

알루미늄 판재의 샌딩조건에 따른 도장특성 평가

윤한기* · 최석인** · 이종호***

*동의대학교 기계공학과

**동의대학교 산업대학원

***동의대학교 대학원

The Characteristics of Painted Coating on Aluminum Sheet by Sending Conditions

Han-Ki Yoon*, Seok-In Choi** and Jong-Ho Lee***

*Mechanical Engineering, Dong-eui University, Busan, Korea

**Graduate School of Industrial, Dong-eui University, Busan, Korea

***Graduate School, Dong-eui University, Busan, Korea

KEY WORDS: Aluminum sheet 알루미늄 판재, Painted coating 도장, Roughness of surface 표면거칠기, Scratch test 스크래치 시험, Sending condition 샌딩조건, Critical scratch load 임계스크래치하중

ABSTRACT: Researchers suggested painted coating characteristics of aluminum sheet by various sending condition. Painted coating is used to protect the surface of the blocks from the interior and exterior. It is also used to enhance the value of automobiles and ship materials. This process makes the materials surface for protection and elegance. Although analysis of the roughness and critical scratch load of painted coating is important, the effects of this material have not progressed much. In this study, the characteristics of painted coating in the other conditions of the polished aluminum sheet were investigated. The results of both various conditions and initial roughness values were almost similar to final values after painted coating.

1. 서 론

자동차 및 선박 등의 구조물에 이용되는 금속제품은 성능도 중요하지만 제품의 외관도 매우 중요하므로 제품의 내·외장 재료로 많이 사용되고 있는 알루미늄 판재의 도장성 문제 해결과 기술개발이 매우 중요하다.

특히, 아연 계 도금 강판은 아연의 희생방식기구에 의하여 부식을 억제하고(문경만 등, 2008), 또한 가격이 싸므로 자동차 선박의 구조물에 널리 사용되고 있다(The Japan Iron and Steel Federation, 2005). 그리고 각종 구조물의 장수명화에 대한 요구가 높아지고 있으므로, 특히 가공된 부분은 도금 및 화학적 처리 피막 손상에 의하여 내식성의 저하가 문제시되고 있다. 그래서 Cr-free 코팅 액에 의한 아연도금강판의, 열처리 온도 및 건조시간에 의한 내식특성 등이 연구되고 있다(서현수 등, 2010). 이중에 도금 및 도장성은 제품의 질과 가치를 높이기 위하여 내·외부의 표면에 도막을 입히는 공정으로 현재 자동차의 생산라인에 응용되고 있으며, 실제 도장은 제품의 마무리 공정 과정이지만 판매에서는 도장상태가 중요한 관건이 되고 있다(Ji, 2003). 특히, 자동차 및 선박의 내·외장 재료로(Kim and Jang, 2005) 많이 사용되고 있는 냉연강판의 표면 거칠기가 도장성에 미치는 영향에 대한 연구(김순경과 전언찬, 1998)와 차체 내부

도장성 향상 기술개발(김상균과 정은영, 2008)등이 보고되고 있다. 최근 자동차 및 선박 등의 구조물 경량화를 위한 알루미늄 판재가 많이 사용하고 있다. 따라서 내부식성을 향상하기 위하여 알루미늄 판재의 도장성과 샌딩조건의 관계 및 표면조도와 도장성 특성에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 알루미늄 판재에 다양한 샌딩조건 변화에 따른 표면조도와 도장성 특성을 조사하기 위하여 도로종류와 작업조건에 따른 도막두께 및 표면조도를 조사 하였다. 이들 재료의 도장성과 부착력을 스크래치 시험을 하여 규명 하였다.

2. 시험편 및 실험방법

2.1 시험편

사용된 시험편은 알루미늄 합금인 Al 6061-T6이며 화학적 성분은 Table 1과 같으며, 기계적 성질은 Table 2와 같다. 시험편의 표면처리조건은 Table 3과 같이하였다. 자동차 및 선박의 알루미늄 판재의 도장 단면은 Fig. 1과 같이 하지, 중도, 상도의 작업을 하였다. 사용한 하지도료 Putty는 PPG KOREA 제품으로 ROYAL Q PUTTY NPR-600을 사용하였으며, 경화제는 RPH-115(TUBE)를 사용하였다. 중도도료인 Primer Surfacer는 DUPONT 제품인 131SR을 사용하였다. 상도도료 중 Base

Table 1 Chemical compositions of Al 6061-T6 alloy (wt.%)

Elem. Spec.	Si	Fe	Cu	Mn	Al
Al 6061-T6	0.4~0.8	0.35	0.15~0.4	0.15	Bal.

