

ЛЕКЦІЯ 5



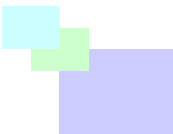
ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

«Ливарне виробництво»

Автор: доц. Глушкова Д.Б.
Lekz_5_TKM 1M GDB 03.10.14

План лекції

- 1. Суть ливарного виробництва**
- 2. Загальна характеристика**
- 3. Елементи ливарної форми для трійника**
- 4. Фізичні основи виробництва виливок**
- 5. Ливарні властивості сплавів**
- 6. Тріщини у виливках**
- 7. Жолоблення**
- 8. Газові раковини й пористість у виливках**



ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

СУТЬ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

Ливарне виробництво – галузь машинобудування, що займається виготовленням фасонних заготовок або деталей шляхом заливання розплавленого металу в спеціальну форму, порожнину яка має конфігурацію заготовки (деталі).

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

При охолодженні залитий метал твердне й у твердому стані зберігає конфігурацію тієї порожнини, у яку він був залитий. Кінцеву продукцію називають виливком. У процесі кристалізації розплавленого металу й наступного охолодження формуються механічні й експлуатаційні властивості виливків.

Литтям одержують різноманітні конструкції виливків масою від декількох грамів до 300 т, довжиною від декількох сантиметрів до 20 м, зі стінками товщиною 0,5-500 мм (блоки циліндрів, поршні, колінчаті вали, корпуси й кришки редукторів, зубчасті колеса, станини верстатів, станини прокатних станів, турбінні лопатки й т.д.).

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

Виливки виготовляють такими способами:

- литтям у піщані форми,
- литтям в оболонкові форми,
- литтям по виплавлених моделях,
- литтям у кокіль,
- литтям під тиском,
- відцентровим литтям й ін.

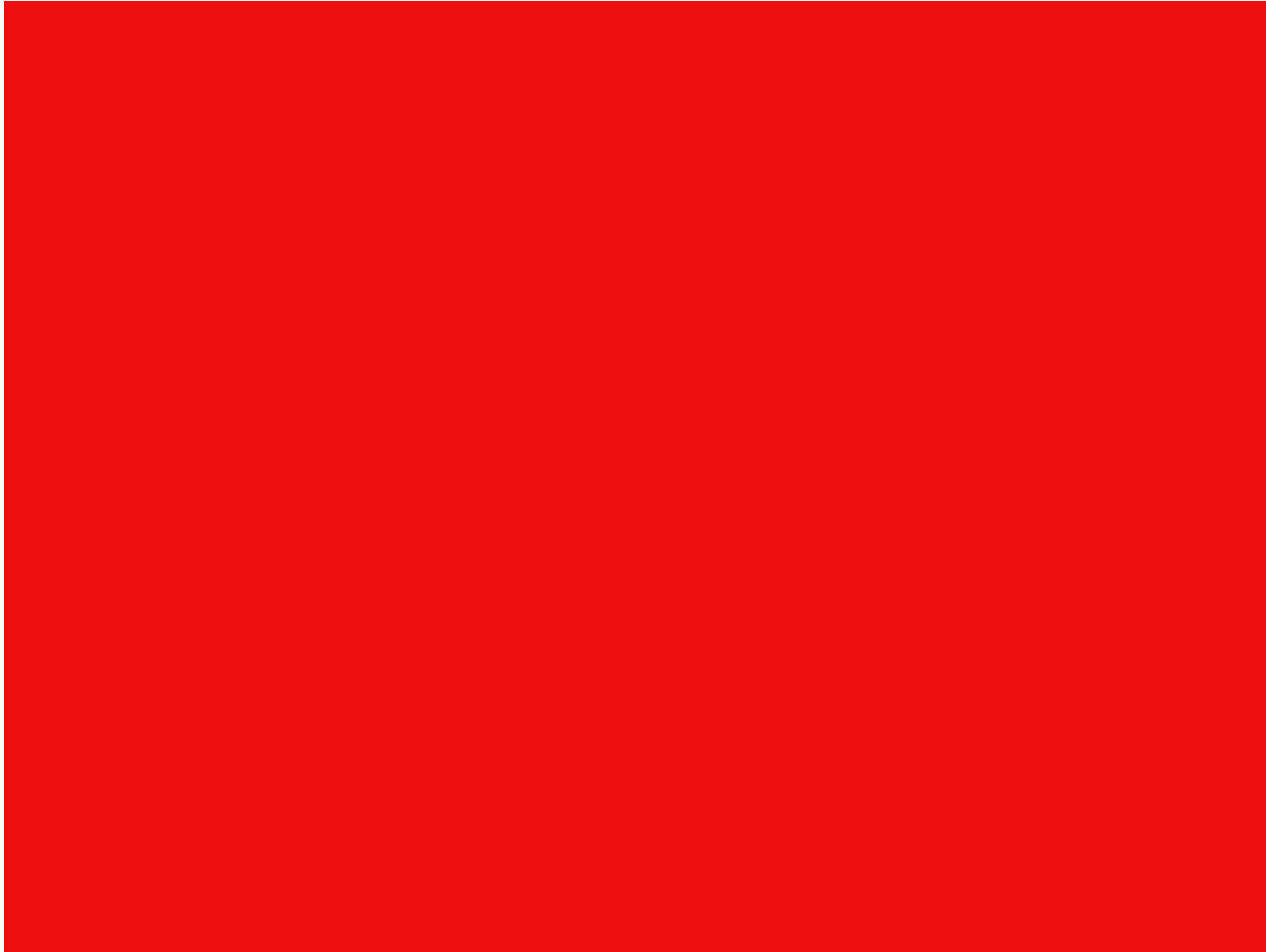
Область застосування того або іншого способу лиття визначається обсягом виробництва, вимогами до геометричної точності й шорсткості поверхні виливків, економічною доцільністю й іншими факторами.

ЛИВАРНА ФОРМА І ЇЇ ЕЛЕМЕНТИ

Ливарна опока — пристосування для втримування формувальної суміші при виготовленні форми. Верхню й нижню напівформи взаємно орієнтують за допомогою циліндричних металевих штирів, що вставляють в отвори припливів в опок.

