

CAD/CAM을 이용한 구두창 금형 가공

박용복* · 엄정노** · 황인극***

* 공주대학교 기계자동차공학부
** 충남인력개발원 컴퓨터응용기계과
*** 공주대학교 산업시스템공학과

Machining for Outsole Mold of Shoes Using CAD/CAM

Yong-Bok Park* · Jeong-No Yum** · In-Keuk Hwang***

* Div. of Mechanical and Automotive Engineering, Kongju National University
** Computer Aided Mechanical Engineering, Chung-Nam Human Resources Development Institute
*** Dept. of Industrial & Systems Engineering, Kongju National University

The outsole mold of the shoes has been manufactured using electro-discharge machining by graphite electrode or using casting etc. The study is concerned with the pattern design for the outsole of shoes by CAD, the modeling and the generation of NC data by CAM system and the machining by CNC machining center. The ball end mill and the engraving cutter is used as cutter and the cutting conditions are adjusted according to the shapes and sizes of the cutter and part in cutting. The method showed the possibility coping with the rapid change of shoes industry and proposed the possibility for higher productivity and quality on mold-manufacturing of shoes outsole.

Keywords : Outsole Mold, Shoes, CAD/CAM, CNC, Engraving Cutter

1. 서 론

우리나라의 신발산업은 현재까지도 노동집약적 산업으로 시설투자가 장기적 차원에서 체계적이고 계획적으로 이루어지지 못하여 과거와 동일한 형태의 영세성과 낙후된 기술로 이루어지고 있으며, 신발 산업에서 가장 중요한 금형 제조 또한 여러 가지 문제점을 가지고 있다.

그 중에서도 현재까지의 구두창 금형 제조방법은 금형소재에 대해 범용 밀링에 의한 임가공을 하고 흑연(Graphite)소재를 이용하여 구두 바닥의 무늬를 수동조각기로 가공한 총형 전극을 만들고, 이것에 의한 형조방전가공법으로 금형을 제작하는 창성 가공법이 많이 사용되고 있으나[1], 전극가공시의 분진, 열악한 작업환경, 생산성 저하, 숙련공 확보, 제품의 균일화, 납기 등이 문제

점으로 대두되고 있고, 또 다른 방법으로는 전용 조각기에 의해 가공하여 만드는 방법이 있으나 이것 또한 고도의 숙련자가 필요하며 작업시간이 오래 걸리는 단점과 동일한 제품의 재연성이 곤란하고 빠른 변화에 대처할 수 있는 능력이 부족함은 물론 인건비의 과다 지출로 인한 경쟁력 약화에 대한 대응책을 시급히 마련해야 한다. 이러한 여러 가지 이유로 현재 국내 구두 금형 산업이 사양길에 접어들고 있는 실정으로 이에 대한 경쟁력을 확보하기 위해서는 짧은 기간 내에 금형의 제작과 제품 개발이 이루어져야 하며, 숙련된 작업자나 신발가공 전용기를 사용하지 않고 일반화된 공작기계를 이용하여 금형이 가공될 수 있는 구두 산업의 혁신이 필요하다[2].

따라서 현재 쉽게 이용할 수 있는 CNC장비를 이용하

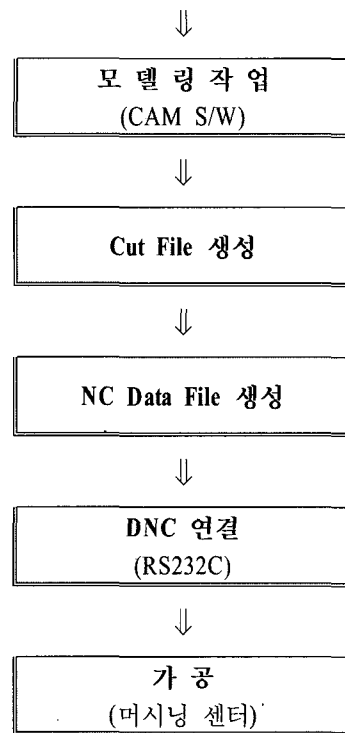
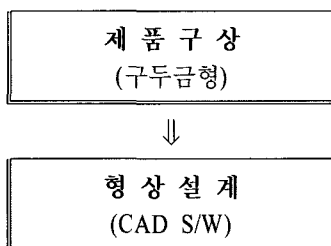
여 작업환경의 개선과 과도한 설비 투자를 하지 않고 원가절감, 공정의 단축 및 재현성이 보장되고 디자인의 변화에 능동적으로 대응할 수 있는 CAD/CAM 시스템에 대한 연구가 필요하며, 이러한 CAD/CAM 시스템에 의해 개발된 모든 데이터 및 자료는 금형 가공장비와의 호환성이 매우 뛰어나고 정량적으로 보관 관리가 쉽고 필요시 재활용이 가능하며 신제품의 개발에 응용할 수 있는 신속한 자료로서의 가치가 크다고 할 수 있다.

