helion.pl
KSIĘGARNIA INTERNETOWA · WYDAWNICTWO

IDŹ DO
PRZYKŁADOWY ROZDZIAŁ
SPIS TREŚCI

KATALOG KSIĄŻEK
KATALOG ONLINE
ZAMÓW DRUKOWANY KATALOG

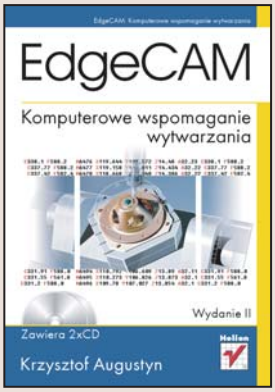
TWÓJ KOSZYK
DODAJ DO KOSZYKA

CENNIK I INFORMACJE
ZAMÓW INFORMACJE O NOWOŚCIACH
ZAMÓW CENNIK

CZYTELNIA
FRAGMENTY KSIĄŻEK ONLINE

EdgeCAM. Komputerowe wspomaganie wytwarzania. Wydanie II

Autor: Krzysztof Augustyn
ISBN: 83-246-0378-6
Format: B5, stron: 480



Tradycyjne narzędzie pracy technologów – kartka z programem NC – odchodzi do lamusa, zastępowana przez komputer i programy CAD/CAM wspomagające pracę inżynierów. Dzięki takim aplikacjom proces projektowania i wytwarzania elementów przebiega zdecydowanie szybciej i efektywniej. EdgeCAM to jeden z najpopularniejszych programów służących do komputerowego wspomagania wytwarzania. Umożliwia nie tylko stworzenie projektu części, ale również generowanie ścieżek obróbki, ich optymalizację i edycję oraz symulację pracy obrabiarki CNC. Głównym zadaniem programu jest generowanie na podstawie rysunków części ścieżek NC sterujących pracą obrabiarek sterowanych numerycznie.

„EdgeCAM. Komputerowe wspomaganie wytwarzania. Wydanie II" to podręcznik przedstawiający przebieg typowego procesu tworzenia programu NC dla frezowania i toczenia. Książka ta opisuje najnowszą wersję aplikacji, oznaczoną numerem 10.75. Czytając ją, poznasz zasady przygotowywania rysunków części do obróbki oraz programowania ścieżek i symulacji samego procesu wytwarzania. Każde z zagadnień przedstawione jest w postaci praktycznego przykładu.

- Konfiguracja interfejsu użytkownika
- Rysowanie w module CAD
- Frezowanie korpusów i form
- Obróbka na stołach obrotowych
- Obróbka 4- i 5-osiowa
- Toczenie na centrach tokarsko-frezarskich
- Symulacja obróbki

Wykorzystaj nowoczesne narzędzia stworzone z myślą o programiście-technologu

Wydawnictwo Helion
ul. Kościuszki 1c
44-100 Gliwice
tel. 032 230 98 63
e-mail: helion@helion.pl

Spis treści

Wstęp **13**

Część I Podstawy obsługi aplikacji **17**

Rozdział 1. Wiadomości ogólne **19**

Struktura programu 19
Wymagania sprzętowe 19
Instalacja programu 20
Uruchomienie programu 21
Interfejs użytkownika 22
Przykład: Zarządzanie ekranem 23
Jak wywołać widoki prostokątne 25
Gdzie jest początek układu współrzędnych 26
Jak ustawić konfigurację kolorów 26
Gdzie zdefiniować ustawienia globalne programu 26
Konfiguracja interfejsu 27
Jak wczytać gotową konfigurację interfejsu 27
Jak utworzyć nową konfigurację interfejsu 28
Jak przenieść elementy interfejsu na inny komputer 29
Autoukrywanie i aktywacja okien 29
Jak wybrać wygląd pasków i menu 30
Jak dodać (usunąć) ikony z pasków 30
Jak utworzyć nowy pasek 31
Jak umieścić wywołanie zewnętrznej aplikacji lub makra w menu 32
Jak zmienić wygląd ikony 32
Ustawienia wersji językowej 32

Rozdział 2. Podstawy modułu CAD **35**

Tworzenie i zapisywanie plików 35
Kolory, styl linii… 36
Linie, łuki, krzywe 37
Edycja 38
Wprowadzanie i podgląd współrzędnych 39
Tryby pracy CAD i CAM 40
Przeglądarka 41
Warstwy 41
Bryły 41
Obróbka 42

Wstawianie elementów 44
Wstaw/Część 44
Wstaw/Bryłę 45
Wstaw/STL 45
Wstaw/Punkty — współrzędne krzywek 46
Tworzenie tekstu 47

Część II Frezowanie 49

Rozdział 3. Operacje — pliki płaskie 51
Zanim zaczniesz definiować ścieżki 52
Definiowanie sekwencji obróbki 52
Definiowanie położenia uchwytów 56
Definiowanie materiału półfabrykatu 56
Ustawienia programu 57
Generowanie kodu NC 58
Edytor kodu 59
Rozszerzenia plików 59
Poziomy obróbki dla Operacji — pliki krawędziowe (2D) 60
Przykład: Obróbka części 61
Operacja Planowanie 62
Edycja Operacji 63
Operacja Zgrubna — obróbka kieszeni 65
Operacja Zgrubna — obróbka resztek 66
Operacja Profilowanie — obróbka wykańczająca 67
Operacja Zgrubna — obróbka zewnętrzna 68
Operacja Fazowanie 69

Rozdział 4. Pliki płaskie 71
Pliki płaskie 2D 71
Funkcje pomocnicze 76
Ciągłość 77

Rozdział 5. Cykle zgrubne 79
Planowanie czoła detalu — cykl Planowanie 79
Karta Ogólnie 80
Karta Poziom 81
Obróbka pokrywy 82
Jeżeli narzędzie przeszkadza przy wskazywaniu 86
Jak zmienić parametry zdefiniowanych cykli 86
Ruchy wejścia i wyjścia 87
Ruchy Łączenia 89
Jak sprawdzić czas trwania obróbki 90
Obróbka kieszeni — cykl Zgrubny 90
Karta Ogólnie 91
Karta Poziom 92
Obróbka kieszeni pionowych 93
Karta Wejścia 94
Obróbka kieszeni z wyspami 97
Co zrobić z naddatkiem na czołach wysp 98
Obróbka resztek 99
Obróbka kieszeni z pochylonymi ścianami 100
Resztki pośrednie 102

Inne przypadki zastosowań cyklu Zgrubny 103
Obróbka stempla (elektrody) — ścianki pionowe 103
Obróbka stempla (elektrody) — po wskazanej ściance 104
Obróbka kieszeni z przyległymi elementami 106
Obróbka kieszeni otwartych 108
Obróbka trochoidalna 109

Rozdział 6. Cykle profilowe i obróbka otworów 111

Obróbka wykańczająca — cykl Profilowanie 111
Karta Ogólnie 112
Karta Kontrola 112
Karta Start 112
Karta Wejścia 113
Obróbka profili kieszeni 114
Optymalizacja wyjazdów 116
Stosowanie korekcji 116
Obróbka profili pochylonych 118
Jak zagęścić ścieżkę 119
Obróbka kieszeni z wyspami 120
Obróbka po krawędzi przekroju 122
Obróbka profili otwartych 123
Obróbka rowków 124
Karta Poziom 125
Obróbka logo firmy z CorelDRAW 125
Obróbka tekstów 126
Obróbka tekstu wklęsłego 126
Obróbka cyfr wypukłych 127
Obróbka tekstów wektorowych 128
Cykle obróbki otworów 128
Karta Ogólnie 129
Karta Poziom 130
Karta Krok 130
Karta Filtr 131
Cykl Otwory 132
Optymalizacja kolejności obróbki 133
Frezowanie gwintów (linii śrubowej) 134
Ręczne definiowanie ruchów narzędzia 135
Kopiowanie ścieżek 136

Rozdział 7. Operacje — pliki bryłowe 137

Poziomy obróbki dla Operacji — pliki bryłowe 137
Przykład: Obróbka części 138
Operacja Zgrubna — obróbka kieszeni 139
Operacja Płaskie regiony — obróbka dna kieszeni 140
Operacja Zgrubna — kieszeni (otworu) 141
Operacja Zgrubna — obróbka profilu zewnętrznego 142
Operacja Profilowanie — obróbka podcięcia 143
Operacja a cykle 145
Poziomy obróbki 145
Aktualizacja modelu CAD i ścieżek obróbki 146

Rozdział 8. Korpusy — pliki bryłowe 149

Asocjatywna współpraca z programami CAD 150
Korpus i złożenie; pliki Parasolid 152
Określenie punktów startu obróbki 155

Wyszukiwanie cech 156
Ręczne określanie cech typu Kieszeń 157
Automatyczne określanie cech typu Otwór 158
Ręczne określanie cech typu Profil 160
Obróbka elementu typu Korpus 160
Planowanie 161
Obróbka kieszeni z opcją trochoidalną 162
Obróbka kieszeni z wejściem w otworze 163
Cykl Profilowanie 164
Obróbka otworów ścieżką po spirali 164
O 166
Obróbka kieszeni z wyspami 167
Wiercenie 168
Obróbka płaskich regionów na korpusach 171
Zaślepianie otworów 171
Obróbka korpusu 172

Rozdział 9. Operacje — formy 175
Poziomy obróbki dla Operacji — pliki bryłowe 175
Przykład: Obróbka formy 176
Operacja Zgrubna 177
Operacja Zgrubna — obróbka resztek 178
Operacja Płaskie regiony — obróbka dna i półek 179
Operacja Profilowanie — obróbka ścian 180
Operacja Wierszowanie — obróbka powierzchni 181
Porównanie — wyfrezowana część i model 182
Aktualizacja modelu CAD i ścieżek obróbki 183

Rozdział 10. Formy (matryce) 185
Cykl Zgrubny 185
Karta Ogólnie 186
Karta Poziom 186
Matryca zamknięta — plik bryłowy 187
Zaślepianie otworów 189
Matryca zamknięta — obróbka 190
Obróbka zgrubna 190
Co zrobić z naddatkiem na ściankach 192
Co zrobić z nieobrobionymi obszarami 192
Cykl Profilowanie — obróbka wykańczająca 193
Jak kontrolować rodzaj obrabianych powierzchni 194
Jak lokalnie zagęścić ścieżkę 196
Jak obrobić cały detal w cyklu Profilowanie 196
Cykl Wierszowanie 197
Jak zmienić kierunek obróbki 199
Porównanie detalu idealnego z obrobionym 199
Cykl Obróbka ołówkowa 200
Opcja Frezowanie od góry 202
Zmiana detalu i aktualizacja ścieżek 202
Matryca otwarta — plik powierzchniowy 203
Definiowanie ZERA 204
Zaślepianie elementów 207
Zakresy obróbki 209
Matryca otwarta — obróbka 210
Obróbka wykańczająca 212
Pliki obliczeń — katalog tmp 212

