

ЭЛЕКТРОНИКИ

А. МЕДВЕДЕВ

Технология
производства
печатных плат



ТЕХНОСФЕРА

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ
для производства печатных плат



ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И РЕМОНТНЫЕ СТАНЦИИ
ЛАЗЕРНЫЕ ПЛОТТЕРЫ
ЛИНИИ СУШКИ И ЗАДУБЛИВАНИЯ
НАНЕСЕНИЕ ФОТОРЕЗИСТОВ
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ГОРЯЧЕГО ЛУЖЕНИЯ
ОПТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ
ПРЕССЫ И ПРЕССФОРМЫ ДЛЯ МПП
ПРОБИВКА БАЗОВЫХ ОТВЕРСТИЙ
ПРОЯВЛЕНИЕ И СНЯТИЕ ФОТОРЕЗИСТОВ
РАСКРОЙ БАЗОВОГО МАТЕРИАЛА
СВЕРЛИЛЬНЫЕ И ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ
СЕТКО-ТРАФАРЕТНАЯ ПЕЧАТЬ
СКРАЙБИРОВАНИЕ
ТРАВЛЕНИЕ (КИСЛОЕ, ЩЕЛОЧНОЕ)
УСТАНОВКИ ЭКСПОНИРОВАНИЯ
ХИМИКО-ГАЛЬВАН. МЕТАЛЛИЗАЦИЯ
ЩЁТОЧНЫЕ МАШИНЫ, ВАЛЫ И ЩЁТКИ
ЭЛЕКТРОКОНТРОЛЬ ПП И СЛОЁВ

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПП
ХИМИКАТЫ И КОНЦЕНТРАТЫ

СВЁРЛА, ФРЕЗЫ, ЦАНГИ,
ЗАТОЧНЫЕ СТАНКИ

ПУСКО-НАЛАДКА, РЕМОНТ, ЗАПЧАСТИ,
СЕРВИС ОБОРУДОВАНИЯ

ЭЛЕКТРОКОНТРОЛЬ ПП ЗАКАЗЧИКОВ

ДОСТУПНЫЕ И ГИБКИЕ ЦЕНЫ!
СИСТЕМА СКИДОК
КРЕДИТЫ, ЛИЗИНГ, ПОЭТАПНАЯ ОПЛАТА

ООО "РТС ИНЖИНИРИНГ"

Web site: <http://www.rts-engineering.ru>

Тел. (095) 964-4748, 964-9670
Факс. (095) 964-4739
E-mail: main@rts-engineering.ru



М И Р Электроники

А. МЕДВЕДЕВ

Технология
производства
печатных плат

ТЕХНОСФЕРА

Москва

2005

А. Медведев
Технология производства печатных плат
Москва:
Техносфера, 2005. – 360с. ISBN 5-94836-052-0

Вторая книга серии, начатой ранее изданным руководством А. М. Медведева «Печатные платы. Конструкции и материалы». Монография содержит детальное изложение механических и электрохимических процессов производства печатных плат, включая бесстружечную обработку, лазерное сверление, очистку отверстий поверхностей, химическую и прямую металлизацию, финишные и контактные покрытия, а также вопросы тестирования и технологического обеспечения надежности межсоединений.

Книга предназначена для профессиональных технологов, инженеров-разработчиков и практиков.

© 2005, А. М. Медведев
© 2005, ЗАО «РИЦ «Техносфера»
оригинал-макет, оформление.

ISBN 5-94836-052-0

КОНТРАКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО – это выбор тех, кто стремится к качеству и ценит свое время и деньги!



РЕЗОНИТ

124460 Москва, Зеленоград, а/в 31
Тел./факс: (095) 777-80-80, 730-50-00
E-mail: pcb@rezonit.ru

197342, г. Санкт-Петербург,
ул. Сердобольская, д.64, литер Д офис 322
Тел.: (812) 608-80-80, 115-68-18
E-mail: spb@rezonit.ru



