

# 금속 재료의 표면처리기술

위명용

충북대학교 공과대학 재료공학과

## On The Surface Treatment Technology of Metals

M. Y. Wey

Dept. of Material Engineering, ChungBuk National University, Cheongju, 361-763 Korea

### 1. 표면처리의 역할과 분류

이전에는 표면처리의 역할이 주로 장식(착색)이나 방식(방청)이었지만, 여러 종류의 처리법이 개발되어 폭 넓은 범위의 역할을 담당하게 됨에 따라, 현재는 모든 재료, 모든 산업분야가 표면처리의 적용 대상으로 되었다.

표면처리의 목적은, ① 내마모성이나 내식성의 부여 등 종래의 소재의 보호나 기능성 향상을 도모하는 일, ② 전기적 특성이나 광학적 특성의 부여 등 종래

의 기재와는 전혀 다른 새로운 기능을 부과시키는 일의 두 가지로 크게 나눌 수 있다. 더 나아가서는 하나의 요구만이 아닌 복수의 요구를 만족시키기 위해 하나의 제품이나 부품에 대해서 수 종류 이상의 표면처리가 복합적으로 조합되어지는 예는 허다하다.

표면처리란, 재료의 표면을 어떠한 방법으로 처리 가공하는 일로서, 그 종류는 방대하다. 여기서는 그 처리법을 표 1과 같이 분류[1]하였지만, 명확하게 분류하기란 대단히 어려워, 전문서에 따라서도 그 분류법이 차이가 있는 것이 현실이다.

표 1. 표면처리의 처리법에 의한 분류와 주된 역할

대분류		처리법		주된 역할
		중분류		
청징	세정	습식세정, 건식세정		유지류의 제거
	제청	침지제청, 브ラスト, 액체호닝, 바렐연마		스케일이나 녹의 제거
연마	기계연마, 화학연마, 전기연마, 화학기계연마			평활 광택화
엿칭	화학엿칭, 전해엿칭, 건식엿칭			표면형상의 창제
숫피닝	중저속 쇼트, 고속 쇼트			내피로성이나 내마모성의 부여, 스케일의 제거
인쇄	요철판인쇄, 평판인쇄, 공판인쇄			표면가식
도장	스프레이도장, 정전도장, 전착도장, 분체도장			내식성부여, 장식
라이닝	수지라이닝, 유리라이닝			내식성이나 내마모성 부여
습식도금	전기 도금, 무전해도금(화학도금)			장식, 내식성이나 내마모성 부여
화성처리	인산염처리, 인산철처리			기초도장, 내식성 부여, 마찰계수의 저감
양극산화	철강에의 양극산화, 비철금속속의 양극산화			내식성이나 내마모성의 부여, 착색
건(기상)도금	물리증착법(PVD), 화학증착법(CVD)			내마모성이나 기능성 부여, 마찰계수의 저감
이온주입	고에너지 주입, 중에너지 주입			전기특성, 내마모성, 내열성등 부여
표면열처리	표면경화, 침탄경화, 질화처리, 침유처리			내마모성이나 내피로성의 부여, 마찰계수의 저감
용융도금	용융 아연도금, 용융 알루미늄도금			내식성 부여
용융처리	알로잉			내마모성, 내식성, 내피로성등 부여
용사	가스식 용사, 전기식 용사			내마모성, 내식성, 내열성등의 부여


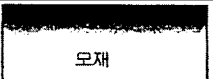
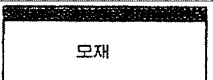
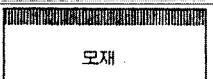

①		표면의 화학조성은 전혀 변하지 않고, 조직 변화에 의해 표면을 개질함 [표면 경화]
②		표면으로부터 타원소가 확산 침투하여 표면을 개질함 [침탄처리, 질화처리]
③		모재와는 다른 물질이 표면을 덮고, 표면을 개질함 [전기도금, 무전해도금, 용사, PVD]
④		표면에서 다른 원소와 화학 반응하여 표면을 개질함 [유화 처리]
⑤		모재와 다른 물질이 표면을 덮고, 또 모재와는 계면에서는 확산 침투하여 표면을 개질함 [용융도금, CVD]

그림 1. 여기서 제시하는 표면처리법과 이들의 개질현상.

