

Тема 2.6 Леговані сталі

План уроку

- 2.6.1 Вплив легувальних елементів на структуру і властивості сталі
- 2.6.2 Класифікація, маркування і застосування легованих сталей
- 2.6.3 Леговані конструкційні сталі
- 2.6.4 Леговані інструментальні сталі
- 2.6.5 Сталі і сплави з особливими властивостями

2.6.5 Сталі і сплави з особливими властивостями

Нержавіючі (корозійностійкі) сталі

Нержавіючі сталі мають високу корозійну стійкість у хімічно активних газових і рідких середовищах. Висока корозійна стійкість цих сталей забезпечується великим вмістом хрому, нікелю і марганцю. Нержавіюча сталь, яка прекрасно протистоїть корозії та окисленню, містить приблизно 13...19% хрому і 8...13% нікелю.

Хромисті нержавіючі сталі 08X13, 12X13, 20X13 належать до мартенситного класу, тому вони призначені для виготовлення деталей з підвищеною пластичністю, які піддаються ударними навантаженням і працюють в слабко агресивних середовищах (повітря, вода, пар) – клапани гідравлічних пресів, вали, штоки, лопатки турбін, клапани та інші. Сталі марок X17, X28, X25T належать до феритного класу, а тому термообробкою зміцнити їх не можна. Призначені в основному для виготовлення деталей штампуванням.

Хромонікелеві Нержавіючі сталі додатково легують титаном, молібденом, ніобієм і деякими іншими елементами (X18H9T, X16H15M3 та інші). Ці сталі високопластичні, добре штамнуються і зварюються. Застосовують їх для виготовлення апаратури, яка працює в контакті з водяною парою, кислотами та іншими хімічно активними середовищами. Сталі типу X18H9T належать до аустенітного класу, тому зміцнювальній термічній обробці їх не піддають. Гартування у воді сприяє підвищенню їх пластичності. Сталі марок 10X17H13M2T, 10X17H13M3T застосовують в середовищах підвищеної і високої агресивності для виготовлення зварних виробів, які працюють в азотних, кислотних і азотнокислих середовищах при підвищених температурах.

Зносостійкі сталі

Довговічність машин у великій мірі залежить від зносостійкості матеріалу, із якого виготовлені її деталі.

Зносостійкість сталі залежить від її хімічного складу, структури, термічної обробки, твердості структурних складових.

Для деталей, які працюють на тертя, великий вплив на спрацювання має характер роботи і умови зносу. Наприклад, графіт являється внутрішнім змазуванням, зменшується тертя і спрацювання поверхні деталі. Структура мартенситу володіє

високою зносостійкістю за рахунок наявності твердих і рівномірно розміщених карбідів.

До зносостійких відносять вуглецеві інструментальні сталі У10...У13, хромисті, хромовольфрамкові, швидкорізальні сталі. До зносостійких також відносять графітізовані сталі ЕІ293, ЕІ336, ЕІ366, які мають високий вміст вуглецю і кремнію (1,30...1,75% С, 0,7...1,25%Si), вони підвищують здатність сталі до графітізації при відпалі. Такі сталі переважають за міцністю вуглецеву якісну конструкційну сталь 50.

Широкого запровадження одержала високомарганцевиста ливарна аустенітна сталь марки 110Г13Л з вмістом 1,0...1,4% С, 11...14% Мп. Вона володіє високою в'язкістю, зносостійкістю в умовах ударних навантажень і великих тисків; цю сталь застосовують для виготовлення гусениць тракторів, ковшів екскаваторів. Дана сталь важко обробляється різанням.

Жаростійкі і жароміцні сталі та сплави

Під жароміцністю розуміють здатність сплавів зберігати міцність при високих температурах, а під жаростійкістю – здатність сплавів чинити опір хімічним діям, газовому середовищу при високих температурах.

Жаростійкість (окаленостійкість) залежить від непроникненості і міцності плівки оксидів, які утворилися на поверхні сплавів в процесі газової корозії при високих температурах.

Для одержання міцної непроникненої плівки сталь легують хромом, а також кремнієм або алюмінієм. Вона стає щільною, добре прилягає до металу, що погіршує дифузію кисню.

Щільні захисні оксидні плівки одержують при введенні в сталь достатню кількість хрому. Через те Нержавіючі сталі одночасно являються жаростійкими сталями. При цьому жаростійкі властивості ростуть із збільшенням вмісту хрому в сталі. Наприклад, сталь вмістом 5% хрому зберігає окаленостійкість до 600⁰С (15Х5), 9% - до 800⁰С (40Х9С2), 17% - 900⁰С (08Х17Т).

Жароміцні сталі і сплави класифікують за температурою експлуатації. Для роботи при 500...550⁰С використовують сталі марок 20Х13, 15Х11МФ, 13Х14Н3В2ФР, із яких виготовляють лопатки парових турбін, важко навантажених деталей (диски, вали, стяжні болти), які працюють в умовах підвищеної вологості.

Для роботи при 650...850⁰С застосовують сталі марок 40Х9С2, 40Х10С2Н,

45Х14Н14В2М, із яких виготовляють клапани автомобільних, тракторних двигунів.

Для роботи при 900...1100⁰С використовують сплави марок ХН62МВКЮ, ХН56ВМКЮ, ХН60ВТ, із яких виготовляють лопатки і листові деталі газових турбін.

Магнітні сталі і сплави

В залежності від призначення розрізняють магніто-тверді і магніто-м'які матеріали.

Магнітотверді сталі і сплави застосовують для виготовлення постійних магнітів. До

магнітотвердих сталей відносять сталі марок EX3(1%С, 3%Cr), EX5K5 (1%С, 5%Cr, 5%Со), що підлягають гартуванню на мартенсит. Одним із кращих матеріалів для магнітів вважається сплав *алніко* (8%Al, 14% Ni, 24%Со, решта Fe). Магніти із алніко виготовляють ливарним способом, так як вони погано обробляються різанням. Літера EX характеризує магнітну сталь.

Магніто-м'які сталі (Э1, Э2 та ін., літера Э характеризує м'яку магнітну сталь) використовують для роботи в умовах безперервного перемагнічування. Магніто-м'які матеріали призначені для виготовлення осердь трансформаторів, реле, магнітопроводів. До магнітом'яких матеріалів належать: технічне чисте залізо, електротехнічні феритні сталі з вмістом до 4% Si, а також спеціальні сплави – пермалой, альсифер та інші. Пермалой – це сплав заліза з 45...80% Ni і деякими іншими елементами (Cr, Mo, Si, Cu); альсифер – сплав заліза з 5,5% Al і 9,5% Si. Електротехнічну сталь і пермалой випускають у вигляді листів.

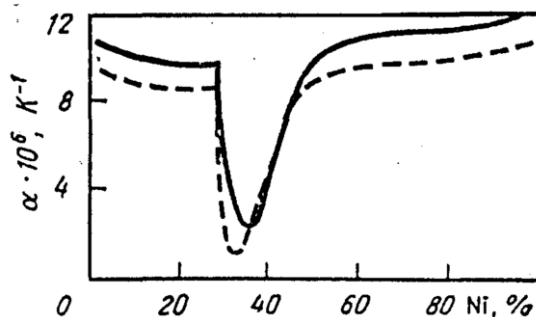


Рис. 2.32. Залежність температурного коефіцієнта лінійного розширення від

Електротехнічні сталі і сплави

Сталі і сплави цього типу використовують як матеріал, що має мінімальний електроопір, або, навпаки, для перетворення електричної енергії в теплову. Друга група електротехнічних сплавів має високий електроопір і використовується для виготовлення електронагрівальних елементів і реостатів.

Для провідникових матеріалів застосовують мідь, алюміній, рідко – срібло. Провідникові матеріали повинні вміщувати мало домішок, так як легуючі домішки підвищують електроопір.

Особливу групу провідникових матеріалів складають спеціальні провідники. З пониженням температури проходить монотонне падіння електроопору. Проте при температурах, близьких до абсолютного нуля (такі температури називають критичними), опір деяких металів і сплавів різко зменшується. Для таких провідників використовують сплави Nb – Ti, Nb – Zn, Nb – Zn – Cu, Nb – Ge та інші.

Для електронагрівників використовують феритні низьковуглецеві сталі, леговані хромом і алюмінієм (хромалі) і сплави нікелю і хрому (ніхроми), які працюють до температур 1100...1200⁰С. Молібденові нагрівники, хоча і мають високу допустиму температуру експлуатації (до 1500⁰С), через низьку жаростійкість можуть працювати тільки у вакуумі або середовищі інертних газів.

Для реостатів використовують мідно-нікелеві сплави з додаванням марганцю (константан), електроопір яких мало змінюється при коливальних температурах. Константан МНМц40-1,5 вміщує 40% Ni і 1,5%Mn.

Сплави з малим температурним коефіцієнтом лінійного розширення

Малий температурний коефіцієнт лінійного розширення мають сплави системи Fe – Ni в інтервалі концентрації 29...45%Ni.

На рисунку 2.32. наведена залежність температурного коефіцієнта лінійного розширення від вмісту нікелю. Найменше значення коефіцієнта α має інвар 36Н – сплав, який вміщує 36% нікелю ($\alpha=1,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$). Ще нижче значення коефіцієнта лінійного розширення ($\alpha=1,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) в температурному інтервалі від -60 до $+100^\circ\text{C}$ досягається при використанні суперінвар 32НКД – сплаву, додатково легованого кобальтом і міддю (31,5...33%Ni, 3,2...4,2%Co, 0,6...0,8%Cu).

Сплави з високим електроопором

Сплави з високим електроопором призначенні для виготовлення електронагрівних елементів, приладів, електричних печей і для реостатів (реостатні сплави). Сплави з високим електроопором повинні мати високий питомий опір; низький температурний коефіцієнт електроопору; високу окислостійкість, особливо сплави для елементів, які в процесі роботи нагріваються до високої температури, (1300°C). Цим вимогам відповідають так звані фехрالی – сплави заліза з хромом і алюмінієм (X13Ю4, X27Ю5А), а також ніхроми сплави хрому з нікелем (X20Н80, X20Н80ТЗ).

Для реостатних сплавів окислостійкість не має особливого значення, так як дріт в реостатах нагрівається не вище 500°C . Для нагрівних елементів застосовують сплави на нікелевій чи залізній основі, а для реостатів – на мідній. Всі сплави з високим електроопором відносяться до сплавів – твердим розчином.

Сплави з дивними властивостями.

Відомо більше десяти тисяч марок сталей різного призначення. Створені і дивні марки сталі: “дерев’яна”, срібна та інші. Про деякі з них розповімо.

В 1825 році в Росії були проведені дослідження про сплавляння сталі з платиною, у співвідношенні шість фунтів сталі і вісім золотників очищеної платини. Рідку масу вилили в чавунну форму і швидко охолодили в холодній воді. В зламі бруска сталь виявилась однорідною і дуже дрібнозернистою, що простим оком неможливо було побачити її крупнозернистість. Після виточення і гартування вона різала скло, як алмаз, рубала чавун і залізо та не затуплювалася.

Пізніше одержали більш дешеві і широко розповсюджені легуючі елементи, які дають кращі результати. Наприклад, у сплаві платиніт немає платини (вміщується 48% нікелю, 0,15% вуглецю, решта залізо). Сплав має коефіцієнт теплового розширення, як у скла.

В 1927 році в Берліні на виставці показували невелику каструлю з двома вушками. В ній кипіла вода і одне з вушок було гаряче, а друге тепле. Тепле вушко було виготовлене з дерев’яної сталі в склад якої входили 35% нікелю, 1% хрому і решта залізо. Називалась ця сталь так через те, що теплопровідність була подібна до дерева. Найменше відхилення від рецепту викликає втрату цих властивостей.

Автором цього сплаву був швейцарський професор Гийом.

Алмазною сталлю називають леговану інструментальну сталь, яка вміщує 1,25...1,45% вуглецю, 0,4...0,7% хрому і 4...5% вольфраму. Така сталь має дуже високу твердість, наближену до твердості алмазу. Її застосовують для зняття тонкої стружки з твердих матеріалів (відбіленого чавуну, скла).

Для утворення нових марок сталей використовують, наприклад азот. Гази в металі – завжди небажані домішки, зменшують якість металу. А в Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона в спеціальній печі, де розплавляють метал, спеціально подають азот. Після охолодження одержується сталь, про яку давно мріяли машинобудівники: жароміцні, стійкі до впливу кислот і лугів. Азот перетворюється в корисний елемент: за рахунок утворення нітридів ванадію, титану, молібдену проходить подрібнення зерен. Застосування азоту дозволило скоротити частину нікелю і зовсім не використовувати феросплави.

Японським спеціалістом вдалося одержати в твердому вигляді аморфний метал (без кристалічної структури). Для цього змішують залізо або нікель (90%) з фосфором і вуглецем, кремнієм алюмінієм і бором. Суміш нагрівають до 1200⁰С. Після сплав дуже швидко охолоджують, піддають обертанню з швидкістю 5 тисяч обертів за хвилину. Така сталь в багато разів твердіша відомих сталей і володіє високою хімічною стійкістю. Нову марку сталі застосовують навіть на атомних електростанціях, в приладах для дослідження моря, в апаратурі хімічної промисловості.

Спеціалісти Інституту сплавів працюють над розробленням способів перетворення металу в “металеве скло”. Принцип одержання металу із “скловидною” структурою такий: заставити розплавлений метал затвердіти з такою швидкістю, щоб не встигала сформуватись кристалічна ґратка. Тому струмінь розплавленого металу через спеціальну форсунку “вистрілюється” на холодну поверхню, яка рухається, мідний барабан. При цьому метал миттю твердіє, розплющується і змотується прозорою стрічкою на котушку. Оскільки у нового матеріалу немає кристалічної ґратки, то він у десятки разів міцніший традиційної сталі. Металеве скло незамінне для одержання приладів, які працюють в агресивних середовищах, при низьких температурах чи високих механічних навантаженнях.

Великий інтерес виявляє сплав нікелю з титаном – нітинол. При проведенні дослідів з цим сплавом було виявлено, що він володіє здатністю “запам’ятовувати”. Нагріваючи нітинол, надавали йому визначену форму, потім охолоджували і сплющували. Після охолодження знову нагрівали і сплав приймав свою попередню форму з високою точністю, повторюючи всі згинання, заокруглення, одержані при першому нагріванні.

Виявлено, що легко метали сприймають і “запам’ятовують” навантаження “перенесені” ними при дуже високій температурі.

Запам’ятовуючі сплави показали, що тимчасові навантаження викликають в металі ті чи інші напруги, після зняття їх залишають в металі “сліди” і метал постійно сумірує їх.

Питання для самоконтролю:

1. Як класифікуються вуглецеві сталі?
2. Як маркують вуглецеві сталі і розшифровують їх?
3. Які сталі називають легованими і як маркують їх?
4. Застосування конструкційних, інструментальних легованих сталей.
5. Чим характеризуються основні марки швидкорізальної інструментальної сталі?
6. Як вибрати марку сталі для конкретної деталі?

Тема 2.8. Сплави кольорових металів

План уроку

- 2.8.1 Сплави на мідній основі
- 2.8.2 сплави на алюмінієвій основі
- 2.8.3 Магній та його сплави
- 2.8.4 Титан та його сплави
- 2.8.5 Бабіти та інші антифрикційні сплави

2.8.1 Сплави на мідній основі

Мідь разом із золотом, сріблом, залізом, оловом, свинцем і ртуттю називають “чудовою сімкою” металів відомих людям з найдавніших часів: вважають, що людина знайома з міддю приблизно 10 тисячоліть.

Мідь має червоний колір з густиною $8,93 \text{ г/см}^3$ і температурою плавлення 1083°C . Міцність у відпаленому стані $\sigma_{\text{в}}=250 \text{ МПа}$ і твердість НВ 50, пластичність $\delta=45\%$.

Мідь має найменший (після срібла) питомий опір, тому широко застосовують для виготовлення провідників струму (дроту, шнури, кабелі, шини).

Мідь має високу теплопровідність, пластичність. Добре обробляється штампуванням в холодному і гарячому стані. Найменша товщина листа буває $0,05 \dots 0,06 \text{ мм}$, а діаметр дроту може становити $0,02 \dots 0,03 \text{ мм}$.

Для технічних цілей велике значення має чистота міді, бо найменший вміст домішок знижує її електропровідність. В залежності від чистоти мідь виготовляють таких марок: МОО (99,99% Cu), МО (99,95%Cu), М1 (99,90%Cu), М2 (99,7%Cu), М3 (99,50%Cu).

Сплави на мідній основі поділяються на латуні і бронзи.

Латунь – сплав міді з цинком з вмістом до 45%Zn. Латуні дешевші за мідь і мають переваги за міцністю, в’язкістю і корозійною стійкістю.

В залежності від технологічних властивостей латуні поділяють на *деформівні* (оброблювальні тиском) і *ливарні*. Латунь з вмістом до 32% цинку добре обробляється тиском в холодному і гарячому стані.

Для виготовлення виробів обробкою тиском (в холодному стані) застосовують, наприклад, латуні марок Л96, Л80, ЛО70-1 та ін. Після обробки тиском в холодному стані на латуні утворюється наклеп, який знімається рекристалізаційним відпалом при

температурі 500...600°C.

Із латуней марок ЛС59-1, ЛС74-3, ЛС64-2 і інші виготовляють деталі гарячого штампування з наступною обробкою різанням. При збільшенні вмісту цинку понад 38% твердість латуні підвищується, покращуються ливарні властивості, але знижується пластичність.

В залежності від числа компонентів латуні поділяють на прості (двохкомпонентні) і спеціальні (багатокомпонентні).

Прості латуні вміщують тільки мідь і цинк. Їх маркують літерою Л і цифрами, які вказують вміст міді в сплаві. Наприклад, марка Л80 означає латунь з 80% Cu, решта – Zn.

Враховуючи високу пластичність, прості латуні обробляються тиском.

Прості латуні марок Л96, Л90, Л85 (мають найбільшу основу міді) називаються томпаками. З них виготовляють радіаторні трубки, штаби, профілі, стрічки та інші.

Спеціальні латуні мають легуючі елементи – алюміній, нікель, кремній, олово, свинець, залізо та інші. Ці домішки підвищують корозійну стійкість, твердість, міцність, а також технологічні властивості (полегшують обробку різанням). Вміст легуючих елементів (окрім міді і цинку) від 1 до 8%.

У марці спеціальних латуней елементом позначають початковими літерами їх назв: О – олово, С – свинець, Н – нікель, Мц – марганець, Мг – магній, Ж – залізо, К – кремній, А – алюміній і так далі. Перші дві цифри, які стоять за літерою Л, вказують середній вміст міді в %, а наступні – вміст інших елементів у %, решта – цинк. Наприклад, марка ЛС59-1 вміщує 59% Cu, 1%Pb і решта – цинк; марка ЛАЖМц66-6-3-2 латунь вміщує 66% Cu, 6% Al, 3%Fe, 2%Mn і решта – цинк.

Зміцнювальній обробці латуні не піддаються.

Бронзи. Бронзами називають сплави міді з оловом, алюмінієм, кремнієм, свинцем, берилієм і деякими іншими елементами.

Бронзи володіють високими механічними і антифрикційними властивостями, корозійною стійкістю, хорошими ливарними властивостями і обробкою різанням. В основному із них виготовляють деталі, які працюють в умовах тертя.

Марка бронзи починається літерами Бр, за ними йдуть літери, що позначають легуючі елементи, і цифри, які вказують їх вміст, (решта – мідь). Наприклад, марка БрОЦ10-2 означає: Бр – бронза олов'яниста з вмістом 10% олова і 2% цинку решта – мідь. Марка БрАЖМц10-3-1,5 – бронза алюмінієва, з вмістом 10% алюмінію, 3% заліза, 1,5% марганцю, решта – мідь.

Олов'янисті бронзи мають низьку лінійну усадку, тому їх використовують для одержання складних фасонних відливок. Деформівні бронзи характеризуються хорошою пластичністю і високою міцністю, ніж ливарні. Їх використовують для виготовлення круглих і плоских пружин, мембран. Марки деформівних бронз: БрОФ6,5-1,5; БрОЦ4-3 та інші поставляють у вигляді стрічок, прутків, дроту, труб; ливарні – БрОФ10-1, БрОЦС6-6-3 та інші застосовують для виготовлення підшипників ковзання арматури та інші.

Алюмінієві бронзи володіють високими механічними, антикорозійними властивостями. До переваг порівнюючи з олов'янистими бронзами відносять меншу вартість, більш високі механічні і технологічні властивості. Однофазні бронзи (БрА5, БрА7, які вміщують 6...8%Al) мають хорошу пластичність і відносять до деформівних. Алюмінієві бронзи додатково легують нікелем, залізом, марганцем та іншими (БрАЖ9-4, БрАЖН10-4-4, БрАЖМц10-3-1,5), їх використовують для різних втулок, направляючих сідел, фланців, шестерень, які працюють при температурах 400...500⁰С.

Кремнієві бронзи мають високу пластичність, добрі ливарні і корозійностійкі властивості. Вони за механічними властивостями наближаються до сталей. Кремнієві бронзи вміщують 3...4%Si і додатково легують нікелем і марганцем, що підвищує міцність, пружність (застосовують для виготовлення пружин марки БрКН1-3, БрКМц3-1).

Кремнієві бронзи легко обробляються тиском, різанням і добре зварюються.

Берилієві бронзи відрізняються високою міцністю, твердістю, пружністю, і стійкістю проти спрацювань, а також високою хімічною стійкістю, доброю зварюваністю і обробкою різанням. Ці бронзи вміщують 1,8...2,3берилію і піддаються зміцненню термічною обробкою (гартування і старіння). Наприклад, бронза БрБ2в стані після гартування і старіння має $\sigma_b=1250\text{МПа}$ і $\delta=3...5\%$. Бронзу часто легують нікелем і титаном (0,1...0,25%).

Берилієві бронзи застосовують для мембран, пружин, пружинних контактів, деталей, які працюють на знос (кулачки півавтоматів), в електронній техніці та ін. Недолік берилієвих бронз – висока вартість.

Мідно-нікелеві сплави чинять великий опір електричному струму, відзначаються високою твердістю, жаростійкістю і корозійною стійкістю. Використовують ці сплави для нагрівальних елементів, термопар, реостатів, посуду та інші.

Маркуються ці сплави літерами і числами. Перша літера Н означає, що сплав нікелевий; дальші літери показують наявність інших елементів; двозначне число показує вміст міді в у відсотках, решта – нікель. Найчастіше застосовують такі сплави: НХ9,5 (хромель) – для термопар; НМц85-12 – для реостатів; НМц65-20 (нейзільбер) – для корозійностійких деталей.

2.8.2 Сплави на алюмінієвій основі

У 1893 році в Москві вийшла книга інженера Н.Жукова “Алюміній і його металургія”, в якій автор писав: “Алюміній покликаний зайняти видатне місце в техніці замінити собою коли не всі, то багато які із звичайних металів...”. Для такого сміливого твердження були підстави: адже тоді вже були відомі чудесні властивості “срібла з глини”.

Уже створено алюмінійовану (покриту шаром алюмінію) тканину, яка має чудову властивість: вона “уміє” і зігрівати, і охолоджувати. Завіси на вікнах з цієї тканини, якщо їх повісити металом на зовні, пропустять світлові промені, але відіб'ють теплові –

в жаркий літній день в кімнаті буде прохолодно. Зимою ж завіси слід перевернути: тоді вони повертатимуть тепло в приміщення. У плащі з такої тканини можна не боятись ні жару, ні холоду.

Останнім часом вчені та інженери велику увагу приділяють створенню нових матеріалів – пінометалів. Уже розроблено технологію одержання піноалюмінію – новий матеріал на диво легкий: 1см^3 важить лише 0,19 грама. Пробка, яка завжди була синонімом легкості, неспроможна конкурувати з цим матеріалом: вона на 25...30% важча.

Алюміній – це сріблясто-білий метал з густиною $2,7\text{г/см}^3$ і температурою плавлення 660°C . У відпаленому стані він має $\sigma_{\text{в}}=80\dots100\text{ МПа}$, велику пластичність $\delta=35\dots40\%$, високу корозійну стійкість, електро – і теплопровідність, НВ 25...30. Алюміній широко використовують в електротехніці для виготовлення шин, дроту і кабелів.

Чистий алюміній виробляють таких марок: А999(99,999%Al), А995(99,995%Al), А99(99,99%Al), А97(99,97%Al), А95(99,95%Al) і технічної чистоти (для технічних сплавів) А85, А8, А7, А6, А5 (99,5%Al), АО(99,0%Al).

Технічний алюміній виготовляють у вигляді листів, профілів, прутків, дроту. У відпаленому стані алюміній легко обробляється тиском. Зварюється всіма видами зварювання.

У сучасні техніці широко застосовують сплави на алюмінієвій основі, які за своїми технологічними властивостями діляться на три групи: ливарні сплави, із яких деталі виготовляють ливарним способом; сплави, що деформуються, із яких виготовляють різні напівфабрикати прокатуванням, пресуванням, волочінням, куванням і штампуванням; сплави що одержуються способом порошкової металургії – спіканням (САП - спікання алюмінієвих порошоків, САС – спікання алюмінієвих сплавів).

Ливарні алюмінієві сплави містять підвищену кількість кремнію, міді, магнію або цинку. Ці сплави повинні володіти високою рідкотекучістю, невеликою усадкою і малою здатністю утворенню гарячих тріщин.

Ливарні алюмінієві сплави мають такі марки та їх маркування: АЛ1...АЛ9, АЛ19, АЛ32 та ін. Літери АЛ – алюмінієвий ливарний сплав і число вказує умовний номер.

Сплави алюмінію і кремнію АЛ2, АЛ4, АЛ9, називають *силумінами*. Вони вміщують від 6 до 13%Si. Ці сплави застосовують для виготовлення деталей складної конфігурації і середньої навантаженості. А силуміни, які вміщують 9...14%Si, для підвищення їх механічних властивостей піддають модифікуванню натрієм.

Сплави алюмінію і магнію АЛ8 (9,5...11%Mg), АЛ13(4,5...5,5%Mg) набувають після термічної обробки високої міцності і пластичності, мають високу стійкість до корозії, їх застосовують для виготовлення деталей, які піддаються значним ударним навантаженням або працюючих при високих температурах.

Сплави алюмінію і міді АЛ7, АЛ12 застосовують для виробництва фасонного лиття.

Найкращими ливарними і механічними властивостями володіє сплав із вмістом 8%Cu.

Алюмінієві сплави, що деформуються, поділяються на зміцнювальні і не зміцнювальні термічною обробкою.

До не зміцнюваних термообробкою належать сплави алюмінію з магнієм (АМг) і алюмінію з марганцем (АМц). У сплавах АМц міститься до 1,5%Mn, а в сплавах АМг – 7% Mg і 0,8% Mn. Для підвищення у них міцності додатково вводять до 2% V (АМг5В). Ці сплави характеризуються високою пластичністю, добре зварюються, стійкі до корозії. З них виготовляють штамповані і зварні вироби (труби, баки, ємкісні резервуари та інші).

До сплавів, які зміцнюються термообробкою, належить *дюралюміні*. Вони вміщують 2...5% Cu і до 1,8%Mg; 1%Mn; 0,7%Si; 1%Fe. Позначають дюралюміні літерою Д і умовним номером сплаву, наприклад Д1, Д16 (3,8...4,9%Cu, 1,2...1,8% Mg, 0,3...0,9% Mn, Al – решта), які застосовують для виготовлення лонжеронів літака, силових каркасів, будівельних конструкцій, кузовів вантажних автомобілів та інші. Дюралюміні проходять термічну обробку: гартування і старіння. Для гартування дюралюмініу Д16 нагрівають до температури 495...505⁰С, а марки Д1 – до 505...510⁰С і охолоджують у воді при 40⁰С. Після гартування проводять старіння (витримують при кімнатній температурі протягом 4-7 діб), при цьому міцність і твердість дюралюмініу підвищується.

Алюмінієві сплави для кування і штампування маркують літерами АК. Вони володіють хорошою пластичністю і стійкістю до утворення тріщин при гарячій пластичній деформації (450...475⁰С). Сплав АК6 (1,8...2,6%Cu, 0,4...0,8%Mg, 0,4...0,8%Mn, 0,7...1,2%Si) використовують для деталей складної форми і середньої міцності ($\sigma_b=360$ МПа), які виготовляються в гарячому стані (крильчатки, спеціальні кріпильні деталі та ін). Сплав АК8 пропонується для сильно навантажених штампованих деталей (стиків вузлів, поясів лонжеронів, лопатей гвинтів гелікоптера та інші). Сплави АК теж піддають гартуванню і штучному старінню.

Високоміцні алюмінієві сплави маркують літерою В. Вони відрізняються високою міцністю (600...700МПа), але меншою пластичністю, ніж дюралюміній, і вміщують, крім міді, марганцю і магнію цинк і хром. Марки цих сплавів: В95 і В96 (2,2...2,8%Cu, 2,5...3,2%Mg, 0,2...0,5%Mn, 7,6...8,6Zn), які застосовують для навантажених конструкцій працюючих в умовах стиску (обшивки, лонжерони літаків, силові каркаси будівельних споруд та інші).

Алюмінієві сплави, одержані спіканням на основі Al – Al₂O₃, мають назву САП і САС, які вміщують велику кількість легуючих елементів. Наприклад, САС1 (25...30% Si, 5...7% Ni і Al – решта) застосовують для виготовлення деталей приладів, які працюють в парі із сталлю при температурі 20...200⁰С, вони вимагають поєднання низького коефіцієнта лінійного розширення і малої теплопровідності. Сплави типу САП володіють високою жароміцністю при довгому нагріванні (до 500⁰С).

2.8.3 Магній і його сплави

Магній – це сріблясто-білий метал із температурою плавлення 651°C і густиною $1,74\text{г/см}^3$. Механічні властивості магнію не високі, тому для виготовлення деталей він не застосовується. Магнієві сплави володіють меншими питомою вагою, та тепло – і електропровідністю, ніж алюмінієві сплави. Крім того, вони сильно піддаються корозії. Всі магнієві сплави дуже добре обробляються різанням. Ці сплави поділяються на деформівні і ливарні сплави.

Магнієві деформівні сплави застосовують для виготовлення поковок і штамповок (МА2, МА3, МА5 та ін, вміщують 7,9...9,2% Al, 0,15...0,5%Mn, 0,2...0,8%Zn, Mg – решта). Марки сплавів позначаються літерами МА і умовним номером. Ці сплави застосовують для виготовлення деталей, які сприймають ударні навантаження і значні вібрації.

Сплав МА1 володіє високою пластичністю, корозійною стійкістю, доброю зварюваністю і має міцність $\sigma_{\text{в}}=210\text{МПа}$. Магнієві сплави, що деформуються, мають високу міцність, знайшли широке застосування в літакобудуванні, ракетній техніці, електро – і радіотехніці (корпуси приладів, телевізорів та інше).

