

대면적 롤 금형의 수명향상을 위한 니켈코팅 공정기술 개발

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

*조윤혜¹, 강호철¹, #정윤정¹, 이동윤², 이석우³

*Y.H.Cho¹, H.C.Kang¹, #Y.J.Chung(core@coreoptix.co.kr)¹, D.Y.Lee², S.W.LEE³

¹ (주)코아옵틱스 초정밀기술연구소, ²한국생산기술연구원 융합생산기술연구부, ³한국생산기술연구원 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.¹

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.

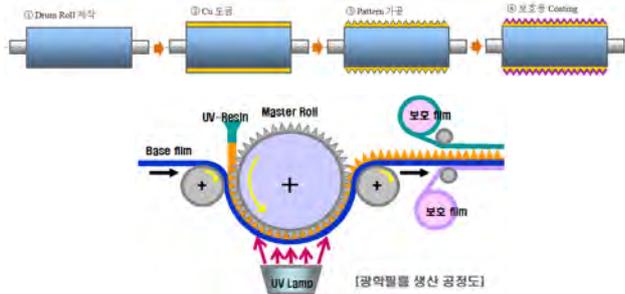


Fig. 1 Roll Mold Process & Optical Film Production Process

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.^{2,4}

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 ²)	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/dm², 6 A/dm², 10 A/dm², 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/dm², 코팅 시간이 3분일 경우 니켈 코팅이 증착되지 않았음을 확인할 수 있었다.

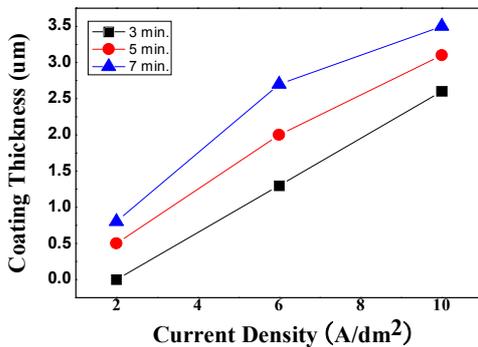
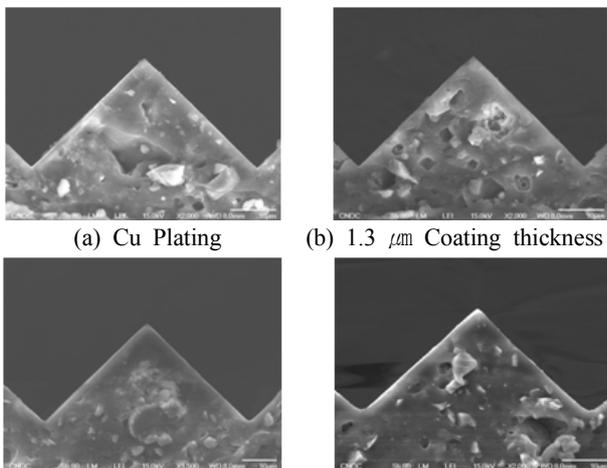


Fig. 4 Coating thickness according to current density and coating time



(a) Cu Plating (b) 1.3 μm Coating thickness (c) 2.0 μm Coating thickness (d) 3.5 μm 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/dm², 코팅 시간이 3분일 때 두께가 1.3 μm 인 패턴 사진이다. (c) 는 전류밀도 6 A/dm², 코팅시간 5분일 때 두께가 2.0 μm 일 때, (d) 는 전류밀도 10 A/dm², 코팅시간 5분일 때 두께가 3.5 μm 인 패턴 사진이다. 관찰결과 코팅두께가 1.3 μm 일 때의 패턴은 동도금 패턴의 골과 산을 비교해 보았을 때 큰 변화가 없었으며 3.5 μm 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/dm², 코팅 시간이 3분일 때 대략 두께는 1.3 μm 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.