Rozdział 11. Stemple (elektrody) 215
Elektroda — obróbka 215
Cykl Wierszowanie — opcja prostopadła 216
Cykl Wierszowanie — opcja Bez płaskich regionów 217
Cykl Płaskie regiony — opcja Wierszowanie 217
Cykl Obróbka ołówkowa 218
Obróbka stempla — plik bryłowy 219
Zaślepianie elementów 219
Rozpinanie powierzchni 219
Jak odczytać współrzędne punktu 220
Jak tworzyć zakresy obróbki 221
Asocjatywne zakresy 222
Obróbka części 223
Inne przypadki — elementy obrotowe 224
Definiowanie półfabrykatu 3D 225
Obróbka zgrubna i wykańczająca cyklem Zgrubny 225
Jak obrabiać elementy z żebrami lub łopatkami 226
Odkuwka — elementy kuźnicze 227
Odlewy — obróbka naddatków 228

Rozdział 12. Cykle specjalne 229
Cykl Rzutowanie po krzywych 229
Wirnik — przestrzeń między łopatkami 230
Definiowanie prowadnic — profile 230
Definiowanie prowadnic — geometria 231
Cykl Koncentryczny 234
Gniazdo formy — zamknięte 235
Gniazdo formy — otwarte 236
Odlew — prowadnice 236
Cykl Rzutowanie kołowe 237
Elementy soczewkowe 237
Cykl Rzutowanie koncentryczne 239
Forma kołpaka 239
Cykl Rzutowanie ścieżek płaskich 240
Grawerowanie napisu na powierzchni 240
Cykl Obróbka naroży 241
Stempel klocka 241
Opcja ołówkowa w cyklu Obróbka naroży 243
Cykl Wierszowanie 243
Cykl Wierszowanie jako zgrubny 243
Forma kuźnicza — cykl Wierszowanie jako półwykańczający 243
Jak kopiować obróbkę 244
Ruchy wejść i łączenia 245
Ruchy Wejścia i Wyjścia 245
Ruchy łączenia 246
Krótkie ścieżki 246
Długie ścieżki 246
Profilowanie — Wejścia 247
Wierszowanie — Wejścia 248
Koncentryczny — Wejścia 250
Posuw roboczy i wgłębny 250
Szablony obróbki 251
Przeniesienie technologii do pliku tekstowego 252
Powierzchnie chronione 253
Stempel — plik bryłowy 254

Rozdział 13. HSM 257
Frezowanie — H(igh) S(peed) M(achining) 257
Charakterystyka HSM 257
Obróbka zgrubna 2D i 3D 258
Obróbka półwykańczająca 261
Obróbka wykańczająca 261
PLIKI NURBS 264

Rozdział 14. Magazyn narzędzi 267
Uruchomienie Magazynu 267
Korzystanie z Magazynu narzędzi — Frezowanie 268
Filtry w Magazynie narzędzi 269
Edycja parametrów narzędzia 271
Definiowanie nowego narzędzia — frez 272
Moduł Technologii 275
Analiza modelu — dobór frezu do obróbki 276
Analiza modelu 276
Karta Ogólnie 277
Karta Zakres Z 277
Podgląd analizy 278
Sprawdzanie długości frezu 281
Korzystanie z Magazynu narzędzi — Toczenie 283
Definiowanie nowego narzędzia — Nóż 284
Link do Sandvik Coroguide 286
Definiowanie linku 287
Uruchomienie linku 287

Rozdział 15. Symulacja obróbki 291
Zapis półfabrykatu do kolejnej obróbki 295
Symulacja: tryb Wynik obróbki 296
Stoły obrotowe 298
Zmiana uchwytów podczas obróbki 300
Zmiana mocowania 300
Brak półfabrykatu 301
Ustawienia symulacji 302

Część III Toczenie 303

Rozdział 16. Toczenie 2-osiowe 305
Wiadomości wstępne 305
Interfejs 305
Symulacja obróbki 306
Pliki płaskie 2D — przygotowanie do obróbki 306
Definiowanie profilu 306
Definiowanie ZERA 309
Definiowanie półfabrykatu 310
Zakres obróbki 311
Punkty startu 311
Model 3D — obrotowy 312
Definiowanie uchwytu 312
Definiowanie obróbki plików 2D 313
Definiowanie sekwencji obróbki 313
Moduł obróbki 314
Definiowanie kinematyki uchwytów 316

Cykl Planowanie 316
Karta Ogólnie 317
Definiowanie cyklu Planowanie 318
Cykl Zgrubny 319
Definiowanie cyklu Zgrubny 320
Wydłużenie ścieżki 321
Obróbka bez rowków 322
Korekcja styczna 323
Cykl Profile 323
Ruchy wejścia 324
Definiowanie cyklu Profile 324
Stosowanie korekcji 325
Jak sprawdzić czas trwania obróbki 327
Cykl Rowki zgrubnie 328
Definiowanie cyklu Rowki zgrubnie 329
Obróbka stopniowa rowków 329
Cykl Rowki profile 330
Wytaczanie i cykl otwory 330
Cykl obróbki otworów 331
Cykl Wytaczanie 332
Przecinanie 333
Obróbka zgrubna za pomocą cyklu Profile 333

Rozdział 17. Obróbka z osiami CY 335
Korpus i złożenie 335
Zmiana środowiska pracy 336
Ustawienie osi wrzeciona 337
Definiowanie półfabrykatu 337
Definiowanie elementów mocujących 338
Definiowanie profili obróbki 339
Obróbka korpusu 343
Definiowanie kinematyki uchwytów 343
Definiowanie cyklu Rowki wzdłużnie 343
Definiowanie frezowania w osi C 345
Definiowanie obróbki otworów w osi C 347
Definiowanie obróbki kieszeni w osi Y 348
Zmiana detalu i aktualizacja ścieżek 350

Rozdział 18. Podwrzeciono, oś B + druga głowica 353
Ustawienia przechwytu 353
Definiowanie sekwencji 354
Obróbka detalu 356
Definiowanie kinematyki uchwytów 356
Definiowanie cyklu Planowanie na wrzecionie 357
Definiowanie cyklu Planowanie na podwrzecionie 358
Definiowanie cyklu Wahadłowy na wrzecionie 359
Definiowanie cyklu Profile 362
Frezowanie kieszeni z indeksowaniem w osi B 362
Kopiowanie ścieżek 364
Toczenie rowka na podwrzecionie 366
Obróbka otworów w osi C na podwrzecionie 368
Definiowanie przechwytu 369
Synchronizacja obróbki 369
Przyjazd przechwytu 369

Odcięcie detalu 370
Odjazd podwrzeciona z odciętym detalem 371
Wysunięcie detalu do zderzaka 371
Symulacja ciągła 372

Część IV OBRÓBKA 4- 5-osiowa 375

Rozdział 19. Obróbka 4- i 5-osiowa — Indeksowanie 377
Obróbka korpusów na stole obrotowym 377
Przykład: Przygotowanie korpusu 377
Definiowanie półfabrykatu 378
Definiowanie elementów mocujących 378
Definiowanie ZER lokalnych 379
Edycja ZER lokalnych 382
Określenie cech do obróbki dla kilku ZER 382
Przykład: Obróbka korpusu 384
Definiowanie Sekwencji obróbki 384
Edycja Sekwencji obróbki 385
Definiowanie kinematyki uchwytów i półfabrykatu 386
Obróbka części 387
Definiowanie ruchów Indeksowania 388

Rozdział 20. Obróbka 4-osiowa — Simultaneous 395
Operacje 395
Operacja 4- osiowa Obrotowo 395
Przykład: Krzywka — przygotowanie 398
Definiowanie półfabrykatu 398
Definiowanie uchwytu 399
Określanie cech do obróbki krzywki 400
Przykład: Krzywka — obróbka 402
Definiowanie Sekwencji obróbki 402
Edycja Sekwencji obróbki 403
Definiowanie kinematyki uchwytów i półfabrykatu 404
Obróbka części 405
Operacja 4-osiowa Obrotowa 405
Operacja 4-osiowa — powierzchnie chronione 406
Obrót punktów startu 408
Przykład: Łopatka — przygotowanie 408
Definiowanie półfabrykatu 409
Definiowanie uchwytu 410
Określenie cech do obróbki łopatki 410
Przykład: Obróbka łopatki 411
Definiowanie Sekwencji obróbki 411
Definiowanie kinematyki uchwytów i półfabrykatu 411
Obróbka pióra łopatki 411
Zmiana kierunku rozpoczęcia obróbki 412
Definiowanie ścieżki ciągłej 413
Obróbka zaokrąglenia 414
Przykład: Grawerowanie — przygotowanie 415
Definiowanie prowadnic 415
Definiowanie powierzchni 416
Grawerowanie — obróbka 416
Obróbka litery 416
Kontrola gęstości punktów ścieżki 418

Obniżenie ścieżki 418
Przesunięcie ścieżki 419
Przykład: Rowek śrubowy — przygotowanie 419
Definiowanie prowadnic 420
Definiowanie powierzchni 420
Rowek śrubowy — obróbka 421
Obróbka rowka śrubowego o zmiennym skoku 421

Rozdział 21. Obróbka 5-osiowa — Simultaneous 425

Operacje 426
Operacja 5-osiowa Profilowanie — obróbka ścian bocznych 426
Przykład: Kieszenie — przygotowanie 427
Analiza pochyleń ścian części 427
Określenie cech do obróbki kieszeni 428
Przykład: Kieszeń — obróbka 429
Definiowanie Sekwencji obróbki 429
Obróbka części 430
Operacja 5- osiowa Wierszowanie — obróbka wykańczająca 431
Przykład: Wkładka — obróbka 432
Kąty opóźnienia (wyprzedzenia) i natarcia 433
Łączenie ścieżek na przerwach 434
Przykład: Obróbka promienia formy 435
Ochrona powierzchni — zmiana kąta pochylenia 437
Przykład: Obróbka kanałów dolotowych 437
Szablony cyklu 437
Przykład: Obróbka łopatki 440
Ochrona powierzchni — zmiana kąta natarcia 440
Limity kątowe 441
Limity obrabiarki 441
Limity cyklu 442
Definiowanie posuwów 443
Krzywizna ścieżki 443
Posuw czasowy — G93 443
Postprocesory 444

Rozdział 22. Nowości 8.5 – 10.5 445

CAD 445
Punkty charakterystyczne 445
Wybór punktów 445
Półfabrykat 446
Pliki IGES 446
Pliki DWG/DXF 446
Widoczność ścieżek 447
Wykrywanie usuniętej geometrii 447
FREZOWANIE 448
Cykl Obróbka wgłębna (Plunge Milling) 448
Cykl Zgrubny 450
Cykl Profilowanie 451
Cykl Wierszowanie 455
Cykl Planowanie 455
Kąty styku 455
Ucinanie ścieżek 456
Magazyn narzędzi 456
Import oprawek z systemów CAD 456

Symulacja 457
Nagrywanie filmów — pliki AVI 457
Dodatkowe materiały 458
www.edgecam.cad.pl 458

Dodatki 459

Skorowidz 461

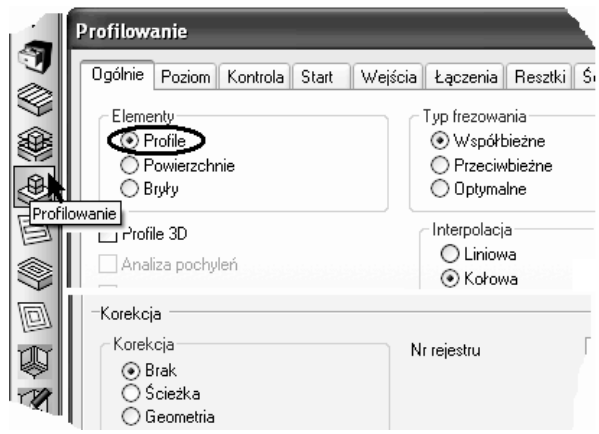
Rozdział 6.

