

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з дисциплін
“Виробництво виливків з кольорових металів і сплавів” і
“Ливарні сплави і плавка (кольорові метали)”
для студентів напрямів підготовки
6.050502 “Інженерна механіка”
і 6.050402 “Ливарне виробництво”
всіх форм навчання

2014

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисциплін “Виробництво виливків з кольорових металів і сплавів” і “Ливарні сплави і плавка (кольорові метали)” для студентів напрямів підготовки 6.050502 “Інженерна механіка” і 6.050402 “Ливарне виробництво” всіх форм навчання / Укладачі: Є.М. Парахневич, С.В. Тирса. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2014. – 38 с.

Укладачі: Є.М. Парахневич, доцент, к.т.н.
С.В. Тирса, старший викладач

Рецензент: В.І. Мінакова, доцент, к.т.н.

Відповідальний
за випуск: В.В. Луньов, професор, д.т.н.

Затверджено
на засіданні НМР
Фізико-технічного інституту ЗНТУ

Затверджено
на засіданні кафедри
“Машини і технологія
ливарного виробництва”

Протокол № 5 від 05.06.2014 р.

Протокол № 8 від 16.04.2014 р.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Лабораторна робота №1. Модифікування силумінів.....	5
2 Лабораторна робота №2. Плавлення, рафінування та модифікування магнієвих сплавів.....	16
3 Лабораторна робота №3. Технологія плавки, структура та властивості мідних сплавів.....	24
4 Список літератури.....	37
Додаток А Табличні значення критерію Ст'юдента.....	38

ВСТУП

Задача проведення лабораторних робіт полягає в наданні студентам допомоги у вивченні особливостей ведення плавки, структури та властивостей конструкційних кольорових сплавів. Особливу увагу при проведенні робіт приділено рафінуванню та модифікуванню сплавів як основним напрямом підвищення службових характеристик машинобудівного литва. Для обробки результатів лабораторних досліджень передбачено застосування методів математичної статистики.

Перед початком робіт з усіма студентами проводиться вступна бесіда, а також загальний та індивідуальний інструктаж по техніці безпеки.

Студенти приступають до кожної роботи тільки після ознайомлення з літературою по питанням, які необхідно вивчити. Пропущені лабораторні роботи виконуються у додатковий час згідно розкладу, складеному кафедрою та затвердженому деканом факультету.

При розробці методичних вказівок були використані матеріали з методичних вказівок до лабораторних робіт для кольорових металів авторів В.М. Сажнєва, Є.І. Івахненко, В.О. Федькова.

1 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1 МОДИФІКУВАННЯ СИЛУМІНІВ

1.1. Мета роботи

- 1 Освоїти теорію та практику модифікування.
- 2 Вивчити вплив модифікування на механічні властивості, макро - та мікроструктуру силумінів.

1.2 Загальні відомості

Силумінами називають сплави алюмінію з кремнієм та іншими елементами. Система Al - Si кристалізується по третьому типу діаграм стану з евтектикою (рис. 1.1).

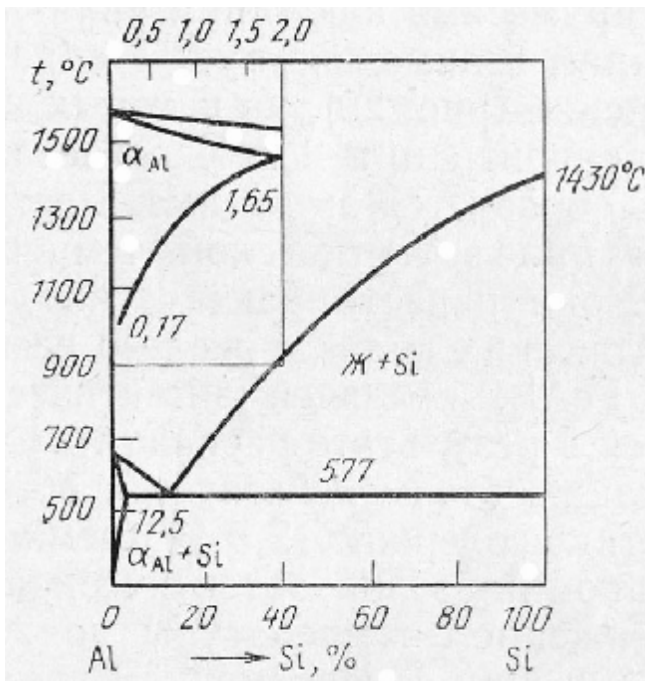


Рисунок 1.1 - Діаграма стану сплавів Al – Si

Наявність евтектики забезпечує високі ливарні властивості сплавів. Однак, механічні властивості силумінів у литому стані порівняно невисокі. Істотне покращення механічних показників досягається модифікуванням розплавів.

Модифікаторами називаються речовини, які у досить малих концентраціях істотно впливають на процеси кристалізації із розчинів або розплавів. Алюмінієві сплави модифікують із метою здрібнювання макрозерна, що первинно кристалізуються фаз і фаз, що входять в евтектики, а також з метою зміни форми виділення крихких фаз.

По характеру впливу на сплави модифікатори розподіляють на модифікатори першого (поверхнево-активні речовини, дія яких зводиться до вибіркової адсорбції на гранях утворюваних кристалів) та модифікатори другого роду (тверді найдрібніші частинки - зависі, які утворюють у розплаві зародки для кристалів та знижують роботу їх зародження). І в першому і в другому випадках подальший ріст кристалів обмежується і структура сплаву подрібнюється.

Для силумінів модифікатори першого роду - натрій, сурма, стронцій та деякі інші елементи; модифікатори другого роду - фосфор, титан, цирконій, бор, ванадій та ін.

За умов заливки металу у разові форми доевтектичні силуміни набувають низьких механічних властивостей внаслідок грубого виділення кремнію у евтектиці. Для подрібнення виділень евтектичного кремнію доевтектичні ливарні силуміни, які містять більше 6% кремнію (АК12, АК7 та інші, ГОСТ 1583 - 89), найчастіше модифікують натрієм. Уведення натрію в рідкий метал пов'язано з деякими труднощами внаслідок низької його температури кипіння та великої хімічної активності, тому у промислових умовах натрій уводять в рідкий метал у вигляді солей натрію.

Широке застосування для модифікування доевтектичних силумінів набули наступні суміші солей, % (мас):

- а) подвійний модифікатор - 67 NaF, 33 NaCl;
- б) потрійний модифікатор - 62,5 NaCl, 25 NaF, 12,5 KCl;
- в) універсальний модифікатор - 50 NaCl, 30 NaF, 10 KCl, 10 Na₃AlF₆.

Подвійний та потрійний модифікатори застосовують у кількості 1 - 2% від маси металу. Присадку модифікаторів проводять на поверхню металу. При цьому протікає реакція:



Модифікування подвійним модифікатором здійснюють при температурі рідкого металу 780 - 810°C; потрійним - при температурі 730 - 750°C. Витримка металу під рівномірним шаром солей при температурі модифікування складає 12 - 15 хвилин у випадку застосування подвійного модифікатора, або 6 - 7 хвилин - при використанні потрійного модифікатора.

Натрій, який виділяється, виконує модифікуючу дію. Для прискорення реакції та полегшення дифузії натрію у розплав корочку солей руйнують та замішують на глибину 50 - 100 мм. Після проведення модифікування шлак з поверхні розплаву видаляється і метал на протяжці визначеного часу (не більше 30 хв.) розливають по формах.

Універсальний модифікатор присаджують на струмину металу при випуску його з плавильної печі у ківш. Струмина енергійно замішує флюс у розплав. Температура металу при випуску складає 730 - 750°C, витрата універсального модифікатора - 0,5 - 1,0% від маси металу.

Істотними недоліками модифікування натрієм є недостатня тривалість збереження ефекту модифікування й підвищення схильності сплавів до поглинання водню й утворенню газової пористості. Добрими модифікуючими властивостями володіє стронцій. На відміну від натрію цей елемент повільніше вигорає з алюмінієвих сплавів, що дозволяє зберігати ефект модифікування до 2 - 3 годин; він у меншому ступені, ніж натрій, збільшує окислюваність силумінів і їх схильність до газопоглинання. Для введення стронцію використовують лігатуру Al - Sr (10 % Sr). Температура металу при випуску складає 750 - 780°C, витрата лігатури 0,6 - 0,8% від маси металу. До числа модифікаторів тривалої дії відносять також ітрій і сурму, які вводять у кількості 0,15 - 0,3 %.

