

실험계획법(DOE)을 이용한 ABS 도금의 Peeling 향상을 위한 공정 시간 최적설계

Optimization of Process Time by Peeling of ABS Plating using Design of Experiment

전성욱<sup>a\*</sup>, 우창호<sup>b</sup>

<sup>a\*</sup>한국재료연구소 산업기술지원본부(E-mail:jsu0702@naver.com), <sup>b</sup>대륙금속(주)

**초 록:** 최근 연구에서는 상용 통계분석 프로그램인 Minitab을 사용하여 실험 요소 설계 및 최적 공정조건을 구하는데 많이 이용하고 있다. 본 연구에서는 도금 제품의 Peeling 최적화를 위해 도금 전처리 공정인 에칭 및 화학 니켈 공정 시간을 인자로 설정하였다. 또한 2인자 2수준(2 factor 2 Level)의 직교 배열표를 구성하고 도금 제품의 밀착성을 만족하는 범위 내에서 설계변수에 의한 반응표면법(Response surface analysis)을 사용하여 최적 조건을 설정하였다. 실험 결과, 에칭 및 화학니켈 공정 시간의 주효과도에서 에칭 공정시간이 낮을수록, 화학니켈 공정시간이 높을수록 Peeling 값이 향상된다는 결과를 얻었다. 그리고 최적 조건을 도출하기 위한 방법으로 반응표면 설계법 중의 중심합성법을 사용하여 에칭(10min 15sec) 및 화학니켈(10min 15sec)의 최적 공정 시간을 도출하였다.

1. 서론

도금 공정의 전처리 과정인 에칭 공정은 ABS 표면의 부타디엔(Butadiene)을 용출시켜서 표면에 많은 홀이 생성되어 금속과 결속을 증대함으로써 금속층과 수지층의 밀착력을 상승시키는 효과를 가진다. 일반적으로 중크롬산 또는 황산을 포함하는 에칭액에 플라스틱 소재를 침적하여 표면의 부타디엔(Butadiene)을 용출하는 방법이 널리 이용되고 있다. 그러나 크롬산 또는 황산을 이용하여 플라스틱 표면을 에칭 할 때 최적 시간 설정이 이루어지지 않는다면 과에칭이나 미에칭으로 밀착력의 저하를 가져올 수 있다. 따라서 ABS 도금 수지의 밀착성을 확보하려면 도금 전처리 과정에서 에칭 및 화학니켈 공정시간의 최적화가 필연적으로 진행되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 도금 제품의 밀착성 최적화를 위해 Minitab을 활용하였다. 실험계획법(Design of experiment)중 하나인 완전 요인 배치법(full factorial)을 이용하여 2인자 2수준(2 factor 2 Level)의 직교 배열표(Table of orthogonal arrays)를 구성하고 도금 제품의 밀착성을 만족하는 범위 내에서 설계변수에 의해 반응표면법(Response surface analysis)을 사용하여 최적 조건을 설정하였다. 또한 산출된 해석 결과를 Minitab에서 주효과도(Main effect graph)와 교호작용도(Interaction graph)로 나타내어 밀착성을 만족하는 에칭 공정과 화학니켈 공정의 최적 시간을 도출하였다.

2. 본론

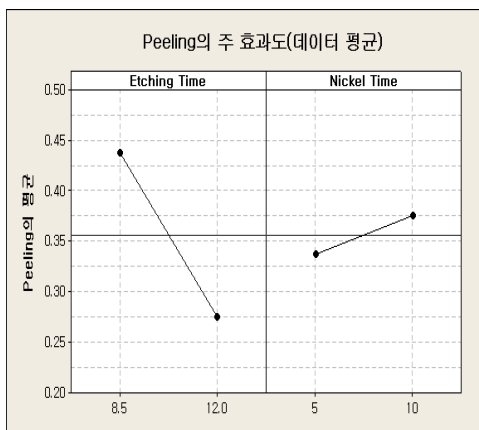


Fig. 1 Main effect plot of peeling

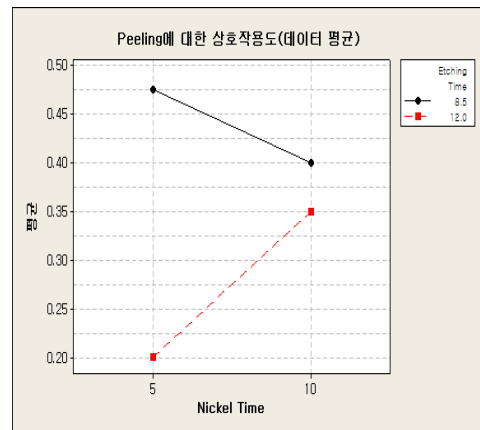


Fig. 2 Interaction effect of peeling

본 연구에서 설정한 주요 설계 인자가 상호 작용의 관계가 있는지, 에칭 및 화학니켈 시간이 도금 제품의 밀착력에 어떤 영향을 미치는지를 파악하기 위해 요인 분석을 행하였다. 이는 중요 설계인자를 도출하고 최적 설계시 고려해야 하지 않

