

대화형의 그래픽을 이용한 선삭용 고기능 작업장 프로그래밍 시스템

강 성 균*, 이 지 석*, 최 종 를*

*현대정공(주) 공작기계 연구부

An Enhanced Shopfloor Oriented Programming (AESOP) System using Interactive Graphics for the Turning Machine.

Seong-Kyoong Kang, Ji-Seok Lee, Song-Yul Choe

Abstract

An Enhanced Shopfloor Oriented Programming(AESOP) system is developed as a programming utility of the CNC turning machine. The developed system is specially designed to give a beginner the convenience for CNC part programming with graphical interaction between a machine operator and the AESOP system. The combination of process-oriented cycles and various contour programming as well as an immediate tool path verification support the easiness and swiftness of a part program generation in the shopfloor. Since the AESOP system has been designed to operate on the basis of MS-Windows in the PC-embedded CNC system, it is also useful for the training of the part programming by utilizing prevailing personal computers in the educational department.

1. 서론

수치제어 공작기계의 작업명령 언어인 파트 프로그램(part program)을 작성하기 위하여 전산기를 이용하는 CAM 시스템은 현재에도 그 시장을 넓혀가고 있으나 프로그램을 습득하는데 많은 시간이 소모되며, 비교적 단순한 형상의 공작물 특히 선삭 가공물을 위한 전용 CAM 시스템의 채용은 가격 면에서 타당성이 낮은 편이다. 또한 이러한 시스템은 전문인력이 사무실에서 off-line으로 파트 프로그램을 작성하여 통신 또는 다른 전달매개를 통하여 수치제어 장치(CNC)에 입력하게 된다. 이러한 작업단계를 줄여서 작업장에서 기계 조작자가 직접 파트 프로그램을 작성하며, 초기 시험 절삭 시의 작업자 보정치가 반영되어 최적화된 파트 프로그램의 생성을 도모하기 위해, 각 CNC 시스템 제조회사에서는 자사의 수치제어장치에서만 사용 가능한 특별한 프로그래밍 도구를 개발하여 기본 또는 선택사양으로 제공하고 있는데, 이러한 시스템의 예로는 Siemens사의 Blue-print/Support 프로그래밍과 WOP 시스템, FANUC사의 Super-CAP, MAZAK사의 대화형 프로그래밍, YASNAC사의 Compact 프로그래밍 그리고 OKUMA사의 樂樂(らくらく) 프로그래밍⁽¹⁾ 등이 있다.

상기한 시스템들은 파트 프로그램에 사용되는 EIA/ISO code나 각종 가공 Cycle등이 자사 수치제어 장치 내부의 해석기(interpreter)만이 이해하도록 폐쇄

적으로 설정되어 있다. 따라서 수치제어 장치를 국산화 하기 위해서는 가공 know-how가 포함된 가공싸이클 및 EIA/ISO code의 개발이 필요하며, 이를 바탕으로 한 파트 프로그래밍 시스템의 개발이 절실히 요구된다. 따라서 본 연구에서는 수치제어 장치에서 필수적으로 사용되는 다종의 가공싸이클을 개발하여 이를 바탕으로 대화형 방식의 고기능 작업장 프로그래밍(An Enhanced Shopfloor Oriented Programming: AESOP) 시스템을 개발한다. 즉, 파트 프로그래밍 초보자 또는 수치제어 공작기계 운용자가 단기간에 용이하게 습득하여 현장(작업장)에서 그래픽에 의한 상호 대화방식을 통하여

1. 단시간에 파트프로그램을 작성, 수정, 그리고 모의 가공등을 할 수 있는,
2. PC-based 또는 PC-embedded 수치제어 장치에 적용 가능한,
3. 2축 선반에서 회전형상 부품 가공을 위한, 선삭용 대화형 작업장 프로그래밍 시스템을 개발함을 그 목적으로 한다.

