한국 CAD/CAM 학회 논문집
제8권 제3호 2003년 9월 pp. 167-174

학술논문

역설계를 이용한 신발 밑창 금형의 직접 가공

염정노*, 박용복**

Direct Machining for Outsole Mold of Shoes Using Reverse Engineering

Yum, J. N.* and Park, Y. B.**

ABSTRACT

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 measurement of the mold of the shoes in use, the modeling by CAD/CAM system, the generation of NC data and the machining by CNC machining center. The machining has been performed from the data type obtained from 3-dimensional measurement points of mold in use. 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 has proposed the possibility for higher productivity and quality on mold-manufacturing of shoes outsole.

Key words : Outsole, Shoes, Mold, Reverse Engineering, EDM(Electro-Discharge Machining), Engraving Cutter

1. 서 론

우리 나라의 신발산업은 노동집약적 사업으로 시설투자가 장기적 차원에서 체계적이고 계획적으로 이루어지지 못하였을 뿐만 아니라 70년대의 중화학 정책으로 인한 정부의 지원대책에서도 소외된 채 급증한 해외 수요에 대처하기 위한 업계 스스로의 자구책으로 무계획적 물량 위주의 투자였다. 이러한 환경 속에서 신발업계의 생산시설은 근대화를 이루지 못하였고 또한 자본축적도 이루지 못하였다. 또한 현재 신발 제조방법도 과거와 동일한 형태의 영세성과 낙후된 기술로 이루어지고 있으며, 신발 산업에서 가장 중요한 금형 제조 또한 여러 가지 문제점을 가지고 있다.

현재까지의 신발 밑창 금형 제조방법은 금형소재에 대해 범용 밀링에 의한 입가공을 하고 흑연(Graphite) 소재를 이용하여, 신발 바닥의 무늬를 수동조각기로 가공한 총형 전극을 만들고, 이것에 의한 형조방전 가공법으로 금형을 제작하는 창성 가공법이 많이 사용되고 있으나[1], 전극가공시의 분진, 열악한 작업환경, 생산성 저하, 숙련공 확보, 제품의 균일화, 납기 등이 문제점으로 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 신발 금형 산업이 사향길에 접어들고 있는 실정이다. 더 중요한 문제점으로는 우리 나라의 독자 기술 개발이 아닌 선진국의 하청 생산에 의존한다는 것이다[2].

현재의 소비 경향은 새로운 디자인 신발을 요구하고 신발의 기능 또한 과거에는 몇 가지 용도로만 사용되다가 여러 가지 다양한 기능으로 확대되면서 신발 금형 또한 수시로 변화를 하고 있는 추세이므로 짧은 기간 내에 금형의 제작과 제품 개발이 이루어져야 하는 실정이며, 숙련된 작업자나 신발가공 전용기를 사용하지 않고 일반화된 공작기계를 이용하여 금형이 가공될 수 있는 신발 산업의 혁신이 필요하다.

따라서 현재 쉽게 이용할 수 있는 CNC장비를 이용하여 작업환경의 개선과 과다한 설비 투자를 하지 않고 원가절감, 공정의 단축 및 재현성이 보장되고 디자

*대한상공회의소 충남인력개발원
**공주대 기계공학부
- 논문투고일: 2003. 03. 25
- 심사완료일: 2003. 06. 03

인의 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.

신발 금형은 안창, 중창, 밑창, 화형 등의 예비 성형품 등을 제작하는데 이용되는데, 밑창의 바닥형상은 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 주강 주조 금형으로의 대체 시도가 일부 진행되고 있으나 치수안정성, 수리보전의 취약성, 납기 등의 문제점으로 현업 투입이 활성화되지 못하고 있다[3].

신발 밑창의 복잡하고 다양한 형상은 일반적인 와이어 프레임(Wire frame) 모델링만으로는 효과적으로 표현하기 어렵기 때문에 서피스 모델링을 이용하여 물체를 정교하고, 정확하게 표현해야 한다. 최근에는 Laser Scanning에 의해 실물을 비접촉 측정하여 측정데이터(형상 데이터)를 얻고, 이 데이터를 이용하여 Bezier곡면 또는 NURBS곡면 등의 CAD 데이터 베이스를 구축하여 CNC가공을 할 수 있는 역설계(Reverse Engineering)가 제시되고 있다[4].

