуваються з причин:

- 1) нагрівання теплом, що виділяється під час різання металу;
- 2) нагріву теплом, що утворюється при терті рухомих частин верстата;
- 3) непостійності температури приміщення, внаслідок чого відбувається нерівномірне нагрівання або охолодження системи верстат - пристосування - інструмент - деталь.

При обробці з охолодженням деталі та інструменту змащувально-охолоджувальною рідиною теплові деформації всієї системи верстат - пристрій - інструмент - деталь значно зменшуються. Виготовлення точних вимірювальних інструментів та виконання остаточних операцій обробки деталей високої точності (точне шліфування, доведення та ін.) повинні проводитись у приміщеннях, у яких постійно підтримується нормальна температура. Неточність обробки можлива також через деформації, що виникають під впливом внутрішніх напруг у матеріалі деталі.

Внутрішня напруга з'являється в результаті нерівномірного охолодження окремих частин заготовок, виготовлених литтям, куванням, штампуванням, а також в деталях, оброблених тиском в холодному стані, при зварюванні, термічній обробці, при обробці металу різанням. Внутрішня напруга виявляється в особливо значних розмірах у великих виливках складної конфігурації. З часом (іноді дуже тривалого) внутрішні напруження поступово послаблюються, вирівнюються і зникають, при цьому деталь деформується (коробиться). При обробці металу різанням, коли знімається поверхневий шар заготовки (особливо литий), в металі відбувається перерозподіл внутрішніх напруг і деталь деформується. З цієї причини чернові (обдирні) операції відокремлюють від чистових, які виправляють форму деталі та надають їй остаточних розмірів. Для зменшення чи усунення внутрішніх напруг великі виливки піддають «старінню» — штучному чи природному.

6. Сумарна похибка обробки

Як видно з викладеного, похибок, що виникають у процесі обробки і дають в результаті неточні розміри та спотворення форми деталі, багато. Походження цих похибок, їх характер і спрямованість різні: одні похибки дають збільшення розмірів (плюс), інші зменшення (мінус), деякі компенсують, «гасять» інші і таким чином зменшують велику похибку, інші, навпаки, накладаються, накопичують і збільшують загальну похибку, причому спрямованості (вектори) похибки можуть збігатися або йти під різними кутами; різних поєднань може бути безліч.

Деякі похибки призводять до викривлення форми деталі. Загальну сумарну похибку можна визначити експериментально, використовуючи точні вимірювальні прилади; можна також встановити вплив деяких факторів, що породжують похибки, та визначити їх числові значення. Але теоретично (шляхом розрахунку) визначити вплив кожного фактора (при їх спільній дії) важко. Тому розрахунки за запропонованими багатьма авторами формулами визначення сумарної похибки не збігаються з експериментальними даними. Аналіз показує, що у формулах не враховується ряд чинників, які викликають похибки у процесі обробки, що, очевидно, і відбивається на загальній величині сумарної похибки. У

цьому вся одна з причин розбіжності даних, розрахованих теоретично, з даними, одержуваними експериментально.

Якщо кожному з перелічених видів похибок надати буквене позначення, то загальний вигляд формули, що виражає сумарну похибку, можна як алгебраїчну суму окремих видів похибок, які частково чи цілком можуть перекриватися і взаємно компенсувати: δ - неточність верстата; β - неточність виготовлення ріжучого та допоміжного інструменту, його зношування під час роботи та неточність пристосування; γ - неточність обробки, яка залежить від установки інструменту та налаштування верстата на розмір; ϵ - похибка установки заготовки на верстаті або в пристрої; δ - деформація деталей верстата, оброблюваної деталі та інструменту; ζ - деформація деталі, що виникає при її закріпленні для обробки; λ - теплові деформації та внутрішні напруги; ω - неточність вимірювання внаслідок впливу якості поверхні після обробки; ϕ - помилки виконавця роботи; χ - інші, не враховані, похибки.

1.2. Класифікація дефектів обробки отвору.

При обробці отворів іноді виникають різні дефекти, що викликаються різними причинами, наприклад:

- отвір «уведено» убік – можливо через неправильне заточування свердла, неперпендикулярність торцевої поверхні до осі заготовки, тому що не було попереднього центрування;
- діаметр отвору більше необхідного - можливо через неправильне заточування інструменту, биття шпинделя верстата, установки інструменту з перекосом по відношенню до отвору і т.д.;
- діаметр отвору менше необхідного – можливо через знос інструменту;
- шорсткість поверхні не відповідає необхідній - з-за інструменту, що затупився, попадання стружки, підвищеної подачі, недостатнього охолодження;
- частина поверхні залишилася необробленою - з-за малого припуску або нерівномірного його розподілу;
- овальність - може виникнути, наприклад, через підвищений тиск на ріжучі кромки, викликаного вагою розгортки і оправки, що коливається,
- огранювання – може виникнути при закріпленні тонкостінних заготовок у трикулачковому патроні;
- відхилення в поздовжньому перерізі, наприклад, конусність може виникнути при розбіжності осі отвору та осі інструменту

1.3. Аналіз оброблюваності матеріалів із титанового сплаву.

Титанові сплави, завдяки своїм унікальним властивостям, знаходять все більш широке застосування як конструкційні матеріали не тільки в аерокосмічній, суднобудівній та хімічній галузях промисловості, а й на різних підприємствах машино- та приладобудування, наприклад, в автомобілебудуванні. По оброблюваності різанням титанові сплави близькі до корозійностійких і жароміцних сталей і сплавів. Висока міцність та надзвичайно низькі значення теплопровідності та температуропровідності (приблизно в 4-5 разів менші, ніж у маловуглецевих сталей) часто стають причинами інтенсивного тепловиділення в зоні різання, а отже, структурно-фазових перетворень у поверхневому шарі матеріалу. Обробка заготовок з титанових сплавів пов'язана з небезпекою утворення розтягуючих залишкових напружень першого роду та втомних тріщин.

Раціональний вибір для використання тих чи інших титанових сплавів у багатьох областях сучасного виробництва нерозривно пов'язаний з аналізом їхньої поведінки за конкретних умов експлуатації. Найбільш критичними параметрами, що часто зустрічаються, при експлуатації є робота в умовах високих та низьких температур, а також при циклічних навантаженнях. У зв'язку з цим найважливішими експлуатаційними властивостями титанових сплавів можна вважати холодостійкість в умовах роботи при криогенних температурах, жароміцність – при експлуатації в області підвищених температур та втомну витривалість при знакозмінному навантаженні.

При охолодженні заготовок із титану та його сплавів через значний градієнта температур спостерігається швидке охолодження гострих кутів, тонких елементів перерізів заготовок, що ускладнює забезпечення рівномірної деформації та може призводити до розтріскування металу. Можливе і місцеве заохолодження металу, що деформується, в зонах контакту його з інструментом, що має значно нижчу температуру. Ця особливість сплавів титану суттєво обмежує можливу конфігурацію елементів перерізів проміжних заготовок та готових виробів, способи та швидкість подачі нагрітих напівфабрикатів на деформацію, вибір обладнання, що деформує.

Низька теплопровідність негативно впливає і на процес гарячої деформації. Наявність зон найбільш інтенсивної деформації при малої теплопровідності призводить до значного перегріву металу цих зон внаслідок теплового ефекту деформації та погіршення структури та властивостей. Особливо це проявляється при несприятливих режимах кування (осади) заготовок, сортової прокатки прутків, пресування профілів, тому потрібен ретельний вибір схеми, режимів деформації для усунення таких перегрівів.

Висока хімічна активність титану та його сплавів

Титан та його сплави при температурах нагрівання для гарячої деформації, термічної обробки і особливо в рідкому стані при лиття активно взаємодіють із киснем, азотом та іншими газами атмосфери. При нагріванні на повітрі на поверхні заготовок утворюється окалина, що починає відшаровуватись при температурах вище 900 С. Поряд з утворенням окалини відбувається дифузія кисню та азоту вглиб металу з утворенням поверхневого газонасиченого шару, що має високу твердість і низьку пластичність.

Наявність газонасичених шарів значної товщини (до декількох міліметрів на поверхні великих злитків) може призводити до поверхневих надривів при деформації, погіршення якості поверхні. Готові листи, профілі, труби та інші напівфабрикати мають внаслідок цього знижені показники пластичності при випробуваннях на розрив, вигин. Недостатньо повне видалення газонасиченого шару з відходів перед їх залученням до шихти сприяє місцевому чи загальному забрудненню виплавлених злитків домішками впровадження, насамперед киснем.

Для зменшення газонасичення ефективно використання захисних покриттів та проведення нагріву заготовок у захисній атмосфері, якщо час нагрівання значно більше, ніж тривалість гарячої обробки та подальшого охолодження. Для видалення газонасиченого шару на проміжних переділах використовують механічну обробку заготовок. Готові напівфабрикати піддають дробоструминній обробки, травлення. Значна швидкість дифузії кисню та азоту вглиб титану та його сплавів може грати і позитивну роль процесі виробництва. Розчинення в металі найтонших окисних плівок та інших поверхневих

газових забруднень за відсутності доступу нових порцій газів забезпечує отримання чистої поверхні і створює передумови для широкого використання дифузійного зварювання та методів порошкової металургії для виготовлення складних виробів.

Розроблено сплави різного складу та властивості, наприклад: технічно чистий титан (BT1, BT2), сплави систем титан-алюміній (BT5), титан-алюміній-марганець (BT4, OT4), титан-алюміній-хром-молібден (BT3) та ін.

Так само, як нержавіючі та жароміцні сталі та сплави, титанові сплави мають ряд особливостей, що зумовлюють їхню низьку оброблюваність.

1. Мала пластичність, що характеризується високим коефіцієнтом зміцнення, приблизно вдвічі більшим, ніж у жароміцних матеріалів. Разом з тим механічні характеристики титанових сплавів у порівнянні з жароміцними менші. Знижені пластичні властивості титанових сплавів у процесі їх деформації сприяють розвитку випереджаючих мікро- та макротріщин.

Утворена стружка на вигляд нагадує зливну, має тріщини, що розділяють її на дуже слабо деформовані елементи, міцно пов'язані тонким і сильно деформованим контактним шаром. Утворення такої стружки пояснюється тим, що зі збільшенням швидкості пластична деформація при високих температурі і тиску протікає в основному в контактному шарі, не зачіпаючи шар, що зрізається. Тому за високих швидкостях різання утворюється не зливна, а елементна стружка.

Кути зсуву при різанні титанових сплавів досягають 38...44°, в цих умовах при швидкостях різання, більших 40 м/хв, можливе утворення стружки з коефіцієнтом укорочення $K_l < 1$, тобто стружка має більшу довжину, ніж шлях різання. Подібне явище пояснюється високою хімічною активністю титану.

Знижена пластичність призводить до того, що з обробці титанових сплавів сила P_Z приблизно 20 % нижче, ніж із обробці сталей, а сили P_y і P_x — вище. Ця відмінність вказує на характерну особливість титанових сплавів - сили різання на задній поверхні при обробці їх відносно більше, ніж при обробці сталей. Як наслідок, зі збільшенням зносу сили різання, особливо P_y , різко зростають.

