

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ
ТА МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА**

**ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ОТРИМАННЯ
ЗАГОТОВОК ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО
МАШИНОБУДУВАННЯ**

Методичні вказівки з дисципліни “Технологія машинобудування”
для студентів спеціальності (освітня програма)
133 «Галузеве машинобудування»

КИЇВ 2019

Наведені основні поняття і технологічні процеси отримання заготовок різними методами для сільськогосподарського машинобудування, розглянуті варіанти отримання заготовок для різних умов експлуатації деталей.

Затверджено вченою радою факультету конструювання та дизайну
Національного університету біоресурсів і природокористування України
(протокол № 4 від «19» листопада 2019 р.)

Укладачі: О.Є. Семеновський , Г.М Похиленко.

Рецензент: В.М. Рибалко, В.В. Яременко

Навчальне видання

Методичні вказівки з дисципліни “Технологія машинобудування”
для студентів спеціальності (освітня програма)
133 «Галузеве машинобудування»

Укладачі: Семеновський Олександр Євгенович
Похиленко Геннадій Миколайович

Підписано до друку __.__.18. Зам. 168. Формат 60/90 1/16 Папір офсетний. Друк
– ризографія. Наклад 100 прим. Ум. друк. арк. 6,9
Друк. «_____»

м. Київ

ФАКТОРИ ВИБОРУ ЗАГОТОВОК

При проектуванні процесу виготовлення деталі важливим питанням є вибір найбільш раціональної заготовки. Від вибору заготовки, тобто встановлення методу її отримання, форми, величини припусків, напусків та ін, залежать обсяг наступного механічного оброблення і всі наступні трудові і фінансові витрати на виготовлення деталі.

Вибір заготовки залежить від матеріалу, розмірів і форми деталі, умов роботи деталі у виробі, а також масштабу виробництва.

При проектуванні машини матеріал кожної деталі визначається, як правило, конструктором, виходячи з експлуатаційних характеристик. Однак робити це він повинен за погодженням з технологами механічних і заготівельних цехів. Механічні властивості виливків, поковок і штамповок значно відрізняються, що суттєво впливає на службові характеристики деталей.

Основне завдання при виготовленні заготовок це їх максимальне наближення за формою і розмірами до готових деталей.

Але треба враховувати і те, що в процесі конструкторської підготовки виробництва вже визначений матеріал деталі, що в значній мірі визначає вид заготовки та технологію її отримання.

Машинобудівні матеріали, з точки зору технології виготовлення заготовки поділяються на дві великі групи. До першої групи входять ливарні сплави та пластмаси і скло. Найпоширенішими серед них є сплави на основі заліза – чавун та ливарні сталі, сплави на основі міді двофазні латуні та ливарні бронзи, а також сплави на основі алюмінію, зокрема – силумін.

До другої групи матеріалів відносяться метали і сплави заготовки з яких можна отримати методами оброблення тиском, які характеризують в першу чергу своєю пластичністю. Зі сплавів на основі заліза це низько,

середньо та високо вуглецеві сталі , а також ферито-перлітні та аустенітні корозійностійкі леговані сталі. Сплави на основі міді та алюмінію - однофазна латунь, пластичні бронзи, дюралюміній), такі заготовки, в залежності від методу отримання називаються поковками, штампівками, прокатом. У ряді випадків, коли можна застосовувати різні види заготовок (наприклад, кування, штампування, або сортовий прокат), найвигідніше рішення отримують шляхом зіставлення собівартості конкуруючих варіантів.

ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВОК З ЛИВАРНИХ СПЛАВІВ

В машинобудуванні заготовки отримані методами литва називають виливками. Литвом виготовляють заготовки найрізноманітніших розмірів та форми. Є такі основні способи отримання виливків: у земляні форми, в оболонкові форми, в металеві форми (кокілі), лиття під тиском, відцентрове лиття, лиття за моделями, що виплавляються.

У сучасному машинобудуванні литі деталі складають майже половину маси всіх металічних деталей машин. Широке розповсюдження ливарного виробництва пояснюється значними його перевагами, порівняно з іншими методами виробництва деталей і заготовок (куванням, штампуванням та ін.). Литтям можливо виготовити вироби настільки складної конфігурації, які іншими видами обробки неможливо, а маса вилівка може вимірюватися від декількох грамів (деталі приладів) до сотень тонн, але є і суттєві недоліки цієї технології. Це значна тривалість та трудомісткість приготування форм, а також високі енергетичні витрати на розплавлення металевих шихти, а також транспортні витрати.

У сучасному виробництві отримання литих деталей є важливим і економічно вигідним методом виробництва деталей великих розмірів і складної конфігурації, особливо із матеріалів, які не піддаються пластичній деформації (чавуни, бронзи та ін.).

Технологія отримання виливків складається з великої кількості окремих процесів (табл. 1), які потрібно виконувати у відповідній послідовності, що фіксується в спеціальних технологічних документах (технологічних картах) з наведеними необхідними даними для виготовлення модельного комплекту і виливка, а також креслення деталі з розробленою на неї технологією.

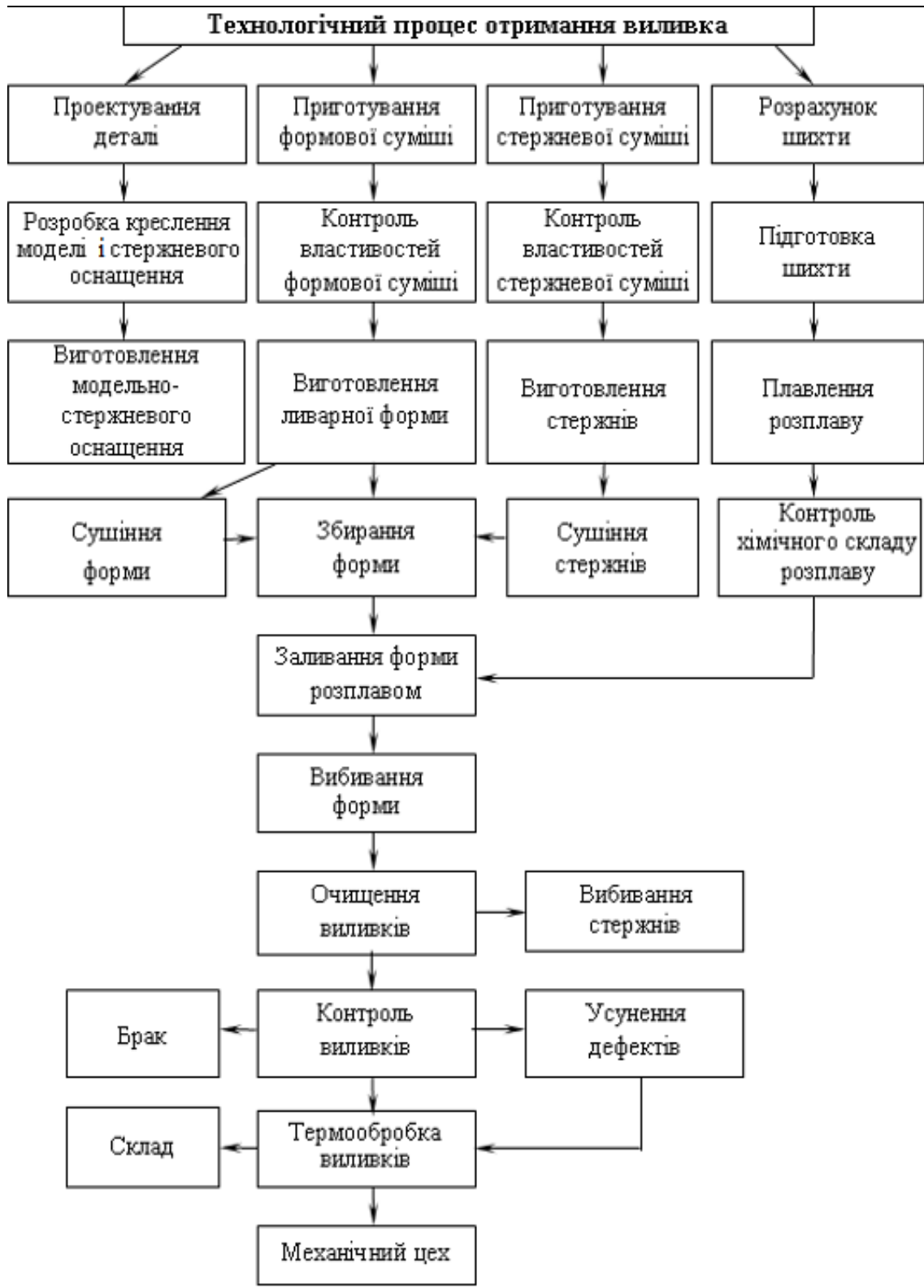
Перед виготовленням в ливарній формі заготовки деталі - виливка, її необхідно сконструювати. Вихідними даними для проектування виливка є креслення деталі яке розробляє конструктор, ще на стадії проектування машини, агрегату, враховуючи всі її розміри, матеріал з якого вона повинна бути виготовлена, клас чистоти поверхні, твердість та інші вихідні дані.

Із конструкторського бюро креслення на деталь поступає в технологічний відділ ливарного цеху, де за кресленням деталі розробляють креслення виливка і технолог-ливарник визначає послідовність процесів виготовлення литої деталі. При цьому необхідно враховувати ливарні властивості сплаву, з якого виливається деталь, технологію виготовлення моделі, яка може бути нероз'ємна або роз'ємна з урахуванням кінцевої механічної обробки литої деталі. Основна різниця між виливком і деталлю полягає в тому, що модель деталі виготовляється з припусками на величину усадки сплаву, з якого виготовляється деталь і на механічну обробку. Тобто в тих місцях, де на кресленні деталі вказані знаки механічної обробки, у виливку передбачається допоміжний шар металу, який буде зніматися на металорізних верстатах.

Величина припуску залежить від марки сплаву, класу точності, розмірів виливка, а також положення оброблювальної поверхні при заливанні розплаву у форму.

Основні етапи процесу проектування і виготовлення виливків

Таблиця 1.



Для отримання виливків з отворами в моделях повинні бути передбачені допоміжні виступи – стержневі знаки. Ці знаки при формуванні утворюють у формі заглиблення для встановлення стержнів.

При конструюванні масивних виливків необхідно передбачити можливість їх транспортування, підняття і опускання та ін.

Технолог-ливарник ливарного цеху, отримавши із конструкторського бюро заводу креслення деталі, розробляє технологічний процес виготовлення вилівка. Перш за все він розробляє креслення моделі, на якому вказуються площини роз'єму моделі, кількість стержневих ящиків і площини їх з'єднання, вказуючи розміри і форму стержневих ящиків, ливарні ухили на моделях, припуски на механічну обробку, ливарну усадку і спосіб розміщення ливарної форми при заливанні розплаву. Окрім того, даються вказівки про розміри моделей, елементів ливникової системи і додатків [5].

Моделі виготовляють за кресленнями литих деталей із врахуванням припусків на усадку розплаву у формі і на механічну обробку вилівка. Припуски на усадку відповідно дорівнюють: для сірого чавуну – 0,8-1,2 %; для ковкого чавуну – 1,0-1,6 %; для сталі – 1,5-2,0 %; для бронзи – 1,0-1,5 %; для силуміну – 1,0-2,0 %; для магнієвих сплавів – 0,8-1,6 %. При виготовленні моделей ці припуски враховують, використовуючи спеціальні усадочні метри (лінійки), які довщі від нормального метра на величину усадки розплаву. За конструкцією моделі розділяються на нероз'ємні, роз'ємні і з від'ємними частинами.

При серійному і масовому виробництві виливків використовують металеві моделі і стержневі ящики, які мають значну довговічність (40-100 тисяч формувань виливків), а гіпс і цемент використовують для невеликих і простих моделей. Їх перевага – у швидкості виготовлення і відносно невисокій вартості. При одиничному виробництві матеріалом виготовлення моделей є дерево.

У залежності від призначення ливарні форми бувають разові і багаторазові.

Багаторазові форми виготовляють із металевих сплавів, у більшості випадків із чавуну і сталі, а також із вогнетривких матеріалів – графіту, молотого шамоту, азбесту, хромомagneзиту. В такі форми можна повторно заливати розплави десятки і сотні разів.

Найбільшого використання отримали разові форми, які виготовляють із формової суміші, основною складовою яких є кварцовий пісок. При видаленні виливка із такої форми, остання руйнується, тому таку форму заливають розплавом тільки один раз. Разові форми можна використовувати сухими, сирими, роз'ємними, нероз'ємними з використанням однієї, двох і більше опок.

Формові і стержневі матеріали, з яких виготовляють формові і стержневі суміші, в залежності від їх використання, поділяють на основні і допоміжні. При цьому розрізняють природні і технологічні властивості формових і стержневих матеріалів. До природних властивостей відносяться морфологічний, зерновий і хімічний склад матеріалів, а до технологічних – міцність, текучість, газопроникність, вогнетривкість, пластичність, довговічність, податливість та ін.

До основних формових і стержневих матеріалів відносять піски і глини, окрім того, використовують допоміжні матеріали, (зв'язуючі, високовогнетривкі, протипригарні і спеціальні фарби) з метою підвищення технологічних властивостей формових і стержневих сумішей при виготовленні земляних форм.

З метою надання формовим і стержневим сумішам необхідних технологічних властивостей, окрім основних формових матеріалів, для виготовлення форм і стержнів, використовують допоміжні матеріали: в'язучі (закріплюючі), протипригарні, високовогнетривкі фарби і спеціальні.

Якщо глину у формових і стержневих сумішах використовують для забезпечення міцності сирої суміші, то міцність сухої суміші забезпечують закріплюючі матеріали. В'язуча здатність закріплювача характеризується його питомою міцністю, під якою розуміють міцність сухого зразка, виготовленого із стержневої суміші, яка містить 1 % закріплювача.

Закріплювачі поділяються на органічні (вигораючі) і неорганічні (невигораючі), водорозчинні і водонерозчинні. Органічні водорозчинні (декстрин, патока, П, СП, сульфітно-спиртова барда, СБ, КВС та ін.) і водонерозчинні (рослинні олії, оливи, пек, каніфоль, ПТ, ПК і ПТА), які вигорають під дією тепла розплав, забезпечуючи податливість стержневої суміші і задовільне вибивання стержнів із виливків. Кращими закріплювачами для стержневих сумішей вважаються рослинні олії (ляна, конопляна), а також виготовлені із них оливи.

Стержні із сумішей, до складу яких входять ці закріплювачі (піщано-олійні суміші) володіють високою міцністю (в сухому стані), не гігроскопічні, добре вибиваються із виливка. В той же час у сирому стані піщано-олійні суміші володіють недостатньою міцністю, окрім того, вони дефіцитні і дорогі, що обмежує їх використання. Тому в сучасному виробництві, в основному, використовують в'язучі матеріали менш дефіцитні і недорогі. Найбільшого використання отримали сульфітно-спиртова барда, СП і СБ, декстрин, закріплювачі ПТ, ПК і ПТА, ГТФ, рідке скло, пек, каніфоль, синтетичні смоли та ін.

Противпригарні матеріали використовують для запобігання утворення пригару на поверхні виливків. Такими противпригарними матеріалами є вогнетриви (хромиста руда - Cr_2O_3 , магнезит - MgCO_3 , циркон - ZrSiO_4 , азбест, графіт, кам'яне і деревне вугілля, кокс, кварцевий пил (маршаліт), противпригарні емульсії, фарби та ін. Існує три основних способи використання противпригарних матеріалів: 1. Введення їх в склад формової і стержневої сумішей. 2. Покриття поверхні форми або стержня порошком

– припилом, 3. Нанесення на поверхню форми або стержня талькової фарби, або спеціальних швидко-висихаючих фарб та емульсій.

Вогнетривкі протипригарні матеріали використовують при виготовленні напівпостійних форм, а також форм, призначених для крупних сталевих і чавунних виливків. Хромисту руду використовують у розмолотому стані для виготовлення облицювальних сумішей для крупних сталевих виливків. Температура плавлення хромистого вогнетриву понад 2180 °С.

Магнезит вводиться (3-6 %) у формову і стержневу суміші, які використовуються для отримання виливків із високолегованих сталей. Його температура плавлення більше 2000 °С.

Циркон має температуру плавлення близько 2000 °С і вводиться (5-10 %) у формову і стержневу суміші для сталевих і крупного чавунного литва.

Графіт чорний (аморфний) використовується, як наповнювач формувальних фарб, якими покриваються ливарні форми для чавунного литва. Його також використовують для приготування пасти (85 % графіту і 15 % глини), якою натирають стержні з метою отримання особливо чистої внутрішньої поверхні виливків.

Графіт сріблястий (кристалічний) використовується, як наповнювач у ливарних фарбах і для припилювання поверхні сирих форм для чавунного литва.

Для запобігання ливарного браку і підвищення чистоти поверхонь виливків використовують, в процесі виготовлення ливарних форм, протипригарні матеріали (графіт, кам'яне і деревне вугілля, кокс, кварц і маршаліт). Вони вводяться у склад формових і стержневих сумішей у вигляді порошків - припилів на поверхню сирих форм і стержнів, а також у вигляді рідких фарб.

Для покриття поверхні форм і стержнів для чавунного литва використовують графітові фарби марок ГБ-1, ГБ-2, ГБ-3, які містять, окрім графіту (58,5-60,0 %), бентоніт (3,5 %), декстрин (3,5 %) і воду (28-33 %). Для сталевого литва використовують кварцеві фарби, марок СТ-1, СТ-2, СТ-3, які містять окрім кварцевого порошку (70 %), бентоніт (3,0-4,5 %), декстрин (1,5 %) і воду (17-25 %).

Для кольорового литва використовують талькову фарбу марок ТБ, ТГ, яка містить окрім тальку (31-61 %), графіт (30 %), бентоніт (3-4 %), патоку (3 %) і воду (33-35 %).

Для виготовлення одноразових ливарних форм використовують піщано-глинисті суміші, які в природних умовах рідко трапляються з необхідними співвідношеннями компонентів. Тому, в основному, пісок і глину добувають в кар'єрах окремо і змішують у відповідній пропорції для отримання необхідного складу сумішів в залежності від їх призначення. Формові суміші класифікуються за різними ознаками:

- а) за видом використання – облицювальні, наповнювальні і єдині;
- б) за родом сплаву – для чавунного, сталевого і кольорового литва;
- в) в залежності від стану ливарних форм перед заливанням розплаву – для сирих, сухих і хімічно-твердіючих форм;
- г) стержневі суміші – для дрібних, середніх і великих виливків;
- д) спеціальні формові суміші – самотвердіючі (без ущільнення).

Міцність формових і стержневих сумішів – це здатність протистояти руйнуванню у процесі виготовлення, транспортування, збирання форм і заливання їх розплавом. Міцність зростає при збільшенні кількості глини і вологи (до 6-8 %).

Пластичність – здатність суміші приймати і зберігати при формуванні задану форму, яка зростає із збільшенням глини і вологи. .

Вогнетривкість – протистояти дії високої температури розплаву і не пом'якшуватися при контакті з ним.

Податливість - здатність суміші не чинити великого опору в процесі усадки розплаву при його кристалізації у формі, особливо це стосується стержневих сумішів.

Газопроникність – здатність формової суміші пропускати газу і водяну пару, що утворюються в процесі їх розігрівання, за рахунок тепла залитого у форму розплаву.

Противпригарність – здатність формової і стержневої сумішів не утворювати на поверхні виливків пригар.

Текучість – здатність суміші переміщуватись під дією своєї ваги і заповнювати порожнини стержневого ящика і заглиблень моделі.

Довговічність – здатність суміші не втрачати свої технологічні властивості при багаторазовому використанні.

Якщо для отримання зовнішньої форми виливка використовують моделі, то для отримання його внутрішніх порожнин застосовують стержні, які виготовляють ручним або машинним методами. При ручному методі стержні виготовляють в стержневих ящиках або за допомогою шаблонів. Машинний метод забезпечує більш точні розміри і форму стержнів, а також високу продуктивність праці.

Стержні – це частина ливарної форми, яка забезпечує отримання відповідних розмірів і конфігурації внутрішньої порожнини виливка. При заповненні ливарної форми розплавом стержень, в більшості випадків, всією поверхнею вступає в контакт з гарячим розплавом. Окрім того, в процесі кристалізації розплаву відбувається усадка виливка, що викликає стиснення стержня, який повинен протистояти руйнуванню при дії сил стискання і разом з тим бути достатньо податливим, щоб не спричинити виникнення тріщин у виливку, при цьому, мати здатність пропускати через себе газу. Таким чином, стержень повинен володіти більш високою міцністю порівняно з формовою сумішшю, вогнетривкістю, газопроникністю і податливістю [5].

При ручному виготовленні стержнів використовують стержневі ящики (нероз'ємні і роз'ємні). Нероз'ємні ящики використовують для отримання стержнів простої геометричної форми (циліндричні, конусні) з великими нахилами. Роз'ємні ящики використовують для виготовлення стержнів складної геометричної форми і при видаленні стержня із ящика, половинки його рознімаються.

При машинному формуванні стержнів використовують відповідні машини (мундштучні, пресові, струшувальні, піщанометні, піщанодувні, піщанострільні), які в десятки разів підвищують продуктивність праці.

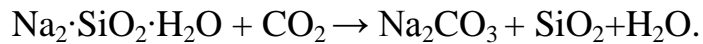
За складом використовуваних матеріалів стержневі суміші розділяють на піщано-глинисті (1,5-2,5 % глини), а для крупних стержнів – піщані із закріплювачами, а також – у металевих формах – металеві стержні.

Піщано-глинисті стержні виготовляють із суміші піску з глиною і органічними добавками. Процес виготовлення таких стержнів включає наступні операції: формування сирого стержня у стержневому ящику, сушіння і доведення до заданих технологічних вимог, а після сушіння його фарбують.

Стержневі, як і формові суміші, повинні володіти високою міцністю, газопроникністю, вогнетривкістю і податливістю. Для отримання необхідної міцності у стержні великих розмірів вставляють арматурні каркаси, виготовлені із сталевого дроту, а в деяких випадках із чавунних прутків або рамок.

Сушіння стержнів, як і форм проводять з метою підвищення їх міцності, газопроникності та ін. Оптимальна температура для сушіння стержнів залежить від зв'язуючих: якщо використовують декстрин, сульфітну барду, то температура сушіння 160-180 °С, якщо на оливі — 200- 250 °С, а якщо тільки на глині — 300-350 °С.

Стержні із плоскими поверхнями сушать на гладеньких сушильних плитах, а з фасонними поверхнями на спеціальних фасонних сушильних плитах (драєрах), або на піщаній постелі. Прогресивним методом сушіння стержнів, виготовлених на рідкому склі, є хімічне твердіння з продуванням їх вуглекислим газом:



При цьому кремнезем випадає у вигляді геля, який цементує формову або стержневу суміш.

У залежності від призначення ливарні форми бувають разові і багаторазові. Багаторазові форми виготовляють із металевих сплавів, в більшості випадків із чавуну і сталі, а також із вогнетривких матеріалів – графіту, молотого шамоту, азбесту, хромомагnezиту. У такі форми можна повторно заливати розплави десятки і сотні разів.

Найбільшого використання отримали разові земляні форми, які виготовляють із формових сумішей, основною складовою яких є кварцевий пісок. При видаленні виливка із форми остання руйнується, тому таку форму заливають розплавом тільки один раз. Разові форми можна використовувати сухими, сирими, роз'ємними, нероз'ємними з використанням однієї, двох і більше опок.

Для виготовлення ливарних форм використовують різні методи в залежності від розмірів виливків, їх геометричної форми, масштабу виробництва та ін. Виходячи з цього, розрізняють:

1. Ручне виготовлення форм в опоках в умовах малосерійного виробництва дрібних і середніх виливків.

2. Відкрита і закрита формовка в ґрунті, в основному, для крупних виливків, а також по шаблону.

3. Машинна формовка в умовах великосерійного і масового виробництва дрібних і середніх виливків.

Ливникова система

Ливарні форми заливають розплавом через ливникові системи (рис. 1), які являють собою сукупність каналів і порожнин, по яких розплав поступає із розливного ковша в порожнину форми і додатки. Ливникова система повинна забезпечити неперервне поступання розплаву в форму, для живлення розплавом вилівка і компенсацію усадки розплаву, та запобігання попадання шлаку і повітря у форму. Для цього необхідно дотримуватись певного співвідношення величин перерізу живильника ($F_{жс}$), шлаковловлювача ($F_{шл}$) і стояка ($F_{ст}$): $F_{жс} : F_{шл} : F_{ст} = 1 : 1,15 : 1,25$.

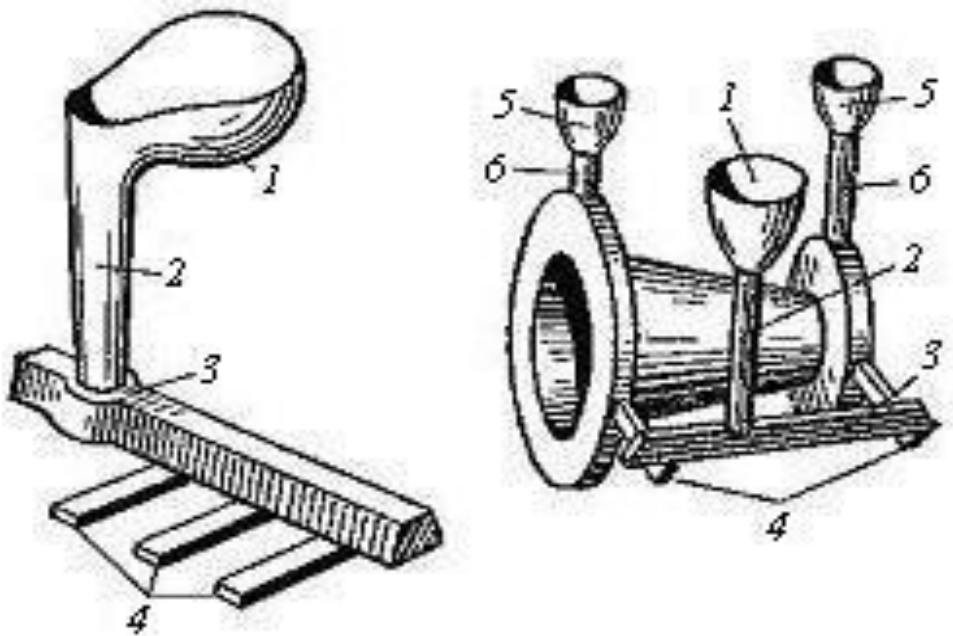


Рис. 1. Елементи ливникової системи: 1 –чаша;
2 – стояк; 3 – шлаковловлювач; 4 – живильники;
5 – чаші випарів, 6 – стояки випарів

На верхніх частинах середніх і крупних ливарних форм роблять випари - канали для виходу із форми повітря, газів і шлаку. Вони ж сприяють і живленню вилівка в процесі його кристалізації і компенсації усадки розплаву вилівка.

Ливникова система, в залежності від форми, розмірів вилівка, а також властивостей розплаву, може мати більш складну будову. Наприклад, для кращого затримання шлакових включень у ливникові чаші

або інші елементи ливникової системи встановлюють фільтри (керамічні сітки).

Окрім названих елементів ливникової системи, використовують і придатки (порожнини) у формах, які заповнюються розплавом і призначені для запобігання виникнення усадочних раковин і пористості, які можуть виникати внаслідок усадки розплаву при його кристалізації. Придатки розміщують зверху масивних частин виливка, де усадка проявляється найбільш вірогідно.

Придатки розрізняють за їх геометричною формою і місцем розташування. В основному, їх використовують для ливарних сплавів (сталі, розплави кольорових металів), які мають підвищену усадку в порівнянні із сірими чавунами.

Формовка в ґрунті

З точки зору технології машинобудування цей метод забезпечує найменшу точність виготовлення виливка, але в той же час він потребує найменше часу на підготовку ливарного оснащення та виготовлення форми, тому він має значні переваги в порівнянні з іншими ливарними технологіями. Як правило, цей метод використовується в одиничному виробництві.

Відкрита формовка в ґрунті (рис. 2) проводиться для виготовлення як невеликих, так і габаритних виливків до якості та точності яких не ставляться особливі вимоги. Для цього на формувальному плацу виривають заглиблення глибиною на 20 – 40 % більшою ніж висота виливка (аналогічно розраховують і розміри заглиблення в горизонтальній площині). На дно заглиблення засипається наповнювальна формова суміш, яку присипають облицювальною сумішшю, товщиною 10-15 мм. Після вирівнювання суміші і перевірки ватерпасом 2 горизонтальності її поверхні, в неї вдавлюють руками модель 1, постукуючи її молотком, поки

поверхня моделі не стане врівень з поверхнею формової суміші. Після цього трамбівкою ущільнюють формову суміш навколо моделі і ставлять ливникову чашу 4 на канал 3 для заповнення форми розплавом, а з протилежної сторони виготовляють проямок 6 для зливання зайвого розплаву після заповнення форми. Окрім того, для виведення газів із формової суміші, що знаходиться під ливарною формою виготовляють канавки по периметру форми душником 5, що являють собою відповідні душники.