Содержание

Предисловие автора	18
Глава 1	
Прессование МПП	23
1.1. Свойства склеивающих листов	24
1.1.1. Содержание связующего (наноса смолы)	24
1.1.2. Растворимость полуутверженной смолы	25
1.1.3. Текучесть смолы	26
1.1.4. Содержание летучих	28
1.1.5. Свойства склеивающих листов	28
1.1.6. Условия хранения склеивающих листов (прокладочных стеклотканей)	29
1.2. Подготовка слоев к прессованию	31
1.3. Комплектование пакетов для прессования МПП	34
1.4. Конструкции прессов и пресс-форм	34
1.5. Процессы прессования	39
1.6. Причины дефектов при прессовании и методы устранения	43
Глава 2	
Сверление	47
2.1. Механическое сверление	47
2.1.1. Выбор и оценка качества сверл [4]	47
2.1.2. Сверление [4]	54
2.1.3. Фрезерование [4].	55
2.1.4. Влияние конструкции сверла на качество сверления.	58
2.1.5. Точность сверления.	58
2.1.6. Переточка сверл.	59
2.1.7. Режимы резания.	60
2.1.8. Характерные дефекты сверления	63
2.2. Бесстружечная обработка	64
2.2.1. Раскрой материалов.	64

► Образцовая модель:

LPKF MicroLine 600
для сверления микроотверстий и
режки подложек печатных плат.
Лазерная система для самых высоких
требований:
- Рабочая область 640 x 560 x 50 мм
- Длина волны лазера 355 нм
- Производительность сверления до
250 отверстий/сек в материале RCC
- Скорость структурирования до
300 мм/сек, в зависимости от
материала
- Точность позиционирования 15 мкм
- Минимальный диаметр отверстий
50 мкм
- Ширина изоляционного канала >25 мкм



► Спектр наших возможностей

LPKF Laser & Electronics AG специа-
лизируется на механических и лазе-
рных системах, предназначенных
для разработки и производства элек-
тронных модулей. Благодаря своим
новым технологиям и новшествам,
LPKF достигла в существенных обла-
стиях производства лидирующие пози-
ции на мировом рынке.

LPKF предлагает:

- механические системы для быстрого
производства печатных плат
- лазерные системы для производства
печатных плат и электронного обру-
ждования
- системы и технологии для произво-
дства трафаретов
- производство трехмерных монтаж-
ных носителей

Серия машин LPKF MicroLine для прецизионного произво- дства печатных плат

Системы серии LPKF MicroLine предназначены специально
для прецизионной обработки печатных плат. Главное их
назначение – это сверление микроотверстий в платах HDI.
Ультрафиолетовый лазер прорывает медное покрытие, а также
эпоксидную смолу и стекловолокно.

Кроме того эти лазерные системы служат в качестве
мультфункциональных инструментов. Особо выгодны они
производителю гибких и жестко-гибких печатных плат в связи с
высочайшей прецизионностью резки контуров. Поддаются резке
даже уже скомпактованные печатные платы.

Представительства в России и на Украине:

LPKF Laser & Electronics AG, Ostallee 7, D-30827 Gelsenkirchen, Germany. Тел. +49 (0)5131-709590, fax +49 (0)5131-709590, lpkf@lpkf.de, www.lpkf.ru
All Inplex, Россия, 101990 Москва, ул. Менделеева 35, ком. 435. Тел. +7 095 4 33 20 97, факс +7 095 533 23 97, adz.sensor@inplex.ru
SE Special Electronic, 119571, Москва, пр-т Вернадского, д. 127. Тел. +7 095 4 33 25 82, факс +7 095 4 34 94 96, info@special.ru
SE Special Electronic, 191104, Санкт-Петербург, ул. Рылеева, д. 1/9, офис 31. Тел. +7 812 275 38 60, факс +7 812 273 49 08, root@se.spb.ru
VU MAIS, 01033, Киев, Воздухофлотская ул., 101 Жилянская ул., 29 ГЛЯ 942. Тел. +380 44 227 13 56, факс +380 44 227 36 68, lukashm@vumais.kiev.ua

www.lpkf.ru

LPKF
Laser & Electronics

2.2.2. Штамповка	65
2.2.3. Испытания материалов на штампуемость	65
2.3. Сверлильные станки	66
2.4. Химическое сверление	67
2.5. Лазерное сверление	67
2.5.1. Особенности лазерного излучения:	68
2.5.2. Воздействие мощного лазерного излучения на вещество	70
2.5.3. Воздействие лазерного излучения на материалы печатных плат	72
2.5.4. Физические процессы при лазерном сверлении	74
2.5.5. Современное состояние лазерного сверления печатных плат	76
2.6. Очистка отверстий	77
2.6.1.Химический способ	78
2.6.2. Перманганатная очистка	79
2.6.3. Гидроабразивная очистка	80
2.6.4. Плазмохимическая очистка	81
2.6.5. Двойное сверление	81
2.6.6. Контроль качества очистки	82