2. Висока хімічна активність до кисню, азоту, водню. Це викликає інтенсивне крихтіння поверхневого шару сплавів внаслідок дифузії до нього атомів газів за підвищення температури. Насичена атмосферними газами стружка втрачає пластичність і в цьому стані не піддається звичайній усадці.

Висока активність титану по відношенню до кисню та азоту повітря в 2...3 рази знижує площу контакту стружки з передньою поверхнею інструменту, що не спостерігається при обробці конструкційних сталей. Разом з тим окислення контактного шару стружки підвищує її твердість, збільшує контактну напругу та температуру різання, а також підвищує інтенсивність зношування інструменту.

3. Титанові сплави мають надзвичайно погану теплопровідність, нижчу, ніж у жароміцних сталей та сплавів. Як наслідок, при різанні титанових сплавів виникає температура, що більш ніж у 2 рази перевищує рівень температур при обробці сталі 45.

Висока температура в зоні різання викликає інтенсивне наростоутворення, схоплювання матеріалу, що обробляється, з матеріалом інструменту і поява задир на обробленій поверхні.

4. Внаслідок вмісту в титанових сплавах нітридів і карбідів матеріал ріжучого інструменту сильно піддається абразивному впливу. Однак при підвищенні температури титанові сплави сильніше знижують свою міцність, ніж нержавіючі та жароміцні сталі та сплави. Обробка різанням по кірці багатьох кованих, пресованих або литих заготовок з титанових сплавів утруднена додатковим абразивним впливом на ріжучі кромки інструменту неметалевих включень, оксидів, сульфідів, силікатів та численних пор, що утворюються поверхневому шарі. Неоднорідність структури знижує вібростійкість процесу обробки титанових сплавів. Ці обставини, а також концентрація значної кількості теплоти в межах невеликого майданчика контакту на передній поверхні призводять до переважання крихкого зношування з періодичним сколювання по передній і задній поверхнях і фарбування ріжучої кромки. При високих швидкостях різання інтенсифікується теплове зношування, передньої поверхні різця розвивається лунка. У всіх випадках, однак, лімітує знос його задньої поверхні.

Рівень швидкості різання VT при обробці титанових сплавів у 2,5...5 разів нижчий, ніж при обробці сталі 45

5. При обробці титанових сплавів особливу увагу необхідно приділяти питанням техніки безпеки, оскільки утворення тонкої стружки і тим більше пилу може призвести до самозаймання та інтенсивного горіння. Крім того, пилоподібна стружка шкідлива для здоров'я. Тому не допускається робота з подачами менше 0,08 мм/об, використання затупленого інструменту зі зносом більше 0,8...1,0 мм і зі швидкостями різання більше 100 м/хв, а також скупчення стружки у великому обсязі для сплаву VT1 обробка якого дозволяється при швидкостях різання до 150 м/хв).

1.4. Застосування твердого сплаву при виготовлення свердл для обробки титанових сплавів

Тверді сплави є основним інструментальним матеріалом, що забезпечує високопродуктивну обробку матеріалів різанням.

Загальна кількість ріжучого інструменту з твердого сплаву не перевищує 25%, але через високу швидкість різання (у 2,5...3 рази вище в порівнянні з швидкорізальним інструментом) вони знімають до 65% всієї стружки (з усього об'єму стружки, що знімається інструментами всіх інструментальних матеріалів). Стандартні тверді сплави складаються з тугоплавких сполук (карбідів вольфраму, титану та танталу) та сполучної фази (кобальт) і поділяються на три групи:

1. однокарбідні (вольфрамові, група ВК, (WC+Co));
2. двокарбідні (вольфрамотитанові, група ТК, (WC+TiC+Co));
3. трикарбідні (вольфрамотитанотанталові, група ТТК, (WC + TiC + TaC + Co)).

Позначення твердих сплавів включає літери, що характеризують карбідоутворюючі елементи (В-вольфрам, Т-титан, друга літера Т-тантал) та зв'язку (К-кобальт). Цифра після

літери До означає масову частку зв'язки у відсотках. Масова частка карбідоутворювальних елементів в однокарбідних сплавах, що містять тільки карбід вольфраму, визначається різницею між 100% і масовою часткою зв'язування. Наприклад, сплав ВК4 містить 4% кобальту та 96% WC. У двокарбідних WC+TiC сплавах цифра після літери карбідоутворюючого елемента позначає масову частку карбіду цього елемента (TiC), а масова частка карбіду другого елемента (WC) визначається різницею між 100% і масовими частками зв'язування і карбіду першого елемента (наприклад, сплав Т5К10) % TiC, 10% З і 85% WC). У трикарбідних WC+TiC+TaC сплавах цифра після літер ТТ означає масову частку карбідів титану та танталу. Масова частка карбіду вольфраму визначається різницею між 100% і масовими частками зв'язки та карбідів TiC та TaC. Наприклад, сплав ТТ7К12 містить 12%, 7% карбідів титану і танталу (TiC+TaC) і 81% WC.

При збільшенні в сплавах вмісту кобальту в діапазоні, що розглядається, межа міцності при поперечному згині і експлуатаційна міцність при різанні зростають, в той час як твердість і зносостійкість зменшуються. Так, сплав ВК3 з мінімальним вмістом кобальту, як найбільш зносостійкий, але найменш міцний, рекомендують для чистової обробки з максимально допустимою швидкістю різання, а сплави ВК8 та ВК10-ХОМ – для чорнової обробки зі зниженою швидкістю різання та збільшеним перерізом зрізу в умовах ударних навантажень.

Вольфрамкобальтові сплави рекомендуються переважно для обробки матеріалів, що дають дискретні типи стружок (елементна, стружка надлому): чавуни, кольорові матеріали, склопластики, фарфор і важкообробні матеріали (корозійностійкі, високоміцні сталі, жароміцні сплави на основі нікелю і титану).

При однаковому вмісті кобальту фізико-механічні та ріжучі властивості значною мірою визначаються зернистістю карбідної фази, головним чином середнім розміром зерен карбіду вольфраму. Розроблені технологічні прийоми дозволяють отримати тверді сплави, у яких середній розмір зерен карбідної складової може змінюватися від часток мікрона до 10-15 мкм. Зі збільшенням розміру зерен карбідо-вольфрамової фази твердість, модуль пружності, опір абразивного зношування та стійкості при різанні чавуну зменшуються, а межа міцності при згинанні зростає. Цю закономірність широко використовують із створення сплавів різного призначення з необхідними властивостями.

Першими такими сплавами, випущеними промисловістю були дрібнозернисті сплави марок ВК3-М і ВК6-М, що показали хороші результати при чистовій обробці чавунів, загартованих сталей, а також корозійностійких сталей і деяких інших марок важкооброблюваних матеріалів. Потім була розроблена гамма сплавів з вельми дрібнозернистою структурою (основна маса зерен карбіду вольфраму розміром менше 1 мкм) та з вмістом кобальту 6 та 10%.

Сплави містять також найбільші добавки карбіду танталу (близько 2%) і ванадію (0,1%), які переважно перешкоджають росту зерен карбіду вольфраму при спіканні. Сплав ВК6-ОМ дає хороші результати при тонкому точенні та розточуванні деяких марок жароміцних та корозійностійких сталей та сплавів, чавунів високої твердості, у тому числі і ковких, загартованих сталей та алюмінієвих сплавів. Особливо ефективний сплав ВК6-ОМ при обробці вольфраму та молібдену, а також при розгортанні та шабрненні заготовок зі сталі та чавуну.

Подальшим розвитком та вдосконаленням сплавів цього напрямку є сплави, в яких карбід танталу замінено карбідом хрому. Встановлено, що карбід хрому гальмує зростання

зерен карбиду вольфраму при спіканні та сприяє отриманню сплавів з дуже дрібнозернистою структурою та високою зносостійкістю, а також збільшує твердість та міцність сплавів при підвищених температурах.

Сплав ВК10-ХОМ призначений для чорнової та напівчорнової обробки деяких марок корозійностійких сталей, титанових та нікелевих сплавів, і особливо сплавів вольфраму та молібдену. Завдяки особливо дрібнозернистій, щільній структурі сплавів можна заточувати і доводити інструменти з найменшими радіусами округлення ріжучих кромки, що, у свою чергу, забезпечує отримання меншої висоти мікронерівностей обробленої поверхні та розмірної точності.

Ще один напрямок удосконалення сплавів для різання конструкційних сталей, чавунів та важкообробних матеріалів пов'язаний із удосконаленням зв'язки. Прикладом такого вдосконалення сплаву є розробка сплаву ВРК15 (ТУ 48-19-462-89) з жароміцною кобальт-ренієвою сполучною фазою для чорнової та напівчистої обробки. Сплав відрізняється високою міцністю при підвищених температурах, низькою адгезією з оброблюваним матеріалом та відносно високою зносостійкістю. Застосування інструментів, оснащених сплавом ВРК15 дозволяє підвищити продуктивність обробки різанням за рахунок збільшення швидкості різання або перерізу зрізу.

Поряд із вмістом кобальту та зернистістю фази WC, великий вплив на ріжучі властивості сплавів WC-Co має вміст вуглецю в сплаві. Це пов'язано з тим, що вміст вуглецю в межах двофазової області WC-Co не впливає на фазовий склад сплаву, але помітно впливає на склад сполучної (кобальтової) фази. Останнє зумовлено зміною розчинності вольфраму у кобальті. Зміна складу кобальтової фази надає сильний вплив і зміну властивостей сплаву загалом. Крім того, наявність у сплаві надлишку вуглецю у вигляді графіту призводить до зниження зносостійкості сплаву, а недолік вуглецю викликає утворення фази (W_3Co_3C), яка підвищує зносостійкість, але знижує міцність сплаву. Таким чином, при однаковому вмісті кобальту маловуглецеві сплави більш зносостійкі, але менш міцні, ніж високовуглецеві. Зі зростанням у сплаві вміст кобальту збільшується і вплив вуглецю на властивості сплаву.

1.5 Висновки розділу.

В першому розділі розглядалися фактори, що впливають на точність обробки та можливі схеми отримання різанням отворів. Показано, що зменшити високу трудомісткість обробки титанових сплавів можна, зменшуючи кількість операцій для досягнення необхідної точності, наприклад підвищенням точності обробки свердлінням з подальшим розточуванням отвори. Слід враховувати, що різець має високу вартість, тому їм необхідно знімати мінімальний і постійний припуск для підвищення його стійкості. Фірми-виробники різального інструменту рекомендують залишати на розточування титанових сплавів припуск 0,02-0,03 мм на діаметр. Отже, точність попередньої обробки свердлінням необхідно зменшити до відхилення форми отвору 0,02-0,03 мм.