본 연구는 열악한 작업환경 조건에서의 작업을 작업자들 스스로가 기피하며 과거의 도제 제도식의 기술전수 방법에 의해 현장경험을 쌓아온 숙련자들을 구하기 힘든 상황을 개선하고 보다 양질의 신발을 생산하기 위한 정밀 금형을 제작하며 또한 제작기간을 최대한 단축하여 원가절감과 품질향상을 동시에 도모하려는 신발업계의 당면현실에[5] 부응하고자 한다. 본 연구는 신발의 밑창 금형 가공 중 바닥부의 형조방전가공에 필요한 흑연총형 전극이나 주조 금형에서의 마스터 모델(Master Model)의 가공을 거치지 않고 CAD/CAM을 이용한 NC가공 정보를 생성하여, 직접 CNC 머시닝센터로 가공함으로써 이미 입력된 바닥 패턴에 대한 NC가공정보생성 등을 계수화하여 패션의 변화에 쉽고 빠르게 대처할 수 있는 역설계에 의한 CAD/CAM 활용 신발금형 가공 방법을 연구한다.

2. 연구 내용 및 방법

2.1 역설계(Reverse Engineering)

제품 개발시 미적 감각이 많이 요구되는 제품디자인은 대부분 전문 디자이너가 점토나 기타 다루기 쉬운 소재를 수공으로 제작하여 이루어지게 된다. 시작품 제작이 완료된 후 디자인 검증이 뒤따르며 제품이 양산단계로 연계되기 위하여 CAD 데이터가 필요하다. 하지만 현재 많은 제품형상이 자유곡면의 복합체로 구성되어 있기 때문에 3차원 CAD 모델링시 상당한 어려움이 뒤따른다. 기존에 3차원 CAD 데이터가 없이 제작된 제품을 개조하여 새로운 제품을 개발하고자 할 때 이와 비슷한 문제가 발생한다. 이에 대응하여 최근 자동차, 가전 전자, 항공 등 거의 모든 제조관련 분야에 걸쳐서 역설계 기술이 널리 사용되고 있다[6].

역설계란 이미 기존에 있는 제품으로부터 3차원 측정을 통하여 측정 데이터를 얻은 후 이로부터 신속하게 CAD모델을 생성하는 기술이다[7,8]. 역설계 기술은 신제품의 개발 이외도 기존에 사용되는 금형이나 제품의 검사 또는 복제, 의료 분야에서는 인공관절 및 치아제작, 수술 준비에 필요한 모형이나 3차원 CAD 모델 생성에도 점차 널리 활용되고 있다. 또한 새롭게 각광을 받는 응용분야인 영상산업에서는 역설계 기술이 애니메이션 캐릭터의 CAD 모델 생성용으로도 활용되고 있다.

2.2 실험 방법

현장에서 사용했던 금형을 활용하여 3차원 측정기로 형상의 정보를 파악하고, 이를 토대로 CAM S/W를 이용하여 모델링한 후, 가공에 필요한 조건을 부여하여 NC데이터를 생성하고 DNC를 통해 가공하는 역설계(Reverse Engineering)에 의한 방법으로 다음과 같이 가공을 행하였다.

1) 기존 금형을 접촉식 3차원 측정기를 이용하여 XY평면상의 측정부와 XZ, YZ평면상의 데이터 가공을 고려하여 원점을 동일한 위치로 설정한 상태에서 측정하여 확보하였다.

2) 3차원 측정기에 의해 확보된 데이터를 근거로 CAM S/W에서 가공할 수 있는 형상으로 재편집하여 모델링을 행하고 NC 데이터를 확보하여 머시닝센타에서 가공을 하였다.

3) 기존의 금형과 확보된 데이터에 의해 가공된 금형과 비교 분석하였다.

