

В.М. Нигора
В.М. Криворотько
Н.І. Ковальова

РОЗНІМНІ
та
нерознімні
**З'ЄДНАННЯ
ДЕТАЛЕЙ**



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

В.М. Нигора, В.М. Криворотько,
Н.І. Ковальова

РОЗНІМНІ ТА НЕРОЗНІМНІ З'ЄДНАННЯ ДЕТАЛЕЙ

Навчальний посібник

Київ НУХТ 2014

УДК 744:004(075.8)

Рекомендовано вченою
радою НУХТ
Протокол № 7 від 23.02.2012 р.

Рецензенти: **Ю.М. Ковальов**, д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри «Прикладна геометрія та комп'ютерна графіка» Національного авіаційного університету; **П.Л. Носко**, д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри «Машинознавство» Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.

Нигора В.М., Криворотько В.М., Ковальова Н.І. Рознімні та нерознімні з'єднання деталей: Навч. посіб. — К.: НУХТ, 2014. — 219 с.

ISBN 978-966-612-145-8

Розглянуто відомості щодо призначення, конструкції, порівняльних характеристик і правил розроблення креслеників деталей основних видів рознімних і нерознімних з'єднань відповідно до вимог державних (ДСТУ) та міжнародних (ISO) стандартів.

Для студентів вищих навчальних закладів машинобудівних спеціальностей.

ISBN 978-966-612-145-8

УДК 744:004(075.8)

© В.М. Нигора, В.М. Криворотько,
Н.І. Ковальова, 2014
© НУХТ, 2014

ВСТУП

Мета розділу «Машинобудівне креслення» дисципліни «Інженерна графіка» — формування у студентів умінь і необхідних навичок читання креслеників складальних одиниць та виконання і оформлення різних креслеників машинобудівних конструкцій.

Цей розділ містить багато необхідної інформації, але, на погляд авторів, його доцільно доповнити даними щодо рухомих з'єднань підшипникових опор валів механічних передач, які є невід'ємним компонентом складальних креслеників багатьох об'єктів машинобудування, за якими студенти розробляють кресленики деталей.

У посібнику розглянуто основні види з'єднань деталей машин, що використовуються в машинобудуванні, — нерухомі рознімні і нерознімні та рухомі рознімні (підшипникові опори валів).

Особливу увагу приділено конструктивно-інформаційному забезпеченню розроблення креслеників, яке містить дані щодо конструктивних особливостей деталей різних видів з'єднань та спрощені залежності для визначення їх геометричних параметрів.

Це дає можливість студентам уже на ранніх етапах розроблення креслеників обґрунтовано вибирати раціональну форму та розміри елементів деталей з'єднань.

Практичному засвоєнню матеріалу та виконанню графічних робіт сприятимуть наведені приклади вибору конструктивних параметрів і розроблення креслеників деталей з'єднань згідно з вимогами стандартів СКД та інформація, наведена в додатках посібника.

Навчальний посібник відповідає робочій програмі дисциплін «Інженерна графіка», «Інженерна та комп'ютерна графіка», «Машинобудівне креслення» і призначений для вивчення розділу «З'єднання деталей» цих дисциплін і виконання графічних робіт

та індивідуальних завдань студентами вищих навчальних закладів машинобудівних спеціальностей, а також може бути використаний під час виконання графічної частини курсових робіт і проектів студентами відповідних спеціальностей.

Автори висловлюють щирю подяку рецензентам: д-ру техн. наук, проф. Ю.М. Ковальову і д-ру техн. наук, проф. П.Л. Носко, критичні зауваження яких сприяли поліпшенню якості навчального посібника.



КОНСТРУЮВАННЯ З'ЄДНАНЬ ДЕТАЛЕЙ. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

1.1. ЗАСТОСУВАННЯ ОСНОВНИХ ТИПІВ З'ЄДНАНЬ ДЕТАЛЕЙ

Деталі і складальні одиниці машин для передавання зусиль і рухів від одного елемента до іншого з'єднуються між собою тим чи іншим способом. З'єднання деталей машин поділяються на дві групи: нерухомі та рухомі (рис. 1.1.1).



Рис. 1.1.1

Нерухомі з'єднання деталей поділяють на рознімні та нерознімні. Рознімні нерухомі з'єднання (нарізні, шпонкові, шліцьові та штифтові) допускають розбирання з'єднаних деталей без руйнування або пошкодження елементів з'єднання.

Найбільший клас нерухомих рознімних з'єднань становлять *нарізні з'єднання*, які утворюються за допомогою деталей, що мають наріз (болти, гвинти, шпильки, гайки тощо).

Широке використання в машинобудуванні нарізних з'єднань зумовлене високою несучою здатністю, надійністю, зручністю з'єднання та роз'єднання деталей.

Одна з переваг нарізних з'єднань — наявність значної номенклатури спеціальних кріпильних нарізних деталей, пристосованих до різних конструктивних варіантів з'єднань, їх широка стандартизація і мала вартість, особливо в умовах масового виробництва.

Недоліками нарізних з'єднань є концентрація напружень на поверхнях нарізних деталей, що зменшує їх міцність під дією змінних циклічних навантажень.

Обов'язковою особливістю нарізних з'єднань є забезпечення певного рівня щільності та надійності, що зумовлює працездатність як з'єднання, так і складальної одиниці і машин у цілому.

Шпонкові та шліцьові (зубчасті) з'єднання служать для закріплення деталей, що передають крутний момент від вала до маточини деталі (зубчастого колеса, зірочки тощо) або, навпаки, від маточини до вала.

Завдяки простоті конструкції, зручності складання і розбирання вузла, низькій вартості шпонкові з'єднання широко застосовуються в мало навантажених з'єднаннях у всіх галузях машинобудування.