2. 파트 프로그래밍 시스템의 분류

파트 프로그램을 작성하는 방법을 분류하면 Table2.1에 보인대로 EIA/ISO방식, 싸이클방식, 그리고 CAM방식의 3가지로 구분할 수 있다. EIA/ISO방식은 기본적으로 수치제어 장치내부에 내장된 프로그래밍 방식이

구분		단점	장점	비고
EIA / ISO	내장	<ul style="list-style-type: none"> - G code format 외전 축가기 기반마다 서로 다른 G code 채택 - 수작업의 치적 필요 (상각 반수, 기하학) - Human Error 우려 산재 	<ul style="list-style-type: none"> - 간단한 공정에 간단히 대처 (lapping, drilling 등) - 추가부분이 없는 기본 기능 	보유자 장치에 인보 침수방 지
CAM	외장	<ul style="list-style-type: none"> - 고가, 복잡한 청산 프로그래밍 사용 - 현장에서 최적화된 프로그램의 feedback불가 	<ul style="list-style-type: none"> - 다양한이고 복잡한 청산 프로그래밍 사용 - 높은 설립도와 프로그램 발생비용 - 하나의 package로 여러 기계를 위한 프로그래밍 가능 	(CAM 가격: \$2000~ \$3000)
Cycle	내장	<ul style="list-style-type: none"> - 고난의 가공물에 대한 프로그래밍 한계 존재 - 한 기계의 프로그램만 해결, 다른 기계의 프로그램은 문제 	<ul style="list-style-type: none"> - NC 경험자 담당기능 - 현장 최적화 Feedback 가능 - Interactive / fill-in-back approach에 의한 퀵리셋 	

Table 2.1 Comparison of part programming methods

지만 다종의 G code를 숙지하고 있어야 하며 프로그램을 작성하기 위해서는 좌표계산을 위한 수학적 계산을 수동으로 행해야 하는 불편이 있다. 또한 G code가 수치제어 장치에 종속적이기 때문에 다양한 시스템에 공통적으로 사용하는데 한계가 있다. 이러한 방식을 개선하려 하는 노력이 궁극적으로 다양한 CAM 시스템을 발전시켰으나 고가이고, 복잡하며 off-line(외장형)으로 프로그램을 작성함으로 인해서 현장의 최적화를 적절히 수용하기 어렵다. 따라서 최근의 경향은, G code의 간편성 및 내장형 개념과 CAM 시스템의 유연성 및 그래픽 사용자 인터페이스 등을 고려한 싸이클 프로그래밍 방법이 대두되었다. 빈번히 사용하는 가공 공정을 일정한 형식으로 정의하여 가공프로그램 작성시 종속 프로그램과 같이 이용하는 것이 가공 싸이클이므로 작업자가 쉽게 적용하여 단시간에 파트 프로그램을 수치제어 장치상에서 작성할 수 있는 장점을 가지는 반면, 고난의 형상을 가공하는데는 한계성을 가진다. 이러한 프로그램 방식의 분류를 기준으로 현존하는 파트 프로그래밍 시스템을 기계 축수(가로축)와 사용자 수준(세로축)에 따라 Fig.2.1에 표시한 바와 같이 싸이클 프로그램 방식을 대부분 시스템이 채택하고 있다.