3. 신발 밑창 금형 가공

3.1 측정에 의한 Data생성

기존 금형모델을 접촉식 3차원 측정기로서 측정하여 각 부위별 데이터를 구하였다. 측정하는 장면은 Fig. 1과 같다.

특히 3차원 측정에서 정확한 데이터를 얻기 위해서는 항온 항습이 잘되어 있고 주변에 진동이 없는 정밀 측정실의 환경이 조성되어야 하며, 측정자의 측정오차를 줄이기 위해서는 숙련도가 필요하다. 따라서 3차원 측정기의 사용법을 충분히 숙지한 다음, 측정하고자 하는 대상의 점, 선, 원, 구 등을 미리 선정하여 작업시 신속하게 진행되도록 준비하였고 사용공구를 선택한 다음 기준구를 이용하여 셋팅하였다. 이때 CAM S/W로 모델링할 원점을 고려하여 측정물의 공작물 좌표계를 정하였으며, 측정오차를 감소시키기 위해 여러번 측정한 후 평균값을 사용했다.

측정할 때 측정기의 프로브가 측정물에 접촉되는 순간 빠르게 이동하면 오차가 크게 발생하므로 천천히 이동하여 측정했고, 원을 측정할 때는 원과 원이 접하는 부분보다는 원이 완전히 형성된 부분을 위주로 하여 측정하였다. 이것은 원의 모양이 명확하지 않은 부분을 측정하게 되면 측정값이 엉뚱하게 나오거나 오차가 많이 발생하기 때문이다. 그리고 측정하는 공간의 간섭여부에 따라 프로브의 크기를 알맞게 교환하며 측정하였고, 측정방법에 있어서 Z축이 곡선으로 이루어진 경우에는 X를 기준축으로 하여 Y축 방향으로 이동하며 Z값을 측정하였다. 이때 X의 간격은 5~10(mm)로 하였다. 점을 측정할 때는 움직이는 방향의 좌표값만이 얻어지므로 주의가 요구되며 원점을 잡을 때 프로브의 접촉 방향에 주의를 요한다.

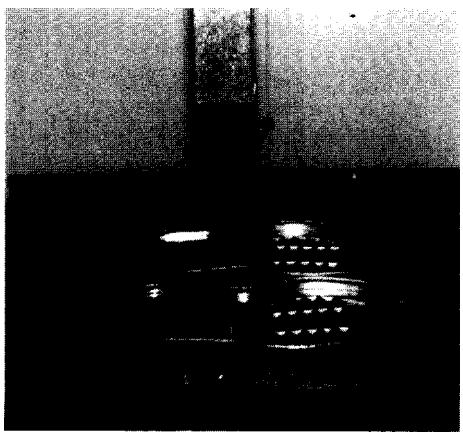


Fig. 1. Measurement of the mold in use.

본 가공에서는 측정대상물의 좌측하단을 원점으로 하였다. 설정하는 방법은 Z축, X축, Y축의 순서로 하였으며 평면측정 방법으로, 오차를 줄이기 위해 넓은 면을 대상으로 Z축 상단면의 4점을 측정하였고, X축은 직선측정 방법으로 좌측면에 3점을 측정하였으며, Y축은 점 측정방법으로 정면에 한 점을 측정하여 원점을 결정하였다. 이 원점을 기준으로 각 부위별 측정하였는데 측정위치와 측정값은 Fig. 2와 Table 1에서 일부 보여주고 있다.

3.2 모델링

3차원 측정에서 확보한 데이터를 이용하여 CAM S/W로 3차원 모델링 작업을 한다. 이때 원과 원이 만나는 부분에 약간의 오차가 생겨 서로 만나지 않을 경우

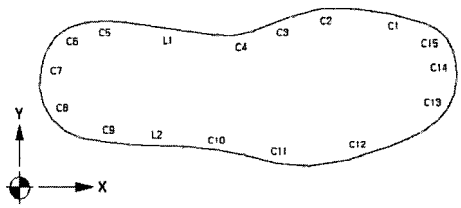


Fig. 2. Measurement points of the mold.

