

Донбаська державна машинобудівна академія
Кафедра Підйомно-транспортних і металургійних машин

Розглянуто і схвалено
на засіданні кафедри підйомно-
транспортних і металургійних машин
Протокол № 21 від 20 червня 2023 р.

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни
**«Теоретичні основи створення та дослідження сучасних машин та
обладнання»**

галузь знань 13 – «Механічна інженерія»

спеціальність 133 – «Галузеве машинобудування»

ОНП «Галузеве машинобудування»

Факультет Машинобудування

Розробник: професор, доктор технічних наук Мироненко Є.В.

м. Краматорськ – Тернопіль, 2023 р.

Змістовний модуль 1. Основи систем технологій в машинобудуванні

Тема 1. Загальна характеристика технологічних систем

1.1 Загальні відомості про технологічні системи

Технологічна система – це сукупність функціонально пов'язаних засобів технологічного оснащення, предметів виробництва та виконавців для виконання в регламентованих умовах виробництва заданих технологічних процесів і операцій.

До технологічного оснащення системи включають обладнання, яке забезпечує основний технологічний процес. До предметів виробництва відносять: матеріал, заготовку, напівфабрикат і виріб, що перебувають відповідно до технологічного процесу, який виконується, у стадії зберігання, транспортування, формоутворення, обробки, складання, ремонту, контролю та випробувань. До регламентованих умов виробництва відносять: регулярність надходження предметів виробництва, параметри енергопостачання, стан довкілля тощо.

Технологічні системи поділяють на дві групи:

- апаратні технологічні системи (АТС);
- машинні технологічні системи (МТС).

В апаратних технологічних системах робоча зона є закритою та ізольованою від зовнішнього середовища. Технологічний процес в АТС протікає в закритій порожнині корпусу апарата, де створюються спеціальні умови: тиск або розрідження, висока чи низька температура, дія хімічно активного середовища на продукт, що переробляється тощо.

У машинних технологічних системах робоча зона є відкритою та неізольованою від зовнішнього середовища, тобто атмосфери, а сам технологічний процес протікає в умовах довкілля.

Приклади:

При шахтному видобутку корисних копалин, це технологічні системи проходки і виймання корисної копалини у вибоях, а також транспортування гірничої маси на поверхню. У збагаченні корисних копалин це устаткування підготовчих, основних та допоміжних процесів на збагачувальних фабриках. На шельфовому устаткуванні система включає устаткування для охолодження, підігрівання і сепарації продукції свердловини, а також для стискування, транспортування й оброблення нафти безпосередньо на шельфі, напр., дегідратації. На шельфових устаткуваннях встановлюють три головні групи систем – технологічні, загального призначення і життєзабезпечення.

1.2. Стадії розвитку індустріальних цивілізацій

Індустріальна цивілізація визначається як цивілізація, що склалася в новий час. Соціальний прогрес еволюціонує від аграрного суспільства до передового промислово-розвинутого суспільства. Саме тоді стали складатися ринкові відносини, політична і соціальна рівність, правова держава, прогрес, толерантність, фундаментальні права людини, універсальні цінності. Західні країни, де почалася модернізація, поширяють цей процес на всі континенти, екстраполюючи не тільки свої технології, але і свої ціннісні орієнтації.

Індустріальна цивілізація є одним з типів всесвітньої цивілізації за класифікації за економічними ознаками. Домінуючим видом виробництва виступає промислове виробництво, інтенсивно використовується машинна праця, за типом власності переважає промислова власність.

Суспільствознавчі ідеї поширювались в XVIII в. - віці Просвітництва. Просвітницькі ідеї розповсюджувались в Західній Європі й Америці. Просвітителі - Вольтер, Дідро, Монтеск'є, Руссо, Кондорсе, Мореллі – будучи свідками того, як натуралісти відкривають закони природи, створили культ людського розуму. Вони вважали можливості Розуму пізнавати і перетворювати світ безмежними.

Іншою важливою ідеєю, що запропонувало просвітництво, стала ідея прогресу.

Становлення індустріальної цивілізації економічною теорією пов'язується з:

- промисловим переворотом (перехід від мануфактури до великого машинного виробництва)

- процесом індустріалізації на основі суспільства і суспільного життя

- процесом нагромадження капіталу

Індустріальна цивілізація продемонструвала небачені темпи економічного зростання та залучення до виробництва величезної маси ресурсів. Так, за період з 1715 по 1971 рр. обсяг світового промислового виробництва зріс у 1730 разів. Однак, безмежна та безконтрольна утилізація речовини природи, домінування технократичних підходів у соціально-економічного розвитку призвели до глибокої кризи індустріальної моделі розвитку. Внаслідок цього нині дедалі виразніше проявляються обриси пост-індустріальної, ноосферно-космічної цивілізації.

У сучасному суспільствознавстві широке поширення отримав теоретико-методологічний підхід, відповідно до якого різні країни послідовно проходять у своєму еволюційному розвитку такі загальні етапи, як доіндустріальний (первісна, аграрний), індустріальний і постіндустріальний (інформаційний).

Сам термін «індустріальне суспільство» вперше був використаний в роботах французького соціаліста-утопіста А. Сен-Симона на початку XIX ст. Концепцію ж індустріального суспільства, яка приходить на зміну традиційному (доіндустріальному аграрному) суспільству першим висунув французький вчений Ж. Фурастьє в середині XX в. Пізніше ця концепція була розвинена в працях інших учених, зокрема, Р. Арона, який акцентував увагу на тому, що якщо для аграрного (традиційного) суспільства характерно домінування землеробства і тваринництва, натуральне господарство, існування станів, авторитарний спосіб правління, то індустріального суспільства притаманні панування промислового виробництва, ринок, рівність громадян перед законом і демократія.

Отже, індустріальне суспільство - це такий тип суспільства, для економіки якої характерна завершена індустріалізація, під якою мається на увазі створення великої, технічно розвиненої промисловості і, перш за все, галузей, які виробляють знаряддя і засоби виробництва (галузей важкої промисловості) як основи і провідного сектора економіки країни. Індустріалізація забезпечує перетворення всієї економічної сфери на основі великого промислового виробництва і переважання промислового сектора з розвиненим машинним виробництвом над аграрним сектором.

Разом з тим, формуються відповідні соціальні та політичні громадські структури. Затвердження індустріального технологічного укладу в якості домінуючого в усіх суспільних сферах супроводжується 1) значним скороченням частки зайнятих в сільському господарстві (до 3-5%) і зростанням частки зайнятих в промисловості (до 50-60%), а також в сфері послуг (до 40 -45%); 2) інтенсивної урбанізацією; 3) формуванням національних централізованих держав на основі загальної культури; 4) встановленням політичних прав і свобод; 5) поширенням загальної грамотності і формуванням національних освітніх систем; 6) бурхливим розвитком науки і техніки; 7) зростанням рівня споживання в умовах масового виробництва товарів; зміною структури робочого і вільного часу - формуванням «суспільства споживання» та ін.

Отже для розвиненого індустріального суспільства характерні:

Інтенсивний розвиток промисловості, переважання промислового виробництва над аграрним, виникнення нових галузей промисловості, високий рівень вкладень в розвиток виробництва, встановлення тісного зв'язку науки, техніки і виробництва, зв'язок національних і світових ринків;

Переважання міського населення над сільським, високий рівень соціальної мобільності, руйнування станової структури суспільства;

Закріплення принципу рівності всіх громадян перед законом, формування правової держави, розвинена структура громадянського суспільства;

Раціоналізація духовного життя суспільства, зростання індивідуалізму, визнання автономії особистості як найважливішої соціальної цінності.

Тема 2. Сучасні системи технологій машинобудування

2.1 Сучасні технології механічної та фізико-технічної обробки деталей машин

Використання металів людиною почалося в далекій давнині (більше п'яти тисячоліть до н. Е.). Спочатку знаходили застосування кольорові метали (мідь, сплави міді, золото, срібло, олово, свинець і ін.), Пізніше почали застосовувати чорні - залізо і сплави на його основі.

Тривалий час виробництво металів носило примітивний характер і за обсягом було досить незначним. Однак в кінці XIX в. світова виплавка сталі різко зросла з 0,5 млн. т в 1870 р до 28 млн. т в 1900 р Ще в більшому обсязі зростає металургійна промисловість в XX столітті. Поряд зі збільшенням виплавки стали з'явилася необхідність організувати в великих масштабах отримання міді, цинку, вольфраму, молібдену, алюмінію, магнію, титану, берилію, літію та інших металів.

Металургійне виробництво підрозділяється на дві основні стадії. У першій отримують метал заданого хімічного складу з вихідних матеріалів. У другій стадії металу в пластичному стані надають ту чи іншу необхідну форму при практично незмінному хімічному складі оброблюваного матеріалу.

Для виготовлення окремих деталей і виробу в цілому використовують різні способи обробки металів і інших матеріалів. Найбільш поширені види обробки металів будуть розглянуті нижче

Зварювання

Зварюванням називають технологічний процес отримання нероз'ємних з'єднань з металів (або пластмас), який здійснюється встановленням міжатомних (у пластмас - міжмолекулярних) зв'язків між зварювальних частин виробу при їх місцевому або загальному нагріванні, або пластичній деформації, або при спільній дії цих двох факторів. Між зварювальних частин виробу утворюється зварний шов. Зварювання є однією з поширених технологічних операцій, широко застосовується в машинобудуванні, на транспорті та в будівництві. Пояснюється це значною економією металів в порівнянні з болтовими і заклепувальний сполуками, високою міцністю і низькою вартістю зварних конструкцій.

Залежно від стану металу в зварювальній зоні всі види зварювання можна розділити на дві групи: за способом з'єднання зварювальних частин виробу і по виду використовуваної енергії. У першому випадку розрізняють зварювання плавленням і зварювання тиском. При зварюванні плавленням зварний шов утворюється із загальної зварювальної ванни розплавлених металів з'єднуються частин виробу. При зварюванні тиском, для підвищення пластичності металу в зоні зварювання, що з'єднуються частини виробу нагрівають і здавлюють.

До зварювання плавленням відносяться: дугова, електрошлакове, електронно-променева, лазерна, газова, термітна; до зварювання тиском - контактна, дифузійна, електрозвукова, тертям, вибухом та ін. Електричної дугою можна проводити не тільки дугову зварювання, а й різання металів. Однак що утворюється при цьому поверхню розрізу має нерівності з напливами. Тому електродугову різання зазвичай застосовують. Для оброблення металобрухту та відділення прибутків і літників в деталях, отриманих при лиття в піщано-глинисті форми.

По виду використовуваної енергії зварювання підрозділяють на термічну (зварювання дугова, плазмова, газова та ін.), Термомеханічну (зварювання контактна, дифузійна та ін.) І механічну (зварювання вибухом, тертям, ультразвукова та ін.).

При зварюванні плавленням утворюється литий зварний шов з характерним дендритних будовою. При зварюванні тиском утворюється Шов, що представляє собою зону зрощених кристалітів металу з'єднуються частин виробу. Зону, безпосередньо примикає до зварного шва, називають зоною термічного впливу. Вона має грубозернисту будову і є найбільш механічно слабкою в зварному з'єднанні. Цей дефект можна усунути отжигом.

Найбільш поширені види зварних з'єднань - стикові, внахлестку, кутові і таврові. При зварюванні внахлестку зварювані елементи виробу накладаються один на одного з перекриттям, рівним 3-5 товщина пластин. При цьому не потрібна підготовка кромки. Кутові і таврові з'єднання також не завжди вимагають підготовки крайок. При стиковому зварюванні характер підготовки крайок залежить від товщини зварювальних елементів.

Пайка

Пайка - це процес отримання нероз'ємних з'єднань в результаті розплавлення припою, змочування їм металу, розтікання припою по поверхні металу і заповнення зазору між сполучаються заготовками (детелями) і, нарешті, затвердіння припою.

На відміну від зварювання при пайку не потрібно розплавлення основного металу, що дозволяє виробляти розпався деталей. Найбільш широко пайку застосовують в електро- і радіотехніці і приладобудуванні. У цих галузях промисловості пайку виробляють для створення механічно міцного, іноді герметичного, шва або для отримання постійного (нековзного або розривного) електричного контакту з невеликим перехідним опором.

Ливарне виробництво

Ливарним виробництвом називають процес одержання литих заготовок, званих виливки, шляхом заливання розплавленого металу в робочу порожнину ливарної форми. Отримані виливки набувають конфігурацію і розміри робочої порожнини

Лиття є найбільш простим і дешевим промисловим способом отримання заготовок, в тому числі мають складну геометричну форму.

Всі види лиття, що застосовуються в промисловості, можна розділити за матеріалом, ливарній формі, способу заливки металу в форму, необхідних точності розмірів і шорсткості поверхні виливків і за іншими ознаками. Розглянемо дві основні групи лиття: лиття в піщано-глинисті форми та спеціальні види лиття.

Лиття в піщано-глинисті форми. Для виготовлення ливарної форми служить формувальна суміш, що представляє собою багатокомпонентну систему, склад якої визначається типом і масою відливання і природою металу. Основними компонентами формувальної суміші є кварцовий пісок і формувальні глина.

Глина є сполучною і при оптимальному вмісті води (4-5%) надає формувальній суміші необхідну міцність і пластичність. Пісок збільшує пористість і, отже, газопроникність формувальної суміші. Крім того, в формувальну суміш вводять протипригарні добавки (кам'яновугільну пил, графіт), захисні присадочні матеріали (борну кислоту, сірчаний колір) та інші інгредієнти. Для виготовлення стрижнів використовують стрижневі суміші, що складаються з кварцового піску і самотвердіючі неорганічних (рідке скло з добавкою 10% розчину NaOH) або органічних (фенолформальдегідная або карбамідофурановая смоли) зв'язуючих.

Спеціальні види лиття. До спеціальних видів лиття відносяться: лиття в оболонкові форми, лиття по виплавлених моделях, лиття в металеві форми, лиття під тиском і відцентрове лиття. Ці методи дозволяють одержувати виливки підвищеної геометричній точності, з малою шорсткістю поверхні, мінімальним припуском на механічну обробку або що виключає її повністю і мають високу продуктивність.

Відцентрове лиття - це лиття в швидкообертіві ливарні форми: металеві, піщані, оболонкові, по виплавлених моделях. Під дією відцентрових сил розплавлений метал відтісняється до зовнішньої поверхні форми, де твердне рівним шаром. Легкі домішки і гази відтісняються до внутрішньої поверхні виливки. В результаті цих процесів метал в литві ущільнюється і її механічні властивості поліпшуються. Цим методом отримують водопровідні та каналізаційні труби, колеса, шківни, зубчасті колеса і т.п. Переваги ті ж, що і при литті в кокіль, однак якість внутрішньої поверхні з причин, викладених вище, гірше, ніж зовнішньої

Обробка металів тиском

Обробка металів тиском основана на їх пластичній деформації під дією зовнішніх сил, наслідком якої металева заготовка отримує задану форму і розміри. В ході пластичної деформації зерна змельчаються, структура метала в цілому покращується і, як наслідок, покращується механічні властивості.

Основними видами ОМД є: прокатка, пресування, волочіння, кування, об'ємна і листове штампування.

Прокатка полягає в пластичній деформації металу в результаті обтиску заготовки між двома обертовими валками. Сили тертя P_w втягують заготівлю між валками, і під дією сил P , нормальних до поверхні валків, зменшується товщина заготовки. Мета прокатки - одержання продукції різноманітної форми і різними розмірами поперечного перерізу.

Форму поперечного перерізу прокатої продукції називають профілем. Перелік різних профілів, які мають різні геометричні розміри, становить сортамент прокату. Сортамент прокочуються профілів поділяють на наступні п'ять основних груп: сортовий прокат, листовий, трубний, спеціальний і періодичний.

Пресування - це технологічна операція, яка полягає в продавлюванні заготовки, що знаходиться в формі, через отвір матриці за допомогою давить пуансона. Форма і розміри поперечного перерізу одержуваного профілю відповідають формі і розмірам отвори матриці. Чим вище температура металу, тим легше протікає процес пресування. Цим методом отримують прутки, труби та інші вироби більш складних профілів.

Волочіння. Процес волочіння складається з протягування заготовки через звужується отвір матриці (волочильний дошки). В результаті площа поперечного перерізу заготовки зменшується, і вона набуває профіль і розміри отвору (вічка) волочильний дошки; довжина заготовки при цьому збільшується.

Сортамент виробів, що виготовляються волочінням, різноманітний: дріт діаметром 0,002-10 мм і різні фасонні профілі. Для отримання сталевих дроту діаметром до 0,5 мм використовують волочильні дошки зі вставними очима (фільерами) з твердих сплавів, а для отримання тонкої мідної або вольфрамової дроту діаметром до 0,25 мм - алмазні отвори. Волочіння застосовують також для калібрування прутків різного профілю. Отримані вироби мають точні розміри і гладку поверхню.

Вільна кування. Розрізняють ковку вільну і в штампах (штампування). При вільному куванні заготівля не обмежується стінками спеціальних форм (штампів), і формоутворення відбувається вільно в просторі між бойками молота шляхом пластичної деформації металу заготовки. Цей процес і якість поковки багато в чому залежать від мистецтва оператора-коваля. Вільна кування ділиться на ручну і машинну.

Штампування - це процес отримання поковок, що полягає у пластичній деформації металу в закритій порожнини спеціальної форми, званої штампом. Форма і розміри порожнини штампа відповідають формі і розмірам майбутньої деталі з урахуванням припуску на механічну обробку, якщо така передбачена. Зазвичай штамповані поковки механічно обробляють тільки в місцях сполучення з іншими деталями: ця обробка може зводитися тільки до шліфування. Штамп - це

дорогий інструмент і придатний для виготовлення тільки якоїсь однієї, конкретної деталі. Тому штампування використовують тільки при масовому виготовленні поковок. Розрізняють штампування об'ємну і листову.

Обробка металів різанням

Обробка металів різанням полягає в знятті з поверхні заготовки шару металу, званого припуском, з метою отримання виробу необхідних геометричної форми, розмірів і шорсткості поверхонь. Зрізання припуску виробляють за допомогою ріжучого інструменту

У більшості випадків вироби, одержані литтям, прокаткою, куванням, штампуванням, зварюванням та іншими методами, піддають обробці різанням. Видаляється при цьому припуск перетворюється в стружку, яка є характерною ознакою всіх процесів обробки металів різанням (ОМР). ОМР буває механічною, коли припуск зрізають на металорізальних стінках, і слюсарної, коли припуск видаляють вручну за допомогою відповідного слюсарного інструменту. ОМР застосовують і як самостійний спосіб виготовлення деталей.

Основними видами механічної ОМР є: гостріння; стругання; довбання; свердління (зенкування, розгортання і зенкування); фрезерування і шліфування, - вироблені на металорізальних стінках відповідної групи. Верстати розрізняють токарної групи, стругальний та довбальної, свердлильної і розточної, фрезерної, шліфувальної та ін. При ОМР використовують різний ріжучий інструмент: різці, свердла, зенкера, розгортки, фрези, які мають спеціально заточену ріжучу частину, а також застосовують шліфувальні абразивні кола, зерна яких мають гострими гранями і кутами. Ріжучий інструмент виготовляють з матеріалу підвищеною твердістю, міцністю, термо- і зносостійкості, різних форм і розмірів.

Довбання. Ця операція є різновидом стругання і проводиться на довбальних верстатах. На них головний вид руху v (зворотно-поступальний) здійснює різець у вертикальній площині, а рух подачі s - заготівля в горизонтальній площині. Довбання застосовують для отримання канавок, плоских і фасонних поверхонь невеликої висоти, але значних поперечних розмірів.

Свердління. При свердлінні (зенкеруванні, розгортанні) зазвичай головний рух v і рух подачі s повідомляють ріжучого інструменту. При свердлінні головний рух повідомляють заготівлі. Свердління застосовують для отримання наскрізних і глухих циліндричних отворів. Зенкування - для збільшення діаметра отвору, попередньо отриманого литтям, штампуванням або свердлінням, і надання йому більш правильної геометричної форми, досягнення найменшої шорсткості поверхні, ніж при свердлінні або розсвердлюванні. Розгортання забезпечує отримання отворів з високою точністю розмірів і високою якістю поверхні; його застосовують в основному для остаточної обробки отворів. Зенкування - отримання отворів під потайні і напівпотайною головки болтів і заклепок.

Фрезерування. При фрезеруванні головний рух v повідомляється багатолезовий ріжучого інструменту - фрези, а рух подачі s - заготівлі. Існують схеми фрезерування, коли головний рух і рух подачі повідомляють фрези. Фрезерування застосовують при обробці горизонтальних, вертикальних і похилих площин, фасонних поверхонь, пазів і канавок різного профілю, при виготовленні зубчастих коліс. Особливість процесу фрезерування полягає в уривчастості різання кожним зубом фрези. Зуб фрези вступає в контакт із заготівлею і виконує

роботу тільки на деякій частині свого обороту. Потім зуб фрези, продовжуючи рух, не стосується заготівлі до наступного врізання; в цей момент він охолоджується, що подовжує термін служби фрези. Кожен зуб фрези має такі ж елементи і кути, що і токарний різець. Тому фрезу можна розглядати як набір токарних різців.

Шліфування. Процес шліфування застосовують як обробно-доводочних операцію з отриманням розмірів деталей з точністю по 6-7-му квалітетамі і шорсткістю поверхні $RZ = 0,08-0,32$ мкм. Використовують шліфування і як обдирне операцію при очищенні лиття, поковок і т.д. Шліфування - це обробка поверхонь виробу шліфувальними абразивним кругом.

Для обдирного обробки застосовують грубозернисті абразиви, а для чистового шліфування - дрібнозернисті. Використовують абразиви природні - найбільше застосування отримали мінерал корунд і алмаз, і штучні - електрокорунд з різними добавками, карбід кремнію, нітрид бору і ін.

Фізико-хімічні методи обробки металів все більш широко застосовують в машинобудуванні та металообробці при виготовленні виробів з матеріалів, які неможливо обробляти звичайними механічними способами. До цих методів відносять електроіскровий, електроімпульсний, електроконтактний і анодно-механічний. Обробка металу при цих способах заснована на явищі місцевого руйнування металу під дією електричної енергії, яка вводиться безпосередньо в зону обробки. Електроіскрова обробка металу заснована на використанні короткочасних іскрових розрядів, що утворюються між заготівлею (анодом) і інструментом (катодом) при підключенні до джерела живлення. При зближенні їх на відстань близько 0,05 мм при напрузі 220 В і ємності 200-500 мкФ утворюється інтенсивний електричний потік. У місці пробую виникає температура від 6000 до 50 000 ° С. Відбувається руйнування опалювальному і частковим випаровуванням металу - електрична ерозія. Щоб частки металу, вирвані розрядом з електрода-вироби, не потрапляли на електрод інструмент і не спотворювали його форму, процес обробки ведуть в струмонепровідними середовищі (гасі, мінеральному маслі). Електрод-інструмент виготовляють з міді, алюмінію або вуглеграфітної маси. При імпульсах 104-108 з отримують 6-8-й класи шорсткості поверхні. Сучасні верстати для електроіскрової обробки дозволяють обробляти отвори діаметром до 0,15 мм з точністю до 0,01 мм.

Електроіскрову обробку використовують для отримання отворів в твердих сплавах, при виготовленні штампів, прес-форм, волочильних очок, вузьких щілин, при обробці інструментів, для вилучення з отворів зламаних свердел, мітчиків і інших робіт.

Сучасні технології використовуються в машинобудуванні поступово впроваджуються і у виробництві будівельних матеріалів. Венеціанська штукатурка, технологія виробництва даної штукатурки заслуговує окремої публікації. При електроімпульсній обробці між інструментом (анодом) і заготівлею (катодом), розташованими один від одного на відстані 0,1-0,12 мм, відбуваються імпульсні дугові електричні розряди. За рахунок тепла, що виділяється відбувається оплавлення металу. Розплавлений метал розпорошується в рідкому діелектрику (мінеральне масло) і твердне у вигляді дрібних кульок.

Плавлення відбувається переважно на заготівлі. Електроімпульсна обробка ведеться при напрузі 10-12, 24, 26 В і струмі 50-200 А. Обробка металів з частотою струму до 25 000 і / с дозволяє отримати поверхні 5-6-го класів шорсткості.

Застосовують електроімпульсну обробку для прошивки отворів, об'ємного копіювання, при обробці ріжучого інструменту з твердих сплавів.

Електроконтактна обробка металів відбувається під дією електродугових розрядів при швидко-переміщається інструменті щодо оброблюваної заготовки без застосування електроліту. У місцях зіткнення інструменту з заготівлею за рахунок значного контактного опору відбуваються розігрів і оплавлення поверхні заготовки. Інструмент, що переміщається зі швидкістю 30-80 м / с, видаляє частинки розплавленого металу. Електроконтактні обробку застосовують для різання заготовок диском, заточування інструментів, плоского шліфування, обробки круглих заготовок, прошивки отворів і т. п.

Анодно-механічна обробка струмопровідних матеріалів заснована на електрохімічному і електротермічному руйнуванні оброблюваного металу. При цьому методі інструмент є катодом, а заготовка - анодом. Зазор між ними заповнюють електролітом (водний розчин силікатів натрію) і пропускають постійний струм. На оброблюваній поверхні заготовки постає не проводить електричний струм плівка, яка знімається, що переміщається або обертовим інструментом. Це забезпечує безперервне електромеханічне руйнування металу. Крім того, між інструментом і заготівлею на малих ділянках виникають короткочасні дугові розряди, розігрівають і плавкими ділянки металу. Отже, при анодно-механічної обробки відбувається спрямоване руйнування металу шляхом спільного електрохімічного і електротермічного дії струму на оброблювану заготовку. При цьому методі обробки можна досягати 8-10-го класів шорсткості поверхні. Для розрізання заготовки використовують диски товщиною 1-2 мм з міді або м'якої сталі. Використовують анодно-механічну обробку, крім розрізання, для обробки робочих порожнин штампів, матриць, прошивки отворів і т. Д.

2.2 Сучасні технології заготівельного виробництва

Всі види і марки матеріалів, що входять до складу готового машинобудівного виробу, перш ніж перетворитися на нього, зазнають в ході виробничого процесу ряд послідовних структурних і параметричних перетворень. У загальному випадку схема перетворення вихідних матеріалів у готовий виріб показана на рис. 1



Рис. 1 - Схема перевтілення конструкційних матеріалів в вироби машинобудування

Процеси Отримання заготовок тісно пов'язані з подальшою розмірною обробкою. Трудомісткість останньої у Великій мірі Залежить від точності Виконання заготовок та Наближення їх конфігурації до конфігурації готових деталей. Тому технологія машинобудування розвивається в напрямку комплексного процесу виготовлення деталей, що Включає Отримання заготовки і подальшу розмірну обробку. Максимальна Наближення геометричності форм і Розмірів заготовки до Розмірів і форми готової деталі - головне завдання заготівельного виробництва.

Визначення Поняття деталі і складальної одиниці Було дано в гл. 2. Доповнімо їх Поняття напівфабрикату і заготовки.

Напівфабрикат - конструкційний матеріал, що пройшов одну або кілька стадій ОБРОБКИ (лист, труба, прутки, Профіль і т.п.), призначення для виготовлення заготовок і деталей. Напівфабрикат є проміжною ланкою в ланцюжку від матеріалів, до готової продукції.

Заготівля - предмет виробництва, з якого зміною форми, Розмірів, властивостей поверхні або матеріалу виготовляють елементи конструкції виробу. До заготівель деталей відносять: відливки, штампування, прокатку, ковку та ін.

До заготівельних процесів перевтілення напівфабрикатів у заготовки відносять: розрізку, рубку, правку і т.п.

Виправлення - операція, пов'язана з Усуненням або Зменшення місцевих і загально деформацій заготовки. Виправлення прокату передують його різанню на мірні заготовки, Які в деяких випадках теж піддаються правці. Правки зменшуються припуском на Наступний механічну обробку заготовки. Її виконують на правильних валках, пресах, правильно-розтяжних машинах, правильно-калібрувальних верстатах й ін.

Різання заготовок з прокату зазвичай проводять по упору на стрічкопилкових верстатах, відрізних ножівкових верстатах, дискових пилах та ін.

У дану годину середня трудомісткість заготівельних робіт у машинобудуванні становить 40-45% Загальної трудомісткості виробництва виробів машинобудування. Головна тенденція у розвитку заготівельного виробництва Полягає в зниженні трудомісткості механічної обробки при

виготовленні деталей машин за рахунок Підвищення точності їх форми і розмірів.

Вибір раціонального виду заготовок (матеріалу, способу виготовлення, конструктивної форми) - один з найважливіших факторів боротьбу за економна витрачання машинобудівних матеріалів і зниження собівартості деталей. Він визначається функціональними вимогами до деталі, характером виробництва, Економічною доцільністю. Існує універсальна технологічна класифікація методів виготовлення заготовок і деталей, що дозволяє в Першому наближенні почату вибір. Виходячи з конструктивних форм, габаритних Розмірів, марки матеріалу і необхідної кількості випуску деталей в одиницю часу визначаються метод отримання заготовки. При цьому ґрунтуються тільки на технологічних властивостях даного матеріалу, таких як можливість лиття, штампуємість, пресуємість, зварюваність, оброблюваність різанням. Вибір методу Отримання заготовки схематично представлено на рис.2.

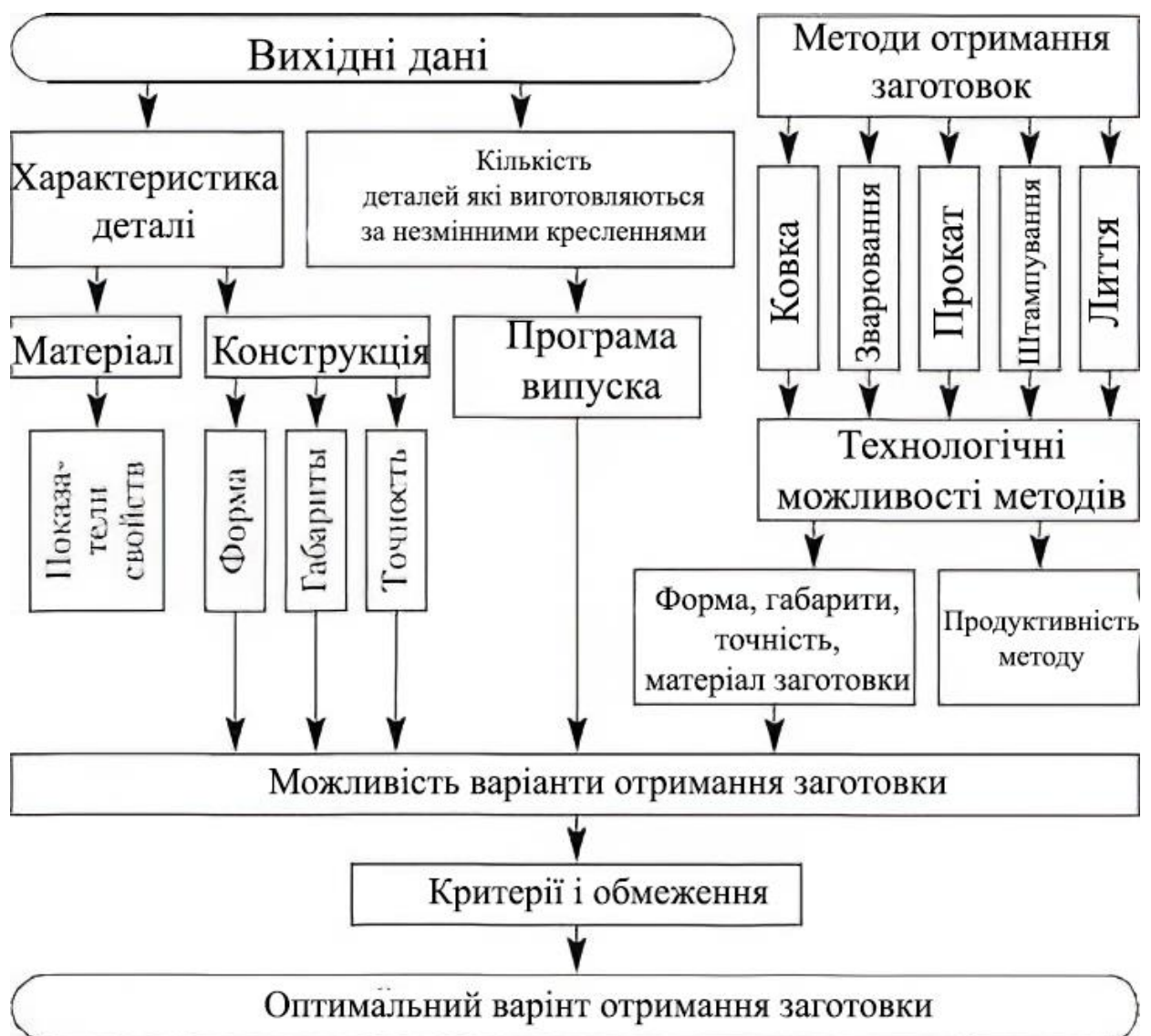


Рис. 2 - Схема вибору методу отримання заготовки

У процесі виготовлення заготовок і деталей застосовують різні види енергії: механічну, теплову, акустичну, електричну, магнітну, світлову, хімічну,

радіаційну та ін. І їх поєднання: електромагнітну, електротермічну, електрохімічну; термомеханічну та ін.