Основні типи шпонок мають стандартизовані розміри, що залежать від діаметра вала.

Залежно від характеру навантаження розрізняють ненапружені (призматичні і сегментні) та напружені (клинові) шпонкові з'єднання.

До недоліків шпонкових з'єднань треба віднести ослаблення вала і маточини шпонковими пазами, що утворюють значну концентрацію напружень, які знижують опір вала утомлюваності.

У передаванні великих навантажень застосовують шліцьові (зубчасті) з'єднання, що утворюються виступами вала шліцями (зубцями), які входять у відповідні впадини — пази в маточині. У порівнянні зі шпонковими з'єднаннями шліцьові мають ряд переваг: точніше центрування спряжених деталей; кращий напрямок під час переміщення маточини по валу; більшу міцність вала завдяки меншій концентрації напружень в основі шліців і рівномірному розподілу тиску по поверхні вала.

Штифтові з'єднання застосовують для точного взаємного фіксування спряжених деталей і передавання невеликих навантажень, а також як запобіжники та шпонки. Штифти вставляють в отвір деталей, що спрягаються із натягом і утримуються від випадання силами тертя.

Нерознімні з'єднання (зварні, паяні, заклепкові, пресові) не дають можливості виконувати розбирання без руйнування з'єднаних елементів і деталей. Такі з'єднання здійснюються силами молекулярного зчеплення (зварні і паяні) або силами механічної дії (заклепкові і пресові).

Зварювання — це процес отримання нерознімного з'єднання двох або більше деталей із твердих матеріалів (металів) їх місцевим сплавленням або спільним деформуванням з нагріванням та одержанням на межі їх розподілу міцних міжатомних зв'язків. Зварюванням з'єднуються різні марки сталей, чавуну, міді, латуні, бронзи, алюмінієвих сплавів і термопластичної пластмаси (вінілпласт, капрон, полістирол тощо). Для реалізації міжатомної взаємодії атоми слід наблизити на відстань, рівну параметру кристалічної решітки металу з'єднаних деталей (цьому заважають різні нерівності, які є на поверхні деталей, забруднення окислами тощо). Таке наближення досягається розплавленням кромки зварюваних деталей або їх спільним пластичним деформуванням за рахунок тиску. Отже, усі види зварювання можна поділити на дві основні групи: зварювання плавленням і тиском.

Паяні з'єднання утворюються в результаті хімічних зв'язків матеріалу деталей і присаджувального матеріалу, який називається припоєм. Температура плавлення припою нижче температури плавлення матеріалу деталей, тому в процесі паяння з'єднані деталі залишаються твердими, а розплавлений припій розтікається по нагрітих поверхнях стику деталей. Поверхні деталей знежирюють, очищають від окислів та інших сторонніх частинок. Без цього не можна забезпечити добру змочуваність поверхонь припоєм і заповнення зазору у стику.

Міцність паяного з'єднання значною мірою залежить від розміру зазору між з'єднуваними деталями. Оптимальний зазор залежить від типу припою і матеріалу деталей.

Заклепкові з'єднання застосовуються:

– в особливо відповідальних конструкціях, що зазнають дії різко вираженого вібраційного навантаження; надійність зварних з'єднань за такого навантаження ще недостатньо вивчена (у будівництві мостів, у літакобудуванні);

– у з'єднаннях, нагрівання яких під час зварювання неприпустиме через небезпеку відпуску термооброблених деталей або короблення остаточно оброблених точних деталей;

– для з'єднання незварюваних деталей (наприклад, кріплення обкладок із фрикційного матеріалу в гальмах і фрикційних муфтах різних машин).

У заклепкових з'єднаннях деталей з'єднувальними елементами служать заклепки — стрижні круглого поперечного перерізу з головками на кінцях, невставлена заклепка має одну головку.

Під час клепаання заклепкових швів між з'єднуваними деталями виникають сили тертя, що утримують останні від зсуву. Оскільки заклепки виготовляють з високопластичних матеріалів, їхньому руйнуванню передують значні залишкові деформації, які можуть сигналізувати про небезпеку руйнування, що дає змогу вжити запобіжних заходів.

Рознімні з'єднання підшипникових опор валів та осей. Зубчасті колеса, шківи, зірочки та інші обертові деталі машин установлюють на валах або осях, що фіксуються у підшипникових опорах, до яких належать корпус, підшипники, кришки, ущільнення та ін.

Вали та осі — це деталі, за допомогою яких ланки механізму утворюють обертальні пари. Вони розрізняються тим, що осі (обертові і нерухомі) реалізують тільки геометричну вісь обертання, а вали, крім того, передають крутний момент.

Конструкції валів і осей досить різноманітні й визначаються в процесі компонування механізму з урахуванням його призначення, умов роботи, оброблення, складання, змащення та інших факторів. Вибір форми вала полягає у відшуканні варіанта, найраціональнішого для даного випадку. Щоб зменшити кількість факторів, що впливають на форму вала, конструкцію останнього розробляють після вирішення таких питань: який тип опор для даного вала найдоцільніший, які обертові деталі будуть на них посаджені, якою системою сил і моментів вал навантажений, як і в якій послідовності складатиметься вал зі сполученими з ним деталями.

Підшипники служать опорами валам та обертальним осям. Вони сприймають радіальні та осьові навантаження, прикладені до вала.

Для того щоб обраний типорозмір стандартного шарико-підшипника залишався працездатним протягом визначеного терміну служби (L_h , год), опори із шарикопідшипниками повинні

задовольняти певним конструктивним, монтажним і експлуатаційним вимогам. Під час їх конструювання потрібно враховувати призначення, характер навантаження, кутову швидкість, стан зовнішнього середовища. З урахуванням цих умов складальні одиниці із підшипниками кочення розробляють у певній послідовності. Спочатку komponують опору, складають її ескіз, визначають діючі в ній навантаження. Після цього вибирають тип підшипника, його розмір і клас точності; призначають посадки зовнішніх і внутрішніх кілець, способи їх кріплення на валу та в отворі корпусу; добирають змащення й тип ущільнень.

