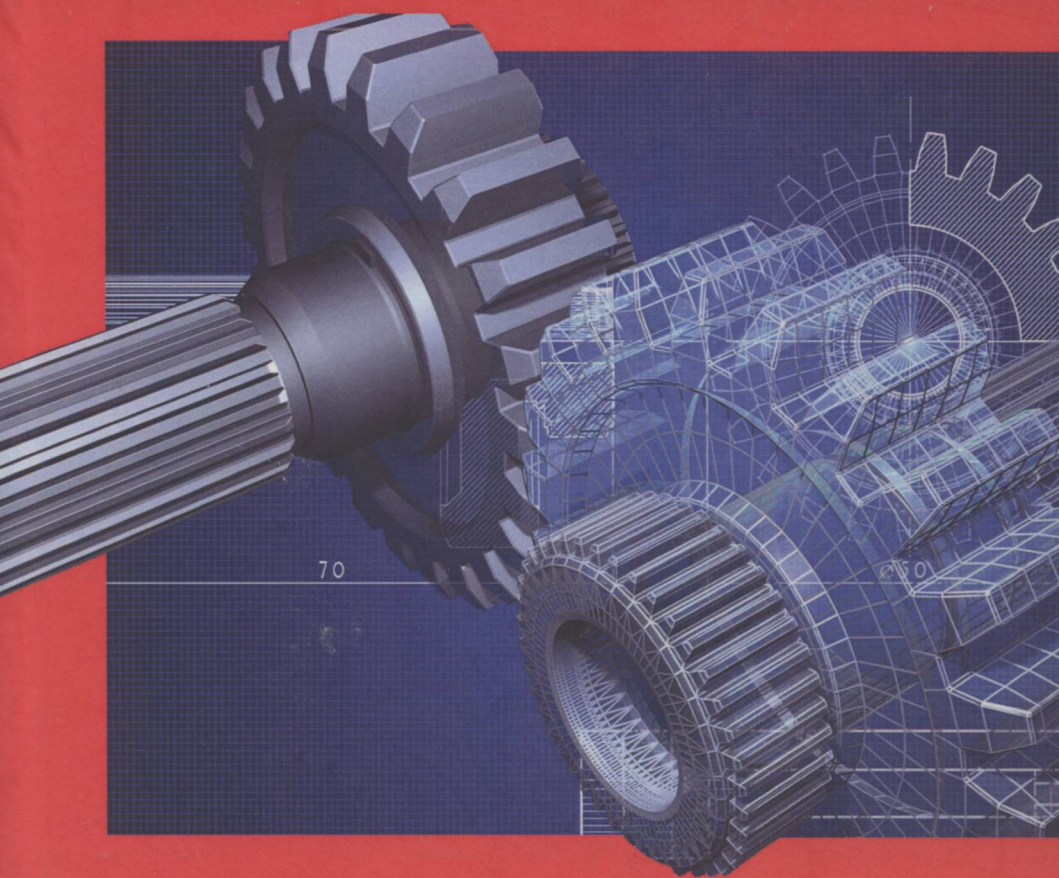


А.А. Черепухин, В.В. Клепиков



# ПРОЦЕССЫ И ОПЕРАЦИИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

**УЧЕБНИК**

**А.А. ЧЕРЕПАХИН, В.В. КЛЕПИКОВ**

# **ПРОЦЕССЫ И ОПЕРАЦИИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ**

**УЧЕБНИК**

*Рекомендовано  
в качестве учебника для студентов высших учебных заведений,  
обучающихся по направлению подготовки 15.03 05 (151900)—  
конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств  
(квалификация «бакалавр»)*

Москва  
КУРС  
ИНФРА-М  
2020

УДК 669.018.29.004.14(075.8)  
ББК К63-111я73  
Ч46

ФЗ  
№ 436-ФЗ

Издание не подлежит маркировке  
в соответствии с п. 1 ч. 2 ст. 1

Рецензенты:

А.С. Калашников — д-р техн. наук, профессор кафедры «Технология машиностроения» университета Машиностроения «МАМИ».

В.П. Вороненко — д-р техн. наук, профессор МГТУ «Станкин».

**А.А. Черепяхин, В.В. Клепиков**  
Ч46      **Процессы и операции формообразования: Учебник для студентов высших учебных заведений / А.А. Черепяхин, В.В. Клепиков. — М.: КУРС : ИНФРА-М, 2020. — 255 с.**

ISBN 978-5-906818-28-7 (КУРС)

ISBN 978-5-16-011919-9 (ИНФРА-М, print)

ISBN 978-5-16-104454-4 (ИНФРА-М, online)

Учебник написан в соответствии с требованием государственного образовательного стандарта преподавания дисциплины «Процессы и операции формообразования» по направлению подготовки 15.03.05. (151900) — Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (квалификация «бакалавр»).

В учебнике рассмотрены основные принципы формообразования поверхностей на стадиях получения заготовки и механической обработки. Рассмотрены вопросы геометрии поверхностей деталей и инструментов, кинематики их относительного движения в процессе формообразования.

Процессы формообразования поверхностей изложены с позиции решения задачи синтеза оптимального способа обработки по триаде критериев «себестоимость — качество — производительность».

Для студентов машиностроительных вузов технологических специальностей.