Фосфором у кількості 0,05 - 0,10% від маси металу модифікують заевтектичні силуміни (20 - 25% кремнію), які без модифікатора у литому стані мають грубу структуру, низькі ливарні та механічні властивості та погано обробляться різанням внаслідок того, що кремній виділяється у вигляді крупних кристалів. Для модифікування застосовують:

- а) лігатуру мідь - фосфор (9 - 11%P);
- б) флюс 20% червоного фосфору, 10% K_2ZrF_6 , 70% KCl (загальна кількість флюсу 1,5 - 2,0% від маси плавки);

в) флюс 58% фосфорнокислого літію, 34% порошкоподібного алюмінію, 8% червоного фосфору (загальна кількість флюсу - 0,3 - 0,4% від маси металу).

Модифікування заевтектичних силумінів ведуть при температурі 780 - 820°C.

При виплавленні силумінів у ряді випадків виникає необхідність рафінування розплавів від газів та неметалевих включень. Для рафінування застосовують хлористі солі $MnCl_2$, $ZnCl_2$, NH_4Cl та ін. При цьому хлориста сіль взаємодіє з алюмінієм за реакцією:



Бульбашки $AlCl_3$, підіймаючись на поверхню розплаву, захоплюють завислі неметалеві включення; в середину бульбашок дифундує розчинений в металі водень і в результаті цих процесів відбувається очищення розплаву. Рафінуючі присадки також, як і модифікатори, замішують вглиб металу. Більш висока якість рафінування забезпечується при введенні порошкоподібних речовин за допомогою стаканчика. По закінченню перемішування розплаву дають відстоятися на протязі 10 - 15 хв. при температурі близько 780°C з метою видалення малих бульбашок газу, після чого проводять заливку форм. Якість рафінування оцінюють за допомогою проб на газонасиченість. Наявність усадочної утяжини та відсутність бульбашок на поверхні проби свідчать про глибоку дегазацію розплаву.

Якість модифікування визначають після розливки металу по зламу проб, мікроструктурі та за результатами механічних випробувань зразків металу. Злам модифікованого сплаву характеризується дрібним зерном світло-сірого кольору, мікроструктура - дисперсними виділеннями кремнію; механічні властивості - істотним підвищенням показників міцності (σ_b , σ_T).

Іноді силуміни піддають відпалу за режимом T2 (AK12 - при $300 \pm 10^\circ C$ на протязі 2 - 4 год.), штучному старінню (T1) або загартуванню з наступним старінням (T6), що сприяє підвищенню механічних властивостей металу.

Дослідження впливу окремих модифікаторів на властивості силумінів необхідно проводити на металі однієї плавки при однаковій температурі. Після приготування сплаву заданого складу із печі при заданій температурі відбирається порція немодифікованого металу та

заливаються форми. Потім відбирають одну або декілька порцій металу, який модифікується шляхом уведення модифікаторів у піч або на струмину металу в процесі випуску. Дослідження, яке проводять в умовах фракційної розливки металу, дозволяє повністю виключити вплив початкового вихідного хімічного складу, температури та інших технологічних факторів на властивості металу та вивчити вплив модифікаторів в "чистому" вигляді.

Результати механічних випробувань литих зразків одного і того ж варіанту модифікування, як правило, істотно різняться. Тому отримані дані мають цінність тільки при їх правильній статистичній обробці. Якщо встановлено, що результат спотворений через дефекти у зразку або внаслідок грубої помилки при випробуванні, його необхідно відкинути. У тих випадках, коли виникає сумнів відносно вірогідності одержаного результату, необхідно "перевірити" цей сумнів. Для цього обчислюють середнє арифметичне значення M одержаних n результатів без сумнівного M_x :

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{n} \quad (1.3)$$

Потім визначають відхилення сумнівного результату від середнього арифметичного ($M - M_x$) та середнє квадратичне відхилення решти результатів від їх середнього арифметичного

$$s_M = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\overline{M} - M_i)^2}{n-1}} \quad (1.4)$$

Після цього за табл. 1.1 знаходять коефіцієнт ризику t_β для заданої імовірності та визначається добуток $t_\beta \sigma_M$.

Таблиця 1.1 - Значення коефіцієнта ризику t_β для імовірності 1-0,05

n	2	3	4	5	6	7
t_β	15.561	4.969	3.558	3.041	2.777	2.616

Якщо $(\overline{M} - M_x) > t_{\beta} \sigma_m$, то з імовірністю 1 - 0,05 сумнівний результат вважається помилковим і його треба відкинути.

Після розрахунку середніх арифметичних значень та середніх квадратичних відхилень результатів випробувань партій зразків модифікованого та немодифікованого металу визначають об'єднану оцінку дисперсії за формулою:

$$S^2 = \frac{(n_1 - 1) \times (s_{M_1})^2 + (n_2 - 1) \times (s_{M_2})^2}{V} \quad (1.5)$$

де n_1, n_2 - число вимірювань дослідного параметру в першій та другій партіях зразків без урахування помилкових результатів;

$V = n_1 + n_2 - 2$ - число ступенів свободи;

$\sigma_{M_1}, \sigma_{M_2}$ - середні квадратичні відхилення результатів в першій та порівняльній з нею другій партіях зразків.

Після визначення S при малому числі вимірювань вірогідність різниці середніх величин встановлюють за допомогою критерію Ст'юдента:

$$t = \frac{\overline{M_1} - \overline{M_2}}{S} \sqrt{\frac{n_1 \times n_2}{n_1 + n_2}} \quad (1.6)$$

Табличне значення $t_{\text{таб.}}$ критерію Ст'юдента (додаток А) знаходять по числу ступенів свободи V та ймовірності P (ймовірність того, що дійсно значення показників властивостей M_1 та M_2 однакові).

Знайдене значення критерію t порівнюють з табличним ($t_{\text{таб.}}$) і на підставі порівняння встановлюють вірогідність (достовірність) знайдених відзнак у властивостях партій дослідних зразків при даній величині ймовірності.

Для статистичної обробки результатів дослідження модифікованого та немодифікованого металу застосовується ЕОМ. Всі необхідні дані для виконання розрахунків приведені у збірнику програм ЕОМ на кафедрі М і ТЛВ.

1.3 Устаткування, інструмент та матеріали

1. Індукційна електропіч з графітошамотним тиглем місткістю 10 кг та набір плавильного інструменту.

2. Матеріали для плавки: алюміній АО (99% АІ, решта домішки; ГОСТ 2169 - 69); вороття виробництва та лом силуміну АК12, алюмінієва фольга, порошкоподібні: кріоліт, фторид натрію, хлориди калію, натрію, марганцю.

3. Комплект модельно-опочної оснастки для виготовлення сирих піщано-глинистих форм розривних зразків діаметром 16 мм.

4. Формувальний інструмент і матеріали: формувальна суміш, тальк, сито з розміром вічка 3 - 4 мм, лопата, набивач та трамбівка, гладилка та ланцет, душник, кліщі для виймання виливків з форм.

5. Стрижньовий ящик для виготовлення форм зразків на злам розміром $\varnothing 20 \times 200$ мм.

6. Графітошамотна виливниця для відбору проб на газонасиченість розміром $\varnothing 70 \times 15$ мм.

7. Мілівольтметр з термопарою.

8. Розривна машина Р - 10.

9. Твердоміри ТШ2М, ТП.

10. Полірувальний верстат, набір інструментів для виготовлення шліфів.

11. Реактив (1% - й водний розчин плавикової кислоти) та приладдя для травлення силуміну.

12. Металографічні мікроскопи ММР - 2Р, МИМ - 7.

13. Молоток, тавро, ножівка по металу.

1.4 Техніка безпеки

1. При виконанні роботи необхідно керуватися правилами техніки безпеки діючими у таких приміщеннях кафедри: лабораторіях механічних випробувань та формувальних матеріалів, плавильно - заливальному залі, механічній майстерні, лабораторії контролю якості виливків, хімічній лабораторії.

2. При роботі з електричними приладами необхідно дотримуватися правил техніки безпеки по експлуатації електросилових установок. Прилади обов'язково повинні бути заземлені.

3. Щоб уникнути розбризкування металу та опіків шкіри категорично забороняється завантажувати піч вологим та холодним металом, випускати метал у холодний та вологий ківш, заливати не підігріті кокілі і т.д. Підлога біля печі повинна бути сухою і не заваленою сторонніми речами.