Ливарні магнієві сплави позначаються літерами МЛ і умовним номером, наприклад МЛ1, МЛ2, МЛ3, вміщують 2,5...3,5%Al, 0,15...0,5%Mn, 0,5...1,5%Zn, Mg – решта.

Найбільше застосування з ливарних сплавів одержали марки МЛ5; МЛ6. Сплав МЛ5 застосовують для лиття навантажених великогабаритних відливок (картер двигуна, кожух коробки швидкостей та інші). Сплав МЛ6 володіє кращими ливарними властивостями, ніж МЛ5, і призначений для виготовлення важко вантажених деталей.

2.8.4 Титан і його сплави

Титан має високу міцність, корозійну стійкість, температуру плавлення - 1668°C , густину – $4,5\text{ г/см}^3$, сріблясто-білого кольору. Технічний титан застосовують в машинобудуванні трьох марок: ВТ-00 (99,53% Ti), ВТ1-0 (99,48% Ti) і ВТ1-1 (99,44% Ti), який має міцність $\sigma_{\text{в}}=250\text{ МПа}$, $\delta=20\ldots30\%$ і НВ 100...140

Поліпшення механічних властивостей титану досягають легуванням його деякими елементами – Al, Cr, Mo, Nb, V, Sn, та інші. Шкідливими домішками в титані і його сплавах є гази ($\text{O}_2, \text{N}_2, \text{H}_2$).

Найбільше практичне значення мають два титанових сплави: ВТ5 (4,0...5,5%Al, Ti – решта) і ВТ4 (4,0...5,0%Al, 1,0...2,0%Mn Ti – решта). Сплав ВТ 5 не зміцнюється термічною обробкою; в гарячому стані його кують, прокатують, штамнують. Сплав ВТ4 добре зварюється. Поряд з деформівними титановими сплавами застосовують ливарні титанові сплави (ВТ14Л, ВТ3-1Л та ін) – вони володіють нижчими механічними властивостями ніж деформівні сплави.

Деякі титанові сплави піддаються термічній обробці (відпалюванню, гартуванню і старінню), а також хіміко-термічній обробці.

Титанові сплави широко застосовуються в авіаційній техніці, судно-будівництві, хімічній і харчовій промисловості для виготовлення деталей різанням і обробкою

тиском. Титанові сплави зварюють; проте при високих температурах вони активно взаємодіють з газами O_2, N_2, H_2 , тому зварювання виконують в інертному середовищі (звичайно в аргоні). Слід також зазначити що титанові сплави, незважаючи на відносно високу температуру плавлення, тривалий час можуть експлуатуватися при нагріванні лише до $550^{\circ}C$.

2.8.5 Бабіти та інші антифрикційні сплави

Бабіти – це найбільш поширені антифрикційні сплави (підшипникові сплави). До антифрикційних сплавів, крім бабітів, відносять бронзи, чавуни і металокерамічні пористі сплави.

Антифрикційні сплави повинні задовольняти ряд вимог, із яких основними є: високий опір до спрацювання і малий коефіцієнт тертя, висока теплопровідність, пластичність, мікрокапілярність і добрі технологічні властивості.

Олов'яні і свинцеві бабіти, складаються із м'яких пластичних металів (олова і свинцю) з додаванням міді, нікелю, сурми і інших елементів. Олово і свинець мають низькі температури плавлення (відповідно $232^{\circ}C$ і $328^{\circ}C$) і малу міцність ($\sigma_b=20$ і $18MPa$), але високу пластичність ($\delta=40\ldots 50\%$) і велику густину ($7,3$ і $11,4$ г/см³).

Технічне олово застосовують для лудіння металів і виготовлення фольги; свинець – для футерування електролітичних ванн і сірчаноокислотних камер, виготовлення фольги і кабельних оболонок.

Сплави олова і свинцю з іншими елементами використовують як легкоплавкі припої.

До складу олов'яних бабітів Б83 в середньому входять ($10\ldots 12\%Sb$, $5,5\ldots 6,5Cu$, Sn – решта), Б89 – ($8\ldots 10\%Sb$, $2,5\ldots 3,5\%Cu$, Sn – решта). Ці бабіти застосовують у найважливіших вузлах тертя двигунів внутрішнього згорання, турбокомпресорів і потужних електродвигунів, які працюють при великих швидкостях ковзання деталей.

Широко застосовують свинцеві бабіти марки БН (з додаванням до $0,7\% Cd$ і $0,5\% Ni$) для підшипників дизелів, компресорів і свинцевий бабіт марки БС6 ($6\%Sn$, $6\%Sb$, Pb – решта), які використовують для підшипників тракторних і автомобільних двигунів, парових турбін, редукторів.

У марці бабіту цифри, що йдуть за літерою Б, яка позначає бабіт, вказують середній вміст олова у відсотках, а літери Н, Т, К, С позначають наявність у ньому добавок Ni, Те, Са і Sb відповідно.

Поряд із олов'яними і свинцевими бабітами в техніці мають місце застосування *кальцієві бабіти* (БКА, БК2), *цинкові бабіти* (ЦАМ10-5, ЦАМ9-1,5) і *алюмінієві бабіти* (АСС6-5, АСМ, АН–2,5). Їх застосовують як замітники олов'яних і свинцевих бабітів.

Антифрикційні бронзи і чавуни. До підшипникових сплавів (ковзання) відносять *олов'янисті* і *свинцевисті* бронзи. Із них виготовляють вкладиші для підшипників ковзання, які працюють у важких умовах при великих питомих тисках і швидкостях.

Для менш відповідальних вкладишів які працюють при великих тисках і малих

швидкостях, застосовують перлітні або феритно-перлітні сірі, ковкі чавуни, в яких співставляються пластинчаста основа фериту і тверді опорні включення цементит-перліт. Маючи графітові включення в чавуні утворюються канали, які втримують мастило і відіграють роль змащування.

Металокерамічні пористі антифрикційні сплави, які виготовлені із порошків залізо-графіт, залізо-мідь-графіт та інші, широко застосовують у машинобудуванні як матеріали, що характеризуються малим спрацюванням, малим коефіцієнтом тертя, добре втримує мастило в порах і добре припрацьовуються.

Бронзо-графітові підшипники використовують в техніці, як самозмащувальні.

Питання для самоконтролю:

- | | |
|---|-----|
| 1. | Які |
| механічні властивості міді і алюмінію? | |
| 2. | Як |
| маркуються латунь і бронза? Наведіть приклади деталей виготовлених з них. | |
| 3. | Наз |
| віть алюмінієві ливарні сплави, їх застосування. | |
| 4. | Наз |
| віть застосування сплавів на основі магнію і титану. | |
| 5. | Оха |
| рактеризуйте антифрикційні сплави та їх застосування. | |
| 6. | Які |
| властивості антифрикційних сплавів? | |

Тема 2.10 Корозія металів

План уроку

2.10.1 Суть і види корозії металів

2.10.2. Методи захисту металів від корозії

Слово корозія – по-латині – “роз’їдання”.

Корозією називається процес руйнування металів при взаємодії їх з навколишнім середовищем.

2.10.1 Суть і види корозії та фактори, які впливають на цей процес.

Під час роботи або зберігання, метали та вироби з них піддаються дії вологого повітря, води, пари, газів, розчинів кислот та ін. Внаслідок взаємодії металів з середовищем, на поверхні металу виникають зміни структури, фізичних і хімічних властивостей. На поверхні чавуну і сталі утворюється іржа, що є продуктом окислення,

на поверхні міді утворюється окис міді зеленого кольору, алюміній покривається білим порошкоподібним окисом.

Інтенсивність корозійного руйнування визначається природою і структурою самого металу, а також хімічними властивостями і температурою середовища.

За характером поширення розрізняють: рівномірну, місцеву і міжкристалічну корозію.

Рівномірна корозія поширюється рівномірно по всій поверхні металу. Місцева – поширюється вглиб нерівномірно – тільки на окремих її ділянках. Міжкристалічна корозія розвивається вглиб по межах зерен металу.

Найбільш небезпечною є міжкристалічна корозія, бо вона викликає досить значну зміну структури і зниження механічних властивостей на велику глибину.

Найчастіше спостерігають міжкристалічну корозію в алюмінієвих сплавах і неіржавіючих, хромонікелевих сталях і зокрема в зварних швах.

Фактори, від яких залежить швидкість корозії, можна поділити на дві категорії: внутрішні і зовнішні.

До внутрішніх факторів належать: чистота металів, хімічний склад сплаву, структура металу або сплаву, вид термообробки. Чим чистіші метали, тим більша стійкість проти корозії. Чисті метали краще протистоять корозії, ніж сплави.

До зовнішніх факторів належать: середовище і температура, а також чистота обробки поверхні. Чим нижча температура, тим менша швидкість корозії, з підвищенням температури швидкість корозії збільшується.

Чим чистіша поверхня металу або сплаву після механічної обробки, тим менша корозія. Для захисту від корозії вироби треба полірувати.

Залежно від взаємодії металу з навколишнім середовищем корозію поділяють на хімічну й електрохімічну.

Хімічною корозією називають руйнування металу під дією сухих газів і рідких діелектриків (бензин, масла, смоли та інші), а також в газах при високих температурах (клапани і клапанні гнізда двигунів внутрішнього згорання, лопаті газових турбін, арматури полумєневих печей та інші).

У ряді випадків при хімічній корозії на поверхні металу утворюються суцільні плівки окислів великої густини, які захищають метал від дальшого руйнування. Такі властивості мають, наприклад, плівки окислів хрому, нікелю, олова, міді. В атмосфері сухого повітря при звичайній температурі плівки великої густини утворюються і на залізі. Проте з підвищенням температури вони швидко стовщуються, стають пухкими і відшаровуються від металу. Для окислів кальцію, магнію, вольфраму також характерна велика пухкість, тому вони не мають захисних властивостей.

Електрохімічна корозія розвивається в електролітах – водних розчинах, що проводять струм. При цьому атоми металу переходять в розчин у вигляді іонів. Інтенсивність такого розчинення визначається величиною електродного потенціалу металу: чим більше він негативний, тим швидкість розчинення металу вища.

При зануренні в електроліт двох металів, що контактують і мають різні електродні потенціали, утворюється гальванічна пара і починається процес розчинення металу з

більш негативним електродним потенціалом – анода.

При зануренні в електроліт неоднорідних за структурою сплавів на їхній поверхні утворюється безліч мікрогальванічних пар, що призводить до розчинення фаз або структурних складових, які виконують роль анодів. Коли між зернами металу і їх межовими ділянками є велика різниця потенціалів, ці ділянки руйнуються, тобто відбувається міжкристалічна корозія. Цей вид корозії спостерігається в хромистих і хромонікелевих сталях у разі виділення по межах зерен карбідів хрому.

Крім того, що вищеперераховані види корозії, розрізняють ще інші, бо всі вони являються результатом хімічних або електрохімічних процесів.

Атмосферна корозія проходить під дією кисню повітря.

Підземна корозія спостерігається при взаємодії з ґрунтом.

Підводна корозія – електрохімічна корозія металу, зануреного в рідину.

2.10.2 Методи захисту металів від корозії

Втрати металів і сплавів від корозії дуже значні (до 8% щорічного виплавляння металів на земній кулі), а тому заходи щодо захисту металів і сплавів від корозії мають велике значення.

Кожен із різноманітних методів боротьби з корозією має свої особливості і галузь застосування. До основних методів відносять: застосування антикорозійних сталей і сплавів; металеві, неметалеві, хімічні і лакофарбові покриття і покриття захисними мастилами.

Антикорозійні сталі і сплави дорогі, тому вони застосовуються лише для виготовлення відповідальних деталей вузлів та механізмів, а також деталей хімічної та харчової промисловості.

Металеві покриття - це покриття не стійких проти корозії металів і сплавів чистими стійкими металами, наприклад покриття покрівельного заліза цинком, покриття заліза для консервних банок чистим оловом, а також гальванічні покриття нікелем, хромом і кадмієм.

Покриття листової сталі цинком здійснюється зануренням листів у ванну з розплавленим цинком при температурі 450...480⁰С. Товщина цинкового покриття 0,06...0,12мм. З оцинкованої листової сталі виробляють деталі зернових комбайнів та інші.

Покриття заліза оловом – лудіння також здійснюється зануренням листів або протягуванням стрічок через ванну з оловом нагрітим до 280...300⁰С.

Гальванічні покриття мають такі основні переваги: можна точно регулювати товщину металевого шару; економно витрачаються кольорові метали; не потрібне високе нагрівання, отже, можна покривати загартовані вироби; висока якість покриття.

Для гальванічного покриття виріб використовують замість катода, анодом може бути пластинка того металу, яким покривають виріб або свинцева пластинка.

Для захисту від корозії найчастіше застосовують *цинкування, кадміювання, нікелювання і хромування*.

Електрохімічним цинкуванням покривають болти, гайки та інше.

Електролітичне обміднення застосовують для покриття сталених шліфованих деталей з метою захисту від корозії, а також для поліпшення процесу припрацювання таких деталей, як черв'ячні пари, пальці ресор, втулки та ін.

Плакування – це покриття сплаву тонким шаром (0,04...0,1мм) чистого металу: сталь – міддю, латунню, нікелем; дюралюмінію – алюмінієм та інші. Плакуванням можна назвати операцію, при якій пакет із двох листів металу – покриття і розміщеної між ними плити основного металу або заготовку круглого перерізу, залиту металом – покриттям, піддають гарячому прокатуванню. При цьому міцне з'єднання металу досягається за рахунок дифузійних процесів.

Металізація напиленням полягає в тому, що дріт (або порошок) металу – покриття надходить у пістолетоподібний апарат – металізатор, плавиться ацетиленокисневим полум'ям або електричною дугою і потім розпилюється стиснутим повітрям у напрямку поверхні виробу.

Застосовується така металізація в основному для нанесення покриття на великогабаритні деталі, вузли і навіть складні конструкції, чого не можна зробити іншим способом. Напиленням дістають покриття з цинку, алюмінію, хрому, титану та інших металів, а також деяких сплавів.

Недоліками цього методу є значні втрати металу під час розпилювання (до 40%), пористість покриття, недостатня міцність щеплення покриття з основним металом.

Неметалеві покриття – використовують гуму і ебоніт (гумірування). Застосовують гумірування для запобігання від корозії виробів при дії кислот, лугів і соляних розчинів.

Хімічні покриття – це утворення на поверхні металів (сплавів) окисних плівок або фосфатування поверхневого шару металу, який треба захистити від корозії.

Для утворення окисних плівок сталені деталі оксидують в розчині каустичної соди і натрієвої селітри при температурі 130...140⁰С. Для закріплення плівки деталі занурюють в мінеральне масло, нагріте до 150...180⁰С. Для оксидування розчин в 1л води містить 750г каустичної соди, 200г натрієвої селітри, 50г нітриду натрію. Час витримки у ванні 1,5...2год. Після оксидування деталі мають чорно-синій колір і називають вороніння.

Фосфатування застосовують для захисту сталених деталей від корозії або як підготовка до лакофарбове покриття, бо фарби міцно з'єднуються з фосфатовою поверхнею.

Лакофарбові покриття – найбільш поширений і доступний метод захисту від корозії деталей сільськогосподарських машин, тракторів і автомобілів.

Захист техніки від корозії проводять при виробництві нових машин і в процесі їх експлуатації. Особливого значення набуває захист від корозії сільськогосподарських машин, які протягом року працюють лише короткий час (плуги, культиватори, сівалки, борони, лушпильники, зернові і бурякові комбайни та інші). Решта часу знаходяться на зберіганні, більшість з них розміщені на відкритих майданчиках. При неправильному їх зберіганні протягом 2...3 років можуть стати зовсім непридатними.

Хімічна промисловість виробляє багато типів стійких і дешевих лаків і фарб. Процес

покриття фарбою не потребує складного устаткування і спеціальних технологій. Проте слід пам'ятати, що фарби потрібно наносити на поверхні сільськогосподарських машин, які попередньо очищені від іржі. Цим ми підвищимо довговічність пофарбованих поверхонь. Бо лаки і фарби ізолюють металеві поверхні від вологи, повітря та інших факторів, які викликають корозію на поверхні деталей машин.

Емалі за своїми фізичними властивостями і хімічному складу мають високу стійкість проти атмосферної корозії, впливу води, мінеральних і органічних кислот, соляних розчинів. Але емалеві покриття дуже крихкі, тому їх в основному застосовують для захисту сталей і чавунних виробів в харчовій промисловості.

Покриття захисними мастилами застосовують головним чином для захисту від корозії запасних частин і інструментів під час транспортування та зберігання, а також для змащування металевих нефарбованих деталей (полиці і лемеші плуга, робочі органи культиваторів, диски сошників сіялок, ланцюги і зірочки зернових комбайнів та ін.) сільськогосподарських машин на період їх зберігання.

Захисні мастила складаються з 40% машинного масла, 35% циліндричного масла, 20% вазеліну і 5% каніфолі.

Слід ще раз наголосити, що корозія – це страшна “хвороба” для металу. І лікувати корозію дуже важко, краще її запобігти, захистити від неї метал ніж “лікувати”.

Висвітлено багато методів боротьби з корозією. Кожен з методів спрямований на продовження довговічності роботи деталей машин. А це дасть змогу заощадити сотні мільйонів гривень. Адже за останні роки в колишнього союзу корозія “з’їдала” щорічно приблизно 20млн.т чорного золота.

Питання для самоконтролю:

1. Що називається корозією?
2. Які фактори впливають на швидкість корозії?
3. Назвіть види корозійних руйнувань металів.
4. Назвіть методи боротьби з корозією.
5. Якої шкоди завдає корозія сільськогосподарській техніці, яка зберігається на відкритих майданчиках?

Тема 2.11 Неметалеві конструкційні матеріали

План уроку

- 2.11.1 Деревні матеріали
- 2.11.2 Пластичні маси
- 2.11.3 Гума
- 2.11.4 Лакофарбові матеріали
- 2.11.5 Фрикційні матеріали
- 2.11.6 Прокладні матеріали
- 2.11.7 Клейові матеріали

2.11.1 Деревні матеріали

Породи деревини, які найчастіше використовують як конструкційні матеріали: сосна, ялина, ясен, бук, граб, клен, береза, липа та 18аф.

Вологої деревини усушка вздовж волокон становить 0,1...0,2%, а поперек – 3...5%.

Чим більша об'ємна маса деревини, тим вона міцніша. У дуба об'ємна маса дорівнює 760 кг/м^3 , у липи – 530 кг/м^3 . Границя міцності при розтягуванні вздовж волокон у дуба $\sigma_v = 130 \text{ Мпа}$, у липи – 115 Мпа , а при стисканні – відповідно $\sigma_v = 52 \text{ Мпа}$ і 36 Мпа .

Властивості і будова деревини

Деревину використовують як конструкційний матеріал в сільськогосподарському машинобудуванні і ремонтному виробництві.

Основними перевагами деревини (деревних матеріалів) являються: мала питома вага; висока питома міцність; здатність поглинати удари внаслідок пружності; простота обробки; високі тепло-звукові і електроізоляційні властивості; добра хімічна стійкість до окремих кислот, газів; здатність до склеювання; можливість швидкого з'єднання цвяхами, шурупами.

Поряд з зазначеними перевагами деревина (деревні матеріали) володіє недоліками: обмеження її застосування. До найбільш суттєвих недоліків відносяться: здатність до швидкого загнивання; низька стійкість до вогню; низький модуль пружності; неоднорідність будови.

Щоб підвищити стійкість деревини проти загнивання, її просочують захисними речовинами – креозотом та іншим, а також наносять на поверхню (фарбують) фарби і лаки.

Деревина складається з величезної кількості клітин. Розтягнуті клітини утворюють волокна, з яких складається стовбур.

Стовбур деревини має шарувато-волокнисту будову. Від центра в радіальному напрямі відходять осердні промені 4 (рис. 2.48). Вони складаються з окремих клітин, тому при висиханні утворюються тріщини. В деяких породах дерев (липа, береза) ці промені майже

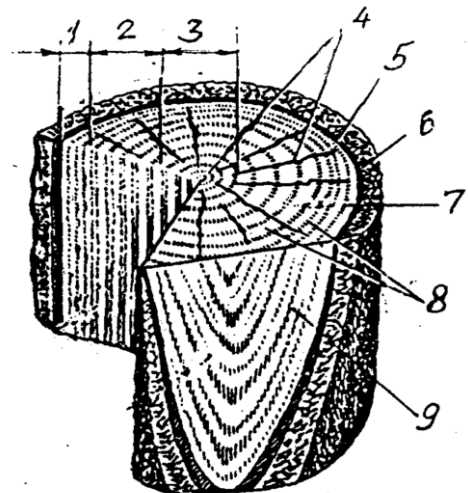


Рис. 2.48. Розріз стовбура

відсутні. В поперечному розрізі стовбура концентричними колами розміщені річні кільця 7. За кожний рік життя деревини утворюється одне кільце. Річні кільця надають деревині шаруватої структури 8.

Стовбур дерева має такі основні частини: кору 6, яка в свою чергу складається з кірки (пробки) і луба 5.

Кірка – це верхня змертвіла частина кори, яка захищає дерево від механічних пошкоджень і температурних впливів. Луб – це внутрішня частина кори, яка складається з волокон, що є капілярами для проведення поживних речовин. Камбій 7 – це тонкий шар, що знаходиться між лубом і деревиною. При виготовленні деталей із деревини треба обов'язково повністю видаляти кору і камбій, бо механічні властивості їх дуже низькі і, крім того, в них в першу чергу з'являються шкідники деревини.

Деревина – це основна маса стовбура. Вона поділяється на три частини: ядро 2 – основна частина стовбура (до 80% по радіусу), заболонь 1 – зовнішня частина і осердя 3 (5...10мм). Найміцнішою, а тому і найціннішою частиною є ядро стовбура.

Текстурою називається малюнок 9, який утворюється в повздовжньому перерізі деревини. За виглядом текстури розрізняють породи дерева.

Сортименти деревних матеріалів

Залежно від способу обробки і форми поперечного перерізу дерев'яні матеріали поділяються на круглий будівельний матеріал, пиломатеріали, шпон, фанера і пресована деревина.

Круглий матеріал діаметром 18 см і більше (з тоншого кінця) називають колодами, а короткі колоди – кряжами, круглий матеріал діаметром 11...18 см називають підтоварником, менше 11 см – жердинами.

Пиляним лісоматеріалом називають сортименти, що мають однакову товщину по всій довжині і виготовлені поздовжнім розпилюванням круглого лісу.

За формою поперечного перерізу пиломатеріали поділяють на бруси і дошки. Брусами називають заготовки товщиною більше 10 см; тонші заготовки називаються рейками (50x50 мм). Дошки мають ширину більшу за товщину (наприклад 25x100мм).

Шпон – тонкий шар деревини, одержаний на спеціальних верстатах і використовується як напівфабрикат для виготовлення широкої стружки, з якої склеюють фанеру в три, п'ять і більше шарів. Товщина листа шпона 0,55...1,5мм.

Фанера – листовий матеріал, одержаний шляхом склеювання шарів шпона. Товщина фанери від 1...12мм, а більш товсті (25...30мм) – матеріали називають плитами. Фанеру виготовляють із березового, букового і соснового шпона.

Пресовану деревину - одержують при гарячому пресуванні (130...150⁰С) брусків, дошок та інших заготовок, просочених спеціальними розчинами.

Пресування березового шпона, просоченого термореактивною смолою із наступним нагріванням (110...160⁰С) і пресуванням, називають пластикою. З пресованої деревини виготовляють підшипники ковзання, шестерні та 19аф.

Плити виготовляють гарячим пресуванням стружки з деревини, просоченої термореактивною смолою.

Плити володіють доброю тепло-і звукоізоляційними властивостями.

Борошно з деревини використовують як наповнювач при виготовленні виробів із пінопластів і амінопластів.

Застосування деревини в сільськогосподарському машинобудуванні і ремонтному виробництві

Деревні матеріали в сільськогосподарському машинобудуванні широко використовують для виготовлення конструкцій і деталей машин. Піломатеріали застосовують для обшивання кузовів вантажних автомобілів, причепів та інших транспортних засобів, а також виготовляють планки і промені мотовила зернового, кукурудзозбирального комбайнів. Планки і промені виготовляють з ясена або клена – матеріал – шпон (кілька склеєних тонких шарів деревини). Березу використовують для виготовлення шатунів, рамок решіт. Дуб застосовують для виготовлення відповідальних сільськогосподарських машин: планок транспортерів, підшипників, гальмових колодок.

Пресована деревина (ДП) йде для виготовлення деталей машин, які працюють при ударних навантаженнях (кулачки, зубчасті колеса, підшипники, втулки та 20аф.) Вкладиші із деревини, порівнюючи з бронзовими, мають вдвічі менше спрацювання.

Високою міцністю і стійкістю до ударних навантажень володіє армована фанера, яка складається із листів шпона і металевих листів або із листів шпона і металевої сітки, що вклеєні між листами шпона. Армована фанера добре гнеться, штампується і склеюється.

2.11.2 Пластичні маси

Особливості пластмас, їх переваги і недоліки

Пластмасами називають матеріали на основі природних або синтетичних високомолекулярних сполук, які здатні під впливом нагрівання і стискання перетворюватися на вироби і зберігати набуту форму.

Основою (зв'язуючою речовиною) пластмас є високомолекулярні сполуки – полімери. Більша частина полімерів перебуває в аморфному стані і називається смолами. У виробництві пластмас звичайно застосовують синтетичні і рідше – природні смоли.

Головними з ряду цінних властивостей пластмас є наступні: мала густина – $940 \dots 1500 \text{ кг/м}^3$ ($0,94 \dots 1,5 \text{ г/см}^3$), рідше до 2300 кг/м^3 ; високі діелектричні властивості і стійкість проти корозії; низька теплопровідність; антифрикційні властивості в одних і фрикційні властивості в інших пластмас; добрі декоративні властивості; значна механічна міцність у волокнистих та шаруватих пластмасах; добрі технологічні властивості, що дають змогу виготовляти вироби високопродуктивними методами (без зняття) стружки.

Недоліки пластмас: деякі деформуються при нагріванні, а при низьких температурах стають крихкими; низька теплостійкість (в більшості не перевищує $100 \dots 120^\circ\text{C}$); окремі поглинають вологу (набухають); окремі змінюють свої властивості під впливом атмосферних, температурних і хімічних факторів (старіють); у високомолекулярних пластмас зменшується еластичність, виникає жорсткість і крихкість, знижується механічна міцність.

Залежно від реакції смол при нагріванні пластмаси, що виготовлені на їх основі,

поділяються на термопластичні і термореактивні.

Термопластичні пластмаси при багаторазовому нагріванні й охолодженні зберігають здатність пом'якшуватися (переходити в пластичний стан), плавитись і знову тверднути. Завдяки цим властивостям дані пластмаси можуть піддаватись багаторазовій переробці.

Термореактивні пластмаси, нагріваючись, плавляться і при певній температурі тверднуть внаслідок утворення складних тривимірних молекул; повторне нагрівання не повертає їм здатності плавитись.

Крім смоли пластмаси можуть містити 40...70% наповнювача, пластифікатори і інші добавки.

Наповнювачами є порошкові, волокнисті і листові матеріали. Вони зміцнюють і здешевлюють пластмасу, а також надають їй певних фізико-механічних і технологічних властивостей. Прозорі полімери наповнювача не мають.

Пластифікаторами називають низькомолекулярні речовини (гліцерин, парафінове масло та 21аф.), що їх вводять у склад пластмас з метою підвищити їхню пластичність та еластичність.

Крім названих компонентів, у склад пластмас можуть входити різні добавки: стабілізатори, каталізатори, мастильні речовини, фарбники та 21аф.

Стабілізатори затримують руйнування, - старіння полімеру під дією світла, підвищеної температури й інших факторів (сажа, сполуки олова і свинцю та 21аф.).

Каталізатори прискорюють процес тверднення пластмас (уротропін та 21аф.).

Мастильні речовини полегшують пресування пластмас і не дають їм прилипати до стінок прес-форми (стеарин, віск та 21аф.)

Фарбники надають пластмасам різні кольори (вохра, крон, сурик та 21аф.)

Класифікація і застосування пластмас

Тепер застосовують кілька тисяч пластмас, які відрізняються одна від одної складом і властивостями.

Пластмаси, що використовуються як конструкційні матеріали, звичайно класифікують за видом наповнювачів. За цією ознакою їх поділяють на пластмаси без наповнювачів, з наповнювачами (порошковими, волокнистими і шаруватими), а також газонаповнені полімерні матеріали.

Пластмаси без наповнювачів – це здебільшого термопластичні полімери. Випускають їх у вигляді порошоків та гранул і використовують для виготовлення різних деталей та напівфабрикатів. Іноді в склад цих пластмас вводять невелику кількість наповнювачів, щоб надати їм спеціальних фізичних або механічних властивостей.

Поліетилен має високі антикорозійні і діелектричні властивості, добру стійкість проти лугів, розчинів солей та сильних кислот. Теплостійкість його 110...120⁰С, морозостійкість до -70⁰С. Застосовують для виготовлення труб, кранів, кабелів, деталей арматури, листів, плівок, пляшок, балонів, плащів та 21аф.

Поліпропілен має більш високу міцність і теплостійкість (до 140⁰С), ніж поліетилен, проте його морозостійкість нижча (до -5...-15⁰С). Він є добрим діелектриком. Поліпропілен водостійкий і хімічно стійкий. З нього виготовляють плівки, труби для

гарячої води, корпуси насосів, деталі холодильників і автомобілів.

Вініласти (поліхлорвініл) мають теплостійкість до $60 \dots 70^{\circ}\text{C}$, високу механічну міцність, але низьку ударну в'язкість. Даний матеріал має схильність до повзучості, набухає у воді. Застосовують для виготовлення труб, ізоляції електрокабелів, шланг, плівки, лінолеуму. Виготовляють для хімічної промисловості: фільтри, змійовики, крильчатки насосів.

Полістирол – пластик, який має високу водостійкість і діелектричні властивості. Він стійкий до дії мінеральних кислот, лугів, спиртів, але руйнується від азотної кислоти. До недоліків слід віднести горючість, невисоку теплостійкість (до 95°C), порівняну крихкість, схильність до розтріскування в експлуатації.

З полістиролу виготовляють деталі технічного і побутового призначення, деталі приладів, холодильників, радіоапаратів, плівки, труби.

Органічне скло (плексиглас) – заміник звичайного силікатного скла. Воно легше за силікатне і до того ж еластичне. Воно має високі діелектричні властивості, масло-, бензо- і водостійке, а також стійке до розведених лугів, кислот, солей, проте розчинне у вуглеводнях, набухає в спиртах і має недостатню термостійкість (до 80°C), легко пошкоджується від механічної дії.

Органічне скло використовують для скління автомобілів і вагонів, в оптичній і годинниковій промисловості, у світлотехніці, для виготовлення прозорих трубок, посуду, підфарників, деталей приладів і апаратів та 22аф.

