

◆ 특집 ◆ 대면적 미세가공시스템

대면적 미세가공시스템 및 장비 개발

Development of a Large Surface Mechanical Micro Machining System & Machine

박천홍^{1,✉}, 오정석¹, 심종업¹, 황주호¹
 Chun Hong Park^{1,✉}, Jeong Seok Oh¹, Jong Youp Shim¹ and Jooho Hwang¹

¹ 한국기계연구원 초정밀기계시스템연구실 (Department of Ultra Precision Machines & Systems, KIMM)

✉ Corresponding author: pch657@kimm.re.kr, Tel: 042-868-7117

Manuscript received: 2011.5.2 / Accepted: 2011.6.8

The large surface micro machining system includes the equipments and processes for manufacturing the ultra precision micro patterned products with large surface through the mechanical machining. Recent major issue on the micro machining technology may be the development of optical parts for the back light unit of display which has the largest market. This special issue makes up with three parts; the large surface micro machining system and machine, machining process and forming process. In this paper, the state-of-the-art and core technology of large surface micro machining system is introduced with focus on the manufacturing technology for the back light unit of LCD TV. Then, some research results on the development of a roll die lathe is introduced which involves the concept of machine design, improvement of thermal characteristics in the spindle system, improvement of relative parallelism and straightness between spindle system and long stroke feed table, machining of micro pitch patterns. Finally, the direct forming process is introduced as the future work in the large surface micro machining field.

Key Words: Large Surface Micro Machining (대면적 미세가공), Roll Die Lathe (롤급형 선반), Roll Die Machining (롤급형 가공), UV Forming Process (UV 성형공정), Direct Forming Process (직접성형공정)

1. 서론

본 연구에서는 기계가공을 통해 대면적 미세형상의 초정밀 제품을 양산하기 위한 장비 및 공정 기술을 대상으로 하고 있으며 이러한 대면적 미세가공시스템은 기술적으로 초정밀 기계가공시스템에 그 기반을 두고 있다.

Fig. 1은 제품의 실용화를 통한 초정밀 가공 기술의 발전 추세를 정리하여 나타낸 것이다. 초정밀 가공기술은 1960년대부터 미국, 영국 등 일부 선진국에서 방위산업이나 항공우주산업용 극한 정밀도 광학 부품을 가공하기 위해 개발되어 왔으나

1980년 중반이후 일본이 이 기술을 활용하여 복사기 드럼 및 다면경, VTR 헤드드럼, 컴퓨터용 하드디스크 등 가전/OA용 핵심부품들을 생산하고 이들 제품이 세계시장의 주력상품이 되면서 민생산업용 핵심기술로 각광을 받기 시작했다. 1990년대 중반 이후에는 초정밀 가공기술의 향상에 따라 CD 픽업, 광커넥터용 페룰, 카메라용 비구면 렌즈, 스캐너용 F0 렌즈 등 고품위 표면을 요구하는 초정밀 광학부품을 중심으로 시장 수요가 확대되어 왔다.

또한, 최근 들어서는 디스플레이용 광학부품을 중심으로 광학특성의 고효율화, 복잡화까지 요구

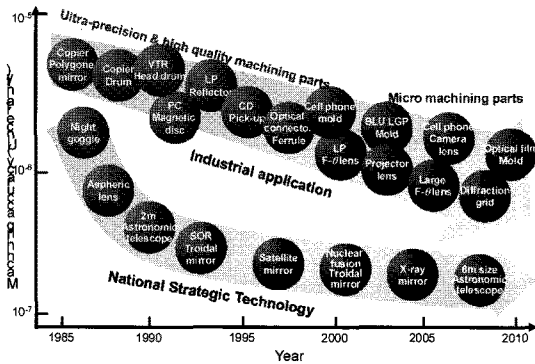


Fig. 1 Trend of products by ultra precision machining

됨에 따라 마이크로형상 어레이로 이루어진 대면적 미세가공 제품 형태의 광학부품의 수요가 급증하고 있어 초정밀 가공시스템 기술의 확보 여부는 여전히 주력산업의 경쟁력을 결정짓는 생산기술의 해결사 역할을 수행하고 있다.

대면적 미세가공시스템의 최근 주요 응용분야로는 LCD TV 용 BLU 부품, 3D 프로젝터용 렌티큘러렌즈, 초고휘도 반사필름, 초정밀 비구면 광학부품, 의료/정밀기기용 초정밀 금형 및 부품, 연료전지 분리판, 태양열 집광렌즈 등의 에너지관련 초정밀부품 등을 들 수 있으며 이 가운데 가장 큰 이슈는 현재 대면적 광학부품 가운데 가장 큰 시장을 형성하고 있는 디스플레이 BLU (Back Light Unit)용 부품의 개발이라고 할 수 있다. Fig. 2 는 LCD TV 용 BLU 의 구조 예 1)를 나타낸 것으로 공간적으로는 가능한 박판화하여 사용자의 공간적 부담을 줄이면서도 기술적으로는 램프로부터 발광되는 빛을 최종적으로 시청자의 시야에 밝고 고르

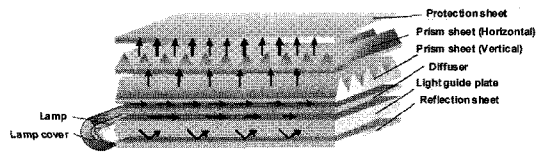


Fig. 2 Structure of back light unit for display

게 보이도록 도광판, 확산판, 프리즘 시트 등 다양한 마이크로 패턴이 가공된 플레이트나 필름 등을 사용하여 휘도 및 균일도를 개선시켜가고 있다.