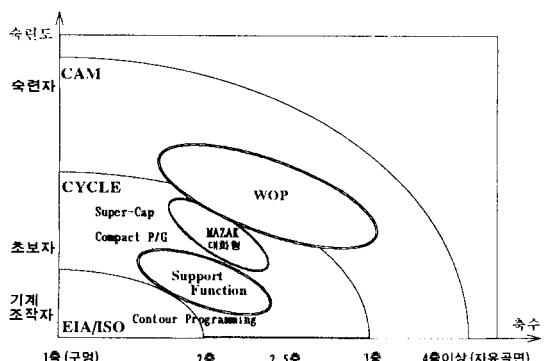


Fig. 2.1 Classification of various shopfloor programming

수치제어 장치(작업장)에서 가공자가 프로그램을 작성할 수 있는 환경을 제공해 주는 시스템을 작업장 프로그램이라 하며, 이 작업장 프로그램 방식이 수치제어 장치의 질문에(그래픽등을 통하여) 사용자가 대답하는 (빈칸에 적절한 답을 채우는) 형식인 경우를 대화형이라 정의한다. 최근 개방형 수치제어 장치의 개념이 대두되면서 그 개방형의 주된 H/W 시스템이 intel CPU를 사용하는 개인용 컴퓨터(PC)의 구조를 가지게 되면서 PC상에서 기존에 사용되는 CAM 시스템을 수치제어 장치에 포함시키는 내장형 CAM 시스템을 작업장 프로그램이라는 개념으로 확장시키려고 하고 있으며 이에는 미국의 Gibbs사에서 발표한 Gibbs SFP(2)가 그 대표적인 예제 시스템이다. 궁극적으로 추구하는 기능면에서 작업장 프로그램 시스템은 일반적인 CAM 시스템과 차이점이 없기에 시스템을 구축하기 위한 각각의 모듈별로 나누어 볼때 특이한 차이점을 갖지는 않는다. 하지만 off-line 개념으로 설계된 CAM시스템을 적절한 수정이 없이 수치제어 장치상에서 사용하는데에는 설계 개념의 차이에 의한 여러가지의 문제점을 안고 있다. 예를 들면 마우스와 같은 pointing device를 CAM에서 는 형상정의 및 선택을 위한 기본도구로 사용하지만 작업장 시스템상에서는 작업장의 상황을 고려할때 좀더 절적한 입력방안을 강구해야 한다. 또한 프로그래밍 작업을 위해 장시간 기계앞에 서서 작업하는 점이 제거되기 위해서는 신속한 프로그램 방법이 제공되어야 하며, 작업자가 프로그램 완성후 시험 가공시의 수정치에 대한 feedback이 가공 프로그램에 반영되어 수정이 이루어져야 한다. 더 나아가서, 가공자 결정사항에 시스템이 도움을 주는 또는 자동으로 결정해주는 프로그램의 개발이 요구된다. 따라서 이러한 자동결정 기능(가공순서, 가공영역, 공구선정, 절삭조건)을 보유한 지능형의 시스템의 개발은 연구되어지고 있다(3),(4). 결과적으로, 작업장 프로그래밍 시스템은 강력한 사용자 인터페이스를 제공하면서 프로그램 생산성을 높일 수 있는 방안이 요구되며 이는 기존의 CAM 시스템과는 다른 관점에서 개발되어야 한다. 이러한 요구사항을 고려할 때 가공형상을 정의하고 그에 따른 가공공정을 정의하는 기존의 CAM시스템을 내장형으로 개발하는 방법보다는 가공공정에 따른 프로그래밍(process oriented programming)방식이 필요하며 이를 위해서는 수치제어 장치에 내장된 가공 싸이클을 이용한 프로그램 방식이 최적의 고려대상이며, 간편하게 다양한 형상을 정의하기 위해서는 기존의 CAD보다 간편하게 적용할 수 있는 대화형의 윤곽 프로그래밍 (Contour Programming)의 개발이 필요된다.

3. 개발환경 및 구성모듈 설계

최근 PC근간형(PC-Based) 또는 PC내장형(PC-embedded) 수치제어 장치(5)의 개발이 확대됨에 따라, 본 시스템의 구동 및 개발 환경을 Windows 시스템을 기본 OS로 하는 PC시스템으로 설정하였다. 시스템의 구성은 Fig. 3.1에 보인 바와 같이 사용자 인터페이스를 바탕으로 총 6개의 모듈로 구성되어 있다. 사용자 인터페이스를 위한 기본 개념은 메뉴의 group화를 통한 사용자의 key 조작을 최소화하며, 프로그램 작성성을 위해 필요한 모든 정보는 한 화면에 표시되며, 사용자의 시선을 최대한 한 화면에 머물수 있도록 개발을 원칙으로 한다. 각 구성 모듈의 기능을 정의하면 아래와 같다.

가공 싸이클(Cycle)--- 가공동작을 1개의 블럭으로 지령하여 프로그램을 간편하고 효율적으로 작성할 수 있기에 선작에서 보편적으로 많이 사용되는 가공공정을 가공 싸이클로 정의한 모듈로서, 황삭, 정삭, 드릴가공, 헴가공등을 포함하여 총 26개(7가지 group)의 싸이클로 구성되어 있다.

