

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Ю. В. Булига, А. В. Слабкий

**Основи інструментального виробництва
Електронний навчальний посібник**

Вінниця

ВНТУ

2018

УДК
ББК
Б90

Рекомендовано Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 12 від 26.06.2018 р.) до використання у навчальному процесі.

Рецензенти:

Н. Р. Веселовська, доктор технічних наук, професор

В. І. Савуляк, доктор технічних наук, професор

О. В. Петров, кандидат технічних наук, доцент

Булига Ю. В.

Б90 Основи інструментального виробництва : навчальний посібник [Електронний ресурс] / Ю. В. Булига, А. В. Слабкий – Вінниця: ВНТУ, 2018. (PDF, 149 с.)

Навчальне самостійне електронне мережне видання

Булига Юрій Володимирович
Слабкий Андрій Валентинович

ОСНОВИ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

Навчальний посібник

Оригінал-макет підготовлено А. Слабким

Електронний ресурс PDF.

Підписано до видання 25.07.2018 р. Зам. № P2018-025

Видавець та виготовлювач - Вінницький національний технічний університет,

Інформаційний редакційно-видавничий центр. ВНТУ, ГНК, к.114,

Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021,

тел. (0432) 65-18-06.

press.vntu.edu.ua;

Email: irvc.vntu@gmail.com.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

© Ю. Булига, А. Слабкий, 2018

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Етапи технології виготовлення різального інструмента.....	7
2 Особливості виробництва металорізальних інструментів.....	16
3 Основи проектування технологічних процесів.....	22
4 Матеріали, що використовуються для виготовлення інструменту.....	28
5 Заготівельні операції під час виготовлення різальних інструментів.....	47
6 Закріплення різальних матеріалів в різальних інструментах.....	63
7 Механічне оброблення інструментів.....	72
8 Затилування різального інструмента.....	83
9 Термічне оброблення різальних інструментів.....	104
10 Оброблення поверхонь інструментів шліфуванням.....	112
11 Заточування різального інструмента.....	119
12 Методи підвищення різальної здатності інструмента.....	131
13 Перевірка якості інструмента. Маркування, збірка, консервація і упаковка інструментів.....	147

ВСТУП

Для кожного типу виробництва (одиночного, серійного) технологія виготовлення інструмента має свої особливості. Однак загальна тенденція розвитку технології на сучасному етапі полягає у створенні гнучких технологічних систем, що забезпечують ефективну обробку як в умовах одиночного, так і серійного виробництва при мінімальних витратах часу на переналадження системи при зміні розмірів або форми інструментів. Впровадженню таких систем сприяє типізація технологічних процесів виготовлення інструментів на базі їх технологічної класифікації. Типізація технологічних процесів, устаткування і оснащення проводиться з урахуванням класу інструмента й діапазону розмірів.

Кожний типовий технологічний процес можна розглядати як частину базового технологічного процесу, властивого технологічним особливостям виробництва того або іншого виду інструмента. Базовий технологічний процес містить у собі три механічні, два термічні й один складальний цикли і відбиває маршрут руху інструмента при їхньому виробництві.

Базовий технологічний процес - це найбільш повний процес, що охоплює всі типи виробництва. У конкретних умовах на його основі створюються спрощені процеси. Базовий технологічний процес містить у собі шість основних циклів виробництва інструментів.

Перший цикл – заготівельні операції пластичної, механічної, ковальсько-зварювальної й термічної обробки.

Другий цикл – основні формівні операції механічної обробки і пластичного деформування.

Третій цикл – основні операції термічної обробки (загартування, відпуск, обробка холодом).

Четвертий цикл – шліфувально-заточувальні операції.

П'ятий цикл – додаткова обробка інструмента (хіміко-термічна, нанесення покриттів, зміцнення й інші).

Шостий цикл – маркування, складання, консервація, упакування.

У такій послідовності написані розділи пропонованого конспекту. Крім того, припускаючи, що основний «фронт робіт» випускників спеціальності «технологія інструментального виробництва» - це інструментальні цехи машинобудівних підприємств, у конспекті наведені конкретні технологічні процеси виробництва деяких видів інструментів. Крім того подані технологічні основи виробництва штампів і прес-форм, а також верстатних пристроїв.

1 ЕТАПИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА

Виробом інструментального виробництва є як одnodетальний цільний, або складний, різальний інструмент (свердло, зенкер, мітчик, протяжка, долб'як та ін.), так і багатодетальний збірний різальний інструмент (збірна розгортка, збірна фреза та ін.)

Вся сукупність дій з моменту надходження матеріалу на склад до отримання готового виробу і здачі його на склад готової продукції називають *виробничим процесом*. Частина виробничого процесу, пов'язана з цілеспрямованою зміною і подальшим визначенням стану предмета виробництва, називають *технологічним процесом* (ТП).

Таким чином, технологічний процес є частиною виробничого процесу і включає в себе дії по послідовній зміні форми, розмірів, зовнішнього вигляду, внутрішніх властивостей предмета та їх контролю (ГОСТ 3.1109-82).

Вихідними даними для проектування ТП є робочі кресленники інструменту з технічними умовами на його виготовлення і приймання, програма випуску, кресленник вихідної заготовки. Використовують також типові технологічні процеси; технологічні характеристики обладнання, нормативну та довідкову літературу.

Під час розробки ТП виготовлення інструменту повинні бути вирішені наступні технологічні завдання: дотримані технологічні вимоги до точності і якості поверхні інструменту, їх фізико-механічними властивостями, досягнута задана продуктивність ТП та його ефективність.

Точність виготовлення інструменту забезпечується правильним вибором методів і послідовності оброблення, технологічних баз, обладнання, пристосувань і режимів різання, методів та засобів контролю. Фізико-механічні властивості інструменту забезпечуються правильним вибором матеріалу інструменту, його термічним і термохімічним обробленням, режимами механічного оброблення.

Досягнення заданої продуктивності ТП і його ефективність забезпечуються вибором оптимальних схем операцій і режимів оброблення, застосуванням високопродуктивних верстатів, інструменту другого порядку і пристосувань з урахуванням програми випуску інструменту.

ТП складається з ряду послідовно виконуваних операцій. Технологічна операція – це закінчена частина технологічного процесу, виконувана на одному робочому місці над однією або кількома заготовками (ГОСТ 3.1109 - 82). Операція може виконуватися за одну або кілька установок заготовки (заготовок) для переходу до оброблення інших поверхонь. Таким чином, можна переустановлювати заготовку (заготовки) на верстаті, але якщо перейти до оброблення інших заготовок, то це вже буде нова операція.

Робочим місцем називають частину виробничої площі, на якій встановлено відповідне обладнання або пристрої, необхідні для виконання певної роботи.

Установ є частиною технологічної операції, виконуваної при незмінному закріпленні заготовки або збирання складальної одиниці.

Складальна одиниця – виріб або його частина, яка збирається окремо і в подальшому може виконувати своє призначення або самостійно, або входити до складу більш складного виробу, що складається з ряду складальних одиниць.

Технологічна операція включає в себе технологічні переходи, які є закінченою її частиною, і характеризується сталістю застосовуваного різального інструменту і поверхонь, утворених оброблення або з'єднуються під час зборки. При роботі на металорізальних верстатах перехід являє собою оброблення поверхні одним інструментом за один, два або більше робочих ходів.

Елементарний перехід – частина технологічного переходу, яка виконується одним інструментом над однією поверхнею оброблюваної заготовки за один робочий хід без зміни режиму роботи верстата.

Допоміжний перехід – закінчена частина технологічної операції, що складається з дій людини і (або) обладнання, які не супроводжуються зміною стану предмета праці, але необхідні для виконання технологічного переходу (установка заготовки, її зняття з верстата, зміна інструменту і т. п.).

Робочий хід (прохід) – закінчена частина технологічного переходу, що складається з одноразового переміщення інструменту відносно заготовки, супроводжуваного зміною стану предмета праці (форми, розмірів, якості поверхні інших властивостей).

Допоміжний хід – закінчена частина технологічного переходу, що складається з одноразового переміщення інструменту відносно заготовки, що не супроводжується зміною стану предмета праці, але необхідна для підготовки робочого ходу.

У деяких операціях, наприклад під час роботи на багатошпиндельних автоматах і напівавтоматах, заготовку можна обробляти не в одній, а в декількох позиціях. Отже, позиція – це фіксоване положення, займане незмінно закріпленою оброблюваною заготовкою щодо інструменту (або інструментів) для виконання певної частини операцій.

Наведені визначення є загальними для технологій машинобудування та інструментального виробництва.

Проектування ТП складається з взаємозв'язаних і виконуються в певній послідовності етапів. У загальному випадку порядок розробки технологічних процесів наступний:

– Аналіз кресленника, технічних умов на виготовлення інструменту і планового завдання (програми випуску);

– Визначення типу виробництва і його організаційної форми, а для масового виробництва – такту випуску;

- Вибір методу отримання заготовки на підставі техніко-економічної оцінки різних варіантів;
- Вибір технологічних баз, оцінка точності базування і закріплення заготовки;
- Вибір методів оброблення поверхонь і точнісних характеристик методів;
- Вибір варіанту технологічного маршруту послідовності операцій по мінімуму приведених витрат;
- Розробка технологічних операцій:
- Встановлення раціональної послідовності переходів;
- Вибір моделі обладнання і визначення його завантаження;
- Вибір технологічного оснащення;
- Розрахунок припусків і остаточне оформлення креслення заготовки, режимів різання і норм часу;
- Визначення розряду роботи та техніко-економічної ефективності технологічного процесу;
- Вибір засобів механізації та автоматизації елементів технологічного процесу і засобів внутрішньоцехового транспортування;
- Розробка і оформлення технологічної операції відповідно до ЄСТД і оформлення технічного завдання на замовлення нових засобів технологічного оснащення.

Під час розроблення технологічного процесу виготовлення конкретного інструменту необхідно використовувати типові технологічні процеси.

Типовий ТП – це технологічний процес виготовлення групи виробів із загальними технологічними і конструктивними особливостями.

Типізацію технологічних процесів, обладнання, оснащення виробляють з урахуванням класу інструменту і діапазону його розмірів. Класифікація являє собою поділ інструментів на класи, що мають спільні технологічні ознаки.

Всі металорізальні інструменти за технологічними ознаками поділяють на чотири класи:

- 1-й – круглі стрижневі (хвостові, кінцеві);
- 2-й – насадні (втулкові);
- 3-й – дискові;
- 4-й – плоскі.

За конструктивними особливостями інструменти кожного з перерахованих класів можуть бути цільними, складовими і збірними. Під час виготовлення складових інструментів використовують зварювання, пайку і наклеювання різальних елементів.

У свою чергу, класи підрозділяють на типи інструментів, близькі за своєю конфігурацією і розмірами. Виготовляють типові інструменти на однорідному обладнанні з застосуванням однотипних пристроїв за типовою технологією.

Під час розроблення технології виготовлення інструменту та алгоритму автоматизованого проектування загальну задачу ділять на рівні. На першому рівні визначають принципову схему ТП виготовлення інструменту, яка характеризується складом і послідовністю циклів оброблення. В середині циклів можна виділити етапи – частини ТП, що включають однорідну за характером і точністю оброблення поверхні в цілому. При цьому етапи механічного оброблення можуть розділятися етапами термічної та інших видів оброблення. Основні цикли виробництва інструменту показано на рисунку 1.

Заготівельні операції: правка і калібрування прутків, оброблення прутків на заготовки, кування і об'ємне штампування штучних заготовок, підготовка під зварювання, термічна обробка (відпал) після кування і зварювання, зняття зварювального ґрата, підрізання торців і центрування. Трудомісткість цього циклу складає 5 – 25 % від загальної трудомісткості.

Основні формоутворюючі операції механічного оброблення і пластичного деформування, під час їх виконання інструменту надається форма, близька до остаточної при видаленні основної частини припуску, що досягає 40 – 70 % початкового об'єму заготовки. Трудомісткість основних формоутворюючих операцій становить 25 – 46% від загальної трудомісткості виготовлення інструменту.



Рисунок 1 – Схема базового технологічного процесу

Основне термічне оброблення. Трудомісткість цього циклу не перевищує 10 % загальної трудомісткості.

Чистова обробка: включає шліфувальні операції, схожі з аналогічними операціями загальномашинобудівного виробництва (кругле зовнішнє, вну-

трішне та плоске шліфування), спеціальні шліфувальні операції (затилювання шліфуванням, зубошліфування та інші) і заточувальні операції, властиві тільки для інструментального виробництва. Її трудомісткість становить 30-55 %.

Операції, що підвищують зносостійкість інструменту. Для підвищення зносостійкості рекомендується включити в ТП додаткову обробку (хіміко-термічне поліпшення та нанесення зносостійких покриттів TiN, TiC, TiCN та ін). Трудомісткість цього циклу становить 2 – 7 %.

Операції маркування, антифрикційного оброблення, складання та пакування інструменту складають по трудомісткості 5 – 10 %.

У відповідності з основними циклами будують виробничий процес, визначають структуру цехів і ділянок, схеми транспортування та подачі заготовок і виробів, обліку виробництва інструменту.

Другий рівень – проектування маршрутного технологічного процесу, що включає визначення складу і послідовності операцій, вибір баз і групи обладнання, на якому виконується кожна операція.

Третій рівень – проектування технологічних операцій. Деталізацію технологічного процесу доводять до визначення складу і послідовності операцій, вибір різального, допоміжного та вимірювального інструментів, розрахунку режимів різання і норм часу.

Четвертий рівень – характерний для операцій, які виконуються на верстатах з ЧПУ, для яких необхідно довести ступінь деталізації до визначення окремих елементарних траєкторій різального інструменту другого порядку і обробного інструменту, а також команд управління устаткуванням в кодах системи програмного управління.

Загальна послідовність виготовлення різального інструменту:

- отримання заготовки, включаючи заготівельні операції відрізки, кування, штампування, зварювання;
- відпал після гарячого оброблення;
- оброблення технологічних баз;
- оброблення контуру заготовки інструменту для додання їй форми, близької до остаточного оброблення посадкових місць і елементів кріплення;
- оброблення стружкових канавок, місць під пластинки або ножі для інструменту з припаяними пластинками і збірного інструмента;
- оброблення затилків зубів (в деяких випадках її поєднують з обробленням стружкових канавок);
- оброблення отворів для підведення охолоджуючої рідини;
- маркування (механічними методами);
- термічне оброблення;
- виправлення або оброблення технологічних баз;
- перевірка і виправлення посадкових місць у збірного інструмента;
- збірка (для збірного інструмента);

- заточування передньої поверхні (і вишліфуваних стружкових канавок і спинок в цільних заготовках малих розмірів);
- шліфування профілю (і посадкових місць);
- шліфування задньої поверхні;
- обробки стружко–роздільних і стружкозавивних канавок;
- доведення передньої і задньої поверхонь;
- підвищення зносостійкості інструменту (ціанування, електроіскрове зміцнення, нанесення зносостійкості покриттів і ін).
- маркування інструменту (хімічним або електроіскровим методами);
- контроль і випробування інструменту;
- антикорозійна оброблення;
- упаковка інструменту.

Конкретний ТП виготовлення різального інструменту може включати всі зазначені операції або частина з них, залежно від конструкції виготовлювального інструменту, прийнятого методу оброблення і вибраного обладнання.

1 ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ

Для забезпечення потреб машинобудування, металооброблення та інших галузей в металорізальному інструменті необхідно збільшити темпи його випуску, значно підвищити якість і поліпшити експлуатацію.

Підвищення якості різальних інструментів (РІ) є основним засобом забезпечення потреби в ньому різних галузей машинобудування. Якість металорізального інструменту залежить від його конструкції, матеріалу і технології виробництва.

Основоположні технологічні напрямки розвитку інструментального виробництва:

- Наближення форми заготовки до форми готового виробу за рахунок застосування спеціального профілю прокату, біметалевих заготовок, використання методів пластичного деформування і порошкової металургії;
- Автоматизація технологічних процесів;
- Застосування автоматизованих завантажувальних пристроїв, маніпуляторів, роботів, спеціальних верстатів, автоматичних ліній і верстатів з ЧПК, концентрації та суміщення операцій;
- Застосування високоефективної оснащення і групової технології;
- Використання нових високоефективних ЗОР (змащувально-охолоджувальних речовин) з підведенням їх безпосередньо в зону різання;
- Широке використання глибинного шліфування і заточування;
- Застосування синтетичних надтвердих абразивних матеріалів;
- Використання новітніх методів термічного і хіміко-термічного оброблення, нанесення зносостійких покриттів;
- Розширення сфери застосування електрофізичних і електрохімічних методів оброблення.

Перспективним є комплексний розвиток інструментального виробництва на базі поглиблення галузевої і міжгалузевої спеціалізацій. Розширення і концентрація виробництва інструменту створюють передумови для освоєння якісно нових прогресивних технологічних процесів.

Розробка технологічних процесів виробництва інструментів базується на загальних принципах і закономірностях технології машинобудування, проте є і специфічні особливості.

1. Застосування дорогих і дефіцитних матеріалів та необхідність їх економії.

Використання дефіцитних і дорогих присадок в швидкорізальних сталях і твердих сплавах (вольфрам, ванадій, молібден, кобальт) викликає необхідність максимальної економії швидкорізальних сталей і твердих сплавів під час виготовленні РІ. З цією метою широко поширене виготовлення складеного інструмента: зварений, паяний, клеєний та інші, а також збірного РІ з механічним кріпленням різальних пластин до державки або кор-

пусу (пластинки твердого сплаву, мінералокераміка, композиційні матеріали).

Широко впроваджується оброблення методами гарячої і холодної пластичної деформації (штампування, пресування, прокатка, редукування ін.), що знижують витрату інструментальних матеріалів під час виготовлення цільного РІ.

2. Оброблення заготовок високої твердості і міцності. Низька оброблюваність практично всіх інструментальних матеріалів вимагає застосування спеціальних методів і режимів їх обробки.

3. Оброблення складних поверхонь. Для РІ характерні фасонно-зубчасті форми поперечного перерізу робочої частини, фасонні гвинтові поверхні в поздовжньому напрямку, поверхні спеціальних форм, затилування поверхні (утворені по спіралі Архімеда, логарифмічною спіраллю, евольвентною та іншим кривим). Це, в свою чергу, вимагає застосування спеціальних верстатів (затиловочних, спеціальних зубошліфувальних, різьбошліфувальних, універсальних і спеціальних заточувальних для зуборізних інструментів, свердел, протяжок, мітчиків, плашок і ін.).

4. Високі вимоги до точності розмірів, геометричної форми і шорсткості поверхонь РІ. Точність виготовлення формотворчих елементів мірних РІ повинна бути на один-два квалітету точніше (нижче), ніж розміри оброблюваних ними поверхонь (розгортки, протяжки, мітчики, зуборізні і профільні інструменти і т.п.). Це визначає і вимоги до точності верстатів та приладів інструментального виробництва, і в ряді випадків створення термомоніторингових умов виробництва і контролю інструменту.

5. Високі вимоги до фізико-механічних властивостей матеріалу готового РІ: структура, відсутність знеуглецювання або вторинного загартованого шару, залишкові напруги та ін.

6. Необхідність обробки заготовок з різнорідних матеріалів з нероз'ємним з'єднанням, що вимагає проводити послідовно (окремо) або одночасно обробку різних матеріалів (конструкційна сталь і твердий сплав) як лезового, так і абразивними інструментами.

7. Застосування операції точного профільного шліфування на універсальних і спеціальних профіleshліфувальні верстатах для обробки складних фасонних поверхонь РІ.

8. Наявність гострих і тонких різальних крайок, що володіють високою твердістю (після ТО), визначає вимоги до елементів автоматизації верстатів (бункерах, магазинах для заготовок і т. д.), а також умовами транспортування і зберігання РІ.

9. Необхідність належної якості вихідних матеріалів забезпечується застосуванням спеціальних методів контролю, а якість в процесі виготовлення РІ визначається вибором оптимальних умов обробки (методів і режимів механічної, термічної, термохімічної обробок) і правильною побудовою технологічних процесів виготовлення РІ.

10. Найважливіший напрям вдосконалення виробництва інструменту – уніфікація і стандартизація інструменту та спеціалізація його виготовлення, що дозволяє використовувати спеціалізоване і спеціальне обладнання.

Середня собівартість виготовлення різних РІ при дрібносерійному виробництві в 2,5-8 разів вище, ніж у великосерійному і масовому. Різниця ця залежить від кількості оснащення інструментального виробництва спеціалізованими верстатами. У масовому виробництві свердел такі верстати становлять понад 60%.

2 ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Вибір та обробка баз. Під базуванням розуміють надання заготовці (або виробу) необхідного положення щодо обраної системи координат. Поверхня, вісь (лінія) або точка, що належать заготовці (або виробу) і використовуються для базування, називають базами.

Для забезпечення нерухомості заготовки (або виробу) в обраній системі координат необхідно накласти шість двосторонніх геометричних зв'язків, для створення яких необхідний комплект баз (рисунок 2). Точку, що символізує один із зв'язків заготовки (або виробу) з обраною системою координат, називають опорною точкою. Опорні точки на схемі базування зображують умовними знаками і нумерують порядковими номерами, починаючи з бази, на якій розташована найбільша кількість опорних точок (рисунок 2).

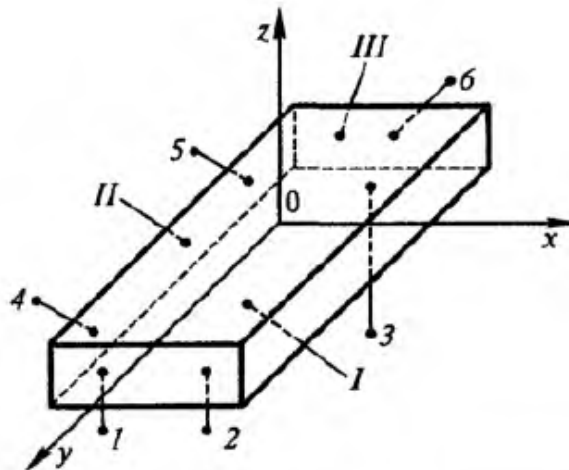


Рисунок 2 – Система координат і комплект баз призматичної деталі:
I, II, III – бази деталі; 1-6 – опорні точки.

Бази, використовуювані для визначення положення заготовки (або виробу) в процесі виготовлення або ремонту, називають технологічними, а використовуювані для визначення положення заготовки (або виробу) щодо засобів вимірювання – вимірювальними. Конструкторськими називають бази, що використовуються для визначення положення деталі у виробі.

Базу, що позбавляє заготовку (або виріб) трьох ступенів свободи – переміщення вздовж однієї координатної осі і поворотів навколо двох інших, називають *установчою*.

Базу, що позбавляє заготовку (або виріб) двох ступенів свободи – переміщення вздовж однієї координатної осі і повороту навколо однієї осі, називають *направляючою*, а базу, що позбавляє заготовку (або виріб) одного ступеня свободи – переміщення вздовж однієї координатної осі – *опорною*.

Відхилення фактичного положення заготовки (або виробу) від необхідного називають похибкою базування (похибкою установки).

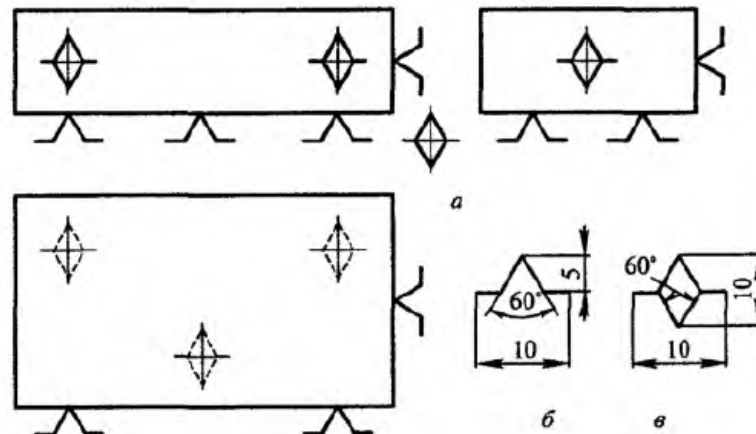


Рисунок 3 – Схема базування призматичної деталі (а) і умовне зображення опорних точок на виді спереду, збоку (б) і зверху (в)

Точність, форма і розміри бази повинні забезпечувати хорошу стійкість заготовки на настановних елементах пристосування, що досягається відповідними розмірами і якістю базових поверхонь, які до термічного оброблення (ТО) повинні мати шорсткість поверхонь $Ra=20-10$ мкм, а після термічного оброблення $Ra=1,0-0,63$ мкм. Під час вибору технологічних баз для оброблення заготовок слід використовувати принцип суміщення баз, тобто щоб в якості технологічної бази була використана поверхня, що є вимірювальною та конструкторською базами.

Під час побудови маршруту оброблення необхідно дотримуватися принципу сталості баз: на всіх основних технологічних операціях потрібно використовувати в якості технологічної бази одні і ті ж поверхні заготовки. Коли сталість технологічної бази не може бути забезпечено, то як нова технологічна база вибирають обов'язково оброблені або бажано більш точні поверхні. Первинну необроблену базу внаслідок її малої точності слід використовувати тільки один раз.

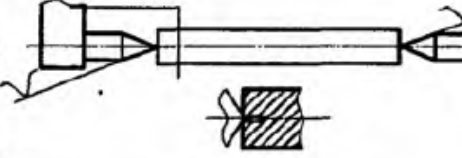

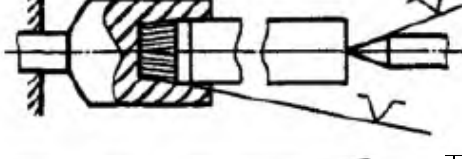
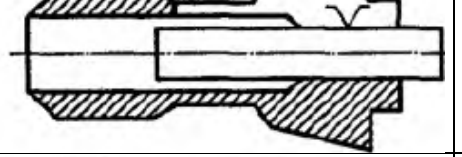

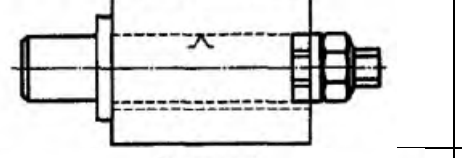

У таблиці 2 показано базування різних видів заготовок для стрижневого, дискового, втулкового і плоского інструментів.

Технологічними базами інструменту стрижневого типу являються центрувальні отвори або зовнішні центри (у інструменту діаметром до 8 мм). Центрові отвори з кутом 60° отримують наборами центрувальних свердел і зенковок (шість наборів) із запобіжним конусом або без нього. Інструмент підвищеної точності роблять з центровими отворами із запобіжним конусом.

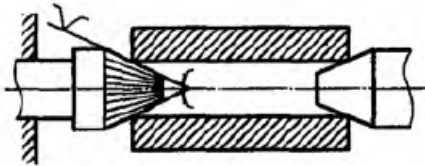
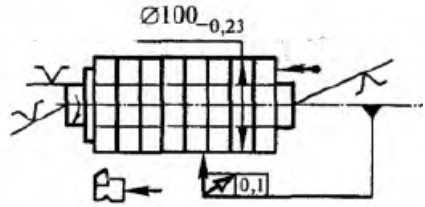
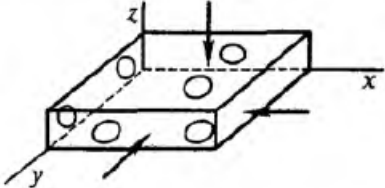
Центрування виконують на двосторонніх центрувальних або фрезерно-центрувальних верстатах (підрізання торців по заданій довжині і потім центрування). Застосовують також відрізи автомати і напівавтомати з подальшою передачею заготовок на центрувальні верстати. Шорсткість по-

верхонь центрованих отворів повинна бути не вище $Ra=20-10$ мкм. Після ТО центрові отвори виправляють на вертикально-свердлильних верстатах твердосплавними зенкерами або на центрошліфувальних або спеціальних верстатах шліфувальним кругом $Ra=1,25-0,63$ мкм.

Таблиця 2 – Базування заготовок

Клас інструмента	Ескіз базування	База	Затиск
Стержневий		Центрувальні отвори	В центрах
		Зворотні центри	В зворотних центрах, центрі та зворотному центрі
		Центрувальний отвір і зворотний центр	В центрі і рифленому центрі
		Зовнішня поверхня	В цангових або трьохкулачковому патроні
		Торець і зовнішня поверхня	В трьохкулачковому патроні
Насадний втулочний		Внутрішня поверхня	На оправці
		Внутрішня поверхня	На конічній поверхні

Продовження таблиці 2

		Отвір	В рифлених центрах
Дискові		Торці та отвори	На оправці
Плоскі		Три взаємно перпендикулярних площини	В пристосуванні

При виготовленні розгорток, протяжок і інших різальних інструментів підвищеної точності центровочні отвори після ТО доводять чавунними притирами з абразивною пастою $Ra=0,63-0,32$ мкм.

Технологічним завданням при обробці насадного (втулкового) інструменту є забезпечення концентричності зовнішніх поверхонь щодо посадкового отвору і перпендикулярності йому торцевих поверхонь. При обробці інструментів втулкового класу в якості технологічної бази найчастіше приймають отвір.

Базування по обробленому отвору має наступні переваги в порівнянні з базуванням по зовнішній поверхні:

- при обробці на жорсткій або розтискній оправці похибка установки значно менше, ніж при обробці в патроні з закріпленням заготовки по зовнішній поверхні;
- при використанні оправки можливе оброблення одночасно декількох заготовок.

Отвори в заготовках для насадного інструменту обробляють з точністю IT9 - IT6 розточуванням, розгортанням або протягуванням з шорсткістю $Ra= 20-10$ мкм. Після термічної обробки, перед остаточною чистовою обробкою технологічні бази повинні бути виправлені. Для цього отвір інструменту знову обробляють з точністю IT5 – IT6.

Чистове оброблення насадного (втулкового) інструменту з відношенням L / D більше 1,5-2 можна виробляти на жорстких циліндричних оправках при малому зазорі між отвором і оправкою. Для виключення або зменшення похибок установки заготовку напесовують на циліндричні або конічні оправці з малою конусністю. Для обробки інструментів звичайної

точності застосовують оправлення з конусністю 1:2500 – 1:7500, а для високої точності – оправка з конусністю 1:10000 – 1: 14000. Необхідно враховувати, що на конічних оправках з великою конусністю може мати місце биття торця .

Під час виготовлення прецизійного інструменту (черв'ячних фрез ААА, АА та ін.) рекомендується застосовувати набір оправок з різницею діаметрів 0,002 мм і насаджувати інструмент на оправлення по ковзуючій посадці.

Для виключення або зменшення перекосів при закріпленні оброблюваного інструменту на точних оправках рекомендується шліфувати різблення на оправці і шліфувати торці гайок, накручених на оправку. Торці проміжних кілець або втулок повинні бути строго паралельними.

При обробці дискового інструменту на перших операціях рекомендується обробляти торець і отвір та, при можливості, частину зовнішньої поверхні. Другий торець шліфують на плоско-шліфувальному верстаті при базуванні на обробленому торці або обробляють на токарному верстаті по обробленому торцю і частині обробленої зовнішньої поверхні. Обточування по зовнішній поверхні виробляють на оправці з базуванням по торцю і отвору.

Отвори в заготовках для насадного інструменту обробляють по ІТ9 – ІТ6 розточуванням, розгортанням або протягуванням. Базові торці і отвори обробляють з шорсткістю $Rz=26-10$ мкм. Після термічного оброблення технологічних баз (отвори і торці) шліфують і доводять по ІТ5 – ІТ6. Часто отвір хонінгують або притирають чавунним притиром з абразивними мікропорошками. Припуск на притирання становить 0,01 – 0,05 мм на діаметр.

Дисковий інструмент обробляють на оправках з буртами, діаметр якого дорівнює 1,5-2,0 діаметру отвору.

Призматичні заготовки базують по площинах (трьох взаємно перпендикулярним). Базові поверхні обробляють з шорсткістю $Rz= 20-10$ мкм, для фасонних призматичних різців з шорсткістю $Ra =0,63 - 0,5$ мкм, для зуборізних гребінок, зубостругальних різців і плоских протяжок $Ra = 0,63 - 0,32$ мкм.

Вибір метода та маршруту оброблення. Вибір методу оброблення залежить від конфігурації інструменту, його габаритних розмірів, точності і якості оброблюваних поверхонь, виду заготовки. Спочатку визначають метод остаточного оброблення, що забезпечує дотримання вимог кресленника по кожній поверхні, а потім – проміжні методи. Можна вибрати один або кілька методів остаточної обробки поверхні і намітити види проміжних. Вибір методу і конкретного виду оброблення полегшується при використанні довідкових даних економічної точності оброблення.

Між квалітетами точності оброблення і шорсткістю оброблених поверхонь існує взаємозв'язок. Високій точності оброблення завжди відповідає мала шорсткість поверхні, що обумовлено не тільки умовами роботи, а й

необхідністю отримати високу точність вимірювань розмірів під час контролю.

Висота нерівностей Ra не повинна перевищувати 0,02 – 0,05 допуску на розмір. Дані про точність і шорсткості поверхонь, одержуваних за різних методів оброблення, наведені в таблиці 2.

Після вибору методу оброблення кожної поверхні складають маршрут оброблення інструменту. Складання маршруту – це складна багатоваріантна задача. Його мета – дати загальний план оброблення інструменту, намітити зміст операцій техпроцесу і вибрати тип обладнання. Під час визначення маршруту рекомендується використовувати типові рішення і враховувати, що весь техпроцес виготовлення інструментів треба розділяти на етапи, а також дотримуватися типової послідовності оброблення інструменту.

Під час механічного оброблення спочатку обробляють поверхні, прийняті за технологічні бази, потім інші поверхні в послідовності, зворотно їх точності; чим точніше повинна бути оброблена поверхня (крім базової), тим пізніше її обробляють. Після базових обробляють поверхні, які надають заготовці зовнішню форму, потім стружкові канавки і пази збірного інструменту, місця під пластинки і допоміжні поверхні. Закінчують оброблення тієї поверхнею, яка найбільш точна і має найбільше значення під час експлуатації інструменту. Послідовність оброблення залежить від системи проставляння розмірів. В першу чергу обробляють поверхню, щодо якої закоординовано більше число інших поверхонь.

Послідовність операції повинна відповідати координації поверхонь на кресленні деталі і враховувати технічні вимоги на взаємне розташування поверхонь (наприклад, по концентричності, паралельності та ін.)

Для підвищення точності оброблення маршрут ділять на чорнову, чистову і оздоблювальну обробки. Після ТО часто передбачають правку заготовок для усунення можливих викривлень.

Таблиця 2 – Середня економічна точність й шорсткість поверхні за різних видів оброблення

Метод оброблення	Квалітет точності	Шорсткість, мкм
<u>Відрізка:</u>		
привод пилкою	17-15	Rz = 160-180 (40)
різцем	17-14	Rz = 320-80
фрезою	17-14	Rz = 160-80
абразивним інструментом	15-12	Ra = 6,3-3,2
<u>Точіння і зовнішнє розточування:</u>		
обдирне	17-15	Rz = 320-80
попереднє (напівчистове)	14-12	Ra = 12,5-6,3
чистове	11-9	Ra = 3,2-1,6

тонке, діамантове	7-6	Rz = 0,8-0,4
<u>Обточування при поперечній подачі:</u>		
обдирне	16-17	Rz = □20-80
напівчистове	15-14	Ra = 12,5-6,3
чистове	13-11	Ra = 3,2
тонке	13-8	Ra = 1,6-0,8
<u>Фрезерування циліндричної фрезою:</u>		
чорнове	14-12	Rz = 160-80
чистове	11-10	Ra = 6,3-3,2
тонке	9-8	Ra = 1,6-0,8
<u>Фрезерування торцевою фрезою:</u>		
чорнове	14-1	Ra = 12,5-6,3
чистове	11-10	Ra = 6,3-3,2 (1,6)
тонке	9-7	Ra = 1,6- (0,63)
<u>Фрезерування кінцевою фрезою:</u>		
чорнове	14-12	Rz = 80 - 20
чистове	11-10	Ra = 6,3- 1,6
<u>Свердління</u>	12-11	Ra = 6,3-3,2
<u>Зенкування:</u>		
попереднє	12	Ra = 12,5-6,3
чистове □ (після чорнового)	11-10	Ra = 6,3 - 2,5
<u>Розгортання:</u>		
попереднє	9-8	Ra = 2,5-1,25
чистове	7	Ra = 1,25-0,63
тонке	7-6	Ra 0,63-0,32
протягування отворів	8-7	Ra 2,5-0,63
<u>Прошивання (для коротких отворів)</u>	7	Ra = 0,63-0,32
<u>Стругання :</u>		
чорнове	14-12	Rz = 80-40
чистове	13-11	Ra = 6,3-3,2
тонке	10-8	Ra = 1.6 (0.8)
<u>Продовження таблиці 2</u>		
<u>Довбання:</u>		
чорнове	15-14	Rz = 160-80
чистове	13-12	Ra = 12,5-3,2
<u>Протягування:</u>		
напівчистове	9-8	Ra = 6,3
чистове	8-7 "	Ra □ 3,2-0,8
обробне	7	Ra = 0,4 (0,2)
<u>Шліфування кругле (зовнішнє і внутрішнє):</u>		
напівчистове	11-8	Ra = 6,3-1,25

чистове	8-7	Ra = 1,6-0,63
тонке	6	Ra = 0,4-0,2 (0,1)
<u>Шліфування плоске:</u>		
напівчистове	11-8	Ra = 3,2-1,25
чистове	8-7	Ra = 1,6-0,63
тонке	7-6	Ra = 0,4-0,2
<u>Шліфування різьблення</u>		
<u>Накатування різьблення</u>		
<u>Хонінгування:</u>		
площин	8-7	Ra = 0,4-0,1
циліндрів (отворів)	7-6	Ra = 0,2 (0,05)
<u>Суперфініш</u>	точність попередньої операції	Ra = 0,05 і менше
<u>Доведення:</u>		
груба	7-6	Ra = 0,4
середня	6-5	Ra = 0,2 -0,1
тонка	5	Ra = 0,05
обробна (дзеркальна)	-	Ra = 0,025 -0,012
<u>Притирання</u>	6-5	Ra = 0,1 не більше
<u>Полірування</u>	-	Ra = 0,032-0,016

Попереднє зміст операцій встановлюють об'єднанням тих переходів на даній стадії обробки, які можуть бути виконані на одному верстаті.

У поточному виробництві прагнуть, щоб операції за тривалістю були рівні або кратні такту випуску ($t = \frac{F}{N}$, де F – фонд робочого часу, хв (річний, місячний, змінний і т.п.); N – випуск продукції за той же період, шт.).

Встановлюють типи верстатів за окремими операціями. Згодом прийняті рішення уточнюють, визначають характеристики верстатів і їх моделі. Перелік і зміст операцій, устаткування і оснащення заносять в маршрутну карту (ГОСТ 3.1105-84).

У серійному і масовому виробництвах розробляють операційний технологічний процес: уточнюють зміст операції, встановлюють послідовність переходів і можливість їх поєднання; остаточно вибирають обладнання, інструмент, пристосування, призначають режими, визначають норму часу, встановлюють налагоджувальні розміри і складають схему налагодження (карта налагодження ПІ).

Розробка операції – багатоваріантна задача, при її вирішенні прагнуть до зменшення штучного часу, яке пов'язують з тактом випуску (при поточному методі оброблення), забезпечуючи задану продуктивність потокової лінії.

За кількістю встановлюваних для оброблення заготовок схеми верстатних операцій ділять на одно- і багатомісні, а за кількістю застосовуваних інструментів – на одно- і багатоінструментне.

На верстатах виконують різні способи роботи:

- а) послідовне оброблення поверхонь;
- б) паралельне (оброблення декількома інструментами одночасно);
- в) паралельно-послідовне (оброблення декількома інструментами в кожному переході, а самі переходи виконуються послідовно).

На вибір схеми операції впливають форма, габаритні розміри і маса виробу. Поєднання переходів визначається можливістю розташування різальних інструментів на верстаті і жорсткістю технологічної системи.

Оброблення поверхонь з високими вимогами до точності і шорсткості виділяють в особливу операцію, застосовуючи одномісні, одноінструментні, послідовні, а часто і однопрохідні схеми. Методи оброблення та вибір схеми операції залежать від обсягу продукції, що випускається, а порядок намічених переходів визначають остаточно при розрахунку припусків на оброблення, з урахуванням виду заготовки.

Операційні карти механічного оброблення виконують за ГОСТ 3.1404-86 (карта ескізів ГОСТ 3.1105-84). На кожен установ або операцію необхідно складати операційний ескіз, а при багатоінструментному і багатомісному обробленні – схему налагодження із зазначенням налаштувальних розмірів.

Побудова технологічних операцій. Визначення припусків на механічне оброблення. Припуск на оброблення повинен бути таким, щоб при його знятті були усунені похибки і дефекти поверхневого шару, отримані на попередніх операціях (переходах), а також похибки установки оброблюваної заготовки на виконуваної операції (або переході). Величина припусків на оброблення залежить від розмірів і форми оброблюваного інструменту, методу і точності отримання заготовки; побудови технологічного процесу, технічних вимог до оброблюваного РІ.

Стан матеріалу, що поставляється для виготовлення РІ (кований, штампований, гарячекатаний, холоднотянутий, шліфований) істотно впливає на величину припуску. Він повинен забезпечувати зняття місцевих дефектів, одержані в процесі кування або прокатки, тріщин, окалини і зневуглецювання шару. Наприклад, для заготовок з швидкорізальної сталі величина зневуглюцюваного шару в залежності від розміру становить, мм: 0,4 для $\varnothing 5-15$; 1,35 для $\varnothing 100$.

Метод отримання заготовок значно впливає на величину припусків на оброблення, так як при цьому точність геометричних розмірів і якість поверхні різні. Наприклад, відхилення розмірів при куванні складають 1,5-10 мм, при штампуванні на пресі – 0,5-2 мм, при литті по виплавлюваних моделях – 0,2 - 0,5мм.

Під час отримання заготовок РІ за допомогою зварювання необхідно враховувати відхилення від прямолінійності і паралельність осей зварюва-

них заготовок. Після редагування заготовок допускається відхилення від прямолінійності 0,3 – 1,5 мм в залежності від діаметру і довжини.

Застосовують кілька методів визначення припусків на оброблення.

1. Дослідно-статистичний, при якому загальні і проміжні припуски визначають за таблицями, складеними на основі узагальнення і систематизації даних, отриманих на передових заводах. Довідкові матеріали з розрахунку припусків наведені за типами інструментів в залежності від розмірів елементарних поверхонь, оброблюваного матеріалу і способів оброблення. Припуски, що визначаються за таблицями, дають, як правило, завищені їх значення.

2. Більш точним є розрахунковий метод визначення припусків, запропонований професором В. І. Кованому.

Розраховують міжопераційні симетричні припуски під час оброблення тіл обертання за формулою:

$$2Z_{b_{\min}} = 2[(R_a + T_a) + \sqrt{\rho_a^2 + \varepsilon_b^2}] \quad (1)$$

Для асиметричних припусків під час оброблення плоских поверхонь по формулі:

$$2Z_{b_{\min}} = (R_a + T_a) + \rho_a + \varepsilon_b \quad (2)$$

де $Z_{b_{\min}}$ – мінімальний припуск на оброблення на сторону, віднесений до найменшого діаметру заготовки для зовнішніх поверхонь і до найбільшого діаметру для внутрішніх поверхонь; R_a – висота поверхневих дефектів або шорсткість поверхні на попередньому переході; T_a – глибина пошкодженого на попередньому переході поверхневого шару; ρ_a – сумарне значення просторових відхилень оброблюваної поверхні на попередньому переході; ε_b – похибка установки на виконуваний операції.

Під час оброблення на налаштованому верстаті заготовки з найменшим граничним розміром a_{\min} витримується розмір b_{\min} виходить також найменшим, а під час оброблення заготовки з найбільшим розміром a_{\max} витримується розмір b_{\max} виходить найбільшим (рисунок 4).

У цих умовах мінімальний проміжний припуск $Z_{\min} = a_{\min} + b_{\min}$, а найбільший припуск $Z_{\max} = a_{\max} + b_{\max}$. З огляду, що $a_{\max} = a_{\min} + \delta_a + b_{\min} + \delta_b$ отримаємо

$$\begin{aligned} Z_{\max} &= a_{\min} + \delta_a + b_{\min} - \delta_b, \\ Z_{\max} &= Z_{\min} + \delta_a - \delta_b. \end{aligned} \quad (3)$$

де δ_a – допуск на розмір заготовки; δ_b – допуск на виконуваний розмір.

Мінімальний загальний припуск Z_{\min} на оброблення отримують підсумовуванням проміжних мінімальних припусків по всіх операціях оброблення даної поверхні, а максимальний загальний припуск Z_{\max} – підсумовуванням всіх проміжних максимальних припусків.

Розрахунок припусків необхідно починати з визначення припуску і допуску на останню операцію, після чого визначають припуск і допуск на попередню операцію і далі послідовно по всіх переходах оброблення даної поверхні до заготовки. На основі розрахунку проміжних припусків визначають граничні розміри заготовки по всіх технологічних переходах.

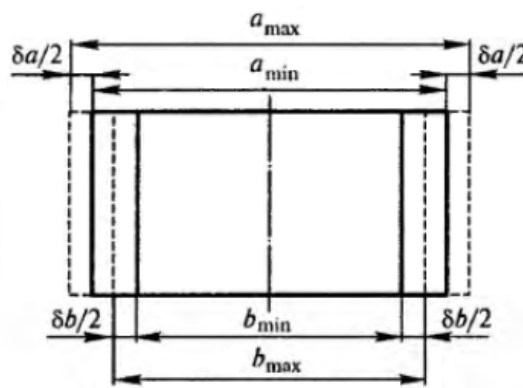


Рисунок 4 – Схема для визначення граничних розмірів під час оброблення зовнішньої циліндричної поверхні

Розмір заготовки приймають шляхом округлення розрахункового значення до найближчого розміру по сортаменту.

Загальний припуск на оброблення по зовнішньому діаметру на сторону для хвостового і насадного різального інструменту складе:

$$Z_{\text{заг}} = Z_{\text{зн}} + Z_{\text{зм}} + Z_{\text{кр}} + Z_{\text{он}_1} + Z_{\text{он}_2} \quad (4)$$

де $Z_{\text{зн}}$ – найменша глибина зневуглещеного шару на сторону для інструментальних вуглецевих, легованих і швидкорізальних сталей; шар металу, що знімається для видалення з поверхні вад (вм'ятин і т. п.), – для заготовок з конструкційних сталей; величину його встановлюють практично і вона може становити 0,5-1 мм на сторону в залежності від діаметра; $Z_{\text{зм}}$ – зміщення осі заготовки при центруванні хвостового інструменту або зміщення осі заготовки при установці її в патроні; $Z_{\text{кр}}$ – кривизна прутка після правки гарячекатаного прутка на правильно-калібрувальних верстатах або штучної заготовки вручну; найбільша кривизна повинна бути не більше 0,5 мм на 1 м довжини:

$$Z_{кр} = \frac{l_n \cdot 0,5}{1000}, \quad (5)$$

де Z_{on_1} – операційний припуск, що видаляється до ТО, може перебувати в зоні знеуглецьованого шару; зважаючи на малу величини його можна не враховувати під час обчислення загального припуску; Z_{on_2} – операційний припуск, що видаляється після ТО; в залежності від технічних умов на виріб можна застосовувати не один операційний припуск (2 і більше).

Загальний припуск на діаметр дорівнює $2Z_{заг}$, і додається він до номінального розміру виробу. Обчислений таким чином діаметр вихідної заготовки при центруванні залежить від похибки в русі окремих складальних одиниць центрувальних верстатів і овальності кованих і гарячекатаних прутків.

Найбільші величини зміщення осі заготовки такі:

Діаметр заготовки, мм	6–10	10–18	18–30	30–50	50–80	80–100
$Z_{зм}, мм$	0,2	0,25	0,3	0,4	0,55	0,7

4 МАТЕРІАЛИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ІНСТРУМЕНТУ

Технологічні властивості інструментальних матеріалів. Поряд з фізико-механічними властивостями, що визначають працездатність інструментів, важливими є технологічні властивості інструментальних матеріалів, від яких багато в чому залежить забезпечення надійності РІ на стадії його виготовлення.

Більшість сталей, що використовуються в даний час для виготовлення РІ, є легованими. Введення елементів, відсутніх у вуглецевих інструментальних сталях, або утримання їх понад встановлених значень називають легуванням.

В якості легуючих елементів для інструментальних сталей найбільш широко застосовують Cr, Mn, Si, W, Mo, V, Co. Ці домішки, як правило, взаємодіють із залізом і вуглецем, в результаті чого відбувається зміна всього комплексу їх фізико-механічних (експлуатаційних) і технологічних властивостей. В таблиці 3 показано вплив легуючих елементів на властивості інструментальних сталей.

До технологічних властивостей інструментальних матеріалів відносять: ковкість (пластичність в гарячому стані); зварюваність (для складеного інструменту); оброблюваність різанням; стійкість до перегріву (схильність до зростання зерна аустеніту) і знеуглецювання при нагріванні під

Таблиця 3 – Вплив легуючих елементів на властивості інструментальних сталей

Властивості сталей	Легувальні елементи							
	C	Mn	Si	Cr	W	Mo	V	Co
Твердість	+++	+	+	+	+	+	+	+
Прогартованість	+	+++	+	++	+	+++	++	
Відпускна крихкість		+	+	+	—	—		
Стійкість проти відпуску			+	+	++	++	++	++
Теплова зносостійкість	+		+	+	+	+	++	
Теплостійкість				+	+++	+++	++	++
В'язкість	--		—	—	—	—	—	—
Теплопровідність	—		—	—	—	—	—	+
Обробка різанням	—		—	—	—	—	--	
Деформованість в гарячому стані	—		—	—	--	—	--	

Примітки: + невелике поліпшення; ++ середня; +++ сильне; — погіршення невелике; -- середня.

загартування; гартування, прожарювання; змашуваність пластин припоями; шліфування.

Такий порядок розгляду технологічних властивостей прийнятий з урахуванням послідовності основних циклів технологічного процесу виготовлення різального інструменту.

Ковкість. Одним з найважливіших технологічних властивостей інструментальних сталей є ковкість, яка характеризує здатність нагрітої сталевий заготовки приймати деформацію. Ковкістю володіють всі інструментальні сталі, однак ті з

них, які мають більш низьку ковкість, вимагають великих зусиль деформації або меншу швидкість і більше часу на деформування, і тому дають більший відсоток браку (тріщини тощо). Ковкість залежить від хімічного складу сталі, її структури і властивостей при температурі кування, виду обробки тиском.

Ковкість різних марок сталі можна охарактеризувати лише орієнтовно; вона відіграє важливу роль, якщо заготовки інструментів виготовляють з використанням методів пластичного деформування. Ковкість сталей погіршується зі збільшенням вмісту в них вольфраму, ванадію і вуглецю. Так, ковкість сталі P18 значно гірше, ніж P9. Для інструментів, що виготовляються прокаткою, використовують сталі P6AM5, P6AM5Ф3, P6M5K5, P9 та ін.

