

# 대면적 롤 금형의 수명향상을 위한 니켈코팅 공정기술 개발

## Development of the Nickel Coating Process Technology for Improving Life of Large Surface Roll Molds

\*조윤희<sup>1</sup>, 강호철<sup>1</sup>, 정윤정<sup>1</sup>, 이동윤<sup>2</sup>, 이석우<sup>3</sup>

\*Y.H.Cho<sup>1</sup>, H.C.Kang<sup>1</sup>, Y.J.Chung(core@coreoptix.co.kr)<sup>1</sup>, D.Y.Lee<sup>2</sup>, S.W.LEE<sup>3</sup>

<sup>1</sup> (주)코아옵틱스 초정밀기술연구소, <sup>2</sup>한국생산기술연구원 융합생산기술연구부, <sup>3</sup>한국생산기술연구원 생산시스템연구부

Key words : Roll Mold, Micro Pattern Machining, Nickel electro-coating

### 1. 서론

대면적 미세현상 가공기술은 LCD(liquid crystal display) 및 광학기기의 대형화/고성능화, 태양광발전 및 연료전지의 고 효율화를 위한 원천기술로 특히, 신제품 개발 및 생산성 확보 경쟁에서는 가공공정 기술만의 확보가 제품의 품질/생산성에 직결되는 요소이다. BLU(Back Light Unit), 대면적 광학렌즈 등 제품 생산에 있어 사용되는 대면적 미세현상 가공기술은 일반적으로 평판가공과 롤 가공으로 구분되어 있는데 1m 이하의 제품은 평판금형 가공으로 개발을 진행하고 있으며 1m 이상의 제품은 롤 금형 가공으로 개발이 진행 중에 있다. 특히 롤 금형은 평판가공에 비해서 가공이 연속적으로 이루어져 가공속도가 빨라 납기를 단축할 수 있으므로 대면적 제품에 적용하기 용이하며, 다양한 폭에 적용이 가능하다는 장점이 있다고 알려져 있어 최근 그 수요가 급증하게 되었다.<sup>1</sup>

현재 대면적 롤 금형은 LCD를 비롯한 디스플레이, 대면적 광학부품의 핵심기술 뿐만 아니라 최근에는 태양열 에너지, 연료전지 분야의 에너지 분야 등에서도 핵심금형으로 사용되고 있다. 특히, 본 연구에서 개발하고 있는 대면적 롤 금형은 주로 LCD용 프리즘 필름과 복합필름을 생산하기 위한 생산라인에 장착되는 핵심 금형부품으로, PET(Polyethylene Terephthalate) 필름 위에 도포된 UV(Ultraviolet) 경화 레진 층의 표면에 미세패턴이 전사되도록 하는 용도로 사용 되고 있다.

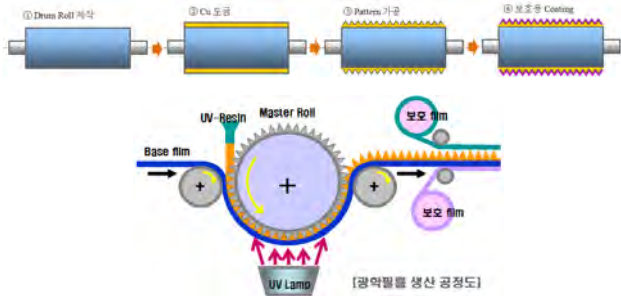


Fig. 1 Roll Mold Process & Optical Film Production Process

일반적인 롤 금형의 제작 방식 및 성형에 적용되는 공정을 Fig. 1 에서 보여주고 있다. 복합필름 또는 프리즘 필름을 제조하는데 필요한 롤을 가공하기 위해서는 주로 철로 제작된 롤 금형에 600 μm 동 도금된 롤을 사용하였다. 이때, Roll-to-Roll 생산 공정 시 동도금의 특성상 경도가 낮기 때문에 표면 경도 한계가 발생하고 가공품 광필름 생산시 대기 중의 산소와의 반응으로 산화에 따른 부식 발생, 이물에 의한 Scratch 발생, 취급 난해성의 이유로 주로 0.5~1일 사용 후 교체를 하는 방식이었다. 이에 따라 롤 금형에 수명을 느낀 산업에서는 생산성 향상을 위한 롤 금형의 장수명화를 요구할 수밖에 없는 상황이다. 일반적으로 가공 후 산화방지를 통한 수명향상을 위하여 주로 크롬 코팅을 하는 방식으로 사용하였으나 크롬 코팅의 경우 하부의 동도금의 품질에 영향을 받으며 미세 균열(Crack)이 발생되어 동 도금과 박리되는 문제점이 발생하기도 하였다.