가공물 윤곽(Contour)---황/정삭을 위한 가공물의 윤곽을 그래픽을 통한 대화형으로 정의하는 모듈로서 기본적인 선 및 원호를 비롯하여 총 7가지의 메뉴로 구성되어 있다. 특히 정삭시 각 구간의 표면조도를 다르게 설정할 수 있도록하고 이에 따라 자동으로 구간별 절삭 feed를 다르게 지정한다. 황정삭을 제외한 나사, 험, Relief등의 가공요소들의 정의는 각 싸이클의 형상정의(Shape definition) 모듈을 통하여 설정하도록 한다.

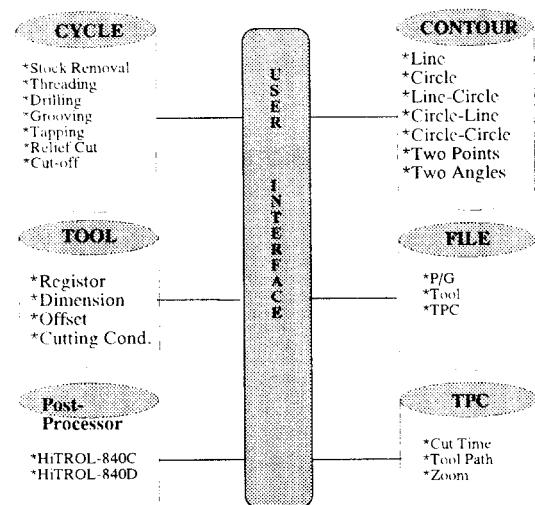


Fig. 3.1 Structure of AESOP system

공구---공구관련 모듈은 2가지로 나누어서 설계한다. 공구를 시스템상의 터렛(turret)에 장착하는 모듈과 터렛에 장착된 공구를 지정하여 프로그램상에서 사용하는 모듈로 구분된다. 전자의 경우는 터렛번호, 공구종류, 치수등을 입력하고, 후자의 경우는 수행하고자 하는 공정에 적합한 공구를 터렛에서 선택한다. 가공조건 및 주축관련 정보는 공구재질, 가공물 재질, 공구형상 등을 고려한 데이터 베이스를 이용하여 시스템이 추천하도록 한다.

후처리(Post-Process)---싸이클 코드형태의 파트 프로그램을 현대정공의 HiTROL-840C 및 HiTROL-840D의 G 코드형태로 해석한다.

공구궤적 검증(Tool Path Check)---후처리를 거친 파트 프로그램의 공구궤적을 그래픽을 통한 모의 실험으로 검증하는 모듈로서 고감도의 사용자 인터페이스를 위하여 소재로 부터 최종형상이 형성되는 과정을 동적으로 처리한다. 또한 공구의 이동에 따른 가공시간(절삭, 비절삭 시간)을 계속적으로 표시하여 공구궤적 최적화를 위한 도구로 사용한다.

파일관리---가공프로그램, 공구파일, 궤적파일의 생성, 삭제, 보관 및 이동등을 관리하며 각 파일의 수정을 위한 에디터를 제공한다.

이상과 같은 시스템 구성의 특성을 요약하면 수치제어 장치상에서 사용자가 프로그램 환경설정, 공구설정, 가공 싸이클 설정, 최종 가공경로 확인작업등 일련의 과정이 순차적으로 연결되도록 하였으며, 가공싸이클 및 최종 가공형상 정의를 편리하게 지원하기 위해서 다양한 그래픽기능을 이용하여 사용자가 암기없이 대화를 통하여 자연스럽게 파트 프로그램을 작성하도록 한다.

