

# 클리어 도막이 자동차 보수도장 외관특성에 미치는 영향

유 창 배\*

신성대학 자동차계열

## Effect of Clear Coat Film on Appearance Characteristics in Car Refinishing

Changbae You\*

Department of Automotive Engineering, Shinsung University, Chungnam 343-861, Korea

(Received 28 December 2009 / Accepted 30 August 2010)

**Abstract** : In car refinishing, the paint film characteristics of clear coat play an important role in appearance quality. Thus, Primarily in this research, the variance of brightness with the change of the thickness of paint film is investigated. Besides, as changing the thickness of paint film, the correlation between surface leveling(which is one of appearance characteristics) is investigated in this research. Throughout this investigation, we come to know that the increase of clear coat paint film thickness leads the improvement of appearance characteristics within specific range of thickness. Furthermore, the fact that too thick paint film does not increase the brightness or appearance characteristic any more is known. The optimum thickness of clear coat film for the best and appearance characteristics is derived from this research and more efficient way of determining optimum thickness of paint film is found. Particularly, haze value and waviness have more influence on vividness than brightness. Throughout all experiments, the appearance characteristics are much better at painted horizontally than vertically. These results are derived due to the facts that to obtain the same paint film thickness at painted vertically with painted horizontally is difficult and the way of vertical painting is different from horizontal painting. Therefore, the improvement of vertical painting and horizontal painting are required.

**Key words** : Car refinishing(자동차 보수도장), Clear coat(클리어코트), Appearance characteristics(외관특성), Brightness (광택도)

### 1. 서 론

자동차 도장공정은 크게 신차도장과 보수도장으로 나뉘며 하도공정(Primer), 중도공정(Surfacer) 및 상도공정(Top coat)으로 구분된다. 일반적인 신차도장은 자동화 설비 및 장비에 의해 이루어지는 반면, 자동차 보수도장은 수작업에 의존하고 있는 실정이다. 본 연구는 보수도장의 전체공정中 상도도장공정의 투명도료인 클리어코트(Clear coat)에 대해 다루었다.<sup>1)</sup> 클리어코트는 색상도료를 보호하는 동시에 외관에 광택을 부여하기 위해 도장되는 상도용

도료이다. 또한 클리어코트 도막의 광택도 및 경도가 자동차 외관을 결정짓는 중요한 역할을 한다고 알고 있다. 그리고 이 도장외관은 크게 두 가지 형태로 판단하게 되는데 그 중 하나는 반사된 빛의 초점에 대한 상(image)이 얼마나 깨끗하고 명확한가를 확인하는 것이고 다른 하나는 도막표면에서의 상태가 빛의 파장에 따라 어떻게 비춰져 보이는가 하는 것으로 판단하게 된다. 즉, 도장된 면을 통해 반사된 빛의 정도로 나타나는 상의 초점들이 얼마나 정확한가를 그 품질에 대한 평가로 나타낸다.

그 기준으로는 헤이즈(Haze), 광택(Gloss), 선명도(Waviness) 등이며 도막표면 위에서의 초점의 정도

\*Corresponding author, E-mail: cbyou@shinsung.ac.kr

에 따라 오렌지 필(Orange peel)의 정도와 그 표면의 파장들의 파형들로 판단한다. 따라서 본 연구에서는 도장회수의 증가에 따라 클리어코트의 도막두께를 증가시켰을 경우 헤이즈, 광택 그리고 선명도 등의 외관특성을 가시화하고 그 특성을 분석하였다. 또한 클리어코트의 도막두께 변화에 따른 도장작업성(Workability)이나 물성(Property)에 미치는 영향과 이로 인해 발생할 수 있는 도막의 결함까지도 분석하였다. 아울러 도장방법을 수평과 수직으로 구분했을 때의 차이점을 도장현장에서 응용할 수 있도록 조망하고자 한다.

## 2. 실험 장치 및 방법

### 2.1 실험장치

본 연구에서는 Fig. 1과 같이 자동차 보수도장 전체 공정중에서 점선으로 표시된 부분이 상도공정인 2액형 우레탄 클리어코트(2K-PUR Clear Coat)이다. 실험장치에서는 실제 패널을 사용하지 않고 클리어코트의 도장횟수에 따른 도막두께를 정확히 측정하기 위해 자동차용 강철시험편[Steel Sheet Test Sample, W(100mm)×L(3000mm)×T(0.8mm)]을 준비, 실험을 실시하였다.