Table 1. Measurement values

좌표 / 위치	X 측정치수	Y 측정치수	R 측정치수	특기사항
C1	234.13	-58.09	202.36	원 중심
C2	234.96	47.90	96.46	"
C3	68.49	446.30	335.30	"
C4	153.68	182.68	58.73	"
L1	0	145.38	각도-7.61	
C5	64.50	38.88	96.19	"
C6	55.63	98.36	36.38	"
C7	73.58	90.26	56.26	"
C8	56.52	89.46	39.18	"
C9	96.39	264.35	218.69	"
L2	0	50.61	각도-2.74	
C10	114.09	-177.89	222.31	"
C11	212.86	164.36	134.44	"
C12	192.40	253.70	224.69	"
C13	277.84	92.18	44.28	"
C14	265.25	95.47	57.13	"
C15	290.63	104.29	30.28	"

가 있는데 이것은 서로 만날 수 있도록 치수를 보정하여 모델링하였고 또한 모델링 과정에서 2차원 또는 3차원 가공을 고려해서 2차원 곡선과 3차원 자유곡면을 구분하여 곡선과 곡면을 정의하였다. 2차원 곡선을 가공하고자 할 경우는 공구 간섭을 고려하여 곡선을 정의한 후 NC 데이터를 생성할 경우에 옵셋값을 잘 지정하여 생성하는 것이 중요하다. 그러나 본 가공에서는 3차원 형상이 많았기 때문에 3차원 자유곡면으로 주로 정의하였으며, 부분적으로는 2차원 곡선을 이용하여 형상을 완료하였다.

3.3 CL(Cutter Location) 데이터 생성

CL데이터 파일에는 공구경로 등 후처리를 위한 모든 정보가 들어 있는 것으로 가공 방식에 따라 바닥면은 황삭과 정삭으로 구분하였으며, 황삭은 볼엔드밀 ø10(mm), 정삭은 볼엔드밀 ø5(mm)로 CL데이터를 생성하였다. 바닥 홈 가공은 황삭, 중삭, 정삭으로 나누어 3차례에 걸쳐 가공하였는데 황삭은 볼앤드밀 ø5(mm)로 하고 중삭은 볼앤드밀 ø2(mm)로 하였다. 그리고 마지막 정삭으로 공구 간섭 및 모서리부분의 각을 살리기 위해 날끝이 미세한(0.3 mm) 조각날을 이용하여 가공경로를 생성하였다.

3.4 절삭조건 지정

NC 데이터를 생성하기 위해서는 먼저 가공대상물의 곡면을 결정하고 그 곡면에 상응하는 곡면식을 생성한다. 이를 위해 CAM프로그램을 이용하는데 설정해야 할 가공조건은 다음과 같다.

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 2와 같다.

3.5 DNC 가공

DNC(Direct Numerical Control)는 NC나 CNC 머

Table 2. Machining conditions

가공부위 / 조건	바닥면 황삭	바닥면 정삭	바닥홈 황삭	바닥홈 중삭	바닥홈 정삭	무늬 황삭	무늬 정삭
Cutter Shape	BEM	BEM	BEM	BEM	조각칼	BEM	조각칼
Cutting diameter(mm)	10	5	5	2	0.3	2	0.3
Path interval(mm)	3	0.5	0.5	0.3	0.2	0.3	0.2
Cutting tolerance(mm)	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1
Cutting deep(mm)	1	0.3	0.5	0.2	0.1	0.2	0.1
Start point	X0. Y0. Z100.	X0. Y0. Z100.	X0. Y0. Z100.	X0. Y0. Z100.	X0. Y0. Z100.	X0. Y0. Z100.	X0. Y0. Z100.
Clearance height(mm)	1	1	-4	-4	-4	-4	-4
Approach height	10Z	7Z	10Z	7Z	7Z	7Z	7Z
Approach and exit type	zZ	zZ	zZ	zZ	zZ	zZ	zZ
Path type	Zigzag	Single	Zigzag	Zigzag	Single	Zigzag	Single
Path connection	Jump	Jump	Jump	Jump	Jump	Jump	Jump
Feed rate(mm/min)	접근:50 첫경로:50 이송:80	접근:30 첫경로:30 이송:60	접근:50 첫경로:50 이송:80	접근:30 첫경로:30 이송:50	접근:30 첫경로:30 이송:50	접근:30 첫경로30 이송:50	접근:30 첫경로:30 이송:50
Spindle speed(rpm)	1,000	1,200	1,500	1,500	2,000	1,500	2,000

신이 컴퓨터에 의해 제어되는 시스템을 말한다. 이것은 NC머신, 네트워크, 다량의 메모리와 I/O 인터페이스 등을 갖춘 컴퓨터로 구성된다.