Cykle profilowe i obróbka otworów

Za pomocą cyklu obróbki kieszeni można wyfrezować element bez pozostawienia naddatków na obróbkę wykańczającą, definiując ostatnie przejście z mniejszą szerokością skrawania — nie zawsze jednak jest to możliwe do zrealizowania. Do obróbki wykańczającej profili zamkniętych i otwartych służy cykl *Profilowanie*, który podobnie jak cykl *Zgrubny* ma (oprócz obróbki elementów typu *Bryły* i *Powierzchnie*) możliwość generowania ścieżek na podstawie geometrii 2D (*Profile*). Oprócz wspomnianych zagadnień w rozdziale tym zostaną poruszone kwestie obróbki otworów, frezowania gwintów, rowków, tekstów i grawerowania.

Obróbka wykańczająca — cykl Profilowanie

Cykl *Profilowanie* (menu *Frezowanie*) służy do obróbki wykańczającej części po obróbce zgrubnej kieszeni albo może stanowić samodzielny cykl (rysunek 6.1) obróbki profili zamkniętych lub otwartych z możliwością stosowania *Korekcji* na promień narzędzia. W tym cyklu (jak w *Zgrubnym*) można obrabiać elementy z pochylonymi ściankami.



Rysunek 6.1. *Karta Ogólnie cyklu Profilowanie i ikona wywołująca cykl*

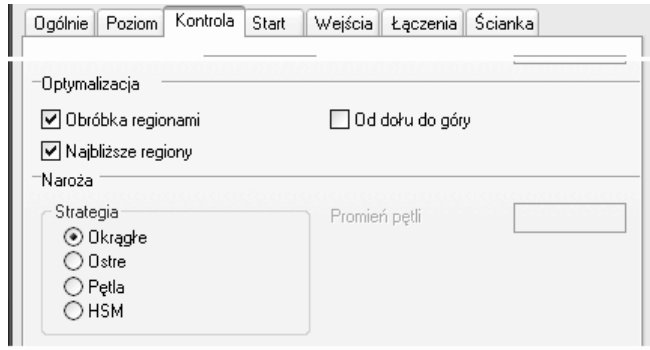
Karta Ogólnie

Na karcie *Ogólnie* pojawia się jeden nowy parametr *Korekcja*:

- *Ścieżka* — kod NC generowany jest jako współrzędne ścieżki, czyli na środek narzędzia.
- *Geometria* — kod NC generowany jest jako współrzędne geometrii.

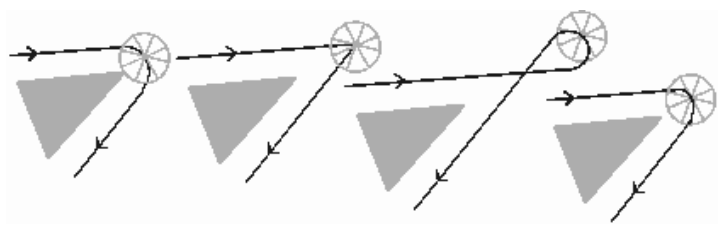
Karta Kontrola

Na karcie *Kontrola* (rysunek 6.2) istotne dla profili 2D są następujące parametry i opcje:



Rysunek 6.2. *Karta Kontrola cyklu Profilowanie*

- *Obróbka regionami* — jeżeli opcja ta jest zaznaczona, wówczas obróbka jednego elementu przebiega do końca, zanim narzędzie przejedzie do następnego.
- *Naroża* — opcja ta określa sposób generowania ścieżki na narożach detalu (rysunek 6.3). Cykle posiadają ustawienia dla obróbki zewnętrznych ostrych naroży. Aby zapobiec tępieniu tych krawędzi i jednocześnie utrzymać łagodne przejście narzędzia, najlepiej korzystać z opcji HSM.

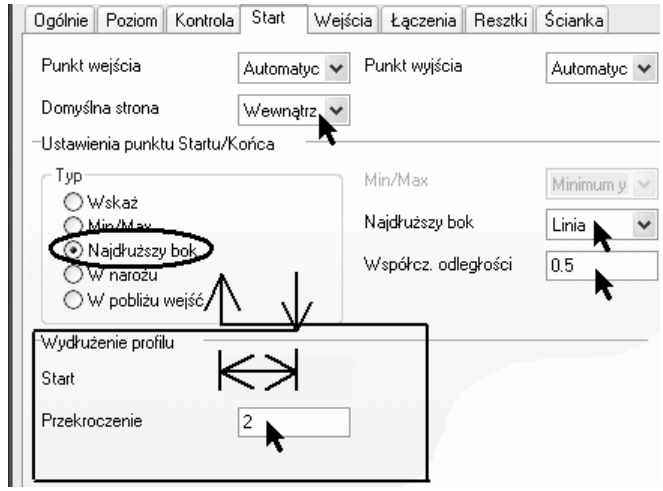


Rysunek 6.3. *Naroże Okrągłe, Ostre, Pętla i HSM*

Karta Start

Cykl *Profilowanie* ma dużo możliwości ustawiania opcji startu i zakończenia obróbki widocznych na rysunku 6.4. W tym rozdziale zostaną omówione podstawowe, pozostałe natomiast poznasz w rozdziale 8.

Najczęściej stosowana jest opcja *Najdłuższy bok* (wybór *Linia* lub *Łuk*). *Współczynnik odległości* zawarty jest w granicach 0 – 1. W tym przypadku 0.5 oznacza, że wejście narzędzia będzie się odbywać w połowie najdłuższego odcinka na profilu.



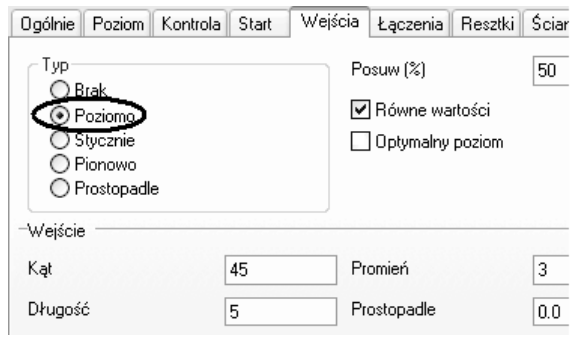
Rysunek 6.4. *Karta Start i zasada działania parametru Przekroczenie*

Pozostałe parametry istotne w tym przypadku to:

- *Domyślna strona* — opcja ta określa, z której strony jest obrabiany profil; nie musisz jej wybierać obowiązkowo, ponieważ po wskazaniu profilu do obróbki program zapyta, z której strony ma on być obrabiany.
- *Wydłużenie profilu* — określa odsunięcie (+) lub przybliżenie (–) punktu *Startu* i *Końca* obróbki stycznie do wybranego profilu.
- *Przekroczenie* — określa wartość wyjścia narzędzia poza punkt końcowy obróbki dla zamkniętego profilu (rysunek 6.4).

Karta Wejścia

Ruchy wejścia i wyjścia (rysunek 6.5) narzędzia w tym przypadku są ruchami w płaszczyźnie XY (*Poziomo*), które występują na początku i końcu cyklu. To polecenie gwarantuje brak kontaktu frezu z materiałem przy rozpoczęciu i zakończeniu cyklu. Każdorazowo narzędzie jest oddalone od części obrabianej, a co za tym idzie, na materiale nie ma widocznych śladów ścieżek. Szczegółowo karta ta jest omówiona w rozdziale 12.

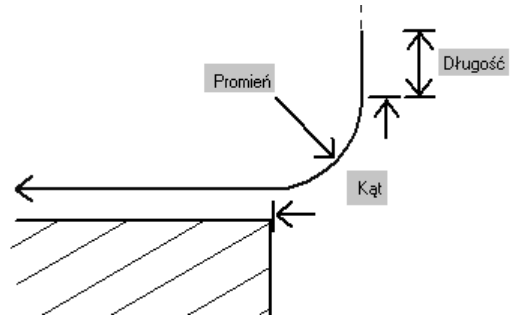


Rysunek 6.5. *Karta Wejścia cyklu Profilowanie*

Wejście i wyjście narzędzia (rysunek 6.6) mogą być definiowane przez kilka parametrów:

- *Długość* dla ruchu po prostej.
- *Promień* dla ruchu po łuku.
- *Kąt* określający nachylenie ruchu po prostej względem ścieżki wejścia.
- *Prostopadle* dla dodatkowego ruchu dojazdu.

Rysunek 6.6.
Parametry Wejścia (wyjścia) narzędzia



Obróbka profili kieszeni

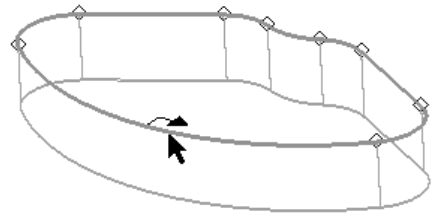
W tym ćwiczeniu poznasz zasady obróbki profili zamkniętych.

1. Otwórz plik *Kieszen_pionowa.ppf*. Warstwy z obróbką zgrubną są ukryte.

Jest to kontynuacja obróbki pliku *Kieszenie_pionowe.ppf* z poprzedniego rozdziału.

2. Przejdź do modułu *Obróbka*.
3. Wybierz frez z *Magazynu* — `Frez walcowy 10`.
4. Wybierz cykl *Profilowanie* (za pomocą menu *Frezowanie* lub ikony pokazanej na rysunku 6.1) i podaj parametry obróbki:
   - Karta *Ogólnie* — parametry takie jak na rysunku 6.1.
   - Karta *Poziom — Bezpieczny* `10`, *Poziom* `0`, *Głębokość* `-20`, *Głęb. skraw.* `5`, opcja *Zakończ na*: `poziomie` *Bezpiecznym*.
   - Karta *Start* — parametry takie jak na rysunku 6.4.
   - Karta *Wejścia* — parametry takie jak na rysunku 6.5.
5. Kliknij dwukrotnie zielony (rysunek 6.7) profil kieszeni w pobliżu oczekiwanego punktu startu obróbki i naciśnij *Enter*.
6. Na ekranie pojawi się strzałka (w pobliżu miejsca wskazania), która określa, jaka strona profilu będzie obrabiana. Przy prawidłowym położeniu powinna ona znajdować się po wewnętrznej stronie profilu.