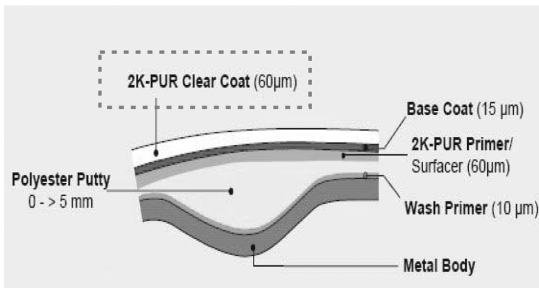


Fig. 1 Schematic of repaint painting process

### 2.2 실험장치

본 연구에서는 도장횟수별로 증가하는 클리어코트의 도막두께에 따른 경도 및 광택 등의 외관특성을 확인하기 위해 Fig. 2의 실험장치를 구성하였다. 본 실험장치는 외부와의 먼지, 소음 및 온도, 습도 그리고 풍속 및 외부적인 영향을 최소화하기 위해 Spray Booth를 사용하였고 도료를 분사할 때 발생하

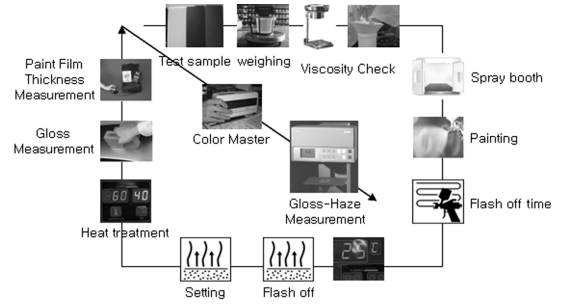


Fig. 2 Schematic diagram of experimental painting systems

는 각종 VOC는 필터를 통해 외부로 배출시켰다. 또한 도료 분무기인 Spray Gun은 Gravity type을 사용하여 도착효율을 높였고 또한 일정한 에어압력으로 실험하기 위해 디지털압력게이지가 건 몸체에 장착된 스프레이 건을 사용하였다. 이렇게 도장된 클리어코트 도막두께를 측정하기 위해 레이저로 도막두께를 측정하는 도막두께측정기(Film Thickness Gauge)를 사용하였고 이 클리어코트 도막의 전체적인 외관특성을 측정하기 위해 선명도 광택도계(PGD Meter Wave Scan)를 사용하였다.

### 2.3 실험방법

클리어코트(Clear Coat)의 일정한 도막두께를 얻기 위하여 Table 1과 같은 실험조건에서 실험을 수행하였다. 아래와 같은 실험조건은 실제로 산업현장에서의 작업조건과 가장 근접하게 하기 위해서 선정하였다. 스프레이 분사압력은 2.0bar로 정확성을 위해 디지털 압력게이지를 이용하여 일정한 압력하에 실험이 되도록 하였다.<sup>4)</sup>

분무실내의 온도는 21.72 (°C), 습도는 64(%)를 유지하였고 부스 내의 풍속(Velocity of Wind, m/s)은 에어스프레이건을 사용할 때 0.7m/s로 유지하였다. 실험에 사용한 도료는 2K PUR Clear Coat로 2액형 아크릴 우레탄 클리어코트를 사용하였다.<sup>2,3)</sup>

스프레이 건의 노즐 사이즈는 1.3mm의 것을 사용하여 도료의 미립화를 향상시켰고 분무기의 운행속도를 50cm/sec 정도로 일정하게 조절하여 실험하였다. Fig. 2는 테스트 샘플을 준비하여 도장과정을 거쳐 클리어코트의 도막두께를 비롯한 외관특성을 측정하는데 필요한 전체 과정을 도시한 그림이다.

Table 1 Experimental conditions

Temperature	21.72 (°C)
Humidity	63.56 (%)
Velocity of wind	0.7 (m/s)
Viscosity of clear coat	15.4 (sec)
Test paint	2K PUR Clear Coat
Spray gun type	Gravity Type
Nozzle size	1.3 (mm)
Heat treatment temperature	60°C×30min
Steel sheet test sample for automobile	W(100mm)×L(3000mm)×T(0.8mm)
Air pressure	2.0 bar