본 가공에서는 데이터를 생성한 후 DNC 시스템 DX-1000을 이용하여 RS-232C 를 통해 머시닝센터에 전송하여 황삭 및 정삭 가공을 하였다.

4. 가공 결과 및 고찰

4.1 바닥면 가공

4.1.1 황삭가공

황삭가공을 할 경우에는 최대한 지름이 큰 공구를 선정한다. 공구의 지름이 클수록 가공시간이 단축되기 때문이다. 하지만 잔삭을 고려하여 황삭공구는 볼엔드밀 ø10(mm)로 하여 가공을 하였다. 공작물 원점은 재료의 중심으로 정하고 공작물 좌표계는 G54를 사용하였으며 공구의 직경과 종류를 고려하여 절삭깊이, 이송속도, 회전수를 절삭조건에 맞도록 조절하였다.

본 가공에서의 공구 회전수는 1000~1500(rpm)을 기준으로 하였고 이송 속도는 80~120(mm/min), 절삭방향은 지그재그 형태를 취했으며 정삭여유량은 0.3(mm), 피치는 3(mm), 절삭 깊이는 1(mm)로 하여 총 8시간이 소요되었다. 그런데 지그재그 절삭방법을 택한 관계로 가공시간은 많이 단축되었으나 상향절삭과 하향절삭이 반복되면서 상향 절삭시에는 바이트의 떨림 현상이 계속적으로 발생하기 때문에 도중에 바이트의 물림 길이를 짧게 하여 어느 정도 떨림을 방지할 수 있었다. 여기에서 주의할 것은 볼엔드밀의 지름이 더 큰 것을 사용하여 시간을 단축시킬 수도 있으나 그렇게 할 경우 황삭 후 남는 가공경로간의 산의 높이 부분이 많아져 지름이 작은 정삭 바이트를 사용할 경우 공구가 부러질 염려가 있다.

4.1.2 정삭가공

CAM 프로그램상에서 가공 데이터를 작성할 때 공구 피치값은 볼엔드밀의 경우 공구 반경값을 사용하였다. 그러나 실제 가공시 황삭가공 후에 남은 산의 높이가 너무 높아 공구가 부러지는 현상이 발생하여 중간에 반경값보다 더 작은 공구 피치값으로 수정하여 가공하였다. 따라서 황삭가공시에는 정삭가공을 고려하여 피치값을 선정해야 할 것이다.

바닥면 정삭가공 공구로서 볼엔드밀 ø5(mm)를 사용하였으며 회전수는 1200~1750(rpm)을 최대로 하였고 이송은 60~90(mm/min), 절삭방향은 떨림을 방지하고 절삭면을 좋게 하기 위하여 한 방향 하향 절삭을 택했다. 그리고 피치는 0.5(mm) 절삭 깊이는 0.3(mm)를 1회에 완성 가공하였다. 그 결과 총 가공시간은 17시간이 소요되었다.

4.2 바닥홈 가공

4.2.1 황삭 가공

바닥홈 황삭은 볼엔드밀 ø5(mm)를 사용하여, 절삭방향은 지그재그로 하고 중삭 여유량 0.3(mm)를 남겨놓고 절삭깊이 0.5(mm)씩 가공하였으며 절삭피치 또한 0.5(mm)씩 주었다. 공구회전수는 1500~1950(rpm), 이송속도는 80~110(mm/min)으로 절삭조건에 따라 조정하면서 가공하였고 가공소요 시간은 13시간이 걸렸다. 물론 공구의 직경을 크게 하면 절삭시간을 훨씬 단축시킬 수도 있겠으나 홈 부분이라서 더 이상 공구의 직경을 크게 할 수가 없었고 절삭피치 또한 중삭을 고려하여 0.5(mm)씩 가공하는 결과로 인해서 가공범위가 적은데 비하여 많은 시간이 소요되었음을 알 수 있다.