Обґрунтовано, що точність попередньої обробки свердлінням можна оцінити відхиленням від циліндричності та розкидом діаметральних розмірів отвору. Визначено дефекти отвору, що виникають при свердлінні, що впливають на подальшу обробку різанням. Показано, що за видом стружки можна судити про якісний бік протікання процесу різання. Визначення виду стружки відбувається за короткий проміжок часу без використання спеціальних пристроїв, що дозволяє попередньо оцінити якість обробленої

поверхні без суттєвого збільшення часу налагодження. Аналіз літературних даних показав відсутність рекомендацій щодо використання виду стружки як критерію оцінки точності обробленого отвору. Розробка подібних критеріїв може бути використана для діагностики правильності вибору технологічних параметрів при свердлінні титанових сплавів. Сформульовано основні вимоги, цілі та завдання дослідження по вдосконаленню конструкції ріжучого інструменту, його виробництва та технології свердління.

2. Дослідження впливу технологічних параметрів на точність обробки отворів у титанових сплавах

2.1. Попереднє дослідження впливу геометричних параметрів спірального свердла на нециліндричність отвору.

При свердлінні на відхилення від циліндричності впливає геометрія ріжучої частини інструменту, а саме кут при вершині свердла, кут нахилу гвинтової канавки, осьовий задній кут, ширина стрічки, довжина поперечної ріжучої кромки, шорсткість поверхні підточування поперечної ріжучої кромки. підточування поперечної ріжучої кромки.

Вплив кута при вершині свердла 2ϕ пов'язаний зі зміною товщини a і ширини зрізу b при свердлінні (рис. 2.1). Зі збільшенням кута 2ϕ збільшується товщина і зменшується ширина зрізу. Відношення товщини до ширини зрізу змінює ступінь деформації своя, що змінюється, змінюючи вигляд стружки, що впливає на відхилення від циліндричності.

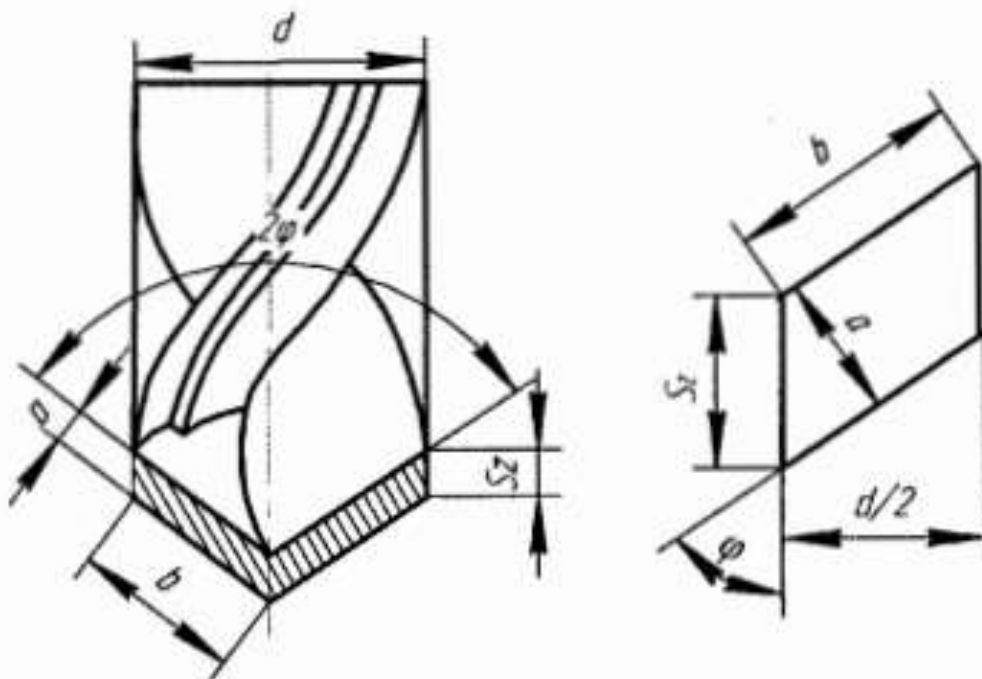


Рис. 2.1 Параметри кута при вершині свердла

Фактором, що впливає на нециліндричність отвору, є кут нахилу канавки m . Кут m впливає на величину передніх кутів у на різальній частини, особливо на периферії свердлу. Кут нахилу гвинтової канавки m також впливає на відведення стружки, від якого залежить якість отвору.

Задній кут є важливим елементом конструкції свердла. Величина його в значному ступені впливає на роботу сил тертя, а, отже, і температуру в зоні різання. При підвищенні температури в зоні різання титанові сплави починають активно поглинати атмосферні гази, що призводить до підвищення характеристики міцності та зниження пластичності обробленого матеріалу. Підвищення температури так само призводить до утворення неоднорідності обробленої поверхні. Збільшення кута p призводить до зменшення сил

тертя, але знижує жорсткість, що призводить до появи вібрацій свердла. Зміна температури оброблюваної поверхні також пов'язана з роботою сил тертя між стрічками свердла та поверхнею отвору. Збільшення ширини стрічки призводить до зменшення відхилення від циліндричності, водночас збільшується температура обробленої поверхні.

Серцевина свердла впливає на жорсткість і вібростійкість, а отже, на відхилення від циліндричності. Зменшення діаметра серцевини зменшує стружкові канавки, що погіршує відведення стружки. Спіральне свердло має малу величину переднього кута у точках у поперечної ріжучої кромки, що погіршує процес врізання в деталь. Стандартне підточування дозволяє зменшити довжину поперечної ріжучої кромки (рис. 2.2), що зменшує складову осьову силу на 25% порівняно зі свердлом без підточування. Шорсткість поверхні підточування поперечної ріжучої кромки визначає інтенсивність налипання титанового сплаву на ріжучий інструмент.



Рис. 2.2 Підточка свердла

При підточуванні є можливість збільшити передній кут (рис 2.3), покращуючи процес різання у поперечної ріжучої кромки. Зі збільшенням кута у збільшується зарізання поверхнею підточування передньої поверхні свердла, при цьому утворюється лунка з радіусом R . Лунка перешкоджає відразу стружки титанового сплаву і сприяє її налипанню на поверхню підточування, що призводить до збільшення відхилення від циліндричності.

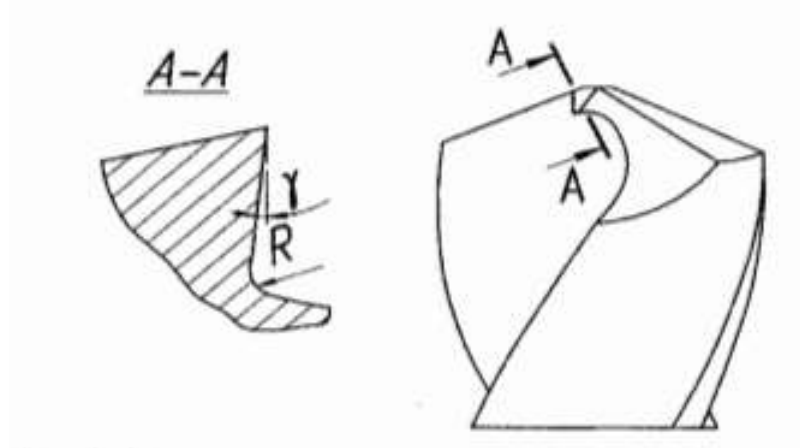


Рис. 2.3 Збільшення переднього кута

2.2. Візуальна діагностика стружки одержуваної під час свердління титанового сплаву

Після свердління деталей з титанових сплавів, як правило, отвір має відхилення, що перевищують допустимі для корпусних деталей авіабудування. Тому свердління деталей з титанових сплавів пов'язане із запровадженням додаткових операцій чистової обробки отворів для досягнення необхідної якості. Підвищуючи якість отвору відразу після свердління, зменшується припуск на технологічні операції для видалення рисок з поверхні деталей та покращення геометрії отвору. З зменшенням знімання металу після свердління зменшується час обробки, а при досягненні необхідної якості отвору відразу після свердління, можна виключити подальшу обробку отвору повністю.

Як свідчить виробнича практика, основною проблемою при свердлінні є відведення стружки. Ця проблема пов'язана з обмеженим простором для відведення стружки між поверхнею стружкової канавки і поверхнею отвору, що просвердлюється. Безперешкодне відведення стружки залежить від відсотка заповнення стружкою стружкової канавки. При збільшенні відсотка заповнення стружкової канавки погіршується якість отвору. Якість поверхні отвору можна оцінити за середньоквадратичним відхиленням профілю поверхні отвору R_a і відхилення від циліндричності отвору. Стружка титанового сплаву може бути зливною та елементною (рис 2.4). Елементна стружка під високою температурою зварюється та стає псевдозливною. Псевдозливна стружка залишає глибокі ризики на обробленій поверхні деталі, що може пояснюватися високою шорсткістю поверхні стружки, що контактує з обробленою поверхнею деталі.



Рис. 2.4 Види стружки

2.3 Особливості оброблювання точних отворів.

В основі розв'язання задачі з обробки отворів лежить ціла низка факторів. Ефективність технологічної операції визначається якістю поверхні, точністю, продуктивністю та динамічною стійкістю. Основним критерієм перевірки вірності обраного методу обробки та типу ріжучого інструменту є вартість обробки отвору. Економічні показники процесу мають вирішальне значення у масовому виробництві. Найменша собівартість забезпечується найбільш продуктивним процесом обробки. Тому підвищення ефективності обробки віддають значної ролі у виробництві. Обробка отворів є операцією, що найбільш часто повторюється. Технологія обробки отворів у деталях літальних апаратів є складним технологічним завданням, оскільки параметри цих отворів у ряді деталей визначають їх якісні характеристики. Залежно від вимог до точності та інших характеристик для утворення та обробки отворів при виготовленні деталей літако-, ракето- та суднобудування застосовують операції свердління, фрезерування, розточування, розгортання.

Основними характеристиками отвору є діаметр та глибина. Саме від цих параметрів залежить вибір інструменту. Якість і точність поверхні впливають на вибір режимів різання. Жорсткість технологічної системи, властивості оброблюваного матеріалу впливають при виборі інструментального матеріалу та геометрії інструменту

При виборі інструменту отримання отворів в суцільному матеріалі перевагу віддають свердлам. Сучасні спіральні свердла з внутрішнім підведенням мастильно-охолоджувальної рідини і з використанням відповідних допоміжних інструментів, дозволяють досягати високої якості поверхні з точністю до 8-го квалітету і $Ra=1-2$ мкм і часто відпадає необхідність у подальшій чистовій обробці.

В даний час, для отримання отворів малих та середніх діаметрів, виділяють три види свердлів.

1. Цілісні твердосплавні свердла
2. Свердла зі змінними головками
3. Свердла зі змінними пластинами

Цілісні твердосплавні спіральні свердла (рис 2.5) є найбільш складним видом багатолезового інструменту. Вони мають малі передні кути в центральній частині і негативні у перемички, які підвищують деформацію стружки, що зрізається, і збільшують сили тертя. Відсутність допоміжних задніх кутів на стрічках збільшує сили тертя і

негативно впливає на формування поверхні отвору.



