

621.74
Г70

Библиотечка
рабочего-
металлурга

Н. И. Городничий
**ЛИТЕЙНОЕ
ПРОИЗВОДСТВО
ЦВЕТНЫХ
МЕТАЛЛОВ
И СПЛАВОВ**

**Поверніть книгу не пізніше
зазначеного терміну**

Київська друкарня № 1. Зам. 13244—10 млн., 1979 р.

Библиотечка
рабочего-
металлурга

Н. И. Городничий

**ЛИТЕЙНОЕ
ПРОИЗВОДСТВО
ЦВЕТНЫХ
МЕТАЛЛОВ
И СПЛАВОВ**



МОСКВА "МЕТАЛЛУРГИЯ" 1989

УДК 669.715

Рецензенты: *Власов Ю. А., Мусихин С. Ю.*

УДК 669.715

Литейное производство цветных металлов и сплавов. Городничий Н. И. М.:
Металлургия. 1989. (Библиотечка рабочего-металлурга). 104 с.

Приведены сведения о литейных сплавах на основе алюминия, меди, цинка (состав, свойства), подготовка шихтовых материалов к плавке. Описаны оборудование и технологические процессы плавки и литья, способы безопасной эксплуатации оборудования, пути совершенствования технологии.

Для рабочих и мастеров предприятий цветной металлургии и машиностроения.
Ил. 9. Табл. 37. Библиогр. список: 41 назв.

Г 2605000000 - 267 45-89
040(01) - 89

ISBN 5-229-00329-4

© Издательство "Металлургия", 1989

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Основные обозначения	5
I. Химический состав, свойства и применение сплавов	6
1. Алюминиевые литейные сплавы	6
2. Литейные бронзы и латуни	21
3. Цинковые литейные сплавы	37
II. Производство металлошихты в чушках	42
1. Требования к сплавам	42
2. Шихтовые материалы и их подготовка к плавке	44
3. Технология плавки, обработки расплавов и разливки	49
4. Технологическое оборудование для плавки и литья сплавов	60
5. Контроль технологического процесса, автоматизация производства чушковых сплавов, рационализация и изобретательство	65
6. Использование металлошихты в литейном производстве	70
III. Организация и экономика производства	80
1. Формы организации труда	80
2. Себестоимость, цена, прибыль и рентабельность производства сплавов	81
3. Нормирование расхода материалов	88
IV. Экономия цветных металлов в народном хозяйстве	90
Библиографический список	102

ВВЕДЕНИЕ

В решениях XXVII съезда КПСС перед промышленностью поставлена задача интенсификации производства, повышения его эффективности, снижения металлоемкости изделий при коренном улучшении их качества. Особое значение в этих условиях приобретает производство качественных отливок из цветных металлов и сплавов. Для успешного решения поставленных задач необходимо обеспечение литейного производства чушковыми литейными сплавами требуемого качества, обеспечивающими снижение металлоемкости изделий и получение отливок с требуемыми физико-механическими свойствами.

Одним из основных источников увеличения использования в металлолитейном производстве цветных металлов и сплавов является вторичная цветная металлургия. Сплавами в чушках, производимых этой подотраслью, потребность промышленности в литейных алюминиевых сплавах, литейных бронзах, литейных латунях и цинковых литейных сплавах удовлетворяется не полностью. Для повышения их качества совершенствуется технология шихтоподготовки, плавки и обработки расплавов.

В книге приведен анализ литейных сплавов на основе алюминия, меди и цинка, получаемых на предприятиях вторичной цветной металлургии, их свойства, области применения и перспективы использования, рассмотрено производство металлошихты из этих сплавов, характеристики технологии плавки и литья, а также контроль качества расплавов и чушек, приведены данные по рационализации и изобретательству применительно к литью цветных сплавов, а также вопросы экономики и организации их производства, экономии металлов и сплавов при их производстве и потреблении.

Автор выражает благодарность инженерам Власову Ю.А. и Мусихину С.Ю. за ценные замечания, сделанные ими при рецензировании рукописи, а также инженеру Большаковой Л.И. за помощь в оформлении рукописи.

ОСНОВНЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- З – литье в песчаные глинистые формы
- В – литье по выплавляемым моделям
- К – литье в кокиль
- Д – литье под давлением
- КД – литье с кристаллизацией под давлением
- М – сплав подвергается модифицированию
- Ц – центробежное литье
- T1 – искусственное старение без предварительной закалки
- T2 – отжиг
- T4 – закалка
- T5 – закалка и кратковременное (неполное) искусственное старение
- T6 – закалка и полное искусственное старение
- T7 – закалка и стабилизирующий отпуск
- T8 – закалка и смягчающий отпуск
- σ_B – временное сопротивление
- δ – относительное удлинение
- НВ – твердость по Бринеллю
- γ – плотность
- α – коэффициент линейного расширения
- λ – коэффициент теплопроводности
- E – модуль Юнга
- f – коэффициент трения
- $\sigma_{0,2}$ – условный предел текучести
- ρ – удельный вес

I. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ СПЛАВОВ

Литейные сплавы на основе алюминия, меди и цинка удовлетворяют разнообразным требованиям производства и применяются в различных отраслях народного хозяйства. При изготовлении отливок одним из наиболее важных показателей является коэффициент использования литейных сплавов. Для его повышения необходимо резко улучшить качество выпускаемой продукции [1].

1. АЛЮМИНИЕВЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ СПЛАВЫ

В литейном производстве применяют значительное число марок алюминиевых сплавов. Классифицируют их по основным элементам, входящим в состав сплавов. Различают 5 основных групп сплавов: алюминий–кремний, алюминий–кремний–медь, алюминий–медь, алюминий–магний, алюминий–другие компоненты (табл. 1). Область применения сплава определяется его технологическими и эксплуатационными свойствами, стоимостью и доступностью металлошихты. Для алюминиевых сплавов особое значение имеют: низкая плотность ($\gamma = 2,6-3,3 \text{ г/см}^3$) и высокие прочностные характеристики ($\sigma_B = 150-470 \text{ МПа}$, $\delta = 0,5-22 \%$, $HВ = 80-120 \text{ МПа}$). Эти характеристики обеспечивают хороший показатель удельной прочности (σ_B/γ), что особенно важно в авиационном и тракторном машиностроении. Кроме того, алюминиевые сплавы характеризуются высокой коррозионной стойкостью. Сплавы со специальными добавками имеют хорошую жаропрочность в пределах рабочих температур $300-400^\circ\text{C}$.

Наибольшее распространение получили литейные сплавы на основе Al–Si (силумины) и Al–Si–Cu (медные силумины), доля которых составляет 85,7 % от общего объема потребления литейных алюминиевых сплавов. Значительно меньшее распространение получили сплавы на основе Al–Cu (7,5 % от общего объема потребления) и Al–Mg (5,5 %).

Хорошие литейные свойства сплавов определяются типом диаграммы состояния (рис. 1). Основа структуры силуминов α -твердый раствор с кремнием (эвтектика $\alpha + \text{Si}$). При выделении кремния в эвтектике в виде крупных частиц пластичность сплава резко уменьшается. Для измельчения структуры сплава модифицируют. Наибольшее распространение в качестве модификатора силуминов получил натрий, который вводится в расплав в виде солей (NaF , NaCl , Na_3AlF_6 и др.). Применяют и другие модификаторы. Так, для повышения специальных свойств в силумины вводят иттрий. Однако двойные сплавы алюминия с кремнием имеют низкие механические свойства, поскольку кремний с алюминием не образуют упрочняющих соединений. Поэтому для улуч-

Таблица 1. Литейные алюминиевые сплавы в чушках и отливках, применяемые в промышленности

Сплав	Вид продукции	Основные компоненты, % (по массе)						
		Mg	Si	Mn	Cu	Ti	Ni	
Система Al-Si-Mg								
АЛ2	Отливка	-	10-13	-	-	-	-	-
АК9	Чушка	0,2-0,4	8-11	0,2-0,5	-	-	-	-
	Отливка							
АК9с	Чушка	0,2-0,35	8-10	0,2-0,5	-	0,08-0,15	-	-
	Отливка	0,17-0,30						
АЛ4-1	Отливка	0,23-0,30	9-11	0,2-0,35	-	0,08-0,15	-	-
	Чушка							
АК7	Отливка	0,2-0,5	6,0-8,0	0,2-0,6	-	-	-	-
АЛ9	Отливка	0,2-0,4	6,0-8,0	-	-	-	-	-
АЛ9-1	Отливка	0,25-0,4	7,0-8,0	-	-	0,08-0,15	-	-
АК10Су	Чушка	0,1-0,5	9-11	-	-	-	-	0,1-0,25Sb
АК8Су	Чушка	0,2-0,5	7,5-8,7	0,2-0,6	0,8-2,0	-	-	0,005-0,25Sb
Система Al-Si-Cu								
АЛ5	Отливка	0,35-0,60	4,5-5,5	-	1,0-1,5	-	-	-
АЛ5-1	Отливка	0,40-0,55	4,5-5,5	-	1,0-1,5	0,08-0,15	-	-
АК5М2	Чушка	0,2-0,8	4,0-6,0	0,2-0,8	1,5-3,5	0,05-0,20	-	-
	Отливка							
АК5М7	Чушка	0,3-0,6	4,5-6,0	-	6,0-8,0	-	-	-
	Отливка	0,2-0,5	4,5-6,0					
АК5М4	Чушка	0,2-0,5	4,0-6,0	0,2-0,6	3,0-5,0	0,05-0,20	-	-
	Отливка							
АК8М3	Чушка	0,1-0,4	7,5-10	-	2,0-4,5	-	-	-
	Отливка			0,2-0,5				

Сплав	Вид продукции	Основные компоненты, % (по массе)							
		Mg	Si	Mn	Cu	Ti	Ni	Fe	
АК9М2	Чушка	0,2-0,8	7,5-10	0,1-0,4	0,5-2,0	0,05-0,2	-	-	
	Отливка	-	-	-	-	-	0,6-0,9	0,6-1,0	
АК12М2	Чушка	-	11-13	-	1,8-2,5	-	-	-	
	Отливка	-	-	-	-	-	-	-	
АК12М2МГН	Чушка	0,8-1,3	11-13	0,3-0,6	1,5-3,0	0,05-0,20	0,8-1,3	-	
	Отливка	-	-	-	-	-	-	-	
АК12ММГН	Чушка	0,8-1,3	11-13	-	0,8-1,5	-	0,8-1,3	-	
	Отливка	-	-	-	-	-	-	-	
Система Al-Mg									
АЛ119 ВАЛ110	Отливка	-	-	0,6-1,0	4,5-5,3	0,15-0,35	-	-	
	Отливка	-	-	0,35-0,80	4,5-4,9	0,15-0,35	0,07-0,25	-	
АМг-4К1,5М	Чушка	4,5-5,2	1,3-1,7	0,65-0,90	0,7-2,0	0,10-0,25	0,002-0,004	-	
	Отливка	-	-	-	-	-	-	-	
АЛ13	Отливка	4,5-5,5	0,8-1,3	0,1-0,4	-	-	-	-	
	Отливка	4,8-6,3	-	0,4-1,0	-	0,05-0,15	-	-	
АЛ28	Отливка	6,0-7,0	-	-	0,05-0,20	0,05-0,15	0,02-0,10	-	
	Отливка	6,0-7,0	-	-	0,05-0,20	0,05-0,15	0,02-0,10	-	
АЛ23-1	Отливка	9,5-10,5	-	-	0,05-0,20	0,05-0,15	0,05-0,15	-	
	Отливка	9,5-10,6	-	-	0,05-0,20	0,05-0,15	0,05-0,15	-	
АЛ27-1	Отливка	-	-	-	-	-	-	-	
	Отливка	-	-	-	-	-	-	-	
Система Al - прочие компоненты									
АЛ11	Отливка	0,1-0,3	6,0-8,0	-	-	7,0-12,0Zn	-	-	
	Чушка	0,3-0,5	8-10	0,1-0,6	0,3-1,5	5,0-7,0Zn	0,3-1,0Fe	-	

Сплав	Вид продукции	Примески, не более, % (по массе)										
		Fe					Σ учитываемых примесей					
		З	К	Д	Mn	Cu	Zn	Ni	прочие	З	К	Д
АЛ2	Отливка	0,70	1,00	1,59	0,50	0,60	0,30	0,10	-	2,10	2,20	2,70
АК9	Чушка	0,80	1,10	1,20	-	1,00	0,50	0,30	-	2,40	2,40	2,40
	Отливка	0,90	0,20	0,30	-	-	-	-	-	2,60	2,80	3,00
АК9с	Чушка	0,70	0,70	0,70	0,12	0,50	0,30	0,10	0,05Pb; 0,01Sn	1,35	1,35	1,35
	Отливка	0,60	0,90	1,00	-	0,30	0,30	-	-	1,40	1,40	1,50
АЛ4-1	Отливка	0,30	0,30	0,30	-	0,10	0,30	-	0,03Pb; 0,005Sn	0,60	0,60	0,60
АК7	Чушка	1,00	1,10	1,20	-	1,50	0,50	0,30	-	3,00	3,00	3,00
	Отливка	1,10	1,20	1,30	-	-	-	-	-	3,70	3,80	4,10
АЛ9	Отливка	0,60	1,00	1,50	0,50	0,20	0,30	-	0,05Pb; 0,01Sn	1,10	1,50	2,00
АЛ9-1	Отливка	0,30	0,30	0,30	0,10	0,10	0,20	-	0,03Pb; 0,005Sn	0,60	0,60	0,60
АК10Су	Чушка	-	-	1,10	0,60	1,80	1,80	0,50	-	-	-	3,50
АК8Су	Чушка	-	-	0,9	-	-	1,2	0,3	0,15Pb; 0,10Sn	-	-	2,5
АЛ5	Отливка	0,60	1,00	1,50	0,50	-	0,30	-	0,01Sn	1,00	1,30	1,70
АЛ5-1	Отливка	0,30	0,30	0,30	0,10	-	0,30	-	0,01Sn	0,70	0,90	2,10
АК5М2	Чушка	1,00	1,00	1,00	-	-	1,50	0,50	-	2,80	2,80	2,80
	Отливка	1,00	1,30	1,30	-	-	-	-	-	-	-	-
АК5М7	Чушка	1,10	1,10	1,20	0,50	-	0,60	0,50	0,30Sn	3,20	3,20	3,20
	Отливка	1,20	1,20	1,30	-	-	-	-	-	-	-	-
АК5М4	Чушка	1,00	1,00	1,00	-	-	1,50	0,50	-	2,80	2,80	2,80
	Отливка	1,00	1,00	1,20	-	-	-	-	-	-	-	-
АК8М3	Чушка	-	-	1,30	0,50	-	1,20	0,50	0,30Sn	-	3,20	3,20
	Отливка	-	-	1,40	-	-	-	-	-	-	3,20	3,20

Сплав	Вид продукции	Примеси, не более, % (по массе)										Σ учитываемых примесей			
		Fe										З	К	Д	Σ
		З	К	Д	Мп	Сu	Зn	Ni	прочие	З	К				
AK9M2	Чушка	-	0,90	1,10	-	-	-	1,20	1,50	1,50	0,30Sn	-	-	2,50	2,50
	Отливка	-	1,00	1,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,30	3,40
AK12M2	Чушка	-	-	-	0,50	0,15	0,80	0,30	0,30	0,15Pb; 0,10Sn	-	-	-	-	2,10
	Отливка	-	-	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-	2,20
AK12M2Mn	Чушка	-	0,80	-	-	-	0,50	-	-	0,10Pb; 0,02Sn	-	-	1,20	-	
AK12MnMn	Чушка	-	0,70	-	0,20	-	0,20	-	-	0,05Pb; 0,01Sn	-	-	1,10	-	
AK12MnMn	Отливка	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
AL19 VAL10 AMF-4K1, 5M	Отливка	0,20	0,30	-	-	-	-	-	-	0,30Si	0,90	0,90	0,90	-	
	Отливка	0,12	0,12	-	0,05	-	-	-	-	0,20Si	-	-	0,60	-	
	Чушка	-	0,30	-	-	-	0,10	-	-	-	-	-	0,15	-	
	Отливка	-	0,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	-	
AL13 AL28 AL23 AL23-1 AL27 AL27-1	Отливка	0,50	0,50	1,50	-	0,10	0,20	0,10	0,10	0,05Si	0,60	0,60	0,60	1,80	
	Отливка	0,30	0,40	0,50	-	0,30	-	-	-	0,30Si	0,50	0,50	0,60	0,70	
	Отливка	0,20	0,20	-	0,10	0,15	0,10	0,10	-	0,20Si	0,50	0,50	0,50	-	
	Отливка	0,05	0,05	-	0,10	0,05	0,05	0,05	-	0,05Si	0,10	0,10	0,10	-	
	Отливка	0,20	0,20	0,20	0,10	0,15	0,10	0,10	-	0,20Si	0,50	0,50	0,50	0,50	
	Отливка	-	0,05	-	0,10	0,05	0,05	0,05	-	0,05Si	-	-	0,20	-	
AL11	Отливка	0,60	1,10	1,40	0,50	0,60	-	-	-	-	1,70	1,90	1,90	2,50	
	Чушка	0,70	1,20	1,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
AK9Ц6P	Чушка	-	-	-	-	-	-	0,30	0,30Sn	-	-	-	0,50	-	

шения необходимых свойств вводят магний, образующий Mg_2Si и медь в виде упрочняющей фазы θ ($CuAl_2$) и W ($Al_4Mg_5Cu_4Si_4$). Для компенсации вредного влияния железа вводится марганец. В его присутствии вместо сложного соединения β ($Al, 5Fe, 5Si$) образуется фаза α (Al, Fe, Si, Mn) в виде компактных включений, меньше влияющих на пластичность. В силумины вводят в качестве микролегирующих добавок титан и сурьму, улучшающих структуру сплавов, особенно изготовленных из вторичного сырья.

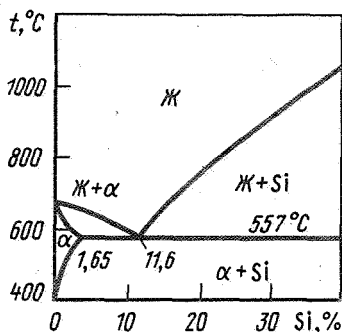


Рис. 1. Диаграмма состояния Al – Si

Специальные свойства силуминов (жаропрочность и жаростойкость) обеспечиваются введением никеля, образующего сложные фазы.

В процессе производства сплавов в чушках и в отливках происходит их насыщение металлическими примесями, прежде всего железом. При увеличении содержания железа в силуминах [1] значительно снижается их пластичность (табл. 2).

Таблица 2. Механические свойства силуминов с различным содержанием Fe и Si

Fe, %	σ_B , МПа, при Si, %			δ , % при Si, %		
	5	7	9	5	7	9
0,25	13	14	16	11	9	8
0,50	14	15	16	9	8	6
0,75	14	15	16	7	6	4
1,0	15	16	17	5	3	2

Железо образует железосодержащие фазы иглообразной формы, что приводит к потере пластичности сплава.

В сплавах также может присутствовать олово и свинец.

Силумины, полученные из лома и отходов, по фазовому составу отличаются от сплавов, выплавленных из первичных металлов (табл. 3). Очевидно, вследствие большого содержания примесей образуются дополнительные фазы, прежде всего интерметаллидные включения.

Механические свойства силуминов зависят от способа литья. Отлив-

Таблица 3. Фазовый состав первичных (п) и вторичных (в) силуминов

Структурная составляющая	AK7 _В	AL9 _П	AK9 _В	AL4 _П	AK5M2 _В	AL3 _П
α-твердый раствор	+	+	+	+	+	+
Si	+	+	+	+	+	+
θ (CuAl ₂)	+	-	+	-	+	+
Mg ₂ (Si, Sn)	+	+	+	+	+	+
W (Cu ₂ Mg ₈ Si ₆ Al ₅)	+	-	+	-	+	-
(FeMn) ₃ Si ₂ Al _{1,5}	+	+	+	+	+	+
α (Fe ₂ SiAl ₈)	+	-	+	-	+	-
β (FeSiAl ₅)	+	-	+	-	+	-
Pb	+	-	+	-	+	-
AlSiCuNiMg	-	-	-	-	+	-
T (Al ₇ Cu ₂ Ni)	+	-	+	-	+	-
AlFeSiNiCu	+	-	-	-	-	-

Примечание. Знак + – фаза присутствует, знак – – фаза отсутствует

ки, полученные литьем в песчано-глинистую форму, имеют на 20–25 % меньше пластичность, чем при литье в кокиль, поскольку при литье в кокиль скорость кристаллизации выше и тем самым получается более мелкая структура и повышается концентрация легирующих элементов в твердом растворе. На свойства также влияет толщина стенки отливок (чем она больше, тем ниже свойства при одинаковых условиях).

Механические свойства силуминов зависят от способа литья и вида термической обработки (табл. 4).

Таблица 4. Механические свойства силуминов

Сплав	Способ литья	Термообработка	σ _в , не менее, МПа	δ, не менее, %	НВ, не менее
<i>I группа</i>					
AL2	З, ВМ, КМ	-	150	4,0	500
	К	-	160	2,0	500
	Д	-	160	1,0	500
	З, ВМ, КМ	T2	140	4,0	500
	К	T2	150	3,0	500
AK9	Д	T2	150	2,0	500
	З, В, К, Д	-	16С	1,0	600
	КД	T1	200	0,5	700
	ЗМ, ВМ	T6	240	1,0	800
AL4	К, КМ	T6	250	1,0	900
	З, В, К, Д	-	150	2,0	500
	КД	T1	200	1,5	600

Сплав	Способ литья	Термообработка	σ_B , не менее, МПа	δ , не менее, %	НВ, не менее	
АЛ4-1	ЗМ, ВМ	T6	230	3,0	700	
	К, КМ	T6	240	3,5	700	
	З, В, К, Д	-	160	3,0	500	
	КД	T1	200	2,0	700	
АК7	ЗМ, ВМ	T6	250	3,5	700	
	К, КМ	T6	270	4,0	700	
	З	-	130	0,5	600	
	К	-	160	1,0	600	
АЛ9	З	T5	180	0,5	750	
	К	T5	200	0,5	750	
	З, В, К	-	160	2,0	500	
	Д	-	170	1,0	500	
АЛ9	З, В, К, Д	T2	140	2,0	450	
	КМ	T4	190	4,0	500	
	З, В	T4	180	4,0	500	
	К, КМ	T5	210	2,0	600	
АЛ9-1	З, В	T5	200	2,0	600	
	ЗМ, ВМ	T5	200	2,0	600	
	ЗМ, ВМ	T6	230	1,0	700	
	ЗМ, ВМ	T7	200	2,0	600	
	ЗМ, ВМ	T8	160	3,0	550	
	З, В	T4	200	5,0	500	
	К, КМ	T4	230	5,0	500	
	З, В	T5	240	4,0	600	
	ЗМ, ВМ	T5	240	4,0	600	
	К, КМ	T5	270	4,0	600	
	ЗМ, ВМ	T6	280	2,0	700	
	К, КМ	T6	300	3,0	700	
АК10Су	Д	-	200	1,0	500	
	Д	T2	170	2,0	450	
	ЗМ, ВМ	T7	210	2,5	600	
	ЗМ, ВМ	T8	170	3,5	550	
АК5М2	К	-	170	1,0	700	
	<i>II группа</i>					
	З	-	120	-	650	
	К	-	160	0,5	650	
	З	T5	200	-	750	
	К	T5	210	0,5	750	
	З	T8	150	1,0	650	
	К	T8	180	2,0	650	
	Д	-	150	0,5	650	
	АЛ5	З, В, К	T1	160	0,5	650
З, В		T5	200	1,0	700	
К		T5	220	1,5	700	
З, В		T6	230	1,0	700	
АЛ5-1	З, В, К	T7	180	1,5	650	
	З, В, К	T1	180	1,0	650	
	З, В	T5	280	1,0	700	
	К, КМ	T5	300	1,5	700	

Продолжение табл. 4

Сплав	Способ литья	Термообра- ботка	σ_B , не менее, МПа	δ , не менее, %	НВ, не менее
АЛ5-1	З, В, К	T7	210	2,0	650
АК5М4	З	-	120	-	600
	К	-	160	1,0	700
	К	T6	200	0,5	900
АК5М7	З	-	130	-	700
	К	-	160	-	700
	К	T1	170	-	900
	З	T1	150	-	800
АК8М3	К	-	150	1,0	700
	К	T6	220	0,5	900
АК9М2	К	-	190	1,5	700
	Д	-	180	1,0	750
	К	T6	280	1,5	850
АК12М2р	К	-	190	1,0	700
АК12ММГН	К	T1	200	0,5	900
АК12М2МГН	К	T1	190	-	900
<i>III группа</i>					
АЛ19	З, В, К	T4	300	8,0	700
	З, В, К	T5	340	4,0	900
	З	T7	320	2,0	900
ВАЛ10	З, В	T4	300	10,0	700
	К	T4	320	12,0	800
	З, В	T5	400	7,0	900
	К	T5	440	9,0	1000
	З, В	T6	430	4,0	1100
	К	T7	330	5,0	900
	<i>IV группа</i>				
АЛ13	З, В, К	-	150	1,0	550
	Д	-	170	0,5	500
АЛ23	З	-	190	4,0	600
	К, Д	-	220	6,0	600
	З, К	T4	230	6,0	600
АЛ23-1	З	-	200	5,0	600
	К, Д	-	240	10,0	600
	З, К	T4	250	10,0	600
АЛ27	З, К, Д	T4	320	12,0	750
АЛ27-1	З, К, Д	T4	350	15,0	750
АЛ-28	З, В	-	200	4,0	550
	К	-	210	5,0	550
	Д	-	210	3,5	550
<i>V группа</i>					
АЛ-11	З, В	-	200	2,0	800
	К	-	210	1,0	800
	Д	-	180	1,0	600
АК9Ц6р	З	-	150	0,8	700
	К	-	170	0,8	800

Сплав АЛ2 получают из первичных металлов (силумина и алюминия). Сплав имеет невысокие механические свойства, характеризуется очень хорошими литейными свойствами, удовлетворительными технологическими и коррозионной стойкостью (табл. 5, 6), оцениваемой по потере массы (Δm). Используется в автомобилестроении для получения герметичных отливок, а также литых деталей сложной конструкции.

Сплавы АК9, АК9с, АЛ4 получают из вторичного сырья и первичных металлов. Имеют хорошие механические и литейные свойства при удовлетворительных технологических и коррозионной стойкости. Необходимо отметить, что коррозионная стойкость сплава АЛ4 выше, чем АК9. Сплавы АЛ4 и АК9 применяют для ответственных крупногабаритных деталей, например картеров двигателей внутреннего сгорания, корпусных деталей двигателей, и других сложных отливок, к которым предъявляются высокие требования по прочностным характеристикам. Основные потребители (> 85 %) этих сплавов: автомобильная промышленность и сельскохозяйственное машиностроение.

Сплавы АК7 и АЛ9 также получают из первичного сырья и вторичных материалов. Имеют средние механические свойства, хорошие литейные и удовлетворительные технологические. Следует отметить более низкую коррозионную стойкость сплава АК7 по сравнению со сплавом АЛ9. Сплавы АЛ9 и АК7 применяются для литья деталей средней нагруженности сложной конфигурации в различных отраслях промышленности.

Сплавы АК10Су и АК8Су изготавливаются из вторичного сырья. Обладают хорошими механическими и литейными свойствами, предназначены для литья корпусов электродвигателей. Применяются только в электромашиностроении.

