

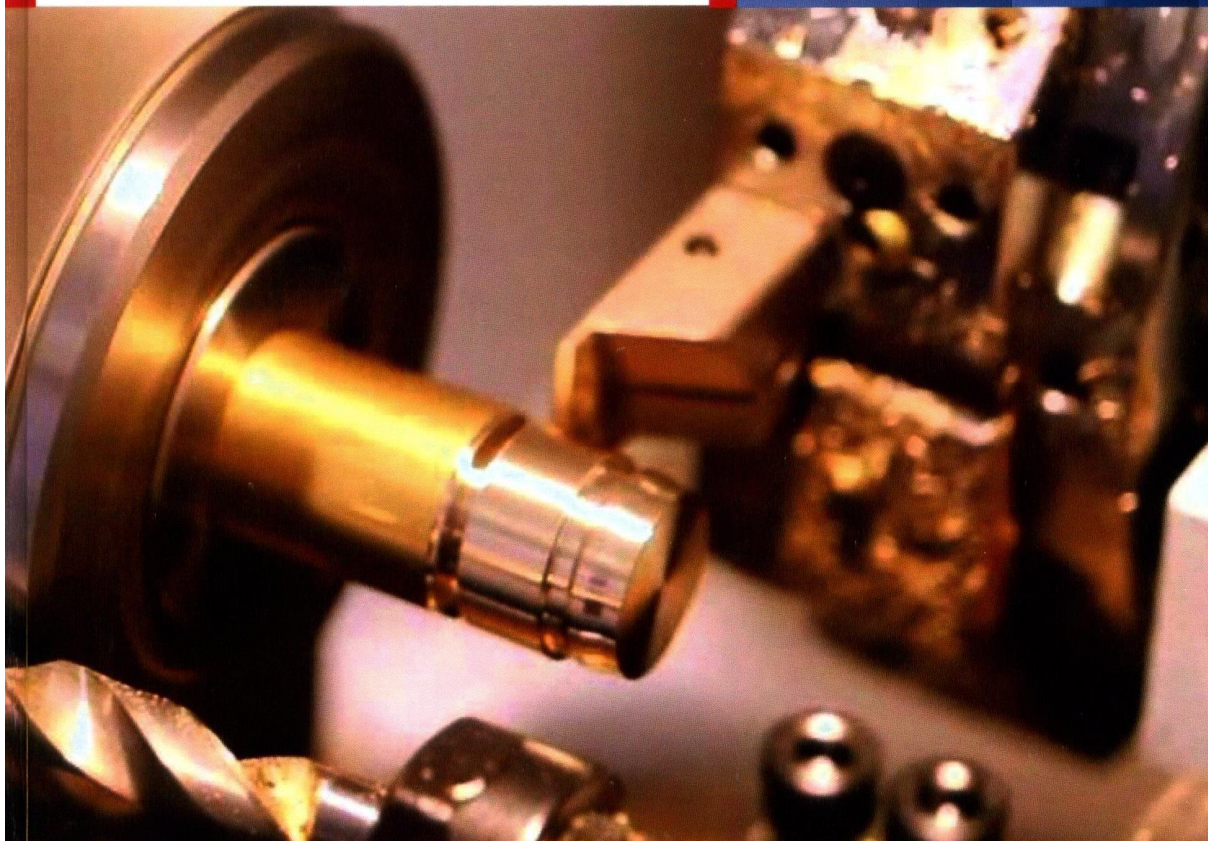
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ



Новіков Ф. В.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ МЕТАЛООБРОБКИ

монографія



УДК 621.923:519.86

ББК 34.5

H73

Рецензенти: докт. техн. наук, професор кафедри технології машинобудування та металорізальних верстатів Національного технічного університету "ХПІ" *Сизий Ю. А.*; докт. техн. наук, професор, проректор з навчально-методичної роботи Харківського інституту бізнесу і менеджменту *Свідерський В. П.*; канд. техн. наук, ведучий інженер Державного підприємства "Харківський машинобудівний завод "ФЕД" *Рябенков І. О.*

Рекомендовано до видання рішенням вченої ради Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця.

Протокол № 9 від 22.04.2014 р.

Новіков Ф. В.

H73 Математичне моделювання та оптимізація процесів металообробки : монографія / Ф. В. Новіков. – Х. : Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2014. – 384 с. (Укр. мов.)