Зварюваність. Під час вибору способу зварювання необхідно знати таку технологічну властивість швидкорізальних сталей, як їх зварюваність зі сталлю 45 (40X). Зварюваність можна характеризувати як властивість сталі утворювати міцне з'єднання, що відповідає вимогам експлуатації РІ. В реальних умовах будь-яка партія зварних заготовок має розкид міцності, залежить від режиму зварювання і фізичних властивостей зварюваних сталей.

Сталі з підвищеним вмістом легуючих елементів, особливо ванадію, кобальту і молібдену, мають гіршу зварюваність, тому для них краще застосовувати стикове зварювання оплавленням.

Оброблюваність різанням. Кореляція між механічними властивостями і оброблюваністю встановлена лише наближено. Можна вважати, що підвищення твердості або міцності знижує оброблюваність. Проте при однаковій твердості відмінності в структурі і складі можуть зумовити значне розходження в оброблюваності.

Великий вплив на оброблюваність має теплопровідність сталі, тому аустенітні сталі обробляються погано, хоча мають низьку твердість. Розмір зерна сталі, не позначаючись помітно на твердості, істотно впливає на оброблюваність. Грубозерниста сталь, володіючи зниженою в'язкістю, краще обробляється різанням.

Будова перліту також впливає на оброблюваність. Доевтектоїдні сталі при структурі ферит + пластинчастий перліт володіють кращою оброб-

люваністю. Евтектоїдні і заевтектоїдні сталі краще обробляються за структурою зернистого перліту.

Збільшення в сталі вуглецю внаслідок її зміцнення веде до зниження оброблюваності. Однак низьковуглецеві сталі обробляються погано внаслідок їх великої в'язкості і пластичності, під час їх оброблення виходить неперервна стружка, яка важко видаляється.

Оброблюваність різанням характеризується коефіцієнтом K_v , що представляє собою відношення швидкості різання під час оброблення даної сталі до швидкості різання під час оброблення сталі 45.

Сучасні інструментальні матеріали можна віднести до важкооброблюваних, так як коефіцієнт оброблюваності становить від 0,6 до 0,3 (для складнолегованих швидкорізальних сталей з W, Mo, Co, V та іншими елементами), а в загартованому стані — навіть до 0,2 (для високованадієвих швидкорізальних сталей).

В середньому для швидкорізальних сталей $K_v \approx 0,6$. Оброблюваність погіршується із збільшенням твердості і міцності сталі (у відпаленому стані), які залежать від вмісту легуючих елементів в сталі. Оброблюваність погіршується за наявності в сталі Mo, V, W, Si, Mn, Cr, Co (погано впливає). Кремній погіршує оброблюваність, так як зміцнює ферит. В цілому оброблюваність різанням необхідно розглядати також відносно таких факторів, як якість поверхні під час різьбонарізання, затилування, зубоформування (коли ці операції є остаточними).

Стійкість сталей до перегріву. Ця властивість характеризується зміною структури сталей та властивостей при підвищенні температури нагріву під час загартування порівняно з оптимальним інтервалом гартівних температур. Підвищення температури збільшує червоність і твердість сталей, але викликає зростання зерна, що підвищує крихкість сталі. Легуючі елементи впливають на зростання зерна аустеніту під час нагріву. Всі елементи, за винятком Mn, зменшують схильність аустеніту до росту зерна під час нагрівання: особливо сильно впливає V, помірно Mo, Cr, незначно Si і Co. Вольфрамові сталі P18, P12, P9 вважаються досить стійкими до перегріву.

Молибденові сталі P6M5, P6M5Ф3, P6M5K5, 10P6M5, 10P6M5K5 більш чутливі до перегріву і вимагають ретельного контролю та дотримання інтервалу гартівних температур. Ще більшою мірою це відноситься до сталей підвищеної теплостійкості зі значним вмістом кобальту: P9M4K8, P8M3K6C, P12Ф2K8M3, P18Ф2K8M.

Вуглецеві інструментальні сталі У10А, У12А, У13А дуже чутливі до перегрівання. Підвищення температури нагрівання під час гартування на 10-15 °С знижує їх міцність майже на 20 %. Небезпека перегріву виникає за відсутності автоматичного контролю і регулювання температури нагріву, а також одночасному нагріванні під загартування РІ з різних марок сталей.

Стійкість до знеуглецювання. Ця властивість залежить від хімічного складу сталі і технології нагрівання під час гартування. Для зниження знеуглецювання слід застосовувати печі із захисною атмосферою. При нагріванні під загартування в хлорбарієвих ваннах знеуглецювання попереджається введенням розкислювача (MgF_2).

У швидкорізальних сталях знеуглецювання сприяє наявність у них Mo і Co при вмісті 3-3,5 %. Кремній в сталях також підвищує їх чутливість до знеуглецювання. Так, сталь Р6М5, яка є основною в групі швидкорізальних сталей нормальної теплостійкості, має підвищену схильність до знеуглецювання під нагрівання, що необхідно враховувати під час загартування інструментів з неї.

Гартування сталей. Гартування пов'язане з отриманням незрівноважних станів сплаву, коли в результаті швидкого охолодження фіксується стан, невластиве рівновазі за атмосферної температури. Необхідною умовою отримання незрівноважного стану є можливість протікання фазових перетворень у твердому стані.

Якщо під час охолодження нагрітого сплаву фазове перетворення не відбудеться зовсім або зупиниться на початковій стадії, то отримаємо незрівноважний стан, який визначає його загартування. На рисунку 5 показані криві ізометричного перетворення аустеніту евтектоїдної сталі. Горизонталь A , розмежовує область рівноважного (вище A_1) і переохолодженого аустеніту (нижче A_1). С-подібна крива I відображає початок розпаду переохолодженого аустеніту при кожній температурі переохолодження, а крива II — кінець розпаду.

В результаті за лінією II отримаємо продукти повного розпаду аустеніту: вгорі (близько до A ,) — перліт, нижче — сорбіт, потім тростит і бейніт (див. рисунок 5). Горизонталь M_n відповідає температурі початку мартенситних перетворень. Під час переохолодження аустеніту вони закінчуються в області негативних температур, тому нижче лінії M_n сталь буде мати структуру мартенситу і залишкового аустеніту.

На режим термічного оброблення вагомо впливає вміст вуглецю та легувальних елементів.

Прогартованість. Під прогартованістю розуміють глибину проникнення загартованої зони. Глуха прогартованість пояснюється тим, що під час гартування виріб охолоджується швидше на поверхні і повільніше в середині. Зі зменшенням критичної швидкості гарту збільшується глибина загартованого шару і якщо $V_{крит}$ буде менше швидкості охолодження в центрі заготовки, то її перетин загартується наскрізь (рисунок 6).

Прогартованість тісно пов'язана з швидкістю перетворення аустеніту в перліт, а отже, з кривою початку перетворення на С-діаграмі (рисунок 7).

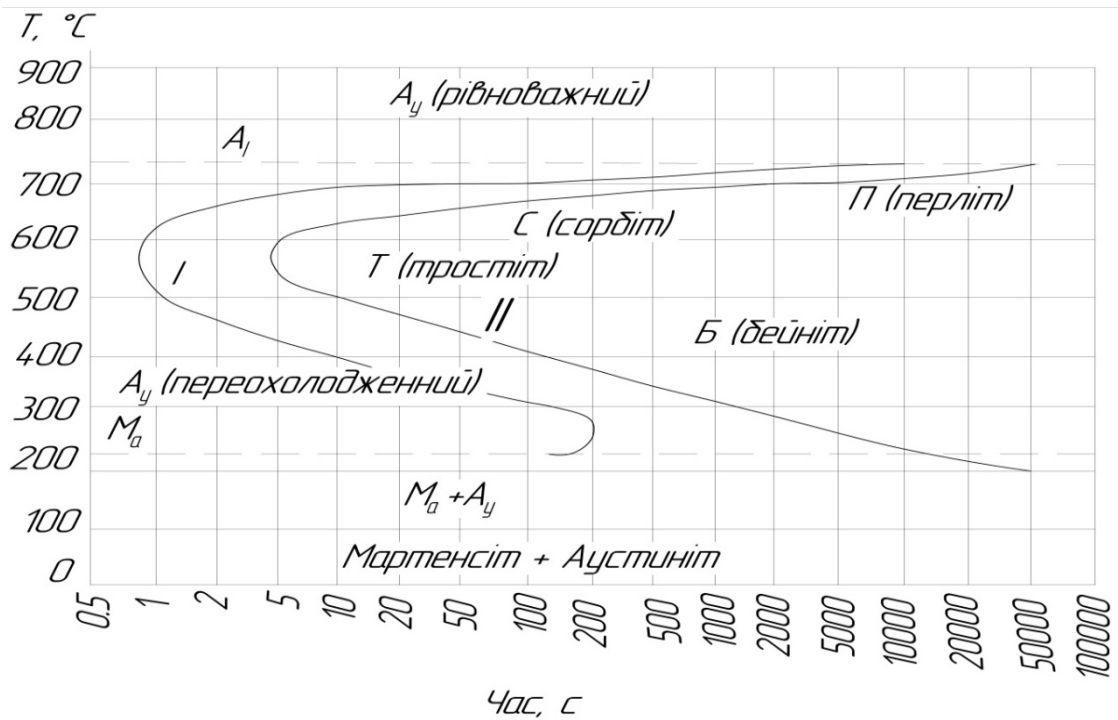


Рисунок 5 – Криві ізотермічного перетворення аустеніту евтектоїдної вуглецевої сталі

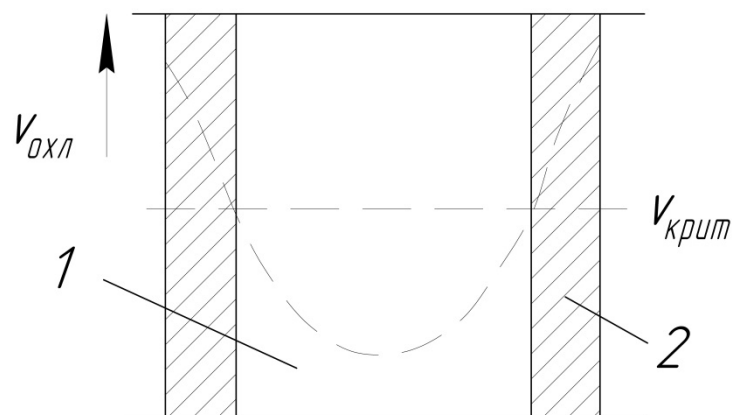


Рисунок 6 – Схема глухої прогартуваності сталі під час гартування:
1 – негартувана зона; 2 – загартувана зона

При чому чим повільніше відбувається перетворення аустеніту в перліт, тобто чим правіше розташовані С-криві на діаграмі ізотермічного розпаду аустеніту, тим глибша прогартуваність. Зазначимо, що всі елементи, в розчинні аустеніту (крім кобальту), уповільнюють перетворення, покращуючи прогартуваність. Вуглецеві інструментальні сталі мають невелику прогартуваність, що дозволяє отримувати інструменти з в'язкою серцевиною.

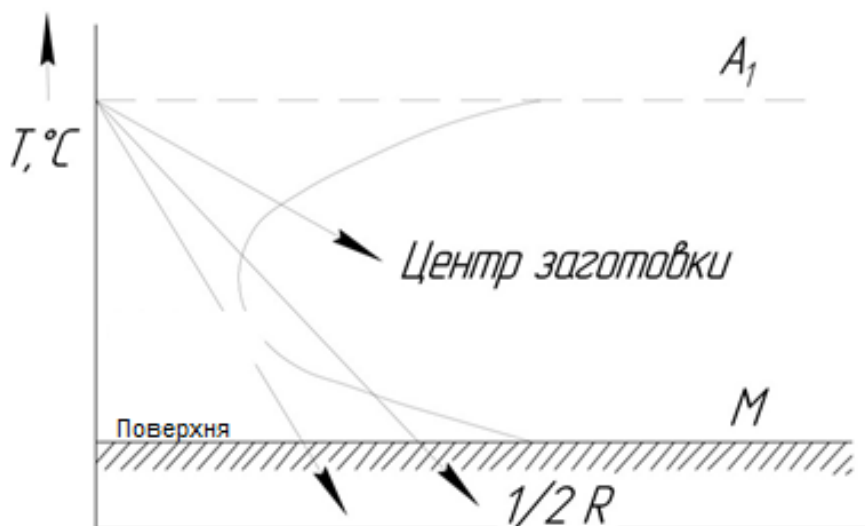


Рисунок 7 – Схема різних швидкостей охолодження по перерізу

Змачуваність пластин припоями. Якість паяного РІ залежить багато в чому від цієї технологічної властивості матеріалу пластин, використовуваних для оснащення різальної частини інструменту. За змачуванням припоями тверді сплави займають проміжне місце між швидкорізальними сталями і надтвердими матеріалами. Змачуваність твердих сплавів під час пайки на повітрі або в нейтральних середовищах залежить від кількості сполучною фази в їх складі (зазвичай кобальту) і зі збільшенням її вмісту в сплаві підвищується. Змачуваність також залежить від наявності в сплаві важко змочуваних карбідів титану, зі збільшенням вмісту яких вона знижується.

Не паяються мінералокерамічні тверді сплави, основним компонентом яких є Al_2O_3 , і безвольфрамкові тверді сплави, які в своєму складі містять – карбіди, нітриди і карбо-нітрид титану, та в якості зв'язки використовують не Co , а Ni і Mo , а також надтверді матеріали (алмаз і нітрид бору).

Змачування припоями поверхонь твердих сплавів полегшується, якщо застосовують флюси, що містять фториди лужних металів та інші сполуки, що сприяють руйнуванню алюмінію, розчиненню карбідів і зв'язування вуглецю.

Сплави системи « $Co-Cu$ » характеризуються взаємною розчинністю і повною змочуваністю, сплави системи « $WC-Cu$ » мають обмежену змочуваність і розчинність, а сплави системи « $TiC-WC-Cu$ » не змочуються і не розчиняються. Цим і пояснюється різке погіршення змочування припоями пластин твердих сплавів групи ТК, особливо з підвищеним вмістом карбідів титану (наприклад, пластини сплаву Т30К4 напаяти практично неможливо).

Шліфування інструментальних матеріалів. Шліфувально-заточувальні і довідні операції, що виконуються після гарту і відпусу, служать для забезпечення геометричної і розмірної точності, поліпшення властивостей поверхневих шарів РІ (видалення знеуглецьованого шару і

отримання необхідної шорсткості, величини і знаку внутрішньої напруги та ін.).

Однак значний тепловий вплив на поверхневий шар, що виникає під час шліфування, може привести до погіршення його властивостей (температура тонкого поверхневого шару під час шліфування може досягати 1200 °С, причому тепловий вплив протікає в умовах підвищених тисків). З цих же причин можуть змінюватися структура поверхневого шару під час шліфування і виникати значні напруги. Перевагою вуглецевих інструментальних сталей є невисока вартість і хороше шліфування.

Швидкорізальної сталі мають кращу оброблюваність в порівнянні з більш зносостійкими і теплостійкими твердими сплавами, мінералокерамікою і надтвердими матеріалами. На шліфованість швидкорізальної сталі великий вплив мають структура, її хімічний і фазовий склад. Найбільшою мірою на знос абразивних зерен під час шліфування впливає вміст у сталі карбідів ванадію (VC), так як їх твердість (2500-3000 HV) вище твердості електрокорунду (1800-2400 HV), тому, чим більше об'ємне зміст карбідів ванадію, тим гірше проходить шліфування сталі.

При утриманні ванадію менше 1,5-2% карбідів його в загартованій і відпущеній сталях можуть бути відсутніми або бути в незначній кількості, оскільки ванадій під час загартування і відпуску переходить, в першу чергу, в твердий розчин і складні карбіди вольфраму, і тільки частина ванадію утворює його карбіди. Кількість VC залежить від змісту W і Mo : при великому сумарному змісті W і Mo кількість VC зменшується, що позитивно позначається на відносній шліфованості сталі.

Чим вище температура гарту, тим більше виділяється VC , тим гірше шліфованість сталі. Стабільність шліфування швидкорізальних сталей визначається постійністю їх хімічним складом і режимів ТО.

На шліфування сталей впливають також розміри карбідів і їх розподіл. У порошкових сталях (Р6М5К5-МП, Р6М5Ф3-МП) карбіди розподілені більш рівномірно, їх розмір становить 2-3 мкм, в той час як у звичайних сталей того ж хімічного складу – 12-13 мкм, тому порошокві сталі краще шліфуються в порівнянні з звичайними.

За ступенем погіршення шліфована швидкорізальні сталі розташовані в наступному порядку: Р18, Р6М5, Р6М5К5-МП, Р6М5Ф3-МП, Р6АМ5, Р6М5Ф3, 11РЗАМЗФ2, Р6М4К8. Наявність в складі швидкорізальних сталей карбідів W , Mo і особливо V викликає необхідність застосування під час їх шліфування абразивних матеріалів підвищеної твердості і міцності (електрокорунди: білий, моно, хромовий або ельбор).

Критерій оцінки шліфованості інструментального матеріалу характеризує його технологічні властивості, які проявляються як опір, що чиниться під час оброблення абразивним зерном.

Шліфування інструментального матеріалу оцінюється коефіцієнтом відносної шліфованості, який характеризує відносну зміну будь-якого по-

казника під час шліфування даного інструментального матеріалу в порівнянні з еталонним.

Показники, що характеризують шліфованість інструментального матеріалу, – коефіцієнт шліфування, період стійкості шліфувального круга, сила, потужність, температура шліфування – в тій чи іншій мірі характеризують технологічні властивості інструментального матеріалу. Однак оцінити опір інструментального матеріалу абразивним зернам безпосередньо можливо тільки виміром сил шліфування.

Для визначення коефіцієнта відносної шліфованості $K_{ш}$ інструментальних матеріалів в процесі шліфування вимірюють сили різання і встановлюють залежність між інтенсивністю знімання металу Q і силами різання P для досліджуваного і еталонних зразків.

Коефіцієнт $K_{ш}$ визначають за формулою:

$$K_{ш} = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{ei} - c_2) Q_i}{\sum_{i=1}^n (P_{ei} - c_1) Q_i}; \quad (6)$$

де P_{ei} , і P_{ei} – сили різання при шліфуванні випробуваного і еталонного зразків з інтенсивністю Q_i ; n – число випробувань; c_1 і c_2 – коефіцієнти, що враховують вплив умов шліфування та інтенсивності знімання. Коефіцієнти відносної шліфованості K_i різних швидкорізальних сталей і коефіцієнти відносної інтенсивності знімання K_Q наведені в таблиці 4.

Коефіцієнт відносної інтенсивності обсягу металу K_Q визначають за формулою:

$$K_Q = \frac{Q_H}{Q_3} \quad (7)$$

де Q_H і Q_3 – інтенсивності знімання металу при шліфуванні випробуваного і еталонного зразків.

Таблиця 5 – Коефіцієнти $K_{ш}$ і K_Q швидкорізальних сталей

Марка сталі	$K_{ш}$	K_Q
P6M5	1,0	1,0
P6AM5	1,1	0,91
P6M5Ф3	1,19	0,83
11P3AM3Ф2	1,13	0,88
P6M5K5-МП	0,94	1,05
P6M5Ф3-МП	0,99	1,0

Сталі з низьким шліфуванням не рекомендується використовувати для РІ, що виготовляється вишліфовкою стружкових канавок корундовими

кругами. При великому обсязі шліфувальних і заточувальних операцій переваги за інших рівних умов варто віддавати сталям з кращою шліфувальністю. Сталі з низькою шліфувальністю вимагають більшого числа проходів, збільшують трудомісткість виготовлення і переточувань РІ, мають більшу ймовірність отримання припалів і зниження стійкості РІ. При їх використанні для виготовлення РІ слід на шліфувально-заточувальних операціях застосовувати ельборові круга.

Гострий дефіцит вольфраму спонукав до створення маловольфрамових і безвольфрамових матеріалів для РІ. Маловольфрамоні швидкорізальні сталі Р2АМ9К5 і 11Р3АМ3Ф2 замінюють в певних умовах сталь Р6М5, що є в даний час основною маркою швидкорізальної сталі. Однак у цих сталей гірше технологічні властивості (кування, шліфувальність). На фінішних операції під час їх оброблення рекомендується застосовувати ельборові круга.

Тверді сплави (ТС) в порівнянні з швидкорізальними сталями володіють великою твердістю (на п'ять-вісім одиниць НРСе), зносостійкість, зберігають твердість за високих температур, але мають значну крихкість. По міцності тверді сплави істотно поступаються швидкорізальним сталям і вельми чутливі до температурних напружень. За ступенем погіршення шліфувальності вольфрамові тверді сплави розташовуються в наступному порядку: ВК3, ВК4, ВК6, ВК6-М, ВК6-ОМ, ВК8, ВК10.

Титановольфрамові тверді сплави мають меншу міцність, ніж вольфрамові, і тому краще піддаються шліфовці. Однак сплави групи титанових (ТК) мають в два рази меншу теплопровідність, ніж сплави групи вольфрамових (ВК), внаслідок чого вони володіють підвищеною схильністю до утворення тріщин при циклічному нагріванні і охолодженні в процесі шліфування. За ступенем схильності до утворення тріщин сплави цієї групи розташовані в наступному порядку: Т5К10, Т14К8, Т15К6, Т30К4.

Шліфовальність титанотанталовольфрамових сплавів (група ТТК) гірше, ніж ВК і ТК, так як з підвищенням вмісту карбідів танталу схильність до появи тріщин зростає. Сплави цієї групи по схильності до утворення тріщин розташовані так: ТТ7К12, ТТ8К6, ТТ10К8Б, ТТ20К9.

В даний час для оброблення конструкційних матеріалів застосовують так звані безвольфрамові тверді сплави (БВТС), розроблені з метою економії дефіцитного вольфраму. Основним компонентом твердої фази БВТС є карбіди, нітриди або карбонітриди титану. Як зв'язки частіше використовують нікель і молібден (нікель-молібденова зв'язка).

Існує досить багато марок БВТС: ТМ1, ТМ3 (на основі складного карбіду титану і ніобію); ТНМ-20, ТНМ-25, ТНМ-30, МНТ-А2, МНТ-Б3, МНТ-В3, МНТ-Т3, ТН-20, ТН-50 (на основі TiC), а також КТНМ-30А, КТНМ-30Б (на основі TiC + TiN) і КНТ-16, КНТ-20, КНТ-30 (на основі TiCN). Однак в ГОСТ 26530-85 внесені лише дві марки БВТС - ТН-20 і КНТ-16.

За ступенем погіршення шліфована БВТС розташовані в наступному порядку: ТН-20, ТМ-1, КНТ-16 – причому продуктивність шліфування сплаву КНТ-16 майже в дев'ять разів нижче, ніж сплаву ТН-20.

Для шліфування твердих сплавів використовують круги з карбиду кремнію зеленого із забезпеченням їх інтенсивного самозаточування. Найбільш високу зносостійкість під час шліфування твердих сплавів володіють алмазні круги, широко використовуються як при попередньому, так і остаточному шліфуванні та загостренні твердосплавних РІ. Для БВТС рекомендується застосовувати електрохімічне шліфування та електроалмазне загострення.

Мінералокерамічні інструментальні матеріали, як і тверді сплави, мають високу твердість, мають підвищену теплостійкість (до 1200 °С), проте їх міцність приблизно в три рази нижче міцності твердих сплавів. Вони відрізняються низькою ударною в'язкістю, малою пластичністю і підвищеною крихкістю, тому більш чутливі до температурних напружень. Шліфування різальної кераміки можливо тільки алмазними кругами.

Алмаз має найвищу твердість і найбільшим модулем пружності з усіх різальних матеріалів. Теплопровідність алмазу також значно вище, ніж у інших інструментальних матеріалів, а коефіцієнт лінійного розширення в п'ять-десять разів менше; теплостійкість його приблизно 700 °С, понад яку алмаз графітується. У цьому діапазоні температур алмаз хімічно активний в контакт з чорними металами, що не дозволяє ефективно використовувати його під час їх оброблення. Шліфування алмазних РІ можливо тільки алмазними кругами з високоміцних алмазів на металевих зв'язках.

Композиційні полікристалічні матеріали на основі кубічного і в'юрцитоподібного нітриду бору (ельбор, гексані) мають більшу, ніж у твердих сплавів, твердість, близькою до алмазу, мають теплостійкість ~ 1300 °С. Теплопровідність їх хороша і не знижується з підвищенням температури. Вони володіють хімічною інертністю до з'єднань заліза з вуглецем, мають достатню в'язкість і міцність, та низьку шліфованість. Обробляють композиційні полікристалічні матеріали алмазними кругами, причому відносна витрата алмазів складає 50-400 мг/г (круги на органічній зв'язці), що в 50-100 разів вище, ніж під час шліфування твердих сплавів. Для зниження витрати алмазів рекомендується застосовувати алмазні круги на металевій зв'язці з безперервною електроерозійною правкою.

За ступенем погіршення шліфованості композиційні матеріали розташовані в такій послідовності: композит-05, композит-01 (ельбор-Р), композит-10 (гексаном-Р).

Стан поставки інструментальних матеріалів для лезових різальних інструментів. Інструментальні сталі широко використовують для виготовлення різальних інструментів). Близько 70% із загального типуажу РІ, що нараховує майже 20 тис. Типорозмірів, виготовляють з різних марок інструментальних сталей. Інструментальні сталі поставляються у вигляді прутків круглого, прямокутного або квадратного перетинів (кованих, гаря-

чекатаних, холодно-тягнутих, холодно-тягнутих шліфувальних); смуг; поковок, одержуваних методом вільного кування або штампування. Для виготовлення корпусів інструментів частіше використовують конструкційні сталі, а іноді виливки з модифікованого і ковкого чавунів.

Перелік стандартів на види і сортамент інструментальних сталей в стані поставки, що надходять на заготівельні операції для отримання вихідних заготовок, представлений в таблиці 5.

Матеріал прутків і смуги: інструментальні вуглецеві (ГОСТ 1435-74), леговані (ГОСТ 5950-73) і швидкорізальні сталі (ГОСТ 19265-73).

Заготовки з швидкорізальних сталей поставляють в відпаленому стані з твердістю HB 207-255 (для сталей помірної теплостійкості) і HB 269-293 (для сталей підвищеної теплостійкості). Структура сталі дрібнозернистий (сорбітоподібного) перліт з надлишковими карбідами. Можливе зниження завищеною твердості додатковим відпалом.

Швидкорізальна сталь в стані поставки перевіряють на макроструктуру, зневуглецювання, карбідну неоднорідність, теплостійкість, утворення тріщин. При цьому глибина зневуглецьованого шару на сторону допускається в межах 0,5мм (для 0 й 30 мм) і 0,5 мм +1% діаметра заготовки (для 0 й 30 мм). На шліфованих заготовках зневуглецьований шар не допускається.

Карбідна неоднорідність характеризується місцевим скупченням карбідів в структурі, що знижує механічні та експлуатаційні властивості швидкорізальної сталі. Різальний інструмент, виготовлений зі сталі з підвищеною карбідною неоднорідністю, схильний до утворення тріщин під час термічного оброблення, викришування і поломок під час експлуатації. Перевіряють карбідну неоднорідність з використанням мікрошліфів і зіставляють з еталонами. За ГОСТ 19265-73 встановлена восьми бальна шкала карбідної неоднорідності. Різальний інструмент рекомендується виготовляти із заготовок з карбідною неоднорідністю не вище 5-го бала, а зуборізний, різьбоформуєчі та протягання в межах 3-4-го балів.

Гарячекатану сталь широко застосовують під час виготовлення різального і вимірювального інструментів. Відхилення її розмірів у бік збільшення менше, ніж у кованих. Конструкційну гарячекатану сталь (40, 45, 20X, 40X) застосовують для виготовлення хвостовиків РІ, а також корпусів збірних інструментів. Гарячекатані інструментальні сталі марок У10А, У12А, У13А, 9ХС, ХВГ, застосовують для виготовлення різних РІ, наприклад мітчиків, розгорток, плашок, протяжок та інших, що працюють при малих швидкостях різання.

Однак застосування заготовок зі сталі на автоматизованому обладнанні практично неможливо внаслідок досить великих відхилень по зовнішньому діаметру, овальної в межах 1/2 допуску на діаметр і значною кривизни прутків. Цангові затискачі погано утримують заготовки з такої сталі під час оброблення.

Таблиця 5 – Стандарти на види і сортамент інструментальних сталей в стані поставок

Стан поставок	Сортамент		Інструментальні сталі		
	Форма перетину	Розмір перетину, мм	Вуглецеві	Леговані	Швидкорізальні
Кована	Кругла Квадратна Смуга	Ø40 – 200 40x40 – 200x200 3x12 – 80x300	ГОСТ 1133-71	ГОСТ 1133-71	ГОСТ 1133-71
			ГОСТ 1138-71	ГОСТ 1138-71	ГОСТ 1138-71
			ГОСТ 4405-	-	-
Гарячекатана	Кругла Квадратна Шестигранна Смуга	Ø5 – 250 5 x 5 – 250 x 250 40 x 40 – 250 x250 8 - 100 3 x 12 – 80 x 300	ГОСТ 2590-71	ГОСТ 2590-71	ГОСТ 2590-71
			ГОСТ 2591-71	ГОСТ 2591-71	ГОСТ 2591-71
			ГОСТ4693-77	ГОСТ 4693-77	-
			ГОСТ 2879-69	-	ГОСТ 4405-75
			ГОСТ 4405-	ГОСТ 4405	
Калібрована	Кругла Квадратна Шестигранна	Ø3 – 100 3 x 3 – 100 x 100 5 - 100	ГОСТ 7417-75	ГОСТ 7417-75	ГОСТ 7417-75
			ГОСТ8559-75	ГОСТ 8559-75	-
			ГОСТ8560-78	ГОСТ8560-78	-
Калібрована з спеціальним обробленням	Кругла	Ø0,2 – 50 Ø1 – 25	ГОСТ 14955-77	ГОСТ 14955-77	-
			-	-	ГОСТ 14955-77

Холоднотягнута (калібрована) сталь характеризується гарним оздобленням поверхні, малими допусками розмірів; застосовують її під час роботи на напівавтоматах і автоматах. При цьому припуски на оброблення вибирають невеликими. Холоднотягнуту шліфувальну сталь (серебрянку) застосовують головним чином для виготовлення інструменту на автоматах і напівавтоматах. Вона не має на поверхні знеуглецьованого шару, тому припуски на оброблення приймають мінімальні.

Правильний вибір сортаменту інструментальної сталі в стані поставки для виготовлення заготовок РІ має велике значення, так як забезпечує скорочення відходів виробництва; економію дефіцитних інструментальних матеріалів; зниження тривалості виробничого циклу; підвищення продуктивності праці і зниження собівартості РІ.

Стрижневий інструмент діаметром понад 10 мм рекомендується виготовляти звареним способом (робочу частину з швидкорізальної, а хвостову з конструкційної сталі).

Рекомендації, які необхідно враховувати при розробці технології виготовлення РІ з інструментальних сталей:

- Зварений інструмент доцільно виготовляти зі сталі. Інструменти $\varnothing 10$ мм і менше (в США рекомендують $\varnothing 16-18$ мм і менше) зварювати не слід;
- Не проектувати оброблення на цангових автоматах при використанні гарячекатаних прутків;
- Припуски на токарне оброблення повинні враховувати необхідність зняття знеуглецьованого шару і кривизни заготовок;
- Заготовки з прутка $\varnothing 50$ мм необхідно піддавати куванню, оскільки в прутках з швидкорізальних сталей зі збільшенням діаметра зростає карбідна неоднорідність.

Порошкові швидкорізальні сталі. Виготовлення порошкових швидкорізальних сталей здійснюють методом пресування порошків, одержування розпиленням розплавленої сталі в середовищі інертних газів (аргону, азоту), щоб уникнути зайвого окислення. Частинки сферичної форми малих розмірів швидко охолоджуються, що обумовлює рівномірний розподіл в них легуючих елементів. Розмір зерен основної фракції – 150 мкм (іноді 500-600 мкм).

Отриманий порошок пресують в холодному стані при тиску $p=400$ МПа і поміщають в контейнер. Після його вакуумування заготовки спікають при температурі $t=1150-1200$ °С і вдруге пресують при тиску $p=140$ МПа. Отримані заготовки можна піддавати додатковому куванню.

Заготовки з порошкової швидкорізальної сталі відрізняються більш рівномірним розподілом вельми дрібних зерен карбідів. Таким способом виготовляють деякі інструменти (черв'ячні фрези, долбяки та ін.). Розподіл карбідів по перетину в таких заготовках досягається навіть рівномірніше, ніж для першого балу по ГОСТ 19265-73. Розміри зерен надлишкових карбідів не перевищують 1-2 мкм замість 8-10 мкм (і більше) в сталях, отри-

маних звичайним шляхом. Основна перевага порошкових сталей – підвищена на 30-50% міцність і в'язкість інструментів, найкраща шліфувальність, підвищена в 1,5-3,5 рази стійкість і можливість отримувати сталі з високим вмістом легуючих елементів, в порівнянні з одержуваними за звичайною технологією.

Метод порошкової металургії дає можливість виготовлення карбідосталей, тобто швидкорізальних сталей з вмістом карбідів і нітридів титану. Виготовляють швидкорізальні сталі Р6М5 і Р6М5К5 з 20%-м вмістом карбідів титану, які забезпечують стійкість в чотири рази більшу, ніж звичайні (під час точіння жароміцної сталі). Швидкорізальної сталі, отримані методом порошкової металургії, мають додаткове позначення МП (матеріали порошкові), наприклад Р6М5-МП, Р6М5К5-МП, Р6М5Ф3-МП, Р12Ф2К8М3-МП.

Тверді сплави. Твердосплавні матеріали поставляються для виготовлення різальних інструментів у вигляді пластин різної форми і розмірів – для виготовлення напайного РІ (ГОСТ 25393-25426-82). Широко поширені змінні багатогранні пластини (ЗБП), що випускаються з різною кількістю граней (триох-, чотирьох-, п'яти-, шестигранні і круглі) з стружколамними елементами, сформованими під час пресування або подальшому обробленню, і без них (ГОСТ 19043-19072-80 та ін.). Різальні ЗБП виготовляють з різними класами допусків: *U, M, G, E* і *C* (в порядку зростання точності), а також пластини опорні та з стружколомами. Багатогранні пластини випускають зі стандартних марок твердих сплавів як зі зносостійкими покриттями різних композицій *TiC, TiN, TiCN, Al₂O₃*, так і без них. Пластини з покриттями мають додаткові позначення. Крім готових пластин випускають заготовки, що мають ті ж позначення, що і готові пластини, але з додаванням літери *З*.

Спеціалізовані заводи з виробництва твердих сплавів випускають також профільовані заготовки спіральних свердел (ОСТ 48-95-75) $\varnothing 2,3-6,8$ мм із сплавів марок ВК8, ВК10 і ВК15М, пластифіковані заготовки кінцевих фрез (ОСТ 49-124-76) $\varnothing 6-12,6$ мм з твердих сплавів ВК6, ВК6М, ВК8 і ВК10М, а також профільовані заготовки для ряду інших різальних інструментів і стрижні циліндричні твердосплавні: $\varnothing 1,5-5,5$ мм, $L = 26-68$ мм і $\varnothing 4,0-13,5$ мм, $L = 45-110$ мм відповідно. Матеріал стрижнів – сплави групи ВК: ВК6, ВК6М, ВК60М, ВК8, ВК10, ВК10М, ВКЮОМ, ВК15, ВК15М, ВК150М та ін.

Пластифіковані заготовки з металокерамічних вольфрамових твердих сплавів призначені для отримання заготовок РІ необхідної конфігурації механічного оброблення на підприємствах-виробниках інструменту з подальшим спіканням. Форма заготовок циліндрична $\varnothing = 15-162$ мм; $H = 10-50$ мм або пласти-нчаста розмірами $a \times b \times c = (60-130) \times (6-50) \times (40-200)$ мм. Матеріали заготовок – тверді сплави ВК6, ВК8, ВК10, ВК15, ВК20.

Одним з ефективних шляхів підвищення стійкості та розширення технологічних можливостей твердих сплавів є нанесення на їх поверхню зносостійких покриттів, в якості яких використовують карбіди, нітрати, бориди, карбонітриди і силіциди тугоплавких металів, також окис алюмінію і синтетичні надтверді матеріали на основі алмазу і нітриду бору.

Поєднання в'язкої основи твердого сплаву з високою твердістю контактних майданчиків забезпечує високу опірність сплавів зі зносостійкими покриттями різних видів зносу, дозволяє скоротити номенклатуру сплавів і розширює область ефективного їх використання.

Зносостійкі покриття бувають одно- і багатошаровими. Товщина одношарових покриттів, як правило, не перевищує 3-4 мкм, дво- і тришарових - 5-8 мкм і в деяких випадках 10-12 мкм.

Різальна кераміка. Мінералокерамічні інструментальні матеріали для оснащення різальної частини різців почали використовувати з 50-х років минулого століття. Це пояснюється прагненням отримати високопродуктивний інструментальний матеріал, який не містить таких дефіцитних металів, як вольфрам, кобальт, ванадій, тантал та інші, які є основними компонентами твердих сплавів. У порівнянні з ними різальна кераміка має ряд переваг: високу твердість (до HRA 95); підвищену теплостійкість (до 1400 °С), що дозволяє обробляти нею матеріали великої твердості; високу зносостійкість; малу спорідненість з металами, знижену схильність до схоплювання з ними під час оброблення. До недоліків різальної кераміки відносять низьку ударну в'язкість і пластичність, погану опірність циклічним змінам теплового навантаження, а також необхідність оброблення з рівномірними припусками на жорсткому обладнанні.

Продукцію, що випускається в даний час різальну кераміку підрозділяють на три групи, що відрізняються складом, технологією виготовлення і фізико-механічними властивостями.

До першої групи відносять оксидну кераміку (Al_2O_3). Відомі такі марки, як ЦМ-332, ВО-13, ВО-14, ВО-15, ВШ-75. Найбільш поширені марки ВО-13 і ВШ-75 ($\sigma_{зг} = 400-550$ МПа; HRC 91-93; теплостійкість – 1200 °С).

Друга група – оксидно-карбідну кераміка, в якій як карбідну складову застосовують суміш карбідів WC і Mo_2C або $Mo_2C + TiC$. Найбільш відомі такі марки різальної кераміки: В-3, ВОК-60, ВОК-63, ВОК-71, ВОК-95, а також оксидно-нітридна кераміка ОНТ-20 (кортиніт) ($\sigma_{зг} = 650-860$ МПа, HRC 93-95, теплостійкість – 1250-1400 °С).

До третьої групи різальної кераміки відносять силініт-Р – інструментальний матеріал на основі нітриду кремнію (композиція $Si_3N_4 - Al_2O_3 - TiN$), одержуваний методом гарячого пресування ($\sigma_{зг} = 500-700$ МПа, HRC 94-96, теплостійкість – 1200 °С).

За оцінками зарубіжних експертів, частка різальної кераміки в загальному обсязі споживання інструментальних матеріалів становить близько 4-

5%. Постачають різальну кераміку у вигляді непереточуваних змінних багатогранних пластин різних форм і розмірів.

Надтверді інструментальні матеріали. Все більшого значення в технології механічного оброблення різних матеріалів набувають синтетичні надтверді матеріали на основі алмазу і нітриду бору. Це стало можливим в результаті розвитку техніки і технології високого тиску та температур, що і дозволило створити велику кількість різних марок синтетичних надтвердих матеріалів, що відрізняються способами отримання, структурою і фізико-механічними властивостями.

Синтетичні алмази і нітрид бору поділяють на два класи:

- Порошкоподібні матеріали, що застосовуються для виготовлення абразивного інструменту;
- Полікристалічні матеріали для оснащення лезового різального інструменту.

Матеріали надтверді виготовляють у вигляді циліндричних заготовок: $\varnothing 3 - 6$ мм і висота $H = 4 - 7$ мм. У таблиці 6 наведені розміри полікристалів циліндричної форми з різних полікристалічних твердих матеріалів (ПНТМ) на основі нітриду бору, що випускаються.

Заготовки на основі алмазу і нітриду бору закріплюють на різцевих вставках шляхом напайки (після попередньої металізації) або з використанням методів порошкової металургії. У такому вигляді вони надходять на машинобудівні підприємства (рисунок 6). Заготовки з ПНТМ поставляють також в вигляді багатогранних або круглих пластин (таблиця 6), механічно закріплюються на корпусах збірного інструменту. Їх застосування дозволяє більш економно витратити дорогі надтверді матеріали та підвищити ударну в'язкість завдяки наявності більш міцною підкладки.

В даний час освоєно промислове виробництво двошарових надтвердих композиційних матеріалів, принциповою особливістю яких є те, що спікання порошків надтвердих матеріалів проводиться за високих температур і тисках на твердосплавних підкладці, в результаті чого утворюється шар ПНТМ товщиною 0,5-2 мм, міцно пов'язаний з матеріалом підкладки.

Найбільш відомі двошарові надтверді композиційні матеріали наступних марок: на основі алмазу – ДАП, ДІАМЕТ, АМК-25, АМК-27, АТП; на основі нітриду бору – композити 05Д-2С, 10Д, ВПК.

Матеріали для робочої частини різальних інструментів. Під час виготовлення складеного різального інструменту в інструментальному виробництві широко використовують зварювання, пайку і склеювання заготовок різальної робочої частини з швидкорізальної сталі або твердого сплаву з хвостовиком, державкою або корпусом інструменту, виготовленими з конструкційної або інструментальної сталі (в залежності від конструкції інструменту), наприклад зенкери, розгортки, мітчики, протягання, що ріже частина яких виготовлена зі швидкорізальної сталі, а неробоча і хвостова частина – з конструкційної сталі.

Широко використовують в металообробленні стрижневі різці та ножі з напаяними пластинками твердих сплавів для оснащення збірних інструментів, а також різці, фрези, мітчики та інші інструменти з клейовими з'єднаннями різальної і неробочої частини.

Таблиця 6 – Надтверді синтетичні матеріали на основі нітриду бору

Матеріал	Розміри полікристалів циліндричної форми, мм	Призначення
Композит 01 (ельбор – Р) Композит 02 (белбор) Ісміт - 1	Ø4 – 4,5 Н = 4 – 5	Чистове оброблення заготовок із загартованих сталей з 60 – 70 HRC і вибілених чавунів без ударів
Композит 05 (КНБ)	Ø7 – 10 Н = 4 – 7	Напівчистове і чистове оброблення незагартованих і загартованих заготовок з сталей з 31 – 57 HRC і чавунів
Композит 10(гексаніт – Р) Композит 09(ПТНБ) Ісміт - 2	Ø5 – 6 Н = 4,5 – 5,5	Напівчистова і чистова оброблення з ударами заготовок із незагартованих і загартованих сталей з 41 – 62 HRC і чавунів

Як матеріали для неробочої частини інструментів найчастіше використовують марки сталей: конструкційні – сталі 45 і 40Х, 30ХГСА, 35ХГС, 18ХНВА, 27ХМФ1Б, 45Х5МФС та ін.; вуглецеві інструментальні сталі – У7, У7А, У8, У8А; леговані інструментальні сталі – 9ХС, ХВГ, ХВСГ і ін. Ці матеріали повинні відповідати таким основним вимогам:

- Володіти хорошою зварюваністю з швидкорізальною сталлю (наприклад, сталі 45, 40Х, 30ХГСА, У7, У7А, У8, У8А);

- Забезпечувати достатню твердість неробочої частини інструмента, особливо у випадках, коли різальна частина оснащена напаяними пластинками твердого сплаву, а інша робоча частина є направляючою (наприклад, зенкери і розгортки з напаяними пластинками твердого сплаву). У таких випадках для виготовлення неробочої частини інструментів використовують сталі 9ХС, ХВСГ, ХВГ, а в менш відповідальних – 18ХНВА, 30ХГСА, 35ХГС та ін.;

- Мати гарну шліфованість (У7, У7А У8, У8А, сталі 45 і 40Х, 9ХС і ін.);

Під час виготовлення збірного інструменту основними вимогами до матеріалу корпусів є досить добре обробляється різанням, забезпечення необхідної твердості і хороша шліфувальність, тому найчастіше використовують сталі 45 і 40Х.

На підставі перерахованих вимог, а також конкретної конструкції інструменту проводиться вибір матеріалу для виготовлення його неробочої частини.

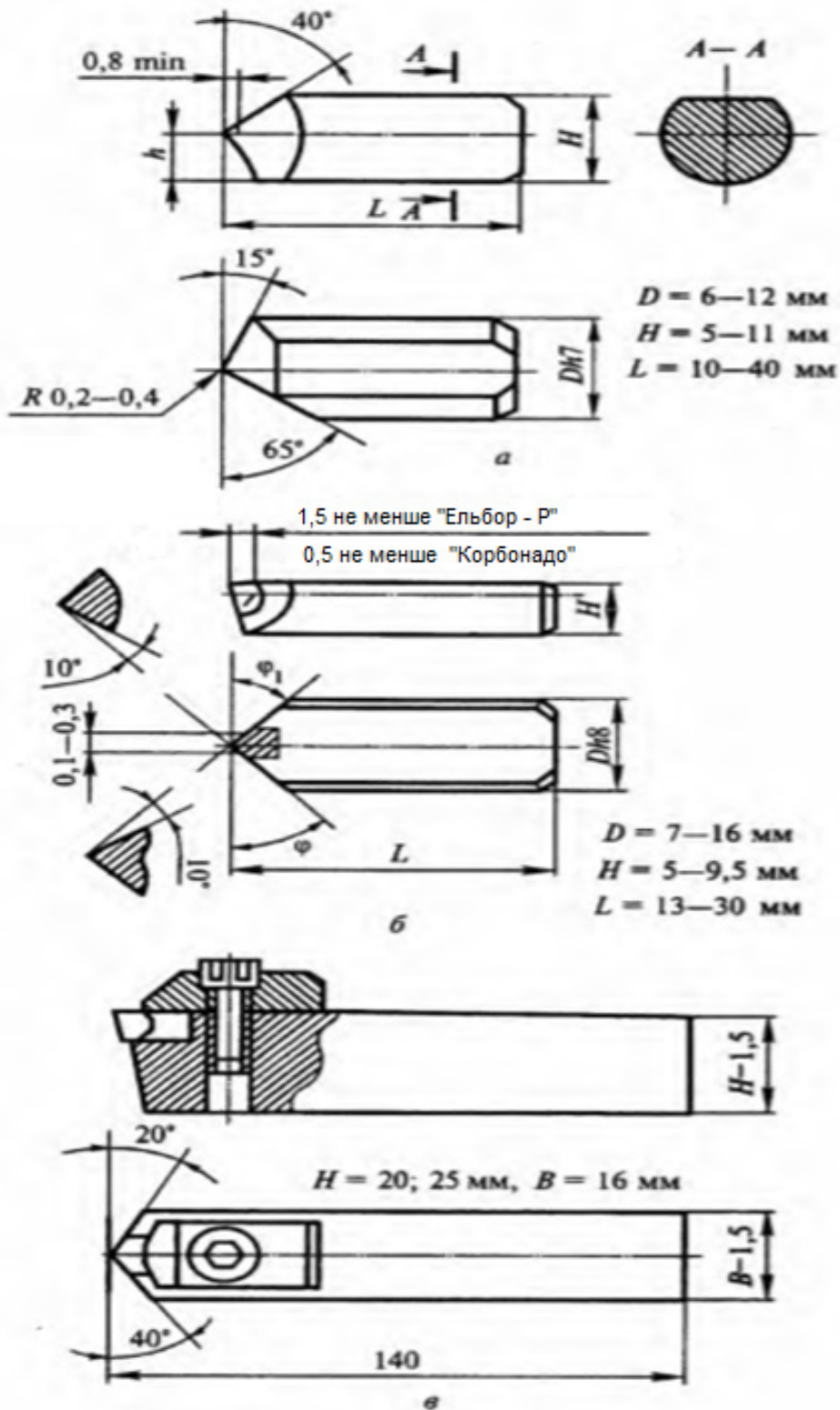


Рисунок 6 – Циліндричні вставки і збірний різець з різальними елементами з НТМ: *a* – з напайним алмазом; *б* – з ельбором-Р, закріпленним методом порошкової металургії; *в* – прохідний різець з механічним кріпленням вставки

Таблиця 7 – Форми пластин з надтвердих матеріалів

Форма	Ескіз	Розміри
Тригранна		$d = 3,97 - 7,93 \text{ мм}$ $l = 6,88 - 13,75 \text{ мм}$ $S = 3,18 - 4,76 \text{ мм}$ $\alpha = 0; 7; 11^\circ$
Квадратна		$l = 3,18 - 9,52 \text{ мм}$ $S = 3,18 - 4,76 \text{ мм}$ $\alpha = 0; 7; 11^\circ$
Ромбічна		<p>З кутом при вершині 80°</p> $d = 3,97 - 9,52 \text{ мм}$ $l = 4,03 - 9,66 \text{ мм}$ $S = 3,18 - 4,76 \text{ мм}$ $\alpha = 0; 7; 11^\circ$
Кругла		$d = 3,6 - 8 \text{ мм}$ $S = 3,18 - 3,97 \text{ мм}$ $\alpha = 0; 7; 11^\circ$

5 ЗАГОТІВЕЛЬНІ ОПЕРАЦІЇ ПІД ЧАС ВИГОТОВЛЕННЯ РІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ

Перший цикл загального технологічного процесу виготовлення різальних інструментів – заготівельний.

Правка прутків і дроту. В механічні цехи інструментальних заводів або інструментальні цехи машинобудівних підприємств метал для виготовлення РІ подається у вигляді заготовок, відрізаних на один виріб або в прутках для оброблення на револьверних верстатах та автоматах.

Прутки гарячекатаної сталі перед розрізанням їх на відрізних верстатах піддають правці для усунення кривизни. Особливо ретельно правлять прутки холоднотянутої сталі перед обробленням на автоматах. Кривизна холоднотянутої сталі, що перевищує 2 мм/м довжини прутка, призводить до зупинки автоматів через порушення в роботі подаючих цанг.

Велика кривизна прутків гарячекатаної сталі призводить до слабкого затиску їх в патронах токарно-відрізних верстатів і завчасного зносу підшипників шпинделя та напрямних супортів внаслідок биття швидкообертаючих прутків.

Сріблянку в більшості випадків не правлять, так як її достатня прямолінійність забезпечується технологією виготовлення на металургійних заводах. Поставляється вона споживачам в дерев'яних ящиках, що виключає викривлення прутків під час транспортування.

Кривизна прутків гарячекатаної і холоднотянутої сталей після оброблення їх на правильно-калібрувальних верстатах знижується до 0,5 мм/м. Правку прутків довжиною $L \leq 2$ м і діаметром $\varnothing > 40$ мм здійснюють на пресах за схемою зображеної на рисунку 7.

Заготовку встановлюють на дві опори, по середині яких докладають навантаження, спрямовану перпендикулярно осі заготовки з боку наявної кривизни. Зазвичай при правці потрібно викликати залишкову деформацію, яка можлива тільки при обов'язковому перегині осі заготовки в сторону кривизни.

На рисунку 8 показана схема правильно-каліброваного верстата для правки прутків $\varnothing < 40$ мм. Верстат має пару роликів, розташованих похило один відносно одного (з перехресними осями). Ролик 3 має опуклу поверхню, а ролик 2 – увігнуту. Обидва ролика примусово обертаються від електродвигуна через систему шківів і зубчастих коліс. Верстат забезпечує хорошу і швидку правку прутка. Точність правки становить 0,5-0,9 мм/м.