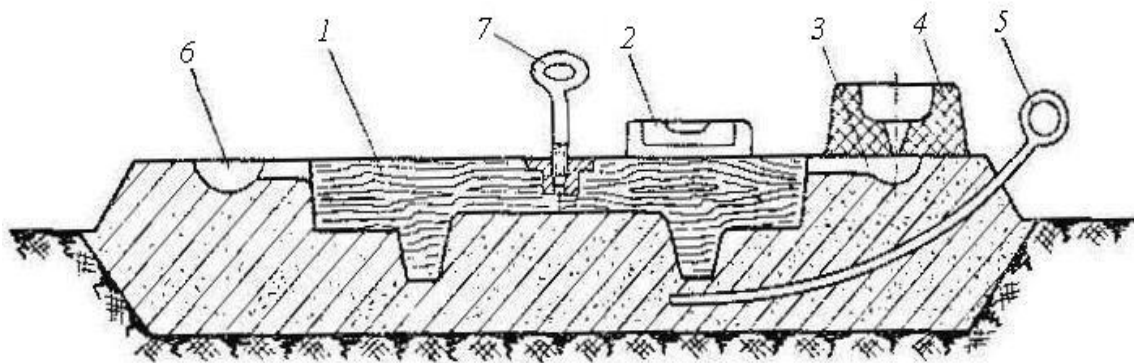


Рис. 2. Відкрита формовка у ґрунті: 1 – модель; 2 – ватерпас; 3 – живильник; 4 – залівна чаша; 5 – душник; 6 – зливна канавка; 7 – пристрій для виймання моделі з напівформи

Після цього, промочивши пензликом краї форми, що прилягають до моделі, її витягують з форми. Посипавши поверхню форми припилом, її просушують і потім заповнюють розплавом.

Закрита формовка на плацу використовується для індивідуальних крупних виливків, для яких викопується на формувальному плацу заглиблення глибиною на 300-500 мм більше висоти моделі. На дно ями засипають горілий кокс 1 товщиною до 100 мм, до якого з двох боків під нахилом (рис. 3) ставляться по два душники для виводу газів і яму заповнюють формовою сумішшю. Перші шари формової суміші сильно ущільнюють трамбівками, а послідовні - ущільнюють менш інтенсивно.

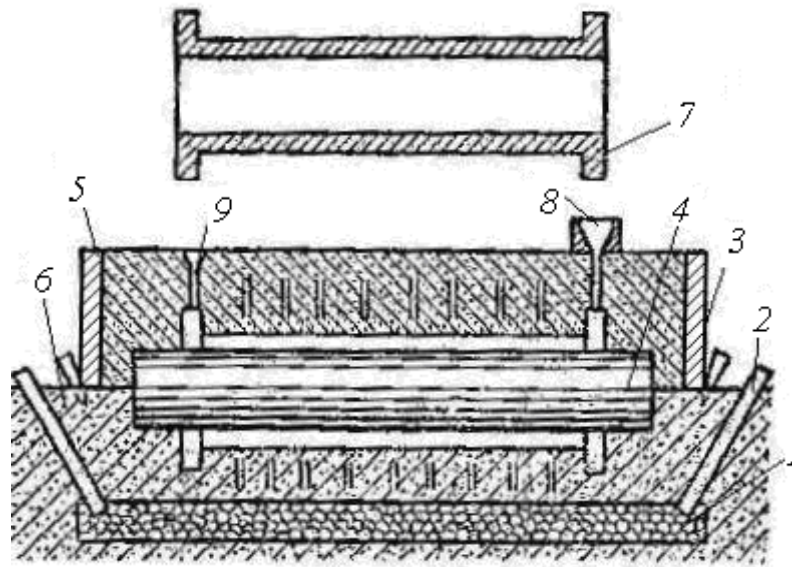


Рис. 3. Закрита формовка в ґрунті: 1-кокс, 2-душники, 3-опока, 4-стержень, 5-верхня напівформа, 6-нижня частина форми, 7-виливок, 8-заливна чаша, 9-випар

Верхній шар висотою 100-120 міліметрів не ущільнюють і на нього засипають облицювальну суміш товщиною 15-20 мм. На підготовлену «постіль» вдвлюють нижню півмодель. Всю поверхню форми навколо півмоделі, ущільнивши формову суміш, її зарівнюють, посипаючи сухим дрібним піском. На нижню половину моделі точно по шипам ставиться верхня половина моделі і після цього ставлять опоку 3 з моделями стояка і випарів. Заповнивши опоку 3 формовою сумішшю, її ущільнюють і після ущільнення формової суміші знімають опоку і витягнувши половини моделей, на нижню половину форми ложать стержень 4, після чого опочну напівформу ставлять на нижню частину форми. Зібрана форма перед заливанням розплаву обов'язково сушиться.

Формовка в ґрунті по шаблону використовується для виготовлення виливків з поверхнею тіл обертання (сферичні, конічні, дзвоноподібні та ін. Форму виготовляють у ґрунті, використовуючи відповідної форми шаблони. Спочатку (рис. 4) на формувальному плаці встановлюють чавунну опору 1 із шпинделем 3. Навколо шпинделя з опорою насипають

конусоподібну гірку з коксового огарку, яку покривають наповнювальною сумішшю і ущільнюють.

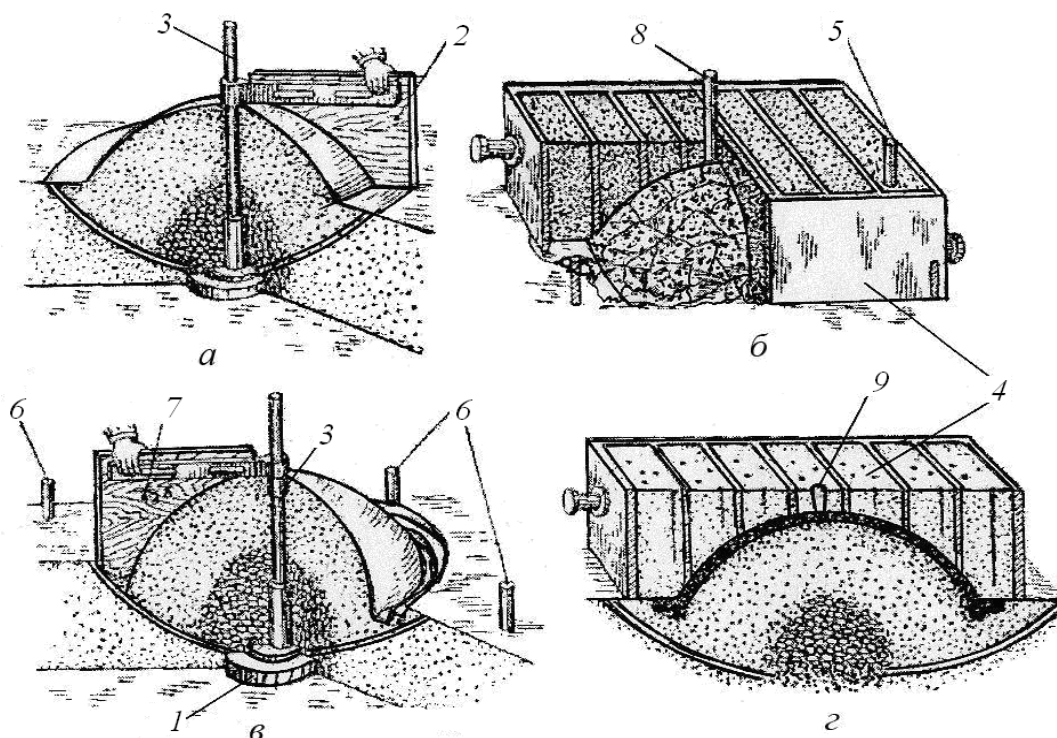


Рис. 4. Формовка в ґрунті по шаблону: 1 - опора; 2 - перший шаблон; 3- шпindelь; 4 - опока; 5 - модель стояка; 6 - фіксуєчі кілочкі опоки; 7 - другий шаблон; 8 - модель випара; 9 – випар

Для відводу газів з під коксового шару вимощують солом'яний жгут або закладають трубу . Одівши на шпindelь 3, рукав шаблону 2, повертають його навколо шпинделя на 360°, і зрізуючи лишню форму суміш, отримують відповідної конфігурації (напівсферичну) поверхню, яку посипають роздільним дрібним кварцевим піском. Після цього, поставивши зверху опоку 4, заповнюють її формовою сумішшю. Ущільнивши у верхній опоці формову суміш (рис. 4, б), опоку знімають і приступають до виготовлення, на попередньо отриманій шаблоном 2 поверхні, нову поверхню, новим шаблоном 7 (рис. 4, в), меншого радіуса для отримання нижньої (напівсферичної) поверхні меншого радіуса вилівка, в даному випадку кришки. Після цього, знявши із шпинделя шаблон 7, виймають шпindelь 1 і заформовують отвір від шпинделя і

виготовивши ливникові канали, ставлять на нижню частину форми верхню опоку 4 і форма готова для заповнення її розплавом (рис.4, з). Формовка в ґрунті по шаблону значно дешевше формовки по моделях в опоках [5].

Машинна формовка

В серійному та масовому виробництві, з метою підвищення продуктивності машинобудівних процесів, а також покращення умов роботи працівників застосовують метод отримання виливків машинною формовкою

Машинне формування дозволяє скоротити площу ливарних цехів, значно покращити умови праці формувальників, різко підвищити продуктивність праці, отримати більш точні виливки, що забезпечує 10-15 % економії розплавів, зменшує брак та ін. Завдяки цьому в сучасних ливарних цехах машинобудівних заводів до 90 % ливарних форм виготовляють механізованими машинними методами.

При машинному формуванні, механізовані найбільш трудомісткі операції (завантаження форм формовими сумішами, їх ущільнення, транспортування форм до місця заливання їх розплавами, вибивання виливків із форм і стержнів із виливків). В більшості випадків машинну формовку використовують для масового і серійного виробництва із застосуванням координатних універсальних модельних плит, а також у випадку великих (масою декілька і навіть декілька десятків тонн) виливків в індивідуальному виробництві з використанням пісcomетів. У сучасних ливарних цехах з машинним формуванням формові суміші подаються стрічковими транспортерами в бункери, які розміщені над опоками формувальних машин, із яких, при відкритті дозатора висипається в опоку визначена кількість формової суміші. Для ущільнення формової суміші в опоках розрізняють, пресові і вібраційні машини.

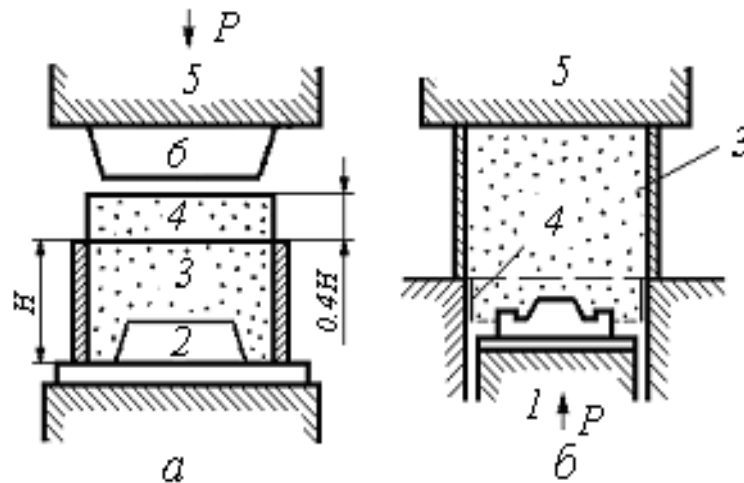


Рис. 5. Схема ущільнення формової суміші пресуванням: *a* – з верхнім пресуванням; *б* – з нижнім пресуванням; 1 – стіл пресувальної машини; 2 – моделі; 3 – опоки з формовою сумішшю; 4 – наповнювальна рамка; 5 – траверса преса; 6 – колодка траверси

На пресових формувальних пневматичних машинах використовують дві схеми пресування суміші: верхнє і нижнє.

При верхньому пресуванні (рис. 5, *a*), на столі машини 1 закріплена модельна плита з моделлю 2, яка розміщена в опоці 3 висотою H на борти якої встановлена наповнювальна рамка 4, висотою $0,4$ від H . Після наповнення опоки і наповнювальної рамки формовою сумішшю, наступає процес ущільнення формової суміші за рахунок пресової траверси 5 з колодкою 6, яка входить через рамку до верхньої кромки стінок опоки, ущільнивши формову суміш в опоці.

При пресуванні на машинах з нижнім пресуванням (рис. 5, *б*) стіл машини 1 з моделлю 2 знаходиться в наповнювальній рамці 4, на якій встановлена верхня опока 3. Після наповнення формовою сумішшю опоки 3 і рамки 4 під опокою виставляється поворотна траверса 5. При підйомі стола 1 вгору, формова суміш, що знаходиться в рамці, впресовується разом з моделлю 2 в опоку 3 з отриманням відбитка моделі. При такій схемі пресування отримують ступінь ущільнення суміші вищий, ніж при верхньому пресуванні, але із-за більшої складності процесу, на практиці

більшого використання отримали машини з верхнім пресуванням з висотою опок до 200-250 мм. При збільшенні висоти опок, пресування ведуть з вібрацією. Перевагою методів ущільнення пресуванням є достатньо висока продуктивність праці.

Пневматичні струшувальні машини (рис. 6) використовують у ливарних цехах поряд з пресовими установками. Ущільнення формової суміші у струшувальних машинах відбувається за рахунок сил інерції. Для цього опоку 4 ставлять на модельну плиту, що закріплена на столі у вигляді поршня.

Після заповнення формовою сумішшю опоки з моделлю, під дією стиснутого повітря, що впускається в циліндр 1, поршень з опокою піднімається на висоту 25-100 мм до випускного отвору в циліндрі 1.

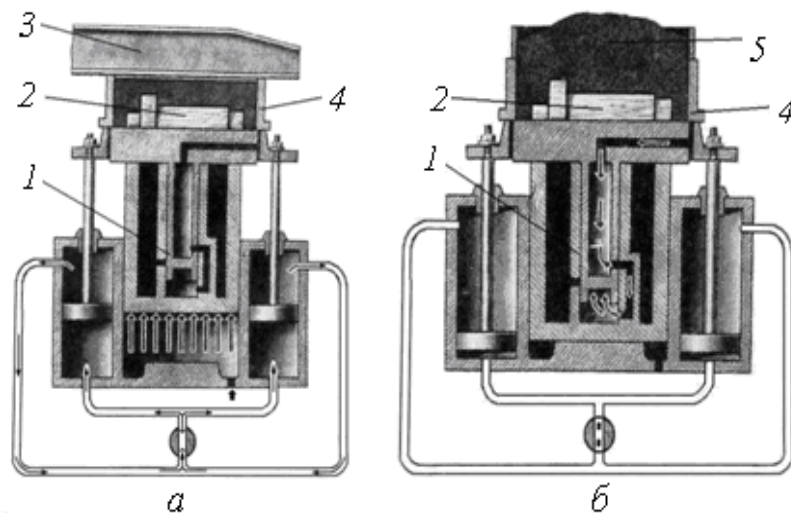


Рис. 6. Схема пневматичної струшувальної машини: а – ущільнення формової суміші з підпресуванням; б – ущільнення без підпресування; 1 – робочий циліндр; 2 – модель; 3 – траверса; 4 – опока; 5 - формова суміш

З випуском повітря з під поршня, він разом зі столом і опокою падає вниз, вдаряючись верхнім виступом в краї циліндра машини. За рахунок сил інерції відбувається ущільнення формової суміші в опоці. У результаті багаторазових ударів (20-80) на протязі 10-20 секунд відбувається

ущільнення формової суміші. При струшуванні найбільше ущільнення формової суміші відбувається в зоні модельної плити з моделлю.

Верхні шари формової суміші менше ущільнюються, тому їх допресовують за допомогою стиснутого повітря (0,5-0,6 МПа), що діє на пресову колодку через траверсу 3.

В ливарних цехах використовують струшувальні машини з підйомною силою 210-40000 кг і діаметром циліндра механізму струшування 90-1700 мм. Не дивлячись на те, що ці машини отримали найбільше використання в ливарних цехах, але із-за сильного шуму в процесі їх роботи, в останні роки їх заміняють більш тихохідними пресовими машинами з підвищеним тиском пресування.

Технологічні властивості ливарних сплавів

Для отримання виливків використовують різні метали і сплави. В, основному, в різних галузях народного господарства використовують литі вироби із сплавів чорних і кольорових металів.

У вітчизняному машинобудуванні із чавунів виготовляють 72-75 % литва, із сталі — 20-25 %, із кольорових сплавів — 5-7 %.

Ливарні сплави повинні володіти відповідними технологічними ливарними властивостями, чим визначається придатність їх для заповнення ливарних форм з отриманням якісних виливків. Виходячи з цього, до основних ливарних властивостей рідких сплавів (розплавів) відносяться їх температура плавлення, рідкоплинність усадка і ліквіація компонентів.

Сплави з низькою температурою плавлення легше розплавити і при необхідності перегріти, щоб підняти їх рідкоплинність, яка забезпечить краще заповнення ливарних форм.

Рідкоплинність— здатність розплаву заповнювати ливарну форму, що необхідно для отримання повнотілого вилівка. На рідкоплинність,

окрім температури плавлення, впливає хімічний склад розплаву і його фізична природа, тривалість заливання форми, конструкція ливникової системи, наявність неметалічних включень та ін.

Усадка — властивість розплаву при охолодженні і в процесі кристалізації зменшуватись в об'ємі, що залежить від його хімічного складу, температури і процесу заливання у форми, швидкості його охолодження, і конфігурації вилівка. Від величини усадки у виливку виникають усадочні раковини, пористість, внутрішні напруження, які деформують виливок з можливістю виникнення тріщин.

Ліквация — фізико-хімічна неоднорідність розплаву в мікрооб'ємах окремих частин вилівка. Розрізняють дендритну і зональну ліквацию. Дендритна внутрішньо кристалічна ліквация утворюється при швидкому охолодженні вилівка. Тривалою витримкою при високих температурах (800-900 °C) ця неоднорідність може бути частково або повністю усунена. Зональна ліквация може бути зменшена інтенсивним перемішуванням розплаву перед його заливанням у форму і швидким охолодженням у формі.

У сучасному машинобудуванні сірий чавун отримав найширше використання, що пояснюється, перш за все, невисокою його вартістю порівняно з іншими сплавами, а також високими ливарними властивостями. Це пояснюється його хімічним складом з наявністю кремнію, який сприяє виділенню вуглецю у вигляді графіту, що, в процесі кристалізації, зменшує усадку чавуну. Наявність фосфору в чавуні збільшує його рідкоплинність, але вміст фосфору повинен бути не більше 0,15-0,40 %, оскільки фосфор підвищує крихкість чавуну. На відміну від фосфору, марганець і сірка погіршують ливарні властивості чавуну, гальмуючи процеси графітизації чавуну, збільшуючи усадку і зменшуючи рідкоплинність.

У виливках сірого чавуну міститься 3,2- 3,8 % вуглецю і 0,8- 4,5 % кремнію. Змінюючи вміст кремнію, можливо регулювати співвідношення між вільним і зв'язаним вуглецем, отримуючи необхідну структуру, а відповідно і властивості чавунних виливків.

Хімічний склад чавунних виливків, як правило, не лімітується, оскільки механічні і хімічні властивості чавунів залежать від багатьох факторів. Наприклад, виливки із чавуну однакового хімічного складу в залежності від виду ливарної форми (піщаної і металеві) володіють різними властивостями.

У ливарному виробництві для отримання виливків використовують сірі чавуни, які маркуються в залежності від механічних властивостей, що визначається їх структурою. За структурою сірі чавуни поділяються на: *феритні* - із яких виливають ступиці коліс, картери, кришки, корпуси редукторів та ін.; *ферито-перлітні* - використовують для отримання литих маховиків, зубчатих коліс великого модулю, блоків двигунів, поршнів, гільз, гальмових барабанів, гідроциліндрів та ін.; *перлітні* - із яких виливають литі деталі, що працюють в умовах тертя (поршневі кільця, гальмові колодки та ін.).

Окрім сірих чавунів, в ливарному виробництві отримують виливки із ковких, високоміцних і легованих чавунів. Ковкий чавун використовують двох видів: феритний (чорносердечний) і перлітний (світлосердечний). Хімічний склад ковкого чавуну: 2,4-2,5 % C; 0,8-1,4 % Si; 0,7- 0,9 % Mn; 0,07-0,09 S; 0,15-0,40 % P. Із-за низького вмісту вуглецю у ковких чавунах при кристалізації розплаву утворюється мала кількість графіту, що покращує механічні властивості, особливо його ударну в'язкість. Але чавуни з таким низьким вмістом вуглецю, неможливо виплавити у вагранках.

Виходячи з цього, для отримання виливків із ковкого чавуну використовують полум'яневі або електропечі, в яких виплавляють білий

чавун, з якого виливають виливки, які піддаються довготривалому (70-90 годин) графітуючому відпалюванню, для отримання структури ковкого чавуну з пластівцеподібними включеннями графіту.

Феритні ковкі чавуни КЧ30-6, КЧ33-8 використовують для виливання деталей, що здатні поглинати динамічні навантаження циклічного характеру (головки блоків, фланці, гайки), а чавуни КЧ35-10 і КЧ37-12 – для деталей, які експлуатуються при високих динамічних і статичних навантаженнях (корпуси редукторів, ступиці коліс, крюки, скоби, валки прокатних станів холодної прокатки та ін).

Перлітні ковкі чавуни марки КЧ50-4; КЧ56; КЧ60-3 і КЧ63 володіють високою міцністю, в'язкістю і високими антифрикційними властивостями. Із таких чавунів виливають вилки карданних валів, ланки і ролики конвеєрних ланцюгів, гальмівні колодки, корпуси редукторів задніх мостів автомобілів.

У ливарному виробництві для отримання сталевих виливків використовують вуглецеві і леговані сталі, які на відміну від чавунів володіють гіршими ливарними властивостями: висока температура плавлення, недостатня рідкоплинність, а також підвищена усадка і ліквіація елементів. При цьому ці властивості погіршуються із збільшенням вуглецю у сталі. Виливки із низьковуглецевих сталей марки 15Л і 20Л використовують в електротехніці (корпуси електродвигунів, муфти та ін.) і машинобудівній промисловості для виготовлення литих деталей, які піддаються цементації з гартуванням (зубчасті колеса, кулачки та т.п.); сталь 25Л– литі рами, центри, колеса, арматура; сталь 30Л – зубчасті колеса, втулки, корпуси редукторів; сталь 35Л – маточини коліс, кронштейни, вали, втулки; сталь 45Л– зубчасті колеса, вали, бігуни, редуктори; сталь 55Л– литий інструмент.

Для отримання виливків із кольорових сплавів, в основному, використовують бронзи марок Бр.ОЦ10-2; Бр.ОФ10-1; Бр.ОЦС5-5-5; Бр.ОЦСН3-7-5-1; латуні, марок ЛАН67-2-5; ЛК80-3; ЛАЗМц66-6-3-2.

Із сплавів алюмінію використовують силуміни, марки АЛ2; АЛ4; АЛ8; АЛ9; АЛ9В. Для підвищення міцності в ці сплави вводять магній, за винятком сплаву АЛ2, що надає їм здатність до гартування. Наприклад у сплаві АЛ8 міститься 9,5-11,5% магнію, а в сплавах марок АЛ7, АЛ7В і АЛ12 міститься 3,5% міді. Ці сплави піддаються термічній обробці, як і магнієві сплави МЛ5 і МЛ6.

Титановий сплав ВТ3-1 (4-6 % Al, 1,5-2,5 % Cr) володіє міцністю 95,0-120,0 МПа і стійкістю до розчинів кислот. Виходячи з цього, його використовують у хімічній промисловості, ракетобудуванні, ядерній техніці та ін [6].

Плавильні агрегати і заливання форм

В залежності від температури плавлення, хімічного складу розплавів в ливарних цехах використовують різні плавильні агрегати - вагранки, конвертери, полум'яневі і електричні печі, тиглі та ін.

Для розплавлення сірих чавунів найбільш розповсюдженими плавильними агрегатами є вагранки – печі шахтного типу, ємністю від 3 до 80 T, в яких паливом служить ливарний кокс.

Перед черговою плавкою чавуну, вагранку очистивши від шлаку і провіривши вогнетривку кладку, а при необхідності її ремонту, проводять набивання новою сумішшю лещаді вагранки. Після цього вагранку просушують газовими пальниками або форсунками і завантажують сухі дрова, на які засипають шар холостої колоші коксу, висотою вище верхнього ряду фурм на 700-800 мм.

Зменшити вміст вуглецю в рідкому чавуні можна за рахунок збільшення сталевого брухту в шихті, а зменшити вміст сірки –

використанням більш лужних шлаків. Вапно, являючись флюсом, нейтралізує кремнезем, який потрапляє у вагранку із золюю, коксом, піском. У результаті взаємодії кремнезему з вапняком, знижується температура плавлення шлаку, що сприяє підвищенню його рідкоплинності.

Для компенсації кремнію і марганцю, що вигорають в процесі впливу високих температур в шихту вводять дзеркальний чавун і феросиліцій. Якщо плавку ведуть для отримання художнього чавуну і тонкостінного литва, то вводять відповідним чином в шихту ферофосфор, який значно підвищує ливарні властивості розплаву.

Для підвищення інтенсифікації процесу плавки, з метою зниження браку і отримання більш якісного чавуну, у вагранку вдувають повітря, підігрите до 400-500 °С, а для економії коксу використовують коксогазові вагранки, в які вдувають природний газ і кисень. В таких вагранках можна отримати чавун, нагрітий до 1450 – 1500 °С, тобто в них можна виплавляти високоміцні чавуни з підвищеною продуктивністю вагранки і знизити витрати коксу на 30 – 50 %.

Для плавлення сірого чавуну з вмістом 3,5 - 3,6 % вуглецю в шихту входить: 30 - 40 % доменного чавуну, 20 - 30 % відходів (ливники, брак виробництва), 20 - 40 % чавунного і 10 - 15 % сталевих металобрухту та відповідну кількість флюсів. Окрім того, для отримання високоміцних чавунів, з низьким вмістом вуглецю (2,8 - 3,0 %) використовують полум'яневі печі з температурою 1450-1500 °С, і вмістом в шихті 15 - 25 % сталевих брухту.

Для отримання рідкої сталі використовують конвертери (ємністю 1,5 -100 тон), мартенівські, електродугові, індукційні печі, які на відміну від металургійних печей мають меншу ємність.

Найбільше використання в ливарному виробництві отримали конвертери невеликої ємності і індукційні печі для плавлення сталей,

чавунів і кольорових сплавів, і отримання дрібних та середніх виливків, особливо для литва за виплавлюваними моделями.

Враховуючи низькі ливарні властивості сталей, необхідно, в процесі їх плавлення і заливання форм забезпечити необхідні умови їх розкислення, швидкості заповнення форм і створення відповідної атмосфери. Окрім того, отримані сталеві виливки, на відміну від сталевих зливків, які не піддаються обробці тиском, а відповідно в них повністю зберігається первинна структура кристалізації. Виходячи з цього, для отримання необхідної дрібнозернистої структури виливка, потрібно створити певні умови для його кристалізації.

Якість виливків залежить від температури розплаву, який заповнює ливарну форму, терміну заливання, ступеню заповнення ливникової системи розплавом, висоти струменю розплаву. Оптимальна температура заливання розплаву у форму залежить від температури плавлення сплаву і дорівнює: для сталей 1500-1600 °С; для сірого чавуну – 1280-1360 °С; для високоміцного чавуну – 1400-1450 °С; для бронзи – 1100-1150 °С; для силуміну – 700-750 °С; для магнієвих сплавів – 680-730 °С.

Виплавлені розплави в печах спочатку виливають у розливні ковші (рис. 7), із яких після відповідної витримки (для досягнення температури заливання розплаву) розливають у форми.

Заливання форм необхідно проводити неперервним струменем, коли ливникова чаша весь час заповнена розплавом, щоб забезпечити отримання виливків без попадання у форму шлаку і повітря. Для цього висота струменя від носка ковша до чаші не повинна перевищувати 150-200 мм. Ковші виготовляють з листової сталі різної товщини (більше 2 мм), вони футеровані шамотним вогнетривом. Конструкція, ємкість та ін. розливних ковшів залежать від маси виливка і властивостей розплаву. Ковші розрізняють ручні і кранові. Ковші ємкістю до 15 кг (рис. 7, а)

переносять до місця заливання форм одним ливарником, а ємкістю до 60-80 кг – двома ливарниками (рис. 7, б).

При ємкості ковшів більше 80 кг і до 0,5 т їх переміщують на механізованих підвісках по монорейках. Ковші ємкістю більше 0,5 т переміщуються мостовими кранами, їх називають крановими, які можуть бути відкритими (рис. 7, в) і закритими (барабанні) (рис. 7, г).

