

## AUTO CAD를 이용한 2차원 윤곽 및 포켓가공용 NC 데이터 자동 생성에 관한 연구

김동직\*, 송윤준\*\*, 한영호\*\*\*

### Automatic NC Data Generation for 2D Contour and Pocket Machining using AUTO CAD

Kim, D. J.\*, Song, Y. J.\*\* and Hahn, Y. H.\*\*\*

#### ABSTRACT

CAD/CAM system may have such advantages of cost reduction, production time shortening, and product quality improvement. But current advanced versions of CAD/CAM system for 3-D NC data generation are too much expensive to purchase and too difficult to make full use for small-scale manufacturers whose main products are of 2-D simple shapes. The objective of this paper is to introduce a cost-effective way to 2-D NC data generation with a widely spread CAD software. Using VISUAL LISP in the well-known AUTO-CAD, the contents and steps of an automatic NC data generation program are presented for 2-D machining of contours and pockets. To approve the usefulness of program, a test application to a real part is exhibited also.

**Key words :** NC data, AUTO CAD, VISUAL LISP, CAD/CAM system, 2D contour, 2D pocket

#### 1. 서 론

소비자의 욕구가 다양해지면서 시장에서 제품의 개발 주기는 점점 짧아지는 추세를 보이고 있다. 이런 환경에서 단기간에 다양하고 수준 높은 품질의 제품 생산은 곧 업체의 경쟁력이 된다. 이러한 시장 환경에 적응하기 위한 CNC 공작기계 및 CAD/CAM 시스템의 도입은 업체에 필수 불가결한 것이 되었다. 이미 가공 분야에 널리 쓰이고 있는 이 시스템은 생산원가의 절감, 품질의 안전화, 생산성의 향상을 이루어내고 있다.

특히 소규모의 산업현장에서도 복잡한 형상의 금형 및 부품을 제작하기 위해 CNC 공작기계(머시닝센터, CNC 밀링 등)를 도입하여 다양한 제품을 생산하고 있다. 현재 사용되는 일반적인 CNC 공작기계용 가공 데이터 생성 방법은 가공물의 특성에 따라 다음과 같이 분류될 수 있다. 첫째는 형상이 복잡하지 않

는 제품에 적용되는 방법으로, 가공 데이터 작성자가 도면을 파악하고 변곡점을 찾아내어 보유하고 있는 머시닝센터에서 가공할 수 있도록 수동으로 프로그램을 작성하는 경우이다. 이는 소규모의 산업체에서 아주 간단한 형상에 대한 가공 데이터 생성에 사용된다. 둘째는 작업자가 변곡점을 찾기 어려운 복잡한 형상의 제품에 적용되는 방법으로, CAD로 작성된 도면 정보를 CAD 프로그램의 기능인 list 등을 이용하여 변곡점을 찾아 가공 프로그램을 수동으로 작성하는 경우이다. 이 방법은 형상이 아주 복잡한 경우에는 사용이 매우 어렵게 된다. 마지막은 형상이 복잡한 제품 생산을 위한 가공 데이터 생성 방법으로, CAD로 작성된 도면정보를 CAM 소프트웨어를 사용하여 가공 데이터를 자동 생성하는 경우이다. 그러나 소규모의 간단한 형상만을 주로 가공하는 업체에서 CAM 소프트웨어를 도입하자면 소프트웨어의 도입과 운용에 경험 있는 인력이 추가로 필요하게 된다. 그래서 간단한 형상만을 주로 가공하는 작은 업체의 경우에는 일반적으로 가공 데이터를 수동으로 생성하게 된다. 그러나 이는 데이터의 질을 저하시키고 시간이 과도하게 들게 되어 업체의 경쟁력을 떨어뜨리는 이유가 된다. 아주 복잡하지 않은 포켓가공의 경우에도 이런 문제

