


621.91

Р 58



А. І. Грабченко
М. В. Вerezуб
Ю. М. Внуков
П. П. Мельничук
Г. М. Виговський

РОБОЧІ ПРОЦЕСИ ВИСОКИХ ТЕХНОЛОГІЙ У МАШИНОБУДУВАННІ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
„ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**А. І. Грабченко, М. В. Везуб, Ю. М. Внуков,
П. П. Мельничук, Г. М. Виговський**

РОБОЧІ ПРОЦЕСИ ВИСОКИХ ТЕХНОЛОГІЙ У МАШИНОБУДУВАННІ

За редакцією д.т.н., проф. Грабченка А. І.

Підручник

*Затвержено Міністерством освіти
і науки, молоді та спорту України
як підручник для студентів технічних
спеціальностей вищих навчальних закладів*

Ж Д Т У
2011

УДК 621.19.41

Г75

Рецензенти: **О. Я. Мовшович**, д. техн. наук, професор, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, заступник директора ВАТ НВП «Оснастка»;

А. І. Долматов, д. техн. наук, професор, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, зав. кафедри технології авіаційного двигунобудування Національного аерокосмічного університету ім. М. С. Жуковського «ХАІ»;

І. Г. Грабар, д. техн. наук, професор, проректор з наукової роботи Житомирського національного агроекологічного університету.

Г75 Робочі процеси високих технологій у машинобудуванні: Підручник для студентів технічних спеціальностей вищих навчальних закладів (Лист Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України від 05.08.11 р. №1/11-7321).

/ А. І. Грабченко, М. В. Везуб, Ю. М. Внуков, П. П. Мельничук, Г. М. Виговський / ; за ред. А. І. Грабченка. – Житомир: ЖДГУ, 2011 – 507 с.

ISBN 978-966-683-307-8

В підручнику викладаються робочі процеси високих технологій у машинобудуванні. Розглядаються сучасні тенденції машинобудівного виробництва, створення наукоємких технологій, які забезпечують принципово новий рівень функціональних, естетичних та екологічних властивостей виробів машинобудування. Відображено світовий досвід і досягнення в галузі високих технологій у металообробці.

Для студентів технічних спеціальностей вищих навчальних закладів, а також аспірантів, наукових та технічних працівників машино- і приладобудівних підприємств та організацій

Іл. 252

Табл. 45

Бібліогр.: 34 назв.

УДК 621.19 41

ISBN 978-966-683-307-8

© А. І. Грабченко, 2011

© М. В. Везуб, 2011

© Ю. М. Внуков, 2011

© П. П. Мельничук, 2011

© Г. М. Виговський, 2011

ЗМІСТ

Передмова.....	3
Розділ 1. Основні тенденції розвитку машинобудування.....	7
1.1. Концепція комп'ютеризованого інтегрованого виробництва.....	9
1.2. Концепція «худого виробництва» – «Lean Production».....	14
1.3. Концепція СІМ другого покоління.....	21
1.4. Питання для самостійного контролю.....	22
Розділ 2. Високі технології та їх робочі процеси.....	23
2.1. Високі технології в машинобудуванні.....	23
2.2. Робочі процеси високих технологій.....	30
2.2.1. Цільові робочі процеси виготовлення і збирання.....	30
2.2.2. Класифікація робочих процесів за ступенями досяжної точності та функціональних властивостей.....	34
2.3. Приблизний порядок розробки робочих процесів ВТ.....	38
2.4. Питання для самостійного контролю.....	42
Розділ 3. Робочі процеси алмазного шліфування надтвердих матеріалів.....	43
3.1. Характеристика надтвердих матеріалів.....	44
3.2. Фізичні передумови ефективності процесу алмазного шліфування НТПМ.....	48
3.3. Основні закономірності руйнації НТПМ у процесі алмазного шліфування.....	52
3.4. Взаємозв'язок вихідних показників шліфування і параметрів робочої поверхні кругів.....	57
3.5. Структурно-топографічна пристосовуваність РПК та оптимізація процесу.....	67
3.6. Комплексне керування робочим рельєфом та профілем робочої поверхні круга.....	74
3.7. Закономірності алмазного шліфування НТПМ із керуванням РПК та універсальність його принципів.....	78
3.8. Перспективи розвитку процесу шліфування з комплексним керуванням РПК.....	84
3.9. Питання для самостійного контролю.....	87
Розділ 4. Різання алмазними лезовими інструментами.....	90
4.1. Характеристика алмазного лезового інструмента.....	90
4.2. Особливості контактних процесів.....	95
4.3. Стружкоутворення.....	99
4.4. Сили різання.....	102
4.5. Теплові явища.....	106
4.6. Знос і стійкість алмазних різців.....	109
4.7. Якість поверхні.....	116
4.8. Про вибір критерію зносу алмазних різців.....	120

