

Змістовий модуль 3

ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ОСНОВ КОНСТРУЮВАННЯ СКЛАДАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ І ДЕТАЛЕЙ ТЕХНОЛОГІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ

Проектування деталей з металів і сплавів

Основні способи проектування деталей наступні:

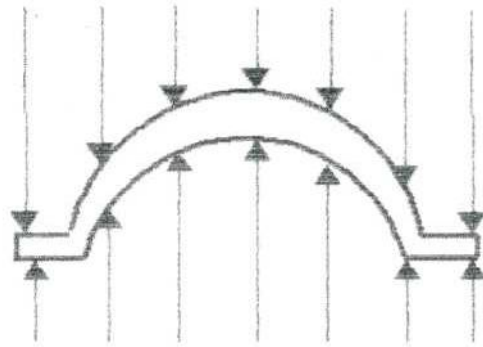
1. Лиття.
2. Деталі, одержані гарячою пластичною деформацією.
3. Одержані холодним штампуванням.
4. Одержані шляхом зварки.
5. Одержані методом паяння.
6. Деталі, що піддаються механічній обробці.
7. Деталі, що піддаються термообробці.
8. Деталі, що піддаються електрофізичній і електрохімічній обробці.
9. Деталі, що одержуються гальванічно.
10. Одержувані напиленням.
11. Одержувані витискуванням.

Деталі, одержані литтям

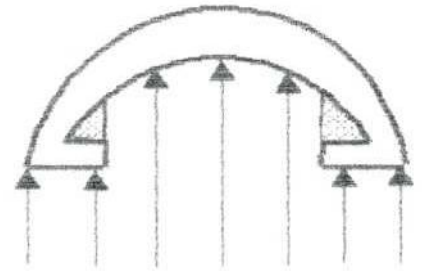
Металоємні деталі, що мають складну форму, звичайно виготовляються методом лиття. Найширше застосовуються наступні способи лиття: у піщані разові форми, в кокілі, під тиском, в оболонкові форми, по моделях, що виплавляються, і відцентрове лиття.

Для отримання якісних і економічних відливків необхідно виконувати наступні вимоги:

1. Стінки литої деталі слід виконувати однакової товщини, при цьому товщина внутрішніх стінок повинна складати 0.7 ... 0.8 товщини зовнішніх.
2. Відливання повинне мати плавні переходи між різними перетинами, а також ребра жорсткості в небезпечних перетинах, що запобігає виникненню внутрішніх напруг і тріщин.
3. Конфігурація зовнішніх і внутрішніх контурів відливання повинна бути такою, щоб число роз'ємів було мінімальним і по можливості виключати застосування відокремлених частин на моделях
4. Відсутність тіньових ділянок при уявному освітленні деталі паралельними променями в напрямі, перпендикулярному до площини роз'єму форми, свідчить про технічно правильну конструкцію деталі (рис.2.1).



Правильно



Неправильно

Рисунок 2.1. Вимоги до проектування литих деталей

Деталі, що одержуються гарячою пластичною деформацією

У металургійному машинобудуванні широко застосовуються ковальські заготовки у вигляді кованих або штампованих поковок.

Основними способами формоутворення поковок є кування і штампування на молотах, пресах, горизонтально-кувальних машинах.

Рекомендації по конструюванню деталей, що виготовляються куванням наступні:

1. Уникати конічних форм, особливо з малою конусністю.
2. Уникати клинових форм, особливо з малим ухилом.
3. Взаємних перетинів циліндрових поверхонь.
4. Взаємних перетинів циліндрових поверхонь з призматичними ділянками деталей.
5. По можливості призначати односторонні виступи натомість двосторонніх.
6. Уникати ребристих перетинів, ребра жорсткості в поковках не призначати.
7. Не передбачати великих виступів і інших подібних елементів на основному тілі поковки.
8. Деталі з великою різницею в перетинах замінювати поєднанням декількох простих зварних деталей.

Деталі, що одержуються холодним штампуванням

Вирубка, пробивка. Для виготовлення деталей різної конфігурації і габаритів з масового матеріалу $t = 0,05 \dots 25$ мм застосовують вирубку і пробивку.

Гнуття. В процесі вигину відбувається розтягування зовнішніх шарів матеріалу, причому тим більше, чим менше радіус вигину.

Витягування. В процесі витяжки плоска заготовка протягом однієї або декількох операцій перетворюється на порожнисту деталь.

Відборткування. Процес утворення борту навколо отвору називається відборткуванням

Деталі, що одержуються за допомогою зварки

При проектуванні зварної конструкції необхідно враховувати наступні рекомендації:

1. Кількість зварних з'єднань повинна бути найменшою.
2. Габаритні розміри зварних вузлів повинні забезпечувати можливість їх обробки в термічних печах, оскільки для забезпечення найбільшої міцності зварних з'єднань і зняття зварювальних напруг часто потрібна подальша термообробка.
3. Якщо з яких-небудь причин термообробка зварних деталей виключається, міцність зварних з'єднань може бути збільшена в результаті усунення кромek елементів конструкції на невеликій ширині.
4. Необхідно симетрично розташовувати зварні з'єднання в конструкції і передбачати мінімально можливі перетини зварних швів для запобігання надмірним зварювальним деформаціям.
5. Щоб уникнути виникнення тріщин не слід допускати перетину зварних швів.
6. Зварні шви не можна розташовувати поблизу елементів жорсткості, оскільки в цьому випадку можуть утворюватися тріщини в зварному з'єднанні.

Деталі, що одержуються за допомогою паяння

При конструюванні паяних виробів необхідно враховувати такі рекомендації:

1. Число паяних з'єднань в конструкції повинне бути обмеженим.
2. Паяні з'єднання слід: рівномірно розташовувати по виробу, по можливості в менш навантажених місцях.
3. Необхідно правильно нагрівати основний метал, враховуючи реальні умови роботи проекрованої конструкції і вимоги до герметичності, міцності і інших показників.
4. Слід правильно вибирати припій.
5. При необхідності проведення зварки після паяння необхідно застосовувати припої, що є пластичними сплавами, не схильними до розтріскування (наприклад, припої на никель-хромовій основі).

6. У з'єднанні слід забезпечувати капілярний зазор, при якому створюються необхідні умови перебігу припою, оскільки із збільшенням зазора вище певного значення міцність з'єднання зменшується.

7. У зоні з'єднання не повинно бути замкнутих порожнин, в яких повітря або інші гази при паянні можуть збиратися, збільшуватися в об'ємі і служити причиною появи неспаев, пір і раковин.

8. При конструюванні паяних з'єднань з елементів різної товщини необхідно передбачати плавний перехід від одного перетину до іншого в місці з'єднання, оскільки в цьому випадку в паяних швах під навантаженням виникають значно менші напруги.

Деталі, що піддаються механічній обробці

Основними критеріями технологічності деталей, що піддаються механічній обробці, є точність і стабільність отримання геометричних розмірів і шорсткості поверхні, а також трудомісткість обробки.

Для зменшення трудомісткості механічної обробки необхідно передбачати максимальну кількість поверхонь, що не вимагають механічної обробки, можливо менші розміри поверхонь, що піддаються обробці, а також мінімальні припуски на обробку.

При проектуванні деталей необхідно враховувати наступні рекомендації:

1. Оброблювані поверхні повинні бути доступні для ріжучого інструменту і для вимірювання.

2. Оброблювані і необроблювані поверхні слід чітко розмежовувати.

3. Точні і співісні отвори повинні бути крізними, гладкими, і розташовувати їх слід так, щоб забезпечувалася можливість обробки їх на прохід з однієї установки (різні по величині співісні отвори повинні бути такими, що убувають по діаметру в одному напрямі).

4. Довжина отворів не повинна перевищувати 10 діаметрів свердла.

5. Бажано всі отвори виконувати крізними.

Деталі, що піддаються термообробці

Одним з основних критеріїв технологічності деталей є правильний вибір матеріалу.

Слід враховувати, що чим вище твердість яка призначається, тим вірогідніше поява тріщин унаслідок залишкових напруг.

Дрібні, прості за формою деталі менш схильні до викривлення, повідці і утворенню тріщин.

Необхідно застосовувати низьколеговані сталі для деталей складної конфігурації із змінними перетинами, слід передбачати гарт в мастилi.

Деталі, що піддаються електрофізичній і електрохімічній обробці

Загальні характерні особливості:

- незалежність оброблюваності матеріалу від твердості і в'язкості;
- практично відсутність силової дії на оброблюваний виріб;
- можливість автоматизації процесу;
- можливість копіювання форми інструменту одночасно по всій поверхні заготовки.

Обробки: електроерозійна (електроімпульсна, електроіскрова); анодно-механічна; ультразвукова; променева; магнітоімпульсна; електрохімічна (анодно-абразивна, електро-алмазная).

Деталі, що одержуються гальванопластикою

Призначена для економічного і ефективного отримання металевих виробів складної форми, з рельєфною і фактурованою поверхнею.

Є процесом отримання точних негативних металевих копій шляхом електроосадження металу або сплаву металів на відповідну модель. Модель із струмопровідного матеріалу служить катодом, а пластини облягаючого металу або сплаву — анодом.

Для отримання більш рівномірного осадження металу необхідно, щоб глибина паза не перевищувала половини його ширини, а внутрішні і зовнішні кути мали радіуси закруглення.

Деталі, що одержуються плазмовим напиленням

На модель, що є негативом матриці, що виготовляється, напилюється в плазмовому струмені шар металу товщиною 5 ... 15 мм.

Методом плазмового напилення можна накласти шари з тугоплавких і жароміцних матеріалів.

Метод рекомендується для виготовлення матриць замкнутого контура, що не мають глибоких пазів, великих поглиблень і виступів.

Проектування деталей з пластмас

Загальні вимоги:

- деталь повинна мати технологічні ухили;
- у деталях не повинно бути елементів, що перешкоджають витяганню їх з форми;

- деталі повинні мати закруглення;
- деталі повинні мати однаковими або близькими по значенню;
- деталі повинні бути по можливості компактними, без консольних виступів значної довжини, необхідно вводити ребра жорсткості (60 - 80% від товщини стінок).

Деталі з пластичних мас одержують пресуванням, литвом під тиском і литвом у форми.