구두창 바닥 형상은 디자이너의 패션 감각에 주로 의존하여 패턴자체가 정형화되거나 수학적인 형상을 갖지 않은 경우가 많고 특수한 기능을 위해 특정부위에 반복적으로 사용되는 패턴은 정형화되어 있어도 조각 패턴이 미세하거나 복잡하여 절삭가공으로 바닥 조각을 완성하기에는 어려움이 많았고 가공자체가 불가능한 경우도 있다. 이러한 단점을 해결하기 위하여 최근에는 주강주조 금형으로의 대체 시도가 일부 진행되고 있으나 치수안정성, 수리보전의 취약성, 납기 등의 문제점으로 현업 투입이 활성화되지 못하고 있다[3,4].

박[5] 등은 기존 금형을 3차원 측정기에 의해 측정하고 그 데이터를 이용하여 CAM S/W로 모델링한 후에 NC Data로 변환하여 가공하는 역설계[6-8]에 의한 방법을 제시하여 구두창 금형을 기존의 방법과는 달리 CNC 머시닝센터로 직접 가공할 수 있는 가능성을 보인 바 있다. 본 연구의 목적은 이미 제시된 방법을 실제 모델에 적용하여 CAD를 통한 임의의 바닥형상 디자인을 수행하고 그 패턴으로부터 NC가공 정보를 생성하여, 직접 CNC 머시닝센터로 가공하는 범용 시스템에 의한 구두창 금형 가공의 현장 적용성을 높이는데 있다.

2. 구두창 금형 가공 공정

직접 제품을 구상하여 CAD S/W로 형상을 설계한 후 CAM S/W(OMEGA 3.0)를 이용하여 모델링하고 가공조건 즉, 공구선택, 정밀도 및 가공여유를 부여한다. 그리고 DNC장치와 연결해서 CNC 머시닝센터(통일 TNV-40A)로 가공을 하게 된다. 공정에 대한 흐름도는 <Figure 1>과 같다.



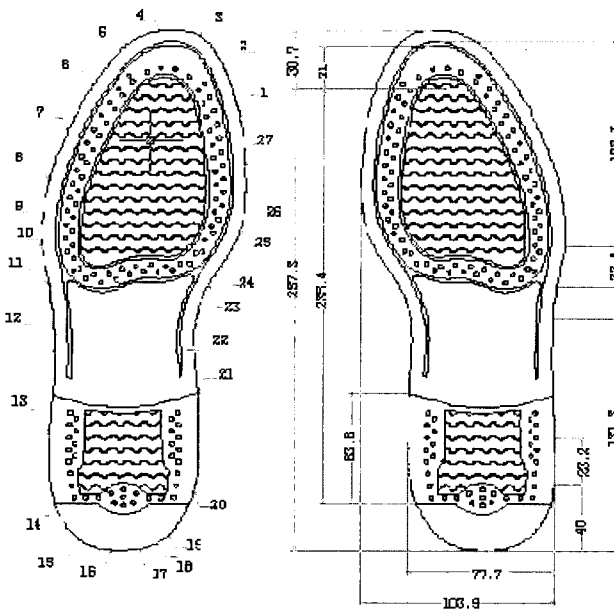
<Figure 1> Flowchart for manufacturing outsole mold of shoes using CAD/CAM