Розглянуто питання аналітичного опису основних технологічних параметрів металообробки. Розроблено математичні моделі механіки й теплофізики абразивної та лезової обробки. Проведено оптимізацію структури та параметрів операцій шліфування й доведення високоточних деталей, виготовлених із важкооброблюваних матеріалів. Сформульовано умови підвищення якості та продуктивності обробки й зниження собівартості машинобудівної продукції. Обґрунтовано практичні рекомендації щодо ефективного застосування високошвидкісної обробки.

Рекомендовано для студентів інженерних та економічних спеціальностей вищих навчальних закладів, а також для фахівців і керівників підприємств, які підвищують свою кваліфікацію.

ISBN 978-966-676-551-5

УДК 621.923:519.86

ББК 34.5



© Новіков Ф. В., 2014

Зміст

Вступ.....	3
Розділ 1. Математичне моделювання механіки процесів різання й шліфування матеріалів.....	9
1.1. Аналітичне визначення параметрів силової напруженості процесу різання й оцінювання міцності різального інструмента	9
1.2. Аналіз параметрів силової напруженості процесу різання ...	20
1.3. Визначення пружних переміщень, що виникають у технологічній системі	26
1.4. Обґрунтування оптимального автоматизованого циклу круглого шліфування	36
1.5. Закономірності формування похибок обробки у процесі зубошліфування за методом профільного копіювання.....	42
1.6. Умови підвищення точності й продуктивності механічної обробки отворів мірними лезовими інструментами	51
1.7. Умови зменшення похибок обробки у процесі розточування отворів.....	55
Висновки до розділу 1	59
Розділ 2. Оптимізація структури й параметрів операції круглого врізного шліфування.....	62
2.1. Оптимізація структури й параметрів операції круглого врізного шліфування з дискретно змінюваною в часі швидкістю радіальної подачі	62
2.1.1. Оптимізація структури й параметрів операції круглого врізного шліфування у два переходи.....	62
2.1.2. Оптимізація структури й параметрів операції круглого врізного шліфування в три й більше переходів.....	69
2.1.3. Розрахунок величин припусків і виникаючих у технологічній системі пружних переміщень на кожному переході.....	82
2.1.4. Загальне рішення завдання оптимізації структури й параметрів операції круглого врізного шліфування зі значною кількістю переходів	84
2.2. Оптимізація структури й параметрів операції круглого врізного шліфування з безупинно змінюваною в часі швидкістю радіальної подачі	94

2.2.1. Аналітичний опис параметрів операції круглого врізного шліфування з безупинно змінюваною в часі швидкістю радіальної подачі.....	94
2.2.2. Кількісна оцінка основного часу обробки під час круглого врізного шліфування, що включає переходи чорнового шліфування й виходжування.....	100
2.2.3. Розробка методики визначення оптимальних параметрів операції круглого врізного шліфування східчастих валів редукторів шахтних конвеєрів.....	102
2.2.4. Експериментальна оцінка отриманих теоретичних результатів.....	104
Висновки до розділу 2.....	107
Розділ 3. Дослідження умов зменшення основного часу обробки на операціях круглого врізного й поздовжнього шліфування.....	111
3.1. Визначення основного часу обробки на операції круглого врізного шліфування з дискретно змінюваною в часі швидкістю радіальної подачі й постійним контактом круга з оброблюваною деталлю.....	111
3.2. Оптимізація структури й параметрів операції круглого поздовжнього шліфування.....	120
3.3. Порівняння основного часу обробки у ході круглого зовнішнього врізного й поздовжнього шліфування.....	132
3.4. Експериментальні дослідження основного часу обробки на операціях круглого зовнішнього шліфування.....	136
Висновки до розділу 3.....	139
Розділ 4. Оптимізація структури й параметрів операцій плоского шліфування й доведення деталей типу "кільце".....	141
4.1. Практичне значення проблеми прецизійної обробки торцевих поверхонь ущільнювальних кілець із композиційного матеріалу на основі реліту.....	141
4.2. Аналітична модель продуктивності обробки під час шліфування.....	143
4.3. Аналітична модель формування шорсткості плоских поверхонь під час алмазно-абразивної обробки.....	148