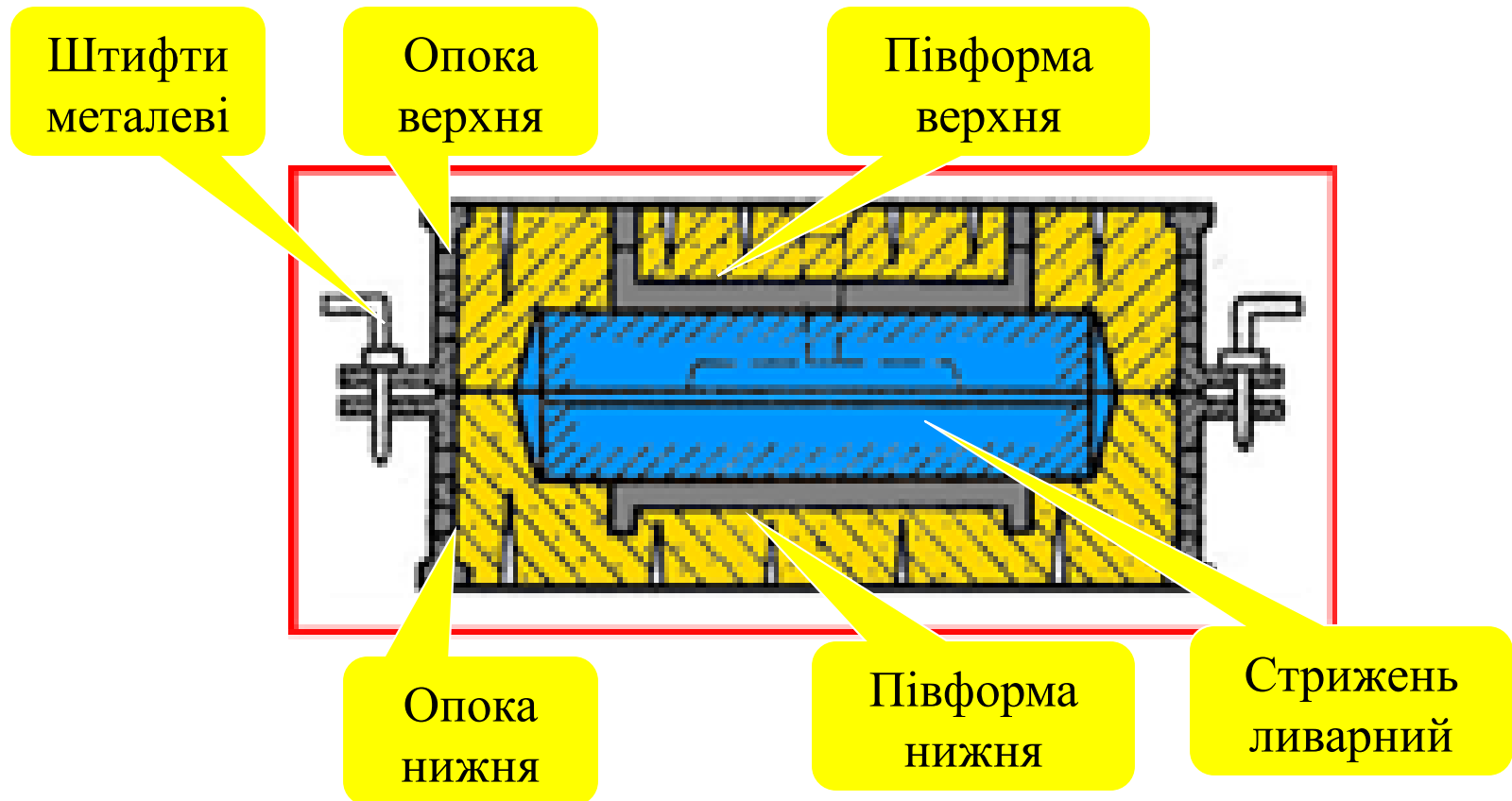
Ливарна форма — це система елементів, що утворюють робочу порожнину, при заливанні якої розплавленим металом формується виливок.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА



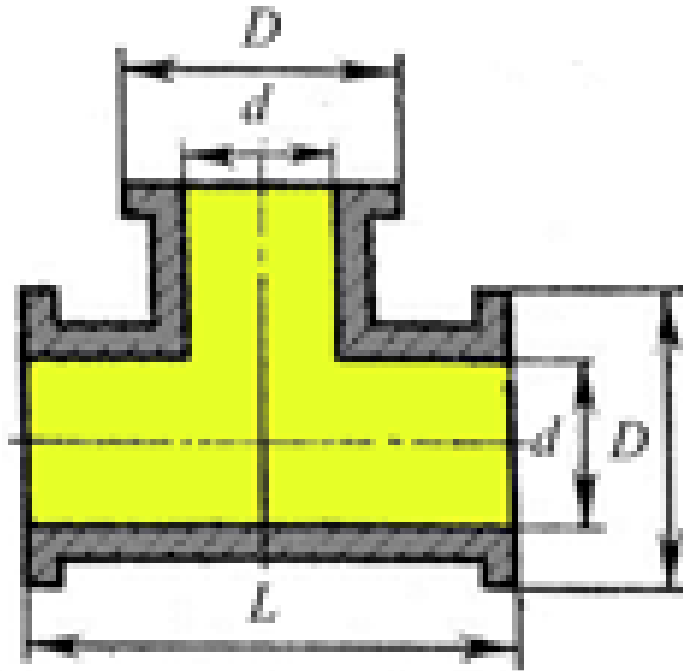
ЕЛЕМЕНТИ ЛИВАРНОЇ ФОРМИ ДЛЯ ТРІЙНИКА

Схема зібраної ливарної форми для трійника



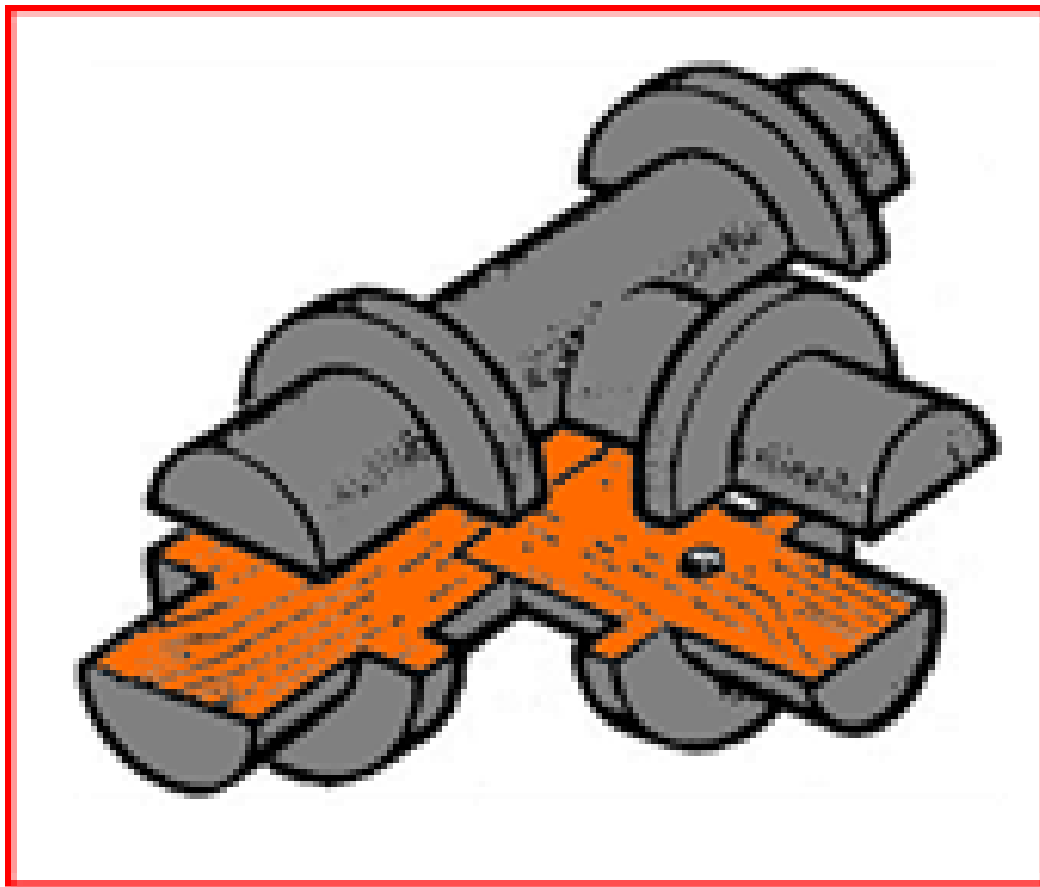
ЕЛЕМЕНТИ ЛИВАРНОЇ ФОРМИ ДЛЯ ТРІЙНИКА

Схема трійника (деталь)