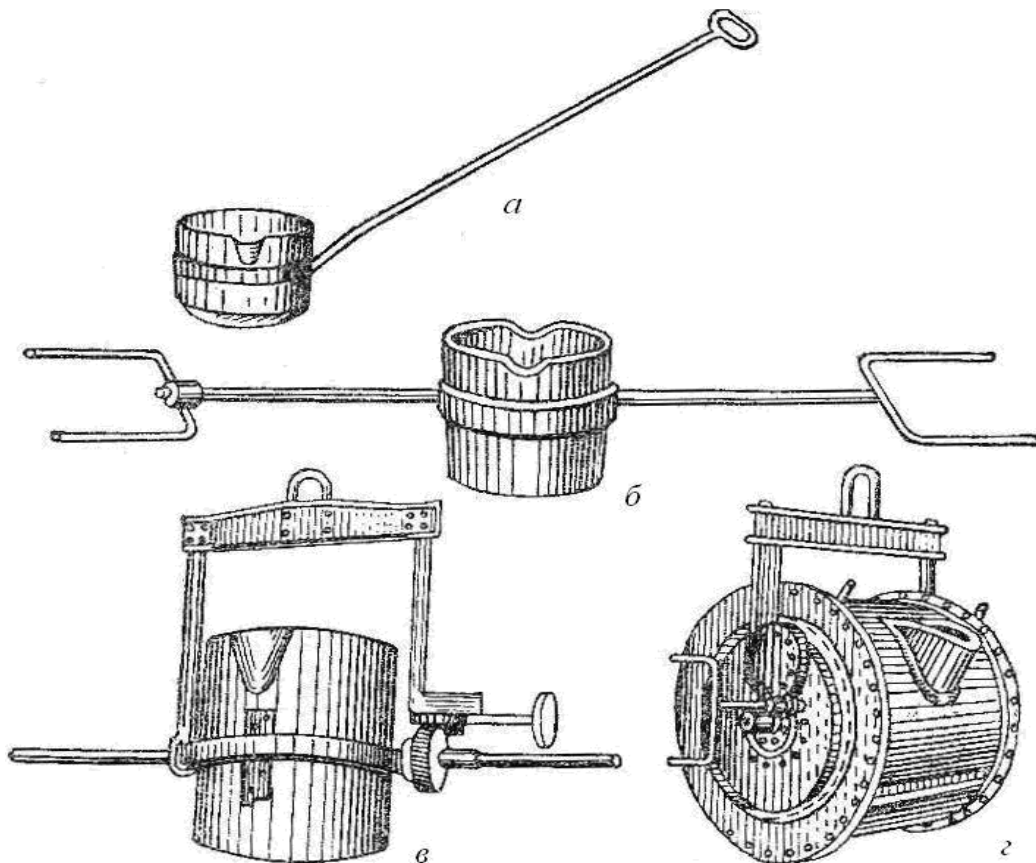


Рис. 7. Розливні ковші: а, б – ручні; в, г – кранові

З метою запобігання ливарного браку литих деталей в ливарних цехах заводів передбачено проведення відповідних видів контролю литих виробів, до яких відносяться: попередній і кінцевий контроль.

Попередній контроль передбачає запобігання виникнення ливарного браку шляхом контролю ливарних властивостей формових і стержневих сумішів, відповідність розмірів і контурів моделей і стержнів з їх

кресленнями, а також контроль окремих операцій технологічного процесу виготовлення виливків.

В процесі плавлення шихти контролюється температура розплавів і їх хімічний склад та ін. Кінцевий контроль проводиться на готових виливках, в нього входить:

1. Візуальне виявлення зовнішніх дефектів з використанням лінійок, шаблонів, трикутників, кутомірів, калібрів і т. п.

2. Гідравлічне і пневматичне випробування щільності виливків з порожнинами.

3. Контроль хімічного складу, механічних властивостей і структури сплаву виливків (в заводських лабораторіях).

4. Виявлення внутрішніх дефектів (тріщин, раковин, рихлості) виливків з використанням фізичних методів контролю (рентгенографічний, магнітний, ультразвуковий, голографічний). В умовах роботи ливарних цехів розрізняють наступні ознаки визначення придатності виливків: абсолютно придатні; обмежено придатні; виправні дефекти і брак. Бракований, непридатний до експлуатації називають такий виливок, який має один не виправний і недопустимий за технічними умовами дефект.

Особливості отримання виливків кольорових сплавів

Серед кольорових металів найбільше використання в техніці отримали мідь, алюміній, магній, титан, але в чистому вигляді їх для виливків не використовують із-за незадовільних ливарних властивостей. Виходячи з цього, в ливарному виробництві використовують тільки сплави кольорових металів.

Сплави на мідній основі (бронзи, латуні) володіють високими ливарними і антифрикційними властивостями, за винятком латуней, які містять тільки цинк.

При розплавленні латуні сильно випаровується такий компонент як цинк і тому, така латунь має низькі ливарні властивості. Якщо до латуні з низьким вмістом цинку додати кремній, марганець або алюміній ливарні властивості підвищуються і такими латунями успішно заміняють бронзові вироби із вмістом 2,14 % *Sn*, 4,15 % *Zn* і 4,30 % *Pb*.

Для отримання гладенької поверхні виливків із мідних сплавів необхідно використовувати формові і стержневі суміші із дрібнозернистого кварцового піску, з використанням полуменевих, однофазних електродугових та індукційних електродугових печей або графітових тиглів (рис. 8).

При плавленні бронзи в електродугових печах вигар порівняно невеликий (1-2 %), а латуні навпаки володіють підвищеним вигаром (3-6 %) із-за випаровування цинку, тому їх необхідно виплавляти в індукційних низькочастотних печах або в графітових тиглях, які забезпечують велику швидкість нагрівання.

З метою захисту розплавів від окислення, мідні сплави плавлять під шаром попередньо пропаленого деревного вугілля, яке створює відновлювану атмосферу. Окрім того, отримані рідкі сплави міді піддають дегазації, шляхом продування їх азотом через графітові трубки, що забезпечує зменшення вмісту водню і окислів, підвищуючи щільність виливків.

Із алюмінієвих сплавів у ливарному виробництві найбільше використання отримав силумін, який володіє високими ливарними і механічними властивостями. З метою підвищення міцності у силуміні додають до 3 % *Cu* і 1,5 % *Mg*.

Окрім того, використовують цинковий силумін (6-8 % *Si* і 10-14 % *Zn*), який володіє хорошими ливарними і механічними властивостями, а також високою корозійною і жаростійкістю.

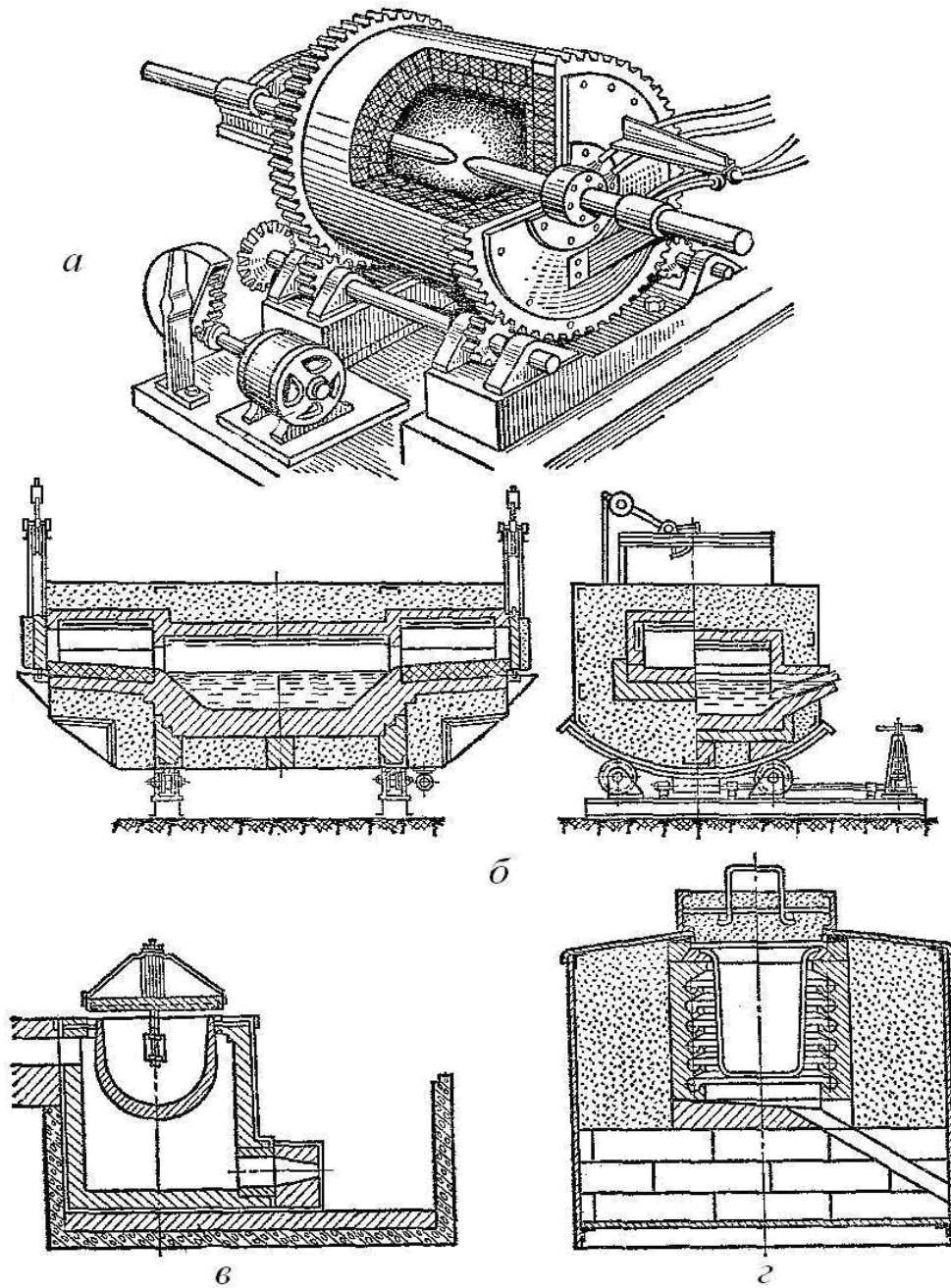


Рис. 8 . Плавильні агрегати для кольорових сплавів: *a* – однофазова електро-
дугова піч для розплавлення мідних сплавів; *б* – електропіч для розплавлення
алюмінієвих сплавів; *в* – тигельна полуменева піч для розплавлення легкоплавких
сплавів; *г* – тигельна електропіч опору для легкоплавких сплавів (магнієвих, цинкових,
вісмутових та ін.)

Із магнієвих ливарних сплавів системи Mg - Si (Мл 1); Mg - Mn (Мл 2); Mg - Al - Zn (Мл 3 - Мл 6) найкращими ливарними властивостями

володіють Мл 5 і Мл 6, які мають більшу питому міцність, ніж алюмінієві сплави, бронзи.

Виливки із цих сплавів використовуються в авіаційній, автомобільній і приладобудівній галузях.. Для отримання виливків із титану використовують такі його сплави: *BT3 (5 % Al, 2,5 % Cr)*; *BT3-1 (5 % Al, 2 % Cr, 2 % Mo)*; *BT5 (5 % Al)*; *BT5-1 (5 % Al, 2,5 % Sn)*; *BT8 (6-7 % Al, 3 % Mo)*.

При виготовленні ливарних форм для титанових сплавів не можна використовувати традиційні формові матеріали, так як титан активно взаємодіє з окислами кремнію, алюмінію, магнію, цирконію, тому для отримання ливарних форм використовують графіт і плавку проводять в індукційних печах з графітовими тиглями.

Для отримання розплавів із алюмінію, магнію, цинку та титану використовують: печі електроопору типу ОАН. Для алюмінію, нахилені поворотні, чавунні тиглі, які працюють на газі або нафті та індукційні печі, а для плавлення виливків із мідних сплавів (бронза, латунь) використовують: полум'яневі, однофазні електродугові та індукційні електропечі, графітові тиглі [5].

Види браку виливків

Класифікація дефектів литва нараховує 22 види браку, основними серед яких є: гарячі і холодні тріщини, газові раковини, недоливи, пористість, заливи, жолоблення, нарости, ліквация, пригар, рихлості, невідповідність хімічному складу, структури і фізико-механічним властивостям та ін.

Тріщини (гарячі і холодні) виявляють гідропробою або магнітною дефектоскопією. Гарячі тріщини виникають при високих температурах (у сталевих виливках при 1000 – 1100 °С) і їх поверхня завжди окислена (темно-сіра), а в холодних тріщинах поверхня чиста або покрита легким

кольором мінливості (жовтуватим). Причинами виникнення тріщин може бути неправильна конструкція виливків з різкими переходами від товстих до тонких стінок виливка, недостатня податливість формової і стержневої сумішів, невірно підібраний хімічний склад шихти для розплава, невірний режим термообробки виливка, заливанням форми перегрітим розплавом, удари при відбиванні ливників від виливка та ін.

Усадочні раковини (відкриті, або закриті) — порожнини у виливку з шорсткою поверхнею з грубокристалічною структурою, які виникають у масивних частинах виливка при заливанні форм сильно перегрітим розплавом, або при відсутності додатків у ливниковій системі.

Піщані раковини (відкриті, закриті) – порожнини у виливку з наявністю формової суміші. Цей вид браку виникає при недостатній міцності формової, або стержневої суміші при недостатньому їх ущільненні.

Шлакові раковини (відкриті, закриті) – виникають у виливку від неправильно виготовленої ливникової системи, або недостатнього очищення розплаву від шлаку в ковші перед заливанням форм.

Газові раковини – на відміну від попередніх мають округлу, гладеньку і чисту поверхню. Причина їх виникнення: низька газопроникність, або підвищена вологість формової і стержневої суміші, недостатньо висушені форми і стержні, сильно перегрітий розплав, надто швидке заливання форм, невірна конструкція виливка.

Недоливи – форма неповністю заповнена розплавом із-за недостатньої кількості розплаву в розливному ковші, низька температура і рідкоплинність розплаву, неякісно зібрана форма, недостатній переріз елементів ливникової системи, недостатня вентиляція форми.

Пористість – крупнозерниста структура виливка з наявністю міжкристалічних пустот із-за неправильної конструкції виливка, що викликало нерівномірність його охолодження, або недостатнє живлення

форми розплавом в процесі його кристалізації, а також висока температура заливання розплавом форми.

Жолоблення – зміна розмірів і контуру виливка під дією усадочних напружень із-за його різностінності, неправильного підводу розплаву у форму, підвищена температура розплаву, недостатня податливість формової і стержневої суміші.

Ліквіація – неоднорідність хімічного складу по перерізу виливка із-за недостатнього перемішування розплаву перед його заливанням у форми.

Пригар - (шорстка поверхня виливка), яка утворюється у результаті проникнення рідкого розплаву у поверхню форми, де відбувається часткове сплавлення формової суміші з розплавом. Причина утворення пригару - недостатня вогнетривкість формової і стержневої суміші, а також сильного перегрівання розплаву.

Для усунення незначних дефектів сталевих і чавунних виливків використовують наступні методи: заливання зовнішніх раковин розплавом; газове або електрозварювання; запресовування в пори розчину хлористого заліза, або занурення чавунних виливків у розчин хлористого амонію. Для ущільнення виливків із мідних сплавів використовують концентрований розчин рідкого скла і бакелітовий лак.

Спеціальні методи литва

Розливання розплаву у металеву форму (кокіль)

Для отримання найбільш точних за формою і розмірами виливків та чистоти їх поверхні використовують спеціальні способи лиття, до яких відносяться лиття в металеві і оболонкові форми, лиття за моделями, що виплавляються, лиття під тиском, відцентрове і неперервне лиття, та ін.

Серед відомих спеціальних методів отримання литва найбільшого розповсюдження отримали металеві форми (кокілі), сталеві і чавунні. В них отримують виливки як чорних, так і кольорових сплавів.

Використання цих форм дозволяє зменшити брак і собівартість та трудомісткість виготовлення литва. Окрім того, збільшується у 4-12 разів отримання виливків з одного квадратного метра формувальної площі, а також зменшується завантаження металорізальних верстатів, за рахунок зниженням, а в окремих випадках і відсутністю механічної обробки виливків. Також підвищується культура виробництва з покращенням умов праці робітників.

Стійкість металевих форм залежить від сплавів, з яких виготовлена форма (сталь, чавун), розмірів виливків і температури заливання розплавів у форми. Наприклад, при виливанні чавунних виливків масою 1,5 кг металева (чавунна) форма витримує до 5000 заливань, а при виготовленні сталевих виливків - тільки 300-500 заливань.

Найчастіше в кокілі відливають деталі із алюмінієвих і магнієвих сплавів, тому що вони мають значно нижчу температуру розливання сплаву.

Для підвищення довговічності форми, її необхідно підігрівати перед заливанням розплаву до температури 150-200 °С. Окрім того, робочу (внутрішню) поверхню форми необхідно покривати вогнетривкою (графітовою, кварцовою і шамотною та ін.) фарбами, які запобігають руйнуванню внутрішньої поверхні форми.

Для підвищення термостійкості металевих форм використовують їх охолодження, що дає можливість більше, ніж у 3 рази збільшити їх довговічність.

Окрім того, існує декілька типів конструкцій кокілів, серед яких найчастіше використовують із двох частин (рис. 9), в яких робоча порожнина відповідає зовнішній конфігурації виливка.

Для заливання кокілю розплавом у площині його роз'єму, у формі або в стержні виготовляють канали ливникової системи.

Для виводу газів із кокілю передбачено випари і газові канавки, які розміщені по лінії роз'єму кокілю.

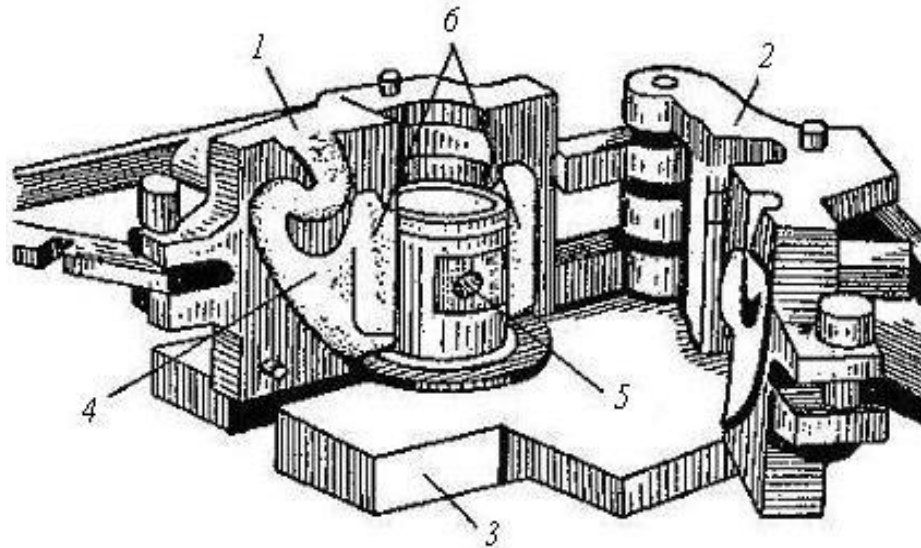


Рис. 9. Металева форма: 1,2 – дві напівформи;
3 – основа форми; 4 – ливникова система,
5 – виливок (поршень), 6 – додатки

В кокілях отримують 45 % усіх алюмінієвих і магнієвих виливків, 6 % сталевих і 11 % чавунних виливків. Використання кокілів економічно вигідно у серійному та масовому виробництві, тому що їх виготовлення вимагає значних коштів, а довговічність їх обмежена.

Отримання виливків в оболонкових формах

Використання оболонкових форм дає можливість отримувати литво з такою точністю форми і розмірів, а також чистоти поверхні для яких не потрібно використовувати їх механічну обробку. Окрім того, цей метод отримання литих виробів значно (20-30 %) економить витрату розплаву, а витрата формових і стержневих матеріалів для виготовлення із них сумішів зменшується у 8-10 разів, при цьому трудомісткість виготовлення виливка знижується на 10-15 разів та ін.

Для оболонкових форм приготавлиється піщано-смоляна суміш із дрібного кварцевого піску і 6-8 % порошку термореактивної (пульвербакелітової) смоли, яка в спеціальних бункерах наноситься на підігріту (220-250 °С) металеву модельну плиту з металевою напів-моделлю (рис. 10).

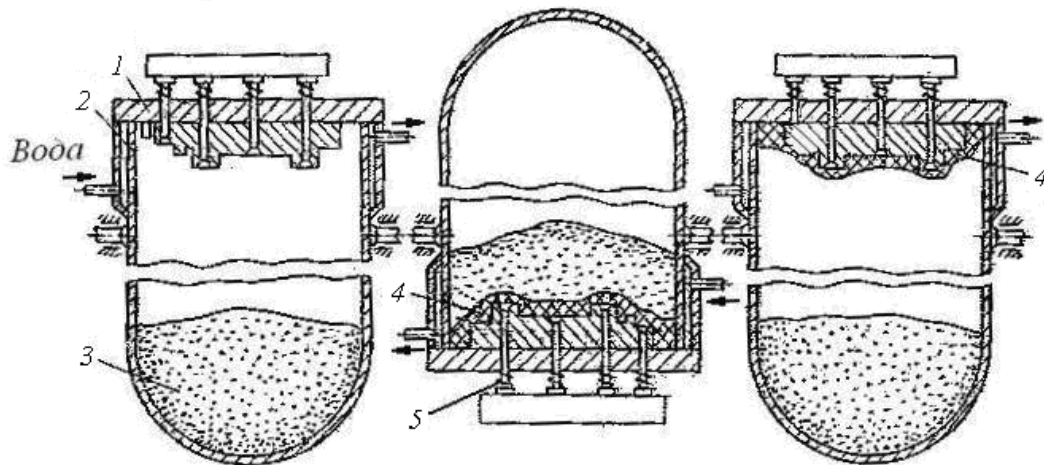


Рис. 10. Оболонкова форма: 1 – модельна плита з напівмоделлю; 2 – бункер; 3 – формова суміш; 4 – оболонкова напівформа; 5 – штирі виштовхувача

При нагріванні, за рахунок тепла підігрітої моделі термореактивна смола піщано-смоляної суміші розплавляється і на протязі 12-20 секунд утворює навколо напівмоделі з модельною плитою оболонку товщиною 6-10 мм.

Повернувши бункер на 180°, зайва суміш відділяється від оболонки, осипаючись вниз бункера. Після цього напівзатвердівшу оболонку з моделлю і плитою, знявши з бункера, завантажують у піч з температурою 350-400 °С і витримують на протязі кількох хвилин для кінцевого затвердіння оболонки. Охолоджену оболонкову напівформу знімають із плити і з'єднують з другою напівформою, отриману таким же методом. Отриману тонкостінну форму поміщають в опоку, і засипають піском,

гравієм або чавунним шротом з метою надання їй більшої механічної стійкості в процесі її заливання розплавом.

Такий метод отримання виливків використовують у масовому і серійному виробництві деталей із чавунів, сталей і кольорових сплавів вагою до 100 кг. Деталі отримані в оболонкових формах характеризуються високою точністю розмірів і чистотою поверхні. Окрім того, при цьому методі можна отримувати тонкостінні (2-5 мм) виливки, чого не можливо досягти при використанні металевих форм. Як недолік можна відмітити підвищену вартість виливків за рахунок вартості пульвербакеліта.

Отримання виливків за моделями, що виплавляються

Цей метод отримання виливків відомий сотні років назад, коли виливали скульптури, використовуючи віск для модельної маси.

У машинобудуванні, для отримання деталей, його почали використовувати із середини ХХ ст. Не дивлячись на те, що цей метод отримання виливків трудомісткий і дорогий, його використовують в багатьох випадках при необхідності отримання деталей високої точності без послідуєчої механічної обробки, при використанні важкооброблюваних сплавів, деталей, що вимагають великого обсягу механічної обробки, а також в ювелірній галузі.

Цей метод є найбільш точним із відомих методів отримання литва, який дозволяє отримувати виливки будь-яких розмірів з високою точністю і високою чистотою поверхні тонкостінних деталей масою від декількох грамів і вище із відомих ливарних сплавів.

Технологія отримання виливків цим методом передбачає виготовлення еталона (зразка) деталі, виходячи із креслення деталі. Маючи еталон, виготовляють металеву прес-форму, з внутрішньою конфігурацією, що відповідає зовнішній конфігурації вилівка. В отриманій прес-формі виготовляють модель з легкоплавкого матеріалу (віск, парафін, стеарин, полімери). Найбільшого використання для виготовлення легкоплавких

моделей отримали парафіно-стеаринові суміші в різних співвідношеннях (75:25%; 64:40 % і 50:50 %).

У прес-форму вводять відповідну модельну масу при температурі 40–60 °С під тиском 0,2 - 0,5 МН/м². Після затвердіння модельної маси, прес-форму розбирають, а модель охолоджують до кімнатної температури.

Отримані легкоплавкі моделі 3 збирають у блоки (рис. 11) із загальною ливниковою системою і занурюють у вогнетривку суспензію, виготовлену із 30 % гідроізолюваного розчину етилсилікату, що володіє високою клейкістю і 70 % кварцової муки.

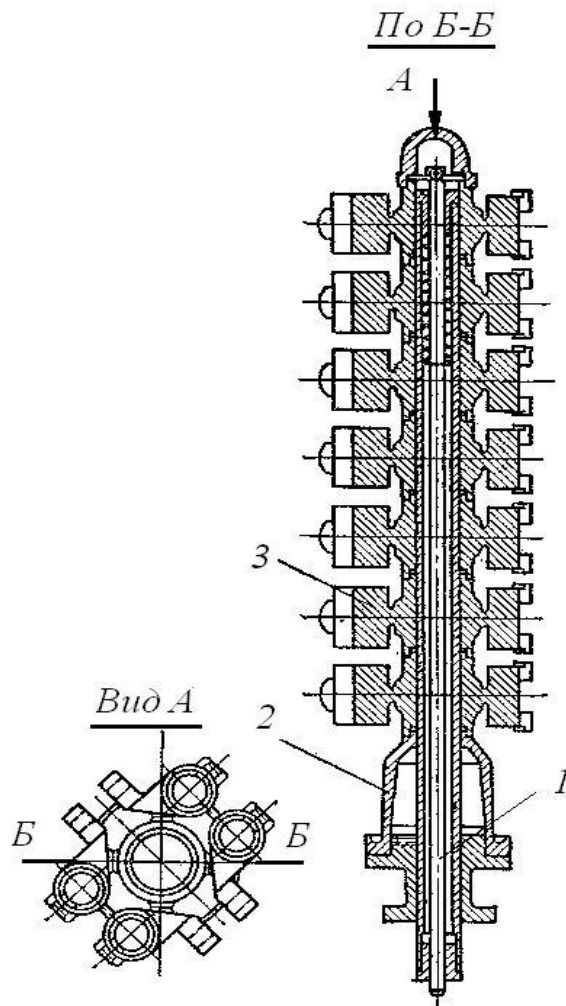


Рис. 11. Схема отримання виливків за моделями, що виплавляються

Після видалення блока моделей із суспензії, його посипають дрібним кварцовим піском і знову занурюють у суспензію, з послідуочим посипанням блока моделі кварцовим піском. Цю операцію повторюють 3-4 рази, поки не отримують на поверхні моделей і ливникової системи шар стінки форми товщиною 5-8 мм. Після цього блок моделі виплавляють при температурі 120-150 °С, продуваючи отриману форму водяною парою або гарячим повітрям. Після цього форму висушують на повітрі, або в сушильній шафі (в механізованих цехах - в конвейєрних камерах). Отриману готову форму прогрівають до температури 850-900 °С.

У результаті чого форма стає міцною керамічною оболонкою, придатною для заливання розплаву, після чого блок-форму заповнюють розплавом через заливну чашу, яка знаходиться над стояком блока. Після кристалізації розплаву у блок-формі, її руйнують для виймання готового вилівка. На заводах з масовим виробництвом усі ці процеси механізовані і автоматизовані.

На багатьох заводах в якості модельної маси використовують пінопласт (пінополістирол) і в такому випадку пінопластову модель не видаляють із форми, а в процесі заливання розплаву вона вигорає, перетворюючись в газ. Такий метод називають литво по газифікованих моделях, який дозволяє отримувати вилівки від 0,2 кг до декількох тон із сталі, чавуну і кольорових сплавів.

Отримання литих заготовок під тиском

При такому методі, як і отримання вилівоків в металевому кокілі, використовують металеві форми, що мають свої особливості, які необхідно враховувати при виготовленні форм, уникаючи різких переходів від товстої стінки до тонкої, або гострих кутів із зменшеним радіусом галтелей. Суть цього методу полягає в тому, що розплав заповнює стальну форму під тиском, який створюється поршнем в камері (циліндрі) машини,

або рідше - стиснутим повітрям. Виходячи з цього, розрізняють ливарні машини поршневої дії і машини компресорної дії.

На рис. 12 приведена схема машини *компресорної дії*, які в основному, використовують для лиття легкоплавких сплавів (свинцевих, вісмутів, магнієвих та ін.).

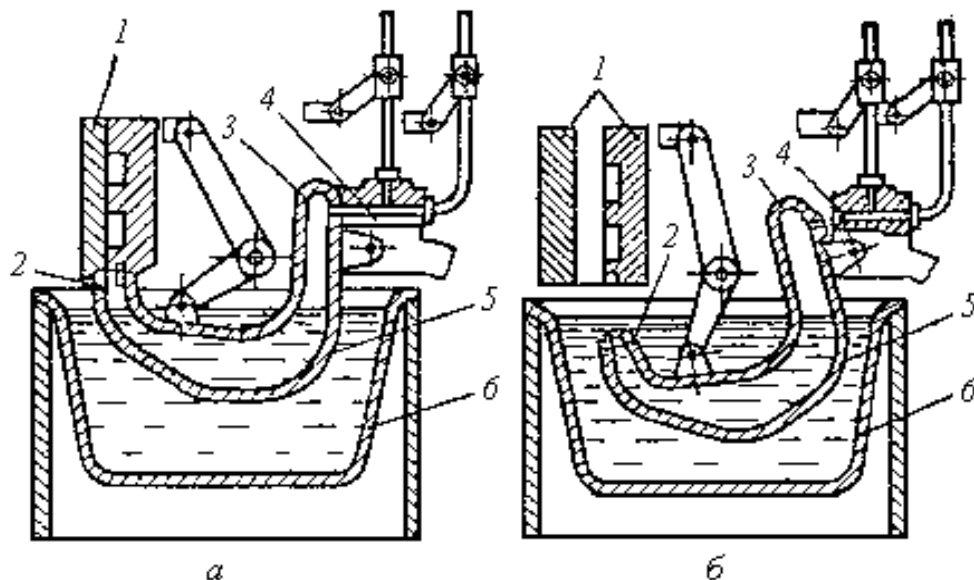


Рис. 12. Схема компресорної ливникової машини: 1 – ливникова форма; 2 – мундштук черпака; 3 - отвір мундштука; 4 – сопло подачі стиснутого повітря; 5 – черпак; 6 – тигель

Принцип роботи цієї машини полягає в тому, що з тигля б розплав за допомогою черпака 5, який тягами піднімається і притискується мундштуком 2 до ливникового отвору форми 1, а другим кінцем соплом 3 співпадає з повітряним клапаном 4.