4.4. Розрахунок і аналіз шорсткості поверхні під час алмазного шліфування	162
4.5. Розрахунок шорсткості обробки під час шліфування торцевої поверхні кільця торцем круга	170
4.6. Розрахунок шорсткості обробки торцевої поверхні кільця під час шліфування периферією круга	175
4.7. Розрахунок оптимальних умов шліфування з урахуванням обмежень за шорсткістю й неплощинністю (точністю) обробки торцевої поверхні кільця.....	178
4.8. Аналітична модель сили різання під час шліфування	184
Висновки до розділу 4.....	195
Розділ 5. Визначення оптимальних умов алмазно-абразивної обробки торцевих поверхонь ущільнювальних кілець із композиційного матеріалу на основі реліту	197
5.1. Дослідження плоского алмазного електроерозійного шліфування	197
5.1.1. Дослідження процесу електроерозійного виправлення габаритних алмазних кругів на металевих зв'язках	197
5.1.2. Дослідження продуктивності обробки й зносостійкості алмазних кругів під час плоского електроерозійного шліфування кілець релітових ущільнень	199
5.1.3. Дослідження собівартості обробки під час шліфування кілець релітових торцевих ущільнень	203
5.2. Експериментальні дослідження шліфування торцевої поверхні кільця торцем алмазного круга	209
5.2.1. Дослідження процесу електроерозійного виправлення алмазного круга.....	209
5.2.2. Дослідження продуктивності обробки й зносостійкості алмазного торцевого круга під час шліфування.....	215
5.2.3. Дослідження якості обробки під час торцевого алмазного шліфування	219
5.2.4. Умови утворення задирок під час алмазного шліфування кілець із композиції "твердий сплав "Реліт" – нержавіюча сталь"	222
5.2.5. Умови ефективного застосування габаритних алмазних торцевих кругів	230
5.3. Експериментальні дослідження доведення торцевої поверхні ущільнювальних кілець алмазним порошком	232

5.3.1. Розробка ефективної технології доведення алмазним порошком торцевих поверхонь кілець на спеціальному верстаті	232
5.3.2. Енергетичний підхід до оцінювання шорсткості поверхні у ході алмазно-абразивної обробки.....	235
5.4. Розробка промислової технології алмазно-абразивної обробки кілець релітових торцевих ущільнень і ефективність її застосування	239
5.4.1. Обґрунтування послідовності виконання операцій алмазно-абразивної обробки	239
5.4.2. Технічне забезпечення промислової технології алмазно-абразивної обробки кілець релітових торцевих ущільнень	241
5.4.3. Економічна ефективність застосування технології алмазно-абразивної обробки кілець релітових торцевих ущільнень ...	243
5.4.4. Загальна характеристика розробленої промислової технології алмазно-абразивної обробки кілець релітових торцевих ущільнень	246
Висновки до розділу 5.....	249
Розділ 6. Математичне моделювання теплових процесів під час механічної обробки.....	251
6.1. Визначення теплового балансу й температури різання, що виникає на передній поверхні різального інструмента в результаті його тертя зі стружкою	251
6.1.1. Розрахунок теплового балансу й температури різання для нульового переднього кута інструмента	251
6.1.2. Уточнений розрахунок температури різання для позитивного переднього кута інструмента.....	265
6.2. Визначення теплового балансу й температури різання, що виникає на задній поверхні різального інструмента, у результаті його тертя з оброблюваним матеріалом	268
6.3. Визначення температури різання, яка виникає в умовній площині зсуву оброблюваного матеріалу.....	276
6.4. Визначення сумарної температури різання й умов її зменшення.....	284
6.5. Порівняння отриманих рішень із відомими теоретичними рішеннями	288
Висновки до розділу 6.....	293

Розділ 7. Визначення оптимальних умов механічної обробки за критерієм найменшої технологічної собівартості	295
7.1. Розробка математичної моделі визначення собівартості обробки.....	295
7.2. Оцінка впливу стійкості різального інструмента на собівартість обробки.....	298
7.3. Оптимізація параметрів механічної обробки за критерієм найменшої собівартості обробки.....	303
7.4. Кількісна оцінка мінімуму собівартості та умов обробки, які його реалізують.....	316
7.5. Визначення оптимальної кількості споживаних інструментів.....	322
7.6. Визначення оптимальних параметрів механічної обробки за критерієм найменшої собівартості обробки.....	325
7.7. Визначення собівартості під час обробки партії деталей одним інструментом.....	330
7.8. Експериментальна оцінка отриманих теоретичних рішень.....	333
7.9. Оцінка економічної ефективності застосування збірних твердосплавних інструментів зі зносостійкими покриттями	340
Висновки до розділу 7	345
Розділ 8. Розробка ефективних технологій високошвидкісної обробки.....	349
8.1. Розробка методики вибору раціональних параметрів механічної обробки	349
8.2. Підвищення ефективності механічної обробки деталей гідравлічних систем	352
8.3. Підвищення ефективності механічної обробки складнопрофільних робочих поверхонь сектора прес-форми для шини діаметром 2 200 мм.....	359
Висновки до розділу 8.....	363
Висновки.....	364
Використана література.....	369