Використовувані енергетичні поля поділяють на стаціонарні та нестаціонарні, хвильові, імпульсні і т.п.

Тема 3. Створення ресурсозберігаючих та безвідхідних технологій в машинобудуванні

3.1 Модель технологічного процесу виготовлення деталі

Розробка технологічного процесу виготовлення деталі включає в себе:

- Аналіз робочого креслення деталі, умов виробництва.
- Визначення програми випуску, встановлення типу виробництва.
- Вибір виду заготовки. Призначення припусків.
- Встановлення плану і методів механічної обробки.
- Розробку операцій (вибір верстатного устаткування, пристосувань, ріжучого і вимірювального інструмента, призначення режиму різання для кожного переходу, визначення норми часу).

- Оформлення документації технологічного процесу.

Аналіз робочого креслення деталі. умов виробництва

Основними вихідними матеріалами для розробки технологічного процесу виготовлення деталі є робоче креслення самої деталі, виробнича програма її випуску і відомості про готівковому обладнанні в майстерні підприємства або цехах ремонтного заводу.

Робоче креслення деталі повинен містити повні дані про матеріал і термообробці, шорсткості поверхонь і всі необхідні розміри.

При аналізі робочого креслення деталі, перш за все, потрібно встановити найбільш точні поверхні і розміри, забезпечення заданої точності яких представляє найбільшу складність і важливість. Вирішальний вплив на перелік і послідовність операцій може надати твердість деталі, зазначена на кресленні.

При порівняно невисокій твердості ($HB \leq 350$) необхідну за кресленням точність і шорсткість в більшості випадків можна забезпечити обробкою різцем, фрезою, протяжкой і рядків, тобто лезового інструментами. При більшій твердості робочих поверхонь ($HB \geq 350$, $HRC \geq 35$) токарні, фрезерні або інші операції проводяться до остаточної термообробки (гарту з відпусткою), після чого потрібні оздоблювальні операції: шліфування, полірування, доведення, і ін.

Програма випуску, встановлення типу виробництва

Раціональний технологічний процес виготовлення деталі неможливо розробити без попереднього з'ясування програми випуску, яка визначає тип проєктованого виробництва (індивідуальне, серійне).

Програма випуску (перелік і кількість деталей на планований період часу) визначається за обсягом випуску, який приводиться в завданні або задається викладачем.

Вибір виду заготовки. призначення припусків

Важливим питанням при проєктуванні процесу виготовлення деталі є вибір найбільш раціональної заготівлі. Від даного вибору, тобто встановлення методу

отримання заготовки, її форми, величини припусків, напусків і ін. залежать обсяг подальшої механічної обробки і вартість виготовлення деталі в цілому.

При розробці креслення заготовки важливо правильно призначити загальний припуск на обробку, який являє собою суму всіх операційних припусків. Припуск, з одного боку, повинен бути достатнім, щоб забезпечити отримання деталі з заданими розмірами і якістю поверхні, а з іншого - має бути мінімальним з метою економії матеріалу і зменшення обсягу механічної обробки.

Величина припуску залежить від товщини дефектного шару заготовки (окаліни, обезуглероженого шару у поковок і штамповок, "корки" у виливків), від погрешностей форми і розмірів заготовки, від способу установки деталі при обробці і розмірів оброблюваних поверхонь.

Докладні рекомендації по вибору заготовок і призначенням загальних і операційних пропусків викладені в спеціальній літературі.

При виготовленні деталей з круглого прокату, діаметр якого перевищує діаметр отвору шпинделя верстата, заготовки для деталей попередньо відрізаються на відрізних верстатах: дискових, ножівкових, гільйотинних і ін.

При цьому, призначаючи довжину заготовки, слід прагнути виключити відходи (зазвичай це частини заготовки, службовці для закріплення в патроні), що досягається обробкою з різних установок, на центрах, застосуванням спеціальних оправок і ін. В цьому випадку довжина заготовки ненабагато перевищує довжину деталі, причому нерідко - лише на величину припусків на підрізання торців: по 1 ... 3 мм на сторону.

При діаметрі прутка, меншому діаметру отвору шпинделя, деталі виготовляються безпосередньо з прутка (заготівельної операції, як і заготовки, як такої, немає), найбільша довжина якого визначається довжиною шпинделя, патрона і допустимими величинами виступаючих кінців прутка.

3.2 Характеристики ефективного використання матеріальних ресурсів

Оцінка ефективності використання матеріальних ресурсів здійснюється за допомогою різних показників і їх систем. До числа основних показників ефективності використання матеріальних витрат відносять матеріаломісткість, матеріаловіддача, відносну економію матеріалів у виробництві, коефіцієнт використання матеріалів, коефіцієнт розкрою матеріалів і т.д.

Матеріаломісткість розраховується як відношення вартості витрачених на виробництво матеріалів до вартості продукції, характеризує частку матеріалів, що припадає на одну гривню продукції, вимірюється в копійках.

Матеріаловіддача - це відношення вартості продукції до вартості витрачених матеріалів, характеризує частку продукції, що припадає на один рубль вартості матеріалів.

Відносна економія матеріальних витрат являє собою різницю між вартістю матеріалів в звітному періоді і вартістю матеріалів базисного періоду, перераховану на зміну обсягу виробництва і реалізації.

Коефіцієнт використання матеріалів розраховується як відношення чистої маси матеріалів до норми витрати. Визначається за окремими видами продукції, робіт або послуг.

Коефіцієнт розкрою матеріалу вказує, наскільки раціонально здійснений розкрій вихідного матеріалу, визначається відношенням суми мас (обсягів, площ або довжин) всіх заготовок, викроювати з вихідного матеріалу, на масу (об'єм, площі або довжини) вихідного матеріалу.

Найбільшого поширення набули показники, в розрахунку яких використовується сума матеріальних витрат, а не матеріальних ресурсів. Це обумовлено тим, що в процесі споживання матеріальних ресурсів відбувається їх трансформація в матеріальні витрати, тобто вартість витрачених матеріальних ресурсів виражається матеріальними витратами, і рівень їх витрачання у виробництві - показниками, обчисленими виходячи з суми матеріальних витрат.

Для характеристики ефективності використання матеріальних ресурсів рекомендується застосовувати систему узагальнюючих і приватних показників.

До узагальнюючих показників відносяться матеріаловіддача, матеріалоемність продукції, коефіцієнт співвідношень темпів зростання обсягу виробництва і матеріальних витрат, питома вага матеріальних витрат у собівартості продукції, коефіцієнт використання матеріалів, відносна економія матеріальних витрат.

Матеріаловіддача визначається діленням вартості виробленої продукції на суму матеріальних витрат. Цей показник, зворотний показнику матеріалоемності, і характеризує віддачу матеріалів, тобто скільки вироблено продукції з кожної гривні спожитих матеріальних ресурсів.

Матеріаломісткість продукції розраховується відношенням суми матеріальних витрат до вартості виробленої продукції. Вона показує, скільки матеріальних витрат необхідно зробити або фактично доводиться на виробництво одиниці продукції.

Коефіцієнт співвідношення темпів зростання обсягу виробництва і матеріальних витрат визначається відношенням індексу товарної продукції до індексу матеріальних витрат. Від характеризує у відносному вираженні динаміку матеріаловіддачі і одночасно розкриває чинники її зростання.

Питома вага матеріальних витрат у собівартості продукції обчислюється відношенням суми матеріальних витрат до повної собівартості виробленої продукції. Динаміка цього показника характеризує зміну матеріалоемності продукції.

Коефіцієнт матеріальних витрат являє собою відношення фактичної суми матеріальних витрат до планової, перерахованої на фактичний обсяг випущеної продукції. Він показує, наскільки економно використовуються матеріали в процесі виробництва, чи немає перевитрати в порівнянні з встановленими нормами. Якщо цей коефіцієнт більше 1, то це свідчить про перевитрату матеріальних ресурсів на виробництво продукції, і навпаки, якщо менше 1, то матеріальні ресурси використовувалися більш економно.

Відносна економія матеріальних витрат розраховується як різниця фактичної суми матеріальних витрат і базисної, перерахованої на темп приросту обсягу продукції.

Застосування узагальнюючих показників в аналізі дозволяє отримати лише загальне уявлення про рівень ефективності використання матеріальних ресурсів та резервах його підвищення. Більш конкретну інформацію забезпечує аналіз

окремих показників. Приватні показники використовуються для характеристики ефективності споживання окремих елементів матеріальних ресурсів (основних, допоміжних матеріалів, палива, енергії та ін.), а також встановлення зниження матеріаломісткості окремих виробів (питомої матеріалоемності).

Залежно від специфіки виробництва приватними показниками можуть бути: металоємність, паливомісткість, енергоємність, а також для характеристики рівня матеріалоемності окремих виробів (відношення вартості всіх спожитих матеріалів на одиницю продукції до її оптової ціни).

Питома матеріаломісткість може бути обчислена як у вартісному вираженні, так і в натуральному або умовно-натуральному вираженні (відношення кількості або маси витрачених матеріальних ресурсів на виробництво і-го виду продукції до кількості випущеної продукції цього виду).

У процесі аналізу фактичний рівень показників ефективності використання матеріалів порівнюють з базовим, вивчають їх динаміку і причини зміни, а також їх вплив на обсяг виробництва і собівартість продукції.

В економічній літературі рекомендується декілька методик аналізу показника матеріаломісткості. Для більш повного аналізу ефективності використання матеріальних ресурсів аналіз проводиться по узагальнюючим, а також приватним показникам матеріаломісткості.

До приватним показниками ефективності використання матеріальних ресурсів відноситься питома матеріаломісткість. Питома матеріаломісткість і випуск продукції знаходяться під впливом внутрішніх і зовнішніх факторів, що залежать і не залежать від діяльності організації. Внутрішні чинники слід розглядати з двох позицій: характеризують рівень прогресивності застосовуваних конструкторських рішень (спрощення конструкцій, скорочення кількості деталей, виготовлення з більш дешевих і ін.) і відображають прогресивність технологічного використання матеріалів, покупних напівфабрикатів, максимального використання відходів, ліквідація шлюбу і т.д.

До зовнішніх факторів слід віднести зміна цін на споживані сировину і матеріали, паливо, енергію; невиконання постачальниками зобов'язань, якості що поставляється ними вихідної сировини.

Аналіз цього показника дозволяє виявити вплив вартості витрачених матеріалів на одиницю продукції і рівень відпускних цін.

Завершальним етапом аналізу ефективності використання матеріальних ресурсів є рекомендації щодо зниження норм витрат матеріалів і матеріальних витрат, не використаних у звітному році, а також щодо впровадження в виробничий процес комплексу організаційно-технічних заходів, що дозволяють скоротити відходи і втрати і в кінцевому рахунку економію матеріальних ресурсів і додатковий випуск продукції

Тема 4. Основні поняття та визначення технологій машинобудування.

4.1 Загальні поняття про технологію машинобудування

Виробом в машинобудуванні називається будь-який предмет виробництва, підлягає виготовленню на підприємстві. Виробом може бути машина, її елементи в зборі і навіть окрема деталь в залежності від того, що є продуктом кінцевої стадії

даного виробництва. Наприклад, для автомобільного заводу виробом є автомобіль, для карбюраторного заводу - карбюратор, для автоматичного заводу поршнів - поршень.

Деталь цей виріб (складова частина виробу), виготовленого з однорідного по найменуванню і марці матеріалу без застосування складальних операцій. Характерна ознака деталі - відсутність в ній роз'ємних та нероз'ємних з'єднань. Деталь - це первинний складальний елемент кожної машини.

Складальна одиниця це виріб, складові частини якого підлягають з'єднанню. Характерною ознакою складової частини виробу з технологічної точки зору є можливість її збірки відокремлено від інших елементів виробу. Складова частина залежно від конструкції може складатися або з окремих деталей, або з складових частин вищих порядків і деталей. Розрізняють складові частини першого, другого і більш високих порядків. Складова частина першого порядку входить безпосередньо в складову частину виробу. Вона складається або з окремих деталей, або з однієї або декількох складових частин другого порядку і деталей. Складова частина другого порядку входить в складову частину першого порядку. Вона розчленовується на деталі або на складові частини третього порядку і деталі і т.д., складова частина найвищого порядку розчленовується тільки на деталі. Розглянутий розподіл виробу на складові частини здійснюється за технологічною ознакою.

Існує інший поділ, коли виріб розчленовується на складові частини за функціональною ознакою. До них можна, наприклад, віднести механізм газорозподілу двигуна, систему його змащення або охолодження. Ці складові частини виробу не є складальними з технологічної точки зору, так як їх в більшості випадків не можна відокремлено і повністю зібрати окремо від інших елементів виробу.

У сучасному машинобудуванні збірка розчленовується на загальну і вузлову. Об'єктом загальної збірки є виріб, об'єктом вузлової зборки є його складові частини. Побудова процесів загальної і вузлової зборки може бути представлено за допомогою технологічних схем. Ці схеми відображають структуру і послідовність комплектування виробів та його складових частин.

У сучасному машинобудуванні збірка розчленовується на Загальну і Вузловий. Об'єктом Загальної Збірки є виріб, об'єктом вузлової зборки є його складові частини. Побудова процесів Загальної и вузлової зборки може бути представлено з допомогою технологічних схем. Ці схеми відображають структуру і послідовність комплектування виробів та його складових частин.

Елемент, з якого починається збірка виробу (його складової частини), називається базовим. За його номеру ставиться числовий індекс складової частини, в яку він входить

Процес загальної збірки зображують на схемі горизонтальною лінією. Її проводять у напрямку від базового елемента виробу до зібраного об'єкта. Зверху розташовують в порядку послідовності складання умовні позначення всіх безпосередньо входять у виріб деталей, а знизу всіх безпосередньо входять у виріб складових частин. На технологічних схемах вузлової зборки ці складові частини розчленовуються на складові частини вищих порядків, а в окремих випадках тільки на деталі.

Технологічні схеми складання постачають написами-виносками, що пояснюють характер складальних з'єднань і виконується при складанні контроль (запресовування, клепка, пайка, регулювання, вивірка, перевірка зазорів і ін.), Коли вони не ясні з схеми. Окремі сполуки піддаються за умовами загальної збірки часткової або повної розбиранні при їх остаточної установки в збирається машину.

Наприклад, поршень з шатуном в зборі попередньо збирають і перевіряють на контрольному пристосуванні, а при зборі машини (в даному випадку компресора) кришку шатуна знімають для з'єднання його з шатунною шийкою колінчастого вала. Цей вид додаткових робіт також відбивається пояснювальній написом на технологічній схемі загального складання.

Технологічні схеми спрощують проектування процесів складання і дозволяють оцінити конструкцію виробу з точки зору технолога. Краща та конструкція виробу, при якій можлива його збірка з попередньо зібраних взаємозамінних складових частин; в цьому випадку вони встановлюються на збіране виріб після технічного контролю якості їх складання. Це дозволяє швидше виявити дефекти загального складання, які в цьому випадку слід шукати в з'єднаннях складових частин, а не всередині їх.

Крім того, конструкція виробу, складання якого можна виробляти з попередньо зібраних складових частин, дозволяє виконувати складальні роботи шляхом паралельної збірки складових частин і виробу, що скорочує тривалість циклу складання. Технологічні схеми складання відображають ступінь дотримання перерахованих умов вузлової зборки; при побудові технологічних схем можна виявити також можливі конструктивні непогодженості виробу, що збирається.

Можливі варіанти технологічних схем загальної і вузлової зборки одного і того ж виробу, які відрізняються структурою і послідовністю комплектування складальних інструментів. Варіант схеми вибирають з урахуванням зручностей виконання процесів складання і контролю. Обраний варіант технологічного процесу складання, зафіксованої складеною схемою, повинен забезпечувати задану кількість виробів і бути найбільш рентабельним і продуктивним для даних умов виробництва (одиночного, серійного, масового). При створенні нових машин потрібно передбачити їх загальну збірку з попередньо зібраних і перевірених складових частин (принцип вузлової зборки), що забезпечує переваги не тільки при їх виробництві, але також при обслуговуванні, експлуатації та ремонті.

4.2 Загальні поняття про виробничий та технологічний процеси

Під виробничим процесом розуміється сукупність різноманітних, але пов'язаних між собою процесів праці і природних процесів, що забезпечують перетворення сировини в готовий продукт.

Виробничий процес складається з основних, допоміжних, обслуговуючих та побічних процесів.

До основних відносяться процеси, безпосередньо пов'язані з перетворенням вихідної сировини або матеріалів в готову продукцію (зерна в борошно, цукрових

буряків в цукор). Сукупність цих процесів на підприємстві утворює основне виробництво.

На хлібоприймальних підприємствах, що здійснюють зберігання державних ресурсів зерна, до основних слід відносити також процеси, пов'язані з прийомом, розміщенням і зберіганням зерна.

Призначення допоміжних процесів - технічно обслуговувати основні процеси, надавати їм певні послуги: постачання енергією, виробництво інструменту і пристосувань, виконання ремонтних робіт.

Обслуговуючі процеси здійснюють матеріальне обслуговування основного і допоміжного виробництв. Прийом, розміщення, зберігання сировини, матеріалів, готової продукції, палива, їх транспортуванням від місць зберігання до місць споживання й ін.

Побічні процеси також сприяють перетворенню сировини в готовий продукт. Але ні сировину, але ні отримана продукція не відносяться до основної продукції підприємства. Це переробка і доробка відходів, одержуваних в основному виробництві та ін.

Всі процеси поділяються на стадії, а стадії - на окремі операції.

Стадія виробництва - технологічно закінчена частина виробничого процесу, що характеризується такими змінами предмета праці, які обумовлюють перехід його в інший якісний стан (очищення цукрових буряків, упаковка продукції).

Кожна стадія об'єднує операції, технологічно родинні між собою, або операції певного цільового призначення.

Основним первинною ланкою виробничого процесу є операція.

Виробнича операція - це частина процесу праці або виробництва, що виконується одним або групою робітників на окремому місці, одним і тим же предметом праці, за допомогою одних і тих же засобів праці.

За призначенням всі операції поділяються на три основні види:

1) технологічні (основні) - це операції, в процесі виконання яких в предмет праці (його стан, форму або зовнішній вигляд) вносяться певні зміни (сепарування молока, дроблення зерна і т. Д.);

2) контрольні - це операції, які не вносять ніяких змін в предмет праці, але які б виконання технологічних операцій (зважування і т. П.);

3) переміщують - операції, що змінюють положення предмета праці у виробництві (навантажувальні, розвантажувальні, транспортні)

Контрольні і переміщують операції разом складають групу допоміжних операцій.

За способом виконання (ступеня механізації) виділяють наступні операції:

- машинні - виконуються машинами під наглядом робітників (закочування консервів, очищення молока, подрібнення продуктів);

- машинно-ручні - виконуються машинами при безпосередній участі робітників (вибой борошна, зашивання мішків і т. П.);

- ручні операції - виконуються робітниками без участі машин (подача сировини на транспортери, укладання мішків у штабелі).

Співвідношення різних видів операцій в їх загальній кількості становить структуру виробничого процесу. На різних переробних підприємствах вона неоднакова.

Організацію виробництва в часі будують виходячи з таких принципів:

- ритмічність роботи підприємства і рівномірність випуску продукції;
- пропорційність виробничих підрозділів;
- паралельність (одночасність) виконання операцій і процесів виробництва;
- безперервність виробничих процесів.

Принцип ритмічності передбачає роботу підприємства в запланованому ритмі (час між випуском однакових виробів або двох однакових партій виробів).

Принцип пропорційності виробничих підрозділів передбачає однакову продуктивність їх в одиницю часу.

Принцип паралельності виконання операцій і процесів заснований на одночасному виконанні фаз, етапів або частин виробничого процесу.

Принцип безперервності виробничого процесу передбачає ліквідацію перерв в обробці предметів праці. Безперервність процесу виключає створення запасу на робочих місцях, скорочує незавершене виробництво, що особливо важливо на підприємствах, де сировина та матеріали не можуть зберігатися тривалий час без охолодження, заморожування, консервування (плодоовожеконсервна, молочна, м'ясна промисловості).

Метою організації виробничого процесу в просторі є забезпечення раціонального побудови його в часі.

Найбільша ефективність при організації виробничого процесу в просторі досягається в результаті використання точності, спеціалізації, кооперування і комбінування виробництва.

Прямою точністю виробничого процесу, характеризується тим, що на всіх фазах і операціях виробництва вироби проходять найкоротший шлях. У масштабах підприємства цехи розміщуються на території таким чином, щоб виключити далекі, поворотні, зустрічні та інші нераціональні перевезення. Т. е. Робочі місця та обладнання розташовуються в технологічній послідовності операцій.

Внутризаводська спеціалізація являє собою процес відокремлення цехів і ділянок по випуску окремих видів продукції, її частин або виконання окремих стадій технологічного процесу. На переробних підприємствах застосовується технологічна, предметна і функціональна спеціалізація.

Технологічна спеціалізація виробництва передбачає виділення вузького кола технологічних операцій і виконання операцій в окремих цехах або на виробничих ділянках.

Предметна спеціалізація виробництва передбачає створення окремих ліній з закінченим виробничим циклом з випуску одного або декількох подібних за технологією виготовлення виробів.

Функціональної називається спеціалізація всіх підрозділів виробництва на виконанні однієї або обмеженого кола функцій.

Кооперування виробництва на підприємстві здійснюється організацією спільної роботи його підрозділів з випуску продукції. Принцип кооперування виробництва полягає у використанні послуг одних цехів іншими.

Пошук раціональних форм кооперування призводить в ряді випадків до створення комбінованих виробництв.

Комбінування виробництва передбачає поєднання в одному підприємстві різних виробництв, що представляють собою послідовні ступені обробки сировини або грають допоміжну роль по відношенню один до одного

Змістовний модуль 2. Ефективність застосування технологій в машинобудуванні

Тема 5. Якість машинобудівної продукції.

5.1 Загальні відомості про якість продукції та її оцінку

Якість продукції — це сукупність властивостей продукції, які обумовлюють її придатність задовольнити певні потреби відповідно до призначення.

Якість продукції є основою конкурентоспроможності товару.

Для оцінки якості продукції використовується система показників, які групують на узагальнюючі, комплексні та одиничні.

Для оцінки якості продукції використовується система показників, які групуються на узагальнюючі, комплексні та одиничні.

Узагальнюючі показники характеризують загальний рівень якості продукції: обсяг і частку прогресивних видів виробів у загальному випуску, сортність (марочність), економічний ефект і додаткові витрати, пов'язані з поліпшенням якості.

Комплексні показники характеризують кілька властивостей виробів, включаючи витрати, що пов'язані з розробкою, виробництвом і експлуатацією.

Одиничні показники якості характеризують одну з властивостей продукції (товарів) і класифікуються за такими групами:

Показники призначення, що відображають корисний ефект від використання виробів за призначенням та обумовлюють сферу їх застосування. Для продукції виробничо-технічного призначення основним є показник продуктивності, що показує, який обсяг продукції може бути випущений за допомогою оцінюваної продукції або який обсяг виробничих послуг може бути наданий за визначений проміжок часу. Наприклад, показники: потужність двигуна, швидкість, продуктивність верстата, вантажопідйомність, пробіг шин до їх зносу, відсоток корисної речовини в сировині та ін.

Показники економічності використання сировини, матеріалів, палива, пального та енергії характеризують властивості виробу, що відображають його технічну досконалість за рівнем або ступенем споживання сировини, матеріалів, пального, енергії. До таких показників належать: частка маси виробу (на одиницю основного показника якості); коефіцієнт використання матеріальних ресурсів - відношення корисних витрат до витрат на виробництво одиниці продукції; коефіцієнт корисної дії та ін.

Показники надійності - безвідмовність, збережуваність, ремонтпридатність, довговічність виробу.

Показники технологічності, що характеризують ефективність (економічність) конструкторсько-технологічних рішень для забезпечення високої

продуктивності праці під час виготовлення і ремонту продукції. Саме за допомогою технологічності забезпечуються масовість випуску продукції, раціональний розподіл витрат матеріалів, засобів праці і часу в процесі технологічної підготовки виробництва, виготовлення та експлуатації продукції. До них належать показники блочності та агрегатності конструкцій, що вказують на простоту монтажу виробу, питому трудомісткість, матеріало- і енергоємність, коефіцієнт раціонального використання прогресивних матеріалів у виробі і т. д.

Ергономічні показники, що відображають взаємодію людини з виробом, дають змогу визначати зручність і безпеку експлуатації виробів. Вони характеризують систему «людина - виріб - середовище використання» і враховують комплекс гігієнічних, антропометричних, фізіологічних та психологічних властивостей людини, що виявляються при користуванні виробом. До таких показників можна віднести, наприклад, зусилля, необхідні для керування трактором; розташування ручки в холодильнику; кондиціонер у кабіні баштового крана; освітленість, температуру, вологість, запиленість, шум, вібрацію, випромінювання, концентрацію чадного газу і водяних парів у продуктах горіння, розташування і зручність сидінь, органів керування, раціональність інтер'єру і робочого місця. З їх допомогою вимірюються параметри продукції, що впливають на працездатність людини під час експлуатації виробів.

Естетичні показники характеризують спроможність продукції задовольняти потребу в красі. Вони визначають такі властивості, як зовнішній вигляд, гармонійність, цілісність, інформаційна промовистість, оригінальність, раціональність і краса форм, відповідність середовищу, стилю, моді, досконалість виконання і стабільність товарного виду виробу. З їх допомогою встановлюється художньо-конструкторський рівень виробу. Критерій естетичної оцінки виробу, яку дає експертна комісія, полягає в ранжуванні низки виробів аналогічного класу та призначення, що здійснюється на основі базових оцінок.

Показники стандартизації та уніфікації визначають ступінь використання в продукції стандартизованих складових частин виробу (складальних одиниць, деталей, вузлів), їх уніфікації, а також рівень уніфікації (конструкційної спорідненості) з іншими виробами. Наприклад, відношення стандартизованих та уніфікованих частин виробу до загальної кількості частин у виробі, коефіцієнти повторюваності, застосовності за типорозмірами і складовими продукції. Усі деталі виробу поділяються на стандартні, уніфіковані й оригінальні. Чим менше оригінальних виробів, тим краще; це важливо як для виготовлювача продукції, так і для споживача.

Патентно-правові показники характеризують патентний захист і патентну чистоту продукції та є істотним чинником у визначенні конкурентоспроможності. Визначаючи патентно-правові показники, варто враховувати наявність у виробках нових технічних рішень, рішень, захищених патентами в країні, наявність реєстрації промислового зразка і товарного знака як у країні-виробнику, так і в країнах експорту. Основними показниками є такі: патентного захисту, патентної чистоти і територіального поширення.

Показники транспортабельності визначають пристосованість продукції до перевезень. До них належать середня тривалість і вартість підготовки до

перевезень, вантажно-розвантажувальних робіт, середня матеріаломісткість упакування. Найповніше цей показник оцінюється у вартісному вимірі, що дає змогу одночасно врахувати матеріальні і трудові затрати, кваліфікацію і кількість людей, що зайняті транспортними роботами.

Екологічні показники характеризують рівень шкідливих впливів на навколишнє середовище, які виникають під час експлуатації або споживання продукції. Врахування екологічних показників має обмежити надходження в природне середовище промислових, транспортних і побутових стічних вод та викидів, з метою зниження наявності шкідливих речовин в атмосфері, які не перевищують допустимих концентрацій; забезпечити збереження і раціональне використання біологічних ресурсів і т. д. До екологічних показників належать: наявність шкідливих домішок, можливість викидів шкідливих часток, газів, випромінювань при зберіганні, транспортуванні, експлуатації чи споживанні продукції.

Економічні показники характеризують витрати на розробку, виготовлення, експлуатацію або споживання продукції, економічну ефективність її експлуатації. Основні з них: ціна, прибуток, собівартість, рентабельність, трудомісткість виробу, експлуатаційні витрати, як в абсолютному виразі, так і на одиницю основного показника призначення виробу.

Показники безпеки характеризують особливості продукції, що забезпечують безпеку людини (обслуговуючого персоналу) під час експлуатації або її споживання, монтажу, обслуговування, ремонту, зберігання, транспортування і т. д. Наприклад: імовірність безпечної роботи людини протягом певного часу; час спрацювання захисних пристроїв; електрична надійність високовольтних мереж.

Взаємозамінність - основна властивість сукупності виробів, яка визначає якість продукції і характеризується інтенсивністю, наявністю між елементами виробів з урахуванням їх особливості і специфічності, зовнішніми і внутрішніми проявами.

5.2 Точність обробки деталей машин

Точність обробки деталей

Взаємозамінність деталей.

Випуск велосипедів, мотоциклів, тракторів, автомобілів, електродвигунів, швейних та інших машин здійснюється на заводах такими темпами, коли відлік часу обробки і збірки ведеться не тільки хвилинами, а й секундами. Деталі цих машин повинні бути виготовлені точно за кресленнями та технічними умовами так, щоб при складанні вони підходили одна до іншої без слюсарної підгонки, що скорочує час на складання і здешевлює вартість виробу.

Важливо також, щоб при ремонті машини нова деталь, яка замінює зношену, могла бути встановлена на її місце без підгонки. Деталі, що задовольняють таким вимогам, називаються взаємозамінними. Взаємозамінність - це властивість деталей займати свої місця в вузлах і виробках без попереднього підбору або підгонки по місцю.

Сполучення деталей.

