

ЗМІСТ

1. ВСТУП	3
1.1 Місце і значення оброблення 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 оброблення поверхонь різанням	9
2.2 Елементи конструкції і геометричні параметри різальної частини інструмента (на прикладі токарного різця).....	16
2.2.1 Інструментальні геометричні параметри леза різця (кути загострення).....	18
2.2.2 Статичні кути різальної частини різця.....	21
2.2.3 Кінематичні (робочі) кути різальної частини інструмента.....	24
2.2.4 Особливості вибору геометричних параметрів різального леза токарних різців.....	26
2.3 Елементи режиму різання і розміри зрізуваного шару при обточуванні	29
2.4 Кінематика процесу, елементи конструкції, геометричні параметри гвинтового свердла і характеристики перерізу зрізуваного шару при свердлінні.....	31
2.5 Кінематика процесу, елементи конструкції, геометричні параметри інструментів і характеристики перерізу зрізуваного шару при фрезеруванні	36
2.5.1 Схеми різання і характеристики перерізу зрізуваного шару при фрезеруванні циліндричними фрезами.....	39
2.5.2 Схеми різання і характеристики перерізу зрізуваного шару при фрезеруванні торцевими фрезами.....	43
2.6 Елементи конструкції і геометричні параметри протяжки. Кінематика процесу та характеристики перерізу зрізуваного шару при протяганні (протягуванні)	45
2.7 Кінематика процесу, елементи конструкції і геометричні параметри різальної частини мітчика. Характеристики перерізу зрізуваного шару при нарізанні різі мітчиком.....	50
Список літератури до розділу 2.....	56
3. ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ЛЕЗОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ ..	58
3.1 Вимоги, що висуваються до інструментальних матеріалів.....	58
3.2 Інструментальні сталі.....	60
3.2.1 Вуглецеві і леговані інструментальні сталі.....	60
3.2.2 Швидкорізальні сталі	60
3.3 Тверді сплави.....	64
3.3.1 Вольфрамо-кобальтові сплави (ВК).....	64
3.3.2 Титано-вольфрамо-кобальтові сплави (ТК).....	65
3.3.3 Титано-тантало-вольфрамо-кобальтові сплави (ТТК).....	66
3.3.4 Безвольфрамові (титанові) тверді сплави (БВТС).....	67
3.3.5 Короткі рекомендації з вибору твердих сплавів.....	68
3.4 Різальна кераміка.....	69
3.5 Надтверді матеріали інструментального призначення.....	71

3.5.1 Особливості одержання інструментальних матеріалів на основі алмаза і кубічного нітриду бору.....	72
3.5.2 Основні властивості та області застосування полікристалів синтетичного алмазу (ПКА).....	75
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
3.7 Міжнародна класифікація сучасних інструментальних матеріалів за стандартом ISO 513:2012 і визначення умов ефективного їх використання..	81
Список літератури до розділу 3.....	87
4. ОСНОВИ ФІЗИКИ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ	89
4.1 Деякі відомості про пластичну деформацію металів.....	89
4.2 Способи вивчення зони утворення стружки.....	94
4.3 Типи стружок при різанні пластичних і крихких матеріалів.....	96
4.4 Процес утворення зливної стружки при прямокутному вільному різанні	100
4.5 Схема утворення зливної стружки з єдиною площиною зсуву. Визначення степеню деформації стружки.....	104
4.6 Особливості косокутного і невіЛЬНОГО різання.....	111
4.7 Схема утворення елементної стружки	114
4.8 Методи моделювання процесів деформації при різанні пластичних матеріалів.....	116
4.9 Трибологія процесу різання матеріалів.....	119
4.10 Наростоутворення при різанні матеріалів	128
4.11 Контактні явища на задній поверхні інструмента.....	132
4.12 Взаємозв'язок явищ у процесі стружкоутворення.....	139
Список літератури до розділу 4.....	144
5. СТАТИКА І ДИНАМІКА ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ	148
5.1 Сила і потужність при різанні.....	148
5.1.1 Система сил при різанні.....	148
5.1.2 Теоретичні методи розрахунку сил різання.....	152
5.1.3 Експериментальні прилади і методи вимірювання складових сил різання. Побудова емпіричних формул для їх визначення.....	156
5.1.4 Закономірності впливу умов різання на силу і потужність різання.....	160
5.1.5. Практичне використання силових залежностей. Розрахунок сил і потужності для різних видів оброблення.....	167
5.2 Коливання при різанні (динаміка різання).....	181
5.2.1. Вільні (власні) коливання.....	181
5.2.2 Вимушені коливання.....	182
5.2.3. Параметричні коливання	182
5.2.4 Автоколивання при різанні.....	182
5.2.5 Вплив умов різання на інтенсивність автоколивань.....	186
5.2.6 Вплив коливань при різанні на стійкість інструментів і якість обробленої поверхні.....	187
5.2.5 Способи гасіння автоколивань.....	190
Список літератури до розділу 5.....	191
6. ТЕПЛОВІ ЯВИЩА У ПРОЦЕСІ РІЗАННЯ	193