Рис. 2.5 Цілісне твердосплавне спіральне свердло

Цілісні твердосплавні свердла виготовляються з дрібнозернистого твердого сплаву з високою твердістю та міцністю і застосовуються для отримання отворів діаметрами від 2,95 до 20 мм і глибиною до 7 діаметрів у всіх групах матеріалів, що обробляються. За стабільних умов обробки точність отворів досягає 1Т8-1Т9. Подвійний кут у плані рівний 140 градусів і малого розміру перемичка дозволяє використовувати дані свердла без попереднього засвердлювання. З точки зору продуктивності, при свердлінні отворів в титанових сплавах подача на оборот 80 призначається до 0,4 мм/про швидкість різання V до 225 м/хв.

Свердла зі змінними головками (2.6), на відміну від цілісних твердосплавних свердлів можуть застосовуватися для свердління отворів у більшому діапазоні - від 10 до 33 мм. За рахунок жорсткого корпусу свердло може працювати з високими подачами (при свердлінні отворів в титанових сплавах подача на оборот 80

призначається до 0,45 мм/об і швидкість різання V до 250 м/хв). При цьому отвори можуть бути отримані 9-10 квалітету точності.



Рис. 2.6 Свердла зі змінними головками

Свердла зі змінними пластинами (рис. 2.7) призначені для свердління отворів у будь-яких оброблюваних матеріалах. Спеціально розроблена складна форма центральної пластини дозволяє знизити дисбаланс, за рахунок поступового врізання в матеріал із зменшеними силами різання та підвищує точність та продуктивність отворів. Свердла зі змінними пластинами можуть застосовуватися для обробки отворів діаметрами від 12 до 63,5 мм з точністю СТ12. З точки зору продуктивності, при свердлінні отворів в титанових сплавах подача на оборот 80 становить 0,15 мм/об, при цьому швидкість різання V дорівнює 400 м/хв.



Рис. 2.7 Свердла зі змінними пластинами

Також для обробки отворів застосовують цілісні твердосплавні фрези (рис.2.8). Цей тип фрез розроблений для високопродуктивної обробки більшості матеріалів. Фрези виготовляються у діапазоні від 0,4 до 25 мм. Використовуючи методи кругової або гвинтової інтерполяції, забезпечують отримання отворів 8-9 квалітету точності.



Рис. 2.8 Цілісні твердосплавні фрези

2.4 Вплив швидкості різання на обробку точних отворів.

Разом із твердістю оброблюваного матеріалу швидкість різання є основним фактором, що впливає на стійкість інструменту та споживання потужності.

Швидкість різання є найважливішим фактором, що визначає стійкість інструменту. Швидкість різання впливає на потужність P_c (кВт) і крутний момент M_c (Н·м). Висока швидкість різання викликає підвищення температури в зоні обробки і веде до прискореного зношування по задній поверхні, особливо на периферії (у кутах) Висока швидкість різання покращує процес стружкоутворення при обробці довгостружкових та м'яких матеріалів (наприклад, низьковуглецевої сталі).

Занадто висока швидкість різання: Швидке зношування по задній поверхні Пластична деформація Погана якість і низька точність отворів

Занадто низька швидкість різання: Наростоутворення на ріжучій кромці Погана евакуація стружки Збільшення часу різання

Швидкість різання обмежують властивості інструментального матеріалу. На швидкість різання, яку допускає інструмент, впливають матеріал різальної частини інструменту, вид обробки, оброблюваний матеріал, подача і глибина різання, геометричні параметри різальної частини інструменту, мастильно-охолоджуючі речовини. Швидкість різання визначається при поздовжньому точінні по залежності v_c , а при фасонному точінні і відрізанні $v_r = v_c \cdot K_{fv}$. В цих залежностях C_v – коефіцієнт, що враховує умови різання і властивості оброблюваного матеріалу, а T – період стійкості різального інструменту в хв. Його необхідно вибирати так, щоб собівартість виконуваної ними операції була мінімальною. Тому для дорогих інструментів період стійкості повинен бути більшим, так як часті переточування призводять до швидкої втрати інструменту, знижують його продуктивність і збільшують собівартість обробки. Рекомендовані періоди стійкості для різних інструментів приведено в довідниках. Відносна стійкість характеризується показником степені t , який залежить від інструментального матеріалу і характеру спрацювання інструменту. Для швидкорізальних сталей $t = 0,1-0,125$; для твердих сплавів $t = 0,2-0,25$; для мінералокераміки $t = 0,5$.

Чим більша глибина різання і подача тим менша швидкість різання, цей вплив залежить від показників степенів x_v і y_v . Ці показники менші 1 і $x_v < y_v$. Та при точінні конструкційної сталі твердосплавними різцями з $s > 0,3$ мм/об $x_v = 0,15$ а $y_v = 0,25$. Тому при розрахунках режимів обробки бажано встановлювати максимальні значення глибини різання (виходячи з припуску на обробку) і менші подачі.

Вплив всіх інших факторів враховує коефіцієнт

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{iv} K_{fv} K_{\phi} K_1 K_{gv} K_{rv} K_{ov} \quad (2.1)$$

K_{mv} враховує вплив на швидкість різання властивостей оброблюваного матеріалу. Чим більше оброблюваний матеріал містить легуючих елементів, тим більша його твердість і міцність, тим більше теплоти виділяється в процесі різання, тим менша швидкість різання. Тугоплавкі домішки зменшують теплопровідність сталі, погіршують відведення тепла з зони різання і зумовлюють інтенсивне нагрівання і спрацювання інструменту. Тому з

збільшенням кількості вуглецю і легуючих елементів допустима швидкість різання зменшується. Це враховує поправочний коефіцієнт K_{mv} . Для сталі, тут K_G – коефіцієнт, що характеризує групу сталі по оброблюваності. Для сірого чавуну $K_{mv} =$, а для ковкого- $K_{mv} =$. Окалина чи ливарна кірка на поверхні заготовки також зменшують швидкість різання, Це враховує поправочний коефіцієнт K_{nv} .

Спрацювання інструменту залежить від твердості, міцності, стійкості проти спрацювання, теплостійкості і опірної адгезії його різальної частини. Чим вищі ці параметри, тим більшу швидкість різання допускає інструмент при тому ж періоді стійкості. Це враховує коефіцієнт K_{iv} .

Значний вплив на швидкість різання мають геометричні параметри різальної частини інструменту. Із збільшенням переднього кута γ зменшуються деформації оброблюваного матеріалу, сили різання і, відповідно, зменшується спрацювання різця. Все це так до деякого оптимального значення γ , яке відповідає певним оброблюваним і інструментальним матеріалам. Якщо далі збільшувати передній кут, то погіршується тепловідведення внаслідок зменшення площі поперечного перетину різальної частини інструменту, тому треба зменшити швидкість різання. Вплив переднього кута на швидкість різання враховує поправочний коефіцієнт $K_{\gamma v}$ /

Задній кут α впливає на швидкість різання аналогічно, як і γ . Із збільшенням α до певних границь ($\approx 60^\circ$) швидкість різання можна збільшувати оскільки зменшується тертя по задній поверхні різця. При дальшому збільшенні α починає руйнуватись різальна кромка через зменшення кута загострення β . Вплив кута α на швидкість різання враховує коефіцієнт $K_{\alpha v}$.

На швидкість різання значно впливає головний кут в плані ϕ . З зменшенням кута ϕ збільшується ширина зрізу і зменшується його товщина, що покращується тепловідведення і зменшується навантаження на одиницю довжини робочої частини леза. Тому різці з малим головним кутом в плані допускають більшу швидкість різання. Враховується цей вплив коефіцієнтом $K_{\phi v}$. Допоміжний кут в плані ϕ_1 впливає на швидкість різання майже так само, як ϕ . Цей вплив враховує коефіцієнт $K_{\phi_1 v}$.

Додатне значення кута нахилу головної різальної кромки λ сприяє зміцненню різця, що дає змогу підвищити швидкість різання при тому ж періоді стійкості. Це враховує коефіцієнт $K_{\lambda v}$.

Зі збільшенням радіуса заокруглення при вершині (плані) r також сприяє підвищенню швидкості різання при всіх інших незмінних умовах. Це враховує коефіцієнт K_{rv} .

Мастильно-охолоджуючі рідини знижують температуру в зоні різання, змащують поверхні тертя різального інструменту і заготовки, зменшують можливість прилипання стружки до інструменту. В результаті збільшується допустима швидкість різання і покращується якість обробленої поверхні. Вплив МОР враховує коефіцієнт K_{ov} .

Крім перерахованих факторів на швидкість різання впливають форма поперечного перетину різця, допустима величина спрацювання, що також враховується відповідними коефіцієнтами.

2.5 Вплив діаметра свердла, подачі, глибини та температури різання при свердлінні точних отворів

Подача s (S) – це відношення відстані, пройденої розглянутою точкою ріжучої кромки або заготівлі у напрямку руху подачі, до відповідному числу циклів чи певних часткою циклів іншого руху. Під циклом руху розуміють повний оборот, хід чи подвійний хід ріжучого інструменту або заготівлі. При різних технологічних методах обробки подача має одну з наступних одиниць: мм/об (подача на оборот s_o) – при точіння, свердління; при фрезеруванні – мм/зуб (подача на зуб s_z) при виборі подачі за довідником, а при встановленні подачі на фрезерному верстаті мм/хв (подача за хвилину s_{min}); мм/хід (подача на хід s_x); мм/дв. Хід (Подача на подвійний хід s_{2x}) - при стругання, довбання і т.д.

Наприклад, при точенні подача s характеризується переміщенням інструменту за оборот заготівлі, тобто. від точки А до точки (рис. 1.7). Рух подачі може бути поздовжнім, спрямованим вздовж осі оброблюваної заготівлі (D_s пр); поперечним – поперек цієї осі (D_s поп); похилим – під кутом до осі (D_s н) (наприклад, під час обточування конічної поверхні); круговим – по колу оброблюваної заготівлі (D_s кр) (наприклад, при фрезеруванні циліндричної ділянки заготівлі на фрезерному верстаті з ЧПУ) та ін.

Теплові процеси, що виникають при різанні металів багато в чому визначають параметри обробки. Складність виникаючих явищ процесу нагріву та їх взаємозв'язок приводить до неоднозначної залежності між температурним полем і параметрами обробки заготовок. Так, наприклад, підвищення стійкості ріжучого інструменту вдається отримати і шляхом попереднього нагріву або оброблюваної заготовки, або самого різального інструменту і шляхом застосування мастильно-охолоджуючих рідин, що зменшують температуру в зоні різання.

Дослідження цього явища показують, що виникнення того чи іншого ефекту лежить в досить вузьких колах змін температури, отже, можливість створити необхідне температурне поле в зоні різання забезпечить високопродуктивну обробку. Процес різання при виготовленні точних отворів відбувається в значно обмежених умовах стружкоутворення, у зв'язку з цим температура досягає більших величин, суттєво впливаючи на стійкість різального інструменту і якість отриманих оброблених отворів.