\*정회원, 성남기능대학 컴퓨터응용기계과

\*\*건국대학교 기계설계학과 대학원

\*\*\*건국대학교 기계항공공학부

- 논문투고일: 2003. 08. 18

- 심사완료일: 2004. 09. 14

들이 현실적으로 어려움을 주고 있다. 이전의 포켓가공에 관련된 연구들은 주로 다양한 제품 형상과 절삭 조건에서 가공의 최적화를 위한 연구들이었다. 김공목 등은 포켓 가공에 있어서 기하학적 특성에 기초한 3차원 가공 경로를 생성하고 절삭력 계산 시뮬레이션을 통하여 이를 검증한 바도 있다<sup>[1]</sup>. 박상철 등은 공구 경로를 오프셋 하는데 있어서 연속적인 공구 경로를 확보하기 위한 알고리즘을 제안하였다<sup>[2]</sup>. 서경천 등은 지그재그 포켓가공에 영역분할법을 이용하는 알고리즘을 적용하여 작업의 효율성을 높이는 방향의 연구도 하였다<sup>[3]</sup>. 그러나 이와 같은 노력이 오랜 동안 계속되었음에도 불구하고 아직까지 최적의 가공 경로를 자동 생성시키는 프로그램은 일반화 되지 못했다. 이는 현실전에서 대부분의 작업은 상용 소프트웨어와 작업자의 숙련도에 의존할 수밖에 없다는 것을 의미한다. 포켓 가공용으로 값비싼 상용 소프트웨어의 사용하는 것은 간단한 가공 형상 작업만을 수행하는 소규모 업체에서 경쟁력을 저하시키는 원인이 된다. 이 같은 현실에서 소규모 업체에 직접적인 도움을 줄 수 있도록 보편적으로 도입되어 있는 저렴한 상용 프로그램을 이용한 경로 생성 프로그램이 연구되고, 부분적으로 사용되어져 왔다. 이런 관점에서 김동직은 상용 프로그램인 AUTO CAD를 이용하여 NC 프로그램의 수동 입력과 동시에 가공 형상을 보여주어 실제 작업에 있어서 불량을 줄이고 효율성 향상을 위한 프로그램을 개발하기도 하였다<sup>[4]</sup>.

본 연구는 소규모 업체에 실질적인 도움이 될 수 있도록 간단한 2차원 형상을 가공하기 위해 작성된 제품 도면에서 가공할 부분을 마우스를 이용해 직접 선택하는 것만으로 가공 데이터를 자동생성 시킬 수 있는 프로그램을 개발하였다. 프로그램은 널리 보급되고, 초보자도 쉽게 접근할 수 있는 도면 작성용 프로그램인 AUTO CAD에 내장되어 있는 VISUAL LISP 언어를 이용하였다. 본 프로그램은 손쉽게 2차원 윤곽 형상 프로그램 및 포켓가공용 프로그램을 작성, 머시닝센터에서 제품을 생산할 수 있게 하였다. 간단한 형상의 가공에 있어 수작업에서 오는 가공 데이터의 질 저하를 막는 동시에 값비싼 소프트웨어의 사용이 필요 없어 소규모 업체의 경쟁력 향상에 도움이 될 것이다. 또한 본 프로그램의 알고리즘은 다양한 머시닝센터의 제어부에 맞게 변형될 수 있도록 함수별로 작성하여 적용에 유연성을 갖도록 하였다. 이는 가공 데이터 추출에 전문성이 없는 AUTO CAD 운영자만 있어도 쉽게 가공 데이터를 생성할 수 있게 해주어 입력 활용에 도움을 줄 수 있을 것이다.

## 2. 프로그램의 구성 및 머시닝센터 가공 프로그램

### 2.1 프로그램의 구성

이 프로그램은 먼저 AUTO CAD에서 작성된 제품 도면에서 가공할 부분만을 선택하여 Poly-line으로 변환시켰다. 다음으로 Poly-line의 노면속성을 기본으로 하여 순차적으로 변곡점의 좌표 및 Bulge값을 찾고, 가공 데이터인 공구경 보정, 공구정보, 주축회전수, 이송속도, 절삭폭(side step), 절삭깊이, 안전높이, NC 프로그램명 등을 입력하게 된다. 도면 작성 시 사용된 CAD 데이터와 가공 데이터를 AUTO CAD에 내장된 VISUAL LISP을 통해 작성된 프로그램에 의하여 CAD 데이터를 머시닝센터 공구경로(윤곽 및 포켓)로 변환시켜 가공 데이터를 자동으로 생성되게 하였다. Fig. 1은 프로그램의 구성을 나타낸다.

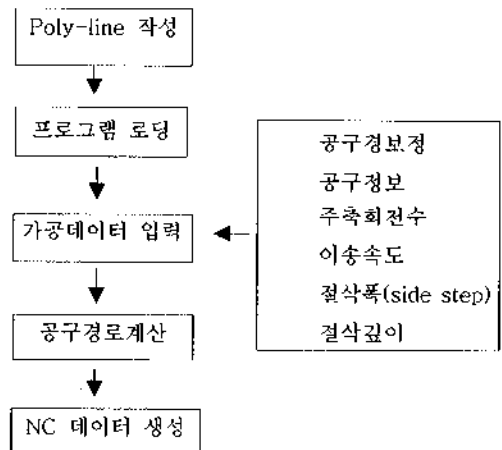


Fig. 1. Process of NC program.