4.2.2 중삭 가공

황삭 가공이 끝난 후 볼엔드밀 ø2(mm)로 절삭깊이 0.2(mm)를 1회에 거쳐 절삭피치 0.3(mm)씩 가공하였으며, 이때 회전수는 1500~1950(rpm), 절삭방향은 중삭과 같이 지그재그 방법으로 진행했으며 이송속도는 50~90(mm/min)로 가공하였고, 가공시간은 15시간이 소요되었다.

이것은 정삭을 하기 위한 예비가공으로 정삭시에 날끝이 날카로운(0.3mm) 공구를 사용할 것을 대비하여 황삭 후 남은 모서리 부분의 잔삭을 없애주고 산의 높이(Cusp height)를 낮추어 정삭 가공하는데 무리가 없도록 하기 위한 목적으로 가공되었는데 절삭피치가 0.3(mm)인 관계로 지그재그 방법으로 1회에 가공완료 하였는데도 15시간이라는 장시간이 소요되었다.

4.2.3 정삭 가공

마지막으로 정삭 가공은 모서리 부분의 미절삭된 각을 살리면서 잔삭을 가공하고 가공면의 조도를 좋게 하기 위한 목적으로 절삭피치를 미세하게 할 수밖에 없었다. 또한 좁은 홈 부분의 가공이 대부분이라서 가공 중에 공구 간섭을 피하기 위하여 날 끝이 뾰족한 조각날(Engraving cutter)을 사용하였고, 공구 회전수는 2000(rpm)을 기준으로 절삭조건을 설정하였다. 그러나 가공도중 절삭조건의 상황에 따라 수시로 조절하여 최대 2250(rpm)까지 주었으며, 이송속도 또한 50~70(mm/min)으로 조절해가며 가공하였다. 이때 가

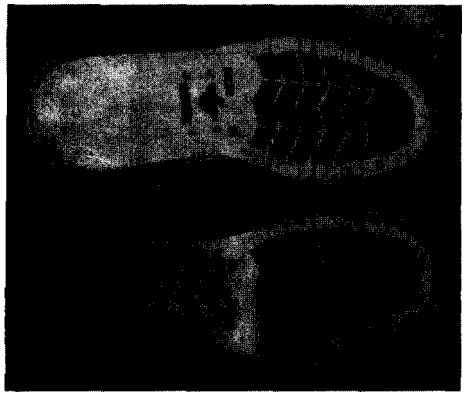


Fig. 3. Mold in use.

Fig. 4. Mold use Reverse engineering.

공방향은 한 방향 하향절삭이었으며 절삭깊이 0.1 (mm), 피치는 0.2(mm)로 피치를 조밀하게 하여 가공하는 관계로 가공시간이 22시간이라는 매우 많은 시간이 소요되었다.

4.3 기존 금형과 가공된 금형과의 비교

기존의 금형(Fig. 3)은 그라파이트의 전극봉을 사용하여 형조 방전으로 가공된 제품으로, 표면을 도금 처리하여 현장에서 사용되었던 금형으로, 본 실험에서 가공된 금형(Fig. 4)과 비교하면 외관상의 특별한 차이는 없었다. 그러나 객관적인 자료를 확보하기 위해 기존 금형을 3차원 측정기로 측정한 데이터와 가공후

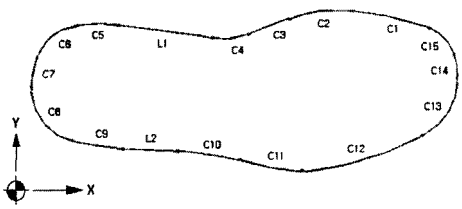


Fig. 5. Measurement points of outside profile.

