

Лекція 2

Тема 1 Технологія виготовлення деталей типу «вал»

Загальні відомості про вали

- 1) Призначення, класифікація та конструктивні види валів.
- 2) Технічні умови виготовлення деталей типу валів.
- 3) Матеріал і способи одержання заготовок ступінчастих валів.
- 4) Базування під час обробки.

1 Призначення, класифікація та конструктивні види валів

Призначення валів. *До деталей класу валів відносяться: вали, осі, пальці, цапфи, штоки та ін. подібні деталі машин, в яких довжина значно перевищує діаметр.* Вони утворюються зовнішньою поверхнею обертання (циліндричною або конічною) та декількома торцевими поверхнями.

Вали широко використовують у вузлах та механізмах для передачі обертального руху та для монтажу на них різних деталей.

Вали працюють при різних швидкостях – від одного-двох обертів за хвилину до декількох тисяч. Залежно від виду машин вони сприймають дуже незначні навантаження, або навантаження, які обчислюються тисячами кілограмів. Вали можуть працювати в умовах атмосферної корозії, в агресивному середовищі, в умовах високих температур.

Вал будь-якої машини є однією з найбільш відповідальних деталей, так як він працює з великими навантаженнями і, в більшості випадків, при високих обертах. З цієї причини вали намагаються робити більш легкими, але міцними, а точніше порожнистими і тонкостінними.

Вали різні за розмірами і вагою. Конструктивна різноманітність валів викликається різним поєднанням циліндричних, конічних, а також зубчастих, шліцьових, різьбових поверхонь. Вали можуть мати шпонкові пази, лиски, осьові і радіальні отвори для закріплення сполучених деталей від осьового переміщення. Найчастіше вони є комбіновані в різноманітному сполученні з приведених вище груп.

Іноді використовується кріплення деталей за допомогою конусної затяжної втулки. Таке кріплення виключає виготовлення шпонкового паза на валу, значно полегшує монтаж і демонтаж деталей, зменшує їхнє биття при установці на вал і забезпечує беззастережне з'єднання з валом.

При переході від однієї ступені до іншої в ступінчастих валах проточують канавки чи галтелі, які зменшують концентрації напружень на переходах від одного уступу до іншого. Обробка галтелі більш складна, тому краще, де це припустимо, передбачати канавки. Якщо вони не передбачені, то ступінь

обточують підрізними різцями з радіусом заокруглення при вершині 0,2...0,5 мм. Торці валу доцільно виготовляти з фасками.

Конструктивні види валів. В залежності від службового призначення вали можуть бути дуже різноманітні за конструктивною формою, розмірами і матеріалом (рис. 1). Незважаючи на це, технологу при розробці технологічного процесу виготовлення валів приходится вирішувати багато однотипних задач. Тому доцільно користуватися типовими процесами виготовлення валів, що створені на основі приведеної класифікації.



Рисунок 1 – Класифікація валів

Загалом, в машинобудуванні зустрічаються вали безступінчасті і ступінчасті, цільні і пустотілі, гладкі і шліцьові, вали-шестірні, а також комбіновані вали в різноманітному сполученні з приведених вище груп. За

формою геометричної осі вали можуть бути прямими, колінчастими, кривошипними та ексцентриковими (кулачковими) (рис.1).

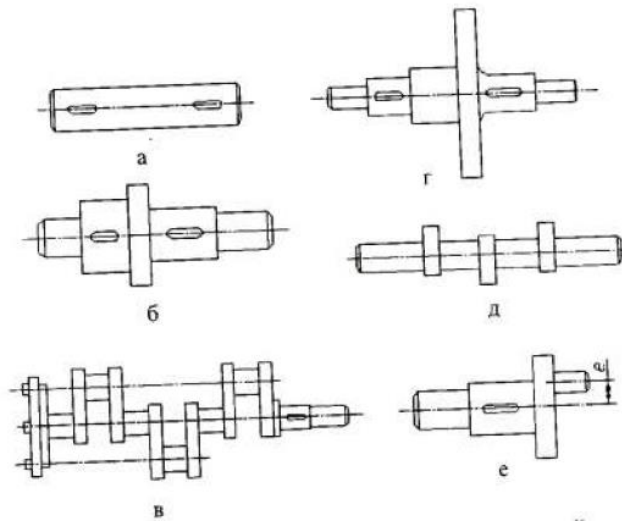


Рисунок 2 – Конструкційні типи валів:

а) гладкий вал; б) ступінчастий вал; в) колінчастий вал; г) дисковий вал; д) кулачковий вал; е) кривошипний вал

Найбільше поширення в машинобудуванні, у тому числі і верстатобудуванні, одержали різні ступінчасті вали середніх розмірів, серед яких переважають гладкі вали. Понад 85 % від загальної кількості типорозмірів ступінчастих валів у машинобудуванні складають вали довжиною 150... 1000 мм.

2 Технічні умови виготовлення деталей типу валів

Важкі умови роботи валів визначають високі вимоги до точності обробки їх поверхонь і точності взаємного положення поверхонь, які є конструкторськими базами. Технологічні завдання охоплюють вимоги до точності деталей по всім їх параметрам.

Точність розмірів. Точними поверхнями валів є його опорні шийки, поверхні під деталі, що передають крутний момент. Зазвичай вони виконуються по 6...7-му квалітетами (точність шийок під підшипники кочення і зубчасті колеса повинна бути в межах 6-го квалітету (посадки h6, js6, k6 та ін., шорсткість Ra 0,8...0,4 мкм).

Точність форми. Найбільш точно регламентується форма в повздовжньому і поперечному перетинах біля опорних шийок під підшипники кочення. Відхилення від круглості, циліндричності і профілю в повздовжньому

перетині не повинен перевищувати 0,25 ... 0,5 допуску на діаметр в залежності від типу і класу точності підшипника.

Точність взаємного розташування поверхонь. Для більшості валів головним є забезпечення співвісності робочих поверхонь, а також перпендикулярності робочих торців базовим поверхням. Як правило, ці величини вибираються по V...VII ступенями точності. Допуск радіального биття шийок під зубчасті колеса відносно шийок під підшипники 0,01...0,03 мм; допуск співвісності шийок під підшипники 0,01...0,02 мм.

Допуск симетричності бічних сторін шпонкових пазів і зубів шліцьових поверхонь відносно загальної осі підшипникових шийок 0,03...0,05 мм. Биття посадочних шийок щодо базових не повинно перевищувати 10-30 мкм. Відхилення від паралельності шпонкових пазів чи шліців до осі валу не перевищує 0,1 мкм на 1 мм довжини.

Допуски на довжину шийок знаходяться у межах 50-200 мкм.

Якість поверхневого шару. Шорсткість базових поверхонь зазвичай становить $R_a = 3,2 \dots 0,4$ мкм, робочих торців $R_a = 3,2 \dots 1,6$ мкм, інших невідповідних поверхонь $R_a = 12,5 \dots 6,3$ мкм, а шорсткість поверхні посадочних шийок – у межах $R_a 1,25 \dots 0,16$ мкм, торців і уступів – $R_a 6,3 \dots 3,2$ мкм.

Вали можуть бути сирими і термообробленими.

Твердість поверхневих шарів, спосіб термообробки можуть бути дуже різноманітними в залежності від конструктивного призначення валів. Якщо значення твердості не перевищує HB 200...230, то заготовки піддають нормалізації, відпалу або термічно не обробляється. Для збільшення зносостійкості валів підвищують твердість їх робочих поверхонь. Часто це досягається поверхневим загартуванням струмами високої частота, що забезпечує твердість HRCe 48...55. Поверхні валів з маловуглецевих марок сталі піддають цементації на глибину 0,7...1,5 мм з наступним загартуванням і відпалом. Таким способом можна досягти твердості HRCe55...60. Робочі поверхні деяких валів азотують на глибину 0,6...0,9 мм. Не допускаються тріщини, задираки, відколи й інші поверхневі дефекти.