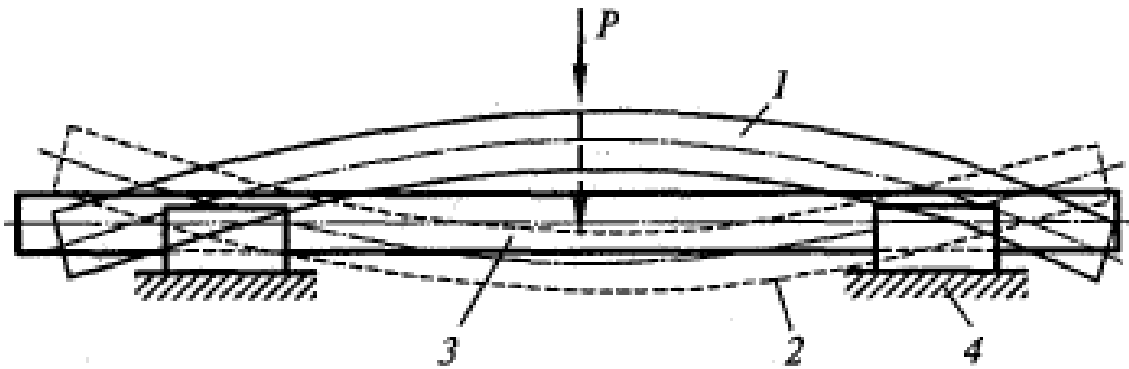


Рисунок 7 – Схема правки прутка на двох опорах: 1 і 2 – пруток в процесі правки; 3 – пруток після правки; 4 – опорні призми

Круглі заготовки $L \leq 200$ мм правлять на накатних верстатах плоскими плашками (точність правки 0,05-0,1 мм/м). Такий метод є високопродуктивним. Для правки прутків і дроту, поставляється в бухтах, використовують правильно-відрізні верстати (точність правки 0,5-0,7 мм/м).

Правку дроту. Інструментальні та швидкорізальні сталі для виготовлення малорозмірних інструментів $\Phi=0,2-1$ мм надходять в мотках у вигляді дроту, а не у вигляді прутків. Таку сталь обов'язково правлять на спеціальних правильних верстатах.

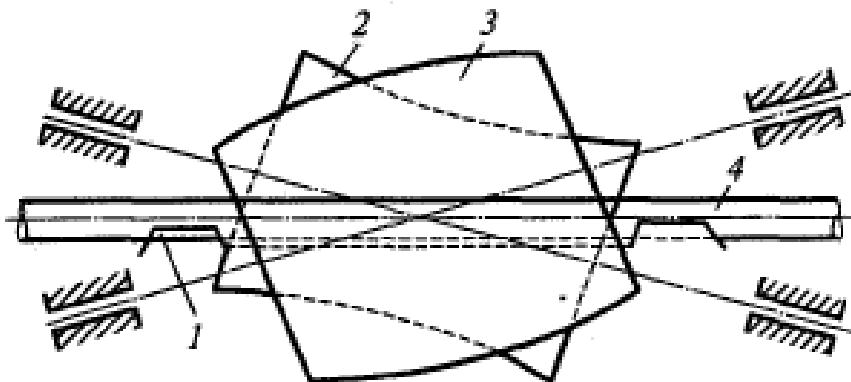


Рисунок 8 – Схема правки на правильно-калібрувальному верстаті: 1 – призматичні напрямні; 2, 3 – ролики; 4 – пруток

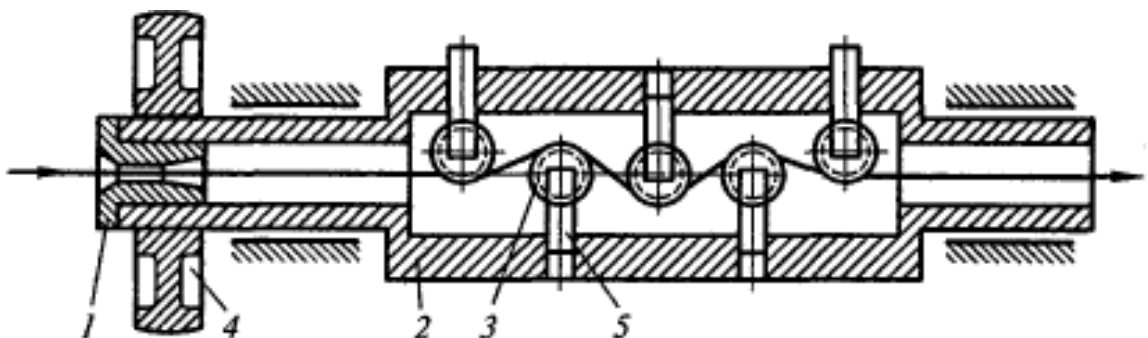


Рисунок 9 – Схема верстату для правки дроту: 1 – калібруючи втулка; 2 – барабан; 3 – ролики; 4 – шків; 5 – державка ролика

Під час редагування дрiт пропускають через втулку 7 (рисунок 9) i барабан 2 з розташованими всерединi нього роликками 3, якi надають дротовi зигзагоподiбний рух. Барабан з роликками обертається вiд електродвигуна через пасову передачу i шкiв 4 ($n = 2000-3000$ об/хв). Величину зигзагоподiбностi сталi при її виправленнi можна змiнювати регулюванням державок 5, несiвних роликiв. Виправлений дрiт розрiзають на окреми заготовки для кожного iнструменту або прутки довжиною до 1 м, якi подають на металорiзальнi верстати для подальшого оброблення.

Вiдрiзки i рубка заготовок. Штучнi заготовки для РI вiдрiзають на приводних ножiвкових фрезерно-вiдрiзних верстатах i напiваавтоматах, токарно-вiдрiзних, стрiчково-пилних i абразивно-вiдрiзних верстатах, а також рубають на пресах i заготiвельних ножицях.

Ножiвковi верстати (моделей 872А, 8Б72, 872М, 8725, 8А726 та iн.) характеризуються малою продуктивнiстю i застосовуються головним чином в одиничному i дрiбносерiйного виробництва. Ширина рiзу 2,5-3,5 мм. Дiаметр вiдрiзуваних заготовок до 200 мм. Незважаючи на невелику продуктивнiсть, їх часто використовують в iнструментальних цехах; доцiльно застосовувати при вiдрiзку заготовок $\varnothing > 40$ мм.

Розрахунок витрат металу $a_{вiдр}$ (в %) при вiдрiзцi круглiй заготовки виконують за формулою:

$$a_{вiдр} = \frac{100b}{L + b}, \quad (8)$$

де b – ширина рiза, мм; L – довжина вiдрiзної заготовки, мм.

Токарно-вiдрiзнi верстати поряд з ножiвковими широко застосовують для вiдрiзки заготовок РI. Переваги таких верстатiв – велика продуктивнiсть, простота використовуваного iнструменту i обслуговування верстата. Працюють вони одним або двома пластинчастими вiдрiзними рiзцями зi швидкорiзальної сталi. На рисунок 10 показана схема установки двох одночасно працюючих рiзцiв, розподiл навантаження мiж якими досягається тим, що один рiзець вже другого на 1 мм.

Крiм вiдрiзних горизонтальних верстатiв, застосовують вертикальнi, мають подачу заготовок до упору пiд дiєю власної ваги. Холоднотягнута сталь i срiблянку $\varnothing \leq 25$ мм на цих верстатах затискають в цангових патронах. Токарно-вiдрiзнi верстати вертикального типу застосовують для вiдрiзки заготовок $\varnothing 2-25$ мм, а горизонтального – вiд 2 до 80 мм. Для вiдрiзки застосовують пластинчастi рiзцi з швидкорiзальної сталi. У таблицi 8 вказана ширина вiдрiзних рiзцiв, що застосовуються на токарно-вiдрiзних верстатах.

Недолiком вiдрiзки заготовок на токарно-вiдрiзних верстатах є необхiднiсть зняття залишкiв, що утворюються на торцях пiсля вiдрiзки. Кiнцi в

серійному і великосерійному виробництвах знімають на спеціальних верстатах шліфуванням

Таблиця 8 – Ширина відрізних різців, призначених для відрізки заготовок з різних марок сталей

Діаметр	Відрізка одним		Відрізка двома різцями	
	Марка сталі			
	P18,	45,40	P18, P9	45.40X
	Ширина різця, мм			
	переднього	заднього	переднього	заднього
До 30	4	3	-	-
30-50	5	4	4	5
50-120	6	5	5	6
Більше 120	7	6	6	7

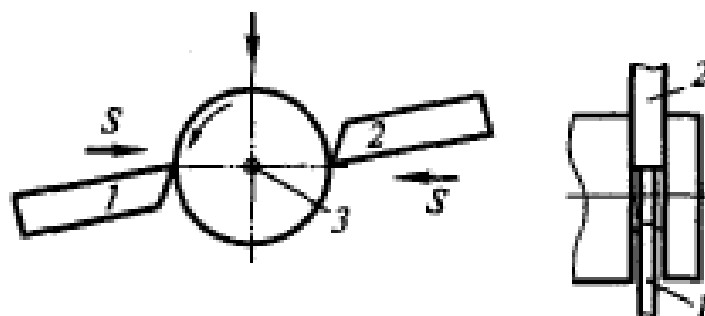


Рисунок 10 – Схема відрізки на токарно-відрізному верстаті в двох проєкціях: 1 і 2 – різці; 3 – заготовка

торцем абразивного круга або фрезеруванням торців твердосплавними фрезами з двох сторін одночасно. На цих верстатах під час відрізки можна отримувати торець необхідного профілю (наприклад, оброблення зворотних центрів під час різання сріблянки). Існує велика різноманітність моделей токарно-відрізних верстатів: фасонно-відрізні, автомати МФ142 і 1032, що працюють за схемою з обертовою різцевою головою, а також відрізні автомати 1125-0, МК-224 і чотирьохшпindelні автомати моделі 1240-0, що працюють за схемою з обертовим прутком.

Фрезерно-відрізні верстати та напівавтомати. На верстатах цього типу заготовки відрізають круглими сегментними пилами (таблиця 9). В інструментальному виробництві найбільш поширені верстати з сегментними пилами \varnothing 275-1010 мм.

Оскільки ширина відрізки досить велика, то цей метод доцільний для відрізки заготовок великих розмірів з конструкційних, вуглецевих і легированих сталей.

Пруткові заготовки часто ріжуть пакетом. Сегментні пили з великими зубами застосовують для різання сталей 45, 40Х, 30ХГС і інших марок, з середніми і дрібними зубами – для відрізки заготовок з твердих сталей 9ХС, Х12 і т. п.

Стрічково-відрізні верстати обладнані різальним нескінченним ножівковим полотном і мають напівавтоматичний та автоматичний цикли роботи. Внаслідок відсутності холостих ходів продуктивність цих верстатів висока. Ширина (товщина полотна) становить 1,0-1,5 мм; діаметр відрізуваних заготовок - до 250 - 500 мм (в залежності від моделі верстата); $S_r = 0,02-0,04$ мм.

Крок зубів пиляльного полотна досягає 2; 2,5; 3; 4 мм. Роботи проводять при рясному охолодженні ЗОР. Ці верстати широко застосовують для відрізки заготовок зі швидкорізальної сталі, особливо для РІ типу дисків. матеріал, з якого виготовляють стрічкові пилки, – сталі Р2М5К8 (М42) і Р2М8К10 (М51).

Принципова схема стрічково-відрізного верстата представлена на рисунку 11.

Фрезерно-відрізні верстати та напівавтомати. На верстатах цього типу заготовки відрізають круглими сегментними пилами (таблиця 9). В інструментальному виробництві найбільш поширені верстати з сегментними пилами $\varnothing 275-1010$ мм.

Оскільки ширина відрізки досить велика, то цей метод доцільний для відрізки заготовок великих розмірів з конструкційних, вуглецевих і легированих сталей.

Абразивно-відрізні верстати оснащені шліфувальними кругами шириною $b=2-3$ мм на вулканітовій або бакелітовій зв'язках, якими виконують різання заготовок.

Таблиця 9 – Основні параметри круглих сегментних пил, що використовуються для різки заготовок в інструментальному виробництві

Зовнішній діаметр пилки, мм	Ширина пилки, мм	Діаметр отвору пилки, мм	Число зубів			Число сегментів
			крупних	середніх	дрібних	
275	5	32	56	84	112	14
350	5	32	56	84	112	14
510	6	70	72	108	144	18
710	6,5	80	96	144	192	24
1010	2	120	120	180	240	24

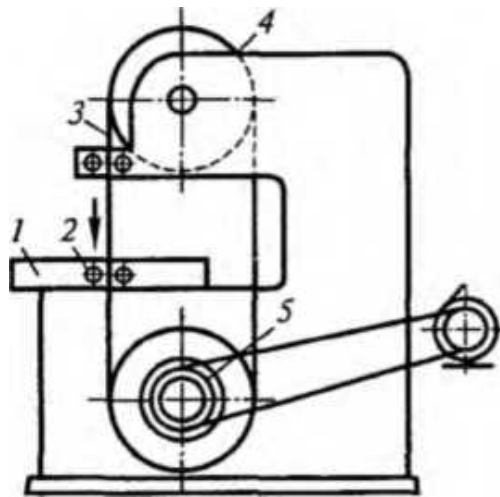


Рисунок 11 – Схема стрічкових пилки: 1 – стіл для установки заготовок; 2 – напрямні ролики; 3 – ножові полотна; 4, 5 – шківни

Це високопродуктивний метод отримання заготовок як із сирих, так і загартованих сталей. Діаметр кругів 300 – 400 мм, а швидкість різання – $V_{\text{різ}} = 50-80$ м/с. Схема роботи абразивно-відрізного верстата (напівавтомата) для різання заготовок діаметром до 150 мм шліфувальним кругом $\varnothing 400-600$ мм і шириною 3-4 мм показана на рисунку 11.

Під час відрізанням шліфувальним кругом накладається обертальний рух III, подача і коливальний рух II (з амплітудою A для полегшення процесу різання). Відрізку заготовок проводять з рясним охолодженням емульсією. Подача $S = 80$ мм/хв, шорсткість торців заготовок під час відрізання становить 2,5-5,0 мкм. Продуктивність відрізки висока.

Застосовують наступні моделі верстатів: 8В220, 8А230, 8А240, абазивно-відрізні автомати 8252, СІ-030М ($\varnothing 10-40$ мм), напівавтомат МФ332 (\varnothing до 80-100 мм).

Рубку заготовок на ексцентрикових пресах застосовують в серійному, великосерійному і масовому виробництвах. Схема рубки представлена на рисунку 12, а. Пруток 4 пропускається через змінну направляючу втулку 7, встановлюється на півотвір нижнього ножа 6 і подається до регульованого упору 2. Верхній ніж 5 також має напівотвір. Під час ходу повзуна преса вниз ніж починає врзатися в пруток. Сильна буферна пружина 1 забезпечує безперешкодне скидання заготовки в тару. Нижня поверхня прутка знаходиться вище поверхні A задньої опори 3 на величину C , щоб уникнути напруг, що призводять до утворення тріщин і для отримання хорошого зрізу.

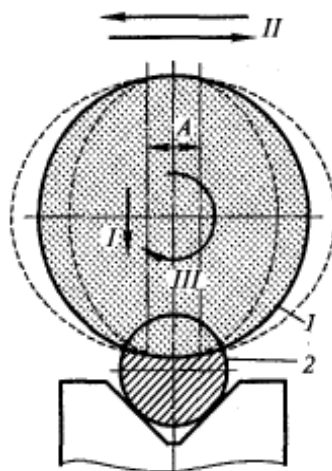


Рисунок 11 – Схема роботи абразивно-відрізного верстата:
1 – абразивний круг; 2 – заготовка

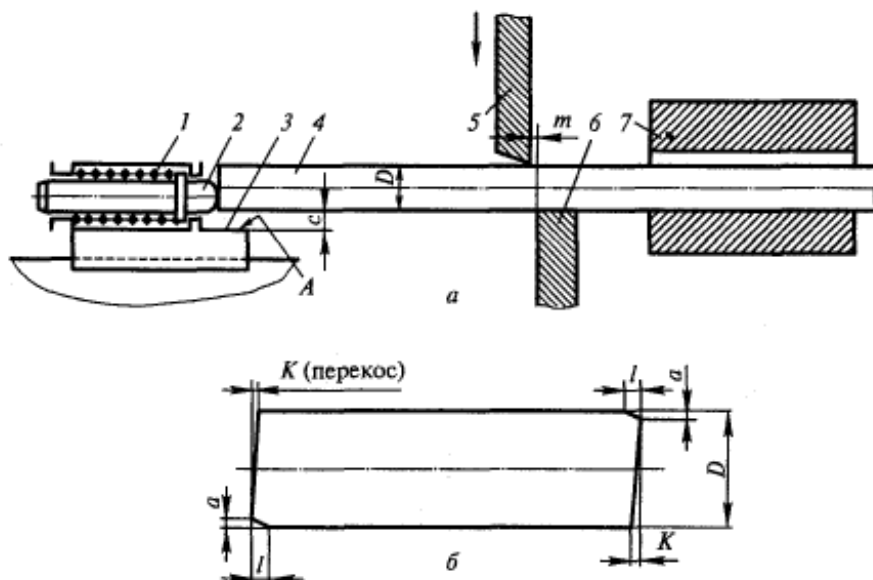


Рисунок 12 – Схема рубки (а) і форма отриманих заготовок (б)

Після рубки в штампі на ексцентрикових пресі форма заготовки має вигляд, показаний на рисунок 12, б. Після рубки виходить перекус і замін, які характеризуються відповідно розмірами K , l і a , величини яких залежать від правильності підбору зазору між верхнім і нижнім ножами.

Сталь Р18, щоб уникнути утворення тріщин рекомендується рубати з підігрівом до $T=270-300$ °С. Після рубки заготовок перед центрування і зварюванням торці заготовок необхідно вирівнювати.

Правильний вибір методу отримання заготовок залежить від ряду головних чинників: продуктивності праці і втрат металу під час відрізання.

Кування. Кування заготовок із швидкорізальної сталі застосовують для поліпшення структури з карбідної неоднорідності, а також для змен-

шення припуску на механічне оброблення. Куванню, як правило, піддають прокат діаметром більше 50мм.

Карбідна неоднорідність усувається тим краще, чим більший ступінь деформації, тому кування заготовок треба проводити шляхом зміни осідання і витягання. Для поліпшення структури зуборізального і різенарізного інструмента рекомендується проводити багатократне осідання заготовки з проміжним витяганням (коефіцієнт витяжки 60–70), що поліпшує структуру сталі і стійкість різального інструменту. Трикратне витягання і триразове осідання дає можливість понизити карбідну неоднорідність на один – півтора бали.

Температура нагріву для кування повинна бути не дуже високою, щоб уникнути зайвого окислення сталі і коагуляції карбідів при тривалому прогріванні заготовки. Верхня межа нагріву заготовок із швидкорізальної сталі Р9К5 і Р9К10 під кування рекомендується 1140-1180°C, нижня межа кінця кування прокату 900-920 °С для сталі Р6М5, верхня межа нагріву під кування 1080-1120 °С, нижня – 870-900 °С.

Зайва витримка і сповільнений нагрів за високих температур підсилюють окислення та знеуглецювання.

Штамування. В умовах серійного і масового виробництва інструмента для наближення форми заготовок до форми готового інструмента рекомендується застосовувати штампування заготовок інструмента. В даний час застосовують гаряче штампування різців і насадкового інструмента (довбачів, насадкових фрез) і холодне штампування дискових відрізних пил, відрізних різців із стрічки, гнуття державок різців. Застосування штампування підвищує коефіцієнт використання металу на 25-50%, при цьому знижується неоднорідність карбиду металу, поліпшуються механічні властивості інструмента і знижується трудомісткість механічного оброблення за рахунок зменшення припусків.

Як приклад на рисунках 13, 14 наведені схеми двострумного штампу для безоблойного гарячого штампування довбачів. Підготовча канавка відкритого типу для осідання (рисунок 13) служить для зменшення ступеня деформації в остаточній канавці і створення центруючого заглиблення, за яким фіксується заготовка в остаточній канавці. При осіданні з нагрітої заготовки удаляється окалина. У канавці штампа закритого типу із замком (рисунок 14) отримується безоблойна заготовка.

Матеріал заготовки – гарячекатана сталь. Розмір заготовки визначають, виходячи з об'єму металу, необхідного для заповнення остаточної канавки з урахуванням вигару при нагріві. При нагріві в плазмовій печі вигар дорівнює 3%, при індукційному нагріві – 1%. Початкову заготовку по висоті беруть у межах 1,5 діаметра. У зв'язку з тим, що штампування проводиться в закритому штампі, до розмірів заготовки ставлять підвищені вимоги. Заготовка має допуск по довжині +1мм. Довжину заготовки розраховують з урахуванням допуску на діаметр.

Заготовки під штампування нагрівають у плазмових печах або на високочастотній установці. Штамповані заготовки із швидкорізальної сталі, щоб уникнути тріщин, поміщають для охолодження в складання з температурою 500-600 °С і охолоджують разом з піччю. Після охолодження штамповані заготовки піддають ізотермічному відпалу.

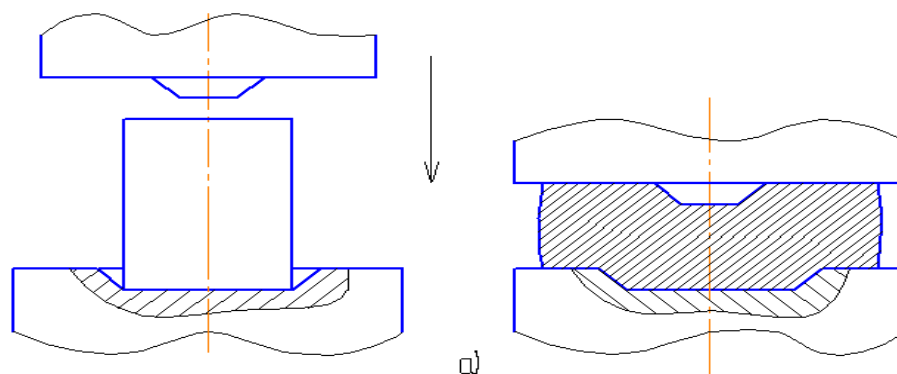


Рисунок 13 – Штампування у підготовчій канавці штампа

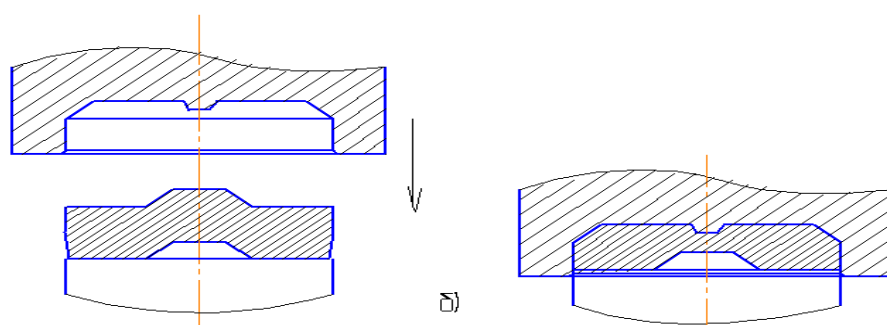


Рисунок 14 – Штампування у кінцевій канавці штампа

Під час отримання заготовки з листового матеріалу для відрізних і прорізних пил, сегментів застосовують холодне штампування, яке здійснюють на кривошипних або фрикційних пресах.

Гаряче пресування в спеціальних штампах. Формоутворення заготовок РІ методами пластичного деформування в умовах великосерійного і масового виробництва найбільш ефективно за коефіцієнтом використання металу та продуктивності.

При гарячому пресуванні в спеціальних штампах формується відразу різальна і хвостова частини інструменту з мінімальними припусками на механічне оброблення. Заготовку нагрівають до 1000-1200 °С і закладають в контейнер 1, підігрівають електричною спіраллю 10 до $t = 400$ °С (рисунок 15).

На початку пресування поршень 11 в циліндрі знаходиться внизу. Контейнер 9 притиснутий до знімного кільця 6, яке притискається до матриці 5, закріпленої на опорно-поворотній стійці 3. Під час робочого ходу пуан-

сона 7 вихідна заготовка пресується. У стійці є направляюча втулка 4, що запобігає викривленню заготовки. Після закінчення пресування пуансон разом з траверсою 8 повертається у вихідне положення. Під час ходу поршня вгору тягами 1 контейнер знімається з поковки (хвостовика кінцевого інструмента), утримуваної матрицею і знімним кільцем, та піднімається вгору. В деякий момент буртиками на тягах починає підніматися знімне кільце, захоплюючи за собою поковку, яка своєю гвинтовою частиною (для свердел) утримується в матриці. Прикладена до поковки зусилля викликає поворот опорно-поворотної стійки, фланець якої, упершись в підшипник 2, отримує обертання, і матриця згвинчується з видаляється поковки. Технологічна мастило – графіто-оливна суміш. Матриця виготовлена з дисперсно-твердіє сплаву литтям по виплавлюваних моделях.

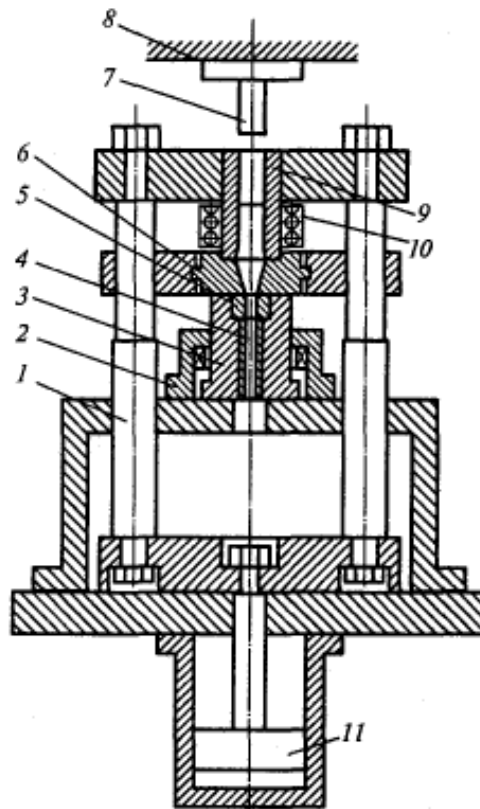


Рисунок 15 – Штамп для гарячого пресування інструмента

Гаряче гідродинамічне видавлювання. Даний процес здійснюється через матрицю, що має профіль перетину інструменту. Заготовка нагрівається до кувальної температури. видавлювання відбувається із застосуванням проміжного графітового середовища. Метод допускає ступінь деформації до 75%; ним отримують канавки розгортки, зенкерів, свердел, кінцевих фрез та ін. Шорсткість отриманих заготовок становить $Ra = 2,5-1,0$ мкм, а точність розмірів – в межах $0,2 \div 0,3$ мм.

При гарячому гідродинамічному видавлюванні (ГГДВ) створюються сприятливі умови всебічного нерівномірного стиснення, досягається міні-

мальний коефіцієнт тертя і максимальне наближення до ізотермічного деформування. Відсутність безпосереднього контакту заготовки з інструментом підвищує рівномірність розподілу деформацій, сприяє підвищенню пластичності оброблюваного матеріалу і зниження вартості штампованого інструменту. Поєднується пластичне формоутворення з термомеханічним зміцненням заготовки. Режим ГГДВ для сталі Р6М5 наступний: температура аустенізації 1210-1230 °С, температура деформації 1000 ± 50 °С, ступінь деформації 0,7-0,9, температура відпустки $t_{\text{відп}}^{\circ} = 560$ °С.

ГГДВ інструменту показано на рисунку 16. У початковий момент видавлювання пуансон 7 через графітовий вкладиш 5 передає тиск на нижній торець заготовки 4 (нагрітої до 1230-1245 °С), гострі краї якої почнуть пластично деформуватися, поки зусилля деформації не перевищить зусилля руйнування графітового вкладиша. В результаті створюється щільне з'єднання заготовки з вхідним конусом матриці 3, що перешкоджає витіканню графіту крізь вікно матриці. У міру наростання тиску графіт заповнює вільний простір заготовки і частково заходить в зазор між контейнером 6 і пуансоном. Надалі порошкоподібна графітове середовище ущільнюється настільки, що розподіляє тиск пуансона по торцевій і бічній поверхнях заготовки, тобто заготовка, піддаючись всебічному стиску, починає пластично деформуватися витіканням через матрицю. Заготовка проходить через калібруючу втулку 2 і надходить в охолоджуюче середовище 1 для загартовування.

Схема типового штампа для ГГДВ різального інструменту з отвором показана на рисунку 17. Пуансон 7 входить в контейнер 2 і за допомогою голки 8 і графітового вкладиша 9 прошиває заготовку 7 і видавлює її через вікно матриці 4 (запресованої в обоймі 5) і потім через калібруючу втулку 6. Нагрівання штампа ТВ4 здійснюється через водоохолоджуваний індуктор 3 до $T = 420-450$ °С.

Для гідродинамічного витискування використовують стандартні преси із зусиллям 1 МН і вище. Існує автоматична установка для пресування кінцевих фрез, зенкерів, розгортки $\varnothing 20-32$ мм із зусиллям преса 3,5 МН, хід повзуна 300-600 мм, швидкість плунжера 300 мм/с, продуктивність 120 шт. год.

У Німеччині для гарячого гідродинамічного витискування свердел $\varnothing 35-70$ мм застосовують спеціальний стан, на якому тривалість отримання заготовки свердла $\varnothing 35$ мм становить 40 с, а свердла $\varnothing 70$ мм – 90 с.

Вальцювання. Гарячу вальцювання заготовок з подальшою завивкою гвинтових канавок застосовують у великосерійному і масовому виробництві свердел $\varnothing 35-55$ мм. Спосіб полягає в прокочуванні робочої частини свердла (нагрітої до $T_{\text{ков}} = 1050-1150$ °С) між профільними валками з паралельними осями. Прокатка на вальці кованому стані проводиться між чотирма парами секторів з профілем змінного перерізу, поступово обжимають робочу частину заготовки (рисунку 18). Після прокатки заготовка све-

рідла має прямі профільні канавки, спинки і стрічки. Охолодившись до $T = 750-800\text{ }^{\circ}\text{C}$ заготовку завивають на спеціальному завивочному стані.

Секторний прокат. Відрізняється секторний прокат від вальцювання тим, що на валках струмки виконані не на повному колу, а тільки на його частині (секторі). Сектори мають профіль, зворотний профілю виготовляється інструменту. Завдяки змінному радіусу профілю секторів на інструменті утворюються канавки з необхідною конусністю серцевини. Цим методом можна виготовляти поздовжні канавки на попередньо зварених заготовках свердел. Хвостову частину свердла зі сталі 40 зварюють з робочою частиною з швидкорізальної сталі, відпалюють і знімають зварювальний грат. Потім нагрівають до температури $1000-1050\text{ }^{\circ}\text{C}$ і прокочують прямі канавки (рисунк 19). Після прокатки заготовки завивають при температурі $740-780\text{ }^{\circ}\text{C}$, отримуючи гвинтові канавки.

На інструментальних заводах є стани для прокатки канавок свердел продуктивністю 250 заготовок на годину, а для завивки – продуктивністю 250-750 шт. в годину.

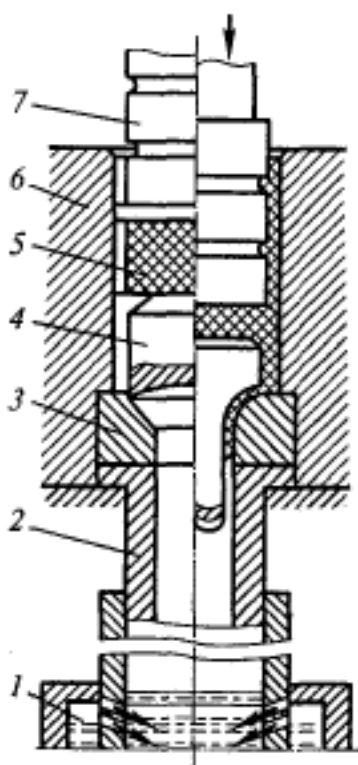


Рисунок 16 – Гаряче гідродинамічне видавлювання інструмента

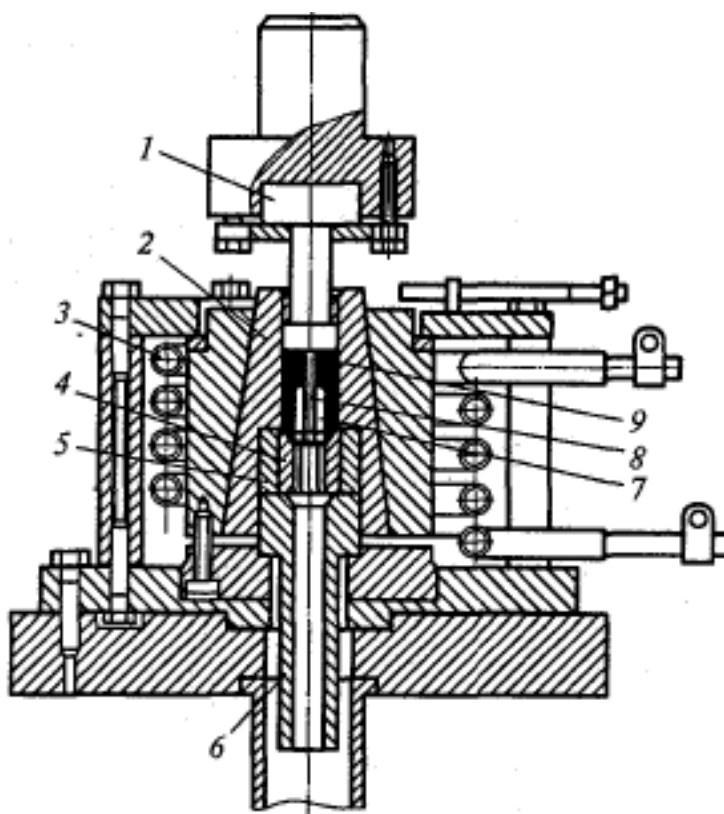


Рисунок 17 – Схема типового штампа для гарячого гідродинамічного видавлювання інструмента

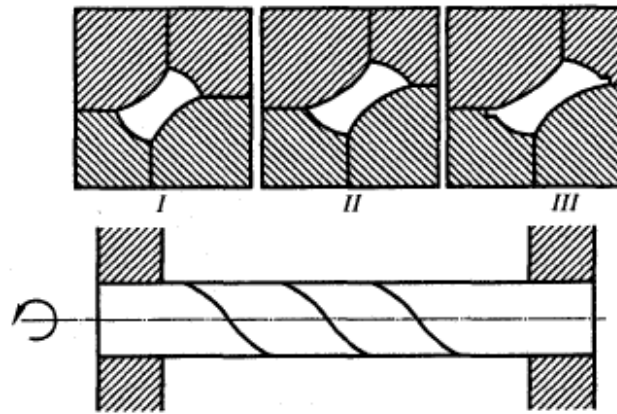


Рисунок 18 – Гаряче вальцювання заготовок з послідуною завивкою гвинтових канавок: I, II і III – відповідно перший, другий і третій струмки для прокатки профіля свердла

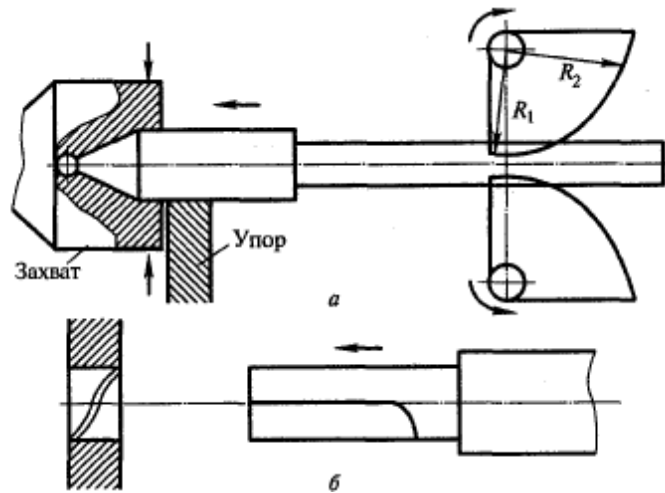


Рисунок 19 – Секторний прокат (а) і завивання стружкових канавок свердл (б)

Поздовжньо-гвинтовий прокат. У масовому виробництві під час виготовленні свердел $\varnothing 1,7-25$ мм застосовують поздовжньо-гвинтовий прокат (ПГП). Суть даного методу полягає в тому, що під час прокочування робочої частини заготовки (нагрітої до температури кування) за один прохід між двома парами профільних сегментів, що обертаються синхронно і розташованих під кутом до осі заготовок і близьким до кута нахилу гвинтової канавки, одна пара профілює профіль канавок, інша – профіль спинки і стрічок. Канавкові сегменти мають затилувальний профіль для отримання потовщення серцевини, а також заборну частина (рисунок 20).

Продуктивність при поздовжньо-гвинтовій прокатці може становити 1500-7500 шт. в зміну в залежності від діаметра свердел. Освоєно прокат свердел з Р6М5 і Р12, який, однак, лімітує пластичність сталі в нагрітому

стані. Для свердел $\varnothing < 12$ мм використовують сталь сірібрянку, для свердел $\varnothing > 12$ мм – зварні заготовки. Метод дозволяє економити швидкорізальну сталь, так як відходи мінімальні. Цим методом можна отримувати гвинтові канавки на заготовках кінцевих фрез, мітчиків і т. п.

Ротаційне обтиснення (радіальна кування). Ротаційне обтиснення є різновидом оброблення тиском. Сутність процесу полягає в тому, що заготовку піддають пресуванню або куванню в радіальному напрямку одночасно двома ударниками (пуансонами), вдається за один прохід отримати значний ступінь деформації без руйнування заготовки з малопластичних швидкорізальних сталей.

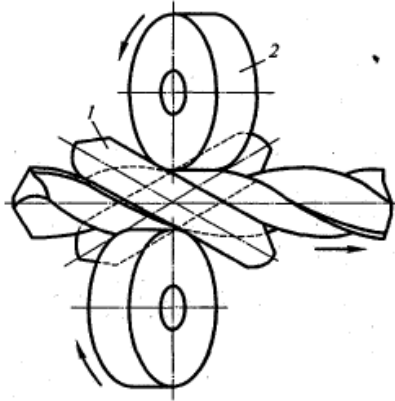


Рисунок 20 – Схема повздовжньо-гвинтової прокатки свердла:
1 – канавочний сектор; 2 – спиночний сектор

Ротаційне обтиснення виконують на спеціальних ротаційних пресах або кривошипних пресах в спеціальних штампах (рисунок 21) (наприклад, штамп для формування робочої частини стружкових канавок і квадрата хвостовика, зварних машинно-ручних мітчиків).

Заготовка 7 центрвальними отворами базується на нижній і верхній 4 керні. При ході повзуна преса і стакан 5 вниз клини 3 і 8 тиснуть на ударники-пуансони 6 і 2, які рухаються перпендикулярно до осі заготовки. Під штампкування частини заготовки зі швидкорізальної сталі нагрівають (для Р6М5 до 1050-1150 °С). Ротаційне обтиснення можна застосовувати для інструментів з конічним хвостовиком, прямими канавками та ін.

Редукування. Спосіб запропонований в радянські часи Всесоюзним науково-дослідним інструментальним інститутом (ВНДІ) для мітчиків і полягає в продавлюванні пуансоном вихідної заготовки мітчика, діаметр якої дорівнює робочої частини, через що редукує фільтр, діаметр вікна якого дорівнює діаметру хвостової частини. При скороченні збільшується загальна довжина заготовки. Здійснюється редукування на пресах або холодновисадкових автоматах. Вихідними заготовками служать: сталь сірібрянка, холоднотягнута і гарячекатана сталі, а також шліфувальних верстатів.

Під час редукування заготовок мітчиків зі швидкорізальної сталі зниження трудомісткості становить 24%, а собівартість зменшується на 12%. Сту-

пінь деформації під час оброблення редукуванням визначається коефіцієнтом обтиску, який становить приблизно 30%.

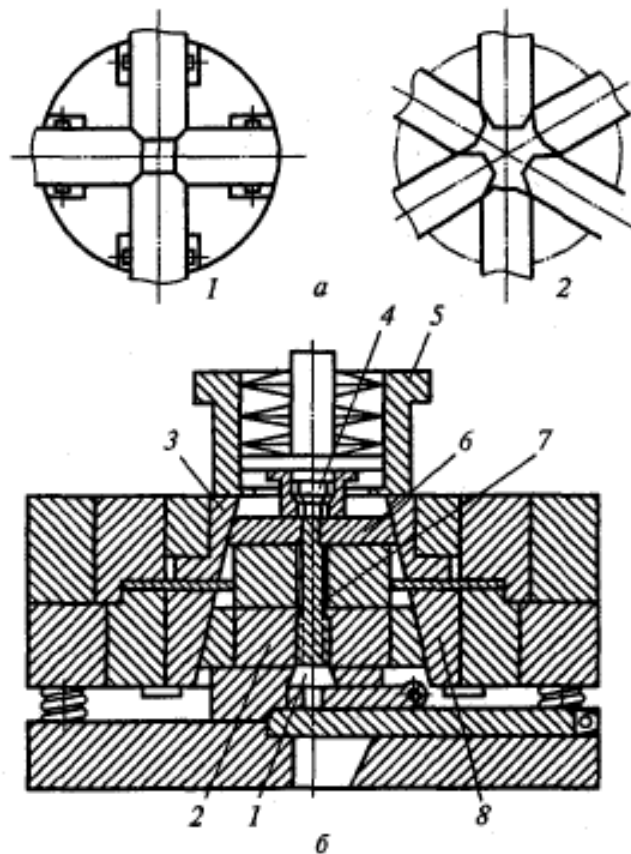


Рисунок 21 – Ротаційна ковка мітчика:

a – схема ковки квадрата (1) і стружечних канавок (2); *б* – штамп

Лиття заготовок зі швидкорізальної сталі. Застосування литих заготовок зі швидкорізальної сталі дозволяє економити інструментальні матеріали. Під час виготовлення інструменту з прокату або поковок маса заготовок перевищує в 1,5-2 рази маси готового інструменту і в середньому 50% металу йде в стружку.

Червоностійкість і зносостійкість литих інструментів не поступається кованим, а в'язкість литої швидкорізальної сталі нижче, ніж кованої. Рекомендується виготовляти литий інструмент при наявності основної вимоги – зносостійкості (свердла, фрези).

Для отримання виливків рекомендується застосовувати сталь з високим вмістом вуглецю (менше часу у газових камер, так як знижується об'ємна усадка, підвищується плинність), а також марганцю і кремнію (для кращого розкислення, а отже, відсутність газових раковин).

Для отримання заготовок інструменту застосовують такі види лиття:

1. За виплавними моделями – для складного дрібного і насадного інструменту $\varnothing < 80$ мм.

2. Лиття в оболонкові форми (з піщано-смоляних сумішей), особливо для виливок кінцевого інструмента. Максимальна маса виливки 20 кг. Керамічні форми при масі більше 20 кг.

Всі виливки піддають відпалу за стандартним режимом, але час витримки в період ізотермічного розпаду збільшують до 2 разів, що сприяє отриманню більш рівномірної структури.

Термічне оброблення (ТО) литого інструменту аналогічна стандартної, але час нагрівання під загартування збільшують на 30 – 50%. Іноді здійснюють дворазове загартування для габаритного інструменту. Перше загартування до механооброблення ведуть при $T = 1250-1260$ °C з витримкою 25-30с на 1 мм перерізу (це в 5-6 разів більше звичайної витримки), що змінює розташування карбідів. Після гарту проводять ізотермічний відпал, потім виконують механооброблення, остаточне загартування і відпуск. Витримка при остаточному нагріванні 8-10 с на 1 мм перерізу замість 6 с для кованого інструмента. Подвійна термічне оброблення руйнує скелетоподібну форму карбідів, вони розподіляються рівномірно. Ефективність литих заготовок залежить від рівня ливарної технології та організації виробництва.

6 ЗАКРІПЛЕННЯ РІЗАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ІНСТРУМЕНТІ

Зварювання заготовок різального інструмента. Основні різновидності при виготовленні збірного інструменту показано на рисунку 22

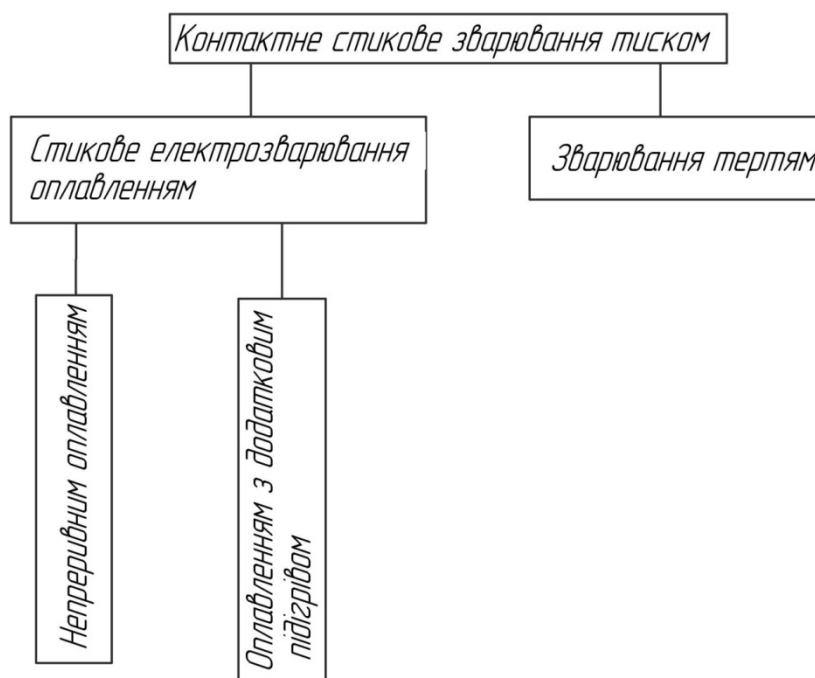


Рисунок 22 – Основні різновидності зварювання збірного інструменту

Стикове зварювання. В інструментальному виробництві під час виготовлення хвостового і стрижневого інструмента широко застосують стикове електрозварювання (рисунок 23, *a*) робочої частини 1 із швидкорізальної сталі і неробочої частини 2 з конструкційної або інструментальної вуглецевої сталі.

Контактне стикове зварювання тиском – процес з'єднання металів при сумісній пружкопластичній деформації і утворенні між поверхнями міцного металевого зв'язку. Цей вид зварювання підрозділяють на зварювання опором і зварювання оплавленням. Зварювання оплавленням має два різновиди: зварювання безперервним оплавленням і оплавленням із попереднім підігрівом. Під час зварюванні з безперервним оплавленням процес складається з двох основних стадій – оплавлення і осідання, при зварюванні з підігрівом з трьох – підігріву, оплавлення і осідання.

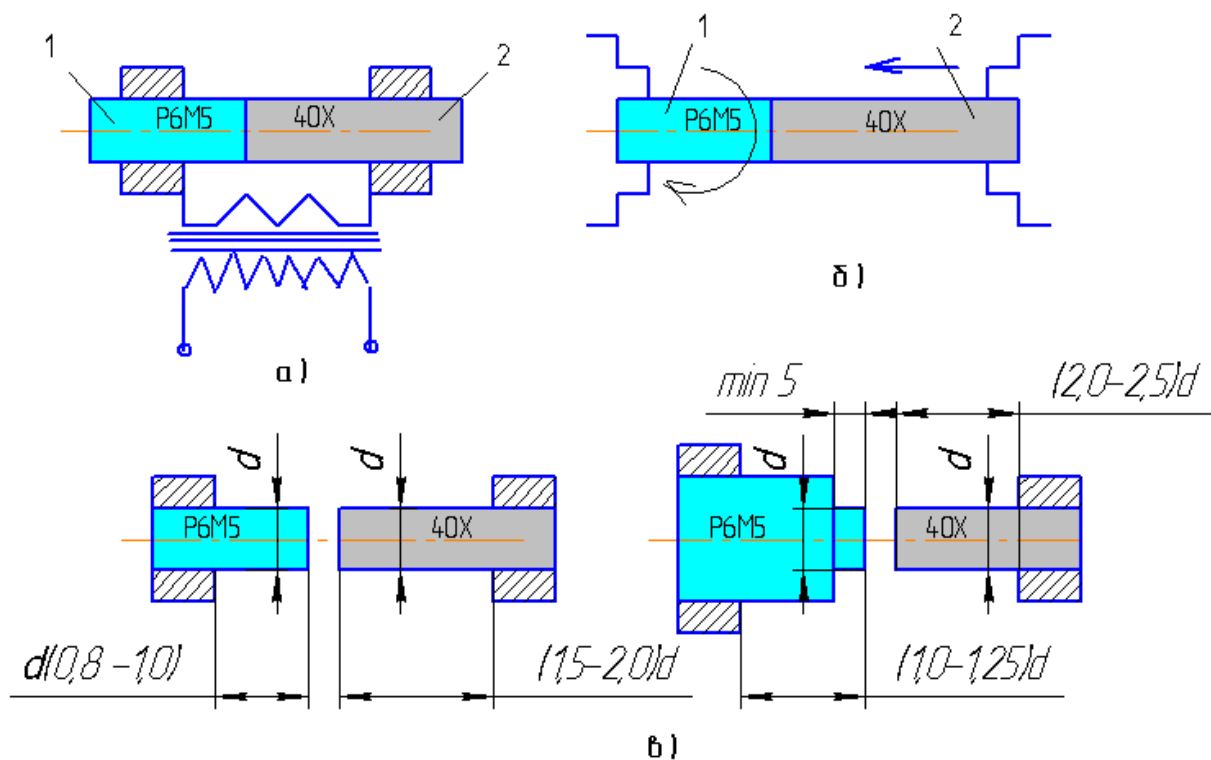


Рисунок 23 – Схеми стикового зварювання

Під час зварювання методом безперервного оплавлення зварювані заготовки, підключені послідовно у вторинну обмотку зварювального трансформатора, підводяться одна до одної. Між торцями заготовок у деяких точках виникає електричний контакт, що має високий опір через малу площу, ділянки контакту швидко плавляться. При подальшому наближенні торців заготовок ці явища повторюються на інших контактних ділянках, і так до того часу, поки вся поверхня торців не буде оплавлена, а торці нагріті до температури, необхідної для зварювання тиском. Потім струм вимикається, заготовки здавлюються, відбувається процес зварювання. Недолік цього методу – підвищена витрата металу на оплавлення.

Процес зварювання з підігрівом відрізняється від процесу зварювання безперервним оплавленням тим, що торці зварюваних деталей спочатку підігріваються шляхом багатократного контакту під напругою, а потім відбуваються їх оплавлення і зварювання. З використанням цього методу працюють усі електрозварювальні машини.

При дрібносерійному виробництві різального інструмента застосовують електрозварювальні машини з ручним управлінням, при багатосерійному виробництві – електрозварювальні напівавтомати. Напівавтомат СА2 призначений для зварювання заготовок діаметром 20-60мм і забезпечує роботу за таким автоматичним циклом: затиск заготовок, швидке холосте підведення стола до взаємного упору заготовок, підігрів до трьох замикань за секунду, оплавлення і осідання, звільнення заготовок від затисків, повернення стола в початкове положення.