Дві деталі, рухливо або нерухомо з'єднуються один з одним, називають сполучаються. Розміри, за якими відбувається з'єднання цих деталей, називають сполучаються розмірами.

Розміри, за якими не відбувається з'єднання деталей, називають вільними розмірами. Прикладом сполучених розмірів може служити зовнішній діаметр фрезерної оправки і відповідний йому діаметр отвору в насадної фрези, діаметр шийки оправлення і відповідний йому діаметр отвору в підшипнику підвіски.

Прикладом вільних розмірів може служити зовнішній діаметр настановних кілець фрезерної оправки, довжина фрезерної оправки, ширина циліндричної фрези.

Сполучені деталі повинні бути виконані взаємозамінними.

Поняття про точність обробки.

Виготовити партію взаємозамінних деталей абсолютно однакового розміру неможливо, так як на точність обробки впливають неточність і знос верстата, знос фрези, неточності при установці і закріпленні заготовки та інші причини.

Як правило, всі деталі даної партії при обробці мають відхилення від заданих розмірів і форми. Але величини цих відхилень повинні бути призначені таким чином, щоб сполучаються розміри могли забезпечити складання деталей без підгонки, тобто щоб деталі були взаємозамінними.

Конструктори виробів при призначенні величину допустимих відхилень на сполучаються деталі керуються встановленими державою стандартами - ГОСТ. Нижче коротко викладаються основні поняття про допуски і граничні відхилення, що впливають їх ГОСТ 7713-55.

Поняття про допуск і граничні відхилення. Величина допустимих відхилень вказується в кресленнях деталі зі знаками плюс і мінус.

Знак мінус показує, що деталь може бути виготовлена з відхиленням в меншу сторону; знак плюс показує, що деталь може бути виготовлена з відхиленням в більшу сторону.

Наприклад, поставлений в кресленні бруска розмір $10-0,1$ мм показує, що брусок може бути відфрезерованих так, щоб після його обробки його розмір лежав у межах між 10 мм і 9,9 мм. Точно також поставлений в кресленні діаметр паза $10 + 0,2$ мм показує, що паз може бути відфрезерованих так, щоб після обробки його розмір лежав у межах між 10 мм і 10,2 мм.

Поставлений в кресленні розмір $10 + 0,2-0,1$ мм показує, що оброблена деталь буде придатною, якщо її розмір становить не менше 9,9 мм і не більше 10,2 мм, тобто лежить в цих межах.

Номінальним розміром називається основний розрахунковий розмір, від якого виходять при призначенні відхилень. Якщо в кресленні вказано розмір $10 + 0,2 - 0,1$ мм, то розмір 10 мм називається номінальним.

Дійсним розміром називається розмір, отриманий при вимірюванні обробленої деталі. Розміри, між якими може знаходитися дійсний розмір придатної деталі, називаються граничними розмірами. Дійсний розмір деталі з розмірами $10 + 0,2-0,1$ мм може лежати в межах $10 + 0,2 = 10,02$ мм і $10-0,1 = 9,9$ мм. Більший розмір називається найбільшим граничним розміром, а менший - найменшим граничним розміром.

Різниця між найбільшим і найменшим граничними розмірами називається допуском розміру.

Верхнім граничним відхиленням називається різниця між найбільшим граничним розміром і номінальним розміром.

Нижнім граничним відхиленням називається різниця між найменшим граничним розміром і номінальним розміром.

Допуск можна також визначити, як різниця між верхнім і нижнім граничними відхиленнями.

Дійсним відхиленням називається різниця між дійсним і номінальним розмірами.

Зазори і натяг.

Якщо брусок з розмірами грані $10-0,1$ мм посадити в паз з розмірами грані $10 + 0,2 + 0,1$ мм, то в з'єднанні бруска з пазом вийде зазор, і брусок можна буде пересувати уздовж паза. Така посадка (сполучення двох деталей) називається вільною. Найбільший зазор в цьому випадку складе $0,3$ мм, а найменший буде дорівнює $0,1$ мм.

Якщо ж розмір бруска буде $10 + 0,2 + 0,1$ мм, а паза $10-0,1$ мм, то брусок не ввійде вільно в паз і його доведеться вставляти з силою або запресувувати. У поєднанні вийде натяг або негативний зазор, найменша величина якого дорівнює $0,1$ мм. А найбільша $0,3$ мм. Така посадка називається нерухомою, так як брусок не можна буде пересувати уздовж паза.

Таким чином, можна зробити наступні висновки.

Зазором називається позитивна різниця між розміром паза і розміром бруска, що забезпечує свободу їх руху відносно один одного.

Натягом називається негативна різниця між розміром паза і розміром бруска (розмір бруска більше розміру паза), яка після посадки бруска в паз створює нерухоме їх з'єднання.

Посадки.

Посадкою називається характер з'єднання деталей, який визначається різницею між розмірами паза і бруска, що створює більшу або меншу свободу (зазор або натяг) їх відносного переміщення або ступінь опору взаємному переміщенню. Залежно від наявності в сполученні бруска і паза зазору або натягу розрізняють посадки з зазором, з натягом і перехідні.

Посадками з зазором, або вільними, називають такі посадки, при яких забезпечується можливість відносного переміщення сполучених деталей під час роботи. Залежно від величини зазору ступінь відносного переміщення деталей, пов'язаних вільною посадкою, може бути різною. Для обертання шпинделя фрезерного верстата в підшипниках зазор повинен бути меншим і, отже, посадка більш тугий, ніж для посадки кілець на фрезерну оправлення.

Посадками з натягом, або нерухомими, називають посадки, при яких під час роботи не повинно відбуватися переміщення сполучених деталей відносно один одного. Залежно від величини натягу ступінь свободи сполучених деталей нерухомої посадки може бути різною. Так, посадку шийки вала в кільце шарикопідшипника виробляють з меншим натягом, ніж посадку колеса залізничного вагона на шийку осі.

При перехідних посадках можливе отримання, як натягов, так і зазорів. При

найбільшому граничному розмірі бруска і найменшому граничного розміру паза виходить натяг, а при найменшому граничного розміру бруска і найбільшому граничному розмірі паза виходить зазор (в таблицях допусків в графі «натяг» позначений знаком мінус).

Нижче наводяться посадки, що відносяться до розглянутих трьох груп; в дужках даються їх скорочені позначення.

Найбільший натяг виходить при гарячої посадці, менший - при пресових посадках; найменший зазор виходить при ковзної посадці, трохи більший - при посадці руху, майже втричі більший за ходової, потім ще більший при легкоходової і, нарешті, найбільший при щірокоходової посадці.

При глухий, тугий, напруженою і щільною посадках, як зазначалося вище, можливі натяг і зазори в залежності від виходять відхилень розміру.

Класи точності.

Точність виготовлення характеризується величиною допустимих відхилень від заданих розмірів і форми. Для різних машин потрібні деталі з різною точністю обробки. Очевидно, що деталі плуга, дорожнього катка та інших сільськогосподарських і дорожніх машин можуть бути виготовлені менш точно, ніж деталі фрезерного верстата, а деталі фрезерного верстата вимагають меншої точності, ніж деталі вимірнювального приладу. У зв'язку з цим в машинобудуванні деталі різних машин виготовляють за різними класами точності. В СРСР (були) прийняті десять класів точності.

п'ять з них: 1-й, 2-й, 2а, 3-й, 3а - вимагають найбільшої точності обробки;

два інших: 4-й і 5-й - меншою;

три інших: 7-й, 8-й, 9-й - ще меншою.

Застосування класів точності в різних областях

1-й клас точності застосовують при виготовленні особливо точних виробів. Внаслідок дуже малих допусків робота по 1-му класу точності вимагає високої кваліфікації робітника і точного обладнання, пристроїв та інструменту. 2-й і 2а класи точності застосовують найбільш часто. За ним виготовляють відповідальні деталі верстатів, автомобільних, тракторних, авіаційних і електричних двигунів, текстильних та інших машин. Наряду з цим в галузях машинобудування, що випускають зазначені машини, деталі менш відповідальних з'єднань виготовляють по 3-му, 4-му, 5-му і іншим більш грубим класом точності.

3-й і 3а класи точності застосовують головним чином у важкому машинобудуванні при виробництві турбін, парових машин, двигунів внутрішнього згорання, трансмісійних деталей і т. Д.

За 4-м класом точності виготовляють деталі сільськогосподарських машин, паровозів, залізничних вагонів і т. Д.

5-й клас точності застосовують у машинобудуванні для невідповідальних деталей менш точних механізмів.

7-й, 8-й і 9-й класи точності застосовують при виготовленні більш грубих деталей і особливо при заготівельних операціях: лиття, штампування, мідницьким-слюсарних роботах і т. Д.

Вільні розміри деталей виконують зазвичай по 5-му або 7-го класів точності.

Щоб показати, з якою посадкою і по якого класу точності потрібно виготовити деталь, в кресленнях на номінальних сполучених розмірах ставиться буква, що позначає посадку, і цифра, яка відповідає класу точності. Наприклад, С4 означає: змінна посадка 4-го класу точності; ХЗ - ходова посадка 3-го класу точності і т. П. Для посадок 2-го класу точності (особливо широко поширених) цифра 2 не ставиться. Тому, якщо в кресленні на сполучених розмірів поруч з буквою посадки немає цифри, то це означає, що деталь треба виготовити по 2-м класом точності. Наприклад, Л означає легкоходова посадка 2-го класу точності.

Тема 6. Конструкторсько-технологічне забезпечення машинобудівного виробництва

6.1 Поняття про бази та базування заготовок на верстатах

Поняття про базування і бази

Перед початком обробки заготовки її необхідно встановити на столі станка або в пристрої так, щоб вона зайняла визначене положення відносно ріжучого інструмента. Звідси з'явилося поняття «установочна база», «базування», «вимірювальна база» і ін.

Базуванням називається те, що додається заготівці положення, визначуване настановними базами. Настановними базами або базуючими елементами називаються поверхні заготовки, орієнтуючі її при установці на верстаті.

Настановні бази розрізняють попередні, або чорні, проміжні, остаточні, або чисті, а також основні і допоміжні. Попередніми, або чорними, вважаються настановні бази, якими користуються при обробці заготовок на першій операції, тобто беруть необроблені поверхні.

Проміжними настановними базами називаються поверхні заготовки, які піддавалися якій-небудь механічній обробці на проміжних операціях технологічного процесу. Наприклад, при виготовленні циліндрового зубчастого колеса перед операцією простягання отвору виконується його розточування і підрізування торця; торець, що підрізає, і поверхня розточеного отвору будуть проміжною настановною базою.

Остаточними – чистими настановними базами вважаються поверхні заготовки, які піддавалися остаточній обробці і використовуються для установки заготовок при обробці. Основними настановні бази називаються в тому випадку, коли для установки заготівки використовують поверхні, що є невід'ємним елементом конструкції деталі. Наприклад, поверхня отвору і торець шестерні, використовувані при установці заготівки для операції обробки зуба, будуть основними настановними базами

Допоміжними настановні бази називаються тоді, коли поверхні, використовувані для установки заготівки, не мають конструктивного призначення і створюються спеціально для базування заготівки, наприклад центрові гнізда на торцях валу. Вимірювальними базами називаються поверхні, від яких ведеться відлік розмірів, що витримуються.

Складальною базою називається сукупність поверхонь, що визначають положення даної деталі відносно інших в зібраному вузлі або машині. Наприклад, складальною базою циліндрового зубчастого колеса буде поверхня отвору і

торець. Конструкторською базою називається сукупність поверхонь, ліній і крапок, що визначають положення даної Деталі по відношенню до інших деталей виробу. Конструкторська база може бути реальною, якщо вона представляє матеріальну поверхню, і геометричною наприклад вісь отвору

6.2 Проектування заготовок

Заготовка деталі — предмет виробництва, з якого під час подальшої обробки (шляхом зміни форми, розмірів, властивостей поверхні та (чи) матеріалу) виготовляють деталь.

Виготовлення заготовок — один з основних етапів машинобудівного виробництва, який безпосередньо впливає на витрати матеріалів, якість виробів, трудомісткість їхнього виготовлення та собівартість.

Виготовлення деталей завжди починається з виготовлення заготовок. Розробляючи технологію виготовлення машин та приладів, забезпечуючи на практиці їх високу якість та надійність з урахуванням економічних показників, інженер-технолог повинен добре володіти методами проектування та виробництва заготовок.

Види заготовок

Заготовками для виготовлення деталей є:

Виливки (чавунні, сталеві, з кольорових металів);

Кованки;

Штамповки;

Пресовані вироби та профілі;

Металопрокат (круглого, квадратного, прямокутного, шестигранного, періодичного або іншого профілю);

Труби;

Деталі, отримані вирізанням з листового матеріалу, та деталі, отримані холодним штампуванням, у тих випадках, коли вони потребують остаточної обробки на верстатах.

Вибір методу отримання заготовок

У сучасному виробництві одним з основних напрямків розвитку технології механічної обробки є використання чорнових заготовок з економічними конструктивними формами, що забезпечують можливість використання оптимальних способів їх обробки. Тобто, обробки з найбільшою продуктивністю та найменшими відходами. Цей напрямок вимагає безперервного підвищення точності заготовок та наближення їх конструктивних форм та розмірів до готових деталей, що дозволяє відповідно скоротити область використання обробки різанням, обмежуючи її у ряді випадків чистовими, фінішними операціями.

Вибір виду заготовки для подальшої механічної обробки у багатьох випадках є одним з дуже важливих питань розробки процесу виготовлення деталі. Від правильного вибору заготовки, тобто встановлення її форми, розміру припусків на обробку, точності розмірів (допусків) та твердості матеріалу залежить трудомісткість, а у підсумку, й собівартість процесу обробки та виготовлення деталі в цілому. Вид заготовки у більшості випадків визначає

значною мірою подальший процес обробки деталі. Якщо заготовка буде достатньо точно виготовлена з припусками не більшими, ніж це необхідно для обробки, то механічна обробка деталі може бути зведена до мінімальної кількості операцій, мінімальної трудомісткості та собівартості.

Таким чином, при розробці процесу виготовлення деталі можуть бути два принципові напрямки:

а) отримання заготовки, яка найбільше наближається за формою та розмірами до готової деталі, коли на заготівельні цехи припадає значна частка трудомісткості виготовлення деталі, а відносно менша частка припадає на механічні цехи;

б) отримання грубої заготовки з великими припусками, коли на механічні цехи припадає основна частка трудомісткості та собівартості виготовлення деталі.

Залежно від масштабу, і, відповідно, типу виробництва буде правильним той чи інший із розглянутих напрямків, або проміжний між ними.

Перший напрямок відповідає, як правило, масовому та крупносерійному виробництву. Це пов'язано з тим, що високовартісне сучасне обладнання заготівельних цехів, що забезпечують високопродуктивні процеси отримання точних заготовок, економічно доцільне лише за великих масштабів виробництва.

Другий напрямок типовий для одиничного та дрібносерійного виробництва, коли використання вартісного обладнання у заготівельних цехах економічно не вигідне.

Проте, не слід вважати, що у межах одиничного та дрібносерійного виробництва не можуть бути досягнені доцільні рішення щодо задовільної якості заготовок. Навпаки, економічно доцільні для будь-якого типу виробництва якості заготовок завжди можуть бути заздалегідь визначені за правильного підходу до їх вибору, а відповідно, й до встановленого способу виготовлення заготовок.

Значний вплив на вибір способу отримання заготовки мають:

час відведений на технологічну підготовку виробництва (проекування, виготовлення та налагодження штампів, моделей, прес-форм та ін.);

наявність відповідного технологічного обладнання та бажаний ступінь автоматизації процесу.

Вибраний спосіб повинен забезпечувати щонайнижчу собівартість деталі. При цьому велике значення має економія металу, що переробляється на стружку. Технолог повинен домагатись, щоб обраний спосіб забезпечував виготовлення такої заготовки, яка б за формою і розмірами максимально наближалась до готової деталі. Однак, підвищення точності заготовки за малої програми випуску може виявитись економічно недоцільним, оскільки витрати на оснащення заготівельних процесів можуть перевищувати економію на механічній обробці та економію матеріалів.

Технологічність конструкції заготовок

Під технологічністю конструкції виробу мають на увазі сукупність його властивостей, які визначають відповідність даної конструкції оптимальним витратам на його виготовлення, експлуатацію та ремонт для заданих показників якості, обсягу випуску та умов виконання робіт.

Форма та розміри заготовки значною мірою впливають як на технологію її виготовлення, так і на подальшу обробку. Точність розмірів і форми заготовки

здебільшого визначає трудомісткість виготовлення та вартість готового виробу (деталі). Форма, розміри, стан поверхонь і поверхневих шарів заготовки можуть істотно впливати на обсяги подальшої її обробки. Тому більшість заготовок піддають попередній обробці, яка полягає в тому, щоб забезпечити їх технологічність для подальшої механічної обробки на металорізальних верстатах. До такої обробки належать зачищення, виправлення, розрізування, центрування, термічна обробка тощо. Особливого значення набуває попередня обробка заготовок в умовах автоматизованих і гнучких виробництв.

Забезпечення технологічності заготовок зводиться до виконання таких правил:

Багато, щоб контури заготовки являли собою сполучення найпростіших геометричних форм.

Деталі, по можливості, слід виготовляти зі стандартних заготовок (прокату, виливків, кованок, пресованих заготовок).

Базові поверхні мають забезпечувати точність розташування та закріплення заготовки у процесі їх оброблення, контролю та вимірювання.

Точність розмірів та шорсткість поверхонь заготовок повинні бути економічно обґрунтованими.

Багато максимально використовувати способи отримання заготовок, які не вимагають наступного зрізання стружки.

За неможливості обійтись без механічної обробки необхідно скорочувати її за рахунок зменшення кількості та довжини поверхонь, що оброблюються.

Конструкція деталі повинна допускати можливість її виготовлення складаною з двох або більше частин.

Тема 7. Основи проектування технологічних процесів в машинобудуванні

7.1 Загальні відомості про проектування технологічних процесів

Технологічний процес (скорочено ТП) - це впорядкована послідовність взаємопов'язаних дій, що виконуються з моменту виникнення вихідних даних до отримання необхідного результату.

«Технологічний процес» - це частина виробничого процесу, яка містить цілеспрямовані дії по зміні і (або) визначення стану предмета праці. До предметів праці відносять заготовки

Практично будь-який технологічний процес можна розглядати як частину більш складного процесу і сукупність менш складних (в межі - елементарних) технологічних процесів.

Елементарним технологічним процесом або технологічною операцією називається найменша частина технологічного процесу, що володіє всіма його властивостями. Тобто це такий ТП, подальша декомпозиція якого призводить до втрати ознак, характерних для методу, покладеного в основу даної технології. Як правило, кожна технологічна операція виконується на одному робочому місці не більше, ніж одним співробітником. Прикладом технологічних операцій можуть служити введення даних за допомогою сканера штрих-кодів, роздруківка звіту,

виконання SQL-запиту до бази даних і т. Д.

Технологічні процеси складаються з «технологічних (робочих) операцій», які, в свою чергу, складаються з «технологічних переходів».

Визначення

«Технологічним переходом» називають закінчену частину технологічної операції, виконувану з одними і тими ж засобами технологічного оснащення.

«Допоміжним переходом» називають закінчену частину технологічної операції, що складається з дій людини і (або) обладнання, які не супроводжуються зміною властивостей предметів праці, але необхідні для виконання технологічного переходу.

Для здійснення техпроцесу необхідно застосування сукупності знарядь виробництва - технологічного обладнання, званих «засобами технологічного оснащення».

«Установ» - частина технологічної операції, виконувана при незмінному закріпленні оброблюваної заготовки або збирається складальної одиниці [1]. При кожному повторному знятті заготовки та подальшому її закріпленні на верстаті або ж при повороті заготовки на будь-якої кут для обробки нової поверхні має місце новий установ.

Види технологічних процесів

Залежно від застосування в виробничому процесі для вирішення однієї і тієї ж задачі різних прийомів і обладнання розрізняють наступні «види впровадження нових технологічних процесів»:

Одиничний технологічний процес (ЄТП) - технологічний процес виготовлення або ремонту виробу одного найменування, типорозміру і виконання, незалежно від типу виробництва.

Типовий технологічний процес (ТТП) - технологічний процес виготовлення групи виробів із загальними конструктивними і технологічними ознаками.

Груповий технологічний процес (ГТП) - технологічний процес виготовлення групи виробів з різними конструктивними, але спільними технологічними ознаками [2].

У промисловості і сільському господарстві опис технологічного процесу виконується в документах, що іменуються операційна карта технологічного процесу (при докладному описі) або маршрутна карта (при короткому описі).

Маршрутна карта - опис маршрутів руху по цеху виготовленої деталі.

Операційна карта - перелік переходів, установок і застосовуваних інструментів.

Технологічна карта - документ, в якому описано: процес обробки деталей, матеріалів, конструкторська документація, технологічне оснащення.

Технологічні процеси ділять на «типові» і «перспективні».

«Типовий» техпроцес має єдність змісту і послідовності більшості технологічних операцій та переходів для групи виробів із загальними конструкторськими принципами.

«Перспективний» техпроцес передбачає випередження (або відповідність) прогресивному світовому рівню розвитку технології виробництва.

Управління проектуванням технологічного процесу здійснюється на основі маршрутних і операційних технологічних процесів ".

«Маршрутний технологічний процес» оформляється маршрутною картою, де встановлюється перелік і послідовність технологічних операцій, тип обладнання, на якому ці операції будуть виконуватися; застосовується оснащення; укрупненна норма часу без вказівки переходів і режимів обробки.

«Операційний технологічний процес» деталізує технологію обробки і збірки до переходів і режимів обробки. Тут оформляються операційні карти технологічних процесів.

Етапи ТП

Технологічний процес обробки даних можна розділити на чотири укрупнених етапи:

«Початковий або первинний». Збір вихідних даних, їх реєстрація (прийом первинних документів, перевірка повноти і якості їх заповнення і т. Д.) За способами здійснення збору і реєстрації даних розрізняють наступні види ТП: механізований - збір і реєстрація інформації здійснюється безпосередньо людиною з використанням найпростіших приладів (ваги, лічильники, мірна тара, прилади обліку часу і т. д.);

автоматизований - використання машиночитаних документів, які реєструють автоматів, систем збору і реєстрації, що забезпечують поєднання операцій формування первинних документів і отримання машинних носіїв; автоматичний - використовується в основному при обробці даних в режимі реального часу (інформація з датчиків, що враховують хід виробництва - випуск продукції, витрати сировини, простої устаткування - надходить безпосередньо в ЕОМ).

«Підготовчий». Прийом, контроль, реєстрація вхідної інформації і перенесення її на машинний носій. Розрізняють візуальний і програмний контроль, що дозволяє відстежувати інформацію на повноту введення, порушення структури вихідних даних, помилки кодування. При виявленні помилки виробляється виправлення даних, що вводяться, коригування та їх повторне введення.

"Основний". Безпосередньо обробка інформації. Попередньо можуть бути виконані службові операції, наприклад, сортування даних.

«Заключний». Контроль, випуск і передача результатної інформації, її розмноження і зберігання.

7.2 Основні етапи проектування одиночного технологічного процесу та їх характеристика

В цілому проектування технологічних процесів обробки деталей і складання вузлів є складною, трудомісткою і многовариантною завдання. Тому його виконують в декілька послідовних етапів.

Спочатку роблять попередній проект технологічного процесу; на наступних стадіях його уточнюють і конкретизують на основі детальних технологічних розрахунків. Послідовним уточненням попереднього проекту отримують закінчені розробки технологічного процесу. Правильне рішення вдається отримати тільки після розробки і порівняння декількох технологічних варіантів.

Ступінь опрацювання технологічного процесу в деталях залежить від типу

виробництва. В умовах масового виробництва технологічні процеси розробляють детально для всіх деталей виробу. Такі процеси називають операційними. Технологічна документація на них містить детальну інформацію про операції та переходах, режимах обробки і міжопераційних розмірах деталей, інструменті, оснащенні і т.д. В одиничному виробництві обмежуються скороченою розробкою технологічних процесів, так як докладна розробка їх в даних умовах економічно невиправданою. Ці технологічні процеси називають маршрутними.

Процес проектування містить взаємопов'язані і виконуються в певній послідовності етапи, до яких відносяться:

- визначення типу виробництва і методів роботи;
- вибір методу отримання заготовки та встановлення висунутих до неї вимог;
- вибір і обґрунтування технологічних баз;
- призначення маршруту обробки окремих поверхонь і складання маршруту обробки деталі в цілому;
- розрахунок припусків, встановлення технологічних допусків і граничних розмірів заготовки на окремих стадіях обробки;
- уточнення ступеня концентрації операцій технологічних переходів;

вибір обробного обладнання, технологічного оснащення н інструментів;

розрахунок режимів різання;

визначення настроювальних розмірів;

встановлення норм часу і кваліфікації робітників на операціях;

оформлення технологічної документації.

Взаємозв'язок етапів проектування і багатоваріантність приватних і спільних рішень поставленого завдання добре видно з розгляду укрупненої схеми (рис. 15.2) послідовного виконання етапів проектування технології механічної обробки заготовки з урахуванням умов масового виробництва. Загальні і приватні варіанти (виконання окремих етапів) показані штриховими розгалужуються лініями. Окремі етапи, наприклад розрахунок темпу і визначення типу виробництва, розрахунок режимів різання, встановлення норми часу на обробку, вирішуються однозначно по попередньо встановленим умовам і вихідними даними.

При проектуванні технологічних процесів обробки складних деталей сумарне число можливих варіантів може бути досить значним. Оптимізацію проєктованих і діючих технологічних процесів виробляють з різних цільових функцій (мінімальної собівартості виготовлення деталі, максимальної продуктивності обробки, по заданому терміну окупності додаткових капітальних вкладень у виробництво).

Вихідними даними для проектування технологічних процесів механічної обробки є:

робоче креслення оброблюваної деталі із зазначенням її матеріалу, конструктивних особливостей і розмірів;

технічні умови на виготовлення деталі, що характеризують точність і якість оброблюваних поверхонь, а також особливі вимоги до твердості і структурі матеріалу, термічній обробці, балансуванню і т.п. ;

обсяг випуску виробів, до складу яких входить виготовляється деталь, з

урахуванням випуску запасних частин;

планований інтервал часу (зазвичай в роках) випуску виробів.

При проектуванні технологічних процесів для діючого виробництва необхідно мати інформацію про наявному обладнанні, площах та інших місцевих виробничих умовах. При проектуванні використовують довідкові та нормативні матеріали, каталоги і паспорти обладнання, альбоми пристосувань; ГОСТи і нормалі на ріжучий і вимірювальний інструменти, нормативи точності, шорсткості, розрахунку припусків, режимів різання і технічного нормування часу; тарифно-кваліфікаційні довідники та інші матеріали. Оформлення технологічних розробок проводиться на бланках технологічної документації.

Проектування технологічного процесу передуює докладне вивчення робочого креслення деталі, технічних умов на її виготовлення і умов її роботи в виробі. Особлива увага приділяється можливості поліпшення технологічності конструкції деталі, так як в результаті може бути отриманий значний ефект від зниження трудомісткості і собівартості виконання процесів обробки.

Розроблені технологічні процеси оформляються на відповідних технологічних документах.

Тема 8. Техніко-економічне обґрунтування технологічних рішень

8.1 Сутність технічного нормування

Технічне нормування в широкому сенсі цього поняття є встановлення технічно обґрунтованих норм витрати виробничих ресурсів. Під виробничими ресурсами розуміють енергію, сировину, матеріали, інструмент, робочий час та ін. У цьому розділі розглядаються питання, пов'язані з нормуванням праці.

Технічне нормування праці - це сукупність методів і прийомів виявлення резервів робочого часу і встановлення необхідної міри праці. Як зазначалося раніше, основним елементом технологічного процесу є операція. Саме для виконання операції встановлюють норму часу.

Норма часу - регламентований час виконання технологічної операції в певних організаційно-технічних умовах одним або декількома виконавцями відповідної кваліфікації. Технічно обґрунтованою нормою часу вважають час виконання технологічної операції в найбільш сприятливих для даного виробництва умовах. Норма часу - це час, необхідний для виконання деякого обсягу робіт, що розраховується виходячи з найбільш раціонального використання праці робітників (живої праці) та можливостей діючого устаткування, наявної оснащення і інших знарядь праці (матеріалізованої праці) з урахуванням досягнень науки, техніки і передового виробничого досвіду. На основі норми часу встановлюють розцінки для розрахунку заробітної плати робітників, визначають продуктивність і необхідну кількість обладнання,

Для встановлення технічно обґрунтованої норми часу користуються такими методами.

Метод розрахунку норм часу за нормативами (аналітичний метод), при якому технологічна операція розбивається на елементи (машинні, машинно-ручні і ручні), на переходи, ходи, прийоми і рухи. При цьому кожен елемент аналізують як окремо, так і в поєднанні з суміжними елементами. Для кожного з елементів за

довідником встановлюють час виконання. Час всієї операції складається з суми часів, що витрачаються на окремі її елементи з урахуванням можливостей паралельного або паралельно-послідовного їх виконання.

Приклад. В умовах одиничного виробництва фрезерна операція може складатися з наступних технологічних і допоміжних переходів і ходів: взяти заготовку і встановити її на верстат, вивірити положення заготовки і закріпити, включити верстат, підвести заготовку до інструменту, фрезерувати ділянку поверхні, відвести заготовку в початкове положення, виміряти виконуваний розмір, за допомогою лімба коректувати положення заготовки щодо фрези, знову підвести заготовку і включити автоматичну подачу, фрезерувати поверхню заготовки в заданий розмір, після закінчення обробки вимкнути верстат, розкріпачити і зняти заготівлю, укласти її в тару, стіл верстата відвести в початкове положення і очистити від стружки. Тривалість виконання окремих елементів операції в залежності від схеми установки, маси і розмірів заготовки,

Метод визначення норми часу на основі вивчення витрат робочого часу спостереженням безпосередньо у виробничих умовах. Розрізняють два способи вивчення робочого часу спостереженням: хронометраж і фотографія робочого дня.

Хронометраж вивчає витрати часу на виконання циклічно повторюваних ручних і машинно-ручних елементів операції для встановлення їх оптимальної тривалості, а також для розробки на цій основі нормативів. З цією метою нормувальник цеху, попередивши оператора верстата, багаторазово за допомогою секундоміра фіксує час, що витрачається на установку і зняття заготовок, час підведення і відведення інструменту і т.д., потім узагальнює результати спостереження і розраховує середній час для виконання цих допоміжних переходів (прийомів).

Фотографією робочого дня називають спостереження з послідовною зміною всіх витрат робочого часу протягом однієї або декількох змін. Основне призначення цього способу - визначення втрат робочого часу (наприклад, простоїв обладнання через запізнення робочого на роботу, відсутність заготовок, аварії в електромережах і т.п.), а також встановлення часу на обслуговування робочого місця і перерви.

Визначення норми часу спостереженням має особливе значення для вивчення і узагальнення передових прийомів праці, виявлення резервів продуктивності. Даний метод дозволяє раціонально організувати обслуговування обладнання і найбільш повно реалізувати його можливості. Метод застосовують для розробки нормативів, необхідних для встановлення технічно обґрунтованих норм часу розрахунковим шляхом.