При подачі через клапан 4 стиснутого повітря під тиском $0,35 - 0,50 \text{ МН/м}^2$ розплав із черпака 5 поступає у форму (рис. 12, а). Після заповнення форми і відповідної витримки, кристалізується розплав у формі, після чого подача повітря зупиняється, а черпак відводиться від ливникового отвору і опускається у ванну для заповнення його новою порцією розплаву (рис. 12, б). Після звільнення форми від отриманого вилівка процес повторюється.

Поршневі машини випускають з холодною (рис. 13, *a*) і гарячою (рис. 13, *б*) камерами тиску (горизонтальною або вертикальною). Машини з гарячою камерою тиску, в яких камера знаходиться безпосередньо в розплаві, використовують для отримання виливків із сплавів з низькою температурою плавлення на основі цинку, свинцю, олова та ін. Машини з холодною камерою тиску, в яких камера винесена за межі розплаву використовують для отримання виливків із більш тугоплавких кольорових сплавів на основі алюмінію, міді, магнію.

На машинах з вертикальною холодною камерою тиску (рис. 13, *a*) розплав заливають у камеру тиску 5. Верхній поршень 1, опускаючись тисне на розплав і нижній поршень 10, який при русі вниз, відкриває ливниковий канал 3, у результаті чого розплав заповнює порожнину прес-форми 2, що складається із двох частин 6 і 7. Після повної кристалізації вилівка знімають тиск з верхнього поршня і видаляють із прес-форми вилівок 9 за допомогою штовхачів 8. Нижній поршень виштовхує із камери тиску лишній розплав у вигляді закристалізованого залишку, який направляється на переплавку.

На (рис. 13, *a*) приведено схему роботи машини з горизонтальною холодною камерою тиску в якій всі операції виконуються у тій же послідовності.

Найбільше зусилля пресування в машинах поршневої дії з холодною камерою доходить до 300 МПа/м². У ливарному виробництві найбільш розповсюджені машини з горизонтальними холодними камерами пресування, які на відміну від машин з вертикальними холодними камерами, мають на 10-20 % більш високу продуктивність і простіші в обслуговуванні.

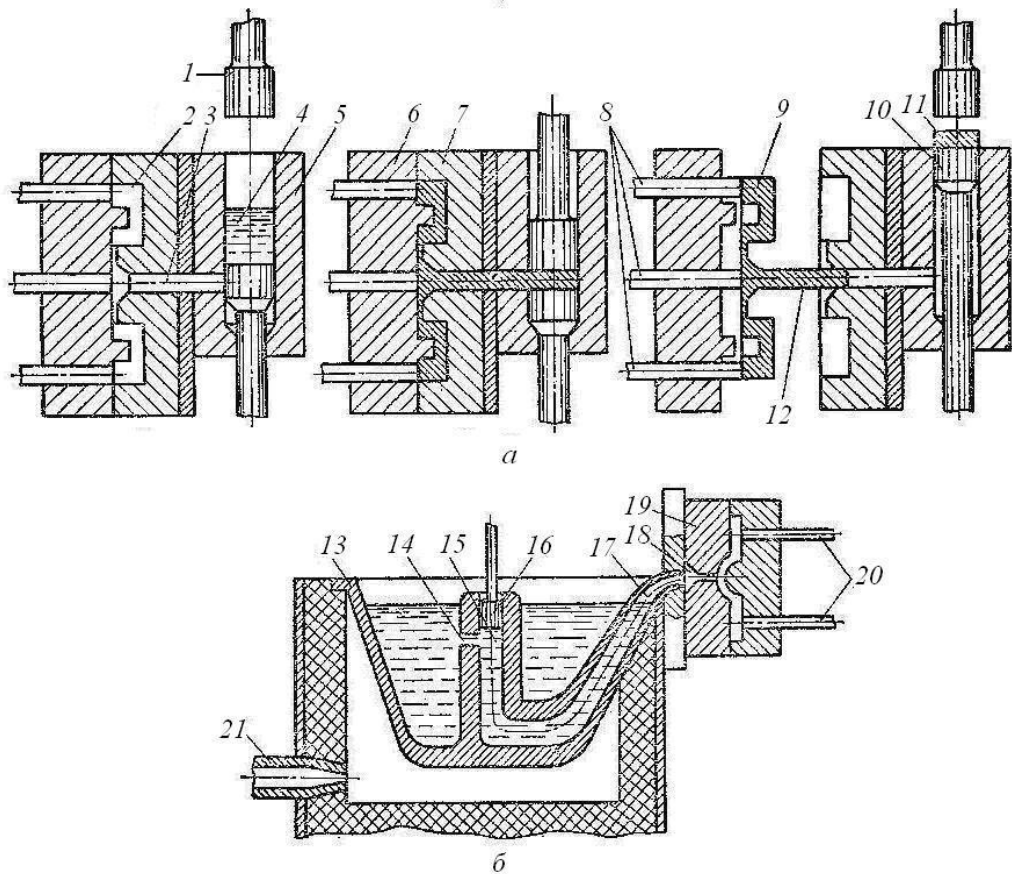


Рис.13. Схеми роботи поршневої машини: *а* – з холодною камерою: 1-поршень; 2, 6, 7-прес-форма; 3-ливниковий канал; 4-розплав; 5-камера тиску; 8-штовхачі; 9-виливок; 10-нижній поршень; 11,12-залишок розплаву; *б* – з гарячою камерою: 13-тигель; 14-отвір; 15-поршень; 16-камера тиску; 17-канал подачі розплаву у прес-форму; 18; 19-нижня частина пресформи; 20-штовхачі

На (рис. 13, *б*) приведена схема роботи поршневої машини з гарячою камерою тиску. В чавунному тиглі 13 весь час з рідким розплавом знаходиться камера тиску з поршнем 16 і отвором 14. При переміщенні поршня вниз, при закритті ним отвору 14 розплав під тиском подається в прес-форму 19.

Після кристалізації розплаву у прес-формі, знімається тиск в камері при переміщенні поршня вгору, розкривши прес-форму, її звільняють від вилівка за допомогою штовхачів 20. Виливки отримані такими методами характеризуються високою точністю розмірів, що зменшує припуски на їх механічну обробку.

Враховуючи високу вартість розглянутих прес-форм, їх економічно вигідно використовувати у масовому і серійному виробництві тонкостінних (до 0,5 мм) виливків складної конфігурації із сплавів кольорових металів масою до 50 кг.

Відцентрове литво

Суть відцентрового виливання виливків полягає в тому, що розплав з температурою на 100 -150 °С вище температури ліквідуса, залитий в обертальну форму під дією відцентрових сил відкидається до стінки форми, утворюючи вилівок з відповідною формою порожнини і товщиною стінки (рис. 14).

Частоту обертання форми визначають за залежністю:

$$n = 5520 / \sqrt{\gamma \cdot R} \text{ об/хв,}$$

де: γ – питома вага розплаву;

R – внутрішній радіус виливка;

Кристалізація розплаву під дією відцентрових сил у таких формах сприяє значному ущільненню розплаву і підвищенню міцності литих виробів.

Розрізняють форми з горизонтальною і вертикальною осями обертання в залежності від співвідношення довжини і діаметрів виливків. Якщо діаметр виливка значно менший його довжини (труби, гільзи, втулки), тоді вісь обертання форми використовується горизонтальною (рис. 14, а, в) і навпаки, якщо діаметр виливка більший його висоти (шестерні, диски, колеса, шківни), тоді вісь обертання повинна бути вертикальною (рис. 14, б). Товщина стінки виливка при такому методі лиття регулюється кількістю розплаву залитого в обертальну форму. У випадку відцентрового лиття, коли необхідно отримати внутрішні порожнини виливків складної форми, використовують стержні, і такий

метод називають відцентровим тиском. В таких випадках отримують більш ущільнені виливки з підвищеними механічними властивостями.

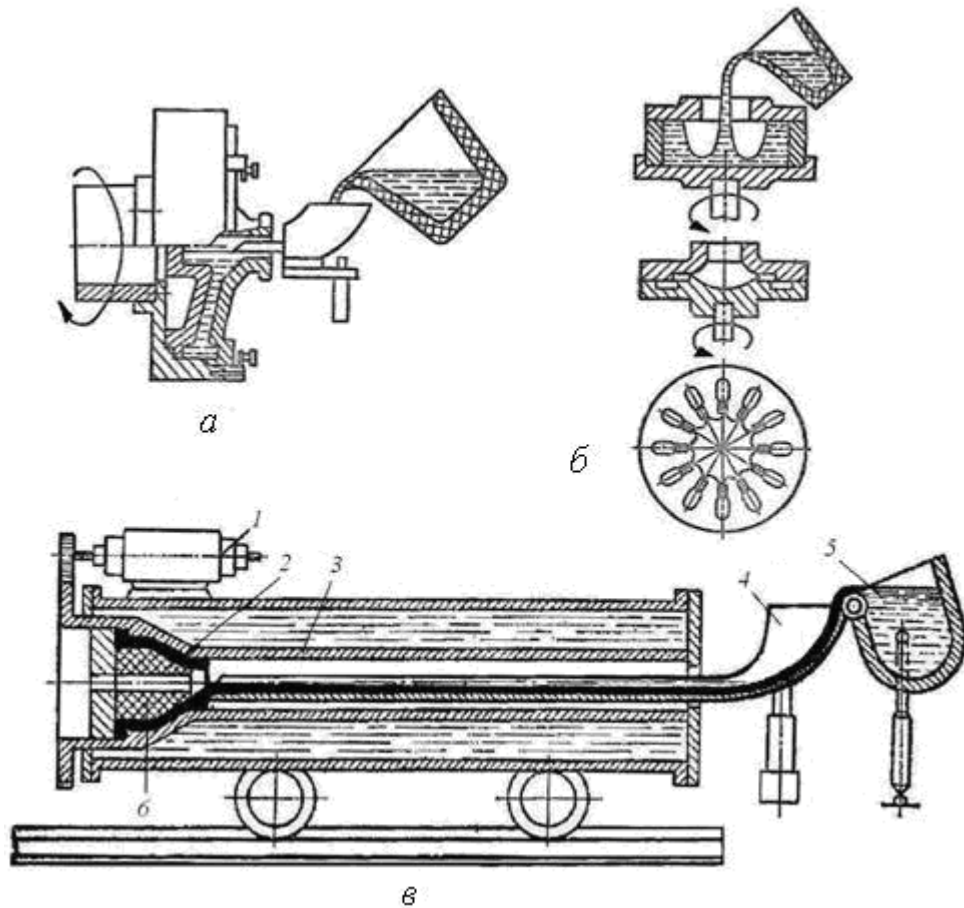


Рис. 14. Схема відцентрового лиття: *а* –шківа; *б* –втулки; *в*-труби: 1 – електродвигун; 2 – розтруб; 3 – форма-кристалізатор; 4 – жолоб; 5 – розливний ківш 6 – стержень розтруба труби

Перед заливанням розплаву, в кристалізатор 3 в нього вставляють піщаний або металевий стержень 6, для утворення внутрішньої порожнини розтруба, який закриває кінцевий зазор між кристалізатором і стержнем 6. Після цього із ковша 5 по жолобу 4 заливають розплав у кристалізатор з кінця, де розміщений стержень розтруба, в якому починається кристалізація розплаву, з одночасним переміщенням форми 3 або жолоба 4 для утворення закристалізованої труби з відповідною швидкістю для підтримання заданого рівня розплаву в кристалізаторі. Товщина стінки

труби залежить від швидкості переміщення форми або жолоба. Із всіх виробів отриманих відцентровим литтям найбільше отримують чавунних труб діаметром 80-300 мм з автоматичними установками для виготовлення стержнів розтрубів труб.

Неперервне лиття в кристалізаторах

Для отримання довгомірних виливків (труби, циліндри, вали, стержні) використовують відповідні установки з кристалізаторами (рис. 15), подібно установкам неперервного розливання сталі. В цих установках рідкий розплав заливають у водоохолоджувальний кристалізатор 1, внутрішній діаметр якого відповідає зовнішньому діаметру виливка, у даному випадку - діаметру труби.

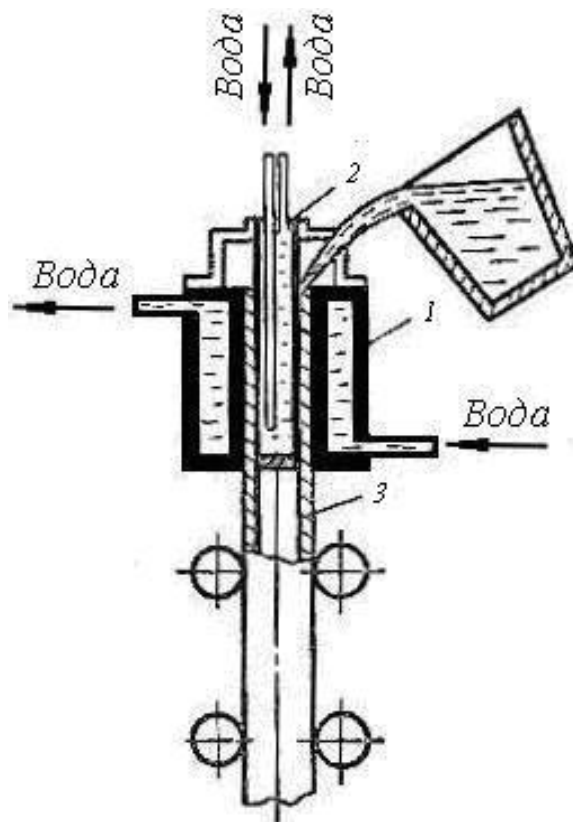


Рис. 15. Схема неперервного виливання труб: 1 – кристалізатор; 2 – стержень утворення отвору труби; 3 – труба зі стержнем

Для утворення внутрішнього діаметра труби у кристалізаторі 1 використовують водоохолоджувальний кристалізатор 2. Труби отримані таким способом мають чисту внутрішню і зовнішню поверхні з

дрібнозернистою структурою. Таким шляхом можна отримувати виливки різної форми поперечного перерізу (квадратні, еліпсні, багатогранні та ін.) із різних розплавів (чавун, сталь, кольорові сплави).

Труби отримані в сталевих кристалізаторах необхідно відпалювати для зняття внутрішніх напружень.

Якщо використовувати сталеві кристалізатори з футеровкою із вогнетривів відпадає необхідність у відпалюванні труб і довговічність кристалізаторів зростає у декілька разів. Перед заливанням розплаву у кристалізатор 1, під нього підводять плиту з піщаним або металевим стержнем 2, для утворення внутрішньої порожнини розтруба, який закриває кінцевий зазор між кристалізатором і стержнем.

Після цього заливають розплав в кристалізатор, в якому відбувається кристалізація розплаву і починають, за допомогою електроприводу, опускати плиту, витягуючи із кристалізатора закристалізовану трубу з відповідною швидкістю для підтримання заданого рівня розплаву в кристалізаторі.

Окрім приведених методів отримання виливків найбільш використовуваних в машинобудуванні, існують інші, які менш використовуються для отримання литих деталей і до них відносяться:

Лиття «рідким прокатуванням» (рис. 16, а) являє собою різновидність неперервного лиття, яке використовують для отримання листів, стрічок, коли рідкий розплав направляють на поверхню обертальних пустотілих водоохолоджувальних валків кристалізаторів 4. Рідкий розплав, розтікаючись по поверхні валків швидко кристалізується з одночасним обтискуванням валками з утворенням листа відповідної товщини, що відповідає зазору між валками.

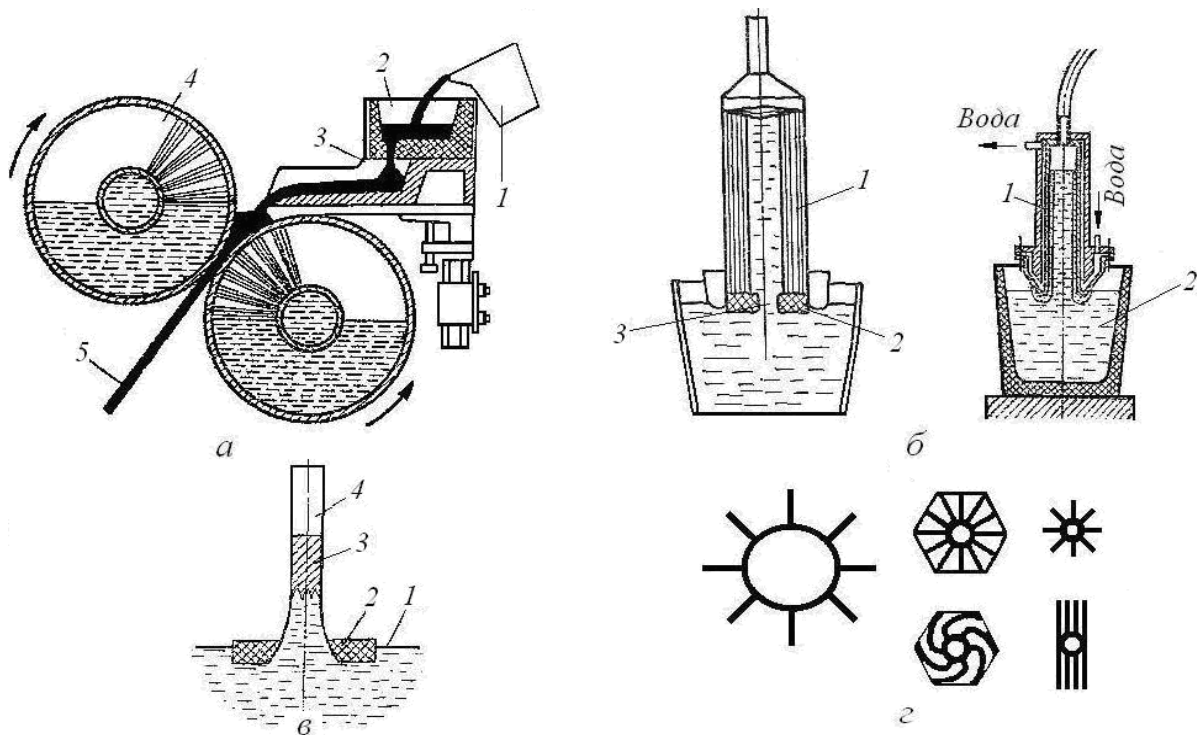


Рис. 16. Інші методи отримання виливків: *а* – лиття рідким прокатуванням (1-ківш; 2 - ливникова чаша; 3 - живильник; 4 - валки-кристалізатори; 5 листовий виливок); *б*– вакуумне лиття (1- вакуум-камера; 2 - розплав; 3 – поплавок); *в* – «наморожуванням» (1- розплав; 2 - поплавок; 3 - виливок; 4 – затравка); *г* – перерізи виливків, які отримані методом «наморожування»

Лиття вакуумним всмоктуванням (рис. 16., *б*), коли форма заповнюється за рахунок розрідження, створюваного вакуум-насосом. Його використовують для отримання втулок, вкладишів, підшипників ковзання та ін.

Лиття «наморожуванням» (рис. 16, *в*), коли на поверхню рідкого розплаву *1* поміщають плиту-поплавок *2* з отвором відповідно конфігурації перерізу виливка. В отвір поплавка вводять затравку *4*. При підйомі затравки, на ній за рахунок сил поверхневого натягу поступово витягується рідкий розплав, який кристалізується («наморожується»), утворює форму перерізу затравки. Таким методом отримують труби, стрічки,

прутки, втулки із легкоплавких розплавів. Перерізи виливків, що отримані методом заморожування наведені на рис. 16, з [6].

Термообробка виливків

Отримані виливки, в більшості випадків, мають крупнозернисту структуру, ліквіацію, як неметалевих включень, так і легуючих елементів. Це негативно впливає на їх механічні властивості.

В залежності від технологічних умов, виливки піддаються одному або декільком видам термічної обробки, серед яких найбільше використання для сталевого та чавунного литва отримало відпалювання при температурі 800-900 °С, в результаті якого знімаються внутрішні напруження і відбувається перекристалізація з утворенням більш рівновісної зеренної мікроструктури.

Після витримки в печі з розрахунком одна година на кожні 35-50 мм товщини стінки виливка, його охолоджують в печі до 450-500 °С, а після цього доохолоджують на повітрі.

У результаті відпалювання виливків досягають зменшення внутрішніх напружень у виливках з подрібненням їх зеренної структури, а також уникнення ліквіації елементів, зменшенням їх твердості, з метою покращення механічної обробки литих заготовок (деталей). Для термічної обробки використовують різні печі: камерні, ямні (колодязні), а у крупносерійному і масовому виробництві — методичні.

ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВОК МЕТОДАМИ ДЕФОРМАЦІЇ МАТЕРІАЛІВ

На стадії вибору матеріалу конструктор повинен усвідомлювати, що вибраний матеріал характеризується не тільки комплексом службових, експлуатаційних характеристик, але і своєю здатністю піддаватись певним технологічним процесам в процесі виготовлення деталей.

Отримання заготовок за допомогою технологій обробки тиском має свої суттєві переваги – надзвичайно висока продуктивність процесів, здатність підвищувати рівень фізико-механічних властивостей, значна економія металу, за рахунок зменшення різноманітних припусків. Але є і свої недоліки – неможливість отримувати складно-профільні заготовки, а також висока вартість і складність обладнання.

Обробка металів і сплавів тиском базується на їх пластичності, тобто здатності змінювати форму під дією зовнішніх сил без руйнування в процесі пластичної деформації. Під пластичною деформацією розуміють здатність заготовки змінювати форму і розміри під дією зовнішніх сил розтягування або стискування.

Фактично використання цього методу обробки передбачає отримання заготовок і готових фасонних виробів, у тому числі і деталей. У той же час пластична деформація є складним фізико-механічним процесом у результаті якого поряд із зміною форми металевих заготовок подрібнюється крупнокристалічна(дендритна) структура зливків і відбувається зміна їх механічних і фізико-хімічних властивостей.

Поряд з економною витратою матеріалу і підвищенням його механічних властивостей у готових виробах, обробка тиском забезпечує високу продуктивність праці. Наприклад, на токарно-револьверному напівавтоматі за годину виготовляють 40 болтів, а при висадці їх на пресі – 720 болтів. При цьому штамповані деталі мають кращу макроструктуру і

підвищену міцність з високою точністю поверхонь. Наприклад, прокатуванням отримують фольгу товщиною 2-7 мкм, а волочінням виготовляють дріт діаметром менше 10 мкм, чого не можливо досягти ні одним із відомих методів обробки металів.

Виходячи з цього, обробці тиском піддаються 80-90 % всієї виплавленої сталі і 55 % кольорових металів та їх сплавів. Обробкою тиском виготовляють різнопрофільну продукцію, використовуючи різні методи деформації зливків, заготовок на відповідному обладнанні. До обробки тиском відносяться прокатування, кування, штампування, пресування, волочіння, калібрування та ін. Обробку тиском проводять, як в холодному, так і в гарячому стані.

Порівняно з іншими методами отримання виробів обробка тиском, окрім високої продуктивності, характеризується значною економічністю витрат машинобудівних матеріалів з покращенням їх механічних властивостей. Цей метод отримання заготовок успішно заміняє процеси виготовлення деталей різанням на металорізальних верстатах без втрати матеріалу в стружку. В основу обробки металів тиском покладена наука про пластичну деформацію, яка розвивається сукупно в трьох взаємно – пов'язаних напрямках:

Фізика процесу пластичної деформації і сплавів. Цей напрям теоретично і експериментально вивчає механізм пластичного формозмінення заготовок під впливом на цей процес різних факторів (температури, швидкості і ступені деформації, виду напруженого стану) і встановлює умови, при яких метал переходить із пружного в пластичний стан.

Пластичну деформацію сталі необхідно проводити в такому інтервалі температур, щоб фазовий (аустенітний) стан її не змінювався, запобігаючи неоднорідності деформації і зростання залишкових напружень в заготовках.

Температура кінця деформації вуглецевих сталей складає $(0,6-0,7) \cdot T_{пл}$.

При нагріванні легованих і ливарних сталей необхідно враховувати їх меншу теплопровідність, із-за чого виникають значно вищі внутрішні напруження при нагріванні, внаслідок великої різниці температур поверхні і серцевини, особливо сильно це помітно у заготовок зі значним перерізом. Виходячи з цього, заготовки із легованої і литої сталі діаметром більше 150-200 мм нагрівають поступово (методично) в два етапи: повільне нагрівання і витримка при температурі 700-800 °С з послідуєчим нагріванням до заданої температури з максимальною швидкістю. Температурні інтервали деформації сталей наведені в табл. 2.

Температурний інтервал деформації сталей

Таблиця 2.

Марка сталі	Температура початку	Температура кінця кування,	Температура перепалювання,
10, 15	1300	900	1490
20, 25, 35	1280	880	1400
40, 45, 50	1260	880	1350
55,60	1240	860	1300
65, 70	1220	850	1280
15Г...60Г	1200	800	1270
15Х, 20Х	1250	800	1350
45Х, 50Х	1200	800	1270
40ХН, 50ХН	1200	800	1300
12ХНЗА,	1200	880	1350
40ХН	1200	800	1350
30ХГС, 35ХГС	1180	800	1300
ШХ9,	1180	800	1300
ПХ15 У12	1100	800	1180
Р9, Р18	1200	900	1380

Для визначення тривалості нагрівання сталевих заготовок в полумєневих печах користуються формулою М.М. Доброхотова – В.Ф. Копитова:

$$\tau = \alpha K D \sqrt{D},$$

де: τ – тривалість нагрівання в годинах;

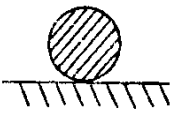
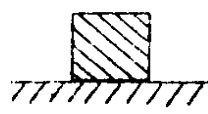
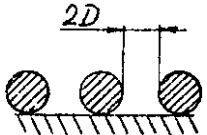
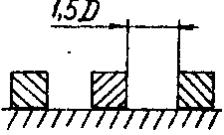
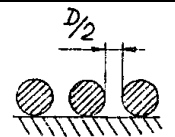
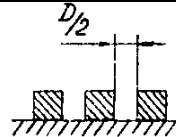


α – коефіцієнт, який залежить від способу розміщення заготовок на черені печі (беруть з табл. 3);

K – коефіцієнт, який враховує вміст вуглецю і легуючих елементів у сталі ($K=10$ для низьковуглецевих і низьколегованих сталей; $K=20$ для високовуглецевих і високолегованих сталей).

D – діаметр, або товщина заготовки в метрах.

Значення коефіцієнта α в залежності від способу розміщення заготовок у печі

Таблиця. 3.

Розміщення заготовок	Коефіцієнт α	Розміщення заготовок	Коефіцієнт α
	1,0		1,0
	1,3		1,8
	1,4		2,2
	2,0		4,0

Мідні сплави (латуні) деформуються в інтервалі температур 760-600 °С; алюмінієві (дюралюміній) – 470-400 °С; титанові сплави – 1200-1150 °С, магнієві сплави – 430-350 °С.

Типи обладнання, що використовується для нагрівання заготовок

Оскільки деформація матеріалів значно полегшується при високих температурах, то економічні аспекти процесів нагрівання заготовок виходять на перший план.

Крім того, технологічні проблеми, що виникають в процесі деформування заготовок, кількість браку, точність отриманих поверхонь, в значній мірі також залежать від температурних режимів. Тому питання правильного вибору технологічного обладнання, що забезпечує процеси нагрівання та витримки виходить на перший план.

Для нагрівання зливок і великих заготовок, в більшості випадків, використовують полуменеві печі, а для середніх і дрібних заготовок, поряд із полуменевими – електричні джерела теплової енергії і безокислувальне нагрівання.

За конструкційними ознаками розрізняють печі періодичної дії (камерні) і неперіодичної дії (методичні і напівметодичні).

До камерних печей відносяться: полуменеві і електричні нагрівальні колодязі; камерні стаціонарні і переносні печі; муфельні печі електроопору; індукційного нагрівання; електроконтактного нагрівання.

Полуменеві камерні печі (колодязі) працюють на твердому, а частіше на рідкому і газоподібному паливі, а за способом попереднього підігріву повітря і палива їх розрізняють - рекуперативні і регенеративні.

Рекуперативні колодязі (рис. 17) широко використовуються для нагрівання невеликих зливок. Робочий простір (камера) 3 колодязя закривається кришкою 2. У черені печі розміщуються пальники 9, до яких по трубопроводу 8 подається газ, а по каналу 7 – підігріте повітря із

рекуператорів 4, де воно підігрівається за рахунок тепла продуктів горіння, що виходять із робочої камери печі в рекуператори по каналах 5. Зливки 1 виставляються у робочій камері колодязя під його стінками, що забезпечує їх всебічне нагрівання.

