**ЛЕКЦІЯ 1**

**Ливарне виробництво**

**1. Заготівельне виробництво**

***Вибір методу й способу одержання заготовки***

Необхідність економії матеріальних ресурсів висуває високі вимоги до раціонального вибору заготовок, до рівня їх технологічності, значною мірою визначальної витрати на технологічну підготовку виробництва, собівартість, надійність і довговічність виробів.

Правильно вибрати спосіб одержання заготовки – означає визначити раціональний технологічний процес її одержання з урахуванням матеріалу деталі, вимог до точності її виготовлення, технічних умов, експлуатаційних характеристик і серійності випуску.

Машинобудування має у своєму розпорядженні більшу кількість способів одержання деталей. Це різноманіття, з одного боку, дозволяє суттєво підвищити експлуатаційні характеристики машин за рахунок використання властивостей вихідного матеріалу, з іншого боку – створює труднощів при виборі раціонального, економічного способу одержання деталі.

Особливо важливо правильно вибрати вид заготовки, призначити найбільш раціональний технологічний процес її виготовлення в умовах автоматизованого виробництва, коли розміри деталі при механічній обробці виходять «автоматично» на попередньо настроєних агрегатних верстатах або верстатах із числовим програмним керуванням (ЧПУ). У цьому випадку недостатні припуски так само шкідливі, як і зайві, а нерівномірна твердість матеріалу або більші ухили на заготовці можуть викликати значні коливання в допусках розмірів готової деталі.

Тому дуже важливий економічно й технологічно обґрунтований вибір виду заготовки для даного виробництва.

Максимальне наближення геометричних форм і розмірів заготовки до розмірів і формі готової деталі – головне завдання заготівельного виробництва.

Задані конструктором геометрія, розміри й марка матеріалу деталі багато в чому визначають технологію виготовлення. Таким чином, вибір виду заготовки відбувається в процесі конструювання, тому що при розрахунку деталей на міцність, зносостійкість або при обліку інших показників експлуатаційних характеристик конструктор виходить із фізико-механічнихвластивостей застосовуваного матеріалу з урахуванням впливу способу одержання заготовки.

Фактори, що впливають на собівартість виробництва в машинобудуванні, діляться на три групи:

*1-ягрупа* – конструктивні фактори, тобто конструктивне рішення самої деталі, що забезпечує прийнятність її для виготовлення обробкою тиском, литтям, зварюванням; вибір марки матеріалу й технологічних умов;

*2-ягрупа* – виробничі фактори, тобто характер і культура виробництва, технологічна оснащеність, організаційні й технологічні рівні виробництва;

*3-ягрупа* – технологічні фактори, що характеризують спосіб формоутворення заготовок, вибір самої заготовки, устаткування й технологічного процесу одержання деталі.

Те, наскільки повно в заготовці врахований вплив факторів першої й другий груп,

*дозволяє судити про технологічність заготовки.*

Під ***технологічністю заготовки*** прийнято розуміти, наскільки дана заготовка відповідає вимогам виробництва й забезпечує довговічність і надійність роботи деталі при експлуатації.

Випуск технологичной заготовки в заданих масштабах виробництва забезпечує мінімальні виробничі витрати, собівартість, трудомісткість і матеріалоємність.

Третя група факторів важлива, коли деталі можуть бути отримано одним або декількома способами лиття або обробки тиском, наприклад, фланці, трійники, шестірні. Однак при литті структура металу, а отже, і механічні властивості, нижче, чим при обробці металів тиском. Також, особливо при литті в кокіль або під тиском, вище ймовірність виникнення ливарних напруг і наявності пористості.

При штампуванні, створюючи спрямовану структуру, можна збільшити експлуатаційні властивості деталі. У той же час заданий параметр шорсткості поверхні й точність розмірів можуть бути забезпечені в обох випадках.

Таким чином, при виборі способів одержання заготовки в першу чергу слід ураховувати основні фактори (собівартість і вимоги до якості), орієнтуватися на те, що в конкретному випадку є визначальним.

Уякості іншого прикладу можна розглянути великогабаритні деталі значної маси, що вимагають для свого виготовлення унікального встаткування великої потужності. Такі деталі доцільно виготовляти звареними. Це дозволяє скоротити тривалість циклу виготовлення, підвищити якість металу за рахунок застосування злитків меншої маси з меншою кількістю ливарних дефектів, але при цьому зменшується коефіцієнт використання металу, збільшується трудомісткість.