2.1 CAD S/W에 의한 형상설계

최근에 CAD/CAM 기술의 발달로 자동차나 선박, 비행기, 혹은 우주 항공 분야에서 다양한 자유 곡면 형상을 갖는 부품들이 많이 생산되고 있는데, 이것은 매개변수로 표현되는 Ferguson, Bezier, B-spline, Rational B-spline, NURBS 등과 같이 다양한 곡선 곡면 표현 방법들이 개발됨으로써 가능하게 되었다. 일반적으로 CAD/CAM 시스템에서는 서술모형(descriptive model) 즉, 설계 도면을 먼저 생성하고 그 다음에 설계된 서술 모형을 CAM 시스템에 입력함으로써 계산 모형(computational model)을 얻어 NC 가공을 한다.

본 연구에서는 AutoCAD R14를 사용하여 도면(drawing) 파일을 작성하고 가공정보를 만들기 위해 각 라인 및 원호의 요소(entity)들을 층(layer)별로 분류한 다음 자체 변환기를 사용하여 각 Layer마다 변환파일인 IGES 파일로 변환해 주었다. 이것은 각 요소에 대한 정보를 일정한 규칙으로 형성하고 있다. 즉, 직선이나 원, 호 등은 시작점이나 끝점, 중심점, 시작과 끝 각도 등을 가지고 있는 코드로 구성되어 있다.

<Figure 2>는 AutoCAD를 이용하여 구두창을 설계한 도면이다.



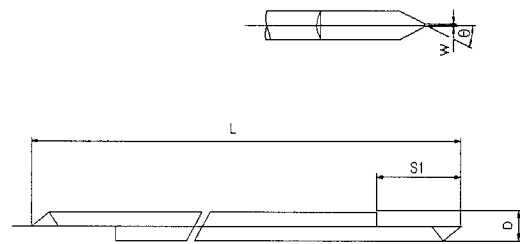
<Figure 2> Pattern design by CAD S/W

2.2 모델링

AutoCAD에서 그려진 도면의 데이터 및 CAM S/W를 활용하여 3차원 모델링 작업을 한다. 물론 여기에서 3차원 모델링은 CAD에서도 할 수 있으나 본 연구에서는 2차원 평면으로 Drawing 도면만을 CAD에서 그리고 그 정보를 이용하여 3차원 모델링은 CAM S/W를 활용하여 작업하였다.

2.3 CL(Cutter Location) 데이터 생성

각 부위별 황삭과 정삭을 동일한 공구를 사용하여 동일한 조건으로 바닥면, 골부분, 무늬부분, 외형태두리부분으로 구별하여 가공깊이만 조절한 상태로 주로 포켓 가공형태를 취하여 가공하였다. 이때 사용된 공구는 평엔드밀 $\phi 20(\text{mm})$, $\phi 16(\text{mm})$, $\phi 8(\text{mm})$, $\phi 5(\text{mm})$, $\phi 4(\text{mm})$, $\phi 2(\text{mm})$ 이고, 마지막 홈 및 무늬부분의 정삭에서 공구 간섭 및 모서리부분의 각을 살리기 위해 <Figure 3>과 같은 날끝이 미세한 $0.3(\text{mm})$ 조각날을 이용하여 가공경로를 생성하였다.



Diameter (D)	Total Length (L)	Cutting edge Length (S1)	Half Angle of Cutting blade (θ)	Width of Blade Cutting end (W)
$\phi 3 \text{ mm}$	60 mm	10 mm	22.5°	0.3 mm

<Figure 3> Engraving cutter

<Table 1> Machining conditions

조 건	가공부위	바닥면 황,정삭	안 쪽 테두리 황,정삭	골부분 황,정삭	중 간 테두리 황,정삭	곡선 무늬 황,정삭	바깥쪽 테두리	원형 무늬	직선 무늬
Cutter Shape		FEM	FEM	FEM	FEM	FEM	BEM	BEM	조각날
Cutting diameter(mm)		20	16	8	5	4	4	2	0.3
Path interval (mm)		18	14	6	4	3	×	×	0.2
Cutting tolerance(mm)		0.3	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1
Cutting deep(mm)		2	2	1.5	1	1	0.5	1	0.3
Start point		X0. Y0. Z100.	X0. Y0. Z100.	X0. Y0. Z100.	X0. Y0. Z100.	X0. Y0. Z100.	X0. Y0. Z100.	X0. Y0. Z100.	X0. Y0. Z100.
Clearance height(mm)		10							
Approach height		3Z							
Approach and exit type		zZ							
Path type		Zigzag	Single	Zigzag	Zigzag	Single	Single	drill cycle	Zigzag
Path connection		Jump							
Feed rate(mm/min)		100	90	70	60	60	60	30	30
Spindle speed(r.p.m)		500	600	1,000	1,200	1,300	1,300	1,300	1,500
cutting time(min)		210	180	90	270	520	25	30	90