Глава 3

Химические и электрохимические процессы	83
3.1. Общие понятия	83
3.2. Понятия о процессах металлизации в технологиях печатных плат	85
3.3. Состояние поверхности промежуточных слоев	86
3.4. Природа сенсибилизации и активирования.	87
3.4.1. Гетерогенные процессы химической металлизации	87
3.4.2. Двухстадийный процесс активации	89
3.4.3. Совмещенный раствор активации	92
3.4.4. Механизм процессов активации из совмещенных растворов	96

**ОТ ИДЕИ
ДО СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

ДИЗАЙН, РЕДИЗАЙН

- Разработка схемотехнических решений
- Проектирование печатных плат
- Проектирование корпусов

КОМПЛЕКТАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- Активные компоненты
- Пасивные компоненты
- Электропитательные компоненты

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

- Односторонние
- Двусторонние
- Многослойные (включая платы с "пупами" и складные перегородки)
- Гибкие макифи
- Гибкие платы под SMT-монтаж
- Изобретенные гибко-жесткие платы
- Платы с алюминиевыми подложками
- СВЧ-платы с фторкарбоновыми и другими специальными диэлектриками

МОНТАЖНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

- Использование трафаретов
- Высокопроизводительные автоматические SMT-линии
- Автоматизация любых стадий монтажа
- Роботы-шарниры
- Монтаж с применением пленки антистатической

ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОРПУСОВ

- Интегрированные
- Высокопроизводительные антистатические SMT-линии
- Автоматизация любых стадий монтажа
- Роботы-шарниры
- Монтаж с применением пленки антистатической

ИСПЫТАНИЕ И ТЕСТИРОВАНИЕ

- Механические – типовой и под заказ
- Плотнение – типовой и под заказ
- Проектирование и выполнение прошивки

УПАКОВКА, ЛОГИСТИКА

- Упаковка
- Доставка
- Установка

115114, Москва, Дубининская ул., 1/2, корп. 1, подъезд 2Б, офис 204

Тел.: (095) 741-7704. Факс: (095) 928-9251. E-mail: info@control.ru
www.contractelectronica.ru

3.4.5. Улавливание палладия	97
3.4.5.1. Извлечение палладия из отработанных растворов. Вариант 1	97
3.4.5.2. Извлечение палладия из отработанных растворов. Вариант 2	98
3.4.6. Автоактивация	98
3.4.7. Фотоактивирование	99
3.4.8. Сенсактиватор в лаке	99
3.5. Химическая металлизация	100
3.5.1. Растворы химического меднения	101
3.5.2. Природа дефектов при химической металлизации	104
3.5.3. Корректирование растворов[9]	106
3.5.4. Утилизация сегнетовой соли	107
3.5.5. Утилизация меди	107
3.5.6. Практика химического меднения [9]	108
3.5.7. Другие способы металлизации	110
3.5.7.1. Меднение методом термолиза	110
3.5.7.2. Химическое меднение в гипофосфитных растворах	111
3.5.8. Химическая металлизация порошков	111
3.5.9. Способы нанесения растворов на подложки	112
3.5.10. Химическое никелирование	113
3.6. Прямая металлизация [10]	115
3.6.1. История вопроса	115
3.6.2. Сравнение химической и прямой металлизации	116
3.6.3. Процессы очистки отверстий	118
3.6.4. Системы прямой металлизации	119
3.6.5. Палладиевые системы	120
3.6.5.1. Палладий-олово активатор с гальванической затяжкой	120

3.6.5.2. Палладиевый/оловянный активатор с блескообразователем	120
3.6.5.3. Оловянно-палладиевый активатор с ванилином	121
3.6.5.4. Перевод палладия в сульфид	121
3.6.5.5. Варьирование палладиевых процессов	122
3.6.6. Системы на основе графита	122
3.6.6.1. Углеродные суспензии	122
3.6.6.2. Графит	123
3.6.7. Системы проводящих полимеров	123
3.6.8. Другие способы	123
3.6.9. Технология прямой металлизации J-Kem	124
3.6.9.1. Подготовка отверстий под металлизацию	124
3.6.9.2. Прямая металлизация	125
3.6.10. Общая оценка процессов прямой металлизации	127
3.7. Термические процессы металлизации	128

