

# 와이어 컷 방전가공의 효율적인 NC 모의가공 시스템의 개발

- On the Development of NC Simulator System for Wire  
Cut EDM -

유 우 식 \*

Yoo Woo Sik

김 남 응 \*\*

Kim Nam Woong

유 정 호 \*\*

You Jung Ho

## Abstract

This paper describes the NC simulator system for Wire-cut electrodischarge machining. Electrodischarge Wire-cut machining is applicable to all materials including metals, alloys, and most carbides. Although CAM system generate the NC code considering electrodischarge conditions, incorrect Wire-cut tool path bring about fatal results. The simplest way of simulating a EDM process is to display the trajectory of Wire-cutter location by line segments. With this kind of simulation, the programmer can get a general idea about whether the wire is moving as planned but cannot locate gouging or excess material because only the wire location will be seen, not the changes in the workpiece as it is machined. The ideal way of simulating the EDM process is to display the solid model of the workpiece as it is machined. Therefore we propose the ideal NC simulator system for Wire-cut EDM.

**Keyword** : Wire cut EDM:(와이어 컷 방전가공), Dry cut (모의가공),  
Electrodischarge condition (방전조건)

† 본 연구는 한국과학재단 지정 인천대학교 동북아전자물류연구센터의 지원에 의해 수행한 논문임

\* 인천대학교 산업공학과 교수

\*\* 인천대학교 산업공학과 석사과정

\*\* 인천대학교 산업공학과 석사과정

## 1. 서 론

금형 산업이 발달함에 따라 높은 수준의 기계 부품 및 금형의 정밀도가 요구되고 있고 이로 인해 난삭성 재료에 대한 효율적이고 정밀한 가공이 필요하게 되었다. 또한 다양하고 복잡한 형상을 정밀 가공함에 있어 기존의 기계적 가공법으로는 만족스러운 결과물을 얻지 못하는 경우도 있다. 따라서 이를 대체할 만한 새로운 가공법이 필요하게 되었고 이에 대한 방안으로 방전가공(EDM), 전자빔가공(EBM), 이온빔가공(IBM), 레이저가공(LASER) 등과 같은 전기가공법의 이용이 점차 증가되고 있다.[4][5] 그 중에서 방전가공은 방전 시 발생하는 열을 이용한 전기적 가공법으로 재료의 경도에 무관하고 평면·입체 등의 복잡한 형상의 가공이 용이 하며, 열에 의한 표면의 변질이 적고, 표면 가공일 경우 길이 0.1 ~ 0.2 $\mu\text{m}$ 까지 정밀 가공할 수 있다는 등의 장점 때문에 널리 사용되고 있다. 일반적으로 방전가공기는 형조 방전가공기와 와이어 컷 방전 가공기로 크게 나누어진다. 이중 와이어 컷 방전가공은 다른 가공법에 비해서 난삭성 재료를 더욱 정밀하게 가공할 수 있어 우주항공, 자동차산업, 기계부품가공 등 그 이용도가 날로 증대되고 있다.[7]

따라서 이와 관련된 연구들도 많이 진행되고 있다. 허현 등은 와이어 컷 방전가공에 있어서 가공조건에 따른 가공성의 평가를 연구하였다.[14] 강상훈 등은 와이어 컷 방전가공 시에 발생하는 가공확대여유에 대해 연구하였다.[1] 김원일 등은 가공 제품의 중심부의 치수가 작아지는 복현상에 대해 연구하였다.[3] 이권범, 주상윤, 왕지남은 2단계 신경망 추정을 이용하여 와이어 컷 방전가공조건 선정에 대해 연구하였다.[9] 성준경 등은 금형강의 와이어 컷 방전가공 시 방전가공조건 결정과 가공 특성에 대해 연구하였다.[5] 그리고 이규섭은 와이어 컷 방전가공조건 데이터베이스 구축과 상하 이형상의 가공에 관한 연구를 하였다.[6][7] 이용기는 와이어 컷 방전가공 NC 프로그램의 검증 및 수정에 관한 연구를 하였다.[11] 이와 같이 대체적인 기존의 연구 흐름을 보면 크게 와이어 컷 방전가공에 있어서 발생하는 가공 에러를 보정해주는 분야와 가공에 필요한 최적의 방전가공조건을 선정하는 분야, 그리고 상하 동형상의 NC 프로그램의 검증에 관한 분야로 나눌 수 있다. 하지만 최적의 방전조건을 고려하여 형상을 가공한다 하더라도 사용자의 실수로 원하지 않는 결과가 나올 수도 있다. 또한 단순한 상하 동형상 이외에 복잡하고 다양한 상하 이형상 가공의 검증에 관한 연구는 아직 미비한 실정이다. 따라서 상하 동형상뿐만 아니라 상하 이형상의 실제 가공에 앞서 가공에러를 방지하기 위해 이를 소프트웨어적으로 미리 확인할 수 있는 모의 가공 시뮬레이터의 개발이 필요하다.

와이어 컷 방전가공기를 사용하는 대부분의 현장 작업자들은 형상을 설계할 때 AutoCAD를 이용하여 형상을 설계하고 있다. CAM 소프트웨어에서 제공하는 Drawing 기능을 이용하는 작업자도 있지만 CAM 소프트웨어에 대한 추가적인 교육과 익숙하지 않은 사용법으로 인해 작업에 많은 지장을 받는다고 여기고 있다. 반면 AutoCAD는 CAD 분야의 표준이라 불릴 만큼 전 세계적으로 시장을 확보하고 있으며

이 분야에 종사하고 있는 사람이라면 누구나 한번쯤은 접해 본 경험을 가지고 있다. 이러한 사회적 환경으로 인해 대부분의 현장 작업자들은 AutoCAD를 이용하여 설계를 하고 설계한 형상의 NC 데이터를 생성하는 기능에 CAM 소프트웨어를 이용하고 있다. AutoCAD로 작성된 도면을 다른 CAD/CAM/CAE시스템에 의해서 읽을 수 있는 파일 형식으로 변환하도록 설계된 neutral 파일이 DXF(Drawing Interchange File) 파일이다.[10] 따라서 본 연구의 개발 시스템에서는 AutoCAD의 넓은 시장성으로 이제는 업계의 표준이 된 DXF 파일을 지원 할 필요가 생기게 되었다.

본 연구의 목적은 와이어 컷 방전가공 전용 CAM 시스템인 ProWire2000에 효율적인 NC 모의 가공을 위한 시뮬레이터와 형상 데이터 호환을 위한 DXF 파일의 생성 및 변환 모듈을 추가하여 가공에러를 방지하고 보다 유연한 설계 작업을 지원하도록 하는 것이다. 이를 위해 우선 최적의 방전 조건을 고려한 NC 코드를 분석하여 NC 코드에 맞게 모의 가공이 제대로 수행되었는지 확인할 수 있도록 3차원 시뮬레이터 모듈을 개발한다. 그리고 DXF 파일의 format을 분석하여 DXF로 작성된 형상 데이터를 ProWire2000에서 읽어 들일 수 있도록 변환하는 모듈과 ProWire2000에서 설계된 형상을 DXF 파일로 저장하는 모듈을 개발한다. 물론, DXF로 작성된 형상 데이터 역시 모의 가공을 수행하여 가공 결과를 확인할 수 있다.

## 2. 연구 방법에 대한 고찰

본 연구의 결과물인 NC시뮬레이터 시스템은 다음과 같은 단계로 개발되었다.

[1단계]: Figure 2.와 같은 형상에서 위 형상과 아래 형상의 세그먼트를 분할한다.

[2단계]: 분할된 위 형상과 아래 형상의 각 세그먼트 정점끼리 matching 점을 생성하고 면을 생성한다.

[3단계]: 생성된 면들을 결합한다.

[4단계]: 생성된 면을 shading하여 display 한다.