Rysunek 6.7.
Górny profil kieszeni



Jeśli strzałka znajduje się po zewnętrznej stronie profilu, wówczas kliknij kursorem wewnątrz kieszeni, a zmieni ona swoje położenie na przeciwne.

Strzałka mogła się nie pojawić wewnątrz, ponieważ nie zaznaczyłeś opcji widocznych na rysunku 6.4 (*Domyślna strona*) — aby to zrobić, nie wychodząc z polecenia, naciśnij klawisz *Escape*, który spowoduje powrót do okna dialogowego, i zaznacz tę opcję.

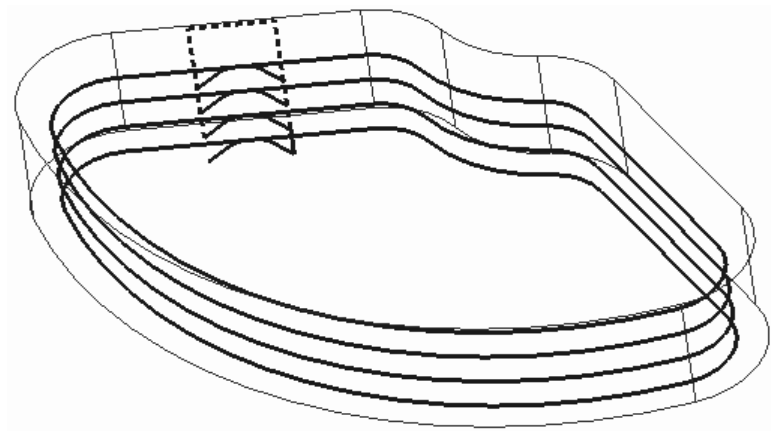
7. Strzałkę możesz przemieścić, klikając lewym klawiszem myszy w innym punkcie profilu i naciskając *Enter*.

Aby strzałka była umieszczona na środku elementu (linii lub łuku), muszą być zaznaczone odpowiednie opcje *Uchwytów* na karcie *Wybór* (menu *Opcje/System*) — zobacz w rozdziale 3.

8. Program zapyta o zakres obróbki — nie jest on jednak w tym przypadku stosowany, więc naciśnij *Enter*.

9. Program wygeneruje ścieżkę — rysunek 6.8.

Rysunek 6.8.
Wygenerowana ścieżka Profilowania



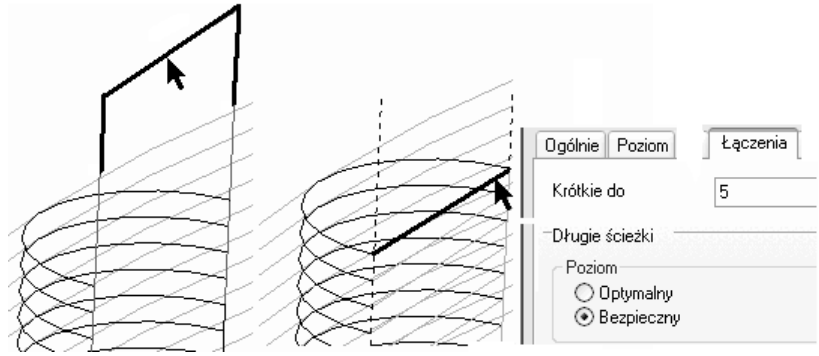
10. Wyjedź narzędziem *Do wymiany* i przeprowadź *Symulację obróbki*.

Optymalizacja wyjazdów

W tym ćwiczeniu poznasz zasady stosowania optymalizacji wyjazdów.

Zauważ, że po obróbce każdego z poziomów narzędzie wyjeżdża ruchem szybkim lub łączenia na poziom *Bezpieczny* albo *Optymalny* — w zależności od ustawień tych opcji na karcie *Łączenia/ Długie ścieżki* — zobacz rysunek 6.9.

Rysunek 6.9.
Poziomy łączenia Długich ścieżek



W przypadku ustawienia *Poziomu* wyjazdu na *Bezpieczny* przed przejściem do kolejnego poziomu obróbki narzędzie wyjeżdża (rysunek 6.9 po lewej) na poziom *Bezpieczny*, którego wartość określona jest na karcie *Poziom*.

W przypadku ustawienia *Poziomu* wyjazdu na *Optymalny* narzędzie bezpośrednio przejeżdża do wejścia kolejnej ścieżki. Sposób przejazdu określa opcja *Krótkie ścieżki/Typ*.

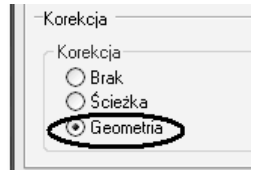
Aby przejazdy mogły się odbywać na poziomie *Optymalnym*, poza zaznaczeniem tej opcji należy ustawić odpowiednią wartość *Krótkich ścieżek*. Powinna być ona większa od *Głębokości skrawania* na karcie *Poziom*.

Stosowanie korekcji

W tym ćwiczeniu poznasz zasady stosowania korekcji.

Opcje *Korekcji* w przypadku cyklu *Profilowanie* znajdują się w dolnej części okna na karcie *Ogólnie*. Edytuj cykl *Profilowanie* i zaznacz polecenie *Geometria* przy *Korekcji* — rysunek 6.10.

Rysunek 6.10.
Opcje Korekcji



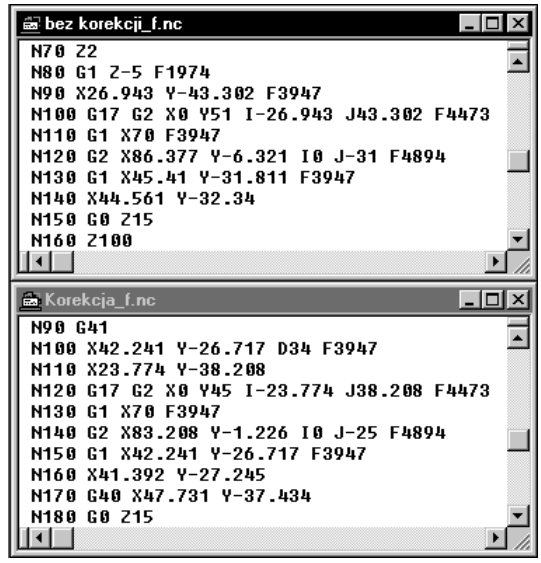
Jeśli opcje *Korekcji* są niektywne, sprawdź, czy *Typ frezowania* (karta *Ogólnie*) jest ustawiony na *Współbieżny* lub *Przeciwbieżny* (*Optymalny* nie jest obsługiwany) oraz czy na karcie *Wejścia* nie jest zaznaczona opcja *Optymalny poziom* (powoduje ona podniesienie ścieżek przy dnie w 3D) — rysunek 6.11. Ponadto na karcie *Wejścia* ich *Typ* powinien być ustawiony na *Poziomo*, a na karcie *Łączenia* typ *Krótkich ścieżek* na *Krok*.

Rysunek 6.11. *Parametry mające wpływ na Korekcję*

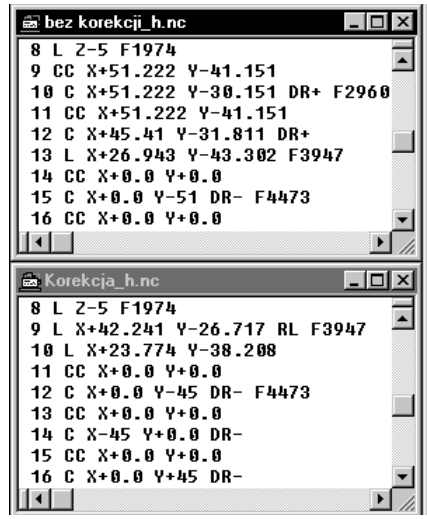
Kod NC generowany jest w tym przypadku jako współrzędne geometrii. Na ekranie zostaje dotychczas wygenerowana ścieżka, która używana jest w module *Symulacja*. Innym kolorem zostaje wygenerowana ścieżka odpowiadająca współrzędnym profilu (z korekcją) — ma ona jedynie charakter poglądowy.

Przykłady kodów NC z korekcją możesz zobaczyć na rysunkach 6.12 i 6.13.

Rysunek 6.12. *Fragment kodu bez korekcji i z korekcją — sterowanie Fanuc*



Zauważ, że podczas generowania kodu program może przeliczać posuwy na łukach profilu.



Rysunek 6.13. *Fragment kodu bez korekcji i z korekcją — sterowanie Heidenhain*

Obróbka profili pochylonych

W tym ćwiczeniu poznasz zasady obróbki profili kieszeni zamkniętych o pochylonych ściankach.

1. Otwórz plik *Scianki_pochylone.ppf* i przejdź do modułu *Obróbka*. Warstwy z obróbką zgrubną są ukryte.

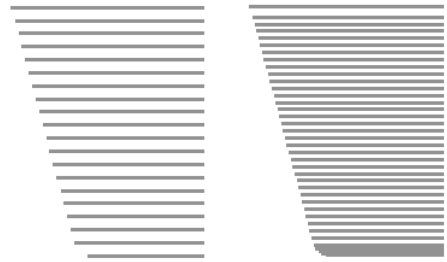
Jest to kontynuacja obróbki pliku *Scianki_pochylone.ppf* z poprzedniego rozdziału.

2. Wybierz frez z *Magazynu* — `Frez walcowy 10 R2`.
3. Wybierz cykl *Profilowanie* (menu *Frezowanie* lub ikona widoczna na rysunku 6.1) i podaj parametry obróbki, tak jak w poprzednim przykładzie:
   - Karta *Ogólnie* — parametry takie jak na rysunku 6.1.
   - Karta *Poziom* — *Bezpieczny* `10`, *Poziom* `0`, *Głębokość:* `-20`, *Głębokość skrawania* `2`.
   - Karta *Wejścia* — parametry takie jak na rysunku 6.5.
   - Karta *Ścianka* — zaznacz opcję jak na rysunku 6.14.

Rysunek 6.14. *Karta Ścianka cyklu Profilowanie dla tego przykładu*

4. Zasady wskazywania profilu są takie jak w poprzednim przykładzie.

5. Kliknij dwukrotnie czerwony profil kieszeni w pobliżu oczekiwanego punktu startu obróbki i naciśnij *Enter*.
6. Na ekranie pojawi się strzałka (w pobliżu miejsca wskazania), która określa, w jakim miejscu rozpocznie się obróbka i jaka strona profilu będzie obrabiana. Prawidłowo powinna ona znajdować się w położeniu po wewnętrznej stronie profilu.
7. Strzałkę możesz przemieścić, klikając lewym klawiszem myszy w innym punkcie profilu i naciskając *Enter*.
8. Program wygeneruje ścieżkę — rysunek 6.15.