**Комплексные решения
для производства
печатных плат
и
выполнения
гальванических покрытий**

www.nmaee.ru



3.7.1. Вакуумная металлизация	128
3.7.2. Диффузионная металлизация.	129
3.7.3. Металлизация плакированием.	130
3.7.4. Металлизация вжиганием.	130
3.7.5. Процессы газотермического напыления.	130
3.7.6. Плазмотроны.	131
3.8. Электрохимическая металлизация	134
3.8.1. Законы электрохимической металлизации	135
3.8.2. Гальваника в технологии печатных плат.	137
3.8.3. Электролиты в производстве печатных плат	140
3.8.3.1. Электролиты меднения	140
3.8.3.2. Электролиты осаждения сплава олово-свинец	146
3.8.3.3. Электролит оловянирования.	156
3.8.4. Финишные покрытия.	157
3.8.4.1. Горячее облучивание	158
3.8.4.2. Покрытие ингибирующими органическими покрытиями	159
3.8.4.3. Иммерсионное золочение	160
3.8.4.4. Иммерсионное оловянирование	163
3.8.4.5. Иммерсионное серебрение	165
3.9. Контактные покрытия.	165
3.9.1. Контактирование в слаботочных цепях	165
3.9.2. Свойства контактных покрытий	166
3.9.2.1. Золото и его сплавы	167
3.9.2.2. Палладий	168
3.9.2.3. Серебро и его сплавы	168
3.9.2.4. Олово	169
3.9.2.5. Другие контактные покрытия	169
3.9.2.6. Подслои	169
3.9.2.7. Электролиты для осаждения контактных покрытий	170
3.10. Оборудование для металлизации печатных плат	171

3.10.1. Интенсификация (агитация) процессов.	171
3.10.2. Автооператоры	172
3.10.3. Электроды	174
3.10.4. Конструкции ванн	176
3.10.5. Нагрев ванн	177
3.10.6. Источники тока	178

Глава 4

Очистка поверхностей	181
4.1. Понятия об очистке поверхностей	181
4.2. Происхождение и классификация загрязнений	183
4.3. Моющие среды	185
4.3.1. Вода	185
4.3.2. Органические растворители	186
4.3.2.1. Введение	186
4.3.2.2. Избирательность растворяющей способности	186

ООО «Печатные платы»



РАЗРАБОТКА

- PCAD
- Gerber
- Orcad
- Protel

ИЗГОТОВЛЕНИЕ

- 2-6 слоев
- ДПП - 3 дня
- МПП - 5 дней
- покрытие ламелей
- серийное
- мелкосерийное
- срочное
- прототипы

СБОРКА

- поверхностный монтаж
- монтаж в отверстия
- смешанный монтаж

127055
г. Москва
ул. Сущевская
дом 21

тел./факс: (095) 787-65-01
(095) 787-85-02
(095) 787-65-03
* wwwpcbpro.ru
ppalpcb@sovintel.ru

4.3.2.3. Оптимальная скорость испарения	186
4.3.2.4. Минимальная токсичность	187
4.3.2.5. Воспламеняемость и взрывоопасность	188
4.3.2.6. Основные типы растворителей	188
4.3.2.7. Нефтяные или алифатические углеводороды	189
4.3.2.8. Ароматические углеводороды	189
4.3.2.9. Скипидары	190
4.3.2.10. Спирты	191
4.3.2.11. Сложные эфиры (ацетаты)	192
4.3.2.12. Простые эфиры	193
4.3.2.13. Кетоны	193
4.3.2.14. Хлорированные углеводороды	193
4.3.3. Растворители и загрязнения	196
4.3.3.1. Смеси растворителей.	196
4.3.3.2. Пожаробезопасные смеси растворителей	197
4.3.3.3. Водные растворы технических моющих средств	198
4.4. Интенсификация процессов очистки.	199
4.5. Ультразвуковая очистка. Теория и практика.	201
4.5.1. Введение	201
4.5.2. Что такое ультразвук?	202
4.5.2.1. Ультразвук (УЗ)	202
4.5.2.2. Теория звуковых волн	203
4.5.3. Технологическое применение ультразвука.	205
4.5.3.1. Принципы ультразвуковой очистки	205
4.5.3.2. Механизмы очистки и отмыки	206
4.5.3.3. Комплексные загрязнения	207
4.5.3.4. Ультразвуковое оборудование	208
4.5.4. Системы УЗ-очистки	212
4.5.5. Обеспечение максимального эффекта очистки	213
4.6. Технология ультразвуковой очистки	215
4.7. Контроль качества очистки.	217

