

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання розрахунково-графічного завдання з дисциплін
“Ливарні сплави і плавка кольорових металів” спеціальності 131
“Прикладна механіка” і “Основи теорії плавки та виробництва
кольорових виливків” спеціальності 136 “Металургія”
всіх форм навчання

2020

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічного завдання з дисциплін “Ливарні сплави і плавка кольорових металів” спеціальності 131 “Прикладна механіка” і “Основи теорії плавки та виробництва кольорових виливків” спеціальності 136 “Металургія” всіх форм навчання / Укл: В.М. Сажнев, Є.М. Парахневич. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 22 с.

Укладачі: В.М. Сажнев, доцент, канд. техн. наук
Є.М. Парахневич, канд. техн. наук

Рецензент: А.В. Пархоменко, доцент, канд. техн. наук

Відповідальний
за випуск: В.Г. Іванов, доцент, докт. техн. наук

Затверджено
на засіданні кафедри
“Машини і технологія
ливарного виробництва”
Протокол № 2
від « 19 » жовтня 2020.
Рекомендовано до видання
НМК Інженерно-фізичного
факультету
Протокол № 3
від « 10 » листопада 2020.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Загальні відомості.....	4
2 Завдання на виконання розрахунково – графічної роботи.....	12
3 Вміст пояснювальної записки.....	14
4 Список літератури.....	14
Додаток А Приклад розрахунку шихти з використанням відходів власного виробництва і лігатур кольорових металів..	15
Додаток Б Склад лігатур для отримання кольорових сплавів..	17
Додаток В Відсоток вигару елементів при виплавці кольорових сплавів.....	21

ВСТУП

Методичні вказівки розраховано на 16 годин навчального процесу. Практичні заняття відображають матеріал курсів «Ливарні сплави і плавка кольорових металів» і «Основи теорії плавки та виробництва кольорових виливків». Розрахунково-графічне завдання є одним з етапів вивчення технологічних процесів плавки кольорових металів і сплавів на їх основі. Студент повинен навчитися розробляти технологічний процес плавки кольорових металів і сплавів, який забезпечить задані характеристики металу, обґрунтувати і обирати оптимальні умови проведення процесу.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

До кольорових сплавів, які мають найбільш широке застосування в ливарному виробництві відносяться наступні сплави:

- алюмінієві (силуміни);
- сплави на основі міді (бронзи і латуні);
- цинкові;
- магнієві;
- титанові сплави.

Алюмінієві сплави, залежно від основних легувальних елементів поділяються на системи алюміній – кремній, алюміній – мідь, алюміній – кремній – мідь, алюміній – магній і складні сплави.

Олов'яні бронзи – мідні сплави, в яких основним легувальним елементом є олово. Безолов'яні бронзи – мідні сплави, леговані алюмінієм, марганцем, свинцем, сурмою.

Латуні – сплави міді з цинком (подвійні) і сплави з цинком та іншими елементами (складні або спеціальні).

Розробка технології плавки кольорових металів і сплавів включає виконання наступних етапів:

1. Визначення вихідних даних.
2. Вибір плавильного агрегату.
3. Визначення видів шихтових матеріалів для забезпечення заданого хімічного складу.
4. Визначення втрат металу на вигар і шлак.
5. Розрахунок шихти.
6. Визначення послідовності введення шихтових матеріалів і

температурного режиму етапів плавки.

7. Розробка заходів по захисту розплавів від атмосферного впливу.

8. Розробка заходів по рафінуванню розплавів.

9. Розробка технології розкислення розплаву (при необхідності).

10. Розробка технології модифікування розплаву.

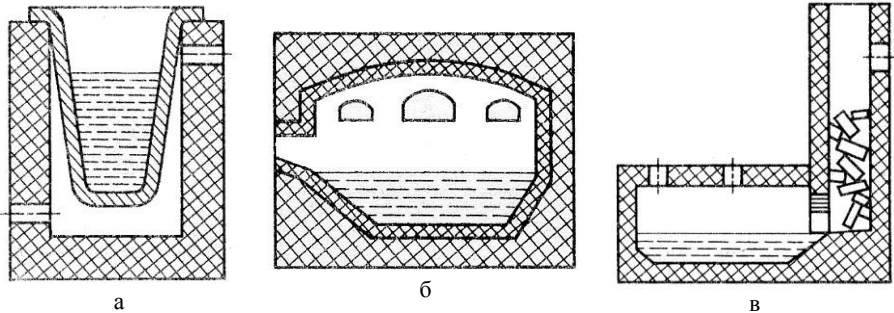
11. Складання технологічної інструкції по виплавці заданої марки сплаву.

Вихідними даними при розробці технології плавки є:

- хімічний склад сплаву;
- заданий рівень механічних і експлуатаційних властивостей;
- потреба в рідкому металі в одиницю часу.

Вид плавильної печі обирають, виходячи з температури плавлення основного компонента сплаву і хімічної активності як його, так і всіх легувальних компонентів і найбільш шкідливих домішок. Одночасно вирішується питання про матеріал футеровки печі.

По виду енергії плавильні печі бувають полум'яні та електричні. Полум'яні печі (рис. 1.1) поділяють на тигельні, відбивні, шахтно-ванні.



