



АДАПТИВНЫЕ ПОДХОДЫ
К КОНСТРУИРОВАНИЮ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ
И УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ
МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ

М. В. Чукин
Э. М. Голубчик
А. Г. Корчунов
М. А. Полякова
Н. В. Копцева
Ю. Ю. Ефимова
Д. Г. Емалеева
А. Е. Гулин
Д. В. Константинов
А. С. Кузнецова

АДАПТИВНЫЕ ПОДХОДЫ К КОНСТРУИРОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ



Москва · Санкт-Петербург · Нижний Новгород
Воронеж · Киев · Екатеринбург · Самара · Минск

2016

ББК 65.290-823
УДК 621.002.5
А28

Чукин М. В., Голубчик Э. М., Корчунов А. Г. и др.

А28 Адаптивные подходы к конструированию технологических процессов и управлению качеством металлопродукции. — СПб.: Питер, 2016. — 464 с.: ил.

ISBN 978-5-4461-0321-8

В монографии рассмотрены подходы к конструированию многовариантных технологических процессов. Основное внимание уделено современным методам формирования свойств и адаптивного оперативного управления качеством металлопродукции в иерархически сложных технологических системах.

Монография предназначена для специалистов в области разработки и совершенствования наукоемких технологических процессов и управления качеством металлопродукции, а также может быть полезна магистрантам, аспирантам и преподавателям высших учебных заведений.

Монография издана при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках реализации государственного задания № 11.1525.2014/К от 18 июля 2014 г.

ББК 65.290-823
УДК 621.002.5

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав.

ISBN 978-5-4461-0321-8

© ООО Издательство «Питер», 2016

Оглавление

Определения, сокращения и обозначения	8
Введение.....	10
Глава 1. Современные представления о существующих принципах и подходах к конструированию технологических процессов и управлению качеством металлопродукции	12
1.1. Представление иерархически сложных технологических процессов. Подходы. Термины и определения	12
1.2. Анализ существующих методов описания и формализации многостадийных технологических процессов	23
1.3. Влияние особенностей микроструктуры на формирование свойств металлопродукции с учетом неравномерности деформации в процессах многостадийной термомеханической обработки	32
Библиографический список к главе 1.....	40
Глава 2. Применение теории наследственности для конструирования технологических процессов и управления качеством металлопродукции	48
2.1. Разработка концепции и понятийного аппарата технологической наследственности и технологической изменчивости в многостадийных процессах обработки материалов	48
2.2. Развитие процессов термомеханической обработки сталей на основе применения концепции технологической наследственности	58
2.2.1. Использование концепции технологической наследственности для разработки процесса РКУ протяжки.....	62

2.2.2. Использование концепции технологической наследственности для разработки непрерывного метода деформационного наноструктурирования проволоки	68
2.2.3. Использование концепции технологической наследственности для разработки технологии термдеформационного наноструктурирования стальной арматуры	69
2.3. Классификация явлений ТН в многостадийных процессах (сквозных технологиях), сочетающих методы обработки различной физической природы	74
2.4. Классификация наследственных связей в технологиях термдеформационной обработки сталей.....	79
2.4.1. Расчет коэффициентов технологического наследования для процесса РКУ протяжки	90
2.4.2. Расчет коэффициентов технологического наследования для термдеформационного наноструктурирования высокопрочных сталей.....	97
2.4.3. Расчет коэффициентов технологического наследования для комбинированного процесса деформационного наноструктурирования при изготовлении проволоки.....	104
Библиографический список к главе 2.....	113
Глава 3. Формализация технологической наследственности в многостадийных процессах термдеформационной обработки объемных стальных заготовок.....	117
3.1. Формализация двухсторонней причинности при анализе процессов термдеформационной обработки материалов.....	125
3.2. Применение энтропии для определения технологического барьера.....	128
3.3. Формализация технологической наследственности при термдеформационной обработке на основе цепей Маркова	151
3.4. Оценка изменения параметров состояния обрабатываемой стали в ходе многостадийной термдеформационной обработки	164
Библиографический список к главе 3.....	173

