

УДК 621.771 (075.8)
ББК 34.621я73
Р 835

Рудской А. И., Лунев В. А. Теория и технология прокатного производства:
Учеб. пособие. — СПб.: Наука, 2008. — 527 с.

ISBN 978-5-02-025302-5

Пособие соответствует государственному образовательному стандарту дисциплины “Обработка металлов давлением” подготовки дипломированного специалиста по направлению “Металлургия”. В нем изложены основные положения теории обработки металлов давлением, теории продольной прокатки, а также современная технология производства заготовки, сортового и листового проката, проанализированы типовые технологические схемы производства, приведены методы расчета технологических режимов. Подготовлено на основе лекций, читаемых студентам на кафедре пластической обработки металлов Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по указанной специальности, может быть полезным для студентов смежных специальностей и инженеров-технологов, работающих в области обработки металлов давлением.

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф., зав. каф. ОМД УГТУ *А.А. Богатов*,
чл.-кор. РАН, зам. ген. директора ЦНИИ КМ “Прометей” *В.В. Рыбин*

ISBN 978-5-02-025302-5

© Рудской А.И., Лунев В.А., 2008
© СПбГПУ, 2008
© Издательство “Наука”, 2008

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список сокращений	8
Введение	9
ЧАСТЬ 1. ТЕОРИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ	11
Глава 1. Общие вопросы деформации	11
1.1. Типы кристаллической решетки	11
1.2. Пластическая деформация монокристалла	14
1.3. Основные положения теории дислокаций	16
1.4. Особенности деформации поликристалла	18
1.5. Изменение свойств металла при пластической деформации	20
1.6. Процессы, протекающие при нагреве	21
1.7. Пластичность и разрушение металла при ОМД	25
1.8. Основные закономерности пластической деформации. Условие постоянства объема	27
1.9. Трение при ОМД	31
1.10. Влияние технологических факторов на коэффициент трения	35
Глава 2. Сжатие образца	37
2.1. Общие положения	37
2.2. Экспериментальные исследования процесса осадки	40
2.3. Теоретический анализ напряжений при осадке	45
2.4. Сила осадки	48
Глава 3. Очаг деформации при продольной прокатке	49
3.1. Показатели деформации при прокатке	49
3.2. Условия захвата и установившегося процесса	54
3.3. Общая характеристика очага деформации	57
3.4. Нейтральный угол	58
3.5. опережение при прокатке	60
3.6. Коэффициент трения при прокатке	63
Глава 4. Характер деформации при продольной прокатке	65
4.1. Средние очаги деформации	65
4.2. Высокие очаги деформации	70
4.3. Низкие очаги деформации	77
4.4. Несимметричная прокатка	84
4.5. Упругое сплющивание валков	88
4.6. Сверхнизкие очаги деформации	90
4.7. Уширение при прокатке	93

Глава 5. Силовые параметры прокатки	99
5.1. Распределение контактных напряжений по ширине полосы	99
5.2. Методика расчета силы прокатки	103
5.3. Силы и крутящие моменты на валках	104
5.4. Силы и моменты при прокатке на стане кварто	109
5.5. Силы, действующие на валки 12-валкового стана	112
5.6. Сопротивление металла деформации	114
Глава 6. Прокатка в калибрах	123
6.1. Основные понятия	123
6.2. Характеристики деформации металла в калибрах	126
6.3. Расположение калибров на валках	127
6.4. Деформация металла в простых калибрах	130
6.5. Системы калибров	139
6.5.1. Система ящичных калибров	139
6.5.2. Система ромб—квадрат	141
6.5.3. Система овал—квадрат	142
6.5.4. Система овал — ребровой овал	144
6.6. Вытяжная способность системы калибров	146
6.7. Оценка деформации при прокатке в сложных калибрах	151
Глава 7. Продольная периодическая прокатка	154
7.1. Общие положения	154
7.2. Очаг деформации	156
7.3. Параметры очага деформации	159
7.3.1. Длина дуги захвата	159
7.3.2. Условия захвата	160
7.3.3. Угол нейтрального сечения γ , опережение и отставание	161
7.3.4. Уширение	164
7.3.5. Сила прокатки	165
7.4. Контуры опережения и отставания	167
ЧАСТЬ 2. ПРОИЗВОДСТВО ЗАГОТОВКИ И СОРТОВОГО ПРОКАТА	171
Глава 8. Общие вопросы производства металлургической продукции	171
8.1. Производственный цикл	171
8.2. Общая характеристика металлургического производства	172
8.3. Управление производством и качеством продукции	174
8.4. Генеральный план металлургического завода	180
8.5. Основные тенденции развития металлургического производства	183
8.6. Структура прокатного производства	185
8.7. Общая характеристика заготовки для проката	187
8.8. Сортамент сортового и листового проката	190
8.9. Сортамент продукции четвертого передела	194
Глава 9. Производство катаных блюмов и слэбов	196
9.1. Общая технология производства катаных блюмов и слэбов	196
9.2. Нагрев слитков	201
9.3. Валки блюминга и режимы обжата на блюминге	204
9.4. Особенности режима обжата на слэбинге	207
9.5. Скоростной режим деформации	208
9.6. Характер деформации металла при прокатке	210
9.7. Формирование технологической обреза	212