ЕЛЕМЕНТИ ЛИВАРНОЇ ФОРМИ ДЛЯ ТРІЙНИКА

Схема ливарної моделі для виготовлення форми



ЕЛЕМЕНТИ ЛИВАРНОЇ ФОРМИ ДЛЯ ТРІЙНИКА

Схема ливарного стрижня

Стрижні використовують для одержання порожнин, отворів чи інших складних контурів

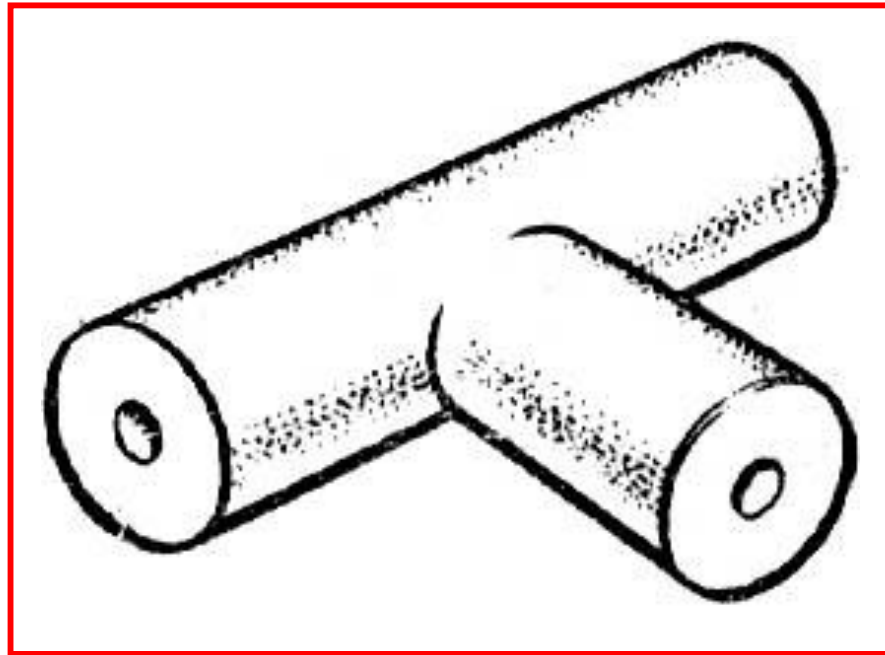
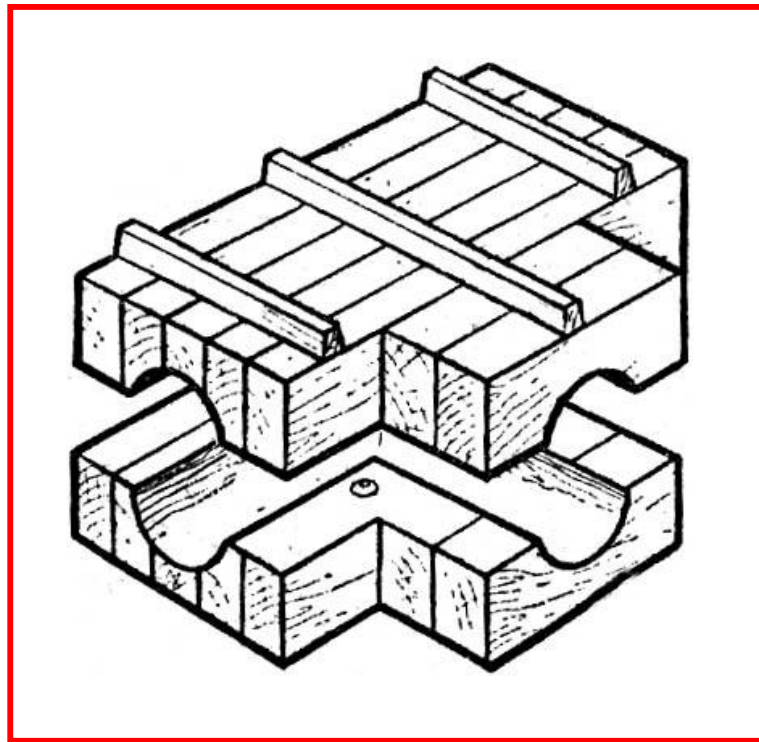


Схема стрижневого ящика

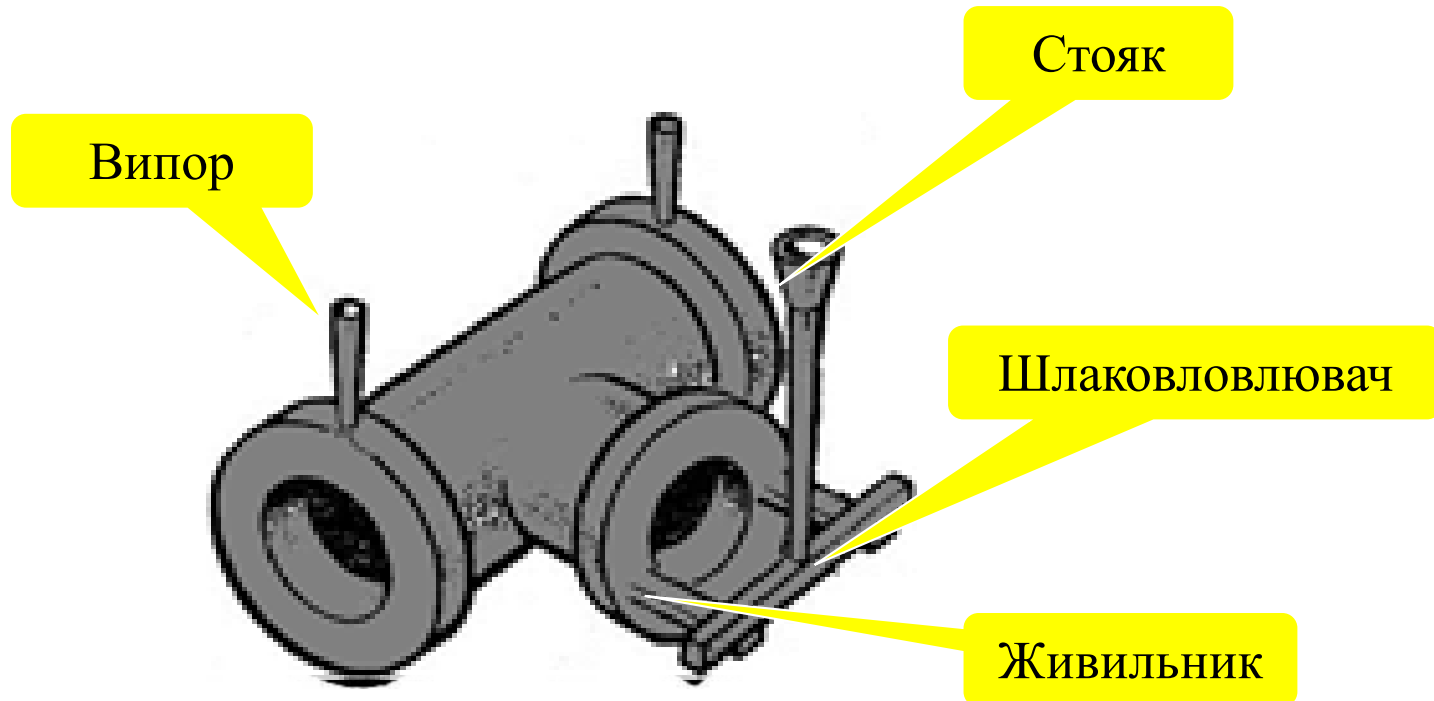
Стрижневі ящики використовують для одержання ливарних стрижнів



ЕЛЕМЕНТИ ЛИВАРНОЇ ФОРМИ ДЛЯ ТРІЙНИКА

Ескіз виливка

Для підведення розплавленого металу в порожнину ливарної форми використовують ливникову систему, елементи якої наведені на ескізі. Після заливання розплавленого металу, його затвердіння й охолодження форму руйнують, витягаючи виливок.