У виборі опор точних механізмів одним з основних показників їх якості є момент сил тертя M_t і його стабільність. У шарикопідшипниках M_t залежить від ряду факторів: тертя кочення кульок по кільцях, тертя ковзання кульок по сепаратору, тертя кульок і кілець по мастильному матеріалу. Ці фактори залежать від матеріалів кілець і кульок, якості змащування, навантаження, розмірів підшипника, кутової швидкості, радіального й осевого зазорів. Зі збільшенням навантаження момент тертя збільшується за лінійною залежністю, а зі збільшенням частоти обертання він майже не змінюється. Проте, якщо підшипник перебуває в масляній ванні, то M_t збільшується разом зі швидкістю. За повної відсутності змащування момент тертя підвищений, а у разі подавання в підшипник мінімальної кількості мастила (до 20 крапель на годину) M_t різко знижується.

Така множинність незалежних факторів, що впливають на момент тертя в підшипниках кочення, не дає можливості одержувати достовірні значення M_t аналітично. Це завдання вирішується або експериментально в кожному конкретному випадку, або за допомогою наближених залежностей, у яких використовуються емпіричні дані.

1.2. ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛЕЙ З'ЄДНАНЬ ТА ВИБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Сутність конструювання деталей полягає в тому, щоб правильно вибрати конструктивні параметри деталей (форму, розміри, матеріал, граничні відхилення розмірів) з урахуванням технологічності конструкції. У процесі конструювання деталей можна виділити кілька етапів їх вибору: форми деталі, розмірів

деталі, матеріалу деталі, точності та якості оброблення поверхонь деталі й точності їх взаємного розташування, інших параметрів. Отже, під час конструювання деталей конструктор повинен уміти правильно вибирати й позначати на кресленнях зазначені конструктивні параметри.

Вибір форми деталей — це вибір їх поверхонь, які можуть бути плоскими, циліндричними, конічними, сферичними, фасонними. Основним критерієм для вибору форми поверхонь є їх технологічність. Найтехнологічніші циліндричні поверхні, які можуть бути отримані безперервним процесом точіння. Плоскі поверхні менш технологічні, тому що формуються дискретним процесом (фрезеруванням, струганням, плоским шліфуванням). Фасонні поверхні нетехнологічні і їх оброблення різанням слід уникати. Тільки у разі штампування, пресування та інших методів формоутворення без додаткового механічного оброблення фасонні поверхні можуть бути технологічними.

Іншим критерієм вибору форми деталей є їх естетичність — конструктивна й декоративна (для зовнішніх поверхонь деталей). Найгармонічнішою комбінацією розмірів деталей вважається така, в якій деталі вписуються в прямокутник з відношенням сторін 0,62. Це так зване «правило золотого перерізу».

У машинобудуванні основні розміри деталей вибирають із розрахунку на міцність. Критерієм для вибору розмірів деталей є точність функціонування, тому що існує функціональний зв'язок між розмірами й точністю. Основні номінальні розміри деталей (діаметри й довжини) потрібно округляти до найближчого нормального розміру із рядів нормальних лінійних (дод., табл. Д 1.1) і кутових (дод., табл. Д 1.2) розмірів.

Під технологічністю конструкції деталі розуміють таку сукупність їх конструктивних параметрів, що дає можливість виготовити деталь найменшої собівартості за заданого обсягу випуску й умов даного виробництва. Сукупність конструктивних параметрів деталі визначає економічні показники технологічного процесу виготовлення цієї деталі: витрата матеріалу на деталь, трудомісткість оброблення, витрати на експлуатацію устаткування й амортизацію технологічного оснащення. Ці показники впливають на собівартість деталі й дають можливість вибрати найраціональніший технологічний варіант конструкції.

Технологічність конструкції деталі тісно пов'язана з типом виробництв. Для масового й крупносерійного виробництва деталі виготовляють прогресивними технологічними методами (литтям

під тиском, холодним штампуванням, пресуванням), для одиночного і дрібносерійного, як правило, — обробкою різанням.

Вибір конструкційних матеріалів деталей з'єднань

Номенклатура матеріалів, що використовуються для виготовлення деталей різних видів з'єднань, охоплює такі основні групи матеріалів, як сталі та сплави кольорових металів.

Сталь — залізовуглецевий сплав із вмістом вуглецю до 2 %. У складі сталі може бути до 1 % природних домішок (сірка, фосфор, марганець, кремній). Для підвищення якісних показників або надання сталям спеціальних властивостей до них додають легуючі елементи (хром, нікель, молібден, титан та ін.).

Різноманітність сталей за їх застосуванням і практичним використанням, за хімічним складом чи за характерними спеціальними властивостями дуже велика. Для виготовлення різних деталей з'єднань машин найширше застосовують вуглецеві і леговані конструкційні сталі.

Вуглецеві конструкційні сталі поділяють на дві категорії: звичайної якості та якісні.

Сталі вуглецеві звичайної якості (ДСТУ 2651–94) поділяють на групи А, Б і В. Сталі групи А постачають за механічними властивостями без уточнення хімічного складу, групи Б — з гарантованим хімічним складом, групи В — за механічними властивостями і за додатковими вимогами до хімічного складу. Ці сталі маркують цифрами в порядку зростання вмісту вуглецю і підвищення характеристик міцності — Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6. Сталі звичайної якості, як найдешевші, широко застосовуються для виготовлення таких деталей, як заклепки, болти, гайки, шпильки, шпонки тощо.