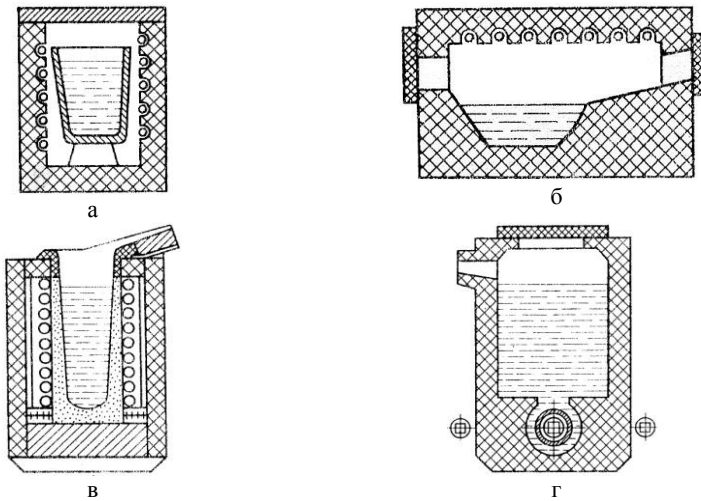
а – тигельна; б – відбивна; в – шахтно-ванна.

Рисунок 1.1 – Схеми паливних плавильних печей.

Електричні печі розрізняють по способу перетворення електричної енергії в теплову і передачі її до матеріалу, що нагрівається (рис. 1.2, 1.3): опору, індукційні, електродугові, плазмові, електрошлакові, електронно-променеві.

Футеровка плавильних печей і тиглі в залежності від сплаву, можуть бути графітові, графіто-шамотні, шамотні, магнезитові,

кварцитові, шамотно-кварцитові, з жаростійкого бетону, литі чавунні, зварні сталеві і мідні.



а–тигельна; б–відбивна; в–індукційна тигельна; г–індукційна канална.

Рисунок 1.2 – Схеми електричних печей опору і індукційних печей.

При виробництві виливків із кольорових сплавів в якості шихтових матеріалів використовують:

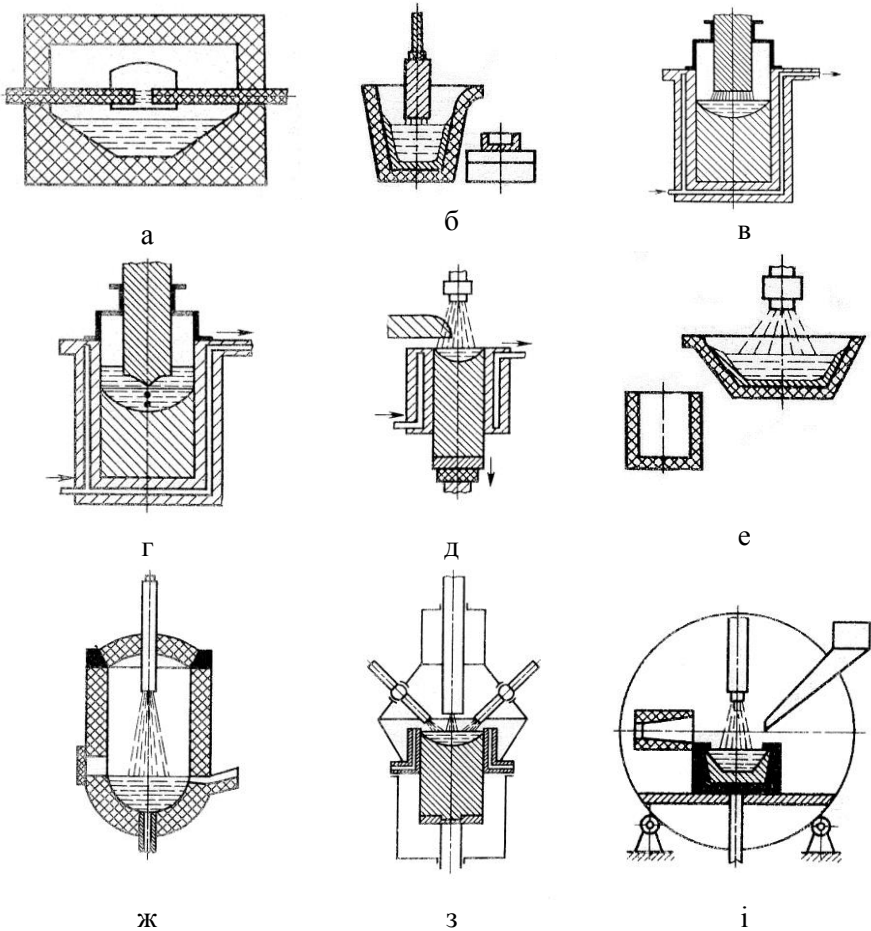
- первинні кольорові метали, які є основою або легувальними компонентами сплавів (алюміній, магній, мідь, марганець, нікель, кремній, цинк, олово, свинець, вісмут, титан, кобальт, літій, берилій, кадмій, сурма, хром, ніобій, вольфрам, ванадій, цирконій, тантал, церій, неодим, лантан та ін.).