2.4 절삭조건 지정

공구 형상항목에는 공구의 직경과 공구 끝의 필렛 (fillet) 즉, 공구의 모서리 반경을 입력한다. 경로간 간격은 공구가 지나가는 경로와 경로사이의 간격을 의미하는데 지정하는 방식은 두 가지가 있다. 하나는 피치 (pitch)를 지정하는 방식과 가공한 후의 산의 높이(cusp height)를 결정하여 그에 근거해서 간격을 구하는 방식이 있다. 절삭 오차는 공구의 경로를 생성할 때 허용하게 되는 오차를 의미한다. 이때 오차를 너무 작게 설정할 경우 지나치게 조밀한 궤적이 생성되어 비효율적인 가공데이터가 생성된다. Z축 방향으로 가공 여유를 둘 경우에는 표면 오프셋에 원하는 값을 입력한다. 그리고 머시닝센터에서 G92코드로 프로그램 원점을 설정할 경우에는 시작위치 값을 참조한다. 프로그램 시작점에서 가공 위치까지 절삭이송을 할 경우 전체적인 가공시간이 길어지게 되므로 임의의 위치까지는 급속이송을 할 수 있도록 여유높이를 설정할 수 있다. 경로의 종류에는 단방향 이송과 지그재그 이송이 있고 경로와 경로 사이를 연결하는 방법은 직접식과 점프식 등이 있다. 이상의 항목들을 결정한 후 NC 데이터를 생성한다.

본 연구에 사용된 절삭조건은 <Table 1>과 같다.

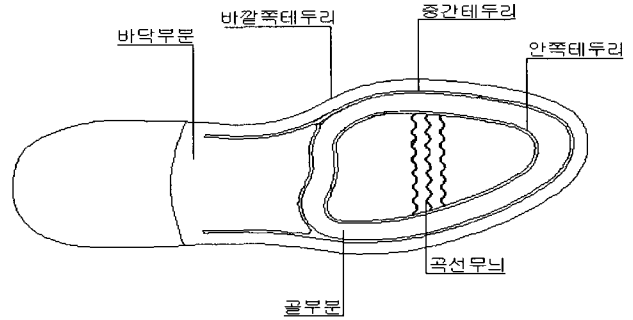
2.5 DNC 가공

바닥면과 앞부분은 데이터를 생성한 후 DNC 시스템 DX-1000을 이용하여 RS-232C를 통해 머시닝센터로 전송하여 황삭 및 정삭 가공을 하였으며, 구두 뒷굽 부분은 홈 깊이가 너무 깊고 모서리부분의 각이 예리하여 볼 엔드밀이나 조각기 커터로서는 가공이 불가능한 상태였다. 따라서 와이어 커팅머신으로 두꺼운 굽 부분을 절단하여 제거시키고 굽 깊이에 맞는 얇은 소재를 사용하여 굽 부분만 별도로 머시닝센터에서 가공한 후 제거했던 부위에 맞추어 용접으로 처리하였다.

3. 가공 결과 및 고찰

가공은 바닥면과, 골부분, 테두리, 무늬부분 등으로 구분하여 가공하였다. 부위별 가공시에는 시간을 단축하기 위하여 가능한 한 직경이 큰 공구를 사용하였으며, 황삭 가공 후 동일한 공구와 조건하에서 절삭깊이만 줄이고 정삭가공을 하였다. 정삭가공전의 정삭여유량은 0.2(mm)가 되게 황삭가공을 하였으며, 시작점은 X0, Y0, Z100으로 설정하고, 안전높이는 Z방향으로 10(mm), 또한 접근과 퇴각은 Z방향으로 3(mm)가 되도록 하여 직접가공에

관계없는 시간은 최소가 되게 하였으며, 공작물 좌표계 (G54)를 이용하여 가공하였다. <Figure 4>는 가공부위를 나타낸다.