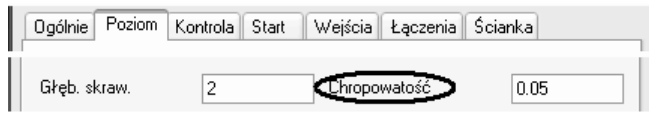
Rysunek 6.15. *Cykl Profilowanie w widoku bocznym bez zagęszczenia i z zagęszczeniem ścieżki*

9. Wyjedź narzędziem *Do wymiany* i przeprowadź *Symulację obróbki*.

Jak zagęścić ścieżkę

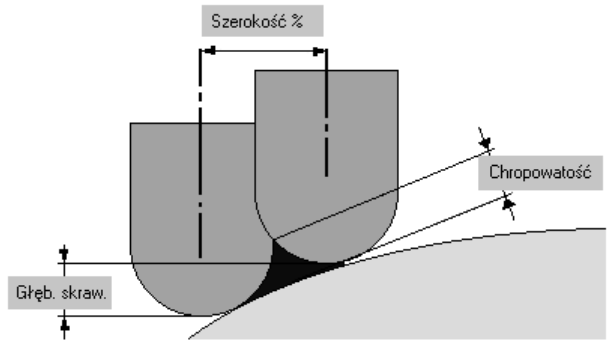
W kieszeniach (stemplach) często występuje promień między dnem a ścianką, co wymaga zastosowania frezu z promieniem równym temu na detalu. W EdgeCAM można użyć narzędzia o mniejszej wartości promienia zaokrąglenia (promień na detalu określić parametrem *Promień dolny* na karcie *Ścianka*) i aby uzyskać wymagane zaokrąglenie przy dnie (oraz jakość powierzchni pochylonych ścianek), należy lokalnie zagęścić ścieżkę.

Ścieżkę można lokalnie zagęścić, używając parametru *Chropowatość* (na karcie *Poziom* — rysunek 6.16), który określa maksymalną wartość materiału, jaka może pozostać między dwoma kolejnymi przejściami narzędzia. Chropowatość jest mierzona długością wektora normalnego w danym punkcie.



Rysunek 6.16. *Karta Poziom cyklu Profilowanie dla tego przykładu*

Głównym parametrem sterującym ścieżką w cyklu *Profilowanie* jest *Głębokość skrawania*. Jeżeli parametr głębokości wystarcza do uzyskania żądanej chropowatości powierzchni, wówczas obróbka odbywa się kolejnymi zejściami narzędzia z założoną głębokością skrawania. Jeżeli wartość chropowatości jest większa, wtedy ścieżka jest zagęszczana lokalnie na kolejnych poziomach w osi Z — rysunek 6.17.



Rysunek 6.17. *Zasada zagęszczania ścieżki*

Wartość parametru *Chropowatość* nie może być mniejsza od parametru *Tolerancja*.

1. Edytuj cykl i wprowadź parametr *Chropowatość*.
2. Porównaj gęstość ścieżek w osi Z.
3. Przeprowadź *Symulację obróbki*.

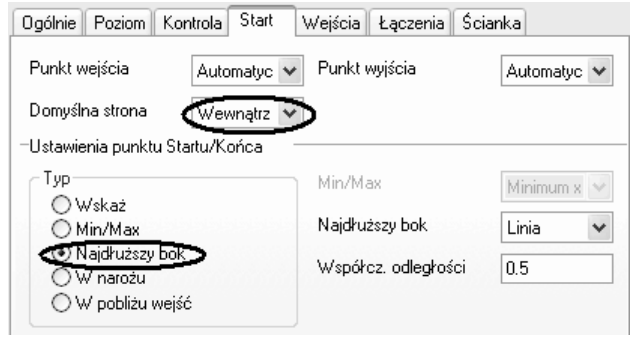
Bez potrzeby tworzenia rysunku przestrzennego czy używania cykli powierzchniowych można wyfrezować kieszeń lub stempel, których ściany boczne mają już bardziej skomplikowane kształty.

Obróbka kieszeni z wyspami

W tym ćwiczeniu poznasz zasady obróbki profili zewnętrznych.

Jest to kontynuacja obróbki pliku *Kieszenie_z_wyspami.ppf* z poprzedniego rozdziału.

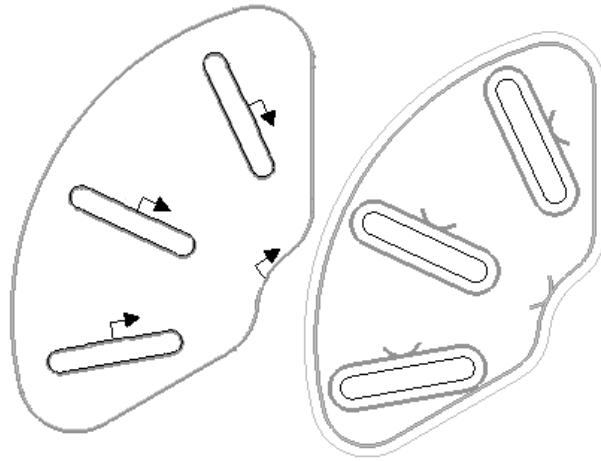
1. Otwórz plik *Kieszenie_z_wyspami.ppf*. Warstwy z obróbką zgrubną są ukryte.
2. Przejdź do modułu *Obróbka*.
3. Wybierz frez z *Magazynu* — `Frez walcowy 6`.
4. Wybierz cykl *Profilowanie* (używając menu *Frezowanie* lub ikony pokazanej na rysunku 6.1) — podaj parametry jak poprzednio:
   - Karta *Ogólnie* — parametry takie jak na rysunku 6.1.
   - Karta *Poziom* — *Bezpieczny* `10`, *Poziom* `0`, *Głębokość:* `-20`, *Głębokość skrawania* `2`.
   - Karta *Start* — parametry takie jak na rysunku 6.18.



Rysunek 6.18. *Karta Start cyklu Profilowanie dla tego przykładu*

- Karta *Wejścia* — parametry takie jak na rysunku 6.5.

5. Zasady wskazywania profilu są takie jak w poprzednim przykładzie.
6. Kliknij dwukrotnie niebieski profil kieszeni oraz kolejno trzy białe profile wysp i naciśnij *Enter*.
7. Na ekranie pojawią się strzałki, które określają, w jakim miejscu rozpocznie się obróbka. Ustaw je, klikając lewym klawiszem myszy jak na rysunku 6.19, i naciśnij *Enter*.



Rysunek 6.19. *Cykl Profilowanie z punktami rozpoczęcia obróbki i wygenerowana ścieżka*

8. Program wygeneruje ścieżkę.
9. Wyjedź narzędziem *Do wymiany* i przeprowadź *Symulację obróbki*.

Zauważ, że cykl generuje ścieżkę od wysokości, od której występują wskazane profile.

Obróbka po krawędzi przekroju

W tym ćwiczeniu poznasz zasady obróbki elementów ze ściankami o złożonych przekrojach.

1. Otwórz plik *Elektroda_po_sciance.ppf*. Warstwy z obróbką zgrubną są ukryte.

Jest to kontynuacja obróbki pliku *Elektroda_po_sciance.ppf* z poprzedniego rozdziału.

2. Przejdź do modułu *Obróbka*.
3. Wybierz frez z *Magazynu* — `Frez kulisty 20`.
4. Wybierz cykl *Profilowanie* (za pomocą menu *Frezowanie* lub ikony pokazanej na rysunku 6.1) i podaj parametry obróbki:
   - Karta *Poziom — Poziom bezpieczny:* `10`, *Poziom* `0`, *Głębokość:* `-30`, *Głębokość skrawania* `2`, *Chropowatość* `0.05`.
   - Karta *Ścianka* — jak na rysunku 6.20. Zaznacz opcję *Wskaż profil ścianki* i naciśnij *OK*.

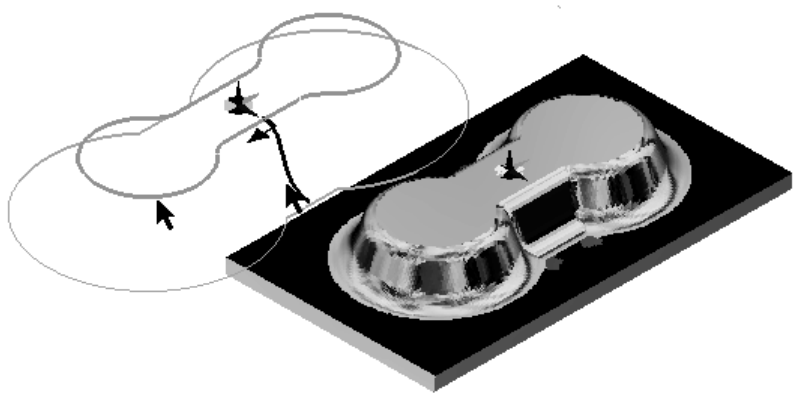
Rysunek 6.20. *Karty Ścianka i Poziom z opcjami cyklu*

5. Kliknij dwukrotnie jeden z elementów górnego żółtego profilu i naciśnij *Enter*.

Pojawi się strzałka, która powinna znajdować się na zewnątrz profilu. Jeśli znajduje się ona po jego wewnętrznej stronie, kliknij lewym klawiszem po stronie zewnętrznej, wtedy strzałka przełączy się na zewnątrz.

6. Nie zmieniaj położenia punktów *Startu/Końca*, tylko naciśnij *Enter*.
7. Program zapyta o krawędź zagłębiania — wskaż niebieski profil (rysunek 6.21) przekroju stempla.
8. Program wygeneruje ścieżkę.
9. Wyjedź narzędziem *Do wymiany* i przeprowadź *Symulację obróbki*.

Rysunek 6.21.
Wskazywane profile i część po obróbce



Obróbka profili otwartych

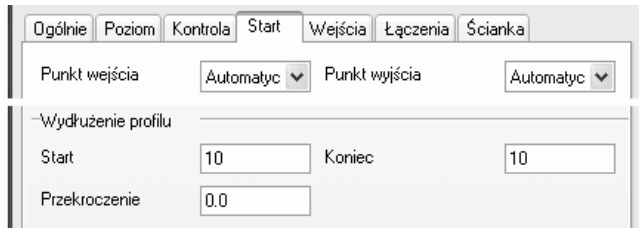
W tym ćwiczeniu poznasz zasady obróbki profili otwartych.

1. Otwórz plik *Kieszenie_otwarte.ppf*. Warstwy z obróbką zgrubną są ukryte.

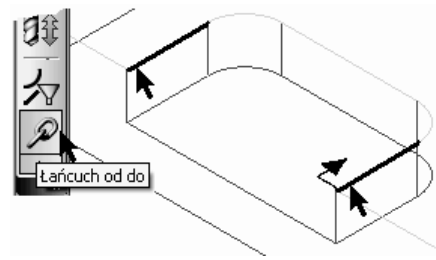
Jest to kontynuacja obróbki pliku *Kieszenie_otwarte.ppf* z poprzedniego rozdziału.