Оптимальне рішення при виборі заготовок може бути знайдене тільки за умови комплексного аналізу впливу на собівартість усіх факторів, при обов'язковій умові позитивного впливу способу одержання заготовки на якість виробу.

Усобівартості виготовлення деталі значну частку становлять витрати на матеріал (близько 60 %). Тому шляхи зниження собівартості доцільно шукати в зниженні витрати матеріалу.

Технологічність деталі з певним ступенем наближення оцінюється наступними показниками:

– коефіцієнт виходу придатного (K b.r);

– вагової точності (K b.t);

– використання металу (K i.m).

Kb.r– характеризує витрата металу в заготівельному цеху, розмір шлюбу, технологічних відходів, визначається по формулі:

Kb.r= M2 / M1

де: M 2 – маса вихідного металу; M1 – маса металу, що заготовлюється; Kb.t – відбиває ступінь наближення форми й розмірів заготовки до форми й розмірам деталі, тобто характеризує обсяг механічної обробки, визначається по формулі:

Kb.t = M3 / M2

де: M 3 – маса готової деталі; Ki.m – відбиває загальна витрата металу на деталь, що виготовляється, визначається по формулі:

Ki.m =Kb.rx Kb.t =M 3/ M 1

**2. Загальні принципи вибору заготовки**

Найбільше широко для одержання заготовок у машинобудуванні застосовують наступні методи: лиття, обробка металу тиском і зварювання, а також комбінація цих методів.

Кожний з методів містить велика кількість способів одержання заготовок.

*Метод*– це група технологічних процесів, в основі яких лежить єдиний принцип формоутворення.

*Лиття*– одержання заготовок шляхом заливання розплавленого металу заданого хімічного складу в ливарну форму, порожнину якої має конфігурацію заготовки.

*Обробка тиском*– технологічні процеси, які засновані на пластичній формозміні металу.

*Зварювання*– технологічний процес одержання нероз'ємних з'єднань із металів і сплавів у результаті утворуатомно-молекулярнихзв'язків між частками заготовок, що з'єднуються.

При виборі методу необхідно орієнтуватися в першу чергу на матеріал і вимоги до нього з погляду забезпечення службових властивостей виробу (лиття – чавун, стали з позначенням Л).

Особливо відповідальні деталі, до яких пред'являються високі вимоги по розміру зерна, напрямку волокон, а також за рівнем механічних властивостей, завжди слід виготовляти із заготовок, отриманою обробкою тиском.

Вибір способу одержання заготовки складне завдання.

Спосіб одержання заготовки повинен бути економічн, що забезпечують висока якість деталі, продуктивним, нетрудомістким.

**3. Основні фактори, що впливають на вибір способу одержання заготовки.**

*Характер виробництва.*

Для дрібносерійного й одиничного виробництва характерне використання як заготовки гарячекатаного прокату, виливків, отриманих у піщано-глинистихформах, кувань, отриманих куванням.

Це обумовлює більші припуски, значний обсяг наступної механічної обробки, підвищення трудомісткості.

В умовах крупносерийного й масового виробництв рентабельні способи одержання заготовок: гаряче об'ємне штампування; лиття в кокіль, під тиском, в оболонкові форми по виплавлюваних моделях.

Застосування цих способів дозволяє значно скоротити припуски, знизити трудомісткість виготовлення деталі.

Підвищення точності формотворних процесів, вибір найбільш точних і прогресивних способів одержання заготовок на базі збільшення серійності виробництва є одним з найважливіших резервів підвищення технічного рівня виробництва.

Матеріали й вимоги, пропоновані до якості деталі Матеріали повинні мати необхідний запас певних технологічних властивостей –

ковкістю, штампуемостью, жидкотекучестью, зварюваністю, оброблюваністю.

Для деформируемых матеріалів необхідною технологічною властивістю є технологічна пластичність. Особливо тверді вимоги по технологічній пластичності пред'являються до сплавів, з яких деталі одержують холодною обробкою тиском – видавлюванням, витяжкою, гнучкої, формуванням.