Table 3. Measurement values of outside profile

비교 / 위치	기존금형 측정치수			가공된 금형 측정치수		
	X	Y	R	X	Y	R
C1	234.13	-58.09	202.36	234.11	-58.08	202.35
C2	234.96	47.90	96.46	235.01	48.87	96.48
C3	68.49	446.30	335.30	68.51	446.35	335.25
C4	153.68	182.68	58.73	153.66	182.64	58.76
L1	0	145.38	각도-7.61	0	145.37	각도-7.63
C5	64.50	38.88	96.19	64.53	39.87	96.16
C6	55.63	98.36	36.38	55.64	98.35	36.36
C7	73.58	90.26	56.26	73.57	90.24	56.24
C8	56.52	89.46	39.18	56.54	89.45	39.17
C9	96.39	264.35	218.69	96.38	264.39	218.66
L2	0	50.61	각도-2.74	0	50.63	각도-2.76
C10	114.09	-177.89	222.31	114.06	-177.87	222.34
C11	212.86	164.36	134.44	213.84	164.34	134.45
C12	192.40	253.70	224.69	192.41	253.71	224.68
C13	277.84	92.18	44.28	277.85	92.14	44.2
C14	265.25	95.47	57.13	265.26	95.47	57.12
C15	290.63	104.29	30.28	290.62	104.27	30.27

의 금형에서 측정한 데이터를 외형윤곽 부분, 홈부분, 무늬부분의 3개 부위로 나누어 비교 분석한 결과 동일한 데이터를 얻을 수가 있었다. Fig. 5는 측정부위를 표시하고 있으며 Table 3에서 분석 결과를 보여주고 있다.

Fig. 6은 무늬 한 개만을 측정하여 도형정보를 구했고, 그 데이터를 이용하여 모델링을 한 후에 나머지 무늬는 상하 간격을 측정하여 P1점을 기준으로 위쪽 방향으로 X1.01, Y5.73만큼 이동 복사하였으며 아래쪽 방향으로는 X3.38, Y-5.73만큼씩 이동 복사하여 무늬전체를 완성 모델링 및 가공하는 관계로 한 개의 무늬만 가지고 비교 분석하였다.

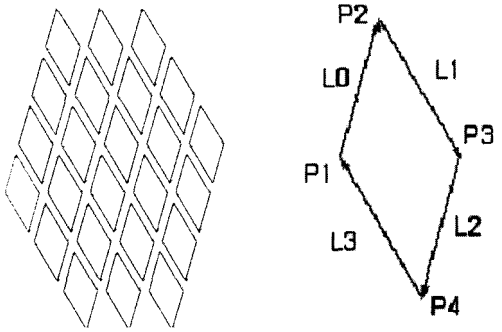


Fig. 6. Measurement points of pattern.

Table 4. Measurement values of pattern

비교 / 위치	기존금형 측정치수		가공된 금형 측정치수	
	X	Y	X	Y
P1	273.67	92.78	273.69	92.7
P2	275.49	97.87	275.48	97.89
P3	277.64	92.83	277.67	92.88
P4	276.40	88.63	276.40	88.61

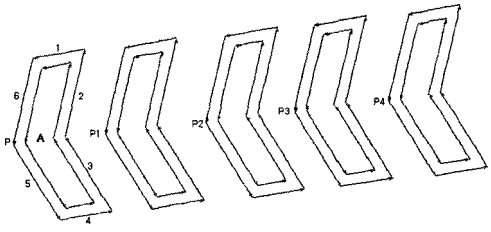


Fig. 7. Measurement points of groove.

Fig. 7은 그루브를 보여주고, Table 5는 그루브 한 개(A)만을 측정하여 보여준 데이터를 나타낸다.