4. Забороняється проводити плавку при несправному витяжному обладнанні.

5. Не рекомендується проводити будь-які роботи (довантаження печі, вимір температури, взяття проби та т.п.) при включеній печі.

6. Інструменти для роботи з рідким металом повинні мати ізольовані ручки. Стояти при обслуговуванні печі необхідно на гумовому килимку.

7. Всі роботи з рідким металом плавильник та особи, які приймають участь у виплавленні металу, зобов'язані проводити у спецодязі, рукавицях та захисних окулярах.

1.5 Порядок проведення роботи

1. Ознайомитися з метою роботи, вивчити теоретичні основи плавлення, рафінування та модифікування металу.

2. Розрахувати кількість модифікаторів для приготування заданого сплаву.

3. Підготувати наважки модифікаторів згідно розрахунку. Модифікатор перед застосуванням подрібнити у ступці до порошкоподібного стану та висушити при температурі 150 - 200°C протягом 1,5 год.

4. Розплавити шихтові матеріали, уводячи їх в піч у визначеній послідовності (компактні шматки металу, дріб'язок, легуючі добавки, загорнені у алюмінієву фольгу).

5. Виготовити форми зразків та встановити їх біля печі, на кожну форму виготовити та встановити бирку з номером варіанту модифікування.

6. Підігріти до температури 150 - 200°C та встановити на печі графітошамотну виливницю для відбору структурних проб.

7. По структурній пробі визначити необхідність рафінування розплавленого металу.

8. Якщо необхідно, провести рафінування сплаву хлористим марганцем у кількості 0,1 - 0,2% при температурі 700 - 730°C.

9. Повторно визначити ступінь газонасиченості сплаву відбором структурної проби через 10 - 15 хв.

10. У підігрітий ківш відібрати з печі порцію немодифікованого металу і залити форми зразків на розрив. Температура металу повинна відповідати наміченій температурі випуску модифікованого сплаву.

11. Відібрати порцію металу та провести модифікування у ковші шляхом присадки модифікатора на струмінь під час випуску або на дно ковша. Модифікованим металом залити форми зразків.

12. Залишок рідкого металу з печі залити у підігріту виливницю та виключити плавильну установку.

13. Вибити зразки із форм при температурі не вище 300 °С.

14. Після охолодження зразків до кімнатної температури відрізати ножівкою або відбити молотком ливникову систему та затаврувати зразки відповідно з варіантом модифікування.

15. Із проб на розрив виготовити зразки для механічних випробувань.

16. Провести механічні випробування зразків на машині Р - 10.

17. Визначити показники механічних властивостей зразків.

18. Провести математичну обробку результатів дослідження (розрахувати відносне подовження і відносне звуження зразків).

1.6 Оформлення звіту

1. Викласти мету роботи.

2. Дати визначення силумінів, зробити рисунок діаграми стану системи алюміній - кремній, замалювати структури силумінів без вводу модифікатора і з модифікатором, описати технологію ведення плавки, рафінування та модифікування силумінів.

3. Оформити розрахунок кількості модифікаторів.

Описати вплив окремих модифікаторів і зробити висновки по роботі.

1.7 Питання для контролю

1. Які сплави називають силумінами?

2. Охарактеризуйте діаграму стану системи Al - Si.

3. Які речовини називаються модифікаторами?

4. Розкрийте механізм дії модифікаторів першого та другого родів.

5. Які речовини є модифікаторами для силумінів?

6. Як здійснюється модифікування сплавів?
7. Як проводиться рафінування розплавів?
8. Якими способами здійснюють дегазацію алюмінієвих сплавів?
9. В чому полягає суть дегазації вакуумуванням?
10. Механізм дегазації продувкою розплаву інертними та активними газами.
11. Механізм рафінування розплавів хлоридами.
12. Яку підготовку проходять хлориди перед введенням у розплав?
13. Який газ розчинюється у алюмінії і є причиною зниження герметичності виливків?
14. Які хлориди використовують для рафінування розплавів?
15. Які методи використовують для очищення розплавів від неметалевих включень?
16. Об'ємна густина та температура плавлення алюмінію.
17. Як взаємодіє алюміній з киснем?
18. Який вміст кремнію у евтектичному силуміні?
19. Що розуміється під рафінуванням металу?
20. Яка тривалість витримки розплаву під шаром подвійного модифікатора?
21. Яка температура плавлення евтектичного силуміну?
22. При якій температурі проводиться модифікування силуміну потрібним модифікатором?
23. Чим відрізняється рафінування від модифікування?
24. Які модифікатори застосовують для модифікування доевтектичних силумінів?
25. Які модифікатори застосовують для модифікування заевтектичних силумінів?
26. Які солі входять до складу подвійного модифікатора?
27. У якій кількості вводиться подвійний модифікатор на поверхню розплаву?
28. Який злам має модифікований метал?
29. Які властивості покращуються при модифікуванні металу?
30. Який час зберігається ефект модифікування?
31. Коли застосовується універсальний модифікатор? В чому полягає його універсальність?
32. Які структурні складові подрібнюються при

модифікуванні силумінів?

33. При якій температурі проводиться модифікування подвійним та потрійним модифікаторами?

34. У якому вигляді вводять натрій та фосфор при модифікуванні?

35. З яким вмістом кремнію силумін має найбільш високі ливарні властивості?

36. Чому алюміній можна плавити без захисного флюсу у відкритих печах?

37. Як взаємодіє алюміній з азотом?

38. При якій температурі можна вибивати виливки із алюмінієвих сплавів?

39. Розшифрувати марку сплаву АК4М5.

2 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2 ПЛАВЛЕННЯ, РАФІНУВАННЯ ТА МОДИФІКУВАННЯ МАГНІЄВИХ СПЛАВІВ

2.1. Мета роботи

1. Вивчити технологію плавки.
2. Освоїти теорію і практику рафінування та модифікування сплавів.
3. Встановити вплив способів модифікування на макро - і мікроструктуру металу.

2.2 Загальні відомості

Плавка магнієвих сплавів пов'язана з рядом труднощів. Сплави легко окислюються. На відзнаку від алюмінієвих сплавів на поверхні розплаву утворюється пухка плівка оксидів MgO, яка не захищає його від подальшого окислення і загорання

$$\left(\frac{VMgO}{VMg} = 0,79 \right)$$

При температурах плавлення магній та його сплави взаємодіють з азотом з утворенням нітридів і інтенсивно поглинають водень. Оксиди та нітриди не розчиняються у металі і стають причиною погіршення механічних властивостей виливків. Ітрій, церій, лантан, неодим і літій підсилюють окислювання, створюючи тим самим умови для збагачення розплавів оксидними плівками. Алюміній, мідь, срібло, індій, нікель, свинець, сурма, олово і цинк знижують температуру загорання магнію. Окислювання вповільнюється в атмосфері сірчастого газу (SO₂) або вуглекислоти (CO₂). Взаємодія із сірчастим газом при 700 - 750 °C супроводжується утворенням на поверхні розплаву тонкої плівки сульфату магнію (MgSO₄), що утрудняє доступ кисню до розплаву. Із цієї причини сірчастий газ знайшов широке застосування для захисту від окислювання струменя металу при литті фасонних виливків і злитків. Різко знижує окислювання магнієвих сплавів введення в них 0,001 - 0,002 % берилію або 0,03-0,05 % кальцію, тому що їх оксиди ущільнюють

оксидну плівку на поверхні розплавів. При вмісті берилію більше 0,002 % структура сплавів грубішає, механічні властивості знижуються.

Для виготовлення виливків найбільш часто застосовують магнієві сплави, до складу яких входять алюміній, цинк, марганець (МЛЗ, МЛ4, МЛ5, МЛ6, МЛ8). Кращі ливарні властивості мають сплави магнію з алюмінієм і невеликими домішками марганцю та цинку. До них відносяться сплави МЛ5 та МЛ6 (табл. 2.1). Сплави системи магній - алюміній кристалізуються по четвертому типу діаграм стану з утворенням інтерметалічних сполук (рис. 2.1).

Сплави МЛ5 та МЛ6 призначені для виробництва деталей, які працюють в навантаженому стані у важких атмосферних умовах, при високій вологості.