을 인자를 제거함으로써 보다 정밀하고 정확한 최적의 설계 값을 제시하는데 필수조건이라 할 수 있다. 따라서 요인분석 방법의 주효과와 교호 작용 효과를 분석하여 중요 설계인자 및 상호 작용에 대해 분석하였다. Fig.2에서 에칭 시간과 니켈 시간은 서로 상관 관계를 가지고 있으며 Peeling에 미치는 영향이 니켈 시간 요인보다 기울기가 큰 에칭시간이 Peeling에 미치는 영향이 크다는 것을 알 수가 있으며 에칭시간이 니켈 시간보다 Peeling에 많은 영향을 미치는 주요인자라 할 수 있다. 따라서 Peeling의 주효과도는 에칭시간은 낮을수록, 니켈 시간은 높을수록 Peeling 값이 좋아진다고 할 수 있다. 또한 두인자의 상호 작용도에서는 교호작용이 존재하지 않는 것으로 나타났다.(Fig.3)

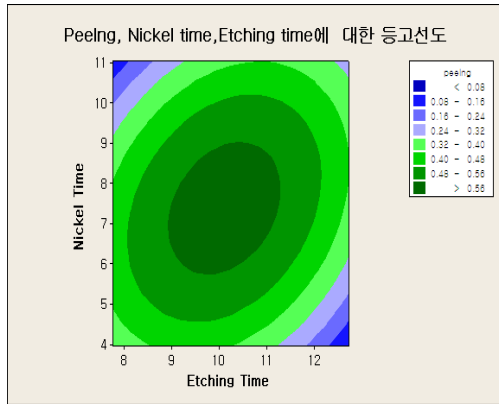


Fig.3 Structural contour map by measurement in experiment.

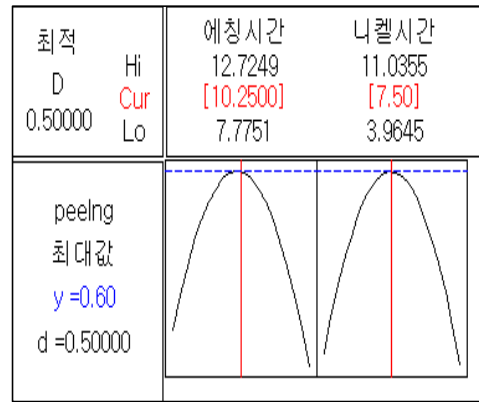


Fig. 4 Optimization tool of peeling Nickel time, etching time.

반응표면분석(response surface analysis)은 요인 배치 실험을 통하여 최적 조건을 찾았을때, 최적 조건 주위에서 입력 변수  $X_1, \dots, X_n$ 가 결과  $y$ 값과 어떤 관계식이 있는지 분석해 주는 방법이다. 반응표면 설계는 최적 반응값에 근사하도록 설계할 수 있다. 추정 최적치의 값주위에서 입력 변수와 반응 값과의 관계가 구해지면 이를 그림으로 명확하게 새로운 최적점을 알 수가 있으며 실험 요인 수준을 가장 좋은 혹은 원하는 반응값이 되도록 하는 장점을 가지고 있다. 본 연구에서는 반응 변수(peeling), 두 개의 변수(time)간의 관계를 파악하여 설정 요인들의 반응값에 어떠한 영향을 미치는지를 알고자 반응 표면 설계를 행하였다. 이 등고선도에서 Peeling에 대한 에칭 공정시간은 9min~11min, 니켈 공정시간은 6min~8min 30sec 가량의 범위에서 Peeling값이 최적화 될 수 있는 구간으로 나타났다.

Fig. 4는 반응 설계법에서 분석한 에칭 및 니켈공정 시간의 최적반응 인자 조건을 나타내는 그래프이다. 등고선도에서 최적 구간 영역, 즉 반응 인자에서 산출된 최적 설계 값을 바탕으로 최종 단계인 반응 최적화 도구를 사용하여 Peeling 최적 인자를 도출하였다. 에칭 공정시간 10min 15sec, 니켈 공정시간 7분 30sec일 때 최적 Peeling값은 0.5kgf/cm이며, 실험에서의 최대값은 0.6kgf/cm 이었다. 최적화된 인자들을 가지고 재현 실험을 수행한 결과, 0.45~0.55kgf/cm이었으며 최적 반응 값에 근사하도록 설계된 Peeling 값과 실제 실험에서 측정된 Peeling 값이 서로 유사하다는 것을 확인할 수 있었다.

### 3. 결론

본 연구에서는 실험계획법을 이용한 도금 제품의 에칭 및 화학 니켈 공정의 공정 시간 최적화를 진행하였으며, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 에칭 및 화학니켈 공정 시간에 영향을 미치는 설계인자에 대한 영향도를 실험계획법 중의 하나인 2인자 2수준법, 반응표면설계를 이용하여 분석하였다.
- 2) 에칭 및 화학니켈 공정 시간의 주효과도에서 에칭 공정시간이 낮을수록, 화학니켈 공정시간이 높을수록 Peeling 값이 향상 된다는 결과를 얻었다
- 3) 공정 시간의 최적값은 반응표면 설계를 사용하여 에칭(10min 15sec) 및 ,화학니켈 (7min 30sec)의 최적 공정 시간을 도출하였다

### 참고문헌

1. 박성현, 현대실험계획법, 민영사, 2007
2. 이승훈, 실험계획 및 분석: 다구찌방법과 직교표의 활용 pp.46, 2004계
3. Gresham, R.M, J. Plating and Surface Finishing,75(1988)
4. Wiley,J., "Polymer Hand Book",Brandrup, New York, 2nd ed.(1975)