конфігурація деталей повинна бути по можливості найбільш простою, щоб не виникала необхідність в застосуванні роз'ємних матриць;

при виборі матеріалу повинно бути враховано вплив середовища, в якому знаходитиметься деталь при експлуатації.

При конструюванні необхідно враховувати, що найбільший ступінь викривлення спостерігається у великих плоских деталей, що не мають ребер жорсткості, у різнотовщинних деталей або деталей з односторонньою арматурою. Тріщини виникають унаслідок надмірних внутрішніх напруг в деталях із значною різнотовщиною, за відсутності достатніх радіусів закруглень і неправильної установки металевої арматури. Тріщини і коробины можуть виявитися не відразу після її виготовлення, а при її експлуатації.

За наявності радіусів закруглень полегшується перебіг маси у формі, зменшується знос прес-форми, полегшується витягання деталей з форми, поліпшується їх зовнішній вигляд.

Рекомендовані радіуси закруглень залежно від висоти стінки деталі показані на рис.2.2

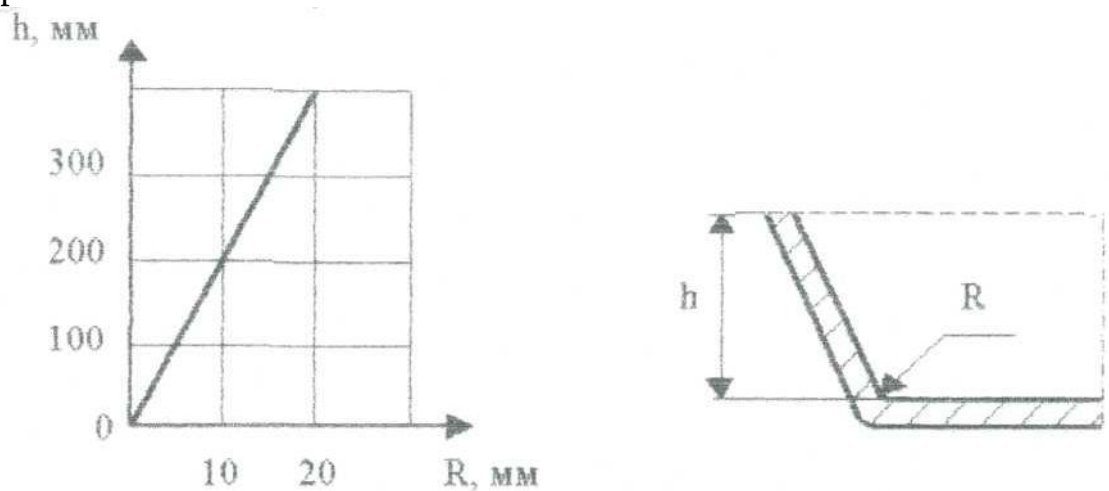


Рисунок 2.2.Требования до проектування деталей з пластмас

Арматура

Для підвищення міцності і жорсткості пластмасових виробів або для збірки окремих елементів у виріб застосовується арматура. Досвідчено арматуру встановлюють в деталь безпосередньо під час формування. При цьому в результаті усадки матеріалу, різниці коефіцієнтів теплового лінійного розширення пластмаси і металу, створюється міцне нероз'ємне з'єднання (мал. 2.3).

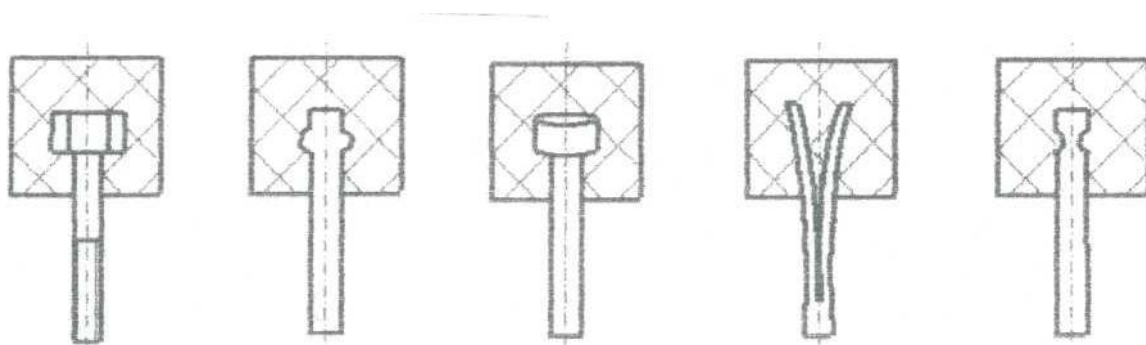


Рисунок 2.3. Приклади закріплення арматури в пластмасових деталях

Утворення похідних машин на базі уніфікації

Уніфікація є ефективним і економічним способом створення на базі початкової моделі ряду похідних машин однакового призначення, але з різними показниками потужності, продуктивності і т.д. або машин різного призначення, що виконують якісно інші операції. В даний час склалося декілька напрямів рішення цієї задачі.

1 Секціонування.

Метод секціонування полягає в розділенні машини на секції і утворення похідних машин набором уніфікованих секцій.

Секціонуванню добре піддаються багато видів транспортно-підйомних пристроїв (стрічкові, скребкові, ланцюгові транспортери).

Секціонування в даному випадку зводиться до побудови каркаса машин з секцій і складання машин різної довжини з новим несучим полотном.

2. Метод зміни лінійних розмірів.

При цьому методі з метою отримання різної продуктивності машин і агрегатів змінюють їх довжину, зберігаючи форму поперечного перетину. Метод застосовний до обмеженого класу машин, продуктивність яких пропорційна довжині ротора (шестерінчасті і лопаточні насоси, мішалки, вальцові машини).

Ступінь уніфікації при цьому методі невеликий. Уніфікуються тільки торцеві кришки корпусів і допоміжні деталі.

Окремим випадком застосування даного методу є збільшення навантаженості зубчатих передач збільшенням довжини зубів коліс із збереженням їх модуля.

3. Метод базового агрегату.

У основі цього методу лежить застосування базового агрегату, що перетворюється на машини різного призначення, приєднанням до нього спеціального устаткування. Найбільше застосування метод має у виготовленні самохідних кранів, дорожніх машин, навантажувачів, укладальників.

4. Конвертація.

При методі конвертації базову машину або основні її елементи використовують для створення агрегатів різного призначення. Прикладом конвертації може служити переклад поршневих двигунів внутрішнього згорання з одного виду палива на інший.

Бензинові карбюраторні двигуни легко конвертуються в газові. Авіадвигун в установку для очищення доріг.

6. Компаундування.

Метод того, що компаундування (паралельного з'єднання машин або агрегатів) застосовують з метою підвищення загальної потужності або продуктивності установки. Спарювані машини можуть бути встановлені поряд як незалежні агрегати, або пов'язані один з одним синхронізаторами, транспортними пристроями, або конструктивно об'єднані в один агрегат.

Прикладом поєднання першого типу є парна установка судових двигунів, що працюють кожен на свій гвинт, а також установка двох або більшого числа двигунів в крилах літака.

Прикладом поєднання другого типу є паралельна установка машин групами. Її застосовують в автоматичних лініях, коли продуктивність окремої машини, що входить в потік, значно поступається продуктивності всієї лінії.

6. Модифікування.

Модифікуванням називають переробку машини з метою пристосування її до інших умов роботи, операцій і видів продукції без зміни основної конструкції.

Модифікування машин для роботи в різних кліматичних умовах наприклад, зводиться переважно до заміни матеріалів.

7. Агрегатування.

Агрегатування полягає в створенні машин шляхом поєднання уніфікованих агрегатів, які є автономними вузлами, що встановлюються в різному числі і комбінаціях на загальній станині.

Якнайповніший вираз цей принцип одержав в конструкції металообробних верстатів. Велика частина виробу в процесі обробки залишається нерухомою. До нього з різних сторін підводять відповідним чином настроєні блоки, операції обробки відбуваються одночасно, що прискорює технологічний процес.

Основні переваги агрегатування: скорочення термінів і вартості проектування і виготовлення машин, спрощення обслуговування і ремонту; можливість переналадки машин для обробки різноманітних деталей.

8. Комплексна нормалізація.

Цей метод близький до агрегатування і застосовується для агрегатів простого типу (випарних установок, смесеприготовительных установок). Простота

конструктивних форм цих агрегатів дозволяє нормалізувати всі або майже всі елементи їх конструкцій.

Уніфікація конструктивних елементів

Уніфікація полягає в багатократному застосуванні в конструкції одних і тих же елементів, що сприяє скороченню номенклатури деталей і зменшенню вартості виготовлення, спрощенню експлуатації і ремонту.

Уніфікація конструктивних елементів дозволяє скоротити номенклатуру оброблювального, мерильного і монтажного інструментів.

Уніфікації піддають посадочні сполучення, різьбові з'єднання, шліцьові з'єднання, шпонки, зубчаті зачеплення, фаски, галтелі і т.д.

Уніфікація марок і сортаменту матеріалів електродів, типорозмірів кріпильних і інших нормалізованих деталей, підшипників кочення і т.д. полегшує постачання заводу-виготівника і ремонтних підприємств. Ступінь уніфікації оцінюють коефіцієнтом уніфікації.

$$A) h_{yn} = \frac{Z_{yn}}{Z} \cdot 100\%,$$

де: Z_{yn} – число уніфікацій;

Z – загальне число деталей;

Маса уніфікації до загальної маси виробу:

$$B) h_{yn} = \frac{\sum G_{yn}}{G} \cdot 100\%$$

До вартості виробу:

$$B) h_{yn} = \frac{\sum C_{yn}}{C} \cdot 100\%$$

Ступінь внутрішньої уніфікації оцінюють коефіцієнтом повторюваності

$$h_n = \left[1 - \frac{N_n}{N_\partial} \right] \cdot 100\%,$$

де: N_n – число найменувань деталей виробу

N_∂ – загальне число деталей виробу на підставі вільної специфікації.

У хороших конструкціях $h_n = 40...60\%$

Диференціальна оцінка.

1. Ступінь уніфікації оригінальних деталей:

$$h_{yn.op.} = \frac{N_{yn.op.}}{N_{op.}} \cdot 100\%,$$

де: $N_{ун.ор}$ – число уніфікованих оригінальних деталей
 $N_{ор.}$ – загальне число оригінальних деталей.