Метод порівняння і розрахунку норми часу за типовими нормативами дозволяє нормувати операцію наближено. При цьому використовують укрупнені типові нормативи, розроблені на основі зіставлення і розрахунку часу виконання типових операцій і процесів за окремими видами робіт. Цей метод застосовують в одиничному і дрібносерійного виробництва. Наприклад, в таблиці типових нормативів вказано час допоміжних переходів і ходів при точінні валика діаметром 50 і довжиною 200 мм. Помноживши цей час на відповідні коефіцієнти, визначають допоміжне час, необхідний для обробки валика діаметром 40 і

довжиною 150 мм і т.п.

Існує також дослідно-статистичний метод нормування, який на відміну від трьох розглянутих які раніше не передбачає аналітичного розрахунку часу виконання окремих елементів і підсумовування цих часів. Норму часу встановлюють на всю операцію в цілому шляхом порівняння з нормами і фактичним часом виконання в минулому аналогічної роботи. Статистичні дані та дані різних звітів про фактичний час виконання аналогічних операцій в минулому разом з особистим досвідом нормувальника (а також майстри) є основою цього методу нормування. Цим методом не встановлюють технічно обгрунтовані норми часу, але його застосовують в ремонтних цехах, при виготовленні дослідних зразків виробів і в інших умовах, переважно одиничного і дрібносерійного виробництва.

Технічно обгрунтовану норму часу встановлюють на кожну операцію, для чого розраховують штучний час.

8.2 Вибір економічно-ефективних рішень на підприємстві

Економічна ефективність (англ. Economic efficiency) - це співвідношення отриманих результатів виробництва - продукції і послуг, і витрат праці і засобів виробництва.

Згідно П. Самуельсона і В. Нордхаус економічна ефективність - це отримання максимуму можливих благ від наявних ресурсів, постійно співвідносячи вигоди (блага) і витрати, при цьому необхідно вести себе раціонально. Виробник і споживач благ прагнуть до найвищої ефективності, максимізуючи при цьому свої вигоди і мінімізуючи витрати

Головним критерієм соціально-економічної ефективності є ступінь задоволення кінцевих потреб суспільства, і перш за все потреб, пов'язаних з розвитком людської особистості. Найбільшою соціально-економічною ефективністю володіє та економічна система, яка найбільшою мірою забезпечує задоволення різноманітних потреб людей: матеріальних, соціальних, духовних, гарантує високий рівень і якість життя. Основою такої ефективності служить оптимальний розподіл наявних у суспільства ресурсів між галузями, секторами і сферами національної економіки.

Ефективність економічної системи залежить від ефективності виробництва, соціальної сфери (систем освіти, охорони здоров'я, культури), ефективності державного управління. Ефективність кожної з цих сфер визначається відношенням отриманих результатів до витрат і вимірюється сукупністю кількісних показників.

Для вимірювання ефективності виробництва використовуються показники продуктивності праці, фондівіддачі, рентабельності, прибутковості, окупності та ін. З їх допомогою зіставляються різні варіанти розвитку виробництва, вирішення його структурних проблем.

Вимірювання ефективності соціальної сфери вимагає використання особливих [Яких?] Якісних показників розвитку кожної з галузей цієї сфери.

Для державної сфери необхідні спеціальні критерії відповідності витрат і результатів діяльності держави вимогам суспільства.

Економічно ефективним прийнято вважати такий спосіб виробництва, при

якому фірма не може збільшити випуск продукції без збільшення витрат на ресурси і одночасно не може забезпечити той же обсяг випуску, використовуючи меншу кількість ресурсів одного типу і не збільшуючи при цьому витрати на інші ресурси.

Ефективність виробництва складається з ефективності всіх діючих підприємств. Ефективність підприємства характеризується виробництвом товару або послуги з найменшими витратами. Вона виражається в його здатності виробляти максимальний обсяг продукції прийнятної якості з мінімальними витратами і продавати цю продукцію з найменшими витратами. Економічна ефективність підприємства, на відміну від його технічної ефективності, залежить від того, наскільки його продукція відповідає вимогам ринку, запитам споживачів.

Однією з важливих складових ефективності економічної системи є ефективність капітальних вкладень. Вона виражається відношенням отриманого ефекту до капітальних вкладень, що викликало цей ефект. Іншими словами, це економічний ефект, який припадає на один рубль інвестицій, що забезпечили цей ефект.

Ефективність капітальних вкладень вимірюється набором показників, в який входить загальний ефект капітальних вкладень, норма їх прибутковості, термін окупності, показник ефективності та ін ... Показники економічної ефективності капітальних вкладень використовуються для зіставлення альтернативних інвестиційних проектів і вибору оптимального проекту.

Етика ефективності компаній передбачає поєднання:
створення найбільшої цінності для своїх клієнтів
прибутковості для власників
можливості для самореалізації і зростання в поєднанні з привабливою зарплатою для співробітників

Змістовний модуль 3. Перспективні напрями розвитку технологій машинобудування

Тема 9. Основи технологій заготівельного виробництва

9.1 Загальні відомості про системи технологій заготівельного виробництва

Виробництво заготовок здійснюється двома методами:

- метод пластичної деформації;
- метод лиття.

Виготовлення заготовок методами пластичної деформації . Для отримання деталей застосовують різні заготовки. Металеві заготовки виготовляють литтям, прокаткою, куванням, штампуванням і іншими способами. Методами пластичної деформації отримують заготовки зі сталі, кольорових металів та їх сплавів, а також пластмас, гуми, багатьох керамічних матеріалів і ін. Широке поширення методів пластичної деформації обумовлюється їх високою продуктивністю і високою якістю виробів, що виготовляються. Обробка металів тиском заснована на пластичності оброблюваного матеріалу. Пластичність - це здатність матеріалу змінювати свою форму необоротно і не руйнуючись під дією зовнішніх сил. При обробці тиском змінюється форма заготовки без зміни її маси. Прокатка є

найбільш поширеним методом обробки тиском. Прокатці піддають близько 90% всієї сталі, що виплавляється і більшу частину кольорових металів і сплавів. Суть прокатки полягає в пластичній деформації заготовки між обертовими валками прокатного стану. Геометрична форма поперечного перерізу прокатного виробу називається його профілем, сукупність профілів різних розмірів - сортаментом. Сортамент прокатої продукції відрізняється величезним розмаїттям і ділиться на п'ять груп:

1. Сортний прокат, який поділяється на дві підгрупи:

а) профілі простої геометричної форми (прямокутник, квадрат, коло та ін.);
б) профілі складної фасонної геометричної форми (швелер, рейок, двотаврова балка та ін.).

2. Листовий прокат, який також поділяється на дві підгрупи:

а) тонколистової (для сталі товщиною 0,2 - 4 мм; для кольорових металів - 0,05 - 2 мм);

б) товстолистовий (4 - 60 мм для сталі і до 25 мм для кольорових металів). Листовий прокат завтовшки менше 0,2 мм називається фольгою.

3. Трубний прокат поділяється на:

а) безшовні труби (для сталі діаметром 30 - 650 мм);

б) зварні труби (для сталі діаметром 10 - 1420 мм).

4. Періодичний прокат. Профілі цієї групи прокату є заготовку, геометрична форма і площа поперечного перерізу якої періодично змінюється по її довжині. Періодичний прокат застосовується як заготовка для подальшої штампування.

5. Спеціальний прокат. Сюди відносяться колеса, кільця, бандажі, кульки для шарикопідшипників і інша продукція завершеної форми.

До широко поширених методів обробки металів тиском відносяться кування і об'ємне штампування. Це способи виготовлення виробів, званих поковками. Кування - єдино можливий спосіб виготовлення великих виробів вагою понад 250 т типу валів гідрогенераторів, турбінних дисків, колінчастих валів суднових двигунів, валків прокатних станів й ін. При отриманні виробів методом об'ємного штампування застосовують спеціальне оснащення - штампи. Штампи - це металева прес-форма, що має порожнину, розміри і конфігурація якої відповідають розмірам і конфігурації майбутньої деталі. Об'ємне штампування має ряд переваг в порівнянні з куванням. Об'ємним штампуванням можна отримувати поковки складної конфігурації, більш високої точності розмірів і якості поверхні. Крім того, штампування у багато разів продуктивніше кування. Тому об'ємну штампування економічно доцільніше застосовувати в серійному і масовому виробництві. Вихідною заготовкою при листовому штампуванні служить листовий прокат. Для виготовлення деталей з тонколистового прокату застосовують холодне штампування, при товстолистовий вихідної заготівлі (більше 10 мм завтовшки) - гарячу. Перевагами листового штампування є: висока продуктивність (30 000 - 40 000 деталей за зміну з одного штампа), високі точність розмірів і якість поверхні одержуваних деталей, широкі можливості автоматизації технологічного процесу. До обробки металів тиском відноситься також процес волочіння. Волочінням називають процес пластичного формування заготовки шляхом її протягування через отвір волоки або волочильний дошки волочильного стану. В результаті оброблювана заготовка набуває перетин,

розміри і форма якого відповідає розмірам і формі цього отвору.

Технологічні процеси отримання заготовок методами лиття . Лиття є одним з найважливіших і розповсюджені способів виготовлення заготовок і деталей машин. Лиття отримують заготовки різної конфігурації, розмірів маси з різних металів і сплавів - чавуну, сталі, алюмінієвих, мідних, магнієвих і ін. Сплавів. Лиття - це найбільш простий і дешевий, а іноді і єдиний спосіб отримання виробів. Процес лиття полягає в тому, що розплавлений метал заливається в заздалегідь приготувану ливарну форму, порожнина якої за своїми розмірами і конфігурації відповідає формі і розмірам майбутньої заготовки. Після охолодження і затвердіння заготовка (або деталь) витягується з форми. Продукція ливарного виробництва називається відливанням. Залежно від того, в яку форму (постійну або разову) заливається метал і яким способом відбувається заливка, існує той чи інший метод лиття. В даний час до 60% чавунних і сталевих виливків отримують методом лиття в піщано-глинисті форми. Для отримання виливків високої точності розмірів, хорошої якості поверхні і кращої структури металу застосовують спеціальні методи лиття (в кокіль, під тиском, відцентровим способом, по виплавлених моделях і ін.).

- Технологічний процес отримання виливків в піщано-глинистих разових формах включає ряд тривалих операцій, пов'язаних з приготуванням формувальних і стрижневих сумішей, виготовленням модельного оснащення, стрижнів, сушки їх, формування і т.д. Незважаючи на те, що в даний час трудомісткі операції цього методу механізовані й автоматизовані, він все ж залишається порівняно низькопродуктивною і трудомістким методом лиття. Тому лиття в піщано-глинисті форми застосовують в основному, в одиничному і дослідному виробництві, а також в тих випадках, коли виріб іншими способами одержати неможливо або важко.

- Лиття в кокіль - один з найпоширеніших способів отримання виливків у металевих постійних формах. Кокіль виготовляють з чавуну, сталі, алюмінію. За конструкцією кокілі бувають нероз'ємні і роз'ємні. Перевагами лиття в кокіль в порівнянні з литтям в піщано-глинисті форми є: більш висока точність розмірів і якість поверхні виливків; кращі механічні властивості, що пов'язано з підвищеною швидкістю охолодження виливки і отриманням більш тонкої структури; більш висока продуктивність.

- Лиття під тиском - високопродуктивний метод отримання виливків високої точності розмірів зі сплавів кольорових металів (алюмінієвих, цинкових, мідних, магнієвих). Суть методу полягає в заповненні металевої прес-форми розплавленим металом під тиском поршня.

- Центробіжне лиття - продуктивний метод виготовлення виливків, що мають поверхні тіл обертання, з центральним отвором - труб, втулок і ін., А також деталей фасонного лиття. Суть методу полягає в заповненні розплавленим металом обертається форми. Під дією відцентрових сил рідкий метал відкидається до стінок форми і твердне. В результаті виходить щільна структура виливки без усадочних раковин. Неметалеві включення збираються на внутрішній стороні виливки, і подовжуються при подальшій механічній обробці. Перевагами відцентрового лиття є: високі продуктивність, економічність (не потрібно витрат на приготування формувальної суміші, виготовлення стрижнів і ін.) І якість

одержуваних виливків.

- Лиття по виплавлених моделях застосовується для отримання виливків високої точності розмірів і якості поверхні з будь-яких ливарних сплавів. З його допомогою можна отримувати вироби складної конфігурації з тонкими перетинами. Однак технологічний процес даного методу лиття відрізняється високою трудомісткістю і високою вартістю застосовуваних матеріалів.

- Оболочкове лиття застосовують в масовому і великосерійному виробництві для виготовлення фасонних виливків зі сталі, чавуну, алюмінієвих і мідних сплавів. Суть методу полягає в тому, що на поверхню попередньо нагрітій до 200°C металевої моделі, прикріпленою до підмодельної плити, насипають формувальну суміш (кварцовий пісок і 6 - 7% бакелітової синтетичної смоли), потім всі разом прокалюють при температурі 300°C протягом 1 - 2 хв. Смола розплавляється і необоротно твердне, утворюючи піщано-смоляну оболонку товщиною 5 - 8 мм. Лиття в оболонкові форми забезпечує високу точність розмірів виливки, малу шорсткість поверхні, високоякісну структуру металу. Для вибору методу лиття при отриманні заготовок необхідно враховувати всі фактори, що впливають на техніко-економічні показники процесу.

9.2 Напрями розвитку технологій формотворчих операцій

Формування - технологічний процес виготовлення форм, надання форми втілюється у величезній спектрі різноманітних виробництв. У ливарному виробництві застосовується як при самому лиття, так і при виготовленні форм для лиття. При виготовленні залізобетонних виробів, використовують процеси екструзії, віброформовання, пошарового віброформовання. У харчовій промисловості - це хлібопечення, кондитерське виробництво. Широко використовуються технології формування листових матеріалів.

Ливарне виробництво

При ливарному виробництві формуванням виготовляють ливарні форми. Процес може виконуватися як ручним, так і машинним способом. Застосування ручного формування характерно для одиничного і дрібносерійного виробництва, машинної, що здійснюється за допомогою автоматичних ліній та іншого спеціального формувального обладнання, - для серійного, крупносерійного і масового виробництва.

Машинна формування забезпечує більш високу якість і точність виливків. Ручна формовка буває декількох видів: в опоках, в ґрунті по ливарним моделям (яка, в свою чергу, ділиться на закриту і відкриту), в ливарних стрижнях, по структурним моделям і за шаблоном. З усіх зазначених видів найбільш поширена ґрунтова формування, що застосовується в основному для отримання важких виливків великого розміру, але, нехай і рідше, і для дрібних.

Для здійснення ґрунтової виливки необхідні розробка ґрунту в підлозі цеху і подальше влаштування бетонних кесонів і ям, призначених для захисту майбутньої форми від ґрунтових вод, на дно яких укладається так звана «ліжка» - шар того чи іншого газонепроникного матеріалу. У разі приготування дрібних виливків в ролі такого матеріалу виступає м'яка розпушений суміш з піску і глини, для великих використовуються жорсткі ліжка з кускових матеріалів, найчастіше з шлаку. Для виведення з ліжок газів, які утворюються при заливці

форми, влаштовується система каналів, які в разі м'якої постелі утворені зігнутою сталевією голкою, а в разі жорсткої - сталевими трубами. Відкрита ґрунтова формування передбачає розміщення форми повністю в ґрунті, тоді як при закритій, яка застосовується в разі підвищених вимог до шорсткості верхньої поверхні виливків, використовується нижня ґрунтова півформа, яка зверху накривається іншою полуформой, опочного. Точність при ґрунтовій формуванні невисока, а трудомісткість, навпаки, дуже велика.

Формування за шаблоном застосовується для поодиноких великих виливків - шківів, кришок, чаш та інших, що мають форму тіл обертання. Доцільність цього виду формовки полягає в тому, що таким чином можна не використовувати суцільну дерев'яну модель, замінивши її плоскими фігурними шаблонами з дерева, набагато більш дешевими, і, обертаючи їх відносно осі - шпинделя, Отримати порожнину ливарної форми. Формування в опоках призначена для отримання однотипних виливків невеликими партіями. Формування по скелетній моделі є, по суті, варіантом формування за шаблоном, але дерев'яна модель при ній замінюється фасонним каркасом з порожниною і осередками, заповненими ще перед початком процесу формування формувальної сумішшю. Формування в стрижнях застосовується рідко - для виливків складної конфігурації, для яких неможливо або неекономічно застосовувати моделі. Стрижні, що встановлюються в збірні металеві жакети, призначені для оформлення зовнішніх і внутрішніх контурів виливки.

Формування бетонних виробів на технологічних лініях формування

Методи Формовки бетонних і залізобетонних виробів:

агрегатно-потоківу технологію в формах;

безопалубочного формування на стендах (технологічних лініях) з використанням формуючих машин (агрегатів).

Тема 10. Основи технологій металооброблювального виробництва

10.1 Обробка деталей класу валів та вісей

Токарної обробкою металевих деталей називається процес видалення припуску з поверхні заготовки за рахунок стружкообразовання. При цьому виникають механічні деформації, супроводжувані тертям і, як наслідок, нагріванням виробу і робочого інструмента. Одним з видів токарної обробки є гостріння валів.

Вал - це кругла циліндрична деталь, довжина якої набагато більше її діаметра. Форма валів підрозділяється на гладку і ступінчасту. При обробці гладких валів повинні витримуватися задані розміри і показники шорсткості. До ступінчастим валів пред'являються додаткові вимоги: співвісність окремих циліндричних ділянок і дотримання перпендикулярності уступів до осі обертання.

Для виготовлення валів використовуються заготовки з великим припуском, котрі тримаються в патроні і підтискаються заднім центром. При чорновій обробці необхідно максимально зняти припуск, використовуючи найбільшу глибину різання, яка визначається потужністю верстата. Решта припуски для остаточної обробки вираховуються виходячи з конфігурації і розмірів деталі, методів подальшої обробки.

При співвідношенні діаметра вала до його довжини більш ніж 1:15 застосовуються рухомі та нерухомі лонети. Ці підтримуючі пристрої приймають на себе реакцію сил різання, не допускаючи деформацій заготовки. Цим підвищується жорсткість ріжучої системи і зменшується ймовірність виникнення небажаних вібрацій.

Чистова обробка валів проводиться в центрах, при цьому кінець вала закріплюється диску приводу чи використовується хомутик. При обробці одиничних виробів одна сторона вала проходить за одну установку з використанням всіх необхідних інструментів. Великі партії виробів виготовляються на різних верстатах з використанням мінімального набору інструментів.

Чистова обробка проводиться на високоточному обладнанні. При цьому обробка починається з найбільшого діаметра, послідовно переходячи на наступний менший розмір.

Обробка гладких валів

Обробка гладких валів, нарізування різьбленняВиготовлення гладкого валу полягає в обтачиванні зовнішньої циліндричної поверхні. Робота виконується прохідним різцем з використанням поздовжньої подачі. При цьому заготовка встановлюється в центрах.

Центрові отвори виконуються на різних верстатах: токарних , свердлильних, револьверних. На спеціальних двосторонніх Центрувально верстатах проводиться одночасне протачиваніє протилежних центрів. У будь-якому випадку для цієї операції застосовуються спіральні свердла, зенковки або комбінований центрувальні інструмент.

Від точності виконання центровочних отворів, званих установочними базами, залежить якість виготовлення всієї деталі.

При виготовленні гладкого валу виконуються наступні операції:

Відрізання заготовки від загального прутка.

Обробка торцевої поверхні з подальшим центрування

Виготовлення протилежної торцевої площині і її центрування.

Чорнова обробка однієї половини заготовки, що знаходиться в центрах.

Чорнова обробка другій частині заготовки.

Послідовна чистове обробка першої та другої частини заготовки.

Треба сказати, що найбільш економічним способом виготовлення гладкого валу є застосування каліброваної сталі. При цьому відпадає необхідність в обробці зовнішньої циліндричної поверхні. Але в більшості випадків застосовується сортовий прокат. Тому, вибираючи заготовку, потрібно брати зовнішній розмір прутка з діаметром, найбільш близьким до максимального перетину майбутнього валу.

Виготовлення ступінчастих валів

Ступінчасті вали виготовляють за двома схемами: Розподіл припуску на частини. Розподіл довжини заготовки на кілька відрізків.

Перша схема передбачає обробку заготовки з невеликою глибиною різання. При цьому загальна відстань прохідне різцем виходить більше. У другому випадку зняття припуску відбувається за один прохід з великою глибиною різання. При такому підході необхідний більш потужний електропривод верстата.

Перед обробкою циліндричної поверхні підрізають торці. Операція проводиться підрізним різцем з подачею в двох напрямках. Підрізання від центру до поверхні вала відрізняється менш шорстким якістю площині.

Жолобники (заокруглення між ступенями) виконують прохідним різцем з одночасною поперечною і поздовжньою подачею. Радіус галтелі залежить від діаметра щаблі.

Канавки проходяться поперечною подачею фасонного різця з ріжучою частиною рівній ширині канавки. Широкі канавки виконують у два прийоми: поперечною і поздовжньою подачею.

Свердлярні отвори закріпленим в пінолі інструментом. Розточувальні різці, закріплені в резцедержателі, служать для проходу внутрішніх циліндричних поверхонь.

Прохідні різці при обробці валів на токарному верстаті прохідні різці

Для гладких наскрізних отворів застосовуються прохідні різці. Завзяті розточувальні різці використовуються для виготовлення глухих і східчастих отворів.

Для відрізки готової деталі встановлюють відрізний різець і застосовують поперечну подачу. При цьому, для отримання чистого зрізу краще використовувати різець з похилою ріжучою крайкою. Пряма крайка руйнує зріз і потрібно подальша підрізування торця.

Масове виробництво східчастих валів організовується наступними методами:

Обробка на звичайних верстатах без використання спеціального оснащення.

Обробка із застосуванням додаткових пристосувань на спеціально налаштованих верстатах.

Робота на верстатах з копіювальними пристроями.

Для виготовлення валів звичайної точності необхідно не більше двох установок заготовки. Токарська обробка за три-чотири. Перед встановленням зверніть увагу для виготовлення валів високої точності і в випадках, коли заготовка має нерівномірні припуски.

Чорнові і чистові операції повинні бути розділені за часом. Це необхідно для зняття внутрішніх механічних напружень металу, що виникли при первинній обробці.

10.2 Обробка деталей з внутрішніми циліндричними та плоскими поверхнями

Обробка зовнішніх і внутрішніх поверхонь - це технічно складний процес, який вимагає від майстра високого рівня кваліфікації. Поверхня металу обробляють в декількох випадках: заготовку доводять до заданих розмірів; для отримання необхідного класу точності обробки і ступеня шорсткості поверхонь.

Залежно від типу поверхні, твердості металу або сплаву, а також від необхідних технічних характеристик, токар використовує різний інструмент - різці, розточування, свердла.

Способи обробки відрізняються за своєю складністю і тривалості процесів. Розглянемо докладніше особливості обробки зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь.

Процес обробки зовнішньої поверхні

Обробка зовнішніх циліндричних поверхонь - основний спосіб отримання деталей і частин механізмів типу вал, вісь, палець, втулка. Для цього використовують токарне устаткування - верстат з обертовим валом і стаціонарним різцем. Заготівлю закріплюють на рухомій частині і включають двигун.

До деталі підводять стаціонарний різець, який рухається уздовж осі обертання. Обробка зовнішніх поверхонь відбувається шляхом зняття стружки з заготовки і зменшення її діаметра до заданого значення. Цей спосіб отримав назву обточування.

Під час роботи токар використовує кілька видів різців, які відрізняються кутом нахилу ріжучого краю, габаритними розмірами, товщиною сплаву і шириною робочої зони.

Обробка зовнішніх поверхонь обертання проходить в три етапи:

попередній (чорновий). На цій стадії з заготовки відділяється зайвий матеріал, а її діаметр зменшується;

точний. На цьому етапі відбувається доведення деталі до заданого діаметра з отриманням необхідного класу точності;

особливо точний. Якщо необхідно отримати високий клас точності обробки, поверхня деталі доводять до заданого значення з використанням «тонких» різців і мікрометра.

Кількість стадій і тип використовуваного інструменту визначається в залежності від вихідних вимог до поверхні виробу.

Робота з внутрішніми поверхнями металевих деталей

Обробка внутрішніх поверхонь істотно складніше, ніж робота з зовнішнім циліндром. Це пов'язано з тим, що візуально неможливо контролювати якість робіт, важкодоступністю до оброблюваної поверхні.

Внутрішні циліндри - це отвори в металевому виробі, які діляться на три категорії:

- наскрізні (прохідні). Їх використовують для з'єднання елементів конструкції за допомогою кріплення;

- глухі. Їх використовують для установки осей, валів, втулок і пальців. Відсутність наскрізного отвору забезпечує деталям додаткову фіксацію;

складної форми. Діаметр отвору протягом усього його довжини може змінюватися від двох до п'яти разів. Така конфігурація застосовується для деталей з різним діаметром.

Обробка внутрішніх циліндричних поверхонь відбувається в два етапи:

- чорновий. На цій стадії висвердлюється отвір діаметром і глибиною трохи менше заданого значення;

- доведення. За допомогою спеціальних свердел або расточек майстер доводить клас чистоти поверхні, діаметр і глибину до потрібного рівня.

Цей спосіб називається розточуванням. Методи обробки внутрішніх поверхонь залежать від заданих технічних характеристик, типу отвори і типу матеріалу.

Обробка зовнішніх і внутрішніх поверхонь відноситься до розряду технічно складних і високоточних операцій, які виконуються в напівавтоматичному режимі

з безпосередньою участю оператора.

Розряд токаря визначає його рівень кваліфікації і ступінь складності робіт, які він робить.

10.3 Особливості обробки деталей з різбовими, зубчатими, шліцевими та шпоночними поверхнями

Обробка шліцьових поверхонь в отворах втулок, зубчастих коліс та інших деталей проводиться зазвичай протягуванням. Спочатку отвір і іноді торець обробляються попередньо,

Отримання гвинтового руху часто потрібно для обробки відповідних поверхонь. Наприклад, в зубодовбальних верстатах, що працюють шестернею-інструментом, при нарізанні гвинтових зубчастих коліс застосовуються гвинтові напрямні для довбляка, в пристосуванні для шліфування гвинтових шліцьових валиків застосовується направ.

Шліфування - один з видів обробки металів різанням. На рис. 2 показані типові деталі, оброблювані на шліфувальних верстатах. Серед них прості циліндричні валики і складні колінчаті вали двигунів, шліцьовий валик і напрямні станини, кільця і довгі труби, черв'яки і зубчасті колеса, деталі, утворені плоскими поверхнями, і деталі, поверхні яких мають складну просторову форму. Найбільш часто при шліфуванні обробляють зовнішні і внутрішні циліндричні поверхні.

Лиття по виплавлюваних моделях дозволяє отримати заготовки складної форми, настільки близькою до готової деталі, що в окремих випадках частково або повністю виключається механічна обробка. За виплавлюваних моделях зазвичай виготовляють виливки невеликої ваги (до 3 кг), хоча в окремих випадках вони можуть виконуватися і значно більшої ваги. Мінімальна товщина стінок виливків з чавуну складає 0,15 мм, а з алюмінієвих сплавів - 0,8 мм. Можна відливати заготовки зубчастих коліс із зубами, шліцьові валики зі шліцами і т. П. Для отримання більшої щільності металу в литві застосовують відцентровий або відцентрово-вакуумний спосіб заливки. Для збільшення продуктивності процесу лиття доцільно в одній формі відливати групу заготовок по виплавлюваних моделях. При цьому виходять виливки з точністю по 4-5-му класах і чистотою поверхні по 3-4-му класах.

Відповідні спеціалізовані шліфувальні верстати використовують для обробки шліцьових валів, профілів зубів у зубчастих коліс, складних фасонних поверхонь у штампів, прес-форм та інших деталей.

Іноді форма робочих поверхонь деталей визначається високопродуктивними методами обробки. Наприклад, поверхні евольвентного профілю в геометричному відношенні досить складні, і якщо прагнути до найбільш простих форм, їх слід було б уникати. Але поверхні евольвентного профілю автоматично і до того ж дуже продуктивно і з високою точністю отримують методом обкатки (обкатка, огинання). Тому в даний час евольвентними виконують не тільки профілі зубів зубчастих коліс, але все частіше також зуби зчпних зубчастих муфт, хрестових мус, зубчастих (шліцьових) валів. прямокутна різьба за формою проста і має менші втрати на тертя в порівнянні з різьбами інших профілів, які не стандартизовані і майже не застосовується, так як вона не може бути отримана

найбільш продуктивним методом - фрезеруванням, а нарізування її на токарно-гвинторізний верстаті коштує дорожче, ніж нарізування трапецеїдальної або трикутної різьби.

При наявності після термічної обробки посадочних (крім шліцьових) поверхонь коліс з базуванням деталі по зубчастому вінця допускається збільшувати радіальне биття зубчастого вінця але не грубіше, ніж на одну ступінь точності.

Перший етап включає наступні операції з виготовлення заготовки зубчастого колеса попередня токарна обробка обробка циліндричного, конічного або шліцьового отвори у деталей класу втулки чистове токарна обробка. Вимоги, що пред'являються до заготівлі зубчастого колеса, визначаються точністю виконання базових поверхонь.

Обробка шліцьових поверхонь. Шліцьові з'єднання застосовують в машинах і приладах для передачі як тільки крутять моментів, так і в основному крутять моментів із забезпеченням різних положень однієї деталі щодо іншої в осьовому напрямку (муфти, зубчасті колеса або блоки зубчастих коліс тощо).

При відновленні зношених бічних поверхонь шпонкових і шліцьових пазів наплавають бічну поверхню паза. Після обробки перевіряють точність обробки паза калібром - пробкою. Зубчасті рейки відновлюють аналогічно зубчастих коліс.

Зубчасті колеса виготовляються 6-й ступеня точності діаметр зовнішньої поверхні від 88 до 220 мм посадковий діаметр шліцьового отвори від 28 до 50 мм модуль - від 1,5 до 5 мм. Розмір одночасно оброблюваної партії циліндричних зубчастих коліс одного типорозміру приблизно 1000 шт. Час переналагодження лінії при переході з обробки одного типорозміру колеса на інший становить 3,5-4 годину. В одну зміну лінію обслуговують три наладчика. Коефіцієнт використання лінії по часу $\eta = 0,7$.

Вузли та вузлова зборка баштового крана. Операції складання визначення базової деталі по кожному вузлу, чистка деталей і розташування їх по складальним баз установка рам і станин по лінійці, виска і рівня слюсарна обробка і припасування деталей збірка різьбових з'єднань збірка шпонкових і шліцьових з'єднань збірка з'єднань з накатом збірка и установка підшипників установка валів і осей збірка зубчастих передач, збірка ланцюгових передач збірка муфт і гальм перевірка взаємного положення деталей установка нормальних зазорів між сполученими деталями балансування обертових деталей перевірка н регулювання роботи вузлів. Технічна документація при складальних роботах. Інструкції по випробуванню та випробуванню крана, з приймання та оформлення ремонту. Розвантаження монтажних одиниць крана на місці його установки. Монтаж баштового крана СБК-1. Необхідна для монтажу довжина шляху. Найменший радіус заокруглення внутрішньої рейки підкранової колії. Довжина, висота і ширина шпал. Товщина баластного шару. Розташування частин крана на підкрановому шляху перед початком монтажу.

