



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBIRIAN FEDERAL UNIVERSITY

Н. Н. Загиров
И. Л. Константинов
Е. В. Иванов

Н. Н. Загиров
И. Л. Константинов
Е. В. Иванов

ОСНОВЫ РАСЧЕТОВ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ДЛИННОМЕРНЫХ МЕТАЛЛОИЗДЕЛИЙ МЕТОДАМИ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

Учебное
пособие

УМО

ИНСТИТУТ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ
И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ
МЕТАЛЛУРГИЯ

ОСНОВЫ РАСЧЕТОВ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ДЛИННОМЕРНЫХ
МЕТАЛЛОИЗДЕЛИЙ МЕТОДАМИ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ



Министерство образования и науки Российской Федерации
Сибирский федеральный университет

Н. Н. Загиров
И. Л. Константинов
Е. В. Иванов

ОСНОВЫ РАСЧЕТОВ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ДЛИННОМЕРНЫХ МЕТАЛЛОИЗДЕЛИЙ МЕТОДАМИ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

Допущено Учебно-методическим объединением по образованию в области металлургии в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 150100 «Металлургия»,
11.12.2009

Красноярск
СФУ
2011

УДК 621.88(07)
ББК 34.8я73
3-14

Рецензенты:

В. Г. Шеркунов, доктор технических наук, профессор заведующий кафедрой «Машины и технологии обработки материалов давлением» Южно-Уральского университета;

Р. И. Галиев, кандидат технических наук, доцент директор прокатного завода «Алюком»

Загиров, Н. Н.

3-14

Основы расчетов процессов получения длинномерных металлоизделий методами обработки металлов давлением: учеб. пособие / Н. Н. Загиров, И. Л. Константинов, Е. В. Иванов. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2011. – 312 с.

ISBN 978-5-7638-2380-6

В учебном пособии изложены вопросы, касающиеся теории и технологии процессов прокатки, прессования и волочения металлов. Рассмотрен порядок технологических расчетов и приведены примеры расчетов получения длинномерных изделий методами прокатки, прессования и волочения.

Предназначено для студентов, обучающихся по программе подготовки специалистов 150106.65 «Обработка металлов давлением» и магистров 150100.68 направления 150100 «Металлургия» укрупненной группы 150000 «Металлургия, машиностроение и материалобработка».

УДК 621.88(07)
ББК 34.8я73

ВВЕДЕНИЕ

Обработка металлов давлением (ОМД) является важной стадией металлургического производства, обеспечивающей за счет пластической деформации придание слитку или заготовке необходимой формы и размеров. Основные процессы ОМД характеризуются высокой производительностью, приводят к улучшению свойств, структуры, качества поверхности и повышению точности размеров изделий. Важным также является ресурсосберегающий характер способов обработки давлением, т. е. значительно сокращаются потери металла в процессе производства по сравнению с другими видами обработки металлов, например, литьем и обработкой резанием.

Виды обработки металлов давлением принято делить на две группы: прокатно-прессово-волочительное производство и кузнечно-штамповочное производство. К первой группе относят прокатку, прессование и волочение (ППВ), с помощью которых получают, как правило, длинномерную продукцию, т. е. полуфабрикаты или изделия, длина которых во много раз превышает размеры поперечного сечения. В качестве примера таких изделий можно привести листы, ленты, фольгу, трубы, рельсы, балки, профили различных сортов – сплошные и пустотелые, проволоку и пр. Виды, составляющие первую группу, являются наиболее производительными видами ОМД и по объему производства они значительно превышают продукцию кузнечно-штамповочного производства. Особенно это относится к прокатке, т.к. прокатному производству подвергают приблизительно 80 % всего выплавляемого металла. Например, высокую производительность прокатки можно объяснить и тем, что этот процесс можно вести в непрерывном режиме с очень высокой скоростью. Кроме того, данные виды ОМД хорошо сочетаются со средствами механизации и автоматизации.

Постоянно растущая потребность в длинномерных изделиях, объясняет необходимость разработки современных высокопроизводительных, экономичных технологических процессов ППВ. Однако решение этой задачи возможно только на хорошей теоретической подготовке специалистов данного профиля производства. Поэтому в условиях экономической и хозяйственной самостоятельности предприятий в характеристике качеств специалиста на первое место выходят образованность, компетентность и профессионализм, которые позволяют

ему мыслить самостоятельно, творчески, свободно ориентироваться в непрерывно возникающих проблемах производства, грамотно эксплуатировать оборудование, а также разрабатывать и контролировать протекание технологических процессов.