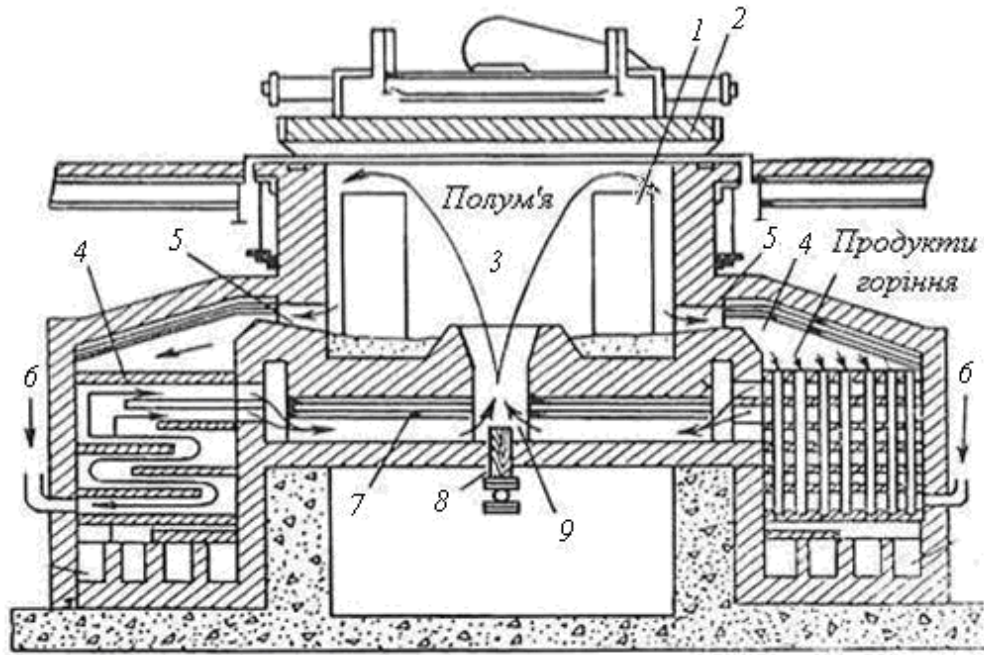


Рис. 17. Схема рекуперативного колодязя: 1-зливки; 2-кришка; 3-камера нагрівання; 4-рекуператори; 5-отвір виходу продуктів горіння; 6- подача повітря в рекуператори; 7- канал подачі підігрітого повітря в пальник 9; 8-труба подачі газу в пальник 9

На відміну від рекуперативних колодязів з підігрівом повітря, у регенераторних колодязях підігрівається повітря і газ, тобто принцип дії і будова регенераторів у нагрівальних, полумєневих колодязях такі ж, як у мартєнєвських плавильних печах.

Використання рекуператорів і регенераторів підвищує тепловий коефіцієнт корисної дії до 40 %, в той час у простих камерних печах він не перевищує 20 %.

Електричні камерні (муфельні) електроопору і газокамерні печі (рис. 18) найчастіше використовують для нагрівання кольорових металів і

сплавів, тому що температурний інтервал їх нагрівання нижчий порівняно зі сталями, але в них легко підтримувати постійність температури, на відміну від полуменевих печей.

Електронагрівачами в цих печах використовують фехралеві і хромонікелеві стрічки і дріт, які надійно працюють при температурах до 1100 °С. Для печей із нагріванням сталених заготовок використовують стержні (силітові) із карбїду кремнію, які розміщуються на бокових стінках нагрівальних камер, а також електричні колодязі з карборундовим жолобоподібним електронагрівачем.

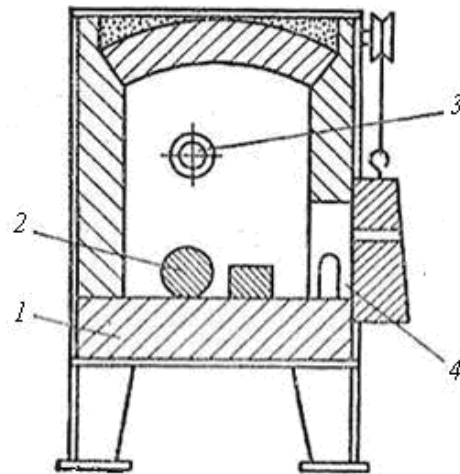


Рис. 18. Газокамерна піч:
1-черен печі, 2- заготовки, 3- газовий пальник; 4-завалочне вікно

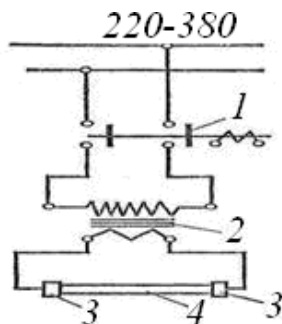


Рис. 19. Схема електроконтактного нагрівання заготовки: 1 – контактор; 2 – трансформатор; 3 – контактні головки; 4 – заготовка

Електроконтактне нагрівання заготовок здійснюється шляхом затиснення заготовки 4 в контактах 3 електронагрівального трансформатора 2 з пропусканням через заготовку електроструму великої сили від 300-500 А до десятків тисяч ампер і напругою 10-15 В (рис. 19). Нагрівання заготовки відбувається за рахунок проходження електроструму через заготовку 4.

Термін нагрівання сталених заготовок діаметром 50-70 мм до температури 1250 °С дорівнює 60-120 секунд.

Електроконтактне нагрівання використовується для довгомірних заготовок діаметром до 70 мм. Капітальні затрати на такі установки значно нижчі вартості індукційної електронагрівальної установки. Недолік цього методу полягає в неповному прогріванні кінців заготовки (місця контакту).

Індукційне нагрівання заготовок (рис. 20) відбувається в індукторі струмами підвищеної частоти (500-10000 Гц) для заготовок діаметром від 15 до 150 мм, а для заготовок діаметром понад 150 мм здійснюється струмами промислової частоти (50 Гц).

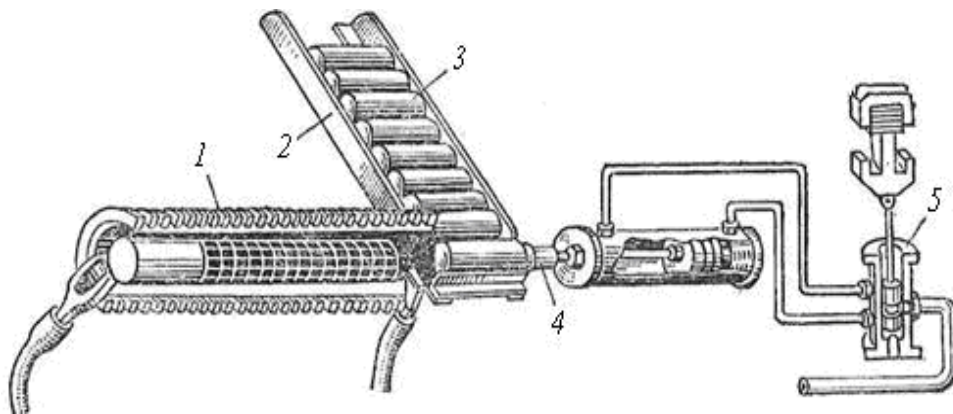


Рис. 20. Схема індукційного нагрівання заготовок: 1-індуктор; 2-завантажувальний пристрій; 3-заготовки; 4-штовхач; 5-пневмоустановка штовхача

Взагалі необхідна глибина (h) проникнення струму з достатньою точністю вираховується за формулою:

$$h = 5050 \sqrt{\frac{\rho}{\mu f}},$$

де: ρ – питомий електроопір заготовки;

μ – магнітна проникність заготовки;

f – частота струму, яка дорівнює: $f = 30000/d^2$

Індукційне нагрівання, маючи велику швидкість, знижує втрати на окалину до 0,25 %, усуває знеуглецювання поверхневого шару заготовки, створює зручності автоматизації подачі і видачі заготовок, покращуючи санітарно-гігієнічні умови праці.

У серійному і масовому виробництві необхідно використовувати механізовані печі для виконання трудомістких операцій завантаження, переміщення і видачі заготовок в умовах значного тепловиділення. Окрім того, в таких печах зручніше підтримувати встановлений режим нагрівання заготовок. До таких печей відносяться методичні, напівметодичні, карусельні, конвеєрні та ін.

Методична рекуперативна піч (рис. 21) використовується у серійному виробництві для нагрівання однотипних за формою і розміром заготовок. Конструктивно така піч розділена на три зони, в яких різні температури і довжина такої печі сягає 12-22 м. Заготовки поступово переміщуються назустріч гарячим газам вздовж печі, проходячи відповідні зони: 1 – підігріву (600-800 °С), 2 – максимального нагрівання (1250-1300 °С) і зона 3 – вирівнювання температури по перерізу заготовок.

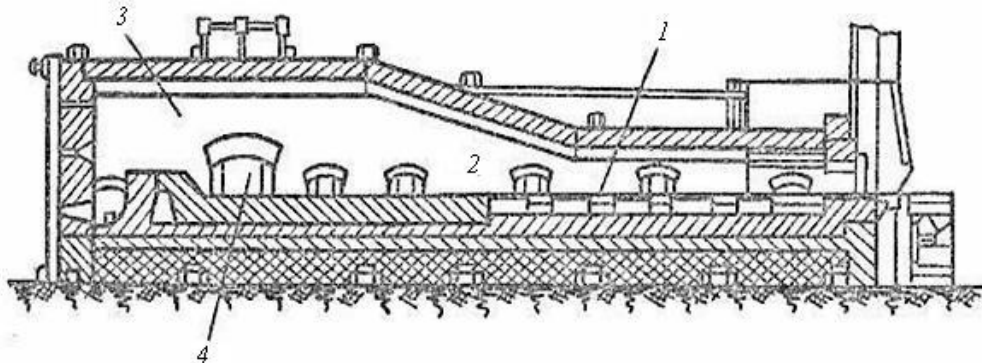


Рис. 21. Схема рекуперативної методичної печі: 1-зона підігрівання; 2-зона максимального нагрівання заготовок; 3-зона витримки нагрітих заготовок; 4-вивантажувальне вікно заготовок

Продукти згорання з температурою 700-800 °С, виходячи з печі потрапляють в рекуператори і підігрівають в них повітря. Нагріті заготовки за допомогою штовхача вивантажуються із печі через вікно 4 на рольганг.

Напівметодичні печі мають дві зони нагрівання заготовок: 1–600-700 °С і 2–1250-1300 °С, вони використовуються для кування на молотах великої продуктивності.

Карусельні печі (рис. 22) мають круглий, форми диска або кільця, черен 4, який обертається навколо своєї осі.

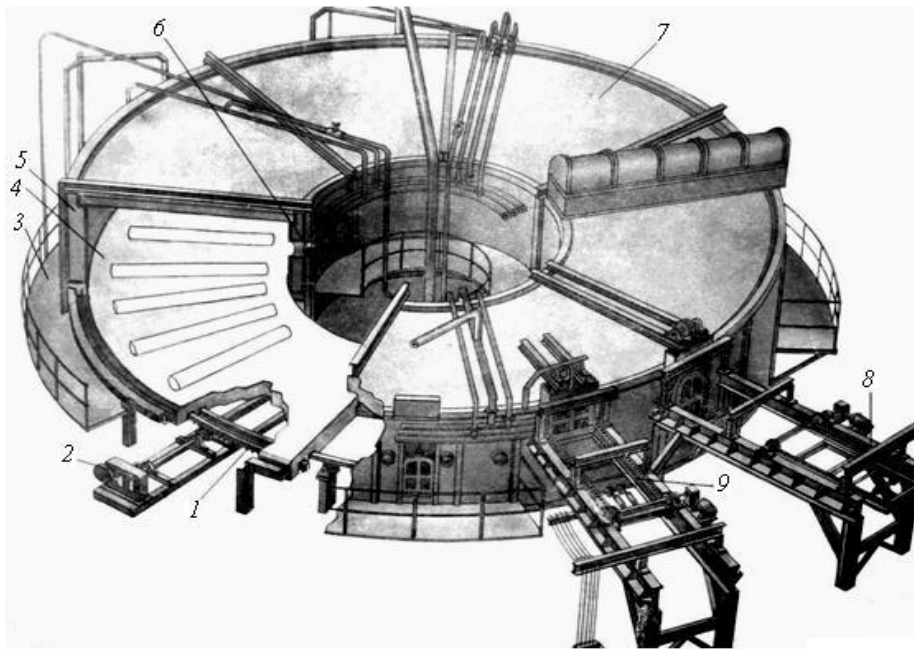


Рис. 22. Схема карусельної печі: 1-зубчаста рейка; 2-пристрій привода руху черена печі; 3-робочий майданчик; 4-обертальний черен; 5-корпус печі; 6-високотемпературна зона; 7-зона розігріву; 8-завантажувальний пристрій; 9-вивантажувальний пристрій заготовок

Завантажувальний пристрій 8 і пристрій видачі заготовок 9, розміщені поряд, а перегородка між ними розділяє робочий простір печі на дві зони: високотемпературну зону 6 і зону підігріву 7.

Полум'я від згорання палива рухається назустріч обертанню черена печі 4, чим досягається методичне нагрівання заготовок, викладених на черені печі. Швидкість обертання черена печі розрахована так, щоб за один його оберт заготовки розігрівались до заданої температури.

Продукти горіння через канал у стінці печі відводяться у рекуператор, підігриваючи повітря, що подається в піч (в зону горіння палива), що

значно покращує економічні показники печі, дозволяючи економити значну частину палива.

Заготовки в таких печах викладаються на черені роздільно, не торкаючись одна одної, що забезпечує швидке і рівномірне їх нагрівання.

Окалина, що утворюється на поверхні заготовок не руйнується, на відміну від методичних прямолінійних печей, в яких заготовки проштовхуються з тертям між собою, що викликає руйнування окалини, і, як наслідок, збільшує окислення поверхні заготовок, що, в свою чергу, підвищує угар металу.

Конвеєрні печі обладнані стрічковим конвеєром, який відіграє роль рухомого черена робочої камери печі. Швидкість руху конвеєра (черена) розрахована так, щоб термін нагрівання заготовок відповідав терміну їх проходження через робочий простір камери печі. В цих печах передбачено, як і в попередньо-розглянутих, підігрів повітря в рекуператорах. У розглянутих печах, в основному, використовуються в якості палива мазут або газ, які володіють високою температурою горіння.

Рідке паливо розпилюють через форсунки, утворені дисперсні краплі палива в нагрітому повітрі печі швидко випаровуючись, інтенсивно перемішуються з повітрям і легко загоряються, виділяючи тепло. При цьому витрачається менша кількість підігрітого повітря ($V_{нов.}$), зменшується коефіцієнт надлишку повітря (α), який дорівнює:

$$\alpha = \frac{V_{нов.}}{V_{нал.}}$$

Його значення: для рідкого палива ($V_{нал.}$) дорівнює 1,2; для газоподібного – 1,1, в той час як для печей, що працюють на твердому паливі – $\alpha = 1,6$.

Безокислювальне нагрівання заготовок (рис. 23) все більше використовується з метою уникнення окалини і вигорання вуглецю з

поверхні сталених заготовок. З цією метою використовують наступні методи нагрівання заготовок:

1. Нагрівання в електропечах з нейтральною атмосферою, створеною в окремому газогенераторі при неповному згоранні вуглеводневого газу, із якого видалена основна частина CO_2 і H_2O . Завдяки такому хімічному складу атмосфери в печі заготовки не окислюються, що запобігає утворенню окалини і зменшує угар металу.

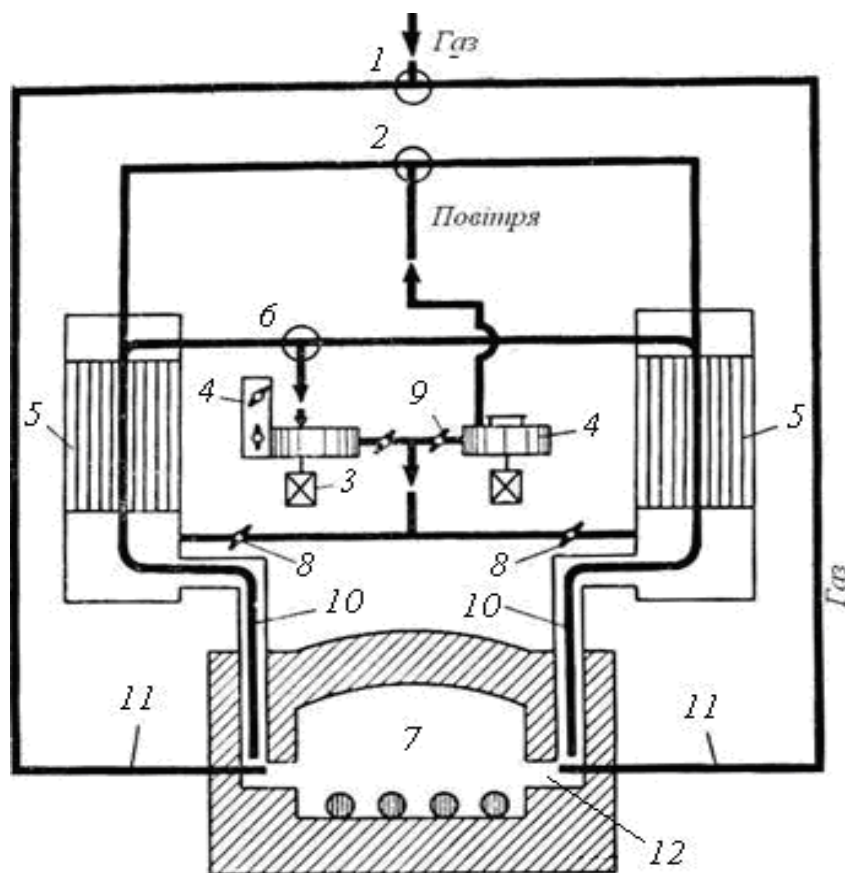


Рис. 23. Схема безокислювального нагрівання заготовок в газовій печі відкритого полум'я: 1, 2, 6, 8, 9—клапани переключення напрямку подачі повітря і газу, 4—вентилятори подачі холодного повітря у систему; 5- рекуператори; 7—робоча камера; 10—канали подачі підігрітого повітря в пальники; 11—канали подачі газу в пальники; 12—пальник

2. У печах відкритого полум'я, де захисна атмосфера створюється за рахунок неповного згорання палива (коефіцієнт витрати повітря $\alpha=0,4-0,6$)

з утворенням в атмосфері печі мінімальних співвідношень $\text{CO}_2/\text{CO}=0,3$ і $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2= 0,75$. Чим менші ці співвідношення, тим менше окислюється поверхня сталюї заготовки. Наприклад, фактично доведено, якщо при $1200\text{ }^\circ\text{C}$ співвідношення $\text{CO}_2/\text{CO} =0,3$, а $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2 =1,2$ на поверхні нагрітої сталюї заготовки не утворюється окалина.

У цехах з печами відкритого полум'я безокислювального нагріву підігрів повітря до високих температур проводять в металевих регенераторах чи рекуператорах 5.

Встановлено, що при $\alpha=0,5-0,4$ вміст у пичній атмосфері відповідних газів становить: CH_4 - 4-2 %; H_2 - 21-29 %; CO - 13-17 %; CO_2 - 4-2,5 %. На даний час, в умовах ковальсько-штампових цехів з використанням полумєневих печей, цей метод безокислювального нагрівання отримує все більш широке використання.

3. Окрім того використовують нагрівання заготовок в муфельних печах із захисною атмосферою, що подається в муфель печі, а також використання соляних електричних ванн з розчином хлористого барію – 75 % і хлористого натрію – 25 %.

4. Нагрівання з утворенням захисних плівок на поверхні заготовок із оксиду літію, або скла.

Із названих методів найбільше практичне використання отримав другий, при якому втрата металу на вигар зводиться до мінімуму. Особливо широке використання отримав цей метод при обробці заготовок тиском у ковальських цехах при отриманні особливо точних поковок у вигляді готових виробів, або з найменшим припуском на механічну обробку.

Отримання заготовок із прокату

Прокатка є найбільш розповсюдженим методом обробки металів тиском з деформацією заготовок внаслідок стиснення між валками в процесі їх втягування за рахунок дії сил тертя між заготовкою і обертовими валками прокатного стану.

В процесі прокатування заготовка, проходячи між двома валками, зменшується по висоті, а її довжина і ширина збільшуються, тобто відбувається обтискування, розширення і витяжка. Для визначення ступеня деформації (обтискування) в процентах користуються формулою:

$$\varepsilon = \frac{h_0 - h_1}{h_0} \cdot 100\% ,$$

де: h_0 - висота (товщина) заготовки до деформації;

h_1 - висота заготовки після деформації;

Для визначення витяжки (коефіцієнта витяжки μ) користуються залежністю:

$$\mu = \frac{l_1}{l_0} = \frac{F_0}{F_1} ,$$

де: F_0 - площа перерізу заготовки до деформації;

F_1 - площа перерізу заготовки після деформації;

l_0 - довжина заготовки до деформації;

l_1 - довжина заготовки після деформації.

Форма поперечного перерізу виробу, отриманого прокатуванням, називається профілем, а виріб – прокатом. Коефіцієнт витяжки показує у скільки разів збільшиться довжина заготовки після кожного пропускання її через валки прокатного стану. Його значення дорівнює від 1,1 до 2 в залежності від матеріалу, товщини заготовки, температури, швидкості прокатування та ін.

При прокатуванні заготовка (рис. 2.24) втягується в зазор між валками силою тертя T , що виникає між заготовкою і валками. В точці A (A_1) діє

нормальна сила N валків на заготовку і сила тертя T , проекції яких на вісь x відповідно дорівнюють:

$$N_x = N \cdot \sin \alpha, \quad T_x = T \cdot \cos \alpha.$$

Для захвату заготовки валками необхідно, щоб $T_x > N_x$, тобто $T \cdot \cos \alpha > N \cdot \sin \alpha$, а враховуючи, що сила тертя T дорівнює добутку нормальної сили N на коефіцієнт тертя f , отримуємо $N \cdot f \cdot \cos \alpha > N \cdot \sin \alpha$ і після скорочення N отримаємо:

$$f \cdot \cos \alpha > \sin \alpha, \text{ тобто } f > \tan \alpha,$$

що відповідає умові захвату заготовки валками.

При гарячому прокатуванні на гладеньких валках кут захвату заготовки дорівнює $15-24^\circ$, на валках з рівчаками – $32-33^\circ$, а при холодному прокатуванні листової сталі – $\alpha = 3-10^\circ$.

В залежності від матеріалу заготовок коефіцієнт тертя між валками і заготовкою змінюється в межах $f = 0,03-0,62$. Виходячи із рис. 24, величину $\cos \alpha$ можна визначити шляхом врахування діаметра або радіуса R валків і величини ступеня деформації заготовки:

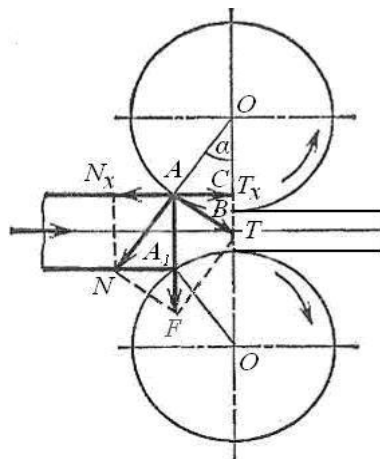


Рис. 24. Схема захвату заготовки валками

$$BC = OB - OC = \frac{h_0 - h_1}{2} =$$

$$R - R \cdot \cos \alpha = R (1 - \cos \alpha),$$

$$\text{звідси } \cos \alpha = 1 - \frac{h_0 - h_1}{2R}.$$

Обладнання для отримання прокату.

Сортові стани випускають різнопрофільний сортовий прокат, який ділиться на дві групи: простої геометричної форми (квадрат, круг та ін.) і фасонні профілі загального і спеціального призначення, періодичний профіль та ін.

Листові стани (напівперервні, неперервні) прокатують товстолистовий ($S > 4$ мм) і тонколистовий ($S < 4$ мм) прокат. Товстолистовий прокат прокатують в гарячому стані заготовок (слябів) і використовують для виготовлення корпусів різних плавильних і нагрівальних печей, резервуарів, труб, броні та ін.

Тонколистовий прокат, в основному прокатують у холодному стані заготовки (сутунки) і використовують, як напівфабрикат для послідуочого виготовлення готових виробів листовим штампуванням.

Трубопрокатні стани прокатують безшовні і зварні труби, використовуючи відповідні заготовки (круглі, штабові, листові).

Кулькопрокатні стани із круглого прокату прокатують кульки різних розмірів.

Сортові стани – багатоклітєві, в основному, з лінійним розміщенням робочих дуо-клітей, яких може нараховуватись понад двадцять, розділених на групи: 1 – чорнова; 2 – проміжна; 3 – чистова. Заготовки (квадратні, круглі) попередньо підігріваються в прохідних печах до 900-1000 °С, а для досягнення початкової температури прокатування (1200-1250 °С), заготовки нагріваються в індукторах. Швидкість прокатки в останній кліті досягає 20 м/с з продуктивністю стана: дрібносортового – 80-100 т/годину, середньосортного – 100-120 т/годину, крупносортового – 110-130 т/годину.

Для отримання товстолистого прокату використовують одно-, дво- або трьохклітєві стани лінійного типу, з довжиною бочки валків 2800-4500 мм. Наприклад, на товстолистому стані 2800 (рис. 2.25) прокатують листи товщиною 5-50 мм, шириною 1000-2500 мм і довжиною до 18 м,

використовуючи сляби товщиною 100-250 мм і шириною 1000-1600 мм, довжиною 1,5- 2,5 м і масою до 8 тонн.

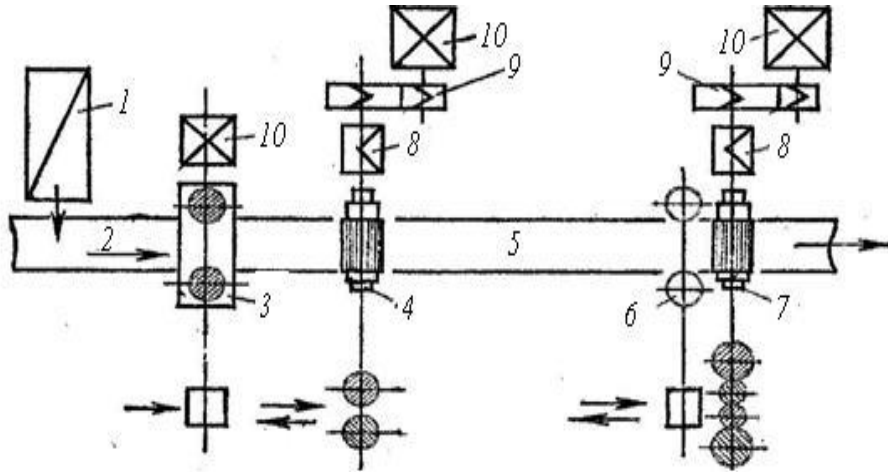


Рис. 25. Схема технологічного процесу прокатування товстого листа:

1 – печ; 2 – підвідний рольганг; 3,4 – чорнові кліті; 5 – проміжний рольганг;
6, 7, – чистова універсальна кліть кварто-стана; 8, 9 – шестеренні кліті-редуктори

Такий стан має три робочі кліті: перша чорнова кліть 3 з вертикальними валками діаметром 1000 мм і довжиною бочки 600 мм служить для обтискування сляба по ширині; друга чорнова дуо-реверсивна кліть 4 з валками діаметром 1150 мм для обтискання сляба по висоті; третя реверсивна чистова кварто-кліть 6-7 з двома вертикальними валками 6 діаметром 700 мм і довжиною 150 мм і два горизонтальні робочі валки 7 діаметром 800 мм і двома опорними валками довжиною 1400 мм. Попередньо в печі 1 нагріті сляби до температури 1200-1280°C по рольгангу 2 поступають в чорнову кліть 3 стана 10 з вертикальними валками, в якій відбувається часткове обтискування їх по ширині на 50 мм з метою розрихлення окалини і її видалення з поверхні сляба струменем води високого тиску (10 МН/м²).

Після цього заготовка поступає на рольганг 5 чорнової дуо-реверсивної кліті 3, де вона за допомогою маніпулятора повертається на 90° і піддається поперечній прокатці. Після першої чорнової кліті 3 заготовка знову повертається на 90° і подається в другу чорнову дуо-кліть 4 для подовжньої прокатки з відповідним обтискуванням: 40-60 міліметрів для прокатої заготовки шириною 1000 мм, а при ширині заготовки 2100-2500 мм – 10-25 мм.

Після другої чорнової кліті 4 заготовка поступає по рольгангу 5 в універсальну чистову кліть 6-7, де відбувається її обтискування в межах 10-15 мм на валках 6, а в останньому проході – 1-2 мм. При цьому прокатування в чистовій кліті повинно проводитись при температурі не нижче 1000-820 °С.

Отриманий лист піддається фінішним операціям: гаряче випрямлення, охолодження, різання на гільйотинних ножицях з послідуною термічною обробкою.

Окрім того, для гарячого прокатування листів у рулонах використовують неперервні листові стани 1700, на яких можливо прокатувати тонкі і товсті листи, штаби (штрипси). На таких станах прокатують при 1250-1280 °С листи товщиною 1,5-12 мм і шириною 700-1550 мм в рулонах, використовуючи сляби товщиною 100-230 мм, шириною 700-1550 мм і довжиною 9,5 м.

Холодне прокатування тонких листів і штрипсів проводиться на неперервних чотирьох-клітєвих станах або на реверсивних одноклітєвих кварто-станах 1700 із гарячекатаних, широкополосних штрипсів, товщиною 2-6 мм в рулонах масою 20-30 т і більше.