<Figure 4> Shape of mold machined

3.1 바닥면 가공

평엔드밀 $\phi 20(\text{mm})$ 의 공구로 Z축 방향의 가공깊이는 4.2(mm)까지 바닥면을 가공하였는데 가공시간을 단축시킬 목적으로 공구의 간섭을 받지 않는 범위 내에서 최대한 직경이 큰 공구를 사용하여 포켓가공의 형태를 취하였다. 이때 주의해야 할 점은 공구 선정시 공구직경보다 곡선의 지름이 작으면 가공되지 않는 부분이 남기 때문에 공구선정을 할 때 곡선의 지름을 고려해야 한다. 공구의 회전수는 500(rpm)이고, 이송속도는 100(mm/min)으로 하여 공구경로간 간격을 공구직경보다 작은 18(mm)로 선정함으로써 약간씩 겹치게 하여 미절삭부가 남지 않도록 하였다. 절삭깊이는 2(mm)씩 2회에 걸쳐 정삭여유를 0.2(mm)남겨두고 황삭가공하였다.

3.2 테두리부분 가공

(1) 안 쪽

평엔드밀 $\phi 16(\text{mm})$ 의 공구를 사용하여 바닥면의 깊이 4.2(mm)부터 시작하여 Z축 방향으로 7.5(mm)까지 가공하였는데 양쪽 측면의 바닥모서리 부분이 R2로 라운딩 되어 있어 가공깊이 5.5(mm)까지는 측면이 직선이 되게 가공한 후에 R2로 라운딩 처리하면서 정삭여유가 0.2(mm)남게 황삭가공하였으며, 이어서 정삭가공으로 마무리하였다. 이때 공구의 회전수는 600(rpm), 이송속도는 90(mm/min), 공구의 경로간격은 14(mm)이다.

(2) 중 간

평엔드밀 $\phi 5(\text{mm})$ 로 골부분을 가공깊이 7.5(mm)까지, 절삭깊이 1(mm)씩 정삭여유를 0.2(mm) 남겨두고 황삭가

공한 후 정삭으로 나머지 부분을 가공하였으며 이때 모서리부분에 R2로 라운딩되어 있어 끝내부 가공 때와 마찬가지로 가장자리의 곡선을 안쪽으로 2(mm)만큼 움푹하여 라운딩부분을 포켓가공하였다. 공구 회전수는 1200 (rpm), 이송속도는 60(mm/min), 경로간격은 4(mm)이다.

(3) 바깥쪽

원래는 라운딩되어 있어 3차원 모델링을 하여 가공을 하여야 하지만 여기에서 가공되는 부분의 Z값은 변화가 없고 XY평면상에 있으므로 곡선에 보정을 주어 볼랜드 밀 $\phi 4$ (mm)로 가공을 하여 3차원적인 효과를 얻으면서 가공시간과 가공상의 난해한 점을 해결하였다. 이때의 공구회전수는 1300(rpm), 이송속도는 60 (mm/min)로 하여 곡선의 방향에 맞추어 G41, G42로 보정하면서 가공하였다.

3.3 골부분 가공

$\phi 8$ (mm)의 평엔드밀을 사용하여 가공깊이 7.5(mm)까지를 황삭 및 정삭가공으로 구분하여 가공하였다. 황삭은 절삭깊이 1.5(mm)씩 정삭여유는 0.2(mm)가 남도록 가공하고, 나머지 부분은 정삭가공하였다. 이때 공구회전수는 1000 (rpm), 이송속도는 70(mm/min), 공구경로간격은 6(mm)로 하여 가공하였다.

3.4 무늬부분 가공

(1) 곡선무늬

평엔드밀 $\phi 4$ (mm)로 골부분을 가공깊이 7.5(mm)와 9.5(mm)까지 곡선안쪽의 무늬를 가공하였는데, 정삭여유는 0.2(mm)를 주었고 절삭깊이는 1(mm)로 하였다.