### 2.2 머시닝센터 가공 프로그램

#### 2.2.1 주요기능 지령 방법

프로그램의 호환성 확보를 위하여 이 연구에서는 일반적인 공구 이송 명령들이 사용되었다. 사용된 공구 이송 명령어들을 예를 들어 다음과 같이 정리하였다<sup>[5]</sup>.

1) 좌표계 설정 : 현 공구위치를 (0, 0, 150)으로 설정하는 명령

```
G92X__Y__Z__;  
G92X0.Y0.Z150.;
```

2) 급속이송 : 현 위치에서 절대지령으로 (100, 50,

50) 위치까지 급속으로 이동하면서 공구 반경 보정을 취소하는 명령

```
G00X__Y__Z__;
G00G40G90X100.Y50.Z50;
```

3) 직선절삭 : 현 위치에서 증분지령으로 (50, 10) 위치까지 100 mm/min 이송속도로 공구 왼쪽 보 정을 하여 직선 절삭하는 명령

```
G01X__Y__Z__F__;
G01G91G41X50.Y10.D01F100;
```

4) 원호절삭(CW) : 현 위치에서 시계방향으로 (10, 10) 위치까지 원호절삭을 하는 명령

```
G02X__Y__I__J__F__;
G02X__Y__R__F__;
G02X10.Y10.R10.F50;
```

5) 원호절삭(CCW) :

```
G03X__Y__I__J__F__;
G03X__Y__R__F__;
```

6) 주축기능 : 주축 회전수를 1000 rpm으로 정회전 시키는 명령

```
G97S__;
G97S1000M03;
```

6) 이송기능 : 현 위치에서 100 위치까지 150 mm/min으로 이송하는 명령

```
G94F__;
G01G94X100.F150;
```

### 3. CAD 데이터에서 공구경로 생성 방법

#### 3.1 Poly-line과 VISUAL LISP를 이용한 공구경로 변환 방법

Poly-line 속성인 “꼭지점(VERTEX)” 리스트에서 Bulge값이 0이면 다음 Poly-line을 직선으로 하여 공구경로는 직선절삭인 G01 코드가 생성되며 다음 꼭지점 좌표값과 결합되어 가공 프로그램을 생성한다. 이와 같은 방법으로 음수이며 시계방향인 아크(CW ARC) 원호절삭 명령인 G02 코드와 다음 꼭지점 좌표치와 원호의 내각을 이용하여 원호 절삭에서 I, J값(원호의 시점에서 바라본 원호의 중심점까지 증분치)을 자동으로 계산하게 된다. Fig. 2는 이 방법의 예를 보

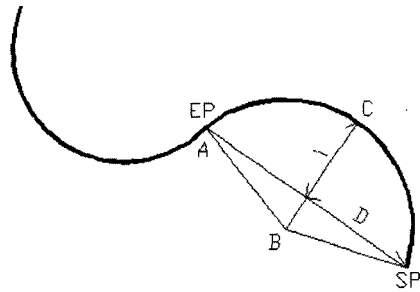


Fig. 2. Poly-line Arc.

여주고 있다.

Fig. 2에서 계산되는 각도의 값은 라디안 값이다. 또한 Bulge값이 양수이면 반 시계 방향 아크(CCW ARC)인 원호절삭 G03 명령으로 생성되도록 VISUAL LISP을 이용하여 프로그램을 작성하였다. 구체적인 가공 데이터 생성 방법은 아래 순서와 같이 정리된다.

1) Bulge 값(i)으로 원호의 각을 구한다.  
(setq crang (\* 4(ATAN I)))

2) 현의 길이(d)를 구한다.  
(setq cdist (distance(sp ep)))  
sp : 현재의 꼭지점 좌표값  
ep : 다음의 꼭지점 좌표값

3) 삼각함수를 이용하여 poly arc의 반경값을 구한다.

```
(setq spang>(* pi 0.5)/( crang 2)))
(setq radv (/ (/ cdist 2)(cos spang)))
spang : 원호의 중심과 원호의 시점 또는 종점이 이루는 각
```