Якщо метал має низку жидкотекучестью, високою схильністю до усадки, то не рекомендується застосовувати лиття в кокіль, під тиском, тому що через низьку піддатливість металевої форми можуть виникнути ливарні напруги, жолоблення виливка, тріщини. Доцільно застосовувати оболонкове лиття й лиття в піщано-глинистіформи.

Для відповідальних, важко навантажених деталей (вали, шестірні, зубаті колеса), для яких пред'являються певні вимоги до якості металу й до фізико-механічнихвластивостей

– доцільно використовувати кування, тому що в процесі деформування створюється дрібнозерниста, спрямована волокниста структура, що значно підвищує фізико-механічнівластивості матеріалу.

Розміри, маса й конфігурація деталі.

Питома вартість виливків і кувань росте зі зменшенням їх маси. Закономірність загальна для всіх способів одержання заготовок і деталей, тому що трудомісткість формоутворення визначають загальною площею поверхонь, що підлягають обробці.

Розміри деталі часто відіграють вирішальну роль. При литті по виплавлюваних моделях, у кокіль, під тиском розміри виливки обмежені технологічними можливостями встаткування й інструмента.

Способом гарячого об'ємного штампування можливе одержання кувань до 1000 кг.

*Якість поверхні заготовок, забезпечення заданої точності.*

Використання точних способів забезпечує достатню чистоту поверхні й високу точність заготовок.

Удосконалювання кування й штампування забезпечують параметри шорсткості й точність розмірів, відповідних до механічної обробки й навіть фінішних операцій.

Калібрування, холодне видавлювання забезпечують одержання готових деталей (заклепки, гайки, болти).

*Можливості наявного встаткування.*

Ураховують при виготовленні заготовок способами відцентрового лиття, лиття під тиском, гарячим об'ємним штампуванням. Іноді це є визначальним моментом.

Наприклад, наявність у ковальському цеху ротаційно-кувальнихмашин дозволяє одержати східчасті заготовки практично без механічної обробки. Те ж – при наявності механічних пресів подвійної дії або гідравлічних багатоступінчастих пресів.

Потужність ковальсько-штампувальноговстаткування визначає номенклатуру виготовлення деталей.

**4. Ливарне виробництво**

**Загальні відомості про ливарне виробництво**

***Сучасний стан і роль ливарного виробництва в машинобудуванні.***

Теорія й практика технології ливарного виробництва на сучасному етапі дозволяє одержувати вироби з високими експлуатаційними властивостями. Виливка надійно працюють у реактивних двигунах, атомних енергетичних установках і інших машинах відповідального призначення. Вони використовуються у виготовленні будівельних конструкцій, металургійних агрегатів, морських суден, деталей побутового встаткування, художніх і ювелірних виробів.

Сучасний стан ливарного виробництва визначається вдосконалюванням традиційних і появою нових способів лиття рівнем, що безупинно підвищується, механізації й автоматизації технологічних процесів, спеціалізацією й централізацією виробництва, створенням наукових основ проектування ливарних машин і механізмів.

Найважливішим напрямком підвищення ефективності є поліпшення якості, надійності, точності й шорсткості виливків з максимальним наближенням їх до форми готових виробів шляхом впровадження нових технологічних процесів і поліпшення якості ливарних сплавів, усунення шкідливого впливу на навколишнє середовище й поліпшення умов праці.

Лиття є найпоширенішим методом формоутворення.

Перевагами лиття є виготовлення заготовок з найбільшими коефіцієнтами використання металу й вагової точності, виготовлення виливків практично необмежених габаритів і маси, одержання заготовок зі сплавів, неподдающихся пластичної деформації й важко оброблюваних різанням (магніти).

# 5. Класифікація литих заготовок

За умовами експлуатації, незалежно від способу виготовлення, розрізняють виливки:

–загального призначення – виливка для деталей, що не розраховуються на міцність

–відповідального призначення – виливка для деталей, що розраховуються на міцність

іпрацюючих при статичних навантаженнях;

–особливо відповідального призначення - виливка для деталей, що розраховуються на міцність і працюючих при циклічних і динамічних навантаженнях.

Залежно від способу виготовлення, маси, конфігурації поверхонь, габаритного розміру, товщини стінок, кількості стрижнів, призначення й особливих технічних вимог виливка ділять на 6 груп складності.