Сплавы АЛ5 и АЛ5-1 изготавливаются из первичных металлов. Имеют хорошие литейные свойства и удовлетворительные механические. Применяются ограниченно. Объем их в общем объеме производимых литейных сплавов не превышает 3 %.

Сплав АК5М2 изготавливается из вторичного сырья. Имеет удовлетворительные литейные, механические и технологические свойства. В общем объеме литейных сплавов его доля составляет ~ 15 %. Применяется для изготовления средненагруженных деталей самого различного назначения, в том числе и для товаров культурно-бытового назначения. Необходимо отметить, что сплав АЛ3 (аналогичный сплаву АК5М2), производимый ранее из первичных металлов, в настоящее время практически не применяется.

Сплав АК5М7 также производится из вторичного сырья. При хороших механических свойствах имеет удовлетворительные литейные. Сплав разработан как жаропрочный для изготовления поршней. Однако в настоящее время для этих целей используется не более 10 % произво-

Таблица 5. Литейные, технологические, коррозионные свойства и области применения

Сплав	$t_{лит},$ °С	Жидкотекучесть, мм	Формо- запол- няемость ($d = 8$ см), мм	Пока- затель горяче- лом- кости, мм	Линейная усадка, %	Обраба- тывае- мость реза- нием
АЛ2	680-710	680-710	0,58	3	0,80	Плохая
АЛ4	700-760	620-650	0,55	4	0,84	Пониженная
АК9	680-720	590-620	0,45	6	1,14	Удовлетво- рительная
АЛ9	690-740	620-650	0,50	4	1,0	Хорошая
АК7	680-720	590-640	0,40	7	1,15	Удовлетво- рительная
АК5М2	680-720	470-520	0,40	10	1,23	Хорошая
АК5М7	680-720	390-500	0,70	9	1,25	То же
АК5М4	680-720	540-580	0,37	9	1,25	Удовлетво- рительная
АК12М2МгН	680-700	660-690	0,56	5	1,15	То же
АК18	760-780	-	-	7,5	1,05	"

Примечание. Жидкотекучесть определяли по прутковой пробе при перегреве кольцевой пробы [1].

димого сплава. Остальное количество потребляется для получения отливок, где не требуется жаропрочность. Поэтому медь, содержащаяся в сплаве, бесполезно теряется. В настоящее время вместо сплава АК5М7 рекомендован сплав АК5М4.

Сплав АК5М4 – на основе лома и отходов. При таких же свойствах как и сплав АК5М7 содержит меньше меди. В настоящее время объем его производства должен быть увеличен в 3 – 4 раза, прежде всего взамен сплава АК5М7.

Сплав АК8М3 – на основе лома и отходов. Разработан для получения отливок литьем под давлением для нужд автомобильной и электротехнической промышленности, а также сельхозмашиностроения. В настоя-

ния алюминиевых сплавов

Δt , мг/м ² · ч, в				
промыш- ленной атмос- фере	влажной (95 – 100°) при 50°С	морской воде	3%-ном растворе NaCl	Применение
4	–	6	–	Корпусные сложные детали, требующие повышенной коррозионной стойкости
5	–	7	–	Корпусные сложные детали, к которым предъявляют повышенные прочностные свойства
9	2	10	210	То же
5	–	5	–	Корпусные детали, крышки, корпуса подшипников
7	2	7	100	То же
14	2	15	240	Крышки, небольшие корпусные детали, втулки
15	3	23	780	Небольшие поршни, крышки, втулки, тормозные колодки
15	2,7	17	438	То же
–	–	–	–	Поршни для карбюраторных двигателей
–	–	–	–	Поршни для тяжелонагруженных дизельных двигателей

50 °С, формозаполняемость по пробе Энглера, горячеломкость – по ширине кольца

щее время его производство осваивается предприятиями вторичной цветной металлургии.

Сплавы АК9М2 и АК12М2р производятся с использованием лома и отходов. Предназначены для автомобилестроения. Сплав АК12М2р применяется только ПО АвтоВАЗ

Сплавы АК12М2МgН и АК12ММgН производятся из первичных материалов и предназначены для литья поршней.

Сплавы на основе Al–Cu, Al–Mg (III и IV группы) применяются для специальных нужд. Производятся только из первичных металлов в ограниченных количествах.

Сплав АК9Ц6 изготавливается из лома и отходов (используется значи-

Таблица 6. Физические свойства алюминиевых сплавов (литье и кокль)

Сплав	$t_{лик}$, °С	$t_{сол}$, °С	γ , г/см ³	$\alpha \cdot 10^6$, К ⁻¹ , при				Р, ЮМ·М	λ , Вт/(м·К)	C_p кДж/(кг·К)
				50-100°С	50-200°С	50-300°С	50-300°С			
АЛ2	571	557	2,72	22,0	23,2	24,0	47,4	176	1,08	
АЛ4	600	569	2,72	21,72	22,5	23,5	48,8	197	0,84	
АК9	598	560	2,65	20,0	24,8	27,4	54,0	180	0,96	
АЛ9	620	577	2,72	23,0	24,0	24,5	50,7	202	0,84	
АК7	606	554	2,66	22,5	23,75	24,25	57,0	176	1,05	
АЛ3	623	582	2,80	20,0	22,4	23,6	49,2	180	0,86	
АК5М2	608	558	2,74	17,9	19,9	21,7	57,0	159	0,98	
АК5М7	598	536	2,78	16,05	17,9	19,9	66,0	117	1,21	
АК5М4	608	558	2,79	17,9	23,8	-	59,0	130	1,13	
АК12М2МГН	580	557	2,72	-	21,0	-	-	168	-	
АК18	720	557	2,68	-	19,0	-	-	160	-	

тельное количество Al-Zn шлаков). Разработан взамен сплава АЛ11 и нашел применение в сельхозмашиностроении для изготовления корпусных деталей средней нагруженности.

Необходимо отметить, что во вторичных сплавах АК7, АК9, АК5М2, АК5М7 и АК5М4 содержится большее количество водорода и оксида алюминия, чем в аналогичных первичных.

Ниже приведено содержание H_2 и Al_2O_3 , количество зерен и их площадь в первичных (числитель) и вторичных (знаменатель) сплавах:

Сплав	АК7/АЛ9	АК9/АЛ4	АК5М2/АЛ3	АК5М7	АК5М4
Количество зерен, шт/см ²	99/42	84/36	106/54	116	112
Площадь зерна, мм ² ...	1,1/2,5	1,4/3,0	0,9/1,9	0,8	0,8
Содержание, %:					
H_2	0,38/0,18	0,38/0,20	0,40/0,22	0,45	0,42
Al_2O_3	0,28/0,128	0,264/0,107	0,292/0,132	0,311	0,32

Различны также и структурные характеристики этих сплавов. Поэтому механические свойства вторичных сплавов несколько хуже, чем первичных и для их повышения необходимо применение специальных методов обработки расплавов.

Таблица 7. Потребление литейных алюминиевых сплавов основными отраслями машиностроения, %

Отрасль машиностроения	Доля отрасли в общем потреблении первичных алюминиевых сплавов	Доля отрасли в общем потреблении вторичных алюминиевых сплавов	Доля первичных алюминиевых сплавов в общем количестве алюминия, потребляемого отраслью	Доля вторичных алюминиевых сплавов в общем количестве алюминия, потребляемого отраслью
Производство товаров культурно-бытового и хозяйственного назначения	12,6	41,8	28,7	71,3
Тракторное и сельскохозяйственное машиностроение	16,7	19,0	54,0	46,0
Тяжелое, транспортное и энергетическое машиностроение	4,37	1,97	75,6	24,4

Отрасль машиностроения	Доля отрасли в общем потреблении первичных алюминиевых сплавов	Доля отрасли в общем потреблении вторичных алюминиевых сплавов	Доля первичных алюминиевых сплавов в общем количестве алюминия, потребляемого отраслью	Доля вторичных алюминиевых сплавов в общем количестве алюминия, потребляемого отраслью
Автомобильная и подшипниковая промышленность	48,9	13,2	83,1	16,9
Химическое и нефтяное машиностроение	1,2	2,1	43,6	56,4
Приборостроение	4,4	2,6	69,5	30,5
Промышленность общего машиностроительного применения	1,5	5,6	24,2	75,8
Строительно-дорожное и коммунальное машиностроение	1,1	4,9	23,2	76,8
Электротехническая промышленность	9,0	6,6	64,5	35,5
Станкостроение и инструментальная промышленность	0,3	2,2	15,3	84,7

В настоящее время сложившуюся структуру потребления литейных алюминиевых сплавов (табл. 7) нельзя считать рациональной. Так, значительные объемы изготовленных из сплавов первичных материалов потребляются в автомобильной промышленности, сельхозмашиностроении, электротехнической промышленности. В то же время в США доля вторичных сплавов составляет 80 – 85 % от общего объема производства литейных сплавов, в Японии ~ 90 %, в Западной Европе 70 – 80 %. Поэтому перед вторичной цветной металлургией стоит задача по обеспечению требуемого качества производимых сплавов в необходимых количествах. Так, для автомобильной промышленности разработаны сплавы типа АК9М2 для замены сплава АЛ4. Намечено увеличить производство сплавов АК7 и АК5М4, расширить выпуск сплавов АК10Су и АК8Су. Применение разработанных сплавов увеличит долю применения вторичных сплавов в общем объеме литейных алюминиевых сплавов до 60 – 70 %, против 48 % в настоящее время.

2. ЛИТЕЙНЫЕ БРОНЗЫ И ЛАТУНИ

Области применения литейных бронз и латуней обусловлены их технологическими и эксплуатационными свойствами. В настоящее время для производства литейных бронз и латуней в основном используются в качестве металлошихты соответствующие сплавы в чушках, производимые предприятиями вторичной цветной металлургии из лома и отходов. Доля металлошихты в виде чушковых бронз в 1985 г. составляла около 87 %. Из них оловянных бронз в чушках от общего объема потребления – 81,7 %, безоловянных бронз в чушках – 89,9 %.

Оловянные бронзы имеют хорошую износостойкость, коррозионностойкость и прочность, используются для изготовления арматуры, подшипников, шестерен, втулок, работающих в условиях истирания, повышенного давления и воздействия агрессивных сред.

Из оловянных бронз широко применяется бронза Бр05Ц6С5 (71,5 % от общего объема производства оловянных бронз). Однако с 1981 г. снизилась потребность в оловянных литейных бронзах примерно на 2,3 % в год. Это объясняется применением подшипников качения вместо подшипников скольжения, увеличением межремонтных периодов, применением ресурсосберегающих технологий: наплавки, напайки, порошковой металлургии, использованием полимерных материалов.

Безоловянные бронзы применяют как заменители оловянных. По литейным свойствам они уступают оловянным, однако превосходят их по механическим, коррозионным и антифрикционным свойствам. Из безоловянных бронз > 96 % составляют алюминиевые бронзы. Они широко применяются в черной металлургии для изготовления деталей прокатных станов, судостроении – для изготовления гребных винтов крупных судов.

В XII пятилетке намечалось на 56 % увеличить производство алюминиевых литейных бронз в чушках, однако их рост пока не превышает 3 % в год.

Из первичных металлов производят литейные бронзы в следующих объемах: оловянно-фосфористые (Бр010Ф1, Бр010Ф0,5, Бр010Ф1Н1 и др.) 47,8 %; оловянно-цинковые (Бр010Ц2, Бр08Ц4 и др.) 12,0 %; оловянно-свинцовые (Бр010С10, Бр08С14, Бр010С2Н3 и др.) 9,0 %; алюминиево-марганцовистые (БрА10Мц2Л, БрА9Мц2л и др.) 5,1 % и другие (Бр030, БрК3Мц1 и др.) 17,1 %.

Из всего объема потребления бронз в чушках до 60 % в каждой отрасли используют на ремонтные нужды, а в черной металлургии и железнодорожном транспорте до 95 %. Следует ожидать дальнейшего снижения объемов потребления оловянных бронз, вследствие дефицитности олова и имеющихся новых технологий и материалов, способных заменить эти бронзы.

Таблица 8. Химический состав оловянных литейных бронз в чушках и отливках

Сплав	Вид продукции	Основные компоненты, %				
		Sn	Zn	Pb	P	Ni
БрО3Ц12С5	Отливка	2,0–3,5	8,0–15,0			
БрО3Ц13С5	Чушка	2,1–3,5	9,0–10,0	0,3–6,0	–	–
БрО3Ц7С5Н1	Отливка	2,5–4,0	6,0–9,5			
БрО3Ц8С4Н1	Чушка	2,6–4,0	7,0–10,0	3,0–6,0	–	0,5–2,0
БрО4Ц7С5	Отливка	3,0–5,0	6,0–9,0			
	Чушка	3,1–5,5	6,5–9,0	4,0–7,0	–	–
БрО4Ц4С17	Отливка	3,5–5,5	2,0–6,0	14,0–20,0	–	–
БрО5Ц5С5	Отливка	4,0–6,0	4,0–6,0			
БрО5Ц6С5	Чушка	4,1–6,0	4,5–6,5	4,0–6,0	–	–
БрО5С25	Отливка	4,0–6,0	–	23,0–26,0	–	–
БрО6Ц6С3	Отливка	5,0–7,0	5,0–7,0	2,0–4,0	–	–
БрО8С4	Отливка	7,0–9,0	4,0–6,0	–	–	–
	Отливка	9,0–11,0	–	–	0,4–1,1	–
БрО10Ф1	Отливка	9,1–10,5	–	–	0,5–1,1	–
	Чушка	9,1–10,5	–	–	0,5–1,1	–
БрО10Ц2	Отливка	9,0–11,0	1,0–3,0	–	–	–
БрО10С10	Отливка	9,0–11,0	–	8,0–11,0	–	–
БрО10Ф0,5	Отливка	9,0–11,0	–	–	0,2–0,8	–
БрО8С14	Отливка	7,0–9,0	–	11,0–17,0	–	1,5–2,0
БрО8С15	Отливка	7,0–8,0	–	12,0–18,0	–	–
БрО10С2Н3	Отливка	9,0–11,0	–	2,0–3,25	–	3,0–4,0
БрО10Ф1Н1	Отливка	8,0–10,0	–	–	0,2–0,4	1,0–1,5

Таблица 9. Физико-механические, технологические свойства и применение оловяня

Бронза	σ_B , МПа	δ , %	НВ, МПа	$t_{пл}$, °С	γ , г/см ³ $\alpha \cdot 10^6$, К ⁻¹	λ , Вт/(м·К)	КСУ, кДж/м ²
БрО3Ц12С5	206	5	588	980	8,6	17,1	256
БрО3Ц7С5Н1	206	5	588	1030	8,8	20,7	196–294

Примеси, не более, %							
Zn	Al	Fe	Si	P	Sb	прочие	сумма учиты- ваемых приме- сей, %
-	0,02	0,4	0,02	0,05	0,5	≤ 2,0 Ni	1,3
-	0,02	0,4	0,02	0,05	0,5	-	1,3
-	0,05	0,4	0,05	0,1	0,5	≤ 2,0 Ni	1,3
-	0,05	0,4	0,05	0,1	0,5	-	1,3
-	0,05	0,4	0,05	0,1	0,5	≤ 1,0 Ni	1,3
0,5	0,02	0,2	0,02	0,05	0,5	0,5 Zn	1,2
-	0,05	0,4	0,02	0,05	0,5	-	1,3
-	0,02	0,3	0,02	0,05	0,3	0,5 Pb	1,0
0,3	0,02	-	-	-	-	0,3 Pb	1,0
0,5	0,05	0,2	0,02	-	0,3	≤ 1,0 Ni; 0,5 Pb	1,4
-	0,02	0,3	0,02	0,05	0,3	0,5 Pb	1,0
0,5	0,02	0,2	0,02	0,05	0,3	-	0,9
-	0,02	0,2	0,02	-	0,5	0,005 Bi	0,75
-	0,02	0,2	0,02	-	0,5	0,005 Bi	0,75
-	-	-	-	-	-	-	1,3
0,5	0,02	0,3	0,02	0,1	0,3	0,020 Bi	1,20
0,35	0,005	0,3	0,2	-	0,025	0,06 S; 0,35 Pb	1,2

ных бронз

E, МПа	f	Линейная усадка, %	Жидкоте- кучесть, см	Применение
-	0,012/0,16	1,6	55	Арматура общего назначения, корпусные детали, вкладыши подшипников
-	0,08-0,1/0,76	1,5	40	Корпусные детали, работающие в масле, паре и пресной воде, антифрикционные детали, гребные винты, крышки на- сосного оборудования

Бронза	σ_B , МПа	δ , %	НВ, МПа	$t_{пл}$, °С	γ , г/см ³	$\alpha \cdot 10^6$, К ⁻¹	λ , Вт/(м·К)	КСУ, кДж/м ²
БрО4Ц7С5	176	4	588	980	8,9	17,1	58,7	196–294
БрО4Ц4С17	147	1,2	588	960	9,2	17,5	60,8	85
БрО5Ц5С5	176	4	588	975	8,8	17,7	77,1	122
БрО5С25	137	6	588	940	9,4	17,6	58,7	98–196
БрО6Ц6С3	176	4	588	967	8,82	17,1	75,4	196–294
БрО8Ц4	196	10	735	1000	8,78	16,6	68,3	194–245
БрО10Ф1	245	3	882	934	8,76	17	49	98–137
БрО10Ц2	225	10	735	1015	8500	18,3	55,3	98–149
БрО10С10	196	6	735	930	9000	–	45,3	235
БрО10Ф0,5	300	6	980	934	8760	17	49	98–137
БрО8С14	150	3	637	940	9100	17,1	41,9	98–137
БрО10С2НЗ	250	5	735	–	–	–	29,3	490
БрО10Ф1Н1	294	10	882	–	–	–	–	–

Примечание. В числителе приведены значения коэффициента трения со смазкой,

Е, МПа	f	Линейная усадка, %	Жидкоте- кучесть, см	Применение
84000	0,012/0,16	1,43	40	Подшипники скольжения, гайки ходовых винтов, червячные колеса, накладные направляющие, арматура
—	0,01/0,1	1,6	25	Подшипники скольжения, работающие при повышенных скоростях, гайки ходовых винтов, моторно-осевые вкладыши
90000	0,009/0,15	1,6	40	Подшипники скольжения, гайки ходовых винтов, червячные колеса, накладные направляющие, втулки картеров редукторов, шестерни, гайки, вкладыши, запорная арматура, корпуса, ремонтные нужды
70000	0,004/0,14	1,5	20	Биметаллические подшипники скольжения
90000	0,009/0,16	1,6	40	Арматура, антифрикционные детали, вкладыши подшипников
100000	0,006/0,3	1,4–1,5	54	Арматура, фасонные части трубопроводов, насосы, работающие в морской воде
103000	0,008/0,1	1,44	45	Узлы трения арматуры, высоконагруженные детали шнековых приводов, нажимные и шпindelные гайки, венцы червячных колес
100000	0,06–0,008/ /0,16–0,2	1,45– 1,51	40	Арматура, антифрикционные детали, вкладыши подшипников, детали трения и облицовки гребных валов
—	—/—	1,5	26	Подшипники скольжения, работающие в условиях высоких удельных давлений
103000	0,008/0,1	1,44	—	Подшипники скольжения, гайки ходовых винтов, червячные колеса в ответственных узлах трения
75000	0,005/0,1	1,4	—	Подшипники скольжения шпинделя, работающие при высоких скоростях, гайки ходовых винтов, работающие при повышенных скоростях и удельных давлениях
—	—	—	—	Детали гидроаппаратуры
—	—	—	—	Детали лифтостроения

в знаменателе — без смазки.

Химические составы оловянных бронз приведены в табл. 8, физико-механические и технологические свойства, области применения показаны в табл. 9.

Характеристики литейных бронз. Оловянные бронзы основываются на системах Cu-Sn (рис. 2), Cu-Sn-P, Cu-Sn-Zn, Cu-Sn-Pb, Cu-Sn-Pb-Zn и Cu-Sn-Pb-Zn-Ni.

Сплавы характеризуются широким температурным интервалом кристаллизации, значительной растворимостью олова в твердом состоянии и склонностью к дендритной ликвации. Структура бронз с содержанием Sn < 8 % представляет собой α -твердый раствор дендритного строения с неравномерным распределением компонентов вследствие дендритной ликвации.

При содержании Sn > 8 % структура сплава состоит из α -фазы, эвтектоида $\alpha + \delta$ (δ -фаза - интерметаллидное соединение Cu_3Sn_8). Чем больше содержание Sn в сплаве, тем выше твердость и прочность бронзы. Однако двойные бронзы состава Cu-Sn почти не применяются. Как правило, они легированы другими компонентами, улучшающими механические, технологические и служебные характеристики.

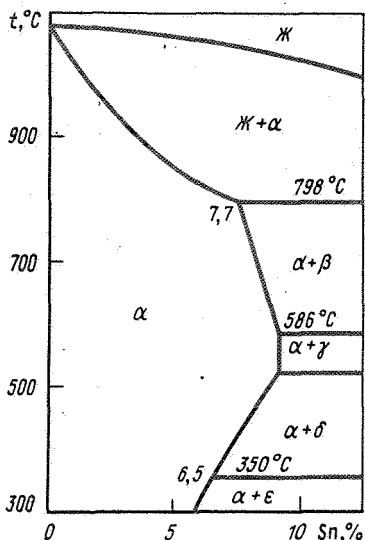


Рис. 2. Диаграмма состояния Cu-Sn

На свойства оловянных бронз отрицательно влияет алюминий и кремний. Уже сотые доли процента этих элементов снижают механические свойства, приводят к усилению поглощения водорода при плавке, из-за чего ухудшается герметичность из оловянных бронз.

Железо и сера ухудшают литейные свойства, способствуют снижению плотности. Другие примеси (сурьма, висмут, мышьяк) в допустимых пределах особого влияния не оказывают.

Кислород образует оксиды легирующих и примесных металлов, способствует снижению литейных свойств, прежде всего жидкотекучести и повышению пористости, что ухудшает герметичность деталей. Кроме того, снижаются коррозионная стойкость и антифрикционные свойства.

Водород снижает плотность отливок, вызывая снижение герметичности и ухудшение механических свойств.

Бронза БрО10Ф1 производится из первичных металлов, в настоящее время разработана технология ее получения из вторичного сырья. Введение фосфора – хорошего раскислителя, способствующего упрочнению, повышает износостойкость бронзы и улучшает ее антифрикционные свойства.

Бронзы БрО10Ц2, БрО8Ц4 готовятся из первичных металлов. Цинк входит в твердый раствор и несколько повышает прочность и пластичность сплава. Применяются в условиях жидкостного трения. Литейные свойства бронз удовлетворительные.

Бронзы БрО5С25, БрО10С10, БрО8С14, БрО8С15 изготавливают из первичных металлов. Введение свинца улучшает антифрикционные свойства в условиях сухого трения. Свинец образует в структуре бронз самостоятельные выделения мягкой металлической фазы. С увеличением содержания свинца прочность и твердость снижаются, улучшается обрабатываемость резанием.

Бронзы БрО5Ц5С5, БрО3Ц12С5, БрО4Ц7С5 производят преимущественно из чушковых сплавов, иногда с незначительными добавками первичных металлов. Удачное сочетание содержания олова, цинка и свинца в БрО5Ц5С5 (по 4 – 6 %) обеспечивает этому сплаву хороший комплекс литейных, технологических и служебных свойств. Эта бронза широко применяется в различных отраслях. При повышении содержания цинка возрастает коррозионная стойкость в морской воде.

Бронза БрО3Ц7С5Н1 производится преимущественно из вторичного сырья. Введение никеля измельчает макроструктуру, выравнивает свойства литого металла по сечению отливки из-за уменьшения ликвации и повышает пластичность и прочность сплава.

В литейном производстве из безоловянных бронз применяются бронзы на основе Cu – Al – Fe, Cu – Al – Mn, Cu – Al – Fe – Mn, Cu – Al – Fe – Ni. Химический состав безоловянных бронз, свойства и области их применения приведены в табл. 10.

Эти бронзы используются сравнительно недавно (с начала XX века), но благодаря комплексу свойств и значительно меньшей стоимости они постепенно вытесняют оловянные бронзы. Алюминий является более сильным упрочнителем твердого раствора (рис. 3). С понижением температуры растворимость увеличивается до 0,4 %. Фаза β является твердым раствором на основе интерметаллического соединения Cu_3Al и при 565°C подвергается эвтектоидному распаду: $\beta \rightarrow \alpha + \gamma_i$, γ_i – твердый раствор на основе интерметаллида. Благодаря присутствию этой фазы повышается прочность, наибольшее значение которой при содержании алюминия 11 %. Однако пластичность таких сплавов снижается. При оптимальном содержании в сплаве алюминия (6 – 9 %)

28 Таблица 10. Химический состав, физико-механические и технологические свойства, области применения безоловянных бронз

Сплав	Вид продукции	Основные компоненты, %										Примеси, не более, %	
		Al	Fe	Mn	Ni	Ni	Pb	P	Zn	Прочие	Сумма учитываемых примесей		
БРА9Мц2Л БРА10Мц2Л БРА9Ж3Л БРА10Ж3Р БРА10Ж3Мц2 БРА10Ж4Н4Л БРА11Ж6Н6 БРА9Ж4Н4Мц1 БРС30 БРА7Мц15Ж3Н2Ц2	Отливка	8,0-9,5	-	1,5-2,5	-	1,0	0,1	0,1	1,5	1,0Fe	2,8		
	Отливка	9,6-11,0	-	1,5-2,5	-	1,0	0,1	0,1	1,5	1,0Fe	2,8		
	Отливка	8,0-10,5	2,0-4,0	-	-	1,0	0,1	0,1	1,0	0,5Mn	2,7		
	Чушка										1,7		
	Отливка	9,0-11,0	2,0-4,0	1,0-3,0	-	0,5	0,3	0,01	0,5	-	1,0		
	Чушка			1,3-3,0									
	Отливка	9,5-11,0	3,5-5,5	-	3,5-5,5	-	0,05	0,1	0,5	0,5Mn	1,5		
	Отливка	10,5-11,5	5,0-6,5	-	5,0-6,5	-	0,05	0,1	0,6	0,5Mn	1,5		
	Отливка	8,8-10,0	4,0-5,0	0,5-1,2	4,0-5,0	-	0,05	0,03	1,0	-	1,2		
	Отливка	-	-	-	-	0,5	-	0,1	0,1	0,2Fe	0,9		
Отливка	6,6-7,5	2,5-3,5	14,0-15,5	1,5-2,5	-	0,05	0,02	-	0,05Mn	0,5			
Сплав	Вид продукции	$t_{пл}, ^\circ\text{C}$	$\gamma, \text{г/см}^3 \cdot 10^6, \text{К}^{-1}$	$\lambda_1, \text{Вт/(м}\cdot\text{К)}$	$f, \text{КДж/м}^2$	Жидкосте-кучесть, %	Линейная усадка, %	Применение					
БРА9Мц2Л	Отливка	1060	7,6	17	58,7	686-784	0,006/0,18	50	2	Антифрикционные детали			
БРА10Мц2Л	Отливка	1060	7,6	20,1	71,2	-	0,006/0,23	-	-	детали арматуры, работающие в пресной воде, жидком топливе и паре до 250°C			То же

БрА9ЖЗЛ	Отливка	1040	7,5	-	50,3 - 58,7	588-784	-	70	2,4	Антифрикционные детали, арматура (втулки, шестерни, гайки, кольца, вкладыши)
БрА10ЖЗр	Чушка									То же
БрА10ЖЗМц2	Отливка чушка	1045	7,5	16	50,3 - 58,7	490-784	0,012/0,25	60	2,2	Детали химической и пищевой промышленности, носки, а также детали, работающие при по- вышенных температу- рах
БрА10Ж4Н4Л	Отливка	1084	7,5	-	58,7	392	0,011/0,23	70	1,9	
БрА11Ж6Н6	Отливка	1135	8,1	14,9	58,7	690	0,006/0,18	70	1,8	Антифрикцион- ные детали
БрА9Ж4Н4Мц1	Отливка	-	-	-	-	-	-	-	-	Антифрикционная Арматура, работающая в морской воде
БрС30	Отливка	990	9,4	18,4	142,5	49-98	0,09/0,17	35	1,6	Антифрикционные детали, вкладыши
БрА7Мц15ЖЗН2Ц2	Отливка	-	-	-	-	-	-	-	-	Подшипники скольжения главного шпинделя, работающие при повы- шенных скоростях

Примечания. 1. В числителе значения коэффициента трения со смазкой, в знаменателе - без смазки. 2. Примесь As содержится в БрА10ЖЗМц2 - 0,01 %, БрС30 - 0,1 %, в остальных бронзах - 0,05 %. 3. Примесь Sb содержится в БрС30 - 0,3 %, в остальных бронзах - 0,05 %. 4. Примеси Sn, Si в БрА10ЖЗМц2, БрС30 (Si 0,02 %), БрА7Мц15ЖЗН2Ц2 - 0,1 %, в остальных бронзах - 0,2 %.

