



М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, В.Л. Доброскок,
В.О. Залога, Ю.К. Новосьолов, Ф.Я. Якубов

Основи теорії різання матеріалів



Підручник



УДК 621.91(075.8)

ББК 34.63-1я73

М 75

Затверджено Міністерством освіти і науки України як підручник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямками підготовки «Інженерна механіка» та «Машинобудування» (лист № 1/11-4006 від 10.06.2009)

Рецензенти: доктор технічних наук, професор, заступник директора з наукової роботи ІНМ ім. В.М.Бакуля НАН України, лауреат Державної премії України С.А.Клименко
доктор технічних наук, професор, директор Інституту промислових технологій, дизайну та менеджменту Одеського національного політехнічного університету В.М.Тонконогий

Рекомендовано до друку Вченими радами Запорізького національного технічного університету (протокол №3 від 10.11.2008 року) та Хмельницького національного університету (протокол №5 від 19.11.2008 року)

М 75 Мазур М.П. та інш.

Мазур М.П. Основи теорії різання матеріалів : підручник [для вищ. навч. закладів] / М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, В.Л. Доброскок, В.О. Залога, Ю.К. Новосьолов, Ф.Я. Якубов ; під заг. ред. М.П. Мазура. – Львів : Новий Світ–2000, 2010. – 422 с.

В підручнику висвітлені основні процеси, що мають місце при обробці різанням різних матеріалів, як то: кінематика процесів обробки, геометричні параметри лез інструментів та зрізаного шару, стружкоутворення, контактні явища на поверхнях інструменту, теплові процеси, зношування інструментів, формування обробленої поверхні заданої якості. Подані рекомендації щодо раціональної експлуатації інструментів та призначення оптимальних режимів різання. Викладені питання про особливості різання на сучасному автоматизованому устаткуванні, оброблюваності матеріалів та способів її покращення, в тому числі: вібраційне різання, різання з підігрівом, тощо. Розглянуті особливості надшвидкісної обробки матеріалів.

Для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямками підготовки «Інженерна механіка» та «Машинобудування», а також спеціалістів, магістрів, аспірантів машинобудівних спеціальностей та інженерно-технічних працівників машинобудівних підприємств.

© Мазур М.П., Внуков Ю.М., Доброскок В.Л., Залога В.О.,
Новосьолов Ю.К., Якубов Ф.Я., 2010.
© ХНУ, оригінал-макет, 2009, © ЗНТУ, оригінал макет, 2009
© «Новий Світ – 2000», 2010.

ISBN 978-966-418-105-8

ЗМІСТ

1. ВСТУП	3
1.1. Місце і значення обробки різанням серед інших методів формування поверхонь деталей.....	3
1.2. Історія розвитку науки про різання металів.....	5
2. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ, ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕОРІЇ РІЗАННЯ МАТЕРІАЛІВ	9
2.1. Класифікація основних способів і видів обробки поверхонь різанням.....	9
2.2. Елементи конструкції і геометричні параметри різальної частини інструмента (на прикладі токарного різця).....	15
2.2.1. Інструментальні геометричні параметри леза різця (кути загострення).....	17
2.2.2. Статичні кути різальної частини різця.....	19
2.2.3. Кінематичні (робочі) кути різальної частини інструмента.....	23
2.2.4. Особливості вибору геометричних параметрів різального леза токарних різців.....	24
2.3. Елементи режиму різання і розміри зрізаного шару при поздовжнім точінні.....	28
2.4. Кінематика процесу, елементи конструкції, геометричні параметри гвинтового свердла й розміри зрізаного шару при свердлінні.....	30
2.5. Кінематика процесу, елементи конструкції, геометричні параметри інструментів й розміри зрізаного шару при фрезеруванні.....	36
2.5.1. Схеми різання і параметри зрізаного шару при фрезеруванні циліндричними фрезами.....	39
2.5.2. Схеми різання і параметри зрізаного шару при фрезеруванні торцевими фрезами.....	42
2.6. Елементи конструкції і геометричні параметри протяжки. Кінематика процесу та розміри зрізаного шару при протягуванні.....	44
2.7. Кінематика процесу, елементи конструкції і геометричні параметри різальної частини мітчика. Розміри зрізаного шару при нарізанні різьби мітчиком.....	50
Список літератури до розділу 2.....	56
3. ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ	57
3.1. Вимоги, що висуваються до інструментальних матеріалів.....	57
3.2. Інструментальні сталі.....	59
3.2.1. Вуглецеві і леговані інструментальні сталі.....	59
3.2.2. Швидкорізальні сталі	59
3.3. Тверді сплави.....	62
3.3.1. Вольфрамо-кобальтові сплави (ВК).....	63
3.3.2. Титано-вольфрамо-кобальтові сплави (ТК).....	64
3.3.3. Титано-тантало-вольфрамо-кобальтові сплави (ТТК).....	65
3.3.4. Безвольфрамові (титанові) тверді сплави (БВТС).....	66
3.3.5. Короткі рекомендації з вибору твердих сплавів.....	66
3.3.6. Міжнародна класифікація сучасних інструментальних матеріалів за стандартом ISO і визначення умов ефективного використання твердих сплавів.....	67
	417