4.9. Приклади конструкцій та геометрії різальної частини алмазних різців.....	121
4.9.1. Типи інструментальних вставок (різців).....	121
4.9.2. Загальний ряд алмазних різальних інструментів.....	123
4.9.3. Інструменти спеціального застосування.....	126
4.10. Перспективи розвитку та застосування.....	127
4.11. Питання для самостійного контролю.....	128
Розділ 5. Різання лезовим інструментом із надтвердих нітридів бору.....	130
5.1. Контактні процеси.....	130
5.2. Особливості стружкоутворення.....	133
5.3. Сили різання.....	135
5.4. Теплові явища.....	139
5.5. Зносостійкість інструмента.....	142
5.6. Якість поверхні.....	153
5.7. Різання при періодичних навантаженнях.....	159
5.8. Застосування інструмента з надтвердих нітридів бору.....	162
5.9. Питання для самостійного контролю.....	166
Розділ 6. Різання багатолезовими інструментами з надтвердих матеріалів.....	168
6.1. Загальна характеристика.....	168
6.2. Конструктивні рішення інструмента для чистового торцевого фрезерування плоских поверхонь.....	171
6.3. Силкові фактори при чистовому торцевому фрезеруванні плоских поверхонь.....	185
6.4. Геометричні фактори формування якісних показників плоских поверхонь.....	190
6.5. Якість обробки.....	196
6.6. Технологічне обладнання для чистового фрезерування.....	199
6.7. Перспективи розвитку процесів обробки багатолезовими інструментами з надтвердих матеріалів.....	203
6.8. Питання для самостійного контролю.....	205
Розділ 7. Прецизійне різання полімерів.....	206
7.1. Характеристика оптичних полімерів та виробів.....	206
7.2. Механіка різання полімерів.....	209
7.2.1. Вивчення мікромеханіки різання методом механоломінесценції.....	210
7.2.2. Контактні процеси та стружкоутворення.....	216
7.3. Теплові явища.....	219
7.4. Зносостійкість різального інструмента.....	224
7.5. Якість обробленої поверхні та експлуатаційні властивості оптичних полімерних виробів.....	226
7.5.1. Вплив умов обробки на шорсткість поверхні.....	227
7.5.2. Експлуатаційні властивості оптичних полімерних виробів.....	230
7.6. Оптимізація процесу.....	233
7.7. Питання для самостійного контролю.....	235

Розділ 8. Робочі процеси, які базуються на високошвидкісному різанні.....	236
8.1. Поняття про високошвидкісне різання.....	236
8.2. Фізичні особливості високошвидкісного різання.....	241
8.3. Знос інструмента.....	249
8.4. Застосування ЗОТС та сухе високошвидкісне різання.....	252
8.5. Характеристика вихідних показників.....	256
8.6. Питання для самостійного контролю.....	262

Розділ 9. Робочий процес вакуумоплазмового синтезу багатощарових покриттів.....	264
9.1. Іонне (катодне) розпилення.....	266
9.2. Іонно-термічне нанесення покриттів.....	270
9.3. Синтез покриттів із плазми електродугового розряду з гарячим катодом.....	271
9.4. Синтез покриттів із плазми електродугового розряду з холодним катодом.....	272
9.5. Синтез багатощарових іонно-плазмових покриттів в одновакуумному циклі.....	275
9.6. Основні відомості про конструкції електродугових джерел плазми.....	276
9.7. Іонно-плазмові технології синтезу покриттів різальних інструментів.....	279
9.8. Методи оцінки якості синтезованих покриттів.....	290
9.9. Працездатність різальних інструментів із покриттями.....	296
9.10. Питання для самостійного контролю.....	300

Розділ 10. Інтегрований робочий процес прискороного формоутворення виробу або його прототипу – Rapid Prototyping.....	301
10.1. Сутність способу.....	305
10.2. CAD-моделювання.....	309
10.3. Способи матеріалізації 3D CAD-моделей.....	310
10.3.1. Спосіб стереолітографії (SL).....	313
10.3.2. Спосіб вибіркового лазерного спікання (SLS).....	316
10.3.3. Спосіб виготовлення шаруватих об'єктів (LOM).....	317
10.3.4. Спосіб основного термічного виливу (SGC).....	318
10.3.5. Спосіб моделювання оплавленням (FDM).....	319
10.3.6. Спосіб трикоординатного (тримірною) друку (3D Printing або TDP).....	320
10.3.7. Спосіб багатофазного отвердіння струменя (MJS).....	321
10.3.8. Спосіб виготовлення моделей з використанням балістики (BPM).....	322
10.4. Приблизний склад центру RP.....	322
10.5. Практична реалізація інтегрованого способу прискороного формоутворення (RP).....	325
10.6. Питання для самостійного контролю.....	329