2. Елементів конструкції:

$$h_{эл} = \left[1 - \frac{N_{тр}}{N_{эл}} \right] \cdot 100\% ,$$

де:

$N_{тр.}$ – число прийнятих типоразмерів

$N_{эл.}$ – загальне число даних елементів у виробі.

Наприклад, ступінь уніфікації резьб:

$$h_{кр} = \left[1 - \frac{N_{тр.рез}}{N_{рез}} \right] \cdot 100\% ,$$

де:

$N_{тр.рез.}$ – число типоразмерів резьб

$N_{рез.}$ – загальне число резьб з'єднання.

Наприклад, кріпильних деталей:

$$h_{кр} = \left[1 - \frac{N_{тр.кр.}}{N_{кр.}} \right] \cdot 100\% ,$$

де:

$N_{тр.кр.}$ – число типоразмерів кріпильних деталей

$N_{кр.}$ – загальне число кріпильних деталей у виробі.

Технологічність конструкції

Під технологічністю конструкції розуміється властивість пов'язану з
можливістю і трудомісткістю її виготовлення

Перелік показників технологічності:

I. По трудомісткості:

Трудомісткість виготовлення виробу.

Трудомісткість виготовлення по видах робіт.

Трудомісткість підготовки виробу до функціонування

Трудомісткість профілактичного (технічного) обслуговування

Трудомісткість ремонту виробу.

II. За собівартістю:

Технологічна собівартість виробу.

Собівартість підготовки виробу до функціонування.

Собівартість профілактичного обслуговування виробу.

Собівартість ремонту виробу.

III. По уніфікації і взаємозамінюваності:

Коефіцієнт уніфікації виробу.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів.

Коефіцієнт стандартизації виробу.

Коефіцієнт повторюваності.

Коефіцієнт взаємозамінюваності.

IV. По витраті матеріалу:

Маса виробу.

Коефіцієнт використання матеріалу.

Коефіцієнт застосовності матеріалу.

V. По обробці:

Коефіцієнт точності обробки.

Коефіцієнт шорсткості поверхні.

VI. По складу конструкції:

Коефіцієнт сборності.

Коефіцієнт перспективного використання в інших výroбах.

Зменшення теплових напруг і деформації

В процесі роботи машини і її деталей підвищення температури відбувається не тільки в двигунах внутрішнього згорання, турбінах, компресорах, т. е. у машинах, де виділення робочого тепла є слідством робочого процесу, але і в "холодних" машинах. Деталі, схильні до циклічних навантажень, нагріваються в результаті пружного гістерезису при багатократному повторенні навантаження-розвантаження.

Підвищення температури супроводжується зміною лінійних розмірів деталей і може викликати небажані високі напруги аж до руйнування.

Одне із завдань конструювання - передбачити можливі межі лінійних розширень деталей в механізмі при його роботі і локалізувати або виключити небажані наслідки цього явища.

Способи зниження - перш за все в зменшенні причини виникнення нерівномірності температурного поля по перетину деталі.

Повністю або частково усунути за рахунок введення в її конструкцію температурних швів.

Основні конструктивні прийоми:

1) вибір правильних торцевих зазорів, що виключають затискання однієї деталі іншої;

2) вибір фіксуючих баз з таким розрахунком, щоб не порушувалася розрахункова точність взаємного розташування деталей.

Слід уникати фіксації деталей, схильних до теплової дії, в двох точках.

Доцільно вдаватися до коректування форми деталей при нагоді сильного нагріву.

У деяких конструкціях також доцільно передбачати інтенсивніше відведення тепла, використовуючи тепловідвідні ребра або примусове відведення тепла у вигляді вентиляторів.

Зміцнення конструкцій

Зміцнення конструкцій засноване на створенні в конструкції напруг, зворотних по знаку робочим напругам. Застосовують два такі зміцнення: пружне і пластичне.

Пружне зміцнення полягає в тому, що системі наперед додають деформації, протилежні деформаціям при робочому навантаженні. Такі зміцнення застосовують переважно в будівельних конструкціях.

При пластичних зміцненнях ділянки матеріалу, найбільш навантажені в робочому стані, заздалегідь піддають пластичній деформації, створюючи в них залишкові напруги, протилежні робочим по знаку.

Розрізняють наступні види пластичного зміцнення:

1) зміцнення перевантаженням — дія на деталь підвищеної сили того ж напрямку, що і робоча, При знятті навантаження в поверхневих шарах деталі, виникають напруги, протилежні по знаку, що виник в результаті дії підвищеної сили. Тоді при прикладені навантаження залишкові напруги протидіятимуть, тим що виникають від робочого навантаження, і деталь можна навантажити істотно більшою силою. Такий метод застосовується для сталевих балок, товстостінних судин, артилерійських стовбурів;

2) зміцнення наклепанням — ущільнення поверхневого шару металу на глибину 0,2 ... 0,8 мм і створення в ньому сприятливих для міцності напруг стиснення;

3) - об'ємне ущільнення - глибоке стиснення ділянок деталі, що випробовують при робочому навантаженні напруги розтягування;

4) - термічне зміцнення — виникнення при нерівномірному нагріві в гарячих ділянках деталі напруги стиснення, а в холодних -напруження розтягування. При достатньо великих температурних перепадах з'являються місцеві пластичні деформації, які можна використовувати для зміцнення.

Класичним прикладом цього способу зміцнення є шпренгельні балки (рис. 2. 4, а).

У систему вводять тензори — стрижні з високоміцного матеріалу. Натягуючи стрижні, в балці створюють попередні напруги (рис. 2.4,) на стороні, найближчій до стрижнів - напруга стиснення (-), а на протилежній стороні - напруга розтягування (+). Додаток робочого навантаження $P_{\text{раб}}$ викликає напругу зворотного знаку (рис. 2.4, в).

Складання попередніх і робочих напруг істотно зменшує кінцеві напруги в балці (рис. 2.4, г)

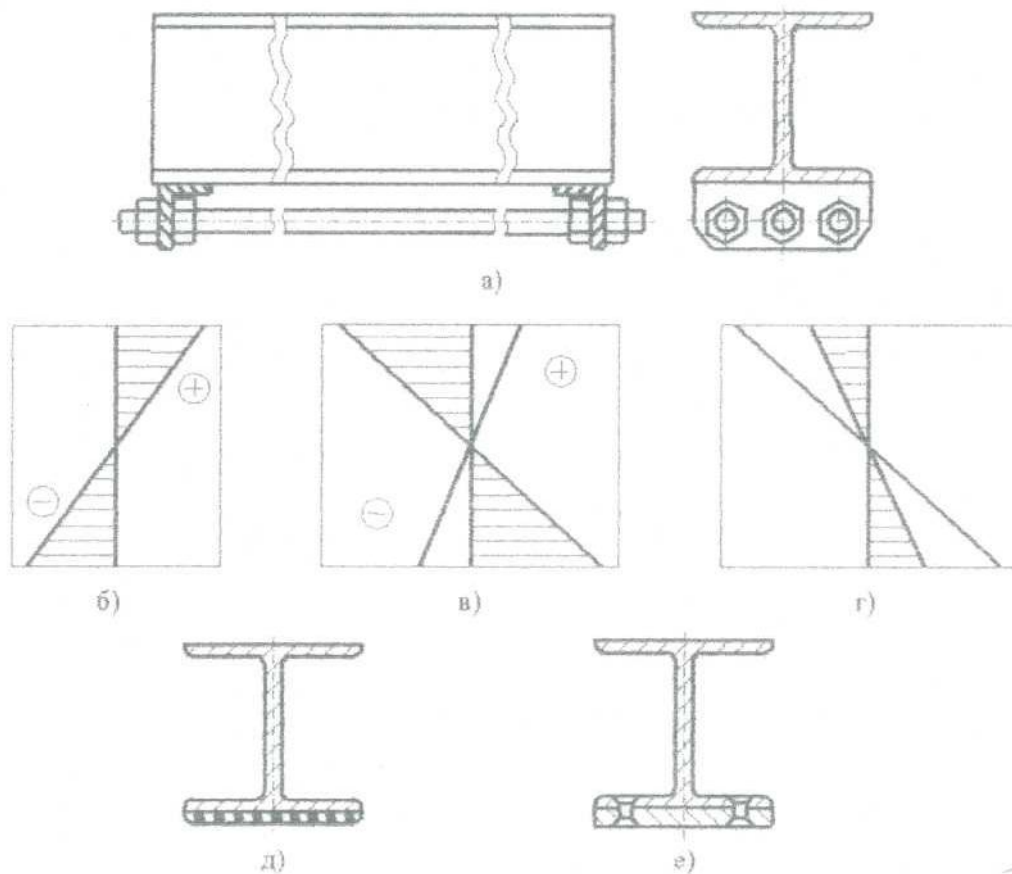


Рисунок 2.7. Способи пружного зміцнення конструкцій.

Освоєно виробництво заздалегідь напружених балок. У полку, протилежну дії навантаження (рис. 2.4, д), закладають стрижні з високоміцного дроту, заздалегідь напружене механічно або термічно (нагрівом). Такі балки можна без порушення переднатягу різати на шматки довільної довжини.

У конструкції на рис. 2.4, е до нижньої полиці прикріплена заздалегідь напружена накладка з високоміцної листової сталі. До сталевих балок накладки приварюють, до балок з легких сплавів - приклепують.

Інший приклад пружного зміцнення - скріплення резервуарів, виконаних з легких сплавів шляхом намотування сталевого дроту (або стрічки) в один або декілька рядів (рис. 2.5, а, б, в). При намотуванні в стінках судини створюються напруги стиснення (г), які, віднімаючись з напруг розтягування, що виникають під дією внутрішнього тиску (д), значно зменшують кінцеві напруги в стінках судини (е).

При відомих співвідношеннях, напруги в стінках судини під робочим навантаженням можуть бути рівні нулю або навіть зберігати негативний знак.

В якості зміцнюючих елементи застосовують холоднотягнутий дрід і прутки, а також холоднокатану стрічку, що володіють значно вищою міцністю, ніж масивні гарячекатані профілі.

