

П.Г.МАТЮХА

ТЕОРІЯ РІЗАННЯ

Донецьк

Міністерство освіти і науки України
Донецький національний технічний університет

П.Г.МАТЮХА

ТЕОРІЯ РІЗАННЯ

(Навчальний посібник)

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей
вищих навчальних закладів

Донецьк-2005

УДК 621.96

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів (гриф № 14/18.2-1506 від 30.06.2005 р.)

Матюха П.Г. Теорія різання. Навчальний посібник. – Донецьк: ДонНТУ, 2005. – 258 с.

ISBN

В навчальному посібнику викладені відомості з геометричних параметрів робочої частини інструментів з урахуванням вимог нових державних стандартів України, параметрів зрізу, використання сучасних інструментальних матеріалів. Розглядається комплекс фізичних явищ, що утворюють систему різання – стружкоутворення, виникнення нових поверхонь, зношування інструменту. Виконується аналіз впливу умов оброблення на сили, теплові явища та зношування інструменту при різанні. Розглянуті схеми оброблення при точінні, свердлінні, фрезеруванні та шліфуванні, а також наведені основи розрахунку оптимальних режимів різання та підвищення ефективності функціонування системи різання.

Рецензенти:

Ю.М.Внуков – проректор з наукової роботи Запорізького національного технічного університету, докт. техн. наук, проф.

Г.П.Клименко – професор кафедри “Металорізальні верстати та інструменти” Донбаської державної машинобудівної академії, докт. техн. наук, проф.

ISBN

Матюха П.Г., 2005
Донецький національний технічний університет, 2005

ЗМІСТ

стор.

ПЕРЕДМОВА.....	8
ВСТУП.....	10
Місце процесів оброблення в промисловому виробництві.....	10
Основні етапи розвитку науки про різання металів.....	12
1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ, ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕОРІЇ РІЗАННЯ МАТЕРІАЛІВ.....	14
1.1 Характерні поверхні на заготовці і різальній частині інструменту.....	14
1.2 Геометричні елементи різця і зрізуваного шару.....	18
1.2.1 Існуючі системи координат.....	18
1.2.2 Геометрія робочої частини інструменту в статиці.....	19
1.2.3 Геометрія робочої частини різця під час оброблення.....	21
1.2.4 Геометрія зрізу при точінні.....	23
1.3 Основні поняття про систему різання.....	25
2 ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ.....	27
2.1 Вимоги, які ставляться до інструментальних матеріалів.....	27
2.2 Вуглецеві та низьколеговані інструментальні сталі.....	28
2.2.1 Вуглецеві інструментальні сталі.....	28
2.2.2 Низьколеговані інструментальні сталі.....	29
2.3 Швидкорізальні сталі.....	30
2.3.1 Шляхи підвищення технологічних характеристик швидкорізальних сталей.....	30
2.3.2 Швидкорізальні сталі звичайної продуктивності.....	31
2.3.3 Швидкорізальні сталі підвищеної продуктивності.....	32
2.3.4 Порошкові швидкорізальні сталі.....	33
2.3.5 Карбідосталі.....	35
2.3.6 Безвольфрамкові швидкорізальні сталі.....	35
2.4 Дисперсійно-твердіючі сплави.....	36
2.5 Тверді сплави.....	37
2.5.1 Загальна характеристика твердих сплавів.....	37
2.5.2 Однокарбідні тверді сплави.....	39
2.5.3 Двокарбідні тверді сплави.....	40
2.5.4 Трикарбідні тверді сплави.....	40
2.5.5 Міжнародна класифікація твердих сплавів.....	40
2.5.6 Безвольфрамкові тверді сплави.....	41
2.6 Інструментальна різальна кераміка.....	43
2.7 Синтетичні надтверді матеріали – композити.....	45
2.8 Підвищення стійкості різальних інструментів.....	50
3 ФІЗИЧНІ ОСНОВИ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ.....	52
3.1 Загальні уявлення про пружно-пластичні деформації та руйнування твердих тіл.....	52
3.1.1 Основні різновиди деформованого стану.....	52