2. Przejdź do modułu *Obróbka*.
3. Wybierz frez z *Magazynu* — `Frez walcowy 10`.
4. Wybierz cykl *Profilowanie* (użyj menu *Frezowanie* lub ikony pokazanej na rysunku 6.1) i podaj parametry obróbki:
   - Karta *Poziom* — *Bezpieczny* `10`, *Poziom* `0`, *Głębokość:* `-15`, *Głębokość skrawania* `3`.
   - Karta *Start* — *Wydłużenie profilu* jak na rysunku 6.22.

Rysunek 6.22.
Karta Wejścia z parametrami cyklu



5. Kliknij ikonę *Łańcuch od/do* — to ostatnia ikona na pionowym pasku (rysunek 6.23) między przeglądarką a oknem widoku.
6. Wskaż jeden ze skrajnych elementów kieszeni w pobliżu końca.
7. Wskaż drugi skrajny element w pobliżu końca.

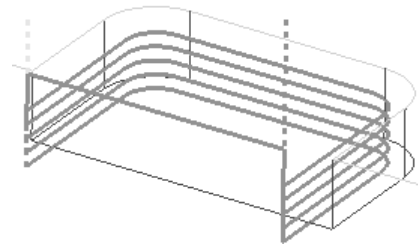


Rysunek 6.23. *Wskazywanie łańcuchem profilu otwartego*

8. Gdy program podświetli wszystkie elementy kieszeni leżące między wskazanymi skrajnymi, naciśnij *Enter*.
9. Na ekranie pojawi się strzałka. Jeśli nie leży wewnątrz kieszeni, kliknij kursorem w pobliżu drugiego końca kieszeni — strzałka powinna się przemieścić.

Strzałki nie da się przerzucić na przeciwną stronę linii, przy której się pokazała, ponieważ nie zostałby wówczas utrzymany kierunek frezowania z karty *Ogólnie* (*Współbieżny* lub *Przeciwbieżny*).

10. Kliknij *Enter*. Program wygeneruje ścieżkę — rysunek 6.24.



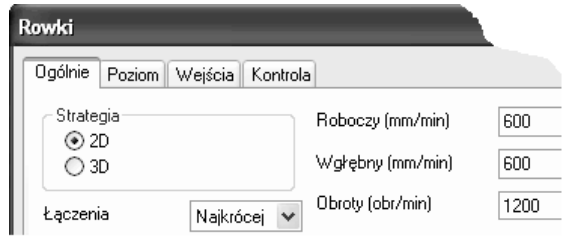
Rysunek 6.24. *Widok wygenerowanej ścieżki*

Obróbka rowków

W cyklu *Rowki* (menu *Frezowanie*) narzędzie prowadzone jest środkiem po wskazanym profilu, np. logo firmy wczytane z Corela przez format AutoCAD DXF. Profile mogą być zamknięte lub otwarte. W tym cyklu można zastosować dwie *Strategie* obróbki:

- *2D* — w tej strategii narzędzie porusza się na płaszczyźnie XY po elementach geometrii, np. linii, łuków, ciągłości.
- *3D* — w tej strategii narzędzie porusza się po krzywych i ciągłości 3D.

Po wyborze strategii zostaną wyświetlone odpowiednie dla niej parametry cyklu — rysunek 6.25.



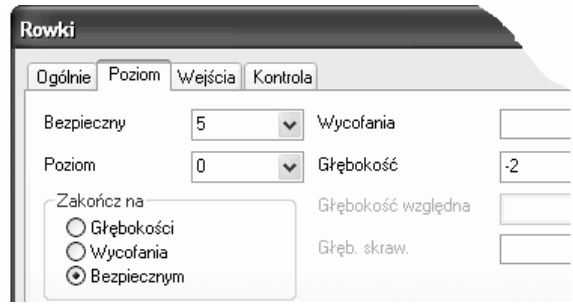
Rysunek 6.25. *Karta Ogólnie cyklu Rowki*

Jeżeli w jednym cyklu obrabianych jest kilka rowków, można określić sposób poruszania się narzędzia między nimi. Określa to parametr *Łączenia*:

- *Najkrócej* — tworzy ruch szybki 3D do punktu startu następnego rowka.
- *Na Bezpiecznym* — narzędzie wykonuje szybki pionowy wyjazd na *Poziom bezpieczny*, następnie przejazd tym poziomem nad punkt startu następnego rowka i ruchem roboczym zjeżdża do niego.

Karta Poziom

W przypadku stosowania *Strategii 2D* na karcie *Poziom* (rysunek 6.26) dostępne są standardowe parametry, bez możliwości zdefiniowania głębokości skrawania. W przypadku opcji *3D — Głębokość względna* określa głębokość rowka, która jest osiągana kolejnymi zejściami o wartości parametru *Głębokość skrawania*.



Rysunek 6.26. *Karta Poziom cyklu Rowki*

Karta *Wejścia* jest dostępna w przypadku używania strategii `2D` i zawiera parametry podobne jak w przypadku cyklu *Profilowanie*.

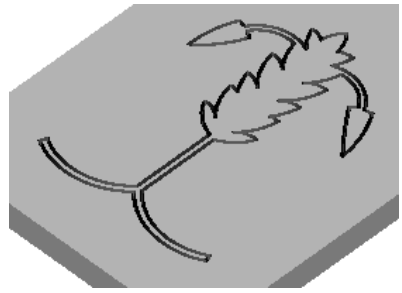
Obróbka logo firmy z CorelDRAW

W tym ćwiczeniu poznasz zasady obróbki za pomocą cyklu *Rowki*.

1. Otwórz plik *Rowki.ppf*.
2. Przejdź do modułu *Obróbka*.
3. Wybierz frez stożkowy z *Magazynu* — `Frez do rowków`.

4. Wybierz cykl *Rowki* (za pomocą menu *Frezowanie*) i podaj parametry obróbki:
   - Karta *Ogólnie* — wpisz parametry takie jak na rysunku 6.25.
   - Karta *Poziom* — wpisz parametry takie jak na rysunku 6.26 i naciśnij *OK*.
5. Wskaż zielony profil do obróbki (jest zamieniony w *Ciągłość*) i naciśnij *Enter*.
6. Możesz teraz wskazać nowy punkt startu i nacisnąć *Enter*.
7. Program wygeneruje ścieżkę.
8. Wyjedź narzędziem *Do wymiany*.
9. Przeprowadź *Symulację obróbki* — zobacz rysunek 6.27.

Rysunek 6.27. *Element po symulacji obróbki*



W przypadku obróbki zamkniętych profili celowe wydaje się stosowanie parametru *Przekroczenie* z karty *Wejścia*. Zapobiega to powstawaniu śladu po obróbce i pozostawieniu nieobrobionego fragmentu profilu.

Obróbka tekstów

W obróbce różnego rodzaju części mamy do czynienia z koniecznością wyfrezowania napisu lub cyfr. Tekst do obróbki może być stworzony w EdgeCAM (menu *Geometria/Tekst*)[1] lub zaimportowany z innego programu CAD czy pliku tekstowego.

Obróbka tekstu wklęsłego

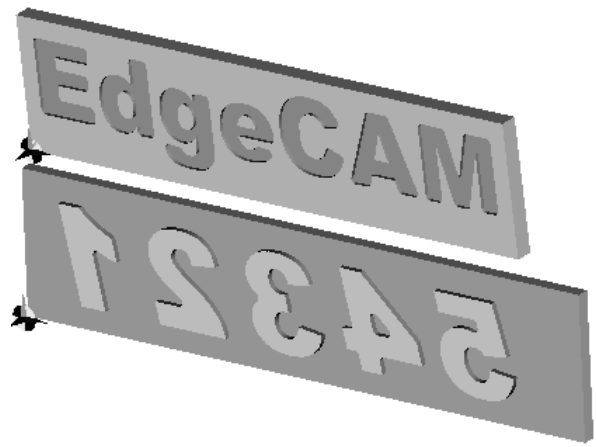
Czcionki Windows (TrueType) posiadające już grubość oraz parametry typu pogrubienie, pochylenie czy kerning są stworzone w programie jako cecha. W zależności od zastosowanej metody obróbki można z nich uzyskać napis wklęsły lub wypukły.

W tym ćwiczeniu poznasz zasady obróbki tekstu wklęsłego.

1. Otwórz plik *Tekst_wklesly.ppf*.
2. Przejdź do modułu *Obróbka*.
3. Wybierz frez z *Magazynu* — `Frez walcowy 5`.

[1] Szczegóły w rozdziale 2.

4. Wybierz cykl *Zgrubny* (menu *Frezowanie*) i podaj parametry obróbki:
   - Karta *Ogólnie — Profile*, *Półfabrykat — Typ*: *Brak*.
   - Karta *Poziom* — ustaw: *Bezpieczny:* `10`, *Poziom*: `0`, *Głębokość:* `-2` i.kliknij *OK*.
5. Wskaż żółty profil tekstu do obróbki i naciśnij *Enter*.
6. Program zapyta o zakres obróbki — tutaj nie jest on istotny, więc naciśnij *Enter*.
7. Program wygeneruje ścieżkę — rysunek 6.28.



Rysunek 6.28. *Wklęsły napis EdgeCAM i wypukłe cyfry*

8. Wyjedź narzędziem *Do wymiany* i przeprowadź *Symulację obróbki* — zobacz rysunek 6.28.

Jak widać, czcionki Windows (TrueType) można obrabiać przy użyciu dotychczas poznanych standardowych cykli obróbki krawędziowej.

Obróbka cyfr wypukłych

W tym ćwiczeniu poznasz zasady obróbki tekstu wypukłego.

1. Otwórz plik *Tekst_wypukly.ppf*.
2. Przejdź do modułu *Obróbka*.
3. Wybierz frez z *Magazynu* — `Frez walcowy 5`.
4. Wybierz cykl *Zgrubny* (menu *Frezowanie*) i podaj parametry obróbki:
   - Karta *Ogólnie — Profile*, *Półfabrykat — Typ*: *Profil*.
   - Karta *Poziom* — ustaw: *Bezpieczny:* `10`, *Poziom*: `0`, *Głębokość:* `-2` i kliknij *OK*.
5. Wskaż żółty profil tekstu do obróbki i naciśnij *Enter*.
6. Przy wskazywaniu profilu *Półfabrykatu* kliknij dwukrotnie jedną z zewnętrznych niebieskich linii i naciśnij *Enter*.

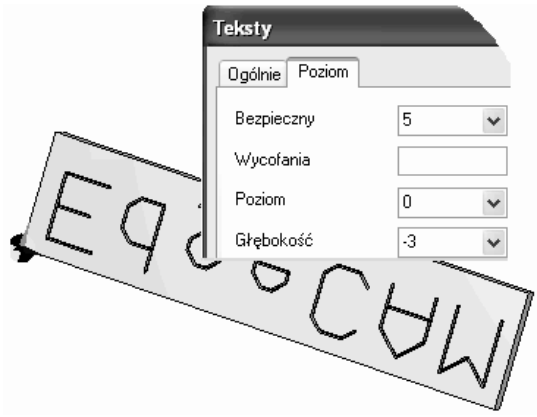
7. Program zapyta o zakres obróbki — tutaj nie jest on istotny, więc naciśnij *Enter*.
8. Program wygeneruje ścieżkę.