Table 2 Mechanical properties of Al 6061-T6 alloy

Pro. Spec.	Yield strength [Mpa]	Tensile strength [Mpa]	Elongation [%]	Shearing strength [Mpa]	Fatigue strength [Mpa]
Al 6061-T6	220	245	12	155	70

Table 3 Specimens number of aluminum sheet abrade conditions

Specimens number	Aluminum sheet abrade	Sending condition
No.1	80 → 120	Sequential polishing
No.2	80 → 120 → 180	
No.3	80 → 120 → 180 → 240	
No.4	80 → 120 → 180 → 240 → 400	
No.5	80 → 120 → 180 → 240 → 400 → 600	
No.6	80 → 180	Skip the middle step polishing
No.7	80 → 240	
No.8	80 → 400	
No.9	80 → 600	Voluntary polishing
No.10	120 → 180	
No.11	120 → 240	
No.12	180 → 400	
No.13	240 → 600	

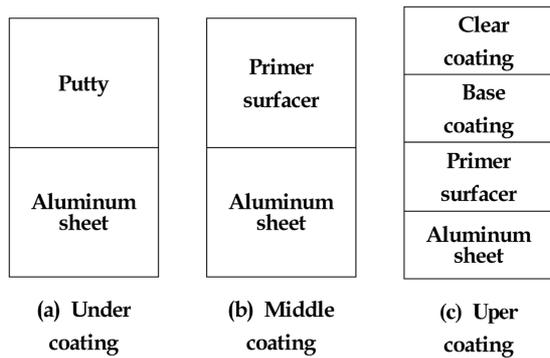


Fig. 1 Section shapes of specimens

Coating은 PPG DELTRON D-771(MEDIUM SILVER)을 사용하고, Clear Coating은 HIQ MASTER CLEAR 8FP-19308, 경화제는 표준형인 CCH-108을 사용하였다. 그리고 희석용 용제는 PPG KOREA RLT-808을 공통으로 사용하였다.

2.2 도장 작업 조건

도장 작업에서 하지용 도료 Putty 및 중도용 도료 Primer

Table 4 Coating conditions of paint kinds

Conditions Kinds of spray gun	Kinds of paint	Pattern width (cycle)	Air pressure (bar)	Spray volume (time)
SATA jet90	Putty	1 3/4~2 1/2	1~2	5
SATA jet90	Primer surfacer	1 3/4~2 1/2	1~2	4
DEVILBISS GTi	Base coating	2 1/2~2 3/4	2~3	3
DEVILBISS GTi	Clear coating	2 1/2~2 3/4	2~3	3

Surfacer 도장은 SATA jet 90, 상도용 도료 Base coating 및 Clear coating 도장은 DEVILBISS GTi Spray gun을 사용하였다.

실험에 적용한 도장 조건은 하지, 중도, 상도 도료의 양을 스프레이건에서 조정하였으며, 정확한 실험을 위해 각 파트별로 구분되는 시편들을 한꺼번에 스프레이 하였다. 이때 작업 조건은 Table 4와 같다.

2.3 스크래치 시험

코팅이 완료된 후에도 안정화될 때까지 계면에서의 확산, 계면반응 및 계면구조의 변화가 계속 진행되므로 코팅후처리 역시 계면접합특성에 영향을 미치므로 일반적으로 전단응력을 통해 계면접합특성을 평가하는 시험법과 철풀에 하중을 주어 박막 표면을 긁어 박막이 모재로부터 분리된 순간의 응력을 측정한다. 이때 박막의 분리는 압입응력, 마찰력, 잔류응력의 복합적인 작용에 의해 발생하므로 이러한 응력 및 모재의 성질, 압입자의 반경, 마찰력 등을 고려하여 전단응력을 계산할 수 있다. Fig. 2는 마찰력을 측정하기 위한 스크래치 시험의 원리이며, 다이아몬드 압자(Rockwell C cone)를 통하여 시편에 수직하중(일정하중이나 또는 일정속도로 증가하는 하중)을 가하면서 일정속도로 시편을 당기면서 어떤 특정한 파손이 일어나는 수직하중인 임계 스크래치 하중(Critical scratch load, LCN)을 측정하