Таблиця 2.1 – Склад та властивості магнієвих сплавів

Марка сплаву	Вміст елементів, % (решта магній та домішки)						Властивості сплаву, не менше (без ТО)		
	Al	Mn	Zn	Zr	Cd	РЗМ	σ_b , МПа	δ , %	НВ, МПа
МЛЗ	2,5-3,5	0,15-0,5	0,5-1,5	-	-	-	180	8	550
МЛ4	5,0-7,0	0,15-0,5	2,0-3,5	-	-	-	160	3	500
МЛ5	7,5-9,0	0,15-0,5	0,2-0,8	-	-	-	150	2	450
МЛ6	9,0-10,2	0,1-0,5	0,6-1,2	-	-	-	147	1	420
МЛ8	-	-	5,5-6,6	0,7-1,1	0,2-0,8	-	264	4	800
							(ТО по режиму Т6)		
МЛ11	-	-	0,2-0,7	0,4-1,0	-	2,5-4,0	120	1,5	360

Для захисту сплавів МЛ5 та МЛ6 від окислення при плавленні у тигельних печах застосовують флюс на основі карналіту: 40 - 48% $MgCl_2$, 30 - 40% KCl , 5% $BaCl_2$, 8% ($NaCl - CaCl_2$), 3 - 5% CaF_2 (флюс ВІ2). Витрата флюсу - 5 - 10% від маси шихти. Хлористий барій додають у флюс для підвищення щільності і кращого відділення флюсу від сплаву. Фтористий кальцій підвищує в'язкість флюсу і збільшує його здатність до рафінування. Оксид магнію додають у якості згущувача, що полегшує утворення скоринки при перегріві розплаву.

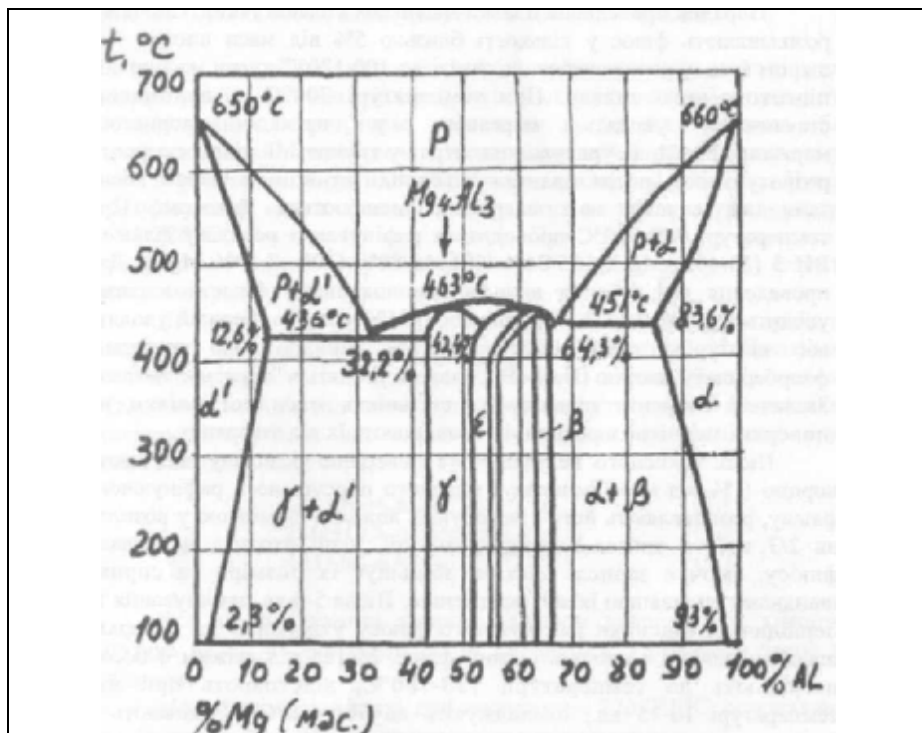


Рисунок. 2.1 - Діаграма стану системи Mg - Al

Порядок проведення плавки магнієвих сплавів такий. Спочатку розплавляють флюс у кількості близько 5% від маси шихти. Під шаром флюсу розплавляють підігріті до 100 - 120°C куски магнію або підготовленого сплаву. При температурі 700°C за допомогою стаканчика вводять марганець у вигляді хлористого марганцю MnCl_2 (з урахуванням втрат у трикратній кількості проти розрахункової), потім завантажуються підігрітий цинк. Окремі місця займання сплаву на поверхні присипаються флюсом. При температурі 700 - 720°C проводиться рафінування розплаву флюсом ВИЗ (30 - 40% MgCl_2 , 25 - 36% KCl , 15 - 20% CaF_2 , 7 - 10% MgO). Для проведення рафінування видаляється покривний флюс і в сплав вводиться 0,001 - 0,002% берилію або 0,05% кальцію. Берилій вводять або лігатурою алюміній-берилій (5% берилію) або в складі фторберилату натрію (Na_2BeF_4), кальцій вводять в "чистому"

вигляді. Зазначені елементи підвищують щільність оксидної плівки на поверхні магнієвих розплавів і захищають їх від загоряння.

Після захисного легування на поверхню розплаву засипають порцію (1% від маси розплаву) меленого просушеного рафінуючого флюсу, розплавляють його і замішують ложкою - шумівкою у розплав на 2/3 висоти тигля. Хлористий магній, який входить до складу флюсу, змочує завислі частки, збільшує їх розміри та сприяє швидкому спливанню їх або осадженню. Після 5 - 6 хв. замішування та періодичної підсипки рафінуючого флюсу утворений на поверхні шлак видаляють і вносять свіжий флюс. Метал під свіжим флюсом нагрівають до температури 750 - 780°C, відстоюють при цій температурі 10 - 15 хв., охолоджують до 700 - 680°C і заливають у форми. Більш високий рівень очищення магнієвих розплавів від неметалевих і флюсових включень досягається при фільтруванні розплавів через сітчасті або зернисті фільтри при переливі металу в ківш або безпосередньо у форми.

На протязі заливки струмінь металу припорошують порошком сірки. Рафінування вважається добре проведеним, коли поверхня розплаву у тиглі печі набуває дзеркального вигляду. Проба чистого по неметалевим включенням металу має дрібнозернистий злам без видимих плям. Чорні плями вказують на присутність оксидів магнію, сірі включення свідчать про наявність у металі часток флюсу.

При виготовленні великих виливків плавку сплавів ведуть у виймальних зварних сталевих тиглях з перегородкою і дуплексом - процесом. У цих тиглях здійснюють плавку, рафінування і модифікування так само, як і в стаціонарних тиглях. Флюс ВИЗ легше, ніж ВИ2, тому спливає на поверхню розплаву і при заливанні втримується від потрапляння у форму перегородкою тигля. Після проведення всіх операцій по рафінуванню і модифікуванню тигель витягають із печі і транспортують до місця заливання.

Плавку дуплексом - процесом ведуть у відбивних або індукційних печах ємністю 0,5 - 3 т під шаром флюсу ВИ2. Потім розплав переливають у виймальні тиглі, де здійснюють операції рафінування і модифікування. При плавці в індукційних печах на дно тигля завантажують частину дрібної шихти, а потім як можна компактніше великі шматки, проміжки між якими заповнюють дріб'язком; зверху засипають флюс. Після розплавлення шихти і перегріву розплав переливають у виймальні тиглі.

Застосування флюсів, незважаючи на їхній позитивний вплив, пов'язане з рядом незручностей:

- а) потраплянням флюсу у виливки і, як наслідок, утворенням вогнищ інтенсивної корозії через його високу гігроскопічність;
- б) розтріскуванням шару окисленого флюсу і необхідністю добавки свіжого для захисту поверхні розплаву;
- в) інтенсивним корозійним впливом флюсового пилу у вологій атмосфері на сталеві конструкції цеху.

Тому на теперішній час широко застосовують безфлюсову плавку магнієвих сплавів. У якості захисного газового середовища при цьому використовують суміші сухого повітря із сірчистим газом, фторидом бору або шестифтористою сіркою і чистий вуглекислий газ. Застосування цих сумішей обумовлено можливістю утворення тонких захисних плівок фториду і сульфату магнію.

Атмосфера вуглекислого газу ефективна в інтервалі 620 - 680 °С. У виробничих умовах переважніше використання захисної атмосфери із сухого повітря з 0,1 % SF_6 , тому що шестифториста сірка, на відміну від фториду бору, не є токсичним газом.

Глибока дегазація магнієвих сплавів досягається продувкою азотом, аргонном або хлором на протязі 15 - 30 хв. при температурі 660 - 685°С (азот) або 740 - 760°С (аргон, хлор). Витрати газу складають 0,3 - 0,5 м³ на 1 т металу.

