

УДК 621.313(075.8)
П 801

Коллектив авторов:

*Д. М. Топорков, О. И. Новокрещенев, Т. В. Честюнина,
Г. Б. Вяльцев, Г. О. Гейнрих, А. Н. Царегородцев*

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор *А. Ф. Шевченко*
канд. техн. наук, доцент *Ю. В. Панкрац*

Работа подготовлена на кафедре электромеханики для студентов
старших курсов, обучающихся по направлению 13.03.02 –
Электроэнергетика и электротехника, специализация –
Электротехника, электромеханика и электротехнологии

П 801 **Производство электрических машин** : учебное пособие /
коллектив авторов. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2021. – 179 с.

ISBN 978-5-7782-4532-7

В пособии анализируются маршрутные технологические процессы общепромышленных видов производств (литье, сварка, механическая обработка). Даны термины и определения систем ЕСТД, ЕСТПП, технологичности изделия, приведены маршрутные технологические процессы специфических видов производств (массовая холодная штамповка, сборка сердечников магнитопроводов, изготовление коллекторов, изоляционно-обмоточное производство и др.), присущие только электромашиностроению.

Материал учебного пособия базируется на последних разработках научно-исследовательских институтов электромашиностроения, приведенных в информационных сборниках серии «Технология электротехнического производства», использованы разработки в области патентоведения.

В пособии имеются необходимые иллюстрации, способствующие развитию абстрактного мышления и быстрому усвоению материала.

УДК 621.313(075.8)

ISBN 978-5-7782-4532-7

© Коллектив авторов, 2021
© Новосибирский государственный
технический университет, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Общие вопросы	3
1.1. Современные способы выработки электрической энергии и пути их совершенствования.....	3
1.2. Оценка технологического уровня производства.....	5
1.3. Единая система технологической документации (ЕСТД).....	7
1.3.1. Стадии разработки технических документов (ТД)	8
1.3.2. Виды технологических документов	8
1.3.3. Виды технологических процессов (ТП).....	10
1.4. Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП)	10
1.4.1. Общие положения организации и управления процессом ТПП.....	11
1.4.2. Основные термины и определения системы ЕСТПП	11
1.4.3. Составные части производственного процесса.....	12
1.4.4. Типы производства	13
1.4.5. Задачи, решаемые при ТПП.....	14
1.5. Технологичность конструкции	15
Общая классификация и факторы ПТК	16
2. Общепромышленные виды производств	20
2.1. Основные сведения из технологии машиностроения	20
2.2. Получение заготовок. Резка круглого и профильного проката	24
2.3. Основные понятия о сварке	29
2.4. Изготовление деталей методом литья.....	32
2.4.1. Область применения и способы литья	32
2.4.2. Способы заливки КЗР	34

2.5. Механическая обработка деталей.....	38
2.5.1. Факторы, влияющие на величину припусков при механической обработке	38
2.5.2. Маршрутные технологические процессы обработки валов, подшипниковых щитов, станин.....	38
2.5.3. Преимущества станков с ЧПУ	41
2.5.4. Влияние точности обработки станин электродвигателей на величину и неравномерность воздушного зазора	41
2.5.5. Ротационные резцы для обработки роторов электродвигателей 8-го и 9-го габаритов.....	43
3. Технологические свойства электротехнических сталей.....	47
3.1. Классификация электротехнических сталей (ЭТС)	47
3.2. Классификация потерь в ЭТС	48
3.3. Достоинства холоднокатаной ЭТС.....	50
3.4. Характеристика нелегированной ЭТС	50
3.5. Коэффициент использования ($K_{\text{и}}$) ЭТС	51
4. Штамповка листов электротехнической стали	52
4.1. Стадии деформирования при штамповке	52
4.2. Зазор (z) между матрицей (М) и пуансоном (П).....	52
4.3. Выбор размеров матрицы и пуансона	52
4.4. Выбор усилия прессы ($Y_{\text{п}}$)	54
4.5. Требования к прессам	54
4.6. Типы штампов	55
4.7. Стойкость штампов.....	56
4.8. Традиционные пути повышения стойкости штампов	57
4.9. Перспективные пути повышения стойкости штампов	58
5. Классификация оборудования штамповочного производства	59
6. Производство сердечников магнитопроводов электрических машин.....	63
6.1. Маршрутный технологический процесс (МТП) изготовления сердечников	63
6.2. Удаление заусенцев	64
6.3. Требования к лакам и лаковым покрытиям.....	64
6.4. Термообработка листов ЭТС с оксидацией.....	66