В залежності від металу, первинні матеріали поставляються в чушках, у вигляді шматків, пластинок або зливків катодного осаду, катодних листів, гранул, губчастих волокон, штапиків та ін.;

- чушки вторинних кольорових сплавів, які отримують з заводів вторинних кольорових металів і використовують для приготування спеціальних марок сплавів або для підшихтовки;
- лігатури кольорових металів і сплавів;
- відходи (вороття) власного виробництва (ливники, випори, надливи, браковані виливки, стружка та ін.);

- брухт та відходи інших підприємств.

Хімічний склад первинних кольорових металів, чушок вторинних кольорових сплавів, лігатур і брухту повинен відповідати вимогам стандартів технічних умов.



а–електродугова піч непрямої дії; б і в–електродугові з гарнісажним тиглем і кристалізатором відповідно; г–електрошлакова піч; д і е–електронно-променеві печі з кристалізатором і тиглем відповідно; ж, з, і–плазмові з камерою, кристалізатором і тиглем відповідно.

Рисунок 1.3–Схеми спеціальних конструкцій електричних плавильних печей.

При проведенні плавки мають місце втрати металу на випаровування, зв'язування флюсами і шлаком, механічні сплески. Часто всі втрати металу називають просто «вигар». Вигар металу залежить від багатьох факторів, таких як тип печі, тривалість плавки, склад шихти, тип флюсів, технологія плавки. Тому спочатку значення вигару визначають по літературним даним, а потім на практиці уточнюють дійсний вигар для даної технології плавки і плавильного агрегату і корегують вигар.

На основі обраних видів шихтових матеріалів, умов плавки і плавильного агрегату, відповідних даних втрат на випаровування, шлак, сплески, проводять розрахунок шихти. При цьому найчастіше розраховують таким чином, щоб не тільки хімічний склад металу відповідав заданому, але й щоб вартість шихти була найменшою. Найменшу ціну мають вороття і відходи. Однак, вони забруднені домішками, тому з них складати всю шихту неможливо, тому що видалення домішок під час плавки не завжди можливе і доречне.

Для розрахунку необхідно мати можливо повний хімічний аналіз всіх шихтових матеріалів.

В залежності від переліку обраних матеріалів можливі чотири варіанти складання і розрахунку шихти.

1. Складання і розрахунок шихти з первинних металів.
2. Складання і розрахунок шихти з первинних металів і вторинних сплавів.
3. Складання і розрахунок шихти з відходів власного виробництва і лігатур кольорових металів і сплавів.
4. Складання і розрахунок шихти з відходів власного виробництва та брухту і відходів інших підприємств.

На практиці найбільш часто застосовують третій варіант.

Для зручності і наочності розрахунок звичайно проводиться на 100 кг рідкого сплаву. Це значно спрощує розрахунки. При розрахунках потрібно брати середній хімічний склад на даний сплав або оптимальний хімічний склад в межах вимог стандартів, при якому сплав має найкращі властивості.

Розрахунковий вміст того або іншого елемента в шихті визначають за формулою:

$$E_{\text{ш}} = \frac{E_{\text{рідк.сплав}}}{100 - B} \times 100$$

Де $E_{\text{ш}}$ – розрахунковий вміст елемента в шихті, %;

$E_{\text{рідк. сплав}}$ - вміст елемента в рідкому сплаві, %;

B – вигар елемента при плавленні, %.

Визначивши середній вміст елемента в шихті, розраховують процентний вміст складових шихти.

Після вибору компонентів шихти і розрахунку їх кількості, визначають послідовність і умови введення окремих складових шихти. При цьому зіставляють температуру плавлення матеріалу, що завантажується, і його питому щільність з температурою плавлення і питомою щільністю розплаву.

Першим в плавильну піч передбачають завантаження того шихтового матеріалу, який складає найбільшу частку. Якщо сплав готують з чистих матеріалів, першим завантажують основний компонент сплаву. Якщо плавку ведуть із застосуванням шлаків і флюсів, передбачають засипання їх зверху металевої шихти.

Далі в розплав завантажують легувальні компоненти, починаючи з тугоплавких. В більшості випадків всі легувальні компоненти і домішки розчиняються в рідкій основі сплаву, тому розплав можна вважати розчином. Однак, отримання такого розчину виконують різними шляхами. Якщо чергова тверда добавка буде мати температуру початку плавлення більш високу, ніж розплав, то можливе звичайне розчинення твердого тіла в рідкому. Для цього необхідне активне примусове перемішування. Тугоплавка добавка може мати питому щільність, меншу за питому щільність розплаву, і буде плавати на поверхні, де можливе її окислення, заплутування в шлаку. Якщо така «легка» добавка має меншу температуру плавлення, ніж розплав, вона переходить в рідкий стан і її розчинення значно полегшується. В деяких випадках, щоб виключити окислення і втрати, подібні добавки вводять в розплав за допомогою так званого «дзвіночка» - дірчастого стакану, в який закладають добавку і завантажують в розплав.

Якщо добавка «важча» за розплав, вона занурюється вглиб рідкої ванни, тому її окислення менш ймовірне.