Газову пористість виливків можна знизити уведенням в розплав 0,1% кальцію, який утворює з воднем стійкі гідриди.

Для подрібнення зерна та підвищення механічних властивостей магнієві сплави, які містять алюміній, піддають модифікуванню перегрівом, введенням вуглецемістких речовин або хлорного заліза. Модифікування перегрівом здійснюють у сталевому тиглі при температурі 850 - 900°С на протязі 15 - 20 хв. Після модифікування метал швидко охолоджують до температури заливки (680 - 720°С) і випускають із печі. При перегріві у розплаві утворюються тонкодисперсні включення FeAl_3 та MnAl_3 , які стають центрами кристалізації у виливках.

При уведенні вуглецемістких речовин (мармур, крейда, магнезит, ацетилен, вуглекислий газ, гексахлоретан) відбувається виділення вуглекислого газу, який при взаємодії з магнієм відновлюється до вільного вуглецю, що утворює з алюмінієм дисперсні карбіди, які є центрами кристалізації при охолодженні сплаву:



При модифікуванні хлорним залізом утворюється хімічна сполука FeAl_3 , частки якого також сприяють подрібненню зерна у виливках.

Модифікатори уводять при температурі 720 - 780°C, опускаючи їх у "ковпачку" приблизно на половину глибини тигля.

У сплавах, які не містять алюмінію, подрібнення зерна досягається присадками цирконію (0,5 - 0,7%) або кальцію (0,05 - 0,15%). Для уведення цирконію використовують лігатуру магній - цирконій (12% цирконію), шлак - лігатуру (40% фторцирконату калію, 40% карналіту, 20% магнію) або фторцирконат калію (K_2ZrF_6). Лігатура магній - цирконій уводиться при температурі 850-900°C, шлак - лігатура - при 800°C, фторцирконат калію - при 930°C. Кальцій уводять в чистому вигляді при температурі 770 - 780°C.

Тривалість модифікування в залежності від застосованих модифікаторів складає 5 - 20 хв. Тривалість відстоювання розплаву після уведення модифікаторів – 10 - 20 хв. Якість рафінування сплаву оцінюють візуально по вигляду зламу проб.

Ефективність модифікування встановлюють, головним чином, шляхом металографічного дослідження металу. Величину зерна сплаву при металографічному контролі з достатньою точністю можна оцінити по загальній довжині границь зерен на одиниці площі шліфа. Загальну довжину зерен визначають методом випадкових січних за формуюлю:

$$\sum L_{\text{cp}} = \frac{p}{2} \times m \quad (2.4)$$

де $\sum L_{\text{cp}}$ - середня довжина границь зерен, мм²;

m - середнє число перетинів границь зерен на довжині підрахунку 1 мм. Загальна довжина січної лінії при визначенні m повинна бути не менше 10 см.

2.3 Оформлення звіту

1. Викласти мету роботи.
2. Дати опис технології плавлення, рафінування та модифікування магнієвих сплавів.

2.4 Питання для контролю

1. Охарактеризувати діаграму стану системи Mg - Al.
2. Як взаємодіє магній з киснем?
3. Як взаємодіє магній з азотом?
4. Як взаємодіє магній з воднем?
5. Температура плавлення та об'ємна густина магнію.
6. Чи можливо здійснювати плавлення магнію у відкритих плавильних агрегатах?
7. Які плавильні агрегати застосовують для виплавляння магнієвих сплавів?
8. Чи є необхідність у застосуванні захисних флюсів при плавленні магнію у відкритих печах? Якщо так, обґрунтуйте цю необхідність.
9. Які заходи вживаються для того, щоб запобігти загорянню магнію при плавленні у відкритих печах без захисних флюсів?
10. Як оцінюють захисні властивості оксидної, оксидно - нітридної або іншого складу плівки на поверхні розплавленого металу?
11. Чи має оксидна плівка на поверхні розплавленого магнію захисні властивості?
12. Чи можливо плавлення магнію у вакуумі? Обґрунтуйте відповідь.
13. Перелічіть основні заходи по попередженню загорання магнію при плавленні, заливці та термообробці.
14. При якій температурі можливе загорання магнію у компактному вигляді?
15. Які фактори сприяють зниженню температури загорання магнію?
16. Як здійснюється гасіння магнію при загоранні?
17. Назвіть марки сплавів на основі магнію, що найбільш часто застосовуються для виготовлення виливків.
18. Галузі застосування виливків із магнієвих сплавів.
19. Які флюси застосовують при плавленні магнієвих сплавів?

20. Чим відрізняється флюс ВИ2 від флюсу ВИЗ?
21. У якій кількості і в який період плавки флюси завантажують у плавильну піч?
22. Як здійснюється рафінування магнієвих сплавів?
23. У якому вигляді і для чого вводиться берилій у магнієві розплави?
24. Як контролюють якість рафінування магнієвих сплавів?
25. Як здійснюється дегазація магнієвих розплавів?
26. Які речовини застосовують для модифікування магнієвих сплавів що містять алюміній?
27. Розкрийте механізм впливу модифікаторів на мікроструктуру сплавів.
28. Як здійснюється модифікування сплавів методом перегріву?
29. Які модифікатори використовують для подрібнення зерна магнієвих сплавів, що не містять алюмінію?
30. Який час зберігається ефект модифікування?
31. Які вимоги до шихтових матеріалів та інструменту повинні виконуватися згідно з інструкцією по техніці безпеки?

3 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3 ТЕХНОЛОГІЯ ПЛАВКИ, СТРУКТУРА ТА ВЛАСТИВОСТІ МІДНИХ СПЛАВІВ

3.1 Мета роботи

1. Вивчити технологію плавки, теорію та практику рафінування, розкислення та модифікування мідних сплавів.
2. Встановити зв'язки між складом, термічною обробкою та структурою типових сплавів на мідній основі.

3.2 Загальні відомості

Мідні сплави застосовують переважно для виготовлення антифрикційних, корозійностійких та зносостійких деталей (водяна арматура, підшипники, шестерні, гребні гвинти та т.п.). Найбільш широко використовуються прості та спеціальні латуні, олов'яні та безолов'яні бронзи (табл. 3.1).

Олов'яні бронзи мають гарні ливарні властивості в сполученні з гарними механічними і експлуатаційними (корозійними, антифрикційними) властивостями. Найбільше практичне значення мають сплави з вмістом олова до 10 %.

Безолов'яні бронзи по механічним, корозійним і антифрикційним властивостям не уступають олов'яним, а деякі перевершують їх. Найбільш широко застосовують алюмінієві бронзи. Вони мають гарну корозійну стійкість у прісній і морській воді, добре протистоять руйнуванню в умовах кавітації, володіють меншим, ніж олов'яні бронзи, антифрикційним зношуванням. Алюмінієві бронзи застосовують для виготовлення гребних гвинтів великих судів, важконавантажених шестерень і зубчастих коліс, корпусів насосів і інших виливків.

Для фасонного литва застосовують складнолеговані мідноцинкові сплави (латуні); прості латуні використовують порівняно рідко.

Плавка металу здійснюється переважно у тигельних індукційних, а також тигельних та барабанних електродугових або дугових електродугових з незалежним горінням дуги.

Таблиця 3.1 – Склад та механічні властивості сплавів на мідній основі

Марка сплаву	Вміст елементів, %, решта - Cu та домішки							Властивості сплаву, не менше		
	Sn	Zn	P	Pb	Al	Fe	Si	σ_B , МПа	δ , %	НВ, МПа
БрО10	9-11	-	-	-	-	-	-	195	3	686
БрО10Ц2	9-11	1-3	-	-	-	-	-	215	10	637
БрО10Ф1	9-11	-	0,4-1,1	-	-	-	-	215	3	784
БрО5Ц5С5	4-6	4-6	-	4-6	-	-	-	147	6	588
БрА7	-	-	-	-	6-8	-	-	280	40	600
БрА9ЖЗЛ	-	-	-	-	8-10,5	2-4	-	392	10	980
Л96	-	3-5	-	-	-	-	-	240	52	400
Л62	-	37-39	-	-	-	-	-	360	49	700
ЛЦ16Л4	-	15-17	-	-	-	-	3-4,5	294	15	980
ЛЦ40С	-	39-41	-	0,8-2	-	-	-	215	12	686
МН19	18-20	-	-	-	-	-	-	360	35	700
МНА13-3	12-15	-	-	-	2,3-3,0	-	-	350	10	700

Властивості бронз в значній мірі залежать від наявності в металі шкідливих домішок.