Каждый из видов ППВ основывается на теоретическом фундаменте. Так, теория прокатки базируется в основном на математической теории пластичности, механике сплошных сред, теоретической механике, сопротивлении материалов. Разработка основ теории прокатки начата в середине XIX века, большой вклад в развитие и становление этой дисциплины внесли труды отечественных ученых: И. А. Тиме, Р. Р. Тонкова, Н. С. Верещагина, А. Ф. Родзевича-Белевича, В. Е. Грум-Гржимайло, А. Ф. Головина, И. М. Павлова, С. И. Губкина, А. Я. Хейна, А. П. Чекмарева, В. С. Смирнова, И. Я. Тарновского, П. И. Полухина, А. А. Королева, Б. П. Бахтинова, А. И. Целикова, Е. С. Рокотяна и многих других. Получили признание исследования зарубежных ученых: С. Финка, К. Кодрона, В. Тафеля, Э. Зибеля, Т. Кармана, С. Экелунда, В. Тринкса, В. Люега, А. Помпа, А. Надаин, Э. Ороуона, Г. Форда, Р. Симса, М. Стоуна, А. Гелеи.

Теория прокатки приобретает особую роль в общей теории ОМД. Прежде всего, конструкторы и технологи должны обоснованно и надежно рассчитывать энергосиловые параметры прокатки (усилия, моменты, мощность). Для этого необходимо изучать напряженно-деформированное состояние металла при прокатке, сопротивление металла пластической деформации, кинематику процесса прокатки, закономерности контактного трения и т. п. Особое значение имеет определение энергосиловых параметров для повышения точности прокатки и автоматизации прокатных станов. Эта проблема важна для создания новых высокоскоростных непрерывных станов.

Теория непрерывной прокатки требует разработки ряда сложных вопросов: учета остаточного упрочнения, точного определения опережения, изменение температуры по рабочим клетям и т. д. Многие вопросы теории прокатки изложены в работах А. И. Целикова и его учеников. Это книги: «Прокатные станы», «Теория расчета усилий в прокатных станах», «Основы теории прокатки», «Теория прокатки», «Теория продольной прокатки» и др.

Прессование (экструдирование) как технологический способ обработки металлов, стало возможно лишь в XVII веке, когда в значительной степени развились металлургия и машиностроение. Одним из основных стимулов для развития этого процесса послужила

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1. Прокатка	7
1.1. Виды прокатки.....	7
1.2. Геометрия очага деформации при прокатке	12
1.3. Параметры деформации при прокатке.....	14
1.4. Условие захвата металла валками при неустановившемся периоде прокатки	17
1.5. Принудительный захват	20
1.6. Условие захвата металла валками при установившемся пе- риоде прокатки	23
1.7. Опережение при прокатке.....	24
1.8. Уширение при прокатке	28
1.9. Напряженное состояние при прокатке	30
1.10. Деформированное состояние при прокатке	32
1.11. Распределение деформаций по высоте полосы	33
1.12. Трение при прокатке.....	36
1.13. Полное усилие при прокатке	39
1.14. Определение контактной площади прокатываемого метал- ла с валками.....	41
1.15. Упругое сплющивание валков.....	43
1.16. Направление сил при простом процессе прокатки.....	46
1.17. Скорость деформации при прокатке.....	48
1.18. Сопротивление деформации при прокатке	51
1.19. Общий вид уравнения моментов прокатного стана	55
1.20. Определение момента прокатки	56
1.21. Определение момента добавочных сил трения	58
1.22. Определение момента холостого хода и динамического момента при прокатке	59
1.23. Диаграммы статической нагрузки прокатных станов.....	60
1.24. Определение мощности двигателя прокатного стана	64
1.25. Производительность прокатных станов	66
1.26. Задачи	68
1.26.1. Задачи по теме «Геометрия очага деформации»	68
1.26.2. Задачи по теме «Параметры деформации при про- катке»	69
1.26.3. Задачи по теме «Уширение и опережение»	71
1.26.4. Задачи по теме «Силовые условия прокатки»	72
Вопросы и задания для самопроверки	94