Глава 5	
Элементы электрических соединений	221
5.1. Структура межсоединений	221
5.2. Сопротивления элементов межсоединений	223
5.3. Диагностирование качества соединений	228
5.3.1. Выбор режима контроля.	228
5.3.2. Неразрушающий контроль соединений.	230
5.4. Термомеханическая модель разрушения соединений	232
5.4.1. Линейные модели термомеханических напряжений.	233
5.4.2. Нелинейности характеристик прочности материалов.	236
5.4.3. Нелинейная модель термомеханических деформаций	238
5.5. Качество металлизации	239
5.5.1. Металлизация	240
5.5.2. Химическая металлизация.	242



117342, г. Москва, ул. Бутлерова, 15
Тел.: +7 (095) 334-9461 Факс: +7 (095) 334-9611 E-mail: pcb@pcb.ru www.pcb.ru

5.5.3. Дефекты гальванических покрытий	245
5.5.4. Химические методы контроля толщины покрытий.	245
5.5.5. Физические методы контроля толщины и плотности покрытий.	249
5.5.6. Сопротивление металлизированных отверстий	256
5.5.7. Реологические свойства медного гальванического покрытия.	262
5.5.8. Металлографический анализ элементов межсоединений.	266
5.5.9. Контроль качества контактных гальванических покрытий.	270
5.6. Контроль параметров линий связи	274
Глава 6	
Электрическая изоляция цепей печатных плат	277
6.1. Природа электропроводности композиционных диэлектриков	277
6.1.1. Зависимость сопротивления от температуры	277
6.1.2. Сопротивление композиционных диэлектриков	278
6.1.3. Сопротивление и природа диэлектриков	279
6.1.4. Сопротивление и влага	280
6.2. Сопротивления электрической изоляции печатных плат	280
6.2.1. Критерии работоспособности и качества изоляции	280
6.2.2. Расчет сопротивления изоляции печатных плат	281
6.2.3. Сопротивление изоляции МПП	283
6.3. Общая модель отказов изоляции слаботочной аппаратуры	284
6.3.1. Электрохимическая форма отказов	284

6.3.2. Схема электрохимического процесса отказа изоляции	285
6.3.3. Имитация электрохимического процесса отказа	287
6.4. Частная модель отказов изоляции МПП	287
6.4.1. Дефекты электроизоляционной конструкции МПП	287
6.4.2. Микропоры – основной источник отказов изоляции МПП	289
6.4.3. Ускоренные испытания изоляции	290
6.5. Электрическая прочность изоляции	292
6.5.1. Дефекты изоляции	292
6.5.2. Формы электрического пробоя изоляции	292
6.5.3. Термовая форма пробоя изоляции МПП.	294
6.5.4. Вольт-секундная характеристика электрической прочности дефектной изоляции МПП.	296
6.6. Влияние климатических факторов на уровень изоляции	298



6.6.1. Сопротивление изоляции при нагреве	298
6.6.2. Сопротивление изоляции при увлажнении	299
6.6.3. Цикличность увлажнения	302
6.7. Защита поверхности печатных плат	302
6.7.1. Механизмы влагозащиты	302
6.7.2. Защита электроизоляционными лаками	303
6.7.3. Осмотические явления	303
6.7.4. Общие требования к лаковой защите	305
6.7.5. Долговременность лаковой защиты	306
6.8. Измерения электроизоляционных характеристик	308
Глава 7	
Электрическое тестирование печатных плат	311
7.1. Критерии качества печатных плат для электрического тестирования	311
7.1.1. Критерии качества соединений.	313
7.1.2. Критерии качества изоляции.	315
7.1.3. Критерии автоматического контроля электрических параметров печатных плат.	316
7.2. Электрическое тестирование	317
7.2.1. Принципы контактирования с тестируемыми платами.	317
7.2.2. Матричные тестеры	319
7.2.2.1. Матричная система контактирования	319
7.2.2.2. Контактное поле матричных тестеров («ложе гвоздей»)	321
7.2.2.3. Коммутаторы	323
7.2.2.4. Средства измерения	324
7.2.3. Последовательная система контактирования	326
7.2.4. «Летающие матрицы»	328
7.2.5. Контактирующие зонды	329
7.2.6. Базирование тестируемых заготовок	331
7.2.7. Программное обеспечение	332
7.2.7.1. Исходные данные	332
7.2.7.2. Использование эталонной платы	332