Небажані домішки в олов'яних бронзах - алюміній та кремній. Соті частки відсотка цих елементів знижують механічні властивості бронз і сприяють насиченню металу воднем при веденні плавки. В алюмінієвих бронзах небажаною домішкою є олово. Алюмінієві бронзи схильні до окислення, яке призводить до забруднення розплаву твердими дисперсними оксидами (Al_2O_3), які важко видаляються із розплаву.

Латуні мають кращі, ніж бронзи, ливарні властивості; вони мало піддаються газовій поруватості, оскільки дегазуються парою цинку в процесі плавки.

Олово, алюміній, цинк та ряд інших елементів, які входять до складу мідних сплавів, мають більшу спорідненість до кисню, тому уведення цих компонентів супроводжується розкисленням міді і утворенням твердих, рідких та газоподібних оксидів. Найбільш небажані тверді включення, оскільки вони, знаходячись у дисперсному стані, повільно виводяться із розплаву.

В процесі плавки, поряд з окисленням компонентів сплаву, відбувається інтенсивне насичення металу воднем.

Для забезпечення високої якості виливків при веденні плавки здійснюється захист розплаву від взаємодії з газами, рафінування від шкідливих домішок, неметалевих включень та газу, а також, у ряді випадків, модифікування металу.

Як захисний покрив при виплавці сплавів на мідній основі широко використовують деревне вугілля, буру, кальциновану соду, скляний бій, фториди кальцію і магнію та інші флюси. Однак застосування захисних покривів не забезпечує належного захисту металу від окислення.

Розкислювачем при виплавці мідних сплавів, в основному, застосовують фосфор, який уводять у вигляді лігатури мідь - фосфор (7 - 10% P) в кількості 0,1 - 0,15% від маси розплаву. Розкислення супроводжується утворенням пари фосфорного ангідриду P_2O_5 та фосфорнокислої солі оксиду міді $CuPO_3$ у рідкому стані:



Добре розкислений метал характеризується світлим дрібнозернистим зломом.

Дегазацію розплавів виконують обробкою хлоридами, методом охолодження, вакуумуванням та продуванням інертними газами (аргон, азот). Ці ж засоби, поряд з фільтруванням та обробкою флюсами, застосовують для очищення рідкого металу від завислих неметалевих включень.

Продувку ведуть при температурі розплаву 1150 - 1200 °С. Витрата газу становить 0,05 - 0,5 м³ на 1 т металу, тривалість продувки при тиску газу 19,6 - 29,4 кПа становить 5 - 10 хв. Ефективність очищення розплаву при продувці визначається в першу чергу чистотою газу. Гази, які застосовують для продувки мідних сплавів, повинні бути ретельно осушені. Продувку мідних сплавів ведуть через вогнетривкі трубки (графіт, кераміка і ін.) або через пористі вставки (спінений магнезит, пористий шамот), попередньо вмонтовані в дно тиглів або ковшів.

При обробці розплавів хлористими солями їх уводять у кількості 0,1 - 0,2 % від маси розплаву при 1150 - 1200 °С за допомогою дзвіночка. Перед розливанням рафінований сплав витримують протягом 10 - 15 хв. для відділення пузирів газу, що утворюються при рафінуванні. Для більш глибокого очищення застосовують комбіновані методи, наприклад, обробку хлористою сіллю з наступною продувкою нейтральним газом.

Ефективним методом очищення від неметалевих включень сплавів, що містять у своєму складі легкоокислювальні елементи (алюміній, титан, цирконій і берилій) є фільтрування. Для цієї мети використовують зернисті і рідкі фільтри. Для зернистих фільтрів застосовують магнезит, алунд, плавлені фториди кальцію і магнію. Товщина фільтруючого шару становить 60 - 150 мм, розмір зерна фільтра 5 - 10 мм у поперечнику. Зернисті фільтри перед фільтруванням нагрівають до 700 - 800 °С.

Проба на газонасиченість добре рафінованого металу повинна давати у стакані - кокілі воронкоподібну усадку.

Один з кращих рафінуючих флюсів для мідних сплавів - суміш фторидів кальцію та магнію (1:1) у кількості 1 - 2% від маси металу. Переплавлений та подрібнений флюс при рафінуванні насипають на поверхню розплаву, розплавляють та замішують у сплав при

температурі 1150 - 1250°C. Перед заливкою метал витримують 10 - 15 хвилин для спливання включень.

Як модифікатори для мідних сплавів використовуються тугоплавкі елементи: титан, бор, ванадій, молібден, вольфрам, цирконій та інші у кількості 0,02 - 0,1% від маси розплаву. Ці елементи утворюють з компонентами сплаву тугоплавкі інтерметаліди, які стають додатковими центрами кристалізації. Модифікуюча дія присадок тугоплавких елементів обумовлюється, головним чином, наявністю у сплавах заліза. В сплавах, які не містять в собі заліза, (титан, бор, вольфрам та інші елементи кожен окремо) не забезпечують належного подрібнення структури. Для отримання дрібнозернистої структури виливків у сплави, які не містять заліза та алюмінію (олов'яні бронзи, свинцеві бронзи та ін.), вводять тугоплавкі елементи (титан, цирконій, молібден та ін.) в кількості 0,05 % разом з 0,02 % бору.

Тугоплавкі модифікатори вводять у розплав у вигляді лігатур: алюміній - ванадій (до 50 % V), мідь - бор (3 - 5 % B), алюміній - титан (5 % Ti), мідь - титан (30 % Ti) та інші при температурі 1200 - 1250°C. Перегрів модифікованого металу перед заливкою супроводжується огрубінням зерна.

3.3 Структура та властивості типових сплавів на мідній основі

Прості латуні при наявності цинку до 39 % кристалізуються з утворенням однорідного твердого розчину цинку у міді з кристалічною ґраткою ГЦК (рис. 3.1).

При концентрації цинку 39 - 45 % латунь складається із двох фаз $\alpha + \beta'$. Фаза β' утворюється шляхом упорядкування високотемпературної β - фази (твердого розчину цинку на основі електронної сполуки CuZn).

При підвищенні концентрації цинку у α - латунях покращуються показники як міцності, так і пластичності (рис. 3.2).

Поява твердої та крихкої β - фази супроводжується різким зниженням пластичності і подальшим підвищенням показників міцності металу, котрі різко знижуються після утворення у латуні нової γ - фази при 50 % Zn; β і γ - латуні не мають практичного застосування. Для забезпечення високої пластичності та показників міцності металу найбільш широко застосовують $\alpha + \beta'$ латуні із вмістом цинку 35 - 45 % (ГОСТ 17711 - 80).

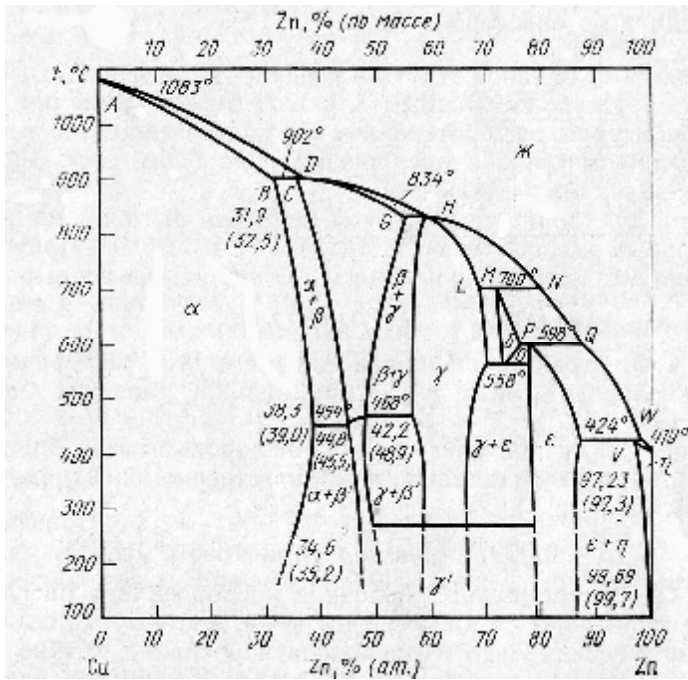
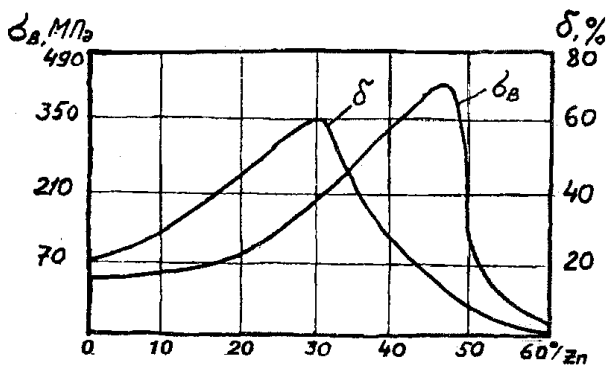


Рисунок 3.1 - Діаграма стану системи Cu – Zn



де σ_B - границя міцності при розтягуванні, МПа;
 δ - відносне подовження, %.