Сталі всіх груп з номерами марок 1, 2, 3, 4 залежно від ступеня розкиснення виготовляють киплячі (кп), спокійні (сп) і напівспокійні (пс), з номерами марок 5 і 6 — спокійні і напівспокійні. Сталь марки 0 за ступенем розкиснення не розподіляється.

Приклад умовного позначення: В Ст3 кп ДСТУ 2651–94 — сталь групи В, марки 3 (умовний номер залежно від хімічного складу і механічних властивостей) кипляча.

Сталі вуглецеві якісні конструкційні (ГОСТ 1050–88) групи I з нормальним вмістом марганцю і групи II з підвищеним вмістом марганцю здебільшого використовують в термообробленому стані. Їх маркують двозначним числом, яке відповідає середньому вмісту вуглецю в сотих частках відсотка (сталі марок 08, 10, 15, 20...75), а також сталі 20Г, 30Г, 40Г, 50Г (літера Г означає

підвищений вміст марганцю). Якісну сталь постачають із гарантованими хімічним складом і механічними властивостями. Сталь із підвищеним вмістом марганцю характеризується кращими показниками міцності і стійкості проти спрацювання, але має меншу в'язкість. Якісні вуглецеві сталі застосовують для виготовлення валів і осей, важелів, зубчастих коліс, шпонок та інших деталей, що працюють із середнім навантаженням.

Приклад умовного позначення: Сталь 45 ГОСТ 1050–88.

Леговані конструкційні сталі (ГОСТ 4543–88) поділяють на якісні і високоякісні. Залежно від основних легуючих елементів леговані сталі бувають 14 груп: хромисті (30Х, 30ХРА, 45Х), хромонікелеві (40ХН, 50ХН), хромомарганцевисті (25ХГТ, 40ХГТР), хромомолібденові (30ХМА, 35ХМ), хромонікельмолібденові (20ХН2М, 30ХН2МА), хромомарганцевонікелеві (20ХГНР, 38ХГН) та ін. У марках сталей літери означають: Х — хром, Н — нікель, В — вольфрам, Ф — ванадій, Г — марганець, С — кремній, Ю — алюміній, М — молібден, Т — титан, К — кобальт, Р — бор та ін. Двозначне число перед літерним позначення вказує на вміст вуглецю в сотих частках відсотка, а цифри, що стоять біля літер — вміст цього елемента у відсотках (якщо він менше або близько 1 %, то цифра не ставиться). Для високоякісної сталі наприкінці позначення марки ставлять літеру А.

Леговану сталь використовують для особливо відповідальних деталей з'єднань, які повинні мати високу міцність при малих розмірах або виявляти особливі фізико-механічні властивості (корозійну стійкість, жароміцність та ін.).

Конструкційну сталь постачають згідно зі встановленим сортаментом таких розмірів, мм: круглу — діаметром 5 ... 250, квадратну — зі стороною 5 ... 250, шестигранну — діаметром 8 ... 100, кутову — зі стороною 20 ... 250, двотаврові балки і швелери — із висотою перерізу 100 ... 700; листову, прутки, гнутий профіль, фасований прокат, труби тощо.

В умовному позначенні сортаменту, крім характеристики матеріалу, зазначають розмірну характеристику (діаметр, товщину та ін.) профілю, спосіб подальшого оброблення, термічне оброблення та відповідний стандарт.

Приклади умовних позначень сортаменту:

1) сталь гарячекатана квадратного профілю (ГОСТ 2591–88) звичайної точності прокатки (В) зі стороною квадрата 36 мм, марки 45Х (ГОСТ 4543–88), термічно оброблена (Т):

Квадрат $\frac{B36 \text{ ГОСТ } 2591 - 88}{45X-T \text{ ГОСТ } 4543 - 88}$;

2) сталь гарячекатана круглого профілю (ГОСТ 2590-88) звичайної точності прокатки (В) діаметром 20 мм, марки 30 ХРА (ГОСТ 4543-88) без термічного оброблення:

Круг $\frac{B20 \text{ ГОСТ } 2590 - 88}{30ХРА \text{ ГОСТ } 4543 - 88}$;

3) сталь гарячекатана штабова завтовшки 20 мм, завширшки 75 мм, (ГОСТ 103-76), марки 25ХГТ (ГОСТ 4543-88), термічно оброблена (Т):

Штаба $\frac{20 \times 75 \text{ ГОСТ } 103 - 76}{25ХГТ - Т \text{ ГОСТ } 4543 - 88}$.

Для виготовлення деталей машин також можуть використовуватись вилівки з вуглецевої та легованої сталей. Ці матеріали умовно позначають так: 45Л, 50Л, 35ХНЛ, 30ХГСЛ.

Для підвищення механічних та інших властивостей сталей застосовують термічне і хіміко-термічне оброблення, а також механічне зміцнення.

Термічне оброблення — процес нагрівання і охолодження металу у певних температурних режимах. До основних видів термооброблення належать: відпалювання, нормалізація, гартування, відпускання. Гартування з високотемпературним відпусканням називають поліпшенням.

Сплави кольорових металів. *Мідні сплави* — латуні і бронзи — різняться великою антикорозійною стійкістю і високими антифрикційними властивостями. Тому їх використовують для виготовлення деталей, які працюють в корозійному середовищі, та деталей вузлів тертя. Ці матеріали добре піддаються обробленню різанням, деталі з них можуть бути виготовлені способом лиття або обробленням тиском.

Латуні — сплави міді з цинком, подвійні або складні, з добавками легуючих елементів, таких як алюміній, кремній, залізо, марганець, олово, свинець.

