

COLORING OF PLASTICS

Fundamentals
Second Edition

Edited by
ROBERT A. CHARVAT
Charvat and Associates, Inc.
Cleveland, Ohio



A JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION

ПРОИЗВОДСТВО ОКРАШЕННЫХ ПЛАСТМАСС

2-е издание под редакцией Р. А. Чарвата

Перевод с английского
д-ра физ.-мат. наук, проф. С. В. Бронникова
(Институт высокомолекулярных соединений РАН)

Консультант П. П. Новосельцев (компания X-Rite)

ИЗДАТЕЛЬСТВО



НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ и ТЕХНОЛОГИИ

Санкт-Петербург, 2009

УДК 678.01:53
ББК 35.62Англ
П80

П80 Производство окрашенных пластмасс. / Под ред. Чарвата Р. А.
 Пер. с англ. — СПб.: Научные основы и технологии, 2009. — 400 с.

ISBN 978-5-91703-007-4

ISBN 978-0-471-13906-8 (англ.)

В предлагаемом вашему вниманию издании цвет пластмасс рассматривается как научная дисциплина, а содержание составлено таким образом, чтобы охватить наиболее важные научные и технические аспекты окрашивания полимерных материалов.

В книге приведены основы колориметрии, которые дают читателю знания, необходимые для понимания технологических процессов окрашивания полимеров; информацию об измерении цвета, его визуального и инструментального подбора. Приводятся сведения о спецификации цвета; содержится информация о важнейших классах колорантов и их свойствах; оборудовании, которое используется для введения колорантов в расплав полимера. Обсуждаются вопросы вторичной переработки бракованных полимерных изделий. Очень важной проблемой является возможное взаимодействие колорантов с другими компонентами; их знание поможет предостеречь технолога от множества проблем, возникающих при окрашивании полимеров. Подробно рассмотрены и описаны свойства всех основных типов пигментов, красителей и специальных добавок. Особый интерес представляет глава, посвященная проблемам и методам оценки качества окрашенных полимерных изделий и соответствия их эксплуатационных свойств *ISO 9000* и другим стандартам.

Книга адресована широкому кругу специалистов индустрии пластмасс, и станет рабочим инструментом для химиков и технологов, занятых в переработке полимерных материалов.

УДК 678.01:53
 ББК 35.62Англ

Издание осуществлено при поддержке
 ООО «Пластинфо.ру»



All Right Reserved. This translation published under license.

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 978-5-91703-007-4
 ISBN 978-0-471-13906-8 (англ.)

© *John Wiley & Sons, Inc.*, 2004
 © Изд-во «Научные основы и технологии», 2009
 © Бронников С.В., перевод, 2009

Содержание

Предисловие	15
Сведения об авторах	17
Глава 1. Введение	19
Глава 2. Цветоведение	21
2.1. Введение	21
2.2. Триада	21
2.3. Источник света	22
2.3.1. Абсолютно черное тело	24
2.4. Объект	27
2.4.1. Показатель преломления и пропускания света	27
2.4.2. Поглощение	28
2.4.3. Рассеяние света	28
2.5. Наблюдатель или детектор	30
2.5.1. Наблюдатель: психологический отклик	30
2.5.2. Наблюдатель: дефекты цветового восприятия и цветовая слепота	31
2.5.3. «Приборный» наблюдатель	32
2.6. Описание цвета	33
2.7. Восприятие цвета	35
2.7.1. Фон	35
2.7.2. Блеск	37
2.7.3. Цветопередача и метамеризм	37
2.7.4. Наблюдатель	38
2.8. Выводы	38
Глава 3. Колориметрия, спецификация цвета и цветовых допусков визуальными и инструментальными методами	40
3.1. Введение	40
3.2. Колориметрия	41
3.3. Визуальная колориметрия	41