Рисунок 3.2 - Механічні властивості латуней

Легування подвійних латуней алюмінієм і кремнієм підвищує рідинотекучість, зменшує вигар цинку при плавці, підвищує корозійну стійкість сплавів і механічні властивості. Найбільше поширення для фасонних виливків знаходять кремениста латунь ЛЦ16К4 (арматура) і свинцева латунь ЛЦ40С (сепаратори підшипників).

Залізо і марганець підвищують механічні властивості сплавів, але знижують рідинотекучість. Олово до 2 - 2,5 % підвищує корозійні, ливарні і механічні властивості.

Найбільш шкідливими домішками для латуней є вісмут, свинець, сурма і сірка, які знижують пластичність при температурах гарячої обробки тиском. Домішки алюмінію впливають на ливарні властивості кремнистої латуні ЛЦ16К4, знижуючи рідинотекучість і збільшуючи схильність до утворення у виливках газової пористості.

Властивості латуней залежать від вмісту міді. Для латуней, що містять мідь на верхній межі допуску, характерні підвищені пластичні властивості, а на нижній межі - високі показники міцності.

Легуючі елементи - алюміній, марганець, залізо і ін. (за винятком нікелю) діють на структуру латуні так само, як і цинк, але з набагато більшим ефектом. Варіюючи концентраціями міді і легуючих компонентів у латунях навіть у межах ГОСТу, можна помітно змінювати структуру, і відповідно, механічні властивості виливків.

Фазовий та структурний склад сплавів системи "мідь - олово" визначають за допомогою діаграми стану, показаної на рис. 3.3, де безперервними лініями показаний рівноважний стан, а пунктирними - стан системи після прискороного охолодження в реальних умовах. Крім олова до складу бронз можуть входити свинець, цинк, фосфор та інші елементи (ГОСТ 613 - 79).

Максимальна розчинність олова у міді в реальних умовах складає біля 8% (α - твердий розчин). При більшій концентрації олова з'являється друга структурна складова - евтектоїд $\alpha + \delta$. Де δ - твердий розчин на основі електронної сполуки $\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$. Евтектоїдний розпад δ - фази з утворенням $\alpha + \text{Cu}_3\text{Sn}$ на практиці не відбувається.

При збільшенні кількості евтектоїду $\alpha + \delta$ твердість бронзи підвищується, а пластичність знижується. Поєднання м'якої основи α з твердими включеннями евтектоїду ($\alpha - \delta$) забезпечує високу зносостійкість при низькому коефіцієнті тертя металу у литому стані без термообробки.

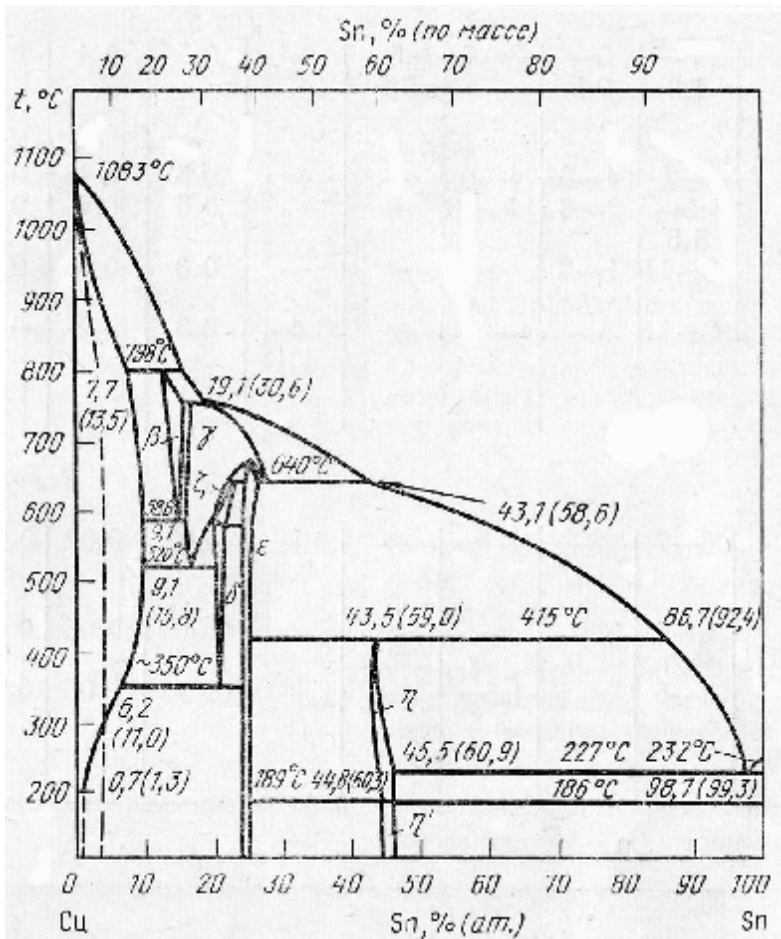


Рисунок 3.3 - Діаграма стану системи Cu – Sn

Олов'яні бронзи через наявність широкого інтервалу кристалізації схильні до дендритної ліквідації та утворення неоднорідної структури. Усунути дендритну неоднорідність можливо тривалим гомогенізуючим відпалом при температурі 700 - 750°C. При цьому забезпечується однорідна структура, близька до рівноважної, однак твердість та антифрикційні властивості значно знижуються при одночасному підвищенні пластичності металу. Аналогічну дендритну

структуру в литому стані можуть мати і інші мідні сплави. При цьому осі дендритів, як правило, збагачуються більш тугоплавкими компонентами, в міжосьових просторах, збагачених порівняно легкоплавкими елементами, з'являються ділянки другої фази або евтектоїду, і характер зміни властивостей сплавів практично нічим не відрізняється від раніше приведеного.

Бронзи з високим вмістом олова (БрО17; БрО10Ц2; БрО10Ф1), через його високу вартість і дефіцитність застосовують лише в тих випадках, коли інші мідні сплави не забезпечують необхідної корозійної стійкості або підвищених антифрикційних характеристик. Для рядових виливків використовують малооловяні бронзи.

Безолов'яні бронзи використовують як замітники олов'яних та для спеціального призначення (ГОСТ 493 - 79). Серед сплавів цієї групи найбільш широко застосовують алюмінієві бронзи (5,0 - 10% Al, а також Fe, Mn, Ni та інші елементи). Характерна особливість цих бронз - невеликий інтервал між температурами ліквідусу та солідусу, що дозволяє одержувати виливки з високою герметичністю (рис. 3.4).

Також характерною рисою подвійних сплавів Cu - Al є їх схильність до "самовідпалу" при повільному затвердінні (лиття в піщані форми), при якому відбувається ріст зерна. Для запобігання самовідпалу в бронзи вводять залізо.

Механічні, технологічні і експлуатаційні властивості алюмінієвих бронз поліпшуються при легуванні залізом, марганцем, нікелем і іншими елементами.

Алюмінієві бронзи чутливі до перегріву та більше олов'яних схильні до газопоглинання, тому плавку їх рекомендується проводити у слабоокислювальній атмосфері під шаром флюсу, складеного із скляного бою та соди (Na_2CO_3) у рівному співвідношенні, не допускаючи перегріву розплаву вище 1200°C.