Латуні ливарні (ГОСТ 17711-93) випускаються марок ЛЦ40С, ЛЦ40Сд, ЛЦ40Мц1,5, ЛЦ40Мц3Ж, ЛЦ40МцЗА, ЛЦ37Мц2С2К, ЛЦ30АЗ, ЛЦ25С2, ЛЦ16К4, ЛЦ14КЗСЗ. Після літерного позначення основного легуючого елемента (цинк) і кожного наступного

ставляться цифри, що вказують на його вміст у сплаві. Наприклад, латунь ЛЦ23А6ЖЗМц2 містить цинку 23 %, алюмінію — 6, заліза — 3, марганцю 2 %. Ливарні латуні застосовуються для фасонного лиття втулок, а також для корозієстійких деталей арматури, що працює в агресивному середовищі.

Латуні, оброблювані тиском (ГОСТ 15527–80), випускаються марок Л90, Л85, Л80, Л70, Л68, Л63, Л60, ЛА77-2, ЛАЖ60-1-1, ЛЖМц59-1-1, ЛН65-5, ЛМц58-2, ЛМцА57-3-1. Число після літери Л вказує на вміст міді у відсотках (наприклад, у латуні Л68 міститься 68 % міді та 32 % цинку). Якщо крім міді й цинку є інші елементи, то ставляться їх початкові літери (О — олово, С — свинець, Ж — залізо, Ф — фосфор, Мц — марганець, А — алюміній, Ц — цинк). Вміст цих елементів позначається цифрами після числа, що вказує на вміст міді (наприклад, сплав ЛАЖ60-1-1 містить міді 60 %, алюмінію — 1, заліза — 1 та цинку — 38 %). Ці латуні постачаються на підприємства у вигляді прутків, дроту, стрічок, які використовують для деталей, отримуваних механічним обробленням або штампуванням. Наприклад, кріпильні деталі, фітинги, сепаратори підшипників, що використовуються в суднобудуванні.

Вартість латуні приблизно у 5 разів вища за вартість якісної сталі.

Бронзи — сплави міді з оловом або іншими металами (алюмінієм, свинцем, фосфором та ін.). Олов'яні бронзи — найвищоякісніші, але дорогі і дефіцитні. Дешевими і менш дефіцитними є безолов'яні бронзи на основі свинцю й алюмінію. Саме їх найчастіше і використовують для виготовлення деталей машин.

Бронзи олов'яні, оброблювані тиском (ГОСТ 5017–2006), випускаються марок БрОФ8,0-0,3, БрОФ7-0,2, БрОФ6,5-0,15, БрОФ4-0,25, БрОЦ4-3 та ін. У маркуванні бронз, оброблених тиском, на першому місці ставляться літери Бр, потім літери, що вказують, які елементи крім міді входять до складу сплаву. Цифри після літер вказують на вміст компонентів у сплаві. Наприклад, марка БрОФ7-0,2 означає, що бронза містить 7 % олова, 0,2 % фосфору, решта — мідь.

Бронзи безолов'яні, оброблювані тиском (ГОСТ 18175–78), випускаються марок БрАМц10-2, БрБНТ1,9Мг, БрАЖНМц9-4-4-1, БрМг0,3 та ін. Бронзові прутки, штаби і дріт такого самого сортаменту, що й латунні.

Основні галузі застосування бронзи — деталі обладнання харчової та легкої промисловості, що працюють у рідинних

середовищах, а також деталі арматури, що експлуатується в середовищі рідкого палива та пари за температур до 250 °С.

Алюмінієві сплави мають алюмінієву, магнієву або титанову основу з добавками міді, марганцю, кремнію, заліза, нікелю та ін. Ці сплави широко використовують в авіації, а також у загальному машинобудуванні. Основна перевага цих сплавів — мала густина (не більше як 3,5 г/см³) за достатньо високих показників міцності.

Найпоширеніші алюмінієві сплави з основними компонентами (основою): силумін (алюміній-кремній), дуралюмін (алюміній-мідь-марганець). Залежно від призначення вони поділяються, як латуні і бронза, на ливарні та оброблювані тиском (деформівні).

Сплави алюмінієві ливарні (ДСТУ 2839-94, ГОСТ 1583-93) випускаються марок АК12(АЛ2), АК12П, АК13, АК9ч(АЛ4), АК5М(АЛ5), АМг5Мц(АЛ28) та ін. Застосовуються для виготовлення корпусних деталей, кронштейнів, фланців і деталей арматури приладів.

Сплави алюмінієві деформівні (ГОСТ 4784-97) випускаються марок АД0, АД1, АК6, АК8, АМг2, АМг3, АМг4, АМг5, Д1, Д16 та ін. Постачаються на підприємства у вигляді прутків, стрічок, штаб. Застосовуються для виготовлення кріпильних нарізних деталей турбогвинтових двигунів фітингів для з'єднань труб тощо.

Основні механічні характеристики матеріалів

Основні механічні характеристики машинобудівних матеріалів потрібні конструктору для виконання розрахунків працездатності деталей машин, а деякі з них використовують для визначення технології виготовлення деталей. Механічні характеристики матеріалів визначають лабораторними випробуваннями зразків матеріалів і наводять у відповідній довідковій літературі.

Основні механічні характеристики матеріалів:

границя міцності σ_b , МПа, — напруження в зразку матеріалу за найбільшого розтягального навантаження, якому передують руйнування зразка;

границя текучості σ_s , МПа, — найбільше напруження, за якого зразок деформується без значного збільшення розтягального навантаження;

відносне видовження δ , %, — відношення приросту розрахункової довжини зразка після розриву до його початкової розрахункової довжини;

модуль пружності для розтягнення E , МПа, або зсуву G , МПа, — відношення напруження до відповідної йому відносної деформації зразка в границях справедливості закону Гука;

коефіцієнт Пуассона ν — відношення відносної поперечної деформації зразка до відносної його поздовжньої деформації (в абсолютному значенні);

твердість (НВ — за Брінеллем; НРА, НRB, НRC — за Роквеллом; НV — за Віккерсом) — умовна величина, виміряна відповідними приладами (твердомірами), яка характеризує опір заглиблювання в поверхню матеріалу стандартного індентора (сталеві кульки, вершин алмазних конуса чи піраміди).