4) 현재의 꼭지점에서 다음의 꼭지점까지 이루는 각을 구한다.

```
(setq sepang(angle sp cp))
```

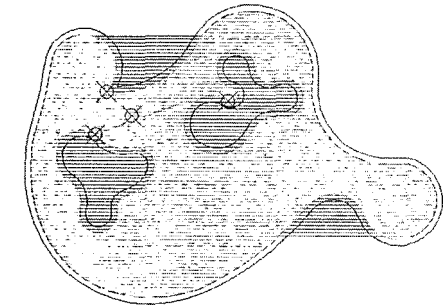
5) 원호의 중심 좌표값을 구한다.

```
① CW Poly arc인 경우
(setq cenxy (polar sp (-sepang spang) radv))
① CCW Poly arc인 경우
(setq cenxy (polar sp (+ sepang spang) radv))
```

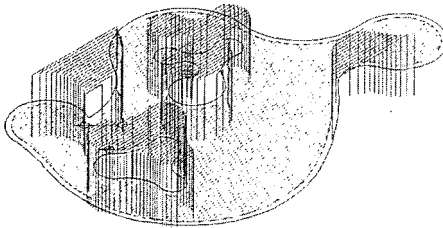
#### 3.2 내부객체가 있는 제품에 적용한 공구경로

실제 제품의 예로써 가공하지 않을 두 개의 객체가

가공 영역 내부에 존재하는 제품에 본 프로그램을 적용시켜 보았다. 생성된 공구경로를 Fig. 3에 나타내었다. 먼저 내부 절삭부의 윤곽 가공을 실행하기 위하여 드릴집을 지정한 후 윤곽 가공을 시행하게 된다. 이후 외부객체를 선택하면 입력한 절삭폭 만큼 AUTO CAD에서 공구 경로들이 자동으로 업셋(Offset)되어지고 있는 것을 볼 수 있다. 이때 업셋 되어진 선들은 AUTO CAD 프로그램의 기능이 사용되어 꼬이는 현상 없이 완전한 폐곡선을 이루게 되어 추가적인 작업이 필요 없게 된다. 그리고 X축으로 평행하게 업셋된 후 교차점을 찾고 내부가 가공되는 것을 피하기 위하여 지정한 안전높이 만큼 Z축으로 도피된 후 다음 경로와 연결된다. 이 같은 공구의 경로는 Fig. 3(b)의 3차원:공구 경로에서 확인된다.



(a) 2-Dimension



(b) 3-Dimension

Fig. 3. Tool path for pocket machining.

### 4. 시스템 사용방법

프로그램의 실행시 안정성을 알아보기 위해 Fig. 4에서 나타난 제품에 대해 가공 데이터를 생성하고 실제로 가공하여 보았다. 먼저 프로그램의 3개의 모듈 메뉴 [ ] 중에서 객체속성변경(Circle ⇒ Arc), 포켓가공, 윤곽가공을 AUTO CAD 메뉴 명령을 이용하여 활성화한다. AUTO CAD 기본메뉴 [Tools]에

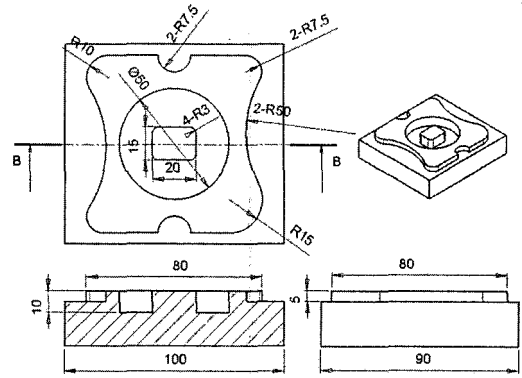


Fig. 4. Part Dimension.

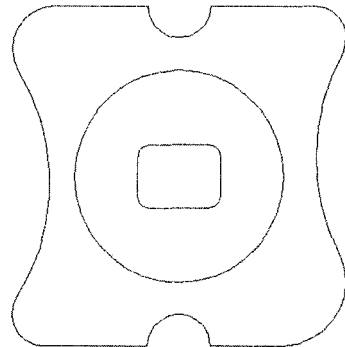


Fig. 5. Poly-line contour for machining.

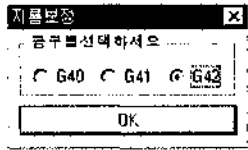
{Load Application...}를 이용하여 프로그램을 로딩한다.

이후 프로그램 실행은 드릴가공으로 시작하는 윤곽가공 후에 포켓가공으로 넘어가는 순서가 되며, 구체적인 실행 순서는 다음과 같다.