Для того, щоб правильно обрати режими обробки, геометрію і матеріали різального інструменту, вибрати марку ЗОР, потрібно знати вплив всіх цих факторів на розподіл температур в зоні оброблення отворів.

Якщо взяти добре заточений ріжучий інструмент, то орієнтовно, приблизно 60% теплової енергії виникає від деформації металу заготовки, 30% – від тертя стружки об передню грань і 10% – від тертя заготовки по задній грані. Зі зносом різального інструменту це співвідношення змінюється.

Велике значення для температурних меж також має тепловіддача в оточуюче середовище, особливо якщо в процесі обробки застосовуються ЗОР.

При свердлінні відбувається виділення тепла, що залежить від роботи, що витрачається на різання, пластичних деформацій матеріалів, тертя стружки по передній поверхні свердла, тертя задньої поверхні свердла по оброблюваному матеріалу і тертя стрічок або бічних поверхонь свердла по стінках отворів.

Наближено кількість тепла Q , що виділяється при різанні в одиницю часу, можна визначити за формулою

$$Q = \frac{P_z V}{E}, \quad (2.2)$$

де

Q – кількість теплоти, що утворюється при різанні, кал/хв;

$P_z V$ – робота різання, Дж/хв;

P_z – сила різання, кгс;

V – швидкість різання, м/хв;

E – механічний еквівалент теплоти, що дорівнює 427 Дж/кал

Температура різання має залежність від швидкості та глибини різання, подачі, властивостей оброблюваного матеріалу, геометричних параметрів ріжучої частини свердла та за яких умов відбувається тепловідвод (використання ЗОР і теплопровідності оброблюваного матеріалу тощо).

Чим більше глибина свердління, тим гірші умови різання. Якщо глибина отвору більше ніж у 3 рази перевищує діаметр свердла, допустиму швидкість різання зменшують, множачи її на коефіцієнт ν_{K1} (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Значення коефіцієнту ν_{K1} , в залежності від глибини обробки

Глибина отвору в діаметрах свердла, мм	D/3D	4D	5D	6D	8D	10D
К	1,0	0,85	0,75	0,7	0,6	0,5

На допустиму швидкість різання значний вплив мають геометричні параметри заточення свердел і застосування ЗОР. Підточки свердла, серйозно зменшують осьову силу, збільшують стійкість свердла, а отже, і допустиму швидкість різання V_t . Застосування ЗОР дає можливість збільшити швидкість різання на 40÷45%. Особливу ефективність має подача ЗОР по внутрішніх каналах свердла. Стійкість таких свердел з внутрішнім підведенням охолоджуючої рідини в декілька разів вища, ніж у звичайних.

2.6 Дослідження зажимних патронів для закріплення інструмента

2.6.1 Види зажимних патронів

Свердлильний патрон є відносно невеликою деталлю, що виготовляється з високоміцних марок сталі і призначена для забезпечення надійності кріплення робочого інструменту на осі шпинделя і полегшення процесу його зміни. Його розміри стандартні, підібрати потрібний варіант у теорії не складає труднощів, але на практиці посадка цього елемента має бути максимально вивіреною. Насправді патрон є посередником між свердлом і конусом Морзе (чи іншим наконечником шпинделя), руйнівні впливи від обертання робочого валу під час передачі зусиль частково згладжуються, але вимоги до міцності і твердості цих комплектуючих верстата досить високі. Зокрема, їх виготовляється із сталі з показниками не нижче 51 HRC за Роквеллом, кулачки – 54, найкраще для цих цілей підходять цементовані марки.

Конструкція та основні елементи свердлильного патрона бувають різні, мінімально можливий діаметр хвостовика свердла, що закріплюється в ньому, варіюється від 0,5 до 5 мм, верхня межа становить 20 мм (для токарних і фрезерних верстатів значення можуть бути іншими).

Поділ цих деталей верстата окремі групи умовне, основними ознаками служать умови зміни робочого інструменту, спосіб кріплення і клас точності обробки. Варіанти класифікації у вітчизняних та зарубіжних виробників різні, але конструкція та розміри цих комплектуючих збігаються, вибрати потрібний варіант нескладно.

Основний поділ зазвичай пов'язують зі способом закріплення патрона в верстаті, залежно від цього фактора виділяють дві групи: мають різьбове з'єднання або хвостовик, що зчіплюється з конусом Морзе. Другі різновиди в цілому вважаються більш надійними, але вони сумісні далеко не з усіма видами шпинделя, зі зрозумілих причин зміна таких насадок займає більше часу, не кажучи вже про потребу періодичного підкручування. Патрони з конусним хвостовиком широко поширені і зустрічаються в різних модифікаціях, включаючи різьбове з'єднання (у ряді випадків - виконане самотужки). Нарізування при цьому здійснюють на зовнішній стороні корпусу Морзе (рис 2.10).

Залежно від конкретного виду фіксаторів та цільового призначення, всі патрони (рис. 2.9) для свердління поділяються на:

- Трикулачкові, що є дуже поширеними і використовуються з метою затиску свердел з циліндричним хвостовиком.
- Двокулачкові, що вибираються при роботі з тонким і слабо навантажуваним інструментом.
- Самовстановлювані, оптимальні при необхідності розточування та збільшення діаметра вже існуючих отворів.
- Реверсивні, що розміщуються на свердлильних верстатах, що не мають зворотного обертання робочого валу.
- Швидкозмінні, з конічним типом хвостовика.
- Запобіжні, утримуючі мітчики.

Відповідно, конструкція оснастки буває затискною з гайкою, що підкручується, має фіксуюче кільце, цанговою або підтягується ключем (останні встановлюються переважно на ручних дрелях). В даний час на більшості промислових верстатів монтується свердлильний патрон самозатискний, що підкручується за рахунок обертання робочого валу. Незважаючи на велику вартість його установка виправдовується підвищенням точності та безпеки робіт, сфера застосування затискних різновидів поступово переходить на ручний інструмент. При цьому встановлювати патрони на дрилі, що підтягуються, і свердлити з їх допомогою метал не рекомендується як причиною економічної недоцільності, так і через відмінність у сприйманих навантаженнях, самозатискні види не розраховані на бічні зміщення.

Цангові різновиди, що відносяться до окремої групи, закріплюють свердла за допомогою спеціальних перехідників з різними діаметрами. Вони використовуються при необхідності встановлення нестандартного або меншого діаметру робочого інструменту і по суті є додатковими комплектуючими до основного патрона з конусом. За аналогією з іншими різновидами такі перехідники виготовляють із якісної та високоміцної сталі.



Рис. 2.9 Види зажимних патронів

Згадані вище швидкозатискні (вони ж швидкозмінні) патрони в свою чергу поділяються на звичайні види з фіксатором у вигляді конічного хвостовика, як правило, що оснащені змінними втулками, і прецизійні, що характеризуються мінімальним значенням радіального биття (0,04-0,06 мм) і відносяться до спеціалізованих (у буквальному перекладі цей термін означає «високотковий»). Крім швидкої зміни насадки, їх застосування виключає ризики зміщення свердла і забезпечує максимально можливу жорсткість з'єднання. Запобіжні патрони вибираються при необхідності нарізання різьблення мітчиками в наскрізних і глухих отворах, їх конструкція включає ведені напівмуфти (втулки), кулачки та основну муфту, гайку регульовальну і пружину. Надійність з'єднання забезпечується наявністю трапецеїдальних зубів, встановлення такої оснастки значно знижує ризики поломки мітчика, вони автоматично налаштовуються на зміну величини моменту, що крутиться.

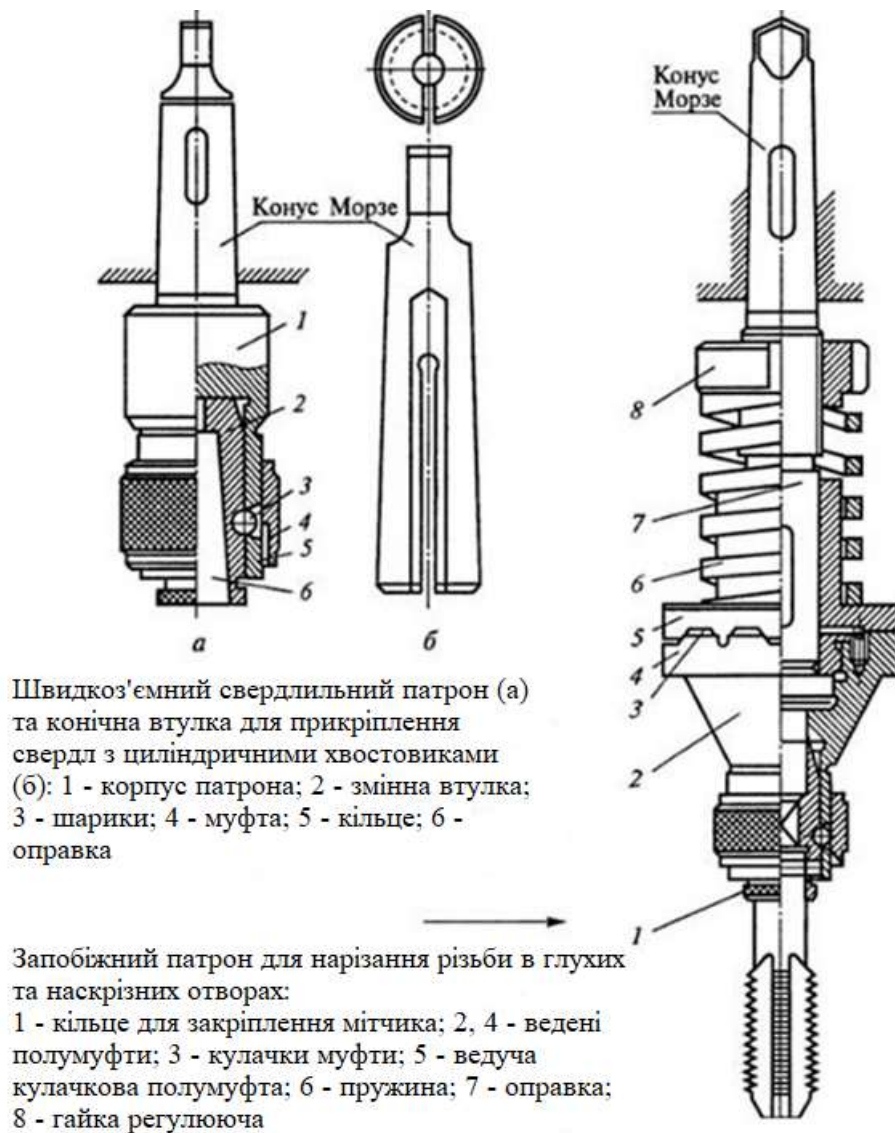


Рис 2.10 Приклади використання конуса Морзе

Залежно від класу точності, всі пропонувані патрони для свердлильних верстатів поділяються на дві групи (І і ІІ). Вимоги до допускних значень регламентовані ГОСТ 15935, оцінка здійснюється шляхом вимірювання величини радіального биття на закріпленій контрольній оправці. Чим менше буде цей показник, тим краще, у патронів першого класу биття інструменту з 2-4 мм і завдовжки 40-50 мм він не повинен перевищувати 0,05 мм, другого -0,1, відповідно. Виміри виконуються щонайменше тричі, результат усереднюють, при отриманні неоднозначних значень оцінку проводять повторно. За незмінно прикордонних величин патрону присвоюється ІІ клас.