За конструкцією маховик являє собою сталевий або чавунний диск з ободом. Кріпиться маховик на задньому кінці вала за допомогою спеціального фланця і болтів або шпоночного і шліцевого з'єднань Центрування маховика по колінчастого валу досягається точною обробкою посадкових місць. Іноді для цієї мети на оброблені поверхні вала встановлюють спеціальні бронзові конуси

Пробка, ввертати в торець вала, закріплює з'єднання маховика з валом. При цьому конуси, зближуючись, натискають на відповідні конічні поверхні в ступиці маховика і центрують його по осі колінчастого вала.

До шпонкових і шліцьових з'єднань необхідно пред'являти вимоги щодо підвищення технологічності. Слід уникати застосування довгих шпонок, так як підгонка такого з'єднання трудомістка. Більш технологічно замінити довгу шпонку декількома короткими, краще сегментними, що не вимагають підгонки. Не рекомендується ставити дві шпонки під кутом. Це ускладнює процес підгонки шпонок, так як потрібно отримати точне взаємне розташування пазів у деталей і на валу. Більш технологічно розташувати дві шпонки на одній що утворює. Шліцьові з'єднання з посадкою по внутрішньому діаметру доцільно застосовувати лише в тому випадку, коли можливо шліфувати шлицеве отвір в деталі. Більш технологічно з'єднання по зовнішньому діаметру, так як точна обробка зовнішнього діаметра шліцьового з'єднання як у деталі, так і у валу має невелику трудомісткість.

Все основні види контролю механічної обробки деталей можна розбити на дев'ять груп контроль валів, контроль отворів, контроль конічних поверхонь, контроль площин, контроль корпусних деталей, контроль шпонкових і шліцьових з'єднань.

Все основні види контролю механічної обробки деталей можна розбити на дев'ять груп контроль валів, контроль отворів, контроль конічних поверхонь, контроль площин, контроль корпусних деталей, контроль шпонкових і шліцьових з'єднань, контроль різбових з'єднань, контроль зубчастих коліс, контроль шорсткості.

Стандарти в приладо- і машинобудуванні охоплюють а) загальні питання ряди чисел лінійних розмірів, конусності, числа оборотів в хвилину, стандартні позначення і оформлення креслень і схем та т. д. б) матеріали, їх хімічний склад, сортамент, механічні властивості і термічну обробку в) точність розмірів (допуски і посадки) і якість поверхонь деталей г) форми і розміри деталей масового застосування кріпильні деталі, підшипники кочення, ремені, ланцюги, канати, муфти, мастильні пристрої, радіодеталі і т. д. д) конструктивні елементи деталей механізмів модулі зубчастих коліс, різблення, шпонкові і шліцьові з'єднання і т. д. е) ряди основних параметрів приладів і машин та якісні показники їх.

Профільні з'єднання мають переваги в порівнянні з шпонковими і шліцьовими - вони забезпечують хороше центрування деталей, не мають гострих кутів і різких переходів перетину, в результаті чого немає концентрації напружень і небезпеки утворення тріщин при термічній обробці. Технологія обробки поверхонь сполучення валу (копірних обточування і шліфування) і втулки (протягування) не викликає ускладнень. Профільні з'єднання зазвичай виконують з овальним контуром поперечного перерізу. Їх збірка проводиться з зазором (рухливі з'єднання) по принципу взаємозамінності. при неточному виготовленні сполучених деталей можлива качка втулки на валу.

Велику інтенсифікацію процесів виробництва дає застосування протягування в умовах важкого машинобудування. Обсяг протяжних робіт майже на всіх підприємствах з кожним роком значно збільшується. Уже зараз простягаються отвори 2-3 класів точності діаметром 400 мм. Знаходить

застосування протягування шліцьових з'єднань діаметром 300 мм. Іноді для протягування шліців у виробів великих розмірів, коли потужність протяжного верстата не дозволяє одночасно обробляти всі шліци, застосовують спеціальне Ділильний пристосування, яке встановлюють на верстат. В цьому випадку обробка шліців проводиться послідовно. Обробляється перший шліц так само, як шпонковий паз, потім пристосування шляхом повороту фіксує розташування другого паза. Після обробки другого паза встановлюється третій і т. Д. Цим методом обробляли шліцьові з'єднання діаметром до 500 мм.

Практика показує, що для обробки шпоночного паза іноді доводиться ретельно підбирати фрези і робити пробні робочі ходи. У серійному і масовому виробництві прагнуть по можливості шпонкові з'єднання замінювати шліцьовими

Тема 11. Основи технологій складального виробництва

11.1 Характеристика складальних процесів машинобудування

Однією з основних завдань машинобудування на сучасному етапі, поряд із забезпеченням високого технічного рівня, є підвищення якості виробів машинобудування, яке визначає рентабельність їх експлуатації, виробничі потужності, витрати матеріальних і трудових ресурсів на випуск нових виробів, а в багатьох випадках і техносферної безпеки їх експлуатації.

Якість виробу - досить ємне поняття. Воно включає такі компоненти, як коефіцієнт корисної дії, продуктивність, точність, матеріаломісткість, надійність, ремонтпридатність, безшумність в роботі, зручність і легкість управління і обслуговування, естетичність, екологічність та ін.

Якість виробу закладається конструктором при проектуванні. Він вибирає раціональні схеми і прогресивні робочі процеси, володіє сучасними методами розрахунку динаміки і міцності машин, що дозволяють економити матеріал, застосовує конструкційні матеріали, орієнтуючись на перспективні технології, уніфіковані вузли, деталі, прилади, вже добре зарекомендували себе в експлуатації, і багато інших чинників.

Технологія на всіх етапах виробництва відіграє визначальну роль у забезпеченні якості машин, що виражається за допомогою створення конструкційних матеріалів, виготовлення заготовок, фінішної обробки, яка формує остаточні властивості деталей, складання, випробування і конструкторсько-технологічної доведення. Процес складання є одним із заключних етапів виготовлення машини, результатом роботи конструкторів і технологів. Збірка відрізняється від інших технологічних процесів тим, що її складовими елементами є різноманітні, фізично різноманітні процеси. Установка складових частин конструкції складальної одиниці включає засновані на різних фізичних принципах процеси переміщення і орієнтування деталей, що з'єднуються.

Зміст складальних робіт органічно взаємопов'язане з конструкцією виробу і попередніми етапами виробничого процесу виготовлення його елементів. Тому вдосконалення складального виробництва є одним з основних резервів підвищення технічного рівня і економічної ефективності машинобудівного комплексу.

Збірка є завершальним і найбільш відповідальним етапом виробництва, на якому інтегруються результати всіх попередніх етапів і формуються основні показники якості виробів, що випускаються. Процеси збирання найменш механізовані й автоматизовані і займають непропорційно велику питому вагу в загальній структурі трудомісткості виробництва машин і приладів. Трудомісткість складальних робіт на підприємствах машинобудування і приладобудування в більшості випадків перевершує трудомісткість механічної обробки і значно перевищує витрати праці на виготовлення продукції інших галузей виробництва: ливарного, зварювального, ковальсько-пресового і ін.

У якості складових частин виробу, що збирається можуть бути деталі, складальні одиниці (з'єднання, вузли, агрегати) і комплектуючі вироби, що представляють собою зібрані компоненти, які входять до складу виробу. Вузол - складальна одиниця, яка може збиратися окремо від інших складових частин виробу або виробу в цілому і виконувати певну функцію у виробі одного призначення тільки спільно з іншими складовими частинами. Агрегат - складальна одиниця, яка має повну взаємозамінність, можливістю складання окремо від інших складових частин виробу або виробу в цілому і здатністю виконувати певну функцію у виробі або самостійно. З'єднання є елементарні складальні одиниці. Комплектуючий виріб - це виріб підприємства-постачальника, що застосовується як складова частина виробу, що випускається підприємством-виробником.

У процесі складання відбувається з'єднання складових частин виробу по сполучаються поверхонь. З'єднання при складанні - сполучення при складанні складових частин виробу або заготовок, яке визначається заданими в конструкторській документації їх відносним становищем і видом зв'язку між ними, яка позбавляє ці частини певного числа ступенів свободи. Сполучення при складанні - відносне положення складових частин виробу при складанні, що характеризується зіткненням їх поверхонь і (або) зазором між ними, заданими в конструкторській документації. Деталь, що має сполучення з іншими деталями, називається сполученою деталлю. Вона має сполучається (сполучаються) поверхню, утворить сполучення при складанні. Деталь (складальна одиниця), з якої починають збірку виробу, приєднуючи до неї деталі або інші складальні одиниці, називається базовою деталлю (складальною одиницею).

Класифікація видів з'єднань проводиться за такими ознаками:

- по збереженню цілісності при розбиранні (роз'ємні, нероз'ємні);
- можливості відносного переміщення (рухливі, нерухомі);
- формі поверхонь, що сполучаються (плоскі, циліндричні, конічні, сферичні, гвинтові, профільні);
- методу освіти (різьбові, клинові, шпонкові, шліцьові, штифтові, шплінтові, клепані, фланцеві, шарнірні, пресові, фальцьовані, зварні, паяні, клеєні, контактні, замкові, пружинні, Штуцерна, ніпельні, комбіновані та ін.).

Досягається при складанні необхідна точність виробу, під якою розуміється відповідність значень параметрів виробу значенням, заданим в конструкторській документації. Необхідна точність складання дотримується при застосуванні відповідного методу складання виробу - сукупності правил досягнення заданої точності останнього у ланки розмірної ланцюга при складанні.

При складанні різноманітних по конструкції виробів застосовують різні види збірки. Під виглядом складання виробу розуміється категорія збірки, що виділяється по одному з її ознак. На вибір видів складання впливають: конструкція виробів, які складає та їх складових частин; їх геометричні форми, розміри і маса; число модифікацій виробів, які складає; тип виробництва і програма випуску виробів; точність і продуктивність збірки; режими процесу складання; функціональна взаємозв'язок елементів виробу і ступінь їх взаємозамінності; число маложестких і легко пошкоджуються елементів; витрати на виконання збірки і т.п.

Існує велика кількість видів складання, які можна класифікувати за: об'єкту збірки; стадії процесу; методу утворення з'єднання; організації виробництва; переміщенню виробу, що збирається; механізації і автоматизації процесу; методу забезпечення точності останнього у ланки; послідовності складання; розташуванню осі збірки в просторі; увазі складального руху; числу одночасно збираються з'єднань; способу поєднання осей поверхонь, що сполучаються зібраних компонентів; часу переналагодження процесів складання; увазі теплового впливу на що збираються компоненти; характером діючої складальної сили на що збираються компоненти; виду покриттів поверхонь, що сполучаються і речовин, що вводяться в зону сполучення.

За об'єкту збірки вона поділяється на вузлову збірку, об'єктом якої є складова частина виробу (вузол), і на загальну збірку, об'єктом якої є виріб в цілому. За стадії процесу складання ділиться на попередню, проміжну і остаточну збірку, а також збірку під зварювання (паяння, склеювання). За методом утворення з'єднання - на слюсарну збірку, монтаж, електромонтаж, зварювання, пайку, клебку, склеювання. За послідовності складання поділяється на послідовну, паралельну і послідовно-паралельну збірку виробу або його складових частин. За розміщенням осі збірки в просторі -на вертикальну, горизонтальну і похилу. За увазі теплового впливу на що збираються компоненти розрізняють збірку без теплового впливу і з тепловим впливом і т.д.

Вибір найбільш ефективних видів і способів збирання конкретного виробу, що забезпечують складання необхідної кількості і заданої якості виробів з мінімальними витратами праці і витратами виробництва, залежить від правильності врахування впливу комплексу взаємопов'язаних виробничих, організаційних, технологічних та соціальних факторів.

11.2 Вихідні дані та послідовність проектування технологічних процесів складання

Послідовність проектування технологічного процесу складання і вихідні матеріали. Проектування технологічного процесу складання проводиться в такій послідовності: визначається такт збірки, складається схема зборки, вибирається організаційна форма складання, намічається послідовність виконання операцій, проектуються способи виконання операцій і переходів; при цьому вибираються необхідні інструменти і пристосування для обґрунтування цього вибору.

В одиничному і дрібносерійного виробництва технологічний процес складання розробляють укрупнено, обмежуючись зазвичай складанням тільки послідовності операцій.

Вихідними матеріалами для проектування технологічного процесу складання є: вузлові і загальні креслення зібраних об'єктів, специфікації деталей і вузлів, що входять в об'єкт збірки, річна програма випуску і технічні умови на складання об'єктів.

Трудомісткість складання становить значну частку загальної трудомісткості виготовлення виробів (в автомобільній промисловості до 30%). Тому при значних програмах випуску зменшення трудомісткості складальних робіт має велике значення. Основні шляхи вирішення цієї проблеми - механізація і автоматизація складальних процесів.

При складанні вузлів машин на автоматичних верстатах процес складається з подачі деталей, що збираються до місць їх з'єднання, взаємного їх орієнтування для здійснення потрібного сполучення і його виконання. Для виконання всіх перерахованих переходів в автоматичних складальних верстатах передбачають певні механізми, які виконують ці функції.

Правильність автоматичного орієнтування деталей в процесі складання і здійснення потрібних сполучень можливо лише за умови взаємозамінності.

Тема 12. Основи високих технологій та інноваційних технологій

12.1 Основні відмінності високих технологій від традиційних технологій

Відомо, що в другій половині ХХ і на початку ХХІ століття, величезне значення набуває створення навчальної системи, яка була б орієнтована на актуалізацію багатого особистісного потенціалу учнів. У зв'язку з цим, мається на увазі не просто «навчання» учнів певних видів діяльності, а формування у них потреби в безперервному самостійному оволодінні знаннями, вміннями, навичками та їх використання в різних ситуаціях життєдіяльності. А це, в свою чергу, стало причиною того, що одним з найбільш значущих напрямів модернізації сучасного процесу навчання стає впровадження технологічного підходу.

Слід зазначити, що у вищій школі протягом століть традиційно домінувала спочатку лекційна, а потім лекційно-практична методика навчання, характерними елементами якої є:

- лекція як основна форма передачі великого обсягу систематизованої інформації, яка повинна бути орієнтовною основою для самостійної роботи студентів;
- семінарсько-практичні заняття - форма організації, поглиблення, розширення, закріплення навчального матеріалу, використання його на практиці і для контролю знань, отриманих на лекції і в процесі з самостійної роботи
- основою навчання є самостійна навчально-пізнавальна діяльність студента;
- навчальна група - форма організації студентів, постійний склад якої зберігається протягом усього періоду навчання у вузі;
- навчальний рік, зазвичай ділиться на два семестри, заліково-екзаменаційний період і канікули;
- завершується навчання у вищому навчальному закладі державними

іспитами, і (або) захистом дипломної (випускної) роботи Традиційна система навчання більш-менш задовольняла суспільні потреби, проте кінець ХХ - початок ХХІ століття ознаменувалися революційними соціально-економічними, інформаційними змінами, які вимагали кардинальних змін в освітньому середовищі.

Проблема застосування різноманітних технологій в освітньому процесі в даний час ускладнюється необхідністю вибору тієї чи іншої педагогічної технології. Відповідно до цього, на наш погляд, варто розглянути два типи технологій, активно застосовуються в педагогічній практиці: традиційні та інноваційні педагогічні технології. Ми вважаємо, що порівняльний аналіз дозволить виділити як позитивні, так і негативні сторони технологій, що використовуються в різні історичні періоди, а, значить, допоможе педагогам більш усвідомлено підходити до проблеми їх вибору.

Для проведення аналізу традиційних та інноваційних педагогічних технологій визначимо саме поняття «педагогічна технологія».

Як показує аналіз педагогічної літератури, у вітчизняній науці цей термін вживається дуже широко. Він може позначати напрямок дидактики, технологічно розроблену систему навчання, систему методів і прийомів навчання, нарешті, методику та окремі методи навчання. Ми, в свою чергу, дотримуємося точки зору, згідно з якою, педагогічна технологія - це системне, концептуальне, нормативне об'єктивувати інваріантне опис діяльності вчителя і учня, спрямоване на досягнення освітньої мети.

Тепер звернемося до розуміння дефініцій «традиційна педагогічна технологія» і «інноваційна педагогічна технологія».

До традиційних педагогічних технологій дослідники відносять ті педагогічні технології, які були найбільш ефективними в другій половині ХХ століття (особливо 70-90-ті рр.).

Під інноваційними педагогічними технологіями, в більшості випадків, розуміються такі технології, реалізація яких буде приводити до підвищення ефективності процесу навчання в сучасних умовах.

Іншими словами, інноваційна педагогічна технологія - це системний процес діагностичні спрямованого впливу на учня для задоволення всієї сукупності його потреб шляхом діалектичного поживлення спеціально спроектованій діяльності, що призводить до підвищення ефективності цілісного педагогічного процесу на сучасному етапі.

Тепер перейдемо до описового аналізу традиційних та інноваційних педагогічних технологій, який буде базуватися на таких критеріях:

1. Коротка характеристика технології;
2. Складові елементи технології;
3. ефективність використання технології.

Заключна складова аналізу буде представлена у вигляді висновків з даної проблеми.

Отже, звернемося до короткого розгляду традиційних педагогічних технологій, до яких відносяться: формує технологія (традиційне пояснювально-ілюстративне навчання), узагальнена технологія розвиваючого навчання, метод

проектів, ігрові технології та ін.. формує технологія (Традиційне пояснювально-ілюстративне навчання)

1. Як впливає з назви, дані технології є технології, побудовані на основі пояснювально-ілюстративного методу навчання. В основі лежить інформування, фактологічне просвіта учнів, побудоване на організації репродуктивних дій учнів з метою вироблення у них загальнонавчальних умінь і навичок.

2. Складовими елементами є: повідомлення теми і цілей навчання, актуалізація раніше вивчених знань, організація сприйняття нового матеріалу, створення орієнтирів для навчальних дій, закріплення і узагальнення вивченого, застосування знань до вирішення завдань, контроль і оцінка засвоєного матеріалу.

3. Що стосується ефективності технологій такого типу, то можна відзначити, що вона економічна, її застосування не вимагає великої кількості часу, щоб сформувати в учнів великий обсяг знань і умінь. Саме це і приваблює педагога.

Узагальнена технологія розвиваючого навчання

1. В основі технології - спосіб навчання, що викликає включення внутрішніх механізмів інтелектуальних здібностей учнів, які навчаються самостійно здобувати знання. Суть концепції розвиваючого навчання полягає в створенні умов, при яких навчання орієнтоване на всебічний розвиток дитини, розвиток її творчих здібностей.

2. Складові елементи цієї технології -

1) процесуальна цільова спрямованість (навчання способам теоретичного мислення, процедурам пошукової діяльності);

2) наближеність наукової діяльності до наукового пізнання, що досягається за допомогою зіткнення учнів з протиріччями, постановки школярів в позицію дослідника, присутності елементів проблемного навчання;

3) рефлексивна діяльність учнів;

4) активно-діяльнісна позиція школяра;

5) учитель - керівник і партнер по навчальному дослідженню.

3. Процес розвитку дитини тривалий і вимагає великих витрат педагогічних сил і часу. Ця проблема вирішується за допомогою технології розвиваючого навчання.

Проектна технологія (метод проектів)

1. Метод проектів - раціональне поєднання теоретичних знань і їх практичного застосування у вирішенні конкретних проблем навколишньої дійсності.

2. Елементи технології представлені досить широко. Виділимо основні фази:

1) уявлення теми проекту: виявлення знань дітей, формування понять, пошук ідей («мозковий штурм»);

2) обрання проблеми: самостійне формулювання проблеми і визначення цілей дослідження;

3) формулювання підтем (проблем): визначення кола питань, консультування;

4) планування роботи: обговорення, прийняття проблем;

- 5) Здійснення проекту;
- 6) Представлення проекту: демонстрація результату, поява нових питань, прогнозування нових проблем;
- 7) Оцінка проекту: оцінка з боку, самооцінка, виявлення успіхів і невдач.
Особливо ефективною дана технологія є в системі професійної освіти.

Ігрові технології

1. Ігрова діяльність характеризується процесами свідомої організації і способу здійснення діяльності, яка ґрунтується на рефлексії і активних пошукових діях з приводу змісту ролей, ігрових функцій або сюжету. Концептуальними засадами ігрових технологій є: психологічні механізми ігрової діяльності; гра як форма психогенного поведінки; гра як простір «внутрішньої соціалізації» дитини; гра як свобода особистості.

2. Можна назвати наступні компоненти ігрової діяльності: рефлексивний, пошуковий, розумовий, організаційний. У педагогіці часто застосовуються ділові, організаційно-діяльністьні, інноваційні ігри.

3. Ігрові технології сприяють розкріпаченню творчих здібностей особистості, її власного «я», спонукають поглянути на знайоме по-новому.

Звернемося до короткого аналізу сучасних педагогічних технологій, до яких відносяться: технологія «Дебати», «Кейс-стаді», технологія проблемного навчання (існує давно), технологія «Портфоліо» та ін. З метою подальшого порівняльного аналізу традиційних і сучасних технологій, що існують в педагогіці.

Технологія «Дебати»

1. Дебати - це позиційна технологія, яка використовує позиційні ігри для досягнення результатів: вміння користуватися інформацією, ставити питання, формулювати гіпотезу, вміння аргументувати свою думку, толерантно ставитися до чужої позиції тощо.

2. Основним технологічним прийомом тут є опрацювання певного тематичного спрямування, організація формалізованої дискусії за певними правилами.

3. Технологія розвиває в учасників «дебатів» здатність мислити і грамотно висловлювати свою точку зору.

Технологія «Кейс-стаді»

1. Технологія «Кейс-стаді» використовує опис реальних ситуацій. Учні аналізують практичну ситуацію, щоб розібратися в суті проблем.

2. Етапи створення технології: визначення мети, критеріальний підбір ситуацій, підбір необхідних джерел інформації, підготовка матеріалів до використання. Технологія включає: індивідуальну роботу з матеріалом, робота в малих групах, презентація і експертиза малих груп на загальній дискусії.

3. Технологія ефективна в професійній освіті, тому що розвиває практичне мислення.

Технологія проблемного навчання

1. Під проблемним навчанням розуміється така організація навчального заняття, яка передбачає роботу з проблемними ситуаціями, активну самостійну діяльність учнів по творчому вирішенню проблем. Проблемні ситуації

різноманітні і можуть створюватися на будь-якому етапі процесу навчання.

2. Існує ряд методичних прийомів створення проблемних ситуацій:

учитель сам підводить школярів до протиріччя, пропонуючи їм вирішити проблему;

педагог зіштовхує протиріччя в практичній діяльності; пропонує класу розглянути явище з різних сторін;

ставить конкретніше питання і ін.

До методів проблемного навчання відносяться: проблемний виклад і дослідницькі методи.

3. У ході вирішення проблемних ситуацій дитина стає в позицію суб'єкта свого навчання, і як наслідок, у нього з'являються нові знання, нові способи дії.

Технологія «Портфоліо»

1. «Портфоліо» - це технологія автентичного оцінювання освітньої та професійної діяльності; це персонально підібраний пакет матеріалів, які представляють результати діяльності у продуктивній формі. В цілому, це організація оцінювання самим учням успіхів, освітніх труднощів, а також шляхів їх подолання.

2. Технологія реалізується через демонстрацію її результатів і продуктів, їх аналіз та оцінку. У технології використовуються різноманітні прийоми організації рефлексії, аналітичних семінарів, конференцій.

3. Технологія сприяє розвитку самостійності, навичок інтенсивної аналітичної діяльності, а також формування відповідальності за власну справу.

Отже, ми привели короткий опис традиційних і сучасних педагогічних технологій. Тепер уявімо результати порівняльного аналізу, які можна отримати на основі уважного вивчення вищеописаних технологій.

Технологія комунікативного навчання

Цей підхід передбачає створення особливого простору навчальної діяльності, в якому навчається активно включається в колективний пошук істини, висловлює, аргументує свою точку зору, вислуховує і розуміє альтернативні точки зору; шанобливо відстоює свою позицію в діалозі, веде пошук підстав для спільної позиції, формулює справжню точку зору. Методи навчання: частково-пошуковий і дослідницький.

Даний підхід до організації навчального процесу в історії педагогіки відомий як дискусійний.

Технологія проблемно-пошукового навчання

Особливістю даного підходу є реалізація ідеї "навчання через відкриття". В рамках цього підходу навчається повинен сам відкрити явище, закон, закономірність, властивості, спосіб вирішення завдання, знайти відповідь на невідомий йому питання. При цьому навчається може спиратися у своїй діяльності на цикл пізнання, будувати гіпотези, їх перевіряти, знаходити правильне рішення з різноманітних способів.

Методи навчання при проблемно-пошуковому підході: проблемний виклад, дослідницький метод, частково-пошуковий.

Даний підхід до організації навчального процесу в історії педагогіки відомий як проблемне навчання.

Традиційні педагогічні технології характеризуються:

- орієнтацією на науковість у викладі матеріалу;
- організаційної чіткістю педагогічного процесу;
- впорядкованої, логічно грамотної подачею матеріалу (послідовність і систематичність в подачі матеріалу);
- урахуванням принципу природосообразности (навчання не форсують, визначається рівнем розвитку учнів);
- орієнтація на стандарт, зразок, використання ресурсів пам'яті;
- постійне ідейно-емоційний вплив особистості вчителя на учнів та ін.

При цьому:

- шаблонне побудова уроків;
- відсутність орієнтації на самостійну діяльність учнів;
- трансляція готового навчального змісту, в результаті чого в учнів спостерігається відсутність навичок спілкування;
- зрівняльний підхід до всіх школярів;
- організація дій репродуктивного характеру, відсутність умов для організації творчої діяльності учнів;
- суб'єкт - об'єктний характер відносин між учителем і учнями;
- орієнтація на формування особистості із заданими властивостями.

У свою чергу, сучасні педагогічні технології, на відміну від традиційних, характеризуються тим, що:

- збагачують освітній процес за рахунок впровадження активних, аналітичних, комунікативних способів навчання;
- забезпечують зв'язок теорії і фундаментального підходу до науки з практикою і прикладними дослідженнями;
- змінюють уявлення викладачів і учнів про освітню діяльність;
- формують сучасні компетенції у майбутніх фахівців, що відповідають вимогам ринку праці;
- забезпечують становлення аналітичних, організаційних, проектних, комунікативних навичок, розвивають здібності до прийняття рішення в нестандартних ситуаціях, вміння будувати власні освітні програми;
- є ресурсом для зміни змісту освіти і структури освітнього процесу відповідно до міжнародних вимог;
- орієнтовані на стимулювання творчого потенціалу учнів та ін.

Отже, сучасні педагогічні технології, на наш погляд, повинні займати провідне місце в ряду всіх відомих на даний момент традиційних технологій, застосовуваних в освітньому процесі. Це пов'язано з тим, що саме застосування сучасних педагогічних технологій дозволяє вчителю орієнтувати процес навчання на розвиток і становлення неповторної особистості своїх учнів.

12.2 Спеціальні методи обробки та інноваційні технології

Технології електроерозійного методу обробки

Дана нова технологія обробки металу заснована на дії зменшеного електричного розряду. Завдяки даній обробці створюються складні деталі і заготовки, які використовуються в апаратах і машинах. Для роботи необхідно

забезпечити безпеку співробітників, так як температура в місцях плавлення металу може досягати до 10000 градусів за Цельсієм. Така температура просто випаровує метал і дозволяє за допомогою технології виконувати найскладніші і химерні деталі.

Зараз ця технологія використовується майже у всіх виробництвах, але особливо поширена в машинобудуванні і авіабудуванні. Дрібні деталі, які використовуються в двигунах і турбінах, виробляються саме за допомогою цього обладнання.

Подібні верстати виробляються вітчизняними заводами, при цьому спектр устаткування, що випускається дуже широкий: від обладнання для виробництва малих деталей до обробки великих нескількотонних запчастин. Ознайомитися з ним можна на нашій виставці.

Технології з використанням Ультразвуку

За допомогою обладнання є можливість створення ультразвукових хвиль і інфразвукових коливань. І ті й інші коливання повністю нешкідливі для сприйняття людиною, але в промисловості вони знаходять широке застосування і підходять для роботи з різними металами - і з крихкими і з твердими.

Серцем верстата є спеціальний перетворювач, який перетворює електричний струм в високочастотні коливання. Відбувається це за рахунок руху струму по обмотці і створення змінного магнітного поля, яке коливає перетворювач. З коливається перетворювача і виходить ультразвук.

Також використовуються спеціальні перетворювачі, які здатні змінювати амплітуди великого коливання в амплітуди малі і навпаки. До торця хвилеводу кріпиться пристосування необхідної форми, зазвичай форма пристосування збігається з формою необхідного отвори.

Подібні верстати найчастіше використовують для виготовлення матриць і їх повторної обробки, а також для виконаних з фериту осередків пам'яті для різних мікросхем і напівпровідникових приладів. Це далеко не весь спектр робіт, вироблених за допомогою ультразвуку. Ще можливі роботи зі зварювання, мийці, очищення та контролю вимірювань. Причому вся робота, вироблена обладнанням на ультразвуку, ефективна і якісна. З ультразвуковим обладнанням можна познайомитися на виставкових експозиціях.

Нові технології електрохімічної обробки

У виробництві зазвичай використовують електроліз. Це реакція, при якій іони, отримані від розчиненого речовини, рухаються до катода і анода в залежності від того, позитивно чи негативно вони заряджені. Продукти сталася в результаті цього реакції або осідають на електродах, або перетворюються в розчин.

За допомогою електролізу виготовляють рельєфні зліпки різних моделей з металу, а також декоративні покриття для виробів, отримують метали з води і руд. Ця ж нова технологія обробки металу використовується на виробництвах хлору.

Завдяки технології з використанням електролізу можна без особливих тимчасових витрат організувати виробництво запчастин будь-якої форми і складності.

Проробляти пази в деталях і розрізати вже наявні заготовки. Існують різні верстати, які застосовують даний метод обробки. Головною перевагою

використання цього обладнання є можливість обробки будь-якого металу, а також неізнашіваність катода в процесі роботи з металом.

Тема 13. Типові технологічні процеси в машинобудуванні

13.1 Технологія виготовлення корпусних деталей, шпинделів станків, ходових гвинтів, циліндричних зубчастих коліс

До корпусним відносять деталі, що містять систему отворів і площин, координованих один щодо одного. До корпусним деталям відносять корпуси редукторів, коробок передач, насосів, електродвигунів і т.п.

Основні технологічні завдання при виготовленні корпусів полягають в забезпеченні в встановлених межах:

* Паралельності і перпендикулярності осей основних отворів один одному і базових поверхонь;

співвісності основних отворів;

задані міжосьові відстані;

точності діаметрів і правильності форми отворів,

перпендикулярності торцевих поверхонь осей отворів;

прямолінійності площин. Основні схеми базування:

Схеми базування корпусних деталей залежать від обраної послідовності обробки. При обробці корпусів використовуються наступні послідовності:

а) обробка від площини, тобто спочатку обробляють остаточно установчу площину, потім її приймають за установчу технологічну базу і щодо неї обробляють основні отвори;

б) обробка від отвору, тобто спочатку обробляють остаточно основне отвір, воно приймається за технологічну базу, а потім від нього обробляють площину.

Послідовність механічної обробки корпусу

призматичного типу з плоским підставою і основним отвором з віссю, паралельної підставі:

Заготівельна.