Капрон стійкий проти розведених мінеральних кислот, лугів, досить міцний на розрив, твердий та еластичний. Капрон плавиться при температурі 225°C , проте при температурі, вищій за 100°C і нижчій за 0°C , його механічна міцність знижується.

Капрон застосовують для виготовлення деталей вузлів тертя. Інколи ним замінюють кольорові метали і сплави, виготовляючи вкладиші підшипників, втулки, манжети, зубчасті передачі та інші деталі. Капрон використовують також для виготовлення плівок, волокон, корду, тканин, сіток, канатів та 22аф.

Пластмаси з наповнювачами частіше виготовляють на основі феноло-формальдегідних смол, які залежно від хімічного складу можуть бути термопластичними і термореактивними.

Термопластичні смоли при нагріванні до $100 \dots 120^{\circ}\text{C}$ плавляться, а при охолодженні – тверднуть. Вони розчиняються в спирті, ацетоні та інших органічних розчинниках.

Термореактивні смоли при нагріванні переходять у рідкий стан, маючи розчинні властивості в органічних розчинниках (ацетоні, спирті та 22аф.), а при переході у твердий стан стає неплавною та нерозчинною. Зміна властивостей смоли пов'язана з переходом лінійної структури макромолекул у сітчасту.

Щоб виготовити технічні вироби, використовують складні композиційні пластичні маси, в склад яких, крім феноло-формальдегідної смоли, входять різні наповнювачі, що поліпшують їх фізико-механічні властивості і знижують вартість.

До наповнювачів можна віднести деревне борошно, мелений азбест, кварцове борошно, тальк, мелений шлак, графіт – це порошкові наповнювачі; подрібнена бавовняна целюлоза, азбестові і скляні волокна, відрізки тканин – це волокнисті

наповнювачі.

Існує багато пластмас з порошковими і волокнистими наповнювачами. Деякі з них наведено нижче.

Амінопласти одержують на основі карбаміду, меламіну і деяких інших сполук з формальдегідом. Їх змішують із сульфітною целюлозою (наповнювач), мастильними речовинами, фарбниками і одержують прес-порошки, пофарбовані в різні кольори. З них методом гарячого пресування виготовляють різноманітні вироби. Їх використовують для виготовлення кольорових телефонних апаратів, рукояток меблевої фурнітури, корпусів і абажурів ламп, світильників, ручок приладів.

Волокніт – волокниста пластмаса на феноло-формальдегідній смолі з наповнювачем із бавовняної целюлози. Він удароміцний і застосовується для виготовлення маховичків, рукояток верстатів, інструменту, кришок, пробок, шківів, кулачків, шестереньок, роликів транспортерів та 23аф.

Скловолокнистий матеріал одержують із зв'язуючих (синтетичної смоли) і скляних волокон (наповнювач). Застосовують для виготовлення хімічно стійких труб та резервуарів, баків, залізничних цистерн, електрощитів, деталей електро- і радіотехнічної апаратури, кузовів автомобілів та 23аф.

Скловолокнистий анізотропний матеріал (СВАМ) має міцність, яка досягає міцності 23аформовується 23 сталі і становить $\sigma_b = 480 \dots 560 \text{ Мпа}$.

Азбоволокніт складається з азбестового волокна, меленого кварцу і добавок, зв'язаних кремнійорганічною смолою. Він має високу теплостійкість і застосовується для теплозахисного покриття. Ці матеріали володіють високими фрикційними властивостями і використовуються в гальмових пристроях (гальмові колодки, диски, накладки, деталі пристроїв запалювання, вмикачі та інші деталі, що протистоять дії електричної дуги)

Склотекстоліт, наповнювачем в якого є склотканини з різним переплетенням, зв'язаними поліефірною, епоксидною та іншими смолами. Склотекстоліт випускають у вигляді плит і листів завтовшки до 30 мм. Його застосовують для виготовлення кузовів легкових і вантажних автомобілів, деталей машин. А також є електроізоляційним матеріалом.

Текстоліт являє собою пластик у вигляді листів і товстих плит (до 70мм), стержнів діаметром 8...60мм, труб і фасонних виробів. З нього виготовляють важливі деталі машин: шестерні, вкладиші підшипників, панелі, прокладки, амортизаційні, антифрикційні та електроізоляційні деталі.

Гетинакс складається з аркушів спеціального паперу, просочених фенольними смолами і спресованих при температурі 150...160°C. Гетинакс може працювати при температурі -60...70°C. Його випускають у вигляді листів і плит завтовшки до 50мм, стержнів і трубок до Ø25мм. Використовують також для виготовлення електропанелей, деталей трансформаторів, радіо і телефонів, для облицювання кабін.

Азботекстоліт за наповнювач має азбестову тканину або азбокартон, просочений фенольно-формальдегідною смолою. Азботекстоліт випускають у вигляді листів і плит завтовшки до 60мм. З нього виготовляють деталі гальмівних пристроїв,

фрикційні диски, деталі механізмів щеплення, прокладки, які працюють при температурах до 250⁰С та 24аф.

Газонаповнені полімерні матеріали – пластмаси з об'ємною вагою 30...300 кг/м³. Їхня мала вага пояснюється великою кількістю пор, заповнених газом (повітрям, азотом, вуглекислим газом). Ці матеріали поділяються на дві групи: матеріали з ізольованими порами – пінопласти і матеріали із сполученими порами – поропласти.

Як вихідні речовини для виготовлення легких пластмас застосовують полівінілхлорид, ефіри, целюлози, фенопласти, амінопласти, поліефіри та 24аф. У склад композиції, яка містить один з цих термопластичних полімерів, вводять, як газоутворювачі, вуглекислий амоній, бікарбонат натрію та 24аф.

Одним з основних способів виготовлення легких пластмас є 24аформову вихідного матеріалу в результаті розширення газів, що виділяються під час термічного розкладання порофорів, які заздалегідь вводять у композицію (пресовий метод). Суміш полімеру і порофору піддають гарячому пресуванню у формах при температурі 120...180⁰С. Порофор розкладається і гази розчиняються в полімері. Проте вони не розширюються, оскільки цьому перешкоджає тиск преса, на якому полімер охолоджують. Потім полімер виймають з форми і піддають вільному розширенню, нагріваючи виріб у термостаті або в гарячій воді до еластичного стану. При цьому утворюється мікропориста структура.

Поро- і пінопласти використовують для звукоізоляції і як теплоізоляційний матеріал, для сидінь і спинок .

2.11.3 Гума

Гумою називають продукт переробки 24аформов. Гума – важливий конструкційний матеріал для виготовлення технічних виробів в багатьох галузях виробництва. Вона являється важливим конструкційним матеріалом для машино - і приладобудування.

Властивості і застосування гуми

Гума має особливі властивості: високу пружність або еластичність (пружне видовження при розтягуванні досягає 700...800%), високу в'язкість, достатню міцність і стійкість проти дії води, кислот і лугів. Крім того, вона відзначається високими електроізоляційними властивостями і непроникністю для рідин і газів.

Опір гуми на розрив дорівнює 15...25Мпа. Вона стійка проти стирання і руйнування при багаторазових деформаціях, теплостійка від -45 до +80⁰С.

Гумові вироби широко застосовуються в усіх галузях виробництва. Найголовнішим споживачем гуми є автотракторна промисловість. Для виготовлення покришок, камер, амортизаторів тракторів, автомобілів, комбайнів, автобусів і тролейбусів витрачається до 80% виробництва каучуку. В сучасному автомобілі застосовується до 200 деталей, виготовлених з гуми: ущільнювальні прокладки, кільця, муфти, мембрани, приводні паси та 24аф. Багато гуми використовують для виготовлення виробів електротехнічної промисловості – ізоляції кабелів, проводів, ізоляційних труб в побуті (гумове взуття) та 24аф.

Невулканізовану гуму використовують як ущільнювальні пасти, замазки, клей.

Вихідні матеріали для виготовлення гуми

Головним вихідним матеріалом для виготовлення гуми є *каучук* – тверда еластична речовина світло-сірого або трохи коричнюватого кольору.

Природний каучук добувають з каучукового дерева (гевея), яке росте в країнах Латинської Америки, Африці. Також добувають з молочайних рослин (тау-сагізу і кок-сагізу), у вигляді соку – латексу, але добувають надто мало і він дуже дорогий. Тому основним матеріалом для виробництва гуми є *синтетичний каучук* (СК). В основному синтетичний каучук виготовляють з нафтопродуктів.

Тепер виробляють більше 80 видів синтетичного каучуку, які мають специфічні властивості (підвищену стійкість проти високих або низьких температур, бензину та інших нафтопродуктів).

Каучук у чистому стані майже не застосовують, бо еластичність його зберігається лише у вузьких межах температури: нижче 0°C чистий каучук втрачає еластичність і стає крихким, а вище 20°C стає дуже пластичним і липким.

В техніці широко застосовують основний продукт каучуку – гуму, для виготовлення якої треба до каучуку додати невелику кількість сірки – 1...5% і підігріти цю суміш до температури $130...140^{\circ}\text{C}$. Після короткочасного підігрівання суміш перетворюється у вулканізований каучук або гуму. Гума набуває нових властивостей: зберігає еластичність в межах від -30 до $+180^{\circ}\text{C}$, стає міцною і стійкою проти води і кислот.

Якщо до каучуку додати більше сірки (20...25%) і нагрівати довший час, то в процесі вулканізації утвориться рогова гума – ебоніт. Це твердий ізоляційний матеріал, який випускається у вигляді листків, трубок і прутків різного профілю.

Гуму ніколи не виготовляють тільки з суміші каучуку з сіркою, а обов'язково додають наповнювачі і спеціальні домішки.

Усі домішки до каучуку при виготовленні гуми можна поділити залежно від їх призначення на такі групи: інертні наповнювачі, вулканізатори, прискорювачі вулканізації, підсилювачі, пом'якшувачі, антиокислювачі і барвники.

Наповнювачі в порошкоподібному або рідкому стані додають, щоб збільшити вихід гуми. Тип наповнювача вибирають залежно від бажаних властивостей (твердості, міцності, кольору тощо).

Найчастіше застосовують такі наповнювачі: сажу, каолін, інфузорну землю, важкий шпат, барит, а також регенерат (відповідно оброблена стара гума).

Вулканізаторами можуть бути сірка, металевий натрій або діазоамінобензол. Найчастіше застосовують сірку. Процентний вміст її залежить від призначення гуми (3...15%).

Прискорювачі скорочують час вулканізації, збільшують продуктивність агрегатів. Прискорювачами можуть бути окис свинцю, магнію, кальцію.

Підсилювачі підвищують механічні властивості гуми (пружність, міцність, опір стиранню тощо). До підсилювачів належать газова сажа, окис цинку, каолін.

Пом'якшувачі додають для пом'якшення гуми і полегшення її вальцювання. До них належать каніфоль, парафін, вазелін, мінеральні масла тощо.

Антиокислювачі сповільнюють процес окислення гуми, чим збільшують тривалість роботи гумових виробів.

Барвники додають, щоб мати гуму бажаного кольору. До них належать цинкове білило, вохра, ультрамарин, сажа, сірчиста сурма тощо.

2.11.4 Лакофарбові матеріали

Захист металів лакофарбовими покриттями є найбільш поширеним способом боротьби з корозією, а дерев'яних – від гниття і надання машинам гарного зовнішнього вигляду.

Перевагою лакофарбових покриттів є їх дешевизна і можливість застосування для різноманітних матеріалів.

Лаки і фарби – це рідкі речовини, які після нанесення тонким шаром на поверхню виробу здатні утворювати прозору плівку, що швидко висихає, а фарби і емалі після висихання на поверхні утворюють непрозорі плівки.

Склад і маркування лакофарбових покриттів.

Основними складовими частинами фарб і лаків є олії, смоли, розчинники, пігменти, сикативи, пластифікатори.

Олії. Основою олійних фарб і лаків є рідка рослинна олія. Для прискорення висихання олію варять при температурі 120...140⁰, добавляючи до 3% сикативу (прискорювача висихання). При такій температурі з олії видаляється волога, відбувається окислення і полімеризація. Варена олія називається оліфою.

Оліфа, виготовлена з олії, називається натуральною. Натуральна оліфа – дорогий і дефіцитний матеріал, тому широко застосовують напівнатуральну і штучну оліфу. Напівнатуральна оліфа може мати в своєму складі 18...54% натуральної оліфи. Найбільш поширеними є такі напівнатуральні оліфи: полімеризована, оксидована, 26афор, оксидована сульфооксоль і гліфталева.

Полімеризована оліфа складається 54% натуральної оліфи і 46% розріджувача (скипидару, лакового бензину або сольвенту нафти). Оксидована 26афор складається з 52% оксидованої лляної олії, з 45% уайт-спіриту (лакового бензину) і 3% скипидару.

Оксидована сульфооксоль відрізняється від оксолі лише тим, що для змішування беруть олію менш ущільнену оксидацією, а для підвищення в'язкості олію обробляють сіркою.

Гліфталеву оліфу виготовляють з напіввисихаючої олії (28%) і гліцерину (6%), фталевого ангідриду (14%), сикативу (2%) і уайт-спіриту (50%). Ця оліфа висихає за 24 години.

Штучні (безолійні) оліфи (сланцева оліфа, нафтеноль та 26аф.) є продуктами переробки мінеральних олив.

Смоли. Смоли є важливою складовою частиною масляних і ефіро-целюлозних лаків. Домішка смоли в масляний лак підвищує твердість і міцність плівки; в ефіро-целюлозних лаках поліпшує прилипання плівки, лаку до фарбованої поверхні.

Смоли бувають природні (каніфоль, асфальт) і штучні (гліфталеві, бакелітові, хлорвінілові).

Розчинники. Найчастіше використовують такі розчинники: ацетон, етилацетат,

амілацетат і бутилацетат. Ацетон добувають шляхом сухої перегонки дерева. Температура кипіння ацетону 55...60⁰С, етилацетату – 70...80⁰С.

Як розчинник для олійних лаків найчастіше використовують скипидар і лаковий бензин.

Пігменти є важливою складовою частиною фарб і лаків. Вони надають фарбі кольору і, крім того, підвищують стійкість захисного лакофарбового покриття. Найбільш поширені пігменти: білі (окис цинку, двоокис титану, солі свинцю), червоні (окис заліза, окис свинцю), жовті (цинковий крон, свинцевий крон, вохра), чорні (сажа) та 27аф.

Пігменти бувають природні(вохра, мумія, умбра) і штучні (сажа, залізний сурик, цинкове білило та 27аф.), застосовують також металеві порошки алюмінію і бронзи.

Сикативи. Сикативи прискорюють висихання лакофарбових покриттів. Найчастіше застосовують такі сикативи: окиси свинцю, марганцю чи кобальту. Вміст сикативу в фарбах становить до 3%.

Пластифікатори – це речовини, які додають в лакові покриття для підвищення пластичності. Найчастіше застосовують дибутилфталат, трифенолфосфат та 27аф.

Грунтовки використовують для забезпечення міцного зв'язку між лакофарбовим покриттям і поверхнею, що фарбується, а також для її надійного проти корозійного захисту.

Шпатлівки використовують для вирівнювання поверхні, що фарбується.

Олійні фарби є найбільш поширеним матеріалом для покриття поверхонь дерев'яних виробів. Ці фарби звичайно постачають густо тертими, вони містять від 10 до 40% оліфи (відносно ваги пігментів). Перед фарбуванням до густо тертої фарби додають 20...70% оліфи. Окремі види олійних фарб випускають готовими до використання.

Нітрофарби виготовляють змішуванням нітролаків з сухими порошкоподібними пігментами. Перевага нітрофарб полягає в тому, що вони не потребують оліфи і швидко висихають.

Залежно від призначення лакофарбові матеріали поділяють на групи.

Залежно від 27аформується27і27 речовини лакофарбові матеріали класифікують і позначають наступним чином: БТ – бітумні, КЧ – каучукові, МА – масляні, НЦ – нітроцелюлозні, АЦ – ацетилцелюлозні, КФ – каніфольні, КО – кремнійорганічні, АД – поліамідні, ФЛ – фенольні, ЕП – епоксидні та 27аф.

Позначення складається з п'яти груп знаків (між другою і третьою групою ставиться тире): 1. Назва (лак, фарба, емаль тощо). 2. Група за хімічним складом 27аформується27і27 – літерами. 3. Група за призначенням – перша цифра. 4. Порядковий номер даний матеріалу – наступні цифри. 5. Колір матеріалу (позначається словом або літерою). Наприклад, Емаль МЛ-197, коричнева – розшифровується так: меламіноалкідна емаль (Емаль МЛ), атмосферостійка (1), реєстраційний номер (97), колір (коричневий); грунтовка В-МЛ-0143, коричнева – водорозчинна (В), меламіноалкідна (МЛ), грунтовка (0), реєстраційний номер (143), колір (коричневий).

Способи нанесення лакофарбових покриттів.

В практиці застосовують в основному такі способи нанесення лакофарбових покриттів: розпилюванням пульверизатором (розпилювачем); зануренням виробу у ванну з фарбою; щіткою та 28аф.

Перед нанесенням лакофарбових покриттів треба ретельно підготувати поверхню: очистити від бруду, іржі, пилу і вологи.

Для міцного зчеплення фарбового покриття з поверхнею перед фарбуванням наносять ґрунтувальний шар фарби або лаку. Для ґрунтовки вибирають фарби, які міцніше зчіплюються з поверхнею, що фарбується. Якщо на поверхні є тріщини, нерівності, подряпини тощо, то її треба шпаклювати.

Для фарбування розпилюванням застосовують спеціальні фарборозпилювачі. В ремонтних майстернях користуються ручним розпилювачем марки КР-2 або КР-10 (рис. 2.52), фарбу заливають у бачок 8, що має об'єм до 800см³.

Фарбувати розпилюванням можна лише швидковисихаючими нітрофарбами і нітролаками.

Спосіб фарбування зануренням застосовують головним чином при масовому фарбуванні окремих невеликих простих деталей, які мають добру обтічність.

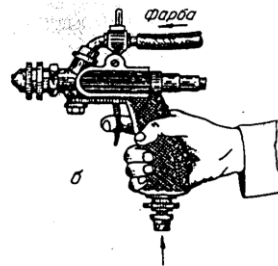
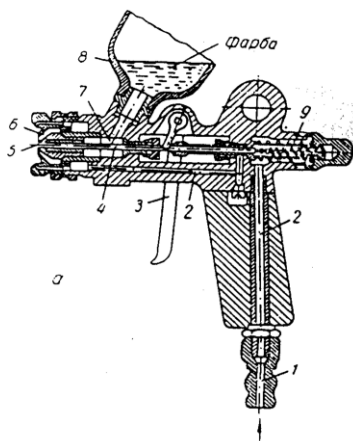


Рис. 2.52. Фарборозпилювачі:

а - схематичний розріз фарборозпилювача: 1 - ніпель для повітряного шлангу; 2 - канал; 3 - курок для відкриття голчастого клапана; 4 - голчастий клапан; 5 - отвір для фарби; 6 -

Спосіб фарбування щітками застосовують тільки при фарбуванні масляними фарбами.

Сушіння олійних лаків і емалей гарячим повітрям

скорочує час висихання з 35..50 до 2...5год. Проте при масовому виробництві машин така швидкість сушіння занадто мала, а тому застосовують сушіння інфрачервоним промінням. Цей спосіб скорочує час висихання в 5...10 разів порівняно з сушінням гарячим повітрям.

Джерелом інфрачервоних променів можуть бути освітлювальні електролампи потужністю 300...500Вт, вставлені у рефлектори або керамічні панелі, нагріті газовими пальниками до 500...700⁰С.

2.11.5 Фрикційні матеріали

Фрикційні матеріали використовують для виготовлення деталей або обличкування тих металевих деталей, які повинні мати високий коефіцієнт тертя. До таких деталей належать: накладки дисків муфт зчеплення тракторів і автомобілів; накладки муфт керування гусеничних тракторів і гальмових колодок та 29аф.

Фрикційні матеріали повинні бути достатньо міцні і тверді, мати високу стійкість проти нагрівання від тертя.

Матеріали ці поділяються на дві групи: ткані і пресовані.

Ткані фрикційні матеріали виготовляють у вигляді стрічок з азбестових ниток з прожилками тонкого латунного або мідного дроту. Ткані фрикційні матеріали тепер застосовують рідко.

Пресовані фрикційні матеріали виготовляють з суміші азбестової вати з латунною або мідною стружкою. Цю масу змішують з термореактивною смолою, нагрівають і пресують в стрічкові півфабрикати або пресують в спеціальних формах готові деталі у вигляді накладок на диски муфт зчеплення чи на гальмові колодки.

Фрикційні матеріали, виготовлені на основі бакелітових смол з азбестовим наповнювачем (азботекстолітом), витримують нагрівання до $250...280^{\circ}\text{C}$ протягом трьох годин, не втрачаючи своїх властивостей.

Металокерамічні фрикційні матеріали виготовляють методом порошкової металургії при нагріванні до 800°C під великим тиском (до 2т/см^2) з одночасним «приварюванням» до дисків або гальмових стрічок.

Металокерамічні матеріали складаються з міді ($65...85\%$), олова ($7...9\%$), свинцю ($5...10\%$), заліза ($4...7\%$), окису кремнію ($2...4\%$) і графіту ($3...8\%$). Ці сплави мають високий і стабільний коефіцієнт тертя, високу міцність і стійкість проти нагрівання і спрацювання.

2.11.6 Прокладні матеріали

Прокладні матеріали застосовують для ущільнення, щоб запобігти витіканню палива, мастила, води, пари або газів, а також щоб захистити механізми від бруду і пилу.

Широко використовують такі прокладні матеріали: картон, папір, пробку, клінгерит, пароніт, гуму, фібру та різні 29аформовується29ї матеріали.

Картон, папір і пробку використовують для ущільнення тих механізмів, які працюють при невисоких температурах (до 100°C) і з'єднуються нерухомо (кришок карбюраторів, паливних баків, тощо).

Клінгерит виготовляють з суміші азбестової вати, каучуку, графіту, сурику і окису заліза.

Його застосовують для прокладок при складанні парової і водяної арматури, яка працює при температурах до $150...200^{\circ}\text{C}$ і під тиском до $1,2\text{Мпа}$.

Пароніт – це листовий матеріал, який виготовляється з гуми і азбестового наповнювача. Він використовується як прокладний матеріал для арматури парових котлів, які працюють при температурах до 450°C і під тиском $7,5\text{Мпа}$.

Пароніт У (уніфікований) застосовують для ущільнення водопроводів і

паропроводів; пароніт УВ (уніфікований, вулканізований) використовують для виготовлення прокладок для бензопроводів і насосів для нафтопродуктів.

Фібра виготовляється просочуванням паперу розчином хлористого цинку. Після просочування листи паперу пресують і висушують під високим тиском. З фібри виготовляють прокладки, шайби, втулки та деякі електроізоляційні деталі.

Азбест використовують у вигляді листів або шнура. З листового азбесту виготовляють прокладки, які працюють при високих температурах (до 1000°C). Азбестові прокладки і сальники не бояться дії нафтопродуктів і добре витримують тертя.

Металоазбестові прокладки (30аформовується30, 30аформовується30ї) виготовляють з листового азбесту, облицьованого з обох боків мідною або сталлюю фольгою.

Металоазбестові прокладки застосовують для ущільнення головки блока циліндрів двигунів внутрішнього згорання.

Повість виготовляють ущільненням шерсті (вовни). Він має високі теплоізоляційні властивості. Технічну повість застосовують для виготовлення сальників, прокладок між металевими поверхнями, фільтрів мінеральних олив.

2.11.7 Клейові матеріали

Клеї – розчини (розплави) високомолекулярних природних і синтетичних речовин (колоїдні розчини) з клеючою властивістю, тобто здатні утворювати тверду плівку яка за рахунок 30аформо – прилипання міцно зчіплюється з матеріалами.

Клейові з'єднання, порівнюючи з іншими (заклепочними, зварювальними та 30аф.), мають ряд переваг: можливість з'єднання різних матеріалів (металів і сплавів, пластмас, скла та 30аф.); стійкість до корозії; герметичність з'єднання; можливість з'єднання тонких матеріалів. Основним недоліком клейових з'єднань являється їх обмежена теплостійкість (до 350°C).

В склад клейових матеріалів входять наступні компоненти: 30аформовується30ї речовини – основа клею, яка визначає фізико-механічні властивості з'єднання; розчинники, які утворюють визначену в'язкість клею; пластифікатори – для ліквідації усадочних явищ у плівці і підвищення її еластичності; затвердники і каталізатори для переведення 30аформовується30ї30 речовини у термостабільне з'єднання; наповнювачі – для зменшення усадки клейової плівки і підвищення міцності з'єднання.

Клеї класифікують за ознаками: за призначенням (конструкційні – для з'єднання деталей, які сприймають навантаження, і 30аформовується30ї – для з'єднання ненавантажених деталей); за умовами отвердіння (холодного і гарячого склеювання); за станом при постачанні (рідинні і порошковидними). Найбільш поширеними є рідкі клеї.

Клеї, одержані на основі синтетичних смол, застосовують в машинобудуванні і ремонтних підприємствах. Клеї можуть бути виготовлені на основі чистих смол і з додаванням каучуку, термопластів для зменшення крихкості при склеюванні.

Синтетичні клеї класифікують по виду смоли – основи і відповідно поділяють на термопластичні і термореактивні.

Клеї на основі фенол-формальдигідних смол застосовують для склеювання металевих конструкцій. До них відносяться фенолполівінілацеталеві і 31аформовується31і31ими31і клеї.

Фенолкаучукові клеї (ВК-32-200, ВК-4 та 31аф.) застосовують для з'єднання деталей, які сприймають циклічні навантаження. Вони тепло- і водостійкі, тому використовуються в будь-яких кліматичних умовах.

Фенолполівінілацеталеві клеї (БФ-2, БФ-4) застосовують для склеювання металів, пластмас, скла та 31аф.

Фенолкремнійорганічні клеї (ВК-18, ВК-18М) володіють міцністю, 31аформовується, водостійкістю.

Клеї на основі епоксидних смол утворюють міцні з'єднання як між металами, так і між металами і різними пластичними масами. Випускаються клеї з холодним (Л-4, ВК-9, КЛН-1 та 31аф.) і гарячим (ВК-32-ЕМ, К-153, ФЛ-4С та 31аф.) способом отвердіння.

Поліуританові клеї (ПУ-2, ВК-5, ВК-11 та 31аф.) володіють доброю міцністю, а також стійкістю до нафтопродуктів.

Клеї на основі кремнійорганічних з'єднань (ВК-2, ВК-8, ВК-16 та 31аф.) мають високі діелектричні властивості, стійкі до мастил, бензину. Їх застосовують для склеювання легованих сталей, титанових сплавів та 31аф.

Гумові (каучукові) клеї (88Н, 88НП, 9М-35Ф, ФЕМ-1) використовуються для з'єднання гумових і металевих деталей.

Природні клеї поділяють на мінеральні, рослинні та тваринні.

Мінеральні клеї – 31аформовує (рідке скло), бітум та асфальт.

До рослинних відносять крохмаль, декстрин (оброблений кислотою крохмаль), каніфоль та натуральний каучук. Тваринного походження є кістковий, 31аформову (мездра – підшкірний жировий шар) та рибний клей, які ще називають столярним або глютиновим. Казеїновий клей виготовляють з молока.

Питання для самоконтролю:

1. Які фізико-механічні властивості мають деревні матеріали?
2. Які мають переваги і недоліки пластичні маси, порівнюючи з металами?
3. Назвати застосування гуми в автотракторобудуванні.
4. Назвіть прокладні матеріали та їх призначення.
5. Назвіть способи нанесення лакофарбового покриття.
6. Вкажіть застосування клею на основі епоксидних смол.

РОЗДІЛ 3

ЛИВАРНЕ ВИРОБНИЦТВО

Тема 3.5 Спеціальні методи лиття

План уроку

3.5.1 Лиття в металеві форми

3.5.2 Виготовлення виливків литтям під тиском

3.5.3 Лиття за моделями, що виплавляються

3.5.4 Виготовлення виливків електрошлаковим литтям

3.5.1 Лиття в металеві форми

Сутність методу й галузь застосування. Сутність полягає в тому, що замість разової піщано-глинистої використовують металеву форму, названу кокілем. Володіючи в порівнянні з піщано-глинистими формами приблизно в 60 разів більшою теплопровідністю, кокілі забезпечують дрібнозернисту структуру виливків, що підвищує їхню міцність. При кокільному литті відпадає необхідність у модельно-опочній оснастці, у формувальних і стержневих сумішах, що не тільки дає велику економію, але і знижує кількість пилу і поліпшує санітарні умови праці; підвищується точність і чистота поверхні виливка; обслуговування кокілів не вимагає робітників високої кваліфікації; значно підвищується продуктивність і зменшуються необхідні виробничі площі. Процес кокільного лиття можна легко механізувати. Механізовані кокілі мають пристрій, що дозволяє закривати і розкривати їх від пневматичного чи гідравлічного приводу. При масовому виробництві кілька кокільних машин встановлюють на обертові каруселі, що повертаються на необхідний кут через визначений час, за яке здійснюється заливання кокілю.

Поряд з перевагами в кокільного лиття є і недоліки: висока вартість кокілів дозволяє використовувати їх тільки в серійному і масовому виробництві; небезпека утворення тріщин у виливках через невіддатливість металевих кокілів; чавунні виливки в кокілі одержують вибіленими і вимагають тривалого відпалу, що здорожує їхнє виробництво.

Кокільне лиття застосовують в умовах 32аформовується32 і масового виробництва при виготовленні нескладних по конфігурації виливків з товщиною стінок 3...100 мм із чавуну, сталі і кольорових металів.

Конструкція кокілю. По конструкції розрізняють кокілі нероз'ємні витряхні (рис.3.13,а) і рознімні з горизонтальним (рис.3.13, б) і вертикальним (рис.3.13, в) розніманнями. Рознімні кокілі складаються з двох половин б, що центруються напрямними штирями 10. Щоб уникнути короблення, кокіль 32аформову ребрами жорсткості 5 або роблять коробчатої форми.

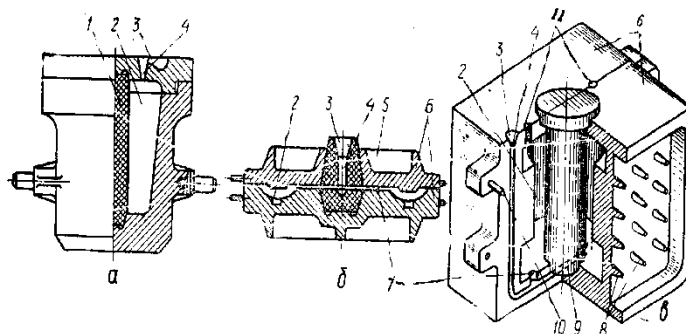


Рис. 3.13. Металеві форми (кокілі)

На зовнішній стінці кокілю для його прискороного охолодження іноді відливають, пальці 8. Отвір чи внутрішню порожнину у виливку утворить піщаний 1 або металевий 9 стержень. Метал заливають у ливникову чашу 3, і по стояку 4 і живильникам 7 він заповнює порожнину форми 2. Оскільки металеві стержні невіддатливі, то щоб уникнути утворення у виливку тріщин їх видаляють з форми до початку усадки металу. Коли внутрішня конфігурація виливка дуже складна, то металеві стержні роблять з декількох частин чи замінюють піщаними. Ливникова система розміщується в площині рознімання кокілю. Для виходу повітря з форми під час її заливання крім випорів 11 у площині рознімання по усій висоті кокілю прорізають щілини глибиною 0,3...0,5 мм (на малюнку не показані).