Бажано плавку проводити в попередньо розігрітій печі,

температура в якій повинна бути на 100 – 200 °С вище температури плавлення основного компоненту сплаву. Бажано, щоб всі матеріали, що завантажуються в піч, були нагріті до 150 – 200 °С, щоб в них не лишилася волога.

Якщо умови виробництва дозволяють, нову плавку починають, залишаючи в печі деяку кількість розплаву від попередньої плавки. Завантаження шихти в рідку ванну суттєво прискорює процес плавки і знижує втрати металу.

В більшості випадків плавку кольорових металів і сплавів проводять в атмосфері цеху, тобто на повітрі. Якщо взаємодія з повітрям обмежується утворенням на поверхні нерозчинних в розплаві з'єднань і плівка цих з'єднань уповільнює подальшу взаємодію, то звичайно не приймають ніяких заходів для подавлення такої взаємодії. Плавку ведуть при прямому контакті з атмосферою. Так чинять при приготуванні більшості алюмінієвих, цинкових, олов'яно-свинцевих сплавів. Якщо ж плівка нерозчинних з'єднань не міцна і не здатна захистити сплав від подальшої взаємодії (наприклад, магній і його сплави), то приймають спеціальні заходи, використовуючи флюси, або захисну атмосферу.

Захист розплаву необхідний також, якщо гази розчиняються в металі (нікель, мідь і їх сплави).

Для захисту металевих розплавів від взаємодії з газами робочого простору печі використовують шлаки, флюси, тверді захисні покриття, проводять плавку в атмосфері захисних і нейтральних газів, а також проводять плавку у вакуумі.

Але, незважаючи на захист, металеві розплави все ж таки забруднюються різними домішками. Крім того, дуже часто в шихтових матеріалах знаходиться дуже багато домішок, тому при проведенні плавки необхідне очищення розплаву від цих домішок.

В металевих розплавах домішки бувають у вигляді:

- домішок металів і елементів, які знаходяться в розплаві в розчиненому стані;

- домішок у вигляді нерозчинних чужорідних частинок. Це можуть бути оксиди основного і легувального компонентів сплаву, або їх карбіди і нітриди. До таких домішок відносяться також частинки шлаків і флюсів, вогнетривкої футеровки.

- домішки газів, які знаходяться в розплаві у розчиненому стані.

Очистка розплавів від домішок називається рафінуванням.

Рафінування розплавів від розчинних металів і елементів виконується окисленням, хлоруванням, обробкою флюсами, вакуумною дистиляцією.

Рафінування розплавів від нерозчинних домішок проводиться відстоюванням, продувкою газами, вакуумуванням, обробкою флюсами і шлаками, фільтруванням.

Рафінування від розчинних газів, яке називають також дегазацією, проводиться «виморожуванням», продувкою нерозчинними газами, вакуумуванням, обробкою флюсами, різними фізичними діями. Видалення розчиненого в розплавах кисню проводиться розкисленням.

Розкислення – перевід кисню із вільного стану у з'єднання, які легко вилучаються із рідкого сплаву.

Розкислення проводять тільки для тих металів і сплавів, які в рідкому стані розчиняють кисень. Це нікель і сплави нікелю з міддю, залізом, хромом, марганцем. Чисту мідь і сплави міді зі сріблом, нікелем, також необхідно розкислювати.

Розкислення проводять двома способами: осадовим і дифузійним.

Осадкові розкислювачі вводять у розплав, а дифузійне, або контактне розкислення проводиться таким чином, що розкислювач не розчиняється у розплаві, а лише стикається з ним на поверхні розплаву.

Для забезпечення високих механічних властивостей сплавів, їх технологічних показників, розплави перед заливкою в форми піддають модифікуванню, яким прийнято називати помітне зміння структури твердого металу.

Модифікування проводиться шляхом введення спеціальних добавок, або є результатом спеціальних умов плавки. Модифікування за допомогою добавок поділяється на дві групи. Перша група – коли модифікатор утворює в розплаві тонкодисперсну і рівномірно розподілену зв'язь твердих часток, які відіграють роль додаткових центрів кристалізації. Друга група – це поверхнево – активні добавки, які оточують кристал і утруднюють його ріст.

Як в першому, так і в другому випадку, завдяки дії модифікатору, подальший ріст кристалів обмежується і структура сплаву подрібнюється. Спеціальні умови плавки, що викликають модифікування структури твердого металу, найчастіше зводяться до перегріву металу до певної температури, витримки і прискореному охолодженню до температури розливки.

2 ЗАВДАННЯ НА ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО – ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Завдання полягає у тому, щоб для заданого кольорового сплаву розробити технологічний процес плавки: за маркою сплаву визначити його хімічний склад, вибрати складові шихти, вибрати тип печі та футерівку (обов'язково обґрунтувати вибір), представити схему плавильної печі, провести необхідні розрахунки шихти і описати в пояснювальній записці всі обрані варіанти виконання етапів плавки, представивши блок – схему технології плавки.

Блок – схема потрібна для наглядного представлення послідовності процесу плавки металу, починаючи від підготування шихти і закінчуючи випуском готового металу у форми. В ній також вказують температуру проведення металургійних процесів, марку флюсу і хімічні формули реакцій, які відбуваються в процесі проведення плавки.