Дані комплектуючі обходяться дорого (поширений і практично універсальний патрон В16 з конусом Морзе для свердлильного або токарного верстата можна придбати за ціною від 1000 гривень і вище), при їх купівлі звертається увага на відповідність робочих характеристик вимог ГОСТ і перевіряється маркування. Остання обов'язково включає помітний знак заводу-виробника, дані про типорозміри, діапазон затиску свердла і умовне позначення деталі. Остаточний вибір здійснюється з урахуванням номера конуса шпинделя, максимального та мінімального діаметра хвостовика свердлів та способу їх фіксації.

Навіть найякісніше та надійне оснащення бережуть від деформацій, для забезпечення точності свердління та продовження терміну служби інструменту та обладнання рекомендується:

- Відстежувати сумісність розмірів конуса Морзе та патрона, за необхідності – придбати відповідні перехідні втулки.
- Перевіряти чистоту конусних та контактних поверхонь перед встановленням та фіксацією. Попередньо відзначати керном центр майбутнього отвору з метою збереження ресурсу свердла та виключення ризику його відхилення.
- Враховувати можливу вібрацію свердлильного патрона та вимоги до якості свердління, для високоточних робіт варто купити прецизійні різновиди.
- Свердлити деталі із твердих матеріалів із застосуванням систем ЗОР.
- Використовувати інструмент з діаметром менше потрібних розмірів отвору.
- Задіяти додаткові пристрої: лещата, координатні столи, призми та аналогічні фіксатори, що покращують продуктивність свердлильних верстатів та точність виконуваних операцій.

Трикулачкові безключові свердлильні патрони (рис. 2.11) призначені для закріплення свердл та інших стрижневих інструментів. Патрони дозволяють кріпити інструмент рукою без ключа, добре центрують інструмент та надійно утримують його під час роботи. Патрони можуть мати хвостовик із нормальним конусом Морзе або виконуються з внутрішнім укороченим конусом Морзе. Корпус патрона 1 має на зовнішній поверхні сітчасту накатку. Усередині корпусу вставлена і втулкою 6 закріплена обойма 3, в трьох пазах якої під кутом 120° розміщені кулачки 2, які своїми Т-подібними торцями вставлені Т-подібні радіальні пази головки гвинта 5. Гвинт пов'язаний з втулкою 8 лівим різьбленням. При обертанні рукою корпусу 1 за годинниковою стрілкою разом з ним обертається обойма 3 з кулачками, що знаходяться в пазах обойми. Кулачки своїми торцями передають обертання гвинту 5, який викручується з втулки 8 і зміщує кулачки в осьовому напрямку. Ковзаючи по внутрішній конічній поверхні конуса, кулачки зближуються і закріплюють інструмент.

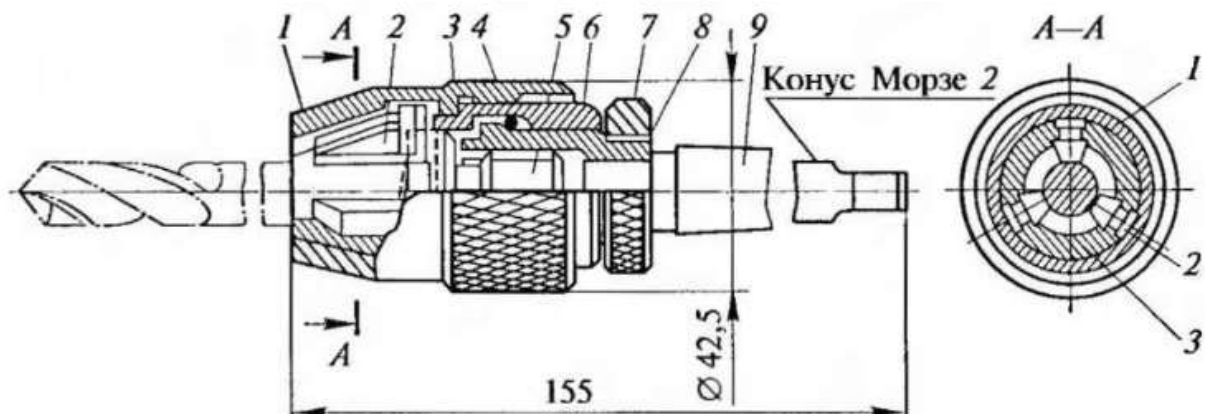


Рис. 2.11 Трикулачковий безключовий свердлильний патрон

У процесі роботи гвинт 5 під дією моменту крутіння різання прагне вивернутися з втулки 8, що збільшує сили, що закріплюють інструмент, а отже, збільшується надійність його кріплення. Щоб зменшити сили тертя при закріпленні або розкріпленні інструменту

між буртами втулки 8 і втулки 6 розміщені кульки 4. Завдяки кулькам легко розкрити інструмент навіть при дуже сильному його закріпленні. Для зміни інструменту корпус 1 повертається проти годинникової стрілки, при цьому гвинт 5 вкручується у втулку 8 і Т-подібними пазами головки тягне кулачки 2.

Ковзаючи заплечиками по пазах обойми 3, кулачки розмикаються і звільняють інструмент. Кільце 7, запресоване на кінці втулки 8, дозволяє утримувати патрон при закріпленні та розкритті інструменту, а також захищає патрон від пошкоджень. При необхідності хвостовик може бути запресований в отвір втулки 8. При свердлінні отворів великої глибини з високими режимами різання застосовують свердла з внутрішніми отворами, через які СОЖ підводиться до ріжучих кромки інструменту. Такі свердла кріпляться у спеціальних патронах.

Патрон із торцевим ущільненням (рис. 2.12) забезпечує підведення СОЖ до інструменту через отвір у шпинделі. Втулка, що обертається, 15 патрона закріплюється на шпинделі 1 верстата гвинтами 2. У канавках посадкового отвору втулки розташовані ущільнювальні кільця 16. У нижню торцеву поверхню втулки 15 упирається текстолітове кільце 9, пов'язане з штифтами 6 втулки залишається 15 нерухомим. Зверху до корпусу гвинтами 4 прикріплена кришка 13. Палець 12 з роликком 11 ковзає при осьовому переміщенні шпинделя за упорною планкою, закріпленою на станині верстата, і утримує патрон від обертання. СОЖ підводиться до патрона через штуцер 8 і далі надходить до інструменту через кільцеву канавку і отвори в кільці текстолітовому 9, а також через кільцеву канавку, отвори втулки 15 і отвір шпинделя. Ущільнення між торцем втулки 15 і кільцем 9 утворюється при стисненні пружин 3 болтами 14. При роботі патрона додаткове ущільнення створюється СОЖ, що діє на вільну поверхню кільця 9, підтискуючи його до торця втулки, що обертається. Величина тиску в зоні контакту торцевих поверхонь втулки і кільця визначається ставленням площі контакту до площі вільної поверхні кільця 9, яку тисне рідина, що подається.

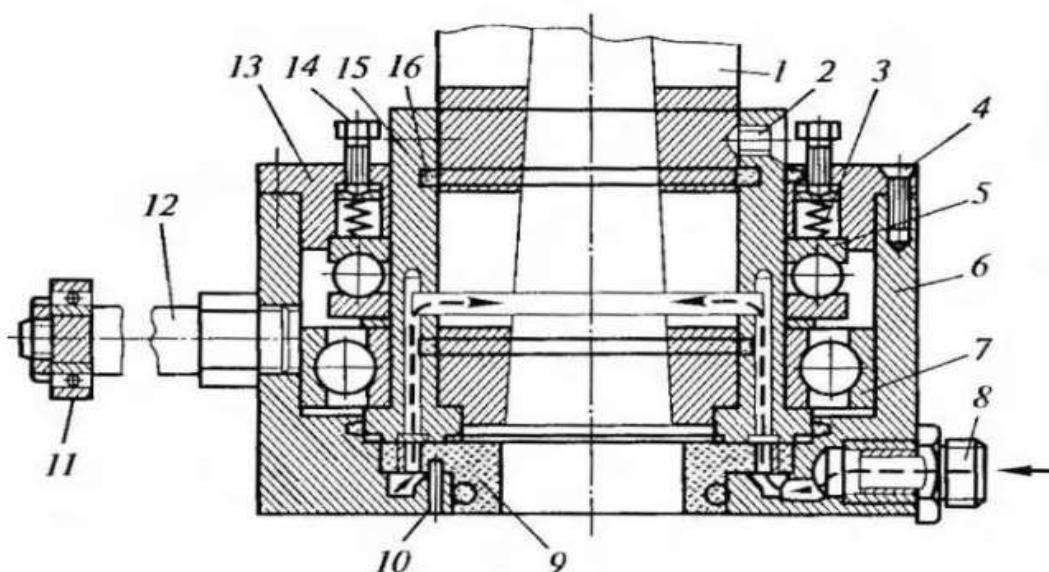


Рис 2.12 Патрон із торцевим ущільненням

Патрон з торцевим ущільненням для подачі СОЖ під високим тиском: 1 – шпиндель; 2, 4 – гвинти; 3 – пружина; 5, 7 – підшипники; 6 – корпус патрона; 8 – штуцер; 9 – текстолітове кільце; 10 – штифт; 11 – ролик; 12 – палець; 13 – кришка патрона; 14 – болт; 15 – втулка; 16 – кільце ущільнювача

Кільце ущільнювача 9 в патроні виконано з текстоліту ПТК, стабільно працює при швидкості ковзання. До 330 м/с при питомому тиску до 11 МПа. Для досягнення необхідної точності обробки розгортки кріпляться в патрони, що самовстановлюються, які забезпечують переміщення інструменту з метою досягнення співвісності інструменту і оброблюваного отвору. Застосовують три види самовстановлюваних патронів: гойдаються, плаваючі, гойдаються і плаваючі одночасно. Патрон, що гойдається (рис. 2.13 а) закріплюють у шпинделі верстата конічним хвостовиком в корпусі 1. В отворі корпусу на штифті 4 з деяким зазором встановлена втулка 5 з конічним отвором під хвостовик розгортки. Кулька 3 і під'ятник 2 утворюють осьову опору втулки 5. При роботі втулка може гойдатися в межах наявного зазору (в результаті чого розгортка повертається на деякий кут щодо осі шпинделя), а отже забезпечує суміщення осі розгортки з віссю отвору. Патрони, що плавають, забезпечують вільне поєднання осі розгортки з віссю оброблюваного отвору без перекосу інструменту. Корпус 15 патрона (рис. 2.13 б) з конічним отвором під інструмент розміщений у виточці хвостовика 14, яким патрон кріпиться в шпинделі верстата. У фланці корпусу запресовані два штифти 11, на які надіті втулки 12. Такі ж два штифти 6 запресовані у двох діаметрально протилежних отворах торця хвостовика 14. На штифтах 6 також знаходяться втулки.