7.2.7.3. Использование Gerber данных	333
7.2.7.4. Использование CAD-CAM данных	333
7.2.8. Сопоставление средств электрического тестирования	334

Глава 8

Контроль по признакам внешнего вида	337
8.1. Критерии контроля по признакам внешнего вида	337
8.1.1. Фотошаблоны.	337
8.1.2. Трафаретная печать	338
8.1.3. Фотолитография	340
8.1.4. Травление рисунка	341
8.2. Оптическое тестирование	345
8.2.1. Оптическая микроскопия	345
8.2.1.1. Источник света и конденсор	346
8.2.1.2. Предметный столик	347
8.2.1.3. Выбор объектива	347

Группа PS-ELECTRO

ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ И МОНТАЖ

NEW!

ЭПП, ДПП - 1-2 дня! МПП - 3-5 дней!
для заказов: market@pselectro.ru
с пометкой "Суперэкспресс"

ЭЛЕКТРОКОННЕКТ (головной офис)
г. Новосибирск, 830117, ул. Арбузова 1/1
телефакс (383-3) 36-10-01, 36-10-03
e-mail order@pselectro.ru; web <http://www.pselectro.ru>

г. Санкт-Петербург. Санкт-Петербургский филиал
ООО "Электро Коннект", ул. 6-я Советская 24, оф. 210
телефакс (812) 274-97-91, 271-56-87
e-mail ps@pselectro.ru

г. Москва, ООО "Печатные Платы"
ул Сущевская 21, тел/факс: (095) 767-6501, 767-6502, 787-6503
e-mail ps@ipcb@sovintel.ru

г. Екатеринбург, ООО "КТЦ КЭБ"
ул Белинского, 140/2, тел/факс (343) 251-29-69, 260-38-71
e-mail cblk@cblk.e-burg.ru

8.2.1.4. Формирование и регистрация изображения	348
8.2.1.5. Монокулярное и бинокулярное наблюдение	349
8.3. Распознавание объектов изображения	350
8.3.1. Компьютерная обработка изображений	350
8.3.2. Принципы работы AOI	350
8.3.3. Контроль печатных плат с помощью AOI	352
8.4. Сопоставление методов тестирования	353
8.4.1. Оптический метод.	354
8.4.2. Электрический метод.	354
8.4.2.1. Матричное тестирование («ложе гвоздей»)	354
8.4.2.2. «Летающие щупы»	354
8.4.2.3. Сопоставительные характеристики методов тестирования	355
8.5. Примеры распознавания дефектов оптическим тестером	355
Литература	357

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА

Вы держите в руках продолжение книги «Печатные платы. Конструкции и материалы». Начав ее, автор не сумел выдержать сроки издания всей книги, поэтому она была издана первой частью. Теперь автор дописал вторую часть, посвященную процессам производства и технологическому обеспечению надежности печатных плат.

Должен сказать, что эта часть, содержащая описания химических процессов, далась автору особенно трудно. Потому что, в отличие от советского времени, информация о технологиях является фирменным секретом («know-how») и добывать эту информацию, как инструкцию к действию, становится все трудней и трудней. Во всех известных зарубежных справочниках вы не найдете ничего о составах технологических растворов или фирменных добавок, о конкретном содержании композиционных материалов и т.д. Рынок предлагает зашифрованные продукты типа «ABC». И весь мир, не задумываясь, пользуется этими продуктами, выбирая лишь фирму-поставщика. На международных конференциях специалисты от производителей обмениваются информацией только о том, какая фирма — поставщик продуктов химии лучше другой, не входя в подробности составов предлагаемых концентратов. Конечно, это удобно в производстве. Технологу приходится лишь строго соблюдать фирменный регламент «ABC», а вся ответственность за результат ложится на фирму — поставщика концентратов.

Отечественные технологии не привыкли работать «втемную». Они не хотят и не могут чувствовать себя «пешками» в технологических процессах. Тем более что спрос за качество ложится именно на них. Что в этой ситуации плохо и что хорошо?

Использование фирменных концентратов это уже прочно сложившаяся общемировая практика в высокотехнологических производствах, и никуда от этого не денешься. Нужно с этим смириться, потому что это хорошо. Плохо то, что у нас не происходит импортозамещения. Например, у нас покупают палладий, а потом он к нам возвращается в виде концентратов для процессов прямой металли-