Заготовки корпусів з сірого чавуну відливають в піщано-глинисті, металеві (кокіль) або оболонкові форми, зі сталі - в піщано-глинисті форми, кокіль або по виплавлених моделях. Заготовки з алюмінієвих сплавів відливають в кокіль або литтям під тиском. В одиничному і дрібносерійного виробництва застосовують зварні корпусу зі сталі. Корпуси можуть бути збірними.

Заготовки корпусних деталей перед механічною обробкою проходять ряд підготовчих операцій.

Підготовчі операції:

Термічна. Відпал (низькотемпературний) для зменшення внутрішньої напруги.

Обрубка і очищення заготовки.

У виливків видаляють літники і прибутку на пресах, ножицях, стрічковими пилами, газової різкій і т.д. Очищення виливків від залишків формувальних сумішей і зачистка зварних швів у зварних заготовок проводиться дрібоструминного або піскоструминної обробкою.

Малярська.

Грунтовка і фарбування необроблених поверхонь (для деталей не піддаються в подальшому термообробці). Операція проводиться з метою запобігання потрапляння в працюючий механізм корпусу чавунної пилу, що володіє властивістю «в'їдатися» в нефарбовані поверхні при механічній обробці.

контрольна,

Перевірка корпусу на герметичність. Застосовується для корпусів, що заповнюються при роботі маслом. Перевірка проводиться ультразвуковий або рентгенівської дефектоскопії. В одиничному виробництві або при відсутності дефектоскопії перевірка може проводитися за допомогою гасу і крейди.

Для деталей, що працюють під тиском, застосовується перевірка корпусу під тиском.

Розмічальна.

Застосовується в одиничному і дрібносерійного виробництва. В інших типах виробництв може застосовуватися для складних і унікальних заготовок з метою перевірки «викраїваемости» деталі.

Основні операції механічної обробки:

Фрезерна (протяжна).

Фрезерувати або протягнути площину підставу попередньо і остаточно або з припуском під плоске шліфування (при необхідності).

Технологічна база - необроблена площина паралельна оброблюваній поверхні. устаткування:

в одиничному і дрібносерійного виробництва - вертикально-фрезерний або стругальний верстати;

в серійному - поздовжньо-фрезерний або поздовжньо-стругальний верстати;
ADVERTISEMENT

* У великосерійному і масовому - барабанно- і карусельно-фрезерні, плоскопротяжні, агрегатно-фрезерні верстати

Свердлильна.

Свердлити і зенкувати (при необхідності) отвори в площині підстави. Розгорнути два отвори, які використовуються при базуванні.

Технологічна база - оброблена площину підстави. Устаткування радіальний-свердлильний верстат або свердлильний з ЧПУ, в масовому і великосерійному виробництвах - багатошпиндельних свердлильний верстат або агрегатний верстат.

Фрезерна.

Обробка площин, паралельних базової (при їх наявності).

Технологічна база - площину підстави. Устаткування - аналогічне першій фрезерній операції.

Фрезерна.

Обробка площин, перпендикулярних базової (торці основних отворів).

Технологічна база - площину підстави і два точних отвори. Устаткування - горизонтально-фрезерний або горизонтально-розточний верстат.

Розточна.

Розточування основних отворів (попереднє і остаточно або з припуском під тонке розточування).

Технологічна база - та ж. Обладнання: - одиничне виробництво універсальний горизонтально-розточний верстат;

Дрібносерійне і середнє серійне - верстати з ЧПУ розточни-фрезерної групи і багатоопераційні верстати;

Багатосерійне і масове - агрегатні багатошпиндельні верстати. Сверлильна.

Свердлити, зенкувати (при необхідності), нарізати різьбу в кріпильних отворах,

Технологічна база - та ж. Устаткування: радіально-сверлильний, сверлильний з ЧПУ, багатоопераційний, сверлильний багатошпиндельний або агрегатний верстати (в залежності від типу виробництва)

Плоскошліфувальна.

Шліфувати (при необхідності) площину підстави,

Технологічна база - поверхня основного отвору або оброблена площину, паралельна базової (в залежності від необхідної точності відстані від базової площини до осі основного отвору). Устаткування - плоскошліфувальний верстат з прямокутним або круглим столом.

Алмазно-розточна.

Тонке розточування основного отвору,

Технологічна база - базова площину і два отвори. Устаткування - алмазно-розточний верстат.

Мийна.

Контрольна.

Нанесення антикорозійного покриття.

Особливості обробки різних корпусів:

У маршрут обробки різних корпусів додатково до вищенаведених операцій включають:

обробку поверхні роз'єму біля основи (фрезерна);

обробку поверхні роз'єму у кришки (фрезерна);

обробку кріпильних отворів на поверхні роз'єму підстави (сверлильна);

обробку кріпильних отворів на поверхні роз'єму кришки (сверлильна);

збірку корпусу проміжну (слюсарно-складальна операція);

обробку двох точних отворів (зазвичай свердлінням і розгортанням) під циліндричні або конічні штифти в площині роз'єму зібраного корпусу. Подальша обробка корпусу проводиться в зборі.

13.2 Технологія виготовлення деталей з пластмас та металокераміки

Листи і плити з термопластів найчастіше виготовляють Каландрирование - вальцюванням на багатовалкових прокатних верстатах. Вальцюванням на профільних валках виготовляють також гофровані листи для сотопластов. Фасонні вироби з листів отримують пресуванням в матрицях жорстким або пружним пуансоном (повітрянаповненим гумовим мішком).

Широке застосування отримав спосіб пневматичного і вакуумного формування. При пневматичному формуванні листову заготовку, нагріту до пластичного стану, затискають по периметру матриці, після чого тиском

стисненого повітря осаджують заготовку на матрицю. При вакуумному формуванні всередині матриці створюють вакуум, в результаті чого заготовка втягується в матрицю, облягаючи її поверхню. Таким способом виготовляють фасонні кришки, відкриті резервуари, обтічники і інші тонкостінні вироби.

Пресування

Пресування застосовують для виготовлення фасонних виробів з реактопластів і отверждаємих термопластів. Вихідним матеріалом служать таблетки, гранули, крихта; для виробів з порошковими наповнювачами - прес-порошки. Процес здійснюють в прес-формах, що складаються з матриці і пуансона. Формування проводиться при підвищеній температурі (прес-форми нагрівають), що забезпечує затвердіння матеріалу.

Зварювальні роботи під тиском!

Шукали машини для вакуумного лиття?

У матрицю засипають мірне кількість попередньо підігрітого прес-матеріалу, після чого до пуансону прикладають механічне або гідравлічне зусилля і піддають виріб короткочасної витримки в формі під постійним тиском, в результаті чого відбувається затвердіння матеріалу. Потім пуансон відводять; а затверділе виріб з матриці віддаляється виштовхувачами.

Режими формування (температура попереднього підігріву, температура і тиск пресування, тривалість витримки) залежать від рецептури прес-матеріалу, від розмірів і конфігурації виробу і підбираються дослідним шляхом. Зазвичай температура попереднього підігріву 130-180 ° С, температура пресування 200-220 ° С, тиск пресування 10-30 МПа, тривалість витримки 15-30 с.

В даний час застосовують повністю автоматизовані багатопозиційні роторні пресові агрегати з автоматичним високочастотним підігрівом, продуктивність яких 100 пресувань в хвилину і вище.

Точність розмірів деталі залежить від точності виготовлення матриці і пуансона, точності дозування прес-матеріалу і від дотримання режимів пресування.

Якість поверхні деталей високе. При належній обробці оформляють поверхонь матриці і пуансона (хромування, полірування) можна отримати поверхню шорсткістю $Ra = 0,080-0,160$ мкм.

Лиття під тиском

Лиття під тиском застосовують для формування термопластів. Вихідний матеріал (гранули, таблетки) піддають нагріванню до повного розм'якшення. Ливарна маса рідких консистенції подається в обігрівається циліндр, звідки видавлюється поршнем через літніковіє канали в охолоджені металеві форми. Після охолодження і затвердіння прес-форма розкривається, і вилівки видаляються виштовхувачами. Літники і задирки, які утворюються в порожнині роз'єму форми, обрубують і зачищають. Температура розм'якшення литтєвий маси залежить від її складу. Тиск пресування 100-150 МПа. Температура форми 20-40 ° С.

13.2 Технологія виготовлення деталей з пластмас та металокераміки

Останнім часом багато уваги приділяється створенню металокерамічних і

композиційних металевих матеріалів Основні цілі, які при цьому переслідуються - отримання конструкційних матеріалів з новими, підвищеними властивостями, а також розробка більш зручною та економічною технології виготовлення деталей і конструкцій. Технологія порошкової металургії включає наступні основні операції

Залізо-нікель - алюмінієві сплави , як і залізо-нікель -Алюмінієвий-мідні і залізо-нікель -Алюмінієвий-кобальтові, використовуються для отримання деталей і металокерамічним способом . Цей спосіб особливо вигідний для виготовлення дрібних деталей масою від часток грама до 30 м Застосування металокерамічної технології вирішило задачу виробництва дрібних деталей зі сплавів, що містять кобальт. Металокерамічна технологія забезпечує при виробництві деталей з цих сплавів менше відходів внаслідок відсутності ливарних дефектів , кращої шліфувана, більшою механічною міцністю , однорідності. притиску спікання в чистому водні 400-800 МПа при 1300 ° С металокерамічні магніти з залізо-нікель - алюмінієвого сплаву мають щільність на 8-7% менше, ніж литі, і магнітні властивості , близькі до таких у литих магнітів. Існують два способи отримання магнітів по металокерамічних принципом. У першому випадку деталі з суміші чистих порошків або їх лігатури пресуються в прес-формах в два прийоми спочатку при знижених тиску і температурі, потім при повному тиску з подальшим остаточним спіканням завершальній операцією є термічна або термомагнітна обробка . Другий спосіб полягає в виготовленні металокерамічних заготовок сутунок, з яких після термообробки і прокатки на смуги і

Перевагою металокерамічної технології є можливість виготовлення деталей , які не потребують подальшої механічної обробки.

Простота установки і експлуатації металокерамічних пористих підшипників, а також можливість отримання їх калібрувальним пресуванням у вигляді готових деталей остаточних розмірів, котрі мають потреби в обробці різанням , є важливою перевагою (у порівнянні з литими підшипниками ковзання). Крім того, пористі металокерамічні підшипники на відміну від шарико-підшипників працюють абсолютно безшумно. Металокерамічні пористі підшипники вигідно відрізняються від литих і тим, що технологія їх виготовлення виключно проста.

Жароміцні металокерамічні матеріали, а також різні вогнетривкі матеріали, призначені для роботи в якості елементів сучасних машин, як відомо, виготовляються часто відразу у вигляді готових деталей, що вимагають невеликої механічної обробки. Такі матеріали мають великий неоднорідністю фізичних властивостей як за обсягом, так і в різних зразках однієї партії і тим більше в різних партіях. Властивості матеріалів внаслідок особливостей їх виготовлення можуть змінюватися в залежності від їх геометрії і розмірів. При пошукових дослідженнях зі створення матеріалів принципово нових класів, призначених для роботи в умовах високих швидкостей газового потоку і температур, часто необхідно дати оцінку теплофізичних характеристик конкретної деталі або спрощених зразків з подібною технологією виготовлення. Іноді необхідно дати цю оцінку при випробуваннях деталей безпосередньо на випробувальних стендах, де вивчаються одночасно такі властивості, як ерозія, окислюваність, стійкість до

термічних напруг тощо.

За допомогою дифузійної зварювання виготовлені апарати, плаковані сріблом або міддю, висотою 3 м і діаметром 1,86 м високостійкі штампи для вирубки магнітопроводов електродвигунів для електротехнічної промисловості ріжучий і вимірювальний інструмент металокерамічні гермовводи вузли з фериту і металокераміки пружні елементи датчиків багатошарові панелі модулі Пневмоніка колеса турбін радіальноготипу лопатки турбін пористі труби для хімічної і газової промисловості клапани, поршні і гільзи циліндрів двигунів і багато інших. В електронній промисловості дифузійна зварювання застосовується для виготовлення і збірки уповільнюють систем, катодних ніжок, напівпровідникових приладів та інших деталей і вузлів електровакуумних приладів дозволяє успішно зварювати фольгу з нікелю товщиною 3 мкм з масивної деталлю, алюмінієву фольгу товщиною 8 мкм з ґратами з міді. технологія зварювання забезпечила отримання вакуумноплотних, термостійких, вібростійких з'єднань при збереженні високої точності, геометричних розмірів і форм виробів.

Тема 14. Сучасні технології механічної та фізико-технічної обробки деталей машин

14.1 Перспективні технології механічної обробки отворів, циліндричних та плоских поверхонь

Процеси механічної обробки металів - механообработки - діляться на дві групи:

- обробка зі зняттям матеріалу
- обробка без зняття матеріалу.

До методів обробки без зняття матеріалу відносяться прокатка, пресування, кування і штампування . Як правило, це чорнові операції, які передбачають подальшу обробку заготовок різанням з метою отримання деталі необхідних розмірів і класу шорсткості.

Основні методи обробки металів на металообробних верстатах :

Фрезерна - головний рух повідомляється інструменту (фрези), а рух подачі - заготівлі.

Токарська - обточування - заготівлі повідомляється обертальний головний рух, а інструментам (різцям) - рух подачі.

Свердління - вид обробки, за допомогою якого можна отримувати отвори, збільшувати діаметр отворів або змінювати їх форму - свердління. Як головний рух, так і рух подачі зазвичай повідомляються інструменту, проте в спеціальних верстатах це може не дотримуватися. Свердління - високопродуктивний спосіб обробки отвору. Однак цим способом можна отримати отвір невисокої точності розміру (по 5-го класу) і чистоту поверхні до Rz25.

Отвори в суцільному металі виконуються свердлінням за допомогою спеціального інструменту - свердла . Найбільш поширені спіральні свердла . Вони призначені для свердління глухих і наскрізних отворів і для розсвердлювання наявних отворів. Спіральні свердла складається з робочої частини, шийки і хвостовика. Хвостовики свердел бувають циліндричними та конічними. Для

свердління глибоких отворів (глибина перевищує діаметр в 5 і більше разів) застосовують спеціальні свердла, з внутрішніми каналами для подачі мастильно-охолоджувальної рідини. Зенкування отворів проводять спеціальним багатолезовим інструментом циліндричної або конічної форми - зенкером. При зенкуванні чистота поверхні виходить вище, ніж під час свердління. Для отримання отворів більш високої точності і чистоти використовують розгортки.

Шліфування - головний рух завжди обертальний; воно виконується інструментом (шліфувальним кругом).

Тиск - метод обробки, заснований на використанні пластичності металів, тобто на їх здатності в певних умовах сприймати під дією зовнішніх сил залишкову інформацію без порушення цілісності матеріалу заготовки.

Стругання - процес, при якому проводиться обробка однолезвийним інструментом, який здійснює зворотно-поступальні рухи. При струганні на поздовжньо-стругальних верстатах головний рух повідомляється заготівлі а рух подачі - інструменту (різця). При струганні на поперечно - стругальних верстатах і обробці заготовок на довбальних верстатах головний рух повідомляється інструменту (різця), а рух подачі - заготівлі або різця. Для більш повного використання потужності верстата застосовується Багаторіздеві стругання.

Раціональний режим різання при струганні визначають за тією ж методикою, що і при точінні, з урахуванням відповідних поправочних коефіцієнтів.

Основні недоліки стругання: удар інструменту (різця) на початку кожного робочого ходу і наявність холостого ходу, що знижує стійкість інструменту і продуктивність обробки.

Найчастіше для доведення металу до готового стану у виробництві виникає необхідність піддати його обробці не на одному, а на декількох видах верстатів - це називається універсальна обробка металу.

14.2 Сутність фізико-технічної обробки деталей машин

Аналіз фізико-технічних процесів, які супроводжують пластичне деформування металів при гарячому штампуванні, дозволяє сформулювати основні вимоги, які повинні бути враховані при конструюванні штампованих деталей для підвищення їх технологічності. Для скорочення механічної обробки максимально можливу кількість поверхонь штампованих деталей повинно передбачатися (при їх конструюванні) без подальшої механічної обробки. Допуски на виготовлення штамповок з чорних металів на різних видах ковальсько-пресового устаткування встановлюються ГОСТом 7505-55. Припуски і допуски на поковки загального призначення, що виготовляються вільним куванням на молотах, з вуглецевої і легваної сталі при одиничному і дрібносерійного виробництва регламентовані ГОСТом 7829-70, а на поковки вагою до 35 т, що виготовляються вільним куванням на пресах - ГОСТом 7062-67. Як показує практика, в конструкціях машин часто передбачаються зайва точність і шорсткість поверхні, що вимагають механічної обробки, яка значно ускладнює і здорожує виготовлення машини.

Вибір заготовок практично починається вже в процесі конструювання деталей. В першу чергу це стосується корпусних деталей і деталей складної

конфігурації типу важелів, рукояток, маховиків і зубчастих коліс , що мають поверхні, що не піддаються обробці різанням , які виходячи з їх службового призначення можуть залишатися в деталях необробленими. Заготовки для зазначених деталей можуть бути отримані різними способами (відливанням, штампуванням, зварюванням, комбінацією виливки, штампування і зварювання тощо). Знання виду заготовки , технології її виготовлення, а також процесу подальшої механічної обробки деталі вкрай необхідно конструктору для забезпечення технологічності її конструкції і найкращого використання в працюючій машині.

Встановивши номенклатуру деталей тієї чи іншої групи і визначивши вид заготовки, послідовність операцій , характер оснащення для комплексної деталі, технолог розробляє такий процес, за яким може бути оброблена будь-яка деталь, що входить в групу по всьому виробничому циклу . При виборі обладнання слід мати на увазі, що метод С. П. Митрофанова дозволяє застосувати автомати там, де, як правило, діяли тільки універсальні верстати , і виробляти на кожній налаштування обробку шістнадцяти-восемнадцяти типів деталей. Звичайно, це не межа, кількість їх повинно бути таким, щоб забезпечувалася повне завантаження устаткування. Значне збільшення партії деталей створить умови для застосування агрегатних верстатів. Виробляючи відпрацювання конструкцій і деталей машин на технологічність, одночасно слід уніфікувати, а в ряді випадків і нормалізувати однотипні деталі.

Викладено теоретичні основи технології машинобудування . Розглянуто типи виробництв, види заготовок і розрахунок припусків на механічну обробку . Висвітлено питання базування і установки заготовки металорізальних верстатах, точності обробки, технологічності конструкції деталей . Наведено правила проектування технологічних процесів механічної обробки , що забезпечують високу якість деталей і машин, типові технологічні маршрути механічної обробки деталей, найбільш часто зустрічаються в сільськогосподарських машинах і знаряддях. Дано відомості про пристосування для металорізальних верстатів . Викладено основи технології складання машин , агрегатів і вузлів. Описано прогресивні ресурсо- і енергозберігаючі технологічні процеси.

Вимоги до конструкції деталі. За рахунок відпрацювання технологічності і підвищення наступності конструкції технологи спільно з конструкторами повинні знаходити найбільш прості шляхи обробки і збірки великих виробів, переносити процеси основного формоутворення деталей в заготівельні цехи, впроваджувати вузлову і ланцюгову збірку, а також підвищувати Партіонність оброблюваних виробів. Для скорочення витрат праці при механічній обробці треба забезпечувати раціональне призначення посадок і продуктивне різання , зниження площі оброблюваної поверхні, підвищення коефіцієнта використання устаткування по потужності, скорочення допоміжного часу і використання спеціального оснащення, впровадження механізації та автоматизації виробництва . Особливо сприяють зниженню витрат праці зменшення ваги машин, впровадження раціональних видів заготовок і конструктивних рішень.

На фіг.приведена бічна парова коробка турбіни СВК-150 ЛМЗ [4] у вигляді виливки і звареної конструкції з поковок. У зв'язку з труднощами отримання якісного литва з аустенітної сталі ЛА1 вилівок була отримана з великою

кількістю дефектів і не могла бути використана в машині. Тому завод був змушений в даному випадку піти на використання не настільки технологічною звареної конструкції з поковок аустенітної сталі марки EI405. Виготовлення останньої зажадало різкого збільшення обсягу механічної обробки виробу і викликало необхідність виконання великої кількості зварних швів калібром до 50-60 мм. Очевидно, що прийняте в даному випадку конструктивне рішення є вимушеним. В даний час у зв'язку з розробкою ряду нових технологічних зварюються литих аустенитно феритних сталей (глава II, п. 4) можливості використання аустенітного лиття в великогабаритних деталях складної форми зростають.

Одним з найвідповідальніших етапів створення вертольота є розробка підзадані навантаження вузлів і деталей конструкції. При конструюванні деталей необхідно прагнути до виконання наступних загальних вимог домагатися мінімальної маси деталей, витримувати принцип агрегатності, тобто конструювати вузли у вигляді незалежних агрегатів, що встановлюються на вертоліт в зібраному вигляді виключати підбір і припасування деталей при складанні забезпечувати повну взаємозамінність деталей гарантувати високу міцність деталей і вузлів способами, що не вимагають збільшення маси приділяти особливу увагу підвищенню опору втомі деталей надавати деталям раціональні форми, зменшуючи концентрацію напружень, Вводити втомним зміцнюючу обробку попереджати корозію деталей домагатися уніфікації деталей забезпечувати максимальну технологічність деталей, вузлів і машини в цілому, закладаючи в конструкцію передумови найбільш продуктивного виготовлення і збірки розширювати застосування нормалізованих деталей.

Тема 15. Сучасне обладнання та інструменти в машинобудуванні

15.1 Загальна характеристика і технічні можливості сучасних високооберткових верстатів із ЧПУ типу "оброблювальний центр"

Недоліки традиційних верстатів з ЧПУ

Незважаючи на значну перевагу верстатів з ЧПУ в порівнянні з традиційними верстатами з ручним і механічним управлінням, вони, як і будь-які механізми, мають свої недоліки і обмеження.

1. Пристрій з ЧПУ ускладнює конструкцію всього обладнання, збільшуючи ймовірність виходу його з ладу. Особливо ця проблема була актуальною при появі перших моделей верстатів з ЧПУ, коли електроніка часто давала збої.

2. Числове програмне керування привело до створення нових підрозділів (наприклад, відділів САПР, АСТПП, ІПС ТН, СУБД), підготовці нових і перепідготовки колишніх фахівців в області проектування, програмування, налагодження, зберігання, пошуку та застосування керуючих програм. Це, в свою чергу, позначилося на фінансових, матеріальних, енергетичних і інших витратах.

3. Електронна частина верстатів з ЧПУ висунула нові, більш жорсткі вимоги до зовнішніх чинників навколишнього середовища: температурі, вологості, вібрації у виробничих приміщеннях, і в цілому, до техніки безпеки праці людини.

4. Інструментальна оснащеність верстатів з ЧПУ, тобто число одночасно встановлюються на верстаті інструментів, а також тип застосовуваних

інструментів, мало відрізнялися від універсальних верстатів без ЧПУ. Таким чином, характер виконуваних робіт також залишився практично незмінним.

5. Верстати з ЧПУ зайняли свою гідну «нішу», але при цьому не змогли вирішити завдання максимальної централізації всіх видів робіт в межах одного робочого місця, і можливості виготовлення складних деталей з високою точністю за одну операцію.

Загальна характеристика верстатів з ЧПУ типу «обробний центр»

Завдання максимальної централізації верстатних робіт вирішують верстати з ЧПУ нового покоління, які мають кілька назв в технічній літературі, що позначають одне і теж: «багатоцільові верстати», «багатоопераційні верстати», «обробні центри».

Багатоцільовим даний верстат навряд чи можна назвати, тому що мета насправді одна - виготовити якісну деталь з найменшими витратами. Невірно називати такий верстат і багатоопераційним, оскільки, згідно з визначенням, операція - це частина технологічного процесу, виконувана на одному робочому місці.

Самим «вдалим» буде визначити верстат як обробний центр (ОЦ), через максимальної централізації всієї різноманітності верстатних робіт в межах одного верстата.

Під обробляють центром будемо розуміти багатофункціональний верстат з ЧПК, що забезпечує найбільшу централізацію верстатних робіт для остаточного виготовлення різних деталей складної форми, і що володіє наступними основними характеристиками:

- стабільно висока продуктивність;
- стабільно висока точність (6-7 квалітети);
- швидка переналадка;
- універсальність щодо виду верстатних робіт;
- оснащеність пристроєм ЧПУ високого рівня з розширеною пам'яттю;
- оснащеність пристроєм автоматичної зміни інструменту;
- оснащеність пристроями всебічної діагностики;
- високий рівень автоматизації всіх механізмів верстата;
- технічна естетика і ергономічність.

Найбільш раціональним є застосування ОЦ в умовах дрібно- та середнесерійного виробництва.

Розрізняють дві основні групи ОЦ: токарні оброблювальні центри і обробні центри свердлильно-фрезерно-розточний групи. В основі такого поділу - класифікація деталей на «тіла обертання» і «не тіла обертання», оскільки їх поведінка під час виготовлення на верстаті принципово відрізняється: «тіла обертання» обов'язково повинні обертатися, а «чи не тіла обертання» - немає.

Розглянемо загальну характеристику і деякі моделі першої групи верстатів.

Загальна характеристика токарних обробних центрів

Токарні оброблювальні центри (ТОЦ) найбільш ефективні при виконанні токарних, свердлильних і фрезерних робіт над точною кратної заготовлею круглого перетину (прутами, трубами) для виготовлення складних деталей типу «тіла обертання» малих і середніх розмірів

Розглянемо основні конструктивні і технологічні особливості ТОЦ.

На верстаті є два шпинделя з можливістю синхронного обертання і позиціонування. Головний шпиндель розташований в нерухомій шпиндельній бабці, а контршпиндель - в рухомому механізмі задньої бабки або в револьверній голівці (РГ). На кожному шпинделі змонтовано самоцентрує патрон для установки заготовки.

У зв'язку з цим, з'являється можливість:

- а) автоматичної переустановки заготовки з одного патрона в інший;
- б) двостороннього закріплення заготовки в двох патронах;
- в) одночасного виготовлення двох коротких деталей ($L / D \square 5$), розташованих в різних патронах, при наявності 2-х і більше РГ

15.2 Прогресивні конструкції монолітних і збірних ріжучих інструментів зі зносостійкими покриттями

Хіміко-термічне осадження з газової фази або в зарубіжній термінології Chemical Vapor Deposition (CVD) є однією з базових технологій отримання тонких зносостійких покриттів на інструменті і на деталях машин. З її допомогою на виробі створюються металеві, напівпровідникові і ізолюючі шари товщиною до сотень мікрон. Метод CVD і його модифікації становлять універсальну технологію отримання тонких плівок, в тому числі і з наноструктурою. Сучасний етап розвитку методу CVD має широку номенклатуру загрозених матеріалів. Число речовин, які можна отримати методом CVD досягає декількох сотень

Існує велика кількість робіт з отримання високотехнологічних покриттів на різних виробі. Найбільш поширені такі покриття як: TiN, TiO₂, SiC, SiO₂, Si₃N₄. Покриття з інших речовин потребують більш детального дослідження, наприклад ZrB₂, ZrN, AlN, так як отримання цих покриттів стикається з труднощами практичного здійснення

Основну проблему сучасної технології осадження з плазми можна сформулювати як відсутність загальної теоретично обґрунтованої моделі технологічного процесу, яка мала б достатню точність опису наявних експериментальних даних. Зараз немає узагальнених підходів, які дозволили проводити оптимізацію технологічного процесу CVD за властивостями одержуваних покриттів або іншим параметрам.

На практиці на першому етапі формулюються вимоги до функціональних властивостей покриття, причому розглядається не поодинокий параметр, а цілий набір властивостей, що в загальному випадку веде до вирішення завдання багатопараметричної оптимізації. На другому етапі можливо формулювання вимог до плівці на мікрорівні, наприклад обмеження по складу, домішкам, дефектів. На третьому етапі відбувається вибір основної технологічної схеми процесу CVD, тобто вибір прекурсорів, способу ініціації хімічної реакції, технологічного обладнання.

На основі вище сказаного визначається число важливих технологічних параметрів і діапазон їх змін. Завдання оптимізації зводиться до поєднання, що забезпечує отримання набору плівок із заданими необхідними характеристиками, технологічних параметрів процесу.

Огляд технології CDV і покриттів хіміко-термічного осадження з газової фази.

Перші зносостійкі покриття були отримані шляхом хімічного процесу осадження при високих температурах 950 ... 1050 ° C з парогазового середовища. Цей процес скорочено називається CVD. Слід зазначити, що дана технологія широко застосовується не тільки для нанесення зносостійких покриттів на ріжучому інструменті, а й в інших областях техніки, де потрібне отримання шарів покриття і плівок з кристалічних матеріалів з високою чистотою і заданою структурою.

Процес CVD для нанесення покриттів на ріжучий інструмент, був вперше застосований компанією «Sandvik Coromant» (Швеція), далі до неї приєдналися, компанії «Hertel» (Німеччина), «Kennametal Hertel» (США), «Walter» (Німеччина) і ряд інших зарубіжних виробників інструменту.

Для поліпшення властивостей різального інструменту найбільший інтерес представляють покриття з кристалічною структурою з хімічно інертних і тугоплавких сполук, таких як карбід титану, нітрид титану, оксид алюмінію.

Перші зносостійкі CVD покриття були одношаровими з товщиною близько 4 ... 7 мкм.

Досить просте, за сьогоднішніми мірками, одношарове покриття TiC, що застосовувалося на перших покритих змінних непереточуваних пластинах, забезпечило ефект в підвищенні продуктивності обробки приблизно на 50%. Підвищення продуктивності було досягнуто в основному за рахунок збільшення швидкостей різання. За десять років швидкості різання при знятті основного припуску при токарній обробці зросли в середньому з 100 ... 120 до 150 ... 200 м / хв.

Поява зносостійких покриттів зробило революцію в металообробці ще й тому, що співпало за часом з двома іншими значними процесами.

Конструкції інструментів зі змінними, що не підлягають переточки пластинами, показали значно вищий потенціал вдосконалення, оскільки зносостійке покриття може бути нанесено тільки на змінну ріжучу частину.

У зв'язку з чим збірні інструменти відразу отримали вирішальну конкурентну перевагу. У цей період стала активно розвиватися автоматизація металорізального обладнання на базі ЧПУ. Інструменти, що використовуються при ЧПУ, мають стабільну геометрію ріжучої частини, відновлювану за рахунок заміни ріжучої кромки поворотною пластини. Високі експлуатаційні характеристики поворотних пластин, отриманими застосуванням зносостійких покриттів, були необхідні для виключення втручання оператора в процес обробки.

Збільшення вартості такого автоматизованого обладнання можна було виправдати тільки з одночасним значним зростанням продуктивності обробки, тому зносостійкі покриття виявилися найбільш ефективним і порівняно недорогим методом досягнення цієї мети.

Успішне застосування перших зносостійких CVD покриттів забезпечило їх широке поширення в промисловості. Одночасно було виявлено суттєві обмеження використання інструменту з покриттями. Найбільші проблеми були викликані недостатньою адгезією CVD покриттів, а також їх негативним впливом на механічні властивості основи. Рівень цього впливу можна пояснити на простому прикладі: якщо на твердосплавну пластину зі звичайного сплаву з областю

застосування ISO P30 (помірна чорнова обробка) нанести найпростіше покриття CVD, то отримана комбінація буде має область застосування ISO P10 ... P20.