ФІЗИЧНІ ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА ВИЛИВОК

КЛАСИФІКАЦІЯ ЛИВАРНИХ СПЛАВІВ

Для виробництва виливків використовують сплави чорних металів:

- ✓ сірі, високоміцні, ковкі й інші види чавунів;
- ✓ вуглецеві й леговані сталі;
- ✓ сплави кольорових металів:
 - мідні (бронзи й латуні),
 - цинкові,
 - алюмінієві й магнієві сплави;
- ✓ сплави тугоплавких металів:
 - титанові, молібденові, вольфрамові й ін.

ЛИВАРНІ ВЛАСТИВОСТІ СПЛАВІВ

До ливарних властивостей сплавів відносять: рідкотекучість, усадку, схильність до ліквації й до вбирання газів, схильність до утворення тріщин.

Рідкотекучістю називається здатність розтопленого металу добре наповнювати порожнину ливарної форми, тобто точне відтворення майбутньою відливкою конфігурації порожнини. Вона залежить від температури й хімічного складу сплаву вилівка. Зі зростанням температури рідкотекучість підвищується.

Фосфор, кремній і вуглець покращують рідкотекучість сталі, а сірка й неметалеві включення погіршують її.

Мінімальну товщину стінок вилівка вибирають залежно від рідкотекучості того чи іншого сплаву

Усадка — властивість ливарних сплавів зменшувати обсяг при затвердінні й охолодженні. Усадочні процеси у виливках протікають з моменту заливання розплавленого металу в ливарну форму аж до повного охолодження виливка. **Розрізняють лінійну й об'ємну усадку.**

Лінійна усадка - зменшення лінійних розмірів виливка при його охолодженні від температури, при якій утвориться міцна скоринка, здатна протистояти тиску розплавленого металу, до температури навколишнього середовища. Лінійну усадку визначають співвідношенням:

$$\varepsilon_{\text{лін}} = (l_{\phi} - l_{\epsilon}) \cdot \frac{100}{l_{\epsilon}}, \%$$

де l_{ϕ} й l_{ϵ} — розміри порожнини форми й виливки при температурі 20 °С.

На лінійну усадку впливають:

- ✓ хімічний склад сплаву,
- ✓ температура його заливання,
- ✓ швидкість охолодження сплаву у формі,
- ✓ конструкція виливка й ливарної форми.

Усадка сірого чавуну зменшується зі збільшенням змісту вуглецю й кремнію.

Усадку алюмінієвих сплавів зменшує підвищений вміст кремнію.

До зростання усадки виливка призводить збільшення швидкості відводу теплоти від залитого у форму сплаву.

При охолодженні виливка відбувається механічне й термічне гальмування усадки.

Механічне гальмування виникає внаслідок тертя між виливком і формою.

Термічне гальмування обумовлене різними швидкостями охолодження окремих частин виливка.

Складні по конфігурації виливки піддаються спільному впливу механічного й термічного гальмування.

Для сірого чавуну лінійна усадка становить 0,9-1,3 %, для вуглецевих сталей 2-2,4 %, для алюмінієвих сплавів 0,9-1,5 %, для мідних 1,4-2,3 %.

Об'ємна усадка - зменшення сплаву при його охолодженні в ливарній формі при формуванні виливка.

$$\varepsilon_{об} = (V_{\phi} - V_{\epsilon}) \cdot \frac{100}{V_{\epsilon}}, \%$$

— об'єм порожнини форми й об'єм виливка при температурі 20 °С.

де V_{ϕ} й V_{ϵ}

Об'ємна усадка приблизно дорівнює потроєній лінійній усадці:

$$\varepsilon_{об} = 3 \cdot \varepsilon_{лін}$$

Усадка у виливках спостерігається у вигляді усадочних раковин, пористості, тріщин або жолоблень.

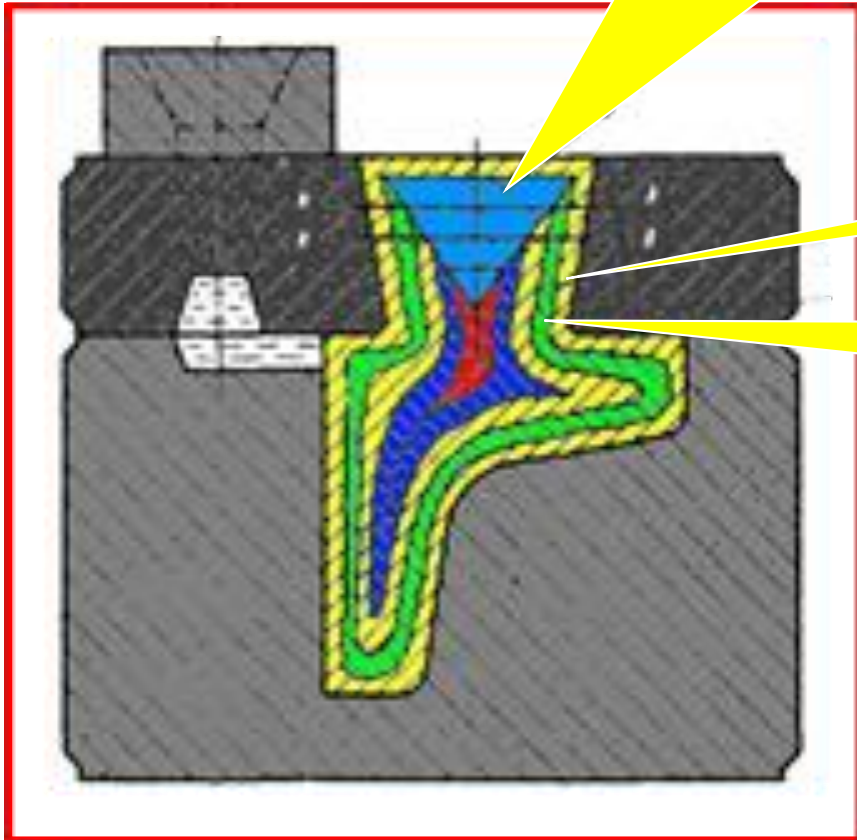
Усадочні раковини — порівняно великі порожнини, розташовані в місцях виливка, що тверднуть останніми.

Зосереджена усадочна раковина

Кірка (зона дрібних рівновісних кристалів)

Утворення нових твердих шарів металу

Зосереджені усадочні раковини утворюються при виготовленні виливків із чистих металів, сплавів евтектичного складу (сплав АЛ2) і сплавів з вузьким інтервалом кристалізації (низьковуглецеві сталі, безолов'яністі бронзи й ін.).