Вихідними даними для виконання роботи є завдання і дані таблиці 2.1 (марки сплавів можуть бути змінені безпосередньо керівником розрахунково – графічного завдання).

Ливарні сплави кольорових металів не мають єдиного стандартного позначення. Алюмінієві сплави (ДСТУ 2839–94) позначаються буквами, що вказують на основу (А) і основні легувальні компоненти, за якими йдуть цифри, що вказують вміст легувальних компонентів у відсотках.

Магнієві сплави (ГОСТ 2856–79) позначаються буквами, що вказують належність до основного металу (М) і його призначення (Л - ливарний). Далі йдуть цифри, які позначають нумерацію сплаву в стандарті.

Мідні сплави (ГОСТ 17711–93, ГОСТ 613–79, ГОСТ 493–79) позначаються початковою буквою (Л–латунь, і Бр–бронза, після чого йдуть перші букви основних елементів, які присутні в сплаві, наприклад, О–олово, Ц–цинк, Мц–марганець, Ж–залізо, Ф–фосфор, Б–берилій, Х–хром і т. д. В латунях перша цифра вказує на вміст міді, подальші цифри в латунях і бронзах – вміст легувальних елементів у відсотках. Наприклад, ЛЖМц59–1–1–латунь, містить 59% Cu, 1% Fe і 1% Mn, залишок–цинк; Бр0Ф6,5–0,15: Бр – бронза, містить 6,5% Sn, 0,15% Р і залишок–мідь.

Таблиця 2.1 – Варіанти розрахунково – графічного завдання.

Передостання цифра номеру залікової книжки	Остання цифра номеру залікової книжки				
	0	1	2	3	4
0	AK12	Бр03Ц12С5	AK13	Бр03Ц7С5Н1	AK9ч
1	Бр04Ц7С5	МЛ3	AK9с	Бр04Ц4С17	AK9пч
2	Бр05Ц5С5	AK8л	Бр05С25	AK7	Бр06Ц6С3
3	МЛ4	AK7ч	Бр08Ц4	AK7пч	Бр010Ф1
4	МЛ4пч	AK10Су	Бр010Ц2	AK5М	Бр010С10
5	AK5Мч	БрА9Мц2Л	AK5М2	БрА10Мц2А	AK5М7
6	БрА9Ж3Л	МЛ5	AK6М2	БрА10Ж3Мц2	AK8М
7	БрА10Ж4Н4Л	AK5М4	БрА11Ж6Н6	МЛ5пч	AK8М3
8	БрА10Ж4Н4Мц1	AK8М3ч	БрС30	AK9М2	БрА7Мц15Ж3Н2Ц2
9	AK12М2	БрСу3Н3Ц3С20Ф	AK12ММг11	ЛЦ40С	МЛ5он
	5	6	7	8	9
0	ЛЦ40Мц3Ж	МЛ6	АМг4К1,5М	ЛЦ40Мц3А	АМг5К
1	ЛЦ38Мц2С2	АМг5Мц	ЛЦ37Мц2С2К	МЛ8	АМг6л
2	ЛЦ30А3	АМг6лч	ЛЦ25С2	АМг10	ЛЦ23А6Ж3Мц2
3	МЛ12	АМг10ч	ЛЦ16К4	МЛ15	АМг14
4	ЛЦ14К3С3	АМг7	МЛ9	AK7Ц9	AK12
5	Бр03Ц12С5	AK9Ц6	AK13	МЛ10	АЦ4Мг
6	Бр03Ц7С5Н1	МЛ11	AK9ч	Бр04Ц7С5	МЛ3
7	AK9с	Бр04Ц4С17	МЛ19	АМ5	ЛЦ40С
8	МЛ5он	AK7ч	AK21М2,5Н2,5	ЛЦ40Мц1,5	АМ4,5Кд
9	ЛЦ40Мц3Ж	МЛ6	АМг4К1,5М	МЛ9	AK7Ц9

3 ВМІСТ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

Пояснювальну записку складають у вигляді тексту, розрахунків, ілюстрацій, таблиць на аркушах формату А4.

Пояснювальну записку виконують рукописним способом відповідно до ДСТУ 3008 : 2015.

Приклад розрахунку шихти наведено в додатку А. Склад лігатур і вигар елементів наведено в додатку Б. Відсоток вигару елементів при виплавці кольорових сплавів наведено в додатку В.

4 СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Курдюмов, А.В. Производство отливок из сплавов цветных металлов [Текст]: учеб. пособие / А.В. Курдюмов, М.В. Пикунов, В.М. Чурсин. – М.: Металлургия, 1986. – 416 с.

2. Цветное литье [Текст]: справочник / Н.М. Галдин, Д.Ф. Чернега, Д.Ф. Иванчук и др.; под общей редакцией Н.М. Галдина. – М.: Машиностроение, 1989. – 528 с.

3. Цветное литье. Легкие сплавы [Текст]: справочник / Б.А. Арбузов, Н.А. Аристова, С.Г. Глазунов и др.; под ред. И.Ф. Колобнева. – М.: Машиностроение, 1966. – 391 с.