*Перша група*характеризується гладкими й прямолінійними зовнішніми поверхнями з наявністю невисоких посилюючих ребер, буртів, фланців, отворів. Внутрішні поверхні простої форми. *Типові деталі*– кришки, рукоятки, диски, фланці, муфти, колеса вагонеток, маховики для вентилів і т.д.

*Шоста група*– виливка з особливо складними закритими коробчатыми й циліндричними формами. На зовнішніх криволінійних поверхнях під різними кутами перетинаються ребра, кронштейни й фланці. Внутрішні порожнини мають особливо складні конфігурації з утрудненими виходами на поверхню виливка.*Типові деталі*– станини спеціальних МРС, складні корпуси відцентрових насосів, деталі повітродувок, робочі колеса гідротурбін.

Залежно від способу виготовлення їх габаритних розмірів і типу сплавів ДЕРЖСТАНДАРТ 26645-85установлює 22 класу точності.

## 6. Ливарні сплави

*Вимоги до матеріалів, використовуваних для одержання виливків:*

Состав матеріалів повинен забезпечувати одержання у виливку заданих фізикомеханічних і фізико-хімічнихвластивостей; властивості й структура повинні бути стабільними протягом усього строку експлуатації виливка.

Матеріали повинні мати гарні ливарні властивості (високої жидкотекучестью, невеликою усадкою, низькою схильністю до утвору тріщин і поглинанню газів, герметичністю), добре зварюватися, легко оброблятися різальним інструментом. Вони не повинні бути токсичними й шкідливими для виробництва. Необхідно, щоб вони забезпечували технологічність в умовах виробництва й були економічними.

## 7. Ливарні властивості сплавів

Одержання якісних виливків без раковин, тріщин і інших дефектів залежить від ливарних властивостей сплавів, які проявляються при заповненні форми, кристалізації й охолодженні виливків у формі. До основних ливарним властивостям сплавів відносять: жидкотекучесть, усадку сплавів, схильність до утвору тріщин, газопоглощение, ліквацію.

*Жидкотекучесть****–***здатність розплавленого металу теча по каналах ливарної форми, заповнювати її порожнини й чітко відтворювати контури виливка.

При високої жидкотекучести сплави заповнюють усі елементи ливарної форми. Жидкотекучесть залежить від багатьох факторів: від температурного інтервалу

кристалізації, в'язкості й поверхневого натягу розплаву, температури заливання й форми, властивостей форми і т.д.

Чисті метали й сплави, затвердевающие при постійній температурі, мають кращу жидкотекучестью, чому сплави, затвердевающие в інтервалі температур (тверді розчини).

им вище в'язкість, тем менше жидкотекучесть. Зі збільшенням поверхневого натягу жидкотекучесть знижується. З підвищенням температури заливання розплавленого металу й форми жидкотекучесть поліпшується. Збільшення теплопровідності матеріалу форми знижує жидкотекучесть. Так, піщана форма відводить теплоту повільніше, і розплавлений метал заповнює її краще, чим металеву форму. Наявність неметалічних включень знижує жидкотекучесть. Так само впливає хімічний склад сплаву (зі збільшенням змісту сірки, кисню, хрому жидкотекучесть знижується; зі збільшенням змісту фосфору, кремнію, алюмінію, вуглецю жидкотекучесть збільшується).

*Усадка****–***властивість металів і сплавів зменшувати обсяг при охолодженні в розплавленому стані, у процесі затвердіння й у затверділому стані при охолодженні до температури навколишнього середовища. Зміна обсягу залежить від хімічного складу сплаву, температури заливання, конфігурації виливка.

Розрізняють *об'ємну*й*лінійну*усадку.

У результаті об'ємної усадки з'являються усадочні раковини й усадочна пористість у масивних частинах виливка.

Для попередження утвору усадочних раковин установлюють прибутки – додаткові резервуари з розплавленим металом, а також зовнішні або внутрішні холодильники.

Лінійна усадка визначає розмірну точність отриманих виливків, тому вона враховується при розробці технології лиття й виготовлення модельного оснащення.

Лінійна усадка становить: для сірого чавуну – 0,8…1,3 %; для углеродистых сталей – 2…2,4 %; для алюмінієвих сплавів – 0,9…1,45 %; для мідних сплавів – 1,4…2,3 %.