3.4. Різальна кераміка.....	71
3.5. Надтверді матеріали інструментального призначення.....	73
3.5.1. Особливості одержання інструментальних матеріалів на основі алмаза і кубічного нітриду бору.....	73
3.5.2. Основні властивості та області застосування полікристалів синтетичного алмазу (ПКА).....	76
3.5.3. Основні властивості та області застосування ПНТМ на основі щільних модифікацій нітриду бору BN.....	77
3.6. Інструментальні матеріали зі зносостійкими покриттями.....	78
Список літератури до розділу 3.....	82
4. ОСНОВИ ФІЗИКИ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ	84
4.1. Деякі відомості про пластичну деформацію металів.....	84
4.2. Способи вивчення процесу утворення стружки і зони деформації.....	89
4.3. Типи стружок при різанні пластичних і крихких матеріалів.....	91
4.4. Процес утворення зливної стружки при прямокутному вільному різанні	95
4.5. Схема утворення зливної стружки з єдиною площиною зсуву. Визначення степеню деформації стружки.....	99
4.6. Особливості косокутного і невіЛЬНОГО різання.....	106
4.7. Схема утворення елементної стружки.....	109
4.8. Особливості стружкоутворення при нано-обробці.....	110
4.9. Методи моделювання процесів деформації при різанні пластичних матеріалів.....	112
4.10. Трібологія процесу різання матеріалів.....	116
4.11. Наростоутворення при різанні матеріалів.....	125
4.12. Контактні явища на задній поверхні інструмента.....	129
4.13. Взаємозв'язок явищ у процесі стружко утворення.....	136
Список літератури до розділу 4.....	141
5. СТАТИКА І ДИНАМІКА ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ	145
5.1. Сила і потужність при різанні.....	145
5.1.1. Система сил при різанні.....	145
5.1.2. Розвиток теоретичних методів розрахунку сил різання.....	149
5.1.3. Експериментальні прилади і методи вимірювання складових сил різання і побудова емпіричних формул для їх визначення.....	160
5.1.4. Закономірності впливу умов різання на силу і потужність при різанні.....	164
5.2. Коливання при різанні (динаміка різання).....	185
5.2.1. Вимушені коливання.....	185
5.2.2. Автоколивання при різанні.....	186
5.2.3. Вплив умов різання на інтенсивність автоколивань.....	190
5.2.4. Вплив коливань при різанні на стійкість інструментів і якість обробленої поверхні.....	191
5.2.5. Способи гасіння автоколивань.....	193
Список літератури до розділу 5.....	195
6. ТЕПЛОВІ ЯВИЩА У ПРОЦЕСІ РІЗАННЯ	197
6.1. Баланс теплоти при різанні металів.....	197
6.2. Експериментальні методи дослідження теплових процесів при різанні	199
6.3. Аналітичні методи розрахунку температурних полів у системі різання..	207

