

В

для вузов

Е.А. Чернышов
А.И. Евстигнеев

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА.
ТЕОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОТЛИВКИ

МАШИНОСТРОЕНИЕ

В

ДЛЯ ВУЗОВ

Е.А. Чернышов, А.И. Евстигнеев

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА. ТЕОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОТЛИВКИ

Допущено учебно-методическим объединением вузов по университетскому политехническому образованию в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 150700 «Машиностроение» и 150400 «Металлургия»



МОСКВА
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»
2015

УДК 621.7

ББК 34

Ч-45

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

*Заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук,
профессор Колокольцев Валерий Михайлович
(ФГБОУ ВПО МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск);
заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук,
профессор Ри Хосен, зав. кафедрой «Литейное производство
и технология металлов» Тихоокеанского государственного
университета (г. Хабаровск)*

Чернышов Е.А., Евстигнеев А.И.

Ч-45 Теоретические основы литейного производства. Теория формирования отливки: учебник / Е.А. Чернышов, А.И. Евстигнеев (НГТУ им. Р.Е. Алексеева, КиАГТУ). — М.: Машиностроение, 2015. — 480 с.

ISBN 978-5-94275-757-1

Изложены основы теории формирования отливок, начиная от приготовления расплава до получения готовой отливки. Приведены физические и литейные свойства металлов и сплавов, вопросы кристаллизации, затвердевания и охлаждения, теоретические и практические аспекты, оказывающие влияние на качество отливок.

Для студентов машиностроительных и металлургических направлений и специальностей высших учебных заведений. Может быть использован инженерно-техническими работниками, аспирантами и преподавателями в практической и учебной работе.

УДК 621.7

ББК 34

ISBN 978-5-94275-757-1

© Чернышов Е.А., Евстигнеев А.И., 2015

© ООО «Издательство Машиностроение», 2015

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, опубликованных в данной книге, допускаются только с разрешения издательства и со ссылкой на источник информации.

Оглавление

Предисловие	7
Введение.....	10

РАЗДЕЛ I

Глава 1. Физические свойства металлов и сплавов	13
1.1. Температура плавления	13
1.2. Плотность металлов	15
1.3. Температура кипения и давление пара металлов	17
1.4. Тепловые и электрические свойства металлов и сплавов.....	18
1.5. Диффузия в жидких металлах.....	21
1.6. Вязкость жидких металлов и сплавов.....	24
1.7. Поверхностное натяжение жидких металлов и сплавов	27
Контрольные вопросы	34
Глава 2. Строение металлов и сплавов в жидком и твердом состояниях	36
2.1. Общие сведения	36
2.2. Особенности электронного строения металлов	37
2.3. Кристаллическое строение металлов.....	40
2.4. Тепловые колебания в металлах	43
2.5. Дефекты кристаллического строения металлов	45
2.6. Основные особенности строения металлических сплавов	48
2.7. Основные положения жидкого состояния металлов	54
2.8. Экспериментальное изучение строения жидких металлов дифракционными методами	62
Контрольные вопросы	64

РАЗДЕЛ II

Глава 3. Основы технологии плавки металлов	65
3.1. Тепло- и массоперенос в расплавах.....	65
3.2. Взаимодействие металлических расплавов с газами.....	67

3.3. Взаимодействие металлических расплавов с огнеупорными материалами	76
3.4. Защита расплава от взаимодействия с атмосферой при плавке	80
3.5. Рафинирование металлических расплавов	87
3.6. Раскисление металлических расплавов	95
3.7. Общие положения плавки	97
Контрольные вопросы	99