Деякі вимоги до технологічності валів.

Поряд із загальними вимогами, до технологічності валів пред'являються і деякі специфічні вимоги:

1 Перепади діаметрів східчастих валів повинні бути мінімальними. Це дозволяє зменшити об'єм механічної обробки при їх виготовленні і скоротити відходи металу. За цієї причини конструкція валу з канавками і пружинними кільцями більш технологічна конструкції валу з буртами.

2 Довжини ступенів валів бажано проектувати рівними або кратними довжині короткої ступені, якщо токарна обробка валів буде здійснюватися на багаторізцевих верстатах. Така конструкція дозволяє спростити настройку різців і скоротити їх холості переміщення.

3 Шліцьові і різьбові ділянки валів бажано конструювати відкритими або закінчувати канавками для виходу інструменту. Канавки на валу необхідно задавати однієї ширини, що дозволить прорізати їх одним різцем.

4 Вали повинні мати центрові отвори. Запис у технічних вимогах про неприпустимість центрових отворів різко знижує технологічність валу. У таких випадках помітно подовжувати заготовку для нанесення тимчасових центрів, які зрізають в кінці обробки.

3 Матеріал і способи одержання заготовок ступінчастих валів

Вали в основному виготовляють з конструкційних і легованих сталей, до яких пред'являються вимоги високої міцності, гарної оброблюваності, малої чутливості до концентрації напруги, а також високої зносостійкості, здатності піддаватися термічній обробці. Перерахованим вимогам найбільш повно відповідають сталі наступних марок: 35, 40, 45, 40Г, 50Г, 40Х тощо. Досить рідко вали відливають з чавуну. Застосування легованих сталей у порівнянні з конструкційними трохи обмежено через більш високу їх собівартість, а також підвищену чутливість до концентрації напруги.

Продуктивність механічної обробки валів багато в чому залежить від виду заготовки, її матеріалу, розміру і конфігурації, а також від характеру виробництва. Заготовки валів виготовляють в заготівельних цехах при відділеннях механічного цеху, в яких крім кузнечно-пресового обладнання встановлюють правильно-калібрувальні, відрізні, фрезерно-центрувальні, центрувальні, токарно-обдирні та ін. верстати.

На цьому обладнанні виконують рубку прокату і його ковку для отримання поковок і штамповок (ковальсько-пресове обладнання), правку прокату на правильно-калібрувальних верстатах з метою усунення місцевої та загальної кривизни, різання прокату після правки.

Заготовки для валів отримують з гарячекатаного і каліброваного прокату. В одиничному і дрібносерійного виробництва, як правило, заготовки з прокату отримують шляхом його різання з наступною механічною обробкою. Заготовки валів масою більше 15 кг доцільно отримувати методом вільного кування (без штампів). Прокат круглого перетину надходить на машинобудівні заводи у вигляді багатометрових прутків, з яких в заготівельних цехах нарізуються заготовки необхідної довжини. Різка може бути проведена різними способами на різному устаткуванні. Процес повинен бути продуктивним, забезпечувати необхідну точність по довжині заготовки, перпендикулярність торців валу, необхідну якість поверхні торців, включаючи задану шорсткість, а також мінімальні втрати металу.

Вибір методів різання прокату залежить від типу виробництва, діаметра заготовки і твердості матеріалу. Найбільш продуктивним методом отримання штучних заготовок з прокату є рубка на пресах. Цей метод при належній організації виробництва може бути використаний у всіх типах виробництва.

У найбільшій мірі зазначеним вимогам відповідають відрізні круглопилні верстати, що застосовуються в серійному і масовому виробництвах. В якості ріжучого інструменту в них застосовуються пильні диски, оснащені сегментами зі швидкорізальної сталі. Таким диском можна розрізати прокат діаметром до 240 мм або пакет прутків меншого діаметру. Торці заготовок після відрізки мають шорсткість $Ra\ 25\ \mu\text{м}$.