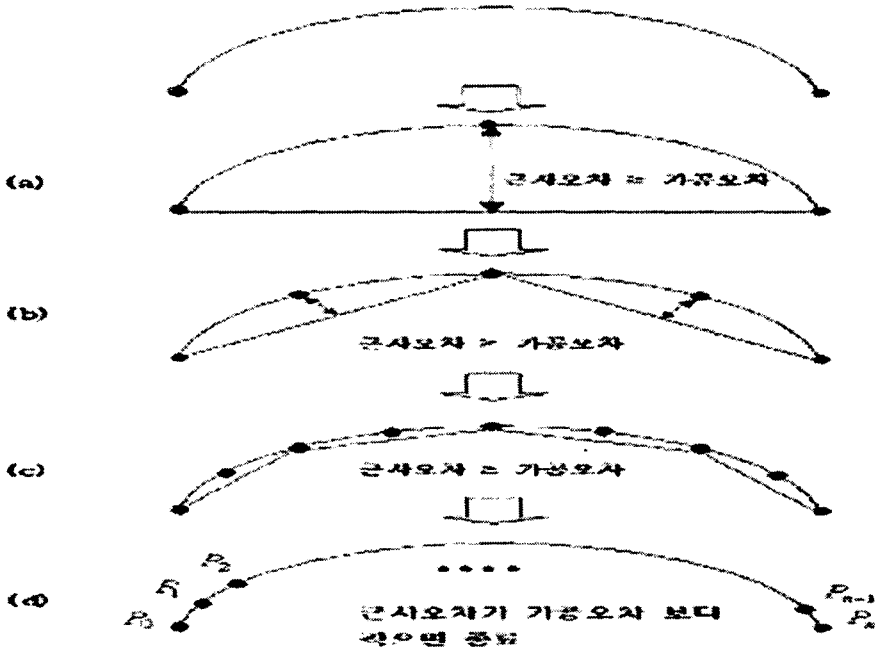
각 단계에 해당하는 세부적인 알고리즘과 수학적 기법들에 대해 살펴보도록 하겠다. [1단계]에서는 세그먼트를 분할하는 단계로서 복잡한 형상의 상하이형상을 가공하기 위해서는 근사 오차가 가공오차의 허용 범위 내에 들도록 세그먼트의 분할 개수를 정해야 한다. 위형상이 직선이고 아래형상이 곡선인 경우에 이를 가공하는 NC 코드는 존재하지 않기 때문이다. 이를 위해서 본 연구에서는 Figure 1.과 같은 알고리즘을 사용하였다.[6] 우선, 세그먼트 하나를 선택한다.

(a): 선택된 세그먼트의 중심점을 구해 근사 오차가 가공 허용오차 보다 크면 그 점에서 세그먼트를 분할한다.

(b): (a)에서 분할된 2개의 세그먼트 각각에 대해 중심점을 구해 근사 오차가 가공 허용오차 보다 크면 그 점에서 세그먼트를 분할한다.

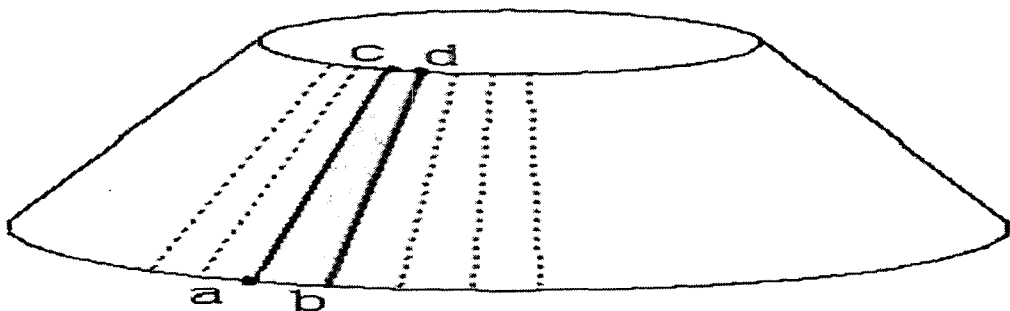
(c): (b)에서 분할된 4개의 세그먼트 각각에 대해 중심점을 구해 근사 오차가 가공 허용오차 보다 크면 그 점에서 세그먼트를 분할한다.

(d): 위의 과정을 근사 오차가 가공 허용오차보다 작게 될 때까지 반복 수행하면 세그먼트의 분할 개수가 정해진다.

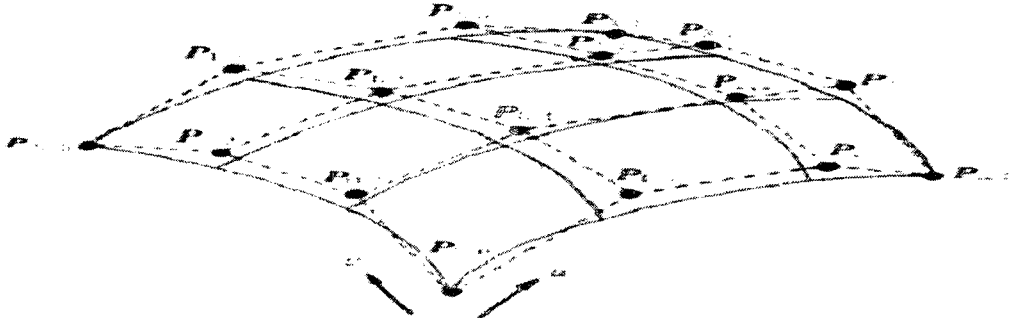


< Figure 1 > 세그먼트 분할 알고리즘

[2단계]에서는 면을 생성하는 단계로서 세그먼트가 모두 분할이 되었으면 Figure 2.와 같이 위 형상과 아래 형상의 대응되는 하나의 세그먼트를 구성하는 4개의 매칭점(a, b, c, d)들을 이용하여 면을 생성해야 한다. 이때 사용되는 알고리즘은 Figure 3.과 같이 Bezier surface 알고리즘을 이용하였다.



< Figure 2 > 1개의 세그먼트에 대한 면 생성



< Figure 3 > Bezier Surface 알고리즘

Bezier Surface 알고리즘은 수학적식으로 다음과 같이 표현된다.

$$P(u, v) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m P_{i,j} B_{i,n}(u) B_{j,m}(v) \quad (0 \leq u \leq 1, 0 \leq v \leq 1) \quad (1)$$

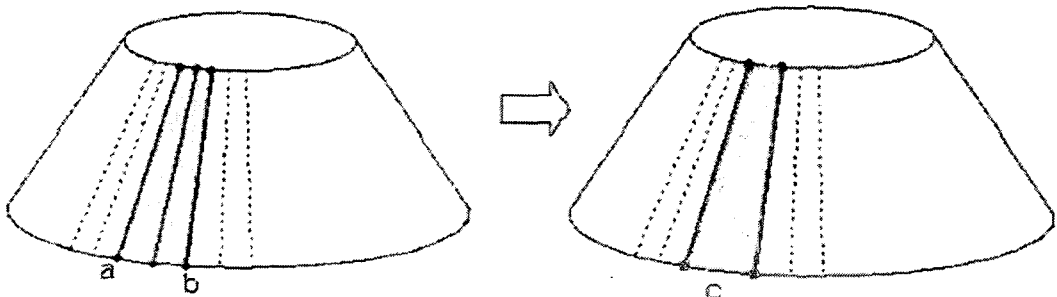
식(1)에서,  $P_{i,j}$ 는 곡면의 조정점으로써 생성되는 각 면들의 꼭지점에 해당한다.  $B_{i,n}$ 과  $B_{j,m}$ 는 블렌딩 함수이고  $u$ 와  $v$ 방향으로 곡면의 차수는 각 방향으로 조정점의 개수에 의해 좌우된다. 블렌딩 함수  $B_{i,n}$ 과  $B_{j,m}$ 는 Bezier 곡선에서 정의되는 Bernstein 다항식으로서 식(2)와 같이 표현된다.

여기서,  $B_{j,m}$  또한 식(2)와 같이 표현된다.

$$B_{i,n}(u) = {}_n C_i u^i (1-u)^{n-i} \quad (2)$$

$${}_n C_i = \frac{n!}{i!(n-i)!}$$

[3]단계에서는 생성된 면들을 결합하는 단계로서 Bezier Surface 알고리즘을 통해 2개 이상의 면들이 생성되면 이를 하나의 면으로 결합한다. 분할된 세그먼트만큼 면이 생성되기 때문에 이를 단일 폐곡면으로 결합하는 것이다. 면 결합 알고리즘은 2개의 면을 결합하여 하나의 면으로 재정의의 하도록 설계하였다. Figure 4는 Bezier Surface 알고리즘을 통해 생성된 2개 면 a, b를 결합하여 1개의 면 c로 재 정의하는 그림이다.