3.4. Колориметрические измерения с использованием «аналогового» колориметра	42
3.5. Численные колориметрические измерения с использованием спектрофотометра	45
3.6. Спектроколориметр	45
3.6.1. Устройство и принцип действия спектроколориметров	46
3.6.2. Калибровка и поверка спектроколориметров	49
3.6.3. Проверка работы спектроколориметров	50
3.6.4. Применение колориметрии для задания цветовых допусков	52
3.6.5. Методы оценки допустимых отклонений в цвете на основе визуальных оценок и приборных измерений цвета	53
3.7. Использование колориметрии для определения цветовых различий	53
3.8. Заключение и рекомендации	63
Литература	63
Глава 4. Современные методы расчета цветовых рецептур	67
4.1. Введение	67
4.1.1. Компьютерный подбор цвета	67
4.2. Классический метод расчета рецептур	68
4.2.1. Визуальная оценка цвета	68
4.2.2. Требования, предъявляемые к визуальной оценке	68
4.2.3. Принцип аддитивности	68
4.2.4. Теория Кубелки–Мунка	69
4.2.5. Теория Ламберта–Бера	71
4.3. Современные методы расчета цветовых рецептур	71
4.3.1. Теория мутных сред	71
4.4. Современные системы подбора цвета	73
4.4.1. Многопоточная теория	73
4.4.2. Сравнение результатов вычислений с использованием уравнений Кубелки–Мунка и многопоточного метода	73
4.4.3. Методика использования многопоточного метода	75
4.4.4. Спектральный расчет цвета и расчет по координатам цвета	76
4.4.5. Редактируемая калибровочная база данных	76
4.4.6. Применение	78
4.5. Выводы. Современный подход к расчету рецептур цвета	79
Литература	79
Глава 5. Визуальный подбор цвета для полимерных материалов	80
5.1. Введение	80
5.2. Основы визуального подбора цвета	83
5.2.1. Цветовой эталон	83
5.2.2. Источник излучения	84
5.2.3. Полимерные системы	85
5.2.4. Области использования окрашенных полимеров	86

5.2.5. Процесс смешения колорантов с полимером	87
5.3. Научные основы визуального подбора цвета	87
5.4. Заключение	96
Литература	97
Глава 6. Стандарт <i>ISO 9000</i> и другие стандарты для испытаний	99
6.1. Введение	99
6.2. Тестирование с использованием стандартов <i>ISO</i>	100
6.3. Стандарты <i>ISO 9000</i>	101
6.4. Стандарт <i>ISO 17025</i> для стандартизации лабораторий	101
6.5. Требования, содержащиеся в стандарте <i>QS 9000</i> по оценке качества	102
6.6. Стандарт <i>ISO 14000</i> для контроля окружающей среды	102
6.7. Контроль документации	103
6.8. Процедуры оценки качества	103
6.9. Превентивные действия	103
6.10. Процедура проверки	104
6.11. Будущее стандарта <i>ISO 14000</i> и других стандартов	104
Глава 7. Общие сведения о колорантах	105
7.1. Характеристики цвета	106
7.2. Свойства колорантов	106
7.3. Насыщенность цвета и окрашивающая способность	106
7.4. Диспергируемость	107
7.5. Термостойкость	107
7.6. Хемостойкость	108
7.7. Устойчивость к растворимости	108
7.8. Светостойкость и атмосферостойкость	108
7.9. Токсичность и защита окружающей среды	109
7.10. Цвет колорантов при переработке полимеров	109
7.11. Цветостойкость окрашенного изделия при эксплуатации	110
7.12. Факторы, влияющие на функционирование колорантов	110
7.13. Колоранты	111
7.14. Важнейшие семейства органических пигментов	111
7.15. Важнейшие семейства неорганических пигментов	114
7.16. Важнейшие семейства специальных пигментов	117
7.17. Важнейшие растворимые красители	119
7.18. Тестирование и оценка свойств колорантов	119
7.19. Здоровье и безопасность	120
Литература	120
Глава 8. Органические колоранты	121
8.1. Определения	121
8.2. Международная номенклатура пигментов	122
8.3. Выбор пигментов	123