достигаются хорошие прочностные и пластические свойства. Для измельчения зерна и упрочнения твердого раствора в алюминиевые бронзы вводят 1–4 % Fe. Введением железа замедляется эвтектоидный распад β -фазы с образованием хрупкой γ_2 -фазы на основе интерметаллидного соединения. Это особенно важно при получении крупных

отливок литьем в песчано-глинистую форму. Вследствие малых скоростей охлаждения отливки γ_2 -фазы выделяются в виде крупных пластин, охрупчивающих сплав.

Марганец вводят в алюминиевые бронзы для повышения коррозионной стойкости, прочностных и пластических свойств. Его добавляют как в алюминиевые бронзы (например, БрА9Мц2), так и в алюминиево-железные бронзы (бронзы БрА10ЖЗМц2).

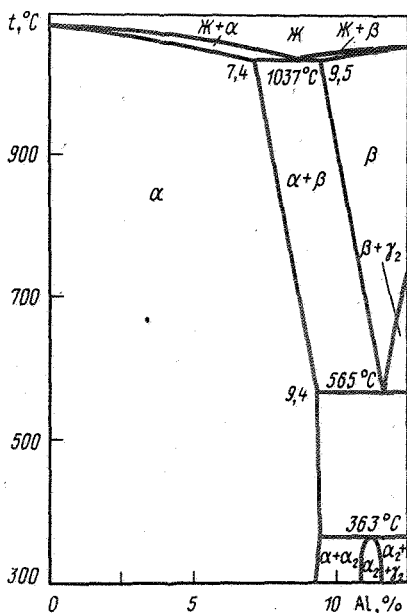


Рис. 3. Диаграмма состояния Cu – Al

Никель в алюминиевых бронзах образует фазы Ni_3Al и $NiAl$ с переменной растворимостью в твердом состоянии, поэтому бронзы типа Cu–Al–Fe–Ni подвергаются термообработке (закалка + отжиг), в результате которого твердость может увеличиваться более чем в 2 раза, повышается прочность при хорошей пластичности.

Вредные примеси в алюминиевых бронзах – олово, кремний, цинк, фосфор, магний, сера, мышьяк и сурьма. Они по разному влияют на литейные, технологические и эксплуатационные свойства отливок.

Кислород в алюминиевых бронзах образует оксиды алюминия, железа и марганца. При попадании их в отливку ухудшается ее качество.

Водород в алюминиевых бронзах также снижает механические свойства. Однако надо учитывать, что алюминий снижает растворимость водорода.

Алюминиевые бронзы с добавками железа, марганца и никеля позволяют получать плотные отливки. Однако они отличаются большей

Таблица 11. Химический состав литейных латуней в чушках

Латунь	Основные компоненты, %										Примеси, не более, %										Сумма учи- тывае- мых при- месей
	Cu	Pb	Si	Mn	Fe	Al	Sn	Fe	Al	Si	Mn	Pb	Sn	P	Ni						
ЛС	56-61	0,8-1,9	-	-	-	-	-	-	0,8	0,5	0,3	0,5	-	0,5	-	1,0	2,0				
ЛСд	57-61	0,8-1,5	-	-	-	-	-	-	0,5	0,2	0,2	0,5	-	0,3	-	0,5	1,5				
ЛС1	56-61	0,8-2,5	-	-	-	-	-	-	0,8	0,7	0,5	1,0	-	0,7	-	1,0	2,7				
ЛОС	60-75	1,0-3,0	-	-	-	-	-	-	0,5- 1,5	0,7	0,3	0,5	-	-	-	1,0	1,5				
ЛК	76-81	-	2,8-4,5	-	-	-	-	-	0,6	0,1	-	0,8	0,5	0,3	0,1	0,2	2,5				
ЛК1	78-81	-	3,0-4,5	-	-	-	-	-	0,6	0,04	-	0,8	0,5	0,3	0,1	0,2	2,4				
ЛК2	76-81	-	1,9-2,8	-	-	-	-	-	0,6	0,1	-	0,8	0,5	0,3	0,1	0,2	2,5				
ЛКС	76-81	2,0-4,0	2,5-4,5	-	-	-	-	-	0,6	0,1	-	0,8	-	0,3	0,1	0,2	2,0				
ЛМцС	56-60	1,5-2,5	-	1,8-2,5	-	-	-	-	0,8	0,8	0,4	-	-	0,5	0,05	1,0	2,2				
ЛМцЖ	53-58	-	-	3,0-4,0	0,5-1,5	-	-	-	-	0,6	0,2	-	0,3	0,5	0,05	0,5	1,7				
ЛА	63-68	-	-	-	-	2,2-3,0	-	-	0,8	-	0,3	0,5	0,7	0,7	0,05	0,3	2,6				
ЛАЖМц	63-70	-	-	1,5-3,0	2,0-4,0	4,0-7,0	-	-	-	-	0,3	-	0,7	0,7	-	1,0	1,8				
ЛМцКА	57-60	-	0,5-1,3	2,0-3,0	-	0,75-1,50	-	-	0,6	-	-	-	0,6	0,1	0,05	1,0	1,3				

Примечания. 1. Содержание Ni допускается за счет меди и в сумму примесей не входит. 2. Примесь Sb в латунях ЛС, ЛСд, ЛС1, ЛМцКА содержится 0,05 %, в остальных литейных бронзах - 0,1 %. 3. Примесь As в латунях ЛМцКА, ЛМцЖ, ЛМцС содержится 0,05 %, в ЛА - 0,1 %. 4. Примесь Bi в латунях ЛМцКА, ЛА, ЛМцЖ, ЛМцС содержится 0,01 %.

линейной усадкой, склонны к образованию крупностолбчатой структуры. Поэтому получение годных отливок из этих бронз сложнее, чем из оловянных.

Бронза БрА9ЖЗЛ изготавливается из чушковых сплавов. Получила наибольшее распространение из-за ее хорошей технологичности. При литье требует тщательного соблюдения технологических режимов.

Бронза Бр10ЖЗМц2 также готовится из чушкового сплава на основе лома и отходов. Применяется в основном для арматуры.

Другие бронзы выплавляются из первичных металлов.

В производстве бронз доля вторичного сырья составляет 92–98 %, что является хорошим показателем. В перспективе предполагается уменьшение потребления оловянных бронз типа Бр05Ц6С5 и увеличение потребности в безоловянных бронзах типа БрА10ЖЗр и БрА10ЖЗМц2. Также должны быть разработаны новые трехкомпонентные бронзы типа Cu–Sn–Pb для деталей, работающих в условиях сухого трения и типа Cu–Sn–Zn для условия жидкостного и полужидкостного трения. Отличительной особенностью этих бронз должно быть пониженное содержание в них олова при хорошей работоспособности.

Расплав латуней в литейных цехах готовят из первичных металлов и из латуней литейных в чушках. Доля чушковых латуней (табл. 11) в общем выпуске литейных латуней составила: латуни литейные из чушек 92,6 %, из них свинцовые латуни (типа ЛС) 77,2 %, в том числе из чушек 95,6 %; из них кремнистые латуни 14,2 %, из них многокомпонентные и другие латуни 8,6 %, в том числе из чушек 57,9 %.

Из первичных металлов производят литейные латуни (табл. 12) в следующих объемах: свинцовые (ЛС59–1, ЛС–60 и др.) 46,3 %, кремнистые (ЛК80–3) 4,9 %, многокомпонентные (ЛМц58–2, ЛАЖМц66–6–3–2 ЛМцА53–3–1, ЛМцКА58–2–1–1 и др.) 48,8 %, в том числе ЛМцКА58–2–1–1 77,5 %.

Из всего объема вторичных латуней ~ 25 % потребляет подшипниковая промышленность для изготовления сепараторов подшипников, до 30 % используется в производстве арматуры (химической, сантехнической и другой). Свойства и области применения латуней приведены в табл. 13.

Латуни – сплавы меди с цинком делят на двойные (простые) и специальные (дополнительно легированные Pb, Sn, Si, Fe, Mn, Al, Ni). Для изготовления отливок применяют специальные латуни. В соответствии с диаграммой состояния Cu–Zn (рис. 4) в зависимости от содержания цинка различают однофазные α -латуни (с содержанием цинка < 38 %), двухфазные $\alpha + \beta$ -латуни (β -фаза твердый раствор на основе соединения CuZn) и β -латунь (при содержании цинка > 48 %). Свойства латуней определяют свойства фаз: α -латунь высокопластичная, но малопрочная, β -латунь имеет высокую хрупкость, но твердая и прочная.

Таблица 12. Химический состав легких латуней

Сплав	Основные компоненты, %						Примеси, не более, %											Сумма учи- тывае- мых при- месей
	Cu	Al	Mn	прочие	Pb	Si	Sn	Sb	Mn	Fe	Al	P	Ni					
ЛЦ40С	57-61	-	-	0,8-3,0Pb	-	0,3	0,5	0,05	0,5	0,8	0,5	-	1,0	2,0				
ЛЦ40Сд	58-61	-	-	0,8-2,0Pb	-	0,2	0,3	0,05	0,2	0,5	0,2	-	1,0	1,5				
ЛЦ40Мц1,5	57-60	-	1,0-2,0	-	0,7	0,1	0,5	0,1	-	1,5	-	0,03	1,0	2,0				
ЛЦ40Мц3К	53-58	-	3,0-4,0	0,5-1,5Fe	0,5	0,2	0,5	0,1	-	-	0,6	0,05	0,5	1,7				
ЛЦ40Мц3А	55-58,5	0,5-1,5	2,5-3,5	-	0,2	0,2	0,5	0,05	-	1,0	-	0,03	1,0	1,5				
ЛЦ38Мц2С2	57-60	-	1,5-2,5	1,5-2,5Pb	-	0,4	0,5	0,1	-	0,8	0,8	0,05	1,0	2,2				
ЛЦ30А3	66-68	2,0-3,0	-	-	0,7	0,3	0,7	0,1	0,5	0,8	-	0,05	0,3	2,6				
ЛЦ25С2	70-75	-	-	0,5-1,5Sn	-	0,5	-	0,2	0,5	0,7	0,3	-	1,0	1,5				
ЛЦ23А6Ж3Мц2	64-68	4,0-7,0	1,5-3,0	2,0-4,0Fe	0,7	0,3	0,7	0,1	-	-	-	-	1,0	1,8				
ЛЦ16К4	78-81	-	-	3,0-4,5Si	0,5	-	0,3	0,1	0,8	0,6	0,04	0,1	0,2	2,5				
ЛЦ14К3С3	77-81	-	-	2-4Pb; 2,5-4,5Si	-	-	0,3	0,1	1,0	0,6	0,3	-	0,2	2,3				
ЛМцКА58-2-1-1	57-60	0,75-1,5	2,0-3,0	0,5-1,25Si	0,2	-	-	0,005	-	0,6	-	0,01	-	1,3				

Таблица 13. Физико-химические, технологические свойства и применение литейных

Сплав	Способ литья	σ_B , МПа	δ , %	НВ, МПа	γ , г/см ³	$t_{пл}$, °С	$\alpha \cdot 10^6$, К ⁻¹	f
ЛЦ40С	П	215	12	686	8,5	900	20,1	0,013/0,17
	К, Ц	215	20	784				
ЛЦ40Сд	Д	196	6	686	8,5	900	20,1	0,013/0,17
	К	264	18	980				
ЛЦ40Мц1,5	П	372	20	980	8,2	910	20,0	-
	К, Ц	392	20	1078				
ЛЦ40Мц3Ж	П	441	18	882	8,5	890	19,0	0,013/0,17
	К	490	10	980				
	Д	392	10	882				
ЛЦ40Мц3А ЛЦ38Мц2С2	К, Ц	441	15	1127	8,4 8,5	920 900	- 20,6	- 0,016/0,24
	П	245	15	784				
	К	343	10	833				
ЛЦ30А3	П	294	12	784	8,5	995	-	-/-
	К	392	15	882				
ЛЦ25С2 ЛЦ23А6Ж3Мц2	П	146	8	583	8,5 8,5	- 899	17 19,8	-/- -/-
	П	686	7	1568				
	К, Ц	705	7	1617				

латуней

КСИ, кДж/м ²	Линей- ная усадка, %	Жидко- теку- честь, см	λ , Вт/(м·К)	Применение
255	2,29	30	108,9	Гайки, сальники, корпуса, пароводяная арматура, детали станко-строения, фасонное литье арматуры, втулки и сепараторы шариковых и роликовых подшипников
255	2,2	30	—	Литье под давлением деталей арматуры (втулки, тройники, переходники, угольники, соединители, гайки), работающих в среде воздуха и пресной воды, медицинская и газовая аппаратура, детали сантехарматуры, корпуса кранов, штуцера, судовая арматура, приборостроение
—	1,6	—	71,2	Детали простой конфигурации, работающие при ударных нагрузках, и детали узлов трения, работающие в условиях спокойной нагрузки при 60°С, детали судовой арматуры
343	1,6	30	62,8	Несложные по конфигурации детали ответственного назначения и арматуры морского судостроения, массивные детали, гребные винты и их лопасти для судов с металлическими корпусами
343	1,8	35	100,6	Детали несложной конфигурации
686	1,8	40	46,1	Конструкционные детали и аппаратура для судов, антифрикционные детали несложной конфигурации (втулки, вкладыши, гайки, ползуны, арматура вагонных подшипников), детали трубопроводной
784—980	1,3	57	113,1	Коррозионностойкие детали, применяемые в судостроении и машиностроении
—	—	—	—	Штуцера гидросистем автомобилей
137—274	1,8	47	49,9	Ответственные детали, работающие при высоких удельных и знакопеременных нагрузках, при изгибе, а также антифрикционные детали (нажимные винты, гайки нажимных винтов прокатных станков, венцы червячных колес, втулки)

Сплав	Спо-соб литья	$\sigma_{В'}$, МПа	δ , %	НВ, МПа	γ , г/см ³	$t_{пл}$, °С	$\alpha \cdot 10^6$, f К ⁻¹
ЛЦ16К4	П	294	15	980	8,3	900	17
	К	343	15	1078			0,01/0,19
ЛЦ16К4С3	К	294	15	980	8,6	900	17
	П	245	7	882			0,009/0,15
ЛМцКА58-2-1-1	К	353	5	1274	-	-	- / -

Примечание. В числителе значения коэффициента трения f со смазкой, в зна-

Латуни обладают хорошими литейными свойствами, однако чувствительны к перегреву.

Латуни ЛЦ40С, ЛЦ40Сд – наиболее применяемые латуни, их изготавливают из чушковых сплавов на основе лома и отходов. Добавка свинца улучшает антифрикционные свойства и обрабатываемость резанием.

Латунь ЛЦ40С отливают преимущественно в кокиль и центробежным литьем, а ЛЦ40Сд – литьем под давлением.

Латунь ЛЦ40МцЗАЖ получают из первичного и вторичного сырья. Марганец повышает прочность и коррозионную стойкость, но несколько снижает жидкотекучесть. Железо сильно измельчает структуру, вследствие чего значительно улучшаются механические свойства.

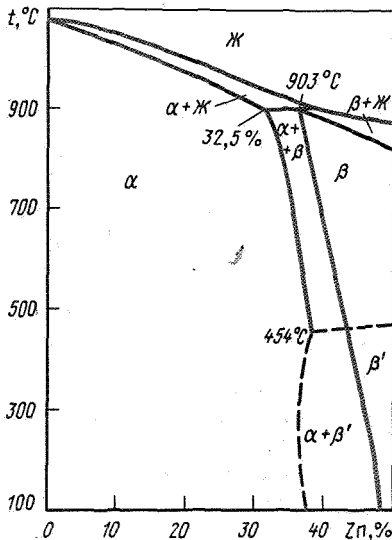


Рис. 4. Диаграмма состояния Cu – Zn

КСУ, кДж/м ²	Линей- ная усадка, %	Жидко- теку- честь, см	λ , Вт/(м·К)	Применение
1176	1,7	60	83,8	Сложные по конфигурации детали приборов и арматуры, работающие при < 250°С, детали, подвергающиеся действию морской воды (шестерни, детали узлов трения), зубчатые колеса, гайки, крышки, корпуса, вкладыши, втулки
392	1,7	40	83,8	Подшипники, втулки, вкладыши
—	—	—	—	Кольца синхронизаторов автомобилей

менателе — без смазки.

Латуни ЛЦ16К4 и ЛЦ14К3С3 изготавливают из первичных и вторичных металлов. Ввод кремния повышает прочность при сохранении пластичности, добавки свинца улучшают обрабатываемость резанием. Латуни отличаются хорошими литейными свойствами.

Латунь ЛМцКА58-2-1-1 изготавливается из вторичных сплавов. Легирование ее марганцем, кремнием и алюминием обеспечивает хорошие литейные, технологические и эксплуатационные свойства.

В производстве латуней 90 — 95 % шихтовых материалов — лом и отходы, поэтому их изготовление следует считать экономически целесообразным. В перспективе будет развито производство специальных латуней (ЛМцЖ для нужд подшипниковой промышленности, ЛМцКА (ЛМцСКА) — для автомобильной промышленности), а также повышено качество всех выпускаемых марок благодаря уменьшению интервала концентраций основных компонентов, снижению содержания примесей, газовых и шлаковых включений.

3. ЦИНКОВЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ СПЛАВЫ

Расплав цинковых сплавов в литейных цехах готовят из чушковых цинковых сплавов (табл. 14), выпускаемых предприятиями цветной металлургии из первичных металлов: цинка, алюминия, меди и магния.

Наиболее крупным потребителем цинковых литейных сплавов в чушках является автомобильная промышленность.

Таблица 14. Химический состав литейных цинковых сплавов

Сплав	Основные компоненты, %				Примеси не более, %						
	Al	Cu	Mg	Cu	Pb	Fe	Sn	Cd	Si		
ZnAlMg	3,5-4,5	-	0,02-0,06	0,06	0,004	0,06	0,001	0,003	0,015		
	3,5-4,3	-	0,03-0,06	0,03	0,003	0,03	0,001	0,002	0,015		
ЦА40	3,5-4,5	-	0,02-0,06	0,06	0,005	0,06	0,001	0,003	0,015		
	3,9-4,3	-	0,03-0,06	0,03	0,004	0,05	0,001	0,002	0,015		
ЦА4	3,5-4,5	-	0,02-0,06	0,06	0,01	0,07	0,002	0,005	0,015		
	3,5-4,3	-	0,03-0,06	0,03	0,004	0,06	0,001	0,003	0,015		
ZnAlCu1A	3,5-4,3	0,7-1,3	0,02-0,06	-	0,004	0,06	0,001	0,003	0,015		
	3,5-4,3	0,7-1,2	0,03-0,06	-	0,003	0,03	0,001	0,002	0,015		
ЦА4M10	3,5-4,5	0,7-1,3	0,02-0,06	-	0,005	0,06	0,001	0,003	0,013		
	3,9-4,3	0,7-1,2	0,03-0,06	-	0,004	0,05	0,001	0,002	0,015		
ЦА4M1	3,5-4,5	0,7-1,3	0,02-0,06	-	0,01	0,07	0,002	0,005	0,015		
	3,5-4,3	0,7-1,2	0,03-0,06	-	0,004	0,05	0,002	0,005	0,015		
ЦА4M1B	3,5-4,5	0,6-1,3	0,02-0,10	-	0,02	0,12	0,005	0,015	0,03		
	3,5-4,3	0,6-1,3	0,03-0,06	-	0,004	0,03	0,001	0,002	0,03		
ЦА4M1B	3,5-4,5	2,5-3,7	0,02-0,06	-	0,004	0,06	0,001	0,003	0,015		
	3,5-4,3	2,5-3,5	0,03-0,06	-	0,005	0,05	0,001	0,002	0,015		
ZnAlCu3A	3,5-4,5	2,5-3,7	0,02-0,06	-	0,01	0,07	0,002	0,005	0,015		
	3,5-4,3	2,5-3,5	0,03-0,06	-	0,005	0,05	0,001	0,002	0,015		
ЦА4M3	3,5-4,5	2,5-3,7	0,02-0,06	-	0,01	0,07	0,002	0,005	0,015		
	3,5-4,3	2,5-3,5	0,03-0,06	-	0,005	0,05	0,001	0,002	0,015		
ЦАМ9-1,5Л	8,0-11,0	1,0-2,0	0,03-0,06	-	0,03	0,15	0,01	0,02	0,10		
	9,0-11,0	1,0-2,0	0,03-0,06	-	0,02	0,10	0,01	0,015	0,03		

ЦАМ9-5Л	9,0-12,0	4,0-5,5	0,03-0,06	-	0,03	0,15	0,02	0,10
ЦАМ10-5Ч					0,02	0,10	0,015	0,03
ЦАМ30-5	29,0-32,0	4,0-5,5	0,02-0,08	-	0,02	-	0,015	0,075

Примечания. 1. В числителе — содержание основных компонентов и примесей в отливках, в знаменателе — в чушках. В остальных случаях химический состав для отливок и чушек одинаков. 2. В сплаве ЦАМ 30-5 содержание Fe в основных компонентах 0,01 — 0,5 %.

Таблица 15. Физико-механические и технологические свойства, области применения цинковых сплавов

Марка сплава	Способ литья	$\sigma_{вп}$, МПа	δ , %	НВ, МПа	γ , г/см ³	$t_{дл}^*$, °С	λ , Вт/(м·К)	$\alpha \cdot 10^6$, К ⁻¹	Применение
ZnAl4	К	196	1,2	686	-	-	-	-	Детали для автомобилей, электротехнической и машиностроительной промышленности
ЦА40, ЦА4	Д	256	1,8	686	6,7	380	113	26	Ответственные детали с устойчивыми размерами
ZnAl4Cu1A	К	215	1	784	-	-	-	-	Неответственные детали с устойчивыми размерами
ЦА4М10, ЦА4М1	Д	270	1,7	784	6,7	380	109	26,5	Детали для автомобильной, электротехнической и машиностроительной промышленности Коммутирующие изделия к тракторному оборудованию, детали электропривода и электроаппаратов, особо ответственные детали Корпуса пробковых кранов, мебельная фурнитура, поршни, тормозные краны и регуляторы давления тракторных агрегатов, корпуса, ручки,

Марка сплава	Способ литья	σ_B , МПа	δ , %	НВ, МПа	γ , г/см ³	$t_{пл}$, °С	λ , Вт/(м·К)	$\alpha \cdot 10^6$, К ⁻¹	Применение
ЦА4М1в	К, Д	196	0,5	637	--	--	--	--	Маховики, кронштейны, кулачки автоматнитол, детали вычислительной техники, товары народного потребления (скобяные и замочные изделия, сувениры, игрушки, застежки-молнии и т.п.)
ZnAl4Cu3A	П	215	1	833	--	--	--	--	В различных отраслях промышленности для литья неотчетственных изделий
ЦА4М3о	К	235	1	882	--	--	--	--	В автомобильной и других отраслях промышленности для изготовления деталей повышенной прочности
ЦА4М3	Д	290	1,5	882	6,8	379	105	29,5	То же
ЦАМ9-1,5Л	--	245	1	931	6,2	400	--	26,9	-- " --
ЦАМ10-5Л	К	245	0,4	980	6,3	380	100,6	27	Моноталлические вкладыши, втулки, ползуны, биметаллические изделия с металлическим каркасом методом литья

Примечание. Для антифрикционного сплава ЦАМ9-1,5Л коэффициент трения со смазкой 0,012, без смазки 0,18, для ЦАМ10-5Л 0,008 и 0,28 соответственно.

В общем объеме потребления цинковых литейных сплавов > 90 % составляют сплавы ЦА4М1, ЦА4М1о и ЦА4. Значительное количество сплава ЦА4М1 расходуется на замочно-скобяные изделия и фурнитуру.

Применение сплавов обусловлено их хорошими литейными и эксплуатационными свойствами (табл. 15). Отливки получают литьем под давлением на холоднокамерных и горячекамерных машинах. Детали из цинковых сплавов в основном небольших габаритных размеров, но отличаются сложностью, например корпус карбюраторов двигателей. Основными легирующими элементами в цинковых сплавах являются алюминий, медь и магний.

Структура сплавов определяется диаграммой состояния (рис. 5) и для системы Zn-Al с содержанием ~ 4 % Al состоит из первичных

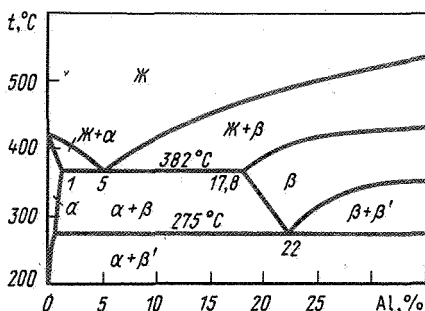


Рис. 5. Диаграмма состояния Zn - Al

кристаллов α -твердого раствора и эвтектики. При медленном охлаждении при 270°C в α -фазе происходит эвтектидный распад $\alpha \rightarrow \alpha_1 + \beta$. Однако в реальных скоростях затвердевания в металлической форме распад не успевает произойти. Он протекает со значительно меньшей скоростью при нормальной температуре и называется естественным старением. В результате естественного старения изменяются размеры отливок и свойства сплава. Для стабилизации размеров проводят термообработку.

Медь до 1,5 % полностью находится в твердом растворе и не образует новых фаз, но при этом повышается прочность.

Магний в небольших количествах (до 0,08 %) уменьшает скорость распада α -фазы, а также значительно повышает прочность при некотором снижении пластичности сплава. В больших количествах магний сильно охрупчивает сплав.

Сплав ЦАМ4-1 наиболее распространенный. Легирование его медью и магнием обеспечивает хорошие технологические и эксплуатационные свойства.

Сплав ЦАМ9-1,5 является антифрикционным и применяется для отливок вкладышей, втулок и других деталей.

Сплав ЦАМ30-5 создан для замены оловянных бронз в производстве тяжело нагруженных втулок в автотракторной промышленности. Освоение и внедрение этого сплава исключает применение остродефицитного олова и значительно сокращает применение меди.