Глава 2. Прессование.....	100
2.1. Сущность процесса прессования.....	100
2.2. Преимущества и недостатки процесса прессования	101
2.3. Основные характеристики процесса прессования.....	103
2.4. Прямое прессование	104
2.5. Обратное прессование	105
2.6. Совмещенное прессование и прессование с боковым исте- чением	107
2.7. Способы прессования труб	108
2.8. Полунепрерывное прессование	110
2.9. Характеристика способов прессования и их стадий	111
2.10. Типы течения металла в контейнере.....	112
2.11. Течение металла при прессовании	113
2.12. Напряженное состояние при прессовании	116
2.13. Образование пресс-утяжины	118
2.14. Пресс-остаток, его назначение и величина	120
2.15. Прессование через многоканальную матрицу	121
2.16. Особенности прессования некруглых профилей.....	123
2.17. Прессование труб с прошивкой и через комбинированную матрицу	125
2.18. Экспериментальные методы определения усилия прессо- вания.....	127
2.18.1. Аналитические методы определения усилия при прессовании	128
2.18.2. Формулы для расчета усилия прессования.....	129
2.19. Мощность и расход энергии при прессовании	130
2.20. Температурно-скоростные условия прессования	131
2.21. Скорости прессования и истечения.....	134
2.22. Основные принципы расчета технологического процесса прессования	135
2.22.1. Выбор способа прессования	135
2.22.2. Форма и размеры заготовки.....	137
2.22.3. Способы подготовки заготовок перед прессованием	142
2.22.4. Температурный интервал прессования и выбор способа нагрева заготовок	145
2.22.5. Задание скорости прессования и истечения	149
2.22.6 Расчет усилия прессования и выбор прессового оборудования.....	153
2.22.7. Отделочные операции	159
2.23. Задачи	165
2.23.1. Задачи по теме «Показатели деформации при прессовании».....	165

2.23.2. Задачи по теме «Размеры заготовки при прессовании»	168
2.23.3. Задачи по теме «Составляющие полного усилия прессования»	170
Вопросы и задания для самопроверки	189
Глава 3. Волочение.....	193
3.1. Основные характеристики процесса волочения	195
3.2. Течение металла при волочении.....	197
3.3. Напряженное и деформированное состояние при волочении.	199
3.4. Сила и напряжение волочения.....	201
3.5. Влияние различных факторов на силу и напряжение волочения	202
3.5.1. Степень деформации	203
3.5.2. Прочностные свойства металла	203
3.5.3. Геометрия продольного профиля канала волокна	204
3.5.4. Трение на контактных поверхностях деформируемого металла и инструмента	206
3.5.5. Форма конечного и начального поперечных сечений	208
3.5.6. Противонапряжение.....	208
3.5.7. Вибрация.....	209
3.5.8. Температура	210
3.6. Волочение круглых труб	211
3.6.1. Волочение без оправки (осаживание).....	212
3.6.2. Волочение на закрепленной оправке.....	215
3.6.3. Волочение на самоустанавливающейся цилиндрической оправке (ЦКО).....	219
3.6.4. Волочение на подвижной цилиндрической оправке ..	222
3.7. Получение проволоки на машинах многократного волочения ..	224
3.7.1. Волочение проволоки на машинах со скольжением...	224
3.7.2. Волочение без скольжения с накоплением проволоки на барабанах	228
3.7.3. Волочение без скольжения с синхронизацией скоростей проволоки и барабанов.....	230
3.8. Понятие о переходе в волочении.....	233
3.8.1. Порядок расчета переходов при волочении круглой проволоки	234
3.8.2. Переходы при волочении труб.....	236
3.8.3. Переходы при многократном волочении	242
3.9. Задачи	248
3.9.1. Задачи по теме «Показатели деформации при волочении»	248

3.9.2. Задачи по теме «Основы составления маршрута волочения проволоки. Получение проволоки с заданными механическими свойствами»	249
3.9.3. Задачи по теме «Напряжение волочения, сила волочения, коэффициент запаса»	250
Вопросы и задания для самопроверки	265
Заключение	268
Библиографический список	270
Приложение 1	271
Приложение 2	293
Приложение 3	299