6.3.1. Аналітичний метод розв'язання задачі теплопровідності у ріжучому лезі.....	207
6.3.2. Метод джерел теплоти.....	208
6.4. Методи числового моделювання теплових явищ	218
6.5/ Середня температура різання і вплив на неї основних факторів процесу обробки	225
6.5.1. Залежність температури різання від умов обробки.....	226
6.5.2. Оптимальна температура різання.....	229
Список літератури до розділу 6.....	233
7. РУЙНУВАННЯ І ЗНОШУВАННЯ РІЖУЧОЇ ЧАСТИНИ ІНСТРУМЕНТІВ. СТІЙКІСТЬ ІНСТРУМЕНТІВ	236
7.1. Працездатність інструментів.....	236
7.2. Міцність ріжучої частини інструмента.....	236
7.2.1. Крихке руйнування леза.....	237
7.2.2. Пластичне руйнування ріжучого леза.....	241
7.3. Зношування ріжучої частини інструмента.....	243
7.3.1. Зовнішній прояв зношування ріжучої частини інструмента.....	244
7.3.2. Фізична природа зношування різального інструменту.....	248
7.3.3. Критерії зношування різальних інструментів.....	255
7.3.4. Рекомендації із призначення максимально допустимого зношування інструментів.....	258
7.4. Стійкість інструмента і швидкість різання, що допускається його ріжучими властивостями	261
7.4.1. Основні поняття про стійкість інструмента. Методи одержання стійкісних залежностей.....	261
7.4.2. Вплив умов обробки на період стійкості інструмента.....	265
7.5/ Діагностика стану різального леза інструмента.....	271
Список літератури до розділу 7.....	278
8. ФОРМУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛІ У РЕЗУЛЬТАТІ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ	281
8.1. Поняття якості поверхні, обробленої різанням. Геометричні показники якості	281
8.2. Природа утворення шорсткості обробленої поверхні.....	283
8.2.1. Вплив параметрів процесу різання на шорсткість обробленої поверхні.....	286
8.3. Механізми формування фізико-механічних властивостей поверхневого шару.....	287
8.3.1. Зміцнення поверхневого шару.....	288
8.3.2. Формування залишкових напружень.....	289
8.3.3. Структурно-фазові зміни у матеріалі виробу	291
8.4. Вплив основних показників якості на експлуатаційні властивості деталей.....	292
8.4.1. Вплив шорсткості.....	292
8.4.2. Вплив зміцнення (мікротвердості) поверхневого шару.....	293
8.4.3. Вплив залишкових напружень.....	293
8.4.4. Вплив структури поверхневого шару.....	294
Список літератури до розділу 8.....	295

9. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ПРО СИСТЕМУ РІЗАННЯ ТА ЇЇ СКЛАДОВІ.....	296
9.1. Поняття про систему різання.....	296
9.2. Робочий процес, як фізико-хімічна взаємодія елементів процесу різання.....	300
Список літератури до розділу 9.....	301
10. ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ.....	302
10.1. Основні правила вибору послідовності визначення елементів режимів різання.....	302
10.2. Загальні методичні вказівки для розрахунку режимів різання при точінні, свердлінні, фрезеруванні.....	303
10.2.1. Вихідні дані.....	303
10.2.2. Вибір устаткування.....	303
10.2.3. Вибір різального інструменту.....	304
10.2.4. Призначення глибини різання.....	304
10.2.5. Розрахунок (вибір) періоду стійкості інструмента.....	305
10.2.6. Критерії оптимізації при визначенні режимів різання і призначенні стійкості різального інструменту.....	305
10.2.7. Аналітичний спосіб розрахунку режиму різання.....	306
10.2.8. Табличний спосіб розрахунку режимів різання.....	309
10.2.9. Розрахунок режимів різання за допомогою теоретичних прогнозуючих моделей.....	311
10.3. Розрахунок режимів різання для багатоінструментної обробки на автоматизованому обладнанні.....	311
10.4. Особливості розрахунку режимів різання при обробці на верстатах із ЧПК.....	313
Список літератури до розділу 10.....	316
11. ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ.....	318
11.1. Постановка задачі оптимізації.....	318
11.2. Види критеріїв оптимізації параметрів процесу різання.....	318
11.3. Приклади використання економічних критеріїв для оптимізації режиму різання.....	321
11.3.1. Оптимізація режиму різання тільки по швидкості різання.....	321
11.3.1.1. Визначення швидкості різання і періоду стійкості, якщо зв'язок між ними монотонний і може бути описаний степенною функцією.....	321
11.3.1.2. Визначення швидкості різання і періоду стійкості, якщо зв'язок між ними немонотонний.....	326
11.3.2. Оптимізація режиму різання по подачі і швидкості різання.....	326
11.3.2.1. Визначення подачі і швидкості різання, якщо зв'язок між ними і періодом стійкості монотонний і може бути описаний степенною функцією.....	326
11.3.2.2. Визначення подачі і швидкості різання, якщо зв'язок між швидкістю різання і періодом стійкості немонотонний.....	327
11.4. Використання технологічних критеріїв для оптимізації процесу різання.....	330
11.5. Особливості оптимізації процесу різання при наявності технологічних обмежень.....	331
Список літератури до розділу 11.....	332