Глава 4. Закономерности напряженно-деформированного состояния и его влияние на формирование структуры и свойств в технологических процессах обработки материалов на основе учета технологической наследственности	175
4.1. Закономерности напряженно-деформированного состояния в процессе РКУП стали марок 20 и 45	175
4.1.1. Выявление закономерностей влияния параметров напряженно-деформированного состояния на изменение микроструктуры стали марок 20 и 45 в процессе РКУП.....	195
4.1.2. Построение функций взаимосвязи механических свойств и параметров микроструктуры стали марок 20 и 45 в процессе обработки РКУП	215
4.2. Исследование процесса волочения на основе применения концепции технологической наследственности	221
4.2.1. Моделирование процесса волочения заготовки из стали марки 80Р	221
4.2.2 Анализ показателей деформированного состояния.....	231
4.2.3 Анализ показателей напряженного состояния	239
Библиографический список к главе 4.....	248
Глава 5. Закономерности фазовой и структурной наследственности в специальных видах термической обработки высокопрочных ультрамелкозернистых сталей.....	250
5.1. Исследование закономерностей влияния исходного ультрамелкозернистого состояния на температуру и механизм фазовых превращений при нагреве стали марок 20 и 45.....	251
5.2. Исследование закономерностей наследования ультрамелкозернистого состояния, полученного при деформации с большими скоростями доэвтектоидной стали в аустенитной области	270
5.2.1. Исследование наследования особенностей строения микроструктуры, сформированной горячей пластической деформацией стали с большой скоростью.....	274

5.2.2. Исследование влияния температуры деформации на наследование особенностей строения микроструктуры, сформированной горячей пластической деформацией стали с большой скоростью	281
5.3. Влияние нагрева на стабильность ультрамелкозернистой структуры и механических свойств углеродистых конструкционных сталей с пластинчатым строением перлита в исходном состоянии	288
5.4. Количественная оценка параметров структурных элементов после нагрева ультрамелкозернистой стали с пластинчатым строением перлита в исходном состоянии и их связь с механическими свойствами	300
5.5. Влияние нагрева на стабильность ультрамелкозернистой структуры и механических свойств углеродистой конструкционной стали марки 20 с зернистым строением перлита в исходном состоянии	307
5.6. Влияние температуры и времени нагрева на микроструктуру и свойства ультрамелкозернистой стали марки 45 с зернистым строением перлита в исходном состоянии	314
5.7. Наследование структуры и свойств в ходе специальных видов термической обработки и холодной пластической деформации высокоуглеродистых конструкционных сталей.....	321
5.7.1. Влияние термической обработки и многоцикловой холодной пластической деформации на структуру и механические свойства стали марки 80P	321
5.7.2. Статистическая оценка изменения микроструктуры высокоуглеродистой стали марки 80P в процессе термической и деформационной обработки.....	329
5.7.3. Технологическое наследование механических свойств высокоуглеродистой стали марки 80P в процессе термической и деформационной обработки.....	338
Библиографический список к главе 5.....	341
Глава 6. Применение методологии адаптивного управления многостадийными технологическими процессами и качеством металлопродукции	344
6.1. Применение адаптационных моделей в современных технологиях и процессах управления качеством металлопродукции.....	344

6.2. Разработка адаптивной модели управления параметрами технологической наследственности в многостадийных процессах	358
6.3. Алгоритмизация процедуры адаптивного управления технологической наследственностью	376
6.4. Применение методологии адаптивного управления технологической наследственностью в процессах термомеханической обработки высокопрочной стальной арматуры	381
6.4.1. Формализация методов адаптивного управления свойствами в процессах изготовления высокопрочной стальной арматуры	381
6.4.2. Энтропийная оценка процессов технологической наследственности в процессе производства высокопрочной стальной арматуры	385
6.4.3. Адаптивное управление процессом формирования механических свойств высокопрочной арматуры	397
6.5. Применение методологии адаптивного управления при конструировании технологий изготовления стальной ленты ...	410
6.5.1. Технологические особенности формирования свойств при производстве холоднокатаной ленты	413
6.5.2. Применение методологии адаптивного управления при изготовлении холоднокатаной ленты для монетных заготовок.....	418
Библиографический список к главе 6.....	456