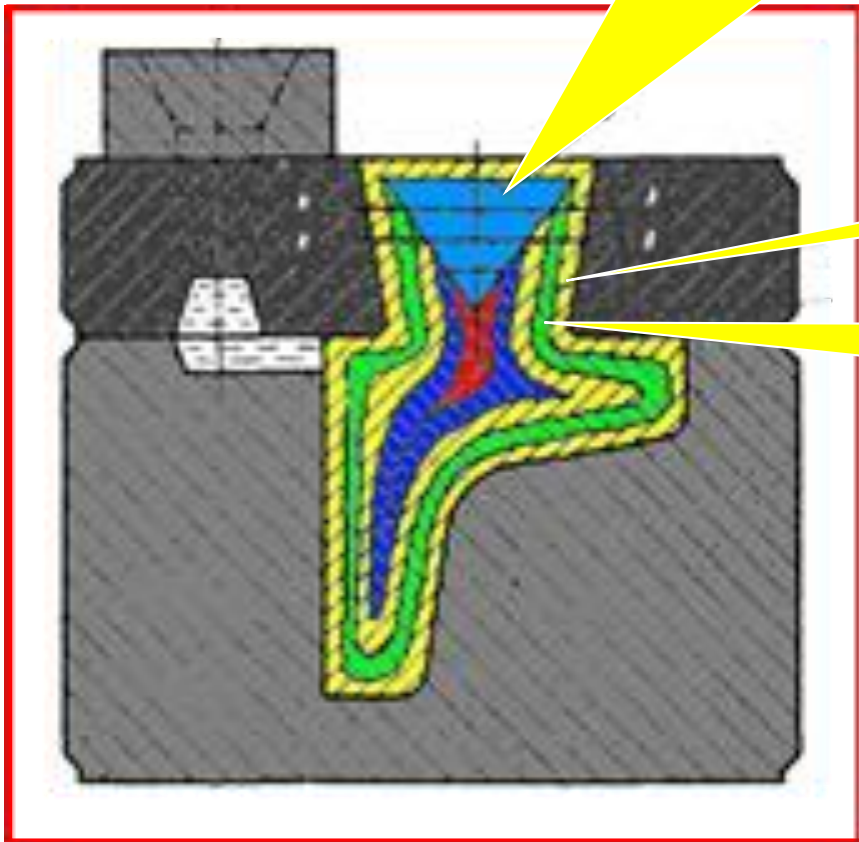
Усадочні раковини — порівняно великі порожнини, розташовані в місцях виливка, що тверднуть останніми.

Зосереджена усадочна раковина

Кірка (зона дрібних рівновісних кристалів)

Утворення нових твердих шарів металу

Так триває доти, поки не закінчиться процес затвердіння. Зниження рівня розплаву при затвердінні приводить до утворення зосередженої усадочної раковини.



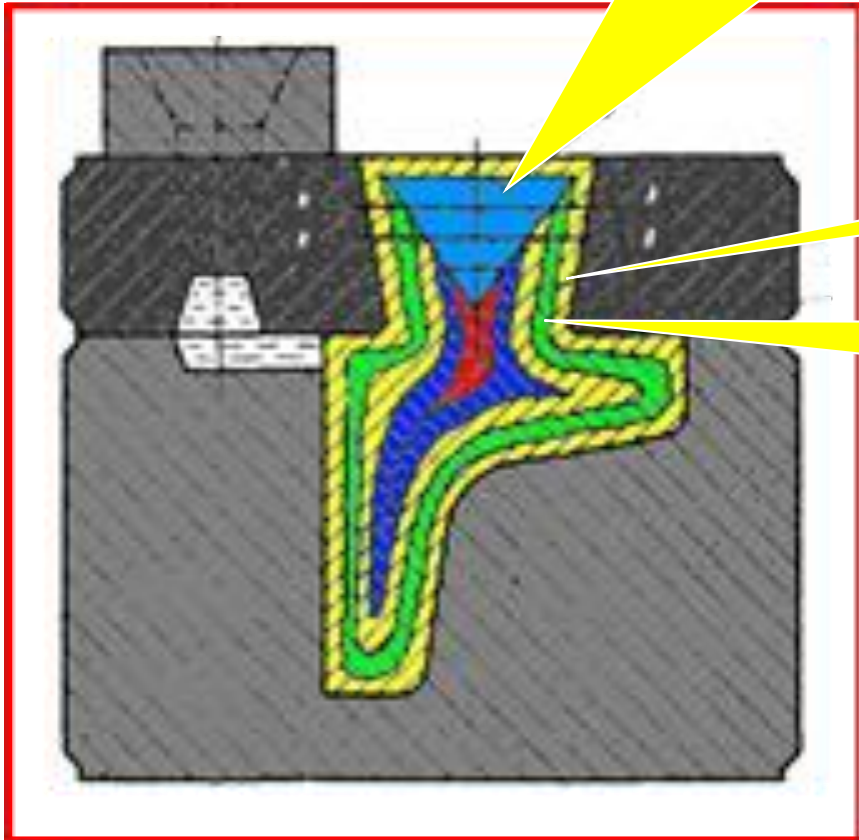
Усадочні раковини — порівняно великі порожнини, розташовані в місцях виливка, що тверднуть останніми.

Зосереджена усадочна раковина

Кірка (зона дрібних рівновісних кристалів)

Утворення нових твердих шарів металу

У наступний момент часу на поверхневому шарі наростає новий твердий шар, а рівень рідини знову знижується до рівня б-б.



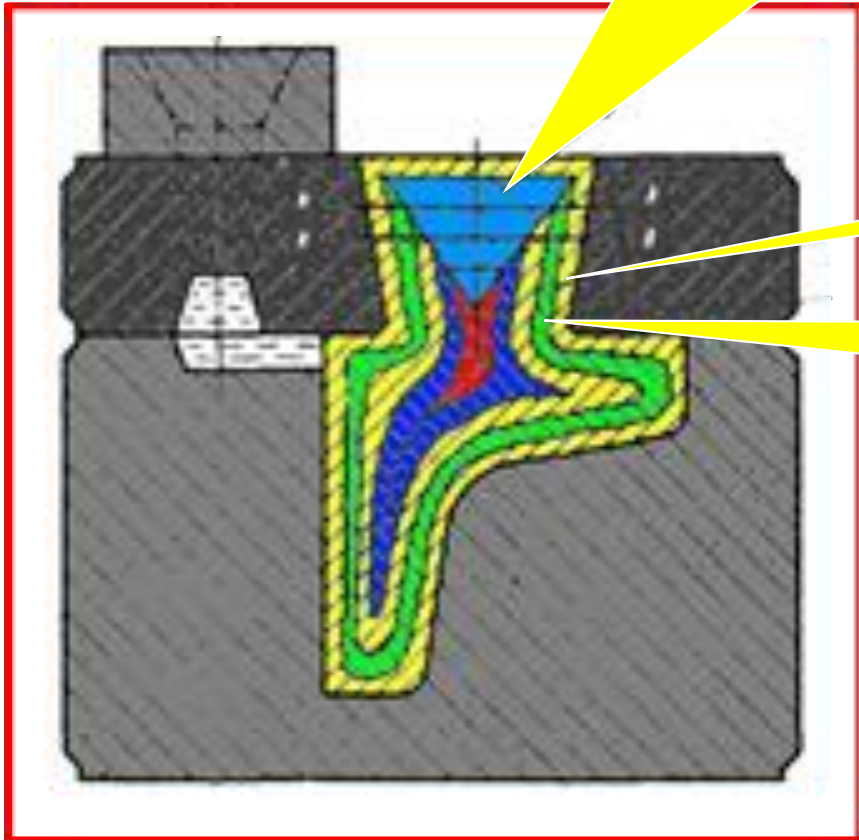
Усадочні раковини — порівняно великі порожнини, розташовані в місцях вилівка, що тверднуть останніми.