Виготовляють кокілі із сірого чавуну, сталі, а також з кольорових сплавів литтям з наступною механічною обробкою.

На рис.3.14. наведено схему складної металевої форми з рознімними металевими стержнями для виливання поршнів з алюмінієвих сплавів.

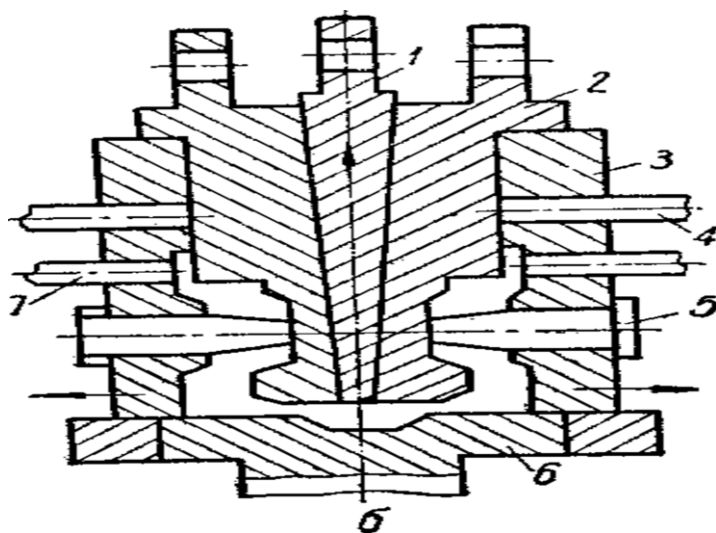


Рис. 3.14. Кокіль з рознімними металевими стержнями для відливання поршнів

Рознімання форми проводиться автоматично в такому порядку: спочатку піднімається центральна клиноподібна частина стержня 1, потім по черзі

виймаються частини стержня 2, які спочатку штовхачами 4 подаються до центра, а потім піднімаються вгору. Після цього виймаються стержні 5, розсуваються стінки форми 3 і тоді піднімається нижня частина форми 6 і видає виливок наверх. При відкриванні форми виливок утримується циліндричними стержнями 7.

Особливості технології виготовлення виливків у кокілях

Виготовлення виливків у кокілі складається з таких операцій: очищення кокілю від старого облицювання; нанесення вогнетривкого захисного покриття чи фарбування робочої поверхні кокілю; збирання форми з установкою стержнів; заливання кокілю; витримка виливка у формі; розкриття кокілю і видалення з нього виливка.

При одержанні в кокілі виливків зі сплавів на мідній основі порожнину форми покривають жирними фарбами. Між розплавом і кокілем утвориться газовий прошарок,

що усуває утворення пригару па поверхні виливка.

У крупносерійному і масовому виробництві застосовують напівавтоматичні і автоматичні установки карусельного або 34 аформованого типу.

3.5.2 Виготовлення виливків литтям під тиском

Суть і особливості лиття під тиском. Суть цього методу лиття полягає в тому, що рідкий або напіврідкий метал подається у форму під тиском, вищим за атмосферний. Форми і стержні — металеві, точно і ретельно виготовлені з легованих сталей. Тиск створюють спе34аформов машинами — поршневыми і компресорними. У поршневих машинах тиск створюється поршнем, у компресорних — стисненим повітрям.

Лиття під тиском характеризується високою точністю, малою 34аформовує поверхні і, як правило, не потребує механічної обробки. Дрібні деталі з цинкових сплавів можна виготовити з точністю $+ 0,03 \text{ мм}$ і 34аформовує поверхні 6—8 класу, з різьбою і дрібними отворами діаметром 2— 1,5 мм. Деталі, вилиті під тиском, мають на 25—35% більшу міцність, порівнюючи з виливками, виготовленими в піщаних формах і механічно обробленими. Це пояснюється збереженням міцної ливарної кірки й утворенням по всьому перерізу дрібнозернистої структури металу внаслідок великої швидкості охолодження і високих тисків. У той же час лиття під тиском є найбільш високопродуктивним методом виготовлення деталей.

Однак лиття під тиском має деякі особливості, що обмежують його застосування. Під дією високих температур і тисків швидко спрацьовуються камери стиснення машин і форми, які дорого коштують, стійкість їх різко падає з підвищенням температури металу, що заливається, і збільшенням маси виливків. Тому під тиском виливають переважно дрібні деталі із сплавів кольорових металів — олов'яних, свинцевих, цинкових, алюмінієвих і мідних — при крупносерійному і масовому виробництві. Наприклад корпус бензонасоса, карбюратора.

Будова і робота поршневих машин. Залежно від будови і розташування камер

стиску відрізняють поршневі машини з холодною і гарячою камерами стиску.

На рис.3.15 дано схему найбільш поширеної машини з холодною камерою стиску в трьох положеннях: *а*— перед запресовуванням металу в форму, *б* — в момент пресування і *в* — після пресування і розкриття форми. Коли метал заливають у камеру стиску 2, ливниковий канал 6

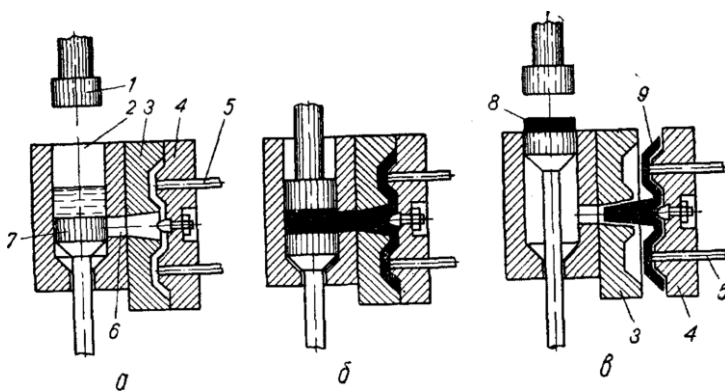
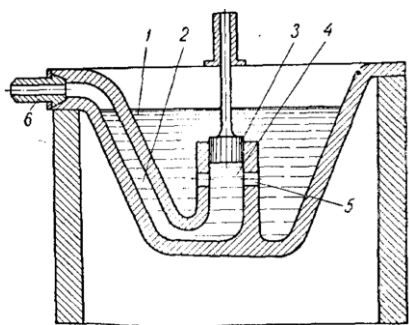


Рис. 3.15. Схема поршневої машини з холодною камерою стиску для лиття під тиском

перекрито нижнім поршнем (п'ятою) 7, який займає верхнє положення завдяки спеціальній пружині. Під час руху 34аформовується поршня 1 вниз п'ятка сідає в своє гніздо, відкривається ливниковий канал і відбувається запресовування металу в форму. Потім пресуючий поршень піднімається вверх, разом з ним піднімається п'ятка, зрізує залишок металу 8 і виносить його наверх. Форма, яка складається з двох половин 3 і 4,

розкривається, виливок 9 разом з ливником виймається з рухомої половини форми 4 штовхачами 5. Час виготовлення виливка становить близько 1 хв.



Поршневі машини з гарячою камерою стиску (рис.3.16) застосовують для лиття легкоплавких сплавів. При підніманні поршня 3 рідкий метал 1 надходить у циліндр 4 через вікно 5, а під час руху його вниз метал витісняється з циліндра, піднімається каналом 2 і через мундштук 6 надходить у форму.

Будова і робота компресорних машин. Компресорні машини поділяються на машини з закритою і відкритою ванною. В даний час переважно застосовують машини більш раціональної конструкції з відкритою ванною, схема якої в двох положеннях показана на рис.3.17. У відкритій ванні з рідким металом 5 знаходиться рухома камера стиску — гузек 4, який за допомогою системи важелів 2 може занурюватись у ванну для заповнення металом (рис.3.17,а), а потім підніматися і входити своїм мундштуком

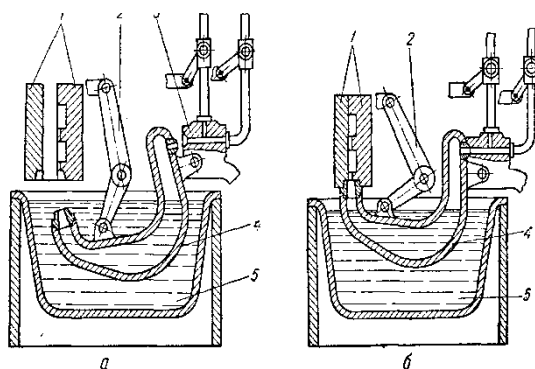


Рис.3.17. Схема компресорної машини для лиття під тиском з відкритою ванною:
а — заповнення гузника металом; б — подача металу в форму.

у ливник форми 1 (рис.3.17,б). В той момент, коли мундштук гузника притиснутий до ливника форми, хвостова частина його впирається в клапан подачі стисненого повітря 5, який при цьому автоматично відкривається і метал під тиском подається в форму 1. Потім повітря з гузника виходить, форма розкривається і виливок виймається.

Компресорні машини характеризуються простотою будови і високою продуктивністю. Напівавтоматичні компресорні машини дають змогу зробити 12—15 заливок в 1 хв. Застосовують компресорні машини в основному для виготовлення виливків з цинкових і алюмінієвих сплавів. Для магнієвих і мідних сплавів вони непридатні внаслідок підвищеної окислюваності перших і порівняно високої температури плавлення других.

3.5.3 Лиття за моделями, що виплавляються

Суть і особливості лиття за моделями, що виплавляються.

Суть цього методу одержання виливків така. Моделі виготовляють з легкоплавких

матеріалів (віск, парафін) запресуванням їх у точні металеві прес-форми. На поверхні моделей створюють тонкі вогнетривкі оболонки з піску і водостійкого клею. Потім виплавляють модельну суміш в гарячій воді і одержують оболонкові форми. Після сушіння і випалювання оболонкові форми встановлюють у спеціальні опоки, засипають навколо піском і заливають металом. Охолоджені виливки виймають з опок, очищають від керамічних оболонок, звільняють від ливників і зачищають.

Модель, що виплавляється, є за своєю конфігурацією точною копією майбутнього вилівка (рис.3.18 *а, в*). Відсутність рознімів моделі і форми, операцій розбивання і виймання моделей, а також стержнів дозволяє одержувати литво високої якості, а застосування тонких колоїдних покриттів забезпечує одержання чистої поверхні. Виливки, одержані за моделями, що виплавляються, як і литво під тиском, не вимагають механічної обробки.

Точне литво за моделями, що виплавляються, може бути виготовлене з різних сплавів і в тому числі з особливо тугоплавких. Так виготовляють коромисла. Збаформовується 36 і механізмів, дверні ручки автомобілів.

Технологія одержання виливків литтям по виплавлюваних моделях включає наступні етапи: а) виготовлення рознімних прес-форм; б) одержання нероз'ємних легкоплавких моделей у прес-формах; в) виготовлення нероз'ємної разової форми по легкоплавких моделях; г) виплавляння моделей з форми; д) випал форми; е) заливання форми металом і вибивка готових виливків.

Щоб виготовити ливарну форму, готовий блок моделей занурюють у вогнетривку суміш, що представляє собою суспензію збаформовує (60 – 70 %) у гідролізованому збаформовує (30 – 40 %). Після занурення на моделях, живильниках і стояку залишається тонка вогнетривка плівка суміші. Ця ж суміш заповнює всі порожнини й отвори в моделях, утворюючи стержні.

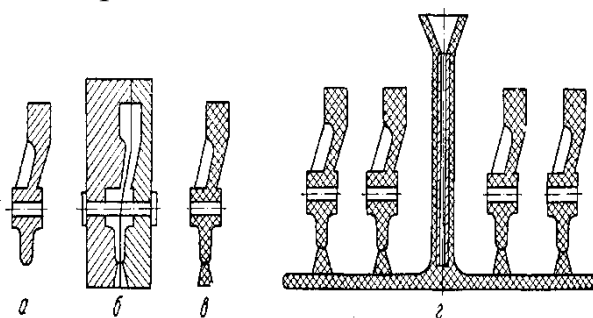


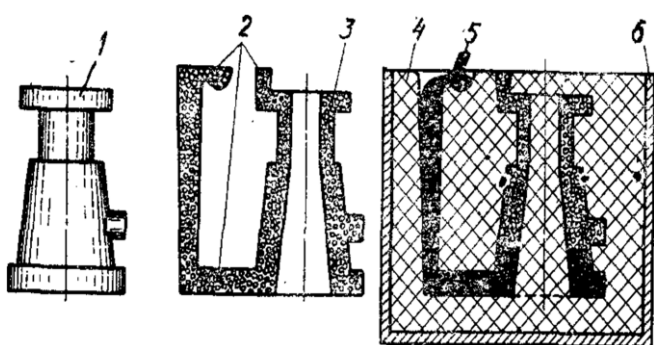
Рис. 3.18. Схема виготовлення блока моделей, що виплавляється:
а — деталь; *б* — прес-форма; *в* — модель з ливником; *г* — блок моделей.

Для зміцнення вогнетривкої плівки блок моделей посипають дрібним сухим кварцовим піском. Прилипаючи до сирій плівки, пісок утворить вогнетривкий шар, що сушать або на повітрі, або поміщаючи блок моделей в аміачну камеру для прискореного хімічного сушіння. Коли шар висихає, операції занурення, посипання піском і сушіння повторюють від 3 до 5 разів. Після сушіння останнього вогнетривкого шару одержують форму у виді багаточислової оболонки з заформованими легкоплавкими моделями. Для повторних обмазувань дорогий і дефіцитний збаформовує звичайно замінюють рідким

склом. Форму поміщають у сушильну шафу і витримують при температурі більш 100°C чи занурюють у гарячу воду. Моделі й елементи ливникової системи (стояк і живильники) плавляться і випливають з форми. Для випалювання залишків модельного складу з порожнини, а також для зміцнення оболонки отриману ливарну форму в металевому ящику засинають металевим дробом і поміщають у термічну піч, де обпалюють при температурі $800\ldots 900^{\circ}\text{C}$. Заливання металу роблять у гарячу форму, що дає можливість одержувати тонкостінні складної конфігурації виливки. Вибивку виливків і відділення ливників здійснюють на віброустановках.

Крім виплавлюваних моделей у ливарному виробництві використовують випалювані моделі при виготовленні відповідальних виливків масою до 3,5 т з чавуну, сталі і кольорових сплавів в одиничному виробництві. Для виготовлення випалюваних моделей використовують пінополістирол, що у 50 – 100 разів легше деревини, легко ріжеться гарячим дротом і легко склеюється. Склеюванням можна одержати полістиролові випалювані моделі самої складної конфігурації. Цей метод відрізняється великою точністю і економією металу через відсутність формувальних ухилів.

На рис.3.19 приведені креслення виливка 1 і випалюваної моделі 3 із приклеєними до неї елементами ливникової системи 2. Модель з ливниковою системою формується піщано-глинистою сумішшю 4 у металевому ящику 6. Під час заливання модель з



ливниковою системою залишається у формі і рідкий

метал 5 випалює їх і одночасно заповнює порожнину форми.

Лиття в оболонкові (кіркові) форми

Рис. 3.19. Лиття по випалюваних моделях

Суть цього способу полягає в тому, що на металеву підігріту до 200°C модельну плиту наносять тонкий шар суміші піску з термореактивним скріплювачем. Під дією тепла плити суміш оплавляється і точно відтворює конфігурацію моделі. Потім при дальшому нагріванні до 300°C заформовує твердне і цементує зерна піску в міцну кірку, яку знімають і надсилають на складання форми. Суміш для оболонкових форм складають з дрібнозернистого кварцового піску і 4—5% термореактивної смоли пульвербакеліту (суміш фенолформальдгідної смоли з технічним уротропіном). Для одержання більш однорідної суміші і зменшення витрати заформовує зерна піску попередньо покривають плівкою смоли, одержують так званий оплакований пісок.

Лиття в оболонкові форми може бути застосоване для всіх видів сплавів і водночас має ряд переваг, порівнюючи з литтям у звичайні піщані форми. При виливанні в оболонкові форми різко знижується витрата формових матеріалів, підвищується точність виливків і продуктивність праці, а також зафакт литва з одиниці площі цеху.

Технологія виготовлення оболонкової форми (рис.3.20) починається з нанесення

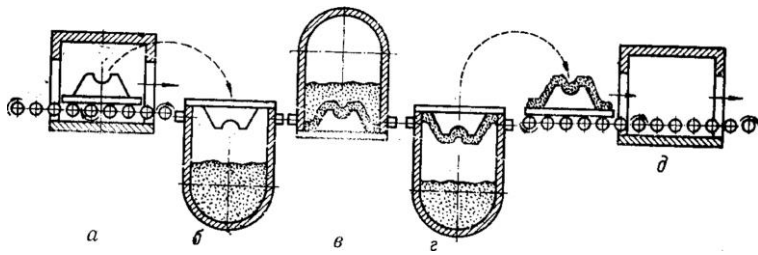


Рис. 3.20. Схема виготовлення оболонкових форм

пультверизатором на металеву модельну плиту розподільчого складу, що полегшує зняття оболонки. Потім модельну плиту нагрівають в електричній печі до температури 200 – 220°C (рис.3.20, а), установлюють над бункером і закріплюють моделлю вниз (рис.3.20,б). Бункер перевертають на 180°, і формувальна суміш падає на нагріту модельну плиту (рис.3.20,в). При витримці протягом 20 – 30 с смола плавиться і, обволікаючи тонкою плівкою дрібні зерна піску, утворює оболонку товщиною 6 – 8 мм. Бункер повертають у вихідне положення, і непрореагувавши формувальна суміш падає на його дно (рис.3.20,г). Зняту з бункера модельну плиту з неміцною оболонкою відправляють в електричну піч з температурою близько 350 °С (рис.3.20,д). Тут смола протягом 90 – 180 с полімеризується і незворотно твердіє, утворюючи міцну оболонкову напівформу. По такій же технології виготовляють іншу напівформу.

Для зняття готової оболонкової напівформи (рис.3.21) модельна плита 1 із закріпленою напівмоделлю 3 оснащена штовхачами 4, що знаходяться на рівні плити, і штовхачами 2, що виступають з неї й утворюють у напівформі заглиблення.

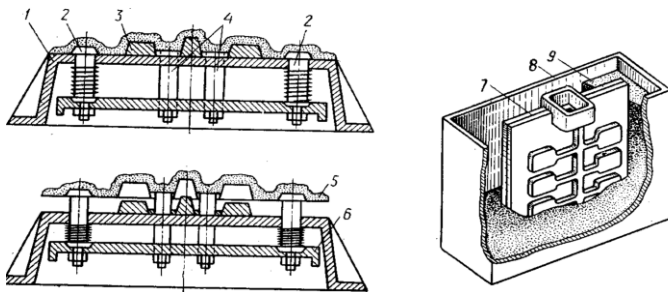


Рис. 3.21. Модельна плита з оболонковою напівформою і зібраною формою

На іншій модельній плиті (тут не показано) штовхачі розташовані на кілька міліметрів нижче площини рознімання, щоб утворити виступи на другій напівформі проти заглиблень на

першій. За допомогою цих виступів і заглиблень фіксують положення напівформ при складанні оболонкової форми. При натисканні на плиту 6 штовхачі знімають напівформу 5 з модельної плити. В одній з напівформ на стержневі знаки встановлюють стержень, закривають іншою напівформою, скріплюють їх скобами, чи струбцинами або склеюють по площині рознімання. Зібрану оболонкову форму 7 вміщують у металевий ящик 8, засинають крупним піском чи чавунним дробом 9 і заливають металом. До моменту повної кристалізації металу виливка смола із суміші вигорає, форма і стержні знеміцнюються і легко руйнуються, звільняючи виливок при вибиванні. За цією технологією виготовляють циліндри двигунів з повітряним охолодженням –мотоциклетні, тракторів Т-40, картери рульового механізму та інше.

Відцентрове лиття. Сутність полягає в тому, що рідкий метал заливають в ливарну форму, яка обертається з певною частотою протягом усього часу кристалізації металу виливка. При цьому метал відцентровою силою притискається до стінок форми, що

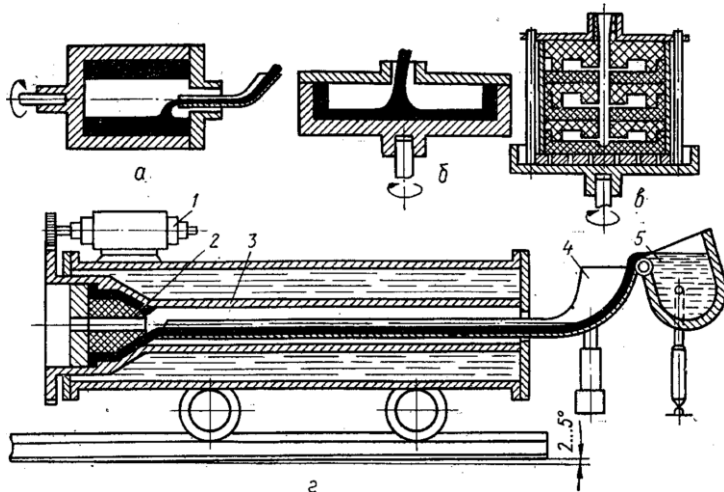


Рис. 3.22 Схеми відцентрового лиття

забезпечує одержання щільних, з підвищеною міцністю виливків, тому що гази і шлак, що володіють меншою щільністю в результаті сепарації, витісняються у внутрішні порожнини виливка і потім їх видаляють механічною обробкою.

Вісь обертання форми може бути *горизонтальною, вертикальною і похилою*. Якщо діаметр виливка значно менше її довжини (труби, гільзи, втулки), то вісь обертання форми розміщують горизонтально

(рис.3.22,а;). Якщо ж діаметр виливка більше, ніж її висота (колеса, шків, шестірні), то вісь обертання розташовують вертикально (рис.3.22,б). В обох випадках вісь виливка збігається з віссю обертання форми і внутрішня порожнина виходить без стержнів, а товщина стінки виливка визначається кількістю металу, що заливається. Цей спосіб використовують при виготовленні виливків, що мають форму тіла обертання. При виготовленні дрібних фасонних виливків вісь обертання форми може не збігатися з віссю виливка. У цьому випадку внутрішні порожнини утворюють за допомогою стержнів, а метал заливають у центральний загальний ливник, з якого по радіально розташованих живильниках він попадає у порожнину форми (рис.3.22,в). Такий спосіб називається *центрифугуванням*.

Використання високопродуктивних відцентрових установок, відсутність стержнів і робіт, зв'язаних з їхнім виробництвом, набагато підвищує продуктивність праці, а відсутність ливникової системи і прибутків значно заощаджує метал.

Відцентрове лиття застосовують у масовому, серійному й одиничному виробництві виливків з різних сплавів у металевих і піщаних формах. Цим способом відливають труби, циліндрові втулки, гільзи автотракторних двигунів, заготовки для поршневих кілець (маслюти), шестірні, шків, гарматні стволи, а також одержують двошарові (біметалічні) виливки, по черзі заливаючи форму різними сплавами.

Відцентровий спосіб одержання литих чавунних труб є найпоширенішим. На рис.3.22,г приведена схема відцентрової машини. Металева форма 3 обертається електродвигуном 1 і охолоджується водою. Форма встановлена на рейковому візку з ухилом 2...5°. Рідкий чавун з ковша 5 по нерухомому жолобі 4 попадає у форму. Форма, крім обертання, у міру заповнення металом переміщається вліво. У крайньому лівому положенні форма продовжує обертатися до повної кристалізації металу. Потім форма повертається у вихідне положення вправо, а труба разом зі стержнем 2 (утворюючим розтруб труби) видаляється з форми кліщами вліво.

У труболиварних цехах успішно експлуатують лінії відцентрового лиття чавунних труб діаметром 80-125, 100-150 і 200-300 мм з автоматичними установками для виготовлення стержнів розтруба. Поверхня труб при цьому виходить відбіленою, і виникають значні внутрішні напруження. Тому після видалення з форми труби відпалюють при температурі 850-920 °С.

3.5.4 Виготовлення виливків електрошлаковим литтям (ЕШЛ). Сутність полягає у використанні технології електрошлакового переплаву, при якому одержують метал найвищої якості. При ЕШЛ *плавлення металу, заповнення ним ливарної форми і затвердіння* вилівка відбувається *безупинно й одночасно*. У звичайній ливарній технології ці операції роз'єднані, що погіршує якість металу вилівка: плавлення і заливання забруднюють метал газами, вогнетривами ковша і формувальною сумішшю, а при кристалізації великих мас металу розвивається ліквіація, утворюються усадочні і газові раковини.

Якщо в дрібних і середніх виливках ці дефекти себе сильно не виявляють, то у великих виливках (масою в кілька десятків тонн), щоб їх уникнути, приходиться створювати громіздкі ливникові системи, ставити прибутки, що збільшують витрата металу й ускладнюють технологію. Іноді для одержання якісної великої деталі замість дешевої литої застосовують дорогу ковану. ЕШЛ допомагає замінити кування більш економічним литтям, без погіршення якості.

При ЕШЛ ливарна форма виконує дві функції: служить плавильним агрегатом і формує вилівок. Процес відбувається під шаром рідкого шлаку, що служить джерелом тепла, *очищає* метал від сірки і фосфору, захищає його від кисню й азоту повітря, є тепловою надставкою металу, що кристалізується, яка усуває усадочні раковини і необхідність у прибутках і утворює на поверхні вилівка плівку, що забезпечує чисту поверхню. Кристалізація вилівка відбувається знизу нагору за участю малих обсягів рідкого металу, що виключає ліквіацію й осьову рихлість у вилівку.

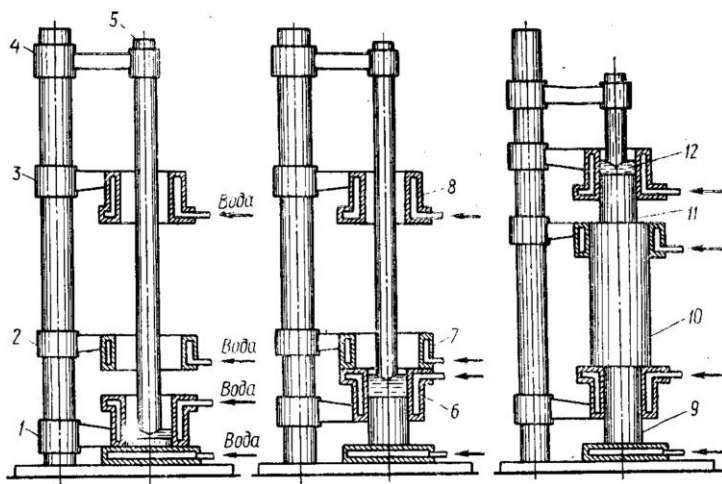


Рис. 3.23. Схема виготовлення прокатного валка

Переваги ЕШЛ: висока якість великого вилівка; не вимагаються плавильні агрегати, розливальні ковші, формувальні суміші, ливникові системи, прибутки, заощаджується метал. ЕШЛ знаходить застосування в

енергетичному машинобудуванні (засувки паропроводів надвисоких тисків, парогенератори, корпуси атомних реакторів, литі труби з важкооброблюваної аустенітної сталі в атомній енергетиці); у суднобудуванні (колінчаті вали потужних дизелів); у металургії (прокатні валки, калібри трубопрокатних станів, ковальські штампи, кокілі для лиття труб відцентровим способом і 40аф.).

На рис.3.23 дана схема одержання литого прокатного валка методом електрошлакового лиття. Візки 1, 2, 3 і 4 здійснюють зустрічний рух електрода 5 і по черзі кристалізаторів 6, 7 і 8. У нижньому кристалізаторі 6 формується ліва шийка 9 валка; у середньому кристалізаторі 7 формується бочка 10 валка, а у верхньому 8 — права шийка 11. Кристалізація йде під шаром рідкого шлаку 12.

Нові спеціальні способи лиття

Використовуються і деякі інші, частина з яких коротко описана нижче.

Лиття в керамічні форми. Існує кілька способів виготовлення керамічних стержнів, з яких збирають відповідні форми. У гідролізований розчин 41аформовується при безперервному перемішуванні насипають суміш кварцового піску і пилоподібного кварцу. При досягненні суспензією однорідного складу 41аформовується 41ї консистенції до неї додають 41аформовується, продовжуючи перемішувати. Далі суспензію виливають у заздалегідь підготовлені стержневі ящики, у яких вона й твердіє. Затверділі стержні витягають зі стержневих ящиків, установлюють на металеві плити і підпалюють. Горить етиловий спирт, що виділяється в результаті реакції гідролізу й затвердіння. Після цього при температурі 900—1000°C стержні прожарюють для більш повного видалення з них летучих речовин. З прожарених і охолоджених стержнів збирають форми, готуючи їх до заливання металом. Так одержують відливки підвищеної точності з гарною якістю поверхні масою від кількох грамів до кількох тонн (штампи, кокілі, прес-форми і т.п.).

Кристалізація під тиском. У металеву нерухому форму (матрицю чи 41аформовується) наливають рідкий метал, на який потім тиснуть пуансоном. Питомий тиск при цьому складає 1 – 2,5Мпа. Тут може бути два варіанти: метал не перетікає по матриці, а кристалізується під тиском, ущільнюючись при цьому; метал перетікає по матриці під дією пуансона. Другий варіант кристалізації під тиском частіше називають штампуванням рідкого металу (іноді — рідким штампуванням).

Кристалізацію під тиском роблять переважно на гідравлічних пресах. Сукупний вплив тиску і високої швидкості охолодження приводить до одержання щільних виливків з дрібнокристалічною структурою, у результаті чого метал набуває підвищених фізико-механічних властивостей.

Кристалізацією під тиском виготовляють виливки зі сплавів на основі алюмінію, міді, цинку, магнію, а також ведеться дослідно-промислове відпрацювання процесу одержання виливків на основі заліза й інших металів.

Лиття по газифікованих моделях. При цьому способі лиття модель 41аформовується в піщану нероз'ємну форму і не витягається з неї. Як матеріал моделей використовують пінополістирол (вуглеводень, що містить приблизно 92 % вуглецю і 8 % водню). Під час заливання завдяки теплу металу матеріал моделі випаровується (температура випару полістиролу 316°C). Місце моделі, що випаровується, займає метал, що заливається у форму. Основна перевага процесу полягає в тому, що виливок має малі припуски на механічну обробку. Цим способом одержують одиничні виливки масою від кількох кілограмів до 30 т.