니켈은 내구성과 밀착성이 좋고, 높은 경도, 내식성, 내마모성의 특징을 갖고 있으며 계속적으로 연구가 이루어지고 있다.<sup>2,4</sup>

본 연구에서는 동 도금 후 가공된 롤에 니켈을 사용하여 동

도금의 산화방지, 경도강화를 통해 롤 금형의 패턴현상 유지, 수명향상을 할 수 있는 대면적 롤 금형의 니켈 코팅 공정 기술을 개발하고자 한다.

### 2. 실험 장비 및 방법

본 실험에 앞서 동 도금된 롤 금형은 미국 Moore사의 Ultra Precision Drum Lathes(Horizontal Lathe)에 Fig. 2 와 같이 장착하여 가공을 진행하였다.

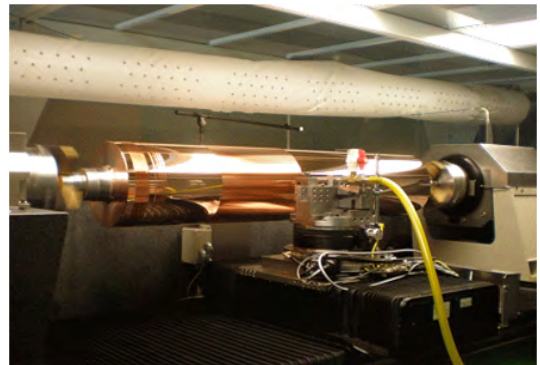


Fig. 2 Ultra Precision Drum Lathes

실험 시 패턴 가공은 모두 동일한 조건으로 진행하였으며 그 조건은 Table 1 에 나타내었다.

Table 1 Condition of Manufacturing

Condition	
Pitch	50 μm
Depth	25 μm
Cutting Velocity	282.6 m/min.

니켈 코팅 조건은 공정 조건 변수에 따른 변화를 살펴보기 위하여, 전류밀도, 코팅시간을 변화시켜가며 코팅두께 및 패턴 형상을 측정하였다. Table 2 는 상세한 실험 조건을 나타낸다. 패턴 형상은 3D Digital Microscope를 이용한 가공면의 관찰과 코팅 후 가공 면에 실리콘 샘플을 채취하여 절단 후 각각 FE-SEM(Field Emission Scanning Electron Microscope)을 이용하여 관찰하였다.

Table 2 Condition of Experiment

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Condition									
Current density (A/dm <sup>2</sup> )	2	6	10	2	6	10	2	6	10
Coating Time (min.)	3			5			7		

### 3. 실험 결과

패턴 가공 후 니켈 코팅에 앞서 미세 먼지 제거 및 세척을 위해 세정 공정 후 본 실험을 진행하였다. 먼저, 패턴 가공된 롤을 20 KHz의 초음파에서 2분간의 초음파 세척 후 pH 1.0의 산성수용액으로 산세처리 공정을 1분간 진행하였다. 니켈 코팅

공정 순서는 Fig. 3 과 같다.



Fig. 3 Nickel Coating Process

코팅 두께 측정은 코팅 전 패턴 가공된 물에 마스크(Masking)를 하여 코팅 후 마스크가 제거된 부분과 니켈 코팅 면의 경계면에 실리콘을 도포하여 단차가 전사된 채취 샘플로 그 단차를 측정하였다. 니켈코팅 시 코팅조의 온도는 일반적인 전해니켈의 온도인 60℃로 고정하여 실험하였으며 실험변수는 전류밀도를 2 A/dm<sup>2</sup>, 6 A/dm<sup>2</sup>, 10 A/dm<sup>2</sup>, 코팅시간을 3분, 5분, 7분으로 변화시켜 진행하였다.

Fig. 4 는 전류밀도와 코팅 시간에 따른 코팅 두께를 나타내고 있다. 실험결과 전류밀도가 높아지고 코팅 시간이 증가할수록 코팅 두께가 두꺼워지는 것을 확인할 수 있었으며 전류밀도가 2 A/dm<sup>2</sup>, 코팅 시간이 3분일 경우 니켈 코팅이 증착되지 않았음을 확인할 수 있었다.