Зосереджена усадочна раковина

Кірка (зона дрібних рівновісних кристалів)

Утворення нових твердих шарів металу

Внаслідок того що усадка розплаву при переході з рідкого стану у твердий перевищує усадку поверхневого шару, рівень металу в рідкій частині виливка знижується до рівня *a-a*.



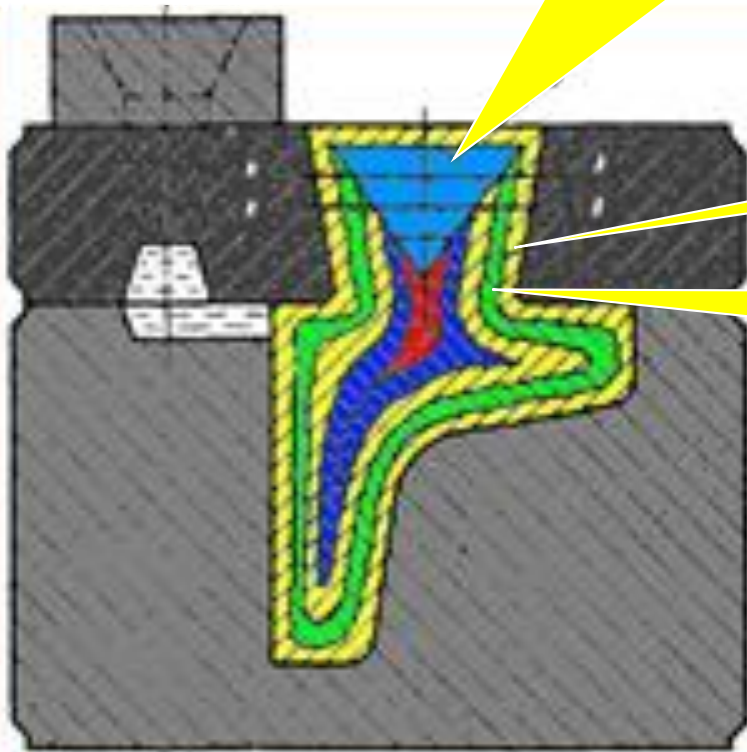
Усадочні раковини — порівняно великі порожнини, розташовані в місцях вилівка, що тверднуть останніми.

Зосереджена усадочна раковина

Кірка (зона дрібних рівновісних кристалів)

Утворення нових твердих шарів металу

Спочатку біля стінок ливарної форми утвориться поверхневий шар твердого металу.

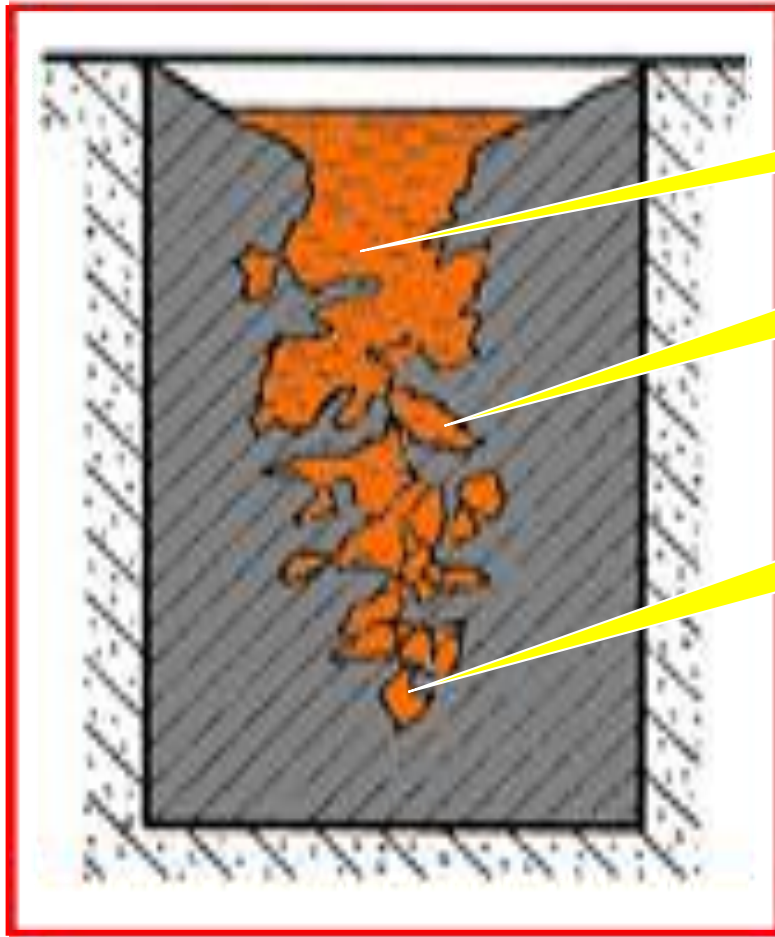


Усадочна пористість — скупчення порожнеч, що утворилися у виливку у великій зоні в результаті усадки в тих місцях виливка, які затверділи останніми без доступу до них розплавленого металу.

Поблизу температури солідуса кристали зростаються один з одним. Це приводить до роз'єднання осередків кристалізації, що містять у собі залишки рідкої фази. Затвердіння невеликого об'єму металу в такому осередку відбувається без доступу до неї живильного розплаву із сусідніх осередків.

У результаті усадки в кожному осередку виходить невелика усадочна раковина. Безліч таких міжзернових мікроусадочних раковин утворить пористість, що розташовується по границях зерен металу.

Усадочна пористість — скупчення порожнеч, що утворилися у виливку у великій зоні в результаті усадки в тих місцях виливка, які затверділи останніми без доступу до них розплавленого металу.