8.4. Классификация пигментов по цвету	123
8.4.1. Органические красные пигменты	123
8.4.2. Органические синие пигменты	134
8.4.3. Органические желтые пигменты	137
8.4.4. Оранжевые пигменты	145
8.4.5. Органические зеленые пигменты	147
8.5. Дисперсия органических пигментов	147
8.6. Характеристики термостойкости	148
Глава 9. Неорганические окрашенные пигменты	150
9.1. Введение	150
9.2. Оксиды железа	151
9.2.1. Природные оксиды железа	151
9.2.2. Синтетические оксиды железа	153
9.3. Комплексные неорганические окрашенные пигменты	154
9.4. Кадмийсодержащие пигменты	158
9.5. Пигменты на основе хроматов и молибдатов свинца	159
9.6. Ванадат висмута	161
9.7. Ультрамариновые пигменты	162
9.8. Пигменты на основе трехвалентного хрома	163
9.9. Цианиды железа синие	164
9.10. Хромовые пигменты зеленые	164
9.11. Пигменты, содержащие редкоземельные металлы	165
9.12. Легитимность использования окрашенных неорганических пигментов	165
9.13. Федеральные законы в отношении использования тяжелых металлов	166
9.14. Выводы	167
Глава 10. Пигменты на основе диоксида титана	175
10.1. Введение	175
10.2. Производство титановых пигментов	176
10.3. Обработка поверхности титановых пигментов	176
10.4. Распределение частиц по размеру и оптические свойства титановых пигментов	179
10.5. Введение титановых пигментов в полимер	179
10.6. Долговечность титановых пигментов с точки зрения фотохимии	182
10.7. Заключительные замечания	187
Литература	187
Глава 11. Пигменты на основе технического углерода (сажи)	189
11.1. Введение	189
11.1.1. Основы производства технического углерода	189
11.2. Структура технического углерода	191
11.3. Выбор марки технического углерода для окрашивания	192

11.3.1. Влияние диспергирования технического углерода на цвет изделия	194
11.4. Диспергирование технического углерода: определение и методы	195
11.4.1. Влияние диспергирования технического углерода на свойства окрашенного полимера	196
11.5. Использование технического углерода для других целей	197
11.5.1. Использование технического углерода для защиты от УФ-излучения	197
11.5.2. Использование технического углерода для возникновения электропроводности	200
11.5.3. Использование угольной сажи для улучшения физических свойств полимера	201
11.5.4. Проблемы, возникающие при использовании технического углерода в качестве наполнителя	202
11.6. Заключение	205
Литература	205
Глава 12. Растворимые красители	206
12.1. Введение	206
12.2. Историческая справка	207
12.3. Окрашивание полимеров красителями	209
12.4. Классификация красителей	209
12.5. Флуоресцентные красители и оптические отбеливатели	211
12.6. Химические классы красителей	212
12.7. Светостойкость колорантов	212
12.8. Практические рекомендации	213
Литература	216
Глава 13. Фотохромные и термохромные колоранты	217
13.1. Фотохромные материалы	217
13.2. Термохромные материалы	227
Литература	230
Глава 14. Металлические пигменты	233
14.1. Введение	233
14.1.1. Отличие металлических пигментов от перламутровых	234
14.1.2. Оптический эффект металлических пигментов	234
14.1.3. Другие эффекты металлических пигментов	234
14.2. Производство металлических пигментов	235
14.2.1. Сырье	235
14.2.2. Технология производства металлических пигментов	236
14.3. Форма частиц металлических пигментов	239
14.3.1. Частицы неправильной формы	239
14.3.2. Частицы чечевицеобразной формы	240
14.3.3. Частицы сферической формы	241

14.3.4. Частицы с повышенным блеском	242
14.3.5. Обработка поверхности частиц пигмента	242
14.3.6. Формы, в которых выпускаются металлические пигменты	243
14.4. Технология производства металлических пигментов	245
14.4.1. Маточные смеси	245
14.4.2. Смешение	246
14.4.3. Окрашивание поливинилхлорида	246
14.4.4. Окрашивание полимеров в непрерывных процессах переработки	247
14.5. Проблемы использования металлических пигментов	250
14.5.1. Введение в полимер	250
14.5.2. Переработка литьем под давлением	252
14.6. Типичные примеры использования полимеров, окрашенных металлическими пигментами	255
Литература	256
Глава 15. Перламутровые пигменты	258
15.1. Введение	258
15.1.1. Оптические законы	261
15.2. Классы перламутровых пигментов	264
15.2.1. Натуральная перламутровая эссенция	264
15.2.2. Пигменты на основе оксидов металлов и слюды	265
15.2.3. Пигменты на основе слюды, покрытой диоксидом титана	266
15.2.4. Пигменты на основе слюды, покрытой оксидом железа	267
15.2.5. Комбинированные пигменты на основе слюды	268
15.2.6. Пигменты на основе гидроксикарбоната свинца	270
15.2.7. Пигменты на основе оксихлорида висмута	270
15.3. Преимущества использования перламутровых пигментов для окрашивания полимеров	272
15.3.1. Функциональные перламутровые пигменты	273
15.4. Новые разработки перламутровых пигментов, не содержащих слюды	274
Литература	275
Глава 16. Флуоресценция	276
16.1. Теория и механизм флуоресценции	276
16.1.1. Теория флуоресценции	277
16.2. Флуоресцентные красители	280
16.2.1. Флуоресцин	280
16.2.2. Родамин В	280
16.2.3. Родамин А	281
16.2.4. Использование флуоресцентных красителей	284
16.3. Флуоресцентные пигменты	286
16.3.1. Пигменты на основе формальдегида	286
16.3.2. Другие пигменты	287