В перспективе осваивается производство вторичного сплава на основе системы $Zn-Al-Cu$ с использованием лома деталей сплавов типа ЦАМ, прежде всего лома карбюраторов.

III. ПРОИЗВОДСТВО МЕТАЛЛОШИХТЫ В ЧУШКАХ

Основу металлошихты, применяемой в литейном производстве для получения отливок из сплавов на основе алюминия, меди и цинка, составляют чушковые материалы. В виде чушек выпускают готовые сплавы, например литейные алюминиевые сплавы АК7, АК5М2, АК9Ц6 и другие; бронзы Бр05Ц6С5, БрА10Ж3 и др.; латуни ЛС, ЛМКА и др.; цинковые сплавы ЦАМ4-1, ЦАМ9-1,5 и др. К металлошихте добавляются только отходы собственного производства, иногда первичные и другие материалы.

1. ТРЕБОВАНИЯ К СПЛАВАМ

Литейные сплавы в чушках на основе алюминия, меди и цинка должны отвечать требованиям по качеству, установленным соответствующими ГОСТами и ТУ. Основные показатели качества сплавов в чушках следующие: содержание основных и примесных элементов; отсутствие на поверхности чушек оксидов, шлаковых и других включений, заливов и прочих дефектов; однородность излома чушек, отсутствие пористости, шлаковых и других инородных включений; содержание водорода и механические свойства (для алюминиевых рафинированных сплавов).

Наличие оксидов, коррозии, газовых и неметаллических включений в чушках снижает качество расплавов в литейных цехах, а также увеличивает расход металлических шихтовых материалов в производстве отливок.

Примесные элементы, а также газовые и неметаллические включения попадают в чушковые сплавы из металлошихты, в первую очередь

из лома и отходов. Поэтому подготовка лома и отходов к металлургическому переделу является определяющей операцией в производстве сплавов требуемого качества.

Шлаковые включения ведут к снижению выхода годного при изготовлении отливок, ухудшению качества литых деталей из-за попадания их в тело отливки.

Водород в сплавах вызывает образование газоусадочной пористости, ведущей к неисправимому браку литья по негерметичности, низким механическим свойствам, плохой обрабатываемости резанием.

Сплавы во вторичной цветной металлургии выпускают в форме чушек. Масса чушек сплавов (рис. 6) составляет: алюминиевых – до 20 кг (крупногабаритные до 600 кг), бронзовых и латунных – до 42 кг, цинковых – до 27 кг (допускается и большей массой).

В настоящее время развивается производство крупногабаритных чушек алюминиевых сплавов (организация производства слитков)

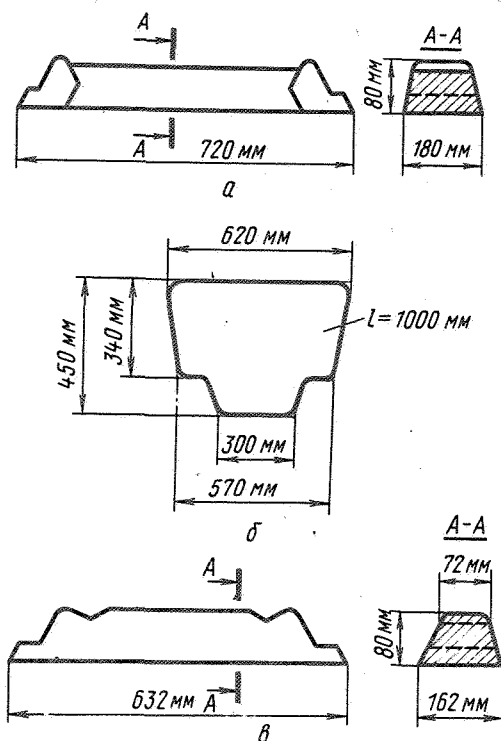


Рис. 6. Форма чушек литейных сплавов:

а, б – алюминиевых сплавов весом 20 и 600 кг, соответственно; в – медных, цинковых сплавов

массой до 600 кг для литейных цехов, оснащенных плавильными печами большой емкости (преимущественно в автомобильной промышленности). Бронзы и латуни необходимо выпускать в чушках массой до 20 кг, а также в крупногабаритных чушках массой до 600 кг.

2. ШИХТОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИХ ПОДГОТОВКА К ПЛАВКЕ

Во вторичной цветной металлургии основным сырьем для производства сплавов служит лом и отходы цветных металлов и сплавов, заготавливаемые на предприятиях и в организациях различных отраслей и ведомств, а также у населения.

По происхождению вторичное сырье различают: лом амортизационный, образующийся при разборе списанных машин, оборудования и прочего; лом ремонтный, образующийся при различных ремонтных работах; лом бытовой, поступающий от населения; отходы, образующиеся при переработке цветных металлов и сплавов. Выделяют следующие виды отходов: кусковые, образующиеся при раскroe листа и полуфабрикатов, ковке и штамповке; стружка, образующаяся при механической обработке; шлаки, образующиеся в литейном производстве; прочие отходы.

Требования к лому и отходам цветных металлов и сплавов установлены ГОСТ 1639-79, который регламентирует характеристики сырья и определяет технические требования по химическому составу, физическим признакам, засоренности, габаритам. Выделяют: классы — деление по физическим признакам (например, класс А — лом и кусковые отходы, класс Б — стружка, класс Г — шлаки); группы — деление по химическому составу сырья; сорта — деление по показателям качества (засоренности, смешения различных марок, габариты).

ГОСТ 1639-79 допускает смешение различных марок сплавов одного и даже разных металлов. Для каждого элемента имеется группа, объединяющая такое сырье, называемое низкокачественным. Для алюминия это X группа, в ней могут быть смешаны литейные и деформируемые сплавы различных систем. Образование этого сырья происходит вследствие низкой культуры сбора лома и отходов, их транспортирования, хранения и первичной подготовки. Доля такого сырья для алюминия значительна и составляет 28 — 32 %.

Низкокачественное сырье меди и медных сплавов выделено в XIII группу. Причем в этой группе может быть смешена медь, бронзы, латуни. В настоящее время доля такого сырья велика и составляет > 75 % от общего объема заготовки меди и медных сплавов.

Для обеспечения качества сплавов в чушках сбор и заготовка лома и отходов по маркам и группам сплавов представляет собой наиболее важную задачу.

Перед плавкой вторичное сырье подвергается первичной обработке (рис. 7), заключающейся в придании лому и отходам промышленных габаритных размеров, отделение металлических и неметаллических примесей, удаление влаги, масла и других загрязнений.Metalлошихта, полученная из лома и отходов, должна обеспечить минимальные потери металла при плавке, снизить затраты энергии и получить чушковые сплавы требуемого качества.

Основным показателем металлургического передела является коэффициент извлечения, определяемый как отношение массы сплавов в чушках к массе металлошихты, загруженной в плавильную печь.

Металлошихта для алюминиевых сплавов. При изготовлении алюминиевых литейных сплавов в чушках используют лом, отходы и некоторое количество первичных металлов.

Чем меньше засоренность шихты, лучше ее сортировка по группам и сортам, тем меньше первичного алюминия необходимо для обеспечения требуемого химического состава сплавов при их производстве.

Основными компонентами металлошихты в приготовлении алюминиевых литейных сплавов являются стружка (до 60 % от всего объема металлозавалки), лом и кусковые отходы (до 30 %) и шлак (~ 10 %). Каждый вид металлошихты требует специальной ее подготовки к плавке.

Поступающая от ломосдатчиков стружка может содержать до 25 %

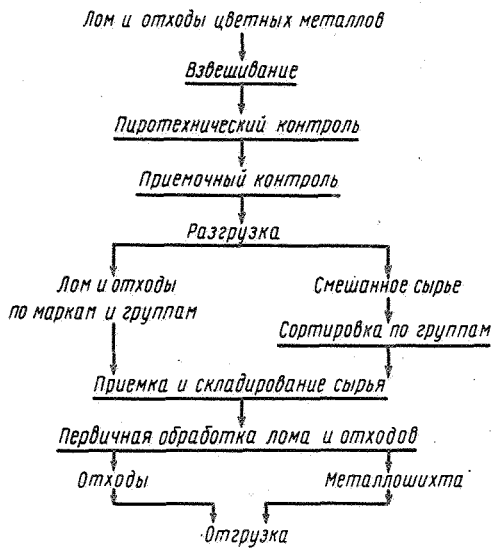


Рис. 7. Общая технологическая схема первичной обработки вторичного сырья

влаги, до 15 % масла, до 20 % свободного железа, до 5 % неметаллических примесей (тряпки, куски дерева, бумага и прочее) и до 8 % кускового металла.

Подготовка стружки включает ее грохочение, сепарацию, дробление и сушку. Так, при грохочении производится отделение надрешетного продукта — фракции +50 мм в виде посторонних включений, кусков и прочего, а также подрешетного продукта фракции —50 мм. Последний направляется в сушильный барабан. Сушка алюминиевой стружки производится для удаления влаги и масла. Полнота процесса определяется температурными режимами, которые зависят от содержания влаги и масла в исходном сырье и ограничиваются температурой начала интенсивного окисления и плавления стружки. Нагрев стружки выше температуры плавления ведет к образованию так называемых "коржей", представляющих собой спекающиеся кусочки нерасплавившейся стружки и оксидов, образовавшихся при перегреве, соединенных между собой расплавом. Такие "коржи" ухудшают качество расплава вследствие его насыщения оксидами. Нагрев стружки до температур на 10–100°С ниже температуры плавления приводит к ее измельчению из-за потерь механической прочности при этих температурах. Кроме того, при 450–500°С происходит воспламенение масел. При достаточной концентрации масел температура в сушильном барабане повышается и ее трудно регулировать. Такой режим в сушилке приводит к интенсивному образованию "коржей".

После сушки стружка не должна быть ошлакованной, пылеобразной, не содержать "коржи". Из сушильного барабана стружка подается в барабанное сито, где выделяется фракция —3,0 мм. Отсевы стружки нетехнологичны при переплаве. Metallургический выход от переплава такого сырья не превышает 10 %, т.е. 90 % металла переходит в шлак. Кроме того, отсеvy содержат значительное количество землистых отходов, мелкой железосодержащей фракции, которая полностью не отделяется при магнитной сепарации, оксидов алюминия и незначительное количество алюминия. Но такие отсеvy являются ценным алюминийсодержащим сырьем для черной металлургии.

Фракция стружки +3,0 мм подвергается магнитной сепарации для отделения свободного железа.

Просушенная и обезжелезненная стружка затаривается в короба, при этом с каждого короба отбирается проба на химический анализ, содержание влаги, масла и железа. Такая стружка с документом о ее качестве считается подготовленной к плавке.

Подготовка кусковых лома и отходов заключается в их сортировке, пакетировании, резке и разделке. Сортировке подлежат все кусковые лом и отходы, которые должны быть рассортированы по группам сплавов. В настоящее время нет достаточно простого и надежного

оборудования для экспресс-анализа поступающего сырья. Вместе с тем фирма "Outokumpu" (Финляндия) в начале 80-х годов разработала простой и надежный переносной прибор x-Met для экспресс-анализа кусковых лома и отходов.

Для повышения удельной плотности и уменьшения габаритных размеров некомпактной, легковесной металлошихты производят ее пакетирование.

Пакетированию подвергается листовая обрезь, ленты, тонкостенные трубы, прутки, профили, проволока, алюминиевая фольга, самолетный разделанный лом. Процесс осуществляется на пакет-прессах различных конструкций [36, 37].

Подготовка алюминийсодержащего шлака заключается в его дроблении, сушке, измельчении, рассеивании и магнитной сепарации. Привозные шлаки перерабатывают на импортных установках "Remetall" фирмы "Remetall" (Испания). Шлак дробят в роторных дробилках, затем сушат в сушильном барабане. После сушки продукт подвергают грохочению, при котором производится разделение на две фракции: +80 мм (готовая металлошихта) и -80 мм, которая направляется на измельчение в шаровую мельницу. После дробления в шаровой мельнице продукт подвергается сепарации в статическом сепараторе на три фракции: концентрат - 80 мм + 3 мм, отсева - 3 мм и пыль. Концентрат подвергается магнитной сепарации для обезжелезивания и после этого готов к переплаву. Фракция -3 мм направляется в черную металлургию. Пыль после фильтрации может быть использована в цементной промышленности.

Металлошихта для медных сплавов. Металлошихта для получения бронз и латуней состоит из стружки и кусковых лома и отходов (примерно по 50 % каждого). Подготовка сырья заключается в сортировке, дроблении, пакетировании; стружки - в магнитной сепарации, сушке. В настоящее время находится в эксплуатации установка для сушки стружки со следующей технической характеристикой:

Производительность (по сухой стружке), т/ч	5,4
Содержание масла и влаги в исходном сырье, %	8,0
Работа камеры дожигания:	
температура газов на входе, °С	510
температура газов в зоне горения, °С	1050
температура газов на выходе из камеры, °С	500
Запыленность газов, г/см ³ :	
на входе в камеру	11,66
на выходе из камеры	0,42
К.п.д. по сжиганию пыли, %	42,7

На сушку поступает предварительно подготовленная сыпучая стружка с длиной витка ≤ 100 мм (не допускаются куски и посторонние включения), с содержанием влаги и масла ≥ 2 %.

Сушка вьюнообразной и смешанной стружки осуществляется по схеме: дробление, сушка, магнитная сепарация. Установка имеет следующую техническую характеристику:

Содержание масла и влаги в стружке на входе в печь, %	6,0
Содержание масла и влаги в сухой стружке, %	0,2
Температура газовой смеси на входе в печь, °С	400
Температура сушки стружки в печи, °С	400
Температура сухой стружки из печи, °С	200
Производительность сушильной печи, т/ч	5,3
Фракция дробленной стружки, мм	50–100
Производительность дробилки СДА-7 по дробленой стружке, т/ч	3,5
Температура технологических газов от печей, °С	550
Количество отходящих газов от печей, м ³ /ч	3312

Работа установки [39] состоит в том, что сыпучая и дробленая стружка из бункера через транспортер поступает в загрузочное устройство сушильного барабана, который работает в режиме противотока, т.е. стружка и теплоноситель движутся навстречу друг другу. Процесс сушки стружки осуществляется при 400–800°С. Сухая стружка из барабана пластинчатым конвейером подается на магнитный сепаратор СЭ-3, после которого получается (при смешанной стружке марок латуни или марок бронз): магнитный продукт – железо (сдается Вторчермету); слабомагнитный продукт, состоящий из стружки безоловянных бронз или марганцовистых латуней; немагнитный продукт, содержащий латуни свинцовистые, кремнистые и др. Используются полученные продукты в шихте соответствующих сплавов. При сушке стружки одной марки сплава получается железо и сухая стружка.

Запыленные газы от сушильного барабана поступают в камеру дожигания, где сожженная пыль выпадает на дно камеры и по мере накопления удаляется и отгружается в отвал. Очищенные газы проходят ряд аппаратов установки утилизации тепла отходящих газов от сушильных барабанов (печей).

В камере дожигания газовый поток движется вихреобразно. Закручивание потока обеспечивается тангенциальным вводом газов от горелок и технологического газа от печей. Газы, движущиеся от форкамер, имеют высокую температуру и обеспечивают загорание горючих составляющих технологического газа.

Условием нормальной и надежной эксплуатации камеры дожигания технологического газа является поддержание температурного режима в ее рабочем пространстве. Частицы пыли отводятся в короб для сбора через нижнее выходное отверстие. Для предотвращения выноса пыли из

короба в камеру дожигания необходимо своевременно удалять пыль из корпуса. Допускается заполнение корпуса пылью наполовину высоты внутреннего пространства. Горячие газы с температурой 1000°C отводятся через верхнее выходное отверстие камеры. Контроль за заполнением корпуса пылью осуществляется визуально с помощью гляделок.

После сушки и сепарации стружка хранится в отсеках или в контейнерах по маркам или подается непосредственно в плавку.

Металлошихта для цинковых сплавов. Разработанный вторичный сплав ЦАМ5-1в до 30 % в металлошихте имеет дробленый лом цинковых литейных сплавов или их переплав. Однако из-за отсутствия отлаженной системы сбора и заготовки такого лома (лом карбюраторов автомобильных двигателей, тормозных систем и др.), а также сортировки поступающего смешанного алюминиевого лома с цинковым не налажено производство вторичного сплава ЦАМ5-1в.

3. ТЕХНОЛОГИЯ ПЛАВКИ, ОБРАБОТКИ РАСПЛАВОВ И РАЗЛИВКИ

В плавильном агрегате осуществляется нагрев и плавление шихтовых материалов, растворение легирующих элементов, перегрев расплава и т.д. Все это происходит в результате тепломассопереноса, который сопровождается взаимодействием расплава с печной атмосферой, флюсами и футеровкой. В результате расплав насыщается газами, прежде всего водородом, оксидами и другими неметаллическими включениями.

Существенное значение для разработки технологии плавки имеет температура плавления и средство компонентов расплава к кислороду.

Температура плавления чушковых алюминиевых сплавов составляет 500 – 600°C, цинковых 410 – 450°C. Эти сплавы отличаются повышенным средством к кислороду.

Бронзы и латуни плавятся в интервале 860 – 1000°C, но медь характеризуется малой активностью к кислороду. В бронзах и латунях активность кислорода отличается от активности в чистой меди и зависит от средства основных и примесных элементов к кислороду.

В оловянных бронзах и латунях растворимость кислорода в меди значительная, так как в расплаве может содержаться несвязанный кислород. В алюминиевых бронзах несвязанного кислорода почти нет из-за высокого средства алюминия к кислороду.

В зависимости от свойств расплавов выбираются металлургические агрегаты для плавки и доводки расплава.

Алюминиевые сплавы в чушках плавят в отражательных печах

различных типов, короткобарабанных вращающихся печах, индукционных печах.

Оловянные бронзы выплавляют в отражательных печах, а алюминиевые бронзы и латуни – в индукционных канальных печах. Цинковые сплавы получают в электрических печах сопротивления.

Производство алюминиевых сплавов

Во вторичной цветной металлургии основным плавильным агрегатом для плавки алюминиевых сплавов и оловянных бронз являются отражательные печи [39].

Вместимость печей 5 – 100 т зависит от однородности металлошихты. В отражательных печах для плавки алюминиевых сплавов переплавляют кусковые отходы и лом литейных и деформированных сплавов, брикеты, стружку, шлак и др.

Для предохранения расплава от окисления и поглощения образующихся оксидов наводят покровный флюс. К флюсу предъявляются следующие требования: он должен хорошо смачивать поверхность расплава; температура его плавления и плотности сплава; не должен вступать в химическое взаимодействие с печными газами, футеровкой печи, расплавом.

В качестве покровного флюса при плавке алюминиевых сплавов наиболее часто используют смесь хлор-калий-электролита и сильвинита, а в качестве рафинирующего флюса – смесь криолита и сильвинита.

От качества подготовки флюса к плавке зависит качество расплава, потери металла со шлаком, содержание пыли в отходящих газах, количество отложений продуктов возгонки в ванне печи и газоходах, расход топлива. Качественный металл получается при применении предварительно переплавленного гранулированного флюса.

На каждую плавку составляется шихтовая карта (паспорт плавки), в которую заносится вся шихта по группам, маркам и видам, исходя из требуемого химического состава сплава и наличного сырья.

Отражательная плавка ведется в топливных печах различных конструкций. Загрузка шихты производится мульдозавалочной машиной в установленном порядке согласно паспорта плавки.

Особенности плавки в отражательной печи следующие.

Плавку крупных шлаков производят без жидкой ванны или на наплавленной жидкой ванне. При плавке крупных шлаков на сухой подине загружают не менее 4 т шлака.

Все очаги интенсивного окисления алюминия тщательно покрывают флюсами. На прогретую до тестообразного состояния партию шлака загружают следующую порцию и т.д. до полной загрузки шлака по

шихте. После осаждения последней порции шлака производят покрытие ее слоями флюса.

Допускается, как исключение, наплавленная ванна из литья с железными и латунными приделками или из самолетного лома, но перед загрузкой шлака механическое железо из ванны должно быть тщательно удалено. В остальных случаях плавление крупного шлака вместе с литьем, содержащим железные и латунные приделки, а также совместная плавка крупных шлаков, самолетного лома и фольговых пакетов не допускается.

Плавка мелких шлаков должна производиться с предварительно наплавленной ванной. После загрузки и подогрева последующей порции шлака загружают флюс. После полного расплавления алюминия производят интенсивное вмешивание флюса в расплав для удаления неметаллических включений. Для плавки мелкой обрезки предварительно наплавляют ванну металла после чистки металла от железа. Обрезь загружают порциями без наплавления флюсов.

Загрузка крупного лома производится порциями. Следующую порцию загружают после прогрева предыдущей. Для удобства чистки печи от железа лом с железными приделками загружают в печь вначале.

После полного расплавления производится флюсование алюминиевых сплавов покровными флюсами, состоящими из силивинита технического и хлор-калий-электролита технического.

Процесс флюсования ведется для предотвращения окисления металла, извлечения из расплава алюминия шлаковых и других неметаллических включений. Расход флюса устанавливается в пределах установленных норм.

Флюсование осуществляют в один или в два приема в зависимости от состава шихты и степени засоренности сырья. При этом металл должен быть тщательно перемешан.

Съем шлака производится мульдозавалочной машиной в течение всей плавки или в ее конце, в зависимости от количества образующегося шлака. Шлак, снимаемый из плавильной камеры, должен быть густым. Съем сухого шлака категорически запрещен. При съеме шлака необходимо следить, чтобы вместе со шлаком не снимался металл.

Корректировка сплава по химическому составу производится после перелива металла в копильник. Расплав тщательно усредняется (перемешивается) и отбирается проба на экспресс-анализ.

Проба для экспресс-анализа должна точно характеризовать химический состав всего сплава, поэтому при отборе пробы необходимо соблюдать следующие условия: перед отбором пробы сплав следует тщательно перемешать, ложка для отбора пробы должна быть очищена от металла предыдущей пробы. В случае получения результатов экс-

пресс-анализа, вызывающих сомнение, необходимо произвести повторный отбор пробы.

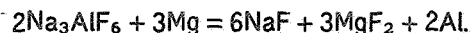
Легирующие компоненты независимо от того, вводятся они в виде чистых металлов или лигатур, должны использоваться только с точно известным химическим составом.

Перед вводом в копильник расшиховочных материалов с поверхности металла снимают весь жидкий шлак и ведут загрузку расшиховочных материалов в следующем порядке: силикомарганец или лигатура марганца, кремний кристаллический, плав низших хлоридов титана или титан губчатый, лом меди, алюминий первичный, подготовительные сплавы, магний вторичный.

Для сокращения времени плавки допускается загрузка кремния одновременно с медью. Кремний вводят при непрерывном погружении в ванну металла скребками. Введение меди в сплав производят, тщательно перемешивая металл до полного усвоения меди.

До получения результатов повторного экспресс-анализа слив плавки не разрешается. При корректировке сплава по химическому анализу необходимо учитывать: двойной допуск лаборатории на погрешность анализа при добавлении компонентов шихты; один допуск лаборатории на погрешность анализа при снижении содержания примесей; процент усвоения расшиховочных материалов, который составляет для меди 90 %, кремния 90 %, силикомарганца 65 %, плав низших хлоридов титана или титана губчатого 100 %, магния вторичного 80 % от веса брутто.

Рафинирование сплавов от магния производится введением криолита. Процесс рафинирования протекает по реакции:



Из реакции следует, что теоретический расход криолита составляет 6 кг на 1 кг магния, подлежащего удалению.

Для успешного протекания процесса рафинирования необходимо, чтобы количество криолита, содержащегося во флюсах, превышало теоретическую норму: на каждый килограмм удаляемого магния расходуется до 10 кг криолита.

Поскольку температура плавления криолита 995°C, а температура плавления сильвинита 800°C, производят их смешение. Температура плавления подготовленной смеси флюсов становится 850°C. Для лучшего внедрения более легкоплавкого расплавленного флюса криолит смешивают с сильвинитом.

Технология ведения процесса рафинирования следующая. На чистое зеркало ванны загружается рафинирующая смесь. После полного расплавления ее перемешивают в течение 25–30 мин. Затем полностью снимается шлак и отбирается проба для определения содержа-

ния магния. Рафинируют до необходимых пределов по содержанию магния в расплаве.

В отдельных случаях рафинирование от магния разрешается производить таким же способом в плавильной камере. Расчет необходимого количества криолита заносится в паспорт плавки.

Для обеспечения интенсивного перемешивания металла и расплавленного рафинирующего флюса может применяться инертный газ.

Перед разливом сплав в копильнике должен иметь равномерное распределение всех компонентов и примесей по всему объему, т.е. быть однородным. Однородность сплава зависит от многих факторов: удельного веса и концентрации легирующих элементов и примесей, степени растворимости компонентов в сплаве, качества усреднения компонентов по объему расплава.

Если сплавы не усреднять, то происходит разделение составляющих их металлов по удельным весам – ликвация сплава. Металлы с удельным весом большим, чем удельный вес сплавов, концентрируются в нижних слоях. К таким металлам относится медь, цинк, железо, марганец. Явление ликвации особенно характерно для сплавов, имеющих высокую концентрацию металлов с большим удельным весом. Это относится к меди в сплавах АК5М7 и АК5М4.

На однородность сплавов влияют следующие факторы: степень чистоты копильника, недостаточный прогрев расплава, степень растворения компонентов шихты в расплаве.

Остатки в копильнике таких металлов, как железо, медь, кремний, марганец, в результате плохой чистки приводит к их растворению в расплаве в процессе разлива, что влечет превышение содержания этих элементов. Неровности на подине, часто связанные с плохой чисткой копильника, вызывают скопление в углублениях металлов с большим удельным весом, причем при разливе они растворяются.

В результате недостаточного прогрева металла перед разливом компоненты и примеси в сплаве не полностью растворяются, что также вызывает неоднородность расплава.

Металлы, не полностью растворенные перед разливкой, могут частично или полностью растворяться в процессе разлива. Поэтому основными направлениями, обеспечивающими однородность сплавов, являются: чистота копильника; полное растворение металлов, добавленных в копильник; разогрев подготовленного сплава до 680 – 800 °С; усреднение состава сплава, обеспечиваемое перемешиванием расплава по всему объему, включая все слои металла (верхние, нижние и средние), с тем, чтобы распределение металлов с большим удельным весом и легких металлов было во всех слоях равномерное. Особое внимание уделяется нижним слоям металла. Особенно тщательно сплавы перемешиваются в начале разлива. Выполнение перечисленных меропри-

ятий: обеспечивает достаточную однородность сплавов и гарантирует получение качественных сплавов.

Разлив металла в изложницы разливочной машины производится при 680 – 800°C. Изложницы перед разливом должны быть сухими. Металл разливается через шпуровое отверстие летки в изложницы. При разливе с поверхности каждой чушки съемником снимают оксиды. Съемы собираются и с последующей плавкой загружаются в печь. Для определения химического состава сплава от каждой плавки отбирают три основные пробы.

Выбитые из изложниц чушки подвергают визуальной контроле и укладывают в пакеты, которые взвешивают и передают на промежуточный склад готовой продукции.