При прокатуванні листа на чотирьох-клітєвому неперервному кварто-стані 1700 із рулонна, штрипс подається на випрямляючі ролики, із яких по провідниковому столу стана попадає у валки першої робочої кліті кварто 500/1400, а при виході із четвертої кліті, лист змотується в рулон за

допомогою моталки. Сумарне обтискування на цих станах досягає 80 %, при швидкості прокатування 20-21 м/с.

Холодне прокатування листів проводять з використанням змащення емульсією (суміш машинної оливи з водою), що забезпечує охолодження валків і зменшує коефіцієнт тертя між заготовкою і валками. Отриманий холодним прокатуванням лист піддається термічній обробці (відпалюванню при 650-720 °С для зняття наклепу). Після відпалювання прокатаний лист піддається дресируванню – холодне прокатування з малим обтискуванням (0,5-3 %). Ця операція використовується для листа, який призначений для холодного штампування з глибокою витяжкою.

Окрім того, для холодного прокатування листа використовують плакування – покриття різними полімерами (хлорвінілом, поліетиленом, полівінілхлоридом з метою забезпечення антикорозійної стійкості і електроізоляції).

Трубопрокатні стани (рис. 2.26) призначені для виробництва безшовних і зварних труб, товщиною стінки 2,5-75 мм і більше, зовнішнім діаметром 25-800 мм і довжиною 4-12,5 м для гарячекатаних труб.

Холоднопрокатні труби мають зовнішній діаметр 100-200 мм, товщиною стінки 5-12 мм і довжиною 1,5-9,0 м. Зварні труби мають зовнішній діаметр 500-1700 мм, товщиною стінки 2,25-16 мм і довжиною 4-16 метрів.

Безшовні сталеві труби виготовляють шляхом гарячого і холодного прокатування. Гарячекатані сталеві труби отримують у дві стадії: 1-отримання гільзи із заготовки; 2-прокатуванням гільзи в трубу. Для цього використовують прошивні (поперечно-гвинтові) стани на яких із круглої заготовки (суцільної) отримують гільзу, яку прокатують у трубу на пілігримових, неперервних і автоматичних станах. Серед них найбільш використовуваними є пілігримові і автоматичні стани, на яких отримують труби із зовнішнім діаметром 60-425 мм і товщиною стінки 3-30 мм.

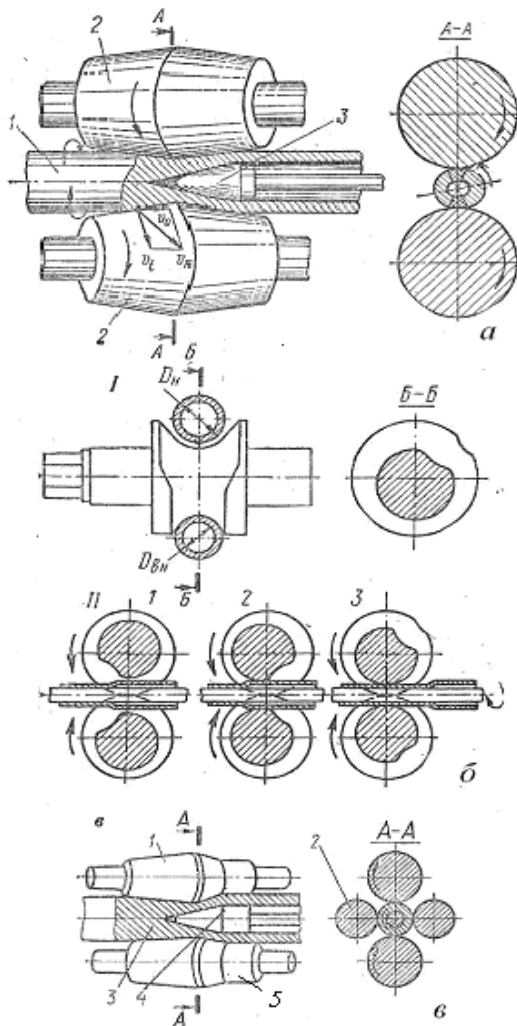


Рис. 26. Трубопрокатні стани: *а*-прошивний (1-заготовка; 2-конусні валки; 3-прошивка); *б* – пілігримовий (1-положення гільзи в момент подачі її в калібри валків, 2-період початку прокатування, 3-період кінця прокатування труби); *в*-автоматичний (1-конусні прокатні валки; 2-підтримуючі валки; 3-заготовка; 4-прошивка; 5-циліндричні хвостовики валків

Прошивний стан (рис. 26, а) з двома робочими косорозміщеними бочкоподібними валками 2, які обертаються в одному напрямку.

При подачі круглої заготовки *I* між обертальні валки, вона отримує обертально-поступальний рух в напрямі прошивки (дорна) 3 діаметром, приблизно рівним діаметру отвору утвореної гільзи за рахунок створюваного осьового зусилля, що діє на заготовку.

Отриману гільзу на оправці прокатують у трубу на пілігримовому дуо-стані (рис. 26, б) з рівчаковими валками перемінного радіусу. Позиція *I* відповідає положенню заготовки (гільзи) для її обтискування, позиція 2 – положення в процесі обтискування відповідного відрізка заготовки, позиція 3 – кінець вирівнювання обтиснутої частини заготовки і її обтискування.

Після цього, за допомогою механізму подачі, заготовка подається вправо на відповідну величину для послідуочого обтискування заготовки (гільзи). Так поступово, за 120-180 подач, відбувається прокатування гільзи у трубу довжиною 30 метрів і більше, із заданим діаметром. Окрім того, безшовні труби, діаметром 50-400 мм і товщиною стінки 3-30 мм отримують на автоматичних і неперервних станах.

На *автоматичних* станах (рис. 26, *в*) процеси прошивання заготовок з отриманням гільз поєднується в одному технологічному процесі з їх розкатуванням одними і тими ж прокатними валками, які на відміну від попередньо-розглянутих валків (рис. 26, *а*) мають на задній конусній частині циліндричний хвостовик, а циліндрична частина прошивки 4 більш видовжена, ніж у прошивних станах. Процес розкатування гільзи на трубу на цих станах відбувається між циліндричними хвостовиками 5 валків і циліндричною частиною прошивки 4.

Неперервні прокатні стани (рис. 26) нараховують 7-9 пар валків, осі яких розміщені під кутом 90° одна до одної і під кутом 45° до горизонтальної площини. Привід валків кожної кліті здійснюється від індивідуального електродвигуна в нових конструкціях станів, що зручніше забезпечувати налагодження і регулювання стана. На таких станах прокатують гільзи, використовуючи циліндричні оправки.

Окрім прокатування безшовних труб, які мають обмеження максимального діаметра, використовують виробництво зварних труб, що дозволяє отримувати труби з максимальним діаметром понад 2500 мм. Для отримання зварних труб використовують штрипси або листи шириною рівною довжині периметра труби.

Труби великого діаметра (більше 750 мм) зі стінками товщиною до 14 мм при пічному зварюванні, перед проведенням формування, нагріваються до 1000-1100 °С, а після формування в трубу, повторно нагрівають до 1200-1350 °С для зварювання в процесі обтискування шва між валками прокатного стана з оправкою. Труби діаметром 1000-2500 мм і товщиною стінок 6-15 мм із прямими і спіральними швами формують без підігріву і зварюють електродуговим зварюванням під флюсом.

У кінці сімдесятих років ХХ ст. інститутом електрозварювання імені Є.О.Патона була розроблена нова технологія виробництва труб діаметром до 1420 мм для газопроводів високого тиску (до 12 МН/м²). Для цього використовується сталевий гарячекатаний лист шириною 1700 мм і товщиною 4-4,5 мм. Незалежно від товщини стінки труби, товщина листа не змінюється, а змінюється лише число шарів листів, яке може досягати до 5-7 штук. Пошарові труби на 20 % дешевші від труб однакової товщини стінки порівняно із трубами отриманими за стандартною технологією.

До спеціальних методів прокатування відносяться кулькопрокат, бандажопрокат, прокат зубчатих коліс, періодичний профілепрокат та інші.

Поперечно-гвинтове прокатування куль здійснюється на станах, в яких рівчаки (калібри) валків виготовлені по гвинтовій кривій. Циліндрична заготовка 1 (рис. 27, а) при прокатуванні отримує одночасно обертальне і поступальне переміщення у валках 2, подібно прошивному стану при отриманні гільзи при виробництві безшовних труб. Для осьового переміщення заготовки вісі валків розміщені під кутом 4-6° до осі прокатування. Калібри валків розділяють на дві частини: формуючу, яка захвачує заготовку і поступово обтискує її в кулю, а в обробній частині калібру кулі надаються точні розміри і відділення її від заготовки.

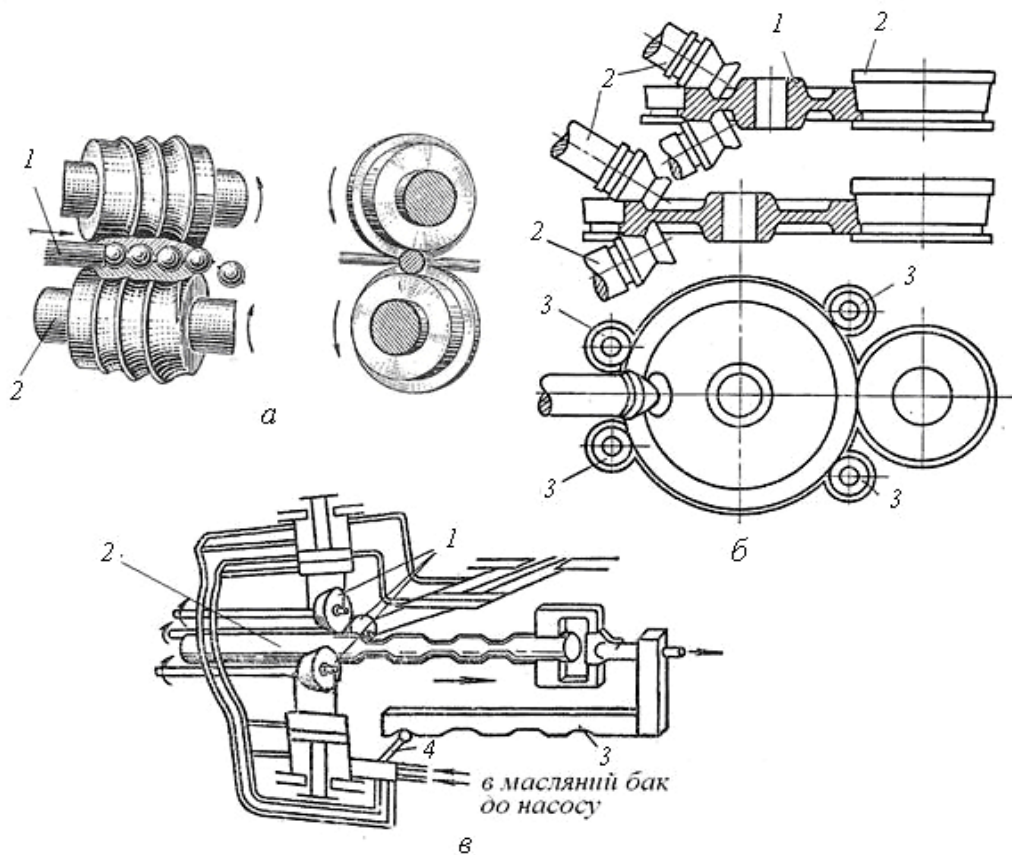


Рис. 27. Схема прокатування на поперечно-гвинтових станах: а-прокатування куль (1 – заготовка, 2 валки); б-прокатування бандажів і коліс (1 – заготовка, 2 – конусні робочі валки, 3 – опорні валки); в-прокатування періодичного профілю (1 – робочі валки, 2 – заготовка, 3 – копіювальна лінійка, 4 – щуп)

На таких станах прокатують кулі діаметром 25-125 мм, використовуючи валки діаметром 190-700 мм і заготовки майже діаметра кулі довжиною 1,5-6,0 м. Заготовки перед прокатуванням нагріваються до 1000 °С і по ввідному жолобу вводяться у валки стана.

Бандажо-колесопркатні стани (рис. 27, б) використовують для отримання суцільнокатаних коліс і бандажів, для залізничного транспорту. Для їх виготовлення використовують сталі з 0,4-0,6 % С, а їх виробництво є комбінованим процесом, що включає ковку і прокатку з виконанням таких операцій: отримання заготовок із круглих зливків масою 3-5 т точінням на спеціальних багатосупортних токарних верстатах. Отримані круги (шайби) нагрівають до 1150-1200 °С і осаджують з послідуочим прошиванням на пресі. Отримані заготовки піддаються штампуванню на пресах із зусиллям 7000-10000 тон з отриманням чорнової заготовки

колеса, яка прокатується на колесопрокатному стані, після чого повільно охолоджується, або ізотермічно витримується при 550 °С. Після повторного нагрівання до 830-860 °С колеса загартовують і відпускають. Кінцева операція – термо-механічна обробка коліс.

Окрім суцільнокатаних коліс використовують і складені, коли окремо виготовляється бандаж і центральна частина колеса. В таких випадках заготовки для бандажів виготовляють із круглих зливків. Отримані заготовки теж осаджують на пресах і прошивають. Отримані кільця поступають на бандажопрокатний стан для обробки робочої і внутрішньої поверхонь валками спеціального профілю. Після прокатування бандажа на стані його, розтягують на спеціальному пресі до необхідного діаметра. Отриманий бандаж термічно обробляють (гартування з відпуском).

Періодичний прокат характеризується зміною поперечного перерізу по довжині отриманого прокату. Періодичні профілі отримують поздовжньою, поперечною, гвинтовою і поперечно-гвинтовою прокаткою (рис. 27, б) і їх використовують, як для отримання готових виробів, так і для заготовок, які використовують при штампуванні і для механічної обробки, що забезпечує економію 20-30 % сталі порівняно із штамповкою зі звичайного прокату.

В основному, періодичні профілі отримують поперечною і поперечно-гвинтовою прокаткою, з використанням трьохвалкових станів з конусними валками (рис. 27, в). Конусні валки розміщені в робочій клітці стана під кутом 120° один до одного. Кожний валок переміщується поперек своєї осі за допомогою індивідуального гідравлічного циліндра відповідно копіра, що дає змогу на цих станах отримувати профілі різної конфігурації, в тому числі зубців шестерень і діаметром виробів 10-120 мм. Відповідно цьому їх маркують: «стан 10», «стан 120» і т.п.

Поперечною прокаткою накатують зубці шестерень між двома обертальними валками із рівчаками, відповідного модулю зубців шестерні

(зубчатими валками) з осьовою подачею заготовки або з радіальною подачею валків.

Сортамент прокатної продукції. Основна маса отриманих сталених зливків піддається обробці на прокатних станах для отримання заготовок і готових виробів, які використовуються як в цехах металургійних заводів, так і в різних галузях народного господарства. Форма поперечного перерізу прокатного виробу називається профілем. Сукупність різних за формою профілів називається сортаментом прокатної продукції.

Розрізняють такі найбільш поширені профілі прокатної продукції, які показані на рис. 28: *a* – простої геометричної форми, сортовий прокат, який в основному, використовується як заготовки для обробки тиском як на сортових станах, так і в ковальсько-пресових цехах; *б* – фасонний, який використовується, як елементи конструкцій у будівництві; *в* – спеціальний використовується, в основному, як елементи конструкцій в автотракторному та інших галузях машинобудування; *г* – періодичний прокат використовується у різних галузях машинобудування; *д* – трубний прокат який поділяється на товстостінний і тонкостінний, труби зварні і безшовні; *е* – листовий (тонколистовий, товстолистовий); *є* – штабовий (штрипсовий) прокат.

Наведені профілі прокатування виготовляють із різних за якістю сталей: вуглецевих (звичайної якості), якісних і високоякісних; легованих (низьколегованих, середньолегованих і високолегованих). Із збільшенням якості і ступеня легованості сталей, їх використовують для виготовлення інструменту і найвідповідальніших деталей машин (колінчасті вали, шатуни, шестерні, ресори, та ін.), що працюють в умовах великих навантажень і агресивних середовищ.

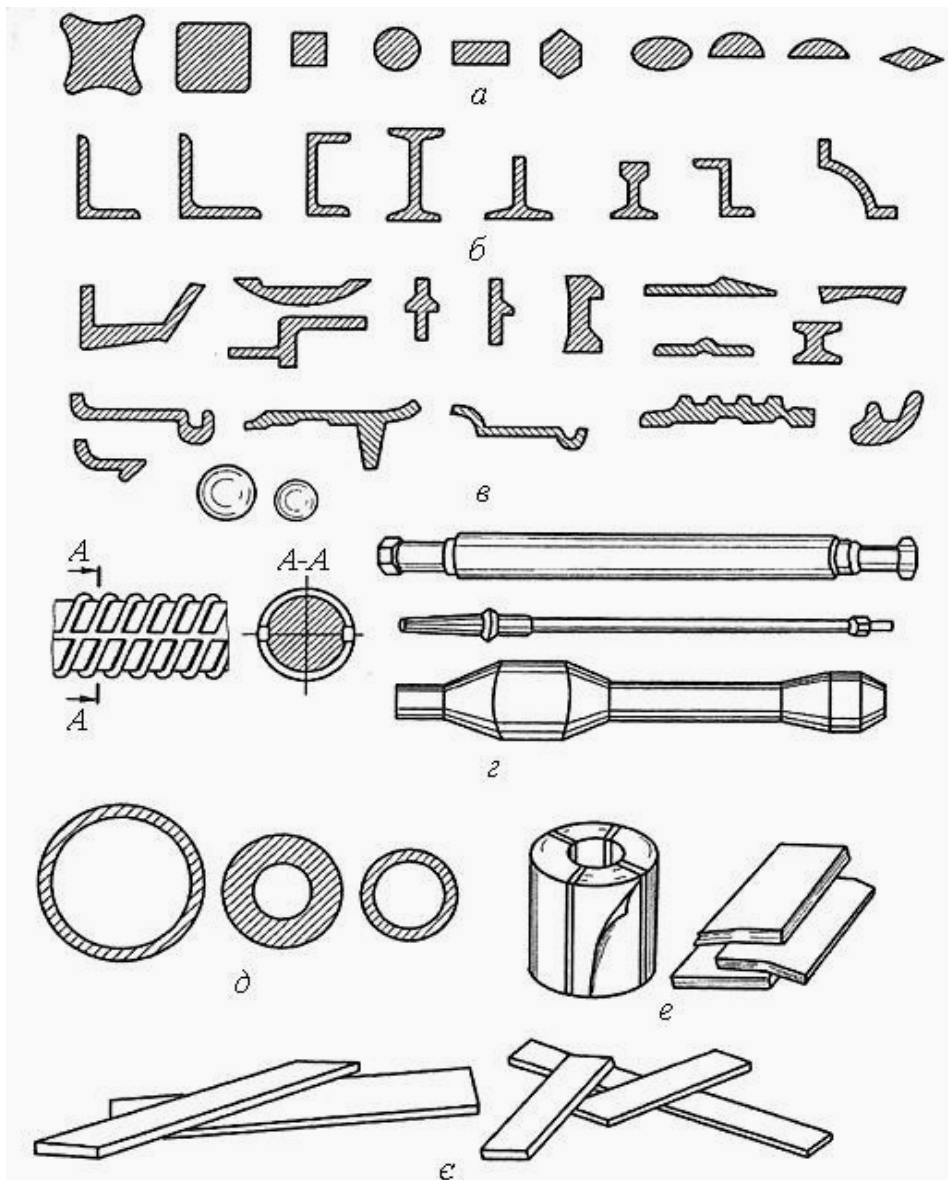


Рис. 28. Сортамент прокатної продукції: *a* – простого профілю; *б* – фасонного профілю; *в* – спеціального; *г* – періодичного; *д* – трубного; *е* – листового; *є* – штабового

Холоднокатані гнуті профілі із листа і стрічки відзначаються високою якістю поверхні, зменшуючи затрати на механічну обробку із забезпеченням високого коефіцієнта використання металів (99,5-99,8 %) і зменшує величину браку в 3-5 разів порівняно з гарячим прокатуванням на сортових станах. Гнуті профілі виготовляють із різних металів та їх сплавів товщиною від 0,1 до 20 мм і шириною 6-2000 мм на обладнанні простої конструкції з низькими експлуатаційними витратами капіталовкладень. Основна продукція гнутих профілів виробляється на профілезгинальних

станах різного призначення: профілювання листа, профілювання штабового прокату, стани неперервної дії і стани періодичної дії та ін.

Гнуття заготовок у валках профілезгинальних станів дає можливість отримати фасонні профілі з найраціональнішим розподіленням металу в перерізі виробу, що надає їм максимальної жорсткості і міцності при мінімальних витратах металу.

Необхідно відмітити, що характер деформації заготовок профілюванням принципово відрізняється від характеру деформації в процесі прокатування.

Якщо при прокатуванні необхідна форма перерізу надається заготовці за рахунок обтискування і витяжки, в основному, розігрітого металу, так при профілюванні необхідна форма перерізу надається за рахунок деформації пластичного гнуття заготовки в холодному стані. Окрім того, процес прокатування супроводжується явищем випередження і відставання металу по відношенню до швидкості обертання валків, а при профілюванні ці явища відсутні. Сучасна технологія виготовлення гнутих профілів сконцентрована на спеціальних заводах, а також в окремих цехах розміщених безпосередньо у споживачів гнутих профілів виготовленої продукції. Це авіаційні, автозаводи, суднобудування, електротехніка, цивільному машинобудування та ін.

На згинально-профілювальних станах періодичної і неперервної дії отримують профілі напівзакритого і закритого типу достатньо складної форми (рис. 29), які неможливо отримати звичайними методами прокатування.

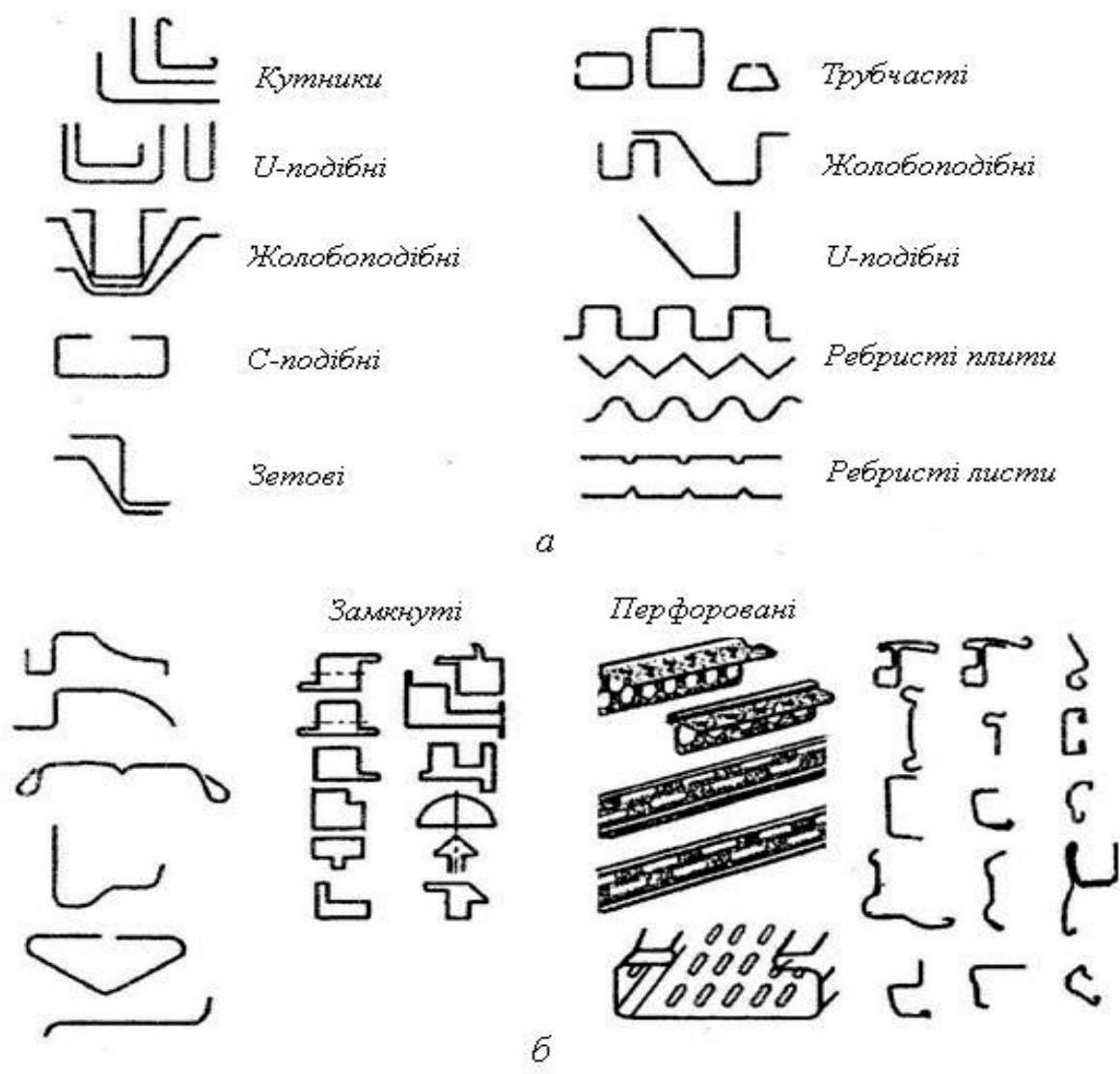


Рис. 29. Гнуті профілі: *a* – прості; *б* – спеціальні

Використання гнутих профілів забезпечує економію понад 25-30 % прокату і значне зниження виробничих затрат. Встановлено, що в результаті значного економічного ефекту від використання гнутих профілів в усіх галузях народного господарства, будівництво цехів для їх виробництва окупається менше, ніж за півроку. У той же час капіталовкладення при будівництві прокатних цехів окупається за 4-8 років.

Виходячи із потреб гнутих профілів, у сучасному машинобудуванні гнуті профілі найбільше використовуються у транспортному

машинобудуванні (залізничні вагони, тепловози, вагони метро, платформи, декоративні обшивки та ін.). Значну економію сталі дає використання гнутих профілів у конструкціях сільськогосподарського машинобудування, за рахунок зниження ваги окремих вузлів машин, до 50 %. Гнуті профілі також широко використовуються в гірничорудній промисловості, металоконструкціях шахтного виробництва та ін.

Отримання поковок

Вільним куванням називається процес деформації, в більшості випадків, гарячої заготовки між бойками молота або преса таким чином отримують заготовку - *поковка*.

На відміну від інших методів обробки заготовок деформацією, вільне кування має свої особливості при проектуванні поковок. Якщо при прокатуванні, штампуванні, пресуванні форма і розміри отриманого виробу, забезпечуються профілем використовуваного інструменту(штампи, прокатні валки і т. п.), то при вільному куванні в процесі деформації під бойками молота відбувається нерівномірна деформація заготовки, а відповідно, нерівномірне формування поковки. Наприклад, при деформації циліндричної заготовки, між бойками молота, вона перетворюється в бочкоподібну поковку, а квадратна заготовка у форму близьку до круглої і т. п., тобто практично неможливо досягти рівномірного осадження з великою ступінню деформації. Це пояснюється законом найменшого опору, коли кожна точка деформованого матеріалу переміщається в просторі в напрямку найменшого опору.

Виходячи з цього, окрім припусків при проектуванні і розрахунку поковок, що отримують вільним куванням, враховують необхідність того, що вони повинні мати максимально спрощені форми та, по можливості бути симетричними. А в місцях де неможливо уникнути складної конфігурації, різкої зміни розмірів і форми поперечного перетину заготовки необхідно

передбачити напуски для спрощення конфігурації поковки, уникаючи конічних і клиноподібних форм, виступів і т. п.

Розробляючи технологічний процес виготовлення поковки, потрібно прагнути до зменшення кількості операцій і переходів, зведення до мінімуму відходів металу та одержання деталей з високими механічними властивостями.

Для отримання високих механічних властивостей поковок має значення вибір оптимального температурного інтервалу кування, відповідно до марки сплаву, що застосовується. Також необхідно враховувати напрямок утвореної текстури металу, що утворюється в процесі кування

Вибір інструменту для виготовлення поковки залежить від розмірів і конфігурації поковки. Обладнання вибирають за масою падаючих частин кувальних молотів залежно від розмірів заготовки і видів операцій вільного кування .

З урахуванням неточності виготовлення поковки при вільному куванні необхідно, в залежності від розмірів поковки призначити відповідні відхилення (припуски, допуски) на номінальні розміри поковки. Окрім того, маса заготовки повинна бути більшою за масу поковки з врахуванням вигару металу при нагріванні і припусків на механічну обробку.

Використання ручного кування в порівнянні з іншими методами обробки заготовок має ряд переваг: універсальність у відношенні форм заготовок, відсутність затрат на дороге технологічне обладнання, покращення структурного стану оброблюваних заготовок в процесі деформації. До недоліків цього методу слід віднести низьку продуктивність праці і невисоку точність поковки, що є причиною підвищених витрат сплавів у порівнянні з іншими методами деформації

заготовок. Окрім того, ручним куванням обробляються заготовки з обмеженою вагою до кількох кілограмів.

До основних операцій вільного кування відноситься осадка, протяжка (витяжка), рубка, прошивка, кручення, зварювання, згинання, розкатка та ін.

Зварювання (ковальське) проводять різними методами (в розруб, в напуск і в стик. Спочатку розігрівають кінці зварюваних заготовок до температури 1275 – 1350 °С, а потім, з'єднавши їх відповідно до певного методу зварювання, прикладають зовнішнє зусилля.