본 특집에서는 현재 저자 등이 참여하여 정부 과제로 개발중인 대면적 미세가공시스템 기술의 개발 현황을 시스템 및 장비, 금형가공, 성형공정 기술로 나누어 소개하고자 하며 본 논문에서는 이 가운데, 먼저, LCD TV BLU 용 광학부품의 생산기술을 중심으로 기술동향, 주요기술 및 향후 연구 진행 방향을 소개하고자 한다. 또한, 대면적 미세가공장비에 있어 개발 장비의 개요 및 주축계의 열특성 향상, 주축계와 이송계간의 상대 평행도 향상, 장비 프로토타입을 이용한 볼금형의 미세가공 등 주요 개발 결과에 대해 소개하고자 한다.

2. 대면적 미세 가공시스템 개요

2.1 기술 동향

대면적 미세가공시스템의 기술 트렌드는 대면적화, 미세피치화, 형상복합화로 대표할 수 있다.

먼저, 현재 52"급이 대중화되어 있는 LCD TV 의 개발동향에서 볼 수 있듯이 디스플레이의 대화면화가 급격히 이루어지고 있으며 이에 대응하여 대면적 미세가공시스템에 있어서도 대면적 부품

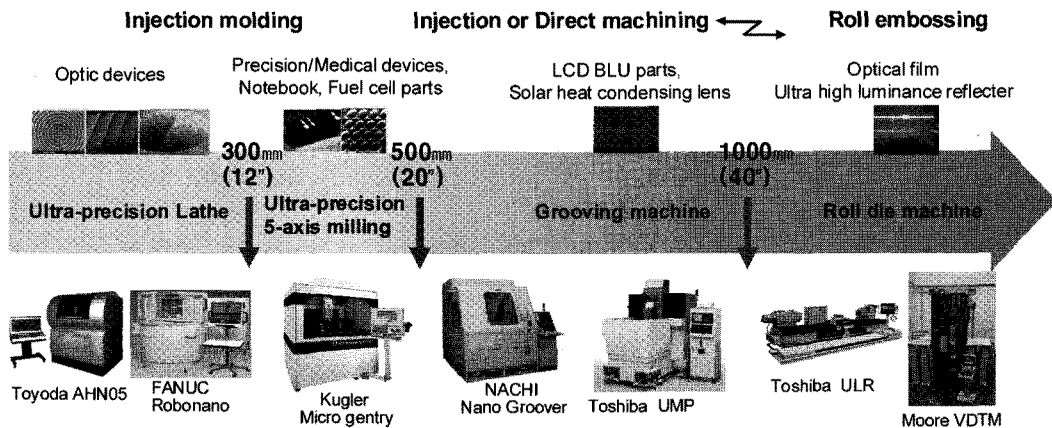


Fig. 3 Change of manufacturing processes & machines according to the surface scale of micro patterned products

생산을 위한 대면적화가 급속히 진행되고 있다.

Fig. 3 은 미세가공시스템의 대면적화 추세를 정리하여 나타낸 것으로, 2~4~5 년 전에 해당하는 비교적 최근까지만 해도 미세가공시스템의 주요 대상은 핸드폰 및 노트북용 도광판 금형, 회절격자, 마이크로 금형 등이었으며 제조공정으로는 Toyoda, FANUC 등의 메이커로 대변되는 초정밀 선반을 이용하여 금형을 제작하고 이를 이용하여 제품을 성형하는 방식이었다. 그러나 디스플레이를 중심으로한 대면적화에 수요에 따라 금형의 사이즈가 커지게 되고 이에 대응하는 가공장비도 급격히 변화하고 있다.

금형가공용 장비의 경우 300 mm 까지는 초정밀 선반이 주류였으나 그 이상의 사이즈가 요구됨에 따라 초정밀 밀링머신이 개발, 활용되었으며 500 ~ 1000 mm 사이즈로 확산되면서 밀링머신이 전용화된 초정밀 그루빙머신이 개발되어 대응하고 있다. 한편, 최근에는 BLU 용 광학필름 등을 중심으로 1500~1600 mm 까지의 미세가공제품도 요구되고 있으며 이 경우 평판금형을 이용한 사출 또는 사출 압축성형에 한계가 있으므로 롤금형을 이용한 롤 성형 방식이 적용되고 있다. 또한, 이에 대응한 장비의 경우에도 롤금형을 가공할 수 있는 초정밀 롤선반이 미국(Moore 사), 일본(Toshiba, Riken 등)을 중심으로 개발되어 활용되고 있다.