5. 결 론

현재까지의 신발 밑창 금형 제조방법은 범용 밀링에 의한 임가공 후 흑연소재를 이용하여 신발 바닥의 무늬를 조각기에 의한 수작업에 의존, 총형 전극을 제작하여 이것에 의한 형조방전 가공법으로 금형을 제작하는 창성 가공법이 많이 사용되어 왔다. 이러한 기존의 방법은 전극가공시의 분진문제, 열악한 작업환경, 생산성 저하, 숙련공의 필요성과 숙련공의 확보 불안정, 제품의 균일화 곤란, 납기 불안정 등이 문제점으로 대두되고 있다. 또 다른 방법으로 전용 조각기에 의한 방법이 있으나 이것 또한 고도의 숙련자가 필요하며 숙련자 구하기가 힘들뿐만 아니라 작업시간이 오래 걸리는 단점과 동일한 제품의 재연성이 곤란하고 시장의 빠른 변화에 대처할 수 있는 능력이 부족한 은 물론 인건비의 과다 지출로 인한 국제 경쟁력 약화와 같은 문제점을 가지고 있다.

본 연구는 이러한 문제점을 해결하기 위해 CAD/CAM 및 CNC 머시닝센터에 의한 금형의 직접가공방법을 제안하고 이 방법의 효율성을 검증하기 위해 현장에서 사용했던 금형을 활용하여 3차원 측정기로 형상 정보를 파악하고, 이를 토대로 CAM S/W를 이용하여 모델링하고 가공에 필요한 조건을 부여한 후 NC 데이터를 생성하고 DNC를 통해 머시닝센터로 가공하는 역설계에 의한 방법으로 가공을 하였고, 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

Table 5. Measurement values of pattern

비교 / 위치	가공전 기존금형측정치수				가공된 금형 측정치수			
	X시점	X끝점	Y시점	Y끝점	X시점	X끝점	Y시점	Y끝점
A1	188.30	197.80	98.80	100.40	188.24	197.87	98.75	100.34
A2	197.80	194.20	100.40	84.70	197.75	194.16	100.34	84.66
A3	194.20	202.75	84.70	71.04	194.25	202.79	84.76	71.00
A4	202.75	193.25	71.04	69.44	202.70	193.19	70.99	69.39
A5	193.25	184.70	69.44	83.10	193.29	184.63	69.49	82.94
A6	184.70	188.30	83.10	98.80	184.64	188.23	83.06	98.73

1) CAD/CAM을 이용한 신발 금형의 직접가공이 가능하다는 결론을 얻었다.

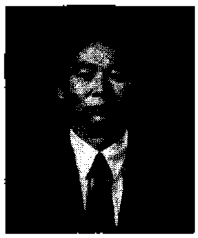
2) 체계화된 CAD/CAM에 의해 제조공정의 단순화를 이룩할 수 있다.

3) CAD/CAM을 이용한 방법으로 어떠한 모양의 신발 금형 형상에도 응용할 수 있다.

4) 모델 변경에 대한 신속한 대응을 할 수 있다.

참고문헌

1. 김성옥, "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. 한지수, "피혁 상품디자인 개발에 관한 연구(구두 디자인을 중심으로)," 이화 여자 대학교 대학원 석사 논문, pp. 16-20, 1999.
4. Bradley, C., Vickers, G. W. and Miloy, M. J., "Reverse Engineering of Quadric Surfaces Employing Three-dimensional Laser Scanning," University of Victoria, British Columbia, Canada.
5. 한국신발연구소, "Engraving Software 개발," 연구보고서, pp. 127, 1993.
6. 송용억, "Reverse Engineering을 위한 3차원 측정데이터의 곡면모델링," 월간 캐드캠 4호 pp. 156-159, 1998.
7. 최 영, 박진표, "3차원 디지타이저를 이용한 역설계 시스템," 정밀공학회지 4호 pp. 102, 1999.
8. 최병규, "형상역공학을 위한 정밀모델링 기술의 현황", 쾌속시작기술연구회, 춘계학술대회, pp. 80-85, 1998.



염 정 노

1992년 대전공업대학교 기계설계학과 학사
2000년 공주대학교 기계공학과 석사
1993~현재 충남인력개발원
관심분야: CAD/CAM, 생산기계

박 용 복

1985년 서울대학교 기계설계학과 학사
1987년 한국과학기술원 생산공학과 석사
1987~1991년 한국중공업, KIST, 한국생산기술연구원
1995년 한국과학기술원 기계공학과 박사
1995~현재 공주대학교 기계공학부 교수
관심분야: 소성가공, 유한요소법, CAD/CAM