실험은 우선, 일정한 클리어코트의 도막을 확보하기 위해 온도와 습도를 유지한 후 시험편을 깨끗하게 세정제를 이용하여 세정한다. 시험편은 하도(Primer), 중도(Surfacer) 및 상도(Top coat) 베이스코트(Base coat)까지를 도장한 시편을 준비한다. 베이스코트까지 도장된 시험편을 도막두께측정기를 사용하여 전체 도막의 평균두께를 측정하여 기록해 둔다. 그런 다음 준비된 2액형 우레탄 도료를 주제와 경화제를 일정 비율대로 혼합한 다음 도료의 점도를 체크한다. 시험편을 가로, 세로로 일정한 간격을 유지하여 양면 테이프로 고정된 다음 준비된 도료를 이용해 전체 시험편에 대해 1회 도장을 실시한다. 도장방법은 두 가지로 하였다. 한가지는 수평도장방법이며 또다른 방법은 수직도장방법으로 도장을 수행하였다. 1회 도장을 실시하고 나서 곧바로 2회 도장을 하기 전에 플래쉬 오프 타임(Flash off time)을 적용하여 용제가 증발할 수 있는 여유시간을 적용하여 도막에 지축건조가 발생할 때까지 방지한다. 클리어코트가 한번 도장된 시험편을 다른 세팅룸(setting room)에 따로 옮겨놓는다.<sup>9)</sup> 나머지 시험편에 대해 다시 클리어코트를 1회 도장하면 이 시험편에는 클리어코트가 2회 도장된 도막이 형성된다. 이렇게 도장간 플래쉬타임을 충분히 적용하면서 도장회수별 클리어코트의 도막두께를 증가시키는 방법으로 실험을 수행하였다. 도장작업이 완료되면 전체시험편에 대해 세팅타임을 적용한 후 표준열처리(60°C×30min)를 한다. 그리고 열처리가 끝난 시험편을 각각 도막두께측정기로 클리어코트도막을 측정하여 데이터를 기록한다. 그리고 나서 각 시험

편별 클리어코트의 도막두께 변화에 따른 광택도 및 선명도 값을 측정, 서로 비교하였으며 주어진 6가지 컬러(black, white, red, green, yellow, blue)별로 도그 값을 서로 비교하여 그 상관관계를 실험하였다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

#### 3.1 클리어 도막과 광택도(horizontal 20°, 60°)와의 상관관계

클리어 코트 도막이 광택도(20°, 60°광택)에 미치는 영향을 측정하여 수직과 수평도장 방법에 대한 차이를 Fig. 3(horizontal 20°)과 Fig. 4(horizontal 60°)에 나타내었다. 클리어코트 도막두께가 증가하면 할수록 광택도(Brightness)역시 계속적인 증가를 보일 것으로 판단했지만 결과는 클리어코트 도막이 어느 정도까지는 두께 증가에 따라 광택도가 증가하다가 일정 영역을 지나면서 그 증가폭이 둔화되면서 심지어는 감소하는 것을 알 수 있었다. 도장방법의 차이에 있어서의 결과는 수평상태의 광택도가 수직상태의 광택도에 비해 전반적으로 양호한 결과를 나타내었다. 이러한 결과는 클리어코트 도막두께가 광택도(horizontal 20°, 60° 광택)에 영향을 미치는 것으로 판단된다.<sup>7)</sup>

또한, 수직도장 방법에 있어서도 수평도장과 마찬가지로의 결과를 나타내었다. 컬러별로는 white, red, yellow, green, blue 및 black의 순으로 나타나 컬러의 종류에 따른 영향은 그렇게 크지 않은 것을 알 수 있으며 이 결과로 인해 수직상태나 수평상태에

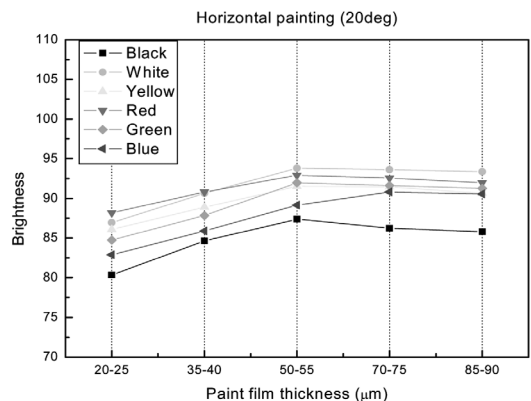


Fig. 3 Interrelation of brightness and paint film thickness of c/c (horizontal 20°)