16.3.3. Добавки, предотвращающие миграцию, в концентратах или сухих смесях	288
16.3.4. Добавки	290
16.3.5. Исследование миграции пигмента при выдувном формовании	290
16.3.6. Токсичность	291
16.3.7. Светостойкость	292
16.3.8. Использование	293
Литература	293
Дополнительная литература	293
Глава 17. Основы выбора колорантов и технологии приготовления окрашивающих композиций	294
17.1. Окрашиваемые полимеры	295
17.2. Выбор колорантов в зависимости от области использования окрашенных полимеров	296
17.3. Влияние способа переработки полимеров на выбор колоранта	297
17.4. Влияние условий переработки на выбор колоранта	297
17.5. Эталон цвета	298
17.6. Критерии одобрения выбранного цвета	299
17.7. Введение окрашивающей композиции в полимер	300
17.8. Выпускные формы окрашивающих композиций	300
17.9. Выбор колоранта	301
17.10. Подбор цвета, идентичного эталонному	301
17.11. Методика смешивания компонентов окрашивающей композиции	301
17.12. Заключение	303
Глава 18. Компаундирование окрашивающих композиций	304
18.1. Введение	304
18.2. Основы компаундирования	305
18.3. Влияние добавок и других компонентов на компаундирование	306
18.4. Окраска полимеров	308
18.5. Компаундирование с использованием колорантов	308
18.6. Контроль качества	311
Глава 19. Производство сухих концентратов для окрашивания полимеров	313
19.1. Терминология	313
19.2. Типы и выпускные формы окрашивающих концентратов	314
19.3. Выбор полимерного носителя	315
19.4. Оборудование для компаундирования	318
19.5. Проблемы, возникающие при гранулировании концентратов	320
19.6. Размер частиц концентрата	320
19.6.1. Производство концентрата	320
19.6.2. Окрашивание полимеров	321
19.7. Распределение или дисперсия?	322

19.8. Цветотдача	322
19.9. Содержание колоранта в готовом изделии и концентрате	323
19.10. Оценка качества концентратов	323
19.11. Концентраты со специальными эффектами	325
Глава 20. Жидкие концентраты для окрашивания полимеров	326
20.1. История появления и развития жидких концентратов	326
20.2. Области использования жидких концентратов	327
20.3. Производство жидких концентратов	328
20.4. Диспергирование и распределение частиц жидкого концентрата	329
20.5. Введение жидких концентратов в перерабатывающее оборудование	331
20.6. Насосы	331
20.7. Упаковка	332
20.8. Преимущества и недостатки жидких концентратов	334
20.9. Реология	335
20.10. Сравнение способов окрашивания полимеров	337
20.11. Влияние жидких концентратов на физические свойства окрашенного полимерного изделия	339
20.12. Выводы	342
Глава 21. Производство колорантов и добавок: перспективы регулируемой совместимости	343
21.1. Введение	343
21.2. Описание процесса производства колорантов и добавок	344
21.2.1. Производство сухих окрашивающих композиций	344
21.2.2. Гранулированные концентраты	345
21.2.3. Жидкие концентраты	347
21.3. Способы доставки окрашивающих концентратов потребителю	347
21.3.1. Прямая покупка и распределительная сеть	347
21.3.2. Поставка окрашивающих концентратов	348
21.4. Организация и контроль безопасности рабочего места при производстве окрашивающих концентратов	348
21.4.1. Общие положения	348
21.4.2. Источники загрязнения воздуха при работе с материалами	349
21.5. Воздействие на окружающую среду	352
21.5.1. Загрязнение атмосферного воздуха	352
21.5.2. Загрязнение воды	353
21.5.3. Ливневые воды	353
21.5.4. Твердые отходы в процессе производства	353
21.6. Регулирующие и контролирующие законы	354
21.6.1. Положение о безопасности потребительских товаров (16 CFR, части 1000–1799)	354
21.6.2. Пищевые продукты и лекарства (31 CFR)	354
21.6.3. Безопасность труда и здоровья (29 CFR)	355