Різновидом процесу лиття по газифікованих моделях є так зване «магнітне

формування». Сутність її полягає в тому, що замість кварцового піску використовують чавунний дріб. Форму під час заливання металу поміщають у силове магнітне поле, що «зв'язує» частки дробу між собою. Після затвердіння вилівка магнітне поле знімається, форма легко руйнується. Дріб використовується повторно. Таким способом можна одержувати невеликі виливки як одиничного, так і масового виробництва.

Лиття з контрольованою кристалізацією. Ливарною формою для цього методу лиття є оболонка, одержувана по виплавлюваних моделях. При цьому методі ливарну форму нагрівають до температури сплаву, що заливається. Залитий метал починає кристалізуватися в нижній частині форми, тому що її температура штучно знижується. Далі процес може здійснюватися двома шляхами: або форму є виливком опускають із заданою швидкістю, поступово виводячи її з зони високих температур, або піднімається зона високих температур. Конструктивні рішення тут усілякі. У тім і іншому випадку буде спостерігатися кристалізація, спрямована знизу нагору, при якій ріст кристалів орієнтований повільно змінюється температурним градієнтом. Виливок виходить з декількома витягнутими в одному напрямку кристалами. Різновид цього технологічного процесу — одержання монокристалічних виливків. Ускладнення технології виготовлення виливків методом контрольованої кристалізації окупається підвищенням пластичності металу й особливо — жароміцності, що є надзвичайно важливим для виливків, що працюють при підвищених температурах.

До спеціальних способів лиття відносять також: лиття з регульованим тиском (під низьким тиском, із протитиском, вакуумним всмоктуванням), вижиманням, безупинне лиття, вакуумно-плівкове формування, лиття у форми, що заморожуються, і деякі інші види.

Запитання і завдання для самоконтролю:

1. Які основні технологічні процеси одержання виливків у одноразових формах ви знаєте?
2. Який склад формувальних і стержневих сумішей?
3. Яка послідовність виготовлення форм у двох опоках за рознімною моделлю?
4. Назвіть ливарні властивості металів.
5. У чому полягають особливості технології виготовлення виливків у кокілях?
6. Охарактеризуйте спеціальні методи лиття.

РОЗДІЛ 4

ОБРОБКА МЕТАЛІВ ТИСКОМ

Тема 4.1 Загальні відомості

- 4.1.1 Характеристика основних видів обробки металів тиском
- 4.1.2 Пружні і пластичні деформації
- 4.1.3 Вплив різних чинників на опір деформуванню і пластичність
- 4.1.4 Нагрівання металів і сплавів для обробки тиском
- 4.1.5 Явища, які супроводжують процес нагрівання
- 4.1.6 Нагрівальні пристрої

4.1. Загальні відомості

4.1.1. Характеристика основних видів обробки металів тиском

1. Суть обробки металів тиском. Обробка тиском здійснюється впливом на метал зовнішніх сил. Ці сили викликають у металі напруги, які перевищують границю текучості, в результаті металева заготовка пластично деформується. При цьому форма заготовки змінюється за рахунок переміщення (зсувів) часток металу без порушення цілісності заготовки. Попутно з деформацією змінюється структура металу і поліпшуються його механічні властивості.

Обробка тиском є далішим етапом обробки зливків і прокату чорних і кольорових металів і їх сплавів.

З зливків одержують напівфабрикат у вигляді різних профілів прокату: квадратну і круглу заготовки, листи, фасонні профілі (втому числі рейки і балки), труби, дріт.

З прокату і зливків виготовляють ковані і штамповані поковки, які служать заготовками для дальшої їх обробки різанням, після чого одержують деталі машин, верстатів, апаратів і т. п.

З листової заготовки виготовляють різноманітні штамповані деталі, а з тонкого пруткового металу і дроту — металеві вироби (болти, заклепки, гвинти, шурупи, цвяхи і т. п.).

Слід відмітити, що найбільш відповідальні, важконавантажені, рухомі деталі машин одержують куванням і штампуванням.

2. Основні види обробки тиском. Основними видами обробки металів тиском є прокатка, пресування, волочіння, вільне кування, об'ємне штампування і листове штампування.

Прокаткою називають обтискання металу обертовими валками прокатного стану (рис. 4.1.,а). При цьому одержують вироби з однаковою (прутки, балки, рейки, листи,

дріт, труби) або з такою, що періодично змінюється по всій довжині, формою поперечного перерізу.

Пресуванням проводять витиснення нагрітого металу з замкненої порожнини (контейнера) через отвір у матриці (рис. 4.1.,б). Залежно від форми цього отвору одержують прутки різного профілю, дріт і труби (переважно з кольорових металів і сплавів).

Волочінням називають протягування металевої заготовки через отвір (вічко) у волочильній матриці (рис. 4.1.,б). Волочіння застосовують для одержання тонких сортів дроту, тонкостінних труб і каліброваних прутків з прокатої або пресованої заготовки.

Вільним куванням провадять деформування заготовки плоскими або фасонними бойками під молотом або пресом з застосуванням різноманітних ковальських інструментів. При цьому нагрітий метал вільно тече від центра заготовки в сторони (рис. 4.1.,г). Цим методом виготовляють поковки порівняно простої форми.

Об'ємним штампуванням здійснюють деформування одночасно всієї заготовки за допомогою спеціальних бойків — штампів, які мають заглибини—рівчаки (рис.4.1. д). Це—процес серійного і масового виробництва однакових поковок. Штампи встановлюються на спеціалізованих молотах або пресах.

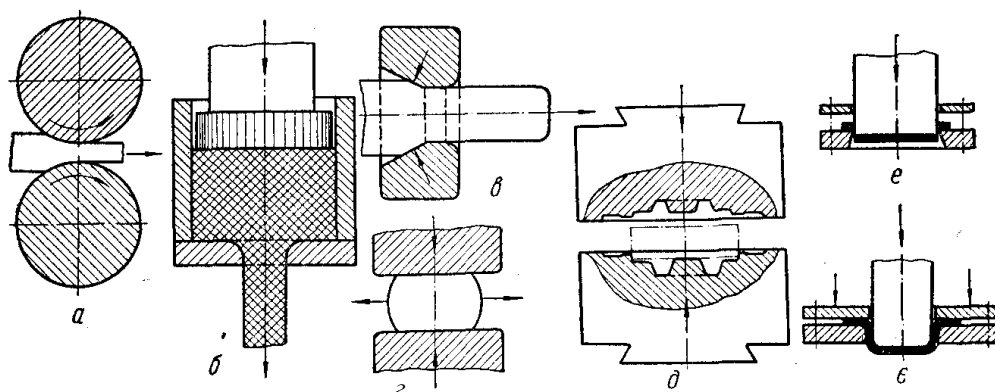


Рис.4.1. Схеми основних видів обробки металів тиском.

Листове штампування — процес обробки листового прокату в штампах на пресах. Одержувані деталі в більшості випадків бувають плоскі (при вирізуванні з листа, рис.4.1.,е) або порожнисті (при витягуванні з листа, рис.4.1.,є), з товщиною стінок, яка мало відрізняється від товщини вихідного матеріалу.

4.1.2. Пружні і пластичні деформації

1. Напруги, що виникають у металі при обробці тиском.

Деформацією називається зміна форми твердого тіла в результаті дії зовнішніх або інших сил, під впливом яких у металі виникають внутрішні сили взаємодії, які діють на кожну його часточку. Ці сили, що припадають на одиницю площі, називаються *напругою*.

Напруга — це відношення сили, яка діє на площу, до величини цієї площі:

$$\sigma = \frac{P}{F},$$

де: σ — напруга, МПа (кГс/мм²);

P — сила, MH ($кГс$);

F — величина площі, на яку діє сила, $м^2$ ($мм^2$).

2. Види деформацій. Деформації поділяються на пружні і пластичні.

Деформації, які зникають після зняття сил, що їх викликали, називаються *пружними, або оборотними*. Вони зв'язані з пружним викривленням атомних ґраток металу і звичайно за величиною незначні.

Деформації, які зберігаються після зняття прикладених сил, називаються *залишковими, або пластичними*. Вони зв'язані з необоротним переміщенням одних шарів кристала щодо інших або переміщенням зерен металу.

Для того, щоб одержати залишкові зміни форми, необхідно створити в металі напруги, що перевищують їх значення, за яких відбуваються пружні деформації.

Так, наприклад, вуглецева сталь 35, яка має границю пружності $\sigma_{\text{п}} = 280 MH/м^2$ ($23 кГс/мм^2$); границю текучості $\sigma_{\text{т}} = 320 MH/м^2$ ($32 кГс/мм^2$) і границю міцності при розтягуванні $\sigma_{\text{в}} = 560 MH/м^2$ ($56 кГс/мм^2$) дістане при розтягуванні остаточне (пластичне) подовження зразка, якщо напруги σ в металі перевищать границю пружності $\sigma_{\text{п}}$ і будуть не нижче $\sigma_{\text{т}} = 320 MH/м^2$.

Слід урахувати, що пластичні деформації завжди супроводжуються пружними, які зникають після зняття сил, що їх викликали.

3. Механізм пластичної деформації.

Деформація полікристалічного металу здійснюється за рахунок внутрішньої кристалічної і міжкристалічної деформації його зерен.

Внутрішньо кристалічна деформація відбувається завдяки ковзанню окремих атомних шарів (пачок) відносно один одного. Ковзання має декілька різновидів.

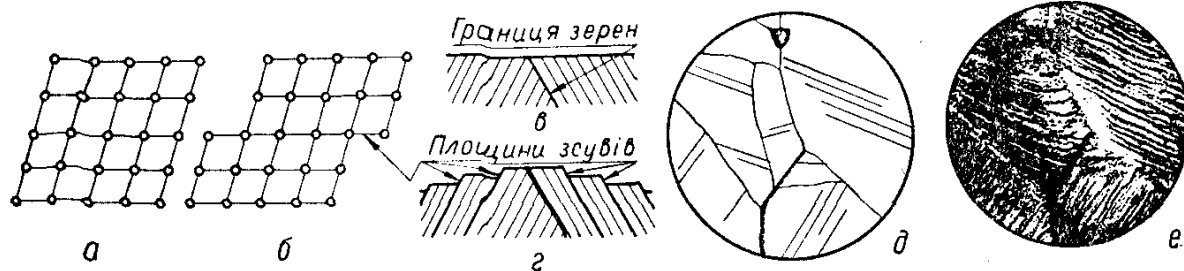


Рис. 4.2. Схеми утворення зсувів при ковзанні.

Пластична деформація полікристала з перевагою ковзання показана на рис. 4.2..

В кожному окремому кристалі (рис. 4.2.,а) зсуви проходять по одній (рис. 4.2.,б) або декількох кристалографічних площинах, звичайно найбільш щільно заповнених атомами. Ковзання двох сусідніх зерен (рис. 4.2.,е) по декількох площинах показано на рис. 4.2.,г. Під дією зовнішніх сил зсуви у полікристала спочатку відбуваються по окремих площинах (рис. 4.2.,д), причому ці площини у кожного зерна мають свій кут похилу. Наприкінці деформації весь полікристал стає охопленим пластичною деформацією (рис. 4.2.,е).

Слід відмітити, що основна зміна форм відбувається за рахунок

внутрішньокристалітної деформації. Відносне ковзання зерен (міжкристалітна деформація) розвивається при значних ступенях деформації, особливо при високих температурах.

4. Зміцнення металу. Пластична деформація приводить до значної зміни механічних, фізичних і хімічних властивостей металу. Ці зміни характеризуються такими явищами: 1) зміною форми зерен, їх поділом і здрібненнями; 2) зміною орієнтування зерен, утворенням волокнистої будови або текстури; 3) підвищенням опірності деформуванню, збільшенням границі пружності, текучості, міцності і твердості, зниженням пластичності; 4) збільшенням залишкових напруг; 5) зміною фізико-хімічних властивостей — електроопору, магнітних властивостей, теплопровідності і опору корозії.

Сукупність явищ, зв'язаних з зміною механічних і фізико-хімічних властивостей металу в процесі пластичної деформації, називається *зміцненням, або наклепом*.

В результаті зміцнення пластичні властивості металу можуть бути знижені настільки, що дальша деформація приводить до зруйнування матеріалу.

5. Знеміцнювання. Відновити пластичні властивості зміцненого металу можна термічною обробкою: поворотом або рекристалізаційним відпалом.

Поворотом називається процес часткового зняття механічного зміцнення (на 20—30%). Для низьковуглецевої деформованої сталі температура повороту становить 270—400° С.

Рекристалізацією називається зміна кристалічної структури холоднодеформованого металу в результаті його відпалу. При цьому відбувається утворення нових центрів кристалізації і нових зерен і їх наступний ріст. Рекристалізаційний відпал сталі практично проводять при температурі 650—680 ° С.

6. Гаряча і холодна деформації. При гарячій обробці — прокатуванні, пресуванні, куванні й об'ємному штампуванні — майже одночасно відбуваються два протилежних процеси — зміцнення, викликане деформацією, і рекристалізація, яка знімає зміцнення.

Залежно від проходження процесів зміцнення і знеміцнювання розрізняють: при повному знеміцненні — гарячу деформацію, при частковому — неповну гарячу і при відсутності знеміцнення — холодну деформації.

4.1.3. Вплив різних факторів на опір деформуванню і пластичність

1. Пластичність. *Пластичністю* називають здатність металу при певних умовах зазнавати остаточної (пластичної) деформації без зруйнування.

На опір деформуванню і пластичність впливають: 1) температура деформації; 2) хімічний склад металевого сплаву; 3) вид напруженого стану; 4) швидкість деформації і ін.

2. Вплив температури. Від температури деформації залежить механізм пластичної деформації, знеміцнювальні процеси, фазовий склад, механічні показники пластичності, опір деформуванню і величина зерна сталі. Отже, температура має вирішальний вплив на процеси деформування металу.

В міру підвищення температури нагріву значення таких показників пластичності,

як подовження і відносно звуження при розриві, ударна в'язкість, збільшується, а границя міцності при розтягуванні, границя текучості і твердість зменшуються.

Так, при нагріванні конструкційної вуглецевої сталі границя міцності зменшилась: при 600°C —в 2,4; при 800°C —в 7,7; при 1000°C —у 18; при 1200°C —у 36 раз. Проте в інтервалі температур $200—400^{\circ}\text{C}$ значення показників пластичності знизилися в 1,4 рази, тоді як границя міцності досягла максимуму. Цей інтервал температур має назву *зони крихкості*, або *синьоламкості*, тому що поверхня зламу при цій температурі має синій колір мінливості.

Деяке зниження показників пластичності в зоні температур фазових перетворень сталі ($727—880^{\circ}\text{C}$) пояснюється наявністю у металі, що деформується, одночасно двох фаз (γ -залізо і α -залізо) з різними властивостями.

При нагріванні сталі до $1000-1200^{\circ}\text{C}$ її пластичність зростає в 4-8 раз.

3. Вплив хімічного складу. Найбільшу пластичність мають чисті метали. Складові елементи в металевому сплаві у великій мірі впливають на його пластичність.

Вуглець у сталі значно підвищує міцність при одночасному зниженні пластичності. Кування сталей, які містять в собі більш як 1% вуглецю, являє деякі труднощі, тому що при цьому необхідне повільне нагрівання заготовок, температурний інтервал кування звужується і не можна допускати при ударах великого ступеня деформації. Сталь, яка містить більше ніж 1,5% вуглецю, кувати важко.

Кремній знижує пластичність сталі. Вміст його у вуглецевих сталях не перевищує 0,5%.

У легованих сталях хром і вольфрам, підвищуючи границю міцності і знижуючи здовження, знижують пластичність сталі, а нікель і ванадій надають сталі більшої пластичності.

Особливо великий вплив на пластичність сплавів мають шкідливі домішки, що входять до їх складу: сірка, фосфор, свинець, сурма, олово, миш'як, а також гази - кисень, водень і азот.

При підвищеному вмісті в сталі сірки (понад 0,1%) по границях зерен фериту утворюється сірчиста евтектика ($\text{Fe} + \text{FeS}$) з температурою плавлення 940°C . При нагріванні такої сталі для обробки тиском евтектика розплавляється; зв'язок між зернами порушується і сталь стає крихкою. Це явище має назву *червоноламкості* сталі. Вміст сірки у вуглецевих сталях допускається до 0,055—0,04%.

Марганець, утворюючи з сіркою сульфід марганцю (MnS) з температурою плавлення 1450°C , нейтралізує шкідливий вплив сірки.

Фосфор, розчиняючись у фериті, збільшує твердість і знижує ударну в'язкість сталі. При вмісті фосфору 0,1—0,2% сталь стає крихкою при низьких температурах. Це явище має назву *холодноламкості* сталі. Вміст фосфору у вуглецевих сталях не повинен перевищувати 0,045 – 0,04%.

Кисень, розчиняючись у фериті, утворює тверді й крихкі оксиди, які знижують пластичність і в'язкість сталі. Евтектика ($\text{FeO} + \text{FeS}$) має температуру плавлення 940°C , в результаті чого сталь стає *червоноламкою*.

Водень шкідливо впливає на механічні властивості сталі. У легованих сталях він спричинює появу скупчень або гнізд найдрібніших тріщин — флокенів.

Азот, утворюючи нітриди Fe_2N , Fe_4N і інші, підвищує крихкість сталі, знижуючи її пластичність і в'язкість. У холоднодеформованій сталі азот підвищує твердість і крихкість, коли мине деякий час.

4. Вплив виду напруженого стану. Чим вищі стискуючі напруги і чим менші деформації і напруги розтягу, тим вища пластичність. Підвищення стискуючих напруг при обробці тиском можливо досягти створенням бічного тиску на метал жорсткими стінками інструмента. Як приклад можна вказати на заміну кування плоскими бойками куванням фігурними бойками (рис. 4.3.,а). Ще кращий результат досягається штампуванням (рис. 4.3.,б) або прокатуванням у рівчаках каліброваних валків (рис. 4.3.,в). В цих умовах деформуються багато металів і сплавів, які виявляються малопластичними, якщо заготовка знаходиться під дією розтягуючих напруг.

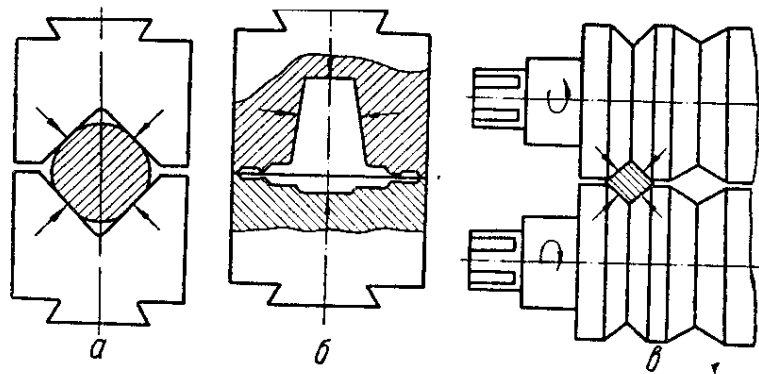


Рис. 4.3. Приклади стискуючих напруг при деформуванні металу.

5. Вплив швидкості деформації. При обробці тиском на молотах і пресах швидкість деформації металу заготовки є різною внаслідок різної швидкості поступального руху робочого органу машини.

В загальному випадку підвищення швидкості відносної деформації в одиницю часу приводить до зниження пластичності і збільшення опору деформуванню. При куванні нагрітого металу це може пояснюватися впливом двох процесів, що відбуваються паралельно: зміцнення в результаті подрібнення зерен і знеміцнювання внаслідок рекристалізації. При великих швидкостях деформації знеміцнювання може відставати від зміцнення.

При куванні на молоті опір металу деформуванню приблизно в 2 рази більший, ніж при обтискуванні на гідравлічному пресі.

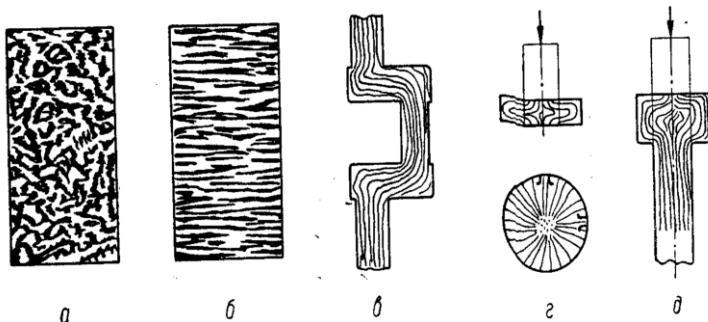


Рис. 4.4. Макроструктура сталі:

а — литої; б — після гарячої деформації; в — колінчастого вала, виготовленого з застосуванням

6. Вплив обробки тиском на макроструктуру і механічні властивості металів і сплавів

Зливи металів і сплавів мають структуру, яка характеризується наявністю в ній великих кристалітів первинної кристалізації (дендритів,

рис. 4.4.,а), по границях яких розташовані прошарки, збагачені домішками і неметалевими включеннями.

Деформування такої структури в умовах гарячої деформації приводить до подрібнення зерен і витягування їх у напрямі найбільшої деформації. В тому ж напрямі витягуються міжкристалічні прошарки, які містять неметалеві включення. При досить великому ступені деформації зерна металу подрібнюються і сплющуються, а неметалеві включення набувають форми волокон, витягнутих у напрямі течії металу (рис.4.4,б).

Волокнистість впливає на механічні характеристики металу: у поздовжньому напрямі показники пластичності кращі, ніж у поперечному. Ця відмінність

властивостей у різних напрямках називається *анізотропією*. У поперечних зразків ударна в'язкість зменшується приблизно на 50—70%, відносне звуження — на 40%, відносне здовження — на 20%, в той час як границя міцності, границя текучості і твердість у поздовжніх і поперечних зразків практично однакові.

Для забезпечення у деталей підвищених механічних властивостей необхідно, щоб волокна йшли за контуром деталі і не перерізалися (рис. 4.4.,б, з, д).

4.1.4.1. Температурний інтервал гарячої обробки тиском. Нагрівання є одним з основних факторів підвищення пластичності, який у багато раз знижує опір деформуванню. Тому при значній деформації, якої зазнає метал при прокатуванні, пресуванні, куванні і об'ємному штампуванні, вихідна заготовка нагрівається до оптимальної температури.

Для сталі температура нагріву повинна бути на 150—200⁰ С нижче температури початку плавлення. Оскільки температура плавлення залежить від вмісту вуглецю в сплаві, оптимальну температуру нагріву сталі вибирають за діаграмою стану сплавів залізо — вуглець. Температуру закінчення деформації вибирають з

урахуванням того, що сталь необхідно деформувати в однофазному стані (γ-залізо — аустеніт).

4.1.4. Нагрівання металів і сплавів для обробки тиском.

4.1.4.1. Температурний інтервал гарячої обробки тиском. Нагрівання є одним з основних факторів підвищення пластичності, який у багато раз знижує опір деформуванню. Тому при значній деформації, якої зазнає метал при прокатуванні, пресуванні, куванні і об'ємному штампуванні, вихідна заготовка нагрівається до оптимальної температури.

Для сталі температура нагріву повинна бути на 150—200⁰ С нижче температури початку плавлення. Оскільки температура плавлення залежить від вмісту вуглецю в сплаві, оптимальну температуру нагріву сталі вибирають за діаграмою стану сплавів залізо — вуглець. Температуру закінчення деформації вибирають з

урахуванням того, що сталь необхідно деформувати в однофазному стані (γ-залізо — аустеніт).

Температурні інтервали гарячої обробки тиском вуглецевої сталі орієнтовно можуть бути прийняті такі: для сталі, яка містить 0,2— 0,7% С, — 1200—850°С, а для сталі з

0,8—1,3% С — 1100—820° С.

Кольорові метали і сплави слід нагрівати на 100—150° С нижче температури початку плавлення. Так, червону мідь обробляють в інтервалі температур 950—700° С, латунь Л62 — 800—650° С, алюміній — 500—350° С, дуралумін АК8 — 470—380° С, магнієвий сплав МА5 — 370—320° С.

4.1.5.2. Явища, які супроводять процес нагрівання.

1. Окислення металу. При нагріванні сталі вище температури 700° С поверхневий шар помітно окислюється, утворюючи окалину. Підвищення температури і тривалості нагріву спричинює збільшення товщини шару окалини. Для її утворення необхідна наявність в атмосфері печі O_2 , H_2O , CO_2 або SO_2 . Окис вуглецю CO є відновником заліза, проте зменшення окалиноутворення за рахунок неповного горіння палива нерациональне. Нагрітий метал окислюється також на повітрі в процесі кування або прокатування.

Окалина складається з трьох шарів: FeO_3 , Fe_3O_4 і FeO ; проникнення кисню всередину йде за рахунок дифузії.

При підвищенні температури нагріву сталі до 1330—1350° С відбувається плавлення окалини, поверхня металу оголяється і окислення проходить надзвичайно швидко (з поверхні металу вилітає сніп яскраво-голубих іскор). Леговані сталі, за винятком жаростійких, вигоряють більше, ніж вуглецеві.

Втрати на окалину на один нагрів у полуменевій печі приймають такими, що дорівнюють 1,5—2,5%, а при електронагріві — 0,4—0,7% від маси заготовки.

Боротьба з окисленням металу полягає в застосуванні швидкісного нагріву, захисного газового шару на поді печі, а також у переході на електронагрів і нагрівання заготовок у захисній атмосфері.

Разом з процесом окислення заліза відбувається вигорання вуглецю в поверхневому шарі заготовки. Глибина знеуглецьованого шару звичайно становить 0,2—0,5 мм, досягаючи іноді кількох міліметрів.

2. Перегрів і перепал металу. При нагріванні до температури гарячої обробки тиском відбувається безперервний ріст зерен. Чим вище температура нагріву, або чим довше метал перебуває при високих температурах, тим зерна мають більший розмір. При нагріванні конструкційних сталей вище максимальної рекомендованої температури (приблизно на 100° С вище оптимальної температури) відбувається різкий ріст зерен, причому округла форма їх змінюється на кутасту з кутом при вершинах близько 60°. У інструментальних сталей під цим кутом, розташовуються великі пластини або голки цементиту. Такий метал називається *перегрітим*.

Перегріта сталь при високих температурах характеризується деяким зниженням пластичності, а при кімнатній температурі — погіршенням механічних властивостей (відносне здовження, звуження в шийці і опір ударному навантаженню знижуються приблизно на 25%).

Нагрівання сталі до більш високих температур може викликати *перепал* металу, при якому інтенсивний ріст зерен супроводиться частковим або повним розплавленням найбільш легкоплавких оболонок зерен і їх окисленням. Це приводить до появи

тріщин і втрати пластичності.

Перепал тим сильніший, чим більш окислювальна атмосфера печі. Сильно перепалена високовуглецева сталь при куванні розсипається на куски. Орієнтовні температури, при яких має місце перепал вуглецевих сталей: для сталі з 0,2% С — 1370°C; 0,5% С — 1310°C; 1 % С — 1260°C; 1,3%С— 1180°C.

Перегрітий метал після кування, штампування або прокатування можна виправити термічною обробкою (відпалом або нормалізацією), а перепалений метал є непоправним браком.

3. Режим нагріву. Нагрівають метал у полуменевих печах і електричних нагрівниках. У початковий момент нагрівається поверхневий шар зливка або заготовки. Для проникнення тепла до центра заготовки потрібний деякий час. Швидкість проникнення тепла залежить від теплопровідності металу. При значній різниці температур поверхні і середини і, отже, різному розширенні шарів металу зливка в ньому виникають температурні напружки, які можуть призвести до появи тріщин. Особливо важливо це для заготовок великого перерізу.

Найбільша імовірність утворення тріщин для сталі — в зоні синьоламкості (200—500° С) і при температурах фазових перетворень (727—820° С). У зв'язку з цим при нагріванні заготовок діаметром понад 150 мм, а також зливоків застосовується поступове (методичне) нагрівання з поділом на такі етапи: повільне нагрівання до температури фазових перетворень, витримування при цій температурі, прискорене нагрівання до остаточної температури, витримування при цій температурі для рівномірного прогріву по всьому перерізу.

4.1.6. Нагрівальні пристрої

1. Види нагрівальних пристроїв. Нагрівальні пристрої для обробки металів тиском поділяються на полуменеві нагрівальні печі і електронагрівники (опору та індукційні).

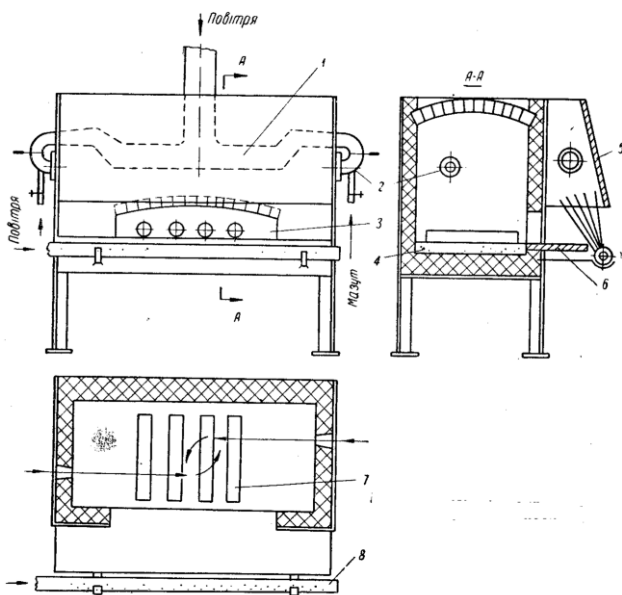


Рис. 4.6. Схема камерної печі

Найбільш поширені поки що полуменеві печі. Вони працюють на газоподібному (природному і генераторному газі, а також суміші коксувального і доменного газів) і рідкому (мазуті) паливі. Газоподібне паливо спалюється з допомогою пальників, які повинні забезпечити добре змішування газу з повітрям. Для спалювання мазуту застосовуються форсунки, в яких мазут розпилюється стисненим повітрям, що подається

вентилятором.

2. Полуменеві печі. За конструкцією полуменеві печі поділяються на камерні, нагрівальні колодязі, методичні, напівметодичні і механізовані (з штовхачами,

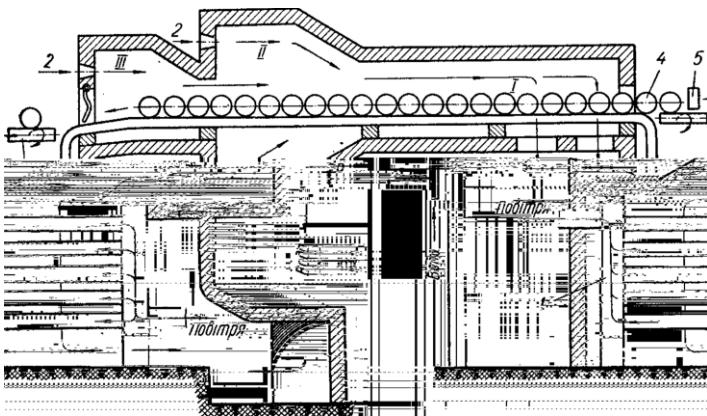
карусельні, конвеєрні та ін.).