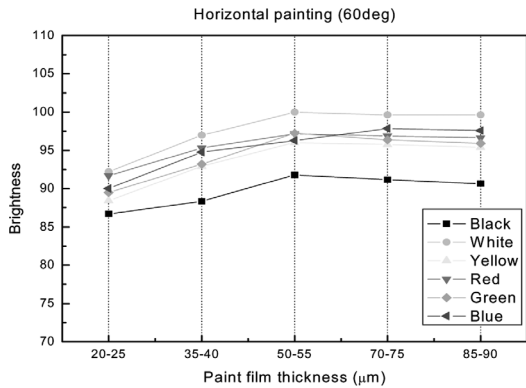


Fig. 4 Interrelation of brightness and paint film thickness of c/c (horizontal 60°)

관계없이 클리어코트 도막두께가 광택에 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.<sup>5,6)</sup>

### 3.2 클리어 도막과 헤이즈와의 상관관계

클리어코트의 도막과 광택도와의 상관관계는 앞서 언급했듯이 광택측정기의 센서에 감각되어지는 빛의 양으로 그 정도를 판단하게 된다. 이번에는 광택측정기 센서 주변으로 퍼지는 빛들에 대한 헤이즈 값들과의 상관관계를 도막두께범위별로 Fig. 5와 Fig. 6에 나타내었다. 클리어코트의 도막두께 변화에 따른 헤이즈 값의 변화를 보면 두께 영역이 낮을 수록 헤이즈 값이 높아진다는 것을 알 수 있다. 즉, 표시되어 있지 않았지만 그 이하의 두께 영역에서는 더 낮은 헤이즈 값을 나타낼 것이라는 것을 충분히 유추해 낼 수 있다. 광택도와는 달리 클리어코트의 도막 두께가 증가함에 따라 헤이즈의 값은 낮아지고 있다는 것을 한 눈에 볼 수 있다. 따라서 클리어코트의 두께 특성이 헤이즈 값에 미치는 영향이 매우 크다는 것을 알 수 있다. 또한, 수평상태로 적용한 시험편과 수직상태로 적용한 시험편을 서로 비교해 볼 때 두께 영역이 낮아질수록 현저하게 큰 헤이즈 값의 차이를 볼 수 있다. 즉, 두께 영역 20~25 μm의 수평상태(Haze 27~35) 대비 수직상태(Haze 30~36)의 결과는 수평상태에서의 도막 특성이 수직상태의 것보다 더 양호하다는 것을 알 수 있다. 이것은 도막 두께가 급격하게 증가하더라도 헤이즈 값이 현저하게 감소하지 않고 오히려 두꺼운 영역에서는 큰 변화가 없다는 것 또한 알 수 있다.

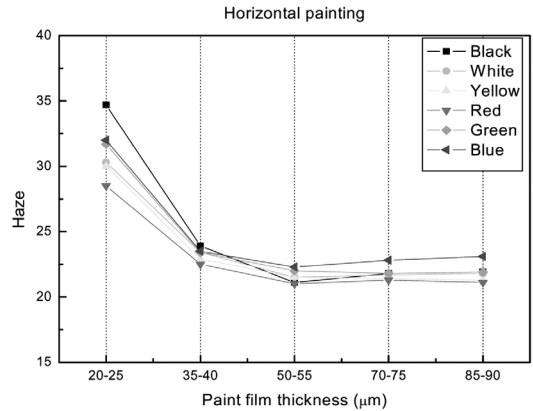


Fig. 5 Interrelation of haze and paint film thickness of c/c (horizontal)

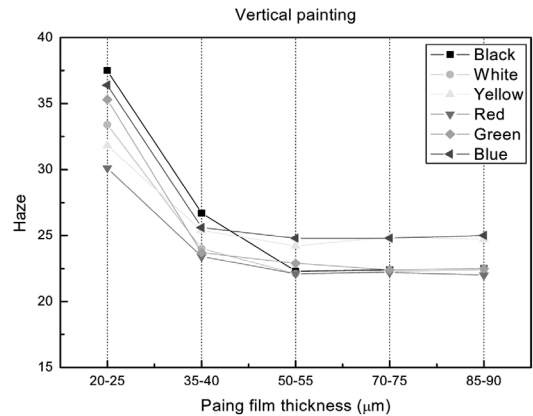


Fig. 6 Interrelation of haze and paint film thickness of c/c (vertical)

### 3.3 클리어 도막과 선명도와의 상관관계

클리어코트 도막 특성과 선명도와의 상관관계를 연구한 결과는 Fig. 7과 Fig. 8에 나타내었다. 선명도는 그 도막 외관이 얼마나 양호한가를 판단하는 기준중 하나로 표면의 평활한 상태에 따라 그 도막의 선명도가 결정된다.