Рідка фаза

Відокремлені комірки
рідкої фази

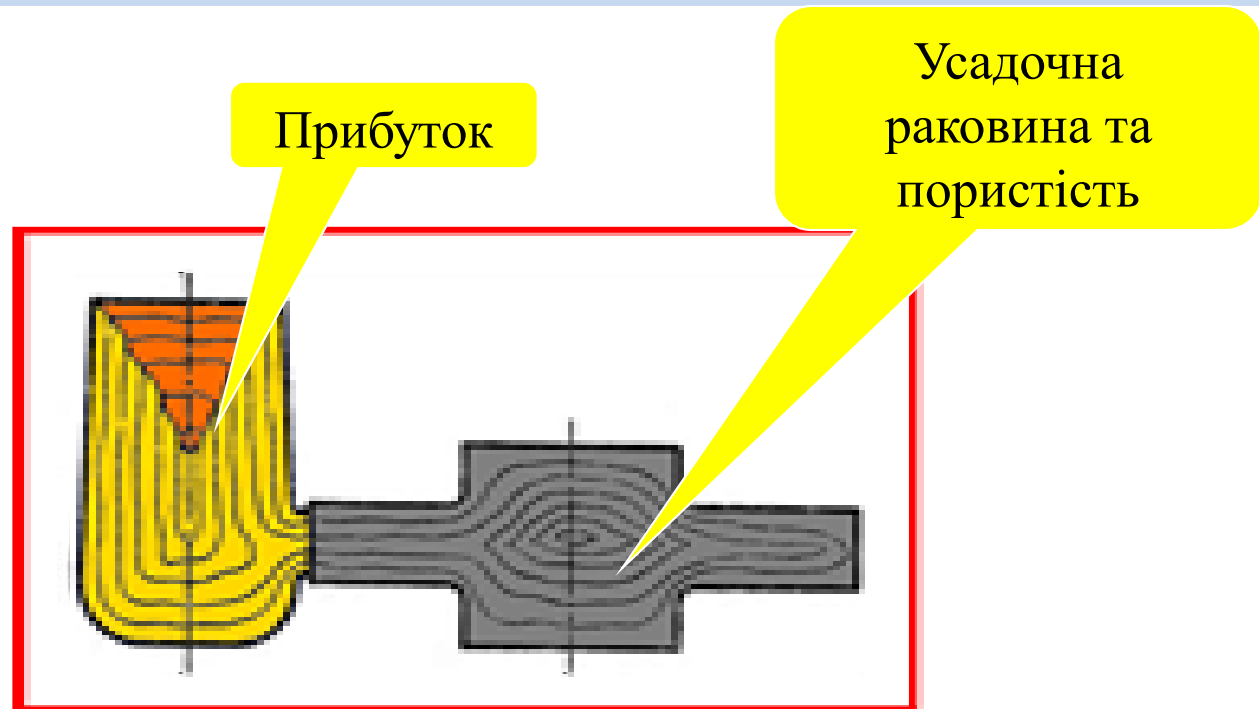
Розосереджені невеликі
усадочні раковини

Усадочна пористість — скупчення порожнеч, що утворилися у виливку у великій зоні в результаті усадки в тих місцях виливка, які затверділи останніми без доступу до них розплавленого металу.

Одержати виливки без усадочних раковин і пористості можливо за рахунок безперервного підведення розплавленого металу в процесі кристалізації аж до повного затвердіння. Із цією метою на виливки встановлюють прибутки-резервуари з розплавленим металом, які забезпечують доступ розплавленого металу до ділянок виливка, що кристалізуються останніми.

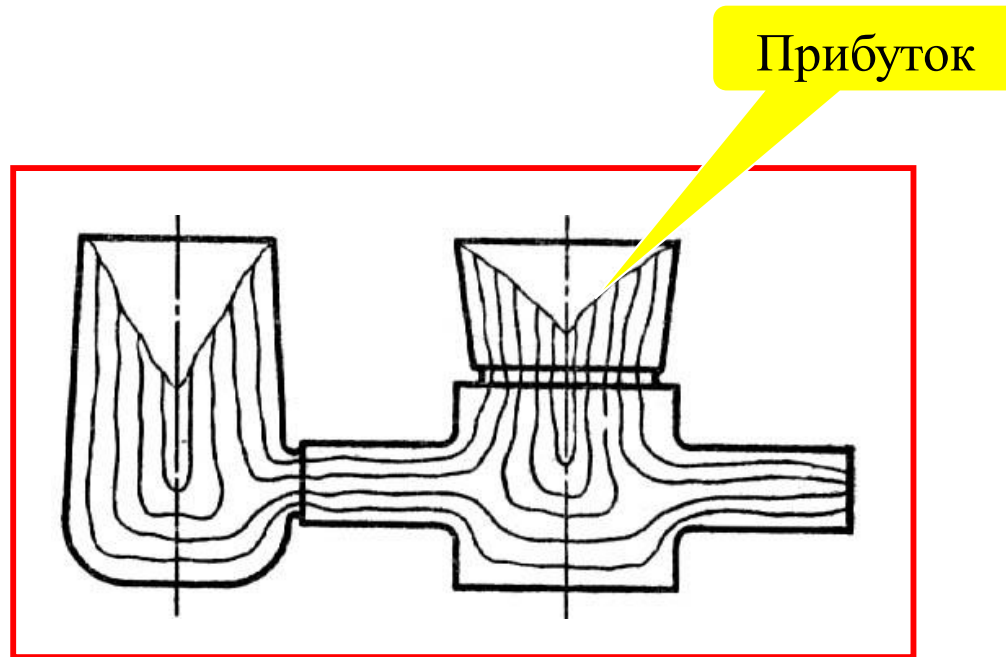
Усадочна пористість — скупчення порожнеч, що утворилися у виливку у великій зоні в результаті усадки в тих місцях виливка, які затверділи останніми без доступу до них розплавленого металу.

Прибуток, зображений на рисунку, не може забезпечити доступ розплавленого металу до потовщеної ділянки виливка. У цьому місці утвориться усадочна раковина і пористість.



Усадочна пористість — скупчення порожнеч, що утворилися у виливку у великій зоні в результаті усадки в тих місцях виливка, які затверділи останніми без доступу до них розплавленого металу.

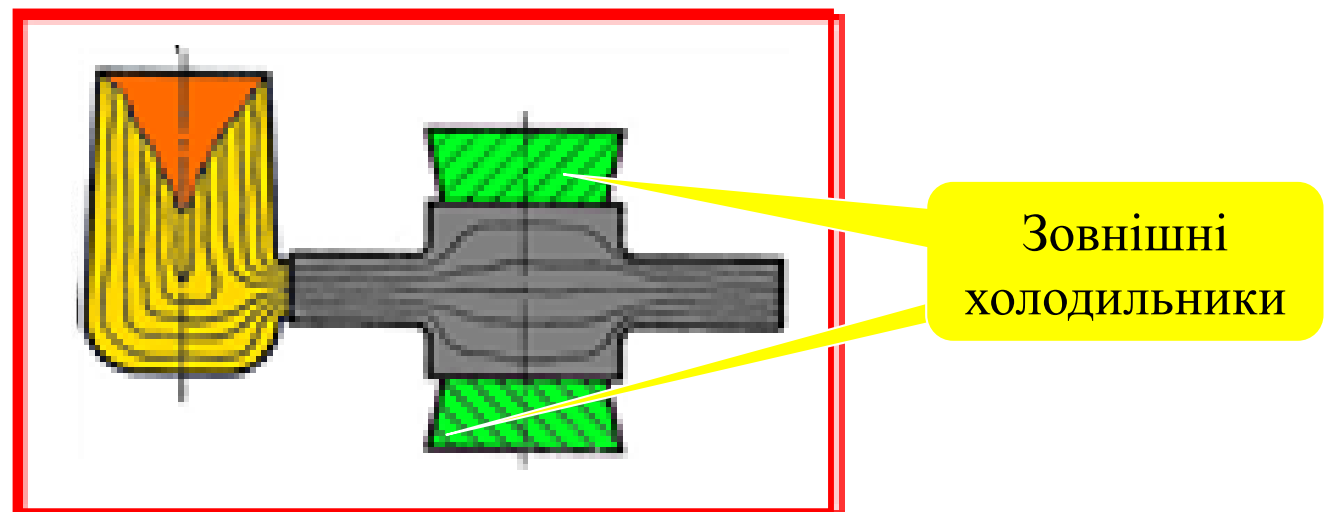
Установка на потовщену ділянку прибутку попереджає утворення усадочної раковини й пористості.



Усадочна пористість — скупчення порожнеч, що утворилися у виливку у великій зоні в результаті усадки в тих місцях виливка, які затверділи останніми без доступу до них розплавленого металу.