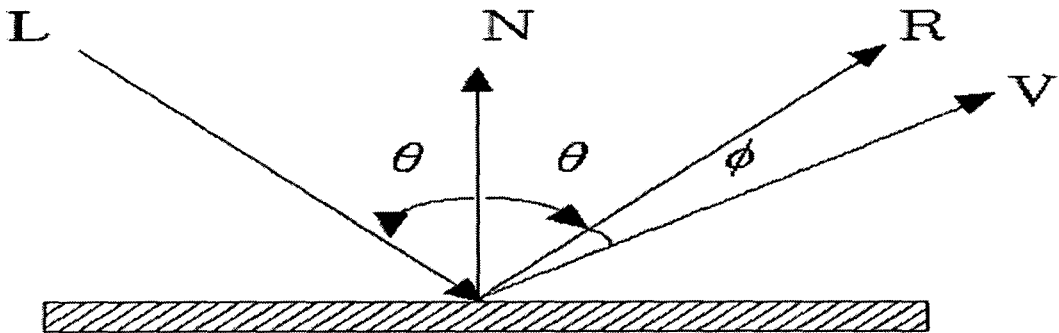


< Figure 4 > 생성된 면들의 결합

이 경우 인접 부위에서 두 면을 부드럽게 연결시키기 위해서는 인접 부위에서 좌우 양쪽의 조정점의 쌍이 일직선이 되도록 해야 한다. 이 조건이 만족되면 두 면의 경계를 가로지르는 방향으로의 미분이 연속하게 된다.

[단계4]에서는 생성된 면들의 결합으로 재정의된 하나의 단일 면에 대해서 Shading 알고리즘을 적용하는 단계이다. Shading 알고리즘은 음영법의 전형적인 수학적 모델의 하나인 Phong model을 이용하였다. Figure 5. 에 나타나 있듯이 대부분의 반사된 빛은 그 축을 중심으로 입사광(단위벡터  $L$ )의 대칭되는 쪽에 표면의 법선벡터(단위벡터  $N$ )로부터 입사각(각도  $\theta$ )과 동일한 각도를 갖는 작은 원추 영역 내부에 존재한다. 이 축은 단위벡터  $R$ 로 표시된다. 그러므로 관찰자가 느끼게 되는 반사의 강도는 단위벡터  $V$ 로 표시되는 눈의 위치(각도  $\phi$ )가 벡터  $R$ 에서 벗어날수록 작아지게 된다.

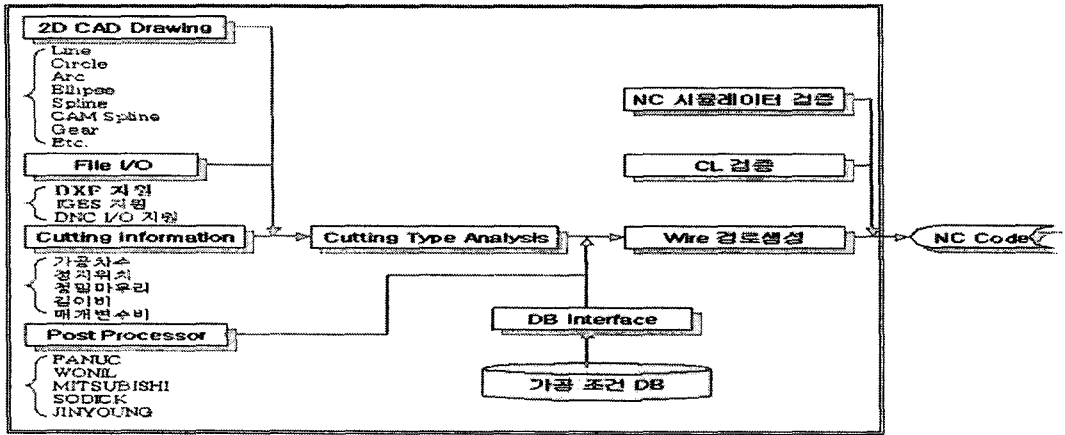
일반적인 자유곡면에 대해서는 삼각형 등으로 잘게 쪼개어 각각의 삼각형 면의 법선벡터( $N$ )를 구하여 Figure 5와 같은 원리를 적용한다. 곡면을 삼각형으로 잘게 쪼개어 반사광 세기를 계산할 때 삼각형 경계에서 법선벡터( $N$ )의 변화가 심하기 때문에 꺾인 듯이 보인다. Phong model은 삼각형 꼭지점의 법선벡터는 이웃한 삼각형의 평균법선벡터로 가정하였으며 삼각형 내부에서의 법선벡터는 세 꼭지점 법선벡터를 조합하여 부드럽게 변화되도록 계산하였다. 이는 삼각형 꼭지점의 빛의 세기를 보간하여 투영된 삼각형 내부에 들어오는 픽셀에서 빛의 세기를 계산하는 Gouraud model과 차이가 있다.



< Figure 5 > Phong model에서 사용된 벡터

### 3. 시스템 개발

본 연구를 통해 개발된 NC 시뮬레이터 검증 모듈과 DXF I/O 모듈이 추가된 와이어 컷 전용 CAM 시스템의 전체 구성도는 Figure 6.과 같다. 본 시스템은 윈도우 기반의 표준 2D CAD 드로잉을 지원하는 형상모델링 모듈과 IGES, STL, CATIA 등 타 CAD 데이터 입출력 기능이 있으며 DNC I/O 모듈, 상하이형 가공을 위한 가공정보 입력모듈, 최적의 방전조건을 고려하기 위한 데이터베이스 인터페이스와 원하는 Controller의 NC code를 생성하는 Post-processor 등으로 구성되어 있다. 또한, 생성된 와이어의 경로에 대한 좌표 추적을 할 수 있는 Trace 기능(CL 기능)도 포함되어 있다.

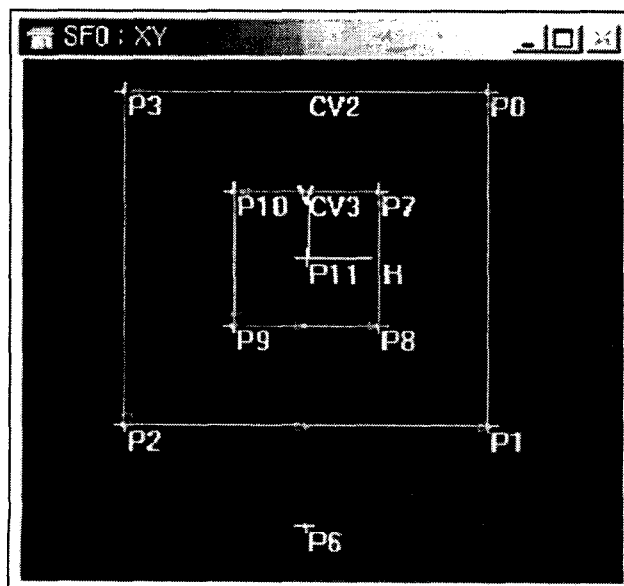


< Figure 6 > 와이어 컷 전용 캠 시스템의 전체 구성도

### 3.1 모의가공

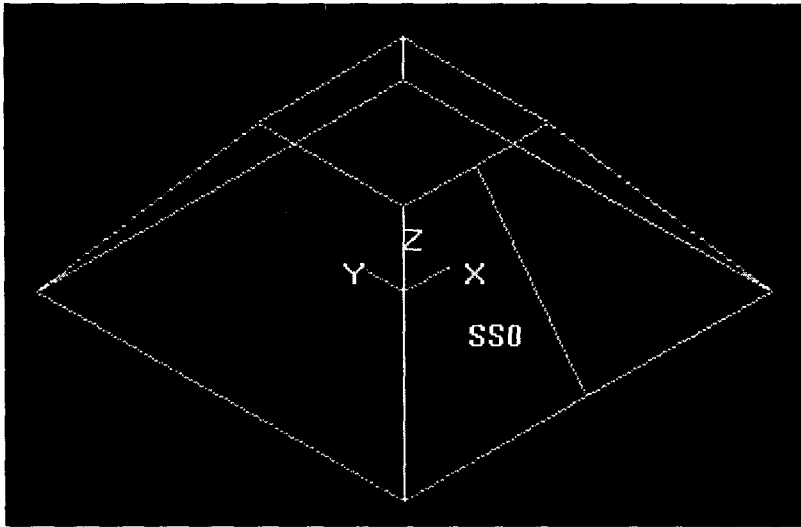
상하이형상의 여러 Case에 대해서 개발된 세그먼트 분할, 면생성, 면결합, Shaing 알고리즘들을 적용시켜 NC 시뮬레이터 모듈을 실행한 화면은 Figure 7. ~ Figure 21.과 같다.