대면적화에 대응한 기술적 트렌드를 요약하면 1 m(40")까지의 제품은 직접 가공 및 평판 금형 응용 공정, 1 m 이상은 롤금형 응용 성형 공정의 이원화 기술체제로 진행되면서 대면적 제품의 대부분에 기본적으로 요구되는 슬립화(박판화)를 동시에 만족시켜가고 있다고 할 수 있다.

대면적 미세형상제품의 피치 사이즈는 제품의 기능 설계에 의해 결정되므로 매우 다양한 편이다. 예를 들어 태양광 집광판용 플레넬렌즈의 피치는

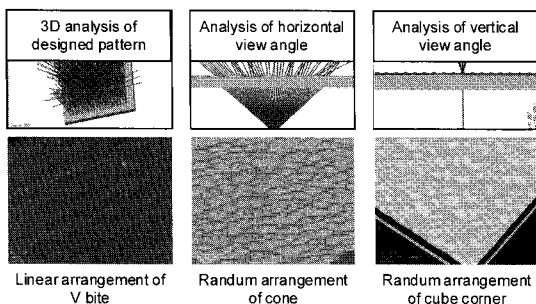


Fig. 4 Examples of complex pattern

수백미크론 수준이며 도광판의 경우에는 수십미크론대의 가변피치로 설계되는 것이 일반적이다. 디스플레이에서의 인간의 시각적 분해능을 고려하면 현재 실용화에 요구되는 최소피치는 20 μm수준 정도이며 현재 가공장비의 이송분해능을 고려하면 충분히 달성가능한 피치사이저라고 생각할 수 있다. 그러나 연속된 피치사이저의 변화량(피치사이저 오차)이 ±5%이내 들어야 하므로 가공되는 전 길이에 대해 ±1 μm이내의 피치오차가 요구된다. ±0.5°C 로 제어되는 항온실에서 100 mm의 스틸이 1 μm의 열변위를 갖는 것을 고려하면 가공시스템에 요구되는 정밀도는 매우 엄격하다고 할 수 있으며 미세피치화에 따른 초정밀 장비/공정의 초정밀화 및 환경오차 보정기술의 병행개발이 필요하다.

한편 미세형상제품의 고기능화, 고부가가치화를 위한 미세형상의 복합화 요구도 크게 증가하고 있다. Fig. 2 에 나타낸 일반적인 BLU 구조에 있어 박판화 및 생산원가 절감을 위해 프리즘시트와 확산판을 하나의 복합시트로 또는 확산판과 도광판을 하나의 복합플레이트로 대체하는 개발이 활발히 진행되고 있다. 복합플레이트화하기 위해서는 Fig. 4 와 같이 미세형상을 다양한 3 차원 형상으로 변화시켜가면서 패턴, 시야각, 휘도 등의 변화를 시뮬레이션하고 적절한 복합형상을 결정하게 된다. 이 경우 3 차원 형상어레이의 가공이 불가피하므로 가공장비나 성형기술도 이에 따른 공정조건 및 가공메카니즘을 개발할 필요가 있다.

2.2 각 공정별 핵심기술

Fig. 5 에 UV 경화 코팅제를 이용한 광학필름의 연속성형 공정을 나타내었다. PET 소재의 기관에 UV 코팅제를 도포한 후 마이크로 패턴이 가공되어 있는 롤금형을 이용하여 코팅층에 패턴을 전사하게 되며 전사된 패턴은 UV 경화공정을 거치게 된다. 따라서 최종적인 필름은 그림 상부에 나타낸 것 처럼 PET 기관위에 패턴층이 적층된 2 층 형태의 구조를 갖게 된다. 이러한 공정에 있어 기술

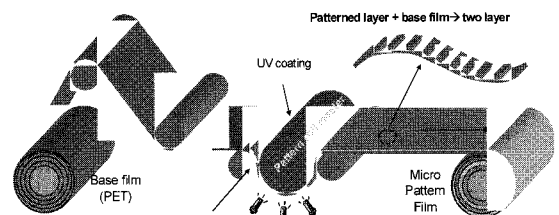


Fig. 5 UV continuous forming process of optical film

적으로 핵심이 되는 부분은 마이크로 패턴을 갖는 롤금형의 가공장비를 포함한 가공기술, 그리고 이를 이용한 성형기술이라고 할 수 있다.

