

**О.П. Макаревич
Г.Є. Федоров
Є.О. Платонов**

Виробництво випливи із спеціальних сталей

**Для студентів, аспірантів, працівників
вищих навчальних і академічних закладів
та підприємств металургійного профілю**

**Київ
НТУУ „КПІ”
2005**

УДК 621.745.55
ББК 34.327я73
М15

Рецензенти: С.Я. Шипіцин, зав. відділу дисперсійного зміцнення металів і сплавів, д.т.н., проф. (Фізико-технологічний інститут металів і сплавів НАН України)

В.В. Луньов, зав. кафедри машин і технологій ливарного виробництва, д.т.н., проф. (Запорізький національний технічний університет)

Відповідальний
редактор С.П. Дорошенко

Макаревич О.П., Федоров Г.Є., Платонов Є.О.

Виробництво виливків із спеціальних сталей. – К.: Видавництво НТУУ “КПІ”, 2005. – 717 с.

Викладено теоретичні і практичні основи щодо виготовлення якісних виливків із легованих сталей спеціального призначення на наукових основах сучасних технологічних процесів плавлення, легування, мікролегування та модифікування сплавів на основі заліза і формоутворення з урахуванням світових досягнень у розробленні формувальних та стрижневих сумішей, а також керування процесами структуроутворення з метою одержання металу з високими спеціальними властивостями.

Комп’ютерна верстка
Ямшинський М.М.

УДК 624.745.55
ББК 34.327я73

ISBN

О.П. Макаревич, Г.Є. Федоров, Є.О. Платонов 2005 р.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	6
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТАЛЕЙ ІЗ СПЕЦІАЛЬНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ.....	7
1.1 Основні терміни та визначення	7
1.2 З історії розвитку сталеплавильного виробництва.....	16
1.3 Світ сталей і сплавів із спеціальними властивостями	31
1.4 Класифікація і маркування легованих сталей та виливків.....	33
1.4.1 Класифікація легованих сталей.	33
1.4.2 Класифікація сталевих виливків.	35
1.4.3 Маркування сталей.....	36
1.4.4 Позначення і маркування виливків	38
1.5 Структурні складові та структурні класи легованих сталей.....	38
1.5.1 Легований ферит	38
1.5.2 Легований аустеніт	39
1.5.3 Карбіди в легованих сталях.....	41
1.5.4 Інтерметалідні сполуки.....	42
1.5.5 Домішки в сталях	44
1.5.6 Структурні класи легованих сталей.....	44
2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЛЕГУВАННЯ ЛИВАРНИХ СТАЛЕЙ.....	47
2.1 Залізо - основний компонент ливарних сталей.....	47
2.2 Класифікація легувальних елементів.....	51
2.3 Техніко-економічне обґрунтування вибору легувальних елементів.....	55
2.4 Принципи розроблення ливарних легованих сталей.....	57
2.5 Вплив легувальних елементів на структуру і властивості сталі	63
2.5.1 Діаграма стану залізо-вуглець	63
2.5.2 Вплив легувальних елементів на критичні точки діаграми стану залізо-вуглець	67
3 СПЕЦІАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ ЛИВАРНИХ СТАЛЕЙ	90
3.1 Фізичні властивості сталевих виливків.....	90
3.2 Хімічні властивості сталевих виливків.....	103
3.3 Жаростійкість ливарних сталей	109
3.4 Жароміцність сталей і сталевих виливків	116
3.5 Холодостійкість ливарних сталей і виливків	122
4 ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЯКІСТЬ І ЕКСПЛУАТАЦІЮ ЛИТИХ ДЕТАЛЕЙ.....	129
4.1 Вплив ливарних властивостей сталей на формування якісних виливків.....	129
4.1.1 Рідкотекучість.....	129
4.1.2 Кристалізація сталі	143
4.1.3 Усадка сталі у виливках	152
4.1.4 Неметалеві вкраплини у сталевих виливках.....	163
4.1.5 Гази та газові дефекти у сталевих виливках	175
4.1.6 Ліквіація у сталевих виливках	181
4.1.7 Ливарні напружини у сталевих виливках.....	186
4.1.8 Гарячі тріщини у сталевих виливках	194
4.2 Механічні властивості сталей	200
4.3 Зварюваність	215
4.4 Якість сталевих виливків і їх експлуатація.....	216
5 СТАЛІ І СПЛАВИ ІЗ СПЕЦІАЛЬНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ	220
5.1 Конструкційні леговані сталі	220
5.2 Жаростійкі сталі і сплави.....	238