6.1 Джерела виділення тепла і його баланс при різанні матеріалів.....	193
6.2 Експериментальні методи дослідження теплових процесів при різанні	195
6.3 Аналітичні методи розрахунку температурних полів у системі різання..	203
6.3.1 Аналітичний метод розв'язання задачі теплопровідності у різальному лезі.....	203
6.3.2 Метод джерел теплоти.....	204
6.4 Методи числового моделювання теплових явищ	215
6.5 Середня температура різання і вплив на неї основних факторів процесу оброблення.....	223
6.5.1 Залежність температури різання від умов оброблення.....	224
6.5.2. Оптимальна температура різання.....	226
Список літератури до розділу 6.....	230
7 . РУЙНУВАННЯ І ЗНОШУВАННЯ РІЗАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ ІНСТРУМЕНТІВ. СТІЙКІСТЬ ІНСТРУМЕНТІВ	234
7.1 Працездатність інструментів.....	234
7.2 Втрата працездатності через недостатню міцність різальної частини інструмента	234
7.2.1 Крихке руйнування леза.....	235
7.2.2 Пластичне руйнування різального леза.....	239
7.3 Зношування різальної частини інструмента.....	241
7.3.1 Зовнішній прояв зношування різальної частини інструмента.....	242
7.3.2 Фізична природа зношування різального інструменту.....	246
7.3.3 Критерії зношування різальних інструментів.....	252
7.3.4 Рекомендації із призначення максимально допустимого зношування інструментів.....	256
7.4 Стійкість інструмента і швидкість різання, що допускається його різальними властивостями	259
7.4.1 Основні поняття про стійкість інструмента. Методи одержання стійкісних залежностей.....	259
7.4.2 Вплив умов оброблення на період стійкості інструмента.....	263
7.5 Діагностика стану різального леза інструмента.....	269
7.5.1. Стратегії контролю	273
7.5.2. Приклад системи діагностики лезового оброблення	275
Список літератури до розділу 7.....	278
8. ФОРМУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛІ У ПРОЦЕСІ РІЗАННЯ	280
8.1 Поняття якості поверхні, обробленої різанням. Геометричні показники якості	280
8.2 Природа утворення шорсткості обробленої поверхні.....	283
8.2.1 Вплив параметрів процесу різання на шорсткість обробленої поверхні.....	285
8.3 Формування фізико-механічних властивостей поверхневого шару.....	287
8.3.1 Зміцнення поверхневого шару.....	287
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.....	291
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.....	294
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 то- чінні, 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 при- значенні 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 про- гнозуючих моделей.....	311
10.3 Розрахунок режимів різання для багатоінструментного оброблення на автоматизованому обладнанні.....	311
10.4 Особливості розрахунку режимів різання при обробленні 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 режи- му різання.....	321
11.3.1 Оптимізація режиму різання тільки по швидкості різання.....	321
11.3.1.1 Визначення швидкості різання і періоду стійкості, як- що зв'язок між ними монотонний і може бути описаний сте- пенною функцією.....	321
11.3.1.2 Визначення швидкості різання і періоду стійкості, як- що зв'язок між ними немонотонний.....	324
11.3.2. Оптимізація режиму різання по подачі і швидкості різання.....	325
11.3.2.1 Визначення подачі і швидкості різання, якщо зв'язок між ними і періодом стійкості монотонний і може бути описа- ний степенною функцією.....	325

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.....	330
Список літератури до розділу 11.....	332
12. ОБРОБЛЮВАНІСТЬ МАТЕРІАЛІВ РІЗАННЯМ	333
12.1 Основні характеристики оброблюваності та методи їх визначення.....	333
12.2 Методи визначення оброблюваності.....	334
12.3 Основні фактори, що впливають на оброблюваність матеріалів різанням і способи її поліпшення.....	337
12.3.1 Введення спеціальних добавок на стадії металургійного виробництва.....	337
12.3.2 Зміна структури матеріалів термічним обробленням.....	339
12.3.3 Застосування мастильно-охолоджувальних технологічних середовищ (МОТС).....	339
12.3.4 Введення у зону різання додаткової енергії.....	340
12.3.4.1 Різання з попереднім підігрівом оброблюваного матеріалу	340
12.3.4.2 Введення у зону різання додаткових вимушених коливань (вібраційне різання).....	341
12.3.4.3 Різання з попереднім пластичним деформуванням (ППД).	343
12.3.5. Надшвидкісне різання.....	343
Список літератури до розділу 12.....	348
13. ПРОЦЕСИ АБРАЗИВНОГО ОБРОБЛЕННЯ	349
13.1 Абразивні матеріали та інструменти.....	349
13.1.1 Абразивні матеріали.....	350
13.1.2 Порошки з синтетичних алмазів і кубічного нітриду бору.....	352
13.1.3 Абразивні інструменти.....	353
13.2 Види шліфування. Елементи режиму різання при шліфуванні.....	356
13.2.1 Зовнішнє кругле шліфування.....	357
13.2.2 Внутрішнє кругле шліфування.....	358
13.2.3 Плоске шліфування.....	359
13.2.4 Безцентрове шліфування.....	360
13.3 Особливості абразивного оброблення матеріалів.....	361
13.4 Сили різання і потужність при шліфуванні.....	362
13.5 Теплові явища при абразивному обробленні і методи керування ними	363
13.5.1 Особливості теплових явищ при шліфуванні.....	363
13.5.2 Основні шляхи регулювання теплових процесів.....	364
13.6 Особливості процесу алмазного шліфування.....	364
13.6.1. Алмазне шліфування матеріалів звичайної твердості	364
13.6.2. Особливості алмазного шліфування надтвердих матеріалів	365
13.7 Зношування абразивних інструментів і методи відновлення їх різальних властивостей.....	368
13.7.1 Особливості зносу абразивних зерен.....	368
13.7.2 Особливості відновлення різальної здатності шліфувальних кругів.....	369
13.7.3 Правка шліфувальних кругів.....	369