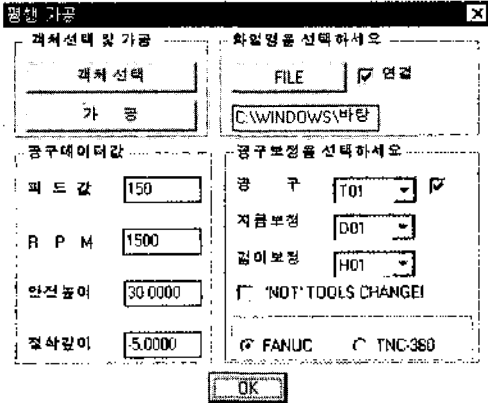
1) 제품도면에서 가공할 부분을 선택하여 Poly-line으로 변경한다. 이 작업 후 가공을 위한 Poly-line이 생성된 모습을 Fig. 5에 나타내었다.

2) 안쪽의  $\Phi 50$ 원과  $10 \times 20 \times 15$  사이를 포켓가공하기 위하여 메뉴[ ]를 선택 후 화면의 지시대로 하여 단일원( $\Phi 50$ )을 Arc로 변환시키고 AUTO CAD 기준 좌표계를 머시닝센터의 좌표계와 같게 이동시킨다.

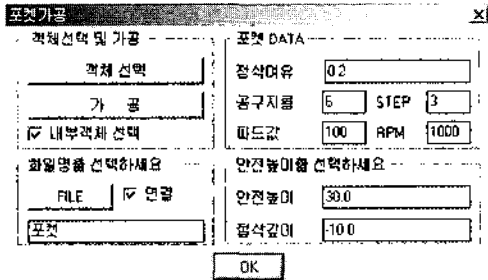
3) 포켓가공에 앞서 시행되어야할 내부와 외부 형상의 윤곽 가공을 위한 메뉴[ ]를 선택하면 Fig. 6(b)의 대화상자가 나타난다. 이 작업은 시작점 드릴가공과 함께 실행되어 포켓가공 시 공구 이송에 따라 남겨질 객체를 피해 공구 이송 시 필요한 공간을 확보하게 된다. 해당되는 객체선택, 접근점, 후퇴점, 가공 데이터, 생성할 가공 데이터 파일명 등을 입력하고 OK 버튼을 클릭하면 윤곽가공용 가공 데이터가 생성된다. Fig. 6은 프로그램 실행 시 각 단계에서 나타나



(a) Tool diameter



(b) Contour machining condition



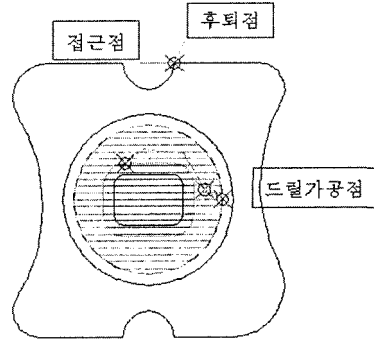
(c) Pocket machining condition

Fig. 6. Dialog boxes.

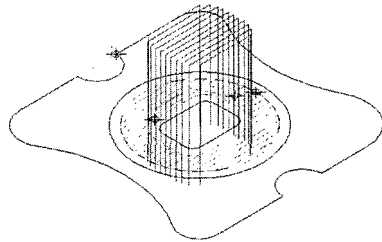
는 대화상자의 모습이다.

4) 포켓 가공을 위한 메뉴[]를 선택하면 Fig. 6(c)의 대화 상자가 나타난다. 대화 상자의 요구에 따라 해당되는 객체선택, 가공 데이터, 생성할 NC 데이터 파일명 등을 입력하고 [OK]버튼을 클릭하면 포켓용 가공 데이터가 생성된다. 이때 엔드밀 가공 시작점에서 드릴 가공을 통해 엔드밀 가공이 시작될 수 있게 된다. Fig. 7에서 생성된 윤곽가공 및 포켓가공용 공구경로를 나타내었다. 제품 외곽의 윤곽선에 있는 가공할 제품의 시작점을 나타내고 있다.

이는 Poly-line의 시작점과 동일하며 외부로 돌출된 경로는 공구의 접근점과 가공 후 후퇴하는 공구경로를 보여주고 있다. 내부에 있는 드릴 가공점과 포켓 가공 시 내부 객체의 시작점이며 진하게 표시되는 경



(a) 2-dimension



(b) 3-dimension

Fig. 7. Tool path for contour and pocket.