12. МАСТИЛЬНО-ОХОЛОДЖУВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ СЕРЕДОВИЩА ПРИ ОБРОБЦІ РІЗАННЯМ	333
12.1. Мастильна дія МОТС.....	333
12.2. Охолоджувальна дія МОТС.....	337
12.3. Зміцнююча дія МОТС.....	340
12.4. Руйнуюча (розклинююча) дія МОТС.....	342
12.5. Миюча дія МОТС.....	343
12.6. Захисна дія МОТС.....	344
12.7. Застосування газових середовищ у якості МОТС.....	344
12.8. Застосування металевих розплавів і суспензій порошків у якості МОТС.....	347
12.9. Тверді і пластичні мастильні матеріали.....	348
12.10. Способи подачі технологічних середовищ у зону різання.....	349
12.11. Принципи вибору оптимальних технологічних засобів, їх асортимент і області застосування.....	355
Список літератури до розділу 12.....	358
13. ПРОЦЕСИ АБРАЗИВНОЇ ОБРОБКИ	360
13.1. Абразивні матеріали та інструменти.....	360
13.1.1. Абразивні матеріали.....	360
13.1.2. Порошки з синтетичних алмазів і кубічного нітриду бору.....	363
13.1.3. Абразивні інструменти.....	364
13.2 Види шліфування. Елементи режиму різання при шліфуванні.....	366
13.2.1. Зовнішнє кругле шліфування.....	366
13.2.2. Внутрішнє кругле шліфування.....	367
13.2.3. Плоске шліфування.....	368
13.2.4. Безцентрове шліфування.....	369
13.3. Особливості абразивного оброблення матеріалів.....	369
13.4. Основи будови абразивних інструментів.....	370
13.4.1. Розподіл розмірів абразивних зерен.....	371
13.4.2. Кількість зерен в одиниці об'єму абразивного інструменту.....	374
13.4.3. Кількість зерен на одиниці площі робочої поверхні абразивного інструменту.....	375
13.4.4. Розподіл вершин зерен на робочій поверхні.....	375
13.4.5. Кількість зерен на одиниці довжини робочої поверхні.....	378
13.5 Закономірності процесу різання одиничним зерном.....	378
13.5.1. Дуга контакту шліфувального зерна із заготовкою.....	379
13.5.2. Миттєві параметри зрізаного шару при шліфуванні.....	380
13.5.3. Параметри шару, що зрізується одним абразивним зерном.....	381
13.6. Сили різання і потужність при шліфуванні.....	382
13.7. Теплові явища при абразивній обробці і методи керування ними.....	382
13.7.1. Особливості теплових явищ при шліфуванні.....	382
13.7.2. Основні шляхи регулювання теплових процесів.....	383
13.8. Особливості процесу алмазного шліфування.....	384
13.9. Зношування абразивних інструментів і методи відновлення їх ріжучих властивостей.....	385
13.9.1. Особливості зносу абразивних зерен.....	385
13.9.2. Особливості відновлення ріжучої здатності шліфувальних кругів.....	386
13.9.3. Правка шліфувальних кругів.....	386