Внаслідок відмінної теплопровідності, теплоємності і електропровідності швидкорізальної і конструкційної сталей величина вильоту кінців зварюваних заготовок із затисків зварювального апарата встановлюється різною (рисунок 23, б).

Для отримання рівномірного нагріву виліт із затисків заготовки з конструкційної сталі (40, 40Х, 45) повинен бути не менше ніж в 1,5-2 рази більше вильоту заготовки із швидкорізальної сталі. Щоб уникнути підгартування зварного шва внаслідок інтенсивного відведення тепла в мідні затиски, виліт заготовки із швидкорізальної сталі рекомендується встановити мінімальним (0,5, але не менше 10мм).

Довжину заготовки під зварювання необхідно вибрати з урахуванням припуску на оплавлення і осідання під час зварювання.

Відношення припуску на частину заготовки із швидкорізальної сталі до загального припуску під зварювання є величиною постійною для даною пари зварюваних сталей; середні значення цього співвідношення: 0,65 – для сталей Р6М5, Р18; 0,7 – для сталі Р6М5К5; 0,75 – для сталей Р9Ф5; 0,8 – для сталей Р9К10 і Р10К5Ф5.

При контактному зварюванні нагрів здійснюється переважно за рахунок тепла, що виділяється в місці контакту зварюваних заготовок під час проходження струму. Кількість тепла, що виділяється під час зварювання:

$$Q = 0,24 \cdot I^2 \cdot R_{зв} \cdot t, \quad (9)$$

де I – зварювальний струм, А; t – час проходження струму, с; $R_{зв}$ – активний опір ділянки зварювального ланцюга між затискними губками, Ом.

Отже, процес зварювання можна регулювати шляхом зміни потужності або часу зварювання. Потрібна потужність для зварювання визначається залежно від площі зварюваного перетину і хімічного складу зварюваних заготовок. При стиковому зварюванні сталі Р6М5 із сталлю 45 для заготовки діаметром 10мм застосована потужність 9кВт, сила осідання 3800 Н; для заготовки діаметром 25-32мм застосована потужність 60кВт, сила осідання 342000Н; для діаметра заготовки 63-80мм застосована потужність 150кВт, сила осідання 180000Н.

Якщо потужність машини недостатня для зварювання заготовок потрібного перетину, допускається утворення кільцевих торців шляхом свердлення отворів у торцях заготовок із швидкорізальної і вуглецевої частин.

Зварювання тертям (рисунок 23, в) є різновидом зварювання тиском. Зварне з'єднання утворюється в результаті сумісної пластичної деформації деталей у твердій фазі. Нагрів зварюваних поверхонь відбувається у результаті їх тертя, при цьому механічна енергія безпосередньо перетворюється в тепло. Причому генерування тепла відбувається строго локалізовано в тонких поверхневих шарах металу.

При зварюванні тертям одну із зварюваних заготовок закріплюють на шпинделі верстата і вона обертається разом із ним для створення взаємного ковзання торців і їх розігрівання, іншу заготовку нерухомо закріплюють на поздовжньому супорті, і вона набирає разом із супортом поздовжнього переміщення до з'єднання з торцем заготовки, що обертається, із заданою силою. Тепло, що виділяється при терті, розігріває торці заготовок, обертання шпинделя припиняється, заготовки підтискаються супортом, і проводиться їх з'єднання. Величина сили осідання, що забезпечує витискування проміжного шару в гарт, визначається властивостями швидкорізальної сталі і глибиною прогріву торців стрижнів. Розігрівання торців заготовок відбувається при тиску 1×10^8 Па, зварювання – при тиску 2×10^3 Па.

Основними перевагами зварювання тертям у порівнянні із стиковим електрозварюванням є скорочення витрати зварювальних матеріалів (припуск на вигар у 4 рази менше, ніж при електричному зварюванні); значна економія електроенергії; висока продуктивність процесу (у 1,5-2 рази вище за електростикове зварювання); підвищена точність зварювання з меншим процентом браку; легкість автоматизації процесу; кращі умови праці зварювачів і висока якість зварного шва.

Зварювання тертям в інструментальному виробництві застосовують при стиковому зварюванні заготовок круглого перетину і зварюванні зламаного інструменту. В інструментальному виробництві для зварювання заготовок тертям використовують напівавтомати МФ-346 – для заготовок діаметром 6-15мм, МФ-327 – для заготовок діаметром 10- 22мм, МФ-341 – для заготовок діаметром 16-35мм. На машині МФ-341 після зварювання проводиться зняття зварювального грата різцем, встановленим на поперечному супорті.

Для зняття напруги, що виникає в металі під час зварювання, і зменшення твердості зварного шва заготовки після зварювання повинні поволі остигати в печі або в ящику з піском, після чого заготовки піддають відпалу. Застосовують також ізотермічний відпал. У цьому випадку заготовки після зварювання відразу поміщають в нагріту до температури 870°C піч і після нагріву всієї партії до 870°C її витримують 2 - 4 год. Після закінчення витримування заготовки охолоджують разом із піччю до 550°C , після чого їх вивантажують і охолоджують на повітрі. Твердість після відпалу в зоні зварного шва на ділянці із швидкорізальної сталі повинна бути в межах $\text{HRC} = 22-24$.

При контролі зварених заготовок перевіряють їх розміри і міцність з'єднання. Допускаються відхилення розмірів: по довжині заготовки ± 1 мм; зсув осі $\pm 0,5$ мм при діаметрі заготовки до 18мм, ± 1 мм при діаметрі до 30мм, $\pm 1,5$ мм при діаметрі вище 30мм, а стріла прогинання 1мм на 100мм довжини. Якість зварного з'єднання перевіряють зовнішнім оглядом і вибірково за структурою.

Зварні заготовки інструмента контролюють відповідно до ГОСТ 3242-79 і методами, розробленими для інструментальної промисловості.

Зовнішнім оглядом визначають підгар поверхні, зовнішні тріщини, непровари і раковини. Люмінесцентний контроль застосовують для виявлення дрібних тріщин і непроварів. Технологічну пробу в цехових умовах можна проводити спрощеним ручним способом: заготовку ударяють кінцем короткої частини об кут масивної металевої плити. Заготовки, що мають міцність при розтягуванні менше 400 Н/м^2 , руйнуються. При аналізі металографії визначають дефекти структури зварного з'єднання і зони термічного впливу, тріщини, непровари. У шві недопускається груба лита ледебуритна структура. Ширина феритного шару не повинна перевищувати $0,3 \text{ мм}$, а для інструментів, що працюють із значними крутними моментами, – $0,05 \text{ мм}$. У легованих сталях 35ХГСА, Х12 прошарок практично не утворюється. Ультразвукову дефектоскопію застосовують для перевірки тріщин, непровару і раковин. Для цієї мети застосовують дефектоскоп типу ДУК-66.

Припаювання пластин із твердого сплаву. За необхідності забезпечення високої жорсткості інструмента і в тих випадках, коли конструктивно утруднене застосування твердосплавного інструмента з механічним кріпленням, застосовують твердосплавний інструмент з припаюваннями пластинками. Особливістю напаявання твердосплавних пластин є те, що з'єднуються два абсолютно різних (як за хімічним складом, так і за фізико-механічними властивостями) матеріали. Коефіцієнт лінійного розширення сталі приблизно в 2 рази більше, ніж твердого сплаву, що призводить у процесі охолодження до деформації пластинки і державки, викликаючи в них значну напругу, яка може призвести до появи тріщин у твердому сплаві, шві і корпусі інструмента.

З'єднані припоєм твердий сплав і сталь, охолоджуючись, пружно взаємодіятимуть через припій і після охолодження матимуть загальну довжину. При цьому твердий сплав стане стиснутим, а сталь розтягнутою.

Низька теплоємність твердих сплавів у поєднанні з високим електричним опором обумовлює швидший нагрів твердого сплаву, ніж сталі. Знижена теплопровідність створює при нагріві і охолодженні різкі перепади температури; внаслідок цього через знижені міцнісні характеристики твердого сплаву при розтягуванні можуть утворюватися тріщини.

Технологія паяння повинна забезпечити досить міцне з'єднання пластинки твердого сплаву з корпусом і цілісність пластинки твердого сплаву у процесі виготовлення і експлуатації.

Зниження залишкової напруги в паяних з'єднаннях і зменшення тріщиноутворення в твердому сплаві повинні бути досягнуті:

а) збільшенням товщини корпусу або зменшенням товщини пластинки (відношення $H/h \geq 3$);

б) застосуванням корпусу із сталей, що сприяють зниженню залишкової напруги в паяних з'єднаннях (наприклад, 35ХГСА та ін.);

в) пристроям низькотемпературних пластичних припоїв, що забезпечують менший перепад температури при охолодженні паяного з'єднання і велику можливість пластичної деформації паяного шва;

г) збільшенням товщини шару припою за рахунок застосування компенсаційних або кернуванням поверхні з'єднання;

д) гартуванням сталевого корпусу інструмента. При цьому об'єм корпусу збільшується, і внутрішня напруга в паяному з'єднанні зменшується;

е) застосуванням відпуску релаксації (при температурі 220-240°C не менше 8 год); при цьому знижуються внутрішні напруження за рахунок збільшення повзучості припою.

Приклад припоїв, що мають знижену температуру паяння і мають вищу пластичність, що сприяє релаксації напруги при охолодженні з'єднань: срібловмісні припої типу ПСр40, що мають температуру паяння 600-800 °С; тришарові срібловмісні припої, складені з мідної фольги (компенсаційна прокладка), плаковані з двох боків припоєм, наприклад ТМСр47М, а також припої підвищеної пластичності, наприклад, припій ПРМНМЦ 08-4-2.

Для високонавантажених з'єднань рекомендується застосовувати високоміцний припій ПРАНМЦ 0,6-4-2, хімічно активний флюс Ф-100 і гарт охолодженням після паяння корпусу під пластинкою. У практиці застосовують мідні і латунні припої.

Пази під пластини твердого сплаву (рисунок 24) роблять відкритими (різці, ножі збірного інструмента), напівзакритими (різці, зенкери, фрези) і закритими (свердла). Площини пазів обробляють переважно фрезеруванням з шорсткістю $Rz = 40 - 10 \mu\text{м}$. Твердосплавні пластини не повинні мати тріщин, відколів і викривлень більше 0,05мм.

Пластини, що мають викривлення, шліфують на плоскошліфувальних верстатах алмазними шліфувальними кругами або піддають електрохімічному обробленні. Закриті пази виготовляють з урахуванням забезпечення щільної посадки пластинок. Зазор між площинами паза і пластинки допускається в межах 0,05-0,15мм.

Перед паянням інструмент із закритими пазами та напівзакритими пазами збирають. Пластини кріплять по можливості підкарбовуванням. Для кріплення пластин підкарбовуванням у багатолезового інструмента (фрез, зенкерів, розгорток) залишають по передній поверхні технологічну стінку завтовшки 0,3–0,6мм, яку видаляють після паяння заточуванням.

У деяких випадках пластини можна кріпити штифтами (4) (гвинтові пластини) або обмотувати м'яким дротом, а також азбестовим шнуром (рисунок 24). Способи паяння вибирають залежно від способу нагріву інструмента. Розрізняють паяння індукційне (на установках СВЧ), пічне у печах з мазутовим або газовим нагрівом або в електричних печах з газовою відновною атмосферою, контактну (на машинах для електростикового зварювання), полум'яну (ацетиленокисневим паяльником), зануренням в розплавленій припій і зануренням в розплавлені солі.

Паяння твердосплавних пластин при індукційному нагріві є однією з найпродуктивніших операцій, які легко піддаються автоматизації. Для

створення нерознімних з'єднань твердосплавних пластин з державками застосовують дифузійне зварювання у вакуумі.

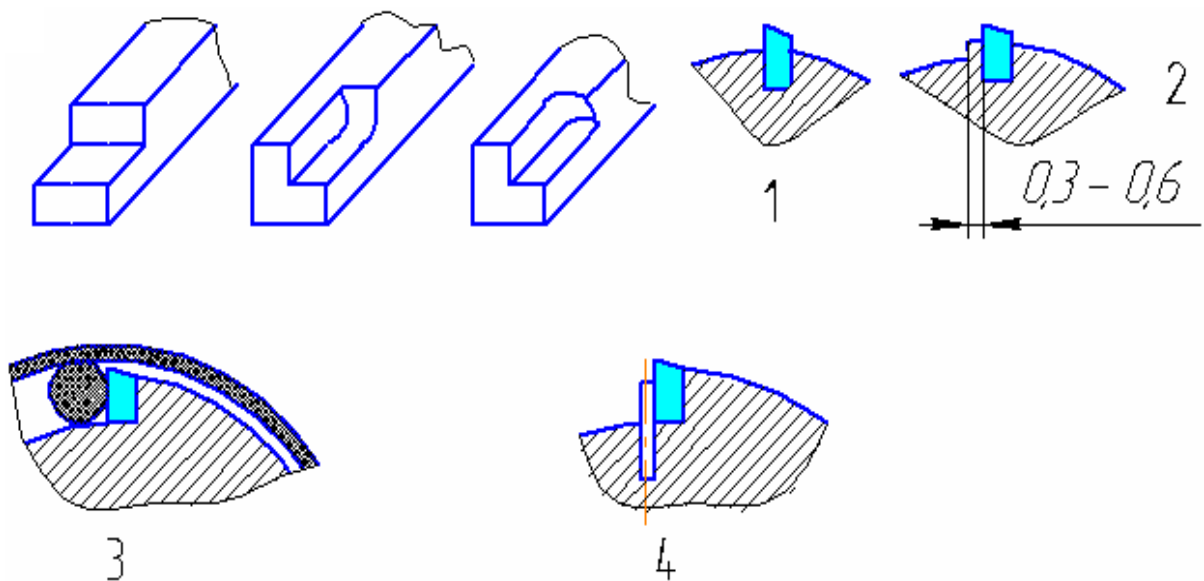


Рисунок 24 – Форми пазів під пластини та засоби фіксування пластин перед припаюванням

Клейові з'єднання різальних інструментів. Клейові з'єднання забезпечують підвищені експлуатаційні властивості інструмента завдяки збереженню початкових фізико-механічних властивостей матеріалів, які склеюються при низьких температурах. Особливо ефективно застосування методу склеювання для кріплення важкоспалюваних і незварюваних інструментальних матеріалів, наприклад, безвольфрамкових твердих сплавів, керамічних і синтетичних надтвердих матеріалів. Склеювання ефективно застосовувати для інструментів, що працюють при низьких температурах (протяжок, розгортки та ін.).

Марку клею призначають залежно від умов роботи. Як клей застосовують, наприклад, епоксидно-фенолові смоли, епоксикремній-органічний клей, а також клеї ТКЛ-75, ТКС-75 та інші, що мають теплостійкість 250 °С, клеї Т-73, Т-30, що мають теплостійкість 300 °С і вище, або клеї ВК9, ВК28 та інші, холодного твердіння. Термопластичні клеї для склеювання інструмента непридатні.

При конструюванні клейових з'єднань необхідно враховувати таке:

а) повинне бути забезпечене розвантаження клейового шва за рахунок різних конструктивних елементів, що беруть навантаження від сили різання;

б) за рахунок певного розташування клейового шва до напрямку рівнодіючої сил різання забезпечити розвантаження шва від сил стиснення або стиснення із зрушенням;

в) повинен бути забезпечений мінімальний нагрів клейового шва за рахунок найбільш сприятливого розміщення з'єднувального шва стосовно го різальної кромки як до місця розташування джерела тепла.

Ефективним способом розвантаження клейового з'єднання від сил різання є застосування напівзакритих пазів, врізаних з'єднань, клеємеханічних з'єднань, різальних елементів спеціальної форми. Інструменти з клейовими з'єднаннями (рисунок 25) можна виготовляти практично всіх видів із твердосплавними і швидкорізальними різальними елементами. Товщина клейового шва в усіх типах клейових з'єднань повинна бути у межах 0,05-0,15мм. Шорсткість поверхні склеюваних поверхонь після механічного оброблення $Rz = 40 - 20\mu\text{м}$. Перед склеюванням поверхні повинні бути очищені і знежирені.

Оптимальний спосіб підготовки поверхні інструментальних матеріалів перед склеюванням в умовах багатосерійного виробництва – дробоструминна обробка і знежирення їх водними миючими розчинами в ультразвукових ваннах. Нагрівання перед склеюванням можна проводити в електропечах або на установках СВЧ.

У процесі шліфування і експлуатації клеяних інструментів не допускається нагрів клейового шва вище за критичну температуру для даної марки клею.

Засоби кріплення кристалів із надтвердих матеріалів. Для алмазних різців застосовують такі методи кріплення кристала в державці:

а) паяння діаманта у відкритому пазу;

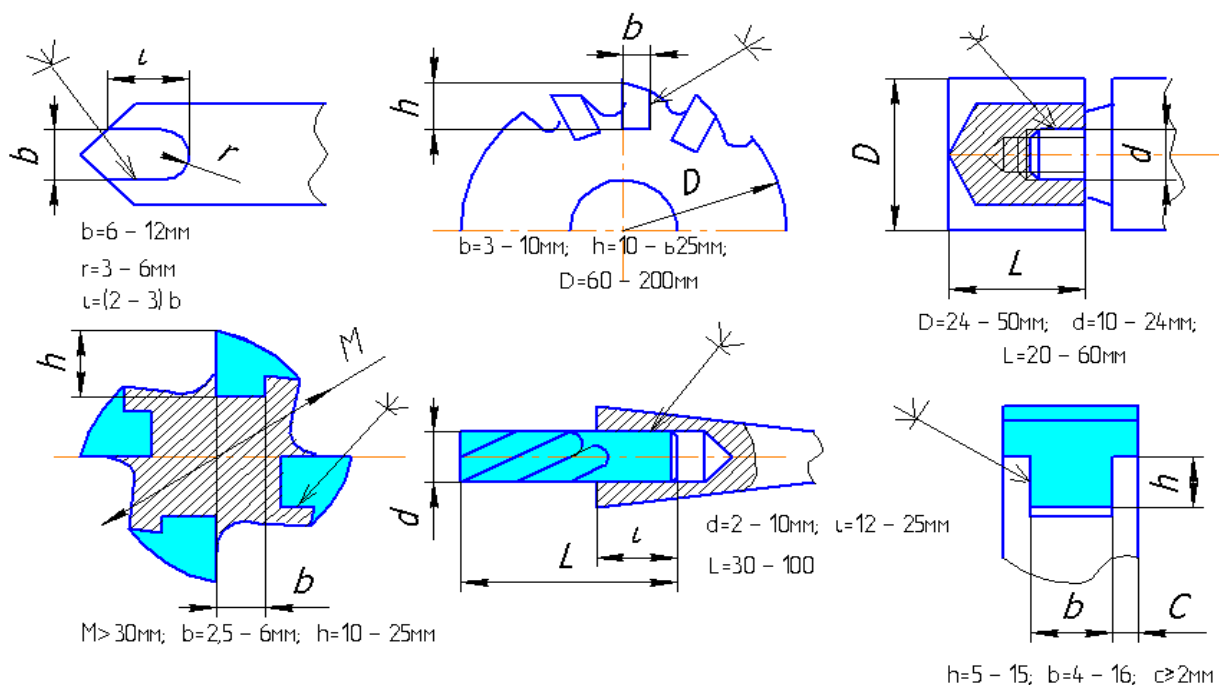


Рисунок 25 – Приклади інструментів з клейовими з'єднаннями твердим припоєм

б) пресування алмазів у металокерамічні вставки і кріплення останніх за допомогою механічних притисків у державці;

в) зачеканення алмазів в закритому пази державки.

Паяння (після зачеканення) проводять срібним припоєм ПСр50кд за температури плавлення 650-700 °С на установках СВЧ або у вакуумних печах.

Найбільше застосування для кріплення кристала з ельбору-Р в інструменті отримали паяння і метод порошкової металургії. Під час паяння заготовку з ельбору-Р кріплять безпосередньо в тілі інструмента. Методом порошкової металургії виготовляють вставки з різальним елементом з ельбору-Р, які встановлюють у державку.

Перевагами паяння є проста конструкція і невеликі габаритні розміри інструмента, високі міцність та надійність кріплення кристалів, можливість використання кристалів порівняно невеликих розмірів (0,3-0,6 карата). Недоліками методу кріплення паянням є небажаний нагрів кристала, необхідність підгонки поверхонь кристалла і державки. Частково ці недоліки усуваються під час металізації кристалів. Металізація здійснюється головним чином електролітичним способом. Для покриття використовують метали з добрими адгезійними і капілярними властивостями стосовно алмаза (мідь, нікель, срібло, титан та їх сплави).

Окрім електролітичного, відомі ще деякі способи металізації алмазів: вакуумне напилення металевих частинок на поверхню алмаза, нанесення металевої плівки за допомогою тліючого розряду й ін.

Методом порошкової металургії виготовляють вставки з різальним елементом – ельбор-Р, які потім вставляються в державку. Заготовку з ельбору-Р пресують разом із шихтою на основі залізного порошку. Отриманий агрегат спікають у водневій печі, потім виконують механічне оброблення металевої частини, у результаті якої формується корпус вставки.

7 МЕХАНІЧНЕ ОБРОБЛЕННЯ ІНСТРУМЕНТІВ

Оброблення торців і центрування заготовок. Базою при обробці хвостового різального інструменту на металорізальних верстатах є центрові отвори, або зовнішні центри. Центрові отвори з кутом конуса 60° показані на рисунку 26, *а, б*. Ряд інструментів, такі як протяжки, розгортки, мітчики з шліфованим профілем різьблення, постачають центровими отворами з запобіжним конусом. Запобіжний конус з кутом 120° захищає центровочний отвір від пошкодження (при переточуваннях і контролі). Для оброблення інструментів підвищеної точності роблять центрові отвори з дугоподібною форми (див. рисунок 26, *в*).

Устаткування для формування торців і центрування різне. Всі схеми передбачають нерухоме положення заготовки і послідовне або паралельне оброблення торців заготовки комбінованими або некомбінованими інструментами (рисунок 27, *а, б*). Схема із застосуванням комбінованої інструментальної головки показана на рисунку 27, *в*. Головка складається з центрувального свердла 1 і двох непереточуваних багатогранних пластин 2 і отримує обертання з осьюовою подачею. Таку схему застосовують під час оброблення заготовок $\varnothing 10-50$ мм. По ній працюють верстати моделей 2910, 2911, 2931, 2A931 загальномашинобудівного застосування, а також спеціалізовані верстати моделей СІ-097, ВГ-22, СІ-099 для інструментального виробництва.

В одиничному виробництві торці підрізають на токарних верстатах, а центрування здійснюють на токарних, свердлильних або центрувальних верстатах. У серійному і масовому виробництвах застосовують фрезерно-центрувальні верстати ($\varnothing 25-125$ мм і вище) наступних моделей: МР-71М, МР-73М, МР-76М, МР-77М, МР-78м; а також двосторонні центрувальні верстати моделей ВС-150, ВС-110.

Після термічного оброблення геометрія центрових отворів може бути порушена. Їх відновлюють на вертикально-свердлильних верстатах за допомогою твердосплавних зенковок (рисунок 28) або на вертикальних центрошліфовальних верстатах спеціально запроваденим шліфувальним кругом.

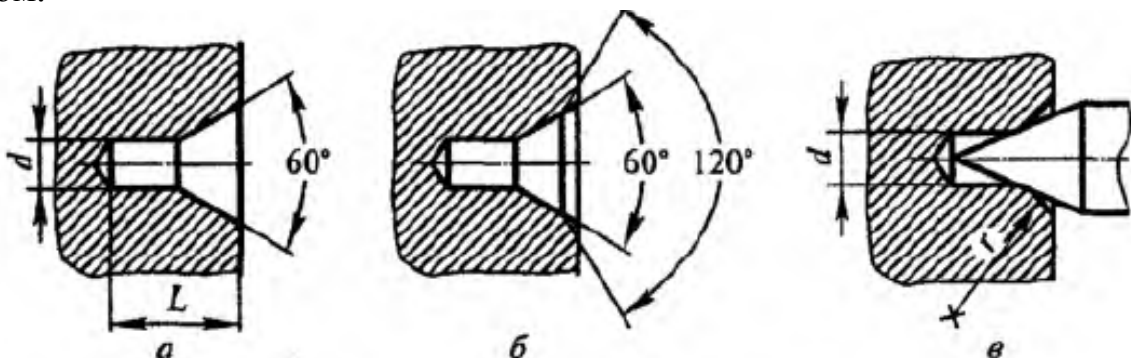


Рисунок 27 – Різновидності центрувальних отворів:

а – з кутом 60° ; б – із запобіжним конусом; в – з дугоподібною твірною

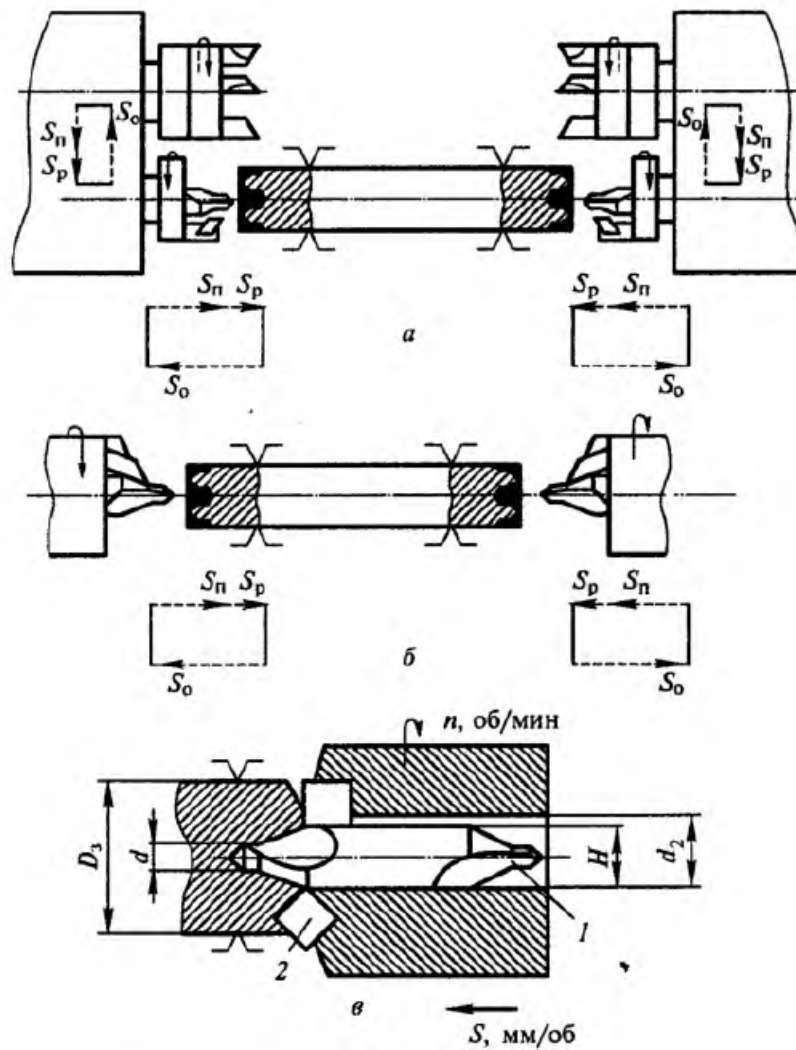


Рисунок 28 – Підрізання торців і центрування заготовок:
а – послідовне; б і в – комбіноване; S_{Π} – пришвидшений підвід; S_p – робоча подача; S_o – пришвидшений відвід інструмента

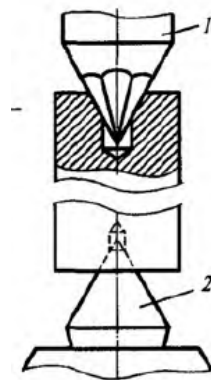


Рисунок 29 – Схема чистового оброблення центрувальних отворів:
1 – оброблюваний інструмент (зенкер, шліфувальний круг або притир);
2 – підтримуючий упор

Токарне оброблення поверхонь тіл обертання та їх елементів. Токарне оброблення насадного інструменту в дрібносерійному виробництві ведуть на токарних верстатах загального призначення, в серійному – на револьверних (1Д613, 1Г325, 1Е365, 1П365 та ін.), а також багатшпіндельних напівавтоматах 1А240П, 1265ПМ, 1А290П. У великосерійному виробництві використовують одношпіндельні токарно-револьверні автомати (1Б125, 1Б136, 1Б140 і ін.).

На рисунку 30 показана схема оброблення корпусу насадної розгортки на револьверному верстаті. При серійному і масовому виробництвах корпусів збірних інструментів $\varnothing 150$ мм і більше застосовують вертикальні багатшпіндельні напівавтомати послідовної дії (наприклад, 1К282 – восьмишпіндельний).

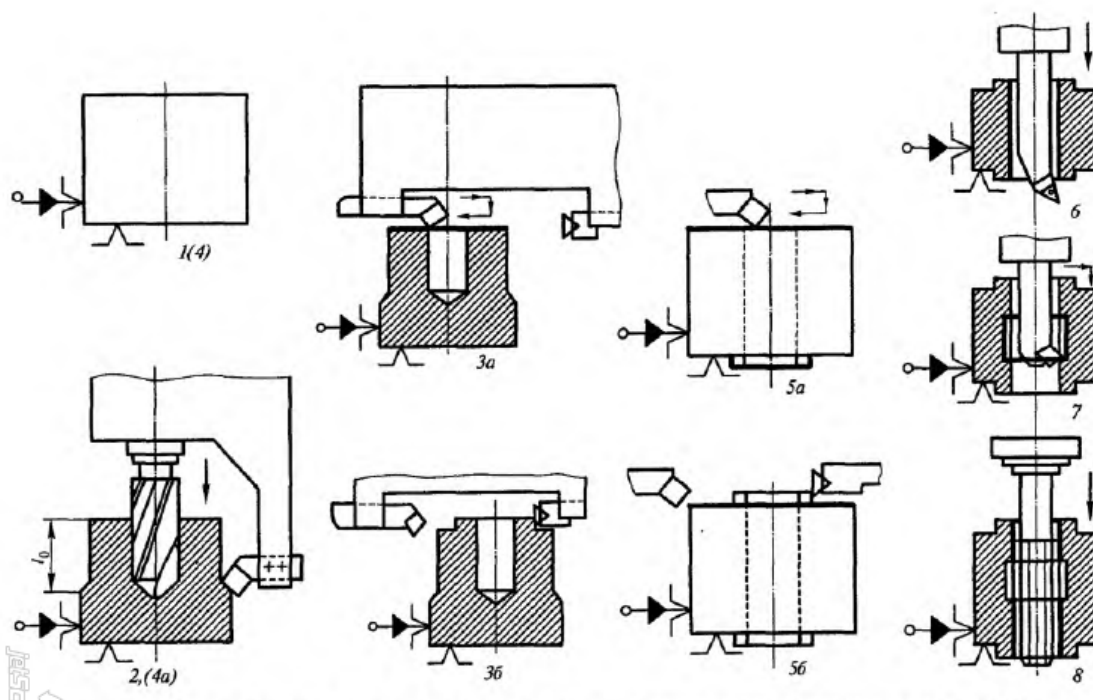


Рисунок 30 – Схема токарного оброблення корпусу насадної розвертки на револьверному верстаті: 1 – намітка центра; 2 – свердлення отвору; 3 – наскрізне свердлення меншим діаметром; 4 – обточування зовнішнього діаметра; 5 – підрізка торця; 6 – чорнове розверстування кінцевого отвору; 7 – розточування виточки; 8 – чистове розверстування кінцевого отвору; 9 – оброблення фаски

На рисунку 30 представлена схема оброблення черв'ячної модульної фрези на 8 – шпіндельному напівавтоматі моделі 1К282. При цьому можуть бути здійснені наступні види робіт: 1 – установка і закріплення заготовки; 2 – свердління отвору на глибину і одночасно обточування зовнішньої поверхні до кулачків (патрона); 3 а, 3 б – підрізування торця і обточування буртика; 4 –

перестановлення (поворот) заготовки і закріплення її в патроні; 4 а – проточуються зовнішньої поверхні, що залишилася необробленою, так як за неї було закріплення заготовки на позиції 7 і досверлівання отвори (на позиції 4 а не показані); 5 а, 5 б – підрізування другого торця і обточування другого буртика, послідовно; 6 – розточування отвору; 7 – розточування виточки; 8 – розгортання отвори, розкріплення і зняття заготовки з верстата.

Для оброблення заготовок з прутків в серійному виробництві застосовують одно- і багатошпиндельні автомати загального призначення; автомати фасонного і поздовжнього точіння; при великих партіях – пруткові 4-, 6- і 8-шпиндельні автомати. На цих верстатах виробляють чорнове, чистове і фасонне обточування, підрізання торців і уступів, свердління, зенкування, розвертування, нарізування різьблення і відрізки.

На фасонно-відрізних і фасонно-токарних автоматах обробляють прутки \varnothing 2-65 мм. Для цих цілей використовують верстати моделей: 1А10П – \varnothing прутка до 6 мм; 1Е116, 1Е116П – 0 до 16 мм; 1Е125 – 0 до 25 мм і т. д.

Для токарного оброблення кінцевого інструмента в дрібносерійному виробництві рекомендують застосовувати центрові токарні верстати (загального призначення); в серійному – гідрокопіровальні загального призначення (КТ-60, КТ-61, КТ-61М – для \varnothing 35 мм), а також токарно-гідрокопіровальне напівавтомати КТ110 з круглим копіром. Оброблення в патроні або центрах \varnothing 10-50 мм і $L=$ 100-350 мм. Верстати оснащують спеціальними дисками приводу, що дозволяють скоротити час установки і зняття заготовки.

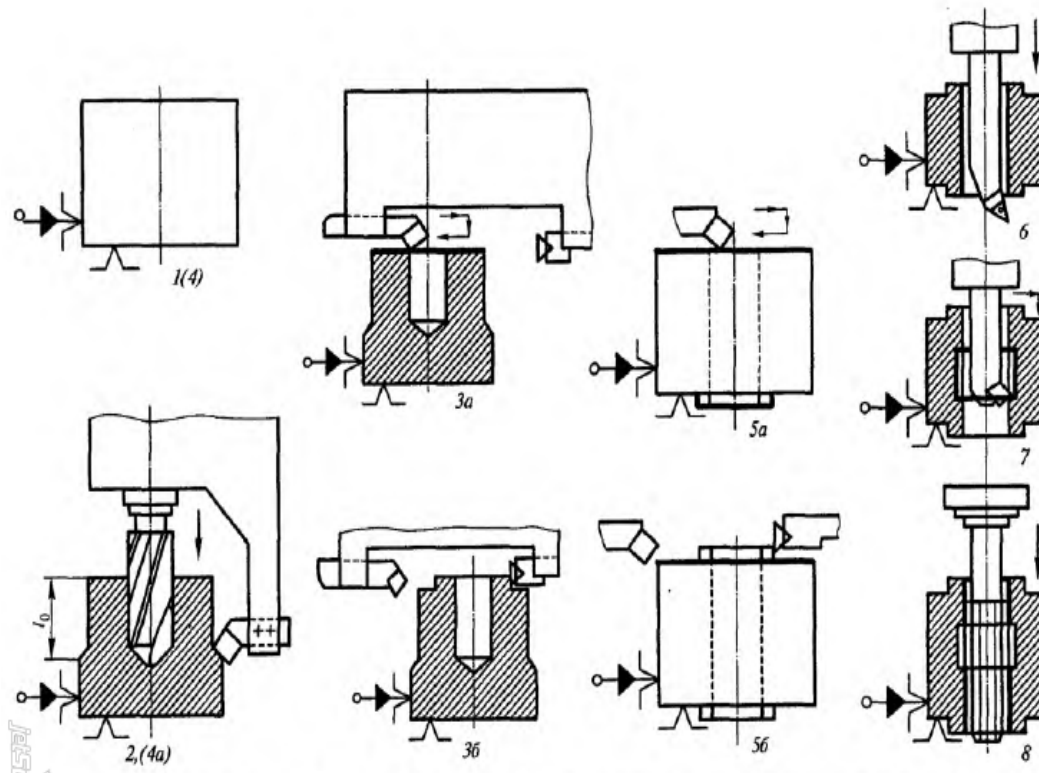


Рисунок 31 – Схема оброблення червячної модульної фрези на 8-шпindelьному напівавтоматі моделі 1К82

Конічні хвостовики з лапками в дрібносерійному виробництві обробляють на токарних верстатах по копірних лінійках. У серійному і великосерійному виробництвах – на спеціальних напівавтоматах з гідрокопірувальних пристроях (КТ-60, КМ № 1 і 2; КТ-61, КТ-61 М, КМ № 2 і 3; МР-105, КМ № 4 і 5) (рисунок 32).

Для створення жорсткості при обточуванні конусів Морзе (КМ № 1 і 2) рекомендується спочатку обточувати циліндричну робочу частину, а потім, закріпивши її в патроні, обточувати хвостовик за два проходи.

У дрібносерійному виробництві ефективно застосовують токарні верстати з ЧПУ під час виготовлення долбяків, шевера, протяжок, корпусів збірного інструменту та ін.

Оброблення лапок і квадратів. Лапки на конічних хвостовиках (свердла, зенкери, розгортки та ін.) Фрезерують на горизонтально або вертикально-фрезерних верстатах. Лапки фрезерують комплектом з двох спеціальних фрез з двох сторін одночасно. У великосерійному виробництві цю операцію виконують на вертикально-фрезерних верстатах з круглим сто-

лом, що забезпечує безперервність фрезерування. Квадрати на мітчик і розгортках фрезерують в ділільних пристосуваннях комплектом з двох фрез з двох сторін одночасно. У масовому виробництві застосовують холодну радіальну штампування квадратів мітчиків.

Оброблення стружкових канавок і пазів для ножів збірних інструментів. Для виготовлення канавок і спинок свердел залежно від типів свердел і масштабу виробництва використовують: фрезерування, глибинне шліфування, поздовжньо-гвинтовий прокат, гаряче вальцювання з подальшою завивкою, пресування, лиття в оболонкові форми і комбіновані засоби оброблення (фрезерування канавок і шліфування спинки, поздовжньо-гвинтовий прокат і шліфування канавок).

Фрезерування – найбільш універсальний спосіб отримання гвинтових канавок і спинок свердел. Його використовують у всіх типах виробництва (від одиничного до масового) для діаметрів свердел від 0,5мм і більше. Характеризується він тим, що профіль канавок і спинок утворюється фасонними канавковими і спинковими фрезами. Для отримання потовщення до хвостовика серцевини заготовку встановлюють під кутом до площини стола верстата, визначуваного величиною потовщення. Для підвищення продуктивності фрезерування канавок застосовують багатоцентрові пристрої для одночасного фрезерування трьох заготовок і більше.

В умовах багатосерійного виробництва свердел діаметром 0,5-60мм застосовують фрезерні автомати (6791, 6792, 6793, 6794) і напівавтомати (6787А, 6788, 6789, 6790). Для фрезерування канавок і спинок свердел на автоматах і напівавтоматах застосовують фрезерування однієї канавки і однієї спинки, фрезерування двох канавок, потім двох спинок, одночасне фрезерування двох канавок і двох спинок. Останній спосіб найбільш продуктивний.

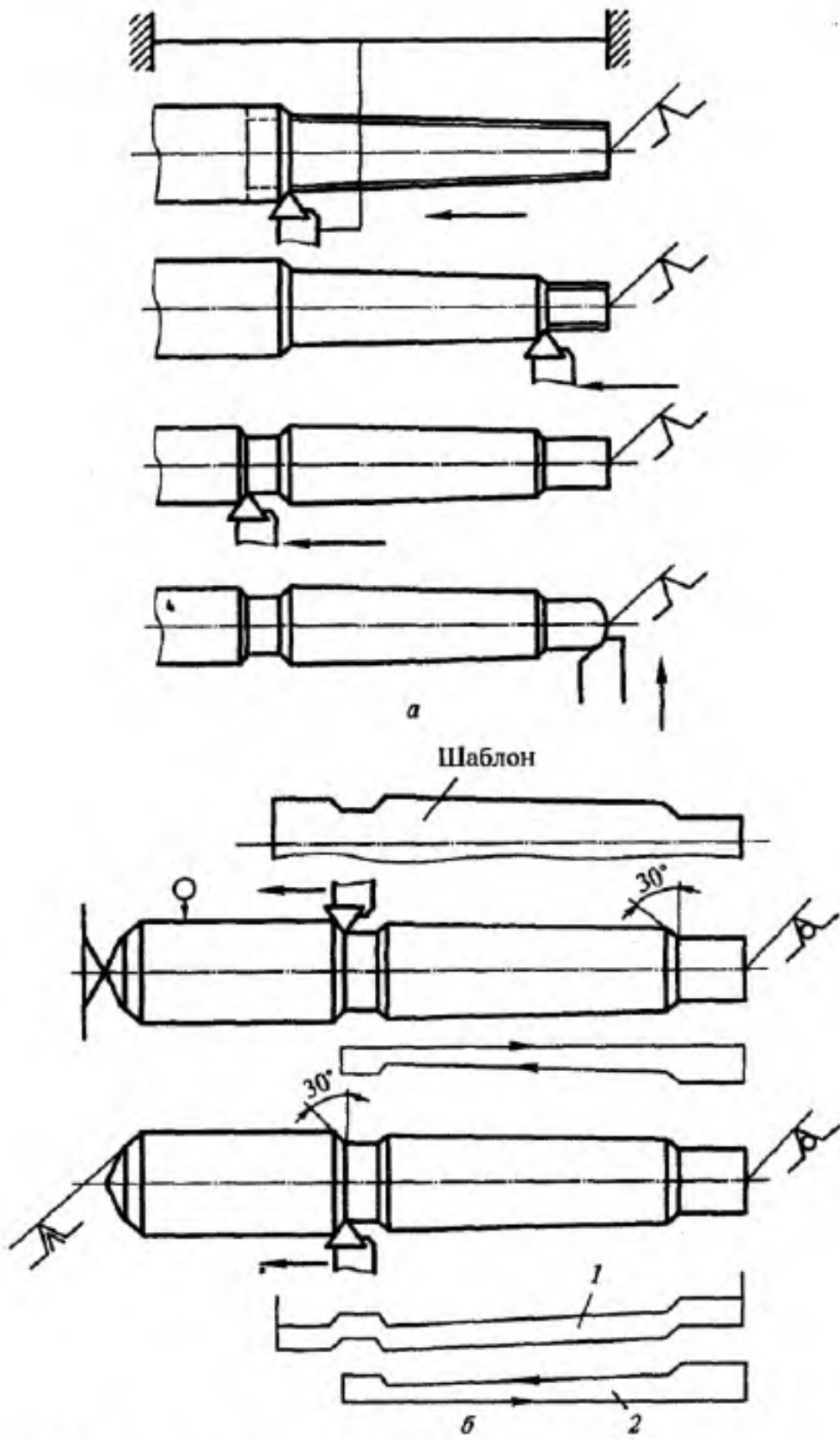


Рисунок 32 – Схема токарного оброблення конічного хвостовика: а – на верстаті загального призначення; б – на гідрокопірувальному верстаті: 1 – чистовий шаблон; 2 – чорновий шаблон

Канавки фрезерують спеціальними фрезами із затилованим або загостреним зубом. Профіль фрези визначають аналітично, графічно або графоаналітично.

Кут установки фрези до осі свердла відрізняється від кута нахилу гвинтової канавки свердла. Його беруть на $1-2^\circ$ більше або менше кута нахилу гвинтової канавки. Такий вибір забезпечує кращу якість оброблюваної поверхні і виключає підрізування канавки.

Профіль фрези визначають з урахуванням положення точки S перехрещення осей, яку координують відносно до торця фрези (рисунок 33 а).

Під час фрезерування канавок свердел на свердлувально-фрезерних напівавтоматах фрезу по відношенню до осі заготовки встановлюють за допомогою мірних плиток від базового торця фрези. Установку можна проводити за допомогою пристрою (рисунок 33 б). Пристрій складається із втулки 1, що надягається на еталон заготовки свердла. Фрезу встановлюють на оправці 4. Розмір K витримують за допомогою установочних шайб 3, насаджених на оправку 5. Поєднання осі оправки 4 фрези з віссю оправки 5 досягається за допомогою центрошукача. Після установки фрези втулку 1 знімають, і еталон 2 замінюють заготовкою.

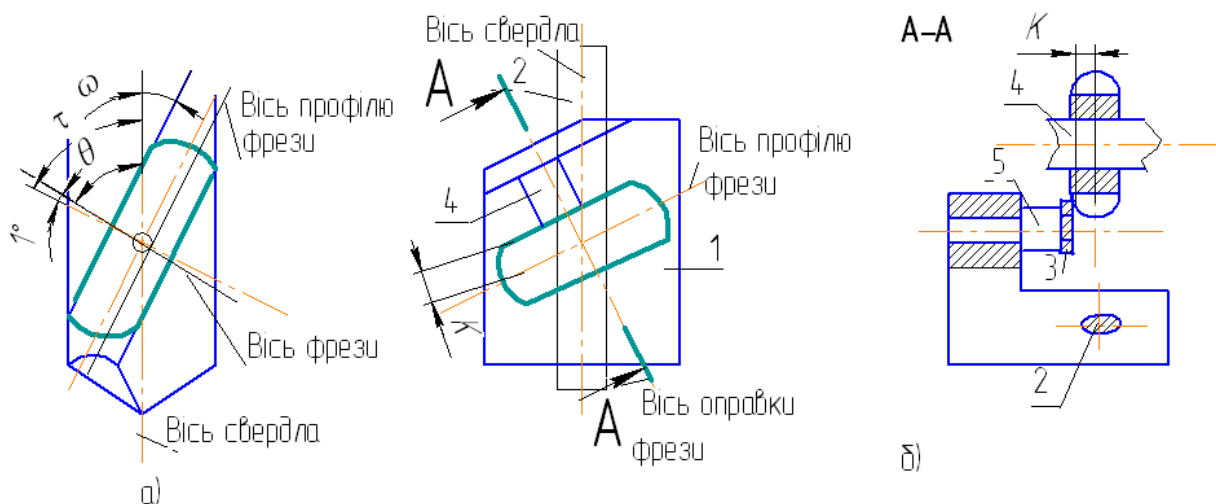


Рисунок 33 – Налаштування для фрезерування канавок свердел

Спинки фрезерують фасонними фрезами, дисковими тристоронніми і конічними фрезами. У свердел діаметром до 10мм фрезерують тільки гвинтові канавки, а спинки шліфують після термічної обробки на спеціальних шліфувальних верстатах або на універсально-заточувальних верстатах.

Прямі канавки фрезерують на горизонтально-фрезерних верстатах дисковими фрезами з профілем, відповідним профілем канавок. Під час фрезерування використовують ділильні головки або ділильні пристосування.

В одиничному і дрібносерійного виробництва використовують одношпindelні ділильні головки; в серійному і масовому – багатшпindelні ділильні головки (2-, 3-, 4- і 8-шпindelні).

Залежно від форми стружкові канавки обробляють однокутові, двокутові і фасонними фрезами. При установці фрези по відношенню до осі заготовки використовують параметри: E – горизонтальне зміщення від осі заготовки і H – вертикальне зміщення (рисунок 33). На робочому кресленні інструменту профіль канавки задають її глибиною h , величиною переднього кута γ і радіусом у її заснування r .

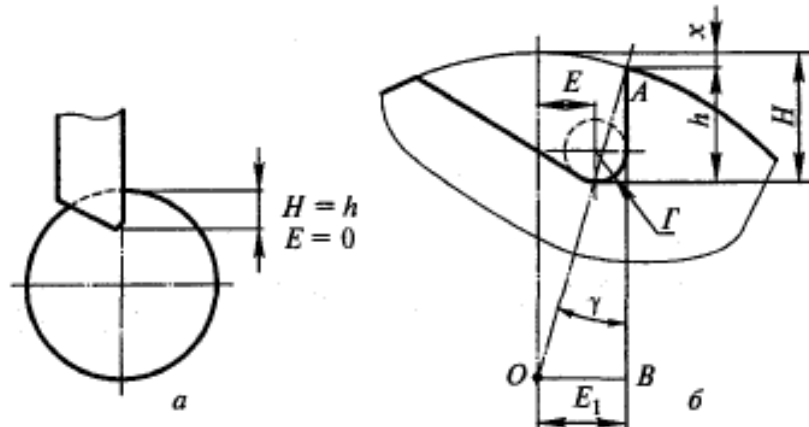


Рисунок 34 – Схеми для розрахунку параметрів налаштування під час фрезерування канавки однокутовою фрезою: а – при $\gamma = 0^\circ$; б – при $\gamma > 0^\circ$

Фрезерування канавок з нерівномірним кроком. Під час фрезерування канавок розгортки з нерівномірним кроком для дотримання на зубах фасок однакової ширини необхідно змінювати глибину канавки і відстань між осями розгортки і фрези (див. рисунок 35).

Під час фрезерування однокутовими фрезами при установці на глибину стіл верстата переміщують тільки у вертикальному напрямі на величину H . При обробці двокутовими фрезами стіл зміщують у вертикальному напрямі на величину H і в горизонтальному напрямі на величину E :

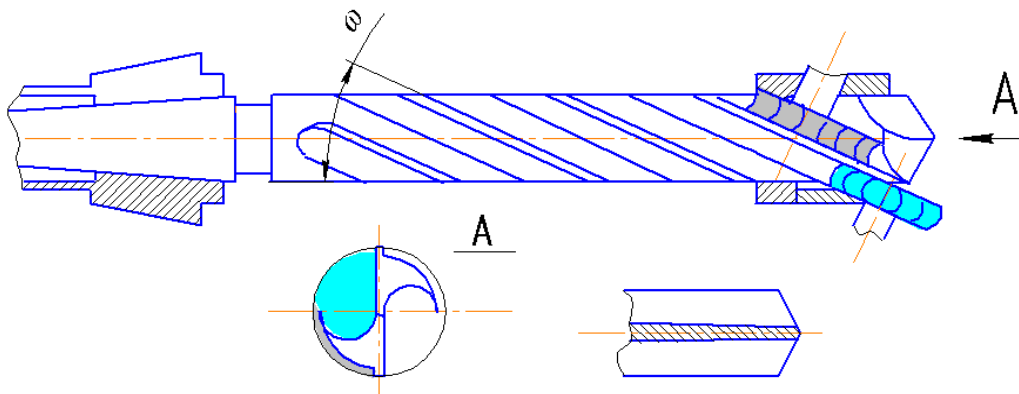


Рисунок 35 – Схема одночасної обробки канавки та спинки свердла

$$H = \frac{D}{2} \left[1 - \frac{\sin(\delta + \phi + \omega) \cos \phi_2}{\sin \phi} \right] - r \left[\frac{\cos \frac{\phi}{2} - \phi_2}{\sin \frac{\phi}{2}} - 1 \right]; \quad (10)$$

$$E = \frac{D}{2} \frac{\sin(\delta + \phi - \omega) \sin \phi_2}{\sin \phi} - r \frac{\sin(\phi - \phi_2)}{\sin \frac{\phi}{2}}, \quad (11)$$

де D – діаметр заготовки після токарної обробки; ω – центральний кут між зубами; ϕ – кут впадини між зубами; ϕ_1, ϕ_2 – кути фрези; δ – кут, що відповідає ширині фаски.