Камерною називають піч, яка має однакову температуру по всьому робочому простору. Печі для нагрівання заготовок діаметром до 150 мм виготовляють переносними. Конструкція такої печі показана на рис. 4.6. У камеру введені дві форсунки, або пальники 2. Заготовки завантажуються на під через завантажувальне вікно 8. Воно ж служить для видалення продуктів горіння, які повітряним відсікачем 8, що являє собою трубку з отворами для стисненого повітря, спрямовуються під передній щит 5. На шляху руху пічних газів розташована труба, яка подає у форсунки повітря від вентилятора. Ділянка труби 1 є рекуператором, тобто підігрівником для повітря. Піч вміщена в металевий каркас і всередині футерована вогнетривкою шамотною цеглою, а верхня частина поду 4 має набивку з магнезитового порошку. Козирок 6 біля завантажувального вікна підтримує заготовку при завантаженні і видачі її.

Для нагрівання найбільш великих зливків під вільне кування застосовують камерні печі з висувним подом.

Різновидом камерних печей є *нагрівальні колодязі*, які застосовуються для нагрівання великих зливків під прокатування і кування. Нагрівальний колодязь являє собою вертикальну шахтну піч, в якій зливки розташовуються вертикально і завантажуються краном зверху.

Методичні печі служать для нагрівання великих заготовок і зливків масою до 2 т під



кування і прокатування. Довжина їх значна (8—22 м), а температура в різних ділянках неоднакова. Заготовки 4 безперервно переміщуються вздовж печі.

Просування їх по поду здійснюється штовхачем, встановленим біля завантажувального вікна. Брус штовхача 5 (рис. 4.7.) натискає на крайню заготовку, а всі заготовки, що

укладені на поді, проштовхуючи одна одну, переміщуються одночасно. Вздовж поду укладають охолоджувані водою труби 6, по яких рухаються заготовки або зливки. Форсунки або пальники 2 (рис.4.7.) розташовані на одному кінці печі так, що заготовки рухаються назустріч пічним газам. Це забезпечує поступове (методичне) нагрівання їх.

Робочий простір печі поділяється на три камери, або зони: камеру підігріву I з змінною температурою 700—1100°C; камеру нагріву, або зварювальну камеру II, яка має температуру приблизно 1350°C, і камеру витримки III з температурою приблизно 1300°C. Зливки нагріваються до температури 1200°C.

Пічні гази з температурою близько 700° С йдуть під під печі, де вони обігрівають рекуператор І з повітрям для дуття, а потім виходять у димову трубу. Нагріті зливки виштовхуються на рольганг 3.

Напівметодичні печі є перехідними від камерних печей до методичних. Вони мають меншу довжину і застосовуються для нагрівання порівняно невеликих заготовок

діаметром до 120 мм для штампування.

3. Електричні нагрівники. У масовому виробництві широко застосовуються електронагрівальні пристрої для контактного і індукційного нагріву, в яких електричний струм безпосередньо впливає на метал, що нагрівається.

При *контактному електронагріві* електричний струм напругою 220 або 380В

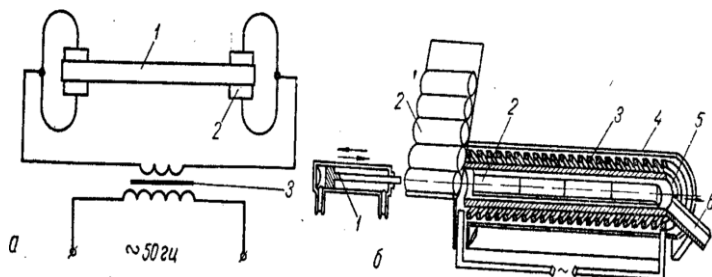


Рис.4. 8. Схеми електричних нагрівників:

звичайної частоти підводиться до однофазного знижувального трансформатора 3 (рис.4.8,а), де напруга знижується до 5—15 В, а сила струму підвищується.

Від вторинної обмотки трансформатора струм підводиться до мідних затискних клем 2, в яких з допомогою стисненого повітря (0,1—0,5 МПа, або 1—5 атм) затискуються кінці заготовки 1. Заготовка, що нагрівається, служить опором і при проходженні струму вона нагрівається за рахунок тепла, що виділяється при цьому.

Принцип контактного електронагріву полягає в тому, що згідно з законом Джоуля—Ленца при проходженні струму силою I ампер по провіднику, який має опір R ом, за час t с у провіднику виділиться тепло, що дорівнює

$$Q = 1000 R I^2 t \text{ дж} \quad \text{або} \quad (Q = 0,24 R I^2 t \text{ ккал}).$$

Контактний метод застосовується для нагрівання сталених заготовок діаметром 18—70 мм, у яких довжина більше квадрата діаметра ($l > d^2$). Тривалість нагрівання невелика, наприклад, для заготовки діаметром 50 мм становить 50 с. Для нагрівання заготовок з кольорових металів і сплавів, які мають невеликий електроопір, цей метод не застосовується.

Індукційний нагрів оснований на відомому законі електротехніки, за яким у провіднику, вміщеному в електромагнітному полі змінного електричного струму, виникають вихрові електричні струми, які нагрівають провідник. Стальна заготовка до втрати нею магнітних властивостей (до 768°C) нагрівається також за рахунок магнітного гістерезису.

Внаслідок явища поверхневого ефекту індукційний струм проходить не по всьому перерізу заготовки, а лише в поверхневому шарі. Чим більша частота струму, тим у більш тонкому шарі індуктується діелектричний струм. Решта перерізу заготовки нагрівається за рахунок теплопровідності. Для заготовок діаметром 130—400 мм застосовується струм звичайної частоти — 50 Гц; для діаметрів 25—120 мм використовується струм підвищеної частоти — 8000—2500 Гц, а для діаметрів 4—20 мм потрібний струм високої частоти — понад 200 000 Гц.

Заготовки 2 (рис.4.8,б), які підлягають нагріву, вміщуються всередині котушки (соленоїда) 3, що називається індуктором. Обмоткою котушки пропускається струм відповідної частоти. Соленоїд 3 виготовляють з мідної трубки, якою циркулює

охолоджувальна вода. Всередині соленоїда міститься тонка теплоізоляційна керамічна камера 5, в яку завантажуються заготовки 2, що нагріваються. Індуктор вміщено і сталевий кожух 4. Завантаження заготовок в індуктор провадиться штовхачем 1, а вивантаження нагрітих заготовок здійснюється по лотку 6.

Контрольні питання:

1. Назвіть основні види обробки металів тиском.
2. Що таке зміцнення і знеміцнення?
3. Як визначається температурний інтервал гарячої обробки тиском?
4. Які метали застосовуються при беззливковому прокаті?
5. Яке мастило використовують при волочінні?
6. Назвіть основні операції листового штампування.

РОЗДІЛ 5

ЗВАРЮВАЛЬНЕ ВИРОБНИЦТВО

Тема 5.1 Суть, значення і види зварювання

План уроку

- 5.1.1 Розвиток зварювання
- 5.1.2 Основні операції зварювального виробництва
- 5.1.3 Зварюваність металів і сплавів
- 5.1.4 Зварні шви і з'єднання та техніка їх виконання
- 5.1.5 Класифікація способів зварювання

5.1 СУТЬ, ЗНАЧЕННЯ І ВИДИ ЗВАРЮВАННЯ

Зварювання є одним з основних технологічних процесів у машинобудуванні та будівництві. Важко назвати галузь народного господарства, де б не застосовувалося зварювання.

Зварювання дало змогу внести докорінні зміни в технологію виробництва, створити принципово нові конструкції машин. Наприклад, застосування зварних конструкцій замість клепаных у будівництві дозволило зекономити близько 20 % металу, знизити на 5...30 % трудомісткість виготовлення конструкцій.

5.1.1 Розвиток зварювання. Основним видом зварювання є дугове. Основоположниками дугового зварювання є вчені та інженери В.В. Петров (1761—1834), М. М. Бенардос (1842—1905) та М. Г. Слав'янов (1854—1897).

27 листопада 1802 р. вперше в світі професор фізики Санкт-Петербурзької медико-хірургічної академії Василь Володимирович Петров відкрив і спостерігав дуговий розряд від виготовленого ним надпотужного «вольтового стовпа», який складався з

2100 пар різнорідних кружалець-елементів (мідь+цинк), прокладених паперовими кружальцями, змоченими водним розчином нашатирю. Цей стовп, або батарея, як називав його В. В. Петров, був найпотужнішим джерелом електричного струму на той час. Провівши велику кількість дослідів з цією батареєю, він показав можливість використання електричної дуги для освітлення та плавлення металів. До моменту відкриття дугового розряду електротехніка тільки починала створюватися, відкриття В. В. Петрова значно випередило свій вік, а до практичного застосування дуги для мети зварювання пройшло багато років. В 1812 р. П.Л. Шилінг з допомогою дуги підірвав бомбу на льоду Неви під час наступу наполеонівського війська.

Микола Миколайович Бенардос (народився в с. Бенардосівка Херсонської губернії, (нині с. Мостове Братського р-ну Миколаївської обл. та похований в м. Фастів) — автор багатьох винаходів. У 1882 р. на виставці в Парижі він вперше публічно застосував електричну дугу між вугільним електродом і металом для зварювання. Після детальної розробки свого винаходу М. М. Бенардос отримав патенти на нього в Англії, Бельгії, Німеччині, Італії, Франції, США та в інших країнах. У 1886 р. він отримав російський патент на «Спосіб з'єднання та роз'єднання металів безпосередньою дією електричного струму». М. М. Бенардос застосував створений ним спосіб не лише для зварювання, а й для наплавлення та різання металів.

М.Г. Слав'янов запропонував виконувати дугове зварювання плавким металевим електродом. Перше публічне демонстрування нового способу відбулося в 1888 р. у Пермі.

Способи М.М. Бенардоса і М.Г. Слов'янова є основою сучасних видів електрозварювання металів і мають назву «дугове зварювання за способом Бенардоса і Слов'янова». Винаходи М.М. Бенардоса та М.Г. Слов'янова знайшли помітне за тих часів застосування і в першу чергу на залізницях, а потім на кількох великих машинобудівних і металургійних заводах.

Особливі заслуги в галузі електродугового зварювання і механізації його процесу належать вченому Є.О. Патону. В 1929 р. він організував при Академії наук УРСР електрозварювальну лабораторію, а в 1934 р. створено Інститут електрозварювання, яким Є.О. Патон керував протягом 25 років. Нині НДІ електрозварювання НАН України очолює його син Б.Є.Патон – президент НАН України.

Досягнення в технології зварювання, зручність зварювальної апаратури і висока продуктивність зварювальних процесів забезпечують зварюванню ще ширше застосування в промисловості.

Визначний внесок у розробку теоретичних основ зварювання внесли вчені: В.П. Вологдін, В.П. Нікітін, К.К. Хренов, Є.О. Патон, Н.О. Окерблом, К.В. Любавський, Б.Є. Патон та ін.

На сучасному етапі розвитку зварювального виробництва в зв'язку з розвитком науково-технічної революції дуже виріс діапазон зварюваних товщин, матеріалів, видів зварювання. В наш час зварюють матеріали завтовшки від кількох мікрометрів (у мікроелектроніці) до кількох метрів (у важкому машинобудуванні). Поряд з

традиційними конструкційними сталями зварюють спеціальні сталі та сплави на основі титану, цирконію, молібдену, ніобію та інших матеріалів, а також різномірні матеріали.

Істотно розширилися умови проведення зварювальних робіт. Поряд із звичайними умовами зварювання виконують в умовах високих температур, радіації, під водою, в глибокому вакуумі, в умовах невагомості. Швидкими темпами впроваджуються нові види зварювання — лазерне, електронно-променеве, іонне, світлове, дифузійне, ультразвукове, електромагнітне, вибухове, істотно розширюються можливості дугового та контактного зварювання.

Основним засобом прискорення науково-технічного прогресу та розвитку суспільного виробництва, спрямованого на підвищення матеріального і культурного рівня радянського народу, є підвищення продуктивності праці та якості роботи. В галузі зварювального виробництва це завдання вирішується механізацією та автоматизацією самих зварювальних процесів, тобто переходом від ручної праці зварника до механізованої, і комплексною механізацією, що містить механізацію заготовчих, складальних, зварювальних, опоряджувальних, допоміжних і контрольних операцій. Високий технічний рівень зварювального виробництва передбачає і високий рівень загальноосвітньої та технічної підготовки спеціалістів і робітників на виробництві.

5.1.2 Основні операції зварювального виробництва. Зварюванням називається процес виготовлення нероз'ємних з'єднань за допомогою встановлення міжатомних зв'язків між зварюваними частинами при їх місцевому (загальному) нагріванні або пластичному деформуванні, або їх сумісній дії. Суть зварювання полягає у зближенні елементарних частинок зварюваних частин настільки, щоб між ними почали діяти міжатомні зв'язки, які забезпечують міцність з'єднання.

Зварювальне виробництво — це комплекс виробничих процесів з широким використанням зварювальної техніки, який утворює самостійну, закінчену технологію виготовлення зварної продукції. Увесь комплекс зварювального виробництва можна поділити на шість груп операцій: 1 — Заготовчі, 2 — складальні, 3 — зварювальні, 4 — опоряджувальні, 5 — допоміжні, 6 — контрольні.

Заготовчі операції — операції по виготовленню деталей зварних конструкцій. При виконанні заготовчих операцій застосовують такі види обробки металів: різання — механічне і термічне, стругання на верстатах; штампування на пресах; зачищення кромки і поверхонь деталей від окалини, іржі, задирок; випрямлення та гнуття деталей на валиках, пресах, плитах; механічну обробку великих деталей — точіння, стругання, фрезерування, свердління отворів у них.

Складальні операції забезпечують правильне взаємне розміщення та закріплення деталей виробу, що складається і зварюється, на плиті, стелажі, стенді або спеціальному пристрої.

Крім власне зварювальних операцій до зварних робіт відносять деякі нерозривно зв'язані із зварюванням допоміжні операції, наприклад встановлення виробу під зварювання або зварної головки на початок шва, спрямування електрода вздовж стику, повертання виробу в процесі зварювання, переміщення зварника і т. п.

До опоряджувальних робіт належать зачищення швів, видалення металевих бризок і

задинок, пофарбування, упакування, а також термічна і механічна обробка готових виробів, якщо вони виконуються у зварювальному цеху.

До допоміжних робіт належать кранові, транспортно-підйомні та перевантажувальні операції: налагоджувальні роботи із зварювальним, газорізальним та іншим обладнанням; комплектування деталей та розподіл робіт; роботи із приймання та видавання матеріалу та інструменту, виготовлення електродів, намотування касет із зварювальним дротом; інші допоміжні роботи, пов'язані з основним виробництвом.

Контрольні роботи містять комплекс контрольних операцій на кожному етапі виготовлення зварної конструкції, включаючи контроль вихідних зварюваних зварювальних матеріалів, контроль якості заготовчих, складальних, зварювальних і опоряджувальних операцій, контроль зварних з'єднань і готової продукції.

Зварюванням металів називається процес одержання нерознімних з'єднань металевих виробів, яке здійснюється за рахунок використання міжмолекулярних і міжатомних сил зчеплення.

Щоб привести ці сили в дію, необхідно зблизити атоми з'єднуваних металів на відстань порядку 10^{-8} см, тобто на відстань, яка приблизно дорівнює параметрам кристалічних ґраток цих металів. Вказаному процесу зближення атомів і молекул сприяє нагрівання металу до розплавленого або пластичного стану і механічне зусилля стискання.

Суть зварювання полягає у зближенні частинок металів у місцях зварювання на віддаль, близьку до віддалі між молекулами, щоб виникли міжатомні зв'язки. Звідси — міцність зварного з'єднання.

Виконується зварювання або здавлюванням місць з'єднання після нагрівання їх до пластичного стану, або без здавлювання, коли місце зварювання розплавляється.

Тепер важко назвати таку галузь обробки металів, де б не застосовували зварювання.

Зварювання дає змогу замінювати важкі і трудомісткі роботи простішими і легшими. Наприклад, заміна клепання зварюванням приводить до економії металу, скорочує строки робіт, знижує вартість виготовлення конструкцій.

Зварні з'єднання міцніші й надійніші, ніж клепані, що дуже важливо для посудин, де зберігаються і перевозяться рідини та газу, для котлів тощо.

Зварюванням можна з'єднувати різні метали і виготовляти вироби будь-якого розміру з литих і кованих сталей.

Велике значення зварювання пояснюється тим, що такі його способи, як контактне, електродугове, електрошлакове та інші, механізовано і автоматизовано, що дає змогу одержувати зварні конструкції при високих техніко-економічних показниках.

Основні види зварювання — зварювання тиском (пластичне зварювання), що виконується при деформуванні металу в твердому стані, і зварювання плавленням з'єднуваних місць за допомогою електричного струму, горючих газів або теплоти хімічних реакцій. При пластичному зварюванні метали, що мають велику в'язкість, зварюються тиском при нормальній температурі без підігрівання. Метали, що мають малу в'язкість, спочатку нагрівають до пластичного стану.

Вибираючи вид зварювання, насамперед беруть до уваги зварюваність металу, тобто його здатність утворювати міцне з'єднання.

5.1.3 Зварюваність металів і сплавів

Зварюваність — властивість металу чи сплаву утворювати при встановленій технології зварювання з'єднання, що відповідає вимогам, обумовленим конструкцією та експлуатацією виробу.

Розрізняють фізичну та технологічну зварюваність.

Фізична зварюваність — властивість матеріалів створювати монолітне з'єднання з хімічним зв'язком; таку зварюваність мають практично всі технічні сплави та чисті метали, а також ряд сполучень металів з неметалами.

Технологічна зварюваність — характеристика металу, що визначає його реакцію на дію зварювання та здатність при цьому утворювати зварне з'єднання із заданими експлуатаційними властивостями.

Зварюваність металу залежить від його хімічних і фізичних властивостей, кристалічної ґратки, ступеня легування, домішок та інших факторів. Основні показники (критерії) зварюваності металів та їх сплавів: окислюваність металу при зварювальному нагріванні, що залежить від його хімічної активності; чутливість металу до теплової дії зварювання, яка характеризується схильністю металу до зростання зерна, структурними та фазовими змінами в шві та зоні термічного впливу, зміною міцнісних і пластичних властивостей; опірність утворенню гарячих тріщин; опірність утворенню холодних тріщин при зварюванні; чутливість до утворення пор; відповідність властивостей зварного з'єднання заданим експлуатаційним вимогам; до них належать: міцність, пластичність, витривалість, повзучість, в'язкість, жаростійкість та жароміцність, корозійна стійкість та ін.

Крім перелічених основних показників зварюваності є ще показники, від яких залежить якість зварних з'єднань. До них належать якість формування зварного шва, власні напруги, деформації і короблення зварюваних матеріалів і виробів.

Окислюваність металу при зварюванні визначається хімічними властивостями зварюваного матеріалу. Чим хімічно активніший метал, тим більша його схильність до окислення і тим вищою має бути якість захисту при зварюванні. До найактивніших металів, які легко окислюються при зварюванні, належать Ti, Zn, Ta, Mo, W. При їх зварюванні треба захищати від взаємодії з повітрям не лише розплавлений метал, а й основний метал, що примикає до зварювальної ванни, та шов, який остигає із зовнішнього боку. Найкращу якість захисту забезпечують високий вакуум та інертний газ високої чистоти.

Високою хімічною активністю при зварюванні відрізняються й інші кольорові метали: Al, Mg, Cu, Ni та сплави на їх основі; якість їх захисту забезпечується інертними газами, а також спеціальними електродними покриттями та флюсами.

При зварюванні сталей та сплавів на основі заліза від взаємодії з повітрям розплавлений метал захищають покриттями, флюсами, а також захисними газами.

Технологія зварювання (вид зварювання, зварювальні матеріали, техніка зварювання) вибирається залежно від основного показника зварюваності (або поєднань кількох показників) для кожного конкретного матеріалу.

Зварюваність різних металів і сплавів залежить від ступеня легування, структури та вмісту домішок. Найбільше впливає на зварюваність сталей вуглець. Із збільшенням вмісту вуглецю, і також ряду інших легуючих елементів зварюваність сталей погіршується. Основними труднощами при зварюванні конструкційних низьковуглецевих, низьколегованих, а також середньолегованих сталей є: чутливість до загартовуваності та утворення холодних тріщин; схильність до утворення гарячих тріщин; забезпечення рівномірності зварного з'єднання.

Чим вищий вміст вуглецю в сталі, тим вища небезпека холодних і гарячих тріщин і важче забезпечити рівномірність зварного з'єднання. Орієнтовним кількісним показником зварюваності сталі відомого хімічного складу є еквівалентний вміст вуглецю $C_{\text{екв}}$, який визначається за формулою К.К. Хренова

$$C_{\text{екв}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{10} + \frac{Mo}{4} + \frac{Cr}{5} + \frac{Cu}{15} + \frac{V}{14} + \dots$$

де вміст вуглецю та легуючих елементів подано в процентах. Формула виведена дослідним шляхом і не завжди враховує взаємний вплив компонентів.

Залежно від еквівалентного вмісту вуглецю та пов'язаною з цим схильністю до загартування та утворення холодних тріщин сталі за зварюваністю поділяють на чотири групи: добре, задовільно, обмежено та погано зварювані сталі (табл. 5.1.).

Сталі першої групи мають $C_{\text{екв}} \leq 0,25 \%$, добре зварюються без утворення гартівних структур і тріщин у широкому діапазоні режимів, товщин і конструктивних форм. Сталі, що задовільно зварюються ($C_{\text{екв}} = 0,25 \dots 0,35 \%$), не дуже схильні до утворення холодних тріщин при правильному доборі режимів зварювання, в ряді випадків потрібне підігрівання. Обмежено зварювані сталі ($C_{\text{екв}} = 0,36 \dots 0,45 \%$) схильні до тріщиноутворення, можливість регулювання опірності

утворенню тріщин зміною режимів зварювання обмежена, потрібне підігрівання. Погано зварювані сталі ($C_{\text{екв}} > 0,45 \%$) дуже схильні до загартування та утворення тріщин, потребують при зварюванні підігрівання, спеціальних технологічних прийомів зварювання та термообробки.

Зварюваність металів і сплавів залежить від хімічного складу і фізичних властивостей їх. Краще зварюються метали з доброю взаємною розчинністю, високою теплопровідністю, невеликою усадкою і малим коефіцієнтом лінійного розширення. Чавун можна зварювати лише плавленням місць з'єднання, бо він має низькі пластичні властивості. Низьковуглецеві сталі ($C_{\text{екв}} < 0,25\%$) добре зварюються будь-якими методами. Із збільшенням вмісту вуглецю у сталі (понад 0,3%) зварювання погіршується, бо виникає схильність до утворення гартівних тріщин у зоні шва тощо.

Таблиця 5.1

Класифікація сталей за зварюваністю

Група зварюваності	Сталь	
	вуглецева	Конструкційна легована
Добра $C_{\text{екв}} \leq 0,25 \%$	Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, сталь 08, 10, 15, 20, 25, 12кп, 15кп, 18кп, 20кп	15Г, 20Г, 15Х, 15ХА, 20Х, 15ХМ, 14ХГС, 10ХСНД, 10ХГСНД, 15ХГСНД
Задовільна $C_{\text{екв}} = 0,25 \dots 0,35 \%$	Ст5, сталь 30, 35	12ХН2, 12ХН3А, 14Х2МР, 10Г2М, 20ХН3А, 20ХН, 20ХГСА, 25ХГСА, 30Х, 30ХМ
Обмежена $C_{\text{екв}} = 0,36 \dots 0,45 \%$	Ст6, сталь 40, 45, 50	35Г, 40Г, 40Г2, 35Х, 40Х, 45Х, 40ХН, 40ХМФА, 30ХГС, 30ХГСА, 30ХГСМ, 35ХМ, 20Х2Н4А, 4ХС, 12Х2Н4МА.
Погана $C_{\text{екв}} > 0,45 \%$	Сталь 65, 70, 75, 80, 85, У7, У8, У9, У10, У11, У12	50Г, 50Г2, 50Х, 50ХН, 45ХН3МФА, 6ХС, 7ХЗ, 9ХС, 8ХЗ, 5ХНТ, 5ХНВ

Негативно на міцність зварного шва впливають фосфор і сірка, що підвищують крихкість його. Вміст їх у сталі має бути мінімальним.

Міцність зварного шва можна підвищити, легуючи метал шва марганцем, кремнієм та іншими елементами. Марганець при вмісті до 0,7% поліпшує зварюваність, а кремній є розкислювачем і в кількості до 0,25% допускається в складі сталі.

При зварюванні легованої сталі міцність з'єднання знижується внаслідок її невисокої теплопровідності: висока температура зосереджується лише в місці нагрівання, а це спричиняє напруги, а іноді і тріщини. Незадовільна міцність зварного шва може зумовлюватися здатністю деяких легованих сталей загартовуватися після високого нагрівання при охолодженні на повітрі.

Щоб усунути ці явища при зварюванні легованих сталей, треба неухильно додержувати режиму зварювання, підігрівати вироби перед зварюванням і проводити термічну обробку виробів після зварювання.

5.1.4 Зварні шви та з'єднання та техніка їх виконання. Зварний шов це ділянка зварного з'єднання, що утворилась в результаті зварювання на межі з'єднуваних деталей. Їх класифікують: по відношенню до дії сил – флангові, торцеві, лобові, косі; по протяжності – суцільні і переривчасті; по розташуванні в просторі – нижні, горизонтальні, вертикальні і стельові. Крім цього розрізняють одно - і багатошарові, одно - і двосторонні, прорізні, точкові та з підготовленими кромками.

Шви для фіксації взаємного розміщення деталей називають *прихватками*.

Основними видами з'єднань, що застосовуються при ручному дуговому зварюванні, є стикові, кутові, таврові і внапусток.

Конструктивні елементи цих з'єднань згідно з стандартом наведені на рис. 5.2. Стикові з'єднання залежно від товщини зварюваних листів виконують з відбортовкою (рис.5.2,а), без скосу кромки (рис.5.2,б, в), з У-подібним (рис.5.2,г) і Х-подібним (рис.5.2,д) скосами кромки. Х-подібний скіс кромки криволінійної форми (рис.5.2,е) застосовують для листів товщиною від 30 до 60 мм.

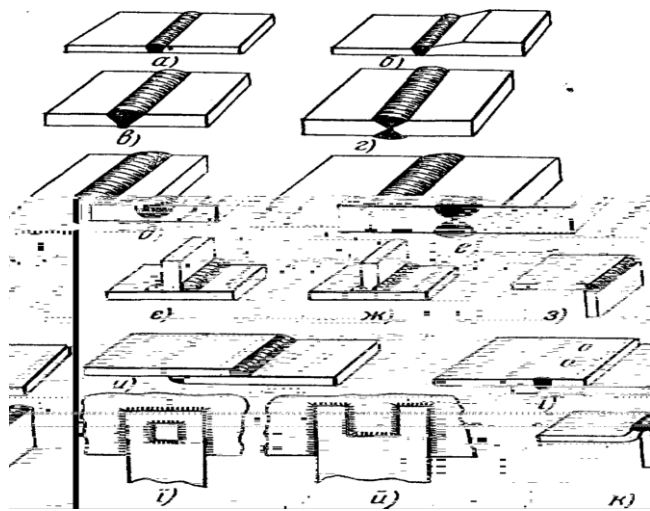


Рис.5.1. Види зварних з'єднань і швів

а, б — стикові без скосу кромки; в — стикове з V-подібним скосом кромки; г, е — з V-подібним скосом кромки; ж, з — кутові без скосу кромки; и, і — внапусток електрозаклепками (точками); к — відбортовування кромки.

зварювання по всьому перерізу зварюваних листів між кромками залишають зазор, величина якого залежно від товщини металу становить від 0 до 4 мм.

Для запобігання пропалювання гострі кромки листів притупляють. Притуплення становить 1—3 мм. Спільний кут розкриття кромки дорівнює $60^\circ \pm 5^\circ$. Кутові і таврові з'єднання, так само як і стикові, залежно від товщини листів виконують без скосу кромки (рис.5.2, в, ж, і), а також з одностороннім (рис.5.2, з, и) і двобічним (рис.5.2, й, і, к) скосом кромки. Кут розкриття $50^\circ \pm 5^\circ$, а для листів товщиною 12—25 мм (рис.5.2, к) — $60^\circ \pm 5^\circ$. З'єднання внапусток (рис.5.2, л) застосовується для листів товщиною від 2 до 60 мм. Зварювання проводять з одного або з двох боків суцільним чи переривчастим швом.

Зварні шви на кресленнях позначаються односторонньою стрілкою на лінії-виносі та умовним позначенням над поличкою для видимих і під нею для невидимих швів тонкими суцільними лініями.

Структура умовного позначення стандартного шва приведена на рис.5.3, а допоміжні знаки, їх значення та розташування в табл. 5.2.

Зварні з'єднання бувають дуже різноманітні. Основні типи з'єднань і швів, які

Для забезпечення про-

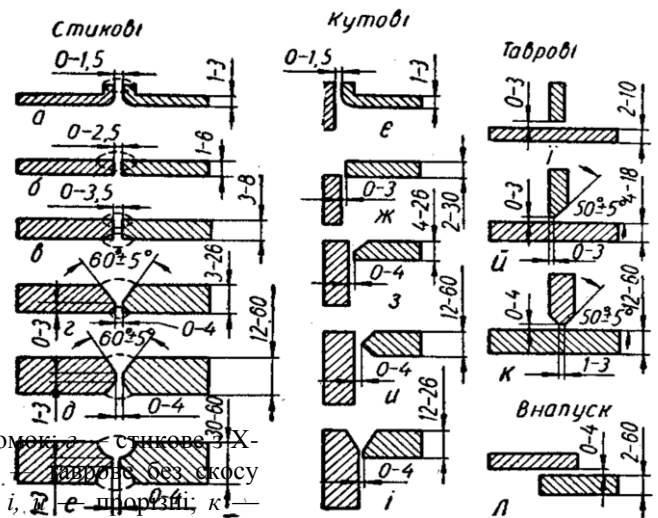


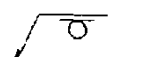

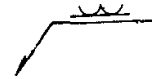
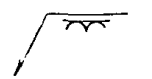

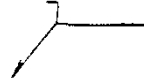

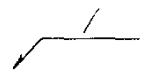
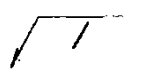

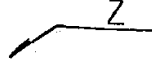
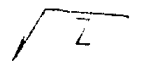

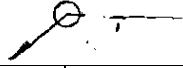
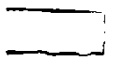




Рис.5.2. Конструктивні елементи зварних з'єднань, що застосовуються при ручному дуговому зварюванні

виконують дуговим зварюванням, показано на рис.5.1.