롤금형 가공장비에 있어서는 먼저, 장착되는 롤의 크기와 무게를 고려한 장비의 정적 구조변형 및 동적 특성을 고려한 설계, 롤 피치의 정밀가공을 위한 주축계의 열변형 억제 및 회피설계, 롤의 횡방향, 경사방향 미세가공을 위한 주축의 정밀 인텍싱, 정확화되어가는 롤 길이방향 이송축의 진직도 및 위치반복정밀도, 주축시스템의 롤장착 중심도 및 이송축과의 상대 평행도 확보 기술 등이 세부적인 핵심기술이라고 할 수 있다. 롤금형 가공기술에 있어서는 2m 급 롤금형에 고품위의 균일한 패턴을 연속적으로 가공할 수 있는 고품위/고균일 가공기술 그리고 그에 따른 공구마모의 예측 및 모니터링 기술, 고종횡비(high aspect ratio)가공, 예각패턴가공 및 2.5 차원 미세패턴 가공 등의 미세 복합형상 가공기술 등이 핵심기술이며 또한 롤금형 기관위에 고품위/고균일 미세가공이 가능하도록 동합금이나 니켈 등의 소재를 롤금형 기관위에 고정도, 고균질로 도금하는 기술도 매우 중요하다고 할 수 있다. 성형기술에 있어서는 다양한 사이즈 및 종횡비의 미세패턴에 대한 연속 성형을 위한 유동해석 및 이를 통한 최적의 가압/냉각조건 설정, 제품별 요구조건에 따른 고분자 소재 특성 제어 기술 및 UV 연속성형을 고려한 소재 코팅기술 등이 세부적인 핵심기술로 들 수 있다.

3. 대면적 미세 롤금형 가공 장비의 개발

3.1 장비 구조, 제원 및 주요 성능

2.2 절에서 소개한 핵심기술들을 포함하여 설계

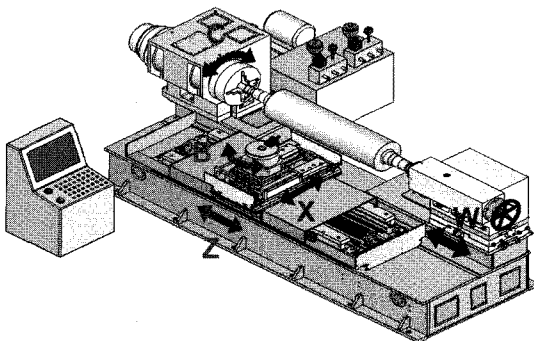


Fig. 6 Layout of the designed roll die lathe

된 롤금형 가공장비의 레이아웃을 Fig. 6에 나타내었으며 제원을 Table 1에 나타내었다.³

전체적인 구조는 롤금형의 가공에 적합한 선반 형태이며 4 축구조로 설계하였다. 먼저, C 축은 롤을 장착하고 회전시키는 일반적인 주축 기능 이외에 롤의 길이방향 그루빙이나 임의의 경사각을 갖는 그루빙작업을 하는 경우 Z 축과 연계하여 인텍싱 기능도 수행할 수 있으며 엔코더의 분해능은 0.018 arcsec 로 600mm 직경에 대해 0.03 μm 까지 제어가 가능하다. Z 축은 롤의 길이방향으로 패턴 폭을 제어하며 2000 mm 까지 실제 가공이 가능하도록 2320 mm 의 스트로크를 갖으며 1 nm 의 분해능을 갖는다. X 축은 Z 축 테이블상에 장착되어 공구의 절입량을 결정하며 1 nm 의 분해능을 갖도록 설계하였다. 한편, 가공중에 공구교환이 필요할 경우, 공구 교환 전후의 공구위치를 정확히 일치시킬 필요가 있으므로 X 축 위에는 복수의 공구대를 장착하고 정밀한 인텍싱 기능을 수행할 수 있는 B 축을 설치하였으며 엔코더의 분해능은 0.0018 arcsec 로 설정하였다.

한편, 다양한 롤의 길이에 맞춰 심압축의 위치를 설정할 수 있도록 심압축 하부에는 슬라이드가이드를 장착한 W 축을 설치하였으며 이 축의 경우 로가공물을 새로이 장착할 경우에만 사용되므로 이송은 수동핸들을 이용하여 수행하도록 설계하였다.

Table 1 Specifications of the designed roll die lathe

Terms		Specifications
Machine size		4910(L)×1570(W)×1425(H) mm
Max. roll size & weight		φ600×2500 mm, 600 kg,
Bearings in all axis		Hydrostatic bearing
C axis	Drive motor	DD motor
	Max. speed	600 rpm
	Resolution	0.018 arcsec
Z axis	Drive motor	Dual coreless linear motor
	Stroke & speed	2320 mm, 20 m/min
	Resolution	1 nm
X axis	Drive motor	Coreless linear motor
	Stroke & speed	260 mm, 10 m/min
	Resolution	1 nm
B axis	Drive motor	DD motor
	Max. speed	3 rpm
	Resolution	0.0018 arcsec

4 개의 운동 축용 베어링은 고정밀, 고감쇠 특성으로 높은 표면조도를 기대할 수 있는 유정압베어링을 적용하였으며 구동모터는 직선축의 경우 코어리스 리니어모터, 회전축의 경우 Direct drive 모터를 적용하였다. 컨트롤러는 UMAC(Delta Tau)을 사용하였다.