Индукционная плавка алюминиевых сплавов ведется в тигельных печах. Сырье в печь загружается гидропрокидом и загрузочной тележкой. При отсутствии жидкой ванны в печь вручную загружают чушковой (подготовительный) сплав и первичные металлы. Шихту укладывают плотно. При загрузке не допускаются удары чушкового металла о дно и стенки тигля печи. При наличии переходящей ванны подготовленная к плавке стружка загружается до полной емкости тигля. По мере оседания стружки производится загрузка новых порций. Для сильно окисленной стружки загрузка ее производится с учетом 2 – 3-кратной чистки стенок тигля и удаления шлака. В процессе плавки металл подогревают на 1 – 3 ступенях напряжения трансформатора в зависимости от массы металла в печи. При наплавлении 3 – 5 т расплава в печь загружается флюс в пределах установленных норм расхода. Перегрев металла не допускается, поскольку это приводит к возгоранию шлака при чистке тигля и съема шлака.

При плавке смешанной шихты на переходящую ванну металла загружается стружка в количестве 600 – 800 кг, затем кусковый лом и отходы, сверху вновь стружка, которая заполняет пустоты между кусками шихты. При наплавлении металла печь отключается, производится чистка стенок тигля и съем шлака с поверхности металла в шлаковнице. При удалении шлака необходимо избегать погружения ложки-съемника в металл, набирая его на уровне краев ложки и выдерживая до вытекания металла. Затем шлак собирается в шлаковнице, причем поверхность его разравнивается так, чтобы были видны перегородки ячеек во избежание образования монолитного куска. При выбивании шлака из шлаковницы в специальную тару он должен рассыпаться на отдельные куски.

В случае неполного рассыпания разбивка шлака производится вручную с помощью кувалды. Готовый шлак перевозится автомашинами в специальный ларь для отгрузки.

В процессе плавки ведется контроль химического состава сплава

отбором пробы расплавленного металла на экспресс-анализ, по данным которого производится окончательная корректировка состава сплава. До получения результатов экспресс-анализа после снятия шлака печь поддерживается на 8 – 15 ступенях во избежание перегрева металла. Необходимое количество компонентов вводится в металл согласно расчетам, которые проводятся в соответствии с действующими стандартами и техническими условиями на вторичные алюминиевые сплавы.

Для получения качественных алюминиевых сплавов, кроме обработки расплавленного металла флюсами, применяются различные способы рафинирования.

Рафинирование алюминиевых сплавов плавом хлоридов заключается в обработке расплава активными газами. Металл из печи сливают в ковш, который устанавливается в гнездо ковшеопрокида. После снятия шлака на дно ковша с помощью крана устанавливают рафинирующее устройство, заполненное хлоридным плавом. Время обработки 3 – 5 мин. Рафинирующее устройство удаляется из ковша краном, после этого снимают шлак с поверхности металла и производят разлив.

Рафинирование инертными газами осуществляют непосредственно в литейном ковше. После снятия оксидов с поверхности в металл вводят металлическую трубку с насверленными на ней отверстиями диаметром 2 мм для получения мелких пузырьков газа и не допускают бурления металла. Через шланг и редуктор от баллона газ поступает в трубку. Давление газа допускается до 0,2 МПа. Расход газа до 0,8 м³ на 1 т сплава. Время рафинирования составляет до 7 мин. После рафинирования газ перекрывают краном на баллоне, вынимают трубку, снимают оксиды с поверхности и приступают к разливке. Кроме металлической трубки с отверстиями для подачи газа в металл применяются устройства из других материалов (графит, керамика и т.д.), не увеличивающих крупность пузырька газа.

Металл сливают в футерованные сухие ковши, в которые добавляется флюс. Температура расплава при сливе 750 – 800°С. Слив осуществляют наклоном печи в одну сторону на любой угол до 100° вокруг оси, расположенной под сливным носком.

Кроме того, металл сливают только при наличии сырья, подготовленного к загрузке на следующую плавку. Разливка ведется с ковшеопрокида. Ковш с металлом мостовым краном устанавливается в ковшеопрокид одного из литейных конвейеров или подается на установку для разлива металла в крупные слитки. Во время разлива с поверхности каждой чушки снимают оксидную пленку. Образующиеся съемы собирают в противень и направляют на плавку в индукционной печи на ту же группу сплавов.

На каждой чушке клеймится порядковый номер плавки.

Чушки с наплывами, заливами, заусенцами, оксидами на поверхности, нечетким номером и товарным знаком отбраковываются от общей партии чушек этой плавки до устранения выявленных дефектов.

Чушки весом до 16 кг укладываются в пакет, скрепленный плотно алюминиевой катанкой. Для устранения слабину катанки ее повторно подкручивают.

Чушки маркируются в соответствии с требованиями ГОСТов и технических условий.

При ведении плавки и разливки алюминиевых сплавов необходимо выдерживать следующие технологические режимы работы печи, которые приведены ниже:

Чистка стенок тигля от шлака после слива, съем шлака	Печь отключена
Загрузка печи шихтой	Печь отключена
Плавление шихты	1 – 3 ступень печного трансформатора
	То же
Взятие пробы на экспресс-анализ	
Чистка стенок тигля от шлака и съем оксидов с металла	Печь отключена
Подогрев металла до получения результатов экспресс-анализа	1 – 8 ступень
Загрузка печи шихтовыми материалами	Печь отключена
Расплавление расшихтовых материалов	1 – 3 ступень
Слив металла в ковш	Печь отключена
Подогрев переходящей ванны	3 – 14 ступень

Температура металла в печи замеряется термопарой периодического погружения градуировки ХА с переносным милливольтметром класса 1,5, предел измерения температуры 0 – 1100°C. Температура металла при разливке замеряется переносной термопарой.

Производство медных сплавов

Оловянные бронзы изготавливают в отражательных печах. Шихту рассчитывают по каждому элементу.

Шихтовка бронзы по олову ведется согласно химическому анализу сырья, подготовительных сплавов и оловосодержащих отходов. Расчет шихты записывается в паспорт плавки. При расчете задаются определенной массой шихты. Расчет олова необходимо вести на 0,2 % выше нижнего предела в каждой марке сплава.

Шихтовку по цинку проводят согласно химическим анализам сырья и подготовительных сплавов. Расчет цинка необходимо вести во всех марках бронзы на соответствующие пределы. Рекомендуемое расчетное содержание цинка в бронзах Бр05Ц6С5 в обычных условиях равно 7,5 – 8,5 %; при расшихтовке ванны Бр03Ц8С4Н1 и Бр04Ц7С5 составляет 7,0 – 8,0 % и при расшихтовке ванны Бр03Ц13С4 – 6,5 – 7,5 %.

Для БрО4Ц7С5 содержание Zn в обычных условиях равно 10,0 – 11,0 %; при расшихтовке ванны БрО5Ц6С5 составляет 11,0 – 12,0 %; при расшихтовке ванны БрО3Ц8С4Н1 – 10,0 – 11,0 % и при расшихтовке ванны БрО3Ц13С4 – 9,0 – 10,0 %.

Для БрО3Ц7С4Н1 Zn содержится в обычных условиях 11,0 – 12,0 %; при расшихтовке ванны БрО5Ц6С5 – 12,0 – 13,0 % и при расшихтовке ванны БрО4Ц7С5 и БрО3Ц13С4 – 11,0 – 12,0 %.

Для БрО3Ц13С4 содержание Zn в обычных условиях составляет 18,0 – 20,0 %; при расшихтовке ванны БрО5Ц6С5 – 22,0 – 23,0 % и при расшихтовке ванны БрО4Ц7С5 и БрО3Ц8С4Н1 – 20,0 – 22,0 %.

Шихтовка других компонентов и примесей осуществляется следующим образом: свинец шихтуется на средние пределы ГОСТ; никель в бронзе БрО3Ц8С4Н1 шихтуется не ниже чем 0,8 %; вредные примеси шихтуются ниже верхнего предела ГОСТа с учетом допуска лаборатории; в бронзах БрО3Ц8С4Н1 и БрО3Ц13С4 алюминий и кремний шихтуются до 0,02 % каждый.

Перед загрузкой сырья температуру в борове печи доводят до 1000 – 1200°С. Плавку ведут на переходящей ванне 5 – 12 т.

Загрузка сырья в расплавленную ванну начинается с сухого легко-весного сырья (сухая бронзовая стружка, томпак луженый, бронзовая выштамповка, сетка, сухие обороты цеха). Затем добавляют в следующей последовательности: лом, обороты цеха; флюс, отходы свинца и олова; медную стружку, пропиловку, лом и пакеты; подготовительные сплавы, черновая бронза; латунное сырье (лом, радиаторы). Крупногабаритный лом и черновая бронза загружаются в последнюю очередь. После каждой порции загружаемого сырья загрузочное окно закрывается.

Во время плавления в рабочем пространстве печи поддерживают слабоокислительную атмосферу (без коптящего пламени). В процессе плавления сплав промешивают в печи. Перед окончанием плавления (после образования жидкого шлака) в шлаковницу-отстойник производят скачивание шлака деревянными отводами. После скачивания шлака шлаковница со шлаком устанавливается в специально отведенное место, где охлаждается.

Застывший шлак взвешивается и вываливается в короб, где производят выборку металла из шлака. Выбранный металл взвешивается на следующую плавку, а от оставшейся части отбирается проба на химический анализ. После отбора пробы шлак вывозится на специальную площадку.

В случае снятия густого шлака проба не отбирается содержание металла в нем принимается равным 30 %. Такой шлак хранится на шлаковой площадке в специально отведенном месте.

Лом и отходы олова загружаются вместе с шихтой. Первичное олово

добавляется в плавку после получения экспресс-анализа. При его отсутствии разрешается загружать отходы олова с известным химическим составом. Если нет отходов олова с известным химическим составом, загружают оловосодержащие отходы. После загрузки олова или отходов олова сразу же начинается тщательное перемешивание металла для достижения однородности сплава. Необходимо отметить, что первичное олово и оловянные отходы загружаются после получения экспресс-анализа только в том случае, если плавка не корректируется по примесям.

Корректировку сплавов по олову производить после получения анализа нулевой пробы, взятой с расплавленной ванны металла после тщательного усреднения сплава. Отбор нулевой пробы производится до съема доведенного до жидкого состояния шлака.

Корректировка по олову производится не менее чем на 0,2 % выше нижнего предела, установленного ГОСТом на выпускаемую бронзу по весу загруженного сырья с учетом ванны. Корректировку бронзы марок Бр05Ц6С5 и Бр04Ц7С5 производят первичным оловом. При его отсутствии применяют вторичное олово с известным химическим составом. Корректировку бронзы марок Бр03Ц8С4Н1, Бр03Ц13С4 производят добавлением бронзового сырья.

Корректировку сплава по цинку нужно вести по весу металла, указанного в паспорте плавки, причем производят ее не ниже среднего содержания, указанного в ГОСТе. При получении в нулевой пробе содержания цинка выше верхнего предела сплав расшихтовывают медью. При получении в нулевой пробе содержания цинка ниже среднего предела делают корректировку сплава подшихтовкой отходов цинка или ломом латуни с повышенным содержанием цинка (лома необходимо загружать ≤ 2 т во избежание аварии на печи).

При корректировке сплава по цинку при переходе с одной марки на другую после получения экспресс-анализа учитывается вес загруженного сырья и ванны.

Признаком повышенного содержания алюминия и кремния в сплаве является характерная поверхность чушки после съема оксида. При содержании Al > 0,05 % на поверхности отобранной пробы появляются морщины и белые пятна. При содержании Si > 0,05 % также появляются морщины и менее бугристой становится поверхность пробы. Пятна на поверхности пробы мелкие, в виде черных точек. При содержании Fe > > 0,4 % поверхность пробы становится черной.

Для определения точного содержания алюминия, кремния и железа отбирается проба на экспресс-анализ после тщательного промешивания металла в печи. В месте взятия пробы шлак отгоняют, очищают поверхность металла, так как содержание кремния и железа в шлаке намного выше содержания их в сплаве и при попадании шлаков в пробу

результаты анализа искажаются. Доведение сплава до требований ГОСТа по алюминию, кремнию и железу производят продувкой воздухом через стальную трубку, вводимую в ванну расплавленного металла, хоботом завалочной машины. Во избежание взрыва особое внимание необходимо уделять подогреву сырья, флюсов перед загрузкой их в ванну.

Доведение сплава до требований ГОСТа осуществляется при содержании $Al \leq 0,1 \%$; $Fe \leq 0,5 \%$; $Si \leq 0,1 \%$.

Металл разливают в чугунные изложницы разливочной машины после корректировки сплава и его тщательного перемешивания. Перед началом работы изложницы осматриваются и очищаются от сплесков и оксидов металла предыдущей плавки. Изложницы с нечетким товарным знаком и сеткой трещин заменяются. При разливке с поверхности чушек железной съемкой снимают оксидную пленку и шлак. Все съемы возвращаются в печь на следующую плавку.

Для определения химического состава бронзы от каждой плавки отбирают три пробы: в начале, середине и конце разлива отливкой пробы в специальные изложницы. Вторая проба является основной, ее отдают на полный химический анализ.

После охлаждения чушки укладывают и пакетируют. Плавку алюминиевых бронз и латуней производят в индукционных канальных печах. Подготовленная шихта загружается в печь пневматическим толкателем. Порядок загрузки зависит от марки производимого сплава. Для предохранения от окисления металла плавление ведется под слоем флюса (хлор-калий-электролит). Флюс загружают в начале плавки в количестве до 35 кг на 1 т шихты в зависимости от качества сырья и добавляется в течение плавки. При плавлении латуни ЛК применяется сухой флюс, ≤ 15 кг на 1 т шихты во избежание газонасыщенности сплава и вздутости чушек.

После расплавления всей шихты металл подогревают для латуней до $950 - 1000^\circ\text{C}$, для бронзы до $1150 - 1200^\circ\text{C}$, снимают шлак вручную дырчатыми ложками в контейнер. По мере накопления взвешивается и вывозится на специальную площадку отдельно латунный и бронзовый шлаки, откуда грузится в железнодорожные вагоны и отправляется на медеплавильные заводы.

Перед разливкой сплава из печи от латуни ЛК, безоловянных бронз берут пробу на газонасыщенность в специальную изложницу. Поверхность пробной чушки после затвердевания должна быть без вздутостей. Если поверхность охлажденной чушки вздулась, то расплав насыщен газами. Газы из расплавленного сплава можно удалить перемешиванием металла в ковше или переливанием металла из печи в ковш и обратно (охлаждение).

Из печи берется периодически проба в специальный кокиль для

экспресс-анализа химического состава. Готовый сплав выливают из печи в ковши, отдельные для латуней и бронз. После слива металла из печи по мере необходимости производят чистку шахты печи ломом и сечками, затем шлак снимают и загружают очередную шихту. Ковш с жидким сплавом мостовым краном подается к литейному конвейеру и устанавливается в гнезде стационарного разливочного устройства, где закрепляется. По требованию контролера ОТК после снятия шлака из ковша пробной ложной заливается в специальный кокиль проба для анализа. От полученной пробы сверлением отбирается стружка для химического анализа, а остаток направляют на спектральный анализ.

После взятия пробы приступают к разливке сплава через промежуточный желоб в изложницы литейного конвейера. Наклон ковша осуществляется ножным управлением через командоаппарат. Во время разливки с поверхности сплава в изложницах с помощью двух нагретых стальных лопаточек (толщина 2,5 мм) вручную поднимают оксиды и шлаки, которые возвращаются в последующие плавки соответствующих марок сплавов.

Механическим клеймителем, установленным на конвейере, на каждой чушке выбивается номер плавки, товарный знак завода. Номер плавки может быть нанесен несмываемой краской на внешней стороне чушки. Изложницы периодически очищают от оксидов. Нагретые изложницы окрашивают огнеупорной краской.

Для окраски изложниц применяют коллоидно-графитовый препарат. После затвердевания чушек производится их извлечение из изложниц, складирование в пакеты, увязка и отправка на склад.

4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЛАВКИ И ЛИТЬЯ СПЛАВОВ

При производстве сплавов из лома и отходов для переплава металлошихты применяют различные плавильные печи, подразделяющиеся на топливные и электрические (по виду применяемой тепловой энергии). В свою очередь топливные печи делятся на отражательные одно- и двухкамерные; вращающиеся, двухванные и шахтные. Для переплава алюминиевого лома и отходов применяют индукционные тигельные печи, а для медного лома индукционные канальные печи.

При выборе типа печи и ее эксплуатации необходимо обеспечить большой тепловой поток к поверхности металлошихты и максимальное его усвоение. Это достигается в результате: максимально возможного (с учетом особенностей технологии) увеличения разности температур между греющей средой и нагреваемым материалом; интенсивного питания печи теплом при наиболее полном использовании его в пределах рабочего пространства; интенсивного движения газов в рабочей

камере в основном под действием топливо-воздушных струй, создаваемых горелочными устройствами; обеспечения полноты сжигания топлива и (по возможности) совмещения топочного объема с рабочей камерой; поддержания такого режима давлений печной атмосферы и применения такой конструкции печи, при которых обеспечивается минимальное окисление металла.

Тепловая работа печей характеризуется производительностью, удельным расходом энергии, тепловой мощностью, средней тепловой нагрузкой, извлечением металла в готовую продукцию, тепловым и температурным режимами [39].

Печи для плавки алюминиевых сплавов

Основным плавильным агрегатом во вторичной цветной металлургии являются прямоточные двухкамерные печи с копильником. Недостатки этих печей – загрязнение расплава пылевым износом из плавильной камеры, зависимость теплового режима копильника от теплового режима плавильной камеры, значительные температуры, а также сложность использования тепла отходящих газов для подогрева шихты [39].

Для устранения этих недостатков разработаны ВНИИПвторцветметом и внедрены в промышленность двухкамерные противоточные печи. Конструкция печей рассмотрены в [11, 26, 39].

Ниже приведены характеристики двухкамерной отражательной печи Сухооложского завода "Вторцветмет":

	Плавильная камера	Копильник
Площадь пода, м ²	19,4	20,1
Глубина ванны, мм	600	600
Емкость по металлу, т	20	22
Вид топлива:		
основное	Газ	Газ
резервное	Мазут	Мазут

Каждая печь оснащена мульдозавалочной машиной, служащей для загрузки шихтовых материалов, съема шлака, перемешивания расплава и чистки печи.

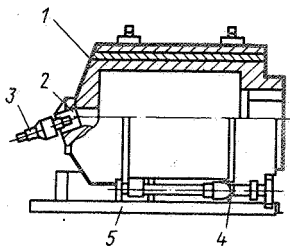


Рис. 8. Короткобарабанная вращающаяся печь:
1 – корпус, 2 – горелочное гнездо, 3 – горелка, 4 – механизм поворота, 5 – основание

Для переработки низкосортного алюминиевого сырья Мценским заводом "Вторцветмет" с 1986 г. освоены короткобарабанные вращающиеся печи (рис. 8) [39]. Плавка в таких печах имеет следующие преимущества перед плавкой в отражательных печах: более высокие технико-экономические показатели, лучшие условия эксплуатации, более высокую производительность труда, обеспечение хорошего качества расплава.

К недостаткам этих печей следует отнести образование значительных объемов солевых шлаков, требующих специальных методов переработки, и большое содержание солей в отходящих газах, что требует организации хорошей газоочистки.

За рубежом широко применяются однокамерные отражательные печи с открытым металлоприемником. Их применяют для переплава чистой, сухой, хорошо подготовленной металлошихты. Печи имеют производительность 100 – 150 т/сут при вместимости металлоприемника 56 – 80 т. Потери металла при переплаве не превышают 4 – 5 %. В СССР такие печи применяются в крупных литейных цехах для получения алюминиевых отливок.

Для переплава разнообразного лома и отходов алюминиевых сплавов также широко применяются шахтные печи различных конструкций. Ниже приведены их сравнительные характеристики [39]:

	Шахтная плавка	Отражательная плавка, СССР
Производительность, т/ч	1,66/1,1 – 1,8	0,835
Съем металла, т/м ² · сут	21,6/36 – 50	7,95
Расход тепла, ГДж/т	2,6/3,0	4,3
Потери металла для чистой шихты, %	1,15/2,5	3,8 – 4
Средний термический к.п.д., %	42/ –	26

Примечание. В числителе приведены показатели шахтной плавки Японии, в знаменателе – СССР.

Однако такие печи до настоящего времени не применяются во вторичной цветной металлургии.

Алюминиевые сплавы получают также в индукционных тигельных печах. Во вторичной цветной металлургии применяют преимущественно печи ИАТ-6 различных модификаций. Тигельные печи уступают каналным по технико-экономическим показателям, однако более просты в обслуживании и позволяют сравнительно просто переходить от одной марки сплава к другой.

Ниже приведены характеристики каналных RSK Al и тигельных печей NFT Al, ИАТ-6 и ЛТ8 производства СССР и ФРГ:

Показатели	RSK Al	NET Al	ИАТ-6	ЛТ8
Вместимость, т	4,5	4	6	6,25

Электрическая мощность, кВт	850	850	1100 – 1300	1370
Общий к. п. д.	0,74	0,6	0,6	0,6
Расход электроэнергии при нагреве металла до 750 °С, кВт · ч/т	430	530	557 – 600	550
Скорость расплавления при нагреве до 750 °С, т/ч:	2	–	1,8 – 2	2,9
при "болоте" 30 %	–	1,36	1,4	1,6
при "болоте" 50 %	–	1,52	1,6	1,9
Удельный расход электроэнергии при перегреве металла до 800 °С, кВт · ч/т	540	620 – 770	620 – 770	–
Выплавка, т/мес.	300–500	270 – 450	1000	–
Коэффициент использования мощности, %:				
при "болоте" 30 %	–	85	80	–
при "болоте" 50 %	–	95	90	–
Расход охлаждающей воды, м ³ /ч	8,5	1,5	17	15

Печи для плавки бронз и латуней. Оловянные бронзы плавят в однокамерных отражательных печах с рециркуляцией газов, проточных и противоточных. Печи с рециркуляцией газов имеют производительность 3,9 – 5,2 т/ч при вместимости 25 – 40 т, продолжительность плавки 3 – 5 ч, удельный расход топлива 240 – 340 кг у.т. на 1 т расплава, термический к.п.д. ≤ 15 %.

Отражательная противоточная печь Сухоложского завода "Вторцветмет" работает на смешанном топливе состава 60 % мазута, 40 % газа. Площадь пода печи 9,6 м², съём металла с 1 м² пода печи составляет 10,5 т в сутки.

Безоловянные бронзы и латуни выплавляют в индукционных канальных печах. Верх-Нейвинский завод "Вторцветмет" оснащен печами ИЛК-4, на других предприятиях также используются печи ИЛК-1,6 (для плавки латуни Л63). Печи имеют следующие сравнительные характеристики

	Печь ИЛК-1,6	Печь ИЛК-4
Емкость полезная, т	2,5	4,5
Мощность, кВт	810	950
Число фаз	3	3
Производительность, т/ч	4,15	3,5 – 5

Сухоложский завод "Вторцветмет" оснащен для плавки латуни однофазными печами ИЛТ-2,5 производительностью 1 – 1,5 т/ч, емкостью 8,5 т.

Печи для плавки цинковых сплавов. Цинковые сплавы выплавляют

преимущественно в электрических печах: тигельных сопротивления типа САТ, тигельных индукционных типа ИАТ и индукционных канальных типа ИЦК.

Ниже приведены сравнительные характеристики печей, применяемых во вторичной цветной металлургии для плавки цинковых сплавов:

	САТ-0,5	ИАТ-2,5	ИАТ-6	ИЦК-25
Емкость,	1,3	6,5	15,5	25
Мощность, кВт.....	80	765	1100	540
Число фаз	—	1	1	3
Производительность, т/ч.....	0,24	1,0	1,5	5,4
Условный расход электроэнергии, кВт·ч/т	350	250	200	100

Наиболее экономически выгодными являются индукционные канальные печи, поскольку у них более высокий к.п.д., ниже энергетические затраты, чем у других типов печей. Однако на этих печах сложно при работе переходить с одной марки сплава на другую. Кроме того, они конструктивно сложнее тигельных печей.

Литейное оборудование. Разливку металла осуществляют на литейной разливочной машине (литейном конвейере). Характеристики конвейеров для разливки алюминиевых, медных и цинковых сплавов приведены ниже:

Конвейер для разливки	алюминиевых сплавов	латуней	бронз оловянных	сплавов ЦАМ
Производительность, т/ч ...	7	8	16	1,5
Длина, м	20	21,6	33	9
Угол наклона, град	7	0	0	0
Скорость движения чушек, шт/мин	8 – 13	4 – 8	5 – 7	9 – 11
Количество изложниц, шт. . .	168	182	295	98
Стойкость изложниц, сут....	60 – 80	10 – 30	8 – 20	300 – 400

Основным элементом разливочного конвейера является изложница, изготавливаемая из серого чугуна с литой рабочей поверхностью. Стойкость изложниц определяется прежде всего заливаемым расплавом: на цинковых сплавах в 30 – 50 раз выше, чем на оловянных бронзах. Для повышения стойкости изложниц при литье алюминиевых сплавов, бронз и латуни предложено модифицировать чугун медью и оловом. Введение в расплав этих элементов повышает разгаростойкость изложниц и замедляет процесс образования усталостных трещин. При литье оловянных бронз на обычном чугуне через 100 – 120 заливок появляется заметная сетка усталостных трещин, увеличивающаяся в

процессе эксплуатации и через 150 – 200 заливок пронизывающая стенку изложницы насквозь.

Повышение стойкости изложниц достигается применением защитных красок, наносимых регулярно через 2 – 3 заливки на рабочую поверхность. Наиболее часто используют краски на основе мела, оксида цинка и жидкого стекла. Применяют также краски на основе графита.

В состав разливочной машины часто входит чушкоукладчик для получения пакета чушек (рис. 9), устанавливаемый сразу за конвейером.

Следующая операция – обвязка чушек – осуществляется вручную. Пакеты цинковых сплавов обвязываются стальной лентой или алюминиевой катанкой. Пакеты алюминиевых сплавов связывают алюминиевой катанкой, пакеты бронз и латуней – стальным прутком диаметром 8 – 10 мм. Эта операция одна из самых трудоемких в производстве чушковых сплавов и пока не имеет достаточно простого и надежного решения.

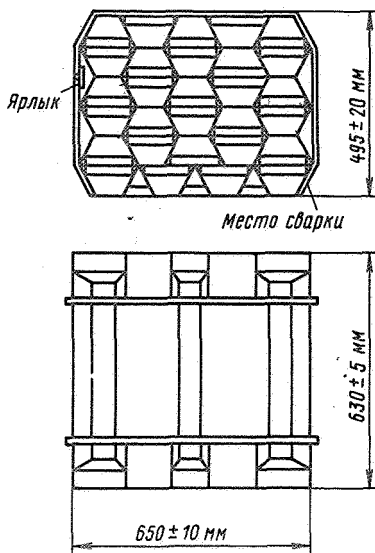


Рис. 9. Пакет чушек из бронз и латуней
(в пакете 29 чушек)

5. КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА, АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЧУШКОВЫХ СПЛАВОВ, РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ И ИЗОБРЕТАТЕЛЬСТВО

Для обеспечения основной задачи производства (выпуска продукции, соответствующей требованиям нормативно-технической документации) на всех переделах проводится контроль материалов, операций, промежуточных процессов и товарной продукции. На предприятиях существует система контроля, основными задачами которой являются [30]:

1. Установление соответствия показателей качества материалов, поступающих на передел, требуемым по техническим условиям и предотвращение использования материалов с отклонениями по показателям качества.