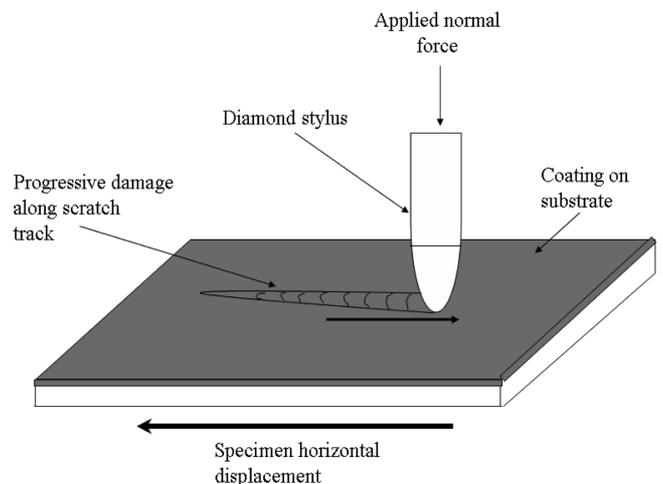


Fig. 2 Schematic of test method

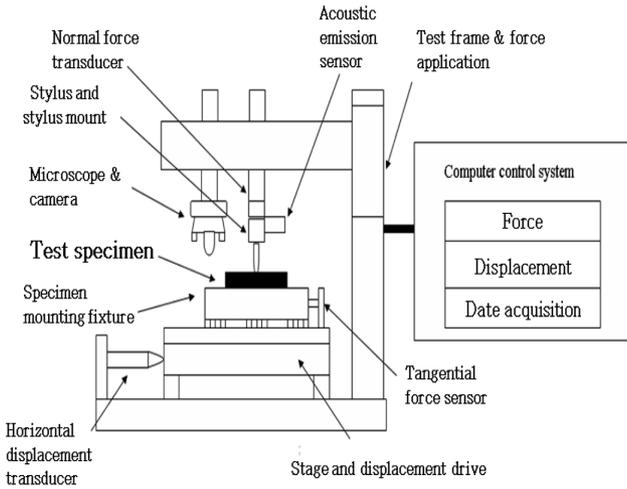


Fig. 3 Diagram of scratch tester

여 피막(Coating)층의 접착력을 측정하는 시험이다(박병훈, 2007).

스크래치 시험기는 ASTM C_1624_0을 사용하였으며, 시험기의 모식도는 Fig. 3과 같다. 피막 층의 파손은 광학 또는 전자현미경을 가지고 측정한다. 접선 하중이나 AE 신호등은 피막 층의 손상 정도가 바뀌는 점을 측정하는 부가적인 시험 데이터로 활용한다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 표면조도와 도막두께의 관계

Fig. 4는 하도(Under coating), 중도(Middle coating), 상도(Upper coating)의 도막두께 측정값을 나타낸 것이며 시험편 번호 1~13번까지의 숫자는 Table 3에서의 시험편 연마 방법에 따른 종류이다. 도장은 Table 4와 같이 패턴 폭, 공기압력, 토출량을 일정하게 하고 같은 시험 군에 있는 시험편들을 같은 조건으로 동시에 도장하였다. 하도(Under coating) 도료인 Putty는 판금 또는 열화 되어 있는 도막이나 상처가 있는 도막을 편평하게 하며, 중도와의 밀착성 향상, 마무리 상태를 향상시키기 위한 도료로 3회 도장한 후의 측정값이다.

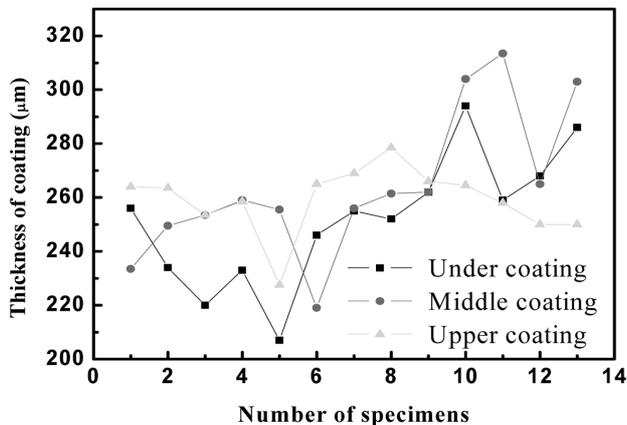


Fig. 4 Thickness of coating of number of specimens

중도(Middle coating) 도료인 Primer surfacer는 상도도장을 위한 표면조정, 도막 층간의 부착성 향상, 연마에 의해 노출된 강판에 대한 방청성을 부여하기 위한 도료로 3회 도장한 후의 측정값이다. 상도(Upper coating) 도료는 착색도료이며 2 Coating 방식으로 Base coat인 Metallic을 먼저 3회 도포하고, Metallic 도막 위에 Clear coating를 2회 도포하여 마무리한 후의 측정값이다.