대분류의 항목별에 주요한 처리 목적도 함께 표기했는데, 많은 표면처리의 목적은 복수 이상으로 걸쳐 있음을 알 수 있다.

그 이유는, ① 한 가지의 처리로서 복수 이상의 효과가 얻어질 수 있는 것, ② 완전히 같은 표면처리에 있어서도 대상이 되는 제품이나 부품의 사용 방법에 따라 목적이 틀리는 것, ③ 적용하는 기재의 종류에 따라 목적이 틀리는 것, ④ 중분류 이하로 분류되는 처리법에 따라 목적이 틀리는 것 등이 있기 때문이다.

표면처리를 시행한 재료의 표면은, 처리전과는 어떤 형태든 변화가 생기는데, 그 현상은 처리법에 따라 다르다. 그림 1은 여기서 말하는 표면처리에 대해, 처리에 동반하는 재료 표면에 생기는 개질현상을 나타내고 있으나, 또 다른 표면처리 중에는 이 개질현상과는 다른 것도 많이 있다.

①의 현상은 표면의 성질만을 변화시키는 것으로,

예를 들면 고주파 경화의 경우로 표면조성은 변하지 않지만, 금속 가열된 표면만이 경화되어 내마모성을 향상시킨다. ②의 현상은 열확산에 의해 타원소가 표면으로부터 침입해 들어오는 것, 예를 들면 질화처리의 경우는 질소가 확산침투하여 질소농도가 높은 표면만이 경화하여 내마모성이나 내피로성을 향상시킨다. ③의 현상은 표면에 모재와는 전혀 다른 표면처리층을 형성하는 것으로서, 예를 들면 금도금의 경우는 금이 모재표면을 덮어 장식되고, 게다가 내식성이 향상된다. ④의 현상은 표면에서 모재의 구성원소와는 다른 원소와 화학반응하는 것, 예를 들면 황화처리의 경우는 철과 황의 반응물질인 황화물이 생성되어 섹동특성이 향상된다. 그리고 표면처리층과 모재와의 계면에서 확산현상을 일으키는 경우가 ⑤로서, 예를 들면 연강에 용융아연도금을 한 경우는, 최표면은 아연이지만, 계면에는 아연과 철의 합금층이 형성되어 내식성이 향상된다.

## 2. 표면처리를 채용할 때의 유의할 점

그림 2에 표면처리의 채용형태와 표면처리의 채용에 의해 얻어질 수 있는 효과를 나타냈다. 표면처리를 채용하는 경우, 기존의 제품이나 부품에 단순히 추가채용할 수 있는 것도 많지만, 제품이나 부품에 구성하고 있는 재료를 변경해야 하는 것, 치수나 형상을 변경해야 하는 것, 전 열처리나 후 열처리를 부가시켜야 하는 것, 등 표면처리의 채용형태는 여러 가지다. 다시 말하면, 표면처리를 채용하여 요구되는 특성을 충분히 발휘시키기 위해서는, 제품이나 부품의 설계단계로부터 유의해야만 하는 일이 많다.

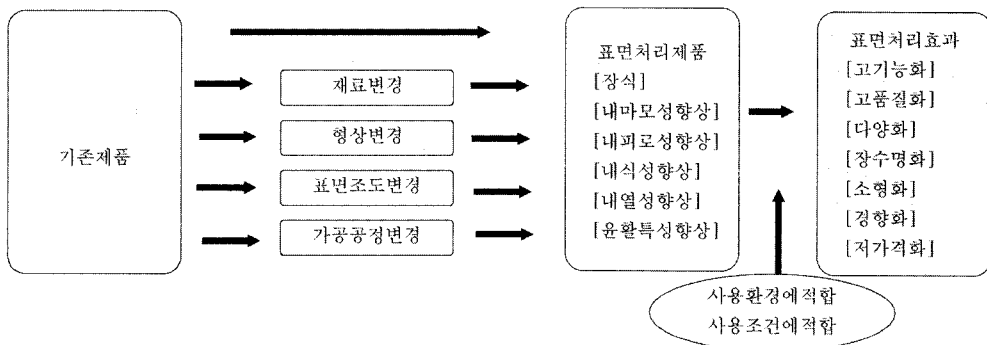


그림 2. 표면처리의 채용형태와 얻어질 효과.