Незважаючи на те, що діапазон швидкості різання для покритої пластини буде істотно вище, і відповідно вище її продуктивність, міцність пластини не дозволить використовувати інструмент для роботи у важких умовах. Таким чином, найпростіші покриття CVD зміщують область застосування твердих сплавів в сторону високих швидкостей різання, знижуючи їх характеристики. З огляду на це, можна було б зробити висновок, що такі сплави найкращим чином будуть підходити для чистової обробки, але тут вступає в силу інше обмеження.

Процес хімічного осадження характеризується більш високою швидкістю росту на загострених ділянках поверхні виробів. З ростом товщини шару покриття адгезія катастрофічно знижується. Застосування CVD означає, що товстий і легко відколюється шар покриття ляже якраз в зоні ріжучої кромки. З цим можна боротися, значно округляючи ріжучу кромку перед нанесенням покриття. Мінімальна величина округлення 20 мкм, типове значення для сучасних пластин 35-50 мкм. Подібна підготовка кромки бажана для пластин, призначених для чорнкової і напівчистової токарної і фрезерної обробки, але для ряду інших інструментів кромка повинна бути гострою.

До них відносяться пластини для тонкого фінішного точіння і розточування, різьбові і профільні пластини і всі типи цільного кінцевого інструмента. Так, для цільних твердосплавних фрез, типова товщина стружки на рівні 20 ... 40 мкм взагалі виявляється нижче рівня можливої для CVD гостроти кромки, що можна порівняти зі спробою акуратно нарізати сир тупим боком ножа.

Всі перераховані вище недоліки найпростіших CVD покриттів привели до необхідності серйозних робіт як в області вдосконалення технології CVD, так і в області розробки принципово інших методів нанесення покриттів. Еволюція CVD покриттів - це історія боротьби за усунення протиріччя між підвищенням зносостійкості і негативним впливом на міцність основи, протиріччя, закладеного в самій основі високотемпературного процесу.

Проте, зараз можна стверджувати, що в результаті цієї роботи більшість проблем було по черзі і дуже оригінально вирішено, що підтверджується незаперечним фактом - протягом всієї історії розвитку функціональних покриттів ріжучого інструменту частка методу нанесення CVD і його нових різновидів перевершує все, принципово інші технології, що з'явилися пізніше.

Огляд покриттів і технології КІВ

У всьому світі визнається першість радянських, а згодом російських розробок, в створенні друге за обсягом ринку технології нанесення покриттів на ріжучий інструмент, а саме PVD (Physical Vapor Deposition), або MEVVA (Metal Vapor Vacuum Arc), або КІВ (конденсація з іонним бомбардуванням). Інструменти з покриттям PVD з'явилися на початку 80-х років минулого століття. Ідея вперше була реалізована в Радянському Союзі, але, як це часто буває, індустриальне застосування у зарубіжних фірм виявилось більш успішним і великим. Перші покриття PVD були отримані у вигляді одного шару нітриду титану TiN товщиною 2 ... 4 мкм. У Росії цей процес отримав назву «Булат».

Нанесення цих покриттів визначилося в першу чергу тим фактом, що PVD технологія найбільш успішно поліпшує властивості тих ріжучих інструментів, де

технологія CVD неефективна або марна. По-перше, PVD реалізується при принципово більш низьких температурах, що не перевищують 600 ° С, що дозволяє покривати як твердосплавні пластини, так і інструменти з швидкорізальних сталей і навіть просто деталі машин, що працюють в умовах інтенсивного тертя. По-друге, покриття PVD може бути нанесено на гостру кромку і внаслідок рівномірного характеру осадження не викликає її притуплення.

Таким чином, даний тип покриттів може з успіхом використовуватися для малорозмірних кінцевих інструментів. У той же час тонкий шар покриття PVD не може змагатися з більш потужними покриттями CVD, сумарна товщина шарів яких може досягати 22 ... 25 мкм, тому донині поступається їм частку ринку змінних непереточуваних пластин.

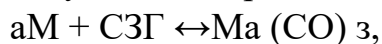
Удосконалення зносостійких покриттів на інструменті на прикладі карбоніл-процесу

Синтез карбонилів перехідних металів - заліза, нікелю, хрому, вольфраму, молібдену, кобальту і марганцю - не представляє великих труднощів і широко освоєний промисловістю.

Для пропонованої газофазної металізації через карбоніли необхідно отримати карбоніли необхідних металів безпосередньо в реакторі, де проводиться металізація ріжучого інструменту. Метою такої металізації є значне зниження температури самого процесу. Зниження температури процесу має наступні переваги:

- зменшення витрат енергії на процес;
- зменшення жолоблення деталей в процесі.

Технологічно, карбоніл-процес, в більшості випадків, ґрунтується на оборотній реакції взаємодії оксиду вуглецю з відповідним металом в активній формі, яку можна виразити загальним рівнянням:



де: М - метал, карбоніл якого необхідно отримати;

СО - монооксид вуглецю.

У першій фазі процесу (синтез) реакція тече зліва направо з утворенням карбоніла металу. У другій фазі процесу (термічний розклад) реакція тече справа наліво з утворенням металу у вигляді певної модифікації та оксиду вуглецю.

З наведеного рівняння видно, що процес синтезу карбоніла завжди супроводжується значним зменшенням числа молей реагуючих речовин, а процес термічного розкладання, навпаки - з відповідним збільшенням числа молей цих речовин.

Одночасно з цим, реакція синтезу карбоніла завжди є процесом екзотермічним (виділення тепла), а реакція його термічного розкладання, навпаки, процесом ендотермічним (поглинання тепла). Покладаючись на відомі положення хімічної термодинаміки, можна викласти загальні принципи здійснення карбоніл-процесу, які полягають в тому, що першу його фазу (синтез) доцільно вести при відносно низьких температурах, другу ж фазу (термічний розклад) - при відносно більш високих температурах. На практиці це положення завжди підтверджується.

Пропонована технологія, також як технології CVD і PVD, здійснюється при зниженому тиску.

При застосуванні даної технології, як і технології КІБ, здійснюється процес конденсації з іонним бомбардуванням, але на поверхні буде отриманий не тільки моношар нітриду одного металу, а багатошарові композиції, де чергується шар з нітриду, нітрідоутворюючого металу, з металом, що не створює нітрідів, і так далі.

Висновки по CVD і PVD покриттям:

1. Процес CDV відбувається при більш високій температурі, ніж процес PVD, що не перевищує 600 ° C.

2. Технологія PVD може бути використана для малорозмірних кінцевих інструментів, але досягається сумарна товщина покриттів в кілька сотень разів менше, ніж покриття CDV.

3. Більшість покриттів зараз випускаються багатошаровими з метою створення необхідного рівня захисту інструментальної основи від механічних і хімічних чинників зносу, за рахунок комбінації властивостей різних частин своєї шаруватої структури.

4. Пропонований карбоніл-процес не тільки зменшує витрати енергії для протікання процесу, а й сприяє зниженню викривлення деталей в процесі.

5. Технологія карбоніл-процесу допускає можливість створення не тільки моношару нітриду одного металу, а й багатошарових композицій, дозволяючи виконувати більшу кількість вимог до властивостей покриттів, що, безсумнівно, є перевагою, в порівнянні з технологіями CDV і PVD.

Змістовний модуль 4. Сучасні методи досліджень машин та обладнання

Тема 16. Методи пізнання дійсності

Всі ми живемо в реальному світі, діємо в ньому. Для усвідомленої, доцільною діяльності людині необхідна об'єктивна інформація про світ, про дійсність (її частинах) - діяльність людини не може будуватися на суб'єктивних ілюзіях.

Наприклад, лікар може лікувати хворого (усвідомлена цілеспрямована діяльність!), Лише знаючи закони функціонування людського організму, закономірності виникнення та розвитку хвороби (наявність інформації!).

Для отримання інформації про дійсність її необхідно пізнавати.

ПІЗНАННЯ - процес творчої діяльності людей, яка формує їх знання, на основі яких виникають ЦІЛІ, МОТИВИ І РЕЗУЛЬТАТИ людських дій.

Отримувати інформацію про дійсність (пізнавати дійсність) можливо різними МЕТОДАМИ.

МЕТОД - шлях (спосіб) досягнення мети, певним чином упорядкована діяльність.

МЕТОД ПІЗНАННЯ - спосіб пізнання дійсності, отримання інформації про неї.

Пізнаючи дійсність, ми повинні знати, що ми хочемо вивчити.

Об'єкт дослідження (пізнання) - явище або предмет, що піддається дослідженню. Відносно об'єкта дослідження необхідно завжди пам'ятати, що він виступає як дане, то, що є, а предмет - це те, що ми шукаємо, встановлюємо. Будь-який об'єкт дослідження - це сукупність властивостей і відносин, яка існує незалежно від дослідника, але враховується їм.

ПРЕДМЕТ дослідження - частина об'єкта дослідження, той аспект, та точка зору, з якої ми пізнаємо об'єкт. Предмет дослідження - аспект об'єтов, на який спрямоване вістря думки (ті боку, ті властивості об'єкта, які ми пізнаємо). Необхідно пам'ятати, що один і той же об'єкт може бути предметом багатьох досліджень. Визначення предмета дослідження встановлює межі пошуку, не дозволяє розпорошувати сили і засоби на дослідження, конкретизує його.

Наприклад, людина - об'єкт дослідження і акмеології, і медицини. Однак предмет дослідження медицини - хвороби людини, предмет дослідження акмеології - досконалість людини.

В даний час існує безліч методів пізнання (дослідження) дійсності: аналіз літературних даних, спостереження, експеримент, вимірювання, метод експертних оцінок, тестування, опитування (анкетування), аналіз передового практичного досвіду, моделювання і т.д. Розглянемо найбільш поширені.

Спостереження (моніторинг) - один із старих і випробуваних методів дослідження дійсності.

Спостереження - планомірне і цілеспрямоване сприйняття досліджуваного об'єкта (предмета або процесу), результати якого в тій чи іншій формі фіксуються дослідником.

Спостереження відрізняє невтручання в досліджуваний процес.

Наприклад, декан приходить на заняття і спостерігає навчальний процес. Об'єкт дослідження (спостереження) - педагогічний процес, предмети дослідження (спостереження): 1 - інформація, передана які навчаються (студентам), 2 - характер взаємин викладача і студентів.

Експеримент - відтворення і зміна явища з метою вивчення його в найбільш сприятливих умовах.

Характерними рисами експерименту є заплановане втручання дослідника в досліджуване явище (процес) шляхом введення експериментального стимулу, можливість багаторазового відтворення досліджуваного явища в стандартизованих умовах або планомірного їх зміни (варіювання).

Наприклад, поміщаючи собаку в клітку, втручаються в процес поведінки тварини. Об'єкт дослідження (експерименту) - собака, предмет дослідження (експерименту): її поведінка.

Саме метод експерименту дозволяє розкласти досліджуване явище на складові елементи або частини. Змінюючи умови функціонування цих частин і елементів, дослідник отримує можливість виявляти і простежувати їх розвиток і точно фіксувати отримані результати. Експеримент і практика - останні інстанції в затвердженні або запереченні будь-яких припущень, гіпотез. Експеримент слід вважати вдалим і в разі підтвердження гіпотези, і в разі її заперечення.

При проведенні експерименту дослідник завжди повинен бути стурбований дією побічних (супутніх) стимулів (факторів). Ця сторона експерименту є однією з найбільш відповідальних у правомірності майбутніх результатів дослідження (пізнання).

Вимірювання є універсальним і загальним методом досліджень у всіх видах діяльності людини. Є підстави стверджувати, що наука починається там, де починаються виміру.

Вимірювання - встановлення відповідності між явищами, що вивчаються, з одного боку, і числами, з іншого.

Вимірювання - пізнавальна процедура, здійснювана на емпіричному рівні наукового дослідження і включає визначення характеристик матеріальних об'єктів за допомогою відповідних вимірювальних приладів (систем).

Наприклад, вимірювання маси спортсмена - визначення його фізичної характеристики (маси тіла) за допомогою ваг.

Будь-яке вимірювання в кінцевому рахунку зводиться до порівняння вимірюваної величини з деякою однорідної з нею величиною, прийнятої за зразок (одиниці). За допомогою тієї чи іншої системи одиниць вимірювання дається кількісний опис властивостей тіл, що становить важливий елемент пізнання. Вимірювання підвищує ступінь точності знання.

Наприклад, загальновідомо, наскільки важливо точне знання зусиль спортсмена, що додаються їм для подолання тренувального навантаження: це дозволяє передбачити функціональний стан його організму після тренування і функціональні зрушення (зміна морфофункціональних характеристик і т.д.), а також дозувати тренувальне навантаження, не допустити перевантаження організму в процесі тренування.

Вимірювання є підсилює моментом філософського методу - порівняння.

Однак слід враховувати, що ніяке вимір не може бути виконан абсолютно точно. Результат вимірювання неминуче містить похибка, величина якої тим менше, чим точніше метод вимірювання і вимірювальний прилад.

З одного боку, точність вимірювання обмежена найменшим значенням величини, яке можна визначити за допомогою вимірника (ціною поділки приладу).

Очевидно, що чим точніше вимірювана величина (тобто чим менше похибка її вимірювання), тим ціннішими є результати вимірювань. Знання цінно в тій мірі, в якій воно достовірно. Чим точніше вимірювання, тим більше придатні отримані дані для їх подальшого використання. Чим менше похибка вимірювання, тим менше діапазон невизначеності знання значення величини, а мета вимірювань -

зменшити цей діапазон. Але разом з тим існує максимально допустима похибка вимірювань - величина похибки, при перевищенні якої результати вимірювання непридатні для їх подальшого використання. Її значення розраховують фахівці (вимоги, що пред'являються до точності вимірювань, залежать від типу розв'язуваної задачі).

Проте і спостереження, і експеримент, і багато інших методів пізнання дійсності (вимір і т.і.) мають ряд принципово непереборних недоліків:

1. Не дозволяють досліджувати об'єкти (предмети або процеси), яких не існує в дійсності.

2. Не дозволяють досліджувати об'єкти, існуючі в дійсності, але недоступні дослідникам.

Цих та ряд інших недоліків позбавлений найбільш зручний і універсальний метод пізнання дійсності - моделювання.

Моделювання - відтворення характеристик деякого об'єкта на іншому об'єкті, спеціально створеному для їх вивчення, - моделі.

Потреба в моделюванні виникає тоді, коли дослідження безпосередньо самого об'єкта важко (а в ряді випадків - неможливо), дорого, вимагає тривалого часу. Між моделлю та об'єктом, що цікавлять дослідника, має існувати відоме подібність. Модель - щось універсальне, хоча і реалізоване різними способами, тобто модель є спосіб існування знань.

Створення моделей переслідує 2 типу цілей - пізнавальну і прагматичну.

Пізнавальна мета моделювання - отримання форм організації та подання знань засобами з'єднання нових знань з наявними.

Прагматична мета моделювання - розробка засобів управління, засобів організації та практичної діяльності шляхом подання зразково-правильних дій.

Пізнавальна і прагматична мети використання моделей взаємопов'язані. Досягнення пізнавальних цілей моделювання - необхідна передумова досягнення прагматичних цілей.

Пізнання предметів і явищ навколишнього світу і пізнавальні процеси є системами і оперують можливістю аналізу і синтезу.

Суть аналізу полягає в поділі цілого на частини, тобто уявлення складних систем у вигляді простих компонентів.

Однак для узагальнення знань необхідний зворотний процес, який називають синтезом. Синтез відповідає на питання: які повинні бути параметри системи або процесу, щоб її функціонування відповідало заданим вимогам.

Аналіз і синтез відображені також в науках, які ми вивчаємо.

Приклад. Такі науки, як фізика, біологія, біомеханіка характеризують аналітичність людських знань, в число синтетичних наук відносять філософію, математику, теорію систем, кібернетику.

Моделювання як метод теоретичного дослідження виконує 3 основні функції.

1. Каузальна (пояснювальна) функція полягає в поясненні поведінки досліджуваного об'єкта (системи), пошуку закономірностей функціонування системи. Ця функція моделювання пов'язана з аналізом системи.

2. Прогностична (передбачувальна) функція полягає в прогнозуванні поведінки системи або процесу при різних впливах (як детермінованих, так і

випадкових). Розрізняють пошуковий прогноз (оцінка майбутніх станів системи при збереженні існуючих тенденцій) і нормативний прогноз (пошук необхідної послідовності дій, що переводить систему з початкового стану в бажане).

3. Проектна функція - проектування системи або процесу з оптимальними або необхідними характеристиками. Ця функція моделювання зазвичай пов'язана з вирішенням задачі синтезу системи або процесу.

Однак функції моделювання взаємопов'язані. Якщо завдання розбивають на етапи-підзадачі, вирішення яких реалізує різні функції моделювання, то вихідна інформація попереднього етапу - вхідна для подальшого.

Мислення людини є також системним і, як природний процес, є внутрішнім для людини, що впливають з системності світу.

В основі моделювання об'єктів (систем) реального світу лежить теорія подібності, метою якої є визначення подібності та відмінності між об'єктами і системами. Абсолютна подобу можливо відповідно до цієї теорії лише при заміні одного об'єкта іншим точно таким же. При моделюванні систем, як правило, абсолютна подібність не має місця, досліджуваний об'єкт замінюється іншим об'єктом - моделлю, який з достатнім ступенем точності відображає сутність функціонування досліджуваного об'єкта.

БУДЬ-ЯКА МОДЕЛЬ ЗАВЖДИ БІДНІША РЕАЛЬНОГО ЯВИЩА, ЦЕ - ЇЇ ФУНДАМЕНТАЛЬНА ВЛАСТИВІСТЬ.

При побудові моделі ми не можемо врахувати всі чинники, що впливають на поведінку системи або процесу. Звідси випливає, що при моделюванні неминуче відхилення фактичних параметрів системи (процесу) від розрахованих.

Адекватність моделі - її відповідність реальному об'єкту (або процесу).

Якщо за допомогою моделі добиваємося поставленої мети, то говоримо: модель адекватна дійсності.

Похибка моделювання - різниця між розрахованим і фактичним значенням параметра досліджуваної системи або процесу:

$D = |P(\text{fact}) - P(\text{model})|$ - абсолютна похибка

$E = 100\% * D / P(\text{fact})$ – відносна похибка.

Приклад. Для нагріву кімнати спалюють дрова з теплоутворюючою здатністю $Q = 10000000$ Дж/кг. Визначити, яку масу дров M необхідно спалити, щоб нагріти повітря у кімнаті теплоємністю $C = 2000000$ Дж/кг з температури $T_1 = 280$ К до температури $T_2 = 310$ К? Визначити адекватність моделі дійсності, якщо для нагріву кімнати знадобилось $N = 6,5$ кг дров.

РІШЕННЯ.

Необхідна кількість теплоти для нагріву повітря $W = C * (T_2 - T_1) = 2000000 * (310 - 280) = 60000000$ Дж. Кількість дров, яку необхідно спалити для одержання такої кількості теплоти, $M = W / Q = 60000000 / 10000000 = 6$ кг. Адекватність моделі дійсності:

$E = 100\% * (6,5 - 6) / 6,5 = 8,5\%$.

Чим менше похибка моделювання, тим більше адекватна модель дійсності.

Похибка моделювання виникає через неврахування ряду факторів або через неповноту знань об'єкта моделювання.

Очевидно, що чим більше факторів буде враховано при побудові моделі, тим точніше вона буде. Однак виникає протиріччя: врахувати мало факторів -

модель буде неточною, врахувати багато чинників - модель буде занадто складною. **ВИХІД НАСТУПНИЙ:** враховувати фактори, в **НАЙБІЛЬШОЮ** ступеня впливають на поведінку системи (процес).

Приклад. При вирішенні завдань на вільне падіння тіл ми зазвичай не враховуємо опір атмосфери, тому що при невеликих швидкостях падаючого тіла він відносно невеликий (згадайте курс фізики! - шкільний!). Однак при значних швидкостях воно велике, і його не можна не враховувати (згадайте падіння парашутиста з великої висоти).

На даний час моделі класифікують за такими ознаками.

1. За ступенем повноти моделі з точки зору теорії подібності:

а) Повний подобу - відповідає повному моделюванню як в часі, так і в просторі.

б) Неповне подобу - звертає увагу тільки на найбільш суттєві, характерні параметри досліджуваного об'єкта.

в) Наближене подобу - має місце наближене подобу, коли цілий ряд показників не моделюється зовсім.

2. За ступенем обліку вихідної інформації:

а) Детерміновані моделі - відображають процеси, в яких передбачають відсутність випадкових впливів.

б) Стохастичні моделі - відображаються імовірнісні процеси і події. В цьому випадку аналізують реалізації випадкових процесів і оцінюють середні характеристики.

3. З точки зору зміни об'єкта в часі:

а) Статичні моделі - описують поведінку об'єкта в якийсь момент часу.

б) Динамічні моделі - описують зміна об'єкта в часі.

4. З точки зору описуваних процесів:

а) Дискретні моделі - відображають опис дискретних систем.

б) Безперервні моделі - відображають опис безперервних систем.

в) дискретно-безперервні моделі - описують системи, що включають в себе як безперервні, так і дискретні компоненти.

Найбільш поширена класифікація - з точки зору представлення об'єкту в певній формі:

а) Реальне моделювання - **ЗАМІНА ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ОБ'ЄКТА РЕАЛЬНИМ (матеріальних) ОБ'ЄКТОМ.**

б) Уявне моделювання - **ЗАМІНА ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ОБ'ЄКТА абстрактні (СИСТЕМОЮ ІНФОРМАЦІЇ).**

Приклад. Макет лижної траси - реальна модель (матеріальний об'єкт), а ось креслення будівлі - уявна модель (креслення - це система графічної інформації).

Уявне моделювання в ряді випадків є єдиним способом моделювання об'єктів.

Уявне моделювання, в свою чергу, класифікують на наочне, символічне і математичне.

Математичне моделювання - найбільш універсальний і зручний спосіб опису об'єктів і систем Реал світу.

Математична модель - об'єкт, побудований в результаті встановлення даному реальному об'єкту деякого математичного об'єкта, а зазначений процес - математичним моделюванням.

Математичними об'єктами можуть бути числа, рівняння, формули, графіки, числові таблиці і т.д.

Математичні моделі поділяють на аналітичні, імітаційні і комбіновані.

Аналітичне моделювання - представлення процесів функціонування систем або процесів в вигляді деяких функціональних співвідношень.

Аналітичні методи моделювання застосовні для порівняно простих систем або при істотному спрощення процесу при побудові моделі.

За своєю суттю аналітична модель - взаємозв'язок між факторами-детермінантами функціонування системи або процесу і величинами-відгуками (залежними величинами). АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ - СИСТЕМА ІНФОРМАЦІЇ.

При аналітичному моделюванні досліджувану систему або процес заміняють (можуть заміняти) функціональними таблицями, графіками, рівняннями, системами рівнянь, формулами, системами формул і т.і.

Приклад. Тіло вільно падає з висоти без початкової швидкості. Яку відстань пролетить тіло за $t=7$ с, якщо прискорення вільного падіння $g=9,8\text{м}/(\text{с}^2)$?
РІШЕННЯ – аналітична модель $s=0,5*g*t*t$, s – пройдений шлях (залежна величина, змінна-відклик), g (прискорення) та t (час руху) – фактори-детермінанти.

Приклад. Для нагріву кімнати спалюють дрова з теплоутворюючою здатністю $Q=10000000$ Дж/кг. Визначити, яку масу дров M необхідно спалити, щоб нагріти повітря у кімнаті теплоємністю $C=200000$ Дж/кг від температури $T_1=280$ К до температури $T_2=310$ К? Рішення – система формул: $W=C*(T_2-T_1)$, $M=W/Q$

Де: W – кількість енергії, необхідне для нагрівання повітря. Дана інформація - проміжна в аналітичній моделі.

Для складних систем використовують методи імітаційного моделювання.

Імітаційне моделювання - реалізація моделі у вигляді алгоритму - процесу функціонування системи в часі.

Для складних систем або процесів імітуються елементарні явища, що становлять процес, зі збереженням їх логічної структури і послідовності протікання в часі, що дозволяє за вихідними даними отримати відомості про стан процесів в певні моменти часу, що дає змогу оцінити характеристики системи.

При імітаційному моделюванні реалізацією моделі є алгоритм, що дозволяє отримати результати на основі дослідження і опису окремих елементарних об'єктів і подій.

Імітаційне моделювання дозволяє досліджувати як завгодно складні системи і досить просто враховувати наявність як дискретних, так і безперервних елементів, нелінійні характеристики і випадкові впливи. У ряді випадків імітаційне є єдино можливим методом дослідження системи на етапі її проектування.

Метод імітаційного моделювання дозволяє вирішувати завдання аналізу великих систем, таких як оцінку варіантів структури системи, оцінку ефективності різних алгоритмів управління, оцінку впливу зміни різних

параметрів системи. У ряді випадків виникає необхідність створення системи з заданими характеристиками, оптимальною за деякими критеріями з урахуванням ряду обмежень (задачі оптимізації). Такі завдання - завдання структурного алгоритмічного і параметричного синтезу систем - також вирішують методом імітаційного моделювання.

За своєю суттю імітаційна модель - відстеження функціонування системи або процесу в часі. Визначають моменти часу, в які збираються відстежувати поведінку системи або процесу, а також параметри, відстеження яких призведе до вирішення завдання. Імітаційна модель – взаємоднозначна відповідність моментів часу і миттєвих значень параметрів G системи або процесу у дані моменти:

$$G=G(t)=G(t[0], t[1], \dots, t[n]).$$

Де: n – число моментів часу, за які відстежують процес або систему.

Приклад. Тіло вільно падає з великої висоти без початкової швидкості. Яку відстань пролетить тіло за $t=0,8$ с, якщо прискорення вільного падіння $g=9,8\text{м}/(\text{с}^2)$? Рішення - аналітична модель $s=0,5*g*t^2$, s – пройдений шлях (залежна величина, змінна-відклик), g (прискорення) та t (час руху) – фактори-детермінанти. Проте, задачу можна вирішити методом імітаційного моделювання:

Момент часу, с	Прискорення вільного падіння	Миттєва швидкість	Приріст швидкості	Пройдений шлях за проміжок часу ($t[i-1] - t[i]$)	Пройдений шлях з початку руху
0	9,81	0	$=9,81*(0,2-0)=1,96$	$=0*(0,2-0)=0$	0
0,2	9,81	$=0+1,96=1,96$	$=9,81*(0,4-0,2)=1,96$	$=1,96*(0,4-0,2)=0,392$	$=0+0,392=0,392$
0,4	9,81	$=1,96+1,96=3,92$	$=9,81*(0,6-0,4)=1,96$	$=3,92*(0,6-0,4)=0,784$	$=0,392+0,784=1,176$
0,6	9,81	$=3,92+1,96=5,88$	$=9,81*(0,8-0,6)=1,96$	$=5,88*(0,8-0,6)=1,176$	$=1,176+1,176=2,352$
0,8	9,81	$=5,88+1,96=7,84$	$=9,81*(1,0-0,8)=1,96$	$=7,84*(1,0-0,8)=1,568$	$=2,352+1,568=3,92$
1,0					

Відповідь: 3,92 м. У цьому завданню падіння тіла (процес) відстежили за 5 моментів часу, що відслідковують параметри: пройдений шлях з початку руху - інформативний, інші - проміжні, однак без їх знання неможливо знання інформативного.

Однак деякі завдання можливо вирішити і методом аналітичного моделювання. Імітаційне моделювання часто незамінне в тих випадках, коли наступні стану системи або процесу залежать від попередніх.

Комбіноване моделювання поєднує методи аналітичного та імітаційного моделювання і служить для опису систем, що включають в себе як частини, які можливо описати аналітично, так і частини, що описуються засобами імітаційного моделювання. Рішення завдання розбивають на етапи-підзадачі, які вирішуються або методом аналітичного, або методом імітаційного моделювання. При цьому вихідна інформація попереднього етапу - вхідна інформація для подальшого.

Тема 17. Основні етапи побудови математичних моделей та інструментальні засоби моделювання

17.1 Основні етапи побудови математичних моделей

Формулювання проблеми, постановка цілей та задач моделювання - найбільш відповідальний етап дослідження. На даному етапі надзвичайно важливо сформулювати систему критеріїв - оціночних параметрів, що характеризують якість досягнення мети. Набір критеріїв повинен бути функціонально повним (здатним давати інформацію про ступінь досягнення мети), розкладені, що не надмірною (критерії не повинні дублювати один одного), мінімальним.

Основні вимоги до моделі:

1. Повнота - властивість, що полягає в отриманні необхідного набору оцінок характеристик системи.
2. Гнучкість - здатність моделі сприймати різні ситуації, оновлювати дані, переходити до інших модифікацій.
3. Облік ресурсів і обмежень на них.
4. Можливість інформаційного забезпечення.
5. Максимальна відповідність програмного і технічного забезпечення для ефективної реалізації моделі.
6. Блочність структури і можливість зміни.
7. Цілеспрямованість машинних експериментів.

При отриманні нової інформації про об'єкт (системі) модель повинна переглядатися і уточнюватися - процес моделювання є ітеративним.

Дуже важливий етап підготовки машинних моделей - побудова концептуальної (змістовної) моделі системи. Концептуальна модель є перехідною формою від змістовного опису об'єкта до його математичної моделі. На даному етапі систему і її функціонування розбивають на піделементи і підпроцеси, які можна змістовно описати.

Поділ системи на блоки провадять таким чином, щоб кожен блок був досить автономним (відносно самостійним) і кількість зв'язків між блоками було мінімальним.

Після цього виробляють математичний опис і будують математичні моделі окремих блоків, потім - опис системи в цілому з урахуванням зв'язків між блоками і впливу навколишнього середовища.

Після побудови концептуальної моделі визначають величини, що характеризують процес функціонування системи (ендогенні змінні), величини, що характеризують дії, що управляють і впливу навколишнього середовища (ендогенні змінні), параметри системи і початкові умови.

Параметри системи - величини, які оператор, який працює на моделі, може вибирати довільно.

Параметри після їх визначення стають постійними.

Таким чином, параметри - внутрішні (іманентні) характеристики самої системи.

Екзогенні змінні - вхідні змінні, які породжуються поза системою і є результатом впливу зовнішніх причин.

Ендогенні змінні - вихідні змінні - змінні станів, які породжуються безпосередньо системою в результаті впливу внутрішніх причин.

Процес функціонування детерменірованої системи мають вигляд:

$$\mathbf{Z}=\mathbf{F}(\mathbf{Z}_0,\mathbf{X},t).$$

$$\mathbf{Z}=\{\mathbf{Z}_0,\mathbf{Z}_2,\dots,\mathbf{Z}_n\}$$

$$\mathbf{X}=\{\mathbf{X}_1,\mathbf{X}_2,\dots,\mathbf{X}_m\}$$

Де: \mathbf{X} – вхідні змінні моделі; \mathbf{Z} – вихідні перемінні моделі; t - час (момент часу); \mathbf{Z}_0 – початкові умови функціонування системи.

Процес функціонування стохастичної системи має вигляд:

$$\mathbf{Z}=\mathbf{F}(\mathbf{Z}_0,\mathbf{X},\mathbf{h},t).$$

$$\mathbf{Z}=\{\mathbf{Z}_1,\mathbf{Z}_2,\dots,\mathbf{Z}_n\}$$

$$\mathbf{X}=\{\mathbf{X}_1,\mathbf{X}_2,\dots,\mathbf{X}_m\}$$

$$\mathbf{h}=\{\mathbf{h}_1,\mathbf{h}_2,\dots,\mathbf{h}_k\}$$

Тут: \mathbf{h} – випадкові впливи.