클리어코트 도막두께 특성에 따른 선명도 변화를 살펴보면 도막두께가 낮은 영역 20~25 μm에서의 선명도값이 가장 낮은 것으로 나타났다. 선명도 값이 낮다는 것은 빛의 반사에 의해 나타나는 상(image)의 초점이 흐릿하여 정확하게 문자나 그림을 인식하기 어렵다는 것을 말해준다.

선명도 값역시 두께 영역 50~55 μm에서 가장 높은 선명도 값을 갖는다는 것을 알 수 있다. 또한, 이 두

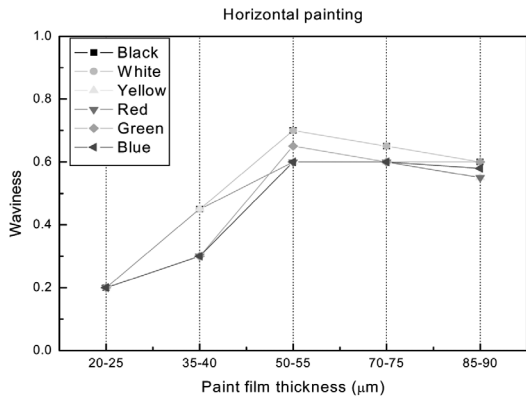


Fig. 7 Interrelation of waviness and paint film thickness of c/c (horizontal)

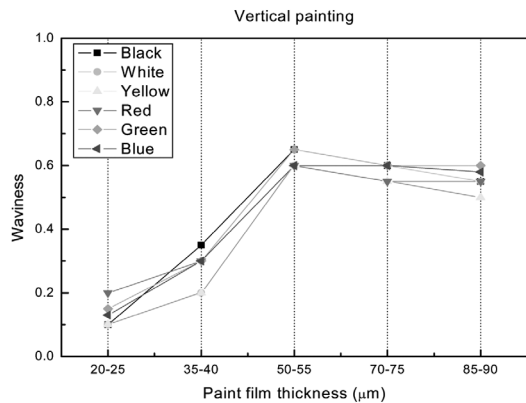


Fig. 8 Interrelation of waviness and paint film thickness of c/c (vertical)

계 영역(50~55 $\mu\text{m}$ )을 넘어 70~75 $\mu\text{m}$  및 85~90 $\mu\text{m}$  영역에서는 선명도 값이 오히려 감소하는 경향을 보인다는 것도 알 수 있다. 그리고 수평상태와 수직상태의 도막두께별 선명도를 비교해 볼 때 수평상태에 비해 수직상태의 선명도가 더 낮게 나타난 것을 알 수 있는데 이것은 도장상태에 따라 선명도가 달라진다는 것과 클리어코트의 적정도막 두께가 선명도에 미치는 영향이 매우 크다는 것을 증명해 준다.<sup>8)</sup>

### 3.4 클리어 도막과 경도와의 상관관계

클리어코트 도막두께와 경도와의 관계를 검토한 결과는 Table 2에 나타내었다. 비교적 도막두께가 얇을수록 경도가 높게 나타났으며 점차적으로 도막두께가 두꺼워짐에 따라 도막경도가 낮게 나타남을

Table 2 Interrelation between paint film thickness of clear coat and degree of hardness<sup>a</sup>

⊙ : excellent, ○ : normality, △ : badness

entry	paint film thickness of clear coat				
	20-25 $\mu\text{m}$	35-40 $\mu\text{m}$	50-55 $\mu\text{m}$ <sup>10)</sup>	70-75 $\mu\text{m}$	85-90 $\mu\text{m}$
2B	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
B	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
HB	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
F	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
H	⊙	⊙	○	△	△
2H	△	△	△	△	△
3H	△	△	△	△	△

<sup>a</sup> Test pencil : MITSUBISHI/UNI, pressure proofed high-density lead.

알 수 있다.