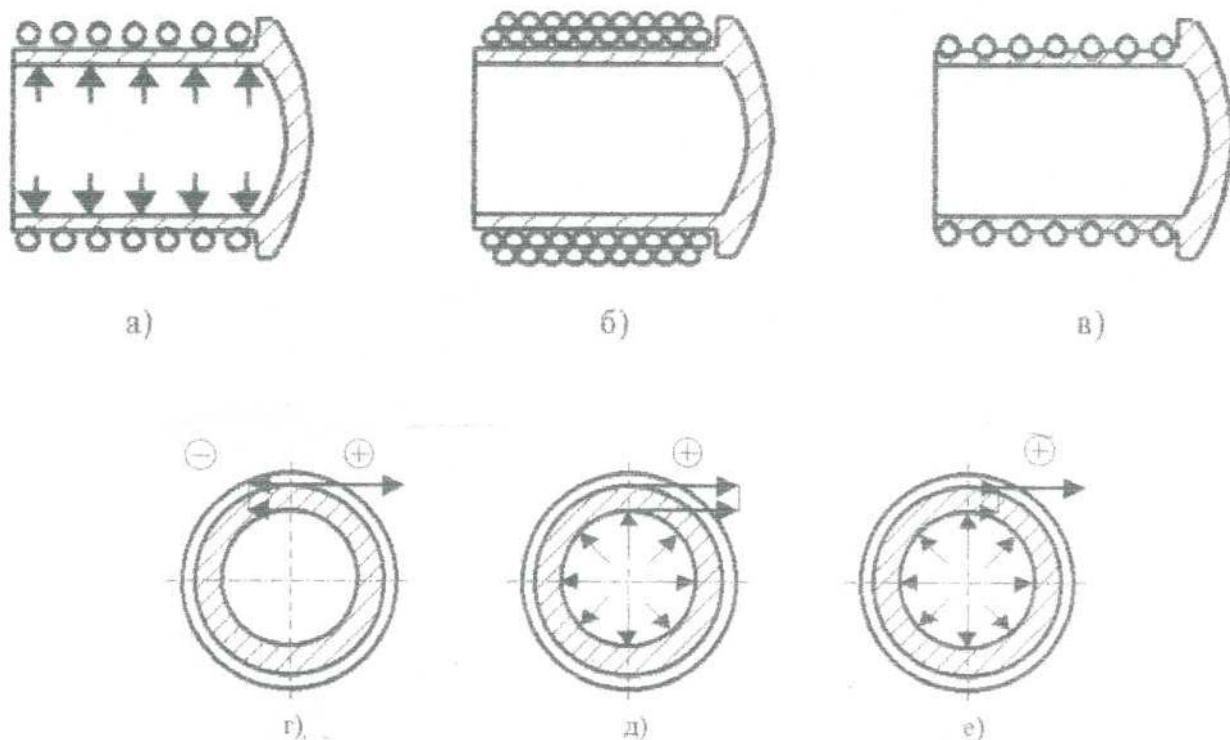


Рисунок 2.8. Способи пружного зміцнення резервуарів.

Зміцнення перевантаженням. Зміцнення перевантаженням полягає в дії на деталь підвищеної сили того ж напрямку, що і робоча, що викликає пластичні деформації найбільш напружених ділянок.

При вигині бруса поперечною силою P (рис. 2.6, а) у верхніх волокнах матеріалу виникають напруги стиснення, а в нижніх — розтягування.

Піддамо брус дії досить великої сили P , що викликає пластичні деформації крайніх волокон (рис. 2.6, б). Верхні волокна коротшають, а нижні - подовжуються. Центральні волокна залишаються в стані пружної деформації. Після зняття зміцнюючого навантаження серцевина, повертаючись в початковий стан, розтягує стислі верхні волокна і стискає розтягнуті нижні волокна, викликаючи в них напруги, зворотні по знаку робочим напругам; у серцевині виникають реактивні напруги (рис. 2.6, в).

Якщо напружений таким чином брус піддати дії робочого навантаження $P_{роб}$ (рис. 2.6, г), то залишкове і робочі напруги алгебрично складаються. Результируючі напруги в крайніх волокнах опиняються істотно меншим за напруги, що виникають в брусі, не підданому зміцненню (рис. 2.6, д). Отже, не переходячи допустимої межі напруг, можна навантажити брус значно більшою силою.

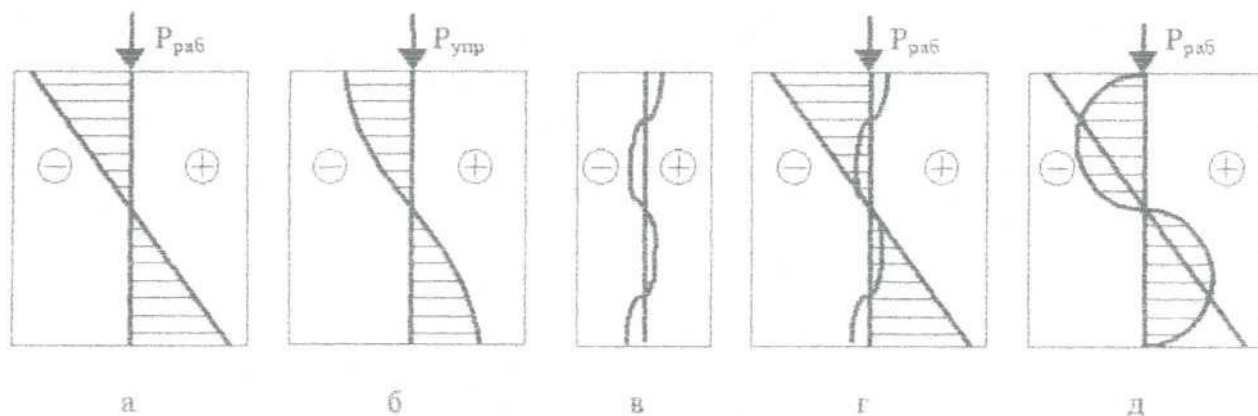


Рисунок 2.9. Механічні напруги при пластичному зміцненні

Метод перевантаження застосовують також для зміцнення стрижнів, що працюють на кручення. Стрижень піддають дії підвищеного крутячого моменту M , що викликає в крайніх волокнах перетинів стрижня пластичні деформації зрушення.

Після зняття навантаження пружна серцевина стрижня розправляється захоплюючи за собою пластично деформовані волокна і викликаючи в них напруги, зворотні по знаку напругам зрушення від робочого навантаження.

Якщо тепер прикласти до стрижня робочий що крутящий момент $M_{раб}$, то статочні напруги складаються з робочими, знижуючи результуючі напруги. На цьому принципі засновано зміцнення спіральних пружин шляхом заневолювання (витримка пружини під підвищеним осьовим навантаженням).

Зміцнення перевантаженням застосовно тільки для матеріалів, що володіють достатньою пластичністю. У крихких матеріалах перенапруження може викликати в розтягнутих шарах мікротріщини і надриви, що виводять деталь з ладу. Тому величину пластичної деформації обмежують, допускаючи перенапруження не вище 1,1-1,20.

Слід враховувати, що всякий вид перенапруження зміцнює матеріал тільки проти дії навантаження одного напрямку і розмійнює при дії навантаження протилежного напрямку.

Таким чином, цей спосіб можливо застосувати застосовний при навантаженнях постійного напрямку, пульсуючих, а також знакозмінних з переважанням навантаження одного напрямку (асиметричні цикли).

Всяка система, що знаходиться під дією навантажень постійного напрямку і виготовлена з достатньо пластичного матеріалу, володіє до певної міри властивістю *самозміцнення*. Тимчасове підвищення робочого навантаження до величини, що викликає помірні пластичні деформації, зміцнює систему. Якщо ж деталь випробовує змінні навантаження, то перехід за межу текучості під дією навантаження одного напрямку ослабляє матеріал проти дії навантаження протилежного напрямку. Позитивною стороною методу перевантаження є те, що при ньому вибірково зміцнюються найбільш напружені ділянки.

Об'ємне ущільнення полягає в глибокому обтисканні ділянок деталі, що випробовують при робочому навантаженні напруги розтягування. Деталь піддають обтисканню на стадії заготовки в холодному або напівпластичному стані (тепла деформація).

Приклади об'ємного зміцнення показані на рис. 2.7, а, б, в (обжаті зони зачорнені).

Балки зміцнюють прокатуванням полиць, фасонні деталі - обтисканням найбільш напружених на розтягування елементів; плоскі деталі опресовуванням з торців; деталі типу кілець — ексцентричним розкочуванням і накоченням.

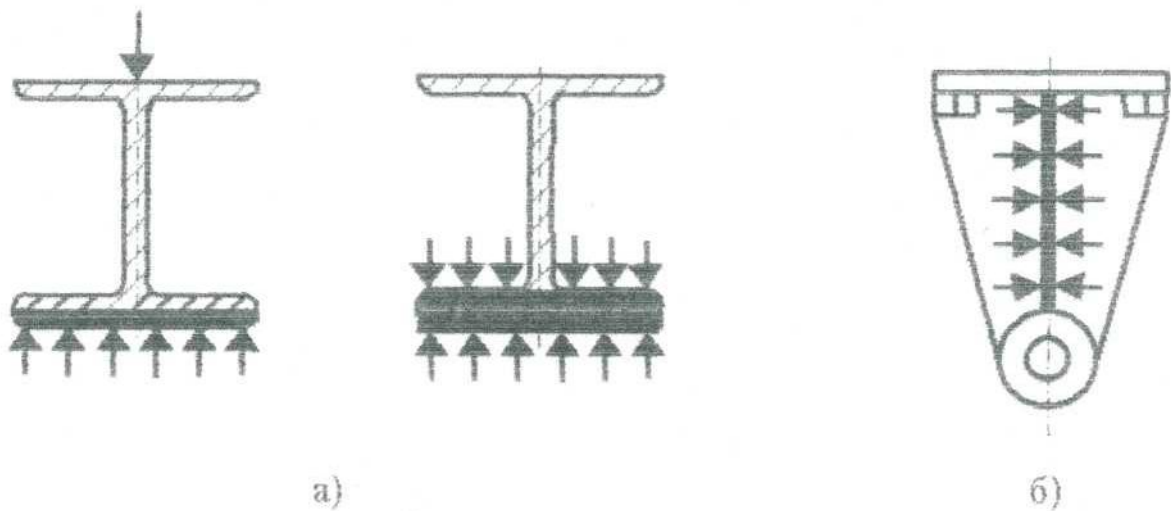


Рисунок 2.10. Приклади об'ємного ущільнення

Модернізація конструкцій

Одним з основних принципів конструювання є створення такої конструкції, яка дозволяла б подальше її вдосконалення.