Процес імітаційного моделювання здійснюють з організацією квантування за часом, яке називають системним часом. Величина кванта часу повинна бути досить мала, щоб моделюється був адекватний досліджуваного процесу.

Алгоритм імітаційної моделі будують за наступним принципом:

$$\{\mathbf{Z}=(\mathbf{Z}(t_0), \mathbf{Z}(t_0+\Delta t), \mathbf{Z}(t_0+2*\Delta t), \dots, \mathbf{Z}(t_0+L*\Delta t),)\}$$

Де: t_0 - початковий момент часу; Δt – крок квантування у часі; $t_0+L*\Delta t$ - кінцевий момент часу.

Таким чином, імітаційна модель відображає зміну стану системи в часі, а результат роботи алгоритму, що реалізує модель, - значення досліджуваних параметрів стану системи в цікавлять оператора моменти часу.

Процес функціонування стохастичною системи S на інтервалі часу від 0 до T моделюється n -кратно (n -число моментів часу) з отриманням незалежних реалізацій. При цьому розрізняють 3 типи циклів. Цикл А називають внутрішнім циклом. В даному циклі здійснюють моделювання процесу функціонування системи на інтервалі часу від 0 до T . Цикл В - проміжний, організовує n -кратне повторення прогону моделі для подальшої статистичної обробки. Число реалізацій (кількості прогонів циклу В) визначають по заданій точності і достовірності моделювання системи. Цикл С - управління послідовністю моделювання варіантів поведінки системи S . Організовує пошук оптимальних структур системи, її алгоритмів функціонування і параметрів. Є оптимізуючим блоком.

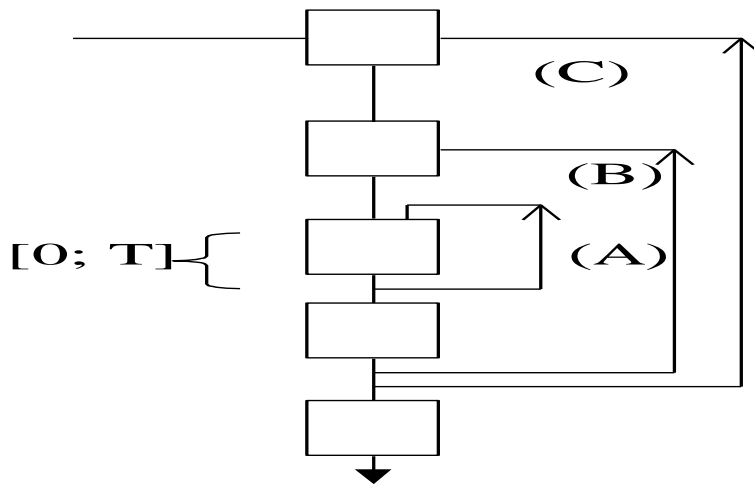


Рис. 3. – Цикли моделі.

Однак дана схема характерна для імітаційних моделей стохастичних систем. Залежно від ступеня обліку інформації та форми представлення об'єкта дана схема буде змінюватися. Наприклад, для детермінованих моделей не характерний цикл В, для аналітичних моделей не характерний цикл А. Однак оптимізує блок (цикл С) завжди реалізують при вирішенні задач синтезу систем.

17.2 Інструментальні засоби моделювання

Після формалізації і алгоритмізації моделі проводять вибір технічних засобів і програмного забезпечення для моделювання (реалізації моделі).

Як програмне забезпечення зазвичай вибирають:

1. Алгоритмічна мова програмування.
2. Мова моделювання
3. Програму універсального призначення (як правило, математичну інтегровану середу - МІС)
4. моделює систему (систему моделювання).

Алгоритмічні мови та мови моделювання зазвичай вибирають програмісти-професіонали або висококваліфіковані користувачі. Простий користувач зазвичай вибирає в якості програмного засобу машинної реалізації моделі МІС або систему моделювання.

Система моделювання - програмний комплекс, який оперує високим рівнем мови опису моделі.

Система моделювання вимагає при підготовці розбиття на блоки і опису даного блоку з точки зору його функціонування. Інтерфейс систем моделювання будують таким чином, щоб рівень користувача вимагав мінімальних знань (опис системи проводиться на мові, близькій до людського).

Приклад системи моделювання дії руху - програма **"CHAINS"**, яка моделює рух двомірного багатозв'язника у полі сили тяжіння (розроблена у середині 90^x рр. у НІІ РГАФК).

Приклад системи моделювання економічної структури і діяльності фірм - програма Grade Modeler.

Якщо користувач вибирає для реалізації моделі МІС, то від нього вимагається високий рівень знань про досліджуваний об'єкт (побудова математичної моделі цілком і повністю лягає на плечі користувача) і певний навик реалізації математичних алгоритмів в даній МІС. Основна перевага використання МІС перед мовами програмування - багатий набір математичних функцій і операцій і зручні способи їх реалізації. Основна перевага МІС перед системами моделювання - їх універсальність, велика ступінь гнучкості і можливість більш швидкої і зручної модифікації моделі.

Найбільш популярні МІС в даний час - програмні продукти сімейств *MathCad* та *MathLab*.

Тема 18. Обробка результатів досліджень, визначення помилок та методи обробки результатів

18.1 Обробка результатів досліджень, визначення помилок

Основою всього природознавства є спостереження і експеримент.

Спостереження - це систематичне, цілеспрямоване сприйняття того чи іншого об'єкта або явища без впливу на досліджуваний об'єкт або явище. Спостереження дозволяє отримати первинну інформацію по досліджуваному об'єкту або явищу.

Експеримент - метод вивчення об'єкта, коли дослідник активно і цілеспрямовано впливає на нього шляхом створення штучних умов або використовує природні умови, необхідні для виявлення відповідних властивостей. Перевагами експерименту в порівнянні з наглядом реального явища або об'єкта є:

1. Можливість вивчення в «чистому вигляді», без впливу побічних чинників, що затемнюють основний процес;
2. В експериментальних умовах можна отримати результат швидше і точно;
3. При експерименті можна проводити випробування стільки разів, скільки це необхідно.

Результат експерименту або вимірювання завжди містить деяку похибку. Якщо похибка мала, то нею можна знехтувати. Однак при цьому неминуче виникають два питання: поперше, що розуміти під малою похибкою, і, подруге, як оцінити величину похибки. Тобто, і результати експерименту потребують певного теоретичного осмислення.

Цілі математичної обробки результатів експерименту

Метою будь-якого експерименту є визначення якісної і кількісної зв'язку між досліджуваними параметрами, або оцінка чисельного значення будь-якого параметра.

У деяких випадках вид залежності між змінними величинами відомий за результатами теоретичних досліджень. Як правило, формули, що виражають ці залежності, містять деякі постійні, значення яких і необхідно визначити з досвіду.

Іншим типом завдання є визначення невідомої функціональної зв'язку між змінними величинами на основі даних експерименту. Такі залежності називають емпіричними.

Однозначно визначити невідому функціональну залежність між змінними неможливо навіть в тому випадку, якщо б результати експерименту не мали помилок. Тим більше не слід було цього очікувати, маючи результати експерименту, що містять різні помилки вимірювання.

Тому слід чітко розуміти, що метою математичної обробки результатів експерименту є не знаходження істинного характеру залежності між змінними або абсолютної величини будь-якої константи, а представлення результатів спостережень у вигляді найбільш простої формули з оцінкою можливої похибки її використання.

Види вимірювань і причини помилок

Під вимірюванням розуміють порівняння вимірюваної величини з іншою величиною, прийнятої за одиницю виміру.

Розрізняють два типи вимірювань: прямі і непрямі. При прямому вимірі яка вимірюється величина порівнюється безпосередньо зі своєю одиницею заходи. Наприклад, вимір мікрометром лінійного розміру, проміжку часу за допомогою годинникових механізмів, температури \square термометром, сили струму \square амперметром і т.п. Значення вимірюваної величини відраховується при цьому за відповідною шкалою приладу.

При непрямому вимірі яка вимірюється величина визначається (обчислюється) за результатами вимірювань інших величин, які пов'язані з вимірюваною величиною певної функціональною залежністю. Наприклад, вимірювання швидкості з пройденого шляху і витраченому часу, вимір щільності тіла по вимірюванню маси і об'єму, температури при різанні по електрорушійної силі, величини сили по пружним деформаціям і т.п.

При вимірюванні будь-якої фізичної величини проводять перевірку і установку відповідного приладу, спостереження їх показань і відлік. При цьому ніколи істинного значення вимірюваної величини не одержати. Це пояснюється тим, що вимірювальні засоби засновані на певному методі вимірювання, точність якого кінцева. При виготовленні приладу задається клас точності. Його похибка визначається точністю ділень шкали приладу. Якщо шкала лінійки нанесена через 1 мм, то точність відліку 0,5 мм не змінити якщо застосуємо лупу для розглядання шкали. Аналогічно відбувається вимір і при використанні інших вимірювальних засобів.

Крім приладовій похибки на результат вимірювання впливає ще ряд об'єктивних і суб'єктивних причин, які обумовлюють появу помилки: різниці між результатом вимірювання і істинним значенням вимірюваної величини. Помилка вимірювання зазвичай невідома, як невідомо і істинне значення вимірюваної величини. Виняток становлять вимірювання відомих величин при визначенні точності вимірювальних приладів або їх тарировке. Тому одним з найважливіших завдань математичної обробки результатів експерименту і є оцінка істинного значення вимірюваної величини за даними експерименту з можливо меншою помилкою.

Типи помилок вимірювання

Крім приладовій похибки вимірювання (яка визначається методом вимірювання) існують і інші, які можна розділити на три типи:

1. Систематичні похибки обумовлюються постійно діючими факторами. Наприклад, зсув початкової точки відліку, вплив нагрівання тіл на їх подовження, знос ріжучого леза і т.п. Систематичні помилки виявляють при відповідній тарировке приладів і тому вони можуть бути враховані при обробці результатів вимірювань.

2. Випадкові помилки містять в своїй основі багато різних причин, кожна з яких не проявляє себе чітко. Випадкову помилку можна розглядати як сумарний ефект дії багатьох чинників. Тому випадкові помилки при багаторазових вимірах виходять різними як за величиною, так і за знаком. Їх неможливо врахувати як систематичні, але можна врахувати їх вплив на оцінку істинного значення вимірюваної величини. Аналіз випадкових помилок є найважливішим розділом математичної обробки експериментальних даних.

3. Грубі помилки (промахи) з'являються внаслідок неправильного відліку за шкалою, неправильного запису, невірної установки умов експерименту і т.п. Вони легко виявляються при повторному проведенні дослідів.

18.2 Методи обробки результатів

Графічний метод обробки результатів

Графічний метод полягає в побудові графіка залежності між досліджуваними величинами з подальшим визначенням рівняння залежності між ними.

Графіки будують насамперед у рівномірних шкалах. Якщо характер зв'язку між досліджуваними величинами невідомий, то спочатку перевіряють збіг експериментальних точок із заданою кривою. Якщо попередні відомості про характер рівняння відсутні, то першим етапом обробки даних є знаходження кривої, що збігається з досвідченими точками. Це завдання вирішується методом підбору. Можна використовувати еталон \square кальку з попередньо викресленим на ній сімейством кривих з різними параметрами. Природно, що масштаб кальки і емпіричної кривої повинен бути однаковий.

Побудований за дослідними даними відрізок кривої може збігатися з великою кількістю різних кривих, що проходять досить близько до досвідчених точок. У цьому випадку вибирають криву з найбільш простим і зручним у використанні рівнянням. Іноді емпірична крива може мати перегини або складатися з окремих яскраво виражених ділянок. Однак при цьому необхідно визначити координати точок переходу від однієї кривої до іншої.

Рівняння залежності між досліджуваними величинами при графічному методі просто визначається тоді, коли емпіричні точки досить добре збігаються з прямою лінією, тобто описуються рівнянням $y = ax + b$, де a , b – коефіцієнти, які необхідно визначити.

Визначення коефіцієнтів при графічному методі засновано на способі натягнутої нитки. Завдавши результати експерименту на графік (краще, якщо він виконаний на міліметровці), підбираємо графічну пряму, найближче підходить до нанесеним точкам. Вибравши розміщення прямої, визначаємо дві довільні точки

на цій прямій (не обов'язково є точками експерименту), визначаємо їх координати $(x_1; y_1)$, $(x_2; y_2)$. І для визначення коефіцієнтів a і b отримуємо два простих рівняння

$$ax_1 + b = y_1;$$

$$ax_2 + b = y_2.$$

Точки результати, отримані в експерименті. Пряма проведена на око якомога ближче до експериментальних точок. На прямій обрані точки $M(2; 4)$ і $N(13; 10)$. Коефіцієнт a характеризує кут нахилу прямої.

Тому

$$a = \operatorname{tg}\beta = \frac{y_N - y_M}{x_N - x_M} = \frac{10 - 4}{13 - 2} = \frac{6}{11} \approx 0,55$$

$$b = y_M - ax_M = y_N - ax_N = 4 - 0,55 \cdot 2 = 2,9.$$

Таким чином $y = 0,55x + 2,9$.

У разі, якщо експериментальна залежність має нелінійний характер, то графічним способом в системі координат з рівномірними шкалами визначити коефіцієнти кривої важко. Але досить великий клас нелінійних залежностей шляхом заміни змінних і графічного зображення в функціональних шкалах можна привести до лінійних і далі використовувати спосіб натягнутою нитки.

Функціональні шкали та їх застосування

Нехай функція $y = f(x)$ є неперервною та монотонною на деякому проміжку $[a; b]$. Візьмемо вісь OM , на якій буде побудовано шкала, оберемо на ній точку початку відрахунку O і встановимо масштаб μ . Функціональну шкалу будують наступним чином.

Розбивши інтервал $[a; b]$ на рівні частини, обчислюємо значення функції $f(x)$ у кожній з точок ділення відкладаємо на вісі OM для кожної точки відрізок $\mu f(x)$. Точка, яка при цьому утворюється, позначаються міткою x , тобто відкладається в обраному масштабі значення функції, а надписується значення аргументу.

Іноді початок шкали розміщують у першій точці відріку, тобто точку з написом a суміщують з 0 . Тоді точка x буде знаходитися у кінці відріку $\mu [f(x) - f(a)]$. Отримана шкала дозволяє судити про поведінку функції на даній ділянці: великі проміжки між відмітками вкажуть, що функція змінюється швидше, ніж там, де ці проміжки малі.

Вибір масштабу μ визначає довжину шкали. Частіше роблять навпаки: задаються довжиною шкали l та визначають масштаб.

$$\mu[f(b) - f(a)] = l \quad \Rightarrow \quad \mu = \frac{l}{f(b) - f(a)}.$$

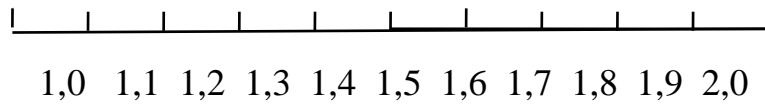
Приклад. Побудуємо функціональну шкалу для функції $y = x^2$ на ділянці $[1; 2]$. Задаємо довжину шкали $l = 12$ см.

Тоді
$$\mu = \frac{12}{2^2 - 1^2} = 4 \text{ см.}$$
 Розіб'ємо відрізок $[1; 2]$ на десять

рівних ділянок та обчислимо значення функції y в усіх точках ділення. Сумістимо початок шкали з точкою відліку $x = 1$. Результати розрахунку зведено у таблиці, а функціональна шкала приведена на рисунку.

Розрахунок функціональної шкали $y = x^2$

x	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
x^2	1,0	1,21	1,44	1,69	1,96	2,25	2,56	2,89	3,24	3,61	4,00
$x^2 - 1$	0	0,21	0,44	0,69	0,96	1,25	1,56	1,89	2,24	2,26	3,00
$4(x^2 - 1)$	0	0,84	1,76	2,76	3,84	5,00	6,24	7,56	8,94	10,44	12,0



Функціональна шкала $y = x^2$

За допомогою функціональних шкал графіки багатьох функцій можуть бути перетворені до прямолінійного увазі.

Наприклад, рівняння параболи $y = x^2$. Якщо на вісі OY нанесити рівномірну шкалу, а на вісі OX_1 шкалу квадратів $x_1 = x^2$, то отримаємо сітку, де рівняння параболи має відображення прямої лінії ($y = x_1$), яка проходить через початок координат.

Особливо часто використовуються різні логарифмічні функції, за допомогою яких можна «випрямлять» графіки статечних і показових функцій. Наприклад, $y = ae^{bx}$; $\lg y = (b \lg e) x + \lg a$. Полагаючи $\lg y = y_1$, $\lg a = A$, $b \lg e = B$ запишемо вихідне рівняння у вигляді $y_1 = A + Bx$, з якого видно, що залишивши рівномірною шкалу x та побудувавши логарифмічну шкалу y_1 , можна відобразити вихідне рівняння прямою лінією. Одержана координатна сітка називається напівлогарифмічною.

Очевидно, що такого роду перетворення можливі і в більш загальному випадку. Будь-яка неявна функція, задана співвідношенням виду

$$a\varphi(x) + b\psi(y) + c = 0,$$

де a , b , c – постійні, буде зображатися прямою лінією на функціональній сітці, де на осі OX побудована шкала $\varphi(x)$, а на осі OY – шкала функції $\psi(y)$. Функції $\varphi(x)$ та $\psi(y)$ повинні задовольняти умовам безперервності і монотонності. В таблиці наведені перетворення для деяких функцій.

Лінеаризація деяких функцій

Вихідна формула	Перетворена формула	Заміна змінних	Лінеаризована формула
$y=ax^b$	$\lg y=b \cdot \lg x+\lg a$	$\lg y=y_1$ $\lg x=x_1$ $\lg a=a_1$	$y_1=bx_1+a_1$
$y=a \cdot \lg x+b$	—	$\lg x=x_1$	$y=ax_1+b$
$y=e^{bx+k}$	$\lg y=b \cdot \lg e \cdot x+k \cdot \lg e$	$\lg y=y_1$ $b \cdot \lg e=a$ $k \cdot \lg e=k_1$	$y_1=ax+k_1$
$y=ae^{bx}$	$\lg y=bx \cdot \lg e+\lg a$	$\lg y=y_1$ $b \cdot \lg e=b_1$ $\lg a=a_1$	$y_1=b_1x+a_1$
$y=\frac{a}{\tilde{0}}+b$	—	$\frac{1}{\tilde{0}}=\tilde{0}_1$	$y=ax_1+b$
$y=\frac{1}{ax+b}$	$\frac{1}{y}=ax+b$	$\frac{1}{y}=y_1$	$y_1=ax+b$
$y=\frac{x}{ax+b}$	$\frac{1}{y}=\frac{b}{x}+a$	$\frac{1}{y}=y_1$ $\frac{1}{x}=x_1$	$y_1=bx_1+a$

Зі сказаного зрозуміла роль функціональних сіток при обробці результатів експерименту. Якщо результати експерименту розташовуються поблизу кривої, то за наявним обмеженому ділянці кривої важко судити, якого типу функцією її найкраще наближати. Перевівши отримані експериментальні дані на функціональні сітки можна оцінити на який з них ці дані найближче підходять до прямої і, отже, якою функцією найкраще описуються.

Аналitичні методи обробки результатів

Графічний метод обробки результатів володіє наочністю, відносно простотою, однак його результати містять певну суб'єктивність і відносно низьку точність.

Аналitичні методи позбавлені в якій \square мірі зазначених недоліків і дозволяють отримати результат для більш широкого класу функцій з більшою точністю, ніж графічний метод.

Існують різні аналitичні методи отримання параметрів емпіричних кривих в залежності від критерію, прийнятого при їх отриманні. Розглянемо деякі з існуючих способів.

Спосіб середньої

Припустимо, що маємо n сполучень x_i, y_i , одержаних при експерименті. Навіть у тому випадку, якщо між x та y теоретично встановлено

функціональний зв'язок (наприклад, лінійний), то значення y_i відрізнятимуться від $ax_i + b$ через наявність експериментальних помилок. Позначимо через Δ_i відповідну похибку

$$\Delta_i = y_i - ax_i - b \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

Якщо обирати параметри a і b так, щоб для всіх n спостережень похибки врівноважувались, тобто $\sum_{i=1}^n \Delta_i = 0$, то це привело б одного рівняння, тоді як для знаходження двох коефіцієнтів (a , b) необхідно два. Тому припустимо, що урівноваження відбувається не тільки для всіх вироблених спостережень в цілому, але і для кожної групи, що містить половину (або майже половину) всіх спостережень окремо.

В цьому випадку можна прийти до системи рівнянь:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^m (y_i - ax_i - b) = 0 \\ \sum_{i=1}^n (y_i - ax_i - b) = 0 \end{cases},$$

де m – число спостережень у першій групі.

Дану систему рівнянь запишемо тепер у вигляді:

$$\begin{cases} a \sum_{i=1}^m x_i + mb = \sum_{i=1}^m y_i \\ a \sum_{i=m+1}^n x_i + (n - m)b = \sum_{i=m+1}^n y_i \end{cases}.$$

Викладене показує, що метод середніх «врівноважує» позитивні і негативні відхилення теоретичної кривої від експериментальних значень.

Апроксимація експериментальних даних

На практиці часто доводиться стикатися із завданням про згладжування експериментальних залежностей або завданням апроксимації.

Апроксимацією називається процес підбору емпіричної формули $\varphi(x)$ для встановленої з досвіду функціональної залежності $y=f(x)$. Емпіричні формули служать для аналітичного подання досвідчених даних.

Апроксимація (від латинського "approximate" - "наближатися") - наближене вираження будь-яких математичних об'єктів (наприклад, чисел або функцій)

через інші більш прості, більш зручні в користуванні або просто більш відомі. Як відомо, між величинами може існувати точна (функціональна) зв'язок,

коли одному значенню аргументу відповідає одне певне значення, і менш точна (кореляційний) зв'язок, коли одному конкретному значенню аргументу відповідає наближене значення або деякий безліч значень функції, в тій чи іншій мірі близьких один до одного.

Для знаходження цих значень і застосовується апроксимація - наближений опис кореляційної залежності змінних відповідним рівнянням функціональної залежності, що передає основну тенденцію залежності (або її "тренд").

Зазвичай, чим більше просте рівняння використовується для апроксимації, тим більше приблизно одержуване опис залежності.

Ці значення y_i будемо називати емпіричними чи досвідченими значеннями.

Між величинами x і y існує функціональна залежність, але її аналітичний вид зазвичай невідомий, тому виникає практично важливе завдання - знайти емпіричну формулу

У наукових дослідженнях апроксимація застосовується для опису, аналізу, узагальнення та подальшого використання емпіричних результатів.

Зазвичай завдання апроксимації розпадається на дві частини. Спочатку встановлюють вид залежності $y = f(x)$ і, відповідно, вид емпіричної формули, тобто вирішують, чи є вона лінійної, квадратичної, логарифмічної або будь-якої іншої. Після цього визначаються чисельні значення невідомих параметрів обраної емпіричної формули, для яких наближення до заданої функції виявляється найкращим. Якщо немає яких-небудь теоретичних міркувань для вибору типу формули, зазвичай вибирають функціональну залежність з числа найбільш простих, порівнюючи їх графіки з графіком заданої функції.

Після вибору виду формули визначають її параметри. Для найкращого вибору параметрів задають міру близькості апроксимації експериментальних даних. У багатьох випадках, особливо якщо функція $f(x)$ задана графіком або таблицею (на дискретній множині точок), для оцінки ступеня наближення розглядають різниці $f(x_i) - \varphi(x_i)$ для точок x_0, x_1, \dots, x_n

Зазвичай визначення параметрів при відомому вигляді залежності здійснюють за методом найменших квадратів. При цьому функція $\varphi(x)$ вважається найкращим наближенням до $f(x)$, якщо для неї сума квадратів δ_i або відхилень теоретичних значень $\varphi(x_i)$, знайдених за емпіричною формулою, від відповідних експериментальних значень на x_i

1. Щоб спрогнозувати будь-яку подію на основі вже наявних даних, можна скористатися лінією тренда. За допомогою неї можна візуально зрозуміти, яку динаміку мають дані, з яких побудований графік.

2. Лінія тренда - графічне представлення напрямки зміни ряду даних. Існує п'ять різних видів ліній тренда, які можуть бути додані на діаграму Microsoft Excel.

3. Лінійна апроксимація - це апроксимація набору даних за допомогою рівняння прямої. Вона застосовується в найпростіших випадках, коли точки даних розташовані близько до прямої. Лінійна апроксимація хороша для величини, яка збільшується або зменшується з постійною швидкістю. Рівняння має вигляд:
$$y(x) = ax + b$$

4. Логарифмічна апроксимація використовується для опису величини, яка спочатку швидко зростає або убиває, а потім поступово стабілізується.

Логарифмічна апроксимація використовує як негативні, так і позитивні величини. Рівняння має вигляд: $y(x) = a \ln x + b$

5. Поліноміальна апроксимація використовується для опису величин, поперемінно зростаючих і відбувають. Вона корисна, наприклад, для аналізу великого набору даних про нестабільну величиною. Рівняння полінома другого ступеня має вигляд: $y(x) = a_2x^2 + a_1x + a_0$

6. Статечна апроксимація використовується для опису монотонно зростаючої або монотонно спадної величини, наприклад відстані, пройденого розганяє автомобіль. Використання статечної апроксимації неможливо, якщо дані містять нульові або негативні значення. Рівняння має вигляд: $y(x) = ax^b$

7. Експоненціальна апроксимація використовується в тому випадку, якщо швидкість зміни даних безупинно зростає. Однак для даних, які містять нульові або негативні значення, цей вид наближення непридатний. Рівняння має вигляд: $y(x) = ae^{bx}$

Величина достовірності апроксимації (R^2) - Коефіцієнт детермінації

Значення R-квадрат (R^2) - число від 0 до 1, яке відображає близькість значень лінії тренда до фактичних даних. Лінія тренда найбільш відповідає дійсності, коли значення R-квадрат близько до 1.

Якщо він дорівнює 1, то має місце повна кореляція з моделлю, тобто немає різниці між фактичним і оцінним значеннями y . У протилежному випадку, якщо коефіцієнт детермінованості дорівнює 0, то рівняння регресії невдало для передбачення значень y . При апроксимації даних за допомогою лінії тренду значення R-квадрат розраховується автоматично і отриманий результат можна вивести на діаграмі.

Нехай є якісь дані, отримані практичним шляхом (в ході експерименту або спостереження), які можна уявити парами чисел (x, y) . Залежність між ними відображає таблиця. На основі цих, даних потрібно підібрати функцію $y = \varphi(x)$, яка найкращим чином згладжувала б експериментальну залежність між змінними і по можливості точно відображала загальну тенденцію залежності між x і y , виключаючи похибки вимірювань і випадкові відхилення.

Апроксимація експериментальних даних Кілька незалежних змінних

У тих випадках, коли апроксимується змінна y залежить від декількох незалежних змінних x_1, x_2, \dots, x_n , $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, підхід з побудовою лінії тренду не дає рішення. Тут можу бути використані наступні спеціальні функції MS Excel:

ЛИНІЙНА ТЕНДЕНЦІЯ для апроксимації лінійних функцій виду:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n,$$

ЛИНІЙНА(відомі_значення_y; відомі_значення_x; конст; статистика)
ТЕНДЕНЦІЯ(відомі_значення_y; відомі_значення_x; нові_значення_x; конст).
РІСТ (відомі_значення_y; відомі_значення_x; нові_значення_x; конст).

Література

1. Информационно-вычислительные системы в машиностроении САИ-5 - технологии / Ю. М. Соломенцев, В. Г. Митрофанов, В. В. Павлов, Л. В. Рыбаков. - М. : Наука, 2003. - 292 с.
2. Колесов И. М. Основы технологии машиностроения / И. М. Колесов. - М. : Высшая школа, 1999. - 591 с.
3. Мархель И. И. Детали машин. Программированное учебное пособие для средних специальных учебных заведений / И. И. Мархель. -2-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение 1986. - 448 с.
4. Маталин А. А. Технология машиностроения : учебник / А. А. Маталин. - М. : Машиностроение, 1985. - 496 с.
4. Панов А. А. Обработка металлов резанием : справочник технолога / А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм и др. - М. : Машиностроение, 1988. - 736 с.
5. Пономаренко В. С. Системи технологій : навчальний посібник / В. С. Пономаренко, М. А. Сіроштан, М. І. Белявцев та ін. - Х. : Око, 2000. - 376 с.
6. Проектирование технологий / под ред. Ю. М. Соломенцева. -М. : Машиностроение, 1999. - 416 с.
7. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні : навч. посібн. / П. О. Руденко. - К. : Вища шк.,1993. - 414 с.
8. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Т.1 / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. - 4-е изд. - М. : Машиностроение, 1985. - 656 с.
9. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Т.2 / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. - 2-е изд. доп. и перераб. - М. : Машиностроение, 1985. - 496 с.
10. Технологія конструкційних матеріалів : підручник / М. А. Сологуб, І. О. Рожнецький, О. І. Некоз та ін. ; за ред. М. А. Сологуба. - К. : Вища школа,1993. - 300 с.
11. Надійність техніки. Системи технологічні. Терміни та визначення: ДСТУ 2470-94. - К.: Держстандарт України, 1995. - 28 с.
12. Надійність сільськогосподарської техніки: Підручник. / М.І. Черновол, В.Ю. Черкун, В.В. Аулін та ін.; За заг. ред. М.І. Черновола.- Кіровоград: ТОВ «КОД», 2010. - 320 с.
13. Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними: ДСТУ 3004-95.-К.: Держстандарт України, 1995. - 51 с.
14. Канарчук В.С. Надійність машин: Підручник. / В.С. Канарчук, С.К. Полянський, М.М. Дмитрієв - Либідь, 2003 - 424 с.
15. Зенкін М.А. Методи підвищення надійності та довговічності деталей та вузлів машин легкої промисловості: Підручник. / М.А. Зенкін, Б.Ф. Піпа - К.: КНУДТД, 2004 -264с.
16. Холодов А.М. Технічні основи створення машин: Підручник / Холодов А.М., Руднев В.К., Гарнець В.М. – К.: УМК ВО, 1992. – 288 с.
17. Математичне моделювання технологічних процесів у машинобудуванні / А.І. Гордієнко, Л.Г. Полонський, П.П. Мельничук, М.Л. Хейфець. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 190 с.

18. Гавриш П.А. Математичне моделювання систем і процесів / П.А. Гавриш, Л.В.Васильєва // Навчальний посібник с грифом МОНУ, ДДМА, 2006- 100с. ISBN 966-379-060-1.
19. Винарский М.С, Лурье М.В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях.- Киев: Техника, 1975.-167с.
20. Зегнидзе И.Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем.-М.: Наука, 1976.-390с.
21. Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике: Учеб. для вузов / Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. - М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2001. - 496с.
22. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры.-М.: Физматлит, 2002. - 320 с.
23. Боровиков В.П. STATISTICA / В.П. Боровиков, И.П. Боровиков, М.: 1997, 592с.6 3 Курицкий Б.Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0. – СПб.: ВНУ – Санкт-Петербург, 1997.