66 Таблица 16. Схема контроля технологических параметров производства сплавов

Стадии технологического процесса	Объект контроля	Контролируемый параметр	Метод измерения	Средство измерения	Периодичность контроля
Поступление сырья	Лом и отходы	Наличие взрывоопасных предметов	Визуально	-	Каждая партия
		Масса сырья	Определение массы	Платформенные весы	То же
Подготовка сырья	То же	Качество сырья	Визуально	-	"
		Химический состав	Определение содержания контролируемых элементов	Полярограф ПВ-5 Фотоэлектроколориметр КФК-2 Стилоскоп СЛП-1	"
		Остаточное содержание: масла влаги железа	То же	-	"
Производство сплавов	Расплав	Температура газа в барабане	Замер температуры	Термопара ХА с показывающим прибором, класс точности 1,5	Постоянно
		Масса составляющих	Определение содержания контролируемых элементов	Квантометры АРЛ 72000С, АРЛ 31000	Экспресс-анализ от расплава (по необходимости)
		Температура в печи	Замер температуры	Термопара ХА, с записывающим прибором, класс точности 1,5	Постоянно в процессе плавки
	Латуней	То же	То же	Термопара ТПП с записывающим прибором, класс точности 0,5	То же

Оловянных бронз	Температура в борове печи	"	То же	При плавлении
Разлив металла	Химический состав	Определение содержания контролируемых элементов	Квантометры АРЛ 72000С, АРЛ 31000	При разливе
Алюминиевых сплавов	Температура расплава на желобе, °С	Замер температуры	Термопара ХА с записывающим прибором, класс точности 1,5	От начала до конца разлива
Оловянных бронз	То же	То же	То же	То же
Латуной Чушка	"	"	"	"
Клеймение	Качество товарного знака, номера плавки	Визуально	-	Каждая чушка
Излом	Качество излома	То же	-	Периодически (по требованию потребителя)
Пакетирование	Качество упаковки	"	-	Каждый пакет
Взвешивание пакета	Масса, кг	Определение массы	Весы с верхним пределом взвешивания до 10 т	То же
Маркировка	Качество и правильность маркировки	Визуально	-	"
Отгрузка готовой продукции	Правильность оформления документов, соответствие крепления пакетов	То же	-	Каждая партия

2. Установление соответствия параметров технологического процесса и соблюдение последовательности выполнения технологических операций, предусмотренных утвержденными технологическими инструкциями на производство конкретных видов продукции и предупреждение нарушения режимов технологического процесса.

3. Определение соответствия качества производимой продукции требованиям ГОСТ, ТУ, техническим соглашениям и договорным условиям на ее поставку с оформлением сертификата.

4. Выявление причин отклонения параметров качества продукции от заданных, разработка и осуществление мероприятий по стабилизации параметров качества.

5. Разработка мероприятий по ужесточению показателей качества на всех переделах с целью повышения качества продукции.

Качество продукции вторичной цветной металлургии оценивается по содержанию основных и примесных элементов, а также по излому и качеству поверхности. При производстве сплавов контролируются: масса, химический состав и наличие посторонних примесей в ломе и отходах, поступающих на плавку; порядок подачи шихты в соответствии с шихтовой картой, масса загружаемых компонентов; время отдельных операций, температурные режимы, химический состав сплавов, соответствие полученного сплава требованиям нормативно-технической документации (табл. 16).

В настоящее время развитие автоматизации технологических процессов во вторичной цветной металлургии осуществляется по двум направлениям [19, 31]: автоматизация управления производством, автоматизация технологических процессов.

Автоматизированное управление производством сплавов цветных металлов во вторичной цветной металлургии охватывает следующие вопросы [19, 31]: оперативный учет поступления сырья, оперативный учет и анализ использования сырья и материалов, оперативный учет и анализ себестоимости готовой продукции, расчет шихты при производстве сплавов, расчет корректировки плавки при производстве сплавов, планирование и учет реализации сплавов по наряд-заказам потребителей.

Решение перечисленных задач позволяет наладить ритмичную поставку сырья, а также его рационального использования. Для их реализации разработаны специальные программы для ЭВМ "Наири-2" и ЕС ЭВМ.

Расчет шихты на ЭВМ в течение 3 – 7 минут определяет оптимальный состав шихты из имеющегося сырья, рассчитывает его расход на 1 т расплава и составляет шихтовую карту.

Корректировка химического состава по ходу плавки на ЭВМ выполняется в течение 3 мин. Оперативность повышается при соединении

ЭВМ и квантометра в единый вычислительный комплекс. Тогда по результатам экспресс-анализа по заданной программе выдается расчет расшихтовочных материалов с требуемым химическим составом сплава.

Автоматизация технологических процессов во вторичной цветной металлургии получила наибольшее развитие на установках непрерывного литья заготовок. Разработанные системы проводят плавку, разливку и порезку заготовок в автоматическом режиме, поддерживая требуемый уровень расплава и заданную температуру в печи. При этом выдерживается заданный режим вытягивания слитков.

Разработаны также системы автоматического управления тепловыми процессами в отражательных и индукционных печах. Эти системы позволяют при заданных тепловых режимах обеспечить оптимальные расходы топлива и электроэнергии, а также требуемые температуры расплава.

Научно-технический прогресс значительно определяется развитием изобретательской и рационализаторской работы. Во вторичной цветной металлургии изобретательская и рационализаторская деятельность направлены на решение задач совершенствования шихтоподготовки, плавки и производства улучшенных существующих и новых марок сплавов.

Наиболее сложные вопросы в первичной переработке – сортировка сложного лома и смешанных отходов цветных металлов и сплавов. Решение этой задачи достигается разработкой способов и аппаратов для их разделения. Защищены авторскими свидетельствами несколько способов и устройств для получения концентратов цветных металлов и сплавов, требуемого качества при использовании их магнитных свойств (способы магнитной сепарации в ферромагнитной жидкости).

Создан ряд принципиально новых устройств, позволяющих получить качественную металлошихту, а также конструкции барабанных грохотов, повышающие качество грохочения материала и снижающие потери металла и энергозатраты.

Внедрение способов и устройств для разделения стружки из меди, бронз и латуней обеспечило металлошихтой для производства бронз и латуней улучшенного качества.

Для плавки алюминиевых сплавов модернизированы отражательные и индукционные печи, повышающие выход годного и более рационально использующие топливо.

Изобретен ряд устройств для подогрева шихты, цель которых рационально использовать тепло отходящих газов.

Также усовершенствованы сушка тиглей индукционных печей и двухкамерная отражательная печь, сокращающая теплотери и увеличивающая выход годного. Предложены обмазки для чугунных изложниц

на основе различных составов, увеличивающих срок их службы, особенно при литье тяжелых цветных сплавов.

Однако остаются нерешенными следующие вопросы подготовки и плавки металлошихты: отсутствуют методы экспресс-анализа поступающего сырья; нет достаточно надежных линий по производству металлошихты на определенные марки сплавов; отсутствует надежный экспресс-анализ качества расплавов на содержание газов и неметаллических включений; не решены вопросы создания простых устройств для разлива расплава, пакетирования чушек и увязки их в пакеты.

Разработаны алюминиевые, медные и цинковые сплавы, такие как АК5М4, АК8М3, АК5М2 и типа АК11М2, АК9М5Мг2Ц2, которые внедряются в народное хозяйство. Сплавы имеют хорошие литейные и служебные свойства благодаря вводу модификаторов и разработке новых технологических приемов выплавки. Так, из сплава АК8М3 литьем под давлением получают плотные отливки хорошего качества ($\sigma_B = 200$ МПа, $\delta = 1,8$ %, НВ = 810 МПа).

Рационализаторские предложения позволили получить сплав АК9Ц6 из металлошихты на основе шлаков. Литейная латунь ЛМцКА разработана на основе ранее не используемого сырья: лома и отходов многокомпонентных латуней.

Рационализаторская и изобретательская деятельность при производстве сплавов развивается в следующих направлениях: создание новых высокоэффективных марок сплавов, отвечающих требованиям народного хозяйства. Это – разработка алюминиевых сплавов с высокими механическими свойствами ($\sigma_B > 300$ МПа, $\delta > 4$ %), с хорошими литейными и технологическими свойствами, с минимальным содержанием дефицитных компонентов; использование низкокачественных и трудноперерабатываемых отходов для получения качественных сплавов; разработка новых технологий производства и использования сплавов для получения качественных литых деталей.

8. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТАЛЛОШИХТЫ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Для получения расплавов цветных сплавов используют в качестве компонентов металлошихты следующие материалы: первичные металлы, сплавы в чушках (из первичных металлов и вторичного сырья), отходы собственного производства (брак, литники, стружка, облой и т.п.), амортизационный и ремонтный лом.

Основным показателем степени использования металлошихты является коэффициент использования металла (КИМ), %, определяемый отношением массы годной детали M_d к массе металлошихты $M_{ш}$: $КИМ = (M_d / M_{ш}) 100$ %.

Этот показатель определяет эффективность использования металлов и сплавов в народном хозяйстве. Цель любого производственного процесса – добиваться максимального КИМ. Для этого необходимо: совершенствование технологических процессов и конструкции детали, применение прогрессивных сплавов с более высокими физико-механическими характеристиками.

В литейном производстве основными показателями использования металлошхты являются следующие.

Норма расхода шихтовых материалов $N_{ш}$ – наибольшая допустимая плановая величина расхода шихтовых материалов, необходимых для изготовления 1 т годных отливок установленного качества в планируемых условиях производства. Задается в кг на 1 т жидкого металла: $N_{ш} = 1000 M_{без}$, где $M_{без}$ – сумма металлошхты, теряемой в виде безвозвратных потерь и угара.

Безвозвратные потери – часть исходного сырья и материалов, которые неизбежно теряются в процессе изготовления отливок и образуются вследствие выпуска металла из печи и при разливке в форму (брызги, сплески, сливы, мелкий скрап), обрубки и обрезки, потери со шлаком и с отработанной смесью.

Угар – потери металла в процессе выплавки вследствие окисления компонентов сплава (химический угар) и загрязненности шихтовых материалов (физический угар). Величина угара зависит от химического

Таблица 17. Угар отдельных компонентов сплава в первосортной шихте (числитель) и в окисленной и загрязненной шихте (знаменатель)

Компонент сплава	Угар компонентов, % (по данным Минстанкопрома)		Угар, % (по данным НИИПиН)
	в электрических и тигельных печах	в отражательных печах	
Si	0,5 – 1,0/0,5 – 1,0	0,5 – 1,0/0,5 – 1,0	4,0 – 8,0
Mg	2,0 – 3,0/3,0 – 5,0	3,0 – 5,0/3,0 – 10,0	3,0 – 5,0
Al	0,5 – 1,0/1,0 – 2,0	1,0 – 2,0/2,0 – 3,0	2,0 – 3,0
Ti	0,5 – 1,0/1,0 – 2,0	1,0 – 2,0/2,0 – 3,0	–
Cr	0,5 – 1,0/2,0 – 3,0	1,0 – 2,0/4,0 – 5,0	–
Zn	0,5 – 1,0/1,0 – 2,0	1,0 – 2,0/2,0 – 3,0	2,0 – 5,0
Mn	0,5 – 1,0/1,0 – 2,0	1,0 – 2,0/2,0 – 3,0	2,0 – 3,0
Sn	0,5 – 1,0/0,5 – 1,0	0,5 – 1,0/1,0 – 2,0	1,5
Fe	0,5 – 1,0/0,5 – 1,0	0,5 – 1,0/0,5 – 1,0	–
Ni	0,5 – 1,0/0,5 – 1,0	0,5 – 1,0/0,5 – 1,0	1,2
Cu	0,5 – 1,0/1,0 – 2,0	1,0 – 2,0/2,0 – 3,0	1,0 – 1,5

Примечание. Угар по данным НИИПиН Рь составил 1,0 – 0,2 %, Вi 10,0 – 15,0 %.

состава сплава, качества и степени загрязненности шихтовых материалов, типа плавильных агрегатов, режима плавки и температуры выплавки сплава. Однако до настоящего времени нет единых норм угара по отдельным элементам сплава (табл. 17). По некоторым элементам имеются значительные расхождения между данными Минстанкопрома и разработками научно-исследовательского института планов и нормативов (НИИПин) Госплана СССР. Особо следует отметить расхождение по Si (48 раз), Zn (10 раз), Mn (6 раз). Поэтому необходимо определить химический и физический угар в условиях литейного цеха (по балансовым плавкам) и расчетным путем (по химическим реакциям, протекающим при выплавке металлов и сплавов).

Коэффициент выхода годного (КВГ), %, определяется отношением массы годной отливки M_0 к массе металлозавалки:

$$\text{КВГ} = (M_0/M_{\text{ш}})100 \% \text{ или } \text{КВГ} = M_0/(M_0 + M_{\text{об}} + M_{\text{без}}),$$

где $M_{\text{об}}$ — масса собственных (возвратных) отходов, образующихся в процессе изготовления отливок (брак, литники, прибыли, скрап и т.д.). КВГ определяет эффективность использования металлошихты в литейном производстве, зависит от нормы безвозвратных потерь и угара H_y , устанавливаемой в процентах от массы металлозавалки [$H_y = (M_{\text{без}}/M_{\text{ш}})100 \%]$, и расхода сплава на массу литниково-питающей системы.

Норма расхода шихтовых материалов $H_{\text{ш}}$ и коэффициент выхода годного КВГ отражают не только достигнутый уровень развития техники и технологии, но и должен быть прогрессивным, направленным на сокращение потерь металлошихты.

Показатели использования металлошихты зависят от принятой технологии, оснащенности производства и его организации, а также от свойств металлошихты: химического состава, $f_{\text{пл}}$, γ насыпной массы и удельной поверхности.

Плавка алюминиевых сплавов. Металлошихта для производства алюминиевых сплавов имеет $t_{\text{пл}} \sim 590 - 665^\circ\text{C}$, $\gamma = 2,55 - 2,7 \text{ г/см}^3$ и характеризуется следующими основными свойствами:

Металлошихта.....	Алюминий и его сплавы в чушках	Лом алюминия и его сплавов	Стружка алюминия и его сплавов
Удельная поверхность, $\text{см}^2/\text{г}$	0,14 - 0,25	0,1 - 0,4	2,8 - 3,2
Насыпная масса, г/см^3	1,0 - 1,5	0,5 - 1,5	0,4 - 0,8

В литейных цехах КВГ при изготовлении отливок из алюминиевых сплавов зависит от метода литья и составляет для литья в песчано-глинистые формы, кокиль, литья под давлением, точного литья 40 - 60 %.

Таблица 18. Бала с металла при производстве отливок

Способ литья	Сплав	Шихта, %		Выход годного, %		Возврат, % (литни- ки, вы- пора, сплеси и др.)	Безвоз- вратные потери, %	Коэффициент расхода металла на 1 т годных отливок
		свежий металл	возврат произ- водства	механичес- кая обра- ботка	литейный цех			
В песчаные формы	АЛ1, АЛ2, АЛ4, АЛ5, АЛ9	45	55	35	55	50,5	4,5	1,23/1,10
	АЛ19, ВАЛ10	40	60	25	35	60	5	1,40/1,20
В кокиль	АЛ1, АЛ5	60	40	45	55	50,5	4,5	1,22/1,10
	АЛ4, АЛ9	55	45	45	56	52	4,0	1,19/1,09
Под давле- нием	АЛ2, АЛ3, АЛ4, АЛ9	65	35	57	65	30	5,0	1,10/1,06
	АЛ8	45	55	55	62	50	5,0	1,3/1,1

Примечание. В числителе — без стружки, в знаменателе — со стружкой.

При центробежном литье КВГ повышается до 92 %. Баланс металлошихты при изготовлении отливок приведен в табл. 18. КВГ в литейных цехах алюминиевого фасонного литья колеблется в пределах 40 – 60 % и зависит от способа литья, характера отливки, применяемых сплавов, оборудования и технологического процесса, культуры производства, квалификации работников.

Наиболее полно технический уровень литейного производства характеризуется нормами безвозвратных потерь и угара, которые определяются различными факторами (табл. 19 – 21).

Для снижения угара и безвозвратных потерь необходимо совершенствовать технологические процессы плавки и разливки расплавов, а также повысить культуру производства.

Таблица 19. Факторы, влияющие на величину потерь металла

Потери металла	Увеличение массы отливок	Усложнение конфигурации отливок	Рост объема производства
Угар	+	+	-
Со шлаком	Зависят от рода металла, типа плавильного агрегата, конструкции разливочных ковшей		
С отработанной смесью	-	+	-
Сплески	-	+	-
Сливы	-	+	-
Мелкий скрап	-	+	-
Внешний брак	-	+	-
Настыли на ковшах	-	Не влияет	-

Примечания. 1. Знак плюс – увеличение потерь металла, знак минус – уменьшение потерь металла. 2. Использование стружки увеличивает угар в 2 раза. 3. При заливке в металлические формы величина потерь уменьшается на величину потерь с отработанной смесью.

Таблица 20. Угар элементов, % при плавке алюминиевых сплавов в ваннных печах (числитель), тигельных печах (знаменатель) [10]

Элемент	Плотная шихта		Элемент	Некомпактная шихта	
	Плотная шихта	Некомпактная шихта		Плотная шихта	Некомпактная шихта
Al	2 – 3/0,8 – 1,0	3 – 5/2 – 3	Mn	2 – 5/1,0 – 1,5	5 – 10/2 – 3
Si	2 – 5/1,0 – 1,5	5 – 10/2 – 3	Ti	2 – 5/1 – 1,5	5 – 10/1 – 5
Cu	1 – 1,2/0,5 – 1,0	1 – 1,5/1 – 1,2	Zr	3 – 5/1 – 2	5 – 10/2 – 5
Mg	3 – 5/2 – 3	5 – 10/3 – 5	Be	2 – 7/2 – 3	10 – 20/5 – 10
Ni	1 – 1,2/0,5 – 1,0	1 – 1,5/1 – 1,2	Zn	2 – 3/1 – 2	5 – 10/2 – 5

Т а б л и ц а 21. Норма угара и безвозвратных потерь при изготовлении отливок из алюминиевых сплавов, установленные предприятием, % от массы металлозавадки

Виды потерь	Мелкие отливки			Средние отливки		
	простые	средней сложности	сложные	простые	средней сложности	сложные
Металлургический угар	2,2/3,0	2,2/3,0	2,2/3,0	2,2/3,0	2,2/3,0	2,2/3,0
Потери со шлаком	1,2/1,6	1,2/1,6	1,2/1,6	1,2/1,6	1,2/1,6	1,2/1,6
Потери с отработанной смесью	0,1/0,1	0,15/0,15	0,2/0,2	0,07/0,07	0,08/0,08	0,1/0,1
Сплески	0,1/0,1	0,12/0,2	0,15/0,25	0,07/0,1	0,08/0,15	0,1/0,2
Мелкий брак	0,3/0,3	0,35/0,35	0,4/0,4	0,25/0,25	0,27/0,27	0,30/0,30
Внешний брак	1,3/1,35	1,35/1,40	1,40/1,50	1,20/1,13	1,25/1,20	1,30/1,25
Настыли на ковшах	0,3/0,3	0,3/0,3	0,3/0,3	0,3/0,3	0,3/0,3	0,3/0,3
Прочие потери	0,25/0,25	0,25/0,25	0,25/0,25	0,25/0,25	0,25/0,25	0,25/0,25
Итого	5,75/7,0	5,92/7,25	6,10/7,40	5,45/6,70	5,63/6,95	5,75/7,0

Примечание. В числителе данные для плавки в электрических печах, в знаменателе — для пламенных печей.

Таблица 22. Состав шихты и показатели ее использования по министерствам

Составляющие шихты	Отливки из первичных сплавов	Отливки из вторичных алюминиевых сплавов
Металлозавалка	100/100	100/100
первичные материалы	44,0/47,0	-/0,4
вторичные алюминиевые сплавы ...	10,0/5,4	60,0/59,1
Собственный возврат:		
отходы литейных цехов	44,0/45,2	40,0/40,5
отходы обрабатывающих цехов	2,0/2,4	- / -
КВГ	51,5/50,3	54,4/54,9
Безвозвратные потери и угар	4,9/4,3	5,5/4,7

Примечание. В числителе данные Минсельмаша, в знаменателе – Минавтопрома.

В табл. 22 показано использование металлошихты для изготовления отливок из алюминиевых сплавов. Отмечается полное использование собственных отходов литейного производства и превышение средних норм угара и безвозвратных потерь над рекомендуемыми. Необходимо отметить также незначительное использование отходов обрабатывающих цехов в металлошихте – на уровне 2 – 2,4 %, что не соответствует объемам их образования и возможным объемам использования. Это свидетельствует о нерациональном использовании металлошихты и имеющихся резервах в ее экономии при изготовлении отливок.

Угар металлошихты при плавке зависит также от условий ее хранения. Хранение алюминиевых литейных сплавов в чушках осуществляется в крытых помещениях, поскольку от условий хранения зависит степень окисления, загрязнения, увлажнения поверхности сплавов в чушках. Качество поверхности определяет газонасыщенность и загрязнение оксидными и другими включениями расплавов, что в свою очередь снижает качество отливок. Алюминиевые литейные сплавы во влажной атмосфере сильно корродируют, особенно сплавы с повышенным содержанием цинка и меди. Безмедистые силумины более устойчивы к таким воздействиям.

Для снижения норм безвозвратных потерь и угара, а также повышения КИМ и КВГ необходим комплекс технических, технологических и организационных мероприятий, способствующих рациональному использованию алюминия и его сплавов в литейном производстве, таких как создание технологичных сплавов и конструкций, разработка и использование мало- и безотходных технологий, создание высокоэффективного оборудования.

Плавка медных сплавов

При производстве наиболее употребляемых марок оловянных бронз (BrO5Ц5С5, BrO3Ц12С5, BrO3Ц7С5Н1) используется 1 – 4,5 % первичных материалов, а при производстве бронзы BrO4Ц4С17 – до 6 – 8 %. Для раскисления этих бронз обычно используют лигатуру медь – фосфор МФ1, МФ до 0,5 – 1 % массы металлошихты. Однако в некоторых случаях лигатуру расходуют до 2,5 – 4,3 %, что не оправдано ни технически, ни экономически.

Коэффициент выхода годного (КВГ) тесно связан с технологией изготовления отливок и наибольшее значение имеет при литье центробежным способом (60 – 80 %), наименьшее – при литье в сырые песчано-глинистые формы (50 – 70 %).

Повышение КВГ способствует более рациональному использованию металлошихты из-за уменьшения массы металлических отходов, поступающих на плавку. Поэтому необходимо снижать норму оборотных отходов. Анализ работы предприятий с литейными цехами и участками показал, что нормы безвозвратных потерь для одних и тех же типов плавильных агрегатов могут отличаться в несколько раз (табл. 23).

Нормы угара и безвозвратных потерь, разработанные с учетом влияния различных факторов на величину потерь и отходов металла (сплава) при производстве отливок, показаны в табл. 24. Нормы учитывают массу, степень точности и серийность отливок, а также тип плавильного агрегата.

Из бронз и латуней литьем в кокиль можно получать детали с высокой размерной и геометрической точностью, что значительно снижает

Таблица 23. Нормы угара и безвозвратных потерь для медных сплавов, % от массы металлозавалки

Печи	Оловянные бронзы	Безоловянные бронзы	Латуни
Тигельные топливные	5/3 – 4,5	6,5/5,5 – 6,5	6,5/2,5 – 7
Индукционные	3,5/3,3 – 8	5/6 – 7	5/2,2 – 8
Электродуговые	– /2,6 – 6	– /3,5 – 6,35	– /4 – 8
Электropечи сопротивления	5/4 – 6	6,5/4 – 6	6,5/ –
Пламенные	– /0,8 – 9	– /3 – 4,6	– /1 – 7

Примечание. В числителе – рекомендуемые нормы угара, в знаменателе – действующие.

Таблица 2.4. Нормы безвозвратных потерь и угара фасонных отливок из оловянных бронз, % от массы металлозавалки

Безвозвратные потери	Мелкие детали			Средние детали		
	простые	средней сложности	сложные	простые	средней сложности	сложные
Угар	3,1/4	3,1/4	3,1/4	3,1/4	3,1/4	3,1/4
Потери со шлаком	1,5/1,7	1,5/1,7	1,5/1,7	1,5/1,7	1,5/1,7	1,5/1,7
Сплески	0,1/0,1	0,15/0,15	0,2/0,2	0,05/0,05	0,08/0,08	0,1/0,1
Мелкий брак	0,3/0,3	0,35/0,35	0,4/0,4	0,2/0,2	0,25/0,25	0,3/0,3
Внешний брак	1,5/1,8	1,55/1,9	1,6/2	1,45/1,7	1,5/1,77	1,55/1,85
Настыли на ковшах	0,4/0,3	0,4/0,3	0,4/0,3	0,35/0,25	0,35/0,25	0,35/0,25
Прочие потери	0,6/0,3	0,6/0,3	0,6/0,3	0,6/0,3	0,6/0,3	0,6/0,3
Итого	7,5/8,5	7,65/8,7	7,8/8,9	7,25/8,2	7,38/8,35	7,5/8,5

Примечание. В числителе указано значение нормы потерь при плавке в дуговых печах, в знаменателе – при плавке в индукционных печах.

припуски на механическую обработку или исключает их. Так можно повысить КИМ на 5 – 10 %. Кроме того, литье в кокиль способствует получению мелкозернистой структуры отливок, вследствие чего увеличивается пластичность, ударная вязкость, длительная прочность и износостойкость.

Плавка цинковых сплавов

Цинковые сплавы отливаются преимущественно литьем под давлением (до 98 % общего объема выпуска отливок), а литьем в песчаные формы и кокиль – всего 2 %. Нормы безвозвратных потерь определяются технологией плавки, типом плавильного агрегата и др. факторами (табл. 25).

Так, рекомендуемые нормы безвозвратных потерь при плавке в тигельных топливных печах и электропечах сопротивления составляет 1 – 2 %, в индукционных высокочастотных 1,4 – 2 %. Однако действующие нормы угара и безвозвратных потерь для всех видов печей составляют 6,55 – 7,4 % от массы металлозавалки.

КИМ для отливок, получаемых литьем под давлением, находится в пределах 80 – 95 %. Основные мероприятия по экономии металла направлены на сбор отходов для их дальнейшей переплавки, обработки отходов флюсами и т.п. Так, на заводе тормозной аппаратуры ПО ЗИЛ г.Рославле [25] построен цех литья под давлением для производства 7,35 тыс. т отливок в год, в том числе 1,23 тыс. т из чушкового сплава

Таблица 25. Нормы угара и безвозвратных потерь фасонных отливок из цинковых сплавов, % от массы металлозавалки

Виды потерь	Простые	Средней сложности	Сложные
Металлургический угар	3/3	3/3	3/3
Потери со шлаком	1,5/1,5	1,5/1,5	1,5/1,5
Потери с отработанной смесью	0,05/0,05	0,08/0,07	0,1/0,09
Сплески	0,05/0,05	0,08/0,06	0,1/0,08
Мелкий скрап	0,2/0,1	0,25/0,15	0,3/0,2
Внешний брак	1,2/1	1,3/1,1	1,4/1,2
Настыли на ковшах	0,3/0,25	0,3/0,25	0,3/0,25
Прочие потери	0,5/0,5	0,5/0,5	0,5/0,5
Итого	6,8/6,4	7,01/6,63	7,2/6,82

Примечания. 1. В числителе – для мелких отливок, в знаменателе для средних.
2. При выплавке лигатур, содержащих тугоплавкие металлы, нормы угара увеличиваются в 1,2 раза.