Obróbka tekstów wektorowych

W EdgeCAM można wykorzystać czcionki wektorowe (bez grubości) z możliwością nadania pochylenia, odbicia, odstępu między literami itd. i obrabiać je za pomocą cyklu *Teksty* (menu *Frezowanie* — ikona tego cyklu nie jest wyciągnięta na pulpit) — wówczas frez (zwykle stożkowy) porusza się dokładnie po napisie.

W tym ćwiczeniu poznasz zasady obróbki tekstu wektorowego.

1. Otwórz plik *Tekst_wektorowy.ppf*.
2. Przejdź do modułu *Obróbka* (menu *Opcje*).
3. Wybierz frez stożkowy z *Magazynu* — `Frez do tekstów` (menu *Narzędzia*).
4. Wybierz cykl *Teksty* (menu *Frezowanie*) i podaj parametry obróbki jak na rysunku 6.29, a następnie kliknij *OK*.

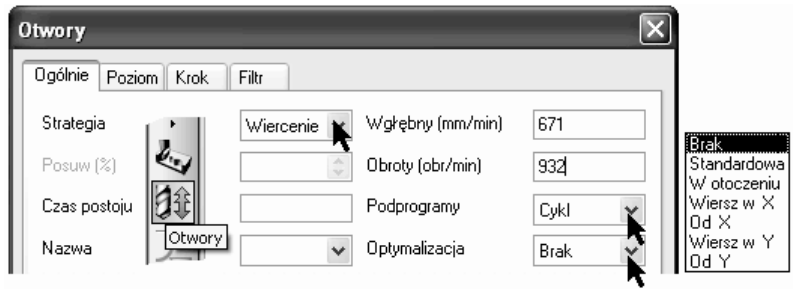


Rysunek 6.29. *Obróbka tekstu wektorowego*

5. Wskaż żółty profil liter i naciśnij *Enter*.
6. System wygeneruje ścieżkę.
7. Wyjedź narzędziem *Do wymiany*.
8. Przeprowadź *Symulację obróbki* — zobacz rysunek 6.29.

Cykle obróbki otworów

Do definiowania obróbki otworów w EdgeCAM służy cykl *Otwory* (menu *Frezowanie*) — rysunek 6.30, zawierający różne opcje wiercenia. W dalszym opisie pojęcie „wiercenia" będzie używane jako ogólne określenie na metody wykonywania otworów. Na rysunkach 2D otwory mogą być reprezentowane przez punkty, okręgi lub osie symetrii.



Rysunek 6.30. *Karta Ogólnie cyklu Otwory i ikona wywołująca cykl*

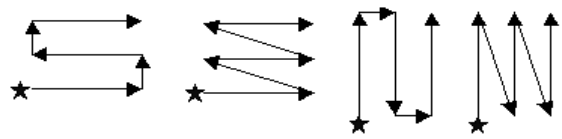
Ikona *Otwory* jest aktywna po wybraniu narzędzia do obróbki otworów (np. wiertło, rozwiertak itd.).

Karta Ogólnie

- *Strategia obróbki*:
  - *Wiercenie* — wiertło po każdym zagłębieniu wycofuje się ruchem szybkim.
  - *Pogłębianie* — to samo co w cyklu *Wiercenie*, z tym że po każdym zagłębieniu następuje wycofanie.
  - *Rozwiercanie* — rozwiertak schodzi do *Głębokości* i wycofuje się na poziom *Bezpieczny*.
  - *Wytaczanie* — po osiągnięciu parametru *Głębokość* wrzeciono jest zatrzymywane, następuje odjazd narzędzia od materiału celem uniknięcia uszkodzenia obrobionej powierzchni i wyjazd do góry.
  - *Gwintowanie* — gwintownik po osiągnięciu parametru *Głębokość* jest zatrzymywany (programowana przerwa), następuje zmiana obrotów wrzeciona i wyjazd do góry.

W przypadku obróbki większej ilości otworów rozmieszczonych w dużych odległościach od siebie program umożliwia optymalizację ścieżki celem minimalizacji ruchów przejazdowych między nimi.

- *Optymalizacja*:
  - Przy obróbce otworów skupionych (np. wzorów prostokątnych) można optymalizować ścieżki za pomocą czterech kryteriów, tj. *Wiersz w X*, *Od X*, *Wiersz w Y* i *Od Y* — rysunek 6.31.



Rysunek 6.31. *Strategie optymalizacji ścieżki otworów skupionych*

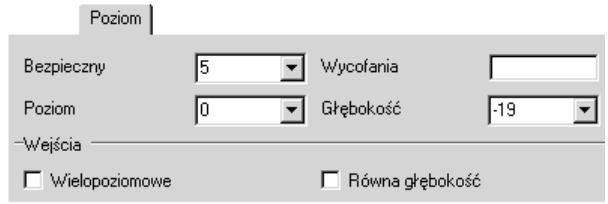
- *Standardowa* — służy do optymalizacji przejazdów otworów rozłożonych nieregularnie.
- *W otoczeniu* — służy do optymalizacji przejazdów otworów rozłożonych, ale skupionych na niewielkim obszarze.

- *Podprogramy* — plik NC może być generowany:
  - *Cykl* — w formie cykli wiercenia występujących na danym sterowaniu maszyny.
  - *Geometria* — jako zwykły zapis współrzędnych.

Karta Poziom

Parametry poziomów obróbki (rysunek 6.32) są podobne jak przy frezowaniu:

Rysunek 6.32. *Karta Poziom cyklu Otwory*



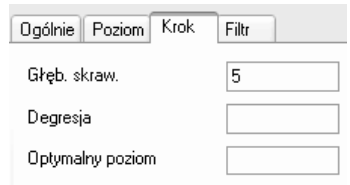
- *Bezpieczny* — określa, na jaką wysokość ma wyjechać narzędzie po obróbce do następnego otworu lub na końcu cyklu.
- *Wycofania* — określa wysokość wyjazdu narzędzia pomiędzy poszczególnymi zagłębieniami.
- *Poziom* — określa wartość absolutną poziomu rozpoczęcia obróbki.
- *Głębokość* — określa głębokość wierconego otworu.
- *Wielopoziomowe* — tego parametru używa się w przypadku obróbki w jednym cyklu otworów znajdujących się na różnych wysokościach względem siebie.

Parametry *Głębokości* i *Poziom* wycofania są wartościami względnymi do wskazanego elementu.

Karta Krok

Jeśli otworu nie będziesz wiercić od razu do pełnej głębokości, a chcesz tylko zastosować stopniowe wejścia, wtedy definiujesz parametry znajdujące się (rysunek 6.33) na tej karcie:

- *Głębokość skrawania* — wielkość zagłębienia narzędzia.
- *Degresja* — każde kolejne wejście może być mniejsze o tę wartość.
- *Optymalny poziom* — odległość ruchu roboczego przed kolejnym zagłębieniem.



Rysunek 6.33. *Karta Krok cyklu Otwory*

Ruchy Narzędzia bez parametru Głębokość skrawania

Przy normalnym wierceniu narzędzie wykonuje następujące ruchy:

1. Ruch szybki na poziomie *Bezpiecznym* nad pierwszy otwór.
2. Ruch szybki na poziom *Wycofania*.
3. Ruch roboczy na poziom *Głębokości*.
4. Ruch szybki na poziomie *Bezpiecznym*.
5. Ruch szybki na poziomie *Bezpiecznym* do następnego otworu itd.
6. Po zakończeniu cyklu narzędzie jest wycofywane na poziomie *Bezpiecznym*.

Ruchy Narzędzia z parametrem Głębokość skrawania

Przy normalnym wierceniu z przybieraniem narzędzie wykonuje następujące ruchy:

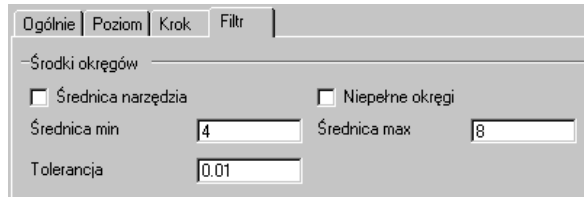
1. Ruch szybki na poziomie *Bezpiecznym* — aż znajdzie się nad pierwszym otworem.
2. Ruch szybki na poziom *Wycofania*.
3. Ruch roboczy na pierwszą *Głębokość skrawania*.
4. Ruch szybki na poziom *Wycofania*.
5. Ruch szybki na *Optymalny poziom* (parametr określony w danym cyklu) do materiału.
6. Ruch roboczy na drugą *Głębokość skrawania* itd. — aż do osiągnięcia parametru *Głębokość*.
7. Ruch szybki na poziomie *Bezpiecznym* i ruch do następnego otworu itd.
8. Po zakończeniu cyklu narzędzie jest wycofywane na poziomie *Bezpiecznym*.

Karta Filtr

Na karcie *Filtr* możemy określić kryteria doboru okręgów (rysunek 6.34) do obróbki z możliwością obróbki okręgów niepełnych i określenia tolerancji wyszukiwania:

- *Średnica narzędzia* — obrabiane są tylko okręgi o wielkości wiertła.
- *Średnica min* i *Średnica max* — obrabiane są okręgi w określonych granicach.
- *Pionowe linie* — ich końce reprezentują środki obrabianych otworów.

Rysunek 6.34.
Karta Filtr cyklu Otwory



Cykl Otwory

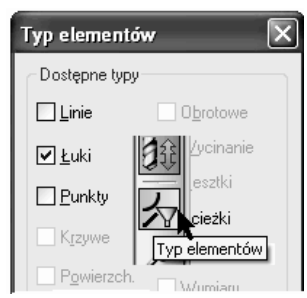
W tym ćwiczeniu poznasz ogólne zasady obróbki otworów.

1. Otwórz plik *Wiercenie_filtr.ppf*.
2. Przejdź do modułu *Obróbka*.
3. Wybierz wiertło z *Magazynu* — `Wiertło 4`.

W uproszczonym okienku wywołania narzędzia karta *Więcej* zawiera opcję *Typ głębokości*, która określa, w jaki sposób rozumiana jest długość wiertła — *Do punktu* wierzchołka lub do *Pełnej średnicy*.

4. Wybierz cykl *Otwory* za pomocą ikony (lub menu *Frezowanie*) i podaj parametry obróbki:
   - Karta *Ogólnie* — jak na rysunku 6.30.
   - Karta *Poziom* — jak na rysunku 6.32.
   - Karta *Krok* — pusta.
   - Karta *Filtr* jak na rysunku 6.34.
5. Jeżeli na rysunku znajdują się elementy różnych typów, a chcesz, aby pod uwagę były brane tylko łuki i okręgi, kliknij ikonę *Typ elementów* i ustaw opcję widoczną na rysunku 6.35.