4. 프로그램 구조 및 기능

AESOP의 기본 특징은 작업장에서 쉽게 프로그래밍이 가능한 사용자 인터페이스를 제공함을 원칙으로 하여 Fig. 4.1에서 보인 바와 같은 순서로 파트 프로그램을 작성하도록 한다. 즉, 전체 시스템을 관장하는 광역 변수를 정의하는 초기화(initial setup)단계 및 터렛에 공구를 설정하는 단계, 기존 CAD방식의 형상속성(geometry feature) 정의방식과는 다른 가공속성(machining feature) 정의단계, 가공속성에 따른 형상 및 가공전략을 입력하는 단계를 통하여 파트 프로그램을 작성하고 후처리를 거친 파일을 이용하여 공구궤적을 검증하는 순서로 되어 있다. 각 단계에 대한 특징 및 내용을 기술하면 다음과 같다.

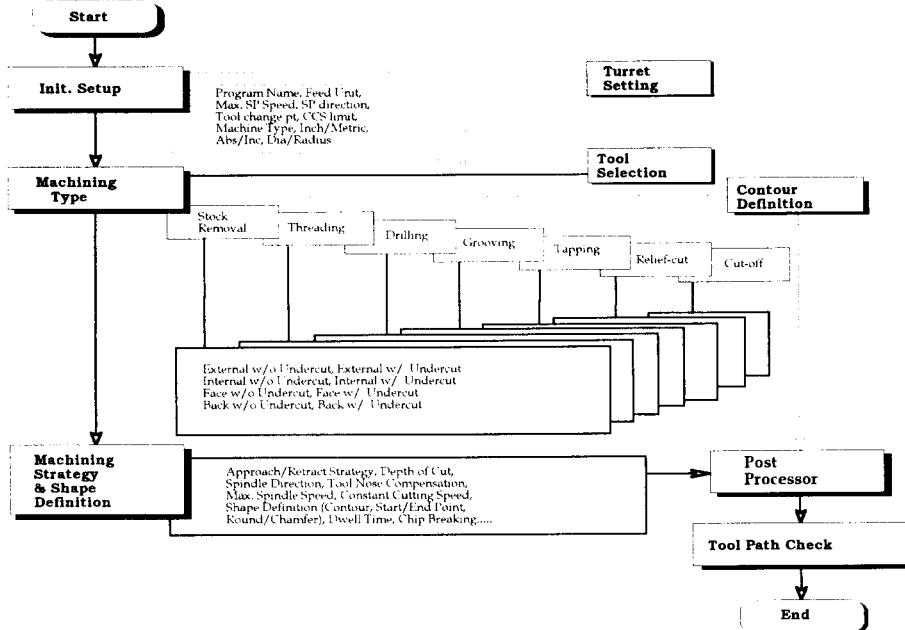


Fig. 4.1 Programming flow of AESOP system

4.1 초기화 요소

시스템에서 사용되는 광역변수를 비롯하여 좌표계 정의, 프로그램 unit 설정, 주축관련 데이터 설정, 공구, 사용기계 정의 등을 수행하는 초기화 모듈로서 Fig. 4.2와 같은 요소들을 가지고 있다. 화면의 구성을 살펴보면, 화면의 상단에는 현재 사용자가 작업하고 있는 시스템상의 위치, 입력시스템, 프로그램 번호, 입력 및 처리상의 오류내용을 표시하는 창이 준비되어 있고 화면의 하부에는 해당입력을 위한 도움말을 표시하여 창을 사용함으로서 사용자에게 파트 프로그램을 작성하기 위해 필요한 정보를 전체 시스템의 화면에서 공통으로 제공하도록 되어있다.

4.2 공구관리

작업자는 프로그램을 작성하기전에 도면으로 부터 공구 및 가공속성을 추출하기 때문에 이때 추출된 공구 정보는 프로그램 작성전 또는 도중에 터렛에 설정할 수 있다. 터렛설정용 화면은 Fig. 4.3에 보인 바와 같이 공구위치, 종류등을 입력하도록 되어 있다. 이와같이 설정된 터렛은 공구 및 주축정보를 선택하는 화면(Fig. 4.4)에서 추출하여 사용한다. 공구선택시 가공에 필요한 각종 데이타는 초기화된 광역변수를 기준으로 자동 설정되기 때문에 변경이 필요한 경우만 수정 입력하도록 한다.