Глава 10. Расчет режимов обжатия	214
10.1. Факторы, ограничивающие обжатия	214
10.2. Расчет режимов обжатия на блюминге как оптимизационная задача	221
10.3. Методика расчета режима обжатия на блюминге	225
10.4. Пример расчета режима обжатия на блюминге	229
10.5. Особенности расчета режима обжатия на слябинге	235
Глава 11. Прокатка на заготовочных станах	237
11.1. Типы непрерывно-заготовочных станов	237
11.2. Калибровка валков НЗС	239
11.3. Система резки заготовок на мерные длины	242
11.4. Особенности прокатки и расчета режима обжатия на одноклетевых 3-валковых заготовочных станах	243
Глава 12. Дефекты заготовки и их устранение	245
12.1. Виды дефектов слитков и литой заготовки	245
12.2. Дефекты, возникающие при нагреве и прокатке	249
12.2.1. Дефекты, возникающие при неправильном нагреве	249
12.2.2. Дефекты, возникающие при горячей деформации	251
12.3. Методы обнаружения дефектов	252
12.3.1. Магнитные методы контроля	253
12.3.2. Вихретоковые методы контроля	256
12.3.3. Тепловые методы контроля	257
12.3.4. Электромагнитно-тепловые методы контроля	258
12.3.5. Ультразвуковые методы контроля	260
Глава 13. Производство сортового металла	260
13.1. Сортопрокатные станы	260
13.2. Требования к сортовому прокату по точности	275
13.3. Факторы, определяющие точность проката, и пути увеличения точности	279
13.3.1. Конструкция клетей и износ калибров	279
13.3.2. Колебания усилия прокатки	283
13.3.3. Скорость прокатки	284
13.3.4. Распределение температуры по длине раската	284
13.3.5. Жесткость клетки	286
13.4. Система автоматизированного управления толщиной проката	287
13.5. Технические средства измерения размеров сортового проката в про- цессе прокатки	288
13.6. Точность при прокатке на непрерывных станах	290
13.7. Прокатка на непрерывных проволочных станах	296
13.8. Термообработка сортового проката	303
13.8.1. Термоупрочнение арматурной стали	307
13.8.2. Термическая обработка фасонных профилей проката	309
13.8.3. Термообработка сортового металла для холодной высадки	310
13.9. Дефекты сортового проката и методы их обнаружения	311
13.10. Удаление поверхностных дефектов и окалины	314
13.11. Правка сортового проката	318
Глава 14. Прокатка и калибровка отдельных видов сортового проката	323
14.1. Схемы прокатки простых профилей	323
14.2. Расчет калибровки простых профилей	328
14.3. Прокатка и калибровка полосовой стали	336

14.4. Прокатка и калибровка угловой стали	340
14.5. Прокатка и калибровка двутавровых балок	347
14.6. Прокатка и калибровка швеллера	356
14.7. Прокатка и калибровка рельсов	361
14.8. Калибровка фасонных профилей проката	366
ЧАСТЬ 3. ЛИСТОПРОКАТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО	375
Глава 15. Производство толстого листа	375
15.1. Общие вопросы	375
15.2. Сортамент толстолистовой продукции и развитие толстолистого производства в России	376
15.3. Схемы деформации при прокатке	388
15.3.1. Поперечная схема прокатки	390
15.3.2. Продольная схема прокатки	391
15.3.3. Прокатка на угол	391
15.4. Формирование геометрии листа в плане	392
15.4.1. Формирование профиля в вертикальных валках	392
15.4.2. Формирование профиля в протяжных и уширительных пропусках	393
15.4.3. Формирование профиля в уширительных и продольных пропусках	395
15.5. Пути устранения недостатков продольной схемы прокатки	397
15.6. Термическая и термомеханическая обработка листа	402
15.7. Особенности расчета режима обжата на толстолистовом стане	411
15.8. Поперечная и продольная разнотолщинность листа	413
15.9. Производство толстого биметаллического листа	419
Глава 16. Производство листа на широкополосных станах	424
16.1. Сортамент и общая технология	424
16.2. Улучшение качества поверхности листа	428
16.3. Температурный режим прокатки на НШПС	429
16.4. Продольная разнотолщинность листа	433
16.4.1. Колебания натяжения	433
16.4.2. Температурный клин	434
16.4.3. Неравномерность температуры по длине раската	437
16.4.4. “Всплывание” подшипников	437
16.4.5. Биение валков	438
16.4.6. Режимы прокатки и регулирования толщины	438
16.5. Поперечная разнотолщинность листа	440
16.6. Изменение ширины полосы при прокатке	444
16.7. Контролируемая прокатка на НШПС	445
16.8. Пути развития производства горячекатаного листа	450
16.9. Проблемы прокатки сверхтонкого листа	455
16.10. Расчет режимов обжата на НШПС по температуре	459
16.11. Автоматизация управления производством и технологией производства	463
Глава 17. Производство холоднокатаного листа	465
17.1. Сортамент	465
17.2. Требования к качеству поверхности тонколистовой стали, предназначенной для штамповки	467
17.3. Стали для автомобилестроения	471

17.4. Технология производства конструкционного листа	477
17.4.1. Снятие окалины	478
17.4.2. Прокатка	481
17.4.3. Рекристаллизационный отжиг	485
17.4.4. Дрессировка	489
17.4.5. Формирование шероховатости валков и полосы	491
17.4.6. Отделочные операции	493
17.5. Продольная разнотолщинность холоднокатаного листа	496
17.6. Оптимизация обжаты на непрерывном стане по разнотолщинности	500
17.7. Способы уменьшения продольной разнотолщинности	502
17.8. Поперечная разнотолщинность и плоскостность полосы	505
17.9. Производство оцинкованного листа	511
17.10. Особенности производства других видов листа	516
17.10.1. Особенности производства жести	516
17.10.2. Особенности производства холоднокатаной нержавеющей	
стали	519
17.11. Производство электротехнического листа	520
Библиографический список	526