У дрібносерійному і одиничному виробництвах застосовуються більш прості, але менш продуктивні відрізні ножівкові верстати. Тонкі ножівкові полотна дають вузький пропил, але внаслідок малої жорсткості не забезпечують високої перпендикулярності торців заготовок.

Різка прутків і труб з високотвердих, загартованих сталей найбільш ефективна на абразивно-відрізних верстатах, оснащених тонкими, товщиною 3...6 мм абразивними кругами на бакелітовій або вулканітовій зв'язках. Завдяки високій швидкості обертання, що досягає 80 м/с, круги швидко розрізають прутки, утворюючи рівний зріз з шорсткістю $Ra\ 3,2...6,3\ \mu\text{м}$. Щоб уникнути пережога торців зона різання рясно поливається охолоджувальною рідиною.

У порівнянні з перерахованими інші методи різання застосовуються рідше. До них відносяться різка на токарно-відрізних верстатах відрізними різцями, на фрезерних верстатах прорізними фрезами, різання фрикційними пилами. Фрикційне пила являє собою тонкий сталевий диск із швидкістю обертання вище 100 м/с. У місці контакту із заготовкою внаслідок тертя виділяється теплота, розплавляє метал прутка, що забезпечує високу продуктивність процесу. Однак оплавлення торців заготовок знижує їх якість. До найбільш продуктивних методів відносяться рубка прутків на пресах і різання ножицями. Істотним недоліком цих методів, що обмежує їх застосування, є зминання кінців заготовок.

Заготовки з прокату застосовують в основному в дрібносерійному та одиничному виробництві, а також при виготовленні валів з невеликою кількістю ступенів та незначними перепадами їх діаметрів.

У виробництві з більш значним масштабом випуску, а також при виготовленні валів більш складної конфігурації з великою кількістю ступенів, що значно відрізняються по діаметру, заготовки доцільно отримувати **методом пластичної деформації**. Ці методи (кування, штампування) дозволяють отримувати заготовки, за формою і розмірами найбільш близькі до готової деталі з припусками 1,5...2 мм, що значно підвищує продуктивність механічної обробки і знижує металоємність виробу. Вибір найбільш раціонального способу отримання заготовки в кожному окремому випадку визначається комплексно з

урахуванням техніко-економічних показників. Зі збільшенням масштабів випуску особливого значення набувають ефективність використання металів і скорочення трудомісткості механічної обробки. Тому у крупносерійному і масовому виробництві переважають методи отримання заготовок з коефіцієнтом використання матеріалів від 0,7 і вище, що доходить в окремих випадках до 0,95. Штучну заготовку з прутка доцільно замінювати штампованою, якщо коефіцієнт використання матеріалу більший не менше ніж на 5%, враховуючи, звичайно, економічну доцільність інших факторів. Порожнисті вали доцільно виготовляти із труб.

У середньосерійному виробництві заготовки для валів отримують з прокату шляхом розрізання з наступною механічною обробкою або куванням в підкладних або групових переналагоджуваних штампах. Широко використовують ротаційну ковку на кувальних машинах з програмним управлінням.

4 Базування під час обробки

Основними базами переважної більшості валів є поверхні його опорних шийок. Однак використовувати їх в якості технологічних баз для обробки зовнішніх поверхонь, як правило, важко, особливо за умови збереження єдності баз. Тому при більшості операцій за технологічні бази приймають поверхні центрових отворів з обох торців заготовки, що дозволяє обробляти майже всі зовнішні поверхні валу на постійних базах з установкою його в центрах.

При цьому може виникати похибка базування, що впливає на точність взаємного розташування шийок, рівна величині неспівпадання осі центрових отворів і загальної осі опорних шийок.

Для виключення похибки базування при витримуванні довжин ступенів від торця валу необхідно в якості технологічної бази використовувати торець заготовки. З цією метою заготовку встановлюють на плаваючий передній центр.

Використання центрів в якості установчих елементів передбачає застосування того чи іншого повідкового пристрою, що передає крутний момент заготовці. Такими пристроями є повідкові патрони, хомутики і т. п.