이때 공구의 직경이 작아 떨림이 생기므로 가공깊이에 따른 공구간섭을 고려하여 최대한 짧게 공구를 설치함으로서 떨림을 방지하고 절삭면을 좋게 하였는데 이송속도가 맞지 않으므로 해서 공구가 부러지는 현상이 발생하여 이송값을 작게 조절하였다. 이 때 공구회전수는 1300(rpm), 이송속도는 60(mm/min), 공구경로 간격 3(mm)로 가공하였다.

(2) 원형무늬

볼랜드밀 $\phi 2$ (mm)로 드릴 싸이클을 사용하여 가공깊이 1.5(mm), 공구회전수 1300(rpm)과 이송속도30(mm/min)로 해서 원형무늬를 가공하였다.

(3) 직선무늬

바닥부분의 미세한 직선무늬를 가공하기 위해 절삭날

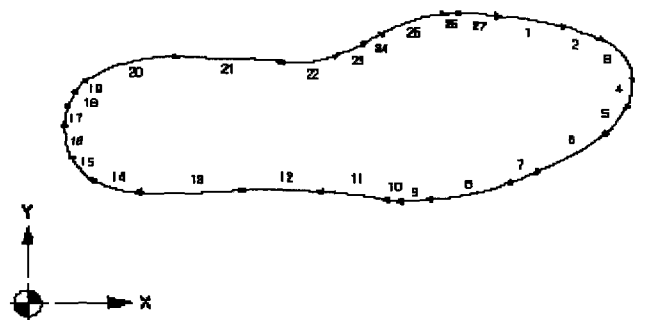
이 매우 예리한 조각날 $\phi 0.3$ (mm)를 사용하여 보정을 주지 않고 곡선을 따라 가공하였다. 이때 주의할 것은 조각날이 절삭 중에 공작물과 간섭이 발생하는지를 정확하게 사전에 계산해야 한다. 보통 평엔드밀이나 볼랜드 밀의 경우 공구의 직경 값으로 간섭을 확인할 수 있지만 조각날의 경우에는 날부의 테이퍼값이 크기 때문에 각도와 가공깊이를 계산하여 공구의 간섭을 조절해야 한다. 공구의 회전수는 1500(rpm), 이송속도는 30(mm/min)으로 하였다.

3.5 모델링 치수와 가공된 금형과의 비교

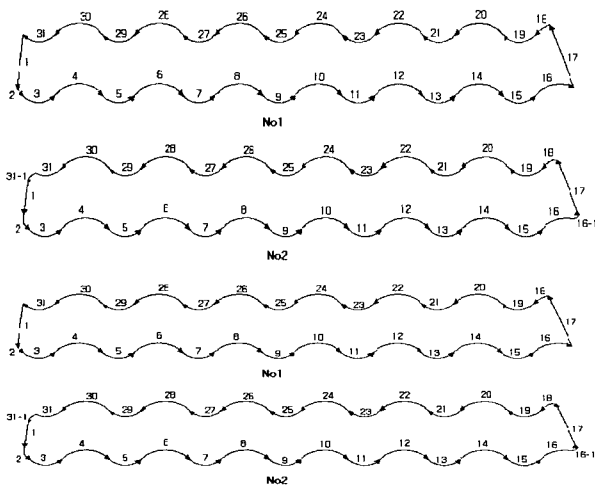
<Figure 5>는 가공 완료된 금형을 보여주고 있고, 설계한대로 가공이 되었는가를 확인하기 위하여 바깥쪽 테두리(<Figure 6, <Table 2>), 곡선 무늬(<Figure 7, <Table 3>)를 선정하고 좌하측의 임의의 지점에 기준점을 두어 모델링되었을 때의 치수와 가공후의 치수를 <Figure 8>과 같이 3차원 접촉식 측정기(MHB-400(Dukin))로 측정하여 비교 분석한 결과 거의 동일한 데이터를 얻을 수 있었다.