4. Титановые сплавы. Производство фасонных отливок из титановых сплавов [Текст]: справочник / Е.Л. Бибииков, С.Г. Глазунов, А.А. Неуструев и др.: М.: Металлургия, 1983. – 296 с.

5. Леви, Л.И. Литейные сплавы [Текст]: учеб. Л.И. Леви, С.К. Катеник. – М.: Высшая школа, 1967. – 435 с.

6. Трухов А.П. Литейные сплавы и плавка [Текст]: учеб./ А.П. Трухов, А.И. Маляров. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 336 с. ISBN 5-7695-1276-8.

Додаток А

Приклад розрахунку шихти з використанням відходів власного виробництва і лігатур кольорових металів

Розрахувати шихту для сплаву АК5М, на домішки, які містяться в готовому сплаві при розрахунку не зважати.

За ДСТУ 2839 – 94 (ГОСТ 1583 – 93) сплав містить % (мас. доля):

Si – 5;

Mg – 0,4;

Cu – 1,25;

Al – залишок.

Шихта складається з 40% вороття (відходи власного виробництва того ж сплаву) і 60% свіжих металів (додаток Б, табл. Б 1):

Алюміній первинний чушковий А85 (Al 99,85%);

Лігатура алюміній – кремній (Al 80%, Si 20%);

Лігатура алюміній – магній (Al 90%, Mg 10%);

Лігатура алюміній – мідь (Al 50%, Cu 50%).

Вигар елементів складає, %, мас. доля (додаток В, табл. В 1):

Кремнію – 1,0;

Міді – 1,0;

Алюмінію – 1,0;

Магнію – 3,0.

Шихта розраховується на 100 кг готового рідкого сплаву.

Для врахування вигару окремих елементів маса шихтових матеріалів повинна бути збільшена на таку масу:

Кремнію: $(5 \times 1) / 100 = 0,05$ кг.

Магнію: $(0,4 \times 3) / 100 = 0,012$ кг.

Міді: $(1,25 \times 1) / 100 = 0,013$ кг.

Алюмінію: $(93,35 \times 1) / 100 = 0,933$ кг.

Разом 1,008 кг.

Баланс металу при отриманні 100 кг рідкого сплаву відповідно до приведених вище розрахунків:

Придатне литво – 59,60 кг – 59,00%

Ливники і додатки – 35,35 кг – 35,00%

Брак виливків – 5,05 кг – 5,00%

Разом рідкого металу – 100,00 кг – 99,00%

Вигар елементів – 1,008 кг – 1,0%

Разом металозавалка – 101,008 кг – 100%.

Таблиця А.1 – Початкові і розрахункові дані

Показник	Si	Mg	Cu	Al	Разом
Середній хімічний склад сплаву, % (мас. доля)	5,0	0,4	1,25	93,35	100,00
Маса компоненту в 100 кг рідкого сплаву, кг	5,0	0,4	1,25	93,35	100,00
Угар, % (мас. доля)	1,0	3,0	1,0	1,0	-
Вигар, кг	0,05	0,012	0,012	0,933	1,008
Розрахункова маса елементу в шихті, кг.	5,05	0,412	1,262	94,283	101,008
Маса елементу у воротті [(40% (мас. доля)-40,40 кг)], кг	2,02	0,16	0,51	37,71	40,40
Маса елементу в свіжих матеріалах [(60% (мас. доля)-60,61 кг)], кг	3,03	0,252	0,752	56,573	60,608

Кількість компонентів свіжих шихтових матеріалів:

Лігатура Al – Si: $(3,03 \times 100) / 20 = 15,15$ кг.

Лігатура Al - Mg: $(0,252 \times 100) / 10 = 2,52$ кг.

Лігатура Al - Cu: $(0,752 \times 100) / 50 = 1,504$ кг.

Алюмінію первинного чушкового:

$60,608 - (15,15 + 2,52 + 1,504) = 41,434$ кг.

Відповідно, для виплавки 100 кг сплаву марки АК5М необхідні наступні масові частки (кг) шихтових матеріалів:

Вороття (ливники, додатки, брак) – 40,40 кг.

Алюміній чушковий – 41,434 кг.

Лігатура алюміній – кремній – 15,15 кг.

лігатура алюміній – магній – 2,52 кг.

Лігатура мідь – алюміній – 1,504 кг.

Разом – 101,008 кг.

Для виливків відповідального призначення необхідно перевірити кількість шкідливих домішок, які вносяться початковими матеріалами.

Приведений розрахунок шихти застосовують в тих випадках, коли потрібно точно витримати розрахунковий состав шихти. На практиці при розрахунках шихти допускаються деякі відхилення від номінального составу для полегшення і прискорення розрахунків і не враховують вигар окремих металів, наприклад магнію, алюмінію, цинку, міді, марганцю, а береться середній відсоток вигару.