ЦАМ4-1. Плавка осуществляется в двух тигельных индукционных печах ИАТ-1/0,4МЗ вместимостью 2,5 т. Предусмотрен сбор отходов, которые накапливают перед использованием на складе шихты. Отливки изготавливаются на машинах с горячей камерой прессования - 2 машины модели OL/Z-60А и 5 машин модели CLT-160-10 фирмы "Вигорлат скина" (ЧССР).

III. ОРГАНИЗАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВА

Стратегическим направлением экономического развития страны в настоящее время является всемерное повышение эффективности общественного производства и рост производительности труда. Решение этих задач определяется организацией труда, экономическими показателями производства, экономией материальных ресурсов.

1. ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА

На современном этапе развития производства все большее значение для решения экономических и социальных задач приобретает бригадная форма организации и стимулирования труда [31]. Развитие бригадных форм на основе создания укрупненных сквозных и комплексных бригад, работающих на единый наряд с оплатой за конечную продукцию с применением КТУ (коэффициента трудового участия), резко повышает производительность труда, более эффективно использует оборудование, экономно расходует топливно-энергетические и сырьевые ресурсы.

Первичным звеном организационной структуры управления предприятием является производственная бригада. При бригадной форме организации труда бригаде планируют основные количественные и качественные показатели, выдают наряд на выполнение работы.

Преимущества бригадной формы организации труда следующие [31]: менее жесткое закрепление работников за определенным рабочим местом, чем при индивидуальной форме организации труда; упрощается нормирование труда; обеспечивается быстрый рост квалификации рабочих; повышается активность рабочих.

Перспективной формой бригадных форм организации труда является создание хозрасчетных бригад. Хозрасчетная бригада полностью самостоятельная в выполнении плановых заданий, имеет закрепленную рабочую зону с оборудованием, за рациональное использование которой несет материальную ответственность. Оплата труда в таких бригадах

дах осуществляется по конечному результату и создает материальную заинтересованность в выпуске качественной продукции в требуемых объемах и в нужные сроки.

2. СЕБЕСТОИМОСТЬ, ЦЕНА, ПРИБЫЛЬ И РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА СПЛАВОВ

Себестоимость сплавов, ее структура и калькулирование. Под себестоимостью понимают денежное выражение издержек предприятия, его текущие расходы на производство и реализацию продукции. Классификация затрат ведется по экономическим элементам и по статьям калькуляции. Поэлементная классификация составляется в виде сметы затрат на производство в целом по предприятию на весь объем производимой продукции без учета его внутренней структуры и выделения видов выпускаемой продукции. По смете затрат определяется объем чистой продукции, необходимые оборотные средства. Смета затрат не позволяет выявить себестоимость отдельных видов продукции, а также судить об экономичности работы отдельных подразделений. Сумма затрат по каждому элементу сметы определяется по данным бухгалтерского учета на основе оплаченных счетов, ведомостей начисления заработной платы и амортизации.

Из структуры затрат на производство сплавов (табл. 26) следует, что прямые затраты на сырье, вспомогательные материалы, энергию составляют 90 – 97 %, из них на сырье 84 – 96 %. Поэтому снижение

Таблица 26. Структура себестоимости по элементам затрат производства сплавов во вторичной цветной металлургии, %

Затраты	Алюминиевые сплавы	Бронзы	Латуни	Цинковые сплавы
Сырье и основные материалы за вычетом отходов	86,8	94,8	94,3	96,9
Вспомогательные материалы	1,0	0,2	0,1	0,1
Топливо и электроэнергия	2,1	1,0	1,2	0,3
Заработная плата	2,0	0,9	1,1	0,5
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	6,1	2,0	2,0	1,5
Цеховые расходы	1,7	1,0	1,1	0,6
Прочие расходы	0,3	0,1	0,2	0,1
Итого	100,0	100,0	100,0	100,0

этих затрат должно идти прежде всего благодаря снижению расхода сырья (снижения безвозвратных потерь, уменьшение окисления металла и его перехода в шлак, повышение выхода годного, более рационального использования сырья). Необходимо отметить, что в производстве цинковых сплавов, производимых из первичных материалов, прямые затраты на сырье составляют 96,1 %, т.е. наибольшее влияние оказывают цены на первичные металлы. При их изменении из-за любых факторов структура затрат будет существенно меняться.

По отдельным цехам и видам продукции осуществляют калькулирование себестоимости. Под калькулированием понимают исчисление

Таблица 27. Калькуляция на 1 т алюминиевого сплава I группы [32]

Статьи расхода	Стоимость, руб.-коп.	Доля, %
<i>Сырье и основные материалы</i>		
Лом и отходы алюминия – всего	198 – 31	42,51
В том числе:		
кусковой лом	99 – 13	–
стружка	82 – 54	–
шлак	16 – 64	–
Лом и отходы меди	2 – 35	0,50
Алюминий первичный	161 – 09	34,53
Кремний	14 – 50	3,11
Марганец	0 – 19	0,004
Подготовительные сплавы	14 – 24	3,05
Итого сырья	390 – 68	83,75
Транспортно-заготовительные расходы	7 – 76	1,66
Всего	398 – 44	85,41
<i>Затраты на передел</i>		
<i>Вспомогательные материалы:</i>		
хлористый калий и хлористый натрий	1 – 00	0,21
Топливо	1 – 55	0,33
Электроэнергия	10 – 15	2,18
Основная заработная плата производственных рабочих	7 – 08	1,50
Дополнительная заработная плата	1 – 10	0,24
Отчисления на социальное страхование	0 – 69	0,15
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	22 – 23	4,77
Цеховые расходы	10 – 20	2,19
Итого расходы по переделу	53 – 94	11,56
Цеховая себестоимость	260 – 01	55,73
Общезаводские расходы	8 – 49	1,82
Производственная себестоимость	464 – 12	99,49
Внепроизводственные расходы	2 – 36	0,51
Полная себестоимость	466 – 48	100

себестоимости единицы продукции по статьям расходов. Анализ калькуляции себестоимости определяет пути снижения себестоимости выпускаемой продукции по видам и подразделениям. Различают цеховую, производственную (заводскую) и полную себестоимость. Цеховая

Таблица 28. Калькуляция на 1 т оловянной бронзы [32]

Статьи расхода	Стоимость, руб.-коп.	Доля, %
<i>Сырье и основные материалы</i>		
Лом и отходы, всего	487-12	67,58
В том числе:		
меди	136 - 12	18,89
бронзы	281 - 00	38,98
латуни	60 - 69	8,42
свинца	3 - 23	0,45
медно-никелевых сплавов	6 - 08	0,84
баббитов	60 - 14	8,34
Олово	66 - 84	9,27
Медь фосфористая	2 - 66	0,37
Бронза черновая	67 - 48	9,36
Итого сырья	624-10	94,46
Транспортно-заготовительные расходы	13 - 28	1,84
Возвратные отходы (шлаки)	6 - 55	0,91
Всего за вычетом отходов	630 - 83	95,48
<i>Затраты на передел</i>		
Вспомогательные материалы, всего	1 - 99	0,28
В том числе:		
сода кальцинированная	0 - 23	0,03
плавиковый шпат	0 - 86	0,12
бура техническая	0 - 84	0,12
пылевидные отходы	0 - 06	0,01
Топливо, всего	5 - 21	0,72
В том числе:		
мазут	3 - 50	0,48
газ	1 - 71	0,24
Электроэнергия	0 - 92	0,13
Основная заработная плата	2 - 72	0,38
Дополнительная заработная плата	0 - 43	0,06
Отчисления на социальное страхование	0 - 23	0,03
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	6 - 54	0,91
Цеховые расходы	3 - 12	0,43
Итого расходы по переделу	21 - 16	3,25
Цеховая себестоимость	651 - 99	98,73
Общезаводские расходы	7 - 45	1,12
Производственная себестоимость	659 - 44	99,85
Внепроизводственные расходы	1 - 26	0,15
Полная себестоимость	660 - 70	100,0

себестоимость включает затраты на сырье, основные и вспомогательные материалы, транспортно-заготовительные расходы, топливо и электроэнергию (получаемые со стороны), заработную плату, расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, а также различные расходы по содержанию производственных зданий и сооружений цеха. Производственная себестоимость состоит из общезаводских расходов (содержание аппарата управления, расходы на содержание зданий и сооружений общезаводского назначения: ЦЗЛ, котельные, централизо-

Таблица 29. Калькуляция себестоимости 1 т латуни типа ЛС [32]

Статьи расхода	Стоимость, руб.-коп.	Доля, %
<i>Сырье и основные материалы</i>		
Лом и отходы, всего	418 - 34	86,30
В том числе:		
свинца	0 - 50	0,10
латуни	398 - 08	82,13
цинка	11 - 75	2,42
меди	2 - 93	0,60
медно-никелевых сплавов	5 - 08	1,05
Марганец	1 - 60	0,33
Цинк первичный	30 - 94	6,38
Никель катодный	0 - 54	0,11
Итого сырья	451 - 42	93,12
Транспортно-заготовительные расходы	13 - 45	2,77
Возвратные отходы (шлаки)	6 - 95	1,43
Всего за вычетом отходов	457 - 92	94,46
<i>Затраты на передел</i>		
Вспомогательные материалы	0 - 20	0,04
В том числе:		
уголь древесный	0 - 0,8	0,02
калий-хлор электролит	0 - 10	0,02
пылевидные отходы, стеклобой	0 - 02	-
Топливо	0 - 26	0,06
Электроэнергия	3 - 53	0,73
Основная заработная плата	3 - 53	0,73
Дополнительная заработная плата	0 - 56	0,12
Отчисления на социальное страхование	0 - 30	0,06
Расходы на эксплуатацию и содержание оборудования	7 - 97	1,64
Цеховые расходы	3 - 83	0,79
Итого расходы по переделу	20 - 18	4,17
Цеховая себестоимость	478 - 10	98,63
Общезаводские расходы	6 - 83	4,20
Производственная себестоимость	483 - 93	99,83
Внепроизводственные расходы	0 - 83	0,17
Полная себестоимость 1 т латуни	484 - 76	100,0

ванные ремонтные службы и прочее) и цеховой себестоимости. Полная себестоимость включает в себя внепроизводственные расходы (затраты на отгрузку, хранение, продажу готовой продукции) и производственную себестоимость.

На предприятиях вторичной цветной металлургии принята методика калькулирования себестоимости по группам сплавов (табл. 27) [32]. Анализ приведенных калькуляций (табл. 27 – 30) [32], как и статей расхода, показывает, что расходы на сырье – основная статья затрат. Затраты на передел составляют 20 – 22 руб/т для бронз, латуней и цинковых сплавов и 50 – 55 руб/т для алюминиевых сплавов. Таким образом, основной резерв снижения себестоимости – это уменьшение затрат на основные материалы. В производстве алюминиевых сплавов это может быть снижение расхода первичных металлов, особенно первичного алюминия.

Таблица 30. Калькуляция на 1 т сплава типа ЦАМ

Статьи расхода	Стоимость, руб.-коп.	Доля, %
<i>Сырье и основные материалы</i>		
В том числе:		
цинк	781 – 83	89,85
алюминий	10 – 37	1,19
медь	33 – 56	3,86
магний	20 – 07	2,31
Итого сырье	845 – 83	97,16
Возвратные отходы	0 – 43	0,05
Всего за вычетом отходов	845 – 40	97,11
<i>Затраты на передел</i>		
Вспомогательные материалы	0 – 46	0,05
В том числе лента упаковочная	0 – 46	–
Топливо	0 – 16	0,02
Электроэнергия	4 – 62	0,53
Основная заработная плата	2 – 75	0,32
Дополнительная заработная плата	0 – 75	0,09
Отчисления на социальное страхование	0 – 35	0,04
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	7 – 41	0,85
Цеховые расходы	5 – 06	0,58
Итого расходы по переделу	22 – 02	2,53
Цеховая себестоимость	867 – 42	99,64
Общезаводские расходы	2 – 94	0,33
Производственная себестоимость	870 – 36	99,97
Внепроизводственные расходы	0 – 67	0,03
Полная себестоимость 1 т сплава	871 – 03	100,0

Цены сплавов на основе алюминия, меди и цинка. Под ценой понимают денежное выражение стоимости товара, которая определяется общественно необходимыми затратами труда. Цена выполняет две важнейшие функции: учетно-нормативную, т.е. является плановым нормативом общественно необходимых затрат на производство единицы продукции; стимулирующую, т.е. должна способствовать научно-техническому прогрессу, ресурсосбережению, улучшению технико-экономических и потребительских свойств изделий.

Установленные цены на цветные сплавы в чушках выполняют эти функции. Стабильность цен позволяет планировать затраты в производстве отливок, где стоимость сырья составляет 50 – 70 % от общих затрат. Более низкий уровень цен на сплавы, полученные из лома и отходов, вызывают интерес у производителей цветного литья при замене первичных материалов на вторичные сплавы в чушках. Например, затраты основных материалов на 1 т жидкой латуни ЛЦ38Мц2КА составляют: из первичных металлов – 670 руб., из чушковой латуни ЛМцКА – 590 руб.

Таким образом, применение вторичного сплава только благодаря замене одного материала другим дает экономию в 80 руб/т. Кроме того, в народном хозяйстве на 1 т такой латуни экономится 0,4 т первичной меди и 0,3 т первичного цинка.

В настоящее время цены на сплавы в чушках определены прейскурантом № 02 – 01 "Оптовые цены на цветные металлы, сплавы и порошки" и для наиболее применяемых сплавов с 01.01.1990 г. будут составлять в рублях за 1 т:

Литейные алюминиевые сплавы: АК7 – 1010; АК7п – 1035; АК9 – 1040; АК9с – 1225; АК5М2 – 915; АК5М4 – 890; АК5М7 – 925; АК12М2МгН – 1530; АК9Ц6р – 915.

Медные сплавы: БрО5Ц6С5 – 1575; БрО4Ц7С5 – 1505; БрО3Ц13С4 – 1220; БрО3Ц8С4Н1 – 1510; БрА10ЖЗр – 1000; БрА10ЖЗ – 900; БрА10ЖЗМц2 – 940; ЛС – 985; ЛСд – 1020; ЛК – 1105; ЛМцС – 915; ЛМцКА – 1225.

Цинковые сплавы: ЦАМ4-1о – 1570; ЦАМ4-1 – 1355; ЦАМ4-1в – 1295; ЦАМ5-1в – 1195.

Цены установлены исходя из уровня цен на первичные металлы и составляют 75 – 85 % от цены на аналогичный сплав, получаемый из первичных металлов.

Решениями XXVII съезда КПСС намечено осуществить перестройку системы цен с тем, чтобы цена создавала заинтересованность как у производителя, так и у потребителя продукции, отражала, прежде всего, потребительские свойства товара, служила стимулом развития экономики в целом, а применительно к сырьевым ресурсам способствовала их экономному и рациональному использованию.

Таблица 31. Прибыль и рентабельность основных видов продукции вторичной цветной металлургии

Наименование	Ц, руб.-коп./т	С, руб.-коп./т	П, руб.-коп./т	(П/С) · 100, %
Алюминиевые сплавы (I группа)	650 – 00	466 – 48	183 – 52	39,3
Оловянные бронзы	1260 – 00	720 – 84	539 – 16	74,8
Латуни	840 – 00	484 – 76	355 – 24	73,3
Цинковые сплавы	905 – 00	870 – 12	34 – 88	4,0

Прибыль и рентабельность продукции вторичной цветной металлургии. Одним из важнейших показателей экономической деятельности предприятий в новых условиях хозяйствования является прибыль. Предприятия, получающие прибыль от продажи произведенной продукции, смогут обеспечить образование фондов экономического стимулирования (ФЭС): фонда развития производства, социально-культурных мероприятий и жилищного строительства и фонда материального поощрения. Прибыль (П) это разница между отпускной ценой продукции (Ц) и полной себестоимостью (С) (табл. 31). Приведенные данные условны, но тем не менее верно отражают сложившиеся во вторичной цветной металлургии соотношения между ценой, себестоимостью, прибылью и рентабельностью.

Производство оловянных бронз, латуней и алюминиевых сплавов является высокорентабельным. Это сложилось в результате пересмотра цен в 1982 г., когда цены на сплавы существенно увеличились, а цены на лом и отходы (основное сырье) оставлены на уровне 1972 г.

Так, низкая рентабельность цинковых сплавов связана с высокой стоимостью сырья: первичного цинка, алюминия, меди. В настоящее время разработан с использованием вторичного сырья сплав ЦАМ5-1в с рентабельностью на уровне 25 %. Производство сплавов ЦАМ4-1 и других из первичных металлов целесообразно организовать на цинковых заводах с рентабельностью производства на уровне 24-27 %, против 17 – 20 % рентабельности производства цинка. Это снижает безвозвратные потери благодаря исключению повторного переплава и нерациональные перевозки первичных металлов.

3. НОРМИРОВАНИЕ РАСХОДА МАТЕРИАЛОВ

Под нормированием понимают процесс установления нормы расхода основных и вспомогательных материалов, топлива, энергии на единицу продукции. Во вторичной цветной металлургии норма расхода сырья устанавливается в кг на 1 т производимого сплава.

Норма расхода является [41]: основой для планирования, организации и управления производством соответствующих видов материальных ресурсов на отдельных предприятиях, в отраслях и в целом по народному хозяйству; базой для планирования материально-технического снабжения конкретного производства; фактором, определяющим затраты на производство (при составлении калькуляции себестоимости конкретного вида продукции) и позволяющим рационально, экономно использовать материальные ресурсы.

По годам нормы расхода конкретных видов сырья изменяются, иногда существенно (табл. 32). Так, на 1988 г. норма расхода первичного алюминия по сравнению с нормой 1986 г. уменьшена на 9,8 кг/т или при средней разнице в цене первичного и вторичного сырья в 500 руб/т, снижение себестоимости на 1 т сплава 4,9 руб/т. Общие нормы расхода сырья остаются без изменения или снижаются незначительно. В производстве литейных алюминиевых сплавов доля первичных металлов не превышает 12 %, тогда как в производстве специальных легированных сплавов доля первичного сырья ≥ 90 %.

Наиболее рационально используются лом и отходы меди и медных сплавов. Так, доля первичных металлов в производстве бронз и латуней не превышает 3 – 4 %.

Таблица 32. Нормы расхода сырья на производство вторичных цветных металлов и сплавов, кг/т

Наименование продукции и расходуемых материалов	1986 г.	1987 г.	1988 г.
<i>Сплавы алюминиевые вторичные</i>			
Алюминий первичный	121,2/119,4	121,5	111,4
Кремний	18,0/17,5	18,0	18,0
Лом меди	9,0/9,2	9,0	9,0
Лом алюминия	934,6/934,2	933,0	942,3
Лом цинка	0,1/0,2	0,1	0,1
Марганец	0,4/0,5	0,6	0,6
Лом магния	0,2/0,3	0,2	0,3
Лом титана	-/0,5	1,1	1,1
Итого	1083,5/1081,8	1083,5	1082,8

Наименование продукции и расходуемых материалов	1986 г.	1987 г.	1988 г.
---	---------	---------	---------

Сплавы алюминиевые легированные

Силумин	813,0/815,1	809,0	767,4
Медь и лом меди	20,2/20,4	20,2	21,2
В том числе медь катодная	9,1/6,7	9,1	11,7
Лом алюминия	108,2/111,7	118,2	122,1
Никель	15,0/14,6	15,0	15,0
Кремний	79,2/74,8	74,7	107,9
Марганец	3,3/3,5	3,6	3,6
Магний	9,3/9,0	8,3	7,8
Титан	1,0/0,9	1,0	0,9
Хром	1,1/1,0	1,0	1,9
Итого	1050,3/1051,0	1051,0	1047,8

Бронза оловянная

Лом меди	198,0/201,2	188,0	200,0
Лом бронзы	481,3/468,8	522,4	510,4
Лом латуни	350,6/361,4	319,0	319,0
Олово и лом олова	10,5/9,2	10,5	10,5
В том числе олово первичное	5,0/5,1	5,0	5,5
Лом свинца	8,4/10,4	8,4	8,4
Медно-никелевый сплав	12,0/7,7	12,0	12,0
Итого	1060,8/1058,7	1060,3	1060,3

Бронза безоловянная вторичная

Лом меди	640,0/675,2	640,0	640,0
Лом бронзы	297,0/252,4	297,0	297,0
Алюминий вторичный	86,2/89,0	86,2	86,2
Марганец	3,1/3,4	3,1	3,1
Биметалл	26,7/28,2	26,7	26,7
Алюминий первичный	- /2,7	-	-
Итого	1053,0/1050,9	1053,0	1053,0

Латунь литейная

Лом меди и медь	115,8/105,1	97,7	100,1
Лом латуни	827,2/846,9	846,3	843,1
Цинк и лом цинка	104,0/95,6	103,0	103,0
В том числе цинк первичный	25,0/24,0	24,0	24,0
Лом свинца	2,6/3,5	2,6	3,5
Кремний	5,1/5,1	5,1	5,1
Марганец	3,1/2,4	3,1	3,1
Медно-никелевый сплав	2,2/2,0	2,2	2,0
Алюминий вторичный	0,1/0,3	0,1	0,2
Биметалл	0,1/0,1	0,1	0,1
Итого	1060,2/1061,0	1060,2	1060,2

Наименование продукции и расходующихся материалов	1986 г.	1987 г.	1988 г.
Сплав ЦАМ			
Алюминий первичный	48,6/48,8	47,1	51,3
Медь катодная	11,2/11,4	11,2	11,7
Цинк первичный	964,1/962,1	963,9	959,4
Магний первичный	0,6/0,7	0,6	0,6
Итого	1024,5/1023,0	1022,8	1023,0
Примечание. В числителе – норма расхода, в знаменателе – фактический расход.			

VI. ЭКОНОМИЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Рациональное и экономное использование металлошихты должно обеспечить в литейном производстве 60 – 70 % потребности в металлах и сплавах.

В литейном производстве имеются значительные резервы экономии первичных металлов, сплавов и сплавов в чушках на основе вторичного сырья. Экономия цветных металлов осуществляется благодаря реализации конструкторских, технологических, организационно-экономических факторов.

Конструкторские направления реализуются благодаря рациональному выбору конструкционных материалов и типу заготовок, расчету деталей для установления оптимальных запасов прочности, совершенствования конструкции деталей и узлов и др.

Реализация технологических факторов связана с совершенствованием технологических процессов, направленных на снижение массы прибылей, литниковой системы и припусков на механическую обработку, а также получение литых деталей без механической обработки; применением материалосберегающих технологий (направленных на повышение КИМ и КВГ); разработкой новых сплавов; сокращением безвозвратных технологических отходов и потерь при изготовлении заготовок; использованием образующихся отходов; ликвидацией или сокращением брака.

Реализация организационно-экономических факторов осуществляется благодаря разработке и внедрению научно-обоснованных норм расхода шихтовых материалов вместо опытно-статистических и расчетных; установлению оптимальных запасов и сроков хранения шихтовых материалов; устранению потерь при транспортировании и хранении; полному сбору, подготовке, хранению и рациональному использованию отходов; совершенствованию системы стимулирования и ответственности трудящихся за рациональное использование шихтовых материалов и отходов.

Вышеуказанные факторы реализуются в трех основных направлениях: повышение качества существующих и разработка новых сплавов, разработка и усовершенствование технологических процессов и оборудования в литейном производстве, совершенствование организации производства.

Повышение качества существующих и разработка новых сплавов. Отмечено [18], что одним из наиболее перспективных направлений, при котором достигается существенная экономия металлов и сплавов, является повышение их качества, поскольку металлопродукция — основное сырье для машиностроения и определяет затраты при изготовлении машин, оборудования и т.д. Чем качественнее исходное сырье, тем меньше его расход, тем выше качество продукции машиностроения и, следовательно, выше ее эксплуатационные характеристики. Если сбережение затрат общественного труда при экономии топлива на выработку электроэнергии полностью исчерпываются в этом производственном процессе, то при экономии металла результаты иные. Более качественный металл, например, в поршне двигателя, обеспечивающий больший его ресурс и меньшие затраты на ремонт, способствует увеличению эксплуатационной надежности двигателя. Отсюда возникает экономия затрат на весь период эксплуатации двигателя.

Необходимо отметить, что продукция, имеющая в своем составе цветные металлы или сплавы, попадает в состав основных или оборотных фондов. Использование качественных сплавов в составе основных и оборотных фондов обеспечивает экономический эффект благодаря снижению приведенных затрат, а также позволяет уменьшить массу и затраты на изготовление машин, конструкций и изделий и повысить их надежность и долговечность.

Как уже отмечалось, качество чушковых литейных сплавов нормируется ГОСТами, а также техническими условиями. Однако установленных показателей недостаточно для обеспечения получения отливок с требуемыми физико-механическими свойствами, удовлетворяющими требованиям эксплуатации деталей в машинах и оборудовании.

Регламентация химического состава и свойств чушек требует дополнения по содержанию газов и неметаллических включений, а в

будущем и по характеристикам структуры. Введение таких характеристик в нормативно-техническую документацию и создание контрольно-измерительной аппаратуры для их контроля на предприятиях-изготовителях и на предприятиях-потребителях позволит получить литье с требуемыми характеристиками, удовлетворяющими требованиям эксплуатации.

Одним из путей повышения качества сплавов является разработка процессов рафинирования и модифицирования. Рафинирование расплавов снижает брак отливок и повышает КВГ.

Второе важное направление – разработка новых сплавов, отвечающих требованиям потребителей и обеспечивающих необходимые технико-экономические характеристики. В настоящее время разработано более 10 новых марок литейных алюминиевых сплавов с использованием вторичного сырья. Так, сплав АК10С_у, модифицированный сурьмой, применяется для изготовления корпусов электродвигателей, при этом исключается применение первичных металлов, а также получается значительный экономический эффект за счет повышения технических характеристик электродвигателей.

Значительное количество сплавов в чушках с использованием в производстве вторичного сырья разработано для автомобиле- и сельскохозяйственного машиностроения. При их применении в народном хозяйстве существенно экономятся первичные металлы и сплавы. Однако в СССР уровень использования алюминиевых сплавов из лома и отходов не превышает 48 %, тогда как в развитых капиталистических странах он достигает 90 %. Для бронз и латуней этот показатель в СССР составляет 90 – 92 %. Разработка и внедрение литейной латуни в чушках ЛМЦКА в автомобилестроении исключает применение первичных меди, цинка, алюминия и марганца. В среднем на каждую тонну отливок экономится до 600 кг меди, 400 кг цинка, по 20 кг алюминия и цинка.

Внедрение бронзы в чушках марки БрО10Ф1 при производстве червячных редукторов позволит на каждой тонне сэкономить до 900 кг катодной меди и до 100 кг первичного олова.

Усовершенствование и разработка новых технологических процессов и оборудования. Производство детали включает несколько стадий: проектирование, выбор и разработка технологии изготовления и получение готового изделия. От того, насколько правильно спроектирована деталь и определен технологический процесс ее изготовления, зависит КИМ и, следовательно, металлоемкость машины или оборудования. Считается, что на стадии проектирования возникает до 75 % ошибок, определяющих в дальнейшем экономичность и качество изготовления детали. Поэтому главной задачей на стадии конструирования и разработки технологии является максимальное приближение формы и размеров отливки к готовой детали. Конечная цель – получение отлив-

ки, не требующей механической обработки [14]. На практике это достигается довольно редко, поэтому задача сводится к повышению геометрической точности отливок, что позволяет снизить их массу, уменьшить объем образующейся стружки и повысить КИМ. Для этого необходимо, чтобы сначала литая деталь проектировалась для конкретного способа литья. При этом возможно учитывать преимущества выбранной технологии и создавать конструкцию, в наибольшей степени удовлетворяющую, а также отвечающую требованиям эксплуатации и обладающую минимальной трудоемкостью ее изготовления и металлоемкостью.