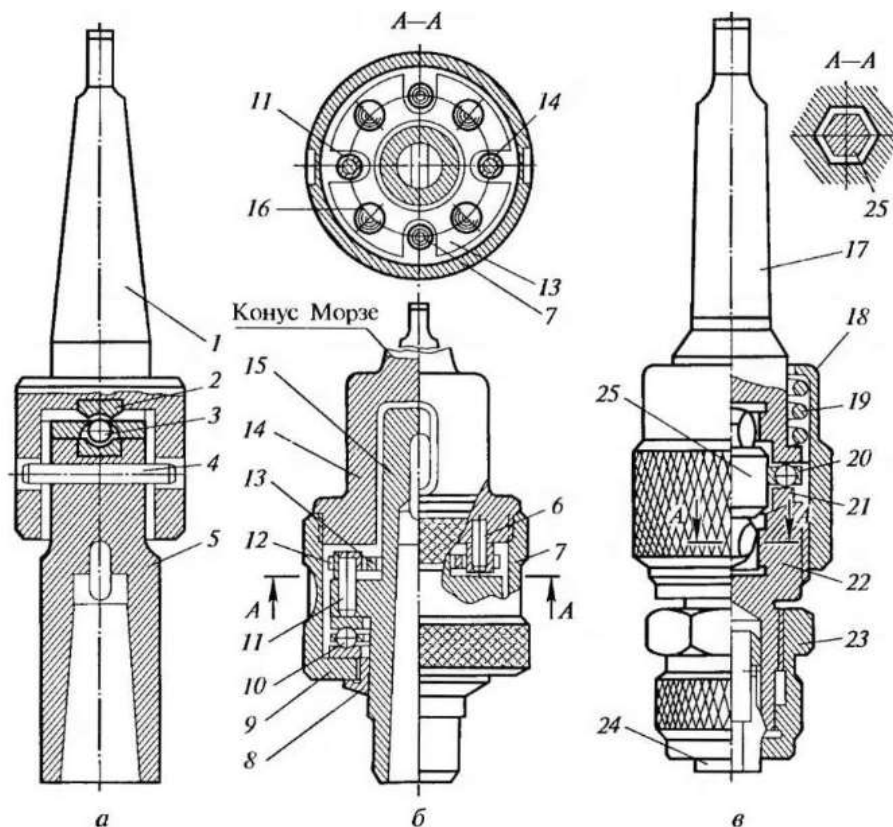


Рис. 2.14 Види патронів: а – коливається; б - плаваючий; в – коливається і плаває; 1, 15 – корпуси патронів; 2 – під'ятник; 3, 10, 16 – кульки; 4, 6, 11 – штифти; 5, 8, 12, 22 – втулки; 7, 18, 23 – гайки; 9 – кільце; 14, 17 – хвостовики; 13 – повідкове кільце; 19 – пружина; 20 – сепаратор; 21 - шайба; 24 - напрямна цанга; 25 – поводок

Між фланцем корпусу і торцем хвостовика розташоване повідкове кільце 13, чотирьох гніздах якого розміщені кульки 16, що передають осьове зусилля інструменту через фланець корпусу на торець хвостовика. У повідковому кільці є також чотири пази, в які входять втулки штифтів 11 і 6. При роботі патрона момент, що крутить, від хвостовика 14 до корпусу 15 передається через штифти 6, повідкове кільце 13 і штифти 11.

Фланець корпусу підтискається до торця хвостовика гайкою 7, з'єднаної з різьбленням хвостовиком. Між гайкою та фланцем корпусу для зменшення тертя розташовані кульки 10. Кульки розміщені в сепараторі між двома кільцями 9. Втулка 8 на корпусі оберігає патрон від забруднень. Конструкція патрона виключає перекид інструменту при роботі і допускає зміщення (плавання) корпусу 15 з інструментом в площині, перпендикулярній до осі обертання, на величину до 1,5 мм. Патрони для кріплення розгорток з циліндричним і конічним хвостовиками допускають як кутові зміщення інструменту («хитання»), так і радіальні його зміщення в площині, перпендикулярній до осі («плавання»). У шпинделі верстата патрон закріплюється хвостовиком 17 (рис.). Між торцем хвостовика і торцем втулки 22 на шайбі 21 встановлені в сепараторі 20 кульки, через які хвостовик сприймає від втулки осьову силу різання при роботі інструменту. Крутний момент від хвостовика до втулки передається через повідець 25, що має по кінцях закруглені шестигранні виступи, грані яких зсунуті один на одного на 30° . Верхній виступ повідця входить у шестигранний отвір хвостовика, а нижній – в аналогічний отвір втулки 22. Втулка підтискається до хвостовика пружиною 19, яка діє на фланець гайки 18, пов'язаної різьбленням з втулкою 22. Інструмент в патроні з різьблення втулки 22 зміщує в осьовому напрямку цангу 24.

Швидкодіючі патрони для фрез використовують при роботах, пов'язаних із частою зміною інструменту. Патрони дозволяють міняти інструмент без застосування шомполу, що скорочує час на заміну інструмента у 2-3 рази. На рис. 2.15 патрон показаний з перехідним фланцем 4, який гвинтами 6 кріпиться до торця шпинделя фрезерного верстата.

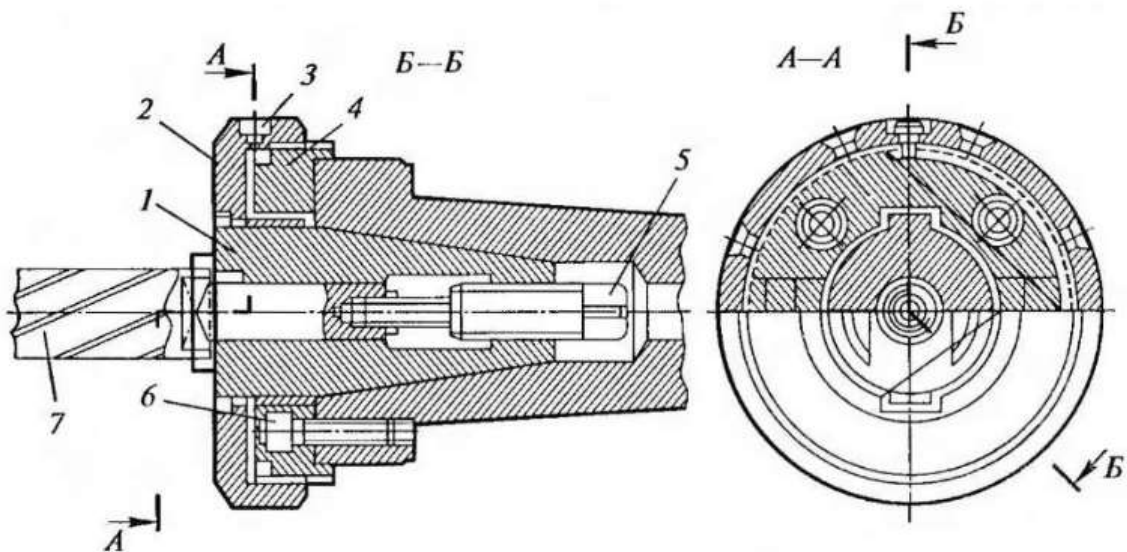


Рис 2.15 Швидкодіючий патрон для фрез: 1 – втулка; 2 – гайка; 3, 5, 6 – гвинти; 4 – перехідний фланець; 7 – фреза

Торцеві шпонки шпинделя входять у відповідні пази фланця і передають на нього момент, що крутить. В отворі фланця виконані два пази під відповідні виступи на втулці 1, в якій гвинтом 5 кріпиться фреза 7. З фланцем пов'язана гайка 2, що має гвинт 3, що входить у канавку на фланці, яка виконана на половині кола фланця. Гвинт обмежує поворот гайки на половину кола. На гайці виконані два пази, аналогічні пазам фланця 4. Поєднавши пази на гайці та фланці, втулку 1 з фрезою можна вставити в шпиндель. Якщо після цього гайку 2 повернути за годинниковою стрілкою, фланець гайки увійде в проточку, що є на втулці, і гайка затягне втулку з інструментом в гнізді шпинделя верстата.

Дія затискних патронів для закріплення по гарячій посадці засноване на тому, що при нагріванні посадковий отвір збільшується в діаметрі. Хвостовик інструменту, що закріплюється, вставляється в цей розширений отвір патрона (рис.). При охолодженні до кімнатної температури діаметр отвору патрона повертається до нормального розміру, при цьому виникають великі затискні зусилля. Якщо закріпити інструмент із зусиллям у діапазоні пружних деформацій матеріалу патрона, то закріплення може бути повторене багаторазово з постійними характеристиками.

Головні переваги такої системи:

- швидке закріплення та розкріплення інструменту;
- великі значення сил закріплення;
- відсутність відцентрових сил при високих частотах обертання;
- малі габарити патрона;
- висока точність закріплення за рахунок виготовлення отвору посадкового з - концентричністю 0,003 мм відносно осі хвостовика патрона.

Одним із варіантів практичного використання «гарячих» посадок є нагрівання затискних патронів струмами високої частоти (рис 2.16).