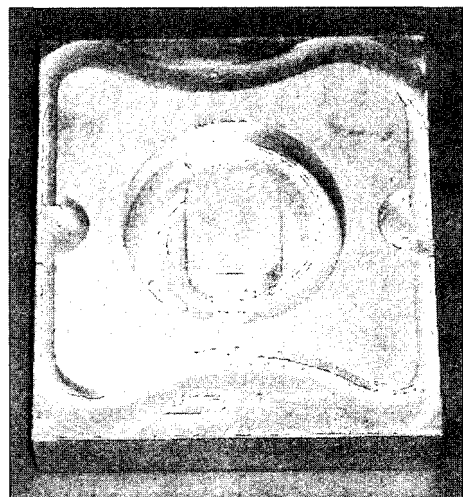


Fig. 8. Machined part.

로는 포켓 가공 시 옆 공구 경로와의 연결을 나타내고 있다. Fig. 7(b)는 공구 경로를 3차원으로 보이게 하여 Z축의 안전높이 확보 여부를 보여주고 있다.

Fig. 8은 본 프로그램으로 생성한 가공 데이터를 이용하여 머시닝센터에서 가공한 제품 예를 나타내고 있다. 표면 정도와 더불어 원하는 형상으로 가공된 것

을 측정을 통해 확인하였다.

## 5. 결 론

AUTO CAD에 내장된 VISUAL LISP을 사용하여 작업자가 수동으로 작성하기 어려운 복잡한 2차원 형상 제품의 머시닝센터용 윤곽 및 포켓가공 프로그램을 자동으로 생성할 수 있는 프로그램을 개발하였다. 이를 통해 간단한 형상의 윤곽 및 포켓가공을 AUTO CAD를 운용할 수 있는 작업자만으로 값비싼 CAM 소프트웨어를 대신할 수 있게 하여 2차원 형상 작업의 효율성을 높여 업체의 경쟁력 향상에 도움을 줄 수 있게 하였다. 이 프로그램의 도입을 통한 효과를 요약하면 다음과 같다.

1. 값비싼 CAM 소프트웨어가 없는 소규모의 산업 현장에서도 머시닝센터용 가공 데이터를 생성할 수 있도록 하였다.

2. 2차원 형상 작업 시 CAD 데이터를 손쉽게 가공 데이터로 변환할 수 있다.

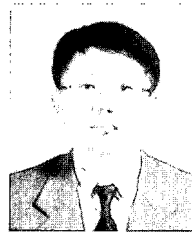
3. CAM 소프트웨어 운영자의 채용과 교육에 추가적인 비용을 줄일 수 있다.

4. 이 프로그램은 다른 CNC 공작기계(와이어 컷 방전 가공기, 워터젯 머신, 레이저 가공기)등에 적용할 경우에도 사용할 수 있는 유연성이 있다.



**송 윤 준**

1998년 홍익대학교 기계공학과 학사  
2001년 건국대학교 기계설계학과 석사  
2001년~현재 건국대학교 기계설계학과  
박사과정  
관심분야: 재료성형 및 CAE



**김 동 직**

1979년~1988년 산업기술시험원  
1988년~1995년 인천기능대학 CAD/  
CAM과  
1995년~현재 성남기능대학 컴퓨터응용기  
계과 부교수  
관심분야: CAM 및 CNC



**한 영 호**

1991년 한국과학기술원 생산공학과 박사  
1980년~현재 건국대학교 기계설계학과  
교수  
관심분야: 재료성형 및 CAE

## 참고문헌

1. 김공복 외, "효율적인 황삭가공을 위한 Pocket 가공 경로에 관한 연구", 한국정밀공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 143-148, 1995.
2. 박상철, 정연찬, "포켓가공을 위한 오프셋 공구경로 연결 알고리즘", 한국 CAD/CAM학회 논문집, 제6권, 제3호, pp. 169-173, 2001.
3. 서경천, 김재정, "지그새그 포켓 가공에서 공구후퇴 횟수를 줄이기 위한 영역 분할법", 한국 CAD/CAM학회 논문집, 제6권, 제4호, pp. 215-221, 2001.
4. 김동직, "AUTO CAD를 이용한 NC선반작업의 공구경로 검증을 위한 교육용 프로그램 개발", 건국대학교 부설 산업기술연구소 논문집, 제18집, 1993.
5. 김동직 외, "최신 CNC 프로그래밍", 대광서림, 1997.
6. Choi, B. K. 외, "Sculptured Surface Machining", Kluwer Academic Publishers, pp.174-180.