Fig. 7 은 상세 설계된 장비의 구조변형 특성을 해석한 결과로, Z 축 이송테이블이 2320 mm 의 스트로크를 이동할 때 구조변형에 의한 공기설치점의 변위를 X, Y, Z 방향으로 나타낸 것이다. 공기절입방향인 X 방향의 경우가 Z 축의 설치를 위한 높은 단차 및 물장착에 의한 영향 등으로 구조적으로 많은 비대칭 요인이 있어 0.93 μm 의 변형에 의한 오차가 발생하며 Y, Z 방향으로의 변위는 상대적으로 작게 나타나고 있다. 이 변위값들은 장비의 실제 제작시 각 방향의 운동오차값에 포함되어 나타나게 되지만 그 크기가 레일의 정밀도 작업으로 수행하는 스크래핑, 래핑 공정 및 레벨링 공정을 통해 충분히 보정될 수 있는 범위로 판단되어 본 구조를 최종적인 장비의 구조로 결정하였다.

한편, 본 장비를 실제 제작, 조립한 후 주요 운동축인 주축대 및 Z 축 이송계를 중심으로 열특성, 강성, 운동정밀도 등 주요 성능 들을 측정, 보정하고 가공테스트를 수행하였으며 그 가운데 주축계

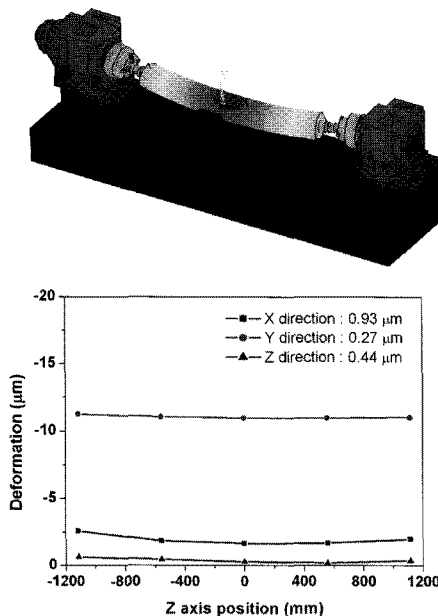


Fig. 7 Analysed structural deformation of roll die lathe

의 열변형 특성, 직선운동정밀도 향상을 위한 레일 평행도 개선, C 축과 Z 축간의 평행도 향상, 마이크로 가공 결과 등을 다음 절 이하에서 소개하고자 하며 그 외의 주요 성능은 Table 2 에 요약하여 나타내었다.

3.2 주축계의 열변형 특성 향상

주축(C 축) 및 심압축으로 구성된 주축계에 있어 회전에 따른 유정압베어링 및 DD 모터에서의 발열은 가공물인 롤금형의 열변형으로 연결되어 피치가공 정밀도를 저하하게 되므로 적절한 열변형 억제 및 회피 대책이 필요하다.

Fig. 8(a)는 최초로 설계된 주축계의 구조를 나타낸 것으로 주축 및 심압축에 모두 슬라이드베어링이 설치된 경우(case 1)이며 이 경우 주축계의 발열에 의한 열변형은 롤금형의 치짐과 더불어 주축대와 심압대의 구조변형을 야기시켜 장비 구조 전체를 뒤틀리게 한다. Fig. 8(b)는 이러한 단점을 보완하고 발열에 의한 열변형의 영향을 심압대의 샤프트로만 전가시키기 위해 심압축의 슬라이드베어링을 제거한 경우(case 2)를 나타내고 있다.

이 두 경우에 있어서 주축대와 심압대의 슬라이드부 외측면의 온도상승 및 주축대와 심압대간의 상대 변위를 측정하여 Fig. 9 에 나타내었다. Case 1 의 경우 심압대 표면의 온도상승은 1.9 $^{\circ}\text{C}$ 이며 이에 따른 주축대와 심압대간의 상대변위는 약 25 μm 수준을 나타내었다. 한편 Case 2 의 경우 온도상승은 1.0 $^{\circ}\text{C}$ 이며 그에 따른 상대변위는 3.5 μm 정도로 나타나고 있어 의도대로 열변형이 심압축의 샤프트를 통해 주로 이루어짐을 확인할 수 있다. 이 경우에도 롤금형에서의 열변형은 발생하지만 그에 의한 변위는 길이에 따라 선형적으로 분포되어 누적되는 피치오차의 변화는 미소하게 되

Table 2 Specifications of the designed roll die lathe

C axis	Temperature rise	0.2 $^{\circ}\text{C}$ (spindle) 0.5 $^{\circ}\text{C}$ (tailstock)
	Rotational accuracy	0.58 μm (radial) 0.04 μm (axial)
	Stiffness at spindle nose	22.1 $\text{kg}/\mu\text{m}$ (radial) 40.8 $\text{kg}/\mu\text{m}$ (axial)
Z axis	Horizontal straightness	1.52 μm at tool post
	Position repeatability	0.47 μm
	Mechanical resolution	3 nm
	Velocity ripple	$\pm 0.44 \mu\text{m}$ at 20 m/min

므로 최종적인 광학필름의 시각적인 성능에는 영향을 미치지 않게 된다. 따라서 본 장비에서는 Case 2 에 해당하는 심압축의 구조를 최종적으로 채택하였다.

