

연속성형용 대면적 롤금형의 고경도 니켈 도금 기술 개발 Development of High-hardness Nickel Plating for Continuous Forming of Large Surface Roll Mold

*조혜연¹, 강보석¹, 우정화¹, 이동윤² 이석우³

*Y. H. Cho¹, B.S.Kang(hckang@coreoptix.co.kr)¹, J.H.Woo¹, S.W.LEE²

¹(주)코아옵틱스 연구소, ²한국생산기술연구원 융합생산기술연구부, ³한국생산기술연구원 생산시스템 연구부

Key words : Roll Mold, Nickel Plating, Continuous Forming

1. 서론

대면적 롤 금형은 주로 LCD용 프리즘 필름과 복합필름을 생산하기 위한 생산라인에 장착되는 핵심 금형 부품으로, PET 필름 위에 도포된 UV 경화 레진 층의 표면에 미세패턴이 전사되도록 하는 용도로 사용되고 있다.

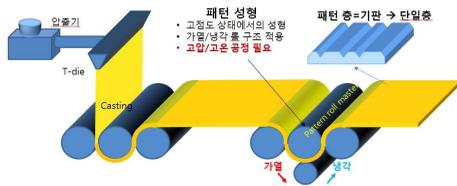


Fig. 1 Continuous Direct Forming Process

Fig. 1은 롤금형을 이용한 연속성형공정 중 필름이나 플라스틱에 직접적으로 미세패턴을 전사하는 방법으로 UV 방식에 비해서 고온, 고압의 환경속에서 사용되는 직접 연속성형공정 방식을 보여주고 있다. 이때, 롤금형은 일반적으로 가공성이 좋은 동도금을 사용하지만, Roll to roll 생산 공정시 경도가 낮고 산화에 따른 부식 발생, 취급 난해성 등의 이유로 롤 금형의 수명이 0.5일~1일 사용 후 교체하는 방식이었다. 이에 수명 향상을 위하여 크롬, 니켈 등을 코팅하는 방식을 연구하였으나 하부 도금인 동도금의 한계로 롤 금형의 수명에도 한계가 있었음을 확인하였다.¹⁾

니켈 도금된 소재는 다이아몬드공구를 이용한 초정밀가공을 통하여 광학소재 및 기타 초정밀 부품의 가공에 많이 사용되고 있으나, 니켈 자체로서는 가공성이 좋지 않기 때문에 무게 기준으로 11%이상의 인(Phosphorus)을 첨가하여 절삭성을 향상시킨다.²⁾

본 연구에서는 연속성형용 롤금형을 위한 고경도 니켈 도금 공정 기술을 개발하고자 하였으며 도금 조건 변수에 따라 경도 및 인(P) 함유량의 변화를 살펴보았으며 그에 따른 공구마모의 영향에 대해 분석하였다.

2. 실험 장비 및 방법

본 연구에서는 욕의 변화에 따른 인(P)의 함량 및 도금 조직 상태를 관찰하기 위해 황산니켈의 투입량과 pH를 변화시키며 니켈 도금을 진행하였으며 상세한 실험 조건은 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Condition of Ni-P Plate Experiment

Condition			
NiCl ₂ ·6H ₂ O (g/l)	40		
Temperature (°C)	65		
Current Density (A/dm ²)	3		
NiSO ₄ ·6H ₂ O (g/l)	360	400	
	pH (-)		
	1	3	6

도금 조건 변수에 따른 인(P)함유량은 원소분석기 (Energy dispersive X-ray spectroscopy; EDS)를 통해 분석하였다.

도금 후 패턴 가공은 모두 동일한 조건으로 진행하였으며 그 조건은 Table 2에 나타내었다.

Table 2 Condition of Manufacturing

Condition	
Pitch	50 μm
Depth	20 / 7 μm
Cutting Velocity	141.4 m/min.
Cutting Distance	45. 2km

니켈도금의 정도는 Hardness gauge(MH-180, MH社) 장비를 사용하여 측정하였으며 공구마모는 2D형상 측정기(VHX-600, Keyence社)를 이용하여 측정하였다. 가공 시 룰 금형은 미국 Moor사의 Ultra Precision Drum Lathes(Horizontal Lathe)에 Fig. 2와 같이 장착하여 가공을 진행하였다.



Fig. 2 Ultra Precision Drum Lathes

3. 실험결과

Fig 3은 황산니켈의 함유량과 pH의 변화에 따른 인(P) 함유량의 변화를 EDS로 분석한 결과를 나타낸 그래프이다. 황산니켈의 함유량이 증가될 경우 인(P)의 함유량이 증가되었으며 pH가 낮아지면서 인(P)의 함유량이 증가하는 경향을 보이는 것을 확인하였다. 이는 니켈 도금 시 pH가 낮아지면서 촉매역할을 하는 수소이온의 증가하기 때문인 것으로 사료된다.

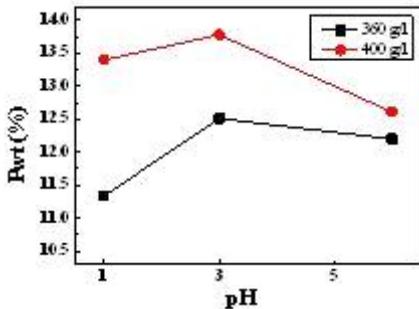


Fig. 3 Phosphorus content according to pH and NiSO4

Fig. 4와 Fig. 5는 황산니켈의 함유량과 pH의 변화에 따른 공구마모도와 경도를 나타낸 그래프이다. 경도가 증가할 경우 공구마모는 감소하였으며 이는 니켈 조직의 인(P) 함유량이 증가하면서 입자구조가 치밀하게 형성되고 이에 따라 공구의 마모는 감소되고 경도는 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

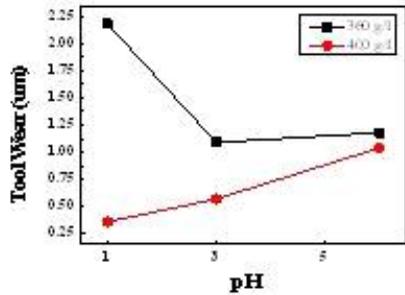


Fig. 4 Tool wear according to pH and NiSO4

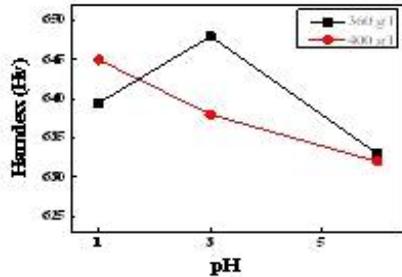


Fig. 5 Hardness according to pH and NiSO4

4. 결론

연속성형용 물금형을 위한 고경도 니켈 도금 공정 기술을 개발하기 위해 황산니켈의 투입량과 pH가 미치는 영향을 알아보았다. 실험 결과 황산니켈의 양이 증가되고 pH가 낮아질수록 경도는 증가되고 공구마모는 감소되었으며 이에 따라 인(P) 함유량이 증가됨을 확인할 수 있었다.

후기

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

참고문헌

1. Y.H.Cho, H.C.Kang, Y.J.Chung, D.Y.Lee, S.W.Lee, "Development of the Nickel Coating Process Technology for Improving Life of Large Surface Roll Molds", KSPE 2010 Spring conference, pp. 633~634.
2. Lee, D. Y, Lee, S. W., "Wear of Single Crystal Diamond(SCD) Tools in Ultra Precision Turning of Electro-Nickel Plated Drum," Trans. of the KSME A, Vol. 33, No. 7, pp. 621-628, 2009.