3.1.2	Дислокаційна теорія пластичної деформації.....	53
3.1.3	Експериментальні методи вивчення процесу утворення стружки і зони деформування	55
3.1.4	Типи стружок, що утворюються при різанні пластичних і крихких матеріалів	56
3.1.5	Процес утворення зливної стружки в умовах вільного прямокутного різання.....	57
3.2	Механіка утворення зливної стружки при одній умовній площині зсуву.....	59
3.3	Міра зсуву при різанні. Текстура стружки.....	61
3.3.1	Відносний зсув. Укорочення стружки.....	61
3.3.2	Текстура стружки.....	63
3.4	Основні рівняння кінематики стружкоутворення	65
3.5	Опір металів пластичному деформуванню в умовах різання.....	66
3.6	Контактні процеси на передній поверхні інструменту	68
3.7	Утворення наросту.....	71
3.8	Процес утворення елементної стружки	74
4	ДИНАМІКА ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ.....	77
4.1	Сила стружкоутворення на передній поверхні леза інструменту в умовах вільного прямокутного різання.....	77
4.2	Складові сили різання, які діють на різець в умовах вільного різання.....	78
4.3	Складові сили різання, які діють на різець в умовах невідомого різання.....	79
4.4	Вплив складових сили різання P_z , P_y , P_x на інструмент, заготовку та верстат	81
4.5	Вплив факторів на складові сили різання.....	84
4.6	Коливання в процесі різання.....	88
4.6.1	Причини виникнення коливань.....	88
4.6.2	Динамічна характеристика різання.....	92
5	ТЕПЛОВІ ЯВИЩА ПРИ РІЗАННІ	96
5.1	Робота різання та її складові.....	96
5.2	Джерела утворення тепла при різанні. Баланс тепла.....	99
5.2.1	Експериментальні методи досліджень.....	100
5.2.2	Теоретичні методи дослідження теплових явищ.....	101
5.2.3	Розподіл тепла при точінні і температурне поле різця.....	102
5.2.4	Вплив різних факторів на температуру в зоні різання при точінні.....	104
6	ЗНОШУВАННЯ І РУЙНУВАННЯ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ. СТІЙКІСТЬ ІНСТРУМЕНТУ.....	109
6.1	Зношування різального інструменту.....	109
6.1.1	Зношування, як руйнування контактних площадок робочої частини інструменту. Види зношування.....	109
6.1.2	Зовнішня картина зношування інструменту.....	110

6.1.3	Методи вимірювання величини зношування. Крива зносу різців.....	111
6.1.4	Вплив на зношування умов різання.....	112
6.1.5	Критерії зносу інструмента.....	114
6.2	Руйнування та надійність інструменту.....	117
6.2.1	Руйнування робочої частини інструмента.....	117
6.2.2	Надійність інструменту.....	118
6.3	Стійкість різального інструмента.....	119
6.3.1	Стійкість. Залежність між швидкістю різання і стійкістю.....	119
6.3.2	Вплив різних факторів на період стійкості та швидкість різання, яку дозволяє різець. Формула для визначення швидкості різання .	122
6.4	Економічна стійкість, стійкість максимальної продуктивності.....	129
6.4.1	Штучний і машинний час при точінні.....	129
6.4.2	Стійкість максимальної продуктивності і економічна стійкість.....	131
7	ФОРМУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛІ В ПРОЦЕСІ РІЗАННЯ.....	135
7.1	Якість поверхні при обробленні різанням.....	135
7.2	Залишкові напруження.....	138
7.3	Вплив якості обробленої поверхні на експлуатаційні характеристики виготовлених деталей.....	139
7.3.1	Якість поверхні при обробленні різанням.....	124
7.3.2	Залишкові напруження	128
8	ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК І ВЗАЄМОБУМОВЛЕНІСТЬ ОСНОВНИХ ЯВИЩ ПРОЦЕСУ ЛЕЗОВОГО ОБРОБЛЕННЯ РІЗАННЯМ.....	140
8.1	Складність явищ процесу різання.....	140
8.2	Різання як процес взаємодії елементів технологічної системи зі складними імовірнісними діями.....	144
9	МЕТОДИКИ ПРИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ЛЕЗОВИМ ІНСТРУМЕНТОМ.....	147
9.1	Загальні поняття про режим різання.....	147
9.2	Методика аналітичного розрахунку режимів різання.....	150
9.2.1	Вхідні дані при розрахунку режимів різання.....	150
9.2.2	Призначення глибини різання.....	150
9.2.3	Вибір інструмента.....	150
9.2.4	Вибір величини подачі.....	151
9.2.5	Вибір швидкості різання.....	153
9.2.6	Вибір частоти обертання шпинделя.....	153
9.2.7	Перевірка знайдених режимів по потужності верстата.....	153
9.2.8	Розрахунок основного технологічного (машинного) часу.....	154
9.3	Нормативи для вибору режимів різання.....	154
9.4	Особливості призначення режимів різання для сучасних верстатів із ЧПК.....	154
10	ОСОБЛИВОСТІ ОСНОВНИХ ПРОЦЕСІВ ЛЕЗОВОГО ОБРОБЛЕННЯ РІЗАННЯМ.....	156
10.1	Свердління.....	156

