

Spis treści

Wykaz akronimów	9
Wstęp	11
Rozdział 1. CNC – komputerowe sterowanie numeryczne	15
1.1. Definicja i cechy układu sterowania CNC	15
1.2. Budowa i funkcje układu CNC	17
1.3. Sposoby wprowadzania danych/programu sterującego do układu CNC	19
Rozdział 2. Metody programowania obrabiarek NC/CNC	21
2.1. Definicja i klasyfikacja metod programowania	21
2.2. Programowanie ręczne i wspomagane komputerowo	25
2.3. Programowanie CNC Manual	27
2.4. Programowanie automatyczne (maszynowe)	31
2.5. Programowanie zorientowane warsztatowo (WOP)	33
2.6. Programowanie interaktywne (w systemie CAD/CAM)	34
Rozdział 3. Rodzaje układów sterowania obrabiarek NC/CNC	39
3.1. Sterowanie punktowe	39
3.2. Sterowanie odcinkowe	40
3.3. Sterowanie kształtowe (ciągłe)	40
Rozdział 4. Wyposażenie obrabiarek sterowanych numerycznie ...	45
4.1. Wyposażenie tokarek i centrów tokarskich	46
4.1.1. Ustalanie i mocowanie przedmiotów obrabianych	46
4.1.2. Mocowanie narzędzi	47
4.1.3. Systemy narzędziowe do centrów tokarskich	50
4.2. Wyposażenie frezarsko-wytaczarskich centrów obróbkowych	55
4.2.1. Elementy mocujące narzędzia	55
4.2.2. Narzędzia	56
4.2.3. Elementy ustalające i mocujące przedmiot obrabiany na frezarkach i centrach obróbkowych CNC	60
4.3. Narzędzia do obróbki form i matryc	64
4.4. Narzędzia wielofunkcyjne do obróbki kompletnej	68
Rozdział 5. Programowanie obróbki na obrabiarkach CNC	71
5.1. Struktura programów sterujących	71

5.1.1.	Struktura budowy programu NC	71
5.1.2.	Definicje słów programu sterującego	72
5.2.	Układy współrzędnych maszyny i przedmiotu obrabianego	78

Rozdział 6. Programowanie układów CNC

6.1.	Technika pomiarowa w obrabiarkach CNC	83
6.1.1.	Pomiar, ustawianie i zapamiętywanie wymiarów narzędzi	83
6.1.2.	Zasady pomiarów za pomocą sondy pomiarowej	86
6.1.3.	Programowanie i symulacja pracy sondy pomiarowej	88
6.2.	Programowanie obszaru bezpiecznego	89
6.3.	Cykle ustalone	90
6.4.	Korekcja narzędzia	95
6.4.1.	Korekcja narzędzia tokarskiego	96
6.4.2.	Korekcja narzędzia frezarskiego	97
6.5.	Podprogramy	99
6.6.	Programowanie parametryczne	102
6.6.1.	Edycja instrukcji parametrycznych	102
6.6.2.	Tworzenie sparametryzowanego programu dla nowej części	104

Rozdział 7. Techniki wspomagania programowania

obrabiarek CNC	107
7.1. Zastosowanie symulacji i wizualizacji	107
7.2. Zastosowanie technik wirtualnej rzeczywistości (VR)	109
7.3. Zastosowanie inżynierii odwrotnej	114

Rozdział 8. Zastosowanie współrzędnościowych systemów pomiarowych

8.1.	Stykowe i bezstykowe głowice pomiarowe	117
8.2.	Zasady integracji z układem sterowania CNC	119
8.3.	Monitorowanie i diagnostyka	122
8.4.	Koncepcja inteligentnej obrabiarki	124

Rozdział 9. Programowanie obróbki wieloosiowej

9.1.	Programowanie obróbki 5-osiowej	129
9.2.	Programowanie obróbki symultanicznej	131
9.3.	Obróbka wirnika typu <i>blisk</i>	134

Rozdział 10. Zaawansowany system programowania obrabiarek

- CAM Express	137
10.1. Budowa i podstawowe funkcje programu CAM Express	138
10.1.1. Interfejs graficzny w systemie CAM Express	138
10.1.2. Podstawowe polecenia obsługi systemu CAM Express	140
10.1.3. Importowanie modeli CAD	142
10.1.4. Definiowanie geometrii przedmiotu obrabianego	144
10.1.5. Podstawowe funkcje rysowania	144
10.1.6. Definiowanie narzędzi	148