13.7.4 Формотворення робочої поверхні абразивних інструментів на струмопровідних зв'язках у процесі роботи.....	370
13.7.5 Період стійкості шліфувальних кругів.....	371
13.8 Призначення режимів різання при шліфуванні.....	371
13.9 Викінчувально-абразивні методи оброблення.....	373
13.9.1 Хонінгування.....	373
13.9.2 Суперфінішування.....	373
13.9.3 Доведення.....	374
13.9.4 Полірування і стрічкове шліфування.....	374
13.9.5 Віброабразивне оброблення.....	375
13.9.6 Магнітно-абразивне оброблення.....	375
13.9.7 Оброблення потоком вільного абразиву.....	375
13.10 Високопродуктивні і комбіновані процеси абразивного оброблення... ..	376
13.10.1 Глибинне і швидкісне шліфування.....	376
13.10.2 Абразивне оброблення з використанням ультразвукових коливань	376
13.10.3 Електро-хімічне абразивне оброблення.....	377
13.10.4 Термо-абразивне оброблення.....	377
13.10.5 Кріогенно-абразивне оброблення.....	378
13.10.6 Адитивно-абразивні технології	379
Список літератури до розділу 13.....	380
14. МАСТИЛЬНО-ОХОЛОДЖУВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ СЕРЕДОВИЩА ПРИ ОБРОБЛЕННІ РІЗАННЯМ	382
14.1 Мاستильна дія МОТС.....	382
14.2 Охолоджувальна дія МОТС.....	386
14.3 Зміцнююча дія МОТС.....	389
14.4 Руйнуюча (розклинююча) дія МОТС.....	391
14.5 Миюча дія МОТС.....	392
14.6 Захисна дія МОТС.....	393
14.7 Застосування газових середовищ у якості МОТС.....	393
14.8 Застосування металевих розплавів і суспензій порошків у якості МОТС	396
14.9 Тверді і пластичні мاستильні матеріали.....	398
14.10 Способи подачі технологічних середовищ у зону різання.....	399
14.11 Принципи вибору оптимальних технологічних засобів, їх асортимент і області застосування.....	405
Список літератури до розділу 14.....	408
15. ПРОЦЕСИ МІКРО- І НАНОРІЗАННЯ.....	410
15.1. Основні поняття й визначення.....	410
15.2. Нанооб'єкти системи нанорізання та їх розмірний діапазон.....	412
15.3. Способи одержання і види наноструктурованих матеріалів.....	415
15.4. Нанотехнології у виготовленні різальних інструментів як нанооб'єктів системи різання.....	415
15.5. Основні властивості наноматеріалів системи нанорізання.....	415
15.5.1. Фактори, що визначають особливі властивості наноматеріалів.....	415
15.5.2. Властивості оброблюваних наноматеріалів.....	417
15.5.3. Властивості інструментальних наноматеріалів і нанопо-	

крить.....	419
15.6. Умови реалізації процесу нанорізання.....	421
15.7. Процеси, що відбуваються в системі нанорізання матеріалів.....	422
15.7.1. Особливості механізмів взаємодії інструменту з поверх- нями заготовки й стружкою в нанометричному діапазоні.....	422
15.7.2. Трансформація механізмів руйнування матеріалів при стружкоутворенні в системах нанорізання.....	424
15.7.3. Алмазне нанообточування крихких матеріалів.....	426
15.8. Моделювання процесів нанорізання матеріалів.....	428
15.8.1. Загальна характеристика методу молекулярної ди- наміки в процесах моделювання нанорізання.....	429
15.8.2. Можливості застосування методу MD до вивчення процесів нанорізання матеріалів.....	429
15.8.3. Моделювання процесів нанорізання в пластичному режимі стружкоутворення.....	432
15.8.4. Моделювання процесу нанорізання крихких матеріалів.....	434
15.8.5. Сили різання, температура й напруження при нанорізанні.....	436
15.9. Особливості різання наноструктурованих матеріалів.....	440
15.10. Порівняння процесів традиційного й мікро- нанорізання...	442
Список літератури до розділу 15.....	444
ПІСЛЯМОВА. Перспективи розвитку науки про різання	448
Зміст.....	451