УДК 669.018.29.004.14(075.8)  
ББК К63-111я73

Электронно-  
Библиотечная  
Система  
znanium.com

ISBN 978-5-906818-28-7 (КУРС)

ISBN 978-5-16-011919-9 (ИНФРА-М, print)

ISBN 978-5-16-104454-4 (ИНФРА-М, online)

© Черепяхин А.А.,  
Клепиков В.В., 2016  
© КУРС, 2016

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	3
----------------	---

## Часть 1 ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

<b>Глава 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА .....</b>	<b>4</b>
1.1. Структура производственного процесса .....	4
1.2. Структура технологического процесса .....	5
1.3. Изделие и деталь .....	7
1.4. Деталь как объект производства .....	9
1.5. Принципы выбора метода и способа формообразования .....	11
Контрольные вопросы .....	12
<b>Глава 2. МЕТОДОЛОГИЯ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ .....</b>	<b>13</b>
2.1. Классификация процессов формообразования .....	13
2.2. Основные характеристики процесса формообразования .....	16
2.3. Классификация методов формообразования деталей .....	20
Контрольные вопросы .....	23
<b>Глава 3. ФОРМИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ СТАДИИ .....</b>	<b>24</b>
3.1. Факторы, влияющие на качество формообразования .....	24
3.2. Общие принципы выбора заготовки .....	25
Контрольные вопросы .....	27

## Часть 2 МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ, НЕ ИЗМЕНЯЮЩИЕ КОЛИЧЕСТВО СВЯЗЕЙ

<b>Глава 4. МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ЗА СЧЕТ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ РАСПЛАВА .....</b>	<b>28</b>
4.1. Классификация отливок .....	28
4.2. Особенности формирования отливок .....	30

4.3.	Краткая характеристика способов литья . . . . .	33
4.4.	Несоответствие геометрии формы и размеров и дефекты поверхности отливок . . . . .	39
4.5.	Особенности получения отливок из различных сплавов . . . . .	58
4.6.	Технологические ограничения способов литья . . . . .	63
	Контрольные вопросы . . . . .	67

<b>Глава 5.</b>	<b>МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ЗА СЧЕТ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ МЕТАЛЛА . . . . .</b>	<b>68</b>
5.1.	Особенности обработки металлов давлением . . . . .	68
5.2.	Классификация и точность кованых и штампованных заготовок . . . . .	71
5.3.	Краткая характеристика способов ОМД . . . . .	74
5.4.	Несоответствие геометрии формы и размеров и дефекты поверхности . . . . .	104
5.5.	Технологические ограничения способов ОМД . . . . .	105
	Контрольные вопросы . . . . .	108

### Часть 3

## МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ, УМЕНЬШЕНИЕ КОЛИЧЕСТВО СВЯЗЕЙ

<b>Глава 6.</b>	<b>МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ЗА СЧЕТ ЛЕЗВИЙНОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ . . . . .</b>	<b>109</b>
6.1.	Общая характеристика лезвийной обработки резанием . . . . .	109
6.2.	Технологические возможности формообразования точением . . . . .	111
6.3.	Технологические возможности формообразования строганием и долблением . . . . .	116
6.4.	Технологические возможности формообразования осевой обработкой . . . . .	120
6.5.	Технологические возможности формообразования фрезерованием . . . . .	128
6.6.	Технологические возможности формообразования на расточных станках . . . . .	133
6.7.	Технологические возможности формообразования протягиванием и прошиванием . . . . .	135
6.8.	Особенности формообразования резьбовых поверхностей . . . . .	138

6.9.	Особенности формообразования зубчатых венцов и шлицевых поверхностей . . . . .	141
	Контрольные вопросы . . . . .	153

**Глава 7. МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ  
ЗА СЧЕТ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ . . . . . 154**

7.1.	Особенности абразивной обработки резанием . . . . .	154
7.2.	Технологические схемы шлифования . . . . .	156
7.3.	Технологические ограничения шлифования . . . . .	164
	Контрольные вопросы . . . . .	165

**Глава 8. ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ  
И СПОСОБЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ . . . . . 166**

8.1.	Разновидности высокоэнергетических методов формообразования . . . . .	166
8.2.	Электрофизическая обработка . . . . .	167
8.3.	Электрохимическая обработка . . . . .	170
8.4.	Электромеханическая обработка . . . . .	171
8.5.	Анодно-механическая обработка . . . . .	173
8.6.	Импульсно-механическая (ультразвуковая) обработка . . . . .	174
8.7.	Лучевая (лазерная) обработка . . . . .	175
8.8.	Плазменная обработка . . . . .	177
8.9.	Плазменно-механическая обработка . . . . .	177
	Контрольные вопросы . . . . .	179

**Часть 4.**

**МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ,  
УВЕЛИЧИВАЮЩИЕ КОЛИЧЕСТВО СВЯЗЕЙ**

**ГЛАВА 9. МЕТОДЫ И СПОСОБЫ  
ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ЗА СЧЕТ СВАРОЧНЫХ  
И РОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ . . . . . 180**

9.1.	Общая характеристика сварочных процессов . . . . .	180
9.2.	Виды сварных соединений . . . . .	186
9.3.	Технологические возможности и ограничения основных способов сварки . . . . .	189
	Контрольные вопросы . . . . .	214

<b>Глава 10. МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ЗА СЧЕТ ПАЙКИ</b> .....	216
10.1. Общая характеристика процесса пайки.....	216
10.2. Классификация способов пайки.....	221
10.3. Технологические требования и ограничения процесса пайки.....	221
Контрольные вопросы.....	223
<b>Глава 11. АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ</b> .....	224
11.1. Общая характеристика аддитивных технологий, терминология и классификация.....	224
11.2. Технологии Material Extrusion и Binder Jet.....	230
11.3. Технологии отверждения жидкостей (3D-печать).....	232
11.4. Технология Directed energy deposition.....	235
11.5. Технология Sheet Lamination.....	237
Контрольные вопросы.....	238
<b>Глоссарий</b> .....	239
<b>Литература</b> .....	249