10.1.1	Призначення операцій свердління і розсвердлювання. Кінематика процесу.....	156
10.1.2	Основні частини та геометрія різальних елементів свердла.....	156
10.1.3	Елементи режиму різання і зрізу при свердлінні.....	161
10.1.4	Сили, які діють на свердло.....	163
10.1.5	Знос свердел.....	166
10.1.6	Швидкість різання при свердлінні	167
10.1.7	Послідовність вибору елементів режиму різання при свердлінні.....	168
10.2	Фрезерування.....	170
10.2.1	Призначення фрезерування	170
10.2.2	Основні типи фрез та їх призначення.....	171
10.2.3	Елементи різальної частини циліндричної та торцевої фрез.....	173
10.2.4	Схеми фрезерування проти подачі і за подачею.....	176
10.2.5	Особливості процесу фрезерування.....	178
10.2.6	Елементи режиму різання при фрезеруванні.....	178
10.2.7	Параметри зрізуваного шару при периферійному фрезеруванні циліндричними фрезами.....	179
10.2.8	Рівномірність фрезерування.....	183
10.2.9	Сили різання	184
10.2.10	Зношування основних типів фрез.....	186
10.2.11	Швидкість різання при фрезеруванні	186
10.2.12	Розрахунок основного технологічного часу при фрезеруванні.....	189
10.2.13	Розрахунок найвигідніших режимів при фрезеруванні.....	191
11	ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ОБРОБЛЕННЯ РІЗАННЯМ.....	192
11.1	Надшвидкісне різання.....	192
11.2	Ротаційне точіння.....	193
11.3	Особливості тонкого (фінішного) точіння.....	195
11.4	Фізичні та технологічні особливості комбінованих методів оброблення із використанням додаткових джерел енергії.....	196
11.4.1	Лезове оброблення з попереднім пластичним деформуванням.....	196
11.4.2	Додатковий підігрів зони оброблення.....	198
11.4.3	Оброблення різанням з вібраціями.....	201
12	ПРОЦЕСИ АБРАЗИВНОГО ОБРОБЛЕННЯ.....	204
12.1	Шліфування.....	204
12.1.1	Призначення процесу шліфування.....	204
12.1.2	Характеристики абразивних інструментів.....	204
12.1.3	Схеми і особливості процесу різання при шліфуванні.....	220
12.1.4	Різальні елементи робочої поверхні круга, їх кількість і геометрія.....	222
12.1.5	Параметри одиночного зрізу при шліфуванні.....	224
12.1.6	Сили, що діють при шліфуванні	227
12.1.7	Теплові явища при шліфуванні	228
12.1.8	Зношування і правка абразивного інструменту.....	228
12.1.9	Мастильно-охолоджувальні рідини для шліфування.....	229

12.1.10	Особливості шліфування кругами із алмазів та інших надтвердих матеріалів	230
12.2	Процеси шліфування.....	230
12.2.1	Плоске шліфування.....	230
12.2.2	Кругле зовнішнє шліфування.....	232
12.2.3	Безцентрове кругле зовнішнє шліфування.....	233
12.2.4	Внутрішнє кругле шліфування.....	234
12.3	Хонінгування.....	235
12.4	Суперфінішування.....	236
12.5	Доводка.....	238
12.6	Високопродуктивні процеси абразивного оброблення.....	239
12.6.1	Глибинне шліфування.....	239
12.6.2	Швидкісне шліфування.....	239
12.6.3	Шліфування з додатковим накладенням ультразвукових коливань.....	240
13	МАСТИЛЬНО-ОХОЛОДЖУВАЛЬНІ СЕРЕДОВИЩА.....	242
13.1	Фізико-хімічні дії мастильно-охолоджувальних середовищ.....	242
13.2	Методи подачі технологічних середовищ в зону різання.....	242
13.3	Групи сучасних технологічних середовищ та області їх раціонального використання.....	243
13.4	Принципи вибору технологічних середовищ	244
14	ОБРОБЛЮВАНІСТЬ РІЗАННЯМ ТИПОВИХ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ	246
14.1	Поняття оброблюваності матеріалу різанням, як технологічної характеристики матеріалу. Основні показники оброблюваності	246
14.2	Фізико-механічні і теплофізичні характеристики конструкційних матеріалів, які визначають їх оброблюваність різанням.....	247
14.3	Технологічні особливості оброблення різанням важкооброблюваних матеріалів і сплавів.....	248
14.4	Особливості оброблюваності неметалічних та композиційних Матеріалів.....	253
14.5	Шляхи покращення оброблюваності різанням.....	254
	ВИСНОВКИ. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ НАУКИ ПРО РІЗАННЯ	256
	ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	257