Твердість матеріалу — дуже важливий показник, оскільки багато механічних характеристик можуть бути обчислені через твердість, а визначення твердості не потребує руйнування виробу і може бути легко виконане за допомогою стандартних приладів.

У табл. 1.2.1 та 1.2.2 наведено деякі механічні характеристики основних конструкційних матеріалів

Таблиця 1.2.1. Механічні характеристики деяких сталей

Сталь	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %	НВ	НRC
Вуглецева звичайної якості:					
Ст2	320...410	215	33	—	—
Ст3	360...460	235	27	—	—
Ст4	400...510	255	25	—	—
Ст5	490...630	285	20	—	—
Вуглецева якісна:					
30	490	294	21	175	—
35	529	314	20	203	—
40	568	321	19	183	—
45	598	363	16	193	—
50	627	373	14	203	—
55	647	382	13	212	—
Легована термооброблена:					
50Г	648	392	13	230...250	—
45Г2	686	402	11	270...300	—
40Х	980	786	10	210...230	—
40ХН	980	588	11	240...270	—
40ХС	1225	1080	12	—	40...45
35ХГСА	1616	1280	9	—	42...48

Таблиця 1.2.2. Механічні характеристики деяких сплавів кольорових металів

Сплав	Марка сплаву	НВ	σ_B , МПа	
Алюмінієвий: деформівний	АД31	50	235	
	АК6	98	411	
	Д16	103	441	
	ливарний	АЛ2	49	147
		АЛ5	64	157
		АЛ8	59	285
		АЛ23	59	216
Латунь: деформівна	Л63	67	441	
	Л70	64	343	
	Л90	59	275	
	ливарна	ЛЦ16К4	98	294
		ЛЦ30А3	78	294
		ЛЦ40С	68	215
Бронза: деформівна	БрОФ7-0,2	83...93	372...442	
	БрОФ6,5-0,15	54...68	295...372	
	БрАЖ9-4	98...118	392...488	
	ливарна	БрО4Ц7С5	58	176
		БрО10Ф1	88	245
		БрО10С10	73	196

1.3. МЕТАЛЕВІ ТА НЕМЕТАЛЕВІ НЕОРГАНІЧНІ ПОКРИТТЯ ДЕТАЛЕЙ З'ЄДНАНЬ

Для захисту деталей з'єднань (кріпильних нарізних, заклепових, штифтових тощо) від дії агресивних середовищ, наприклад кислот і лугів, та підвищення їх зносостійкості на поверхні наносять різні види захисних покриттів.

Покриття — це шар або кілька шарів матеріалу певного складу і структури, які штучно створюються на поверхні, що покривається, і служать для функціональних і декоративних цілей.

Підвищення надійності і довговічності машин унаслідок зменшення інтенсивності їх зносу, зокрема й через застосування зносостійких покриттів, — одне з центральних завдань у сучасному розвитку техніки. В більшості випадків вихід їх з експлуатації на 85...90 % відбувається через знос деталей, що спричиняє великі матеріальні витрати.

Нанесення зносостійких покриттів може суттєво знизити витрати матеріальних, енергетичних і трудових ресурсів для забезпечення експлуатації машин і механізмів, скоротити простій

обладнання, збільшити випуск продукції, поліпшити її якість. Крім того, застосування зносостійких покриттів дає можливість значно зменшити витрати легованих сталей і сплавів.

Тип покриття вибирають за умови експлуатації напилюваного виробу та інших специфічних вимог. За функціональним призначенням покриття поділяють на захисні, конструкційні, технологічні і декоративні. Найбільшу групу становлять захисні покриття. Із цієї групи відокремлюють типи покриттів: зносо-, корозіє- і жаростійкі, теплозахисні тощо.

Металеві неорганічні покриття

Серед багатьох видів металевих покриттів найширшого застосування в машинобудуванні набули електролітичні (гальванічні) покриття. Ці покриття наносяться такими способами, як цинкування, хромування, кадмування, нікелювання та ін.

Цинкування. Антикоровізне цинкове покриття створюється осадженням цинку на поверхню деталі у кислих або лужних електролітах. При цьому цинк утворює із залізом гальванічний елемент, в якому залізо служить катодом і тому не руйнується. Таким чином цинкове покриття захищає сталі не тільки механічно, а й електрохімічно. Тобто у разі місцевого руйнування шару цинку корозії основного металу не буде або відбуватиметься досить повільно.

Цинкування широко застосовується для захисту поверхонь кріпильних нарізних деталей (болти, гвинти, шпильки, гайки тощо).

Кадмування. Це покриття також застосовується для антикорозійного захисту деталей, але на відміну від цинкового покриття характер захисту поверхонь (механічний чи електрохімічний) значною мірою залежить від особливостей середовища, в якому вони експлуатуються. Кадмування ефективно застосовують в деталях нарізних з'єднань, які працюють у вологій атмосфері та морській воді. При цьому, крім захисту від корозії, використовують пластичні властивості кадмію, чим забезпечують гарантований натяг і відповідно герметизацію нарізних з'єднань, наприклад трубопроводів, насосів тощо.