Додаток Б
Склад лігатур для отримання кольорових сплавів

Таблиця Б.1 – Склад лігатур на основі алюмінію

Лігатура	Компонент	Вміст компонента, % (мас. доля)
Алюміній – кремній	Si	20 – 25
Алюміній – берилій	Be	4 – 6
Алюміній – залізо	Fe	5 – 10
Алюміній – магній	Mg	10 – 12
Алюміній – марганець	Mn	5 – 10
Алюміній – мідь	Cu	35 – 50
Алюміній – нікель	Ni	10 – 20
Алюміній – титан	Ti	3 – 5
Алюміній – хром	Cr	3 – 5
Алюміній – церій	Ce	20 – 30
Алюміній – цирконій	Zr	3 – 5
Алюміній – мідь - марганець	Cu	10 – 13
	Mn	1 – 15
Алюміній – титан – бор	Ti	3 – 5
	B	0,1 – 0,5
Алюміній – мідь – фосфор	Cu	8 – 10
	P	1,0 – 1,5
Алюміній – мідь – марганець – титан	Cu	28 – 32
	Mn	4 – 6
	Ti	1,8 – 2,5

Таблиця Б.2 – Склад лігатур на основі магнію

Лігатура	Компонент	Вміст компонента, % (мас. доля)
Алюміній – магній марганець	Mg	20
	Mn	10
Алюміній – магній – берилій	Mg	35
	Be	5
Алюміній – марганець	Mn	2 – 4

Таблиця Б.3 – Хімічний склад % (мас. доля) лігатур мідь – фосфор

Марка лігатури	Основні компонент		Домішки, не більше		
	P	Cu	Bi	Sb	разом домішок
МФ 13	11 – 14	Залишок	0,002	0,002	0,2
МФ 10	9,5 – 11	Те ж	0,002	0,002	0,2
МФ 9	8,0 – 9,5	Те ж	0,005	0,10	0,7

Таблиця Б.4 – Хімічний склад % (мас. доля) мідно – нікелевих і мідно – берилієвих лігатур

Лігатура	Марка лігатури	Основні компонент			Домішки, не більше		
		Ni	Pb	Be	Mg	Sb	
Мідно - нікелева	MН15	12,0 – 18,0	1,0	-	-	0,1	
	MН18	14,0 – 18,0	4,0 – 7,0	-	-	0,1	
	MН25	20,0 – 30,0	4,0 – 7,0	-	-	0,1	
	MН33	29,0 – 37,0	0,1	-	-	0,002	
Мідно – берилієва	МБ – 1	-	-	4-11	0,04	0,02 Si	
	МБ – 2	-	-	-	0,04 – 0,06 і більше		
Лігатура	Марка лігатури	Домішки, не більше					Сума домішок
		Zn	Sn	Mn	Fe	Al	
Мідно - нікелева	MН15	13,0	1,5	2,5	1,5	1,0	6,6
	MН18	3,0	1,5	0,5	1,0	0,3	3,4
	MН25	1,0	1,5	0,5	1,0	0,05	4,15
	MН33	0,1	0,1	1,0	1,0	3,0	2,2
Мідно – берилієва	МБ – 1 МБ – 2	0,0007 Pb	-	-	0,02	0,02	-

Таблиця Б.5 – Склад лігатур на основі міді і інших кольорових металів

Лігатура	Вміст, % (мас. доля)	
	міді	інших компонентів
Мідь – марганець	73	Mn 27
Мідь – кремній	84	Si 16
Мідь – олово	50	Sn 50
Мідь – залізо	90 – 95	Fe 10 – 5
Алюміній – мідь – нікель	40	Al 50 Ni 10
Мідь – кадмій	70	Cd 30
Мідь – алюміній	67	Al 33
	50	Al 50
Мідь – сурма	50	Sb 50
Мідь – хром	94 – 96	Cr 6 – 4
Мідь – магній	90 – 85	Mg 10 – 15
Мідь – бор	96 – 97	B 3 – 4
Мідь – цирконій	92 – 88	Zr 8 – 12
Олово – нікель – сурма	60 Sn	Ni 10
		Sb 30
Мідь – кобальт	90	Co 10
Мідь – титан	80	Ti 20
	70	Ti 30
Нікель – магній	50 Ni	Mg 50

Таблиця Б.6 – Хімічний склад % (мас. доля) лігатур для отримання тугоплавких сплавів

Марка лігатури	Основні компоненти (Al - залишок)						
	Mn	Cr	Fe	Si	W	V	Ti
АХМК	30 – 40	23 – 27	3 – 6	2,5 – 4,0	-	-	-
АХМКФ	32 – 36	21 – 25	4 – 6	2,5 – 4,0	До 4,0	-	-
АМТ	48 – 52	-	-	-	-	-	6 – 9
АМТФ	48 – 52	-	-	-	До 4,5	-	6 – 9
АХМ – 50	38 – 42	50 – 53	-	-	-	-	-
АЦМК	38 – 42	-	-	2,5 – 3,5	-	-	-
АЦМКФ	38 – 42	-	-	2,5 – 3,5	До 4,0	-	-
АМВТ	35 – 38	-	-	-	Al до 16,5	30 – 34	Залишок
К5	32 – 34	6 – 8	5 – 8	-	-	32 – 34	-
К5к	32 – 34	6 – 8	5 – 8	-	До 3,5	32 – 34	-
ВнАЛ	-	-	-	-	-	70 – 80	-
ЛТ7	-	-	3 – 10	4 – 6	Al до 6-8	-	Залишок

Примітка: в лігатурах АЦМК і АЦМКФ міститься 18 – 21 % (мас. доля) цирконію.