표면처리에 의해 얻어질 수 있는 표면특성이 아무리 뛰어난 것이라 할지라도, 적용제품이나 부품과의 상관관계가 나쁘다면, 또 사용환경이나 사용조건이 적합하지 않으면, 그 효과는 반감되고 말거나, 오히려 역효과로 되는 경우까지도 있다.

여기서는 특히, 중요한 유의점으로서 아래와 같은 일곱가지에 대해 간략하게 설명한다.

(1) 모재(제품이나 부품을 구성하고 있는 재료)와 표면처리와의 상관 관계는 제품이나 부품을 구성하고 있는 재료가 한정되어있는 경우에는, 그 재료에는 전혀 적용될 수 없는 표면처리가 있다. 예를 들면, 동 제품이 대상인 경우는 도금을 채용하는 것이 유효하지만, 표면경화나 질화처리는 전혀 불가능하다.

(2) 표면처리에 의해 모재의 열화가 생기지 않는가 열CVD와 같이 처리온도가 높은 경우에는, 재료의 종류에 따라서는 처리에 따라 연화, 취화, 변형 등을 일으킬 위험이 있는데, 이 현상이 발생하고 나면, 표면 처리는 오히려 역효과로 되기 때문에 주의해야만 한다.

(3) 제품이나 부품의 표면상태는 표면처리에 적합한가 표면이 유지류의 부착이나 녹의 발생 등으로 오염되어 있는 경우에는, 모든 표면처리에는 폐해가 되므로, 미리 기계적, 화학적 또는 물리적인 제거가 필요하다. 이 오염부위의 제거는 많은 표면처리의 전처리로서 시행되고 있는데, 이를 총칭하여 청정이라 불리우는데, 표면처리의 하나로서도 분류된다.

또, 표면처리는 그 종류에 따라, 대상물의 표면이 거친 편이 유리한 경우와 평활한 표면이 유리한 경우가 있기 때문에, 표면조도는 표면처리를 채용할 때에 필히 문제가 된다. 예를 들면, 용사를 채용하는 경우에는 거친 편이 “엔거효과”가 발휘되기 때문에 유리하지만, PVD나 CVD를 채용하는 경우에는 평활한 편이 밀착성이라는 관점에서 유리하다. 이 때문에, 전자에서는 쇼트 브라스트, 후자에서는 연마 등으로 소정의 표면조도를 얻기 위한 표면처리가 사전에 시행되어지고 있다.

(4) 제품이나 부품의 형상은 표면처리에 적합한가 형상이 복잡하던가, 작은 틈새나 구멍이 있는 것이 대상이 되는 경우, 표면처리의 종류로서는 전면에 걸쳐 균일한 처리를 한다는 것은 불가능하다. 예를 들면, 미세공 내면이 표면처리의 중요한 장소인 경우에는 전기도금, 용사, PVD등은 채용해도 효과를 기대

할 수 없다.

(5) 제품이나 부품의 사용환경에 적합한가 사용환경이라는 것은, 제품이나 부품이 사용되어지는 분위기와 온도를 말한다. 분위기란 대강은 대기, 수분 및 기름기를 말하지만, 더 나아가 이들과의 반응물질이나 부식물질을 포함하는 경우가 있으므로, 각 분위기에 적합한 표면처리를 선정할 필요가 있다. 또, 사용환경은 고온의 경우나 사용 중에 온도가 상승하는 경우는, 표면경화층의 연화, 표면처리층의 산화에 의한 변색이나 변질이 생기게 될 위험이 있다. 예를 들면, 대기중에서 사용온도가 400℃이상이 되면, 경질 크롬도금이나 니켈인 도금막은 연화되며, TiC 막은 산화되어, 소정의 특성이 유지되지 못한다.

(6) 제품이나 부품의 사용조건에 적합한가 사용조건이란, 사용중에 부하되는 면압이나 충격의 크기등이다. 예를 들면, 경질의 박막을 코팅하여도, 사용중에 높은 부하가 걸리게 되면, 연질기재를 사용한 경우는 기재 자신이 소성변형을 일으키고 말아, 표면처리의 효과는 전혀 기대할 수 없다. 또 사용중에 큰 충격이 부과되는 경우는, 아무리 경질이었어도 취약한 표면처리층은 적합하지 못하며, 특히 모서리 부분이나 예각적인 코너부분에 대한 채용은 재고해야만 할 것이다.