Fig. 4에서 하도(Under coating)의 도막두께 측정값을 확인한 결과 순차 연마에서는 알루미늄 판재의 연마 공정이 추가 될수록 도막두께의 수치는 낮아지고 중간단계 생략 연마에서는 단계를 생략 할수록 도막두께의 수치는 높아지는 것을 확인 할 수 있다. 중도(Middle coating)의 도막두께 측정값을 확인한 결과 순차 연마에서는 알루미늄 판재의 연마 공정이 추가 될수록 도막두께의 수치는 높아지고 중간단계 생략 연마에서는 단계를 생략 할수록 도막두께의 수치는 높아지는 것을 확인 할 수 있다. 상도(Upper coating)의 도막두께 측정값을 확인한 결과 순차 연마에서는 알루미늄 판재의 연마 공정이 추가 될수록 도막 두께의 수치는 낮아지고 중간단계 생략 연마에서는 단계를 생략 할수록 도막두께의 수치는 높아지는 것을 확인 할 수 있다. 하도(Under coating)의 경우 점도가 높고 도료 주성분이 도막 두께를 형성하는 체질안료이므로 도막의 흡착이 생기지 않아 알루미늄 판재의 표면조도 영향을 그대로 받음을 알 수 있다. 중도(Middle coating)는 점도가 낮고 체질안료가 포함되어 있지만 알갱이가 작아 알루미늄 판재의 표면 조도가 불량할 때 흡착으로 인한 도막 두께의 감소로 이해할 수 있다. 상도(Upper coating)가 하도(Under coating)와 같은 현상을 보이는 이유는 상도(Upper coating) 도장 전에 Primer surfacer의 연마로 도막의 평탄화가 이루어져 알루미늄 판재의 표면조도 영향을 그대로 받는다는 것을 알 수 있다.

3.2 도장 조건에 따른 표면조도의 영향

Fig. 5는 중도(Middle coating)의 표면조도 측정값을 나타낸 것이며, 중도(Middle coating)의 표면조도 측정값을 확인한 결과 순차 연마에서는 알루미늄 판재의 연마 공정이 추가 될수록

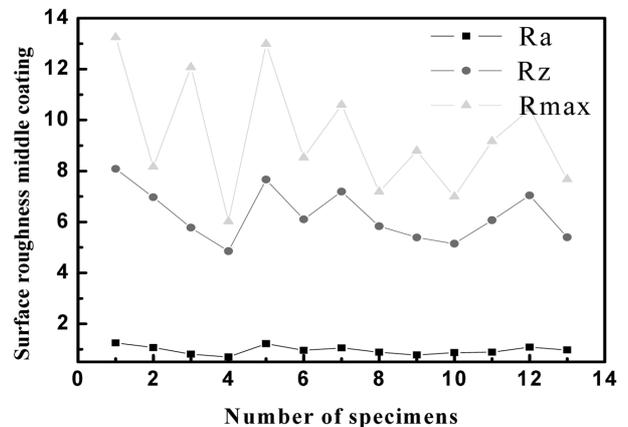


Fig. 5 Surface roughness of middle coating results of surface toughness test

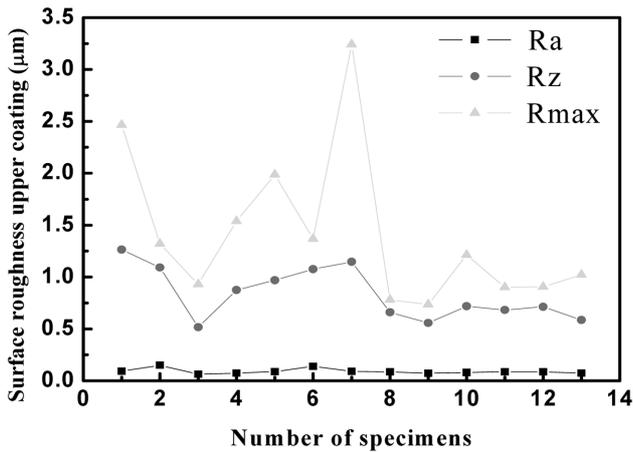


Fig. 6 Surface roughness of upper coating results of surface toughness test

중간단계 생략 연마에서는 단계를 생략 할수록 표면조도의 수치는 대체로 낮아지는 것을 확인 할 수 있다.