Під час фрезерування прямозубих розгортки рекомендується застосовувати спеціальні фрези (рисунок 36), які обробляють не канавку, а профіль зуба розгортки. У цьому випадку ширина пера залишається постійною без зміни глибини фрезерування.

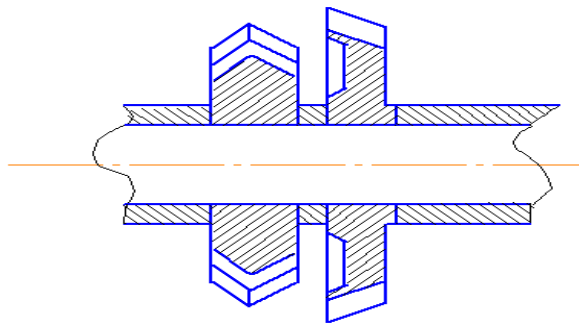


Рисунок 36 – Збірна фреза для оброблення зуба розгортки

Застосовують й іншу схему обробки, коли канавки обробляють в два проходи (рисунок 37). За цією схемою спочатку фрезеруються всі канавки з найменшим центральним кутом, а потім усі інші.

Ширина стрічки при цьому виходить найрізноманітніша. Потім на другому переході здійснюється додаткова обробка канавок, при цьому центральний кут перевищує первинний.

Утворення зубів довбачів і шеверів. У дрібномодульних довбачів зуби утворюються шліфуванням після термічного оброблення, у довбачів з модулем більше 1,5 мм – фрезеруванням або рідше зубодовбанням. В одиничному і дрібносерійному виробництвах фрезерування проводять на горизонтально-фрезерному верстаті за допомогою ділильної головки (рисунок 38). Для отримання задніх бічних кутів зубів довбача вісь ділильної головки встановлюють під кутом до горизонтальної площини, що дорівнює величині заднього кута на вершинах зубів довбача.

Фрезерування проводять спеціальною модульною фрезою з урахуванням припуску (0,5-0,9 мм) на шліфування бічних поверхонь профілю зуба. По западині зуба припуск на шліфування не залишають.

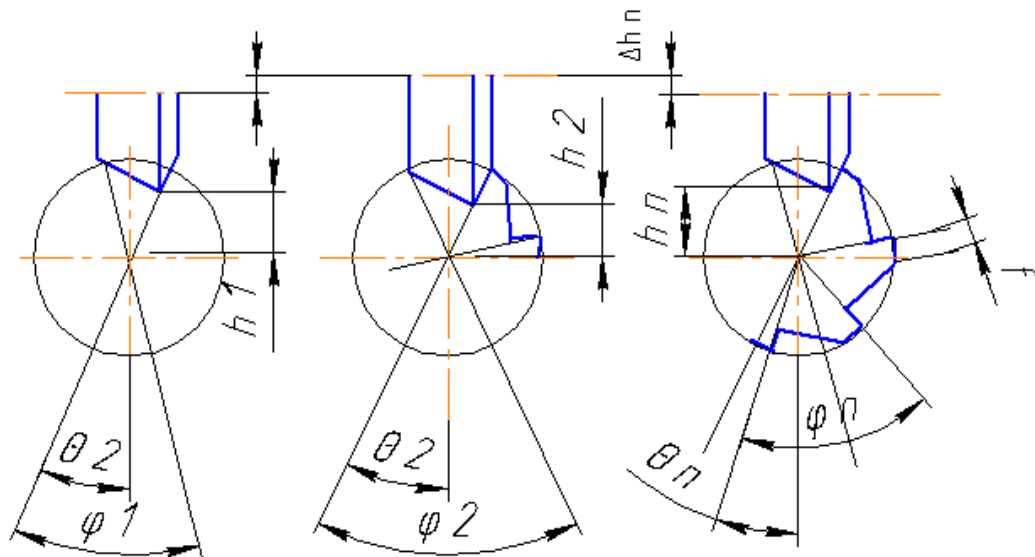


Рисунок 37 – Оброблення стружкових канавок з нерівномірним кутовим кроком

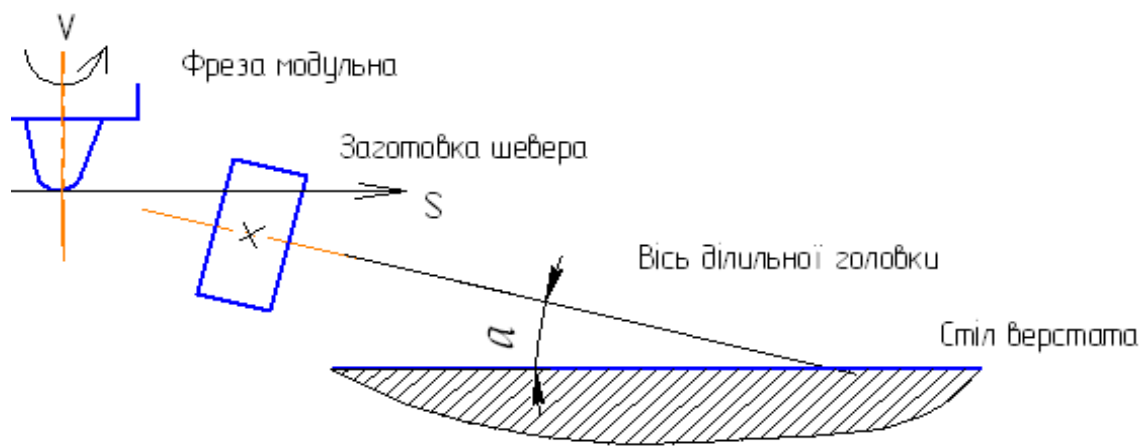


Рисунок 38 – Фрезерування на горизонтально-фрезерному верстаті за допомогою ділильної головки

В умовах серійного виробництва утворення зубів довбача проводять черв'ячною модульною фрезою за методом обкатки на зубофрезерному верстаті. У цьому випадку для отримання задніх кутів на бічних поверхнях зуба довбача проводять одночасно вертикальну і радіальну подачу фрези. При цьому

$$\frac{s_{rad}}{s_{вер}} = tg\alpha, \quad (10)$$

де α – задній кут на вершинах довбача. Коли наявні співвідношення вертикальної і радіальної подач не забезпечують отримання потрібних задніх кутів, необхідно модернізувати верстат (рисунок 39).

Черв'ячні фрези, призначені для фрезерування зубів довбачів, повинні мати висоту зуба, що забезпечує отримання остаточного розміру діаметра кола западин і товщини зубів з урахуванням припуску на шліфування профілю довбача. Для довбачів з малим числом зубів профіль черв'ячної фрези виконують з фланкованою голівкою, що запобігає підрізанню ніжок зубів довбача. Після фрезерування зубів допускається биття ділительного кола в межах 0,1мм.

Фрезерування зубів дискових шеверів аналогічне фрезеруванню зубчастих коліс. При визначенні розміру зубів фрези потрібно враховувати подвійний припуск на шліфування профілю зубів шевера (до і після термічного оброблення).

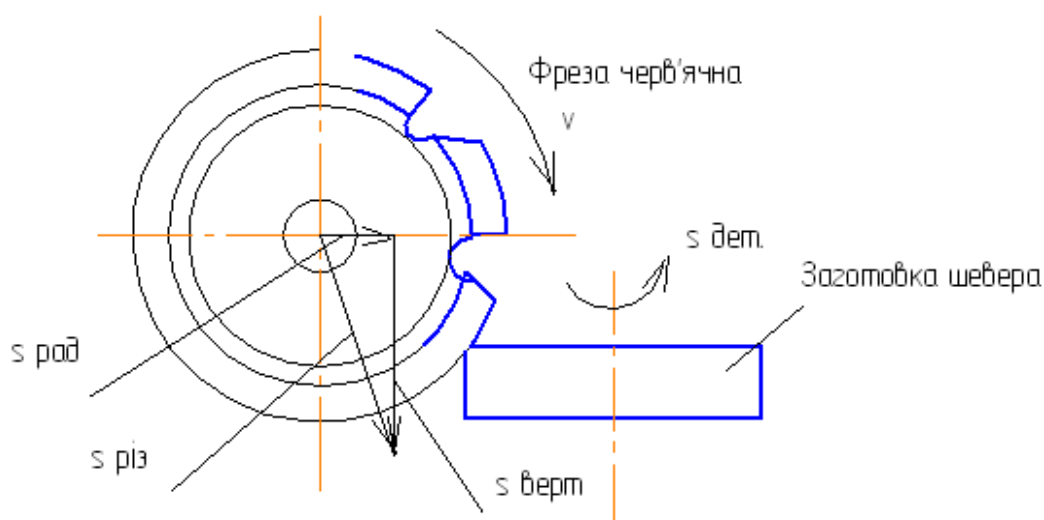


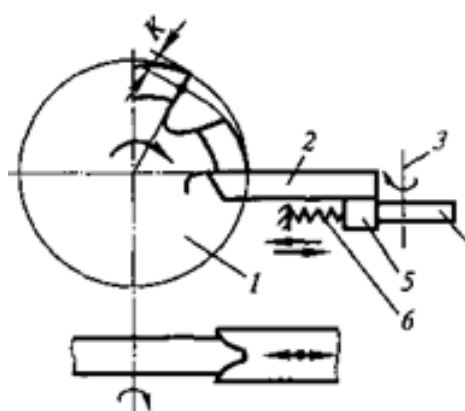
Рисунок 39 – Оброблення черв'ячною модульною фрезою за методом обкатки на зубофрезерному верстаті

8 ЗАТИЛУВАННЯ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА

Загальні питання затилювання поверхонь інструментів точінням.
Затилювання – процес формування на зубах інструментів задньої поверхні певної форми, що забезпечує задану величину заднього кута в радіальному перетині і сталість профілю зуба при його переточуваннях по передній поверхні. Цим двом умовам відповідає затилювання по Архімедовій або логарифмічній спіралі.

Затилювання по спіралі Архімеда здійснюється в результаті складання двох рухів: рівномірного обертання затилювальної заготовки інструменту і поступального руху різця або шліфувального круга в радіальному напрямку (рисунок 40).

Основною особливістю затилювального верстата є наявність механізму затилювання. Супорт затилювальних верстатів здійснює зворотно-поступальний переміщення в напрямку затилювальної поверхні від кулачка, що обертається з певною швидкістю. Повернення повзуна в початкове положення забезпечується пружиною, розташованою в супорті. Кінематичне обертання кулачка пов'язане з обертанням шпинделя верстата за допомогою ділильної гітари, що складається з змінних зубчатих коліс. Гітару поділу налаштовують так, щоб за один оборот шпинделя із заготовкою кулачок повернувся на число оборотів, яка дорівнює кількості зубів затилювального інструменту. Форма кулачка повинна забезпечувати за один його оборот поперечну подачу супорта і її відведення в початкове положення.



- 1 – виріб ; 2 – різець ; 3 – вісь обертання кулачка;
- 4 – кулачок ; 5 – упор ; 6 – пружина ;
- K – величина затилювання, вказує задній кут на зубі

Рисунок 40 – Схема руху виробу і різця при затилюванні зубів фрези

Профіль кулачка ділять на робочу і неробочу частини. Робочу частину виконують по Архімедовій спіралі, а неробочу – по плавній кривій. Довжина робочої частини кулачка залежить від ширини зуба затилювальної фрези і додаткових величин на вхід і вихід інструменту, яким виробляють затилювання (різця). Величина підйому кулачка на робочій ділянці дорівнює величині спаду потилиці зуба затилювального інструменту (величиною затилювання – K) на окружному кроці (рисунок 41, а):

$$K = \frac{\pi D}{z} \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (11)$$

де K – величина затилювання; D – зовнішній діаметр затилювального інструменту; z – число зубів затилювального інструменту; α – задній кут на вершині зуба.

Для забезпечення затилювання, входу і виходу різця робоча частина кулачка займає центральний кут в $300, 315$ або 330° , неробоча частина – відповідно $60, 45$ або 30° . Вибір значення центрального кута залежить від співвідношення ширини зуба і западини (див. рисунок 41, б).

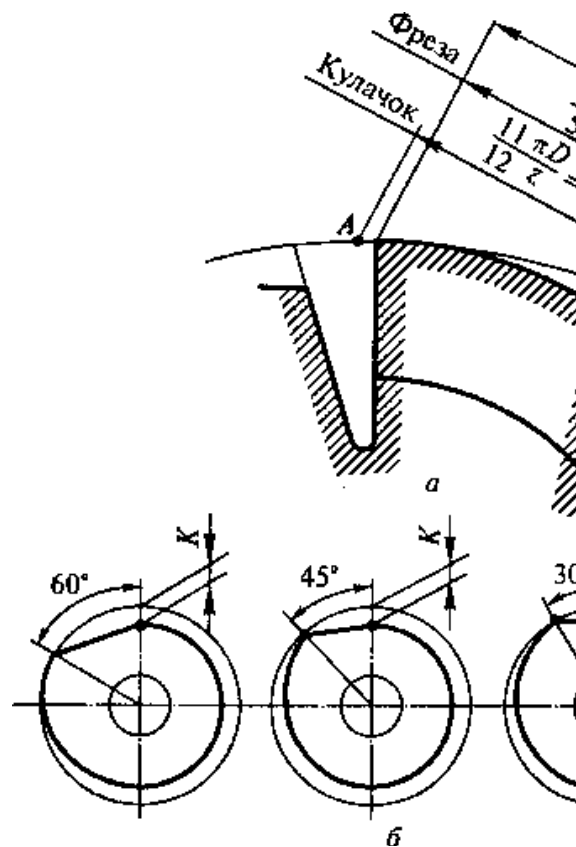


Рисунок 41 – Схема затилювання зубів: *a* — параметри зуба фрези і кулачка, *б* — кулачків; АВС — траєкторія руху різця під час затилювання

Залежно від напрямлення руху затилювального інструменту (різця або шліфувального круга) по відношенню до осі оброблюваної заготовки розрізняють три види затилювання: радіальне, косе (кутовий) і осьовий (рисунок 42).

При радіальному затилюванні (див. рисунок 42, а) різець або шліфувального круга здійснюють зворотно-поступальний переміщення перпендикулярно осі центрів верстата (осі заготовки); задній кут на вершині зуба в перерізі, перпендикулярному осі, буде дорівнює:

$$\operatorname{tg} \alpha_B = \frac{Kz}{\pi D}, \quad (12)$$

а в нормальному до профілю фрези в розглядала витончене розраховують за формулою

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \operatorname{tg} \alpha_B \cdot \sin \varphi \frac{D}{D_x}, \quad (13)$$

де α_N – задній кут в перерізі, перпендикулярному до різальної кромки затилувального зуба в даній точці; φ – кут між напрямком радіального затилування і дотичній до профілю в точці X ; D_x – діаметр окружності, на якій лежить точка X ; α_B – задній кут на вершині зуба в перерізі, перпендикулярному осі затилувального інструменту.

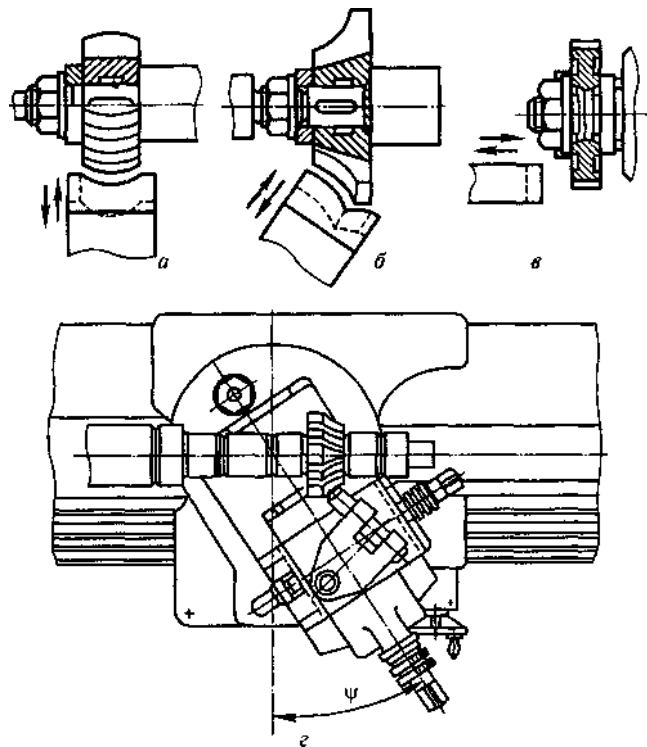


Рисунок 43 – Схеми затилування: *a* – радіальне; *б* – косо (кутове); *в* – осьове; *z* – налаштування верстата на косо (кутове) затилування

Задній кут в будь-якій точці різальної кромки затилувального інструменту повинен бути не менше 3° . При наявності на затилувальному зубі ділянки з кутом $<3^\circ$ виробляється кутове затилування (див. рисунок 43, *б*). При кутовому затилуванні досягається велика величина заднього кута на ділянках профілю з кутом, що прагнуть до нуля.

При косому (кутовому) затилуванні задній кут визначають за формулою

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \frac{K}{\pi D_x} \cdot (\sin \varphi \cdot \cos \psi + \sin \psi), \quad (14)$$

де ψ – кут повороту супорта.

За цією формулою можна визначити кут повороту супорта для забезпечення необхідного заднього кута при певному значень величини затилування K .

Осьове затилування застосовують при наявності ділянок профілю затилувального інструменту з кутом $\varphi = 0^\circ$ (див. рисунок 43, в).

Фасонні фрези з переднім кутом $\gamma = 0^\circ$ затилують фасонним різцем аналогічного профілю, а фрези з позитивним кутом γ – фасонним різцем з корегувальним профілем. Положення супорта верстата при косому (кутовому) затилуванні показано на рисунок 43, з.

Під час радіального затилуванні фрез фасонним різцем швидкість різання вибирають в межах 1-4 м/хв. Визначальним параметром затилування є число врізання (ударів) різця в хвилину, яке вибирають в залежності від діаметра або модуля черв'ячних фрез:

Діаметр фрези, мм.....	До 50	50-100	100-300
Число врізання в хв	120	80-90	50-60
Модуль, мм.....	До 8		Більше 8
Число врізання в хв при затилуванні:			
Чорновому.....	120-130		70-80
Чистовому.....	80-90		30-40

Для зменшення трудомісткості процесу затилування фасонних дискових фрез доцільно попередньо обточувати фасонного профілю фрез на токарному або токарно-затилувальному верстаті фасонним різцем з залишенням припуску на затилування. Для підвищення точності і зменшення шорсткості поверхні чистове затилування зубів інструментів виробляють на занижених режимах різання із застосуванням мастила. Затилувальна поверхня повинна мати шорсткість не вище $R_a = 2,5$ мкм.

Для затилування застосовують верстати моделей: 96 (універсально-затилувальний); 1810 – для черв'ячних фрез з прямими канавками; 1811А, 1Б811, 1812А; верстати моделей 1Е811, 1Е812 працюють в напівавтоматичному циклі: в них автоматизовані всі основні переміщення робочих органів, необхідні для затилування. Випускається напівавтомат моделі КТ-152 для затилування дискових фрез, а для затилування черв'ячних і дискових – напівавтомат моделі 1Е812М. Використовують також затилувальні верстати з ЧПК, які виготовлені по класу підвищеної точності («П»).

Під час затилування фрез з криволінійним профілем великої довжини (>75-100 мм), якщо немає можливості використовувати широкий фасон різець, затилування здійснюють по ділянках декількома різцями або з допомогою копіювального пристрою при поздовжньої подачі різця. Для фрез зі складним фасонного профілю токарне затилування в більшості випадків є остаточною операцією.

Затилювання різьбових гребінчастих фрез. Різьбові гребінчасті фрези виготовляють насадними або хвостовими, з прямими або гвинтовими канавками з кільцевою різьбленням. Затилювання різьбових фрез виробляють на токарно-затилювальних верстатах.

Освіта кільцевої різьби у фрез з кроком різьби до 1,25 мм виробляється тільки шліфуванням після термічного оброблення; у фрез з кроком 1,5 мм і більше – нарізним різцем або гребінкою.

Різьбові гребінчасті фрези затилюють без поздовжнього переміщення гребінки, якщо її ширина більше довжини фрези (рисунок 44); з повздовжнім переміщенням різця або гребінки, якщо її ширина менше ділильної фрези.

Під час затилювання різьбових гребінчастих фрез з нахиленими або гвинтовими стружками канавками (кут нахилу їх до осі фрези = 5-10°) гребінчасті різці розгортають на кут, величину якого визначають так, як показано на рисунку 44.

З трикутника GLR знаходимо: $tg\psi = \frac{LR}{GL}$ де $LR = GF$, а $GL = MN = B$. З MNP маємо $\frac{NR}{B} = tg\omega$, де B - довжина різьбової фрези. У свою чергу, $NR = MF = B \cdot tg\omega$.

Відповідно $GF = LR = \frac{KB \cdot tg \omega z}{\pi D}$, тоді $tg\psi = \frac{Kz \cdot tg \omega}{\pi D}$.

В остаточному вигляді формула для визначення кута розвороту гребінки у матиме вигляд :

$$tg\psi = \frac{Kz \cdot tg \omega}{\pi D} \quad (15)$$

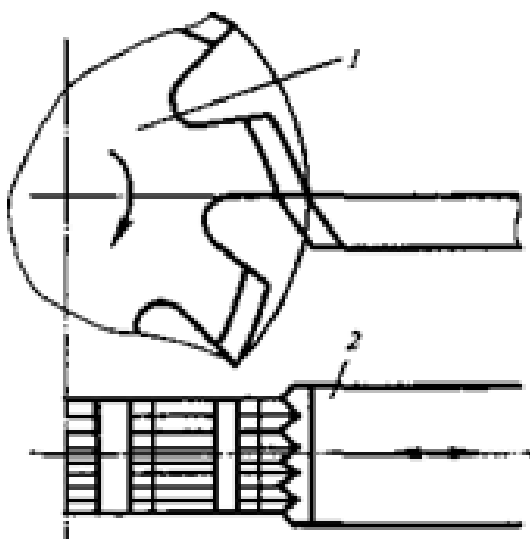


Рисунок 44 – Схема радіального затилювання різьбової гребінчастої фрези: 1– різьбова фреза; 2 – гребінка

При затилуванні лінія MN переміститься по затишовочним кривим ME і NQ . При входженні гребінки в повне зіткнення з фрезою точка M перейде в точку G , а точка N буде в цей момент знаходитися десь під зубом на одному радіусі з точкою R , але ближче до центру в точці L , і вся ріжуча кромка фрези піде по лінії ML , тобто відбудеться зріз частини пера. Щоб запобігти цьому необхідно розвернути гребінку на кут, завдяки чому ліквідується конусність фрези.

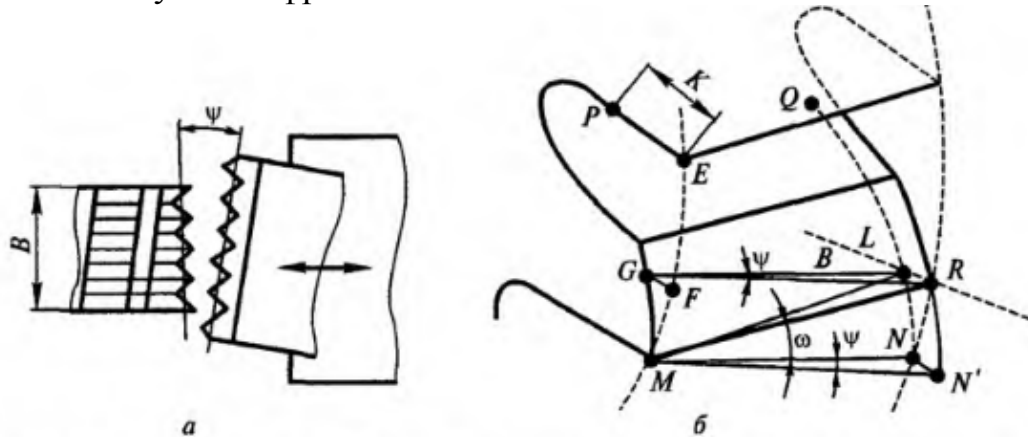


Рисунок 45 – Затилування різьбової гребінчастої фрези з гвинтовими стружковими канавками: *a* – схема установки гребінки ; *б* – розрахована схема для визначення кута повороту гребінки

Для отримання фрези правильного профілю профіль гребінки коригується на кут ψ , тобто робиться несиметричним.

При затилуванні різьбових гребінчастих фрез з прямими канавками одиночним різцем або гребінкою, ширина якої менше довжини фрези, потрібно поздовжнє переміщення затишувального інструменту. Це переміщення здійснюється двома способами:

1. Після затилування різцем однієї канавки або гребінкою частини фрези по довжині проводиться зупинка верстата і ручне переміщення різального інструменту (ходовим гвинтом через гітару настройки на крок або поздовжнім гвинтом супорта – переміщенням різцетримача головки на супорті). Такий спосіб з ручним переміщенням є малопродуктивним.

2. Більш продуктивним є безперервний потік різального інструменту від ходового гвинта – як при нарізанні різьби.

Для отримання кільцевої нарізки компенсують поздовжнє переміщення інструмента напрямком затилування в сторону, зворотну подачі (рисунок 46).

Підбором кута повороту повзуна отримують рівнодіюча переміщення гребінки, що забезпечує отримання кільцевої різьблення. Кут визначають співвідношенням

$$\operatorname{tg} \mu = \frac{s}{K}, \quad (16)$$

s – крок різьби; K – величина затилування в радіальному напрямленні.

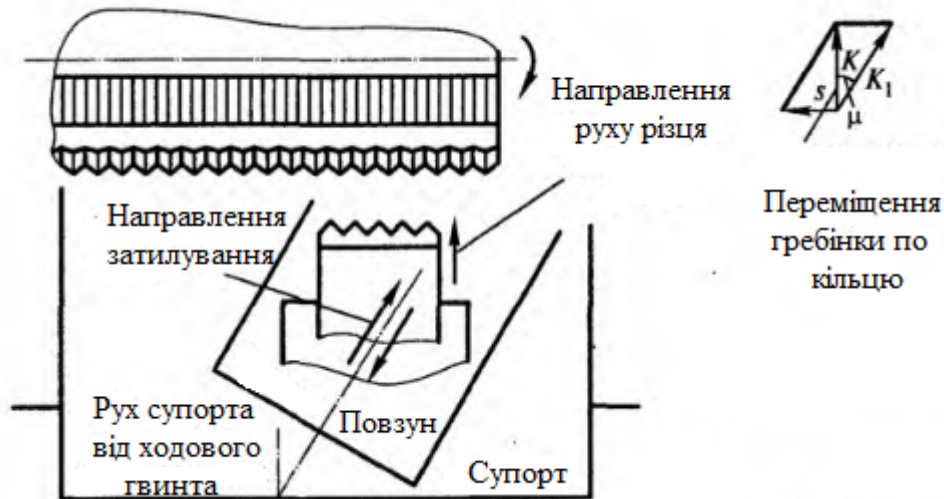


Рисунок 46 – Затилювання різьбової гребінчастої фрези з прямими стружковими канавками при повздовжньому переміщенні гребінки.

$$K = \frac{\pi D}{z} \operatorname{tg} \alpha, \quad (17)$$

де α – задній кут фрези; D – діаметр фрези.

Кут μ визначають із залежності:

$$\operatorname{tg} \mu = \frac{sz}{\pi D \operatorname{tg} \alpha}. \quad (18)$$

Після визначення кута повороту μ знаходять величину затилювання K_1 в напрямків, що становить кут μ з перпендикуляром до осі фрези:

$$K_1 = \frac{K}{\cos \mu} = \frac{s}{\sin \mu}, \quad (19)$$

Остаточно кут повороту μ визначають по вибранному кулачку за формулою:

$$\sin \mu = \frac{s}{K_1}. \quad (20)$$

Точність цього методу залежить від точності установки на верстаті кута повороту μ і точності виготовлення затилювального кулачка. Як правило, цей спосіб затилювання застосовують як напівчистої перед шліфуванням.

Якщо стружкові канавки різьбовій гребінчастої фрези не прямі, а гвинтові, то при затилюванні зубів вийде, що крок між зубами буде або зменшуватися, або збільшуватися залежно від напрямлення нахилу стружкової канавки (рисунок 47).

Для фрез з лівим нахилом стружкових канавок окружний крок зубів при затилуванні дорівнює

$$s_z = s_k - \Delta S, \quad (21)$$

де s_k – коловий крок зубів по кільцю, $s_k = \frac{\pi D}{z}$; ΔS – величина, на яку змінюється окружний крок зубів при затилуванні, в порівнянні з кроком по кільцю.

Величина ΔS дорівнює:

$$\Delta S = s \operatorname{tg} \omega, \quad (22)$$

де s – крок різьби.

Для фрез з правим нахилом стружкових канавок окружний крок зубів при затилуванні дорівнює

$$s_z = s_k + \Delta S. \quad (23)$$

Дана зміна кроку при затилуванні компенсується додатковим поворотом (пришвидшеним обертання) кулачка або, навпаки, його відставанням при обертанні (уповільненням обертання), що здійснюється за допомогою диференціального механізму верстата, який зв'язує ходовий гвинт верстата з кулачком.

Під час затилування зубів різьбової гребінчастої фрези одиночним різцем буде стільки заходів, скільки зубів у фрези по колу (з торця). Якщо затилування зубів проводиться гребінкою, то при числі зубів гребінки, рівному або більшому числа зубів по колу фрези, заходів буде один.

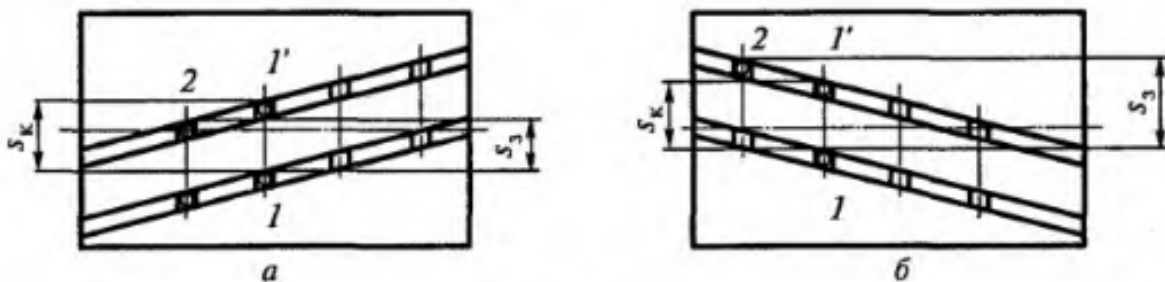


Рисунок 47 – Зміна колового кроку між зубами різьбовій гребінчастої фрези з гвинтовими стружковими канавками при затилуванні: *a*, *б* – лівий і правий нахили стружкових канавок відповідно; s_k – коловий крок зубів по кільцю; s – коловий крок зубів при затилуванні; 1, 2 – витки зубів

Затилування зубів черв'ячних фрез. Затилування виробляють на універсально-затилувальні або спеціальних верстатах для затилування черв'ячних фрез. Крім обертання фрези і зворотно-поступального руху різця, рі-

зець ще рухається в поздовжньому напрямків від ходового гвинта, налаштованого на крок гвинтової лінії черв'ячної фрези.

Затилювання профілю черв'ячних модульних фрез з $t < 5,5$ мм можна робити одним профільним різцем (рисунок 48, *a*). При $t > 6$ мм спочатку затилюють зовнішню і внутрішню поверхні зуба, а потім окремо праву і ліву сторону профілю.

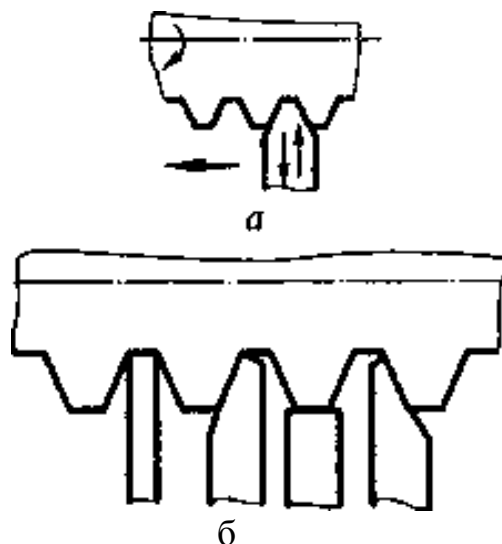


Рисунок 48 – Схеми затилювання зубів черв'ячних модульних фрез: *a* – при модулі $m \leq 5$ мм; *б* – при модулі $m \geq 6$ мм.

Під час затилювання черв'ячних фрез з похиленими або гвинтовими стружковими канавками використовують диференціальні механізми верстака (для пришвидшення або уповільнення обертання кулачка), як і при затилюванні різбових гребінчастих фрез.

Затилювання інструментів різцями виробляють після оброблення стружкових канавок до термооброблення, як правило, за дві операції: чорнову і чистову.

Чорнове затилювання виконують при більшій кількості зворотно-поступальних ходів різця (70-300 ходів в хв), чистове – за меншої кількості ходів (30-150 ходів в хв). Швидкості різання під час затилювання приймають зазвичай невисокими 18 м/хв. Менша кількість ходів різця забезпечує менші сили, збільшуючи точність оброблення.

Подвійне затилювання. Для фасування фрез зі шліфування профілем застосовують подвійне затилювання зубів. Виконують його до термічного оброблення різцем, роблячи подвійний затилок з величинами затилювання K і K_1 , де $K_1 > K$ (рис. 7.9).

Необхідність подвійного затилювання викликана наступними розуміннями. Пошліфувати зуб по всій ширині $E = ab$ неможливо, так як буде зрізана ріжуча кромка суміжного зуба. Шліфувальний круг повинен закінчити формування задньої затилювальної поверхні в точці b (рисунок 50).

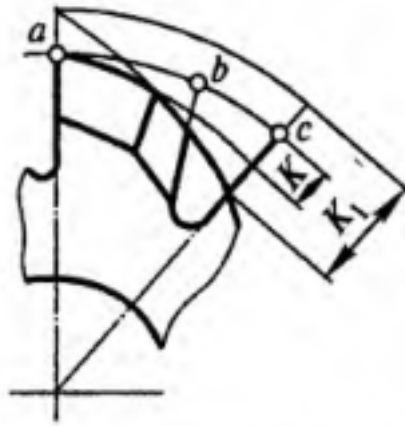


Рисунок 49 – Подвійне затилування

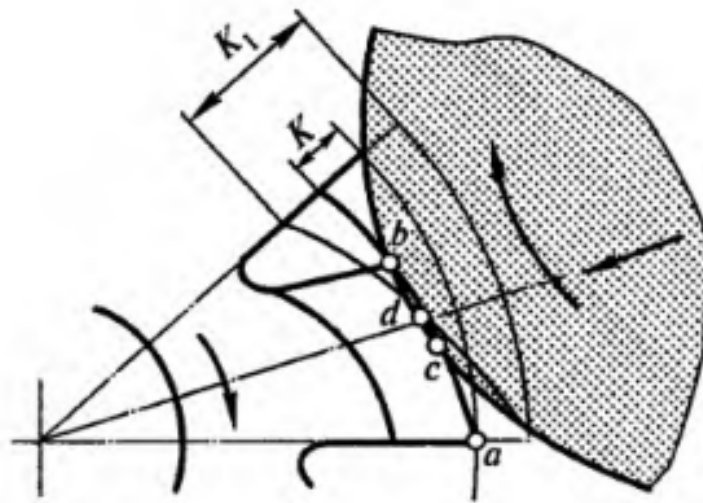


Рисунок 50 – Шліфування задньої поверхні зуба фасонної фрези

Тоді на ділянці db утворюється «сідло», небезпечно тим, що при його існуванні скоротиться число можливих переточувань зуба по передній поверхні. Після переточувань до деякої точки з спинки зуба в точці b виявиться вище різальної кромки, і заднього кута на зубі не буде, хоча з точки зору міцності зуба кількість переточувань ще не вичерпано, тому сідловину db потрібно видалити, що роблять різцем, знімаючи потилицю величиною затилування K_1 на токарно-затиловочному верстаті до гарту фрези.

Утворення затилка K_1 можна поєднати з утворенням потилиці з величиною K , використовуючи спеціальний комбінований кулачок.

Найбільш складним є затилування черв'ячних фрез. Різцями до гарту фрези виконують чорнове і чистове затилування, а після термооброблення (гарту і відпустки) чорнове і чистове шліфування.

Затилування шліфуванням виробляють на універсальному токарно-затилувальному верстаті після установки на ньому шліфувальної головки або на спеціальному шліфувально-затилувальному верстаті.

По зовнішньому діаметру зуби затилюють периферією плоскопаралельного кола або торцем конічного чашкового круга. Бічні сторони зубів утворюють за трьома схемами (рисунок 51).

Найбільш продуктивною вважають обробку дисковим кругом (див. рисунок 51, *а*), найбільш точною – чашковим кругом (див. рисунок 51, *б*).

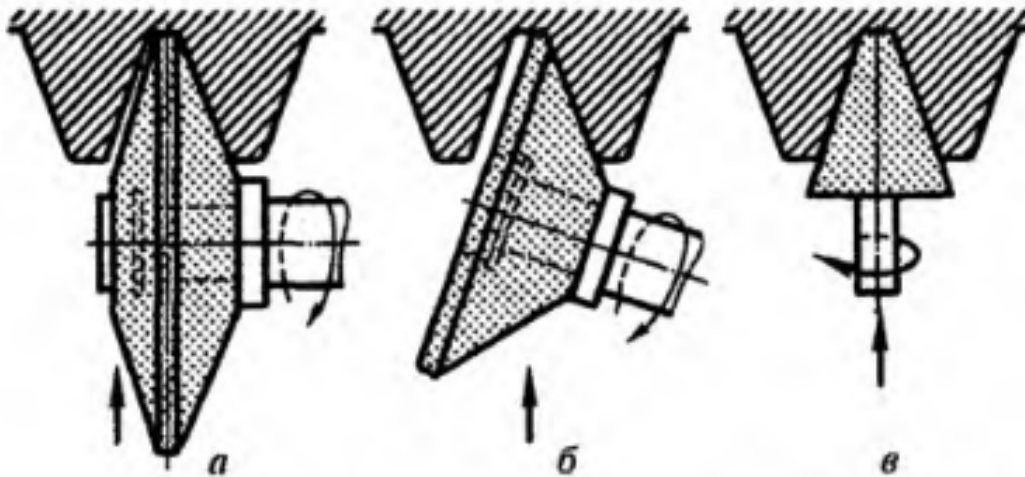


Рисунок 51 – Схеми затилювання шліфуванням зубів черв'ячних модульних фрез: *а* – дисковим кругом; *б* – чашковим кругом; *в* – пальцевим кругом

Пальцевий кругом (*в*) дає найменшу продуктивність. Використовують затилювання пальцеву колами при модулі вище 15 мм. Профілізація і правку шліфувальних кругів виконують алмазними олівцями з використанням спеціальних пристосувань.

9 ТЕРМІЧНЕ ОБРОБЛЕННЯ РІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ

Технологія термічного оброблення різального інструменту. У загальному випадку технологічний процес виготовлення інструменту включає такі операції:

- виготовлення заготовок (попереднє формоутворення) з використанням зварювання, гарячої і холодної пластичної деформації;
- попередню термічну обробку для поліпшення оброблюваності сталі і виправлення структури в потрібному напрямку;
- механічне оброблення (формоутворення) на металорізальних верстаках або методами холодної деформації (накатка, насічка та ін.);
- остаточне термічне оброблення;
- шліфування, заточування, додаткове оброблення для поліпшення якості поверхневого шару.

Термічне оброблення формує фізико-механічні властивості інструменту: теплостійкість, твердість, зносостійкість, міцність. Для виготовлення інструменту використовують такі види термічного оброблення, як відпал, гартування, відпуск. Дотримання режимів термічного оброблення, особливо гарту і відпуску, визначає високу якість інструменту.

Попереднє термічне оброблення. Основним видом попереднього термічного оброблення інструментальних сталей є відпал. Його проводять для вирівнювання хімічного складу сталі, зняття внутрішніх напружень і зниження твердості після оброблення тиском (прокатка, кування та ін.), зварювання заготовок, поліпшення оброблюваності різанням, приведення структури в рівноважний стан. Відпал повинен забезпечити отримання структури рівномірного зернистого або сорбітоподібного перліту з твердістю не більше НВ 207-217 для вуглецевих, НВ 241-255 для легованих і НВ 255-285 для швидкорізальних сталей.

Температуру нагрівання і час витримки призначають з умови отримання аустеніту зі збереженням нерозчиненої частини надлишкових карбідів. Для рівномірного прогріву швидкості нагріву обмежують <math> < 100 \text{ }^\circ\text{C} / \text{год}</math> для вуглецевих і легованих сталей, <math> < 50 \text{ }^\circ\text{C} / \text{год}</math> для швидкорізальних сталей. Час витримки складає 2-3 години.

Режим охолодження призначають таким чином, щоб забезпечити завершення розпаду аустеніту при температурах не нижче 550 - 660 °C з отриманням ферритокарбідної суміші необхідної дисперсності.

Режими відпалу інструментальних сталей з безперервним охолодженням наведені в таблиці 10.

Більш кращим є ізотермічний відпал. При його проведенні швидкість охолодження до температури ізотермічної витримки не регламентується, охолодження проводять зазвичай у виключеній печі з закритими дверцятами. Режими ізотермічного відпалу інструментальних сталей наведені в таблиці 11.

При ізотермічному відпалі твердість виходить трохи вище, ніж при відпалі з безперервним охолодженням (повному) $HV = 217-255$. Печі для охолодження повинні здійснювати автоматичний контроль температури (бажано програмне керування за заданим режимом) і мати нейтральну атмосферу для захисту від окислення і знеуглецювання.

Таблиця 10 – Режим відпалу з неперервним охолодженням

Номер етапу	Етап	Тип інструментальної сталі	T, °C	Час витримки швидкості охолодження
1-й	Нагрів (аустенізації)	Вуглецевий (У10А, У12А) Легування (ХВГ) Легування кремнисте (9ХС) Швидкорізальні	760-780 770-790 790-810 850-870	1-2 год 1-3 год 1-2 год 2-3 год
2-й	Повільне охолодження (для розпаду аустеніта)	Вуглецеві, леговані, швидкорізальні	≤ 500	50 °C/год
3-й	Завершальне охолодження	Всі сталі	<18-20	На повітрі

Таблиця 11 – Режим ізометричного відпалу інструментальних сталей

Номер етапу	Етап	Тип інструментальної сталі	T, °C	Час витримки швидкості охолодження
1-й	Нагрів (аустенізації)	Вуглецевий (У10А, У12А) Легування (ХВГ) Легування кремнисте (9ХС) Швидкорізальні	760-780 770-790 790-810 850-870	1-2 год - - - - - - 2-3 год
2-й	Підстужування до температури ізотермічної витримки	Всі сталі	-	3 піччю
3-й	Ізотермічна витримка	Вуглецеві Леговані Швидкорізальні	680-700 700-720 730-750	1-2 год 3-4 год 4-6 год
4-й	Уповільнене охолодження	Вуглецеві, леговані Швидкорізальні	≤ 500 ≤ 500	50 °C/год 30 °C/год
5-й	Завершальне охолодження	Всі сталі	<18-20	На повітрі

На рисунку 52 показані графіки повного та ізотермічного відпалу швидкорізальної сталі.

Відпал інструментальних сталей можна виконувати в камерних або шахтних електричних печах з автоматичним контролем температури. Найбільш досконалим устаткуванням для відпалу є печі з програмним ке-

руванням за заданим режимом відпалу і з нейтральною атмосферою для захисту від окислення і знеуглецювання.

Відпал заготовок з малими припусками на механічне оброблення рекомендується проводити в ящиках, засипаних відпрацьованим карбюратором, деревним вугіллям і чавунної стружкою. Для відпалу швидкорізальних і високохромистих сталей застосовують суміш, що складається з 50% деревного вугілля і 50% чавунної стружки.

Для підвищення пластичності і в'язкості швидкорізальної сталі перед її обробленням в холодному стані (волочіння, редукування, прокатка, штампування, рубка) рекомендується проведення термічного оброблення, що полягає в нагріванні до 720-780 °С, витримці після нагрівання протягом однієї години і після прогріву – охолодження в оливі або на повітрі.

Відпал рекристалізації застосовують для усунення наклепу, зниження твердості і зняття внутрішніх напружень після холодного механічного оброблення.

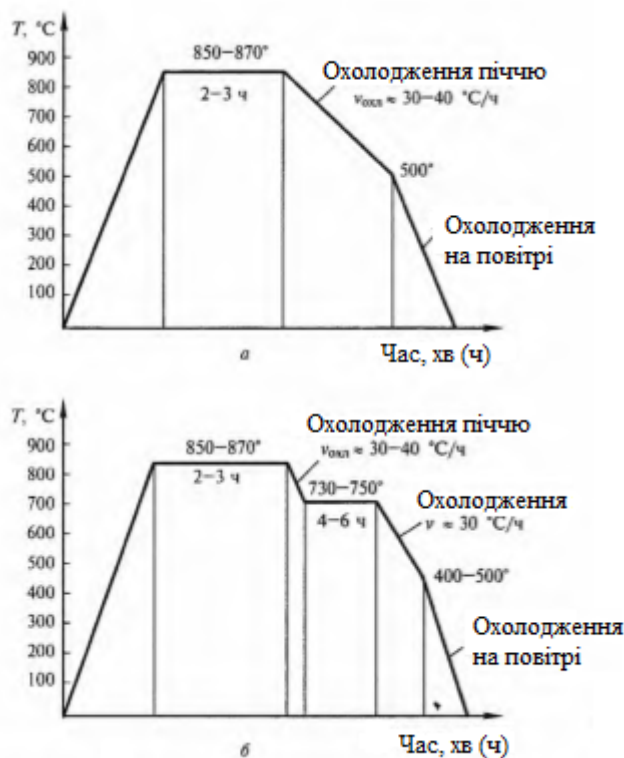


Рисунок 52 – Графіки повного (а) і ізотермічного (б) відпалу швидкорізальної сталі

Основною метою зниження деформації при загартуванні, що особливо важливо під час виготовлення довгорозмірного інструменту складної форми. Відпал полягає в повільному нагріванні до 600-700 °С, витримці на протязі 1-2год і охолодженні з піччю (рідше на повітрі).

Нормалізація проводиться для виправлення структури заготовок з вуглецевих і легованих сталей з метою видалення залишків цементитної сітки

і ділянок пластичного перліту, що погіршують різанням та шорсткість оброблюваної поверхні. Здійснюють нормалізацію шляхом нагрівання до температури 880-900 °С для вуглецевих і 860-880 °С для легованих сталей з наступним охолодженням на повітрі.

Твердість заготовок після попередньої термічного оброблення повинна бути в межах НВ 207-255, мікроструктура – сорбітоподібний перліт і карбіди.

Остаточне термічне оброблення. Гартування є основною і найважливішою операцією термічного оброблення інструменту, що визначає значною мірою разом з наступним відпуском його стійкість в процесі експлуатації. Загартування повинна забезпечити високу твердість, зносостійкість, теплостійкість і високу механічну міцність інструменту. Цим вимогам задовольняє наявність мартенситу в загартованій сталі.

Теплостійкість створюється легуванням сталі карбидоутворюючими елементами, що вводяться в сталь в кількості, коли вони пов'язують майже весь вуглець в спеціальні карбіди. Специфікою цих карбідів є те, що вони виділяються з мартенситу і коагулюють при температурах 500-600 °С. Карбидоутворюючі елементи: *Gr, W, Mo, V* та ін.

Мартенсит загартованої швидкорізальної сталі є твердий розчин в α -розчині не тільки вуглецю, але і легуючих елементів. Мартенсит, отриманий з легованого аустеніту, буде мати високу теплостійкість. Для отримання високолегованого та сталого мартенситу швидкорізальні сталі нагрівають до високих температур. Однак нагрів веде до зростання зерна, утворення сітки карбідів, знеуглецювання і навіть оплавлення.

Інструменти з швидкорізальних сталей піддають ступінчатому нагріванню до $T = 400-500$ і $780-840$ °С (великогабаритні і фасонні інструменти) або відразу до температури $780-840$ °С (для решти) і потім вище, до температур, наведених в таблиці 12.

Час витримки при остаточному нагріванні 6-7 сек на мм перетину в хлорбарієвих ваннах і 10-12 сек в печах. Допустиме відхилення температури від оптимальної ± 10 °С. Мартенсит гарту повинен бути дрібноголчатої будови. Нагрівання під гартування рекомендується вести в розплавлених солях або печах з відновлювальною атмосферою або в вакуумі.

Щоб уникнути переходу аустеніту в проміжні структури охолодження під час гартування має бути швидкий. На практиці потрібну швидкість охолодження досягають шляхом застосування різних середовищ (води, мастила, солей, лугів і на повітрі). Перехід аустеніту в мартенсит супроводжується зміною об'єму. При швидкому охолодженні з'являються тріщини і викривлення, тому в інтервалі температур мартенситного перетворення $300-200$ °С охолодження слід вести уповільнено (наприклад, в оливі) або застосовуючи комбіновані методи загартування.

Таблиця 12 – Температури нагріву під гартування інструментальних сталей

Марка сталі	T, °C	Твердість після гартування, HRC	Марка сталі	T, °C	Твердість після гартування, HRC
Вуглецеві			Швидкорізальні		
У8А	760-770*	63-65	P18	1270-1290	62-65
У9А	780-790**	60-62	P12	1240-1260	62-65
У10А	770-790*	63-65	P6AM5(P6M5)	1200-1300	62-65
У13А	790-810**	61-63	P14Ф4	1240-1260	63-66
Леговані			P9K5,P9K10	1210-1235	63-66
11ХФ	800-820	63-65	P9M4K8	1215-1235	63-66
ХВГ	830-850	63-66	P8M3K6C	1200-1220	63-66
ХВСГ	850-870	63-64	P9M5K5	1200-1230	63-66
9ХС	860-880	63-64	P9M4Ф	1140-1180	60-62
			6Х6В3МФС	1050-1075	60-62

Примітка: * – при охолодженні в воді й водних розчинах, ** – при охолодженні в мастилі і гарячих середовищах

Інструмент з вуглецевої сталі складної конфігурації охолоджують в двох середовищах: спочатку у воді до $T = 250-300^{\circ}\text{C}$, а далі в мастилі. Піддають ізотермічному гартуванню: охолоджують в розплавленій солі при $T = 200-300^{\circ}\text{C}$, витримують в ній, а потім охолоджують на повітрі. Твердість при цьому забезпечується HRC 45-55, структура – голчастий тростит. Відпуск після неї не обов'язковий.

Швидкорізальна сталь отримує кращу теплостійкість при пришвидшеному охолодженні в області $T = 900-950^{\circ}\text{C}$ і в області перлітного перетворення $T = 400-500^{\circ}\text{C}$, тому що уповільнення охолодження при цих температурах сприяє виділенню частини карбідів з аустеніту.

Графік гарту швидкорізальної сталі представлений на рисунку 53.

Різні способи охолодження впливають головним чином на величину напружень і деформацій в загартованому стані. Охолодження під час загартуванню вибирають в залежності від форми і перетину інструменту. При простій формі інструмент охолоджують в мастилі, а невеликого перерізу $\varnothing 2-5$ мм – на повітрі.