5.2.1 Хромисті сталі.....	239
5.2.2 Хромоалюмінієві сталі	253
5.2.3 Жаростійкі сплави	288
5.3 Жароміцні і корозійностійкі сталі	293
5.3.1 Хромонікелеві сталі	296
5.3.2 Висококремністі сталі.....	313
5.4 Зносостійкі високомарганцеві сталі.....	320
5.5 Холодностійкі ливарні сталі	342
5.5.1 Вибір ливарних холодностійких сталей.....	342
5.5.2 Легування холодностійких сталей	343
5.5.3 Вплив металургійних факторів на холодностійкість ливарних сталей	343
5.5.4 Підвищення холодностійкості сталі модифікуванням	352
5.5.5 Вітчизняні холодностійкі сталі.....	354
5.5.6 Загальні вимоги щодо виплавлення і розкислення ливарних холодностійких сталей.....	361
5.6 Інструментальні та штампові сталі	362
5.6.1 Інструментальні сталі	362
5.6.2 Штампові сталі	375
5.6.3 Сталі для прокатних валків.....	385
5.6.4 Сталі для вимірювальних інструментів	387
5.6.5 Особливості виготовлення литого інструменту.....	388
5.7 Сталі і сплави з особливими фізичними властивостями.....	390
5.7.1 Електротехнічні сталі і сплави.....	391
5.7.2 Магнетні і немагнетні сталі і сплави.....	391
5.7.3 Сплави з заданим температурним коефіцієнтом лінійного розширення.....	396
5.7.4 Сталі і сплави з високим електроопором	398
6 ОСОБЛИВОСТІ ПЛАВЛЕННЯ ВИСОКОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ.....	400
6.1 Плавильні печі	400
6.2 Футеровка електроплавильних печей	406
6.2.1 Футеровка електродугових печей	406
6.2.2 Футеровка індукційних печей	410
6.2.2.1 Методи виготовлення футеровки.....	415
6.2.2.2 Промисловий досвід і технічні показники експлуатації вогнетривкої футеровки.....	418
6.2.2.3 Типи та склади футеровки для індукційних печей.....	420
6.2.2.4 Процеси взаємодії вогнетривів з розплавами металу і шлаку при індукційному плавленні.....	421
6.3 Електроди для дугових електропечей та технологія їх виготовлення	422
6.4 Шихтові матеріали для виплавлення високолегованих сталей.....	425
6.5 Електроплавлення сталей.....	435
6.6 Особливості плавлення легованих сталей у печах з основною і кислотою футеровкою.....	454
6.6.1 Плавлення сталі у дугових печах з основною футеровкою.....	454
6.6.2 Плавлення сталі у дугових печах з кислотою футеровкою	457
6.6.3 Плавлення сталі в індукційних печах	461
6.7 Фізико-хімічні основи плавлення високолегованих ливарних сталей	464
6.7.1 Характеристика процесу плавлення сталі.....	464
6.7.2 Розчинення феросплавів у рідкій сталі.....	467
6.7.3 Розплавлення феросплавів у рідкій сталі.....	469
6.7.4 Тепловий ефект легування сталі.....	473
6.7.5 Роль пічного шлаку при легуванні сталі.....	475
6.7.6 Вплив легувальних елементів на розчинність в сталі газів, сірки і фосфору	479
6.7.7 Процеси окислення і відновлення хімічних елементів у сталеплавильній ванні	485

6.7.8 Розкислення сталей.....	490
6.7.9 Десульфурація сталей.....	492
6.7.10 Очищення сталі від продуктів окислення, розкислення, дефосфорації і десульфурації	494
6.8 Процеси легування, мікролегування і модифікування сталей	496
6.9 Позапічні методи оброблення сталі.....	503
6.10 Спеціальна електрометалургія у виробництві виливків із спеціальних сталей.....	514
7 ПРОМИСЛОВІ ЛИВАРНІ СТАЛІ ІЗ СПЕЦІАЛЬНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ	519
7.1 Загальна характеристика промислових сталей	519
7.2 Особливості виплавлення деяких сталей із спеціальними властивостями	520
7.2.1 Виплавлення теплостійких сталей	520
7.2.2 Виплавлення сталей спеціального призначення	540
8 ОСОБЛИВОСТІ ЛИВАРНОЇ ФОРМИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ВИЛИВКІВ ІЗ ВИСОКОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ	551
8.1 Роль ливарної форми у виробництві якісних виливків	551
8.2 Формувальні і стрижневі суміші.....	551
8.2.1 Загальна характеристика формувальних матеріалів.	551
8.2.2 Підготовка формувальних матеріалів до використання. Формувальні піски	578
8.2.3 Класифікація формувальних сумішей	581
8.2.4 Рецептури формувальних сумішей. Піщано-бентонітові суміші для формування по-сирому	583
8.3 Сучасні технології формоутворення	623
8.3.1 Загальні уявлення про процеси формоутворення	623
8.3.2 Устаткування для виготовлення ливарних форм	632
8.4 Протипригарні фарби	640
8.4.1 Основні відомості про пригар	640
8.4.2 Рецептури протипригарних фарб для виливків із високолегованих сталей.....	645
9 ПРОЕКТУВАННЯ ЛИВНИКОВИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СТАЛЕВИХ ВИЛИВКІВ У ПІЩАНИХ ФОРМАХ.....	652
9.1 Основні вимоги щодо проектування ливникових систем	652
9.2 Методика розрахування ливникових систем	654
9.2.1 Методика розрахування ливникових систем при заливанні форм із чайникових ковшів.....	658
9.2.2 Методика розрахування ливникових систем при заливанні форм із стопорних ковшів.....	666
9.3 Приклади конструкцій ливникових систем для виготовлення сталевих виливків.....	679
9.4 Вибір типу надливів та визначення їх основних розмірів	683
9.5 Вибір типу холодильників та розрахування їх основних розмірів.....	689
10 ОСОБЛИВОСТІ ФІНІШНИХ ОПЕРАЦІЙ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ВИЛИВКІВ ІЗ СПЕЦІАЛЬНИХ СТАЛЕЙ	692
11 ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА ЛИТВА ІЗ СТАЛЕЙ ІЗ СПЕЦІАЛЬНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ	698
12 ЕКОЛОГІЯ ПРОЦЕСІВ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	708