표면조도 Ra와 Rz 값은 전체 도막 두께에 비해 수치가 낮고 편차가 크지 않으므로 알루미늄 판재의 표면조도가 중도의 표면조도에 큰 영향을 미치지 못하는 것을 알 수 있다. Rmax 값은 굽힘 등의 영향을 많이 받으므로 중도의 평균 거칠기 값을 논할 수는 없지만 도장불량의 가능성은 높아진다.

3.3 도장조건에 따른 스크래치특성

Table 5는 시험편 No.1의 마찰계수와 수직하중의 관계를 표시하였고, 임계 스크래치 하중(L_{cn})은 수직 직선으로 표시 하였다. 이때 스크래치 시험 값은 Progressive load test mode에서 5.15mm/min의 일정한 속도로 0.9~30N까지 하중을 변화시키면서 길이 5mm에서 측정된 스크래치 시험결과의 이미지를 Fig. 7

Table 5 Relations between scratch load and friction in the specimen number 1

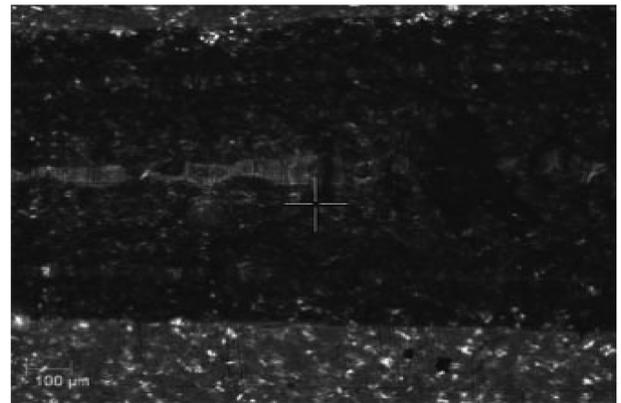
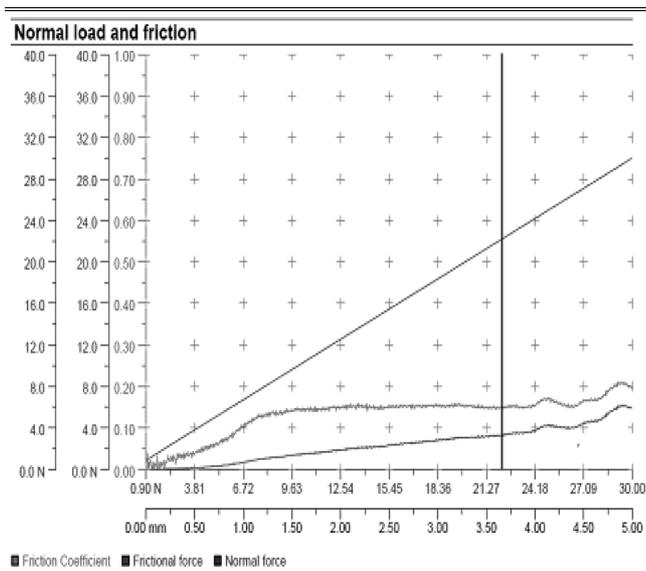


Fig. 7 Spalling specimen number 1 of applied 22.21 N force

Table 6 Results of critical scratch load value (Crn) in scratch test

No.	1	2	3	4	5	6	7
Crn.	22.4	14.4	11.4	13.4	12.6	13.9	13.8

No.	8	9	10	11	12	13
Crn.	14.6	13.4	12.4	11.7	12.3	20.2

에 나타내었다. 시험편 No. 1의 측정값으로 피막층이 박리될 때의 임계 스크래치 하중(L_{cn})이 22.21N이며, 시험편 No. 2의 측정값으로 피막층이 박리될 때의 임계 스크래치 하중(L_{cn})은 14.84N이었다. 동일한 방법으로 시험편 No.13까지의 임계스크래치하중(L_{cn})을 구하여 평균값을 정리한 것을 Table 6에 표시하였다. 그리고 이 평균값을 Fig. 8에 나타내었다.