Хромування. Такі властивості хромового покриття, як висока твердість, низький коефіцієнт тертя, хімічна стійкість електролітичного хрому сприяють його високій зносостійкості. Міцність зчеплення хромового покриття з основою визначається якістю очищення поверхні та режимом електролізу. В результаті ретельного очищення поверхні та вибору режиму хромування можна отримати міцність зчеплення хромового покриття із сталлю, ви-

щу за міцність хрому. Випробування на міцність покриття показали, що частіше відбувається руйнування хрому, а не відшарування покриття від основного металу по межі хром–сталь.

Недоліки хромового покриття: зниження міцності сталі (основи) від утомлюваності та водневої крихкості. Зміцнення поверхні деталі перед хромуванням одним із методів поверхневої пластичної деформації (віброзміцнення, наклепування дробом тощо) може значно підвищити витривалість сталей в умовах циклічних навантажень. Для запобігання водневій крихкості під час хромування рекомендується виконувати їх термооброблення за температури 200...220 °С, що забезпечує видалення водню з хромованих деталей.

Нікелювання. Це покриття добре полірується і має високу стійкість проти атмосферних впливів і дії лугів. У гальванічній парі залізо–нікель останній є катодом відносно заліза і відповідно електрохімічно не може захищати залізо від корозії. Нікелювання застосовують як антикорозійне покриття у тому разі, якщо поверхні деталі потрібно надати привабливого декоративного вигляду.

Неметалеві неорганічні покриття

Ці покриття утворюються формуванням на поверхні неорганічних захисних плівок хімічним або електрохімічним способом оброблення в спеціальних розчинах.

Анодно-оксидне покриття. Це покриття застосовується для захисту деталей із алюмінію і його сплавів оксидуванням у розчинах сірчаної, хромової та щавлевої кислот. Сірчано-кислий спосіб оксидування рекомендується для захисту виробів із усіх алюмінієвих сплавів, за винятком виробів, що мають зварні або клепані з'єднання, оскільки в зазорах можуть бути залишки електроліту, що призводить до корозії металу. Для таких з'єднань застосовують оксидування у хромо-вокислому електроліті, який має менш агресивну дію на метал.

Оксидування у щавлевокислому електроліті рекомендується для отримання анодно-оксидного покриття, що має електроізоляційні властивості.

Анодно-оксидні покриття завтовшки 25 ... 100 мкм (тверді покриття) досить зносостійкі, а також мають тепло- і електроізоляційні властивості, деталі з таким покриттям піддаються механічному обробленню.

Розміри оксидованих деталей дещо збільшуються, приблизно на 1/3 товщини оксидного шару, тому для деталей з

малими допусками це треба враховувати під час попереднього механічного оброблення.

Хімічне оксидування створює тонкі оксидні шари мікропористої структури, що мають високу адсорбційну здатність, а це уможлиблює нанесення лакофарбових покриттів високої стійкості і довговічності.

Оксидні покриття наносяться на деталі із вуглецевих і легованих сталей способами вороніння і фосфатування.

Вороніння — це оксидування термічним способом, його використовують для декоративного покриття дрібних деталей.

Фосфатування забезпечує твердість фосфатної плівки вищу, ніж твердість міді і латуні, але має незначну стійкість проти стирання. Деталі з цим покриттям витримують короткочасне нагрівання та піддаються електрозварюванню.

Ці способи покриття деталей в основному мають захисно-декоративне призначення.

Умовні позначення покриттів у конструкторській документації

Правила нанесення на креслениках виробів позначень покриттів, а також показників властивостей матеріалів, які отримують в результаті термічного та інших видів оброблення поверхонь, встановлено ГОСТ 2.310–80, а структуру позначень покриття — ГОСТ 9.306–85.

В умовному позначенні покриття зазначаються:

- спосіб оброблення основного металу (табл. 1.3.1) (у разі потреби);
- спосіб отримання покриття (табл. 1.3.2);
- матеріал покриття (для металевих матеріалів — за табл. 1.3.3, а неметалевих неорганічних — за табл. 1.3.4);
- мінімальна товщина покриття в мікрометрах;
- функціональні або декоративні властивості покриття — за табл. 1.3.5 і 1.3.6 (у разі потреби);
- додаткове оброблення (табл. 1.3.7) (у разі потреби).

Таблиця 1.3.1. Позначення способів оброблення основного металу

Спосіб оброблення основного металу	Позначення	Спосіб оброблення основного металу	Позначення
Кварцювання	крц	Алмазне обробляння	алм
Штампування	штм	Механічне полірування	мп
Вібронакатування	вбр	Хімічне полірування	хп
Матування	мт	Електрохімічне полірування	еп

Таблиця 1.3.2. Позначення способів отримання покриття

Спосіб оброблення основного металу	Позначення	Спосіб оброблення основного металу	Позначення
Катодне відновлювання	–	Термічне напилювання	За ГОСТ 9.304–87
Анодне окиснювання	Ап	Контактно-механічний	Км
Хімічний	Хім	Контактний	Кт
Гарячий	Гор	Катодне розпилювання	Кр
Дифузійний	Диф	Емалювання	Ем

Таблиця 1.3.3. Позначення металевих покриттів

Метал покриття	Позначення	Метал покриття	Позначення
Алюміній	А	Нікель	Н
Вісмут	Ви	Олово	О
Вольфрам	В	Платина	Пл
Залізо	Ж	Свинець	С
Золото	Зл	Срібло	Ср
Кадмій	Кд	Титан	Ти
Кобальт	Ко	Хром	Х
Мідь	М	Цинк	Ц

Таблиця 1.3.4. Позначення неметалевих неорганічних покриттів

Неметалеве неорганічне покриття	Позначення
Окисне	Окс
Фосфатне	Фос

Таблиця 1.3.5. Позначення функціональних властивостей покриттів

Функціональна властивість	Позначення
Тверде	тв
Електроізоляційне	еіз
Електропровідне	е

