

LCD 프리즘필름 제작을 위한 대면적 롤금형의 니켈도금기술개발

A Development of Nickel Plating Technology on Large Surface Roll Molds for making LCD Prism-Film

*우정화¹, #강보석¹, 조윤혜¹

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

¹ ㈜코아옵틱스 초정밀연구소

Key words : Master Roll mold, Nickel Plating, Tool wear, Diamond tool

1. 서론

복합 및 프리즘필름 제조를 위한 대면적 미세패턴 롤 금형가공은 품질 균일도가 저하되거나 가공 중, 공구의 교체가 난해하므로 가공의 장시간화에 따라 다양한 조건 및 제약이 발생한다. 따라서, 수 μm 이하의 미세패턴을 대면적으로 가공하기 위해 소요되는 시간 및 조건을 충족시키기 위하여 철 소재로 제작된 마스터롤 금형에 피삭재로서 미세패턴 형상의 가공이 용이한 동(Cu) 도금을 한 후 다이아몬드공구를 사용하여 초정밀 미세패턴 가공을 진행하여 왔다. 그러나 동(Cu)도금의 특성상 대기 중의 산화반응에 따른 부식 및 Scratch 발생, 낮은 경도 및 취금의 난해성으로 사용 주기가 0.5 ~ 1 일 사용 한 후 교체를 하는 방식이었다.¹

이에 마스터 롤 금형의 장수명화 및 미세패턴가공을 위하여 초정밀 가공 분야에 많이 사용되고 있는 니켈(Ni)소재를 마스터롤의 피삭재로서 사용한다. 그러나 니켈(Ni) 자체로서는 가공성이 좋지 않기 때문에, 니켈(Ni) 도금시 인(P)을 11% 이상 첨가하여 절삭성을 향상시켰다. 인(P) 함량은 증가할수록 비정질상태의 도금층이 형성되기 때문에 가공이 부드럽고 다이아몬드 팁의 마모가 저하되어 미세패턴 가공을 위한 최적의 재료로 평가받고 있다.²

본 논문에서는 니켈(Ni)도금의 절삭 가공성을 향상시켜주는 인(P)의 함량확보를 위한 니켈도금 실험을 연구하고자 한다.

2. 실험방법

3.1 니켈도금조건에 따른 실험

본 연구에서는 니켈도금의 조건 중 전류밀도와

pH를 변화시켜가면서 인(P) 함량과 패턴 가공 후 공구마모를 측정하였다. 인(P) 함량은 니켈 도금 후 니켈 chip을 수거하여 원소분석기 (Energy dispersive x-ray spectroscopy; EDS)를 통해 분석하였으며 Table 1은 니켈도금 실험 조건을 나타내었다.

Table 1 Condition of Ni-P Plating

Condition \ No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
pH	0.5		1			1.5			
Current density (A/dm ²)	3	5	7	3	5	7	3	5	7

3.3 니켈도금된 롤금형의 가공조건

니켈도금 후 패턴가공은 외관 품질 결과가 양호한 롤 금형에 한하여 동일한 가공조건으로 진행하였으며 Table 2는 가공실험 조건을 나타내었다.

Table 2 Machining Condition

Condition	
Pattern Distance	800 mm
Pitch	50 μm
Depth	28 μm
Cutting Velocity	94.2 m/min
Cutting Distance	30 km

패턴 가공 후 사용된 다이아몬드의 공구마모와 패턴 롤금형을 사용하여 생산된 프리즘필름 형상은 3D Digital Microscope (VK-9500, Keyence社)를 사용하여 배율 3,000에서 측정하였다.

패턴 가공 실험 시 롤금형은 미국 Moor社의 Ultra Precision Drum Lathes(Horizontallathe)에 Fig. 1과 같이 장착하여 가공을 진행하였다.