3.3 Z 축 진직도 및 C/Z 축간 상대평행도 향상

본 장비의 경우 Z 축의 수평방향 진직도 및 Z 축과 주축계간의 상대평행도는 롤금형의 형상오차 및 절입량에 영향을 미치게 된다. 롤금형에 요구되는 절입량의 편차 및 롤 형상치수의 정밀도는 경우에 따라 다르나 최고 수준으로 요구되는 경우 3 μm 이내까지 이르고 있다. 따라서 본 연구에서는 최종적으로 주축계와 Z 축간의 상대평행도 목표를 3 μm 이내로 설정하였으며 이에 따라 상대평행도에 영향을 미치는 Z 축의 수평방향 운동오차(진직도)는 2 μm 이내로 목표치를 설정하였다.

먼저, 직선 이송축의 경우 운동오차(진직도)는

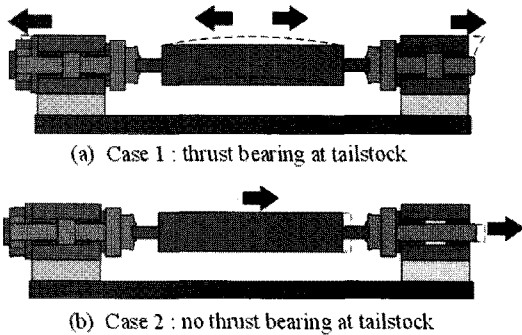


Fig. 8 Thermal deformation of spindle system according to the set-up of thrust bearing at tailstock

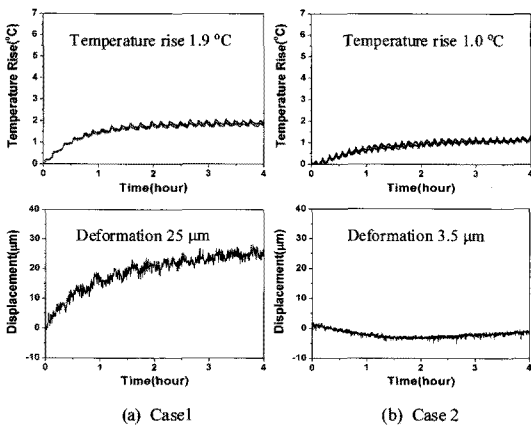


Fig. 9 Comparison of thermal characteristics according to the set-up of thrust bearing at tailstock

대부분 안내 레일의 정밀도에 의해 결정된다. 이에 따라, 유정압베어링의 적용을 고려하더라도 각 레일의 가공 진직도 및 두 레일간의 평행도도 2 μm 수준으로 유지할 필요가 있다. 이를 위해 본 연구에서는 Fig. 10 의 윗 그림에 나타낸 것과 같이 축차 2 점법을 개량하여 3 개의 센서를 이용하여 두 대향되는 레일의 진직도와 평행도를 동시에 측정할 수 있는 측정법을 개발하였으며⁴ 이를 적용하여 Z 축 레일의 가공진직도와 평행도를 측정하고 수정하는 반복작업을 수행하였다. Fig. 10 의 그래프는 수회의 반복 래핑을 통해 얻어진 Z 축의 수평방향 두 레일의 진직도 및 평행도를 나타낸 것으로 최종적으로는 모두 2 μm 내외의 정밀도를 확보하였다.

한편, 주축계와 Z 축간의 상대 평행도의 측정기 본적으로 주축계에 측정하고자하는 길이만큼의 마스터실린더를 장착하고 Z 축을 이송해가면서 상대적인 거리편차를 측정하면 된다. 그러나 본 연구에서와 같이 마이크로미터 대의 정밀도가 요구되는 경우, 자체 형상오차 프로파일을 무시할 정도로 높은 정밀도를 갖는 마스터실린더의 확보가 어려우므로 정도 높은 측정이 불가능하게 된다. 본 연구에서는 상대 평행도의 정밀 측정을 위해 Fig. 11 과 같이 회전 반전법의 원리를 이용한 측정방법을 개발하여 적용하였다.^{5,6}