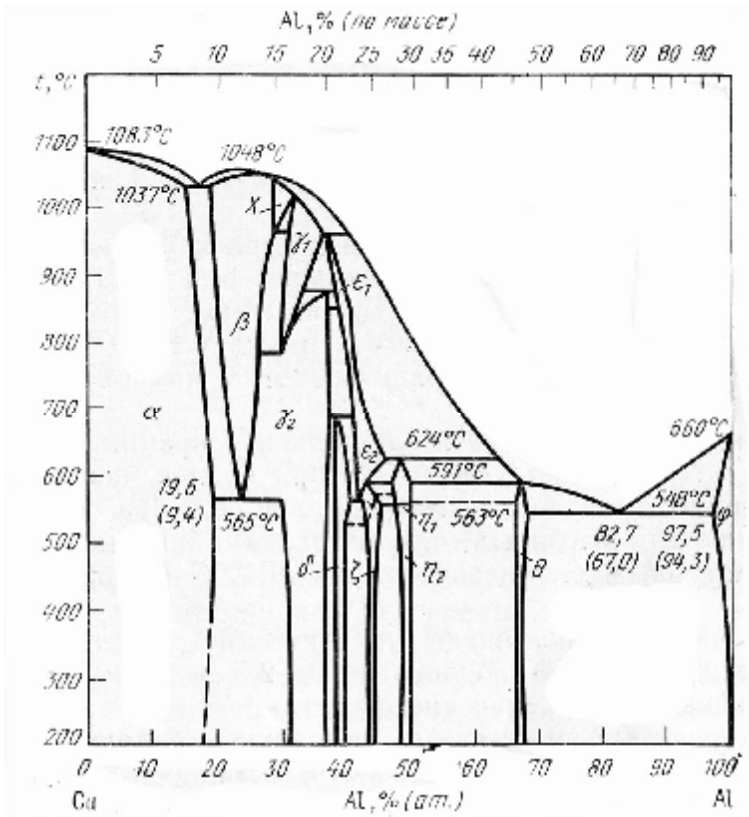


Рисунок 3.4 - Діаграма стану системи Cu – Al

При повільному охолодженні виливків з алюмінієвих бронз за наявності алюмінію більше 8 % відбувається виділення γ_2 - фази раніше, ніж це виходить із рівноважної діаграми стану (виділення γ_2 фази пояснюється ліквацийними явищами). При цьому міцність металу різко підвищується, а пластичність починає падати. Для уповільнення евтектичного розпаду з утворенням γ_2 фази у алюмінієві бронзи вводять залізо.

З метою зняття ливарних напружень вилівки з мідних сплавів піддають відпалу при температурі 280 - 450°C. Мінімальна температура застосовується для виливків, до складу яких входить свинець.

3.4 Порядок проведення роботи

1. Ознайомитися з метою роботи, вивчити теоретичні основи ведення плавки, заливки та термообробки мідних сплавів.
2. За допомогою приготовлених мікрошліфів вивчити мікроструктуру мідних сплавів в литому та відпаленому станах.

3.5 Оформлення звіту про роботу

1. Викласти мету роботи.
2. Описати технологічні особливості виплавки мідних сплавів.
3. Подивитися на мікроскопі та замалювати мікроструктуру мідних сплавів в литому та відпаленому станах.
4. Зробити висновки по роботі.

3.6 Питання для контролю

1. Як розшифровуються марки сплавів БрО6Ц6СЗ, БрС30, БрОЗЦ7С5Н, БрА9Мц2Л, БрА9ЖЗЛ, БрА9Ж4НМц1, ЛЦ16К4, ЛЦ40С, ЛЦ38МЦ2С2, МНЖМц30 - 0,8 - 01?
2. З якою метою застосовуються захисні покриття та флюси при виплавці мідних сплавів?
3. Чому при вакуумному плавленні міді зменшується вміст в ній кисню?
4. Що розуміється під розкисленням металу?
5. Розмістіть елементи в порядку зростання спорідненості їх до кисню при температурі плавлення міді: Al, Cu, P, Au, Fe, Mn, Mg, Sn, Zn.
6. Які розкислювачі використовуються при виплавці міді?
7. Скільки необхідно для розкислення міді поверхневих та розчинних розкислювачів?
8. Опишіть переваги літію як розкислювача міді у порівнянні з фосфором.
9. Як розрахувати кількість фосфору для розкислення міді, якщо відомий вміст в ній кисню?
10. Які продукти одержують при розкисленні міді фосфором?
11. В якому агрегатному стані найбільш бажані продукти розкислення?
12. Які розкислювачі називають поверхневими?

13. Які основні переваги поверхневих розкислювачів?
14. Який розкислювач є поверхневим: фосфор чи вуглець?
15. У якому вигляді вводиться фосфор для розкислення?
16. Які продукти одержують при розкисленні міді вуглецем?
17. Якому елементу слід віддати перевагу при розкисленні міді: фосфору чи алюмінію?
18. Чи можна застосувати водень як розкислювач міді?
19. Який зв'язок існує між наявністю в міді водню та кисню?
20. Чи можливо шляхом окислення міді зменшити в ній вміст водню?
21. В чому полягає суть "дратування" міді?
22. З якою метою проводять попереднє розкислення міді?
23. При якій температурі проводять розкислення міді?
24. Яку підготовку і для чого проходять покривні флюси перед використанням?
25. Що розуміють під рафінуванням розплаву?
26. Поясніть механізм "саморафінування" латуней.
27. Як здійснюють дегазацію мідних сплавів?
28. Як видаляють неметалеві включення із розплавів?
29. Суть рафінування металу методом охолодження.
30. Які неметалеві включення найбільш часто зустрічаються у алюмінієвих бронзах?
31. Гранична температура перегріву алюмінієвих бронз.
32. Шкідливі домішки мідних сплавів.
33. Яким методом видаляється алюміній з олов'яних бронз?
34. Що розуміють під модифікуванням сплавів?
35. Які модифікатори належать до модифікаторів другого роду?
36. Які відхилення в технології плавки призводять до зняття модифікуючого ефекту?
37. У яких печах здійснюють виплавку мідних сплавів?
38. Температура плавлення та об'ємна густина міді.
39. Чим пояснюється підвищена схильність олов'яних бронз до усадочної пористості?
40. Яку характерну особливість має діаграма стану сплавів мідь - алюміній.
41. Яка концентрація цинку у найбільш часто застосовуваних латунях для виливків?
42. Мета термообробки мідних сплавів.

43. Як усунути дендритну ліквіацію бронз?

44. Чому для олов'яних бронз не застосовують відпал при високих температурах?

45. Температура відпалу більшості мідних сплавів.

46. Межі твердості мідних сплавів.

47. Чому для розкислення міді використовується фосфор, а не алюміній?

4 СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Курдюмов А.В. Производство отливок из сплавов цветных металлов / А.В. Курдюмов М.В. Пикунов, В.М. Чурсин и др. - М.: Металлургия, 1986. - С. 191-233.

2 Чурсин В.М. Плавка медных сплавов [Текст] / В.М. Чурсин. - М.: Металлургия, 1982.- 152 с.

3 Альтман М.Б. Плавка и литье сплавов цветных металлов / М.Б. Альтман, А.А. Лебедев, М.В. Чухров. - М.: Металлургиздат, 1963. – 112 с.

4 Бондарев Б.Н. Плавка и литье деформируемых магниевых сплавов [Текст] / Б.Н. Бондарев. - М.: Металлургия, 1973. - С . 33 - 90.

5 Алюминиевые сплавы. Справочник. Плавка и литье алюминиевых сплавов [Текст]: справочник / Под ред. В.И. Добаткина. - М. Металлургия, 1983. - 351 с.

6 Воздвиженский В.М. Литейные сплавы и технология их плавки в машиностроении / В.М. Воздвиженский, В.А. Грачев, В.В. Спасский. - М. Машиностроение, 1984.

7 Волкогон Г.М. Производство слитков меди и медных сплавов. [Текст] / Г.М. Волкогон, М.М. Брезгунов. - М.: Металлургия , 1980, 100 с.

Додаток А
Табличні значення критерію
Ст'юдента

V \ P	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01	0,001
1	0,158	0,325	0,510	0,727	1,000	1,376	1,963	3,0708	6,314	12,706	31,821	63,657	636,619
2	0,142	0,289	0,445	0,617	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,593
3	0,137	0,277	0,424	0,584	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,941
4	0,134	0,271	0,414	0,569	0,741	0,941	1,190	1,553	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610
5	0,132	0,267	0,480	0,559	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,859
6	0,131	0,265	0,404	0,553	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959
7	0,130	0,263	0,402	0,549	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,405
8	0,130	0,262	0,399	0,546	0,706	0,889	1,108	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041
9	0,129	0,261	0,398	0,543	0,703	0,883	1,100	1,383	1,833	2,262	2,891	3,250	4,781
10	0,129	0,260	0,397	0,542	0,700	0,879	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587