Таблиця 5.1 Основні типи з'єднань і швів

Допоміжний знак	Значення знака	Розташування допоміжного знака відносно полочки лінії-	
		з лицьової сторони	з оберненої сторони
	Підсилення шва зняти		
	Напливи і нерівності шва обробити з плавним переходом до основного		
	Шов виконати при монтажі виробу, т. Т. При встановленні його по монтажному кресленні на місці		
	Шов переривчатий або точковий з ланцюговим розташуванням. Кут нахилу лінії ~60°		
	Шов переривчатий або точковий з шаховим розташуванням		
	Шов по замкнутій лінії. Діаметр отвору 2-5 мм		
	Шов по незамкнутій лінії. Знак застосовують, якщо розташування шва не ясно з креслення		

Таблиця 5.2.

Допоміжні знаки позначень зварних швів

Допоміжні знаки шва по замкнутій лінії чи монтажного шва

Знаки "дефіс"

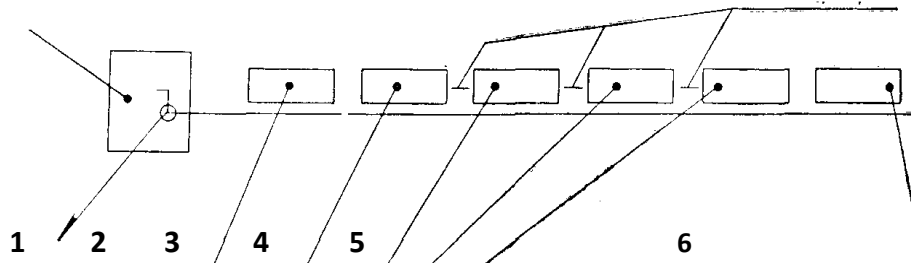


Рис. 5.3 Структура умовного позначення зварного шва

- 1 – позначення стандарту на типи і конструктивні елементи швів;
- 2- Буквено-цифрове позначення шва;
- 3 – умовне позначення способу зварювання (допускається не вказувати);
- 4- знак \triangle та розмір катета в мм згідно стандарту на конструктивні елементи шва;
- 5 – для переривчатого шва – розмір проварюваної ділянки, знак $/$ або Σ і розмір кроку;
- 6 – допоміжні знаки (див. табл. 5.2)

Техніка виконання зварних з'єднань в основному залежить від положення швів у просторі і від виду зварного з'єднання.

За положенням у просторі шви поділяються на нижні (рис.5.4,*а*), вертикальні

(рис.5.4,*б*), горизонтальні (рис.5.4,*в*) і стельові (рис.5.4,*г*). Найбільш зручно зварювати нижні шви, тому що розплавлений метал не витікає з кратера. Значно трудніше виконувати зварювання вертикальних і

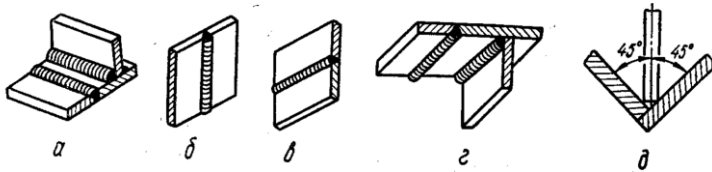


Рис. 5.4 Просторова розташування швів

горизонтальних швів. Такі шви виконують дуже короткою дугою і електродами діаметром не більше 5 мм. Але найважче виконувати стельові шви, у яких кратер розташований дном доверху. Стельові шви зварюють найкоротшою дугою і електродами діаметром не більше 4 мм. Якщо конструкція виробу дозволяє, то його повертають так, щоб усі шви можна було виконувати в нижньому положенні, а кутові і таврові з'єднання зварювати «в човник» (рис.5.4,*д*).

5.1.5 Класифікація способів зварювання. Сучасні способи зварювання класифікуються за двома основними ознаками: за станом металу в про цесі зварювання і за видом енергії, що використовується для нагрівання зварюваних частин.

За першою ознакою розрізняють зварювання плавленням і зварювання тиском.

При зварюванні плавленням метал нагрівається до розплавленого стану і зварне з'єднання утворюється без застосування тиску. Зварювання під тиском в більшості випадків здійснюється при нагріванні металу до пластичного стану або до початку плавлення зварюваних поверхонь.

Такі пластичні метали, як свинець, алюміній, мідь і інші, можуть бути зварені і в

холодному стані за рахунок лише тиску.

За видом енергії, що застосовується для нагрівання металу, всі існуючі способи зварювання поділяються на три основні групи: 1) електричні, 2) хімічні і 3) механічні.

Найбільш важливою є група електричних способів, при яких для нагрівання металу використовується електричний струм. Залежно від принципу перетворення електричної енергії в теплову, яка використовується в процесі зварювання, розрізняють такі основні види електричного зварювання: дугове, електрошлакове, контактне, індукційне і електронно-променеве.

До групи хімічних способів зварювання належать горнове або ковальське, газове і термітне. Нагрівання металу при цих способах зварювання здійснюється за рахунок тепла екзотермічних реакцій окислення різних речовин, що перебувають у твердому, рідкому або газоподібному вигляді. До механічних способів відносять холодне зварювання тиском, зварювання тертям і зварювання ультразвуком. При цих методах зварювання для з'єднання металів використовують відповідні види механічної енергії.

З перелічених способів зварювання найбільш важливими є електричне дугове, контактне і газове зварювання.

Тема 5.3 Спеціальні способи зварювання

План уроку

5.3 Електричне контактне зварювання

5.3.1 Стикове зварювання

5.3.2 Точкове зварювання

5.3.3 Шовне зварювання

5.3.4 Зварювання акумульованою енергією

5.3.5 Безпека праці при електрозварюванні

5.3. Електричне контактне зварювання

Контактне зварювання (зварювання опором) ґрунтується на розігріванні зварюваних виробів Джоулевым теплом і механічному стисканні розігрітих виробів.

Згідно з законом Джоуля — Ленца кількість тепла, що виділяється при проходженні електричного струму по зварюваних деталях,

$$Q = I^2 R t \text{ Дж } (0,24 I^2 R t \text{ кал}),$$

де: I — зварювальний струм, А;

R — опір, Ом;

t — час зварювання, с.

Сила зварювального струму при контактному зварюванні досягає десятків і навіть сотень тисяч ампер. Такі струми одержують в знижувальних зварювальних трансформаторах, що мають у вторинній обмотці найчастіше один виток. Час зварювання залежно від товщини і роду зварювального матеріалу змінюється від сотих і навіть тисячних часток секунди до кількох хвилин. Опір місця зварювання складається з опору контакту зварюваних виробів, двох опорів самого металу і двох

перехідних опорів у місці затиску деталей. Найбільшим опором є опір у місці контакту виробів, де і виділяється найбільша кількість тепла. Коли деталі нагріваються до пластичного стану або до оплавлення, до них прикладається зусилля осадки і деталі зварюються.

Існує багато видів і різновидностей електричного контактного зварювання. Проте основних способів є три: стикове, точкове і шовне. Окрему групу становить зварювання

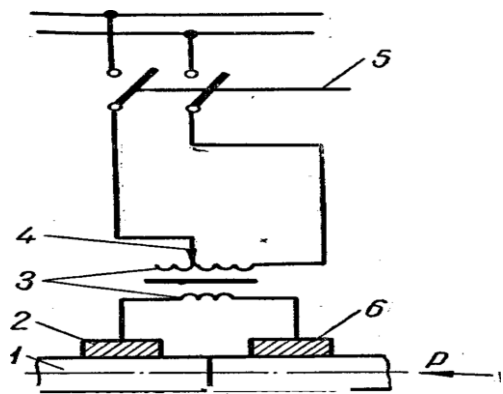


Рис. 5.16. Схема стикового зварювання

акумуляованою енергією. З цієї групи найбільше застосування має конденсаторне зварювання.

5.3.1 Стикове зварювання

При стиковому зварюванні (рис. 5.16) зварювані деталі 1 у вигляді різних стержнів, штаб, рейок, труб закріплюються в мідних затискачах стикової машини.

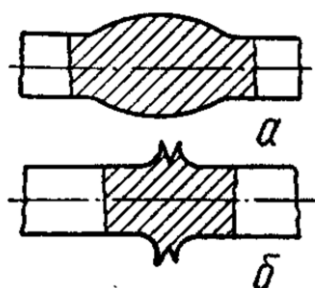
Затискач 6 встановлений на рухомій плиті, що переміщується в напрямних станини, а затискач 2 укріплений на нерухомій плиті.

Вторинний виток зварювального трансформатора 3 з'єднаний з плитами мідними гнучкими шинами. Первинна обмотка трансформатора ввімкнена в сітку змінного струму через вимикальний пристрій 5. Для регулювання потужності трансформатора і зміни величини зварювального струму служить перемикач ступенів 4, який дає можливість, вмикаючи в сітку різне число витків первинної обмотки трансформатора, змінювати коефіцієнт трансформації, а отже, і потужність.

Переміщення рухомої плити і стискання зварюваних виробів здійснюється механізмом стискання Р.

Стикове зварювання виконується методом опору і методом оплавлення. При зварюванні опором деталі з ретельно підготовленими торцями під невеликим тиском дотикають одну до одної. Після цього в сітку вмикають трансформатор.

При зварюванні опором деталі з ретельно підготовленими торцями під невеликим



тиском дотикають одну до одної. Після цього в сітку вмикають трансформатор. Як тільки деталі нагріються до пластичного стану, одночасно з вмиканням струму з допомогою механізму стискання проводиться осадка і зварювання деталей. В результаті цього в місці з'єднання утворюється стовщення (рис. 5.17,а), що називається рубчиком.

Рис. 5.17. Види рубчиків при

Зварювання опором застосовують для з'єднання виробів маловуглецевих сталей і кольорових металів перерізом до 1000 мм^2 .

При більшому перерізі не досягається рівномірного нагрівання по всьому перерізу стику і якість з'єднання погіршується.

Зварювання оплавленням застосовують при виготовленні виробів великого перерізу. Розрізняють зварювання переривистим і безперервним оплавленням. При зварюванні переривистим оплавленням короточасне зближення деталей проводиться під струмом.

Після віддалення деталей однієї від другої і розриву зварювального кола між торцями зварюваних виробів появляються дрібні дуги, які при частому чергуванні замикань з розмиканнями нагрівають зварювані поверхні до оплавлення. При наступному прикладенні зусилля осадки розплавлений метал і окисли, що утворилися, видавлюються із зони зварювання, утворюючи меншого розміру рубчик (рис. 5.17,б), ніж при зварюванні опором, і більш міцне зварне з'єднання. Зварювання методом безперервного оплавлення виконують на машинах з механізмом безперервної подачі деталей тільки в бік їх зближення. Між деталями, що знаходяться до моменту зближення під струмом, весь час підтримується нещільний контакт. Метал в місцях стику внаслідок великої густини струму швидко нагрівається до розплавленого стану. При дальшому зближенні деталей утворюються нові ділянки стикування, і торці деталей щоразу більше оплавляються. Розплавлений і доведений до кипіння з бурхливим пароутворенням метал під впливом магнітного поля викидається назовні стику.

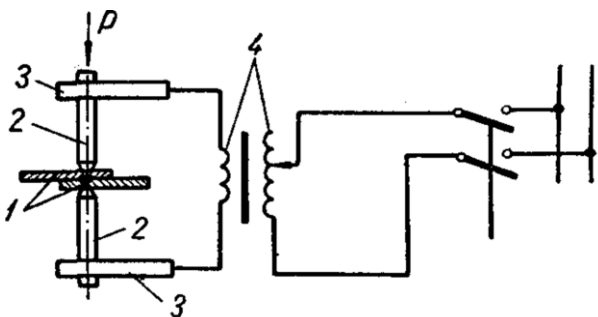
Після рівномірного оплавлення всієї поверхні стику провадиться різка осадка і одночасне вимкнення струму. Стикове зварювання оплавленням застосовують для з'єднання деталей будь-якої конфігурації і будь-якого перерізу, виготовлених з однорідних і різнорідних чорних і кольорових металів. Найбільше застосування цей метод знаходить при зварюванні залізничних рейок, складного різального інструменту, магістральних газо- і нафтопроводів, двотаврових і таврових балок і т. п. Потужність, що споживається, і витрата електроенергії при зварюванні оплавленням у 2—5 раз менші, ніж при зварюванні опором.

При зварюванні опором густина струму становить $10\text{—}100 \text{ А/мм}^2$, а при зварюванні оплавленням — $6\text{—}25 \text{ А/мм}^2$. Питомий тиск осадки при зварюванні оплавленням коливається від 30 до 50 МПа (від 3 до 5 кгс/мм²) для сталей і від 8 до 15 МПа (від 0,8 до 1,5 кгс/мм²) для кольорових металів.

Машини, що використовуються для стикового зварювання, випускають потужністю від 0,75 до 1000 кВт і вище.

5.3.2 Точкове зварювання

Точкове зварювання застосовують для з'єднання листових конструкцій, в яких



повинна бути забезпечена необхідна міцність. Сумарна товщина зварюваних листів звичайно не перевищує 10—12 мм.

При точковому зварюванні складені внапусток деталі (рис.5.18) затискують з

деяким зусиллям між мідними електродами 2, до яких через електродотримачі 3 підводиться струм від зварювального трансформатора 4. Нижній електрод встановлюють нерухомо, а верхній електродотримач переміщується за допомогою механізму стискання, який створює між електродами необхідний тиск P . Після затискання виробу вмикають трансформатор, і місце контакту між виробами нагрівається до утворення ядра з розплавленого металу. Потім прикладається зусилля осадки і розпочинається процес зварювання металів, який закінчується при знятті тиску і вимкненні струму. Місця контактів між електродами і виробами нагріваються до більш низької температури, оскільки тепло, що виділяється тут, активно відводиться мідними електродами, які звичайно охолоджуються водою.

На точкових машинах успішно зварюють вуглецеві, леговані і високолеговані сталі і кольорові метали. Розрізняють зварювання на м'яких і жорстких режимах. М'які режими характеризуються більшою тривалістю зварювання і меншою густиною струму. Ці режими застосовуються при зварюванні вуглецевих і низьколегованих сталей і сталей з нахилом до гартування. При м'яких режимах час зварювання становить від 0,2 до 2—3 с, густина струму — від 90 до 150 А/мм² і питомий тиск на електроди — від 15 до 40 МПа (від 1,5 до 4 кгс/мм²).

Жорсткі режими характеризуються меншим часом зварювання, більшою густиною струму і великим питомим тиском. Такі режими використовуються при зварюванні сталей, у яких при нагріванні можуть випадати карбіди або розпадатися аустеніт. Жорсткі режими також знаходять застосування для зварювання кольорових металів (міді, алюмінію), які мають велику електро- і теплопровідність. При жорстких режимах час зварювання становить від 0,05 до 0,5 с, густина струму — від 150 до 350 А/мм² і питомий тиск — від 40 до 100 МПа (від 4 до 10 кгс/мм²).

Крім розглянутої вище основної схеми точкового зварювання в промисловості застосовують одностороннє точкове зварювання. Одностороннє зварювання буває одноточкове (рис. 5.19,а), двоточкове (рис. 5.19,б) і багатоточкове (рис. 5.19,в).

При односторонньому зварюванні електроди 3 розташовують з одного боку зварюваних виробів 2, а з другого боку підкладають мідні чи бронзові шини 1.

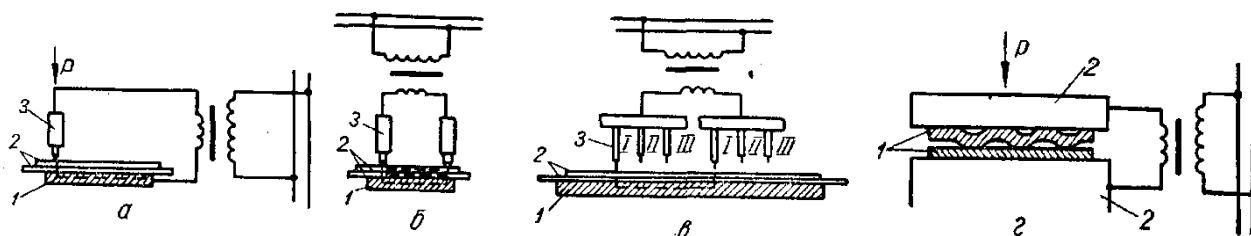


Рис. 5.19. Схема одностороннього зварювання:

а — одноточкового; б — двоточкового; в — багато точкового (І, ІІ і ІІІ — електроди); г — рельєфного.

При зварюванні струм проходить через електроди 3, зварювані вироби 2 і мідні шини. Різновидністю багатоточкового зварювання є рельєфне зварювання (рис. 5.19,г),

при якому в одній із зварюваних деталей 1 в місцях з'єднань попередньо провадиться холодна висадка виступів. Рельєфне зварювання виконується на спеціальних зварювальних пресах.

Після попереднього стискання і ввімкнення струму відбувається одночасне нагрівання всіх виступів, а після прикладання зусилля стискання — їх зварювання.

Серійні машини, що використовуються для точкового зварювання, випускають потужністю від 5 до 600 kVt як з ножним (педальним) приводом і довільною видержкою часу, так і з приводом від електродвигуна.

Багато машин мають також електромагнітний, пневматичний і пневмогідравлічний приводи з електронним регулюванням часу зварювання.

5.3.3 Шовне зварювання

Шовне або роликове зварювання застосовують для одержання міцних і щільних швів при виготовленні тонкостінних посудин, призначених для зберігання і

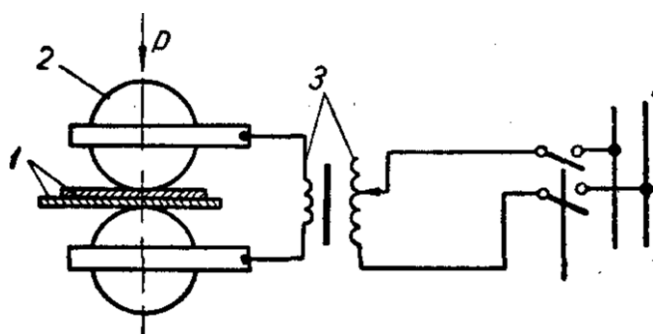


Рис. 5.20. Схема шовного зварювання

транспортування рідини, газів та інших продуктів, а також при виробництві тонкостінних плоскоскручених труб.

При шовному зварюванні (рис. 5.20.) листи 1 товщиною від 0,3 до 3 мм складають внапусток і потім затискують зусиллям P між двома мідними роликами 2, до яких підводять електричний струм від зварювального трансформатора 3. Одному чи обома роликам надає примусового обертання спеціальний привід.

При ввімкненні струму і одночасному обертанні роликів відбувається переміщення зварюваних виробів і в місці проходження струму вони зварюються. Розрізняють три основні способи шовного зварювання: безперервне, переривисте і крокове. При безперервному зварюванні подача струму на ролики і обертання роликів провадиться безперервно. Такий вид зварювання застосовується при виготовленні виробів з низьковуглецевих сталей товщиною до 1 мм. При більших товщинах безперервна подача струму на ролики не дає задовільної якості зварного з'єднання. Такі з'єднання зварюють переривистим методом, при якому ролики обертаються безперервно, а струм подається з перервами. В результаті переривистої подачі струму в місці зварного з'єднання утворюється ряд безперервних точок, які перекривають одна одну. Елементи зварного шва в розрізі, одержаного при переривистій подачі струму на ролики, показані на рис. 5.21.

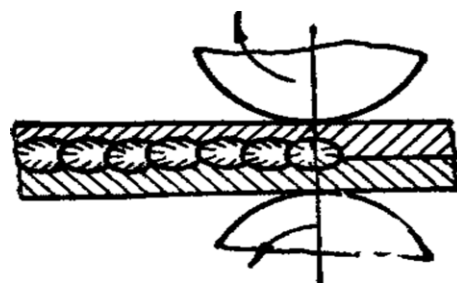


Рис.5.21. Елементи зварного шва, одержаного при переривчастій подачі

При переривистому методі зварювання одержуються зварні з'єднання високої

якості як при зварюванні вуглецевих, так і нержавіючих сталей, а також алюмінієвих і мідних сплавів.

Крокове зварювання, при якому обертання роликів і подача струму на них переривисті, великого поширення не набуло.

Для переривистої подачі струму на ролики шовні машини оснащують ігнітронними переривниками. Тривалість ввімкнення струму при переривистому зварюванні становить від 0,02 до 0,12 с, а час перерв між вмиканням — від 0,02 до 0,35 с. Тиск на ролики знаходиться в межах від 2 до 7 кН (від 200 до 700 кгс). Серійні шовні машини випускають потужністю від 25 до 200 кВт з педальним або пневматичним приводом.

5.3.4 Зварювання акумульованою енергією

Зварювання акумульованою енергією здійснюється за рахунок енергії, нагромадженої у відповідному приймачі, який безперервно заряджається і періодично розряджається на зварюваний виріб.

Розрізняють чотири способи зварювання акумульованою енергією: електростатичне, або конденсаторне, електромагнітне, інерційне і акумуляторне.

Виробниче застосування дістало тільки конденсаторне зварювання. При цьому

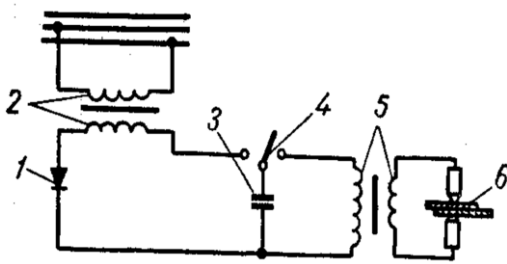


Рис. 5.22. Схема конденсаторного

способі зварювання енергія від живильної сітки нагромаджується в батареях конденсаторів.

При розрядженні конденсаторів вона витрачається на зварювання. Розрядження конденсаторів може провадитись безпосередньо на виріб або на первинну обмотку зварювального трансформатора.

Більш поширений другий спосіб зварювання з розрядкою конденсаторів на первинну обмотку зварювального трансформатора. Таким методом проводиться точкове, стикове і шовне конденсаторне зварювання.

На рис.5.22 наведена схема точкового конденсаторного зварювання. Струм із сітки через невеликий підвищувальний трансформатор 2 і ламповий випрямляч 1 надходить на зарядку конденсаторів 8. За допомогою перемикача 4 конденсатор вмикається на заряджання або розряджається на первинну обмотку зварювального трансформатора 5 і зварювані вироби 6.

Конденсаторне зварювання використовують переважно при з'єднанні металів малих товщин в межах від 0,005 до 1—2 мм. Тонкий метал (товщиною від 0,2—0,3 мм) можна приварювати до металу будь-якої товщини (10—15 мм).

Переваги конденсаторного зварювання: незначна споживана потужність машин; рівномірне навантаження на сітку, яке не зазнає пікових значень струму в момент розрядження конденсаторів; висока якість зварних з'єднань.

Потужність точкових конденсаторних машин становить 0,1—0,2 кВт, а стикових і шовних — не перевищує 2—3 кВт.

5.3.5 Безпека праці при електрозварюванні

Ураження електричним струмом відбувається при дотику до струмоведучих частин

електропроводки. Струми, що проходять через тіло людини, більш 0,05 А (при частоті 50 Гц), можуть викликати важкі наслідки і навіть смерть ($>0,1$ А). Опір людського організму залежно від його стану (втомленість, вологість шкіри, стан здоров'я) змінюється в межах від 1 до 20 кОм. Напруга джерел живлення дуги досягає 90 В. Згідно з законом Ома, при поганому стані зварника через нього може пройти струм близький до граничного: $I = \frac{U}{R} = \frac{90}{1000} = 0,09 \text{ А}$

Електробезпека забезпечується: надійною ізоляцією, застосуванням заземлення, обмеженням напруги холостого ходу джерел живлення (генератори до 80 В, трансформатори до 90 В); індивідуальними засобами захисту (спецодяг, рукавиці, гумові килимки, калоші).

Захист зору та шкіри забезпечується щитками з світлофільтрами (розмір 52x102 мм) типу С 13-ти класів (замість типу Э 5-ти класів). Їх вибирають по силі струму наприклад: С4 на 30-60 А, С11 при струмі 900 А.

Для захисту від випромінювання встановлюють кабіни, переносні щити та ширми пофарбовані в світлосірий колір, який поглинає ультрафіолетові промені. Від шкідливих газів, парів та пилу застосовують місцеву та загальнообмінну вентиляцію, а в особливих умовах респіратори та протигази.

Тема 5.14 Технологія зварювання і наплавлення

План уроку

5.14.1 Структура металу шва і зони термічного впливу

5.14.2 Зварювання сталей

5.14.3 Зварювання чавуну

5.14.4 Зварювання кольорових металів

5.14.5 Наплавлення швидкоспрацьовуваних поверхонь

5.16 Контроль якості зварювання

5.14.1 Структура металу шва і зони термічного впливу

При зварюванні плавленням під впливом тепла дуги або газозварювального полум'я на зварюваному металі утворюється ванна рідкого металу — зварювальна ванна, що являє собою сплав основного і присадного металів. В міру просування джерела тепла, а також внаслідок відведення тепла з ванни в масу зварюваного металу і тепло-обміну з оточуючим середовищем температура металу зварювальної ванни знижується і в ній починається процес кристалізації. Центрами кристалізації служать нерозплавлені кристали основного металу на межі зварювальної ванни. Кристали ростуть в напрямі, зворотному відведенню тепла, тобто від стінок основного металу до центра шва (рис.5.41,а).

Первинна структура зварного шва крупнокристалічна, дендритна; у більшості випадків має форму стовпчастих кристалів.

При повторному нагріві металу шва вище 900°C і швидкому охолодженні стовпчаста структура перетворюється в дрібнозернисту рівновісну. Тому при багат шаровому електродуговому зварюванні структура перших і наступних шарів дрібнозерниста і рівновісна, а в останньому шарі зберігається стовпчаста, що має знижені механічні властивості. З кристалів аустеніту, що утворилися в процесі первинної кристалізації нижче точки A_{r3} , випадають зерна фериту, а при температурі 727°C і нижче аустеніт перетворюється у перліт. Отже, при зварюванні маловуглецевої сталі зварний шов має стовпчасту дендритну або рівновісну дрібнозернисту структуру, а його структурними складовими є ферит і невелика кількість перліту.

При дуговому зварюванні електродами з стабілізуючими покриттями у зварному шві присутні також окисли і нітриди, шлакові і газові включення.

При інших видах зварювання, наприклад при зварюванні електродами з якісними покриттями, автоматичному зварюванні під флюсом або в атмосфері захисних газів і інших, неметалеві включення відсутні або знаходяться в невеликих кількостях.

Частина основного металу, яка близько прилягає до металу зварного шва, називається зоною термічного впливу. В процесі зварювання вона піддається нагріванню до високих температур і наступному охолодженню. Окремі ділянки цієї зони нагріваються до різних температур і тому мають різну структуру.

При зварюванні маловуглецевої сталі в зоні впливу розрізняють такі структурні ділянки (рис.5.41,б).

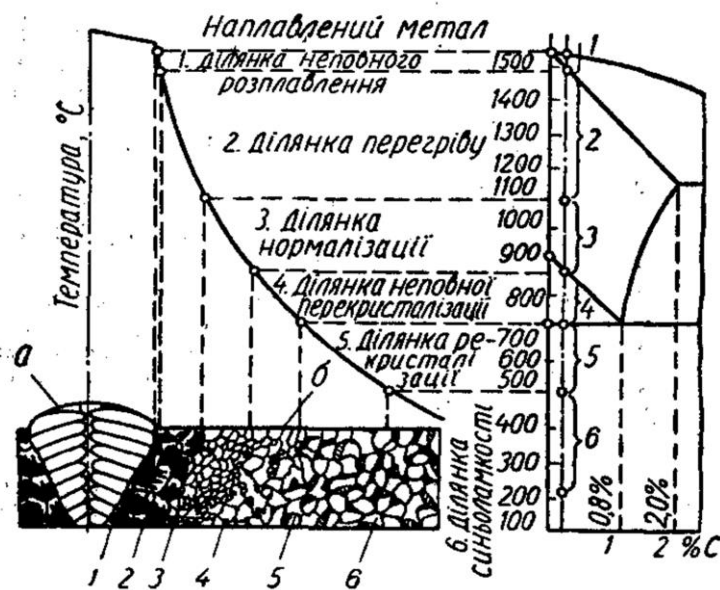


Рис. 5.41 Зона термічного впливу, впливу

Ділянка 1 являє собою вузьку смужку зони сплавлення основного металу, нагрітого до температури плавлення, з розплавленим присадним металом. Ця ділянка має крупнокристалічну будову і незначні лінійні розміри.

Ділянка 2 називається ділянкою перегріву. На цій ділянці метал нагрівається від температури 1100 до 1500°C . Вона також характеризується наявністю крупнокристалічної і навіть відманштеттової структури.

тури, які мають понижені механічні властивості.

Ділянка 3 є ділянкою нормалізації. Метал у цій ділянці нагрівається приблизно від 900 до 1100°C і має дрібнокристалічну будову і підвищені механічні властивості.

Ділянка 4, яка називається ділянкою неповної перекристалізації, піддається нагріванню від точки A_{c1} до точки A_{c3} , що для маловуглецевої сталі відповідає нагріванню від 727 до 900°C . В інтервалі цих температур відбувається лише часткова перекристалізація основного металу, яка характеризується тим, що поряд з більшими зернами фериту, які не пройшли перекристалізації, утворюються нові, дрібніші зерна

фериту і перліту, що пройшли перекристалізацію. Механічні властивості металу, що має таку структуру, дещо знижені.

Ділянка 5 (від 450°C до точки A_{c1}) являє собою ділянку *рекристалізації*. У вказаному інтервалі температур проходить укрупнення роздрібнених зерен фериту, одержаних під дією попередньої пластичної деформації.

Ділянка 6 називається *ділянкою синьоломкості*. Тут метал піддається нагріванню до температури 200—500° С, при яких з'являється синій колір мінливості.

За своєю структурою метал на цій ділянці не відрізняється від структури основного металу, але у порівнянні з ним він має більш низькі пластичні властивості.

Величина зони термічного впливу, так само як і структурні зміни на окремих ділянках цієї зони, залежить від способів і режимів зварювання і від роду зварюваного металу. При дуговому зварюванні маловуглецевих сталей зона впливу звичайно не перевищує 6 мм, при газовому зварюванні її лінійні розміри збільшуються до 25—28 мм. При зварюванні маловуглецевих сталей структурні зміни в зоні термічного впливу не позначаються помітно на зниженні механічних властивостей зварних з'єднань. При зварюванні сталей, які мають підвищений вміст вуглецю, або тих, що мають значні кількості легуючих домішок, у зоні впливу утворюються гартівні структури, а в деяких випадках і гартівні тріщини. Тому з метою одержання оптимальних якостей зони термічного впливу цих сталей строго дотримуються заданого режиму зварювання, а в ряді випадків застосовують попередній підігрів, наступну термічну обробку і ряд інших заходів.