Початковими передумовами для такого вдосконалення є або узагальнені дані за наслідками експлуатації машини, у тому числі і додаткові вимоги, виявлені в процесі експлуатації машини, або новітні, винаходи або раціоналізаторські пропозиції, які з'явилися після ухвалення машини до серійного виробництва.

Конструктивне удосконалення машини викликане перерахованими причинами, називається **модернізацією**.

Метою модернізації є отримання приросту ефективності у сфері експлуатації або виробництві, тобто або зниження витрат на виготовлення і експлуатацію, або зростання продуктивності при збереженні первинних витрат на виробництво і експлуатацію.

Досвід показує, що приступати до модернізації доцільно лише у тому випадку, коли в результаті такої модернізації ефективність модернізованої

машини перевершить початковий зразок не менше ніж на 15 -20%, а окупність витрат на модернізацію за часом не перевищує 1,5-2 роки.

Розрізняють два види модернізації: часткову і повну.

Часткова модернізація машини поширеніший вид модернізації і полягає в удосконаленні одного або декількох складових частин машини. Повна модернізація торкається машини в цілому.

Пристосованість машини до модернізації дозволяє систематичне вдосконалення.

Основним завданням конструктора при проведенні як частковій так і повній модернізації, є всемірне дотримання вимог застосовності, тобто забезпечення конструкційно-функціональної взаємозамінюваності модернізованих частин машини.

При будь-якій модернізації необхідно особливо ретельно стежити за збереженням незмінності геометричних розмірів привалочних посадочних і роз'ємних розмірів модернізованих складальних одиниць і деталей.

Необхідно дотримуватися наступних основних принципів:

1. Принципу найбільшої експлуатаційної продуктивності.
2. Принципу найменшої вартості виробництва і експлуатації.
3. Принципу найменшої матеріаломісткості і енергоємності.
4. Принципу найбільшої надійності.
5. Принципу оптимальної уніфікації і стандартизації.

Конструктивні методи полегшення деталей

Найбільшого зниження маси деталей можна добитися шляхом додання їм повної рівномірності.

Рівномірності вузлів полягає в тому, що всі їх деталі повинні мати однакові напруги (при однакових матеріалах) або рівні запаси міцності (при різних по міцності матеріалах).

Ідеальним є випадок, коли напруга в кожному перетині деталі по її подовжній осі в кожній точці цього перетину однаково. Такий випадок можливий тільки при деяких видах навантаження, коли навантаження сприймає весь перетин деталі — при розтягуванні-стисненні і частково при зрізі.

При вигині, крученні і складних навантажених станах напруги по перетину розподіляються нерівномірно. Вони мають найбільшу величину в крайніх точках перетину, а в інших можуть знижуватися до нуля.

У цих випадках можна тільки наблизитися до умови повної рівномірності шляхом вирівнювання напруг по перетину видаленням металу з найменше навантажених ділянок і зосередження його в найбільш навантажених місцях.

Найбільш ефективним методом зниження маси крупних деталей для випадків вигину і кручення є їх проектування порожнистими.

Можна рекомендувати наступні конструктивні методи зниження маси G деталей (рис. 2.8,а,б,в,г):

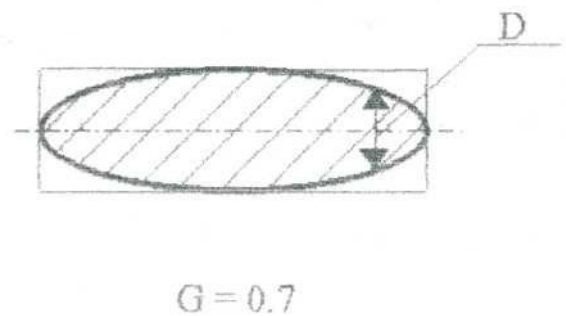
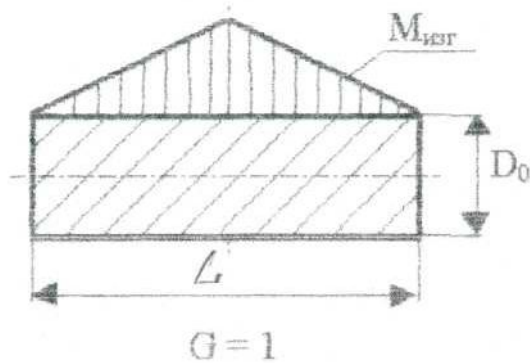
1. Забезпечення рівномірності за рахунок зміни зовнішньої конфігурації деталі уздовж зовнішньої осі (рис. 2.8, а);

2. Забезпечення рівномірності за рахунок видалення матеріалу зсередини при постійному зовнішньому діаметрі (рис. 2.8,б);

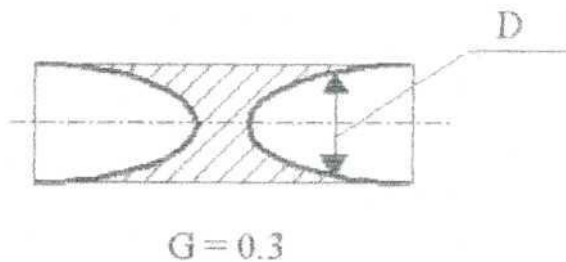
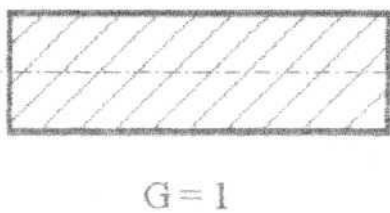
3. Забезпечення рівномірності порожнистої деталі за рахунок зміни її зовнішньої конфігурації (рис. 2.8, в);

4. Забезпечення рівномірності порожнистої деталі за рахунок зміни конфігурації її внутрішньої порожнини (Рис.2.8, г).

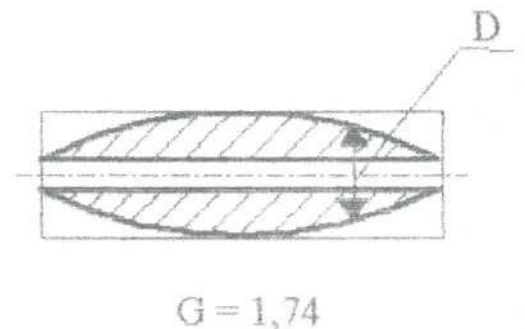
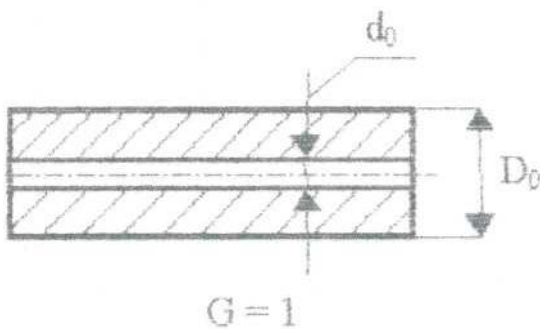
З видно, що найбільша економія матеріалу досягається у варіантах 2 і 4.



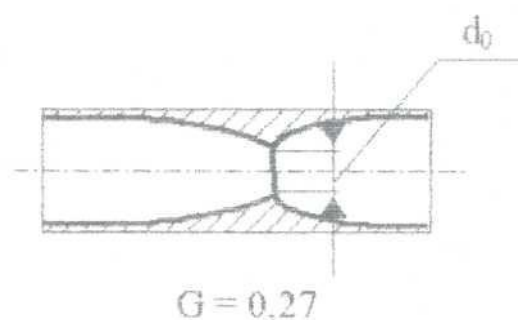
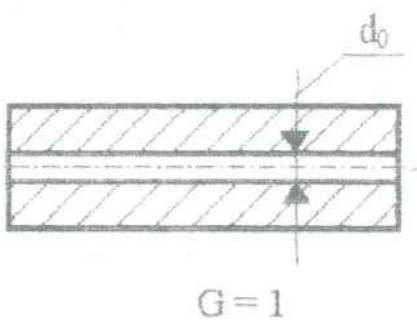
а)



б)



в)



г)

Рисунок 2.12. Конструкційні методи полегшення деталей.

У випадках, коли умову рівномірності забезпечити не вдається із-за складної конфігурації деталі або невизначеності діючих на ній напруг, масу деталі слід зменшувати шляхом видалення матеріалу з менш напружених ділянок, що знаходяться в стороні від основного силового потоку або поза ним.

Наприклад — видалення зовнішніх кутів щік колінчастого валу, сил, що не беруть участь в передачі (рис. 2.9)

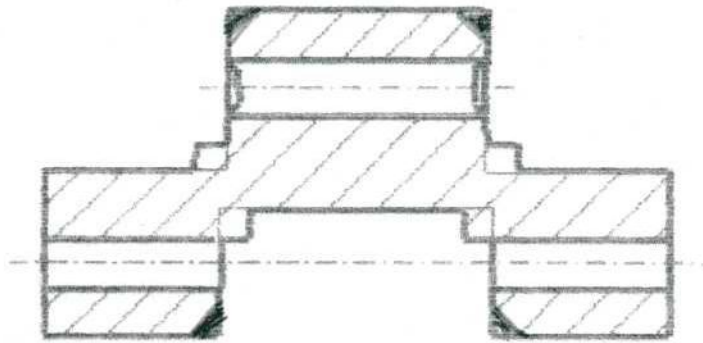


Рисунок 2.9

Виріз у клеми з'єднання не вплине на міцність кріплення клеми на вал (Рис.2.10)