21.6.4. Защита окружающей среды	356
21.7. Обучение персонала	358
21.8. Заключение	359
Глава 22. Испытания окрашенных полимерных изделий	360
22.1. Введение	360
22.1.1. Терминология	361
22.1.2. Классификация испытаний	361
22.2. Тестирование диспергирования пигмента	362
22.2.1. Методы исследования диспергирования пигментов	365
22.3. Тестирование долговечности окраски	367
22.3.1. Термостойкость	367
22.3.2. Устойчивость к выцветанию и атмосферостойкость	368
22.3.3. Миграция компонентов окрашивающих композиций	370
22.3.4. Хемостойкость	372
22.4. Определение физических характеристик	372
22.4.2. Специальные свойства	374
22.5. Реологические свойства	375
22.5.1. Течение расплава	375
22.5.2. Спиральное течение	376
22.6. Определение формоустойчивости	376
22.6.1. Усадка	376
22.6.2. Коробление	378
22.7. Заключение	378
Литература	379
Глава 23. Влияние добавок на окрашивание полимеров	380
23.1. Введение	380
23.2. Типы полимеров	384
23.2.1. Прозрачные полимеры	384
23.2.2. Полупрозрачные и непрозрачные полимеры	384
23.3. Полимерные смеси	387
23.4. Антиоксиданты	387
23.5. Антистатики	387
23.6. Связующие добавки	388
23.7. Антипирены	388
23.8. Вспенивающие добавки	389
23.9. Термостабилизаторы	389
23.10. Добавки, повышающие ударную вязкость	389
23.11. Лубриканты и добавки, препятствующие адгезии полимера к литьевой форме	390
23.12. Армирующие добавки	390
23.13. УФ-стабилизаторы	392
23.14. Заключение	392

Глава 24. Окрашивание вторично перерабатываемых полимеров	393
24.1. Историческая справка	393
24.2. Сбор использованных полимеров	393
24.3. Процесс вторичной переработки полимеров	394
24.4. Использование вторично переработанных полимеров	394
24.5. Вторичная переработка полиэтилентерефталата	397

Предисловие

В книге представлен результат работы многих известных специалистов в области цветоведения и окрашивания полимеров, каждый из которых является ведущим специалистом в той области технологии, которой посвящены написанные ими главы. Их вклад в развитие научных основ окрашивания полимерных материалов имеет непреходящее значение.

Процесс окрашивания любых материалов должен начинаться с понимания основ природы света, его взаимодействия с объектами и, наконец, понимания того, как человек реагирует на световое излучение. Совершенно не удивительно, что в мире нет даже двух человек, которые видят и воспринимают окрашенный предмет абсолютно одинаково. Этот факт, а также другие явления вызывают большой интерес к теме окрашивания полимеров. Содержание данной книги составлено таким образом, чтобы охватить наиболее важные научные и технические аспекты окрашивания полимерных материалов. Она будет полезна всем, кто хочет расширить свой кругозор в различных аспектах окрашивания полимеров.

В книге приводятся основы цветоведения — науки, лежащей в основе многих технологических процессов. Большой интерес представляют сведения об измерении цвета, способах визуального и инструментального подбора цвета. Рассматриваются способы спецификации цвета и возможности статистического анализа для увеличения ее надежности как в процессе производства окрашенных полимеров, так и при анализе свойств используемых колорантов. Описываются основные классы колорантов и их свойства, способы введения колорантов в полимеры. Обращается внимание на природоохранные аспекты производства окрашенных полимеров и возможности вторичной переработки окрашенных полимерных изделий. Крайне важной представляется глава о взаимодействии колорантов с другими добавками; содержащиеся в ней сведения помогут избежать многих возможных проблем производства окрашенных полимеров. Внимательный читатель получит полезную информацию о новейших технологических методах, возникающих проблемах и других аспектах успешной реализации процесса окрашивания.