10.2. Podstawowe funkcje obróbkowe środowiska CAM	149
10.2.1. Operacje przystosowane do wiercenia	151
10.2.2. Operacje przystosowane do frezowania płaszczyzn	151
10.2.3. Operacje przystosowane do frezowania powierzchni kształtowych	153
10.2.4. Operacje przystosowane do toczenia	154
10.2.5. Funkcje nawigatora operacji	155
10.2.6. Parametry technologiczne	156
10.3. Symulacja obróbki i generowanie kodu NC	157
10.3.1. Analiza i symulacja obróbki	157
10.3.2. Generowanie kodu NC	159
10.3.3. Dokumentacja technologiczna	160
10.4. Przykład programowania frezowania w systemie CAM Express	160
10.4.1. Zdefiniowanie części obrabianej i półfabrykatu	161
10.4.2. Modyfikacja MSC przedmiotu obrabianego	162
10.4.3. Tworzenie katalogów programu	163
10.4.4. Definiowanie narzędzi skrawających	164
10.4.5. Obróbka kołnierza I – program 1	166
10.4.6. Obróbka kołnierza II – program 2	181
10.4.7. Obróbka kołnierza III – program 3	185
10.4.8. Symulacja programu sterującego	189
10.5. Przykład programowania toczenia w systemie CAM Express	190
10.5.1. Definiowanie części obrabianej i półfabrykatu	191
10.5.2. Definiowanie pozostałych poleceń początkowych	192
10.5.3. Obróbka tulei – Program 4	193
10.5.4. Symulacja programu sterującego	205

Rozdział 11. Interaktywny system programowania

Mastercam 2019	207
11.1. Obsługa i stałe funkcje systemu Mastercam	208
11.1.1. Podstawowe polecenia obsługi programu	209
11.2. Budowa i podstawowe funkcje komend definiowania przedmiotu obrabianego	212
11.2.1. Podstawowe funkcje rysunkowe 2D i 3D	212
11.2.2. Funkcje informacji i opisu technicznego rysowanych elementów	214
11.2.3. Widoki i rzutnie	215
11.2.4. Opcje transformacji rysunku	216
11.2.5. Skróty klawiszowe	217
11.3. Budowa i podstawowe funkcje modułu CAM systemu Mastercam	218
11.3.1. Opcje menu <i>Turning</i>	218
11.3.2. Opcje menu <i>Milling</i>	223
11.4. Definiowanie geometrii przedmiotu obrabianego dla potrzeb frezowania – <i>Mill</i>	226
11.5. Przykład programowania toczenia w interaktywnym systemie CAD/CAM Mastercam 2019	227

11.5.1. Konwersja rysunków z systemów CAD na potrzeby programu Mastercam 2019	228
11.5.2. Definiowanie parametrów technologicznych	230
11.5.3. Obróbka powierzchni czołowych	230
11.5.4. Obróbka kształtująca	232
11.5.5. Wykonanie podcięcia w zamocowaniu I	235
11.5.6. Obróbka wykańczająca	239
11.5.7. Nacinanie gwintu metrycznego w zamocowaniu I	241
11.5.8. Frezowanie rowka wpustowego na tokarce CNC wyposażonej w napędzane narzędzia	243
11.5.9. Transformacja zabiegów obróbkowych	246
11.5.10. Programowanie wrzeciona przechwytyjącego	248
11.5.11. Obróbka powierzchni czołowych w zamocowaniu II	250
11.5.12. Obróbka kształtująca w zamocowaniu II	253
11.5.13. Obróbka wykańczająca w zamocowaniu II	255
11.5.14. Wykonanie podcięć w zamocowaniu II	256
11.5.15. Nacinanie gwintu metrycznego w zamocowaniu II	259
11.5.16. Frezowanie rowka wpustowego na tokarce CNC w zamocowaniu II	260
11.5.17. Weryfikacja oraz symulacja programu sterującego	263
11.6. Przykład programowania frezowania w interaktywnym systemie CAD/CAM Mastercam 2019	264
11.6.1. Import modelu CAD do systemu Mastercam 2019	264
11.6.2. Definiowanie danych technologicznych frezowania	267
11.6.3. Frezowanie powierzchni czołowej	267
11.6.4. Frezowanie rowka dwustopniowego	272
11.6.5. Frezowanie kieszeni	276
11.6.6. Wiercenie otworów na powierzchni czołowej	277
11.6.7. Fazowanie krawędzi	279
11.6.8. Frezowanie płaszczyzny usytuowanej pod kątem do płaszczyzny podstawy	282
11.6.9. Wiercenie grupy otworów pod gwint	284
11.6.10. Fazowanie grupy otworów pod gwint	287
11.6.11. Gwintowanie grupy otworów	289
11.6.12. Frezowanie rowka prostokątnego	290
11.6.13. Cyrkularne frezowanie otworów	292
11.6.14. Fazowanie otworów	294
11.6.15. Weryfikacja oraz symulacja programu sterującego NC dla frezarki pięcioosiowej	296
Literatura	299