(7) 코스트면에서 문제가 없는가 표면처리를 단순히 추가채용하면 코스트-업이 되는 것은 당연한 일로, 제품이나 부품의 가격에 직접적으로 반영된다. 그 때문에, 표면처리로 우수한 성능이 발휘되어짐이 확인되어도, 코스트면을 고려하여 채용되지 못하는 사례가 대단히 많다. 반면에, 표면처리를 채용하므로 인하여 값싼 재료로 변경되거나, 전공정이나 후공정을 생략할 수 있어, 토털코스트(total cost)로는 저가격화를 실현하는 예도 많다.

### 3. 자동차산업에 대한 과제와 표면처리와의 관련

표 2에서와 같이, 가장 다양한 표면처리를 적용하고 있는 제품은 자동차로서, 오늘날까지 자동차에 요구되어 온 고품질다양화의 실현에는 표면처리가 큰 공헌을 하고 있다. 그 때문에, 금속재료를 대상으로 한 표면처리의 동향은 자동차 산업의 동향에 발맞추

표 2. 표면처리의 자동차 부품에의 적용 예

부 품	모 재	표면 처리의 종류		표면 처리의 목적
차체	강판, 알루미늄 합금	인산계 화성처리		도장전처리, 방청
		전착도장		방청, 장식성
호일	알루미늄 합금, 스테인리스강	양극 산화		내식성, 장식성
트랜스미션 기어	저탄소강, 저합금강	침탄경화, 침유, 쇼트피닝		내마모성, 내피로성
볼트, 너트	저합금강, 스테인리스강	흑염, 인산계 화성처리		내식성, 내소착성
피스톤	알루미늄 합금	SiC입자분산Ni-P도금, 그랏팅(Co)		내마모성, 내소착성
피스톤 링	주철	경질Cr도금, 용사(Mo, Fe-Cr)	린산계화성처리	내소착성, 내마모성
	스테인리스 강	질화, PVD(TiN, CrN)		
실린더 벽	주철	질화, 레이저 경화		내소착성, 내마모성
	알루미늄 합금	SiC입자분산 Ni-P도금		
크랭크 샤프트	주철, 탄소강, 저합금강	고주파경화, 연질화		내마모성, 내소착성
감	주철	고주파경화, 연질화, 침유	린산계화성처리	내마모성, 내피팅성
	탄소강, 저합금강	침탄경화, 고주파 경화		
록크암	주철, 주강	레이저 용융, 린산계화성처리		내마모성, 내피팅성
다펫심	저탄소강, 저합금강	침탄경화, PVD(TiN, CrN), 린산계화성처리		내마모성, 내피팅성
밸브	내열강, 티타늄합금	그랏팅(Co), 용사(Mo)		내마모성, 내열성

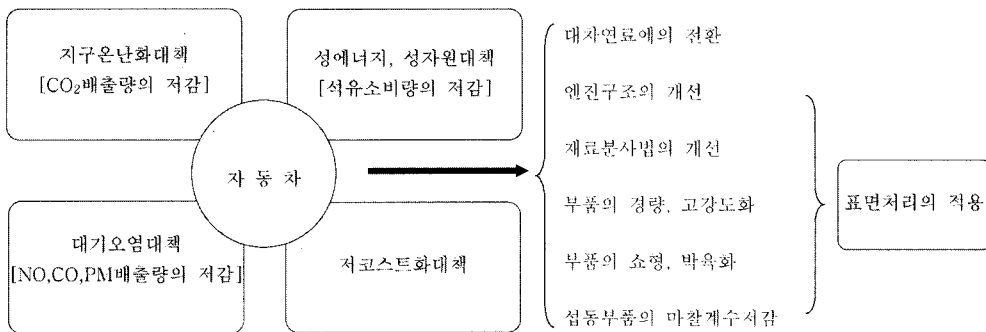


그림 3. 자동차를 둘러싼 과제와 대책 및 표면처리의 관련.