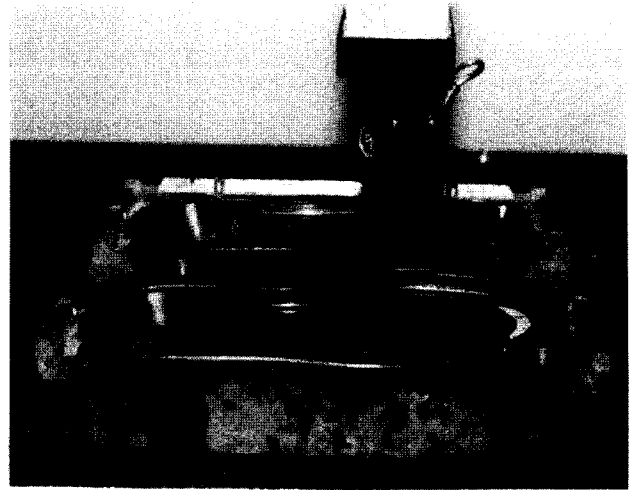
<Figure 5> Mold machined by CAD/CAM/CNC



<Figure 6> Measurement points of outside profile



<Figure 7> Measurement points of inside curve profile



<Figure 8> Measurement of outsole mold of shoes

<Table 2> Measurement values of outside profile

비교 위치	가공 전 모델링 치수			가공 후 측정 치수		
	X	Y	R	X	Y	R
1	169.06	63.16	159.56	169.03	63.13	159.55
2	87.49	92.11	73.15	87.47	92.13	73.11
3	47.18	118.42	25.14	47.20	118.46	25.18
4	50.01	113.72	29.89	50.02	113.77	29.92
5	40.00	93.03	52.83	40.04	93.04	52.79
6	-51.86	21.61	169.11	-51.83	21.60	169.16
7	-105.93	-2.13	228.15	-105.97	-2.12	228.18
8	-7.60	30.75	124.67	-7.58	30.73	124.69
9	-45.90	29.22	162.97	-45.98	29.24	162.94
10	87.01	25.07	30.00	87.03	25.04	30.03
11	375.59	-38.05	265.40	375.58	-38.03	265.45
12	484.56	-37.17	374.04	484.54	-37.18	373.03
13	-237.48	-88.49	350.00	-237.49	-88.47	349.96
14	63.65	-103.65	48.53	63.61	-103.67	48.56
15	76.61	-109.00	34.92	76.65	-109.01	34.98
16	75.69	-101.46	42.31	75.64	-101.43	42.33
17	72.52	-109.60	33.98	72.56	-109.65	34.01
18	69.33	-112.28	30.35	69.35	-112.29	30.30
19	63.37	-120.74	20.00	63.39	-120.72	20.04
20	103.83	-91.32	70.00	103.82	-91.30	70.03
21	569.43	-83.84	535.36	569.42	-83.89	535304
22	-23.62	-27.51	60.39	-23.61	-27.46	60.33
23	-56.88	-42.93	97.02	-56.85	-42.89	97.07
24	151.71	98.15	154.85	151.71	98.12	154.84
25	78.86	54.65	70.00	78.89	54.65	69.99
26	175.38	60.82	166.72	175.35	60.84	166.73
27	182.50	54.81	173.83	182.55	54.83	173.80