#### 3.1.1 위 형상이 직선이고 아래 형상도 직선인 경우

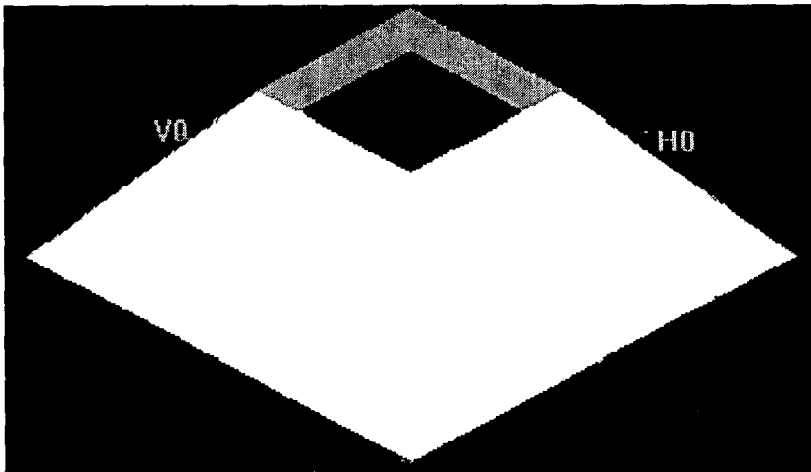


< Figure 7 > 직선-직선 가공 형상의 세그먼트 분할

Figure 7.은 가공 형상에 대한 2D XY 평면을 나타낸 것이다. 위의 가공 형상은 아래면 형상(CV2)과 윗면 형상(CV3)이 각각 5개의 세그먼트로 구성되어 있으며 직선보간으로 바로 가공이 가능하기 때문에 각 세그먼트 경계에 매칭점이 생성된다. Figure 8.은 대응되는 상하 매칭점끼리 면을 생성하여 이들을 결합하여 하나의 면(SS0)으로 재생성한 화면이다. Figure 9.는 Figure 8.에 대해 Phong model 알고리즘을 적용하여 Shading시킨 화면이다.



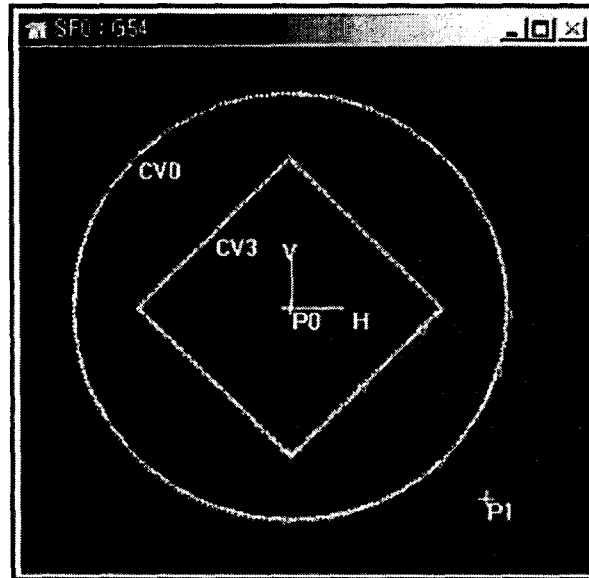
< Figure 8 > 직선-직선 가공 형상의 면 생성 및 면 결합



< Figure 9 > 직선-직선 가공 형상의 Shading

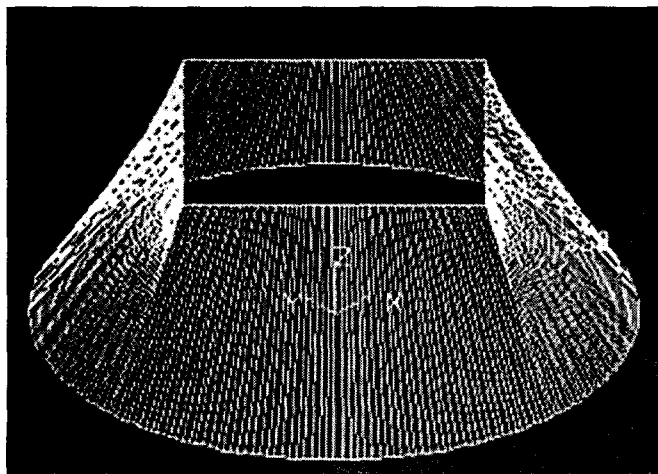


3.1.2 위 형상이 직선이고 아래 형상은 곡선인 경우

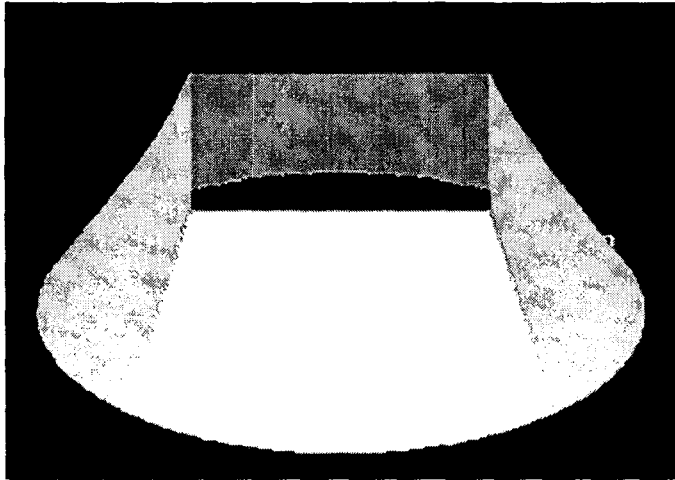


< Figure 10 > 직선-곡선 가공 형상의 세그먼트 분할

위의 가공 형상은 아래면 형상(CV0)과 윗면 형상(CV3)이 각각 6개의 세그먼트로 구성되어 있으며 직선보간으로 바로 가공이 불가능하기 때문에 근사오차가 가공오차 허용범위 내에 들도록 세그먼트를 분할해야 한다. Figure 10. 은 세그먼트 분할 알고리즘을 사용하여 분할된 세그먼트를 보여주고 있으며 각 세그먼트 마다 매칭점이 생성된다. Figure 11.은 대응되는 상하 매칭점끼리 면을 생성하여 이들을 결합하여 하나의 면(SS0)으로 재생성한 화면이다. Figure 12.은 Figure 11.에 대해 Phong model 알고리즘을 적용하여 Shading시킨 화면이다.