Попередити утворення усадочних раковин і пористості дозволяє установка в ливарну форму зовнішніх або внутрішніх холодильників

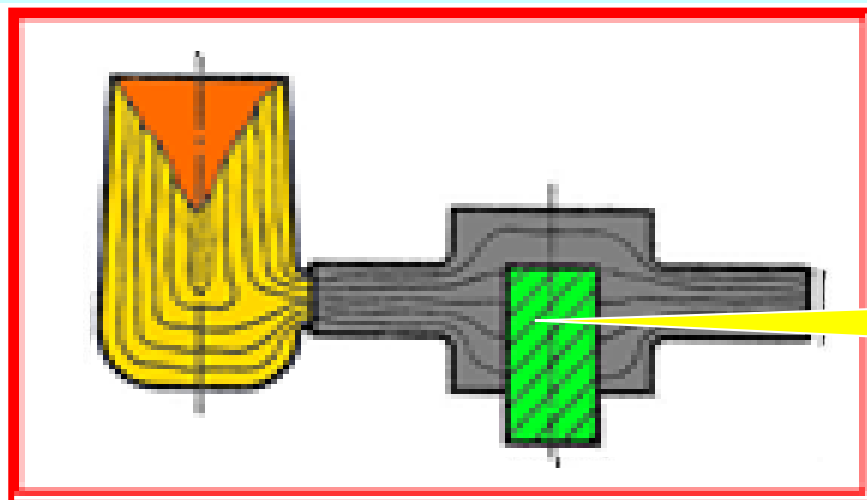
Зовнішні холодильники установлюють у форму із зовнішньої сторони масивних частин виливка. Внаслідок високої теплопровідності й великої теплоємності холодильника відвід теплоти від масивної частини виливка відбувається інтенсивніше, ніж від тонкої. Це сприяє вирівнюванню швидкостей кристалізації масивної й тонкої частин й усуненню усадочних раковин і пористості.



Усадочна пористість — скупчення порожнеч, що утворилися у виливку у великій зоні в результаті усадки в тих місцях виливка, які затверділи останніми без доступу до них розплавленого металу.

Попередити утворення усадочних раковин і пористості дозволяє установка в ливарну форму зовнішніх або внутрішніх холодильників

Внутрішні холодильники встановлюють усередину порожнини форми, яка утворює масивні частини виливка. Ці холодильники виготовляють із того ж сплаву, що й виливок. При заповненні форми внутрішні холодильники частково розплавляються й зварюються з основним металом.



Внутрішній
холодильник

Тріщини у виливках

У виливках у результаті нерівномірного тверднення тонких і товстих частин і гальмування усадки формою при охолодженні виникають внутрішні напруження. Ці напруження тим вищі, чим менша піддатливість форми й стержнів. Якщо величина внутрішніх напружень перевищить межу міцності ливарного сплаву в даній ділянці виливка, то в тілі його утворяться **гарячі** або **холодні тріщини**. Якщо ливарний сплав має достатню міцність та пластичність і здатний протистояти дії виникаючих напружень, спотворюється геометрична форма виливка.

Тріщини у виливках

Гарячі тріщини у виливках виникають у процесі кристалізації й усадки металу при переході з рідкого стану у твердий при температурі близької до температури солідуса. Гарячі тріщини проходять по межах кристалів і мають окислену поверхню.

Схильність сплавів до утворення гарячих тріщин збільшується при наявності неметалічних включень, газів (водню, кисню), сірки й інших домішок. Крім того, утворення гарячих тріщин викликають різкі переходи від тонкої частини виливка до товстої, гострі кути, частини що виступають й т.д. Висока температура заливання сприяє збільшенню зерна металевої структури й збільшенню перепаду температур в окремих частинах виливка, що підвищує ймовірність утворення тріщин.

Для попередження виникнення гарячих тріщин у виливках необхідно створювати умови, що сприяють формуванню дрібнозернистої структури; забезпечувати одночасне охолодження тонких і товстих частин виливків; збільшувати піддатливість ливарних форм; по можливості знижувати температуру заливання сплаву й т.д.

Тріщини у виливках

Холодні тріщини виникають в області пружних деформацій, коли сплав повністю затвердів. Тонкі частини виливка проохолоджуються й скорочуються швидше, ніж товсті.

У результаті у виливку утворюються напруги, які й викликають появу тріщин. Холодні тріщини найчастіше утворюються в тонкостінних виливках складної конфігурації й тим більше, чим вищі пружні властивості сплаву, чим значніше його усадка при знижених температурах і чим нижче його теплопровідність.

Небезпека утворення холодних тріщин у виливках підсилюється наявністю в сплаві шкідливих домішок (наприклад, фосфору в сталях). Для попередження утворення у виливках холодних тріщин необхідно:

- ✓ забезпечувати рівномірне охолодження виливків у всіх перетинах шляхом використання холодильників;
- ✓ застосовувати сплави для виливків з високою, пластичністю; проводять відпал виливків і т.п.

Жолоблення — зміна форми й розмірів виливка під впливом внутрішніх напружень, що виникають при охолодженні.

Жолоблення збільшується при ускладненні конфігурації виливка й підвищенні швидкості охолодження, що викликає нерівномірне охолодження між окремими частинами виливка й різну усадку.

Жолоблення виливка може бути також викликано опором форми усадці окремих частин виливка.

Для попередження жолоблень необхідно:

- ✓ збільшувати піддатливість форми;
- ✓ створювати раціональну конструкцію виливка й т.д.

Газові раковини й пористість у виливках

У розплавленому стані метали й сплави здатні активно поглинати значну кількість водню, кисню, азоту й інших газів з оксидів і вологи вихідних шихтових матеріалів при їхній плавці, згорянні палива, з навколишнього середовища, при виплавці металу у форму й т.д.

У рідких металах і сплавах розчинність газів зі збільшенням температури підвищується.

При надлишковому змісті газів вони виділяються з розплаву у вигляді газових бульбашок, які можуть спливати на поверхню або залишитися у виливку, утворюючи газові раковини, пористість або неметалічні включення, що знижують механічні властивості й герметичність виливків.

Газові раковини й пористість у виливках

При заливанні розплавленого металу розплав, що рухається, може захоплювати повітря в ливниковій системі, засмоктувати його через газопроникні стінки каналів ливникової системи.

Гази можуть проникати в метал з форми при випарі вологи, що перебуває у формувальній суміші, при хімічних реакціях на поверхні метал–форма й т.д.

Для зменшення газових раковин і пористості у виливках плавку варто вести:

- ✓ під шаром флюсу,
- ✓ у середовищі захисних газів з використанням добре просушених шихтових матеріалів.

Перед заливанням розплавлений метал необхідно піддавати дегазації:

- ✓ вакуумуванням;
- ✓ продувкою інертними газами й іншими способами;
- ✓ збільшувати газопроникність ливарних форм і стержнів;
- ✓ знижувати вологість формувальної суміші;
- ✓ підсушувати форми й т.д.

На самотійну роботу ВИНОСИТСЯ:

1. Умови, які приводять до тріщин у
виливках:

А) Гарячі виливки

Б) Холодні виливки

2. Запобігання утворенню тріщин
холоднотвердіючої суміші для
ливарної оснастки



Кафедра технології металів і матеріалознавства

E-mail diana.borisovna@gmail.com

Автор: доц. Глушкова Д.Б.
Lekz_5_TKM 1M GDB 03.10.14