Відпуск. Такий вид термічного оброблення застосовують для зменшення або повного зняття напружень загартованої сталі, зменшення твердості і збільшення пластичності. Для відпуску загартованої сталі нагрівають до температури нижче A_c , витримують і потім охолоджують. Нагрівання при відпуску виконують в мастильних, селітрових або лужних ваннах, а також в печах з повітряною атмосферою. Час перебування виробу в печі під час відпуску – 2-3 хв на 1 мм найменшого перетину, але не менше ніж 30-40 хв. Після відпуску – охолодження на повітрі.

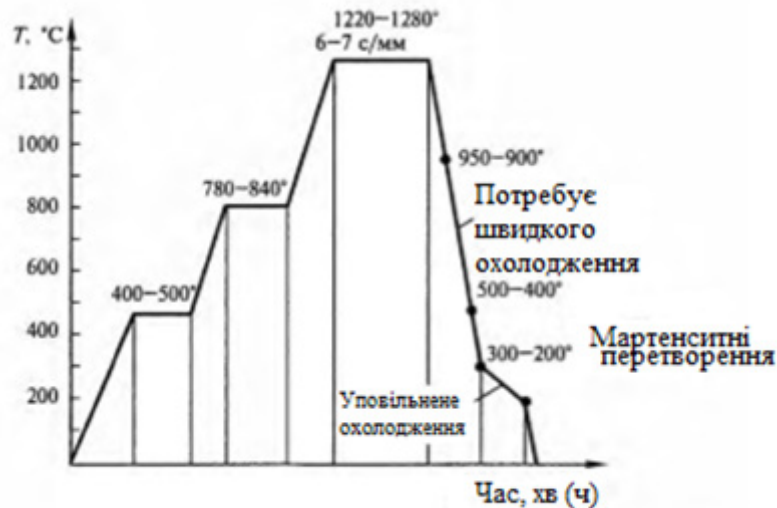


Рисунок 53 – Графік гартування швидкорізальної сталі

Під час відпуску відбуваються перетворення мартенситу і залишкового аустеніту, в результаті чого зменшуються внутрішні напруги і твердість, підвищується пластичність. Температуру відпуску встановлюють залежно від складу сталі і необхідної для даного інструменту твердості. При $T_{\text{відп}} = 150-250 \text{ } ^\circ\text{C}$ твердість знижується незначно, структурних змін практично немає, лише зменшуються напруги в мартенситі HRC = 59-60.

При $T_{\text{відп}} = 250-400 \text{ } ^\circ\text{C}$ твердість знижується до HRC 50-45, структура тростит, пластичність підвищується (штампи, пружини, цанги, ударний інструмент).

При $T_{\text{відп}} = 400-600 \text{ } ^\circ\text{C}$ твердість падає HRC 45-30, структура сорбіт, збільшується пластичність і ударна в'язкість (штампи для гарячого штампування, деталі пристосувань і ін.).

Відпуск швидкорізальної сталі необхідний для перетворення залишкового аустеніту в мартенсит, відпуск первинного і вторинного мартенситу та зняття при цьому внутрішніх напружень; $T_{\text{відп}} = 560-570 \text{ } ^\circ\text{C}$ протягом 3-4 год або багаторазовий (2-3-кратний) відпуску з більш короткими витягами. В останньому випадку мартенсит більш легований. Багаторазовий відпуск, не змінюючи теплостійкості, підвищує механічну міцність інструменту за рахунок зменшення напруги, що утворилися при переході остаточного аустеніту. Графік проведення відпуску швидкорізальної сталі показаний на рисунку 54.

Для кращої оброблюваності швидкорізальної сталі застосовують неповне загартування з високим відпуском. Проводять нагрівання до 920-950 $^\circ\text{C}$, охолодження (повітря, мастило), високий відпустку при $T = 700-720 \text{ } ^\circ\text{C}$, HB = 260-270.

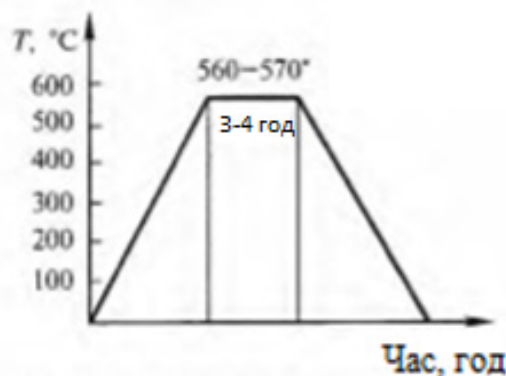


Рисунок 54 – Графік відпуску швидкорізальної сталі

Виконують відпуск в електроповітряних печах, селітрових ваннах (55% KNO_3 і 45% NaNO_4) і печах для газової цементації Ц-30 з атмосферою перегрітої пари.

Основний спосіб контролю технологічного процесу термічного оброблення – контроль температури на всіх операціях. Температурний режим загартування встановлюється за величиною зерна, мікроаналізу, твердості і зламу пробних зразків.

Якість відпуску швидкорізальної сталі перевіряють по твердості, мікроструктурі і на спеціальних магнітних аналізаторах (аустенізаторах) вимір та порівняльні зміни магнітної проникності швидкорізальної сталі з рівним вмістом аустеніту.

Нагрівальне обладнання. В даний час промисловість володіє великим арсеналом нагрівального обладнання, яке використовується в інструментальному виробництві. Це різного виду печі: камерні (газові, мазутні та електричні), шахтні електричні; печі з відновлювальної або нейтральною атмосферою; печі-ванни, установки СВЧ з ламповими або машинними генераторами. Основними параметрами вибору печей є розвивається ними температура нагріву.

Під час відпалу тривала витримка заготовок інструменту при високій температурі особливо небезпечна внаслідок знеуглецювання і глибокого окислення поверхні, тому доцільно використовувати названі печі з нейтральною атмосферою. Кращим варіантом є використання печей з програмним керуванням режиму відпалу і нейтральної атмосферою. В умовах одиничного виробництва відпал заготовок інструменту виконують в звичайних камерних або шахтних печах без захисної атмосфери. Для зменшення знеуглецювання, особливо при малих припусках на подальшу механічне оброблення, заготовки укладають в металеві ящики і засипають карбюризатором: 50% деревного вугілля і 50% чавунної стружки. Ящики завантажують в піч і виконують відпал, при якому поверхні заготовок навіть дещо науглецюється.

Під час загартування ще більшою мірою, ніж для відпалу, не повинні допускати знеуглецювання і окислення поверхонь інструменту. Тут

необхідно використовувати нейтральне середовище і автоматичну підтримку температури нагріву, часу нагріву, т. п. Печі повинні бути оснащені пристроями, що автоматично підтримують температурно-часовий режим нагріву.

Кращими і найбільш поширеними є печі-ванни:

- Високотемпературні хлорбарієві з електродним розігрівом BaCl_2 для остаточного нагрівання інструментів з швидкорізальних сталей під загартування;

- Середньотемпературні соляні ванни ($75,5\% \text{BaCl}_2 + 22,5\% \text{NaCl}$) з електродним або тигельним розігрівом нагрівною середовища; застосовуються для підігріву інструментів з швидкорізальних сталей або остаточного нагріву під загартування інструментів з вуглецевих і легованих сталей;

- Низькотемпературні соляні ванни з тигельним розігрівом нагрівною середовища з калієвої і натрієвої селітри або з розчину їдких лугів. Придатні для охолодження інструменту при ступінчастому загартуванні або для відпуску загартованого інструменту.

Розплави або розчини солей в цих ваннах нейтральні, але тим не менше можуть окисляти нагріваються інструменти киснем, що заносяться самими інструментами, тому ванни періодично розкисляють.

Дефектом відпуску є недовідпуск, що характеризується підвищеним вмістом аустеніту в структурі швидкорізальних сталей і є наслідком порушення температурно-часового режиму. Для відпуску можна використовувати будь-які печі, що забезпечують і строго підтримують необхідну температуру. Найбільш зручні і часто використовувані – шахтні печі з атмосферним середовищем.

Установки СВЧ дозволяють отримати поверхневу загартування при збереженні в'язкої серцевини. Такі установки використовують головним чином для загартування інструментів з вуглецевих і низьколегованих сталей, у яких досить великий інтервал гартівних температур. У швидкорізальних сталей інтервал гартівних температур малий: $20-25\text{ }^\circ\text{C}$ для сталі Р9 і $10-20\text{ }^\circ\text{C}$ для сталі Р18, в той час як для сталей ХВ, ХГСВ – $50\text{ }^\circ\text{C}$.

У зв'язку з цим установки СВЧ рідко використовують для нагрівання під загартування інструментів з швидкорізальних сталей.

Забезпечення якості термічного оброблення. Після термічного оброблення інструмент повинен мати відповідну твердістю і мікроструктурою, не мати окислених і знеуглецьованих поверхневих шарів, а також викривлення понад допустимі норми. Задані твердість і мікроструктура металу забезпечують інструменту оптимальне значення міцності, зносостійкості і теплостійкості в конкретних умовах застосування.

Належну твердість і мікроструктуру сталі можна забезпечити відпрацюванням режимів гарту і відпуску на пробних зразках зі сталі конкретної марки. Устаткування для нагріву повинно бути оснащено при-

строями автоматичного контролю і підтримки заданої температури. Для соляних гартівних ванн використовують радіаційні пірометри, а для відпускних ванн і печей – електронне прилади з термопарами. Для недопущення браку під час загартування вибірково контролюють твердість і мікроструктуру. Якість відпуску швидкорізальної сталі перевіряють по мікроструктурі, твердості і зламу пробних зразків. Кількість залишкового аустеніту визначають спеціальними магнітними аналізаторами – аустеніметрами.

Недопущення окислення і знеуглецювання поверхні інструменту досягають нагріванням його в печах з відновлювальною або нейтральною атмосферою. Підвищений викривлення властиво інструментам складної форми, а також мають значну довжину при малому поперечному перерізі. Для зменшення викривлення часто використовують ізотермічне гартування, а також спеціальні методи нагрівання і охолодження.

Стрижневі інструменти нагрівають і занурюють в охолоджуючі середовища суворо по поздовжній осі, а решта – вздовж осі малого перетину. Під час охолодження інструмент переміщують вгору-вниз, щоб розірвати парову «сорочку», що утворюється на ньому при охолодженні в випаровуються середовищах.

Іноді з метою зменшення викривлення охолодження інструментів виконують шляхом прокатування між двома сталевими або чавунними плитами з внутрішнім охолодженням водою. При охолодженні після остаточного нагріву під загартування плоскі і дискові інструменти охолоджують під пресом з обдувом повітрям. Часто протягання відразу після охолодження в мастилі встановлюють на призми та індикатором проміряють їх биття. При необхідності в цих же призмах ручним пресом протяжку правлять, усуваючи надмірну кривизну. виправлення інструменту можлива і в холодному стані, але тільки у випадках, коли деформація незначна.

Очищення інструменту після гартування. Після термічного оброблення поверхні інструменту забруднені оксидами, солями ванн, іноді мастилом, які ускладнюють подальше оброблення інструменту і можуть служити вогнищами корозії, тому інструмент необхідно чистити.

Хімічне очищення здійснюють до повного видалення солей, особливо з щілин та пір.

Послідовність очищення:

- Кип'ятіння у воді 20-30 хв для видалення бруду і слідів мастила;
- Травлення в 15-18%-й соляній кислоті для видалення окислів;
- Нейтралізація кислоти: а) промивання у холодній проточній воді; б) промивка в 1% -м содовому розчині при температурі 70-90 °С протягом 5-10 хв;
- Пасивування в содово-натрієвому розчині для захисту від корозії.

Гідрополірування виконують на спеціальних агрегатах струменем рідини зі зваженими в ній частками абразиву.

Склад робочої рідини:

- Електрокорунд зернистістю 10-16 приблизно 20 кг;
- Сода кальцинована – 20 кг; '
- Нітрит натрію (NaNO_2) від 0,75 до 1,0 кг;
- Вода – 50 л.

Використовують таку рідина не тільки для очищення інструменту після термічного оброблення, а й підготовки його під гальванічні покриття. Оброблена таким чином поверхню інструменту виходить не тільки чистою, а й стійкої до корозії, так як покривається пасивної плівкою з нітриту натрію, що знаходиться в розчині робочої рідини.

10 ОБРОБЛЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ІНСТРУМЕНТІВ ШЛІФУВАННЯМ

Кругле зовнішнє шліфування багатолезового інструмента. Кругле зовнішнє шліфування застосовують для обробки зовнішніх циліндрових, конічних і торців поверхонь заготовок інструмента. Різновиди круглого шліфування відрізняються напрямом руху подачі: поздовжнє (паралельно осі заготовки) або врізне (перпендикулярно або під кутом до осі заготовки); характером подачі на глибину різання: багатопрохідне або глибинне (однопрохідне) (рисунок 55).

Поздовжнє кругле шліфування використовують під час оброблення заготовок довжиною більше 80 мм в умовах багатосерійного виробництва і коротких заготовок в умовах серійного і дрібносерійного виробництва. Врізне кругле шліфування доцільно використовувати при довжині шліфуваної поверхні менше 80мм у багатосерійному виробництві, а також при шліфуванні фасонних поверхонь і одночасному шліфуванні декількох поверхонь. Шліфування циліндрових поверхонь, як правило, проводиться периферією круга, а торцевих – торцем круга.

Попереднє шліфування заготовок інструментів із швидкорізальних сталей при припуску на сторону 0,2-0,5мм і великому об'ємі матеріалу, що зрізається, рекомендується виконувати кругами з електрокорунду, при цьому найбільшу ефективність мають круги з хромотитаністого електрокорунду марок (91А, 92А), зносостійкість яких на 20-80% вища, ніж кругів з електрокорунду білого (24А).

Круги з хромотитаністого електрокорунду унаслідок підвищеної самозагострюваності слід застосовувати підвищеної твердості порівняно з кругами з електрокорунду білого.

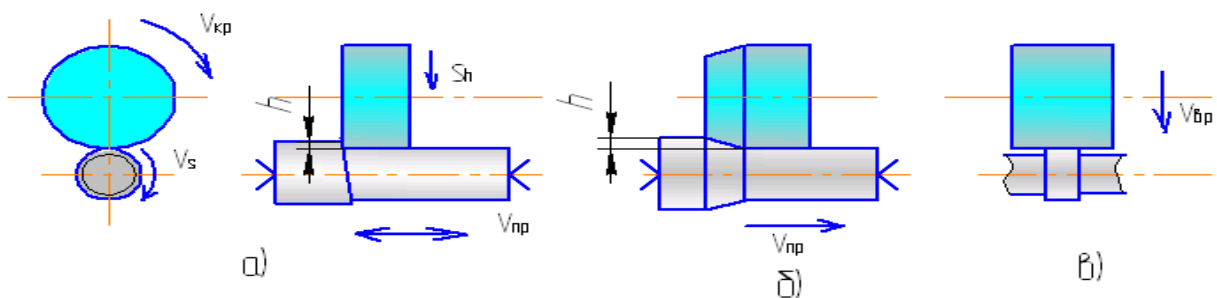


Рисунок 55 – Різновиди круглого зовнішнього шліфування

Круги з електрокорунду твердістю СТ2 і вище працюють із затупленням. Період стійкості круга при попередньому шліфуванні в основному обмежується появою на оброблюваній поверхні ограновування, яке є наслідком утворення хвилястості на робочій поверхні шліфувального круга. Висота хвиль на робочій поверхні шліфувального круга до кінця періоду стійкості круга зростає, що супроводжується при шліфуванні появою характерного шуму. Хвилястість на поверхні круга утворюється під впливом

вібрацій, що виникають у процесі шліфування, унаслідок яких сили шліфування коливаються в широких межах. Западини на крузі утворюються в місцях дії більшої сили шліфування. На твердих кругах замість западин утворюються рівномірно розташовані ділянки з притупленими зернами. У ряді випадків період стійкості круга обмежується появою дефектів на шліфованій поверхні у вигляді припикання.

Остаточне шліфування заготовок інструментів із швидкорізальних сталей при припуску на сторону 0,03-0,05мм і високих вимогах до шорсткості та якості поверхонь готової деталі рекомендується проводити шліфувальними кругами з ельбору або алмазу на органічних зв'язках, які мають такі переваги: високі різальні властивості кругів з алмазу і ельбору з порівняно дрібною зернистістю дозволяють застосовувати їх для знімання великих припусків, що забезпечує шорсткість поверхні $Ra=0,32-0,08$ мкм. Підвищена зносостійкість цих кругів гарантує стабільність геометричних параметрів інструмента, гостроту його різальних кромки, відсутність структурних змін у поверхневому шарі і зниження трудомісткості операції. Так, наприклад, застосування шліфувального круга з ельбору ЛО5 Б1 100 або діамантового круга АС2 50/40 Б1 100 знижує продуктивність операції остаточного шліфування розгортки на 25-30% в порівнянні з кругами з електрокорунду або карбиду кремнію.

Під час шліфування заготовок твердосплавного інструменту вибір характеристики шліфувального круга залежить від виду операції і величини припуску на сторону. При припуску більше 0,3мм найдоцільніше застосовувати круги з карбиду кремнію зеленого. Наприклад, під час шліфування центрів у твердосплавних заготовках діаметром 6-12мм, що мають прямий торець, радіальний припуск становить 2-5мм. У цьому випадку продуктивність шліфування центрів абразивним кругом 63С25СМ1К в 2 рази вища, ніж діамантовим АС6 80/63 М2-01 100.

Попереднє шліфування заготовок твердосплавного інструменту з припуском на сторону 0,2-0,3мм найбільш ефективно проводити алмазним кругом на металевій зв'язці типу М1-01. Алмазний круг на металевій зв'язці працює в режимі затуплення і вимагає тривалої правки. У міру затуплення круга збільшується потужність шліфування і зростає час для отримання необхідної точності розміру.

Остаточне шліфування заготовок твердосплавного інструменту при припуску на сторону 0,03-0,05мм доцільно проводити алмазним кругом на органічній зв'язці типу В2-01. При використанні алмазного круга АС2 50/40 В2- 01 100 може бути досягнута шорсткість поверхні $Ra = 0,32-0,16$ мкм. Алмазний круг на органічній зв'язці працює з самозагострюванням і не вимагає правки.

Швидкість шліфувального круга $V_{кр}$ визначається технічними даними круглошліфувального верстата і міцністю шліфувального круга. Сучасні круглошліфувальні верстати забезпечують швидкість шліфувального круга до 50-60м/с. При шліфуванні заготовок хвостовиків інструменту з конс-

трукційних матеріалів і заготовок робочої частини інструменту з швидко-різальних сталей рекомендується застосовувати швидкісне шліфування з швидкістю до 50м/с. При шліфуванні заготовок твердосплавних інструментів кругами з карбіду кремнію зеленого рекомендується швидкість шліфувального круга 18-22м/с, а при шліфуванні алмазними кругами – швидкість 25-35м/с.

Колова швидкість заготовки (швидкість подачі V_s) визначає час нагріву заготовки в контактній зоні при шліфуванні. Чим вище V_s , тим менший час нагріву і тим нижча температура шліфування. Тому слід вибирати максимально можливу швидкість подачі. Обмеженням V_s є поява вібрацій, що викликають огранування виробу.

Подача на оберт S_o при поздовжньому шліфуванні, як правило, задається в частках ширини круга $B_{кр}$. Для попереднього шліфування рекомендується брати $S_o=(0,7-0,8)B_{кр}$, а для кінцевого $S_o=(0,2-0,3)B_{кр}$.

Подачу на глибину S_h при поздовжньому шліфуванні і швидкість руху подачі $V_{ер}$ при врізному шліфуванні слід призначати так, щоб забезпечити мінімальну собівартість операції. При цьому необхідно враховувати, що збільшення S_h і $V_{ер}$ забезпечує зниження машинного часу, але призводить до інтенсивного зносу шліфувального круга, що зменшує його стійкість і викликає необхідність частої правки.

При попередньому шліфуванні подача на глибину у 2-2,5 рази вища, ніж при остаточному шліфуванні. Величину S_h слід вибирати тим менше, чим вищі вимоги до точності оброблення, менша жорсткість технологічної системи і гірше шліфованість інструментального матеріалу. Час виходжування зростає із збільшенням S_h , зменшенням жорсткості технологічної системи, підвищенням вимог до шорсткості поверхні.

Технологічні особливості операцій круглого шліфування заготовок різальних інструментів. Під час виготовлення різальних інструментів виконують такі круглошліфувальні операції: шліфування циліндричних і конічних заготовок хвостовиків із конструкційних сталей; шліфування робочої частини заготовок із швидко-різальних сталей або твердого сплаву по циліндру, перехідному конусу, фаски, зворотному конусу; шліфування канавок, шийок, поверхонь торців. Основна частина припуску (70-80%) зрізається при попередньому обробленні грубозернистим кругом, а менша частина припуску (20-30%) зрізається при остаточній обробці дрібнозернистим кругом. Припуски на шліфування встановлюють залежно від початкових похибок геометричної форми і глибини знеуглецьованого шару, які були отримані під час оброблення різанням і термічних операціях. Припуски для незагартованих заготовок можуть бути зменшені на 0,05-0,1мм.

Порядок виконання круглошліфувальних операцій, вибір технологічних баз, оснащення, способу шліфування і верстатів проводяться залежно від конструкції різального інструмента. Заготовки кінцевого інструмента в основному шліфують в центрах способом поздовжнього шліфування. Ре-

комендується такий порядок виконання круглошліфувальних операцій: шліфування зовнішніх центрів з двох сторін або центрових отворів; попереднє шліфування робочої і хвостової частин заготовок після попереднього заточування передньої поверхні; остаточне шліфування робочої частини після остаточного заточування передньої поверхні. Кругле шліфування не завжди забезпечує необхідне відхилення від циліндричності і параметра шорсткості поверхні калібрувальної частини розгортки. Це досягається процесом алмазного доведення твердосплавних і швидкорізальних розгортки із застосуванням охоплюючих алмазних брусків. Розгортка здійснює обертальний рух, а алмазні бруски – зворотно-поступальні рухи і радіальну подачу. При цьому створюються умови безперервного самозаточування різальної поверхні брусків, швидкого припрацювання їх охоплюючого контура і утворення характерних для хонінгування сітки рисок, що перетинаються і сприяють зниженню шорсткості поверхні.

Під час виготовлення круглих, шліцьових протяжок проводять велике число круглошліфувальних операцій у центрах з використанням люнетів. Перед проведенням цих операцій необхідно зачищати центрові отвори. Для підвищення точності протяжок зачищення центрових отворів доцільно проводити шліфувальними головками на спеціальному вертикально-шліфувальному верстаті підвищеної точності з планетарним обертанням шпинделя типу МВ-119. Перед круглошліфувальними операціями необхідно правити заготовку, попередньо заточивши передню поверхню і спинку зубів. Шліфування по зовнішній поверхні протяжки з групою схемою різання проводиться за секціями, починаючи з останньої секції, розташованої перед калібруючими зубами. Для підвищення точності і продуктивності оброблення круглошліфувальних операцій при виготовленні протяжок рекомендується виконувати на круглошліфувальних верстатах підвищеної точності.

Безцентрове шліфування свердел і мітчиків. В інструментальному виробництві безцентрове шліфування широко застосовують для оброблення зовнішніх, циліндричних і конічних поверхонь головним чином кінцевого різального інструмента. Основна технологічна особливість безцентрального шліфування полягає в тому, що оброблюваний інструмент не закріплюється під час шліфування, а обертається вільно в призмі, яка утворюється опорним ножом, який має скіс, і ведучим кругом, що забезпечує опору інструменту по всій його довжині. Завдяки цьому значно підвищується жорсткість технологічної системи, що визначає такі переваги безцентрального шліфування в порівнянні з круглим шліфуванням в центрах: можливість шліфування інструмента малого діаметра і великої довжини і інструмента, що не має технологічних центрів; підвищення продуктивності оброблення за рахунок великих подач; усунення кривизни заготовок інструмента в результаті ефекту його правки у процесі шліфування; спрощення технології оброблення, оскільки відпадає необхідність в утворенні технологічних центрів або центрових отворів; спрощення обслуговування

верстатів; скорочення часу на установку заготовок і зняття готових деталей; спрощення автоматизації оброблення і вбудовування в автоматичні лінії.

Разом з тим безцентрове шліфування має певні недоліки, що обмежують його застосування. Основним обмеженням є неможливість забезпечити при безцентровому шліфуванні необхідне биття зовнішньої поверхні щодо центрових отворів, необхідних для подальших фінішних операцій при виготовленні і експлуатації інструмента, наприклад, для заточування інструмента. Крім того, у зв'язку з тим, що оброблювана поверхня є базовою, її початковий стан має велике значення при безцентровому шліфуванні. Великі відхилення від круглості та задирки утруднюють, а іноді роблять неможливе оброблення на безцентрово-шліфувальних верстатах.

Засоби безцентрового шліфування. Оброблення на безцентрово-шліфувальних верстатах здійснюється трьома способами: поздовжнє шліфування на прохід, до упору і врізне шліфування.

Поздовжнє шліфування на прохід (рисунок 56) застосовують для попереднього оброблення циліндричних поверхонь інструмента.

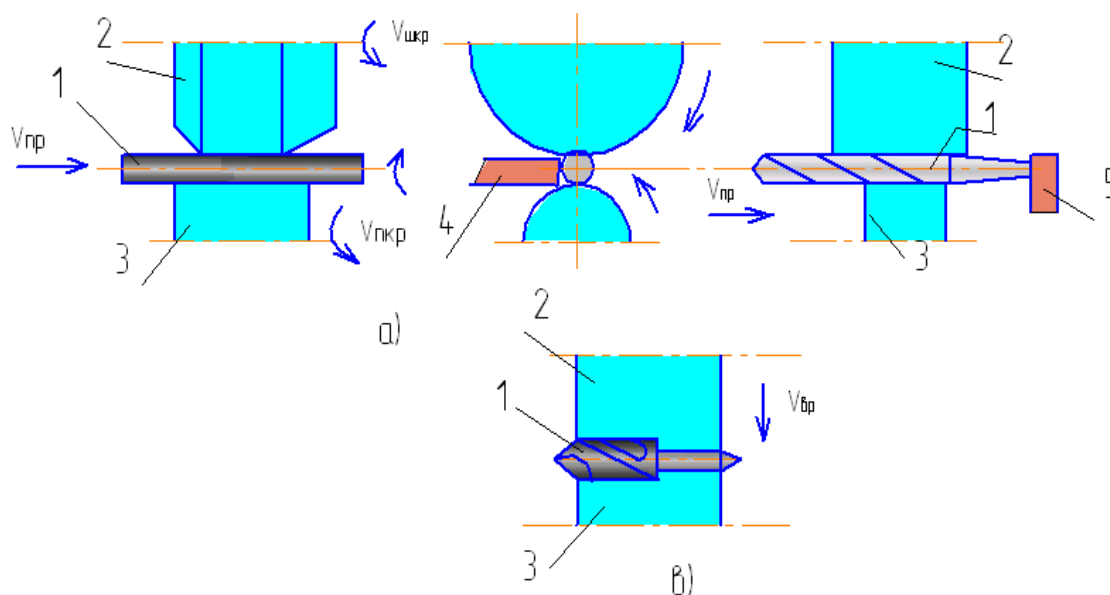


Рисунок 56 – Засоби безцентрового шліфування

Оброблювана заготовка 1 самоустановлюється між шліфувальним кругом 2, який обертається із швидкістю $V_{кр}=30-60$ м/с і ведучим кругом 3 із швидкістю $V_{вкр}=10-40$ м/хв, спираючись на опорну поверхню ножа 4 верстата. Вісь ведучого круга розташовується під невеликим кутом ($1-6^\circ$) до осі виробу, завдяки цьому під дією сил тертя заготовці, крім обертального руху із швидкістю V_s , повідомляється також поздовжнє переміщення із швидкістю $V_{пр}$. При цьому шліфувальний круг врізається в заготовку на величину подачі S_h . При поздовжньому шліфуванні шліфувальний круг має три робочих ділянки: різальну частину довжиною A , калібруючу частину завдовжки B і зворотний конус довжиною B . Різальна частина круга

знімає основний припуск на оброблення, калібруюча частина знімає залишковий припуск, виправляє похибки форми, а на ділянці зворотного конуса відбувається виходжування за рахунок зменшення глибини різання, що сприяє зниженню шорсткості шліфованої поверхні і підвищенню геометричної точності заготовки.

За необхідності підвищення геометричної точності і зниження шорсткості поверхні оброблюваної заготовки рекомендується використовувати шліфувальний круг, складений з двох кругів різних характеристик: для різальної частини грубозернистий, а для калібрувальної частини – дрібнозернистий.

Значно на форму і розміри заготовки впливає її положення в зоні шліфування. Для отримання точної геометричної форми у процесі оброблення вісь заготовки, встановлена на опорному ножі, повинна розташовуватися вище або нижче лінії центрів кругів, при цьому робоча зона матиме V-подібну форму. Чим більша величина перевищення центра заготовки над лінією центрів кругів, тим швидше виправляється огранування. Відхилення від овальності краще виправляється при розташуванні центрів заготовки на лінії центрів. Більшість заготовок встановлюють вище за лінію центрів, за винятком довгих тонких заготовок, які встановлюються нижче за лінію центрів.

Шліфування отворів і торців насадного інструмента. Отвори обробляються на внутрішньошліфувальних верстатах на прохід і врізанням (рисунк 57). Врізне шліфування (без поздовжньої подачі) використовують при обробці коротких, фасонних і глухих отворів.

При поздовжньому шліфуванні на прохід (рисунок 57 а, б) виконується зворотно-поступальний рух шліфувального круга, що характеризується швидкістю поздовжнього переміщення V_{np} , м/хв, і подачею на глибину шліфування на хід S_h або подвійний хід S_{h2x} . При врізному шліфуванні подача виконується перпендикулярно до осі заготовки (рисунок 57 в, г) і характеризується швидкістю врізаної подачі $V_{вр}$, мм/хв. Шліфувальний круг у процесі шліфування повинен виходити з робочої зони на 1/3 своєї висоти. Шліфування внутрішніх торців виконується поверхнею торця шліфувального круга з поперечним переміщенням; шліфування зовнішніх торців – торцем шліфувального круга з подачею на глибину шліфування.

Оброблення отворів на внутрішньошліфувальних верстатах має такі особливості: значно збільшується поверхня контакту шліфувального круга з оброблюваною поверхнею і погіршується підведення охолоджувальної рідини в порівнянні з круглим зовнішнім шліфуванням, через що збільшується тепловиділення і небезпека припіків.

Діаметр шліфувального круга обмежується розміром оброблюваного отвору. Малий діаметр шліфувального круга призводить до його швидкозношування і необхідності частої його правки. Порівняно великий виліт оправки шліфувального круга, її малий діаметр (обмежений діаметром круга) значно знижують жорсткість системи і приводять до пружних

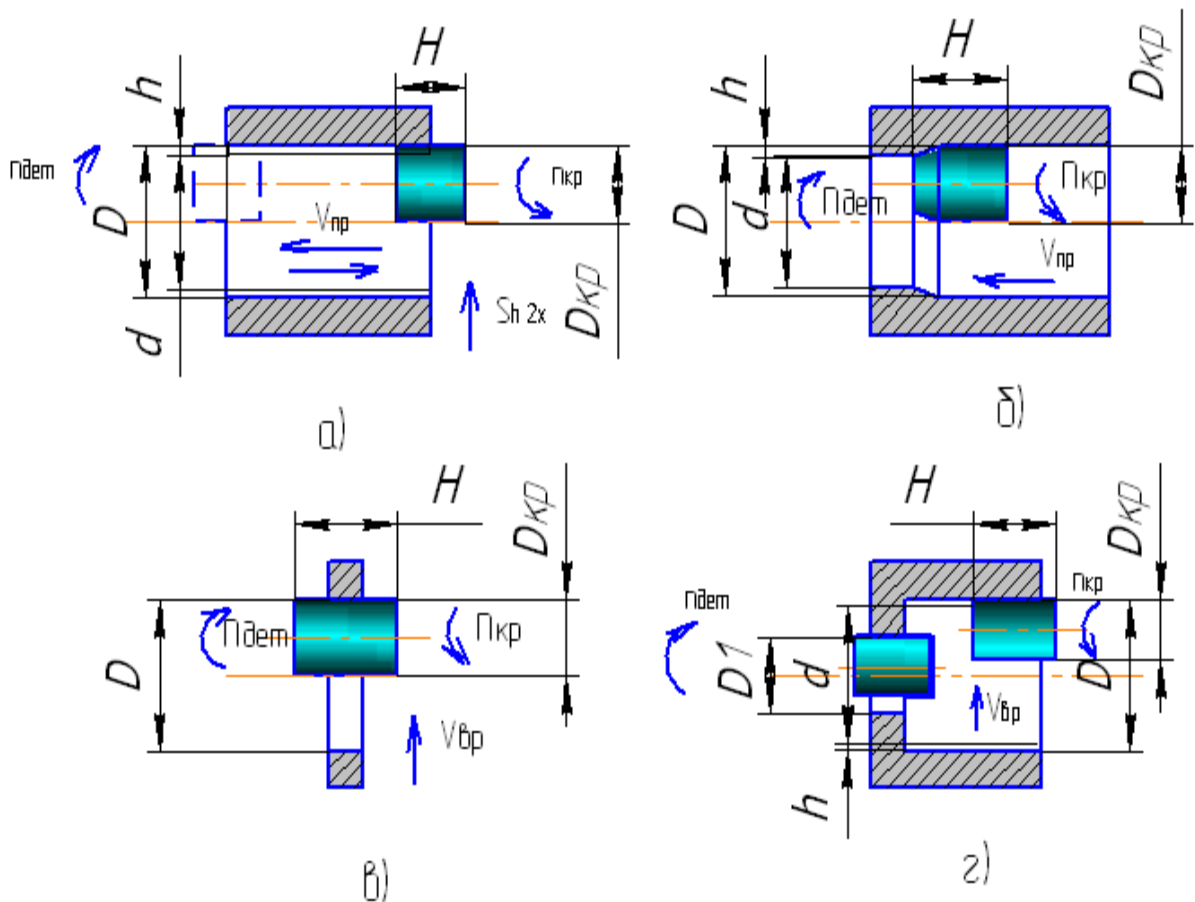


Рисунок 57 – Схеми шліфування отворів

відтисків круга, що викликає необхідність обмежувати режими шліфування для отримання точних поверхонь. Враховуючи низьку жорсткість шпинделя шліфувальної головки і малий діаметр круга, необхідно на операції внутрішнього шліфування знімати мінімальні припуски. Діаметр круга вибирають найбільшим залежно від діаметра оброблюваного отвору (див. таблицю 12).

Таблиця 12 – Співвідношення між діаметром круга і діаметром шліфованого отвору

Діаметр шліфованого отвору, мм	...	30	80	150 до 200	20				
	до 30	до 80	до 150		0.....				
Відношення діаметра шліфувального круга до діаметра отвору заготовки відповідно	0,95	0,90	0,85	0,80	0,70				
Висоту (ширину) круга вибирають залежно від довжини отвору *									
1	1	1	2	25	3	40	5	6	80/60
0/8	2/10	6/13	0/16	/20	2/25	/32	0/40	0/50	

Примітка: * у знаменнику – висота круга

Технологічні особливості внутрішнього шліфування отворів і торців різального інструмента. Шліфування отворів і торців проводять за однією з чотирьох схем. За першою схемою отвір і торець шліфують на внутрішньошліфувальному верстаті з торцешліфувальним пристроєм (рисунки 58). За одну установку шліфують отвір і один торець 1, 2, а другий торець шліфують на плоскошліфувальному верстаті 3. За цією схемою шліфують заготовки прорізних, кутових, трибичних, черв'ячних фрез і заготовки інших подібних інструментів.

Друга схема (рисунки 59) передбачає спочатку послідовне оброблення двох торців однієї заготовки на плоскошліфувальному верстаті 1, 2. Потім, базуючись на шліфованих, паралельних одна одній поверхні, шліфують отвір, вісь якого перпендикулярна до торців (поз. 3). За цією схемою шліфують заготовки тонкостінних фрез, шеверів, довбачів.

Третя схема (рисунки 60) характерна тим, що спочатку шліфують отвір на внутрішньошліфувальному верстаті (поз. 1), а потім обробляють торці А і Б на круглошліфувальному верстаті (поз. 2, 3). У цьому випадку заготовку встановлюють на конічну оправку (конусність 0,01-0,02мм на 10мм довжини).

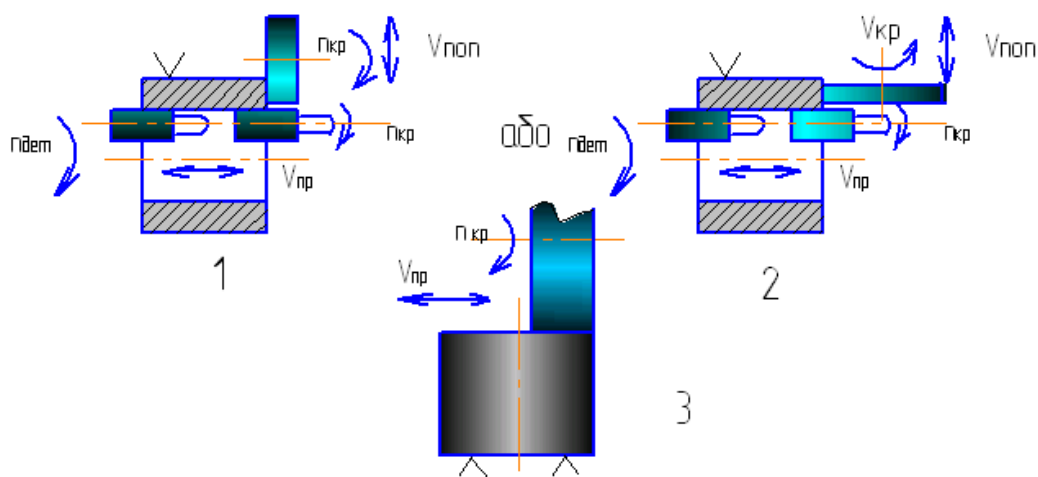


Рисунок 58 – Перша схема шліфування отвору

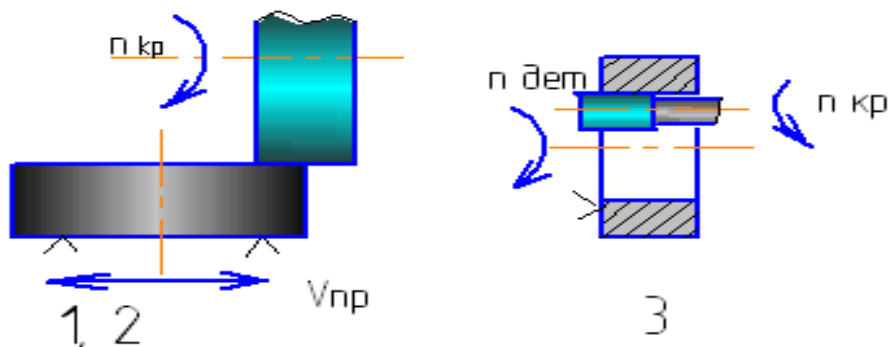


Рисунок 59 – Друга схема шліфування торців і отвору

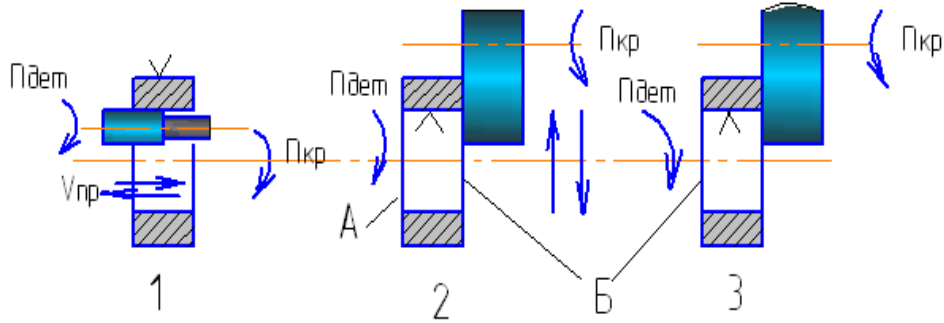


Рисунок 60 – Третя схема шліфування

За четвертою схемою (рисунок 61) обробляють фрези з маточиною. Спочатку з однієї установки шліфують отвір і торцеву поверхню *A* зубів на внутрішньошліфувальному верстаті (поз.1). Потім від отриманої бази шліфують торець *B* на плоскошліфувальному верстаті (поз 2). Обробку закінчують шліфуванням маточини *B* і *Г* від бази *A* і *B* на плоскошліфувальному верстаті (поз. 3, 4).

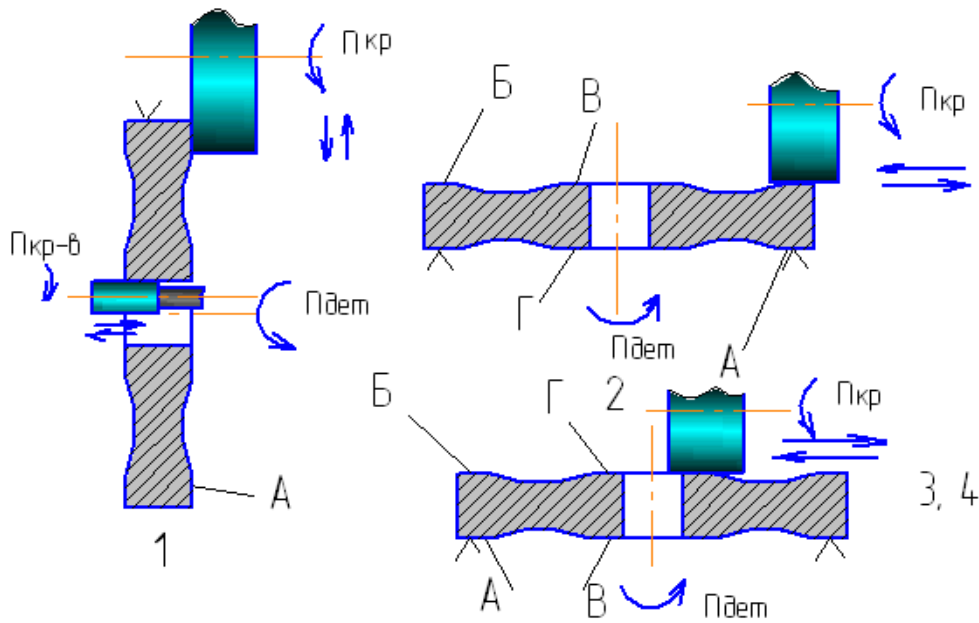


Рисунок 61 – Схема шліфування інструментів з маточиною

Шліфування і доведення торців та отвору довбача. До поверхні зовнішнього опорного торця довбача висувають такі вимоги: поверхня повинна мати шорсткість $Ra=0,16$ мкм; відхилення від площини не повинне перевищувати $0,005$ мм. Ці вимоги забезпечуються під час шліфування торцем круга на плоскошліфувальному верстаті з круглим столом і вертикальним шпинделем. Рекомендується застосовувати кільцеві круги 92А 40 СМ1 – СМ2 на бакелітовій зв'язці. Режими шліфування: $V_{кр}=22$ м/с, частота обертання стола $n=14$ $xв^{-1}$, вертикальна подача при попередньому шліфу-

ванні 0,6 мм/хв, при остаточному – 0,2 мм/хв, час виходжування 6 – 7 хв, ЗОР – содово-нітрідний розчин.

Опорний торець довбачів остаточно доводять на доводочному верстаті чавунними плитами. Відхилення від площинної контролюється перевіркою лінійкою.

Для забезпечення необхідної шорсткості і точності отвору довбача хонінгують або доводять. Для отримання отворів з точністю за 5-м квалітетом і шорсткістю поверхні $Ra=0,16-0,08\text{мкм}$ у заготовках довбачів і черв'ячних фрез отвори притирають або хонінгують. Припуск на притирання 0,02-0,03мм. Отвори притирають на токарних, свердлувальних або спеціальних доводочних верстатах, чавунними притирами. Заготовки інструмента із швидкорізальної сталі притирають пастами з карбіду кремнію зернистістю M20H – M14H.

При доведенні інструмента з твердого сплаву для продуктивності доведення застосовують алмазну пасту із зернистістю 20/14, а для остаточного доведення – пасту із зернистістю 5/3. Остаточне оброблення отворів в інструменті з швидкорізальної сталі можна проводити хонінгуванням при знятті припуску 0,1-0,2 мм.

Шліфування плоских поверхонь різальних інструментів. Плоске шліфування виконують периферією або торцем круга (рисунок 62). Шліфування можна виконувати як з поперечною подачею (коли ширина оброблюваної поверхні більша ширини круга), так і без поперечної подачі. У тому й іншому випадку припуск можна знімати або за декілька робочих ходів верстата, або за один робочий хід (глибинне шліфування).

При шліфуванні периферією круга потрібна менша сила різання. При цьому нагрів заготовки незначний. При шліфуванні торцем круга поперечні коливання шпинделя шліфувального круга в меншою мірою впливають на рельєф оброблюваної поверхні, у зв'язку з чим при цьому способі отримують вищу точність і низьку шорсткість.

Глибинне шліфування у ряді випадків є більш продуктивно в порівнянні з багатопрхідним, проте цей спосіб застосовується тільки при достатній жорсткості технологічної системи.

Найбільш поширеними приладами для установки і закріплення оброблюваних заготовок на плоскошліфувальних верстатах є електромагнітні столи, плити і магнітні блоки, косинці і призми.

Під час оброблення заготовок невеликих розмірів із взаємно перпендикулярними сторонами застосовують лекальні лещата. Всі сторони затискних поверхонь губок лекальних лещат оброблені під кутом 90°. Не виймаючи заготовок із лещат, можна обробити три взаємно перпендикулярні сторони.

Для збільшення надійності кріплення заготовок на магнітній плиті застосовують опорні або притискні планки. Під час оброблення прямокутних заготовок застосовують сталеві загартовані косинці.

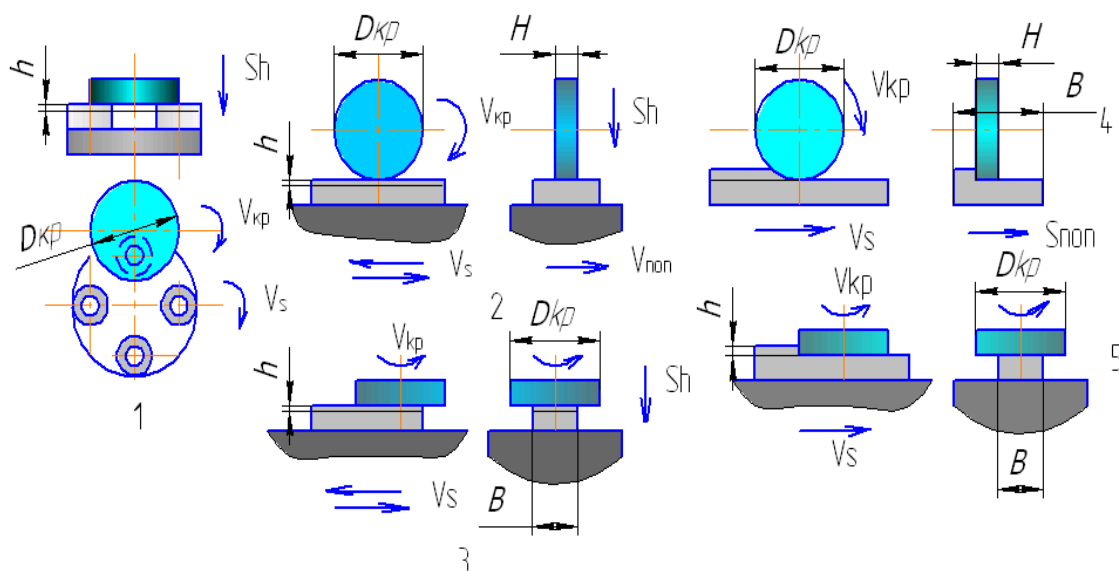


Рисунок 62 – Схеми плоского шліфування: 1– торцем круга на верстаті із коловим столом; 2 – багатопрохідне, периферією круга на верстаті з прямокутним столом; 3 – торцем кола на верстаті з прямокутним столом; 4, 5 – глибинне шліфування

Технологічні особливості плоского шліфування різальних інструментів. Для плоского шліфування ножів збірних фрез, оснащених твердосплавними пластинами, застосовують спосіб електрохімічного алмазного шліфування (ЕХАШ) торцем спеціального струмопровідного алмазного круга з канавками в робочому шарі, що мають вихід рідини через канали на периферію.

Профільне шліфування фасонних різців. Задні поверхні призматичних і круглих фасонних різців отримують одним з двох методів профільного шліфування: копіюванням або обгинанням (рисунок 63).

Під час копіювання профіль інструмента на оброблюваній ділянці повністю збігається з профілем шліфувального круга. Оброблення ведеться за всім профілем або за елементами. Метод копіювання дозволяє використовувати універсальне обладнання (круглошліфувальні, різешліфувальні і плоскошліфувальні верстати) і забезпечує порівняно більшу продуктивність. Метод копіювання по всьому профілю є найпродуктивнішим, але вимагає складної правки круга. Можливості його використання обмежені шириною шліфувального круга, жорсткістю і потужністю шліфувального верстата.

У промисловості найбільше застосування під час оброблення профілю фасонних різців отримав метод копіювання за елементами. Для шліфування фасонних різців із швидкорізальної сталі використовують переважно круги з електрокорунду на керамічній зв'язці.

При обгинанні профілі оброблюваної заготовки інструмента і шліфувального круга не збігаються, а складний контур утворюється як огинання

різних положень шліфувального круга простої форми, отримуваних внаслідок рухів верстата або пристрою.

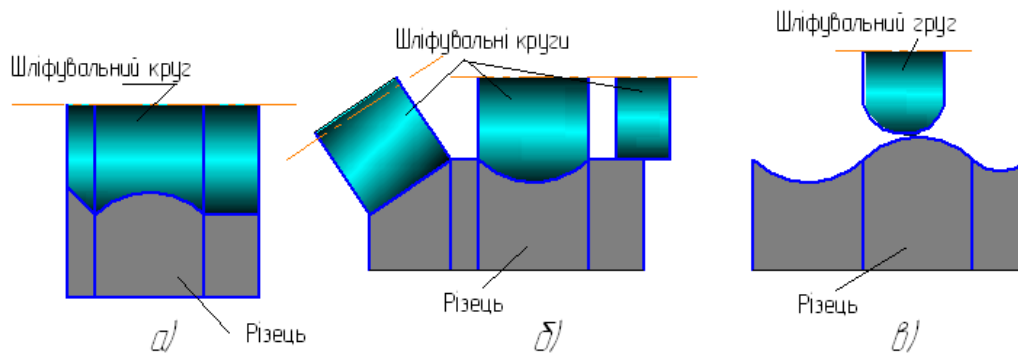


Рисунок 63 – Схеми шліфування профілю фасонних різців:

- а) шліфування копіюванням всього профілю;
- б) копіюванням за елементами; в) копіювання обгинанням

Метод обгинання, здійснюваний на спеціальних профіleshліфувальних верстатах, набув поширення при одиничному і дрібносерійному виготовленні фасонних різців із складним профілем.