4.3 가공 싸이클

가공품의 기하학적인 또는 가공상의 특징을 나타내는 형상을 정의하는 방법으로 대부분의 CAM 시스템에서는 부품의 기하학적 형상정의를 위한 방대한 CAD 기능을 강조하고 있지만, 이는 작업장 프로그램 사용자 입장에서 가장 불편한 공정중의 하나이다. 따라서 작업장 프로그래밍 시스템에서는 작업자가 가공도면을 입력할 때에 가공형상과 가공공정을 동시에 정의할 수 있는 가공속성에 따른 형상정의 기법을 사용함으로서 형

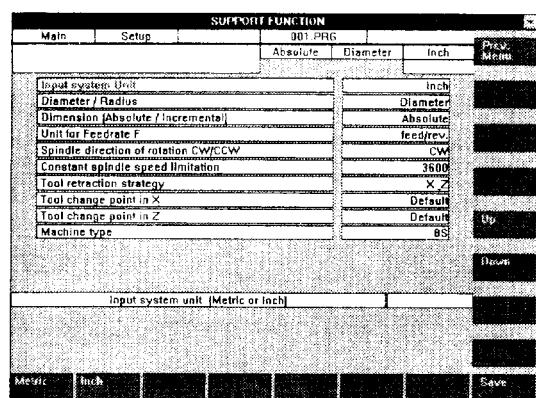


Fig. 4.2 Screen for program initialization

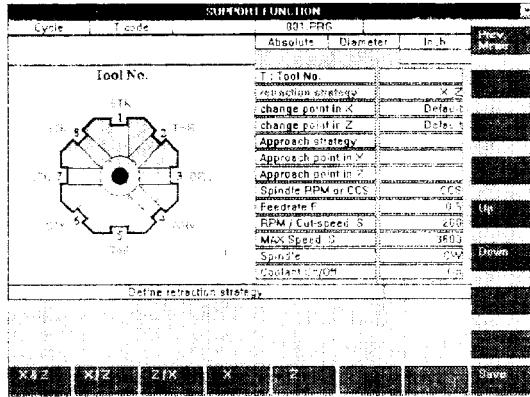


Fig. 4.3 Screen for turret setting

상추출 기능을 사용자가 스스로 수행하도록 하였다. 선삭용 회전형상 부품에 대한 가공속성을 분석하여 사용빈도가 가장 많은 가공속성을 7개 군(group)으로 분류하였으며 이를 세분하여 총 26가지의 가공 싸이클을 개발하였다. 그중에는 가공물 윤곽(contour)의 정의가 필요한 흉정식(stock-removal) 공정과 가공형상이 사용공구의 형상에 의해 정의되어지거나 일정한 형식의 data만으로 정의되는 흄가공, 나사가공, 드릴링, 태핑등으로 구분하였다. 이러한 가공싸이클의 예제 화면이 Fig. 4.5에 보이고 있다. 이 화면은 활삭을 실행하기 위한 가공싸이클 선택화면으로서, 길이방향, 단면방향, undercut의 유무에 따라서 다양한 싸이클을 선택하도록 하고 있으며, 선택된 싸이클에 가공전략을 입력하기 위한 그래픽 도움화면이 상단에 주어져 있다.