*Газопоглощение****–***здатність ливарних сплавів у розплавленому стані розчиняти водень, азот, кисень і інші гази. Ступінь розчинності газів залежить від стану сплаву: з підвищенням температури твердого сплаву збільшується незначно; зростає при плавленні; різко підвищується при перегріві розплаву. При затвердінні й наступнім охолодженні розчинність газів зменшується, у результаті їх виділення у виливку можуть утворюватися газові раковини й пори.

Розчинність газів залежить від хімічного складу сплаву, температури заливання, в'язкості сплаву й властивостей ливарної форми.

*Ліквація****–***неоднорідність хімічного складу сплаву в різних частинах виливка. Ліквація утворюється в процесі затвердіння виливка, через різну розчинність окремих компонентів сплаву в його твердої й рідкої фазах. У сталях і чавунах помітно ликвируют сірка, фосфор і вуглець.

Розрізняють ліквацію **зональну***,*коли різні частини виливка мають різний хімічний склад, і дендритну ліквацію, це коли хімічна неоднорідність спостерігається в кожнім зерні.

## 8. Ливарні сплави

*1.Чавун*є найпоширенішим матеріалом для одержання фасонних виливків. Чавунні виливки становлять близько 80 % усіх виливків.

Широке поширення чавун одержав завдяки гарним технологічним властивостям і відносній дешевині. Із сірого чавуну одержують найдешевші виливки (в 1, 5 рази дешевше, чим сталеві, у кілька раз – чому з кольорових металів). Область застосування чавунів розширюється внаслідок безперервного підвищення його прочностных і технологічних характеристик. Використовують сірі, високоміцні, ковкі й леговані чавуни.

*2.Сталь*як ливарний матеріал застосовують для одержання виливків деталей, які поряд з високою міцністю повинні мати гарні пластичні властивості. Чим відповідальніше машина, тим більше значна частка сталевих виливків, що йдуть на її виготовлення. Сталеве лиття становить: у тепловозах – 40…50 % від маси машини; в енергетичнім і

важкім машинобудуванні (колеса гідравлічних турбін з масою 85 тонн, іноді кілька сотень тонн) – до 60 %.

Сталеві виливки після відповідної термічної обробки не уступають по механічних властивостях куванням.

Використовуються: углеродистые стали 15Л…55Л; леговані сталі 25ГСЛ, 30ХГСЛ, 110Г13Л; нержавіючі сталі 10Х13Л, 12Х18Н9ТЛ і ін.

Серед ливарних матеріалів зі сплавів кольорових металів широке застосування знайшли мідні й алюмінієві сплави.

*1. Мідні сплави*– бронзи й латуні.

*Латуні*– найпоширеніші мідні сплави. Для виготовлення різної апаратури для морських суднобудування, що працює при температурі 300 0С, втулок і сепараторів підшипників, натискних гвинтів і гайок прокатних станів, черв'ячних гвинтів застосовують сложнолегированные латуні. Мають гарну зносостійкість, антифрикційні властивості, корозійну стійкість.

З *олов'яних бронз*(БрО3Ц7С5Н1) виготовляють арматури, шестірні, підшипники, втулки.

*Безолов'яні бронзи*по деяких властивостях перевершують олов'яні. Вони мають більш високі механічні властивості, антифрикційні властивості, корозійну стійкість. Однак ливарні властивості їх гірше. Застосовують для виготовлення гребних гвинтів великих судів, важко навантажених шестірень і зубчастих коліс, корпусів насосів, деталей хімічної й харчової промисловості.

*2. Алюмінієві сплави.*

Виливка з алюмінієвих сплавів становлять близько 70 % кольорового лиття. Вони мають високу питому міцність, високі ливарні властивості, корозійну стійкість в атмосферних умовах.

Найбільш високими ливарними властивостями мають сплави системи алюміній – кремній (Al-Si)– силуміни ЧЕРВОНИЙ2, ЧЕРВОНИЙ9. Вони широко застосовуються в машинобудуванні, автомобільної й авіаційної промисловості, електротехнічній промисловості.

Також використовуються сплави систем: алюміній – мідь, алюміній – мідь – кремній, алюміній – магній.

*3. Магнієві сплави*мають високі механічні властивості, але їх ливарний властивості невисокі. Сплави системи магній – алюміній – цинк – марганець застосовують у приладобудуванні, в авіаційній промисловості, у текстильнім машинобудуванні.