В ФРГ, Франции, США и других капиталистических странах проводятся конкурсы на лучшую отливку с учетом экономичности ее изготовления и высоких эксплуатационных свойств. Так, первая премия на одном таком конкурсе присуждена конструкции корпуса опоры для турбогревателя из алюминиевого сплава. Ее внедрение снизило массу детали, а также на 13,2 % уменьшило стоимость ее изготовления.

В последнее время на таких конкурсах отдается предпочтение отливкам, заменяющим целые узлы или сокращающим трудоемкость изготовления. Необходимо отметить тенденцию замены сварных конструкций на сварно-литые. Так, сварная конструкция барабанных валков заменена на биметаллическую отливку, получаемую литьем под давлением из алюминиевого сплава. При этом снизилась масса детали, а также стоимость ее изготовления на 57,5 %. Разработан узел, представляющий собой биметаллическую отливку (литье под давлением) корпуса из алюминиевого сплава с подшипником качения. Это позволило исключить механическую обработку, повысить КИМ и снизить стоимость ее изготовления на 37 %. Сообщается также о замене узла направляющей планки из алюминиевого сплава, собираемой из 8 деталей. Отливка из сплава получается литьем под давлением, не требует механической обработки, благодаря чему масса узла снижена на 36 %, а стоимость изготовления – на 56 %.

Известно [14] применение сварно-литой конструкции основания из сплава АЛ9 вместо сварной. Внедрение этой технологии повысило КИМ с 45 до 82 % и снизило на 50 % трудоемкость изготовления.

Также перспективной является замена деталей, изготовленных из деформируемых заготовок (прессование, ковка, прокатка) на литые (табл. 33).

Так, получение литых деталей стало возможным благодаря повышению плотности металла, что достигнуто выплавкой сплава в вакуумных печах ВИУ-250 под слоем модифицирующего флюса и улучшением литниково-питающей системы отливки [14].

Существенная экономия сплавов также достигается при оптимизации конструкции деталей. Так, благодаря оптимизации конструкции литых корпусов и крышек шестеренчатых насосов снижена масса

Таблица 33. Технико-экономические показатели изготовления деталей из проката и литья [14]

Деталь	Габаритные размеры, мм	Материал	Масса, кг	КИМ, %	Снижение трудоемкости механической обработки
Основание	φ 770 × 20	АМг2	88,0/12,0	14,0	—
		АЛ9	15,0/12,0	80,0	32,0
Направляющая	1480 × 110 × 60	АМг2	68,0/4,4	6,5	—
		АЛ9	9,0/4,4	49,0	57,0

Примечание. В числителе – масса заготовки, в знаменателе – масса детали.

отливки, что позволило повысить КИМ и сэкономить почти 0,5 тыс. т алюминиевых сплавов. Оптимизация выполнена методом конечных элементов с последующим выбором наилучшей конструкции на основе определения напряженно-деформированного состояния корпусов и крышек [33].

На стадии проектирования технологии литья существенную экономию сплавов и повышение КИМ и КВГ получено из-за снижения массы литниково-питающей системы, а также уменьшения и, где возможно, полного исключения припусков на механическую обработку. Например, в одном из объединений применяется метод определения размеров прибылей путем моделирования питания фасонных отливок из алюминиевых сплавов на ЭВМ. Благодаря повышению КВГ уменьшен угар при повторных переплавах [3]. Показано, что объем прибылей завышается на 50 – 70 %, что и приводит к снижению КВГ.

Для повышения эффективности действия прибыли или ее полного исключения предложен метод принудительного формирования усадочной полости требуемой формы и местоположения [29]. Способ применим для отливок цилиндрической формы и позволяет повысить КВГ. Для повышения надежности питания отливки при снижении массы напусков и прибылей разработан алгоритм решения задач затвердевания отливки в кокиле [4, 28]. Расчетами определены оптимальные температурные режимы литья. Для отливок типа фланец из сплава АЛ4 высота прибыли сокращена в 2 – 4 раза, при этом снизился расход расплава [4].

Кроме того, при литье в металлические формы и по выплавляемым моделям возможно снижение припусков на механическую обработку благодаря расчету точности размеров по методике, учитывающей особенности формирования отливки в кокиле [15, 16, 20].

Таким образом, можно выделить следующие направления по экономии металла, связанные с конструированием деталей и отливок (повышающие КИМ и КВГ): совершенствование конструкции деталей на основе полного учета физико-механических свойств сплава, повышающие служебные свойства детали при ее меньшей массе; снижение, а где возможно, и полное исключение припусков на механическую обработку на основе расчета размерной точности отливок, учитывающего в полной мере особенности формирования отливки при данном способе литья; снижение массы литниково-питающей системы на основе расчета процесса питания с учетом свойств расплава и формы, а также использование процесса образования усадочной полости для формирования технологических полостей в отливке.

Применение новых технологических процессов и разработка соответствующего оборудования для их осуществления получают значительную экономию металла. Литье алюминиевых сплавов в основном производится в металлические формы.

Эффективным является разработанный метод литья под регулируемым давлением [5, 9] и кристаллизацией под давлением [8], позволяющий не только значительно улучшить физико-механические свойства отливок, но и значительно снизить расход металла на литниково-питающую систему, вследствие чего обеспечивается безотходность технологического процесса и достигается КИМ на уровне 95 – 98 %. Повышение КВГ также снижает расход шихтовых материалов на 15 – 25 %. Тем самым обеспечивается их более экономное использование.

Способ литья с кристаллизацией под давлением уменьшает массу отливок на 10 – 20 % из-за уменьшения толщины стенок с 1,8 – 2,0 до 0,8 – 1,0 мм [6, 7]. Способ применяется вместо литья в кокиль и обеспечивает значительное повышение прочностных и пластических свойств сплава при некотором повышении его плотности (табл. 34) благодаря измельчению структуры отливок [1, 8].

Также разработан способ литья с противодавлением [35], заключающийся в предварительном заполнении формы сжатым газом, создаю-

Таблица 34. Свойства силуминов, отлитых в кокиль (числитель) и с кристаллизацией под давлением (знаменатель) [8]

Сплав	σ_B , МПа	δ , %	НВ, МПа	γ , г/см ³	l_{CT}/R^*
АЛ2	160/250	4/12	500/640	2,650/2,678	0,6/0,3
Al + 6 % Si	140/202	5/19	480/520	2,660/2,687	0,4/0,2

* l_{CT}/R – отношение ширины зоны столбчатых кристаллов к радиусу отливки.

шим противодействие при заливке с последующей заливкой расплава под давлением из раздаточной печи. Отливки, полученные этим способом, характеризуются: низкой пористостью; хорошими механическими свойствами (σ_b повышается на 20 – 300 %, $\sigma_{0,2}$ – на 30 – 300 %, δ – на 10 – 1000 % и НВ – на 5 – 60 % по сравнению с традиционными способами литья); значительным уменьшением массы отливок.

Разработанный способ литья успешно применяется взамен поковок из деформируемых сплавов и сокращает расход металла благодаря снижению массы детали и уменьшению припусков на механическую обработку.

Предложен также способ литья погружением отливок из алюминиевых и других сплавов [23]. Преимуществом метода является снижение массы литниковой системы при повышении качества отливок.

Широко применяется в СССР и за рубежом метод жидкой штамповки. При применении этого способа получается готовое изделие, не требующее механической обработки. Отливки характеризуются высокими физико-механическими свойствами с повышенным КИМ и КВГ. Этим методом получают отливки из алюминиевых сплавов и латуней.

При совершенствовании существующих способов литья также повышаются КИМ и КВГ. Так, при повышении точности дозировки расплава при литье под давлением снижается масса пресс-остатка, вследствие этого повышается КВГ. Точность дозирования расплава увеличивается из-за внедрения магнитодинамических установок. Так, в [40] предложено осуществлять заливку в разъем формы при литье под давлением с оснащением машин автоматическими дозирующими установками МДН-6, ДМ-4, Д-63 и другими, что повышает КВГ. Кроме того, повышается качество отливок благодаря снижению пористости, тем самым уменьшается брак по негерметичности.

Применение прогрессивных методов литья повышает КИМ, КВГ и снижает расход металлошихты. Так, при переходе с кокильного литья на литье под давлением [14] на 50 % снижена масса отливок и объем механической обработки, причем КВГ увеличился в 2 раза, а КИМ возрос до 90 %. Сравнение литья корпуса приводов распределителей зажигания в кокиль и под давлением показывает, что на одну деталь экономится до 2 кг металлошихты и на 80 % снижен объем механической обработки [14] (табл. 35).

В настоящее время получило развитие литье армированных отливок, также способствующее снижению расхода металлошихты, повышению свойства в различных частях отливок. Применение этой технологии повышает КИМ вследствие уменьшения механической обработки, снижения расхода металлошихты.

Снижение угара и безвозвратных потерь связано с совершенствованием технологии плавки и разливкой расплавов. За рубежом особое

Таблица 35. КВГ и КИМ при литье корпуса приводов распределителей зажигания

Способ литья	Масса отливки, кг	Масса детали, кг	КВГ, %	КИМ, %
Кокильное	2,6/1,1	0,635	40,0	22,6
Под давлением	0,67/0,5	0,455	70,0	65,0

Примечание. В числителе – черновая масса, в знаменателе – чистая масса.

внимание уделяется процессам плавления, доводки и разливки расплавов. В основном плавка осуществляется в плавильных печах с высокоскоростными газовыми горелками (снижение угара и потерь на 1,5 %) и в индукционных тигельных и канальных печах, в которых с низким угаром и потерями переплавляют металлошихту, состоящую из чушек и возврата.

Значительную экономию металлошихты можно осуществить переработкой стружки алюминиевых сплавов на месте ее образования, при этом [34]: снижаются потери от окисления из-за сокращения времени хранения и транспортирования, исключается возможность смешивания (при правильной организации сбора и переработки), устраняются встречные перевозки стружки и чушковых материалов.

Существуют два направления использования стружки: переплав в литейном цехе с последующим использованием в изготовлении отливок, производство деталей и полуфабрикатов из стружки без переплава.

Использование алюминиевой стружки в литейном производстве наиболее развито на предприятиях Минавтопрома и Минсельхозмаша. Внедрение переплава стружки на Ярославском и Ульяновском моторных заводах, ПО ЗИЛ, ПО КамАЗ позволило на 10 – 15 % сократить расход первичных шихтовых материалов.

Внедрение только одним заводом Минсельхозмаша переплава стружки алюминиевых сплавов марок А03–7, АЛ9, АК7 и АК7М3Ц2Мг уменьшило расход первичных металлов более чем на 1000 т/год и дало экономический эффект 80 – 120 рублей на тонне годного литья [34].

Для переработки стружки без переплава предложены следующие схемы: переработка стружки в порошок и дальнейшее ее использование методами порошковой металлургии; изготовление деталей и полуфабрикатов непосредственно из заготовок, полученных брикетированием стружки, с дальнейшей горячей пластической деформацией.

Последняя схема проверена на литейных сплавах АЛ4 и АЛ30 [38], а также на деформируемом Д16. Показана возможность получения качественных профилей прямым прессованием. При плотности брике-

Таблица 36. Свойства прессованных (числитель) и литых (знаменатель) изделий [38]

Сплав	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %
АЛ4	150 – 220/150	90 – 150/ –	10 – 25/2
АЛ30	210 – 220/200	100 – 190/ –	8 – 9/0,5
Д16	150 – 230/210	80 – 200/110	15 – 25/18

тов 86–88 % свойства полуфабрикатов зависят от режимов прессования, но значительно превышают прочностные и пластические свойства в литом состоянии (табл. 36).

Однако в настоящее время промышленного внедрения разработанная технология прессования из стружки еще не нашла.

Перспективным направлением литейной технологии является металлургия гранул [21], основанная на кристаллизации расплавов небольшими объемами (в виде гранул) со скоростями порядка $10^4 - 10^8$ К/с с последующим получением изделий методами прокатки, прессования, штамповки и литья. При литье силуминов методами гранульной металлургии [21] измельчается структура и вследствие этого повышается качество отливок, а также снижается расход металла.

Большая работа выполнена в Министерстве путей сообщения СССР по вовлечению амортизационного лома бронзы в шихту. В настоящее время в производстве оловянных бронз до 25 % металлошихты составляют старые детали, отслужившие свой срок. Кроме того, для рационального использования металлошихты, снижения угара и безвозвратных потерь при получении бронзовых отливок намечены следующие мероприятия: повышение доли кокильного литья и литья под давлением, снижение литейного брака, сокращение припусков на мехобработку; замена электродуговых печей на индукционные печи, улучшение сбора и брикетирование стружки, уменьшение угара в 2 – 2,5 раза; сбор изношенных деталей по маркам, исключение переплава металлического лома.

Совершенствование организации производства. Значительные резервы экономии заключены в совершенствовании нормирования расхода металлошихты в производстве чушковых металлов и сплавов, а также в изготовлении отливок [2], установлении оптимальных запасов металлошихты, сокращении ее потерь при хранении и транспортировании. Достичь существенной экономии можно и благодаря вовлечению в производство лома и отходов алюминия и его сплавов в местах их образования. Все эти мероприятия должны быть подкреплены системами стимулирования всемерной экономии металлов в производстве.

В настоящее время нормирование расходов осуществляется, как правило, на основе опытно-статистических и расчетных норм. Разработки научно-обоснованных норм отсутствуют как на предприятиях цветной металлургии, производящих металлы и сплавы в чушках; так и в литейном производстве различных отраслей народного хозяйства. Как отмечено выше, установленные нормы НИИПиНа, в министерствах в основном превышаются. Это вызвано отсутствием прежде всего должной заинтересованности в экономии металлошихты, а также практическим отсутствием работ по научному обоснованию норм ее расхода на основе анализа технологических процессов производства отливок и снятия балансов металла в цехах. Существующий учет в литейных цехах осуществляется почти всегда в целом по цеху: известно, сколько поступило металлошихты в цех, и известно, сколько получено отливок. Учет по операциям, взвешивание шихты поплавно, учет выплавленного металла и поступление его на разливку не производятся. Отсюда, нет контроля за ведением плавки по расходу материалов, а также нет учета литейного брака. Весь брак, выявленный в литейном цехе, в настоящее время практически не учитывается и поступает в переплав. Отсутствие учета по операциям и ведет к завышению норм расхода металлошихты, способствует установлению завышенных норм ее расхода.

Сложившиеся хозяйственные связи между производителями и потребителями металлов не всегда способствуют равномерному поступлению металлошихты в литейный цех. Это ведет к ее накоплению и длительному хранению. Создание таких запасов при отсутствии или нехватке соответствующих складских помещений ведет к окислению и загрязнению поверхности чушек, что в свою очередь приводит к перерасходу металлошихты при плавке.

Как уже отмечалось, в настоящее время большое внимание уделяется вовлечению собственных отходов в хозяйственный оборот. Это характерно не только для стран социализма, но и капиталистических стран. Так, например, в 1985 г. машиностроительные фирмы США выпустили из собственных отходов 180 тыс. т фасонных отливок, что составило 20 % от общего объема производства алюминиевого литья. Однако в СССР используются только отходы литейного производства, доля использования отходов металлообработки крайне низкая.

В 1985 – 1986 гг. все министерства и ведомства разработали планы по рациональному использованию металлоотходов. Например, в Минстройдормаше такая программа разработана на XII пятилетку и до 2000 года [24] и предусматривает существенную экономию металлошихты.

Существенной экономии первичных материалов можно достичь за счет использования в металлошихте вторичных сплавов в чушках. Так,

предложено в [12] при выплавке сплавов АЛ4 и АЛ9 использовать вторичные силумины АК7, АК9, АК9М2, АК5М7, АК5М2 и АК8М3, добавка которых в объеме 2 – 15 % не влияет на прочность и пластичность; увеличивается твердость (с 610 до 640 – 680 НВ), незначительно повышается газосодержание (с 0,18 до 0,20 – 0,24 см³/100 г) и загрязненность (с 0,20 до 0,21 – 0,24 мм²/см³).

Применение при выплавке сплава АЛ11 вторичных сплавов позволило несколько повысить свойства отливок, при существенном снижении расхода силумина (в 2,4 раза и первичного алюминия в 4 раза) (табл. 37) [40].

Таблица 37. Изменение состава шихты и свойств сплава АЛ11 [13]

Составляющие шихты	Количество шихты, %	Составляющие шихты	Количество шихты, %
СИЛО	62/25	Mg95	0,2/0,2
A5	20,8/5	Свойства:	
AK7	– /50	σ _в , МПа	183,7/203,2
ЦЗ	4,0/6,8	δ, %	1,3/1,4
		НВ, МПа	887,0/950

Примечание. В числителе – до внедрения, в знаменателе – после внедрения.

Основные источники потерь цветных металлов и сплавов во вторичной металлургии связаны [27]: со смешиванием поступающего сырья и хранением его на неподготовленных площадках; с отгрузкой низкокачественного сырья; с нарушением технологических режимов плавки, что ведет к уменьшению металлургического выхода и извлечения.

Предотвращение смешивания различного сырья достигается организацией достаточного количества мест хранения поступающего сырья, тщательным его анализом при поступлении. Смешивание сырья приводит к тому, что теряются ценные компоненты. Так, при производстве раскислителей из алюминия используют низкокачественные отходы. Однако в этой группе присутствуют в сплавах медь, цинк, свинец, олово и другие ценные металлы, которые в раскислителе значительно ухудшают его свойства. Так, медь, загрязняет сталь и раскислители, свинец и олово вредят футеровке. В целом эти ценные компоненты безвозвратно теряются и наносят вред качеству стали. Для предотвращения потерь необходим тщательный анализ металлошихты и недопущение ценных компонентов в переплав на раскислители.

Потери при хранении отходов особенно значительны для влажной

стружки и шлаков. Для их предотвращения необходимо не допускать хранения этого вида под открытым небом, готовить его к плавке сразу после поступления на завод (сушить, сепарировать и т.д.).

При плавке безвозвратные потери металла составляют 1,5 – 3,5 %. Металл теряется при его угаре, металлизации футеровки, переходе в неметаллическую часть шлака, в сплески и съемы.

Для уменьшения угара необходимо выдерживать заданные температурные режимы плавки. Так, при перегреве латуней резко увеличивается испарение цинка, который безвозвратно теряется. Отсюда возникает задача защиты поверхности расплава от испарения, для чего применяют покровные флюсы. Их использование позволяет уменьшить испарение металлов, тем самым снизить потери металла в металлургическом переделе.

Таким образом, для получения деталей самого различного назначения потребляют значительное количество цветных сплавов.

Анализ использования литейных сплавов показывает, что основными направлениями рационального использования металлошихты в народном хозяйстве следующие:

- разработка и внедрение новых и повышение качества существующих сплавов, в особенности сплавов с применением вторичного сырья;

- применение прогрессивных ресурсосберегающих технологий, разработка и внедрение научно-обоснованных норм расхода металлошихты;

- снижение потерь металла на угар и безвозвратные потери в производстве сплавов и отливок;

- совершенствование систем стимулирования за экономию материальных ресурсов, в том числе и цветных сплавов.

Во вторичной цветной металлургии в содружестве с потребителями – автомобильной промышленностью, сельскохозяйственным машиностроением, электротехнической и другими отраслями – разработан и освоен выпуск ряда алюминиевых сплавов с использованием вторичного сырья, позволяющих существенно сократить расход металлов и сплавов при литье. Это алюминиевые сплавы АК9Ц6 взамен АЛ11, АК10Су взамен АЛ9, АК9М2 взамен АЛ4, латунь ЛМцКА взамен аналогичной из первичных металлов, бронза БрО10Ф1.

Существенная экономия металлошихты достигается при использовании стружки в местах ее образования при ее переплаве и без переплава, а также использования других отходов, амортизационного и ремонтного лома.

Перспективно развитие новых ресурсосберегающих технологий (жидкой штамповки, литья с кристаллизацией под давлением, литья с противодавлением) и совершенствование существующих (литья под давлением и в кокиль). Это уменьшает расход металла благодаря

увеличению точности отливок, повышению их качества и уменьшению потерь при литье.

Во вторичной цветной металлургии необходимо более рационально использовать поступающую металлошихту.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1.Альтман М.Б., Стромская Н.П. Повышение свойств стандартных литейных алюминиевых сплавов. – М.: Металлургия, 1984. – 128 с.
- 2.Андрюшевич А.А. // Литейное производство. – 1987. – № 2. – С. 12 – 14.
- 3.Бадиков Г.А., Воробьев И.Л. // Литейное производство. – 1983. – № 6. – С. 2 – 4.
- 4.Бадиков Г.А. // Литейное производство. – 1985. – № 11. – С. 35 – 36.
- 5.Безпалько В.И., Батышев А.И., Кантенник С.К., Смирнов Ю.А. // Литейное производство. – 1983. – № 3. – С. 21 – 23.
- 6.Безпалько В.И., Батышев А.И. // Литейное производство. – 1985. – № 9. – С. 19 – 20.
- 7.Безпалько В.И. // Литейное производство. – 1986. – № 8. – С. 10 – 11.
- 8.Безпалько В.И., Батышев А.И. // Литейное производство. – 1986. – № 7. – С. 8 – 9.
- 9.Борисов Г.П., Шнитко В.К., Котлярский Ф.М. // Литейное производство. – 1983. – № 4. – С. 25 – 26.
- 10.Воздвиженский В.М. и др. Литейные сплавы и технология их плавки в машиностроении: Учебное пособие. – М.: Машиностроение, 1984. – С. 432.
- 11.Волкогон Г.М., Брезгунов М.М. Производство слитков меди и медных сплавов. М.: Металлургия, 1980. – 100 с.
- 12.Галушко А.М., Маркаров Ю.В., Неменёнок В. М., Стриженков М.И. // Литейное производство. – 1986. – № 1. – С. 12 – 13.
- 13.Калашников Г.К., Каллуновский Ю.А., Бердунов В.Н. // Литейное производство. – 1985. – № 3. – С. 31.
- 14.Голдин Н.М. Отливки в точном машиностроении. – М.: Машиностроение, 1983. – С. 176.
- 15.Городничий Н.И., Каширцев Л.П., Бычков Ю.Б. // Литейное производство. – 1984. – № 3. – С. 10 – 11.
- 16.Городничий Н.И., Каширцев Л.П., Офенгенден А.А. // Литейное производство. – 1983. – № 11. – С. 16 – 17.
- 17.Городничий Н.И., Федотова Г.В., Христофорова Т.Г. // Цветные металлы. – 1987. – № 8. – С. 102 – 104.
- 18.Зусман Л.Л. Народнохозяйственные проблемы экономии металла. – М.: Экономика, 1985. – 232 с.
- 19.Изюмский Ф.П., Саврукова Г.Д. – М.: ЦНИИцветмет экономики и информации. – 1982. – Вып. 3. – 82 с.
- 20.Каширцев Л.П., Городничий Н.И. // Литейное производство. – 1983. – № 5. – С. 14 – 15.
- 21.Кимстач Г.М. // Литейное производство. – 1986. – № 10. – С. 7 – 8.
- 22.Краснощеков Г.Ф., Суворина С.П., Федетов Е.С., Горбач С.П. // Литейное производство. – 1984. – № 4. – С. 24 – 25.
- 23.Ковригиных Н.И., Гусаров В.Д., Пивоваров В.К. // Литейное производство. – 1983. – № 4. – С. 45.
- 24.Лапин Р.П., Левагин Б.Н. // Строительные и дорожные машины. – 1985. – № 12. – С. 3 – 4.

- 25.Макаров Е.И., Беккер М.Б., Захаров Е.В. //Литейное производство. – 1981. – № 11.– С. 28 – 30.
- 26.Плавка и литье алюминиевых сплавов: Справ. изд. / М.Б.Альтман, А.Д.Андреев, Г.А.Балахонцев и др. 2-е изд., перераб. и дополн. – М.: Metallургия, 1983. – 352 с.
- 27.Попов В.А., Резняков А.А. – М.: ЦНИИцветмет экономики и информации, 1982. Вып. 1. – 48 с.
- 28.Пчелинцев В.М. //Литейное производство. – 1985. – № 11. – С. 20 – 22.
- 29.Рабинович Б.В., Анполонов А.А., Мешков В.П. // Литейное производство. – 1986. – № 9. – С. 11 – 13.
- 30.Рыбкин В.А. Контроль материалов и работ в литейном производстве: Учебное пособие. – М.: Машиностроение, 1980. – 128 с.
- 31.Селезнев Л.П., Семенов Г.А. Проблемы повышения эффективности производства во вторичной цветной металлургии. М.: Metallургия, 1987. – 128 с.
- 32.Семенов Г.А. Экономика и организация производства во вторичной цветной металлургии. М.: Metallургия, 1984. – 104 с.
- 33.Слобин Б.З., Маслак А.В., Грязев В.В., Белянский Э.М. // Литейное производство. – 1984. – № 4. – С. 25 – 26.
- 34.Тихомиров В.М., Чернозубкин Б.В. // Литейное производство. – 1984. – № 4. – С. 11 – 12.
- 35.Ферштатер И.В., Старченко Г.Г. // Литейное производство. – 1983. – № 3. – С. 16.
- 36.Худяков И.Ф., Дорошкевич А.П., Карелов С.В. Metallургия вторичных тяжелых цветных металлов: Учебник для вузов. – М.: Metallургия, 1987. – 528 с.
- 37.Худяков И.Ф., Дорошкевич А.П., Кляйн С.Э. и др. Технология вторичных цветных металлов: Учебник для вузов. – М.: Metallургия, 1981. – 280 с.
- 38.Шестаков Н.А., Сергеев Ю.Н., Тимофеев В.Н. и др. // Кузнечно-штамповочное производство. – 1986. – № 11. – С. 20 – 22.
- 39.Шкляр М.С. Печи вторичной цветной металлургии. М.: Metallургия, 1987. – 216 с.
- 40.Юрченко В.И. // Литейное производство. – 1986. – № 10. – С. 19 – 20.
- 41.Экономия и нормирование материальных ресурсов: Учебное пособие / Мочалов Б.М., Смирнов К.А., Воликов В.А. и др. Под редакцией: Мочалова Б.М. и Смирнова К.А. – М.: Высшая школа, 1986. – 288 с.

Производственное издание

Николай Иванович Городничий

ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Редактор издательства Т.А. Карасева
Художественный редактор А.А. Якубенко
Технический редактор Е.К. Астафьева
Корректор И.Д. Король

Подписано в печать 03.11.89 Т-18503

ИБ № 3902

Формат бумаги 60x90 1/16

Бумага офсетная № 2

Печать офсетная

Усл.печ.л. 6,5 Усл.кр.-отт. 6,75 Уч.-изд.л. 6,83

Тираж 7160 экз. Заказ 3849

Цена 35 к. Изд. № 2197

Набрано в издательстве "Металлургия"
на НПТ оператором И.В.Витте

Ордена Трудового Красного Знамени
издательство "Металлургия", 119857, ГСП, Москва, Г-34,
2-й Обыденский пер., д. 14.

Московская типография № 9 НПО "Всесоюзная книжная палата"
при Государственном комитете СССР
по печати
109033, Москва, Волочаевская ул. 40