Для оброблення фасонних різців із швидкорізальної сталі використовують двокутові круги з електрокорунду на керамічній зв'язці. Фасонні різці з твердого сплаву шліфують двокутними алмазними кругами на органічній або металічній зв'язках.

Під час профільного шліфування методом копіювання використовують фасонні шліфувальні круги, правку яких здійснюють за допомогою різних пристроїв.

Призматичні різці при шліфуванні профілю різальної частини закріплюють у пристрої, щоб уся обробка і контроль профілю проводилися, не знімаючи різця. Круглі фасонні різці шліфують у центрах.

Під час профільного шліфування методом обгинання використовують два кутові круги з кутом профілю 60° і радіусом при вершині 1-2мм. Оброблення ведуть на профільно-шліфувальних верстатах або верстатах з ЧПК.

Шліфування профілю шліцьових протяжок. Існує чотири основні види профілів шліцьових з'єднань і відповідно протяжок: прямобічні, евольвентні, трапецієподібні і трикутні. Шліфування шліців проводиться за методом копіювання, при якому профіль протяжки збігається з профілем шліфувального круга (рисунок 64). Протяжку встановлюють в центри ділального пристрою і підтримують люнетами.

У протяжок із прямобічним профілем після шліфування бічних сторін проводиться прорізання канавок, а у протяжок, що не мають задніх кутів, на бічних сторонах профілю шліфують піднутрення із залишенням стрічки на бічних сторонах. Піднутрення проводиться торцем шліфувального кру-

га або шліфувальним кругом з кутом профілю, меншим, ніж кут профілю западини шліцьових зубів, на величину кута піднутрення.

Шліфування задніх поверхонь довбачів і шеверів. Задні поверхні зубів довбачів і дискових шеверів є евольвентними гвинтовими поверхнями, які обробляють переважно методом обгинання у процесі обкатки. Найбільш застосовними схемами оброблення евольвентних поверхонь довбачів і шеверів є шліфування плоскою стороною дискового круга в процесі переривчастої обкатки з одиничним діленням і шліфування черв'ячними абразивними кругами з безперервною обкаткою і діленням.

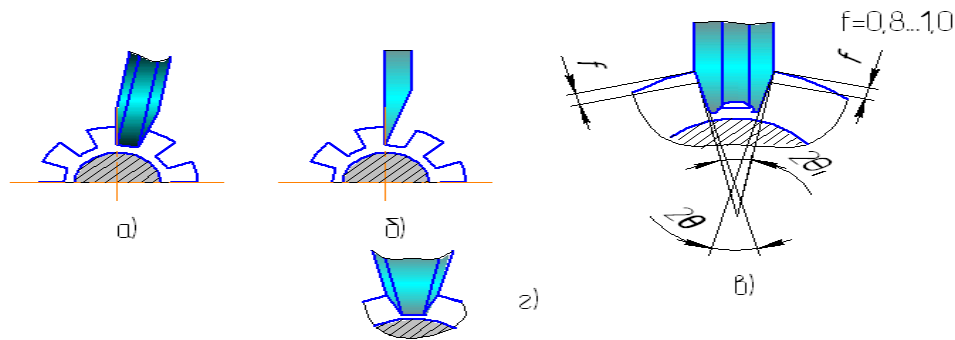


Рисунок 64 – Шліфування профілю шліцьових протяжок:

а) методом копіювання; б) бічних сторін; в) піднутрення бічних сторін; г) шліфування евольвентного профілю

Шліфування плоскою стороною дискового круга ведеться без поздовжньої подачі уздовж зуба, тому для схоплення всієї довжини оброблюваного зуба використовують шліфувальні круги великого діаметра. Для того щоб уникнути підрізування зуба довбача в точках, що лежать нижче його ділильного кола, площину шліфувального круга встановлюють до площини упору копіра під кутом, близьким до кута зачеплення евольвенти. Під час оброблення косозубого шевера шліфувальним кругом повертають в площині, дотичній до основного циліндра на кут нахилу зубів шевера.

Шліфування задніх поверхонь черв'ячних фрез. Основний черв'як черв'ячної фрези призначений для нарізування евольвентних зубчастих коліс, повинен бути евольвентним з прямолінійним профілем в перетині, дотичному до основного циліндра. З технологічних міркувань на практиці основний евольвентний черв'як заміняють на архімедовий з прямолінійним профілем в осьовому перетині або конволютним із прямолінійним профілем в нормальному перетині по западині (або по витку). Теоретично точна бічна задня поверхня черв'ячної фрези незалежно від виду основного черв'яка є не лінійчастою гвинтовою поверхнею з криволінійним профілем у будь-якому перетині. Отримати таку поверхню шліфувальним кругом можна тільки при осьовому затилуванні черв'ячної фрези. Проте затилувальні верстати працюють переважно методами радіального або радіально-осьового (косого) затилування, що не дозволяють використовувати шліфу-

вальні круги з криволінійною твірною без похибок профілю черв'ячної фрези. Тільки у випадку, якщо теоретичний профіль шліфувального круга є прямолінійним, осьове затилування можна замінити радіальним практично без похибок. Під час затилування шліфуванням необхідно забезпечити високу точність форми і положення різальних кромки на початковій інструментальній поверхні основного черв'яка і незмінність цього положення при повторних заточуваннях по передній поверхні.

Черв'ячні фрези класів *A, B, C* шліфують так: при $M=1-2$ мм – одночасно по діаметру і по профілю двовитковим шліфувальним кругом або одновитковим кругом з утворенням радіусів на вершинах (рисунк 65 *a, б*); при $M=1,5-7$ мм – послідовно по діаметру, профілю впадини і радіусах на вершинах або одночасно по діаметру, профілю витка і радіусах на вершинах (рисунк 65 *в*); при $M=6-12$ мм – послідовно по діаметру, правій і лівій сторонах профілю і радіусах на вершинах або з поєднанням шліфування по діаметру і по радіусах на вершинах (рисунк 65 *г, д*).

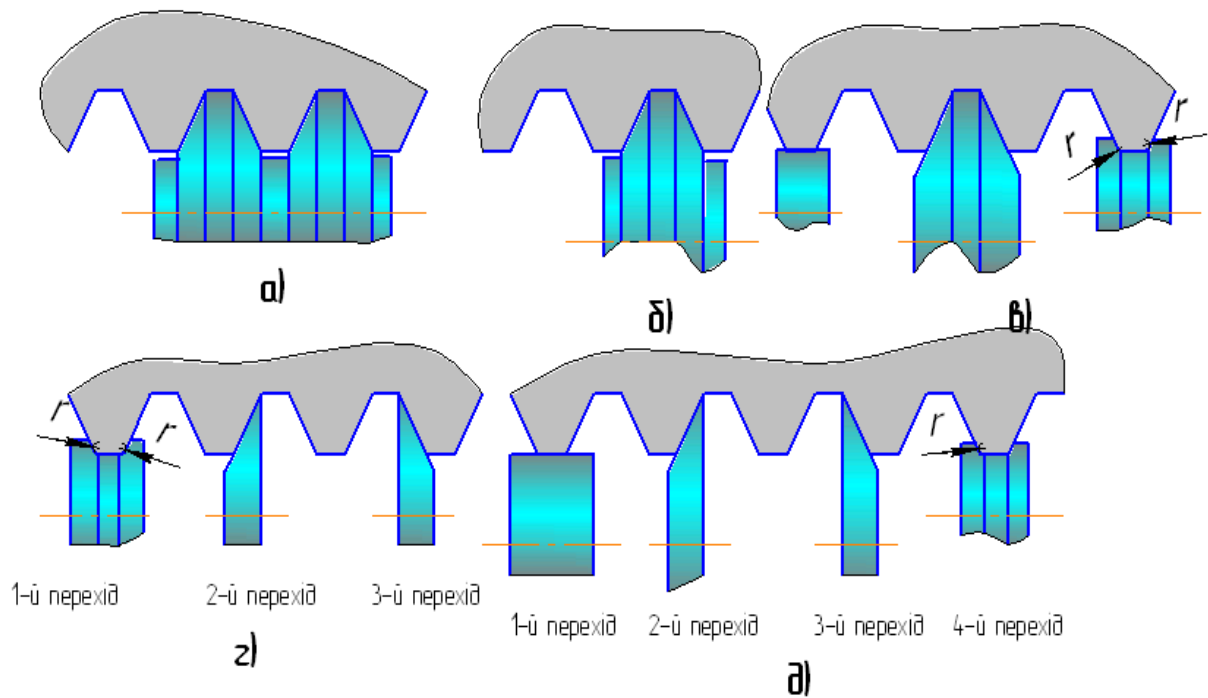


Рисунок 65 –Затиловальне шліфування черв'ячних фрез:

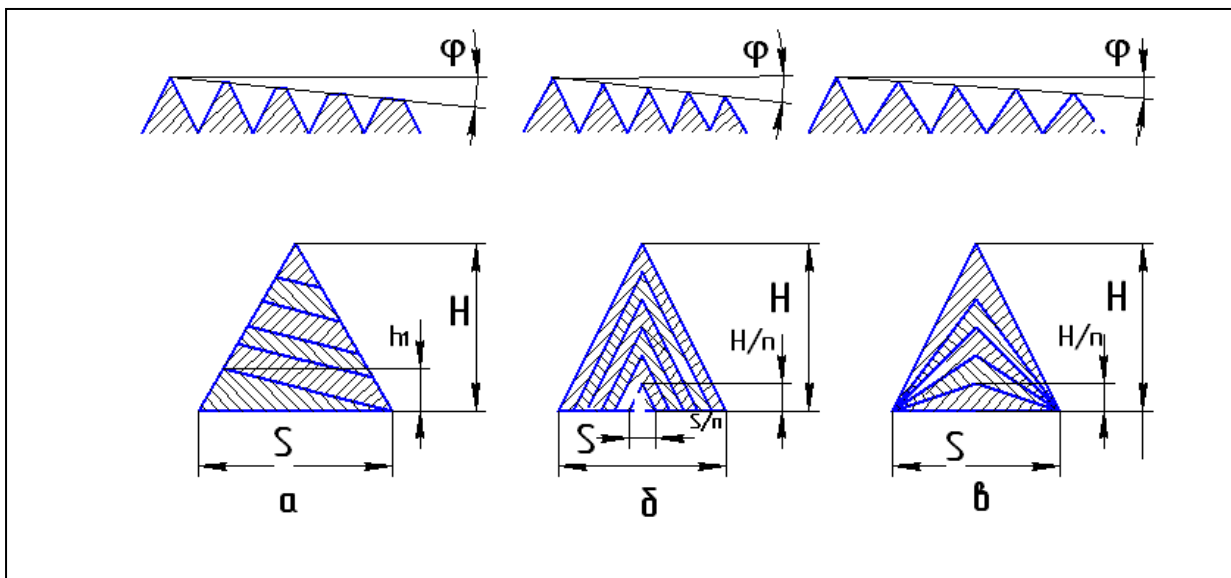
a) одночасно шліфування двовитковим; *б)* одновитковим кругом; *в, з,* *д)* послідовне шліфування за три або чотири переходи

Різешліфування мітчиків і накатних роликів. Розрізняють такі схеми різешліфування: однопрофільне (одновиткове) поздовжнє, багатпрофільне (багатониткове) поздовжнє, багатпрофільне врізне поздовжнє. Однопрофільне поздовжнє різешліфування – найточніша і універсальна схема, але найменш продуктивна.

При багатопрофільному поздовжньому шліфуванні забірний конус шліфувального круга може мати профіль (рисунок бб): із зрізаними вершинами (рисунок бб а), з повними вершинами і постійним кутом профілю (рисунок бб б), із змінними по висоті і кутах виступів профілю (рисунок бб в).

Багатопрофільні круги з формою профілю, показаною на рисунку бб а і б, зношуються нерівномірно, що знижує точність нарізуваного різьблення інструмента. Найбільшу зносостійкість шліфувальні круги мають у тому випадку, коли профіль виступів забірного конуса має змінну висоту і кут, величини яких вибрані з умов послідовного знімання однакових об'ємів матеріалу.

Під час шліфування різі мітчиків через крок багатопрофільний круг правлять із кроком, в 2 рази більшим, ніж шліфована різь. Наприклад, для шліфування профілю різі із кроком $P=0,5$ мм шліфувальний круг правлять накатником із кроком $P=1,0$ мм. Шліфування проводять із затилувальним рухом, а гітару ділення настроюють так, щоб за один оберт ходового гвинта мітчик зробив два оберти.



мітчику. Різь при радіальній подачі круга шліфується за 1,25-1,5 оберта заготовки: частина оберту відводиться на урізування, потім відбувається шліфування повного профілю різі, і частина профілю залишається на остаточне знімання металу на ділянці врізання.

11 ЗАТОЧУВАННЯ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА

Заточування і доведення різальних інструментів. Заточування інструмента є однією з останніх операцій при його виготовленні. Вона полягає у шліфуванні передніх і задніх поверхонь для додання їм необхідних геометричних форм та розмірів зі належної якості поверхні. У процесі експлуатації інструмент затупляється і його необхідно переточувати для відновлення його різальних властивостей.

Особливості шліфування сучасних інструментальних матеріалів. Сучасні різальні інструменти виготовляють переважно із швидкорізальних сталей, твердих сплавів, кераміки, надтвердих композиційних матеріалів, які мають різні фізико-механічні властивості і як наслідок цього різну шліфованість.

Швидкорізальні сталі мають кращу оброблюваність в порівнянні з більш теплостійкими і зносостійкими твердими сплавами і надтвердими матеріалами. На шліфованість швидкорізальної сталі значно впливають її хімічний склад, структура і фазовий склад. Найбільшою мірою на знос абразивних зерен шліфувального круга впливає вміст карбідів ванадію, оскільки твердість цих карбідів (2500-3000 HV) вища за твердість електрокорунду (1800-2400 HV), який виконується під час шліфування швидкорізальних сталей. Чим більше об'ємний вміст карбідів ванадію, тим гірше шліфованість сталі. При вмісті ванадію менше 1,5-2% у загартованій і відпущеній сталі карбіди ванадію можуть бути повністю відсутніми або в незначній кількості. Це пояснюється тим, що ванадій, що міститься в сталі, при загартуванні і відпуску переходить в першу чергу у твердий розчин і складні карбіди вольфраму, і лише кількість ванадію, що залишилася, утворює карбіди ванадію.

За ступенем погіршення шліфованості швидкорізальні сталі розташовуються в такому порядку: P18, P6M5, P6M5K5-МП; P6M5Ф3-МП, P6AM5, P6M5Ф3, 11P3M3Ф26, P6M5Ф2K8. Порошкові сталі (МП) шліфуються краще, оскільки в них карбіди дрібніші і розподілені більш рівномірно.

Наявність у складі швидкорізальної сталі, карбідів вольфраму, молібдену і особливо високотвердих карбідів ванадію викликає необхідність застосовувати при шліфуванні абразивні матеріали підвищеної твердості і міцності: високоякісний електрокорунд, монокорунд, хромтитанистий електрокорунд, ельбор. Найбільшу зносостійкість і різальну властивість при шліфуванні швидкорізальних сталей має ельбор. Проте через високу вартість ельбор отримав застосування в основному при остаточному шліфуванні і заточуванні інструмента. Під час попереднього шліфування швидкорізальних сталей застосовують головним чином електрокорунд.

Тверді сплави в порівнянні із швидкорізальними сталями мають більшу твердість (на 5-8 одиниць HRC), більшу зносостійкість, зберігають твердість при високих температурах, але мають значну крихкість. За міцністю

тверді сплави істотно поступаються швидкорізальним сталям і вельми чутливі до температурної напруги.

За ступенем погіршення шліфованості вольфрамові тверді сплави розташовуються в такому порядку: ВК3, ВК4, ВК6, ВК6-М, ВК6-ОМ, ВК8, ВК10.

Титано-вольфрамові тверді сплави мають меншу міцність, ніж вольфрамові, і тому краще шліфуються. За здатністю до тріщиноутворення ці сплави розташовуються так: Т5К10, Т14К8, Т15К6, Т30К4.

Трикарбідні сплави ще гірше шліфуються через наявність у них карбідів танталу, які сприяють утворенню тріщин.

Безвольфрамові тверді сплави мають низьку міцність і ударну в'язкість, а також вищий коефіцієнт теплового розширення, що робить їх шліфованість ще нижчою.

За шліфованістю вони розташовуються в такому порядку: ТН20, ТМ1, КНТ16. Продуктивність шліфування сплаву КТН16 в 9 разів нижче, ніж ТН20.

Шліфувати тверді сплави можна тільки кругами з карбиду кремнію зеленого і з надтвердих матеріалів, оскільки твердість їх зерен дорівнює твердості зерен електрокорунду. Причому перший матеріал слід застосовувати тільки для попереднього оброблення.

Керамічні інструментальні матеріали (ВО-13, ЦМ-332, ВШ-75, ВОК-60, В-3, ОНТ-20) мають таку ж твердість, як і тверді сплави, але найбільш зносостійкі і мають підвищену теплостійкість (до 1100-1200°C). Проте міцність керамічних матеріалів приблизно в 3 рази нижча за міцність твердих сплавів.

Керамічні інструментальні матеріали відрізняються низькою ударною в'язкістю, малою пластичністю і підвищеною крихкістю, тому більшою мірою, ніж тверді сплави керамічні матеріали чутливі до температурної напруги. Шліфування керамічних інструментальних матеріалів можливе тільки алмазними кругами за умов, що виключають високу температуру нагріву шліфованих поверхонь. Алмаз має найвищу твердість і найбільший модуль пружності зі всіх відомих різальних матеріалів.

Теплопровідність алмазу також значно вище, ніж у інших інструментальних матеріалів, а коефіцієнт лінійного розширення в 5-10 разів менший, що обумовлює високу стійкість алмазу при теплових навантаженнях до 800-1200°C, більше за які алмаз перетворюється на графіт.

Шліфувати алмазні інструменти можна тільки алмазними кругами на металевій зв'язці.

Композиційні полікристалічні матеріали на основі кубічного і вюртцитоподібного нітриду бору мають твердість, в 2-4 рази більшу, ніж тверді сплави. Теплостійкість 1100-1300°C. Шліфуються дуже погано і лише кругами з алмазу. Причому витрата кругів в 50-100 разів більша, ніж під час оброблення твердих сплавів.

Абразивні матеріали. Алмаз має найвищу мікротвердість (10^{11} Па) і найвищий модуль пружності (88×10^{10} Па), що визначає його високу зносостійкість і абразивну здатність під час оброблення вуглецевих матеріалів.

Випускаються алмазні порошки за таким маркуванням: А – природний алмаз, АС – синтетичний монокристалічний алмаз, АР – синтетичний полікристалічний, до якого додається буква В (АРВ) – балас, (АРК) – карбонати, (АРС) – пеки – це означає тип полікристала.

Ельбор другий за твердістю після алмазу, але не боїться вуглецю, інертний до заліза, добре витримує циклічні теплові навантаження. Випускається в різних модифікаціях, наприклад ельбор і кубаніт, позначається буквою Л та К відповідно. До них додаються букви характеристики: ЛО, КЛ – звичайної міцності, ЛП, КР – підвищеної міцності, ЛКВ – високої міцності, ЛОМ, КОМУ – звичайної міцності з металевим покриттям, ЛОС, КІС – звичайної міцності із склопокриттям, ЛМ, КМ. – мікропорошки.

Електрокорунд залежно від вмісту окислу алюмінію має різний колір, структуру і властивості. Електрокорунд нормальний (12А – 16А) застосовується для попереднього шліфування корпусів збірного інструмента, оскільки має велику в'язкість.

Електрокорунд білий (22А-25А) – для заточування інструмента із швидкорізальної сталі.

Електрокорунд хромовий (32А-34А) – шліфування інструмента із швидкорізальної сталі (попереднє і остаточне).

Електрокорунд титановий (37А) – шліфування заготовок із вуглецевих сталей.

Монокорунд (43А-45А) – заточування інструмента із швидкорізальної сталі з низькою шліфованістю.

Карбід кремнію зелений (63С-64С) – попереднє заточування інструментів з твердих сплавів.

Хромтитанистий електрокорунд (91А-92А) – круги підвищеної стійкості для швидкорізальної сталі.

Характеристики абразивних інструментів. Шліфувальні круги і режими заточування повинні бути вибрані такими, щоб у процесі заточування не створювалися надмірні місцеві нагріви, які знижують різальні здатності інструмента.

Шліфувальні круги для заточування інструмента характеризуються матеріалом абразивних зерен, зернистістю, речовиною зв'язки, твердістю, структурою, формою і розмірами.

Розміри зерен характеризують зернистість круга. Номер зернистості визначається розміром осередка контрольного сита через який проходять ці зерна. Величина зерна визначає продуктивність заточування і якість поверхні. Чорнове заточування проводиться кругами з номером зернистості 80 – 40, а чистове – 25 – 16.

Під час виготовлення шліфувальних кругів абразивні зерна з'єднуються за допомогою різних зв'язок. Для заточування використовуються круги на бакелітових, керамічних, вулканітових і металевих зв'язках.

Круги на керамічній зв'язці мають велику продуктивність, добре зберігають форму, але крихкі. Круги на бакелітових і вулканітових зв'язках міцніші, еластичніші, допускають великі коліві швидкості обертання і при їх роботі виділяється менше тепла. Металева зв'язка застосовується тільки для алмазних, ельборових і кубанітових кругів.

Позначаються зв'язки в марці круга буквами *K* – керамічна, *B* – бакелітова, *V* – вулканітова і *M* – металева.

Абразивний інструмент з електрокорунду виготовляють на плавкій керамічній зв'язці, а інструмент з карбіду кремнію – на пековій. Плавкі зв'язки хімічно взаємодіють з абразивними зернами з електрокорунду і тому забезпечують велику міцність абразивного інструмента.

Керамічні зв'язки мають високу вогнетривкість, водотривкість, хімічну стійкість і високу міцність. Недоліком цих зв'язок є їх висока крихкість, унаслідок чого круги на цій зв'язці не можуть використовуватися при ударних навантаженнях і для відрізних робіт, де виникають великі вигинаючі сили.

Абразивний інструмент на бакелітовій зв'язці має більшу міцність, особливо на стиснення, ніж інструмент на керамічній зв'язці, що дозволяє йому працювати на високих швидкостях різання. Шліфувальні круги на бакелітовій зв'язці, армовані склосіткою, застосовують для обдирного шліфування і відрізних операцій. Недолік бакелітової зв'язки – її мала теплостійкість. Бакелітова зв'язка недостатньо стійка до дії ЗОР, що містять лужні розчини.

Вулканітова зв'язка має велику еластичність і щільність. Шліфувальні круги на вулканітових зв'язках застосовують в основному при відрізання і прорізання пазів і як ведучі, при безцентровому шліфуванні і при вишліфуванні канавок на інструментах із швидкорізальної сталі.

Твердість круга характеризується здатністю зв'язки утримувати абразивне зерно від випадання при дії на нього зовнішнього навантаження. Твердість круга в першу чергу визначає продуктивність і якість заточеної поверхні. При високій твердості круг швидше «засалюється», що веде до підвищення температури в зоні контакту. А це, у свою чергу, дає припикання на поверхні інструмента і сприяє утворенню тріщин.

При роботі дуже м'яким інструментом він швидко зношується в результаті обсипання ще працездатних зерен. Для заточування різальних інструментів використовують м'які, середньом'які і середні шліфувальні круги. Маркується твердість за групами: м'який – М1, М2, М3; середньом'який – СМ1, СМ2; середній – С1, С2; середньотвердий – СТ1, СТ2, СТ3; твердий – Т1, Т2.

Структура круга характеризує його будову. Під структурою абразивного інструмента розуміється кількісне співвідношення в ньому зерен, зв'язки

і пор. Структура круга впливає на ступінь «засалювання» круга. Пористі круги із відкритою структурою продуктивніші, але дають менш чисту поверхню. Позначається структура номерами від 0 до 12. Із збільшенням номера число зерен зменшується, а об'єм зв'язки збільшується. Структура 0 - 3 – щільна, використовується для профільного шліфування. 4-6 – середньо-щільна, структури 5-8 – середня і 9 -12 – відкрита структура.

Для заточування інструмента рекомендують круги з середньощільною і відкритою структурою. Концентрація застосовується для алмазних і ельборових кругів для характеристики об'ємного вмісту абразивних зерен. За 100% прийнято вважати 4,4 карата (0,88г) в 1см^3 робочого шару. Чим більша концентрація – тим більша різальна здатність круга. Круги можуть мати 100%, 150% і 200% концентрацію.

Форма круга. Заточування інструмента по площинах найчастіше виконують чашковими або тарілчастими кругами. Знос таких кругів не позначається на продуктивності шліфування. З метою зменшення зони контакту круга з інструментом на торці круга роблять конічну або радіус поверхню. Це зменшує тепловиділення, полегшує видалення стружки і зменшує імовірність припикання на поверхні інструмента.

Обертання круга повинне бути направлене від різальної кромки у бік заточуваної поверхні. Щоб уникнути підхоплення інструмента, рекомендується різальну кромку встановлювати вище за центр обертання круга (див. рисунок 67).

Під час заточування треба застосовувати рясне охолодження або заточувати в суху. Періодичне охолодження недопустиме, оскільки це веде до припикань і тріщин на поверхні інструменту. Щоб круг рівномірно зношувався по всій робочій поверхні, інструмент осцилюючими рухами переміщують вздовж робочої поверхні круга. Під час заточування чашковими або тарілчастими кругами шліфувальну головку повертають на 1° - 2° , щоб круг працював тільки однією стороною. Це зменшує поверхню зіткнення круга з інструментом, і потік іскри буде спрямований у бік від робочого.

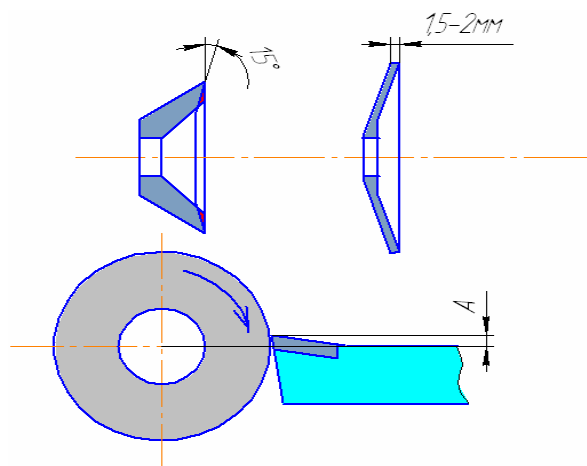


Рисунок 67 – Схема встановлення

Гострі різальні кромки і висока чистота поверхонь інструмента досягається тим, що після заточування проводиться доведення. Доведення інструмента виконується алмазними кругами. Алмазний круг складається з алюмінієвого корпусу (іноді пластмасового) і алмазоносного шару.

Алмазоносний шар може мати 25, 50 і 100% концентрацію алмазного порошку. При доведенні рекомендується 50% концентрація. Зв'язка може бути або бакелітова, або металева. Круги на бакелітовій зв'язці використовуються для доведення, а на металевій – для заточування.

Зернистість кругів рекомендується брати 160 – 200 для отримання чистоти $Ra=1,25 - 3,2$ і M40 – M14 для $Ra=0,16 - 0,32$.

Характеристики кругів для заточування інструментів з твердого сплаву і мінералокераміки. Матеріал абразиву, що рекомендується для заточування, – карбід кремнію зелений, зернистість 25 – 40, зв'язка керамічна (для ЦМ 332 – бакелітова). Твердість при ручному заточуванні СМ1, СМ2, С1. При механічному – М2, М3, СМ1, СМ2; структура 5 – 8 для всіх матеріалів інструмента і всіх видів заточування. Охолоджуюча рідина 5% розчин соди у воді або 5% розчин емульсії у воді.

Подача ЗОР 4 – 6 л/хв (мінералокераміка заточується тільки всуху). Колова швидкість круга 12 – 18 м/с.

Характеристики кругів для заточування швидкорізального інструмента. Матеріал – електрокорунд нормальний або електрокорунд білий, зернистість 25 – 40, зв'язка керамічна, твердість при ручному заточуванні С1, С2, для механічного заточування СМ1, СМ2, колова швидкість 25 – 30 м/с. Усе інше як для твердих сплавів.

Заточування інструментів по площинах. Часто задні і передні поверхні інструментів є площинами або сукупністю площин, по яких і заточуються інструменти при їх виготовленні і експлуатації. Ці площини на інструменті можуть займати найрізноманітніші положення. Тому при заточуванні виникає необхідність сумістити площину інструмента з робочою площиною круга. А для цього необхідно визначити кути, на які треба повернути відповідний вузол пристрою для того, щоб були забезпечені задані кути заточування на інструменті.

Для цієї мети застосовують такий пристрій: триповоротні універсальні лещата (для заточування різців); поворотні головки – для заточування торцевих і кінцевих фрез і спіральних свердел. Таким чином, по площині заточують різці, фрези і свердла.

Заточування різців. Трьохповоротні лещата показані на рисунку 68 в їх початковому положенні. Для заточування по передній поверхні треба повернути основу навколо шкали A на кут γ , друге коліно навколо шкали B на кут λ і лещата навколо шкали B на кут φ .

Для заточування по задній головній поверхні треба повернути лещата навколо шкали A на кут φ , потім за шкалою B повертаємо на кут α .



Рисунок 68– Трьохповоротні лещата

Заточування зубів торцевої фрези також можна проводити чашковим кругом. У процесі заточування фреза встановлюється в заточувальній головці (рисунок 69), і за рахунок осцилюючого руху стола заточувального верстата здійснює зворотно-поступальні рухи щодо круга.

Заточування свердел може також проводитися по площині на універсальному заточувальному верстаті із застосуванням універсально-заточувальної головки, по конічній поверхні із застосуванням пристрою ЗБ632.50 (рисунок 70).

Для заточування по гвинтовій поверхні застосовуються напівавтомати моделей 3653 і 3659М. На цих верстатах для заточування свердел гвинтова поверхня на свердлі виходить в результаті підсумовування декількох рухів. Так, свердло обертається навколо своєї осі з невеликою швидкістю. Шліфувальний круг також обертається і за допомогою кулачка здійснює зворотно-поступальний рух. У результаті складання цих рухів на задній поверхні свердла формується гвинтова поверхня.

Заточування протяжок. Протяжки заточуються по передній поверхні, щоб збільшити термін служби інструмента. Крім того, при виготовленні їх для стружковідділення на задній поверхні вишліфовують стружкоділильні канавки і проводиться доведення задніх поверхонь. Схеми цих робіт показані на рисунках 71 і 72. Для заточування заданого переднього кута слід визначити діаметр шліфувального круга і кут установки круга щодо осі протяжки так, щоб не було впровадження круга в тіло протяжки. Граничний максимально допустимий діаметр круга береться таким, що дорівнює радіусу кривизни гіперболи, перетину передньої поверхні зуба протяжки і перетину А-А.

Для отримання при заточуванні необхідної форми зуба робоча частина круга повинна бути заправлена за профілем, відповідним профілю западини зуба протяжки.

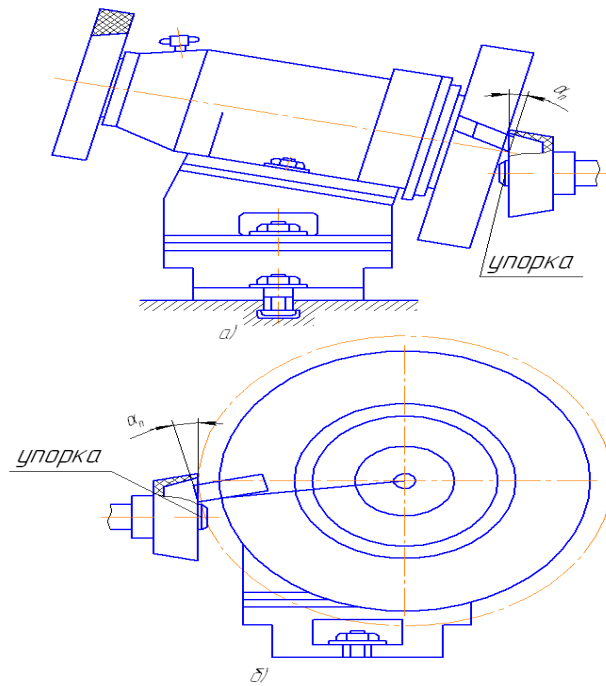


Рисунок 69 – Схема налаштування пристосування для заточування фрез: *a* – по торцю; *б* – про циліндру

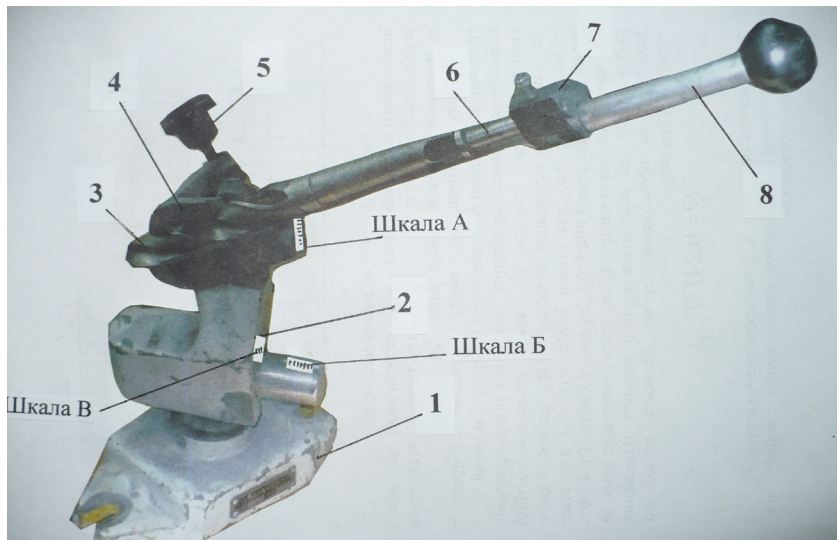


Рисунок 70– Пристрій для заточування свердел

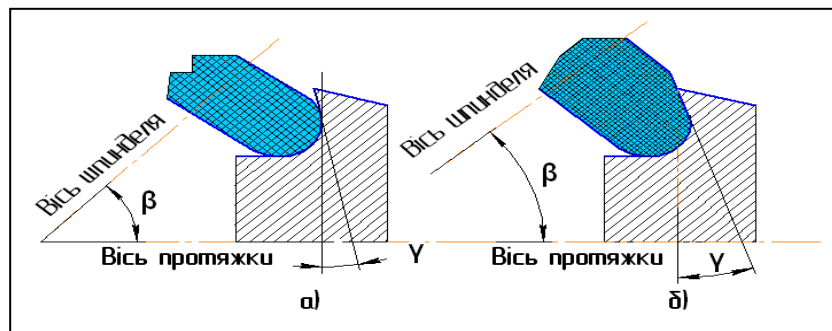


Рисунок 71 – Заточка передньої поверхні протяжки тороїдальним (*a*) і тороїдально-конічним кругами

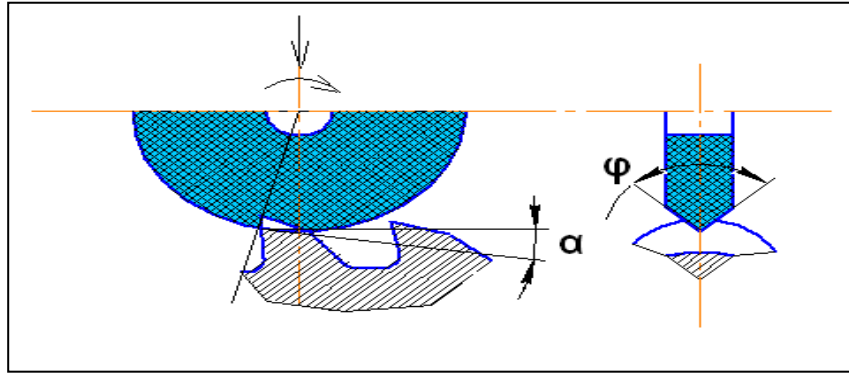


Рисунок 72 – Вишліфовування стружкоділительних канавок

Заточування зенкерів і розгортки. Зенкери і розгортки заточуються на універсальних заточувальних верстатах. Заточування і доведення передніх поверхонь виконується в центрах, для чого насадний інструмент одягається на облямовування, якщо кут, заточування проводиться в триповоротних головках з консольним кріпленням інструмента і базуванням по конусу. Схеми заточування показані на рисунках 73, 74.

Заточування різенарізного інструмента. Мітчики заточуються на спеціальному верстаті мод. 4А або на універсальному заточувальному верстаті. Передня поверхня мітчика заточується і доводиться, як правило, на універсальному верстаті торцем тарілчастого або чашкового круга.

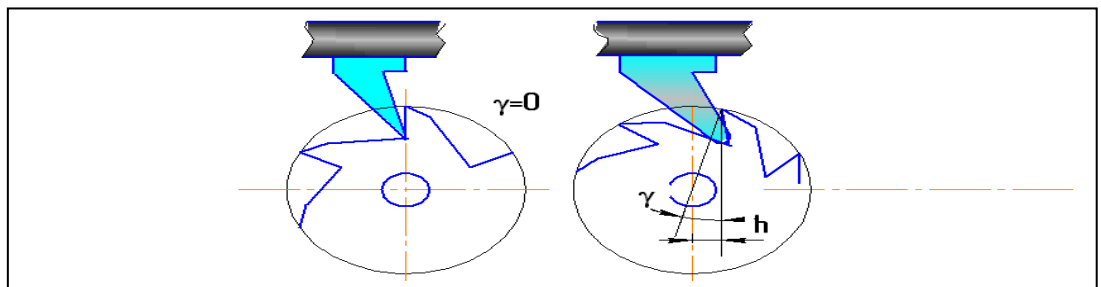


Рисунок 73 – Схема заточування розгортки по передній поверхні

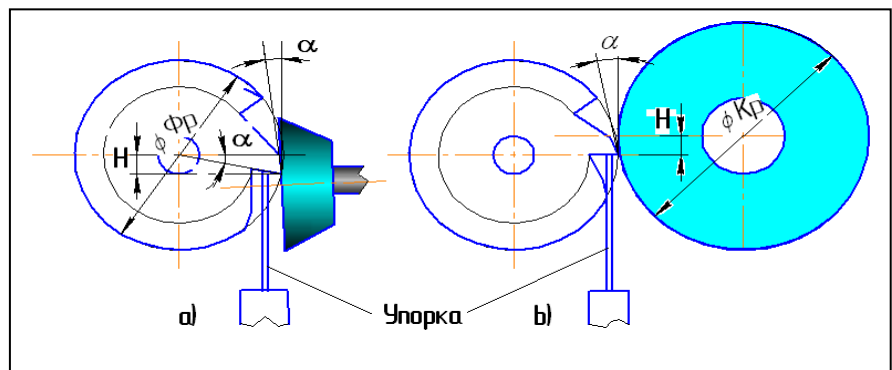


Рисунок 74 – Схема заточування розгортки по задній поверхні

Заточування зуборізального інструмента. Знос зуборізального інструмента відбувається по задній і передній поверхнях. Лімітуючим є зношування по задній поверхні h_3 . Черв'ячні фрези із гвинтовими канавками заточують конічною поверхнею кола з кутом профілю $15-40^\circ$. При цьому на передній поверхні зуба з'являється опуклість, величина якої залежить від діаметра шліфувального круга і кута нахилу стружкової канавки фрези. Зменшити величину опуклості можна шляхом вибору круга як можна меншого діаметра. Повне її усунення можливе тільки при заточенні профільним колом, що в умовах інструментального цеху нереально.

Зуборізальні довбачі із прямими зубами заточують по передній поверхні методом круглого шліфування. Заточення косозубих довбачів виконують методом плоского (рисунок 75) багатопрхідного шліфування кожного зуба окремо. Заточення закінчують виходжуванням шляхом шліфування без поперечної подачі інструмента.

Методи заточування і режими різання. Заточування може бути пружним, глибинним і електрохімічним. Пружне заточування здійснюється введенням у систему верстат – пристрій – інструмент ланки зниженої жорсткості.

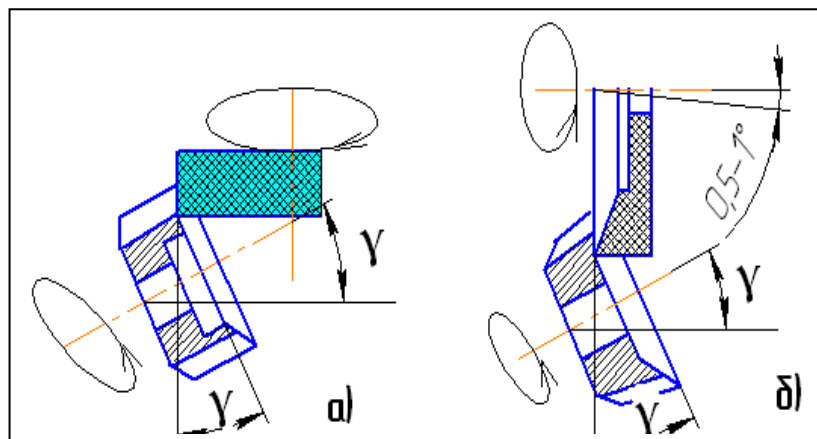


Рисунок 75 – Методи заточки прямозубих довбачів: а) периферією круга; б) торцем круга

Цей метод дозволяє стабілізувати динамічні і теплові явища і сприяє стабілізації якості заточування. Застосовується при заточуванні різців на верстатах моделей 3А62А, 3Д62А, 3Е624 та ін. Використовуються круги на металевій і керамічній зв'язці. Максимальна інтенсивність знімання виходить при швидкості круга 22 – 25 м/с. Контактний тиск залежить від виду твердого сплаву. Для Т5К10, ВК8 – $(12-15) \cdot 10^7$ Па; Т30К4 – $5 \cdot 10^7$ Па; Т15К6, ВК2 – $(8-10) \cdot 10^7$ Па.

Процес заточування необхідно обов'язково закінчувати виходжуванням. Глибинне заточування проводиться за схемою багатопрхідного, глибинного або врізного шліфування. Під час багатопрхідного оброблен-

ня припуск знімається за більше число проходів при малій глибині шліфування (0,005 – 0,01 мм.) і при великій подачі для алмазних або ельборових кругів (0,5мм/хв) і для електрокорунду і карбіду кремнію зеленого 3 – 10 м/хв.

Під час глибинного шліфування весь припуск знімається за один – три проходи при великій глибині різання (0,2 – 2мм.) і низькій поздовжній подачі: для алмазних кругів – 0,01– 1мм/хв; і для абразивів – 0,3 – 2м/хв.

Співвідношення подачі і глибини різання повинне бути таким, щоб забезпечити знімання всього припуску за один прохід. Це дуже продуктивний метод. Наприклад, алмазним кругом можна видалити 560 – 1500 мм³/хв. Для глибинного шліфування застосовуються круги на спеціальних металевих зв'язках М04, МН-1, М013.

Поява верстатів для глибинного шліфування дозволила без обдирання кругами карбіду зеленого відразу заточувати інструмент. Круг обов'язково повинен мати огорожний конус, інакше відбувається інтенсивне обсіпання круга. Наявність огорожного конуса розподіляє зону тепловиділення на велику площу, тим самим зменшується розігрівання поверхні інструмента. Робота ведеться з рясною подачею ЗОР.

Електрохімічне шліфування – в цьому випадку, окрім абразивного видалення припуску, відбувається ще і анодне розчинення частини припуску. За рахунок цього продуктивність висока і немає розігрівання поверхні. Круг не засалюється, тому можна відразу шліфувати і пластинку, і сталеву державку.

Технологія заточування. Інструмент із швидкорізальної сталі заточують за такими схемами:

1. Заточування кругами з електрокорунду.
2. Заточування кругами з електрокорунду і доведення стрічок та фасок ельбором.
3. Заточування кругами з ельбору.

Оброблення за першою схемою дає Ra=0,63 мкм, за другою і третьою схемами – Ra=0,32 мкм.

Ельборові круги на бакелітовій зв'язці *Б1* і керамічній *К6*. Припуск за 2 і 3 схемами – 0,3мм.

Інструмент з твердого сплаву з напаюванням заточують за такими схемами:

1. Заточування сталевому корпусу електрокорундом, твердого сплаву пластинки – зеленим карбідом кремнію, доведення алмазним кругом.
2. Заточування кругами із зеленого карбіду кремнію одночасно і твердого сплаву і державки, доведення пластинки алмазним кругом.
3. Заточування пластинки і державки алмазним кругом на металевій зв'язці методом електрохімічного шліфування.

Схеми 1,2 повинні мати припуск 0,3 – 0,4мм, схема 3 менше 0,3мм.

Контроль тріщин після заточування проводиться візуально, за допомогою мікроскопа, хімічним травленням, магнітним і люмінесцентним способами.

Вимірювання кутів заточування проводять шаблонами, кутомірами, в ділильних головках і за допомогою спеціальних приладів.

Відхилення кутів: різці – $\pm 15'$, свердла $\pm 30'$, зенкери $\pm 10'$, розгортки – $0,5 - 10'$, фрези торцеві $\pm 20'$, радіальне биття головної різальної кромки $0,05\text{мм}$, торцеве биття – $0,025\text{мм}$.

Протяжки $\gamma \pm 10'$, $\alpha \pm 20'$ – для чорнових зубів і $\alpha \pm 15'$ – для чистових.

Обладнання для заточування інструментів. Різці в інструментальних цехах заточують на універсальних заточувальних верстатах моделей 3621 і 3622. В умовах інструментального заводу – на напівавтоматах 3Д6247.

Фрези – на універсальному верстаті 3Е667.

Свердла по конічній задній поверхні – на верстатах 3А64ДП43, 3Б657, 3Б652.

По гвинтовій поверхні – напівавтомат 3Г653 і, нарешті, по площині – 3Б650, 3Д653.

Зенкери і розгортки по задній поверхні заточують на верстатах 3658, 3659.

Мітчики – на спеціальних верстатах 4М, 3687, 3686.

Протяжки також заточуються на спеціальних верстатах моделей 3601 і 3601 - 1.

Черв'ячні фрези заточують на напівавтоматах 3А662 і на верстаті ЧПК 3Б662ВФ2.

12 МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ РІЗАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ІНСТРУМЕНТУ

В даний час видділяють такі методи зміцнення РІ:

- Хіміко-термічні (азотування, ціанування, оксидування, оброблення парю, пасивація та ін.);
- Гальванічні (обміднення, хромування та ін.);
- Механічні (дробоструминне, вібраційне, доведення і алмазне вигладжування та ін.);
- Фізичні (оброблення РІ в магнітному полі, лазерне зміцнення, оброблення глибоким холодом, електроіскрове зміцнення та ін.);
- Нанесення зносостійких покриттів;
- Нанесення антифрикційних покриттів.

У зв'язку з високою ефективністю, щодо простою технологією та універсальністю найбільш поширений в даний час метод нанесення зносостійких покриттів (ЗП).

Хіміко-термічне оброблення. Термічне оброблення сталі, в результаті якої змінюється хімічний склад її поверхневих шарів, називають хіміко-термічне оброблення. При цьому виріб нагрівають в спеціальному середовищі і відбувається зміна хімічного складу його поверхні завдяки переходу і впровадження атомів цього середовища в кристалічну решітку стали.

Розрізняють декілька видів хіміко-термічного оброблення: цементация, азотування і ціанування.

Азотування – це насичення поверхневого шару сталі азотом. В результаті азотування цей шар набуває досить високу твердість, що зберігається при нагріванні до 530-550 °С. Процес азотування застосовують головним чином для деталей, виготовлених з сталей, що містять алюміній, хром, молібден, вольфрам і ванадій. Азотуванню часто піддають інструмент і технологічне оснащення з легованих сталей Х12Ф1, 4Х8В2, Х12М, 38Х2Н2МФА, 10Х13, 12Х18Н9Т, 40Х, 18ХГТ і ін.

Часто азотування проводять після повного виготовлення РІ, як остаточну операцію. При цьому азотування може бути характеристиками міцності і антикорозійне (рисунок 76).

Процес азотування полягає в пропущенні аміаку через герметично закритий муфель, в якому поміщається інструмент; температура азотування 500-600 °С. Сутність процесу азотування в розкладанні аміаку на азот і водень: $2NH_3 = 2N + 3H_2$. Азот при високій температурі проникає в сталь, а водень віддаляється з печі.

Активні атоми азоту проникають в решітку α -заліза і утворюють твердий розчин азоту в фериті, який при 590 °С розчинює до 0,42% N. При атмосферній температурі в фериті розчиняється тільки 0,015% N.

При температурі вище 590 °С і підвищення вмісту N утворюється γ -фаза, яка містить 5,5-5,95% N і представляє собою нітрид заліза Fe_4N (5,9% N) При подальшому підвищенні вмісту азоту утворюється ε -фаза, яка

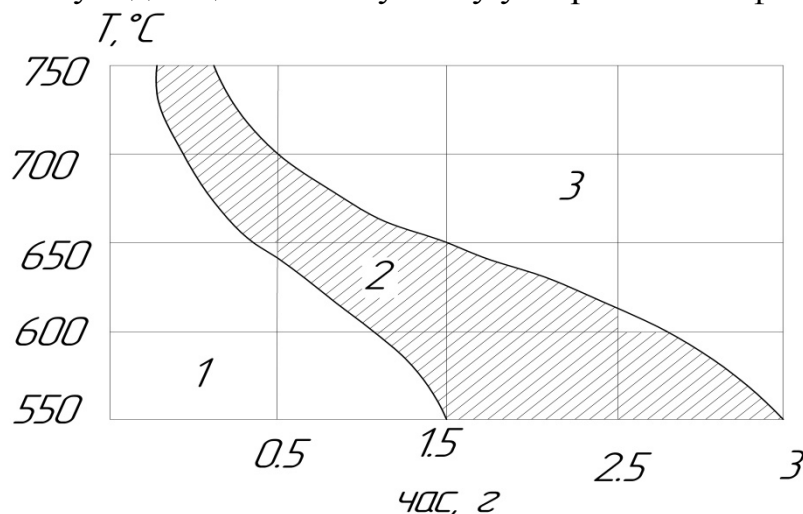


Рисунок 76 – Діаграма режимів азотування:

1 – область простих корозійностійких шарів; 2 – область корозійностійких безпористих шарів; 3 – область крихких шарів.

містить 8,0 -11,2% N . Найбільший вміст в ній азоту відповідає нітриду заліза Fe_2N (11,2% N).

При зниженні температури γ -фаза зазнає евтектоїдний розпад і перетворюється в евтектоїд, що складається з $\alpha + \gamma$ у фаз і містить 2,35% N .

У легованих сталях при азотуванні утворюються нітриди Al, Ti, V, Cr, Mo, W, Mn , що надають азотированного шару дуже високу твердість (до HV 1200). Процес азотування досить тривалий, від 12 до 100 год, в залежності від необхідної товщини азотованого шару і характеру процесу. Чим вище температура азотування, тим більше швидкість дифузії азоту, але тим нижче твердість.

Зазвичай при $T = 500$ °С ступінь дисоціації становить 20- 25% і при 600 °С – 40 – 45%.

Твердість азотованого шару можна виміряти за допомогою приладу Віккерса, Роквелла (при навантаженні 15 кг) і на приладі ПМТ-3.