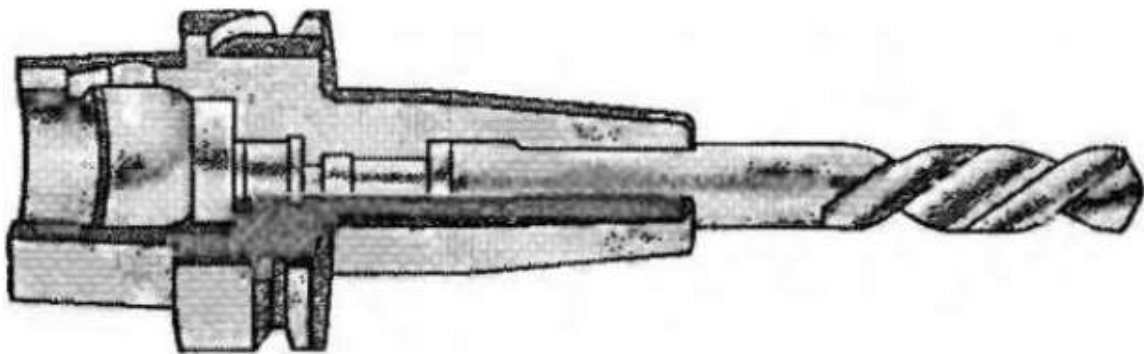


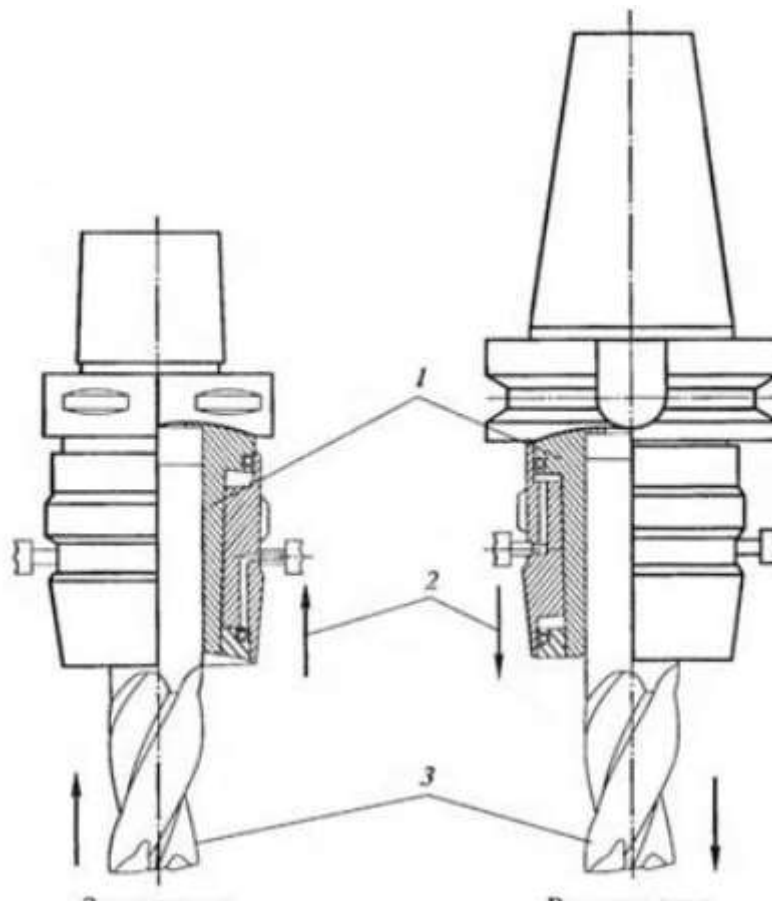
Рис 2.16 Затискний патрон для закріплення інструменту по гарячій посадці

Надійне закріплення інструменту на верстатах з ЧПУ в патроні при високому моменті, що крутить, досягається незалежно від точності хвостовика (допустимо h7) завдяки гідромеханічному способу затиску (рис. 2.17). Тиск масла в штуцері 2 створює зусилля, необхідне деформації втулки 1, що затискає ріжучий інструмент 3 в патроні.

Високий крутний момент, що передається, оберігає інструмент від прослизання в патроні. Навіть при чорнових операціях механізм зберігає властивість самозатягування, коли під час обробки відсутній гідравлічний тиск.

Зусилля закріплення залишається постійним протягом всього процесу обробки і зберігається протягом тривалого періоду експлуатації.

Пристосування для металорізальних інструментів, що використовуються на агрегатних верстатах, розрізняються за конструкцією. Наприклад, довжина інструментальних наладок (різального та допоміжного інструментів) агрегатного верстата барабанного типу досягає значної величини, багато інструментів з'єднані зі шпинделями за допомогою плаваючих патронів. У разі для усунення провисання інструментів застосовують інструментальні підтримки. Їх конструктивне виконання залежить від виду інструменту, підтримки якого вони призначені.



Закріплення

Розкріплення

Рис. 2.17 Гідромеханічний затискний патрон із інструментом: 1 – втулка; 2 – штуцер для подачі та відведення олії; 3 – ріжучий інструмент

Інструментальний пристрій у вигляді підтримки для агрегатного верстата барабанного типу показано на рис. 2.18. При підході підтримки 10 до конусного штиря 3, встановленому на нерухомій стійці пристосування, корпус підтримки 12 відводиться вниз на двох качалках 11 за допомогою ролика 9, закріпленого на осі 8. Такий відвід необхідний, щоб пропустити при робочому циклі потовщений подовжувач допоміжного інструменту, закріплений ріжучий інструмент 1, що направляється втулкою 2. Підтримка 10 переміщається на двох штангах 5, пов'язаних зі шпиндельною коробкою 4, і підібгана пружинами 6 до зав'язаних регульовальних гайок 7.

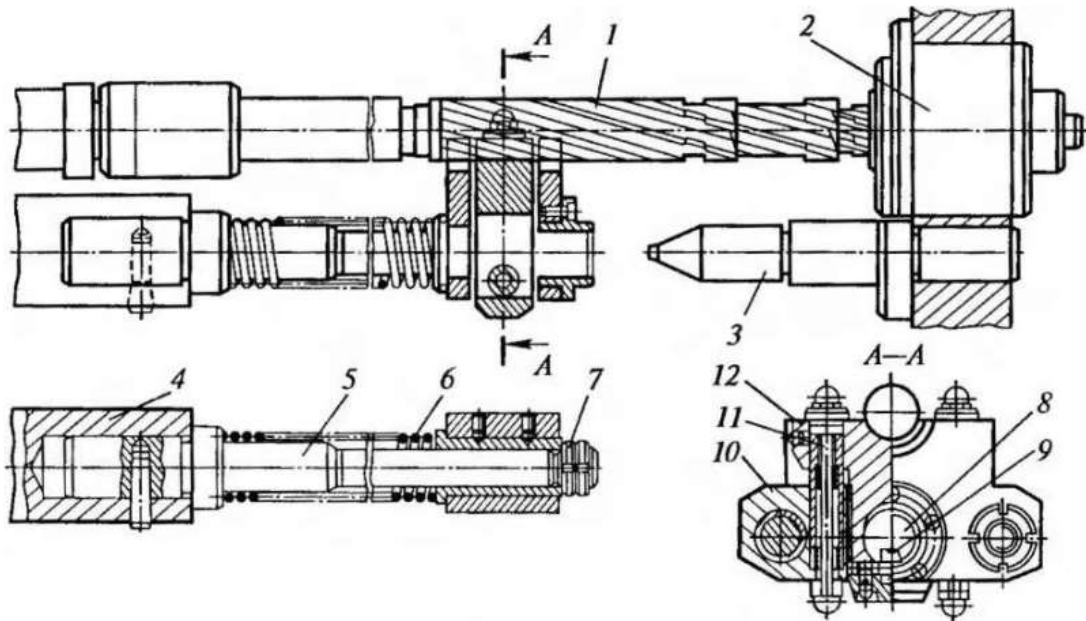


Рис 2.18 Інструментальний пристрій у вигляді підтримки на агрегатному верстаті барабанного типу: 1 – ріжучий інструмент; 2 – втулка; 3 – конусний штир; 4 – шпindelна коробка; 5 – штанга; 6 – пружина; 7 – регульовальна гайка; 8 – вісь; 9 – ролик; 10 – підтримка; 11 – качалка; 12 – корпус підтримки

2.6.2 Теоретичне дослідження впливу зажимних патронів на параметри отворів

2.7 Висновки розділу

Було здійснено теоретичне дослідження методів підвищення ефективності обробки точних отворів з метою визначення впливу на неї швидкості різання, властивостей оброблюваного матеріалу, конструктивних параметр свердла, подачі та температури різання.

Встановлено, що процес обробки отворів свердлінням достатньо вивчений. Однак більшість досліджень характерні для класичної механообробки та не враховують особливостей високошвидкісної обробки. Формування поверхні отвору в результаті свердління є складний процес, що визначається геометричними параметрами інструменту, вібраційними характеристиками різання, параметрами обробки, деформації ними процесами, що протікають у зоні стружкоутворення. Технологічність процесу може бути збільшена за рахунок зменшення геометричних дефектів в деталях і витратах, пов'язаних з додатковими операціями, керуючими дефекти отворів. Підвищення ефективності обробки можливо за рахунок удосконалення існуючих та створення нових методик призначення режимів обробки деталей, які дозволять покращити якість продукції, забезпечити високі експлуатаційні показники та знизити час обробки.

Виконано аналіз конструкцій та технічних характеристик затискних патронів для закріплення ріжучого інструменту на металорізальному верстаті. Теоретично визначено залежність контрольованих геометричних параметрів просвердлених отворів від використаного типу затискного патрона. Аналіз затискних патронів проводився за 5 параметрами - закріплюваний діаметр інструменту, радіальне биття, можливість подачі СОЖ через центр інструменту, поле допуску діаметра хвостовика інструменту та максі-

можлива частота обертання. В результаті аналізу було з'ясовано, що для закріплення цілісних спіральних свердлів з високоточним циліндричним хвостовиком, найкращим вибором є гідропластовий, силовий або термоусадковий патрон, з високими вимогами до виконавчих розмірів циліндричного хвостовика та низьким радіальним биттям.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В даній роботі були запропоновані шляхи забезпечення отримання точних отворів в деталях з титанових сплавах, які забезпечать оптимізацію обробки заготовки різанням. Для цього було зроблено:

- Аналітичний огляд і постановка задачі підвищення якості отворів при обробці титанового сплаву
- Дослідження впливу конструктивних параметрів свердла та режимів різання на точність обробки отворів у титанових сплавах

Література:

1. Ю.Н. Кузнецов, В.Н. Волошин, П.М. Неделчева, Ф.В. Ель-Дахаби «Затискні механізми для високовиробної та високоточної обробки різанням» с. 14-29 та с. 74-86
2. Остафьев В. А. «Фізичні основи процесу різання» під редакцією д.т.н. Остафьева В.А. / В. А. Остафьев, В. С. Антонюк, С. П. Вислоух, 1976. – с. 148.
3. Аршинов В. А. «Різання металів та ріжущий інструмент» - с. 228
4. Третьяков И. П. «Проблеми міцності різального інструменту» - с. 145
5. М. Ю. Кутилин «Ріжучі інструменти» - 1979. – с.78-81
6. Вульф А. М. «Різання металів», 1973 – с. 238-240
7. Виноградов А. А. «Фізичні основи процесу свердління важкооброблюваних металів твердосплавними свердлами», 1985 – с. 215
8. Грановський, Г.І. «Різання металів: підручник для машинобудування. і прилад. спец. вузів»/Г.І. Грановський, В.Г. Грановський. - М: Вищ. шк., 1985, с. 304.
9. Жарков І.Г. «Вібрації при обробці лезовим інструментом»/І.Г. Жарков – М: Машинобудування, 1986, с. 184.
10. Каліопін В.В. «Механіка хвилі при різанні» 1969, с. 170
11. Кудінов В.А. Динаміка верстатів/В.А. Кудінов - М: Машинобудування, 1967, с. 360
12. Металорізальний інструмент Sandvik Coromant. Основний каталог. Швеція, друкарня Elanders, 2008, с. 1144
13. Родін П.Р. Геометрія різальної частини спірального свердла/П.Р. Родін - К.: Техшка, 1971, с. 136