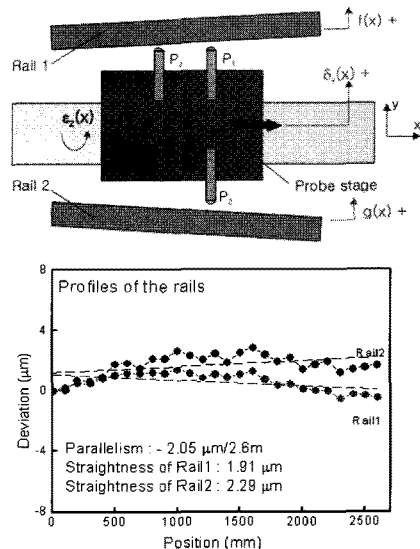


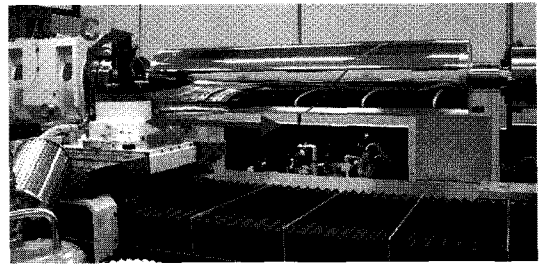
Fig. 10 Measuring principle of parallelism between rails and measured data using the same method in Z axis

본 측정법에 있어서는 미세 패터닝이 이루어지기 전 단계, 즉 표면의 경면가공만이 이루어진 롤금형의 양 측에 센서 두 개를 설치하고 롤금형과 Z 축을 정속으로 구동시켰을 때의 양 센서의 출력값을 얻은 후 각 센서에 있어 1 회전에 해당하는 출력값의 합으로부터 회전오차 성분이 제거되는 원리를 이용하여 이송축의 진직도 및 C 축과 Z 축 간의 상대평행도를 얻을 수 있다.

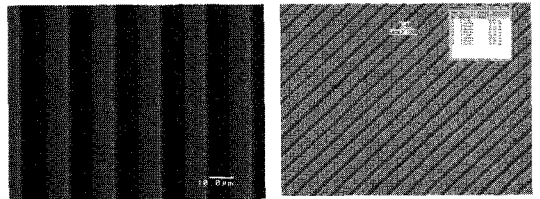
Fig. 12는 실제 제작된 장비상에서 이 측정법을 이용하여 상대 평행도를 측정하고, 심압축의 자세를 미세하게 조정하여 평행도를 개선하는 작업을 통해 최종적으로 얻어진 실험 결과를 나타낸 것이다. Z 축의 진직도는 $1.52 \mu\text{m}$ 이며 최종적인 상대평행도는 $1.60 \mu\text{m}$ 까지 개선되어 목표로 했던 $3 \mu\text{m}$ 에 비해 훨씬 향상된 정밀도를 얻을 수 있었다.

3.4 롤금형의 가공

이상의 과정을 통해 얻어진 시작품 장비를 이용하여 1800 mm 길이의 롤금형에 미세 패턴을 가공하는 사진을 Fig. 13(a)에 나타내었으며, $20 \mu\text{m}$ 선폭의 90° 프리즘 패턴의 가공 결과를 Fig. 13(b)에, C 축과 Z 축의 동기제어에 의해 $30 \mu\text{m}$ 선폭의 45° 프리즘 패턴의 가공결과를 Fig. 13(c)에 각각 나타내



(a) Roll die lathe prototype



(b) 90° prism pattern($20 \mu\text{m}$) (c) 45° prism pattern($30 \mu\text{m}$)

Fig. 13 A prototype of roll die lathe and machined micro patterns using the machine

었다. 동일 금형의 5 곳을 샘플링하여 측정한 결과 $20 \mu\text{m}$ 선폭의 90° 프리즘 패턴의 경우 $20 \pm 0.2 \mu\text{m}$ (1%)의 패턴오차를 보였으며, $30 \mu\text{m}$ 선폭의 45° 프리즘 패턴의 경우 $30 \pm 0.3 \mu\text{m}$ (1%)의 패턴오차를 나타내어 실제 제품에서 요구하는 $\pm 5 \%$ 이내의 패턴오차를 충분히 만족하고 있음을 확인하였다.

4. 대면적 미세가공시스템의 향후 개발 방향

본문에서 소개된 UV 연속성형 공정은 현재 디스플레이 BLU 용 광학부품 생산의 주력기술로 활용되고 있다. 그러나 한편으로는 기판위에 코팅층을 입히는 2 층 구조라는 점과 PET 기판의 공급자가 특정 기업으로 제한이 되어 있다는 점이 단점으로 부각되면서 새로운 대안에 대한 기술개발 수요가 증가하고 있다.

이에 대한 대안으로는 Fig. 14와 같이 소재로부터 기판을 압출해내고 이 기판에 직접 패턴을 전사할 수 있는 ‘직접 연속성형 공정’이 유력하게 떠오르고 있다. 이 경우, 상대적으로 고점도의 기판에 성형을 해야하므로 고온, 고압의 성형이 필요하며 전사성면에서 아직 UV 연속성형에 비해 많이 뒤떨어진다는 단점이 있다. Fig. 14(b)에 직접 연속성형 공정에 사용되는 롤금형의 예를 나타내었다. 고온성형을 위해 롤금형 내부에 가열부 및 냉각부가 삽입되고 상대적으로 높은 성형압력을 받