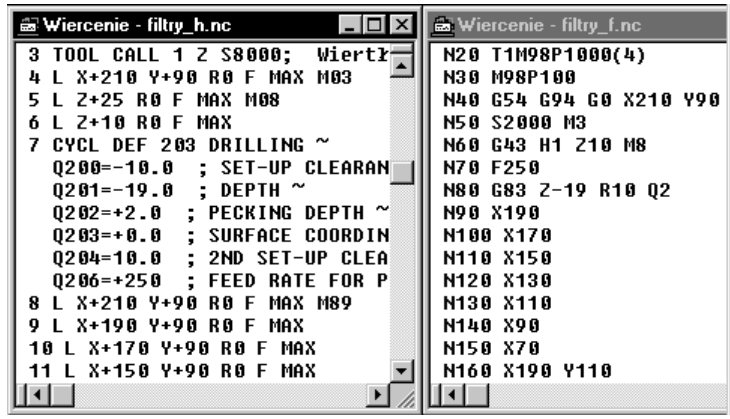
Rysunek 6.35.
Wybór elementów typu Łuki do obróbki



6. Wskaż elementy za pomocą okna lub używając klawiszy *Ctrl+A* i naciśnij *Enter*.
7. System wygeneruje ścieżkę.
8. Wyjedź narzędziem *Do wymiany* i przeprowadź *Symulację obróbki*.
9. Przećwicz różne opcje z kart *Filtr* i *Optymalizacja* ścieżki.

W przypadku obróbki otworów leżących na różnych poziomach system rozpoznaje ich poziom początkowy i wówczas wiertło obrabia otwór do zadanej głębokości w stosunku do bieżącego położenia, a poziom wycofania może być ustawiony jako globalny bądź zależny od poziomu otworu. Przykład kodu NC z cyklem otworów dla sterowania Heidenhain i Fanuc pokazano na rysunku 6.36.

Rysunek 6.36. *Przykład kodu NC z cyklem otworów dla sterowania Heidenhain i Fanuc*



Przykład takiej obróbki znajdziesz w pliku *Wiercenie_wielopoziomowe.ppf*.

Optymalizacja kolejności obróbki

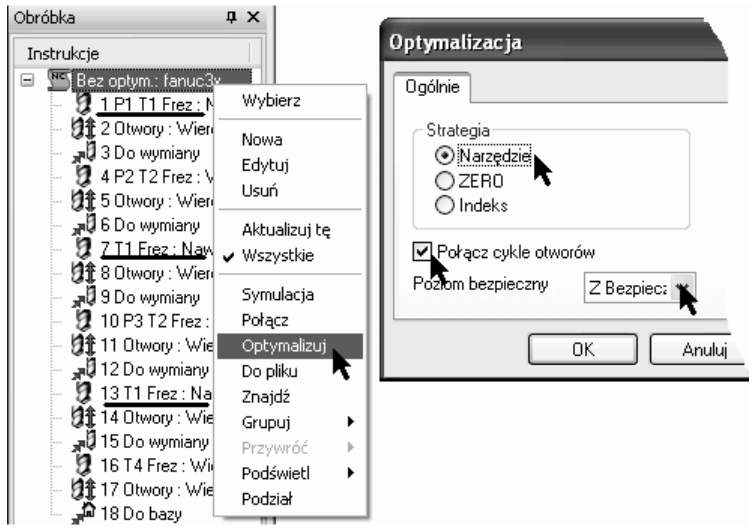
W przypadku obróbki dużej ilości otworów często używa się tych samych wierteł czy rozwiertaków do obróbki różnych grup otworów. Aby zoptymalizować proces kolejności wywołań narzędzi do obróbki, można skorzystać z polecenia *Optymalizuj* (menu *Instrukcje*). Tworzona jest wówczas nowa sekwencja obróbki z optymalizacją kolejności wywołań narzędzi.

1. Otwórz plik *Optymalizacja_otworow.ppf*.
2. Przejdź do modułu *Obróbka*.
3. Przeprowadź *Symulację obróbki*.

Zauważ, że każda grupa otworów jest nawiercana tym samym narzędziem, ale każda osobno przed każdym z cykli — nawiertak jest wywoływany trzykrotnie.

4. Wróć do modułu obróbki i wybierz polecenie *Optymalizuj* (menu *Instrukcje* lub pod prawym klawiszem myszy po kliknięciu ikony *Sekwencji*). Ustaw opcje widoczne na rysunku 6.37. Program przeliczy ścieżkę i utworzy nową sekwencję z optymalizacją wywołań narzędzia.

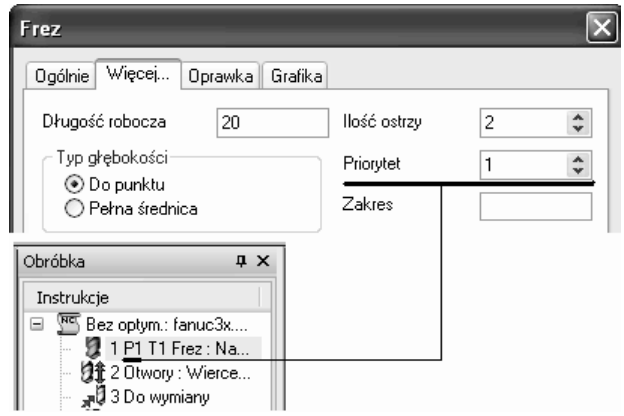
Łączone są tylko te cykle otworów, które mają takie same parametry obróbki oraz używają tych samych narzędzi.



Rysunek 6.37. *Widok poleceń Optymalizacji*

5. Przeprowadź *Symulację obróbki*.

Kolejność wywołań narzędzi określa parametr *Priorytet* na karcie *Więcej...* uproszczonego okna wywołania narzędzia — zobacz rysunek 6.38.



Rysunek 6.38. *Ustawianie parametru Priorytet*

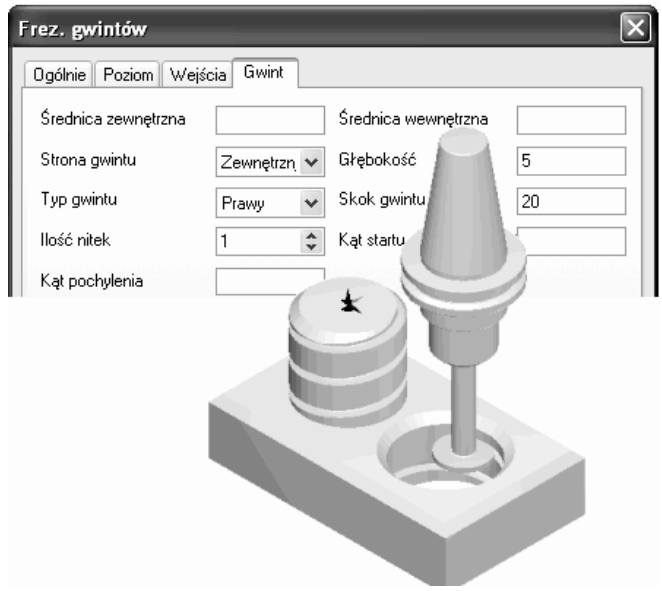
Frezowanie gwintów (linii śrubowej)

Obrabiarki numeryczne posiadają możliwość frezowania gwintów zazwyczaj w formie cykli. Nie zawsze jednak umożliwiają nacinanie gwintu np. stożkowego. Do zdefiniowania frezowania gwintów (calowe i metryczne) w EdgeCAM służy cykl *Gwinty* (menu *Frezowanie*). Po zdefiniowaniu jego parametrów wystarczy wskazać okrąg, który reprezentuje czoło gwintu, lub punkt środka okręgu, a jego średnicę wpisać w oknie cyklu na karcie *Gwint*. Obróbka może przebiegać jednym ciągiem lub każdy pełny zwój może być

nacinany z osobnego ruchu wejścia. Programista określa m.in. *Kąt* pochylenia gwintu, *Ilość* nitek i parametry wejścia. Plik NC może być generowany w formie ciągu współrzędnych XYZ, z wykorzystaniem interpolacji helikalnej (IJK lub Heidenhain) lub cyklu sterowania obrabiarki.

Przykład obróbki (rysunek 6.39) gwintu (linii śrubowej) zawiera plik *Frezowanie_gwintow.ppf*.

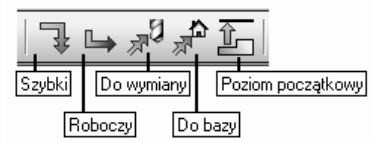
Rysunek 6.39. *Parametry frezowanego gwintu*



Ręczne definiowanie ruchów narzędzia

Jeśli chcesz przemieścić narzędzie do jakiegoś konkretnego punktu, możesz skorzystać m.in. z ruchów (rysunek 6.40):

Rysunek 6.40. *Ikony ruchów narzędzia*



- Ruch *Szybki* — pozwala na szybki ruch narzędzia do określonego punktu z maksymalnym posuwem.
- Ruch *Roboczy* — pozwala na ruch narzędzia z programowaną prędkością posuwu.

Po kliknięciu ikony i ewentualnym zdefiniowaniem posuwu oraz obrotów narzędzia możesz wskazać konkretny punkt (linię łuk...) albo wcisnąć klawisz X, Y lub Z i wprowadzić współrzędne punktu, do którego ma przejechać narzędzie.

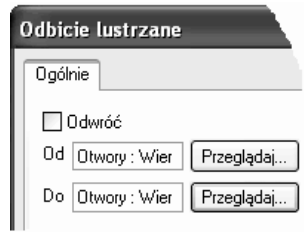
- *Do wymiany* — pozwala na przesunięcie narzędzia do punktu wymiany narzędzia.
- *Do bazy* — pozwala na ruch narzędzia do pozycji spoczynkowej.
- *Poziom początkowy* — pozwala na wyjazd narzędzia na *Poziom początkowy* zadeklarowany w postprocesorze.

Omawiane ruchy (oraz bardziej złożone) znajdują się w menu *Ruchy narzędzia.*

Kopiowanie ścieżek

Jeżeli część ma wiele elementów powtarzalnych, wtedy można wykorzystać możliwości powtarzania instrukcji dostępne w menu *Edycja/Przekształć* w trybie *Obróbka*. W zależności od możliwości postprocesora obróbkę można np. przesuwać, odbijać lustrzanie (rysunek 6.41) czy obracać na płasko i w przestrzeni (np. przy stole obrotowym). Zakres instrukcji, jaki ma być np. odbity lustrzanie, określa się za pomocą przycisku *Przeglądaj*. Poza tym można zastosować *Tryb macierzowy* (menu *Edycja*), który umożliwia rozkład obróbki w granicach prostokąta (w kolumnach i wierszach). Plik NC można generować jako kolejny ciąg współrzędnych lub jako wywołanie podprogramu.

Rysunek 6.41.
Okno odbicia lustrzanego ścieżki



W następnym rozdziale zajmiemy się obróbką plików bryłowych.