4.4 가공전략 및 가공형상

본 단계는 각 공정을 가공하는데 필요한 각종의 가공전략을 선정하는 단계로서 다양한 전략을 구사할 수 있

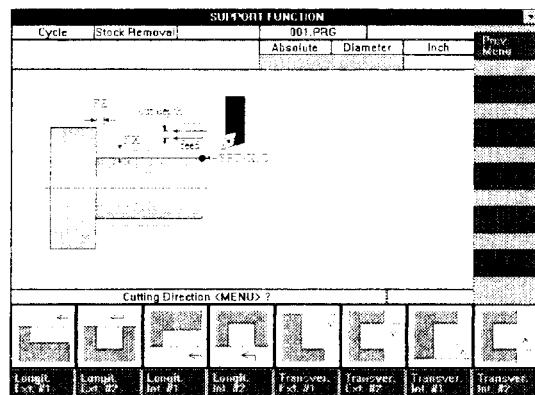


Fig. 4.5 Screen for stock removal cycle

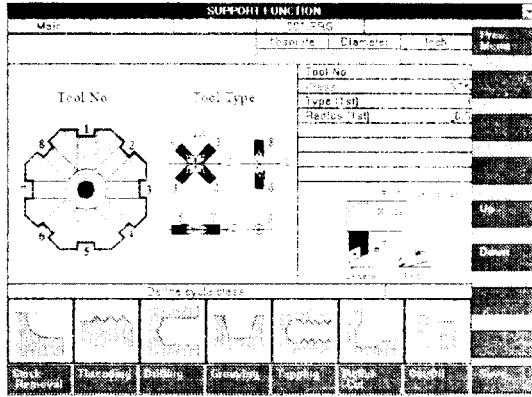


Fig. 4.4 Screen for tool selection

지만 단순함과 다양함 사이의 trade-off가 필요로 한다. 즉 다양한 전략으로 유연성을 가진 가공을 할 수 있다는 장점을 강조하다 보면 사용자 입장에서는 많은 종류의 입력요소에 대한 충분한 지식을 갖추어야 하므로 복잡한 시스템으로 간주될 수 있는 가능성이 있으므로 이에 대한 최적화가 필요하다. Table 4.1은 활정식, 흄가공, 나사가공시의 가공 전략을 기본 및 선택사항으로 분류한 것이다.

전술한 가공 싸이클 및 전략을 정의한 후 마지막 입력요소는 대상공정의 가공형상을 정의하는 단계이다. 가공형상은 도면상의 정보를 부가적인 계산없이 최대로 활용할 수 있는 윤곽의 형태별로 분류하여 Fig. 4.6에 보인 바와 같은 윤곽 프로그래밍 방법을 개발하였다. 이 화면은 직선의 윤곽선을 정의하는 부분으로 좌측은 정의되고 있는 윤곽과 현재좌표가 표시하고 있고, 우측상단은 직선정의를 위한 입력요소, 우측하단은 그레픽 도움화면으로 구성되어 있다. 예를 통해 보인 바와 같이, 윤곽 프로그래밍은 그래픽을 통한 대화형 방식은 물론이고, chamfer, round등의 정의가 간편하게 처리되는 특징을 가지고 있다.

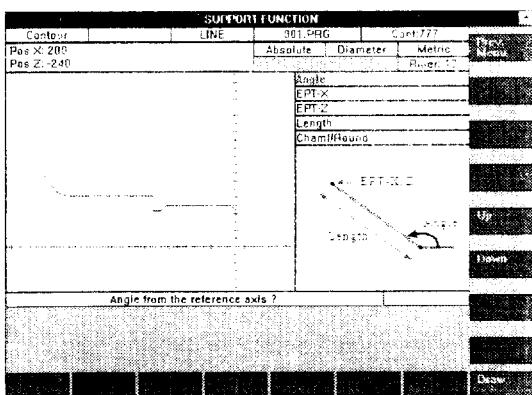


Fig. 4.6 Screen for contour programming

Type	Process	Choice	Machining Strategy
TURNING	Stock Removal	Basic	safety distance, allowance, roughing depth, approaching pt., lift dimension/or angle, surface roughness
		Option	face machining (from/to center), machining direction (to/from spindle), relief cut (yes/no), retract perpendicular/angle/contour, cutting mode(rough/finish/complete)
	Grooving	Basic	safety distance, base/wall allowance, lift dimension, minimum overlapping
		Option	retract max diameter(yes/no), rough groove base chamfer/round (yes/no), cutting mode(rough/finish/complete)
	Threading	Basic	safety distance, depth, infeed angle, number of cut, initial/end cut, 1st depth, retract pt/angle
		Option	stock removal/infeed/cut cross sec.), infeed motion/rapid/feed), retraction/back to start/only idt), machining method(constant depth/removal), cutting type(following center/angle).