5.14.2 Зварювання сталей

Зварювання вуглецевих сталей. Сталі, які містять вуглецю до 0,27%, добре зварюються всіма способами. Сталі з підвищеним вмістом вуглецю в більшості випадків зварюються з попереднім підігрівом, а іноді з наступною термічною обробкою — нормалізацією або відпалюванням.

Зварювання низьколегованих сталей. Сталі, що містять легуючих елементів в сумі до 5%, належать до низьколегованих. За призначенням вони поділяються на три групи: низьколеговані маловуглецеві, низьколеговані середньовуглецеві і низьколеговані жароміцні.

Низьколеговані маловуглецеві сталі містять вуглецю до 0,22%. їх легують хромом, марганцем, кремнієм, нікелем, міддю, титаном і використовують в машинобудуванні.

До низьколегованих середньовуглецевих відносяться сталі, які містять вуглецю від 0,20 до 0,40%. Найбільш широко використовують хромокременмарганцеві сталі марок 20ХГС, 25ХГСА, 30ХГСА, що мають підвищену міцність і пружність.

До низьколегованих жароміцних належать сталі, які легуються в основному хромом, молібденом, ванадієм і вольфрамом. Використовують їх при виготовленні пароенергетичних установок, які працюють при температурах до 500°C і більше.

Низьколеговані сталі зварюють різними способами. Однак, на відміну від звичайних маловуглецевих сталей, вони, подібно до сталей з підвищеним вмістом вуглецю, мають підвищену схильність до гартування і утворення гартувальних тріщин в зоні термічного впливу.

Тому більшість низьколегованих сталей при товщині понад 10 мм зварюють з попереднім підігрівом до температури від 150 до 350° С, а після зварювання піддають термічній обробці — нормалізації чи високотемпературному відпусканню.

Для виготовлення електродів, що застосовуються для зварювання цих сталей, використовують низьколегований зварювальний дріт. Електродні покриття, як правило, мають фтористо-кальцієву шлакову основу.

Зварювання хромистих сталей. Хромисті нержавіючі сталі з вмістом хрому від 12 до 18% при наявності вуглецю вище 0,1 % мають різко виражений нахил до гартування на повітрі. Тому зварювання цих сталей, щоб уникнути появи в зварюваних швах і в навколошовних зонах структури мартенситу, виконують з обов'язковим підігрівом до 200—250°С і наступним відпалом або високотемпературним відпусканням. У практиці широко застосовують дугове зварювання хромистих сталей електродами з хромонікелевого дроту або дроту того ж складу, що й основний метал, з покриттям типу УОНИИ-13.

Хромисті сталі, які містять хрому більше 25%, наприклад марок Х25, Х28, належать до феритного класу. Вони мають високу кислотостійкість і окалиностійкість при нагріванні до температури 1000—1100°С і є незагартовними.

При зварюванні феритних хромистих сталей в металі шва утворюється крупнозерниста структура з низькими механічними властивостями. В навколошовній зоні також відбувається інтенсивний ріст зерна, що властиве однофазним сталям, які не зазнають фазових змін з зміною температури.

Структура і механічні властивості швів на цих сталях трохи поліпшуються, якщо в електроди і покриття ввести титан, алюміній і інші елементи, які сприяють здрібненню зерна. Застосовують також проковування зварних швів. Сталі марок Х25 і Х28 зварюють електродами, металевий стержень яких має такий самий склад, що й основний метал.

Зварювання хромонікелевих аустенітних сталей. Хромонікелеві аустенітні сталі мають високу корозійну стійкість і широко використовуються для виготовлення хімічної і нафтової апаратури, особливо сталь марки Х18Н9, що має 18—20% хрому і 8—11% нікелю. Ці сталі зварюються всіма способами і значно краще хромистих.

Основними труднощами при зварюванні хромонікелевих сталей є утворення при температурах 500—700° С карбідів хрому і випадання їх по границях зерен, що значно погіршує антикорозійні властивості зварних з'єднань. Щоб перешкодити цьому явищу, зварювання хромонікелевих сталей ведуть при мінімальному розігріві і великих швидкостях охолодження. Для повного відновлення аустенітної структури після зварювання рекомендується вироби піддавати загартуванню від температур 1050—1100°С з наступним швидким охолодженням у воді.

Ручне дугове зварювання виконують на малих струмах аустенітними хромонікелевими електродами малого діаметра, що мають покриття типу УОНИИ.

Газове зварювання здійснюють з застосуванням флюсів з бури, борної кислоти і плавикового шпату, а при автоматичному дуговому і електрошлаковому зварюванні використовують спеціальні марки флюсів.

Зварювальний дріт у всіх випадках застосовують того ж складу, що й основний метал, але з більш низьким вмістом вуглецю із присадками титану, молібдену, ніобію і інших елементів.

Тонколистові вироби успішно зварюють на точкових і шовних контактних машинах, в середовищі вуглекислого газу, аргонодуговим способом.

5.14.3 Зварювання чавуну. Зварювання чавуну застосовується при виправленні браку в чавунних виливках, при ремонтних роботах, наприклад при зварюванні тріщин у блоках циліндрів двигунів, в станинах верстатів і пресів, а також при виготовленні зварно-литих конструкцій з високоміцних чавунів.

Чавун, як відомо, містить більшу кількість вуглецю (3,5—4%), кремнію (0,5—4,5%), сірки (до 0,2%) і фосфору (до 2,0%), ніж сталь, що сильно утруднює його зварювання.

При швидкому остиганні розплавленого чавуну утворюється відбілений чавун, який має велику твердість і крихкість. Високий вміст таких домішок, як сірка і фосфор, ще сильніше знижує пластичність чавуну і збільшує його здатність до утворення тріщин.

Тому основними труднощами при зварюванні чавуну є появлення зон відбілювання і утворення тріщин як у наплавленому, так і в основному металі. Щоб цього уникнути, зварювання чавуну слід вести з попереднім підігрівом і з наступним уповільненим охолодженням. Однак такий метод зварювання дуже трудомісткий і не завжди може бути використаний. Тому в практиці застосовуються три основних способи зварювання чавуну: гарячий, напівгарячий і холодний.

Гаряче зварювання. При цьому способі всю деталь перед зварюванням нагрівають у горнах, печах або спеціальних тимчасових нагрівальних пристроях, опалюваних деревним вугіллем або коксом, до температури 500—600° С.

Дефектні місця перед зварюванням вирубують зубилом до здорового металу. Розробку кромки провадять під кутом 90°. Щоб розплавлений метал не витікав при наскрізному проплавленні або не розтікався по поверхні виробів, місця зварювання формують графітовими або вугільними пластинками. Щілини між пластинками і виробами забивають формовим піском, замішаним на рідкому склі. Як присадний метал застосовують чавунні стержні діаметром від 5 до 15 мм, які містять від 3 до 3,5% вуглецю і від 3 до 4,6% кремнію.

Гаряче зварювання чавуну найчастіше виконують ацетиленово-кисневим нормальним або з невеликим надлишком ацетилену полум'ям. Як флюс використовують прожарену буру або суміш бури (50%) і соди (50%).

Після зварювання деталь повільно охолоджують разом з піччю; для цього її засипають сухим піском або шлаком. Гаряче зварювання чавуну забезпечує найкращу якість зварних з'єднань без зон відбілювання і тріщин. Наплавлений метал після зварювання легко піддається механічній обробці. Проте, будучи складним і досить трудомістким процесом, гаряче зварювання чавуну застосовується головним чином для найбільш відповідальних деталей або деталей, що мають складну форму (блоки циліндрів, станини деяких пресів та ін.).

Напівгаряче зварювання. При напівгарячому зварюванні провадиться тільки

часткове нагрівання деталі (переважно в місцях зварювання) до температури 250—450° С. Такий метод застосовується при зварюванні деталей невеликої товщини і при невеликому об'ємі наплавленого металу. Зварювання ведеться ацетиленово-кисневим полум'ям і рідше — електродуговим способом вугільними електродами.

Зварені деталі, так само як і при гарячому способі, для повільного остигання засипають сухим піском або шлаком.

Холодне зварювання. При цьому способі чавунні деталі зварюють за методом Слов'янова без підігріву. Існують такі його різновидності.

Зварювання електродами із маловуглецевої сталі. Його застосовують при ремонті невідповідальних деталей, а також деталей, які після зварювання не потребують механічної обробки. Маловідповідальні деталі зварюють електродами з крейdiaним покриттям.

Ремонт більш складних і більш відповідальних деталей (станин і рам потужних дизелів, циліндрів газоповітровних машин, станин верстатів, корпусів електродвигунів великої потужності та ін.) провадять електродами з якісними покриттями, наприклад типу УОНИИ, і з постановкою на різьбі по кромках деталей сталених шпильок.

Зварювання електродами із монель-металу. Монель-метал являє собою мідно-нікелевий сплав, що містить близько 70% нікелю і близько 30% міді. Зварювання монель-металом в більшості випадків застосовують тоді, коли потрібно одержати м'який метал шва, що легко піддається механічній обробці. До недоліків цього способу слід віднести недостатню механічну міцність зварного з'єднання і високу вартість електродів.

Зварювання мідними і мідно-залізними електродами. При зварюванні такими електродами, як і електродами із монель-металу, забезпечується невелике нагрівання основного металу і утворення незначної зони відбілювання. Це дає можливість провадити механічну обробку порівняно в'язкого і не дуже твердого металу шва. Мідно-залізні електроди виготовляють електролітичним нанесенням міді на залізні стержні або обгортанням мідних стержнів смужкою з чорної або білої жерсті. На електроди наносять крейdiaне покриття. Застосовують також

пучки електродів, що складаються з одного чи двох сталених електродів з якісним покриттям і одного мідного стержня.

Зварювання залізо-нікелевими електродами. При зварюванні залізо-нікелевими електродами у шві утворюється сплав заліза з нікелем, що має до 50% нікелю. Такі електроди використовують при холодному зварюванні складних виливків з високоміцного чавуну, що вимагає після зварювання механічної обробки.

5.14.4 Зварювання кольорових металів

Зварювання міді. Мідь відрізняється від сталі тим, що має високу теплопровідність, яка майже в 6 раз перевищує теплопровідність сталі, інтенсивно поглинає і розчиняє різні гази, утворюючи з киснем закис Cu_2O і окис CuO міді. Закис міді з міддю створює евтектику, температура плавлення якої (1064°С) нижче температури плавлення міді (1083°С). При затвердненні рідкої міді ця евтектика розташовується по границях зерен,

робить мідь крихкою і схильною до утворення тріщин. Тому основним завданням при зварюванні міді є захист її від окислення і активне розкислення зварювальної ванни.

Найбільш поширене газове зварювання міді ацетиленово-кисневим полум'ям за допомогою пальників в 1,5—2 рази потужніших, ніж при зварюванні сталей. Присадним металом служать мідні прутки, що містять як розкислювачі до 0,25% фосфору і до 1,25% кремнію, а також фосфориста бронза, до складу якої входить 0,25% фосфору і 1,5—10% олова.

При товщині виробів більше 5—6 мм їх попередньо підігрівають до температури 250—300° С. Флюсами при зварюванні служать прожарена бура або суміш, що складається з 70% бури і 30% борної кислоти.

Для підвищення механічних властивостей і поліпшення структури наплавленого металу мідь після зварювання проковують при температурі близько 200—300°С. Проковану мідь знову нагрівають до 500—550° С і охолоджують у воді.

Мідь можна зварювати також електродуговим способом вугільними або металевими електродами, в струмені захисних газів під шаром флюсу на конденсаторних машинах, способом тертя.

Зварювання латуні. Латунь, так само як і мідь, в більшості випадків зварюють ацетиленово-кисневим полум'ям. Газове зварювання латуні ведуть окислювальним полум'ям, при якому на поверхні ванни з'являється плівка тугоплавкого окису цинку, що зменшує даліше вигоряння і випаровування цинку. Як присадний метал застосовують латунний дріт з присадкою до 0,5% кремнію. Флюси використовують ті ж самі, що і при зварюванні міді.

Зварювання бронзи. При нагріванні бронзи вище температури 500°С вона втрачає в'язкість і стає крихкою. Для запобігання утворення тріщин під час зварювання застосовують попередній підігрів до 300—450° С.

Всі марки бронзи мають цілком задовільну зварюваність. Бронзи, що містять олово, найчастіше зварюють ацетиленокисневим полум'ям з застосуванням тих же флюсів, що й при зварюванні міді. Присадним металом служить фосфориста бронза або латунь. Алюмінієві або алюмінієво-залізисті бронзи краще зварюються електродуговим способом вугільними або металевими електродами. Як присадний метал в цьому випадку застосовують прутки такого ж складу, що й основний метал, а як флюси або електродні покриття — хлористі і фтористі сполуки калію і натрію.

Зварювання алюмінію. Основними факторами, що утруднюють зварювання алюмінію, є низька температура його плавлення (658°С), велика теплопровідність (яка приблизно в три рази перевищує теплопровідність сталі), утворення тугоплавких окислів алюмінію Al_2O_3 , що мають температуру плавлення 2050° С і густину ($3,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$), яка значно перевищує густину алюмінію ($2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$). Крім того, ці окисли слабо реагують як з кислотами, так і з основними флюсами і тому погано видаляються із шва.

Найбільш широко використовують газове зварювання алюмінію ацетиленово-кисневим полум'ям. За останні роки значного поширення набуло також автоматичне дугове зварювання металевими електродами під флюсом і в середовищі аргону. При

всіх способах зварювання, за винятком аргонодугового, застосовують флюси або покриті електроди, до складу яких входять хлористі і фтористі сполуки літію, калію, натрію і інших елементів. Під впливом флюсів Al_2O_3 переходить в летючий AlCl_3 , що має низьку густину ($2,4 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$) і самосублімаційний при температурі 183°C . Як присадний метал при всіх способах зварювання використовують дріт або стержні того ж складу, що й основний метал.

До сплавів алюмінію, які широко застосовуються в техніці, належать алюмінієво-марганцевисті, алюмінієво-магнієві, алюмінієво-мідні і алюмінієво-кремністі. Перші два сплави мають хорошу зварюваність і їх зварюють аналогічно алюмінію. Гірше зварюються два інших сплави—дуралумін і силумін, які звичайно зварюють ацетиленово-кисневим полум'ям.

Зварювання магнієвих сплавів. Із магнієвих сплавів для зварних конструкцій використовують переважно магнієво-марганцевисті, які краще інших зварюються за допомогою контактного, газового і аргонодугового зварювання. При газовому зварюванні обов'язково застосовують фторидні флюси, які на відміну від хлоридних не викликають корозії зварних з'єднань. Дугове зварювання магнієвих сплавів металевими електродами через низьку якість зварних швів до цього часу не застосовується.

При зварюванні магнієвих сплавів спостерігається великий ріст зерна у навколошовних ділянках і сильний розвиток стовпчастих кристалів у зварному шві. Тому границя міцності зварних з'єднань становить 55—60% границі міцності основного металу.

Зварювання нікелю. Нікель і деякі його сплави зварюють вольфрамовим електродом в аргоні, дуговим зварюванням покритими електродами і під флюсом. Зварювання в аргоні виконують на постійному струмі при прямій полярності. При ручному, як і при автоматичному зварюванні під флюсом, як присадний метал використовують дріт того ж складу, що й основний метал. На електродні стержні наносять покриття типу УОНІІ; автоматичне зварювання здійснюється під фторидними флюсами.

Зварювання титану. Титан зварюють вольфрамовими електродами в середовищі інертних газів і плавкими металевими електродами під фторидними і хлоридними флюсами, які не містять кисневих сполук. Зварювання в середовищі інертних газів ведуть на постійному струмі прямої полярності, а зварювання під флюсом — на постійному струмі зворотної полярності.

Газове зварювання для титану і його сплавів не застосовується.

Зварювання свинцю. Свинець зварюють ацетиленово-кисневим і воднево-кисневим полум'ям. Зварювання виконують в нижньому положенні з застосуванням присадного металу або без нього.

Зварювання цирконію, танталу, ніобію, і молібдену. При виготовленні конструкцій з цирконію, танталу і ніобію найбільш поширене зварювання в аргоні і гелії вольфрамовими і плавкими електродами, а також електронним променем у вакуумі.

Молібден зварюють як електронним променем у вакуумі, так і вольфрамовими

електродами в камерах з контрольованою атмосферою. Як контрольовану атмосферу використовують захисні інертні гази — аргон або гелій, якими заповнюються вакуумні камери.

5.14.5 Наплавлення швидкоспрацьовуваних поверхонь. Тверді наплавлення застосовують при виготовленні нових і відновленні спрацьованих деталей, які піддаються швидкому спрацьовуванню. Для їх одержання використовують тверді сплави, порошкові або зерноподібні суміші, спеціальні наплавні електроди, порошкові драти або стрічки, чавунну суцільну стрічку і легуючі флюси.

Наплавлення литими сплавами і порошковими сумішами. До литих твердих сплавів належать пруткові сплави, що виготовляються на вольфрамохромокобальтовій основі типу ВКЗ, а також на хромозалізонікелевій основі типу сормайт. Цими сплавами провадиться наплавлення за способом Слов'янова або ацетиленово-кисневим полум'ям деталей машин, які працюють на стирання, штампів для гарячого і холодного штампування, ущільнюючих поверхонь пароводяної арматури, що працює при високих параметрах пари і т. д. Твердість (HRC_E 40 - 60) наплавлень досягається за рахунок введення вольфраму, хрому, вуглецю, марганцю і інших елементів, що входять до складу цих сплавів. До порошкових або зернистих сумішей належать сталініт і вокар. Сталініт являє собою суміш, що складається з ферохрому, феромарганцю, чавунної стружки і нафтового коксу. До складу вокару входить вуглець, кремній, вольфрам і залізо. Більш широке застосування має сталініт, яким за допомогою вугільної дуги наплавляють зуби екскаваторів, ножі бульдозерів, щокі каменедробарок та ін. При наплавленні сталінітом твердість наплавлень досягає HRC_E 60 і вище.

Наплавлення спеціальними електродами. Для одержання наплавлень, що мають твердість HRC_E 25—67, у промисловості застосовують значне число різних марок електродів. Так, наприклад, для наплавлень залізничних рейкових кінців і хрестовин та автотракторних деталей, середня твердість яких повинна бути HRC_E 25—40, використовують електроди, якими легують метал наплавлень хромом і марганцем або одним марганцем, що міститься в електродному покритті. При наплавленні деталей подрібнювально-молотного устаткування, землерийних і будівельношляхових машин застосовують електроди, які забезпечують одержання наплавлень високої твердості (HRC_E 58—64). Це досягається за рахунок хрому, вуглецю і бору, що переходять у наплавлений метал з електродних покриттів.

При виготовленні напавленого різального інструменту з матеріалу типу швидкорізальної сталі Р18, який має твердість близько HRC_E 62—67, наплавлений метал легують вольфрамом, хромом, ванадієм і іншими елементами, що входять в електродні стержні чи електродні покриття.

При виготовленні зубців ковшів екскаваторів, траків гусеничних тракторів, щок каменедробарок і інших деталей, які швидко спрацьовуються, досить часто використовують високомарганцевисту литу сталь, що містить 11—16% марганцю і 0,8—1,4% вуглецю. Вироби з цієї сталі після сильного спрацьовування піддаються відновлювальному наплавленню електродуговим способом. У більшості випадків застосовують наплавлення ручним способом за допомогою електродів, які забезпечують

одержання високомарганцевистих або хромонікелевих аустенітних наплавлень невисокої твердості (порядку *HV* 180— 280), але великої в'язкості і високої зносостійкості. Для одержання аустенітної структури метал наплавлень при яскраво-червоному гартуванні рекомендується охолоджувати водою або струменем стисненого повітря.

Способи автоматичного наплавлення. При автоматичному дуговому напавленні під флюсом для одержання твердих наплавлень різного складу і властивостей застосовують порошкові дроти і стрічки, легуючі флюси, чавунну стрічку. Порошкові дроти і стрічки виготовляють порожнистими на спеціальних протяжних верстатах із сталених стрічок холодного прокату. Для цієї мети використовують стрічки товщиною від 0,2 до 1 мм і шириною від 8 до 100 мм. В порожнинну частину дроту і стрічки в процесі їх виготовлення запресовують порошкову легуючу шихту, яка складається із суміші різних феросплавів і вуглецю.

Автоматичне напавлення під флюсом широко застосовують для наплавлень валів прокатних станів, великого різального інструменту, штампів холодного і гарячого штампування і т. д.

5.16 Контроль якості зварювання.

5.16.1 Дефекти зварних з'єднань і причини їх утворення

Дефекти зварних з'єднань бувають зовнішні і внутрішні. До зовнішніх дефектів при дуговому і газовому зварюванні належать: нерівномірність поперечного перерізу по довжині швів, незаплавлені кратери, подрізи основного металу, зовнішні тріщини, відкриті пори і т. п. Внутрішні дефекти: непроварення кромки або несплавлення окремих шарів при багатошаровому зварюванні, внутрішні пори і тріщини, шлакові включення і ін.

При контактному точковому і шовному зварюванні бувають великі вм'ятини в основному металі, які ослабляють місця зварювання, зустрічаються також пропалини і виплески металу, а всередині зварних з'єднань — тріщини, пори та інші дефекти.

Дефекти в зварних з'єднаннях утворюються з різних причин. При дуговому і газовому зварюванні нерівномірний переріз швів може мати місце при порушенні режиму зварювання або низькій кваліфікації зварника. Причинами подрізів у більшості випадків є великий струм і велика потужність зварювального пальника.

Основною причиною утворення пор у зварних швах є насиченість наплавленого металу воднем, азотом і іншими газами, що проникають у шов при зварюванні електродами з вологим покриттям, при наявності окислів або інших забруднень на кромках зварного металу.

Тріщини і непроварення є найбільш небезпечними дефектами зварних з'єднань. Тріщини в більшості випадків утворюються при зварюванні сталей з підвищеним вмістом вуглецю або легуючих домішок, при насиченні металу шва сіркою, фосфором або іншими елементами.

Причинами непроварів може бути мала величина струму або недостатня потужність

пальника, погане зачищення кромки основного металу або шарів при багатошаровому зварюванні, недостатня кваліфікація зварників, неправильна технологія складання і зварювання.

5.16.2 Методи контролю якості зварних з'єднань

Основні види контролю. Основні види контролю якості зварних з'єднань: випробування зварних швів на щільність; механічне випробування металу шва і зварних з'єднань; металографічне дослідження і просвічування швів рентгенівськими і гамма-променями; ультразвуковий і магнітний методи контролю.

Випробування швів на щільність. Шви на щільність перевіряються в тих випадках, коли зварювані вироби являють собою посудину, призначену для зберігання або транспортування рідин чи газів.

Залежно від умов роботи посудини піддаються гідравлічному або пневматичному випробуванню, або лише газовій пробі.

Гідравлічним випробуванням підлягають всі ємності, котли і трубопроводи, які працюють під тиском. При цих випробуваннях ємність заповнюють водою, а потім гідравлічним пресом в ній утворюють тиск, що в 1,5 рази перевищує робочий. Під цим тиском посудину тримають протягом 5 хв., після чого тиск знижують до робочого, а посудину обстукують молотком і ретельно обслідують. При пневматичних випробуваннях посудину заповнюють стисненим повітрям до контрольного тиску, після чого шви змочують мильною водою або ж виріб цілком занурюють у воду. Якщо у швах є наскрізні дефекти, то на поверхні швів з'являються газові бульбашки.

Газовою пробою перевіряють посудини, що працюють без надлишкового тиску. При цих випробуваннях один бік шва білять крейдою, а другий змочують гасом. При наявності у швах наскрізних дефектів на побіленій крейдою поверхні з'являються темні газові плями, що свідчать про нещільність з'єднань.

Механічні випробування. Метою механічних випробувань є визначення механічних властивостей металу шва зварних з'єднань.

Механічні властивості (границя міцності, границя текучості, відносне здовження і поперечне звуження) наплавленого металу визначають на круглих зразках Гагаріна, виготовлених із наплавленого металу.

Границя міцності зварного з'єднання визначається випробуванням на розтяг плоских зварних зразків.

Випробування зварних з'єднань на статичний згин до появи першої тріщини дає уяву про в'язкість металу шва.

Для визначення ударної в'язкості наплавленого металу із зварних з'єднань вирізують зразки. Перевірку проводять на маятникових копрах методом застосування ударних навантажень.

Металографічні дослідження полягають в проведенні макро- і мікроаналізу зварних швів. Макроаналізом виявляють наявність в металі шва пор, тріщин, шлакових включень, непроварів і інших дефектів. Мікроструктурним аналізом визначають структуру і структурні складові, наявність мікротріщин, включення окислів і нітридів.

Рентгенівське просвічування. Методом рентгенівського контролю виявляють у зварних швах без їх руйнування пори, тріщини, непровари і шлакові включення.

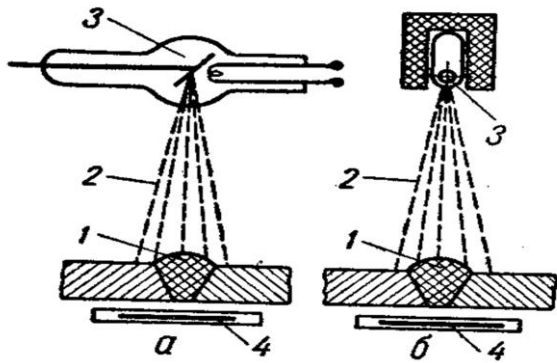


Рис.5.44. Схема просвічування зварних швів:
а — рентгенівським промінням; б— гама-
зварних швів спостерігати візуально.

Рентгенівський контроль зварних швів 1 (рис. 5.44,а) оснований на здатності рентгенівського проміння 2, випромінюваного рентгенівською трубкою 3, інтенсивніше проникати через дефектні місця і сильніше засвічувати рентгенівську плівку 4, покладену з зворотного боку шва.

За допомогою електронно-оптичного перетворювача невидиме рентгенівське проміння можна перетворити в видиме світлове і рентгенівське просвічування

Просвічування гама-променями. Рентгенівське просвічування вимагає наявності складної установки, що дорого коштує.

Для виявлення внутрішніх дефектів у зварних швах магістральних газо - і нафтопроводів метод рентгенівського контролю малопридатний. Для цієї мети використовують більш простий метод контролю — просвічування гама-промінням. Гама-проміння випромінюються різними радіоактивними елементами: радієм, мезоторієм, еманацією радію і штучними ізотопами кобальту, цезію, іридію, європію та ін. Звичайно для цієї мети використовують ізотопи кобальту.

Радіоактивний елемент 3 (рис. 5.44,б) вміщують у спеціальну ампулу, яка зберігається в свинцевому футлярі, призначеному для захисту обслуговуючого персоналу від шкідливого впливу гама-проміння. Фіксування дефектів у зварних швах 7 при просвічуванні гама-промінням 2 проводять так само, як і при рентгенівському просвічуванні за допомогою рентгенівської плівки 4.

Ультразвуковий метод контролю. Контроль ультразвуком застосовується для виявлення дефектів у металі великих товщин (до 5 м). Суть його полягає в здатності ультразвукових коливань, що збуджуються в кварцових пластинках змінною напругою високої частоти (вище 20 000 гц), проникати в метал на велику глибину і відбиватися від тріщин, непроварів, шлакових включень і інших дефектів, що лежать на їх шляху. Коливання

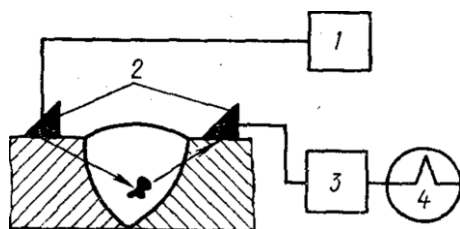
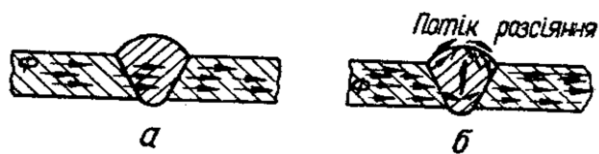


Рис. 5.45. Схема ультразвукового контролю:

1 — генератор ультразвукових коливань;
на поверхні металу, що відбиваються, уловлюються спеціальними електронними пристроями і перетворюються в світлові сигнали, які передаються на екран дефектоскопа. В місцях дефектів з'являється пік сигналу (див. рис.5.45).

Магнітні методи контролю. Методи магнітної дефектоскопії ґрунтуються на принципі використання магнітного розсіювання (замикання магнітних потоків через повітря), що виникає в місцях дефектів (рис.5.46) під час намагнічування випробуваного зразка. Дефекти, що викликають утворення потоків розсіювання, виявляють за допомогою магнітного порошку або індукційним методом. Виявлення дефектів першим способом ґрунтується на властивості магнітного порошку втягуватися в потік розсіювання і своїм



зкупченням над дефектом відмічати місце дефекту.

Рис.5.46. Розподіл магнітного потоку у виробі:
а — зварний шов без дефекту; б — у зварному

наступним відтворенням «записаних» дефектів на освітленому екрані електронного осцилографа. За величиною і формою відхилення променя на екрані осцилографа судять про характер дефекту. Такий метод контролю називається магнітографічним.

Порошок виготовляють звичайно із залізної окалини. Магнітні потоки розсіювання спостерігають візуально або фіксують на феромагнітній плівці з

Індукційний метод контролю оснований на використанні електрорушійної сили, яка індукується в спеціальній котушці потоком магнітного розсіювання, який виникає в місцях дефектів. Наведена в котушці е. р. с. посилюється і передається на спеціальний магнітно-електричний прилад, в якому дефект визначають по посиленню звуку, запалюванню сигнальної лампи або по відхиленню стрілки.

Магнітні методи контролю використовують для виявлення в зварних швах тріщин, непроварів і інших дефектів.

Контрольні запитання

1. У чому полягає суть зварювання в захисних газах?
2. Які способи захисту зони зварювання використовують при зварюванні в захисних газах?

3. Назвіть основні параметри режиму при зварюванні плавким електродом у захисних газах.
4. У чому полягають особливості зварювання у вуглекислому газі?
5. Чому для зварювання в захисних газах плавким електродом використовують джерело живлення з жорсткою характеристикою?
6. Які різновиди аргонодугового зварювання вольфрамовим електродом ви знаєте?
7. Що таке зварювальний напівавтомат? Дайте класифікацію напівавтоматів.
8. Які види зварювання належать до спеціальних? Галузь їх застосування.
9. У чому полягає суть плазмового та мікроплазмового зварювання?
10. У чому полягає суть електронно-променевого зварювання?
11. Як відбувається зварювання лазерним променем?
12. Як здійснюється холодне зварювання?
13. У чому полягає суть ультразвукового зварювання?
14. У чому полягає суть дифузійного зварювання?
15. Як відбувається зварювання тертям?
16. Як утворюється з'єднання при зварюванні вибухом?