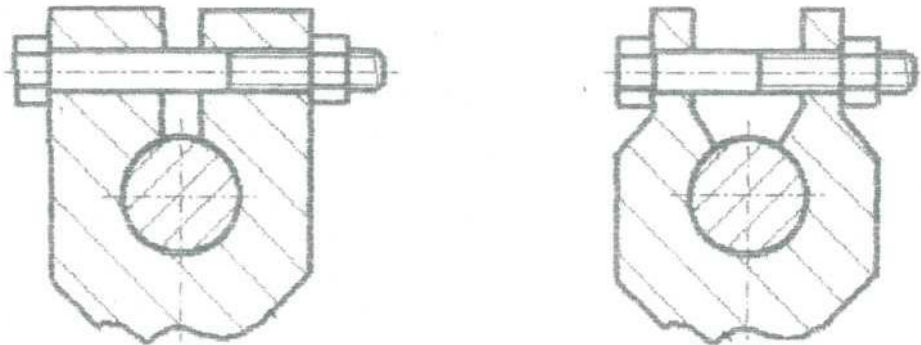


Рисунок 2.10

У деталей фланцевого типа помітного зменшення маси можна добитися зміною зовнішнього контура фланця. Радіус розташування кріпильних отворів у всіх випадках однаковий. (рис. 2.11)

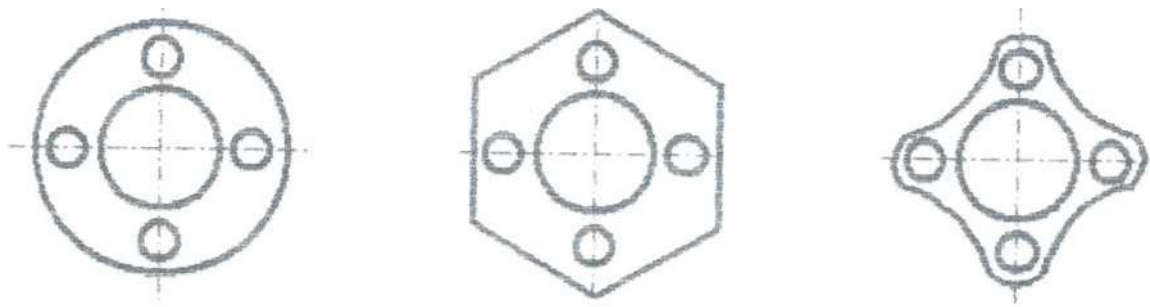


Рисунок 2.11

Істотний вплив на зниження маси надає доцільне конструювання галтелів, скосів і конусів, а також застосування масових штампованих і зварних деталей конструкцій.

Основними методами скорочення маси конструкції в цілому є:

1. Раціональний вибір виду вантаження;
2. Зменшення числа ланок конструкції;
3. Забезпечення компактності конструкції;
4. Вибір раціональної силової схеми, а також використання сучасних методів прогресивних розрахунків і застосування високоміцних матеріалів.

Силова схема раціональна, якщо діючі сили замикаються на короткій ділянці за допомогою елементів, що працюють імовірно на розтягування або стиснення.

Наприклад, привід машини за допомогою ланцюгової передачі через редуктор нераціональний, оскільки веде до зростання габаритних розмірів і маси.

Значно доцільніший привід від фланцевого електродвигуна через співісний редуктор, змонтований безпосередньо на корпусі машини. В цьому випадку реактивні сили приводу врівноважуються найкоротшим шляхом в корпусі редуктора, не викликаючи додаткових навантажень на елементи системи. Габаритні розміри установки різко скорочуються.

Уточнення розрахункових напруг

Звичайні методи розрахунку дозволяють визначити напруги задовільним ступенем точності лише для порівняно небагатьох простих випадків вантаження. Іноді величина і розподіл вантажень в тілі деталей не піддається розрахунку.

До нерозрахункових деталей відносяться корпусні і базові деталі (станини і ін.).

Ефективність методу уточнення напруги і зменшення запасів міцності як засоби зниження загальної маси машин залежить від співвідношення маси розрахункових і нерозрахункових деталей.

Необхідно вказати, що розрахунки деталей засновані на спрощення, які не завжди витримуються в реальних умовах.

Головні чинники, які обумовлені відхилення дійсних величин напруг і запасів міцності від величин, визначуваних розрахунком, наступні:

1. Розсіювання характеристик міцності матеріалу в порівнянні з номінальними значеннями що представляють собою середньостатистичне з ряду випробувань зразків;
2. Неоднорідність зразків;
3. Зміна міцності матеріалу залежно від характеру навантаження (швидкість і тривалість навантаження);
4. Відхилення розрахункової схеми від дійсних умов вантаження;
5. Відхилення фактичної величини діючих сил від номінальних значень;
6. Відхилення фактичної величини напруг від номінальних значень, обумовлюється впливом пружності системи;
7. Ігнорування в розрахунку міцності і жорсткості деталей, сполучаємих з деталями, що розраховується;
8. Місцеві напруги на ділянках закріплення деталей і прикладення сил;
9. Додаткові сили і напруги унаслідок неточності виготовлення, монтажу, установки (наприклад, підвищений тиск кромки із-за неспіввісності або перекосів опор);
10. Перевантаження унаслідок перевищення розрахункових режимів в експлуатації;
11. Внутрішні напруги, що виникають при виготовленні деталей, а також обумовлені макро- і мікронеоднорідністю матеріалу;
12. Зміна характеристик міцності у зв'язку з підвищенням температури при роботі деталей.

Розрахунок по формулах опору матеріалів, заснований на методі плоских перетинів Бернуллі і однорідності напруженого стану по довжині деталі (принцип Сен-Венана), застосовний до деталей великої довжини L при відносно малих розмірах d поперечного перетину ($L / d > 5$), тобто до деталей типу балок* стрижнів і інших елементів конструкцій.

У інших випадках, на ділянках прикладання навантажень, в опорах, на місцях закріплення виникають напруги, які охоплюють значні зони і розповсюджуються в глиб матеріалу, іноді на всю довжину, і різко змінюючи напружений стан.

Крім того, не можна розглядати деталь ізольовано, замінюючи дію зв'язаних деталей зосередженими або розподіленими силами.

Характерною особливістю деталей металургійного обладнання є складність їх форм і змінність перетинів, унаслідок чого велику роль грають місцеві напруги, які деколи у вирішальному ступені визначають міцність.

Якщо деталь посаджена в опорах з натягом, то на насадочних ділянках виникають додаткові напруги зім'яття і стиснення. У з'єднаннях із зазором при зміні напруги або при пульсації навантаження виникають удари, що викликають додаткові напруги.

У деталях тих, що працюють на зріз, поверхня що зрізається ділянки піддається по контуру зрізу підвищеним напругам того, що зім'яло і зрушення внаслідок чого виникають мікротріщини і пластичні зрушення.

Звідси витікає важливе правило конструювання з'єднань, що працюють на зріз, - твердість тієї, що зрізається і зрізаючих деталей повинна бути по можливості однаковою, чим вища поверхнева твердість деталей, тим надійніше з'єднання застраховане від руйнування.

Вплив пружності системи

Розглянемо випадок осі, опертой по кінцях і згинаємою центральним навантаженням (Табл. 2.1) Для схеми 1 одержимо:

$$s_1 = \frac{Pl}{W}; \quad f_1 = \frac{Pl^3}{48EI} ,$$

де s_1 - напруги;

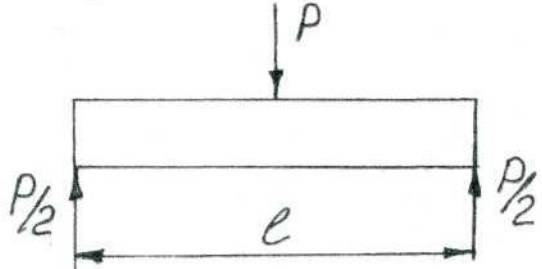
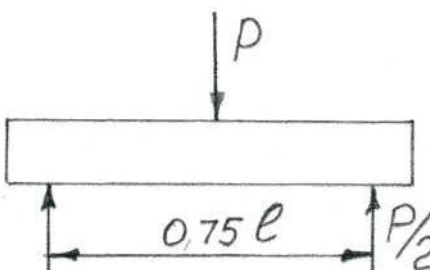
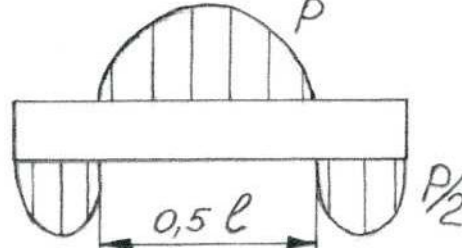
f_1 -прогиб;

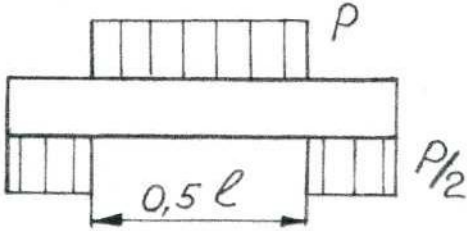
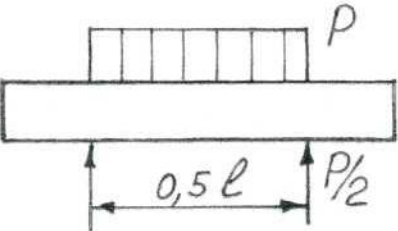
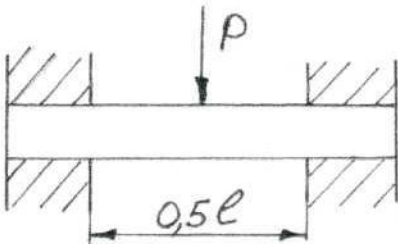
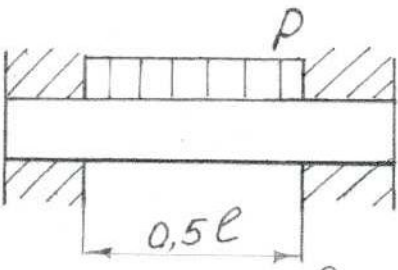
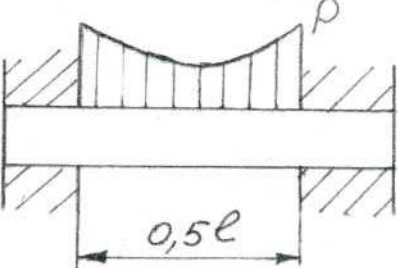
W -момент опору перетину при прогині;

E -модуль пружності;

I -момент інерції перетину.