표에서처럼 어느 일정도막 두께(50~55 $\mu\text{m}$ )이상일 경우에는 가벼운 고품에도 쉽게 도막이 손상을 입어 도막경도에 악영향을 미칠 수 있기 때문이다. 특히, 도막의 두께를 한없이 두껍게 도장하는 것은 도장작업적인 측면과 도료적인 측면, 도막결합적인 측면 그리고 비용적인 측면까지 고려해 볼 때 비효율적이라 할 수 있다.

그러므로 일정한 도막두께를 형성하는 것이야말로 가장 좋은 외관품질을 만드는 효율적인 방법이라 할 수 있을 것이다.

## 4. 결론

본 연구에서는 클리어코트의 도막두께가 자동차 보수도장의 외관특성에 미치는 영향을 광택도, 헤이즈 값, 선명도 및 도막경도 분석을 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 클리어코트 도막두께별 광택도(20°, 60°)를 분석한 결과 어느 일정 도막두께 영역(50~55 $\mu\text{m}$ )까지는 수평 및 수직에서의 광택도(20°, 60°)가 상승곡선을 그리며 향상되는 것을 확인할 수 있었지만 이 영역(50~55 $\mu\text{m}$ ) 이상에서의 광택도는 값이 증가하지 않고 다소 감소하는 경향을 보였다.
- 2) 헤이즈 값에 의한 클리어코트 도막두께 특성은 어느 일정 도막두께 영역(50~55 $\mu\text{m}$ )이하에서는 헤이즈 값이 상승하여 도막의 외관이 탁하고 맑지 않은 것으로 나타났지만 50~55 $\mu\text{m}$  영역에 도달해서는 가장 양호한 외관상태를 나타내었다.

- 3) 선명도 값에 따른 클리어코트의 도막두께 특성은 어느 일정 도막두께 영역(50~55 $\mu$ m)에 도달함에 따라 급격한 상승곡선을 그리다가 이 영역을 넘어서면서부터 하향곡선을 그린다는 것을 볼 때 클리어코트의 적정 도막두께가 자동차 보수도장의 외관특성을 결정하는 중요한 영향 인자라고 판단된다.
- 4) 도장방법에 따른 클리어코트 도막두께 특성을 비교해 본 결과, 수직상태로 도장할 때보다 수평상태로 도장할 때가 보다 양호한 값들을 나타내었다. 따라서 도장방법이 외관특성을 향상시키는 데 미치는 영향이 매우 크다는 것을 알 수 있다.
- 5) 도막경도에 따른 클리어코트 도막두께 특성을 비교한 결과, 클리어코트의 도막두께 영역(50~55 $\mu$ m)이상일 때 도막경도가 급격하게 감소하였다. 이것은 도막경도에 미치는 영향보다 작업시간, 대기시간, 세팅시간 및 여러 번에 걸친 열처리 시간 등의 여러 가지 작업적인 측면에 더 많은 영향을 미치는 것으로 판단된다. 이와 같은 결과로부터, 클리어코트의 적정도막두께가 광택도, 헤이즈(탁함), 선명도 및 경도 등의 자동차 보수도장의 외관특성을 좌우하는데 중요한 영향인자라는 것을 알 수 있었다.

## References

- 1) 新版 nax 自動車補修塗裝 テキスト, 下地處理傳科編, 日本ペイント株式會社, 2000.
- 2) 新版 nax 自動車補修塗裝 テキスト, 塗裝傳科初級編, 日本ペイント株式會社, 2001.
- 3) 新版 nax 自動車補修塗裝 テキスト, 塗裝傳科上級編, 日本ペイント株式會社, 2004.
- 4) M. Y. Lee and M. G. Lee, Technical Training Educational Data Sheet of DPI, 1996.
- 5) S. K. Kim and S. G. Chang, "A Study on the Paint Film of Automobile Refinishing," Dong Eui Institute of Technology, Vol.25, pp.509-516, 1999.
- 6) S. K. Kim, S. G. Chang and S. J. Park, "A Study on the Improvement of Paint Bonding Property for Automobile," Dong Eui Institute of Technology, Vol.27, pp.453-461, 2001.
- 7) E. S. Yang, Practice Technique of Car Painting, Human Resources Development Service of Korea, pp.131-137, 1996.
- 8) BYK Gardner, The BYK - Gardner Instruments Catalog: QC Solutions for Coatings, 2005.
- 9) C. S. Seo, "Theory of Metal Painting," Human Resources Development Service of Korea, pp.125-142, 1996.
- 10) N. C. Sung, Formulas of Car Painting, Kihanjae, pp.151-169, 2005.