Розділ 11. Екологічно орієнтовані процеси обробки матеріалів	330
11.1. Основні напрямки зниження негативного впливу ЗОТС на нарколишне середовище.....	331
11.2. Застосування засобів ефективного знешкодження ЗОТС.....	333
11.3. Застосування модифікованих та альтернативних ЗОТС.....	335
11.4. Мінімізація подачі ЗОТС у зону різання.....	344
11.4.1. Сутність способу.....	344
11.4.2. Логістика надлишкової та мінімальної подачі ЗОТС.....	348
11.4.3. Пристрої та системи мінімізації подачі ЗОТС.....	351
11.5. Сухе різання.....	354
11.5.1. Вплив інструмента та виду обробки на потенціал сухого різання.....	355
11.5.2. Використання покриттів у процесах сухого різання.....	364
11.5.3. Тангенціальне точіння.....	371
11.6. Питання для самостійного контролю.....	386
Розділ 12. Характеристика засобів забезпечення робочих процесів високих технологій	388
12.1. Діагностичні системи технологічних процесів.....	388
12.2. Діагностика процесів лезової та абразивної обробки.....	392
12.3. Діагностичні системи контролю прецизійних процесів.....	400
12.4. Технологічне оснащення.....	408
12.5. Засоби контролю поверхонь і поверхневого шару.....	410
12.5.1. Метод гамма-променевої фотоелектронної спектроскопії.....	413
12.5.2. Метод електронної ОЖЕ-спектроскопії.....	415
12.5.3. Метод Раман- спектроскопії.....	415
12.5.4. Атомна силова мікроскопія (АСМ).....	416
12.5.5. Метод скануючої тунельної мікроскопії (СТМ).....	418
12.6. Практичні приклади оцінки поверхонь.....	419
12.7. Питання для самостійного контролю.....	422
Розділ 13. Наноматеріали, наноефекти, нанотехнології	423
13.1. Основні поняття і уявлення.....	423
13.2. Нанооб'єкти і наноефекти в природі.....	425
13.3. Хронологія розвитку нанонауки.....	426
13.4. Отримання наноматеріалів.....	427
13.5. Властивості наноматеріалів.....	435
13.6. Нанопроцеси при різанні матеріалів.....	444
13.7. Сучасна реалізація і перспективи застосування.....	446
13.8. Питання для самостійного контролю.....	451

Розділ 14. Технології «Віртуальної реальності»	452
14.1. Основні поняття і уявлення.....	452
14.2. Компоненти і об'єкти технологій віртуальної реальності.....	455
14.3. Візуалізація.....	456
14.4. Інтерфейс «людина-комп'ютер».....	457
14.5. Принципи технології «віртуальної реальності».....	458
14.6. Віртуальне середовище.....	459
14.7. Віртуальний завод.....	461
14.7.1. Віртуальна виробнича система.....	462
14.7.2. Цифрові моделі заводу.....	464
14.7.3. Інформаційні системи цифрових заводів.....	468
14.7.4. Етапи створення «віртуального заводу».....	471
14.8. Потенціал технологій «віртуальної реальності».....	472
14.9. Питання для самостійного контролю.....	473
Розділ 15. Парадигми виробництва майбутнього.	
Перспективи технологій та технічного інтелекту	475
15.1. Застосування технічного інтелекту в технології виготовлення.....	482
15.2. Роль «інтелектуальних» інструментів.....	484
15.3. Адаптивні верстати і верстати, що навчаються.....	487
15.4. Функції техніки для нанесення покриттів.....	489
15.5. Мініатюризація виробництва.....	493
15.6. Оптимізація в граничних областях точності і продуктивності.....	497
15.7. Моделювання та імітація технологічних процесів.....	498
15.8. Здатність виробничих систем для трансформації.....	500
15.9. Знання як основа оптимізації.....	501
15.10. Виявлення нових потенціалів зниження вартості.....	503
15.11. Питання для самостійного контролю.....	504
Список літератури	505

Анатолій Іванович ГРАБЧЕНКО
Микола Володимирович ВЕРЕЗУБ
Юрій Миколайович ВНУКОВ
Петро Петрович МЕЛЬНИЧУК
Георгій Миколайович ВИГОВСЬКИЙ

РОБОЧІ ПРОЦЕСИ ВИСОКИХ ТЕХНОЛОГІЙ
У МАШИНОБУДУВАННІ

За редакцією д.т.н., проф. А. І. Грабченка

Підручник

Редактор
Комп'ютерний набір та верстка
Макетування

С. А. Комашня
Н. С. Пекарєва
В. В. Кондратенко

Підписано до друку 26.08.2011 р. Папір офс. Формат 60×84 1/16.
Гарнітура «Таймс». Друк офс. Ум. друк. арк. 29,47. Наклад 300 пр. Зам № 32.

Підручник видано редакційно-видавничим відділом
Житомирського державного технологічного університету
вул. Черняхівського, 103, м. Житомир, 10005