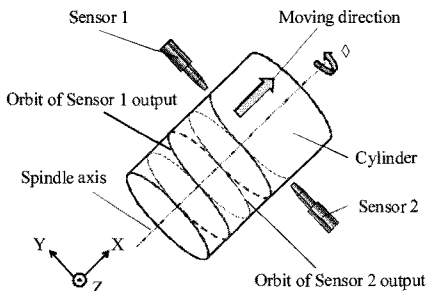


Fig. 11 Measuring principle of relative parallelism between C and Z axis

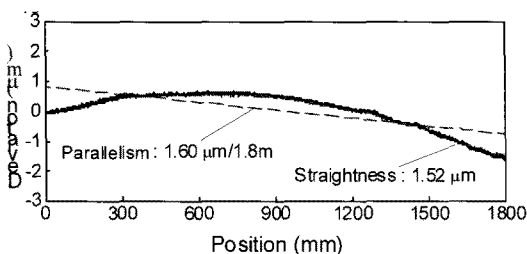
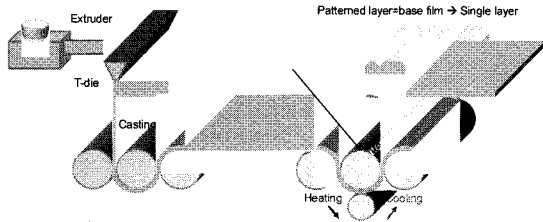
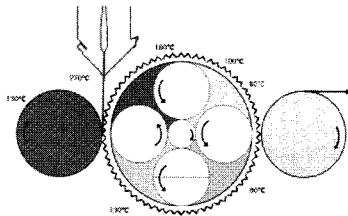


Fig. 12 Measured parallelism between C and Z axis



(a) Direct continuous forming process



(b) An example of roll die

Fig. 14 Direct forming process and structure of roll die

아야 하므로 고경도, 고하중의 롤금형이 필요하게 된다. 그러나, 압출기술 개발 여부에 따라 PC, PET, PMMA 등 소재를 다양화할 수 있고 다층 원단 제조를 통해 복합 기능성 필름의 제조도 가능해진다. 또한, 기관위에 직접 성형하게 되므로 중장기적으로 생산 원가도 절감될 수 있다는 장점도 있어 향후 광학필름 양산을 위한 대안으로 충분한 가능성을 인정받고 있다.

5. 결론

본 논문에서는 이 가운데 LCD TV BLU 용 광학 부품의 생산기술을 중심으로 기술동향 및 주요기술, 대면적 미세 가공장비의 개발 결과 그리고 향후 기술개발 방향에 대해 소개하였다. Fig. 5 로 대표되는 UV 성형공정에 의한 광학필름 생산기술은 본 연구가 시작된 4 년전만 해도 거의 수입에 의존해왔으나 현재는 전 공정 국내 개발이 완료된 상태라고 할 수 있을 정도로 국내 기술이 빠르게 발전되어오고 있으며, 본 연구에 의한 결과들도 이미 대부분 상용화되어 LCD TV 용 광학필름, 도광판 등의 생산 현장에서 활발히 활용되고 있다. 또한, 본 연구에 있어서도 향후 개발 방향에서 유력한 대안으로 소개한 직접 연속성형 공정 기술개발을 목표로 2 단계 연구를 진행중에 있으며, 직접 성형공정에 필요한 3t 급 롤금형 가공장비, 롤금형 가공 및 코팅기술 그리고 기능성필름 개발을 위한

직접성형공정의 개발 등이 이루어지고 있다. 이 후속 연구에 있어서도 기술적인 성과가 얻어지는 대로 그 결과를 지속적으로 발표할 예정이다.

후 기

본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발사업인 “대면적 미세가공시스템 개발”과제의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. R&D Cyber Education Center, <http://rnd.eduville.co.kr>
2. Park, C. H. and Shim, J. Y., “Large Surface Micro Machining System,” Journal of the KSME, Vol. 48, No. 10, pp. 34-38, 2008.
3. Oh, J. S., Song, C. K. and Park, C. H., “Design of Ultra Precision Roll Die Machine,” Proceedings of the KSPE Autumn Conference, pp. 737-738, 2008.
4. Hwang, J., Park, C. H., Gao, W. and Kim, S. W., “A Three-Probe System for Measuring the Parallelism and Straightness of a Pair of Rails for Ultra Precision Guideways,” International Journal of Machine Tools and Manufacture, Vol. 47, No. 7, pp. 1053-1058, 2007.
5. Lee, J. C., Noh, Y. J., Arai, Y., Gao, W. and Park, C. H., “Precision Measurement of Cylindrical Surface Profile on an Ultra-precision Machnie Tool,” Measurement Science Review, Vol. 9, No. 2, pp. 49-52, 2009.
6. Gao, W., Lee, J. C., Arai, Y. and Park, C. H., “An Improved Three Probe-Method for Precision Measurement of Straightness,” tm - Technisches Messen, Vol. 76, No. 5, pp. 256-265, 2009.