Таблиця 1.3.6. Позначення декоративних властивостей покриттів

Декоративна властивість	Декоративна ознака	Позначення
Блиск	Дзеркальне	зк
	Блискуче	б
	Напівблискуче	пб
	Матове	м
	Гладке	гл
Шорсткість	Злегка шорстке	спш
	Шорстке	ш
	Дуже шорстке	вш
Колір	–	Назва кольору

Таблиця 1.3.7. Позначення додаткового оброблення

Додаткове оброблення	Позначення
Нанесення лакофарбового покриття	лкп
Оксидування	окс
Просочення маслом	прм
Термооброблення	т
Тонування	тн
Фосфатування	фос
Хроматування	хр

Матеріал покриття, який складається зі сплаву, позначають символами компонентів, що входять до складу сплаву, відокремлюючи їх дефісом, а в дужках зазначають максимальну масову частку першого або першого і другого (у разі трикомпонентних сплавів) компонентів у сплаві, відокремлюючи їх крапкою з комою. Наприклад, покрив зі сплаву мідь–цинк із масовою часткою міді 50...60 % і цинку 40...50 % позначають МЦ (60), а зі сплаву мідь–олово–свинець із масовою часткою міді 70...78 %, олова 10...18 %, свинцю 4...20 % — М-О-С (78; 18).

Колір покриття позначають повною назвою, за винятком чорного — ч. Групи літер і цифр, що складають позначення покриття, записують у рядок, відокремлюючи одну від одної крапками, за винятком матеріалу і товщини. Товщину покриття, що дорівнює або менша як 1 мкм, не зазначають (крім дорогоцінних металів).

Приклади позначень покриттів: Ц6.окс.ч — цинкове завтовшки 6 мкм, оксидований у чорний колір; Н9.КдЗ.т.хр — кадмієве завтовшки 3 мкм, з підшаром нікелю завтовшки 9 мкм, з подальшим термообробленням, хроматоване.

Запитання для самоконтролю

1. Загальна характеристика рознімних з'єднань деталей (нарізних, шпонкових, шліцьових і клемових).

2. Галузі застосування зварних, паяних і заклепкових з'єднань.

3. Загальна характеристика з'єднань підшипникових опор валів та осей.

4. Сутність поняття технологічності конструкції деталей з'єднань.

5. Які показники вказуються в умовному позначенні вуглецевих конструкційних і легованих сталей?

6. Навести приклади умовних позначень сортаменту.

7. Галузі застосування сплавів кольорових металів.
8. Основні механічні характеристики конструкційних матеріалів.
9. Застосування металевих неорганічних покриттів.
10. Способи формування на поверхні деталей неметалевих неорганічних покриттів.
11. Умовні позначення способів формування металевих покриттів основного металу деталі.
12. Умовні позначення неметалевих неорганічних покриттів.
13. Умовні позначення функціональних і декоративних властивостей покриттів.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. Конструювання з'єднань деталей. Загальні відомості	5
1.1. Застосування основних типів з'єднань деталей	5
1.2. Технологічність конструкції деталей з'єднань та вибір конструкційних матеріалів.....	9
1.3. Металеві та неметалеві неорганічні покриття деталей з'єднань.....	17
2. Рознімні з'єднання	24
2.1. Нарізні з'єднання.....	24
2.1.1. Загальні відомості про нарізь.....	24
2.1.2. Зображення і позначення нарізі на креслениках	28
2.1.3. З'єднання болтові.....	33
2.1.4. З'єднання шпилькові.....	36
2.1.5. З'єднання гвинтові	41
2.1.6. Розрахунок на міцність нарізних з'єднань.....	43
2.1.7. Клемові з'єднання	50
2.1.8. Опорні поверхні та засоби стопоріння нарізних з'єднань	53
2.2. Шпонкові, шліцьові (зубчасті) та штифтові з'єднання	61
2.2.1. Шпонкові з'єднання	61
2.2.2. Шліцьові (зубчасті) з'єднання.....	74
2.2.3. Штифтові з'єднання	85
2.2.4. Напрями конструктивного підвищення довговічності нарізних і шпонкових з'єднань.....	89
2.3. З'єднання підшипникових опор валів та осей	95
2.3.1. Вали та осі. Конструктивні елементи	95
2.3.2. Загальні відомості, класифікація та вибір підшипників кочення	101
2.3.3. Критерії працездатності та етапи розрахунку валів і осей підшипникових опор.....	109
2.3.4. Конструювання вузлів підшипникових опор валів та осей	122

3. Нерознімні з'єднання.....	144
3.1. Зварні та паяні з'єднання.....	144
3.1.1. Зварні з'єднання.....	144
3.1.2. Паяні з'єднання.....	160
3.2. Заклепкові та пресові з'єднання.....	165
3.2.1. Заклепкові з'єднання.....	165
3.2.2. Пресові з'єднання.....	172
ДОДАТКИ	178
ЛІТЕРАТУРА	217

Навчальне видання

Нигора Володимир Миколайович
Криворотько Володимир Михайлович
Ковальова Наталія Ігорівна

РОЗНІМНІ ТА НЕРОЗНІМНІ З'ЄДНАННЯ ДЕТАЛЕЙ

Навчальний посібник

Редактор *Т.П. Хоменко*
Художнє оформлення *Є.В. Чурія*
Комп'ютерна верстка *О.В. Компанієць*

Підп. до друку 10.06.14 р. Ум. друк. арк. 12,79.
Обл.-вид.арк. 13,5. Формат 60×84¹/₁₆. Наклад 150 пр.
Вид. № 18/12. Зам. № 14-14

НУХТ. 01601 Київ-33, вул. Володимирська, 68
Свідоцтво про реєстрацію серія ДК № 1786 від 18.05.04 р.