Table 4.1 Standard & option for machining strategy

4.5 후처리 및 공구궤적

가공싸이클로 이루어진 파트 프로그램상의 CL data는 후처리 과정을 거쳐서 생성된 G code를 이용하여 수치제어 장치상에서 모의가공을 시행함으로서 생성 code의 적절성 확인 및 수정을 수행한다. 작업장 프로그래밍 방식을 실현함에 있어서 시스템 H/W의 속도 및 용량등의 제약조건을 고려하여 본 시스템에서는 2차원 그래픽을 통한 공구궤적을 확인하도록 하였다. Fig. 4.7에 나타난 바와 같이 다양한 그래픽 조작기능을 지원함으로써 해당 프로그램의 공구궤적을 실시간으로 확인하도록 하였으며, 전체 가공에 소요되는 시간을 절삭시간 및 비절삭시간으로 분류하여 표시함으로써 비절삭 시간 요인을 줄일 수 있도록 하였다.

5. 결론

본 연구에서는 가공 프로그램을 작성하는데 있어서 초보자도 쉽게 습득하며 작업장내의 기계상에서 프로그램을 작성할 수 있는 대화형 작업장 프로그램 시스템을 개발하였으며 본 프로그램의 특징은 다음과 같다.

- 복잡한 최종 가공형상정의를 번거로운 계산에 의하지 않고 대화형으로 쉽게 작성할 수 있도록 contour 프로그램 방식이 개발되었으며,
- 선삭작업에서 사용빈도가 높은 7종류의 가공공정을 다양한 경우에 대응할 수 있는 가공싸이클로 개발하였으며,
- 가공공정 및 적용공구를 입력하는 방식도 그래픽을 통한 대화형으로 처리하여 사용자가 특별한 암기없이, 빈칸을 채워감으로서 자연스럽게 파트 프로그램을 작성하도록 하였으며,
- 가공될 형상을 CNC 장치상에서 그래픽 모의실험을 통하여 공구경로 및 가공시간을 확인함으로써 오류방지 및 프로그램 생산성을 증진하였다.
- 본 시스템은 개인용 컴퓨터상에서 사용이 가능하도록 개발함으로서 고가의 수치제어장치를 이용한 교육용 simulator를 이용하지 않고도 교실 또는 사무실에서 프로그램 교육을 가능하도록 하였다.

향후의 계획은 자동기능을 추가하여 지능형의 작업장 프로그래밍 시스템으로 발전시킨다. 즉 절삭공구의 형상(각도, 길이)에 따른 자동 간섭check 기능을 포함하는 가공싸이클 개발, 가공물 및 공구의 재질에 따른 자동 절삭조건 설정 및 현장에서 최적화된 절삭조건 자동입력 방식등의 연구를 계속 진행할 계획이다.

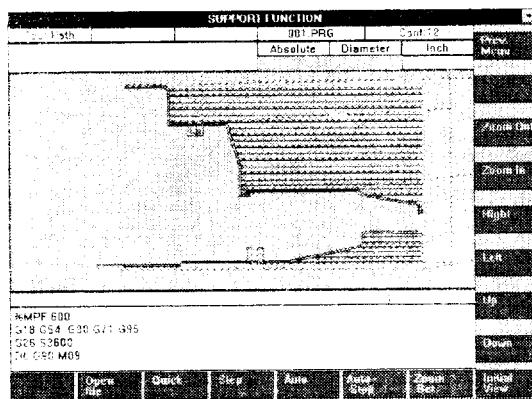


Fig. 4.7 Screen for tool path check

참고문헌

- (1)Siemens 840C, MAZAK T32 program manual, etc.
- (2)K. Kelley, "Getting Beyond G-Code", Modern Machine Shop, April, 1994.
- (3)J. M. Shyu, Y. W. Chen, "A Mini CIM System for Turning", Annals of CIRP, Vol. 36/1, pp.277-280, 1987.
- (4)J. Peklenik, A. Sluga, "Contribution to Development of a Generative CAPP-System Based on Manufacturing Process Topology", Annals of CIRP, Vol. 38/1, pp.407-412, 1989.
- (5)P. M. Noaker, "The PC's CNC Transformation", Manufacturing Engineering, pp. 49-53, August, 1995.