이결과 알루미늄 판재의 연마 공정에서 사용한 연마지의 거칠기 값이 높아질수록 임계 스크래치 하중(L_{cn}) 값도 높아져 박리가 잘 되지 않음을 알 수 있다. 구체적으로 연마단계에서 연마지를 순차적으로 사용한 경우(No.1~5)와 순차적으로 사용하지 않고 중간 연마단계를 1단계씩 추가로 생략 후 사용한 경우(No.6~10) 두 시험 군 모두 처음 사용한 연마지의 거칠기 값이 같다면 후에 사용하는 연마지의 거칠기 값이 낮아질수록 임계

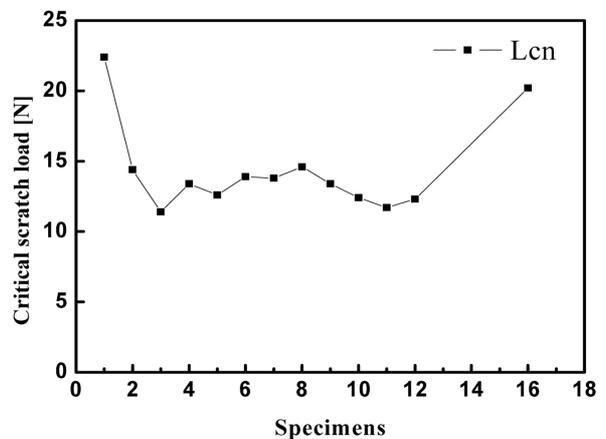


Fig. 8 Results of scratch test in critical scratch load

스크래치 하중(L_{cr}) 값도 낮아진다. 그러나 마무리 연마에서 #400 연마지 사용 시(No.7~13)는 예외적으로 임계 스크래치 하중(L_{cr}) 값이 높아지는 공통점이 나타났다.

4. 결 론

알루미늄 판재에 다양한 샌딩조건 변화에 따른 표면조도와 도장성 특성을 조사하기 위하여 도로종류와 작업조건에 따른 도막두께 및 표면조도를 조사 하였다. 이들 재료의 도장성과 부착력을 스크래치 시험을 하여 규명한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 최종 도장이 끝난 후 도막두께는 연마 공정에서 만들어지는 알루미늄 판재의 표면조도 영향을 받으며, 상도(Upper coating) 도장 전에 중도도장 Primer surfacer의 연마로 도막의 평탄화를 이루는 것이 중요하다.

(2) 중도도장과 상도도장의 표면조도는 알루미늄 판재의 표면조도에 거의 영향을 미치지 않는 이유는 중도도장 Primer surfacer에 포함되어 있는 체질 안료의 충전 기능이 우수하기 때문이다.

(3) 연마 공정에서 사용한 연마지의 거칠기 값이 높아질수록 임계 스크래치 하중(L_{cr}) 값도 높아져 박리가 잘되지 않는다.

(4) 알루미늄 판재의 도장성은 연마 단계에서 연마지를 순차적으로 사용하고 최후 #400 연마지로 마무리를 할 때 가장 우수한 도장성을 얻었다.

후 기

이 논문은 2009년도 동의대학교 교내 연구비의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2009-AA154).

참 고 문 헌

- 김상균, 정은영 (2008). "차체 내부 도장성 향상기술개발", 한국자동차공학회 추계학술대회, pp 200-205.
- 김순경, 전언찬 (1998). "자동차용 강판의 표면거칠기가 도장성에 미치는 영향에 관한연구", 대한기계학회 논문집A권, 제22권, 제7호, pp 1326-1335.
- 문경만, 이규환, 조황래, 이명훈, 김윤해, 김진경 (2008). "희생양극의 수명에 미치는 인접강과일의 음극방식영향", 한국해양공학회지, 제22권, 제3호, pp 76-81.
- 박병훈 (2007). "자동차용 SGARC35 강판의 판금도장 조건에 따른 표면조도와 스크래치 특성", 동의대학교 산업대학원 석사학위논문, pp 25-30.
- 서현수, 문희준, 김종순, 안석환, 문창권, 남기우 (2010). "Cr free 코팅액에 의한 아연 도금강판의 열처리온 및 건조시간에 따른 내식특성", 한국해양공학회지, 제24권, 제5호, pp 60-66, pp 67-74.
- Ji, S.J. (2003). Paint Coating on Metal, Human Resources development service of Korea, pp 30-35.
- Kim, S.K. and Jang, S.G. (2005). "A Study on Paint Film of Automobile Refinishing", Paper of Dong-eui institute of technology, p 509.
- The Japan Iron and Steel Federation (2005). Handbook for Zn Coating Steel, pp 100-105.

2011년 1월 11일 원고 접수

2011년 2월 7일 심사 완료

2011년 2월 16일 게재 확정