РАЗДЕЛ III

Глава 4. Гидромеханические явления процесса формирования отливок	101
4.1. Приложения законов гидростатики к поведению расплавов металлов в литейных печах, ковшах, разливочных устройствах, литейных формах	101
4.2. Приложения законов гидродинамики к процессам течения металлов и сплавов	105
4.2.1. Истечение металла из печей и ковшей	105
4.2.2. Закономерности течения металла по литниковой системе и в полости литейной формы	108
4.2.3. Анализ особенностей течения металла в литниковых системах и методика расчета минимального сечения	113
4.2.4. Гидродинамические явления после заполнения формы	120
4.3. Жидкотекучесть сплавов и заполняемость литейной формы	121
Контрольные вопросы	136
Глава 5. Кристаллизация металла при формировании отливок	138
5.1. Основы теории кристаллизации	139
5.1.1. Термодинамическая теория кристаллизации	139
5.1.2. Самопроизвольное зарождение центров кристаллизации	143
5.1.3. Скорость роста зародившихся кристаллов	146
5.1.4. Вынужденное зарождение центров кристаллизации	149
5.2. Типы кристаллических структур и морфологические схемы кристаллизации сплавов	152
5.3. Управление кристаллизационными процессами	164
5.3.1. Модифицирование металлических расплавов	165
5.3.2. Другие способы управления кристаллическим строением металла отливок	173
Контрольные вопросы	175
Глава 6. Затвердевание отливок	177
6.1. Методы исследования процесса затвердевания	177
6.2. Расчетная схема процесса затвердевания	180
6.3. Затвердевание отливок в сухих песчаных формах	183
6.3.1. Тепловые особенности формы	183
6.3.2. Расчет общей продолжительности затвердевания отливки	186
6.3.3. Затвердевание отливки в песчаной форме с облицовочным слоем	221

6.4. Расчет продолжительности затвердевания во влажной песчаной форме	228
6.4.1. Особенности тепломассопереноса в форме	228
6.4.2. Расчет общей продолжительности затвердевания отливки	232
6.5. Затвердевание отливки в металлооболочковой форме	251
6.6. Затвердевание отливки в кокиле	277
6.7. Затвердевание отливки в раздвижном кокиле	296
6.8. Затвердевание отливки в облицованном кокиле	301
6.9. Влияние конфигурации отливки на ее затвердевание	306
6.10. Управление процессом затвердевания	314
Контрольные вопросы	320
РАЗДЕЛ IV	
Глава 7. Усадка металла в отливках	322
7.1. Общие сведения об усадочных процессах	322
7.2. Усадочная пористость	324
7.3. Формирование усадочной раковины	335
Контрольные вопросы	339
Глава 8. Прибыли на отливках	341
8.1. Назначение и классификация прибылей	341
8.2. Выбор места расположения прибылей	343
8.3. Расчет размеров прибылей	344
8.4. Радиус действия прибыли	367
8.5. Зона действия и расчет холодильника в сочетании с прибылью	370
8.6. Анализ и способы повышения эффективности работы прибылей	376
Контрольные вопросы	392
Глава 9. Ликвационные явления при формировании отливок	393
9.1. Дендритная ликвация	393
9.2. Зональная ликвация	395
9.3. Основные меры по снижению ликвации	399
Контрольные вопросы	405
Глава 10. Газы в отливках	406
10.1. Общая характеристика газов в металле отливок	406
10.2. Газовые дефекты в отливках	409
Контрольные вопросы	418
Глава 11. Неметаллические включения в металле отливок	419
Контрольные вопросы	423
Глава 12. Охлаждение отливок в форме	424
12.1. Продолжительность выдержки отливки в форме	424

12.2. Литейные напряжения в отливках.....	429
12.3. Коробление и трещины	440
Контрольные вопросы	444
Глава 13. Суспензионное литье.....	445
13.1. Общие сведения.....	445
13.2. Способы и устройства для ввода микрохолодильников	448
13.3. Определение оптимальных параметров суспензионной заливки	462
13.4. Особенности кристаллизации и затвердевания отливок при суспензионном литье	467
13.5. Формирование качества фасонных отливок в условиях суспензионной заливки	471
Контрольные вопросы	476
Список литературы	477