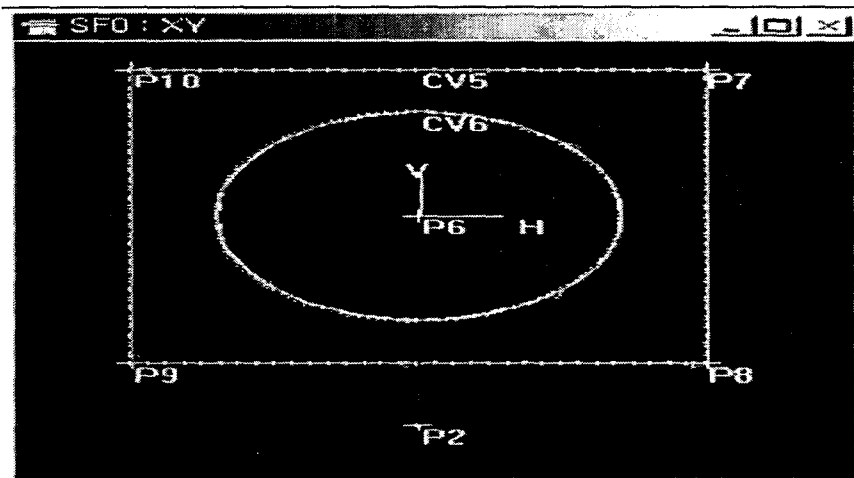


< Figure 11 > 직선-곡선 가공 형상의 면 생성 및 면 결합



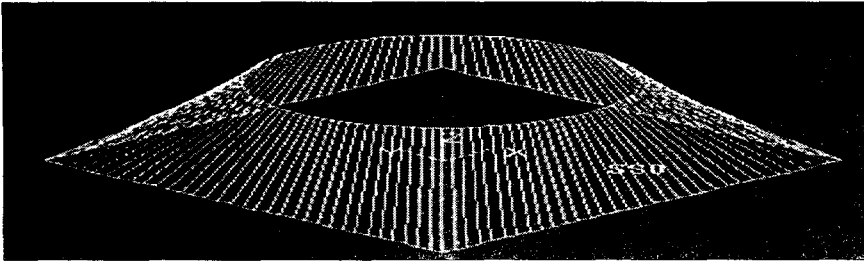
< Figure 12 > 직선-곡선 가공 형상의 Shading

3.1.3 위 형상이 곡선이고 아래 형상은 직선인 경우

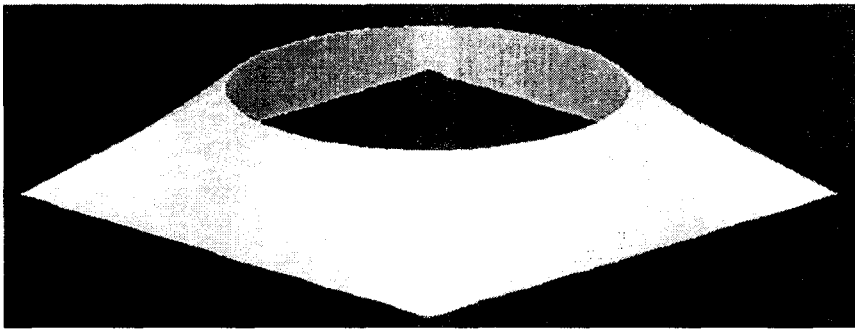


< Figure 13 > 곡선-직선 가공 형상의 세그먼트 분할

위의 가공 형상은 아래면 형상(CV5)과 윗면 형상(CV6)이 각각 5개의 세그먼트로 구성되어 있으며 이 경우 또한 직선보간으로 바로 가공이 불가능하기 때문에 근사오차가 가공오차 허용범위 내에 들도록 세그먼트를 분할해야 한다. Figure 13.은 세그먼트 분할 알고리즘을 사용하여 분할된 세그먼트를 보여주고 있으며 각 세그먼트 마다 매칭점이 생성된다. Figure 14.는 대응되는 상하 매칭점끼리 면을 생성하여 이들을 결합하여 하나의 면(SS0)으로 재생성한 화면이다. Figure 15.은 Figure 14.에 대해 Phong model 알고리즘을 적용하여 Shading시킨 화면이다.

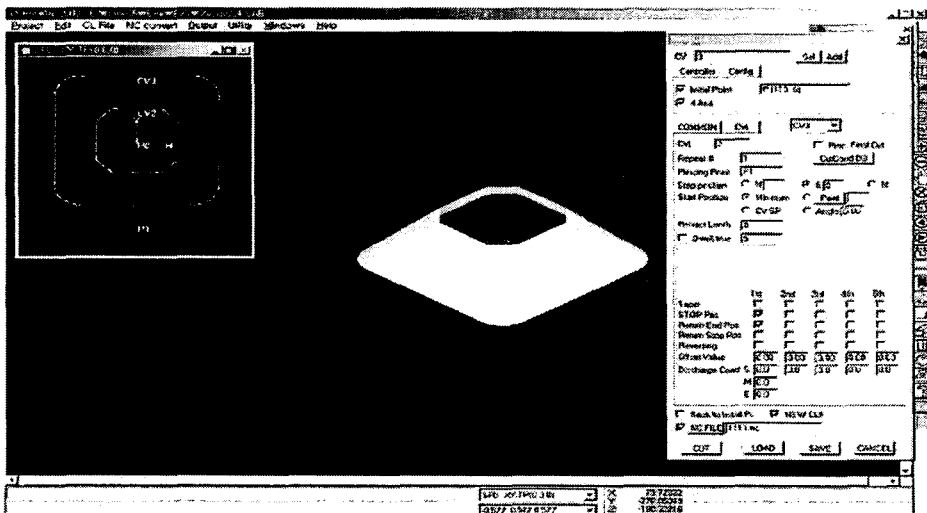


< Figure 14 > 곡선-직선 가공 형상의 면 생성 및 면 결합



< Figure 15 > 곡선-직선 가공 형상의 Shading

Figure 16.은 본 연구의 결과물인 CAM 시스템으로 가공 형상을 모델링 하고 NC 시뮬레이터를 적용하여 3차원 display 한 전체 화면이다. Figure 17.은 Figure 16. 가공 형상에 대해 최적의 방전조건을 고려하여 생성된 NC 코드이다.



< Figure 16 > 상하이형상의 NC 시뮬레이터 시스템의 전체 가공 화면

```

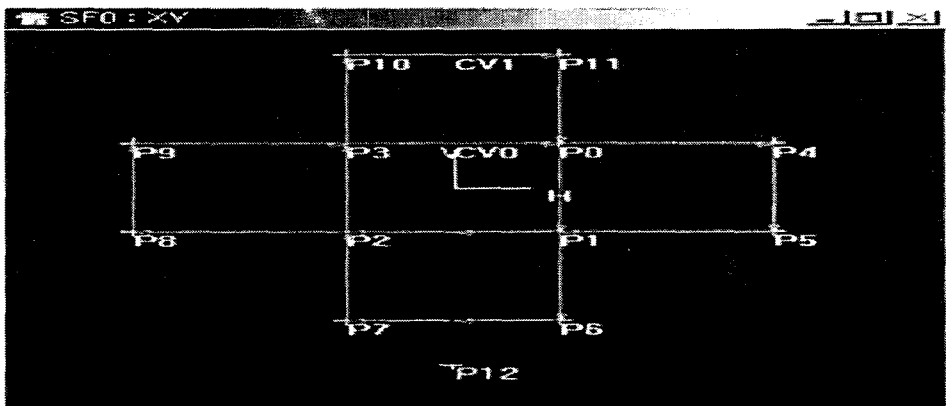
INS 14 Edit - (F:\Wong35\W...
2
L001 "circle" [MAIN START]
TW=60.
TM=1.9685
TN=0.
TZ=2.00787
TH=0.
H050=0. [DATA 0]
H051=0. [PROCESS CONDITION]
H052=0. [OFFSET]
B10-GET(X:Y;B0)
B10
G90G92X0.Y-130.
G59L5
G46
G83
B11-GET(X:Y;B10)
B11
P(H051)
D11-H050 [APPROACH OFFSET]
D12-H052 [1 Curve = 1st Cut Offset]
M104
B11-GET(X:Y;B10)
B11
G90G92X0.Y-130.U0-U0.
M92
G53G01Y-100.U0-U50.
P(H051)
G27P002Q1
G01X0.U0.U50.D12
<1
    
```