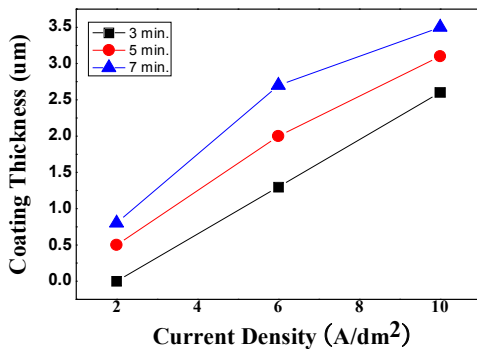
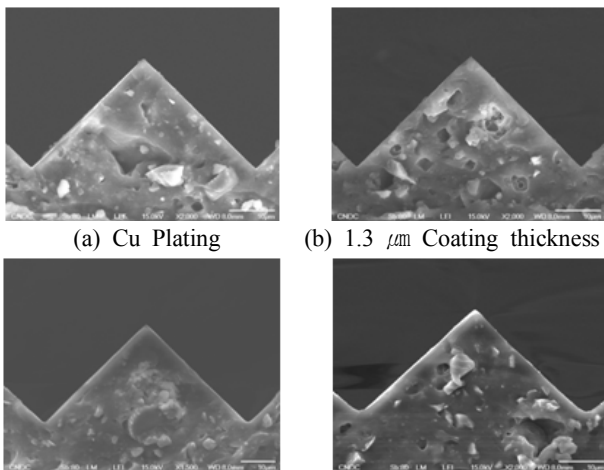


Fig. 4 Coating thickness according to current density and coating time



(a) Cu Plating (b) 1.3  $\mu\text{m}$  Coating thickness (c) 2.0  $\mu\text{m}$  Coating thickness (d) 3.5  $\mu\text{m}$  Coating thickness

Fig. 5 Pattern shape according to Nickel coating thickness

코팅 두께에 따른 패턴 형상을 관찰하기 위해서 실리콘 샘플 채취 후 FE-SEM 분석을 통해 관찰해본 결과를 Fig 5 에 나타내었다. Fig 5(a) 는 니켈코팅 전 동도금 패턴 사진이며 (b)는 전류밀도

가 6 A/dm<sup>2</sup>, 코팅 시간이 3분일 때 두께가 1.3  $\mu\text{m}$ 인 패턴 사진이다. (c) 는 전류밀도 6 A/dm<sup>2</sup>, 코팅시간 5분일 때 두께가 2.0  $\mu\text{m}$ 일 때, (d) 는 전류밀도 10 A/dm<sup>2</sup>, 코팅시간 5분일 때 두께가 3.5  $\mu\text{m}$ 인 패턴 사진이다. 관찰결과 코팅두께가 1.3  $\mu\text{m}$ 일 때의 패턴은 동도금 패턴의 골과 산을 비교해 보았을 때 큰 변화가 없었으며 3.5  $\mu\text{m}$ 의 코팅 두께일 경우 패턴의 산과 골에 미세한 요철 현상이 발생함을 확인할 수 있었다.

#### 4. 결론

롤 금형의 수명향상을 위하여 니켈 코팅 공정 기술 개발을 위한 실험을 수행해보았다. 실험 결과 패턴 가공 후에 초음파 세척과 산세 공정을 통한 세정 공정 추가로 보다 효율적인 니켈 코팅을 진행할 수 있었다. 또한 코팅 공정 조건이 전류밀도 6 A/dm<sup>2</sup>, 코팅 시간이 3분일 때 대략 두께는 1.3  $\mu\text{m}$ 로 균일하게 코팅이 되며 패턴의 요철 현상이 발생하지 않고 패턴현상이 유지됨을 확인할 수 있었다. 또한 니켈 코팅 롤 금형을 실제 생산현장에서 필름 현상으로 검증해본 결과 생산수명이 약 3-4 일로 증가할 수 있었다. 그러나 하부 도금인 동도금의 한계로 니켈 코팅 롤 금형 수명에도 한계가 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해서는 니켈을 직접 물에 도금하여 가공하는 것이 필요하다. 이를 위해서는 니켈 두께 도금 개발 및 니켈 도금 품질 안정화 기술개발에 대한 연구도 필요한 것으로 판단된다.

#### 후기

본 연구는 지식경제부의 전략기술개발사업으로 지원하는 "대면적 미세 가공공정 원천기술 개발" 과제의 지원을 받아 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. 이동윤, 홍상현, 강호철, 최현중, 이석우, "전해니켈도금된 대면적 롤금형 가공시 단결정 다이아몬드공구의 마모에 관한 연구", 대한기계학회논문집 A권, Vol. 33, No. 7, pp. 149-150, 2009.
2. M.G. Fontana, "Corrosion Engineering 3E", McGraw-Hill, pp. 243, 1986.
3. J.E. Williams, C. Davison, "Review of the Capabilities and Properties of Electroless Plated Thin Film Media for Rigid Memory Disks", J. Electrochem. Soc., Vol. 137, pp. 3260-3269, 1990.
4. A. Robertson, U. Erb, G. Palumbo, "Practical applications for electro-deposited nanocrystalline materials", Nanostruct. Mater., Vol. 12, pp. 1035-1040, 1999.