Додаток В
Відсоток вигару елементів при виплавці кольорових сплавів

Таблиця В.1 – Вигар [% (мас. доля)] деяких компонентів при виплавці кольорових сплавів

Сплав	Тип печі	Al	Mg	Cu	Ni	Zn	Pb	Mn
Алюмінієвий	Тигельна	$\frac{0,8-1,0}{2-3}$	$\frac{2-3}{3-5}$	$\frac{0,5-1,0}{1,0-1,2}$	$\frac{0,5-1,0}{1,0-1,2}$	$\frac{\text{До } 2}{2-5}$	- -	$\frac{1,0-1,5}{2-3}$
	Відбивна	$\frac{2-3}{3-5}$	$\frac{3-5}{5-10}$	$\frac{1,0-1,2}{1,0-1,5}$	$\frac{1,0-1,2}{1,0-1,5}$	$\frac{2-3}{\text{До } 10}$	- -	$\frac{2-5}{5-10}$
Магнієвий	Тигельна	$\frac{0,5-1,0}{1,0-1,5}$	$\frac{1,0-1,5}{2-3}$	- -	- -	$\frac{1,5 \text{ і більше}}{2-3}$	- -	$\frac{\text{До } 1,0}{1-3}$
	Відбивна	$\frac{1,0-1,5}{1,5-2}$	$\frac{1,0-1,5}{2-3}$	- -	- -	$\frac{1,0-3,0}{3-5}$	- -	$\frac{1,0-3,0}{3-10}$
Мідний	Тигельна	$\frac{1,0-1,5}{2-5}$	$\frac{\text{До } 5}{10 \text{ і більше}}$	$\frac{0,5-1,0}{1-2}$	$\frac{0,5-1,0}{1,0-1,5}$	$\frac{2-3}{3-5}$	$\frac{0,5-1,0}{1-2}$	$\frac{1,0-1,5}{\text{До } 5}$
	Відбивна	$\frac{2-3}{\text{До } 5}$	$\frac{5-10}{10-20}$	$\frac{1,0-1,5}{2-3}$	$\frac{1,0-1,5}{1,5-2,0}$	$\frac{5-10}{\text{До } 20}$	$\frac{1,0-2}{\text{До } 5}$	$\frac{2-3}{\text{До } 10}$
Нікелевий	Тигельна	$\frac{1-2}{2-5}$	- -	$\frac{1,0-1,5}{1,5-2,0}$	$\frac{0,5-1,0}{1,0-1,5}$	- -	$\frac{1-2}{2-5}$	- -

Продовження таблиці В.1

Сплав	Тип печі	Ti	Zr	Be	Li	Sn	P	Cd	Si
Алюмінієвий	Тигельна	$\frac{1,0-1,5}{2-5}$	$\frac{1-2}{2-5}$	$\frac{2-3}{5-10}$	$\frac{\text{До } 10}{15 \text{ і більше}}$	$\frac{0,5}{1,0-1,5}$	- -	$\frac{\text{До } 2}{5 \text{ і більше}}$	$\frac{1,0-1,5}{2-3}$
	Відбивна	$\frac{2-5}{5-10}$	$\frac{3-5}{5-10}$	$\frac{5-7}{10-20}$	$\frac{15 \text{ і більше}}{20 \text{ і більше}}$	$\frac{1,5}{\text{До } 2}$	- -	$\frac{5 \text{ і більше}}{10 \text{ і більше}}$	$\frac{2-5}{5-10}$
Магнієвий	Тигельна	- -	$\frac{\text{До } 1,0}{1-5}$	$\frac{\text{До } 3,0}{5-10}$	$\frac{3 \text{ і більше}}{5 \text{ і більше}}$	- -	- -	$\frac{1,0-1,5}{\text{До } 3}$	$\frac{\text{До } 1}{1-3}$
	Відбивна	-	$\frac{2-5}{3-10}$	$\frac{5-10}{10-20}$	$\frac{5 \text{ і більше}}{20 \text{ і більше}}$	-	-	$\frac{3-5}{5-10}$	$\frac{2-3}{3-5}$
		- До 5	-	2-3	-	0,5-1,0	До 30	-	До 1,0
Мідний	Тигельна	10 і більше	-	3-5	-	1,0-1,5	50 і більше	До 20	5 і більше
	Відбивна	$\frac{10 \text{ і більше}}{30 \text{ і більше}}$	- -	$\frac{3-5}{\text{До } 10}$	- -	$\frac{1,0-1,5}{\text{До } 3}$	$\frac{30-40}{\text{До } 70}$	$\frac{15-40}{40-50}$	$\frac{1-5}{5-10}$
Нікелевий	Тигельна	$\frac{10 \text{ і більше}}{20 \text{ і більше}}$	- -	- -	- -	$\frac{1,0-1,5}{1,5-3}$	- -	- -	$\frac{1-3}{2-5}$

Примітка. Чисельник – вигар елемента при щільній шихті, знаменник – некомпактна.