< Figure 17 > 생성된 NC 코드

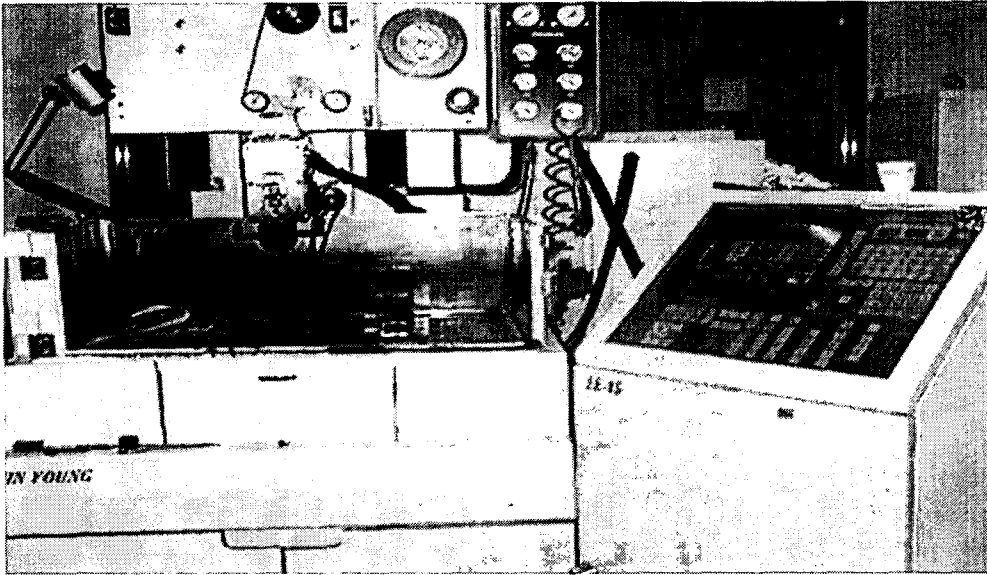
#### 4. 현장 응용 사례

본 연구에 의해 개발된 NC 시뮬레이터를 현장에 적용해 보았다. Figure 18.과 같이 가공형상을 모델링하고 생성한 NC 코드를 가지고 상하이형상을 가공하였다. 가공에 사용된 와이어 컷 방전가공기는 Figure 19.와 같이 J사의 JW-30A이다. 본 와이어 컷 방전가공기는 침전식으로 소재를 가공액(물)에 완전히 침전 시킨 상태에서 방전가공을 하는 방식이다.

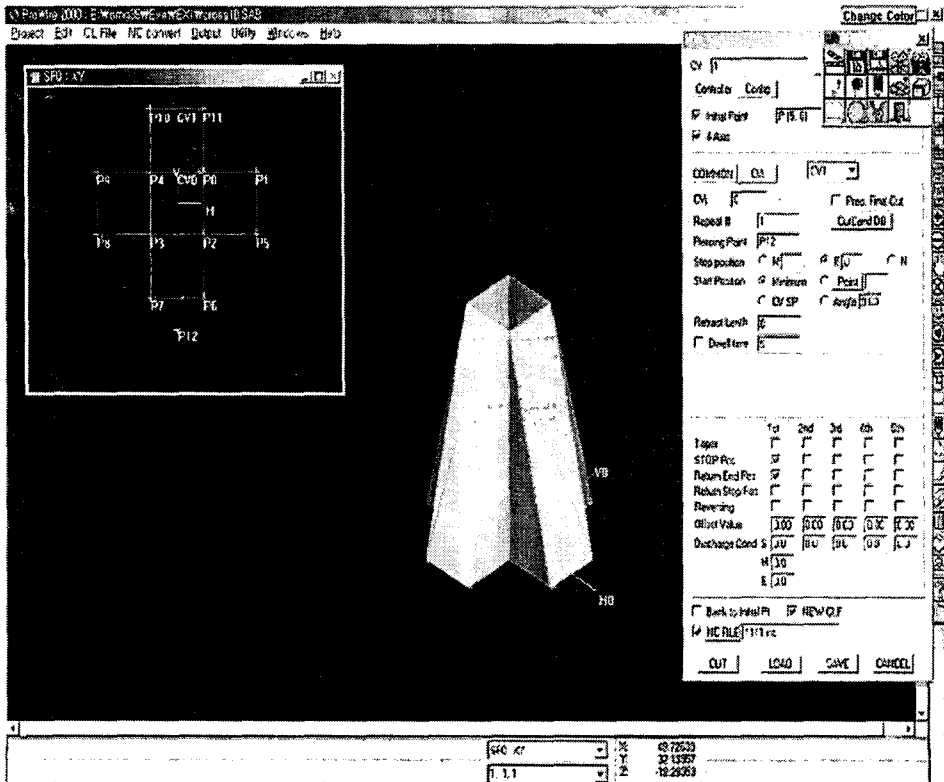
본 테스트는 정밀마무리가 있는 펀치형상의 2차 역가공이다. 본 테스트에서 사용한 소재의 재질은 SKD-11이고 와이어의 재질은 BS-H, 와이어의 직경은 0.25mm 이다. 그리고 가공 형상의 크기는 윗면이 12mm\*12mm 아래면이 36mm\*36mm 두께는 50mm 이다. Figure 20.은 Figure 18의 가공형상에 대해 NC 시뮬레이터를 적용시킨 화면이고 Figure 21은 Figure 18. 형상에 대해 방전가공이 완료된 제품의 모습이다.



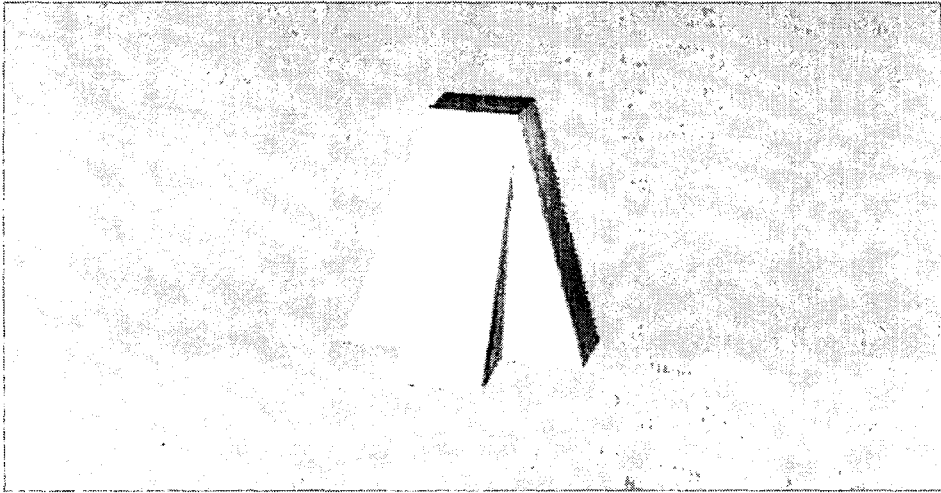
< Figure 18 > 가공할 형상의 모델링



< Figure 19 > 와이어 컷 방전가공기



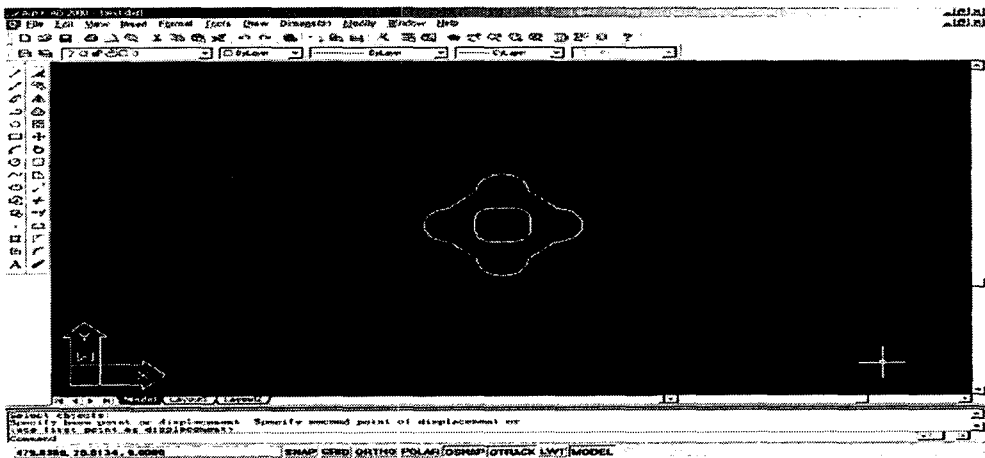
< Figure 20 > 테스트 형상에 대해 NC 시뮬레이터를 적용한 화면