6.5. Ориентирование листов	66
6.6. Способы дозирования при шихтовке	68
6.7. Автоматизации процесса сборки и скрепления сердечников статоров	69
6.8. Преимущества тепловой сборки и склейки магнитопровода с валом	71
7. Производство коллекторов	72
7.1. Условия работы коллектора и требования к качеству его изготовления	72
7.2. Требования к профилю коллекторных пластин. Возможные и допустимые отклонения	72
7.3. Маршрутный технологический процесс (МТП). Изготовление коллекторной пластины	74
7.4. Виды петушков. Способы соединения петушков с коллекторными пластинами	74
7.5. Требования к изоляционным пластинам (ИП) коллектора и способ их изготовления	74
7.6. МТП изготовления изоляционных манжет (ИМ) коллектора.....	76
7.7. Способы сборки кольца медных и изоляционных пластин коллектора. Калибровка пластин.....	78
7.8. Опрессовка кольца медных и изоляционных пластин коллектора.....	80
7.9. Характеристика параметров процесса опрессовки кольца медных и изоляционных пластин коллектора	81
7.10. Основные направления совершенствования процесса опрессовки кольца медных и изоляционных пластин коллектора	82
7.11. Обработка кольца медных и изоляционных пластин коллектора	83
7.12. Последовательность сборки коллектора арочного типа.....	84
7.13. Назначение статической и динамической формовок коллектора.....	85
Маршрутно-технологический процесс выполнения статической формовки и пути совершенствования	86
7.14. Общий принцип выполнения динамической формовки коллектора.....	87
7.15. Достоинства коллекторов на пластмассе.....	87
7.16. Маршрутно-технологический процесс изготовления коллектора на пластмассе с пакетом из отдельных медных пластин.....	89

8. Изоляционные системы электрических машин.....	90
8.1. Условия работы и основные требования к изоляционным системам	90
8.2. Основные направления развития низковольтных (НВ) изоляционных систем (ИС).....	91
8.3. Эволюция в развитии низковольтных изоляционных систем.....	92
8.4. Оценка технологических свойств изоляционных материалов и проводов	94
9. Высоковольтные изоляционные системы	96
9.1. Основные этапы совершенствования высоковольтных систем изоляции	96
9.2. Современные отечественные виды термореактивной изоляции (ТРИ)	99
9.3. Недостатки термореактивных видов изоляции (ТРИ) и пути их устранения	100
10. Производство выпных обмоток статоров.....	105
10.1. Способы изготовления выпных обмоток	105
10.2. Характеристика обмоток, позволяющих механизировать процесс намотки-укладки.....	105
10.3. Способы намотки на статорообмоточных станках	107
10.4. Проблемы, связанные с комплексной механизацией процессов намотки-укладки выпных обмоток.....	108
11. Изготовления катушек якорей МТП	109
МТП изготовления одновитковых катушек якорей.....	109
12. Производство жестких шаблонных обмоток статора с термореактивной изоляцией (ТРИ)	112
13. Производство стержневой статорной обмотки турбо- и гидрогенераторов (ТГ, ГГ) с термореактивной изоляцией (ТРИ).....	119
14. Изготовление стержней фазных роторов	125
15. Производство катушек возбуждения	128
15.1. Производство катушек возбуждения машин постоянного тока	129
15.2. Производство катушек из прямоугольного неизолированного провода намоткой «на ребро».....	131
15.3. Производство катушек возбуждения роторов турбогенераторов.....	134

16. Укладка обмоток.....	135
16.1. Укладка обмотки и отделки якоря.....	135
16.2. Укладка всыпных обмоток статора	136
16.3. Укладка жестких шаблонных обмоток статоров	136
17. Способы соединения элементов обмотки электрических машин.....	138
18. Способы пропитки обмоток.....	143
18.1. Характеристика этапов пропитки.....	144
18.2. Вакуум-нагнетательный способ пропитки	146
19. Сборка, балансировка	149
19.1. Виды соединений.....	149
19.2. Виды сборки	150
19.3. Балансировка вращающихся частей электрических машин	151
19.4. Неуравновешенность и причины ее появления.....	152
19.4.1. Статическая балансировка	153
19.4.2. Динамическая балансировка	155
20. Изготовление деталей из лакированной стеклоткани	160
21. Способы получения металлокерамических изделий (МКИ).....	162
22. Особенности производства листов ЭТС трансформаторов	164
Контроль листов ЭТС сердечников магнитопровода трансформаторов	164
23. Обмотки силовых трансформаторов и особенности их изготовления	167
Библиографический список	173