Таблица 2.1 Схеми вантаження

1.		σ_1	f_1
2.		0.75	0.42
3.		$\sigma_{0.56}$	$f_{0.36}$

4.		0.5	0.25
5.		0.25	0.078
6.		0.25	0.03
7.		0.083	0.0156
8.		0.04	0.008

З даних приведених в таблиці видно, що пружність системи і умови додатку навантаження роблять величезний вплив на міцність і жорсткість. У розглянутих схемах вплив напруг може бути в 25, а прогин приблизно в 125 разів (схема 8) менший, ніж в початковій схемі 1.

Схема вантаження і закон розподілу навантажень залежать не тільки від конструкції, але і від деформативності вузла, визначуваної діючими в ньому напругами, матеріалом і геометрією деталей, що сполучаються.

Однією з причин неточності розрахунку є скрутність визначення у ряді випадків дійсної величини діючих навантажень. Особливе це відносять до змінних, пульсуючих і ударних навантажень.

Чим більша пружність системи, тобто чим довше і податливіше деталі, менше їх перетини, моменти інерції і модуль пружності їх матеріалу, тим менша фактична сила, що діє на деталі, і в тим більше ослабленому вигляді приходять сили до останніх ланок механізму. Введені пружні зв'язки в систему різко знижують максимальні напруги в системі.

Збільшення маси проміжних деталей підвищує миттєве значення максимальних сил, що діють на попередні деталі, і зменшує сили, що діють на подальші деталі.

Має значення і швидкість наростання навантаження в системі. Чим більша ця швидкість, тобто чим більше навантаження наближається до ударної, тим вище напруга в системі. Проте і міцність матеріалу значно зростає із збільшенням швидкості вантаження.

Це обумовлено відставанням внутрішньокристалічних пластичних деформацій, що відбуваються з відносно невеликою швидкістю, від наростання напруг.

Найбільш чутливі до швидкості деформації пластичні метали, зокрема низковуглецеві сталі, у яких відмічено підвищення динамічної міцності в 2,5-3 рази в порівнянні із статичною.

Основні критерії працездатності і розрахунку деталей машин і обладнання

Працездатність і надійність деталей машин характеризується певними критеріями. Поодиночі або декільком з цих критеріїв ведуть розрахунок, мета якого — визначення розмірів і матеріалів деталей.

Найважливіші критерії: міцність, жорсткість, зносостійкість, теплостійкість, вібростійка.

Навантаження на деталі машин і напруги в них, як відомо, можуть бути постійними і змінними.

Деталі, що піддаються постійним напругам в чистому вигляді, в машинах майже не зустрічаються. Постійне, нерухоме в просторі навантаження викликає в деталях, що обертаються (валах, осях, зубах зубчатих коліс), змінні напруги.

Проте деякі деталі працюють з малозмінними напругами, які можна прийняти при розрахунках за постійні.

До таких деталей можуть бути віднесені деталі з великими сипи тяжкості (у транспортних і підйомно-транспортних машинах), деталі з

великим початковим затягуванням (заклепки, частини кріпильних болтів, пружини).

Змінні напруги, перш за все, характеризуються циклом зміни напруг. Наступні цикли зміни напруг:

а) віднульовий цикл, в якому напрузі міняються від нуля до максимуму (зуби зубчатих коліс, що працюють в один бік, штоки, штовхачі);

б) знакозмінний симетричний цикл, в якому напруги міняються від негативного до такого ж позитивного (напруги вигину у валах, що обертаються, і осях);

в) асиметричний, знакопостійний (гвинти, пружини) або знакозмінний цикл.

Змінні режими можуть бути регулярними, тобто з постійною амплітудою і нерегулярними, з непостійними амплітудами.

Навантаження можуть змінюватися плавно або прикладатися раптово (удари). Існуючі ударні навантаження діють в машинах ударної дії і в транспортних машинах.

Вибір коефіцієнта запасу міцності є відповідальним завданням для конструктора (Табл. 2.2).

Розрахунки в припущенні несприятливих поєднань характеристик матеріалів, навантажень і т.д. приводять до непотрібного обважнення деталей. Тому в даний час переходять на розрахунки по заданій вірогідності безвідмовної роботи.

Розрахунки на міцність ведуть по номінальних напругах, що допускаються, по коефіцієнту запасу міцності (запасам міцності) або по вірогідності безвідмовної роботи.

Таблиця 2.2. Орієнтовні значення коефіцієнта запасу міцності

Умови виготовлення	Условия розрахунка	Вимоги до надійності, довговічності, ергономічності		
		знижені	середні	підвищені
підвищені	Підвищені	(1,0..1,1)	1,1..1,2	1,2..1,4
	Середні	(1,2..1,4)	1,4..1,6	1,5..1,8
	знижені	(1,4..1,7)	1,6..2,0	1,8..2,3
знижені	Підвищені	2,2..2,9	2,6..3,5	(3,0..4,0)
	Середні	2,4..3,2	2,8..3,9	(3,3..4,5)
	знижені	2,6..3,5	3,1..4,2	(3,6..5,0)

(-) по можливості не застосовувати.

Для конструкцій, руйнування яких особливо небезпечно для життя людей (вантажопідйомні машини, парові котли і т.д.) коефіцієнт запасу міцності, а також методи розрахунку регламентуються нормами Держтехнагляду.

Жорсткість, тобто здатність деталі чинити опір зміні форми під дією сил є поряд з міцністю, одним з найважливіших критеріїв працездатності машини.

У багатьох деталях машин напруги значно нижче за граничні (наприклад, в станинах прокатних станів) і розміри таких деталей диктуються саме умовами жорсткості.

Актуальність критерію жорсткості безперервно зростає, оскільки вдосконалення матеріалів відбувається головним чином у напрямі збільшення міцностних характеристик, тоді як модуль пружності підвищується значно менше, або навіть зберігається постійним, як, наприклад, у сталей.

Вимоги до жорсткості деталей машин визначаються:

1. Умовами міцності деталі;
2. Умовами працездатності деталі спільно із зв'язаними деталями, наприклад, жорсткість валів визначає задовільну роботу підшипників, а також передач;
3. Умовами динамічної стійкості (відсутність резонансу коливань або неприпустимих автоколивань);
4. Технологічними умовами (неможливістю високопродуктивної обробки);

5. Умовами задовільної роботи машини в цілому. Жорсткість деталей машин приблизно визначається власною жорсткістю деталей, що розглядаються як бруси, пластини або оболонки з опорами, що ідеалізуються, визначаються контактною жорсткістю, тобто жорсткістю поверхневих шарів в місцях контакту.

Для більшості деталей при дії значних навантажень основне значення мають власні деформації. У точних машинах при відносно малих навантаженнях і ненатягнутих стиках (взаємно рухомих деталей) контактні деформації в балансі переміщень грають вельми істотну і навіть превалюючу роль.

Контакт деталей може бути в умовах:

1. Початкового торкання в крапці або по лінії куль або циліндрів;
2. Великої номінальної площі торкання.

У обох випадках контактні переміщення істотні у зв'язку з малою фактичною площею контакту.

Контактні зближення гладких однорідних тіл з початковим торканням в крапці або по лінії, обчислюються за допомогою теорії Герца. Контактні зближення при великій номінальній площі контакту визначають на основі експериментально встановлених коефіцієнтів контактної податливості. Для направляючих прямолінійного руху контактні зближення на 1МПа тиску в кожному стику складають близько 10 мкм при ширині граней до 60 мм і до 40 мкм при ширині — 400 мм. При посадках підшипників кочення на вал і в корпус, деформації складають 0,1 - 0,6 мкм на 1МПа.

Втрата деталями стійкості характеризується тим, що вони, знаходячись під навантаженням, після додаткової деформації на малу величину в межах пружності не повертаються в первинний стан.

Стійкість є критерієм, що визначає розміри:

- А) довгих і тонких деталей, що працюють на стиснення;
- Б) тонких пластин, схильних до стиснення в площині пластини;
- В) оболонок, схильних до зовнішнього тиску.

Зношування – процес руйнування і відділення матеріалу з поверхні твердого тіла і (або) накопичення його залишкової деформації при терті. Знос виявляється в поступовій зміні розмірів і (або) форми.

Знос обмежує довговічність деталей по наступним критеріям працездатності машини:

- 1. По втраті точності;
- 2. По зниженню КПД, збільшенню витоків;
- 3. По зниженню міцності унаслідок зменшення перетинів, збільшення динамічних навантажень, нерівномірного зносу опор;
- 4. За збільшенням шуму;
- 5. По повному стиранню;

Види зношування:

- 1. Механічні;
- 2. Молекулярно-механічне зношування (зношування при схоплюванні). Схоплювання відбувається унаслідок молекулярних сил при терті;
- 3. Корозійно-механічне зношування, яке супроводжується хімічною або електричною взаємодією матеріалу з середовищем.

При абразивному зношуванні, а також при терті з малим тиском, без змащувального матеріалу показник зношування m близький до одиниці; при терті без змащувальних матеріалів із значним тиском $m = 1 \dots 2$, в середньому 1,5; при напіврідкому мастилi $m = 3$.

Теплостійкість пов'язана з роботою машин.

Робота машин супроводжується тепловиділенням, що викликається робочим процесом машин, і тертям в їх механізмах.

Тепловиділення, пов'язане з робочим процесом, особливо інтенсивно у теплових двигунів, електричних машин, ливарних машин, і машин для гарячої обробки матеріалів.

В результаті нагріву можуть виникати наступні шкідливі для роботи машин явища:

- 1. Пониження несучої здатності деталей, спостережувані у деталей із сталей при температурах вище $300..400^{\circ}\text{C}$ і у деталей з більшої частини пластмас при температурах вище $100..150^{\circ}\text{C}$. Це пов'язано з пониженням основних механічних характеристик матеріалів, з окрихчуванням – втратою пластичності в часі і з підвищенням повзучості (мала безперервна пластична деформація при тривалому вантаженні).

Повзучість дуже небезпечна у зв'язку з можливістю вибірки зазорів у деталей, що обертаються або поступально переміщуються:

2. Пониження захисної здатності масляного шару, що розділяє деталі машин, що труться, і як наслідок, поява підвищеного зносу або «заїдання»;

3. Зміна зазорів в рухомих з'єднаннях унаслідку зворотних температурних деформацій;

4. Зміна властивостей поверхонь, що труться, наприклад, зниження коефіцієнта тертя в гальмах;

5. Пониження точності машини унаслідок зворотних температурних деформацій.