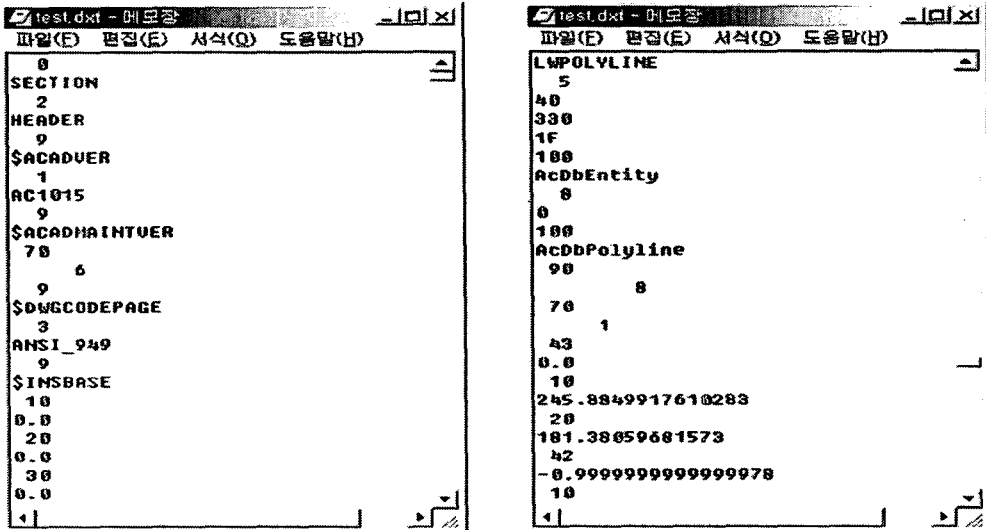
< Figure 21 > 가공이 완료된 제품

## 5. DXF file과의 호환

현장의 작업자들은 가공 형상의 설계 시에 범용 CAD 시스템인 AutoCAD를 많이 이용하고 있다. 본 연구를 통해 개발된 Prowire2000에서도 2D Drawing 기능을 제공하지만 이미 AutoCAD에 익숙해져 있는 작업자들은 CAM 기능으로만 Prowire2000을 사용하고 있는 경우도 있다. 따라서 현장 작업자들의 보다 유연한 가공 형상의 설계를 지원하고자 AutoCAD와 호환이 가능한 DXF(Drawing Interchange File) file I/O 모듈을 개발하였다. 본 연구에서는 AutoCAD2000의 DXF file format을 기준으로 I/O 모듈을 개발하였고 이로써 Line, Arc, Polyline 등의 Entity들을 모두 읽어 들일 수 있도록 하였다. Figure 22.는 AutoCAD2000에서 가공 형상을 설계한 화면이며 Polyline으로 작성하였다. Figure 23.은 이 형상에 대한 DXF file을 나타낸 것이다.