В основному ковальському зварюванню піддають заготовки з низьковуглецевих (0,15 – 0,25 %С) сталей при ремонтних роботах. У сучасному виробництві практично ковальське зварювання не використовується із-за наявності більш досконалих способів електричного і газового зварювання.

Технологія машинного кування

Машинне вільне кування здійснюється на ковальсько-пресових машинах (молотах і пресах) з використанням відповідної механізації за допомогою маніпуляторів і кантувачів і кантувачів, які призначені для подачі і кантовки заготовок в пароповітряних молотах, а також для завантаження і вивантаження із печі заготовок і транспортування їх до молотів. Вантажопідйомність маніпуляторів досягає більше 300 т.

Кувальні молоти поділяються на приводні (фрикційні, важельні, ресорні та пневматичні) і пароповітряні. Характеристикою молотів є маса падаючих частин в кілограмах, або в тоннах. Енергія удару (E) молота визначається за формулою:

$$E = \frac{mv^2}{2} = \frac{Gv^2}{2g},$$

де: *m* – маса падаючих частин;

v – швидкість падаючих частин в момент контакту із заготовкою;

G – загальна вага падаючих частин;

g – прискорення сили тяжіння .

Пневматичні молоти з масою падаючих частин 50 – 750 кг, в основному, використовують у ковальських цехах ремонтних майстерень для кування невеликих поковок (до 25 кг).

Пароповітряні кувальні молоти приводяться в дію стиснутою парою або повітрям. За конструкцією їх розділяють на одностоякові з масою падаючих частин 500, 750 і 1000 кг, а також двостоякові молоти арочного типу з падаючими частинами масою від 1 до 5 т, крім того використовуються двостоякові молоти мостового типу з падаючими частинами масою 2-5 т.

На таких молотах, в залежності, від маси падаючих частин (1–5 тон), кувають поковки вагою від 100 кг до 1,5 т.

Для кування середніх і великих заготовок використовують гідравлічні і парогідравлічні преси.

Гідравлічні кувальні преси використовують для кування заготовок великих розмірів, працюють зі значно меншими (0,3 м/с), ніж молоти. Їх основною характеристикою є створене зусилля, яке може досягати від 2 до 150 МН.

Нижня поперечина (станина) преса 5 виставляється на бетонному фундаменті. До неї за допомогою масивних гайок кріпиться чотири колони 4, зверху яких закріплена верхня поперечина 3. Діаметр колон у потужних пресів може досягати до 1000 мм, а їх висота до 25 метрів. Таким чином, названі елементи преса являють собою жорстку раму (станину) преса. У верхній траверсі 3 закріплений робочий циліндр 1 з плунжером 2, який знизу з'єднаний з рухомою поперечиною (траверсою) 6 з бойками (верхнім) 11, а нижній бойок 12 знаходиться у нижній поперечині 5.

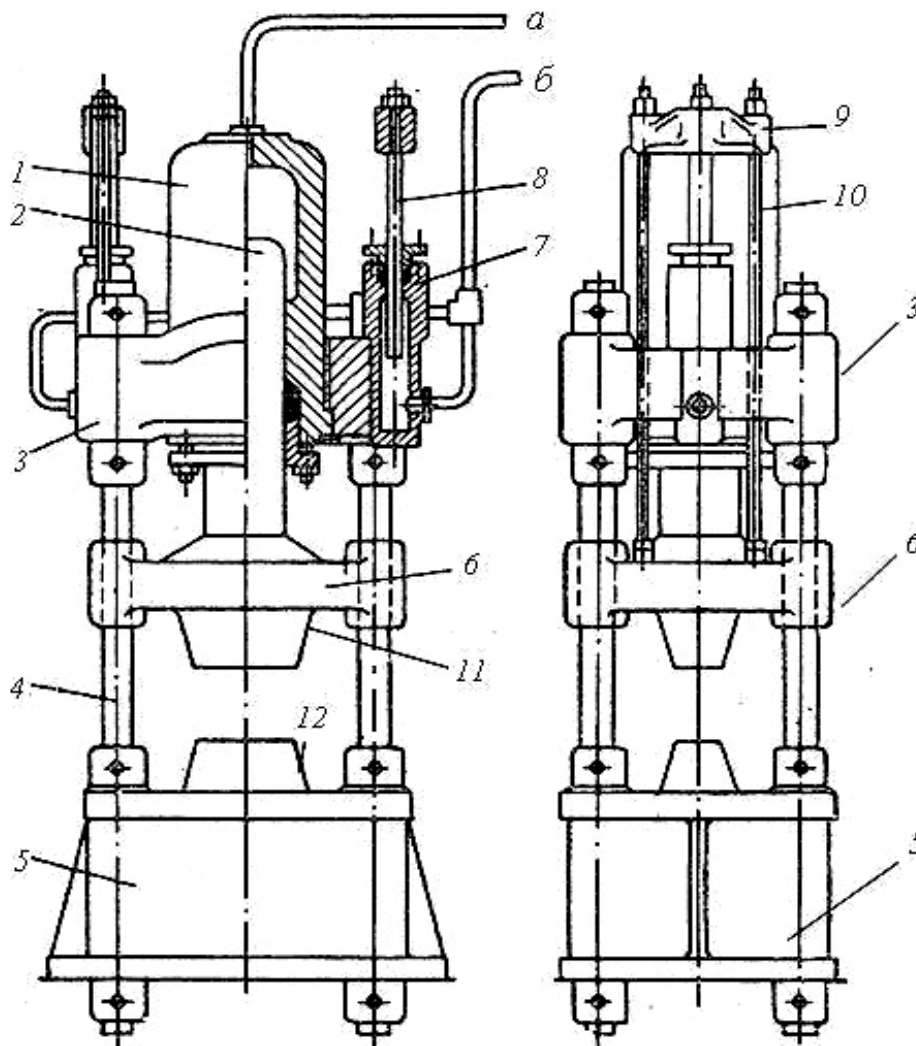


Рис. 30. Схема гідравлічного преса: 1 – робочий циліндр; 2 – плунжер; 3 – верхня траверса; 4 – колони; 5 – станина; 6 – рухома траверса; 7 – зворотній циліндр; 8 – підйомні плунжери; 9 – поперечина; 10 – тяги; 11, 12 – бойки

Для здійснення робочого ходу плунжера 2 з траверсою 6 в робочий циліндр преса по трубці «а» подається рідина, або олива під тиском 20- 50 МПа, створюючи відповідне зусилля через верхній боек траверси на заготовку, яка розміщена на нижньому бойку нижньої поперечини.

Після деформації заготовки здійснюється підйом траверси 6, за допомогою двох зворотних циліндрів 7, які закріплені у верхній нерухомій поперечині 9. При зворотному ході плунжера рідина під тиском поступає по трубці б в нижню частину зворотних циліндрів і тисне на підйомні

плунжери 8 і через дві тяги 10, з'єднаних поперечиною 9, піднімає траверсу 6.

У зв'язку з тим, що швидкість робочого ходу плунжера з рухомою траверсою невисока (до 0,5 м/с), при деформації заготовки не відбувається ударного зусилля, а всі навантаження сприймаються колонами і не передаються на фундамент. Виходячи з цього, на відміну від молотів, пресам не потрібний масивний фундамент. Преси такої конструкції (чотирьохколонні) призначені для масивних поковок і розвивають зусилля в десятки тисяч тонн.

Отримання заготовки - штамповка методом гарячого об'ємного штампування

Отримані в штампах заготовки характеризуються високою точністю розмірів і складністю конфігурації. Об'ємне штампування забезпечує значну економію металу, спрощує складність роботи в ковальських цехах і при послідуєчій механічній обробці, що забезпечує високу продуктивність праці і знижує вартість продукції.

До недоліків штампування відноситься: висока вартість штампів, обмежена маса поковок (до 200 – 300 кг), тому використання штампування економічно вигідно при серійному і масовому виробництві. Виходячи з цього, гаряче, об'ємне штампування використовують в машинобудуванні для виготовлення, в першу чергу, складних за формою поковок відповідальних деталей машин (колінвали, шатуни та ін).

Вибір температури нагрівання заготовок для гарячого штампування залежить від багатьох факторів і, в першу чергу, від ступеня деформації. Наприклад, при штампуванні в області високих температур необхідно вибрати ступінь деформації 25 – 30 %, а при штампуванні при мінімально-допустимих температурах, ступінь деформації повинна бути не менше 15 %. В той же час штампування повинне закінчуватися при більш низьких

температурах (для сталі при температурі близько точки A_{c3}), щоб запобігти росту зерна. Окрім того, для сталей із збільшенням швидкості нагрівання заготовок зменшується вигар сталі (за рахунок високої температури печі 1400–1500 °С), або використовують електропечі з нейтральною атмосферою.

Для масового виробництва невеликих і середніх поковок (гайки, болти, гвинти, хрестовини, колін-вали, шатуни і т.п.) використовується об'ємне гаряче штампування у спеціально-виготовлених штампах, із жароміцних сталей (5ХНМ, 5ХНВ, 4Х8В2, 5ХГМ, 7ХЗ, 5ХНСВ. Гаряче об'ємне штампування здійснюють на молотах, пресах і горизонтально-кувальних машинах.

Штампування на молотах відбувається на підкладних (рис. 31, а) і молотових штампах (рис. 31, б). Прості підкладні штампи складаються із верхньої 2 і нижньої частин і з внутрішнім робочим рівчаком 4. На верхній частині штампа є отвори 1, щоб в процесі штампування в них входили направляючі штирі 5 нижньої частини штампа. Штампування здійснюється під дією удару бойка молота по верхній частині штампа.

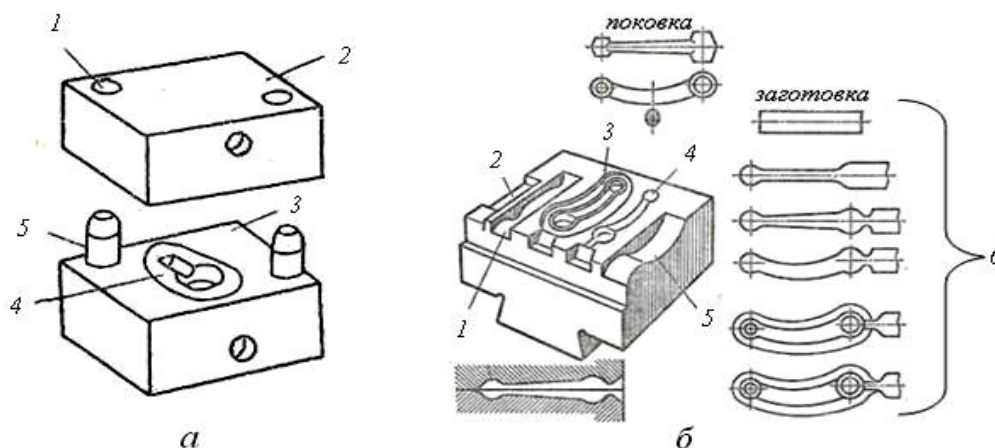


Рис. 31. Штампи: а) – підкладний – однорівчаковий: 1 – направляючі отвори; 2 – верхня частина штампа; 3 – нижня частина; 4 – рівчак; 5 – штирі;
 б) молотовий – багаторівчаковий: 1, 2, 3, 4, 5 – рівчаки штампа;
 б – виштамповки

Підкладні штампи використовують в умовах малосерійного виробництва поковок дрібних деталей масою до 3 – 5 кг і, як правило, штампування проводять з одного нагрівання (1200 °С) заготовки за 4 – 5 ударів бойком молота на кривошипному пресі.

Процес штампування на молотових штампах, що складаються із верхньої і нижньої частин, відбувається подібним чином, як і на простих штампах.

Після проведення операції штампування, для видалення із штампа поковки, його роз'єднують по площині роз'єму верхньої і нижньої половин штампа.

При штампуванні на молотах у поковках замість наскрізних отворів виштампувані зустрічні виїмки – намітки, між якими залишається перемичка, яку на обрізному штампі видаляють прошивкою. На відміну від вільного кування, штампувальні форми і їх розміри визначаються конфігурацією і розмірами рівчаків штампів. Штампи за конфігурацією діляться на однорівчаківі (рис. 31, а) для деталей простої геометричної форми і багаторівчаківі (рис. 31, б) для отримання складних деталей.

У багаторівчаківих штампах передбачені заготівельні рівчаки (протяжні, підкладні, пережимні, згинальні та ін.), в яких відбувається підготовка заготовки до кінцевої операції штампування. Кінцеве штампування заготовки в таких штампах відбувається у штампувальних (чорнових і чистових) рівчаках, з отриманням готової поковки (рис. 31, б). Бокові поверхні рівчаків штампів виготовляють з нахилом 3-2° з метою поліпшення знімання поковки після штампування.

Для об'ємного штампування використовують штампи відкритого (рис. 32, а) і закритого (рис. 32, б) типу. При відкритому штампуванні по периметру поковки утворюється облой (заусенець) (рис. 32, а), а при закритому штампуванні облою немає (рис. 32, б). Штамп складається із двох роз'ємних частин, внутрішні порожнини яких у зібраному стані

утворюють відповідні рівчаки, форма і розміри яких визначають деформацію заготовки.

Відкритим називається штамп у якого по периметру рівчака розміщена облойна канавка 2 (рис. 32, *а*), в яку під час штампування видавлюється зайвий метал, який складає 5,0 – 10,0 % від маси поковки. Такі штампи отримали найбільше використання із-за спрощення розрахунку поковки для штампування на цих штампах.

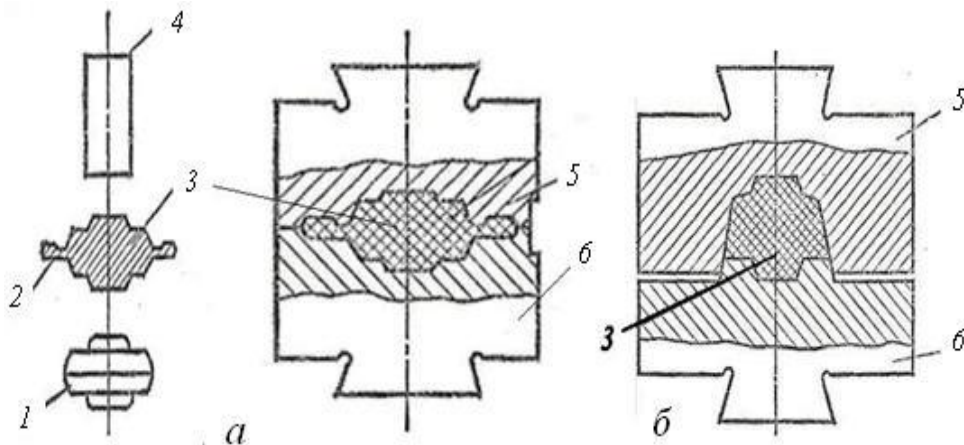


Рис. 32. Схеми штампів: *а* – відкритого (1 – виштамповка, 2 – заусенець, 3 – виштамповка з заусенцем, 4 – заготовка, 5 – верхня частина штампа, 6 – нижня частина штампа); *б* – закритого (5 – верхня частина штампа, 6 – нижня частина штампа, 3 – виштамповка)

Закритим або безоблойним називають штамп (рис. 32, *б*) порожнина якого не має виходу для надлишкового металу. Виходячи з цього, при використанні таких штампів забезпечується зниження витрат металу на облой і економічних затрат на обрізку облою. У той же час, закриті штампи конструктивно складні та дорогі в процесі їх виготовлення, і швидко виходять з ладу в процесі їх експлуатації. Окрім того, ускладнюється розрахунок поковки для штампування на цих штампах у зв'язку з необхідністю досягнення рівності об'єму заготовки і об'єму порожнини штампа. Якщо при розрахунку поковки буде отримано надлишок сплаву,

то в процесі штампування штамп повністю не закриється з утворенням неповносформованої поковки. Навпаки, при недостатці маси заготовки порожнина штампа неповністю заповниться заготовкою з утворенням браку.

Для штампування використовують пароповітряні молоти, кривошипні, кувально-штампувальні преси, які використовують для штампування невеликих поковок (болти, хрестовини, шайби, гайки, заклепки та ін) .

Технологічний процес отримання штампованих виробів дозволяє отримувати заготовки більш складної форми (рис. 33) порівняно із кованими. Дякуючи високій точності і достатній чистоті поверхні поковок їх можна використовувати, не піддаючи механічній обробці.

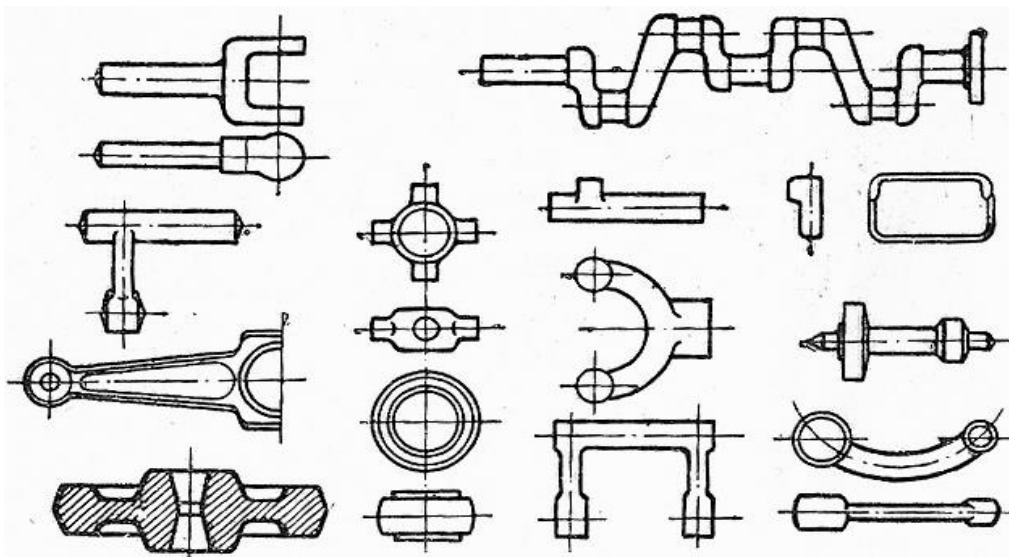


Рис. 33. Деталі отримані методом гарячого штампування

Фінішні операції гарячо-штампованих виробів

У процесі штампування на отриманих виробах залишаються облої, перемички, напуски, ухили, окалина та ін., що вимагає їх усунення з використанням фінішних операцій. З цією метою для видалення облою використовують кривошипні або ексцентрикові преси з обрізними штампами, в яких розрізняють матрицю і пуансон.

Обрізання облою здійснюється в гарячому стані. Гаряче обрізання облою товщиною більше 1,5 мм використовують для великих заготовок із сталей, а також у випадку коли після обрізання буде використовуватись калібрування, правлення або згинання в гарячому стані. Холодне обрізання проводять для дрібних і середніх поковок з облоєм товщиною до 1,5 мм.

Після обрізання облою, поковки правлять в спеціальних або в чистових штампах на молотах, або пресах.

Окаліну з поковок видаляють у піскоструменевих або шротометних установках та в обертальних барабанах і в розчинах (18–20 %) кислот. Для поковок з точними розмірами і чистою поверхнею застосовують калібрування (чеканку). До фінішних операцій гарячо-штампованих виробів, окрім названих, відносяться: термічна обробка, очистка поковок від окаліни, правка, калібрування та ін.

Термічна обробка поковок проводиться з метою отримання заданих механічних властивостей і включає відпалювання, нормалізацію і гартування з відпуском.

Відпалювання поковок проводять з метою зниження їх твердості для покращення умов механічної обробки, усунення структурної неоднорідності і зняття залишкових напружень. Повне відпалювання проводять при температурі на 30 – 50 °С вище точки A_{c3} , а охолоджують із швидкістю 50 – 150 °С за годину до 500 – 600 °С для вуглецевих сталей, а для легованих сталей – швидкість охолодження 20 – 60 °С за годину до температур 500 – 600 °С. Нормалізацію поковок використовують з метою усунення їх крупнозернистої мікроструктури, отриманої в результаті нагрівання і штампування при високих температурах. Гартування з відпуском поковок проводять в тих випадках коли інші види термообробки не забезпечують необхідних механічних властивостей, які передбачені технічними умовами.

Для проведення термічної обробки поковок при крупносерійному виробництві використовують електричні або газові печі конвеєрного, або штовхального типу.

Очистка поковок від окалини проводиться із метою забезпечення стійкості ріжучого інструменту при послідуєчій механічній обробці поковок. Для цього використовують хімічні і механічні способи очищення. При хімічному очищенні поковок проводять травлення поковок у розчинах сірчаної кислоти з концентрацією до 14 % на протязі 40 хв. Для більш надійного очищення використовують механічну очистку в шротоструменевих установках періодичної і неперервної дії.

Правка поковок використовується з метою усунення дефектів: викривлення, непаралельність поверхонь, не перпендикулярність осей та ін. Викривлення поковок може відбуватися під час обрубубання облою, в процесі прошивки отвору, при затупленні ріжучих кромek штампа та ін. Виправлення поковок проводять в гарячому і холодному стані.

Гарячу правку проводять у чистовому рівчаку штампа після обрізки облою нагріванням поковки до заданих температур. Правку поковок в холодному стані проводять після термічної обробки і очистки на штампувальних молотах простої дії, а крупні поковки правлять за допомогою призми на спеціальних гідравлічних пресах.

Калібровка (чеканка) проводиться з метою отримання високої точності розмірів у спеціальних калібрувальних штампах. Розрізняють калібровку площинну, об'ємну і комбіновану.

Об'ємно-холодне штампування

Об'ємно-холодне штампування проводиться з метою отримання поковок без нагрівання заготовок. Об'ємне холодне штампування використовують для масового виробництва невеликих поковок на холодновисаджувальних ковальських автоматах при виробництві дрібних деталей (болти, гайки, заклепки і т.п.) з максимальним діаметром

заготовки 25 мм. Точність холодної висадки на ковальських автоматах поступається точності обробки різанням. В залежності від довжини частини заготовки, яка піддається деформації (висадці) розрізняють автомати на одно-, двох- і трьох-ударні. На одно-ударних автоматах довжина висаджувальної частини дорівнює не більше 2,5 діаметрів заготовки (прутка), на двох-ударних – до 4,0 діаметрів прутка, а для трьохударних – до 8 діаметрів прутка. До операцій холодного об'ємного штампування відноситься: осадка, калібрування, холодна висадка, чеканка, редукування, формовка, відбортовка з використанням відповідного обладнання: штампи, преси, холодно-висадочні автомати і автоматичні лінії.

Калібрування – процес холодного плоского стискування попередньо-виштампованих в гарячому стані виробів між поверхнями відкритого штампа, щоб придати кінцеву форму і розміри виробу.

Чеканка – процес здавлювання виштамповки по всьому її периметру в закритому штампі з метою отримання більш точних розмірів. *Редукування* (обтискування) – звуження поперечного перерізу труб, балонів шляхом дії обтискних бойків з числом ударів 6000 – 11000 за хвилину на ротаційно-кувальних машинах або в штампах з конічним отвором матриці.

Формовка – зміна форми заготовки шляхом місцевих деформацій, наприклад збільшення діаметра середньої частини пустотілої деталі в роз'ємній матриці.

Відбортовка – утворення бортів по зовнішньому контуру заготовки за рахунок розтягування країв заготовки при штампуванні пустотілих виробів, або отворів.

Продуктивність холодно-висадочних одно-ударних автоматів досягає 325 деталей за хвилину.

Листове штампування

Листовим штампуванням виготовляють плоскі і об'ємні тонкостінні вироби із листового матеріалу за допомогою штампів на пресах. В основному листове штампування відбувається в холодному стані з використанням тонкого листа. В деяких галузях виробництва, окрім тонкого листа, використовують вироби із товстолистого прокату (виготовлення газових балонів високого тиску, котлів, суднобудівництво, цистерни, рами та ін.). В таких випадках не виключено використання гарячого штампування, особливо при товщині листа більше 8 – 10 мм.

Вихідними заготовками для листового штампування використовують листи, стрічки, штаби із гарячекатаної конструкційної сталі любого хімічного складу, а також кольорові метали і їх сплави.

Холодним листовим штампуванням виготовляють більше 70 % деталей автомобілів і біля 98 % металевих виробів побутового вжитку.

До основних переваг листового штампування відноситься:

а) економна витрата металів і сплавів поєднується з простотою технології виготовлення виробів і високою продуктивністю;

б) можливість виготовлення виробів складної форми, яких іншими методами неможливо виготовити;

в) можливість легкої автоматизації процесів виробництва із-за простоти використання елементарних операцій обробки листового матеріалу.

Операції листового штампування діляться на роздільні і формозмінюючі. До роздільних операцій відносяться: відрізання, вирубка, пробивка отворів і т.п. (рис. 34, а-е).

Відрізання – розрізання листа на окремі смуги заданої ширини за допомогою ножиць з паралельними ножами (рис. 34, а) і гільйотинними ножицями, похилими ножами, а також з дисковими (рис. 34, б). На

гільйотинних ножицях кут нахилу α ножа дорівнює $2-12^\circ$. Для різання тонкого листа кут $\alpha=2-6^\circ$, а для товстого листа – $\alpha=8-12^\circ$.

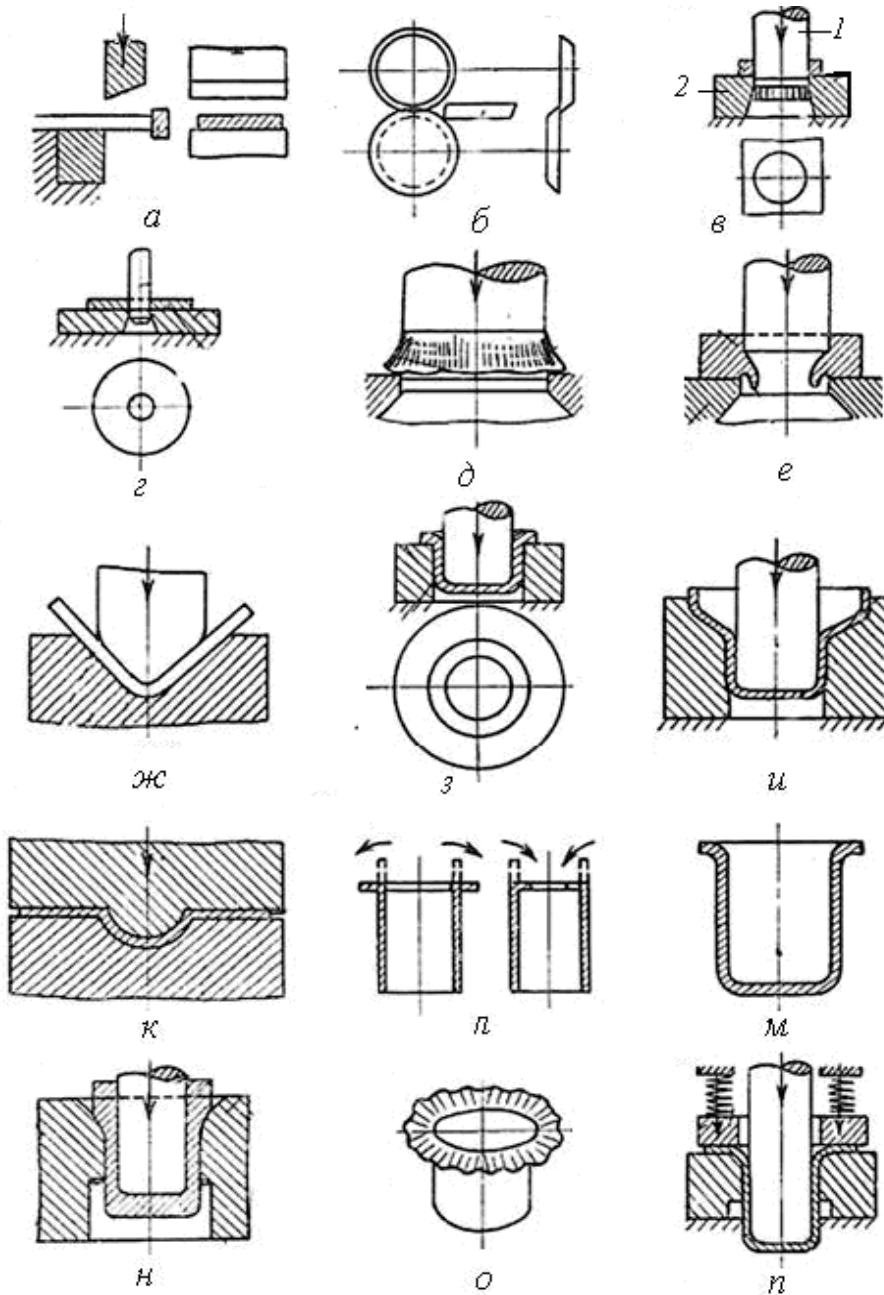


Рис. 34. Операції листового штампування (роздільні *a - e* і формозмінюючі *ж - п*): *a, б* - різання; *в* - вирубка шайби; *г* - пробивка отвору; *д, е* - зрізання заусенця; *ж* - згинання; *з, и* - витяжка без утоньшення; *к, л* - формовка; *м, о* - виштамповки; *н* - витяжка з стоншенням; *п* - витяжка з притисканням

Вирубка по контуру проводиться у штампах (рис. 34, *в*), у яких матриця 1 і пуансон 2 мають гострі кути із зазором Z між отвором матриці і пуансоном:

$$Z = KS,$$

де: S - товщина листа;

K - коефіцієнт, рівний $0,05-0,5 S$.

У процесі вирубання по контуру відокремлена частина від заготовки являє собою деталь. Правильно розрахований зазор Z забезпечує чисте зрізання по периметру вирубаної деталі або отвору і збільшує стійкість штампа.