При температурі азотування (480-540 °С) досягається висока твердість поверхні, не відбувається значних змін розмірів, підвищується межа витривалості (пояснюється це освітою в поверхневому шарі напруги стиснення), підвищується опір корозії на повітрі і в прісній воді.

Після азотування проводиться уповільнене охолодження разом з піччю до $T = 300 - 350$ °С при збереженні подачі аміаку. Твердість азотованого шару досягає HV 450 – 1000 при глибині шару 0,15 – 0,55 мм. Поверхні, що не піддаються азотуванню, покривають шаром олова або міді товщиною 0,01 – 0,15 мм.

Швидкорізальної сталі піддають рідинного, газового і твердому азотуванню. Якість азотування залежить від правильності проведення вихідної термічного оброблення інструменту, належної його очищення, і відсутність зневуглецювання.

Швидкорізальної сталі з високим вмістом схильні до викришування після азотування. Найбільш придатні для азотування Mo і $W - Mo$ – містять сталі. Азотування швидкорізальної сталі підвищує її твердість до 1300 HV, а в сталях з високим вмістом V – до 1500 HV. Для різального інструменту кращою є твердість HV 1100.

Під час рідинного азотування оптимальні результати отримують при $T \approx 570^\circ C$ тривалістю до 15 хв. Витримку визначають з розрахунку 0,5 хв на 1 мм перерізу інструменту. Рідинне азотування РІ з швидкорізальних сталей витісняє газове. Тверде азотування для РІ з швидкорізальних сталей не застосовують, так як ефект при цьому відсутня.

В інструментальному виробництві азотування не знайшло широкого застосування. Найчастіше його застосовують для підвищення твердості вимірювального інструмента і деталей паливної апаратури. Азотування тільки для запобігання від корозії в інструментальному виробництві не застосовують. Основні недоліки азотування: тривалість процесу і необхідність застосування особливих легованих сталей.

Ціанування низькотемпературне – це дифузійне насичення поверхневого шару інструменту одночасно вуглецем і азотом. Для підвищення зносостійкості інструменту з швидкорізальних сталей застосовують рідинне, газове і, рідше, тверде ціанування і карбонітрації.

Найбільш поширене рідинне ціанування, яке ведуть при температурі $550-560^\circ C$ в розплавлених ціаністих солях. Склад ванн: 40 – 60% ціаністого натрію $NaCN$ ($500 - 550^\circ C$), решта Na_2CO_3 або суміш ціаністого натрію і ціаністого калію KCN (ТПП = $460-480^\circ C$), решта Na_2CO_3 (приблизно 50%). Ціанування здійснюють в електричних печах, печах-ваннах або газових печах в залізних тиглях.

Після ціанування інструмент охолоджують в спеціальних шафах на повітрі і потім промивають: в теплій воді при $T = 50 - 60^\circ C$ протягом 5 – 10 хв, в 2% – му розчині сірчаноокислого заліза в холодній воді 1 – 2 хв, потім пасивують в розчині 3% – го триетаноламіну і 1% – го нітриту натрію при $T = 50 - 60^\circ C$ протягом 3-5 хв.

Процес ціанування здійснюють при температурі відпуску інструменту зі швидкорізальної сталі після остаточного термічного і механічного оброблення. Залежно від складу ванни і часу витримки глибина ціанірованого шару складає 0,02 – 0,07 мм. Зварний інструмент занурюють у ванни до місця зварювання, щоб не допустити зайвого зниження твердості загартованого хвостовика.

Рекомендується ціанувати в першу чергу інструменти, зношуються по задній поверхні (долб'яки, черв'ячні фрези, фасонні різці та ін.), які заточуються по передній поверхні. Інструмент, переточений по задніх поверхнях,

ціанують повторно.Рекомендований режим ціанування різального інструменту і подальшої його очищення наведено в таблиці 13.

Тривалість витримки при ціануванні залежить від розмірів РІ і його різальних елементів: чим менше РІ і тонше його різальні частини, тим вища швидкість затвору.

Таблиця 13 – Режими ціанування і подальшого очищення інструменту

Найменування переходів	Середовище оброблення	Режим оброблення	
		Температура, °С	Час, хв
Промивка	1 – 2%-й розчин Na_2CO_3	80 – 90	10 – 20
Підігрів	повітря	300 – 350	20 – 40
Нагрів	50% NaCN + Na_2CO_3	550 – 560	8 – 25, для $\varnothing 6 – 50$ мм
Охолодження	Повітря	20 – 40	
Виварювання	Гаряча вода	85 – 95	20 – 40
Промивка	1% –й розчин Na_2CO_3	теж	10 – 20

При виборі витримки при ціанування необхідно враховувати хімічний склад швидкорізальної сталі. Для швидкорізальних сталей з *Mo* і *Co* час витримки збільшують приблизно на 20%. Глибина ціанірованого шару коливається від 0,007 (мітчики) до 0,030 мм (черв'ячні фрези).

Номенклатура різального інструменту, рекомендованого для ціанування, представлена нижче.

Для поліпшення антикорозійних і експлуатаційних властивостей різальних інструментів після їх ціанування рекомендується проводити додаткову поверхневе оброблення – вороніння або глибоке оксидування. Після такої комплексної хіміко-термічного оброблення (ціанування з подальшим воронінням) значно поліпшуються товарний вигляд інструменту і його експлуатаційні властивості.

Вороніння різального інструменту виробляють в розплаві солі ЧС-312, що складається з натрієвої селітри і нітриту калію (60 – 54% NaNO_3 + 40 – 46% KNO_2). Температуру вороніння вибирають в залежності від виду різального інструменту (цілісний або зварний) і вимог до твердості хвостовій його частини.

Цілісний різальний інструмент воронять при температурі $T = 450-480$ °С протягом 30 хв.

Тривалість витримки при ціануванні залежить від розмірів РІ і його різальних елементів: чим менше РІ і тонше його різальні частини, тим вища швидкість затвору.

Таблиця 14 – Номенклатура різального інструменту

Інструмент	Діаметр, мм
Свердла з циліндричним хвостовиком	6 – 20
Свердла з конічним хвостовиком	6 – 80
Мітчики гайкові	6 – 50
Мітчики машино-ручні	6 – 48
Гребінки різьбонарізні	H = 7,5 – 18 B = 19,5 – 48 L = 40 – 130
Зенкери	10 – 40
Розвертки машині	6 – 50
Фрези хвостові	16 – 60
Фрези шпоночні	10 – 40
Фрези дискові тристороні	50 – 125
Фрези черв'ячні, довбачі	50 – 140

Таблиця 15 – Режим вороніння різального інструменту

Найменування переходів	Середовище оброблення	Режим оброблення	
		Температура, °C	Час, хв
Підігрів	Повітря	400	30
Нагрів	40% KNO ₂ + 60% NaNO ₃	450 – 480	30
Охолодження	Повітря	15 – 40	
Промивка	Вода гаряча	85 – 95	15
Сушка	Повітря	–	–
Промастилювання	Олива індустріальна	–	5 – 10

У ванну для вороніння інструмент занурюють повністю, щоб отримати однакове покриття всієї поверхні рівної окисною плівкою. Хіміко-термічне оброблення піддають різальний інструмент, який не має дефектів термічного оброблення, що має необхідну твердість, без зневуглецевого шару і припалів.

Для РІ, що підлягає ціанування з подальшим воронінням, дуже важливий спосіб його очищення після ТО (до шліфування). Для отримання після воронування гарного товарного вигляду необхідно після ТО провести ретельне механічне очищення з метою повного видалення з поверхонь РІ окисних нальотів, продуктів травлення і залишків солей.

Наявність оксидів і залишків шламу викликає появу щільних рудих плям і пильцеподібного нальоту після воронування.

Термічне оброблення в атмосфері пари – додатковий відпуск остаточно шліфованого і заточеного інструменту в атмосфері перегрітої пари при температурі $T = 540-560^{\circ}\text{C}$. Здійснюється в такому режимі: знеуглецювання 10-15 хв при $T = 70^{\circ}\text{C}$ у ванні наступного складу, кг/л води: сода (Na_2CO_3) – 0,02-0,04; каустична сода (NaOH) – 0,02-0,04; тринітрійфосфат (Na_3PO_4) – 0,02-0,04; промивка в гарячій воді. Потім інструмент завантажують в герметичну електричну піч з примусовою циркуляцією, нагрівають її до $340-370^{\circ}\text{C}$ і витримують при цій температурі 20-30 хв для прогріву, потім в піч, приблизно протягом 5 хв, впускають перегрітий пар для витіснення повітря. Проводять додатковий нагрів до $540 - 560^{\circ}\text{C}$ при безперервному потоці перегрітого пара. Інструмент витримують при цій температурі протягом 30 хв, після чого охолоджують на повітрі до $50-70^{\circ}\text{C}$ і потім в маслі (5-10 хв). Перегріта пара взаємодіє з поверхнею сталі при $T = 540 - 550^{\circ}\text{C}$, утворюється тонка плівка, головним чином магнітного окислу заліза (Fe_2O_3), міцно зчіплюються з основним металом.

Плівка запобігає приварювання стружки до інструменту в процесі різання. Пориста поверхня окисної плівки краще утримує ЗОР. Додатковий відпуск в процесі оброблення паром знімає напругу від шліфування і заточування. У разі утворення в процесі шліфування на поверхні інструменту шару аустеніту вторинного гарту оброблення паром сприяє перетворенням цього шару і відновлення високої твердості. Товщина окисної плівки 5 – 6 мкм. Оброблення в атмосфері пари надає інструменту хороший товарний вигляд і оберігає від корозії. Стійкість інструменту збільшується приблизно на 30 – 50%.

У виробничих умовах для оброблення інструменту паром використовують шахтні електропечі, обладнані звареним муфілем і підведенням перегрітої пари. Інструмент в залежності від конфігурації всередині муфеля укладають на сітки або підвішують (див. рисунок 77).

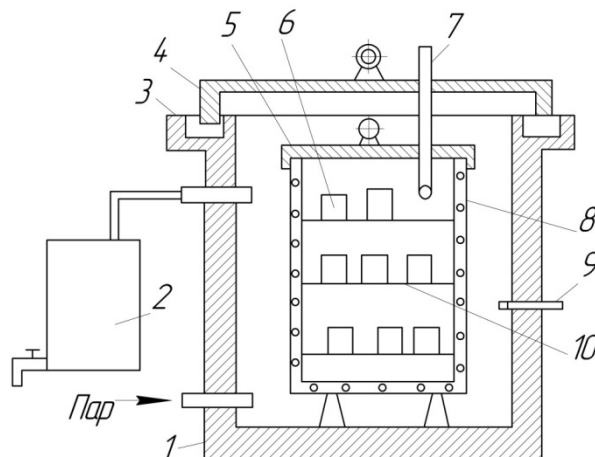


Рисунок 77 – Схема установки для оброблення інструменту в атмосфері пари: 1 – електропіч; 2 – водний конденсатор; 3 – пісочний затвор; 4 –

кришка печі; 5 – кришка муфеля; 6 – інструменти; 7, 9 – термопари; 8 – зварений муфель з отворами; 10 – сітка

На рисунку 78 представлено графік термічного оброблення різального інструменту в атмосфері пари. Інструмент з вуглецевих і легованих сталей піддають хімічному, а з швидкорізальних сталей – електрохімічному оксидуванню.

Оксидування – процес окислення поверхневих шарів металевих виробів шляхом хімічного або електрохімічного оброблення або впливом повітря при високих температурах. Утворені при цьому оксидні плівки запобігають виріб від корозії або мають декоративне значення.

Пасивування (пасивізація) – перехід поверхневого шару металу з активного (в хімічному відношенні) стану в пасивне з метою надання йому корозійної стійкості. Для цього металеві вироби обробляють розчинами окиснювачів (пасиватор), наприклад: хроматов, нітритів для утворення на поверхні найтонших окисних плівок.

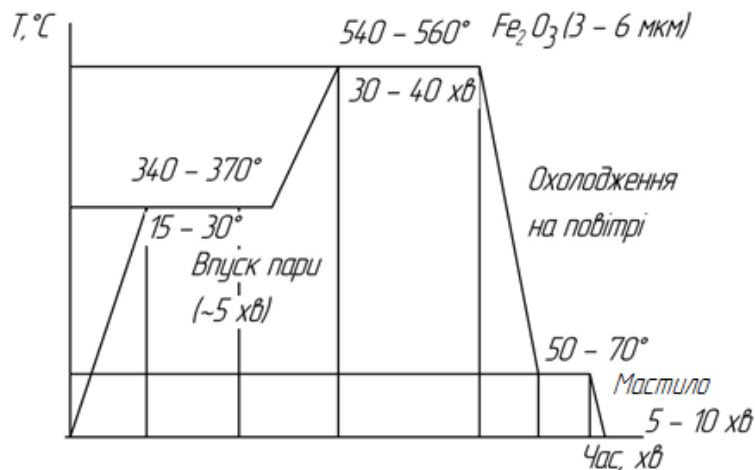


Рисунок 78 – Графік оброблення інструменту в атмосфері пари

Пасивуюча рідина – вода з добавками 1,5-2% нітриту натрію і 0,3% кальцинованої соди. Потім здійснюють промивку інструменту в воді протягом 5 – 6 хв при температурі $70 - 90^\circ\text{C}$.

Кріогенне оброблення (оброблення глибоким холодом). З фізичних методів оброблення інструментів, що застосовуються для підвищення їх різальної здатності, найбільший інтерес представляє кріогенне оброблення, тобто витримка РІ при негативних температурах, зокрема в рідкому азоті, температура кипіння якого $-195,8^\circ\text{C}$. У технічній літературі мають місце суперечливі думки з приводу її впливу на підвищення різальної здатності інструменту, проте дослідження цілого ряду вчених підтверджують доцільність застосування кріогенного оброблення для підвищення стійкості різальних інструментів, оснащених різними інструментальними матеріалами.

Кріогенне оброблення загартованої швидкорізальної сталі, сутність якої полягає в якомога більшому переході залишкового аустеніту в мартенсит була запропонована ще професором А. П. Гуляєвим. Фундаментальне дослідження оброблення сталі холодом було проведено П. П. Петросяном, який показав доцільність застосування кріогенного оброблення для підвищення стійкості різального інструменту. В результаті проведення кріогенного оброблення твердість загартованої сталі зростає на 0,5 - 2 HRC.

У 1975 р. Е. С. Жмудь отримала авторське свідоцтво на підвищення стійкості РІ при обробленні їх рідким азотом. Наукові дослідження не тільки підтвердили можливість підвищення різальної здатності цілого ряду різальних інструментів з швидкорізальних сталей, а й показали можливість застосування кріогенного оброблення для підвищення стійкості пластин ВК8, Т15К6, КНТ16, ТН20.

В результаті кріогенного оброблення підвищуються механічні характеристики інструментальних матеріалів. Для перевірки були проведені дослідження по вивченню впливу обробленні холодом на термоЕРС пари: інструментальний матеріал (Р6М5, Т15К.6, ВК.8) – платина, яка є найбільш зручною і важливою величиною з точки зору інформативності про вплив кріогенної обробки. Як показали випробування, термоЕРС після кріогенного оброблення істотно зменшувалася.

Дослідження дефектності структури інструментальних матеріалів дозволило оцінити порядок щільності дислокацій і їх зносостійкості після кріогенного оброблення і констатувати, що зміна цього порядку свідчить про підвищення щільності структури і міцності твердих сплавів, що впливає на зниження інтенсивності зношування. Металографічні дослідження показали, що після кріогенного оброблення структура твердих сплавів стає більш дрібною і відповідно більш щільною.

Порівняльні стійкісні випробування, проведені різцями з механічним кріпленням пластин твердих сплавів і інструментальних сталей під час оброблення різних матеріалів, представлені в таблиці 16.

Таблиця 16 – результати досліджень стійкісних випробувань

Матеріали		U, м/хв	S, мм/об	t, мм	T, хв		E, мВ		K
Різця	Заготовки				1	2	1	2	
Р18	ВТ5	13	0,25	0,25	20	31,2	6,12	5,9	1,56
Р18	Х18Н10	24	0,29	0,25	14,6	27,7	4,88	4,16	1,9
У10А	Сталь 40Х	16,5	0,21	0,3	17,8	37,2	0,51	0,12	2,08
ВК8	Сч20	117,5	0,39	1	11,0 3	16,3	10,14	8,82	1,48
Т15К6	ВТ5	72	0,134	0,5	13,3	21,3	11,28	10,5	1,6
Р6М5	Сталь 40Х	54,5	0,11	0,25	3,96	14,06	2,36	1,96	3,8

Примітка. 1 – до криогеного оброблення; 2 – після криогеного оброблення; K – коефіцієнт збільшення стійкості

Стійкісне випробування свердел зі сталі Р6М5 під час свердління отворів в сталях 45 і Х18Н10Т показали, що їх середня стійкість після оброблення холодом підвищилася в три рази, а свердел, оснащених пластинками сплаву ВК8 під час оброблення сталей 40Х13 і 14Х17Н2, – в 2,5 рази.

Доцільність криогенного оброблення підтвердилася також при стійкісних випробуваннях мітчиків зі сталі Р6М5 і пил для відрізних верстатів (ножівкових полотен з Р9 і Р6М5 та стрічкових пилок з В2Ф). Середня стійкість мітчиків зросла в 2,8 рази, а пил – в 1,6 - 1,8 рази.

Додаткові дослідження показали, що після криогенного обробки зменшуються коефіцієнт тертя і сили різання, а також знижується шорсткість обробленої поверхні.

На підставі викладеного нижче представлені висновки, які рекомендуються для промислового використання.

1. Найбільш раціональним криогенним середовищем для підвищення фізико-механічних і різальних властивостей інструментальних матеріалів є рідкий азот.

2. Практично на всіх різальних інструментах, виготовлених як з інструментальних сталей, так і оснащених твердими сплавами, в результаті криогенного оброблення можна отримати підвищення стійкості від 1,5 до 3 разів.

Нанесення зносостійких покриттів. Підвищення стійкості досягається нанесенням на контактуючі під час різання поверхні інструменту тонких зносостійких покриттів (ЗП). Застосовують такі типи покриттів: карбід вольфраму (WC), карбід титану (TiC), нітрид титану (TiN), карбонітриду титану ($TiCN$), окис алюмінію (Al_2O_3), нітрид молібдену (Mo_2N), нітрид цирконію (ZrN), карбід ніобію (Nb_4C_3), карбід гафнію (HfC), нітрид гафнію (HfN), окис хрому (Cr_2O_3), нітрид бору (BN) – наноситься товстим шаром – 0,5 мм (недолік – підвищена чутливість до вібрацій), алмаз.

Елементи для покриття вибирають залежно від матеріалу інструменту та умов його роботи (оброблюваного матеріалу і режимів різання). Застосовують одношарові (3 – 10 мкм) і багатошарові покриття з різними властивостями кожного шару. Використання покриттів дозволяє підвищити стійкість інструменту в 1,5-5 разів.

Головна мета нанесення ЗП – отримати високу твердість і зносостійкість контактних поверхонь РІ при збереженні високої міцності на вигин і ударної в'язкості його основи (рисунок 78). Крім того, ЗП забезпечують такі додаткові переваги: зниження коефіцієнта тертя при різанні, зменшення сил різання, зниження наростуотворення, захист інструментального матеріалу від адгезії і дифузії, підвищення стійкості РІ; розширення області застосування інструментального матеріалу.

У таблиці 16 показані етапи розвитку технології нанесення зносостійких покриттів на твердосплавні пластини по групах.

Нижче наведені найбільш відомі в світі підприємства, що займаються випуском твердосплавних пластин зі зносостійкими покриттями: «Сандвик Коромант», «Секо» (Швеція); «Круп Видно Фабрик» (Німеччина); «Металлверк Планзее» (Австрія); «Кутана» (Англія); «Карболай» (США).

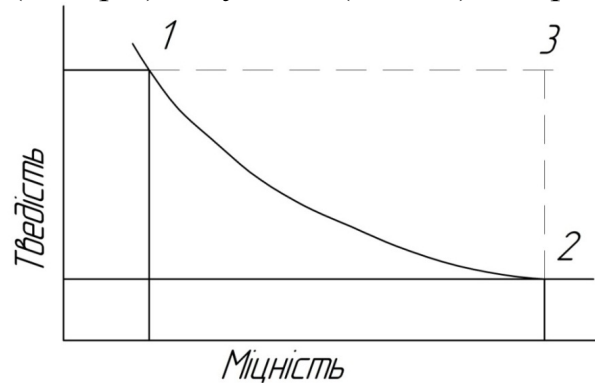


Рисунок 78 – Графік зміни властивостей інструментальних матеріалів при нанесенні на них зносостійких покриттів:

1, 2 – матеріали без покриття; 3 – матеріали зі зносостійким покриттям

Пластини першого покоління зі зносостійкими покриттями з'явилися на світовому ринку в 1970 р. Технологія їх нанесення успішно впроваджувалася в інструментальне виробництво і зазнавала розвиток. За кордоном воно торкнулося перш за все покриття для твердосплавного інструменту, причому тут можна виділити три етапи.

Таблиця 16 – Розвиток технології нанесення зносостійкості покриттів на твердосплавні пластини

Група ISO	Фірми виробників						
	Круп	Коромант	Коромант	Секо	Коромант	Планзее	
	1-е покоління покриття		2-е покоління покриття		3-е покоління покриття		
P	01						
	10	E115					
	20	E125	GC125				
	30		GH135	GH1025	TP25	GC015	GM35
	40						GM35
	50						
K	01						
	05	E215					
	10		GC315	GH1025	TP25	GC015	GM15
	20						GM35
	30						
	40						

Перший етап характеризується нанесенням покриттів TiC товщиною 3 – 6 мкм на твердосплавні пластини на основі карбідів вольфраму і складних вольфрамотитанових карбідів (покриття першого покоління): GC125, 135 і 315 фірми «Сандвик Коромант» (Швеція) і E115, 125, 215 фірми «Круп» (ФРН) для обробки сталі і чавуну. При безперервному точінні стійкість збільшувалася в 2 рази, вдавалося підвищити швидкість різання на 70% і подачу на 36%, що збільшило продуктивність. Однак схильність до викришування різальної кромки внаслідок утворення на межі підкладки та покриття TiC знеуглецювального проміжного шару не дозволяли використовувати пластини в жорстких умовах при переривчастому різанні.

Завдяки вдосконаленій технології твердосплавні пластини «Відадур» з одношаровим покриттям TiC фірми «Круп Відіа Фабрик» (ФРН) могли використовуватися при значних ударних навантаженнях. Випуском цих пластин знаменується поява другого покоління покриттів. Крім того, були створені пластини з покриттями TiN і Al_2O_3 . З пластин з покриттями другого покоління слід зазначити марку Секотік (P, TP, K) фірми «Секо» (Швеція), марки Супертік (WT1, WT2) і GC1025 «Сандвик Коромант», а також марку 545 (пластини з керамічним покриттям) фірми «Карболай» (США).

У 1974 р з'явилися пластини з покриттями третього покоління, що складаються з двох і більше шарів різного складу товщиною до 10 мкм. На основу найчастіше наноситься шар TiC , а на нього TiN і Al_2O_3 . Наприклад, пластини GC015 («Сандвик Коромант») з двошаровим покриттям: TiC товщиною 6 мкм і другий Al_2O_3 – 1 мкм. Їх стійкість в порівнянні з GC1025 на тих же режимах в 1,5-4 рази збільшилася.

Виробництво твердосплавних пластин з покриттям третього покоління було налагоджено фірмами «Металлверк Планзее» (Австрія) – пластини Тізін-Голдмейстер марок GM15, GM35, фірмою «кутана» (Англія) – пластини Голдмейстер. Ці інструменти універсальніші і здатні працювати з більш високими навантаженнями і швидкостями різання.

У 1975 р за кордоном випускалося 95 марок пластин з покриттями TiC , 21 марка з покриттями TiN , 8 марок з $TiCN$, 2 марки з Al_2O_3 і 2 з полікристалічними алмазними покриттями.

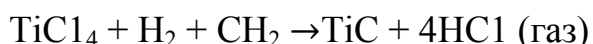
На початку 80-х років випускалося 175 марок твердосплавних пластин з одношаровими покриттями, 34 марки з тришаровими, причому 40 марок з покриттями TiC .

В даний час розробляються покриття, що містять до 12 шарів загальною товщиною 8-10 мкм. Найбільш ефективні багатшарові покриття з зовнішнім шаром з Al_2O_3 . Уже в 1981 р до 80% всіх непереточуваних пластин з твердих сплавів випускали зі зносостійкими покриттями.

Більшу ефективність у порівнянні з одношаровими покриттями TiC і TiN мають покриття на основі HfN і $(TiCr)N$. Продуктивність інструменту з покриттям HfN замість TiN збільшується на 30% при точінні нержавіючої сталі, на 100% при безперервної точінні середньуглецевої сталі і на 200% під час оброблення чавуну.

Теоретичний і практичний інтерес представляє ряд технологій нанесення покриттів на основі незносостійких, але погано окислювальних металів. Описана іонна металізація різального інструменту золотом, сріблом, платиною та іншими благородними металами. Відомі кілька способів нанесення зносостійких покриттів.

Газофазний спосіб (ГТ— один із способів нанесення зносостійких покриттів. Технологію газофазного осадження карбіду титану та інших з'єднань застосовують для нанесення зносостійких покриттів на пластини з твердих сплавів. Газофазний спосіб (іноземне позначення CVD) заснований на конденсації газоподібних сполук титану з утворенням твердих опадів карбіду титану TiC на просторі, що покривається інструменті:



На рисунку 79 показана схема установки для нанесення покриттів газофазним способом. Процес відбувається при високій температурі до $1000\text{ }^\circ\text{C}$. Цим способом отримують і багатошарові покриття на основі TiC , TiN , Al_2O_3 , NbC , HfC , HfN .

Термодифузійний спосіб (ДТ) (термодифузійне насичення) заснований на дифузії легуючих елементів в інструмент з утворенням хімічних сполук. Застосовують для нанесення покриттів на твердосплавні багатогранні пластинки.

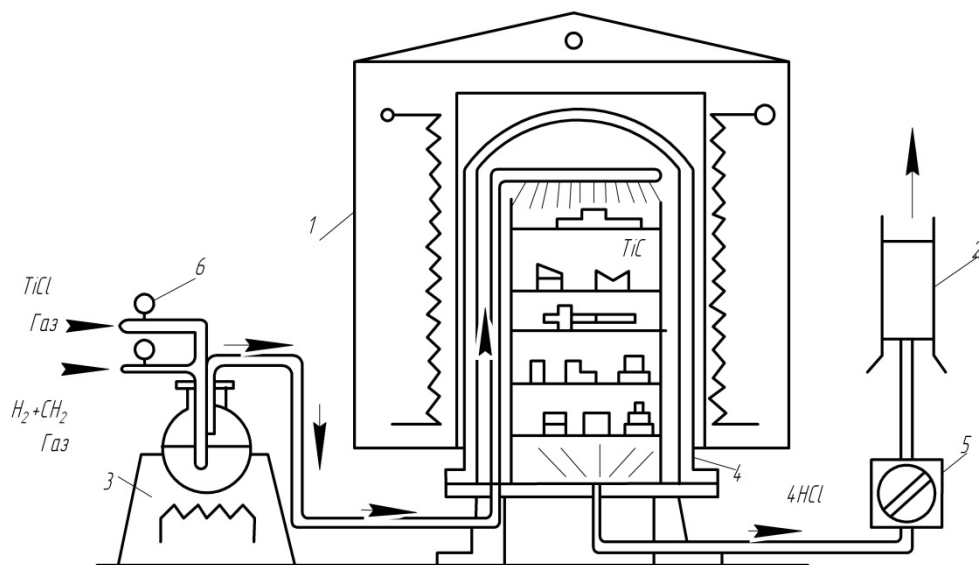


Рисунок 79 – Схема установки для нанесення покриття газофазним способом:

1 – піч; 2 – фільтр; 3 – виправник; 4 – реактор; 5 – насос; 6 - манометр

У вакуумі при $T = 1370-1455\text{ }^\circ\text{C}$ відбуваються реакції: $2WC \rightarrow W_2C + C$, потім $TiO_2 + 2C \rightarrow Ti + 2CO$ і $Ti + W_2C \rightarrow TiC + 2W$.

Обидва способи застосовують головним чином для нанесення TiC при температурі $T \approx 1100^\circ C$ на пластини з твердих сплавів. Товщина що наноситься цими методами шару складає 5-8 мкм.

Покриття карбідом титану (TiC) способами ГТ і ДТ, наноситься на поверхні твердосплавного інструменту, має хороше зчеплення з основою, високу твердість і достатню теплопровідність, антифрикційні властивості, інертність до чорних металів, гарний опір зносу по задній поверхні. Недоліки покриттів цими способами: неможливість нанесення ЗП на швидкорізальні сталі, зниження середньої міцності основи і збільшення її розкиду, зневуглецювання поверхні основи. Однак найбільш перспективним виявилися методи іонно-плазмового реактивного напилення зносостійких покриттів РЕП і КІБ.

Реактивний електронно-променеве полум'яне осадження (РЕП) засновано на тому, що плазмовий потік металу, що утворюється за допомогою вакуумної дуги (що представляє собою розігрітий електронним пучком до плавлення напилюваного металу), орієнтується в напрямку інструменту з подальшою конденсацією на ньому іонів і нейтральних атомів при одночасному проходженні плазмохімічної реакції їх з реактивним газом.

Спосіб конденсації речовини з плазмової фази в умовах іонного бомбардування (КІБ) полягає в тому, що за допомогою електродугового випарника (струм дуги 80-100 А) наноситься на поверхню інструментів матеріал (титан, молібден і т. п.) У вакуумній камері перетворюється в газоподібний стан (вакуум $1,33 \cdot 10^{-7}$ - $1,33 \cdot 10^{-9}$ Па) (рисунок 80).

При наявності прискорює напруги на катоді 210-300 В (анодом служить оброблюваний виріб; катодом – метал-випарник) і подачі в камеру азоту або іншого газу, що містить азот, іони випаровувального металу, взаємодіючи з іонами азоту, утворюють нітриди випаровувального металу (TiN ; Mo_2N) і осідають на поверхню інструментів, створюючи тонку плівку (0,004-0,008 мм). Для рівномірного нанесення плівки на різальні поверхні інструментів останні на спеціальній підставці обертаються щодо катода.

Іонно-плазмове осадження у вакуумі (методом РЕП, АДІ – активоване реактивне напилення, КІБ і ін.) Має технологічність і хорошою керованістю процесом осадження; можливістю нанесення покриттів складного хімічного складу, в тому числі на основі тугоплавких сполук; гарну адгезію покриттів з інструментом (підкладкою); відтворюваність технології.

Основним їх перевагою є можливість наносити зносостійкі плівки на інструменти з швидкорізальних сталей, так як температура процесу не перевищує $600^\circ C$. Товщина покриття 4-6 мкм. Спосіб КІБ розроблений у Фізико-технічному інституті АН УРСР (м. Харків).

Пористість вакуумних покриттів, що наносяться методом КІБ, становить від 6 до 35%.

Покриття методом КІБ проводиться в два етапи:

1-й етап – іонне бомбардування (очищення, нагрівання, активація поверхні РІ) електродуговим розрядом, в результаті чого випаровується ме-

тал, що входить в покриття (струм дуги 80 – 100 А). Пароплазменний потік металу (з нейтральних атомів) прискорюється в напрямку інструменту негативною напругою на ньому 1–2 кВ;

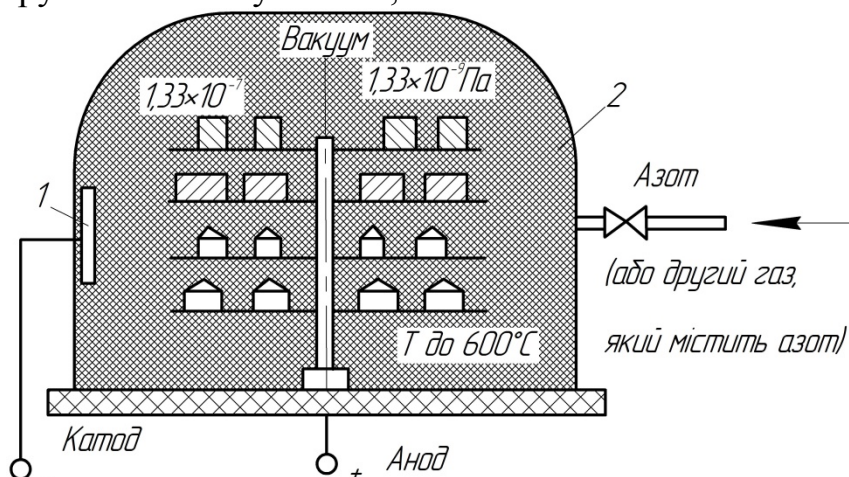


Рисунок 80 – Схема установки для нанесення зносостійких покриттів шляхом конденсації речовини з плазмової фази в умовах іонного бомбардування (метод КІБ): 1 – електрод з титану (молібден); 2 – камера випаровування металу

2-й етап – введення в камеру газу-реагенту, що містить неметалевий компонент покриття. Йде безпосереднє утворення речовини покриття і його осадження на інструменті.

Покриття TiN , Mo_2N наносять переважно способами РЕП і КІБ: одношарові 5-6 мкм або багатшарові – 12 - 16 мкм. Останні наносять шарами з чергуванням твердості, вони дають більш високу міцність без сколів і викришування. Переваги цих покриттів полягають в можливості нанесення ЗП на швидкорізальні сталі, збільшенні середньої міцності і зменшення її розкиду, підвищеної зносостійкості передньої поверхні, зниженні загальної інтенсивності зносу, відсутності тендітної проміжної фази на поверхні основи. Недолік цих покриттів – слабе зчеплення з основою, наслідком чого може бути відшаровування покриття в процесі роботи.

Австрійська фірма «Plansee» випускає пластинки з комбінованим карбонітридним покриттям товщиною 10 мкм, в якій тонкі шари TiC і TiN чергуються в певній послідовності. Таке покриття поєднує в собі переваги обох типів покриттів і компенсує їх недоліки. Пластини цієї фірми з карбонітридним покриттям Gm35 забезпечують при точінні сталі підвищення стійкості в 5 разів у порівнянні з пластинами, покритими TiC .

Шведська фірма «Sandvic Coromant» виготовляє пластини GC015 з керамічним покриттям Al_2O_3 . Цей тип покриття має такі переваги: високу теплостійкість, підвищений опір зносу передньої поверхні, гарний опір пластичному деформуванню, малі коефіцієнт тертя і адгезію; відсутність наросту; незначне збільшення сили різання в міру роботи, нечутливість до

ливарної кірки і абразивних включень. Підвищення продуктивності в 15 разів, за даними фірми, при точінні вуглецевих сталей.

Пластини з покриттям нітридом бору (BN) відрізняються тим, що покриття наносять товстим шаром – 0,5 мм. Даний тип покриття має такі переваги: високу твердість і теплостійкість (до $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$); хімічну інертність до чорних металів, низький коефіцієнт тертя і відсутність наросту. Недоліком є підвищена чутливість до вібрацій. Пластини з покриттям нітридом бору рекомендуються для точіння загартованих сталей з великими швидкостями різання, вибіленого чавуну, важкооброблюваних сплавів. Так, при обробленні нікелевих сплавів покриття BN дає підвищення стійкості в 4 - 5 разів.

Ряд країн випускає пластини з тврдосплавною основою і алмазним покриттям на металевій зв'язці (товщина 0,35 – 0,7 мм). Переваги такого покриття – висока твердість (до 8500 HV), хороша теплопровідність, мале тертя. Основна область застосування цих пластин – заміна природного алмазу для точіння кольорових сплавів зі швидкостями до 500 м/хв. У цих умовах стійкість пластин такого типу в 1,5 – 3 рази більше стійкості природного алмазу.

Багатошарове покриття $TiCN$ забезпечують коефіцієнт підвищення стійкості під час оброблення сталі 45 1,2 – 1,4 рази ($v = 150\text{ м/хв}$; $S = 0,45\text{ мм / об}$; $t = 1\text{ мм}$) і під час оброблення важкооброблюваних матеріалів в 2,5-5 разів.

Чотиришарове покриття TiN і Mo_2N , нанесене методом КІБ на установках Булат з чергуванням шарів різної твердості від 1300-1500 HV до 2600-2800 HV (товщина покриття 4-6 мкм) на сплави Т15К6, ВК8, Т5К.10, дає коефіцієнт підвищення стійкості 2,1 – 3,4 рази.

Покриття TiC і $TiCN$ на пластини ТТ10К8Б, нанесені способами ГТ і ДТ, дали коефіцієнт підвищення стійкості від 1 - 1,5 (TiC) до 2,8-3 ($TiCN$) спосіб ГТ.

Значне зростання коефіцієнта підвищення стійкості спостерігається і у інструментів з швидкорізальних сталей з покриттям TiN , Mo_2N в 2,5-5 разів.

Удосконалення покриттів розвивається по шляху підбору самих покриттів, що відрізняються більшою зносостійкістю, кращою технологічністю, меншою недостатністю входять до їх складу хімічних елементів. Це карбіди, нітриди, карбонітриди і оксиди різних металів (TiC , TaC , Nb_4C_3 , CrC , TiN , ZrC , Mo_2C , Cr_2O_3 , $TiCN$, Al_2O_2 , BN , алмаз, Mo_2N).

Істотну роль в підвищенні ефективності застосування непереточуваних пластин з покриттями грає матеріал і властивості основи. При однаковому складі сплавів переваги мають особливо мілкозернисті сплави, що містять більше кобальту на одиницю площі. Це забезпечує краще зчеплення покриттів з основою. Найбільш ефективний в цьому плані сплав ВК6-ОМ. Хороші результати показав сплав ТТ10К8Б.

Є досвід використання в якості основи під зносостійкі покриття багатшарових пластин. У США виготовлені пластини товщиною 3,6 мм з зносостійким покриттям TiC . Серцевина пластини з ВК6, а поверхневий шар (0,4 мм) містить по 8% Co , 8% TiC і 12% TaC .

Кожен з перерахованих методів нанесення ЗП має свою специфічну сферу застосування. Зокрема, для зміцнення твердосплавних інструментів (пластин) частіше використовують високопродуктивний газофазний метод.

Ефективність покриттів залежить від їх хімічного складу, товщини, зон нанесення інструментального покриття, кількості шарів і режимів різання, що було показано при розгляді інструментальних покриттів різних поколінь.

Впровадження промислової технології КІБ дозволило підвищити ефективність великої номенклатури різальних інструментів під час оброблення різних сталей і сплавів, в тому числі і важкооброблюваних, та знизити питомі витрати інструментальних матеріалів.

Стійкість різального інструменту, покритого способами КІБ, залежить від режимів процесу: щільності струму, напруги, температури підкладки (інструменту), тиску в камері, відстані від катода до підкладки (інструменту), часу напилення.

Необхідне суворе фіксування основних технологічних параметрів та автоматична підтримка їх на заданому рівні протягом технологічного циклу. Найбільший ефект по стійкості дає покриття інструментів складних типів: протяжок, долб'яків, черв'ячних фрез, фасонних різців, мітчиків і т.п.

Метод нанесення антифрикційних покриттів. Наносять антифрикційні покриття (АП) на контактні поверхні інструментів. Такі покриття мають твердість меншу, ніж матеріал основи, і виконують функції твердих мастил, що веде до зменшення тертя і зносу інструменту.

Наносять їх при звичайній кімнатній температурі на спеціальним чином підготовлені контактні поверхні для поліпшення зчеплення з основою. Піддають нагріванню до температури не більше 200 °С, що дозволяє застосовувати їх для будь-яких інструментальних матеріалів.

Матеріалом таких покриттів служать головним чином сульфіді і фосфати різних металів. Найбільше застосування отримали два типи антифрикційних покриттів – дисульфід молібдена MoS_2 і нікель-фосфорне NiP , які дають підвищення стійкості інструментів з швидкорізальної сталі в 2 – 4 рази, для твердосплавних 1,4 – 1,8 рази (MoS_2).

Підвищеною теплостійкістю володіє кобальт-фосфорне покриття (Co_2P) – до 600 °С, що має HV 850 і наноситься методом електролізу при $T = 90-100$ °С. Таке покриття підвищує стійкість швидкорізальних інструментів в 2,5 – 3 рази.

Цікавим є спосіб нанесення антифрикційних покриттів з попередніми глибоким травленням контактних поверхонь інструменту. Поява досить глибоких пір забезпечує постійний вихід мастила до поверхні тертя. Гли-

біна пір (0,5 – 0,8 мм) дає можливість виконувати переточування по вкритій поверхні зі збереженням мастильного ефекту.

13 ПЕРЕВІРКА ЯКОСТІ ІНСТРУМЕНТА. МАРКУВАННЯ, ЗБІРКА, КОНСЕРВАЦІЯ І УПАКОВКА ІНСТРУМЕНТІВ

Контроль якості інструменту. Для проведення приймальних випробувань від кожної партії роблять вибірки. Контроль виробляють шляхом огляду зовнішнього вигляду, виміру його твердості, розмірно-геометричних та інших параметрів, обумовлених технічними вимогами, а також випробувань інструменту даної вибірки на працездатність. Режими випробувань встановлюються нормативно-технічною документацією.

Після проведення випробувань РІ не повинен мати помітних слідів зносу, викришування і бути придатним до використання. Крім приймальних, інструмент піддається періодичним випробуванням, при яких зіставляється середня стійкість окремих вибірок від партій, виготовлених в різні періоди часу. Періодичні випробування проводяться базовими лабораторіями або підприємствами по галузевим методикам випробувань. Одна з них заснована на використанні залежності зносу по задній грані від шляху або часу різання (на основі повних випробувань) (рисунок 81). При цьому визначається середня стійкість T_{cp} і гарантійна стійкість T_p інструменту:

$$T_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i; T_p = T_{cp} - U_p \sigma_T, \quad (24)$$

де T_i – час безвідмовної роботи i -го інструмента, визначається моментом досягнення нею заданого зносу h ; n – число випробуваних інструментів; U_p – квантиль нормального розподілу, що відповідає ймовірності p ($p = \Phi(U_p)$, де $\Phi(U_p)$ – функція Лапласа); σ_T – дисперсія стійкості, визначається за формулою

$$\sigma_T^2 \approx S_T^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (T_i - T_{cp})^2. \quad (25)$$

Визначення параметрів T_{cp} і T_p при випробуваннях інструменту переслідує різні цілі: визначення T_{cp} необхідно для оцінки динаміки якості інструменту,

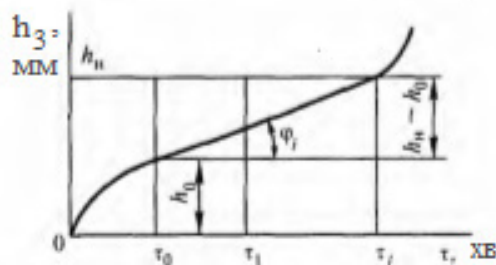


Рисунок 81 – Залежність зношування інструменту по заданій грані від часу різання

укрупненої оцінки потреби в інструменті, його питому витрату і т.п.; визначення T_p має значення в автоматизованому виробництві, коли з метою усунення випадкових виходів РІ з ладу під час різання його замінюють заздалегідь, не доводячи до повного нормативного затуплення.

Гарантійна стійкість визначається стійкістю і ймовірністю безвідмовної роботи. У практиці інструментального виробництва всі методики побудовані на забезпеченні ймовірності випробувань від 0,9 до 0,95 (тобто до 90-95%).

Підвищенню якості РІ сприяє його атестація за категоріями якості (вища – показники на рівні або перевищують кращі вітчизняні або зарубіжні зразки; перша – РІ, що знаходиться на сучасному технічному рівні), що відрізняється всебічною оцінкою якості (рівень виробу по конструкції і якості виконання).

При проведенні випробувань інструментів маємо справу з випадковими величинами, тому незалежно від цілей випробувань обробку результатів необхідно виконувати в наступному порядку:

1. Визначення середньої стійкості різального інструменту;

$$T_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i. \quad (26)$$

2. Визначення середньоквадратичного відхилення стійкості (дисперсії стійкості):

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_i - T_{cp})^2}{n-1}}. \quad (27)$$

3. Визначення коефіцієнта варіації стійкості:

$$Var = \frac{\sigma_T}{T_{cp}}. \quad (28)$$

Випробування з коефіцієнтом варіації $Var < 0,2$ визнають для виробничих умов хорошими по стабільності стійкості; при $Var = 0,2 - 0,35$ – задовільними; значення $Var > 0,5$ вважають незадовільними для використання різального інструменту в умовах масового виробництва.

4. Оцінка помилкових результатів випробувань:

$$\eta = (T_{cp} - T_{min}) / \sigma_T = \frac{1}{Var} \quad (29)$$

або

$$\eta = (T_{max} - T_{cp}) / \sigma_T = \frac{1}{Var} \quad (30)$$

Якщо $\eta > \eta_{кр}$, то результати T_{min} або T_{max} відкидають.

5. Визначення довірчого інтервалу:

$$\Delta T = \pm t \sigma_T / \sqrt{n}. \quad (31)$$

6. Визначення стійкості інструменту із заданою вірогідністю p (гарантійна стійкість):

$$T_p = T_{cp} (1 - U_p \text{Var}), \quad (32)$$

де U_p – квантиль нормального розподілу, величина якого залежить від заданої ймовірності p . Для $p = 0,9$ величина $U_p = 1,282$; для $p = 0,95$ величина $U_p = 1,645$.

7. Оцінка суттєвості відмінності середніх значень стійкості інструменту по t – критерієм Стюдента. При цьому, якщо $t > t_{кр}$, відмінність істотно. Для $n < 20$

$$t = \frac{|T_{1cp} - T_{2cp}|}{\sqrt{n_1 \sigma_1^2 + n_2 \sigma_2^2}} \cdot \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}, \quad (33)$$

$n > 20$

$$t = \frac{T_{1cp} - T_{2cp}}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} \quad (34)$$

Маркування інструменту здійснюють механічним, хімічним, електрохімічним або електрографічним способами. Найбільш поширеним, але найменш перспективним способом вважають механічне маркування. Даний спосіб заснований на перенесенні знаків маркування з клейма на маркувальну поверхню механічним шляхом – вдавненням на спеціальних пресах. Для маркування плоских деталей використовують клеймільний автомат моделі СІ-022М; циліндричних інструментів – автомати моделей МФ-79 і ВГ7; круглих плашок – автомати СІ-021 і МФ-25. Матеріалом клейм, як правило, є тверді сплави. Недолік механічного способу – деформація не тільки поверхневого шару, але іноді і самого виробу, а також поломка твердосплавних клейм. Маркування часто виробляють в останньому циклі оброблення, тому деформація поверхні і вироби в цілому погіршують якість інструментів, а утворення тріщин і поломок клейм призводить часто до псування інструменту.

Хімічний спосіб маркування (для інструментів з швидкоріжучих сталей та інструментів з корпусами з конструкційних сталей) – нанесення знаків маркування гумовим штампом, змоченим в спеціальному розчині. Розчин містить селенисту і соляну кислоти, а також сірнокислу мідь. Перед маркуванням деталі (поверхню) виварюють в 3-5%-му розчині кальцинованої соди при $T = 78-80^\circ\text{C}$ або протирають ганчір'ям, змоченим цим складом. Час маркування 1-2 с. Маркування виконують на пружній подушці з листового фетру, пористої пластмаси або листового азбесту. Після висихання

розчину (1-2 с) інструмент промивають в розчині кальцинованої соди або протирають цим розчином, а потім проводять пасирування. При хімічному маркуванні потрібно дотримуватися правил техніки безпеки, так як розчини роз'їдають шкіру рук.

Електрохімічне маркування – найбільш прогресивний і швидко розвиваючийся метод. Його переваги: висока якість маркування, бездеформаційне нанесення знаків, широке коло маркувальних матеріалів, можливості механізації і автоматизації, відносна простота процесу.

Процес полягає у впливі на змочений електролітом виріб клеми-електрода з витримкою під деяким навантаженням протягом 1 - 1,5 с. Виробляють маркування на спеціальному обладнанні: на напівавтоматі моделі НО-5193 (мітчики МЗ-М10); НО-7000 (твердосплавні пластини); НО-5163 (напівавтомат для круглих плашок); автоматі ВГ7 (маркування стрижневи інструментів). Матеріал клейма-електрода – друкарський струмопровідний сплав. Умови маркування сталевих циліндричних Ø3-10 мм і плоских інструментів наведені в таблиці 17.

Таблиця 17 – Умови маркування інструменту

Вид маркувального інструменту	Склад електродоліта, масова частка, %	Швидкість обертання заготовки, м/хв	Подача електроліта	Напруга, В	Час маркування, с
Стальні циліндричні Ø3-10мм	KNO_3 – 15 $NaNO_2$ – 4 решта вода	0,5-1,2	Поливом	7	0,3-0,8
Стальні плоскі	Теж	0,5-1,2	Прокачуванням	7	1,5
Твердосплавні пластини	Na_2CO_4 – 4 H_3BO_3 – 2 ОП7 – 0,5 решта вода	-	Змочуванням	6	2
	KNO_3 – 3 емульсія-0,5 решта вода	-	Прокачуванням	6	1

Електрографічний маркування застосовується в дрібносерійному та індивідуальному виробництві інструментів; якість маркування невисока.

Збірка, консервація і упаковка інструментів. Складальні роботи під час виготовлення різальних інструментів набувають все більшу питому

вагу в зв'язку з дедалі ширшим використанням багатогранних непереточуваних різальних пластин з різних інструментальних матеріалів. Виконуються вони, як правило, вручну висококваліфікованими фахівцями з використанням елементів малої механізації.

Консервацію інструментів виконують з метою захисту їх від корозії при зберіганні в проміжних коморах на стадії через готування інструменту, а також при зберіганні готового інструменту на інструментальних складах. Залежно від термінів, місця і умов зберігання консервація інструментів може бути різною.

Захист від корозії до трьох місяців забезпечують пасуванням, що складається в нанесенні плівок пасивних солей, зазвичай кальцинованої соди і нітриту натрію, шляхом витримки інструменту в 2-30%-му водному розчині цих солей, нагрітому до 70-90°C. Чим більший термін зберігання, тим вища повинна бути концентрація розчину.

Після пасування інструменти змазують шляхом опускання в гаряче консерваційне мастило КС-У, ТУРБ 035.30.26.068-95 або аналогічні інші. Можна використовувати інструментальне мастило плюс парафін в різній пропорції, потім обгортають парафіновим папером і укладають в картонні коробки. Коробки складають в дерев'яні ящики з обмеженою вологістю, викладені всередині рубероїдом і парафіновим папером. Ящики закривають і оббивають шинкою.

Підвищенню корозійної стійкості інструменту сприяє зниження шорсткості оброблених поверхонь після таких операцій, як шліфування та полірування. Надійний захист від корозії забезпечують вороніння, оброблення паром, оксидування і майже всі методи підвищення різальної здатності інструменту.

Більшість операцій по консервації та упаковці інструментів виконують вручну, однак створюється і вже діє обладнання для автоматичної консервації і упаковки інструменту на інструментальних заводах.

Навчальне видання

**Булига Юрій Володимирович
Слабкий Андрій Валентинович**

ОСНОВИ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА
Електронний навчальний посібник

Оригінал-макет підготовлено А. Слабким