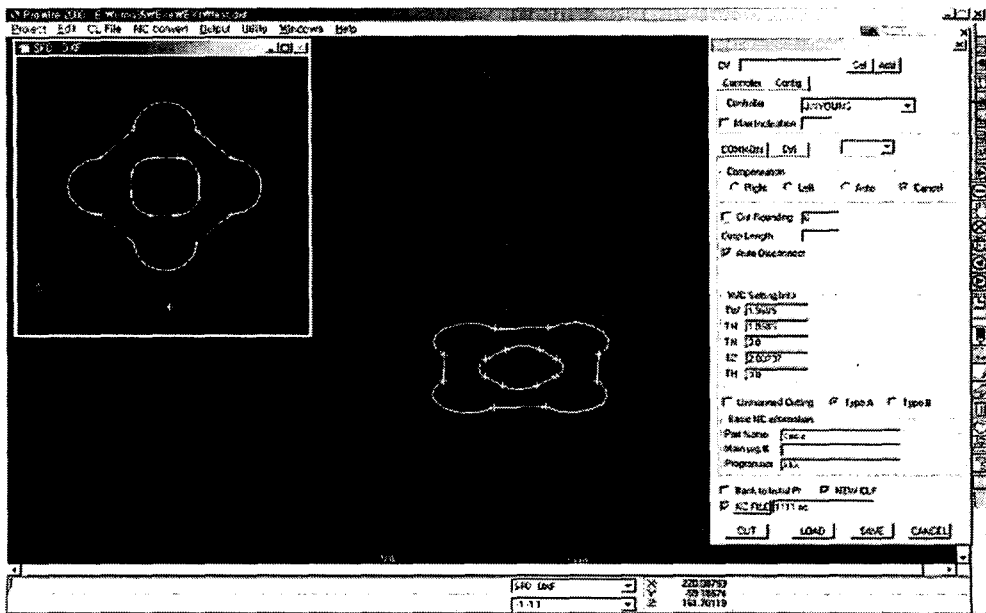


< Figure 22 > AutoCAD에서 설계한 가공형상

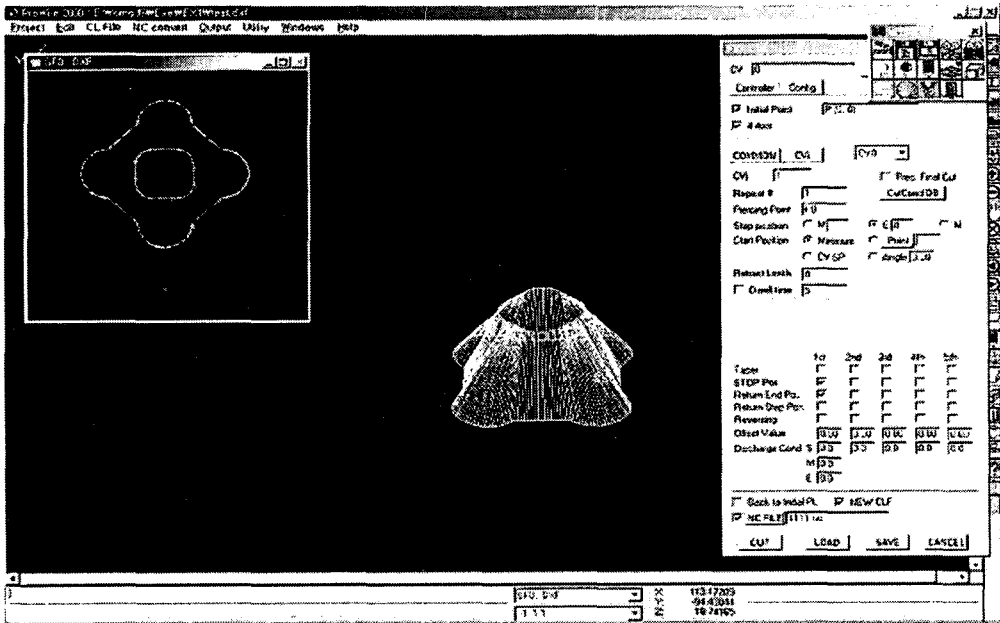


< Figure 23 > AutoCAD에서 설계된 가공형상의 DXF file

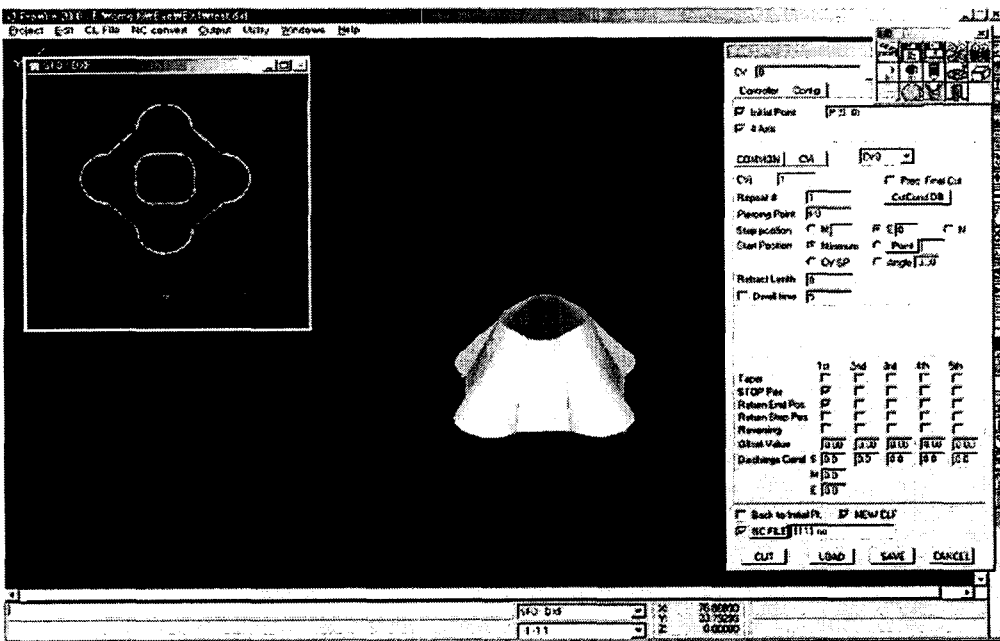
Figure 24는 AutoCAD2000에서 설계한 가공형상을 Prowire2000에서 읽어 들인 화면이며, Figure 25는 가공형상에 대해 면을 생성한 화면이다. Figure 26은 가공형상을 NC 시뮬레이터로 모의 가공한 화면이고 Figure 27은 가공형상의 NC code이다. DXF file로 읽어 들인 형상도 마찬가지로 일반 가공형상과 동일한 방식으로 가공을 한다.



< Figure 24 > DXF file을 가공형상으로 변환한 모습



< Figure 25 > DXF 가공형상에 대해 면을 생성한 화면



< Figure 26 > DXF 가공형상을 Shading 한 화면



```

INS 1 Edit - (E:\womg5\...
L001 "circle" [MAIN START]
T0=40.
T1=1.9685
T2=2.80787
T3=0.
H050=0. [DATA 0]
H051=0. [PROCESS CONDITION]
H052=0. [OFFSET]
B10=GET(X;Y;B0)
B10
G00G02X149.5935Y53.2520Z
G59L5
G46
G83
B11=GET(X;Y;B10)
B11
P(H051)
D11=H050 [APPROACH OFFSET]
D12=H052 [1 Curve = 15C G6C OFFSET]
M104
B11=GET(X;Y;B10)
B11
G00G02X149.5935Y53.2520Z0.00.
M92
G53G01X149.12625Y79.8998Z0.0.58226029.89755
P(H051)
G27P00201
G01U8.98682U15.D12
G01X133.92984Y92.60989U9.26617U16.48712
G01X134.15001Y91.13743U9.80475U17.95959
G01X134.51588Y89.69412U9.89784U19.70289
G01X135.02303Y88.29420U9.84994U20.80281
G01X135.66647Y86.95145U8.86575U22.14596
G01X136.43987Y85.67912U8.55160U23.4179
G01X137.3356Y84.48972U8.01513U24.60729
    
```

< Figure 27 > DXF 가공형상에 대한 NC code

## 6. 결 론

본 논문에서는 와이어 컷 방전가공의 효율적인 NC 모의가공을 지원하기 위한 시뮬레이터 개발과 DXF file의 형상데이터 호환에 대한 개발 내용을 기술하였다. 본 연구의 결과물인 와이어 컷 방전가공의 NC 시뮬레이터와 DXF file의 생성, 변환 모듈은 Visual C++ 6.0을 사용하여 개발하였다. 그리고 ACIS 커널과 DCM 2D 라이브러리를 활용하였다. 본 논문의 연구 결과와 기대 효과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 단순한 상하 동형상 외에 복잡한 상하 이형상의 가공 결과를 소프트웨어에서 미리 확인해 볼 수 있는 NC 시뮬레이터를 개발하였다. 와이어 컷 방전가공의 특성상 상당한 가공 간이 요구되기 때문에 모의가공을 직접 수행하여 가공 결과를 확인하거나 사용자의 실수로 인한 가공 에러는 시간적으로 엄청난 낭비가 아닐 수 없다. 따라서 최적의 방전조건을 고려한 NC 코드를 생성하였다 하더라도 실제 가공에 앞서 미리 소프트웨어에서 가공 결과를 확인해 봄으로써 NC 코드를 검증해 볼 수 있게 되어 가공 에러를 최소화 할 수 있게 되었다.

둘째, 범용 CAD 시스템인 AutoCAD의 DXF file을 지원한다. DXF file의 생성 및 변환 모듈을 개발함으로써 AutoCAD에서 설계된 형상을 본 시스템으로 읽어 들여 설계 상에 대한 NC 데이터를 생성하고 모의가공까지 할 수 있게 되었다. 또한 본 시스템에서 설계한 형상을 DXF file로도 저장하여 타 시스템과의 호환을 가능하게 하였다. 이로써 유연한 형상 설계 작업이 가능하게 되었다.

따라서, 본 연구로 인해 개발된 와이어 컷 방전가공의 NC 시뮬레이터는 와이어 컷 방전가공기의 활용도를 더욱 높일 것이다.

## 7. 참 고 문 헌

- [1] 강상훈, 박원조, 배성한, "CAD/CAM 와이어 방전가공의 가공확대 여유에 관한 연구", 대한기계학회논문집, Vol.17, No.2, pp380~384, 1993.
- [2] 김기선, 정관동, CNC 방전가공 및 와이어 컷 가공법, 문운당, 1998.
- [3] 김원일, 이재명, 강종표, "와이어 방전가공에 의한 복현상에 관한 연구", 한국산업안전학회지, Vol.16, No.8, pp100~105, 1997.
- [4] 김창호, "초경합금의 와이어방전가공 가능성 및 표면특성", 한국정밀공학회지 Vol. 16, No.8, pp.100~105,1999.
- [5] 성준경 등, "금형강의 와이어 컷 방전가공 시 방전조건과 가공 특성", 한국정밀공학회 춘계학술대회 논문집, pp.14~18, 1996.
- [6] 유우식 등, "방전조건 데이터베이스를 고려한 와이어 컷 전용 CAM 시스템 개발", 2000 한국 CAD/CAM학회 학술 발표회 논문집, pp81~86, 2000.
- [7] 유우식, 이규섭, "와이어 컷 방전가공조건 데이터베이스 구축 및 상하 이형상 가공", 2000 한국 산업경영시스템학회 춘계학술대회, pp109~118, 2000.
- [8] 윤재준, 김용성, AutoCAD 매뉴얼(Version 2.6), 영진출판사, pp.408~420, 1987.
- [9] 이진범, 주상윤, 왕진남, "와이어 가공 조건 자동생성 2단계 신경망 추정", 한국정밀공학회지, Vol. 15, No.2, pp.7~13, 1998.
- [10] 이견우 등, "CAD/CAM/CAE 시스템", Pearson Education Korea, 2000.
- [11] 이용기, "와이어컷트 방전가공 NC프로그램의 검증 및 수정", 한국과학기술원 석사학위논문, 1998.
- [12] ㈜큐빅테크, "오메가 Reference Manual", 1998.
- [13] 편집부, 와이어 컷트 방전가공, 도서출판 기다리, 1990.
- [14] 허현 등, "와이어 컷 방전가공에서 가공조건에 따른 신경회로망을 이용한 가공성의 평가", 97년 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, pp1044~1048, 1997.

## 저 자 소 개

유 우 식 : 서울대학교 산업공학과를 졸업하였으며, 과학기술원 산업공학과에서 석사, 박사를 취득하였다. 현재 인천대학교 산업공학과에서 교수로 재직 중이며, 주요 관심분야는 금형의 CNC가공, CAD/CAM, 제조시스템 모델링 등이다.

김 남 웅 : 인천대학교 산업공학과를 졸업하였으며, 인천대학교 산업공학과 대학원을 졸업하였다. 현재 [주]디디알소프트에서 연구원으로 있으며, 주요 관심분야는 CAD/CAM, 3차원 형상모델링 등이다.

유 정 호 : 인천대학교 산업공학과를 졸업하였으며, 인천대학교 산업공학과 대학원에 재학 중이다. 주요 관심분야는 물류정보시스템, 제조정보시스템 등이다.