У процесі *пробивки* отворів (рис. 34, *г*), відокремлені частини від заготовки являють собою відходи (видри).

До операцій *зміни форми* (рис. 34, *ж-п*) відноситься згинання (*ж*), витяжка (*з, и, к, н, п*), формовка (*к*), роздача (*л*) та ін.

У процесі *згинання* (рис. 34, *ж*) відбувається зміна напрямлення осі заготовки, коли внутрішні шари заготовки зі сторони пуансона стискаються, а зовнішні зі сторони матриці – розтягуються, а на границі між цими зонами знаходиться нейтральний шар, довжина якого залишається рівною довжині заготовки.

Витяжка (рис. 34, *з, и*) – перетворення плоскої заготовки у порожнисту ємкість (стакан, чаша, ковпак та ін.). За характером деформації заготовок розрізняють витяжку без стоншення стінки (*з, и, п*) і з стоншенням стінки виробу (*н*).

Для проведення *витяжки без стоншення* використовують витяжні штампи, у яких зазор між пуансоном 1 і матрицею 2 дорівнює товщині заготовки (рис. 34, *и-п*). В таких штампах використовують матриці і пуансони із закругленими робочими гранями, що забезпечує плавність переходу круглої заготовки в ковпак. З метою запобігання утворенню

складок в процесі витяжки заготовки, використовують прижим I фланця заготовки (рис. 34, n). Критерієм необхідності використання прижима фланця заготовки, в процесі витяжки, служить відносна товщина заготовки (Δb):

$$\Delta b = (S_0/D_0) \cdot 100\%,$$

де: D_0 – діаметр заготовки;

S_0 – товщина заготовки, при $\Delta b < 1,5\%$ необхідно використовувати прижим; при $\Delta b = 1,5-2\%$ прижим можна використовувати або не використовувати; а при $\Delta b > 2\%$ прижим не використовують.

Витяжку зі зтоншенням стінки заготовки (рис. 34, n) проводять на витяжних штампах, у яких зазор між пуансоном і матрицею менше товщини заготовки.

Важливе значення в процесі витяжки має правильне використання мастила, яке зменшує тертя між заготовкою і робочими деталями штампа, зменшуючи налипання сплаву заготовки на матрицю і пуансон. Найкращими мастилами є такі, які містять значну частину наповнювачів (крейду, графіт, тальк), які різко знижують коефіцієнт тертя (в 2-3 рази) і у 2-5 разів підвищують зносостійкість деталей штампа. Окрім того, необхідно дотримуватись правила, що за один прохід зменшення товщини стінок не повинно перевищувати 30-35 %, від початкової товщини заготовки, тобто $Z = (0,70-0,65)S_0$.

Розрізняють *листові штампи* простої дії (одноперехідні) (рис. 35) і комбіновані (багатоперехідні). На одноперехідних штампах за один хід пуансона виконується одна операція (згинання або витяжка). На багатоперехідних штампах за один хід пуансона виконується декілька операцій.

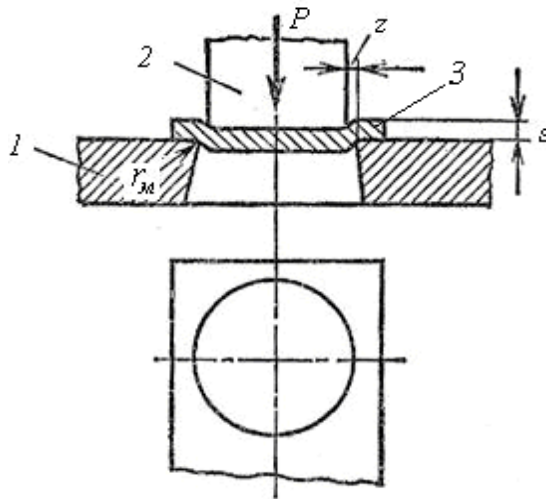


Рис. 35. Вирубний штамп простої дії:

1 – матриця; 2 – пуансон; 3 – заготовка

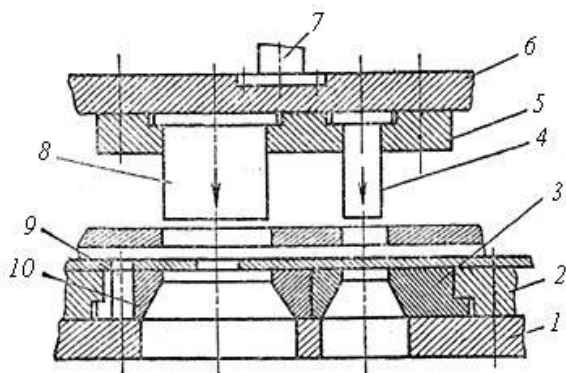


Рис. 36. Штамп послідовної дії: 1-плита

штампа (основа) 2-матрицетримач; 3-матриця пробивки отвору; 4-пуансон пробивки отвору;

5-пуансонотримач;6-верхня плита;7-кріплення верхньої плити до повзуна преса; 8-пуансон вирубний;9-заготовка;10-вирубна матриця

У свою чергу багатоперехідні штампи розділяють на штампи послідовної дії (рис. 36) і суміщеної дії (рис. 37). У штампах послідовної дії (рис. 36) при переміщенні заготовки в напрямку подачі виконується одночасно дві операції: в матриці 3 пуансоном 4 пробивається отвір у заготовці 9, а в матриці 10 пуансоном 8 відбувається вирубка готової деталі (шайби).

Після кожного робочого ходу преса заготовка подається (справа - наліво) на величину шагу подачі (до упору), після чого відбувається черговий робочий хід.

У штампах суміщеної дії (рис. 37) в нижній плиті 1 закріплена матриця 2, в якій поміщається кільцевий прижим 3, який підтримується у верхньому положенні підпружинними стержнями 11, а в центрі кільцевого прижима знаходиться нерухомий пуансон витяжки 4. Заготовка 5 виставляється в напрямку подачі до упора 10.

При робочому ході пуансон 4 вирубку 9, в якого отвір 6 служить матрицею витяжки заготовки своїм периметром вирубку заготовку в матриці з одночасним втопленням її в матрицю 6 при опусканні пуансона вирубку 9 разом з прижимом 3 відбувається витяжка ковпака (стакана) пуансоном витяжки 4, через отвір пуансона вирубку.

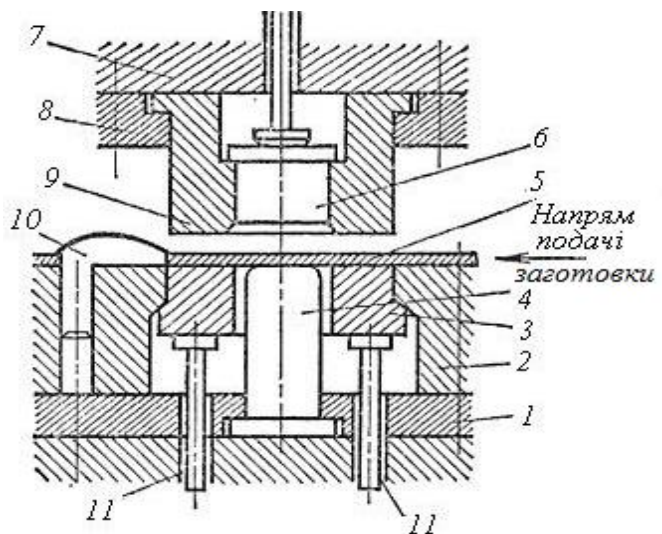


Рис. 37. Штамп суміщеної дії: 1 - нижня плита; 2 - матриця вирубку; 3 - притискувач; 4 - пуансон витяжки; 5 - заготовка; 6 - отвір матриці витяжки заготовки; 7 - верхня плита; 8 - тримач пуансона матриці; 9 - матриця пуансона; 10 - обмежувач подачі заготовки; 11 - направляючі кільцевого притискувача 3

Використовувані штампи для листового штампування приводяться в дію за допомогою різнотипних пресів, які за принципом дії розділяються на механічні (кривошипні), електрогвинтові, пневматичні і гідравлічні.

Кривошипні преси розрізняють простої, подвійної і потрійної дії, автомати, чеканочні, багатопозиційні та ін. Преси простої дії використовують для пробивання, формовки, вирізки, неглибокої витяжки.

Преси подвійної дії мають два незалежних повзуни: зовнішній для притискування заготовки і внутрішній для витяжки. Преси потрійної дії мають три повзуни і використовуються тільки для штампування з неглибокою витяжкою.

У *гідравлічних пресах* зусилля створюється за рахунок дії рідини високого тиску (20–40 МПа) від гідронасосів (кривошипних, плунжерних, ексцентрикових і ротаційних). У приводах гідравлічних пресів у якості робочої рідини використовують водні емульсії або мінеральну оливу (індустріальна 20). Гідравлічні преси, в основному, використовують для згинання і профілювання листових заготовок в малосерійному і серійному виробництві. Використовуючи спеціальне оснащення, на цих пресах проводять вирубку виробів, пробивку отворів, або згинання фігурних профілів. Критерієм вибору засобів механізації та автоматизації процесу кування є їх рекомендована вантажопідйомність в залежності від типу молота (преса) і маси заготовок.

Ковальсько-пресові цехи великих заводів оснащені автоматизованими ковальськими комплексами (АКК). Наприклад, на заводі «Енергопромшпесталь» працюють комплекси АКК-6000 та АКК-15000, які складаються з маніпуляторів вантажопідйомністю 100-120 тонн. І пристроями для заміни комплекту бойків, інструментальних маніпуляторів вантажопідйомністю 2-3 тонни, кабіною управління і системою електронно-обчислювальних машин. Такі комплекси обслуговуються бригадами кількості 6-10 осіб (ковалі, машиністи та ін.).

Отримання заготовок методом пресування

На сучасних горизонтальних гідравлічних пресах використовуються системи автоматичного підтримування заданої швидкості пресування, що забезпечує стабільність механічних властивостей, високу точність, складнопрофільність пресованих виробів (рис. 38), при високій продуктивності процесу.

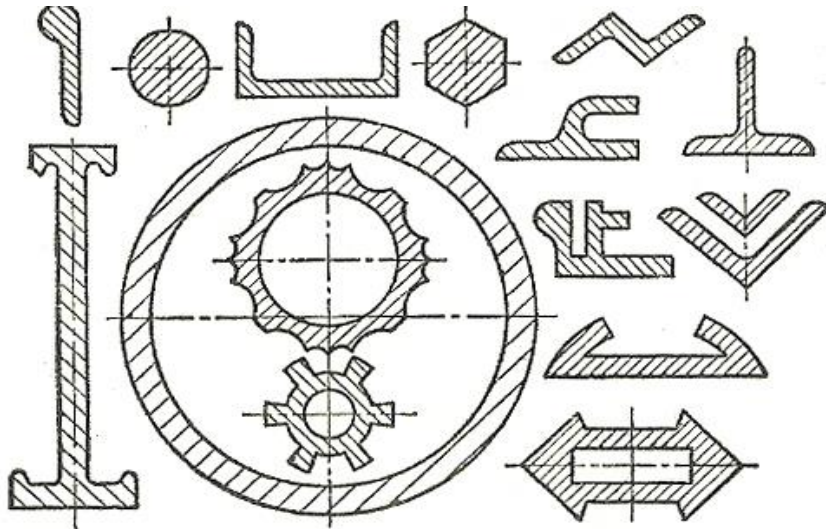


Рис. 38 Профілі пресованих виробів

Пресування – процес видавлювання заготовок пуансоном через отвір матриці (рис. 39) в результаті чого отримують профіль поперечного перерізу виробів будь-якої конфігурації, починаючи від круглої і до складної геометричної форми. Заготовками для пресування використовуються циліндричні зливки діаметром 60 – 500 мм і довжиною 200 – 1000 мм із сталі або кольорових металів. Найбільше використання отримали кольорові метали і сплави, які легко піддаються пресуванню. Пресові вироби отримують як суцільного перерізу так і порожнисті.

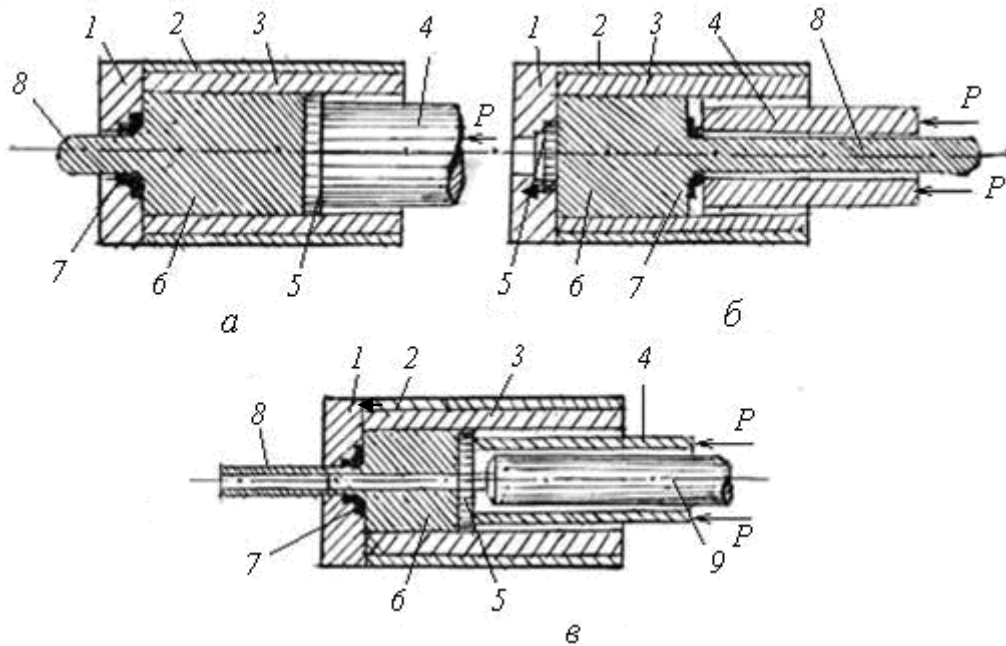


Рис. 39. Пресування заготовок: *а* - пряме (1-матрицетримач, 2-контейнер, 3-втулка, 4-пуансон, 5-прес-шайба, 6-заготовка, 7-матриця, 8-випресовка); *б* - зворотнє (1-матрицетримач, 2-контейнер, 3-втулка, 4-пуансон, 5-прес-шайба, 6-заготовка, 7-матриця, 8-випресовка); *в*-пресування труб (1-матрицетримач, 2-контейнер, 3-втулка, 4-пуансон, 5-прес-шайба, 6-заготовка, 7-матриця, 8-випресовка, 9-прошивка)

Процес пресування ведуть на гідравлічних пресах, розрізняючи при цьому пряме і зворотнє пресування. При прямому пресуванні (рис. 39, *а*) розігріту заготовку *б* до заданої температури завантажують у контейнер 2, у якому під дією пуансона 4 через прес-шайбу 5 відбувається витискування заготовки через отвір матриці 7, який має відповідної форми переріз.

При прямому методі пресування напрям видавлювання заготовки співпадає з напрямом руху пуансона 4, а при зворотньому пресуванні (рис. 39, *б*) напрям руху заготовки, що видавлюється з матриці, відбувається назустріч напрямку руху пуансона. Зусилля пресування *P* визначають за формулою:

$$P = \sigma_n \cdot F_k$$

де: σ_n – напруження на прес-шайбі,

F_k – площа поперечного перерізу втулки контейнера.

На зусилля пресування впливають властивості пресувального сплаву, температура пресування, ступінь деформації, довжина заготовки і швидкість пресування.

При прямому методі пресування необхідно затратити більше зусилля (на 25–30%), ніж при зворотному, тому що воно витрачається на витискування заготовки через матрицю 7 і на тертя заготовки об стінки втулки 3. При зворотному пресуванні зусилля витрачається на видавлювання заготовки через матрицю, тому що переміщення заготовки відносно стінок втулки практично відсутнє.

При виборі параметрів пресування необхідно звертати увагу на швидкість пресування (швидкість витікання випресовки з отвору матриці). Наприклад, із зростанням швидкості пресування температура заготовки зростає, що може призвести до значного її перегріву, з виникненням у готовому виробі тріщин, надривів. Тобто потрібно дотримуватись правила – чим вище температура нагрівання заготовки, тим менше швидкість пресування і навпаки.

У зв'язку з тим, що в процесі пресування, практично видавити весь об'єм заготовки неможливо, то завжди присутні прес-залишки (відходи): при прямому методі – 12 – 15 %, а при зворотному 5 – 6 % від маси заготовки.

Швидкість (V_b) витікання випресовки із отвору матриці дорівнює:

$$V_b = \mu \cdot V_{np.},$$

де: μ – коефіцієнт витяжки заготовки;

$V_{np.}$ – швидкість пресування.

У свою чергу:

$$\mu = F_k / F_m$$

де: F_k - площа внутрішнього перерізу втулки контейнера;

F_m - площа перерізу отвору матриці.

Таким чином, від величини коефіцієнта витяжки випресовки, залежить швидкість її витікання із матриці, яка може коливатись в широких межах в залежності від пластичності сплаву заготовки. Виходячи з цього, максимально-допустима швидкість витікання для алюмінію і латуней дорівнює 100 – 500 см/сек, а для високо-вуглецевих сталей і бронз – 18-80 см/сек.

Отримання каліброваних заготовок методом волочіння

Процес волочіння полягає в тому, що заготовку протягують через отвір волоки (філь'єра), надаючи їй форму і розміри поперечного перерізу, що відповідає отвору волоки (рис.40, а). Оскільки волочіння проводять при кімнатній температурі, то в процесі деформації заготовки відбувається наклепування сплаву з утворенням відповідної текстури зі зміною фізико-механічних властивостей отриманого виробу.

Волока (філь'єр), як робочий інструмент волочильного стану виготовляється із твердосплавних матеріалів ВК6; ВК8; ВК10, синтетичних алмазів (при виробництві дроту діаметром менше 0,6 мм) або інструментальних сталей У8, У10, У12, а також із сталей ШХ15 (для волочіння прутків, труб великих діаметрів).

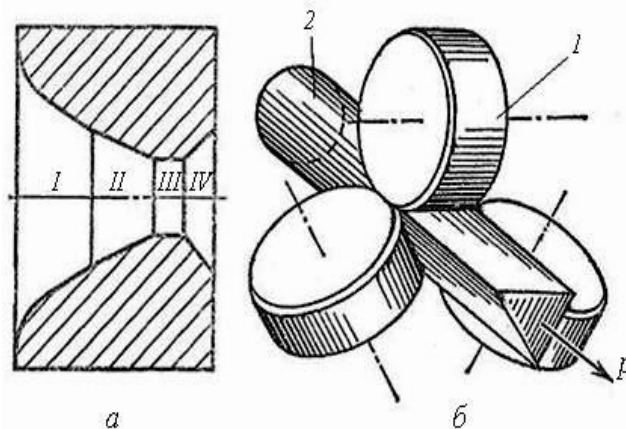


Рис 40. Будова волоки (філь'єри): а- конусної (I-вхідна - мастильна зона, II- деформуєча зона, III-калібруюча зона, IV- вихідна зона - конус); б дискової (1 – диск, 2 – заготовка)

Отвір конусної волоки (рис. 40, а) складається із чотирьох-п'яти зон: I – вхідна – мастильна; II – деформуєча; III – калібруюча; IV – вихідна зона.

Всі зони мають конусну поверхню, окрім калібруючої – циліндричної форми.

Кут конуса деформуючої зони дорівнює $6 - 24^\circ$ в залежності від оброблюваних заготовок, наприклад при волочінні прутків цей кут менший ($6 - 18^\circ$), а при волочінні труб - $10 - 24^\circ$. Окрім того, на величину кута конуса волоки впливає твердість заготовки, тобто при її зростанні, кут зменшується.

Зусилля (P) волочіння є основним параметром, від якого залежить максимально-допустима ступінь деформації за один прохід заготовки через волоку. Враховуючи, що напруження волочіння $\sigma_{нв}$ дорівнює відношенню зусилля волочіння (P) до площі (F) поперечного перерізу заготовки після виходу із волоки:

$$\sigma = \frac{P}{F}, \text{ звідси } P = \sigma_{нв} F$$

Необхідною умовою нормального процесу деформації заготовки у волоці, напруження волочіння, яке виникає у заготовці при деформації, повинно бути менше границі текучості $\sigma_{нт}$ деформованої заготовки при виході із волоки ($\sigma_{нв} < \sigma_{нт}$), щоб уникнути деформування заготовки після виходу із волоки.

Для визначення коефіцієнта витяжки (μ) при волочінні користуються залежністю:

$$\mu = f \frac{F_1}{F_2} = \frac{d_1^2}{d_2^2},$$

де: F_1 - площа поперечного перерізу вихідної заготовки;

F_2 - площа поперечного перерізу заготовки після деформації;

d_1 – діаметр заготовки до деформації;

d_2 – діаметр заготовки після деформації.

При волочінні приймають коефіцієнт витяжки за один прохід 1,20 – 1,60, а сумарний в межах 1,70 – 6,50. На практиці більше користуються величиною обтискування (λ), яка дорівнює:

$$\lambda = \frac{F_1 - F_2}{F_1} \cdot 100\% ; \text{ або } \lambda = \frac{d_1^2 - d_2^2}{d_1^2} \cdot 100\% ;$$

При волочінні важливу роль відіграє швидкість проходження заготовки через волоку, яка впливає на температуру розігріву заготовки в процесі деформації у волоці. Із збільшенням швидкості волочіння зростає температура заготовки, тим інтенсивніше чим більший переріз заготовки, що обробляється.

Технологічний процес волочіння включає наступні операції:

- 1 Попередня термообробка (відпалювання заготовки) для створення дрібнозернистої структури, необхідної для процесу волочіння.
2. Загострення кінців заготовки, які необхідно протягнути через отвір волоки і закріпити у захватах (кліщах) волочильного стану.
3. Травлення поверхні заготовки у розчині сірчаної кислоти з метою видалення з поверхні окалини.
4. Нейтралізація і промивання заготовок для видалення залишків травного розчину з послідуочим сушінням заготовок.
5. Нанесення на поверхню заготовки мастильних покриттів.
6. Процес волочіння в один або декілька проходів.
7. Термообробка (відпалювання) заготовки після кожного проходу через волоку.
8. Кінцева обробка готової продукції (відрізання загострених кінців, розрізання на задану довжину, калібрування поверхні та ін.).

При волочінні труб розрізняють: волочіння без оправки (рис. 41 ,б); на довгій оправці, яка вставляється в трубу і протягується разом з нею з метою значного зменшення товщини стінки труби; на нерухомій оправці (рис. 41 ,в) з метою зменшення зовнішнього діаметра з одночасним

зменшенням товщини стінки. Швидкість волочіння труб досягає 50 м/хв., а для тонкого дроту – понад 2000 м/хв.

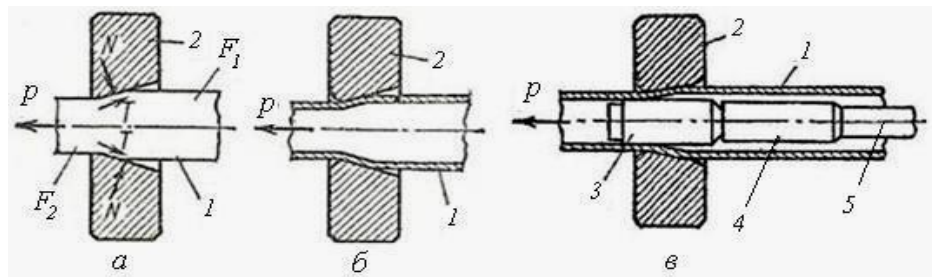


Рис. 41. Способи волочіння: *a* - прутків (1-заготовка, 2-філь'єра, F_1 -переріз прутка до деформації, F_2 -переріз прутка після деформації); *б* - труби без оправки (1- труба без оправки, 2-філь'єра); *в* - труби з оправкою (1-заготовка труби, 2-філь'єра, 3, 4, 5- оправка)

Волочіння заготовок відбувається при температурі навколишнього середовища, тому розігрітий після виходу з волоки дріт охолоджують емульсією, водою або струменем повітря. Волочіння проводять на волочильних станах, які складаються з двох основних частин: робочого інструменту – волоки і тягнучого пристрою.

Волочильні стани з прямолінійним рухом тяги за методом протягування заготовки через волоку класифікуються на: механічні, (барабанні, гвинтові, стрічкові, ланцюгові і рейкові), гідравлічні, пневматичні. У таких станах швидкість волочіння може бути постійна і перемінна. На таких станах обробляють пруткові і трубні заготовки із швидкістю волочіння 6 – 62 м/хв. і силою тяги від декількох тонн до 200 т.

Окрім ланцюгових станів, використовують автоматизовані гідравлічні, в яких протягуються заготовки через волоку за допомогою гідравлічних циліндрів. Перевага таких станів у їх плавному переміщенні заготовок, що зменшує можливість розривання заготовки в процесі волочіння. У сучасній технології волочіння заготовок окрім конусних використовують дискові обертальні волоки і волочильні дошки з декількома філь'єрами з різною формою отворів.

Окрім класичної технології холодного волочіння, ще із середини ХХ століття почали використовувати технологічний процес теплового волочіння з підгрівом заготовок до температурного інтервалу, що відповідає процесам віддиху. Для нагрівання заготовок використовують електроконтактний або індукційний методи (рис. 42).

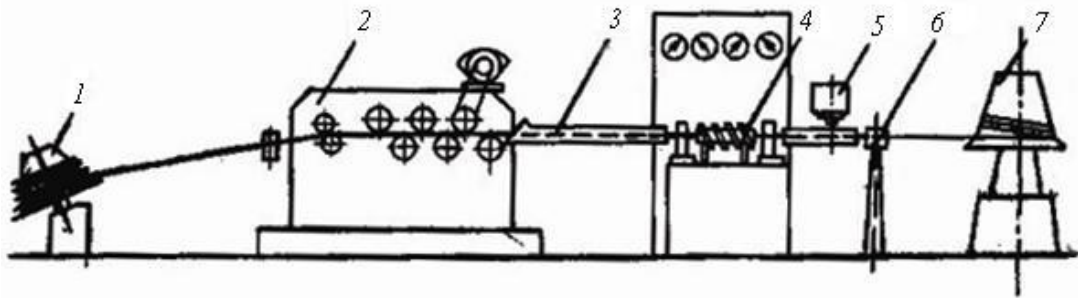


Рис. 42. Схема установки волочіння з підгрівом СВЧ: 1-розмотувальний барабан; 2-вирівнювально-роликова машина; 3-трубка; 4-індуктор; 5-мельниця; 6-волока; 7-намотувальний барабан

Від розмотувального барабана 1 заготовка (дріт) поступає у вирівнювально-роликову машину 2 і через направляючу трубу 3 – в індуктор 4. Нагріта заготовка змащується у мельниці і після деформації у волоці 6 намотується на барабан.

Така технологія волочіння використовується як для кольорових металів і їх сплавів, так і для сталей, в тому числі для високолегованих (швидкорізальних).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів: Підручник (Гриф надано Міністерством освіти і науки України, лист №1/11-9794 від 10.06.2013р.)/Опальчук А.С., Афтанділянц Є.Г., Роговський Л.Л., Семеновський О.Є //Ніжин, ПП Лисенко М.М, 2013.- с 752.
2. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів. Лабораторний практикум: посібник для вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації/ Опальчук А.С., Котречко О.О., Роговський Л.Л., Семеновський О.Є., Роговський І.Л.// 2015. –С 425.
3. Кондаков А.В., Васильев А.С. Выбор заготовок в машиностроении. Справочник. – М.: Машиностроение, 2007 – 560с.
4. ДСТУ EN 10020:2007. Сталі. Визначення і класифікація (EN 10020:2000). – Вид офіц. – на заміну ДСТУ EN 10020:2002. – К.: Держспожив стандарт України. 2009.– IV, 5с.
5. Сологуб М.А., Рожнецький І.О., Некоз О.І., Горпенюк М.А., Прейс Г.О., Технологія конструкційних матеріалів; за ред. Сологуба М.А. – 2-ге вид., перероб. і допов. – К.:Вища шк., 2002. – 374 с.
6. Медвідь М.В., Шабайкович В.А. Теоретичні основи технології машинобудування. За ред. проф. М.В. Медвідя. Львів: Видавниче об'єднання «Вища школа», 1976. – 299 с.
7. Проектування технологічного процесу механічної обробки деталі і пристосування. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з курсу «ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ», для студентів напрямку підготовки 6.050503 “Машинобудування”/ К.Г. Лопатько, О.В. Зазимко, Г.М. Похиленко, А.В. Поліщук. – Київ. НУБіП України, 2016. – 50 с.

ЗМІСТ

ФАКТОРИ ВИБОРУ ЗАГОТОВОК	3
ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВОК З ЛИВАРНИХ СПЛАВІВ	4
Ливникова система	15
Формовка в ґрунті	16
Машинна формовка	20
Технологічні властивості ливарних сплавів	23
Плавильні агрегати і заливання форм	27
Особливості отримання виливків кольорових сплавів	31
Види браку виливків	34
Спеціальні методи литва	36
Термообробка виливків	51
ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВОК МЕТОДАМИ ДЕФОРМАЦІЇ	52
МАТЕРІАЛІВ	
Типи обладнання, що використовується для нагрівання заготовок	56
Отримання заготовок із прокату	65
Отримання поковок	80
Отримання заготовки - штамповка методом гарячого об'ємного штампування	85
Листове штампування	93
Отримання заготовок методом пресування	100
Отримання каліброваних заготовок методом волочіння	103
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	108