На точність і працездатність машини впливають температурні деформації:

1. Що викликаються рівномірним нагрівом деталей з конструкційних матеріалів з різними коефіцієнтами лінійного розширення;

2. Що викликаються нерівномірним нагрівом у зв'язку з наявністю місцевих джерел теплоти і із загальною швидкою зміною температури в приміщенні, оскільки дрібні деталі швидко досягають нової температури, а крупні – поволі.

Надійність (загальна) – властивість виробу виконувати в продовж заданого часу або заданого напрацювання свої функції, зберігаючи в заданих межах експлуатаційні показники.

Надійність виробів обумовлюється їх безвідмовністю, довговічністю, ремонтопридатністю і сохрнністю.

Безвідмовність – властивість зберігати працездатний стан в продовж заданого напрацювання без вимушених перерв. Ця властивість особливо важлива для машин, відмови яких пов'язані з небезпекою для життя людей (наприклад, літаки).

Довговічність – це властивість виробу зберігати працездатний стан з необхідними перервами для технічного обслуговування і ремонту.

Теротехнологія походить від грецького слова "терейн" — підтримка, збереження.

Відмічені особливості металургійного виробництва і устаткування вимагають комплексного підходу до забезпечення необхідної ефективності функціонування обладнання. Такий підхід полягає в рішенні проблем проектування у взаємозв'язку з його виготовленням, експлуатацією, технічним обслуговуванням, ремонтом і модернізацією. Цей підхід передбачає створення системи забезпечення ефективного функціонування агрегатів і обладнання з урахуванням вказаних чинників протягом всього терміну служби і складає предмет науки, яка одержала назву "теротехнологія".

Теротехнологія - це технологія забезпечення ефективного функціонування обладнання протягом всього терміну служби з урахуванням технологічних, технічних і організаційних чинників і зв'язків між ними, заснована на безперервному виявленні і усуненні причин, що знижують ефективність функціонування.

Вибір матеріалу і профілю прокату при проектуванні

Вибраний матеріал повинен володіти певними механічними і технологічними властивостями, необхідною корозійною стійкістю, а також задовольняти деяким спеціальним вимогам, залежним від конкретних умов експлуатації.

Кожна з деталей, вживаних в складальній одиниці, повинна відповідати комплексу експлуатаційних вимог, основними з яких є добре сполучення складальної одиниці з іншими деталями, можливість швидкої заміни, надійність в роботі, розрахункова міцність. В першу чергу звертають увагу на ці вимоги. Проте в сучасних умовах, коли гостро відчувається необхідність економії енергетичних і природних ресурсів, разом з експлуатаційними вимогами слід враховувати і вимоги ефективного конструювання. Під ефективністю слід розуміти економічність конструювання, причому не в рамках експлуатаційних якостей в галузі, а на рівні економічного ефекту в н/г. Відповідно до цього міняються вимоги до конструкції деталей. Деталь повинна при максимальній несучій здатності володіти мінімальною масою, виготовлятися з матеріалу невисокої вартості, мати тривалий термін експлуатації.

Головним в процесі конструювання є забезпечення несучої здібності деталі, тобто зберігати міцність при додатку робочого навантаження.

Залежно від профілю поперечного перетину деталей при одній і тій же несучій здатності може мати велику або меншу масу.

Найбільшою жорсткістю і моментом опору вигину володіє двотавровий і швелерний перетини.

Маса рівноміцність кругів, квадратів, прямокутників в 2,5..3 рази більша.

Принцип раціоналізації конструкцій деталей машин, що працюють в умовах подовжнього і поперечного вигинів, полягає у виборі такого профілю, при якому забезпечується задана несуча здатність і мінімальна маса деталі.

Зниження маси за рахунок раціоналізації форми поперечного перетину доцільно до певної межі. Наступає момент, коли зниження маси приводить до такого ускладнення конфігурації профілю поперечного перетину деталі, при якому доводиться переходити на менш економічний спосіб виготовлення. В цьому випадку приріст витрат на виготовлення починає перевищувати економію від зниження маси деталі.

Шляхи зниження навантажень в деталях і вузлах металургійного устаткування

Дія підвищених навантажень на деталі і вузли є однією з основних причин передчасного виходу з ладу металургійного обладнання. Тому найнадійніший і відносно простий шлях підвищення експлуатаційної

надійності і продовження термінів служби деталей – зниження навантажень.

Вдосконалення в динамічному відношенні схем стало ефективним у зв'язку з математичним моделюванням і застосуванням ЕОМ. Складають спрощену розрахункову схему і т.д., потім її прораховують при вірогідних обуреннях і вносять необхідні корективи.

Розглянемо стисло шляхи зниження навантажень. Динамічні навантаження можна понизити:

1. Зменшенням зовнішнього обурення;
2. Вдосконаленням схеми машини в динамічному відношенні і зменшенням внутрішніх обурень;
3. Застосуванням спеціальних антивібраційних властивостей.

Зовнішні сили зменшують, перш за все, застосуванням: двигунів з оптимальними пусковими характеристиками; безперервних і рівномірних робочих процесів.

Плавний пуск машини забезпечується двигунами постійного струму. У могутніх асинхронних двигунах з короткозамкнутим ротором можна швидкість при пуску можливо знижувати перемиканням схеми трансформатора із зірки на трикутник, підключенням автотрансформатора і пускового реостата.

Вельми довершеним пристроєм плавного пуску машин є фрикційні муфти, що дозволяють регулювати силу стиснення фрикційних дисків, а, отже, передавати момент по будь-якому закону.

Внутрішні обурення від роботи окремих механізмів зменшують підвищенням точності виготовлення і балансування, оптимальним взаємним розташуванням ланцюгових зірочок, застосуванням підшипників з великим числом тіл кочення і ін.

До пристроїв для зниження коливань і динамічних навантажень відносяться: маховики, інерційні маси, пружні коливання, пружно демпферні елементи, демпфери, запобіжні пристрої.

Маховик, що є акумулятором кінетичної енергії, підвищує рівномірність обертання і зменшує динамічні навантаження в машині. Ефективність маховика підвищується при розташуванні його на швидкохідному валу і поблизу джерела збудження.

При різких ударних навантаженнях особливо ефективно введення інерційних мас, наприклад, застосування масивних фундаментів.

Пружні муфти різко знижують динамічні дії в машині.

Пружні елементи в машинах виконують функцію демпфування коливань. енергія розсівається внутрішнім або зовнішнім тертям. У першому випадку для пружного елемента застосовують матеріали з малим модулем пружності і великим внутрішнім тертям, тобто гуму або пластичні маси типу еластикових. Гума з підвищеним демпфуванням має логарифмічний декремент 0,9—1,2.

У другому випадку пружний елемент виконують багатошаровим з великим тертям між шарами: пластинчасті ресори, вживані в транспортних машинах, розсіюють багато енергії.

Широке застосування пружні і пружнодемпферні елементи знайшли в буферах, в системах підресорювання транспортних машин, в системах активної і пасивної віброізоляції стандартного обладнання.

Демпфери коливань - це пристрої, розсіюючі енергію коливань. Розсіювання енергії може здійснюватися внутрішнім, зовнішнім сухим і в'язким тертям, а також електромагнітним демпфуванням. У демпферах створюється сила тертя, направлена протилежно швидкості шкідливих коливань і викликаюча розсіяння енергії коливань. Демпфери встановлюють між тілом, що коливається, і корпусною деталлю або сейсмічно нерухомою масою в місцях максимальних амплітуд і можливо ближче до джерел обурення.

Класичним прикладом демпфера сухого тертя є демпфер для крутильних коливань. Демпфер складається з диска, насадженого на вал, що коливається, і маховика, що складається з двох половин і притягається до диска пружинами. При коливаннях валу маховик не встигає слідувати за валом, і на поверхні контакту виникають періодичні сили тертя, демпфуючі коливання. Існує оптимальна сила затягування демпфера. За відсутності затягування сили тертя дуже малі. При надлишку великої сили затягування маховик коливається разом з валом, і сили розсіювання енергії коливань в демпфері пропадають.

Демпфери сил тертя застосовують також при поперечних коливаннях, наприклад, у вигляді однієї або декількох циліндрових мас, що вставляються із зазором в отвір і що стискаються регульованою пружиною між фрикційними дисками, встановленими без зазора.

Успішно застосовують демпфери сухого тертя у вигляді пакету з тарілчастих пружин, які в результаті ковзання по конічних поверхнях контакту розсіюють значну енергію.

У демпферах в'язкого тертя звичайно використовують сили опору рідини при протіканні її через вузькі щілини або отвори. Для демпфування поступально переміщуваних деталей використовують демпфер поршневого типу. Поршень, пов'язаний з деталлю, що коливається, примушує рідину перетікати з однієї порожнини в іншу. Щоб зменшити вплив зміни температур, на роботу демпфера, застосовують силіконові рідини.

Динамічний гаситель коливань є масою m , приєднаною до системи M , що коливається, за допомогою пружного елементу, маятникового підвісу. У гасителях без демпфування, застосованих при постійній частоті збудження, власна частота гасителя повинна бути рівна або близька до частоти збудливої сили. Тоді гаситель одержує резонанси, які врівноважують силу збудження. Маса гасителя може складати невелику частку від основної маси.

Основне розповсюдження має динамічний гаситель з демпфуванням, який ефективний в значно більшому діапазоні частот. Застосовується динамічний гаситель з пружними елементами з матеріалів з високим демпфуванням і масляними демпфуючими пристроями.

Є динамічні гасителі з настройкою по частоті, які за допомогою спеціальних пристроїв автоматично регулюються. Широко застосовуються гасителі ударної дії, ефект яких заснований на розсіянні енергії при ударах.

Як віброізолюючих опори найбільш зручні так звані рівночастотні опори з пружною нелінійною характеристикою, що забезпечують майже однакову частоту власних коливань машин різних мас (у певних межах). Нелінійність характеристики забезпечується тим, що вільне стиснення пружного гумового елемента поступово перетворюється на обмежене стиснення.

Виготовляють гаму рівночастотних гумометалевих опор на частоти 15, 20 і 35 Гц.

Активна віброізоляція – ізоляція обладнання, що є джерелом збудження, від передачі його на фундамент.

Пасивна віброізоляція – захист обладнання які передаються через фундамент.