Fig. 1 Ultra Precision Drum Lathes

3. 실험 결과

Fig. 2은 니켈도금조건에 따른 인(P) 함량 분석 결과를 나타낸 그래프이다. pH와 전류밀도가 낮아 질수록 인(P) 함량이 증가하는 경향을 보였다. 이는 pH가 낮아지면서 촉매 역할을 하는 수소이온이 증가하고, 전류밀도가 감소하면서 도금층 내부의 잔류응력발생이 감소하기 때문으로 확인되었다.³

그러나 Test 7(pH:1.5, C.D.:3 A/dm²)일 때 인(P) 함유량이 감소한 것은 낮아진 전류밀도에서 도금액 중 적어진 수소이온의 촉매활동이 원활하지 못한 것으로 사료된다.

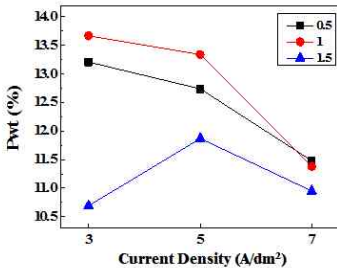


Fig. 2 Phosphorus content according to current density and pH

Table 3 Result of Ni-P Plating

List	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Result		NG	NG	NG	OK	OK	NG	OK	NG	NG
P wt (%)		13.21	12.74	11.48	13.67	13.34	11.38	10.69	11.87	10.95
Tool wear (µm)		/	/	/	0.41	0.45	/	0.73	/	/

Table. 3은 도금조건에 따른 실험결과를 나타낸 표이다. 이때 외관검사가 불량인 니켈도금 롤은 가공특성 분석실험에서 제외하였다. 실험결과 인(P) 함량이 증가 할수록 공구마모가 감소하는 경향을 확인할 수 있다. 이는 인(P)함량이 증가하면서

니켈도금의 절삭성이 향상되고 이에 따라 공구마모가 감소한 것으로 사료된다.

Fig. 3은 Test 4(pH:1, 전류밀도:3 A/dm²)를 사용하여 생산한 프리즘필름의 형상을 나타낸 그림이다. 가공한 니켈도금 롤을 필름 생산하여 테스트한 결과 패턴의 표면 및 형상이 양호한 것을 확인할 수 있었다.

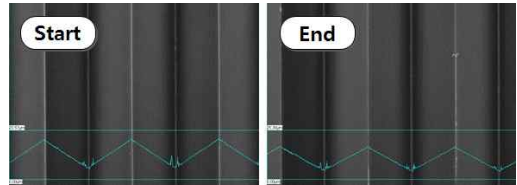


Fig. 3 A manufactured film using Test 4 of Ni plating

4. 결론

본 연구는 대면적 롤금형의 니켈도금개발을 위하여 진행되었다. Test 4일 때 가장 양호한 니켈도금을 확보하였으며, 상기의 니켈도금 롤로 프리즘필름 생산 테스트 결과 패턴의 이형성이 양호한 것을 확인할 수 있었다.

그러나 니켈도금의 가공 난해성으로 인하여 가공속도가 동(Cu)도금 속도 대비 0.3배로 진행하였기 때문에 가공시간대비 생산효율을 증가시키기 위한 도금 및 가공기술의 개선이 필요할 것으로 사료된다.

후기

본 연구는 사업화연계기술개발사업(R&BD)인 “LCD 프리즘필름 제작을 위한 Roll to Roll 미세패턴 초정밀 가공기술” 과제의 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 조윤희, 강호철, 정윤정, 이동윤, 이석우, “대면적 롤금형의 수명향상을 위한 니켈코팅 공정기술 개발” 한국정밀공학회 춘계학술대회, 633-644, 2010
2. 이동윤, 홍상현, 강호철, 최현중, 이석우, “전해니켈도금된 대면적 롤금형 가공시 단결정 다이아몬드공구의 마모에 관한 연구” 대한기계학회 A, 33, 621-628, 2009
3. 박상영, “저응력 Ni-P 두께 전기도금 공정연구” 동의대학교대학원 신소재공학과, 2011