〈Table 3〉 Measurement values of inside curve part

비교 위치	가공 전 모델링 치수 (No1)			가공 후 측정 치수 (No2)		
	X	Y	R	X	Y	R
1	248.05	45.02	218.41	247.17	44.51	218.45
2	28.60	61.88	3.25	32.35	64.86	3.20
3	32.85	65.13	2.10	32.96	65.51	2.14
4	37.10	61.88	3.25	37.24	61.87	3.26
5	41.35	65.13	2.10	41.33	65.16	2.12
6	45.60	61.88	3.25	45.63	61.83	3.20
7	49.85	65.13	2.10	49.82	65.17	2.12
8	54.10	61.88	3.25	54.12	61.83	3.24
9	58.35	65.13	2.10	58.32	65.15	2.06
10	62.60	61.88	3.25	62.65	61.85	3.24
11	66.85	65.13	2.10	66.88	65.14	2.09
12	71.10	61.88	3.25	71.13	61.85	3.23
13	75.35	65.13	2.10	75.38	65.13	2.13
14	79.60	61.88	3.25	79.68	61.89	3.27
15	83.85	65.13	2.10	83.56	65.05	2.14
16	88.10	61.88	3.25	87.38	60.53	3.39
16-1				86.64	66.77	2.03
17	-93.36	-0.13	194.15	-91.35	-0.07	194.14
18	88.10	68.38	3.25	86.14	66.33	3.22
19	83.85	71.63	2.10	83.93	71.61	2.09
20	79.60	68.38	3.25	79.61	68.33	3.24
21	75.35	71.63	2.10	75.36	71.61	2.13
22	74.10	68.38	3.25	71.11	68.49	3.23
23	66.85	71.63	2.10	66.89	71.68	2.09
24	62.60	68.38	3.25	62.62	68.37	3.21
25	58.35	71.63	2.10	58.31	71.68	2.06
26	54.10	68.38	3.25	54.14	68.41	3.27
27	49.85	71.63	2.10	49.89	71.60	2.13
28	45.60	68.38	3.25	45.63	68.37	3.24
29	41.35	71.63	2.10	41.38	71.69	2.11
30	37.10	68.38	3.25	37.03	68.08	3.23
31	32.85	71.63	2.10	31.91	71.01	2.14
31-1				32.77	67.60	2.14

4. 결 론

구두창 바닥 형상은 디자이너의 패션 감각에 주로 의존하여 패턴자체가 정형화되거나 수학적인 형상을 갖지 않은 경우가 많고 특수한 기능을 위해 특정부위에 반복적으로 사용되는 패턴은 정형화되어 있어도 조각 패턴이 미세하거나 복잡하여 수작업을 통한 가공은 고도의 숙련자 필요, 제품의 재연성 등에서 곤란한 문제점이 있다.

따라서 현재 쉽게 이용할 수 있는 CNC장비를 이용하여 작업환경의 개선과 과도한 설비 투자를 하지 않고 원가절감, 공정의 단축 및 재현성이 보장되고 디자인의 변화에 능동적으로 대응할 수 있는 CAD/CAM시스템에 대한 연구가 수행되었다.

본 연구는 CAD/CAM 및 CNC 머시닝센터에 의한 금형의 직접가공방법을 제안하고 이 방법의 효율성을 검증하기 위해 CAD S/W에서 직접 제품을 구상하고 설계

하여 얻어진 데이터를 가지고 CAM S/W에서 모델링하여 DNC를 통해 머시닝 센터에서 가공하는 방법을 수행하였으며 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 체계화된 CAD/CAM 가공 시스템에 의해 금형의 직접가공을 통한 제조공정의 단순화를 이룩할 수 있다.
- 2) CAD/CAM을 이용한 방법으로 다양한 모양의 구두창 금형 형상에도 응용할 수 있다.
- 3) 디자인된 모든 데이터 및 자료의 보관/관리를 통하여 모델 변경에 대한 신속한 대응을 할 수 있다.

참고문헌

- [1] 김성욱; “CAD/CAM을 이용한 신발금형 설계기술 개발”, 한국신발연구소, pp. 3-9, pp.17, pp. 36, 1993.
- [2] 한국과학기술원; “신발창 제조공정의 합리화 및 자동사상기 개발에 관한 연구”, 연구보고서, pp.15, 1989.
- [3] 한국신발연구소, “Engraving Software 개발”, 연구보고서, pp.127, 1993.
- [4] 한지수; “피혁 상품디자인 개발에 관한 연구(구두 디자인을 중심으로)”, 석사 학위 논문, 이화여자대학교, pp. 16-20, 1999.
- [5] 염정노, 박용복; “역설계를 이용한 신발 밑창 금형의 직접가공”, 한국 CAD/CAM학회 논문집, 제 8권 제 3호, pp. 167-174, 2003.
- [6] 송용억; “Reverse Engineering을 위한 3차원 측정데이터의 곡면모델링“, 월간 캐드캠, 제4호, pp. 156-159, 1998.
- [7] 최영, 박진표; “3차원 디지털타이저를 이용한 역설계 시스템”, 정밀공학회지, 제 4호, pp. 102, 1999.
- [8] 최병규; “형상역공학을 위한 정밀모델링 기술의 현황”, 쾌속시작기술연구회 춘계학술대회, pp. 80-85, 1998.