어 나가고 있고, 자동차에 부과되는 과제해결의 일단을 담당하는 일이, 표면처리의 중요한 역할이기도 하다. 그림 3은 현재 자동차를 둘러싸고 있는 과제와 대책 및 이들에 대해서 표면처리가 어떻게 관계하고 있는가를 그림으로 나타낸 것이다.

주물체의 엔진블럭이나 엔진헤드 이외의 많은 금속제 부품은 절삭가공 또는 소성가공에 의해 만들어진 것으로, 이들의 기계가공분야에 부과되어지고 있는 과제에도 표면처리가 깊이 관여하고 있다.

CO, NOx, SOx, HC, PM(입자상 물질)등의 대기오염 물질의 배출량은 자동차의 배기가스에 의한 것

이 많이 점유하기 때문에, 1975년 이후에 자동차에 대한 이들의 배출량이 규제되게끔 되었다. 또 CO<sub>2</sub>배출량의 삭감 등 지구환경보전, 자원에너지의 유효이용이라는 점에서 연비규제까지 제정되게되어, 자동차 업계에서는 연비향상이나 배기가스 삭감을 이루기 위한 엔진개발이 활발하게 진행되고 있다[2-3].

이들의 과제에 대해서 많은 대책이 검토되어 있는데, 특히 차체나 부품의 경량화, 각 부품의 소형박육화 및 엔진 등 섭동 부품의 마찰계수의 저감은 연비 향상을 꾀하는데에 유효하며, 이들을 실현하기 위한 표면처리는 큰 기대를 걸고 있다.

경량화의 대책으로서는, 경량인 알루미늄, 티타늄 또는 마그네슘 합금의 이용범위를 확대하는 일도 생각할 수 있는데, 강도나 코스트의 문제가 있어 비약적인 전환은 기대하기 어렵다. 오히려 자동차 부품의 태반을 점하고 있는 강의 강도를 높여서, 소형박육화를 피할 필요가 있다. 그러기 위해서는 표면처리의 적용확대를 피하는 일이 크다하겠다[4]. 또 엔진 등 섭동부품의 마찰계수의 저감은, 연비향상을 실현하기 위해서는 대단히 유효하여, PVD에 의한 경질막의 채용등이 급속히 확장되고 있다.

마찰계수의 저감은 부품을 제작하기 위한 기계가공 분야에서도 중요한 과제의 하나로서 취급되고 있다.

지구환경문제라는 점에서 염소프리의 윤활제로의 전환이 시급하며, 나아가서는 성자원화 대책도 포함하여 세미드라이가공으로부터 완전 드라이가공에의 실현까지 검토되어지고 있다[5]. 예를 들면, 센터드릴에 의한 드라이가공에 대한 DLC막의 효과가 보고되어 있고[6], 또 자동차 부품 메이커에서는 코팅공구를 채용한 드라이 절삭가공에의 전환을 시도하여 성공하고 있다[7]. 또 소성가공에 있어서도 공구에 DLC막의 적용에 관한 검토가 활발히 진행되고 있

어[8], 가까운 장래에 고강도재의 드라이가공의 실현도 가능하리라 생각된다.

더 나아가, 지구환경문제나 성자원대책 등은 표면처리와 직접 관계가 있는 문제이며, 개개의 표면처리에 대한 대책이 강구되고 있다. 예를 들면, 도금은 시안 프리, 봉산 프리, 6가 크롬 프리등을 목표로 하고 있으며, 침탄경화에서는 성자원대책의 하나로서 진공침탄이 각광을 받고 있다.

## 참고문헌

1. 仁平宣弘, 三尾, 淳: はじめの表面処理技術, 工業調査會, P13 (2001).
2. (社)自動車工業會: 月刊トライボロジ, 1999-4, P14 (1999).
3. 中田輝男: 表面技術, 52-1, P20 (2001).
4. 荻野恵司: 熱處理, 42-4, P234 (2002).
5. 岡征二: Journal of JSTP, 43-492, P3 (2002)
6. 仁平宣弘, 森河和雄, 三尾, 淳, 藤木 榮, 棚木敏幸, 朝化奈 奎一: 東京都立工業技術センタ研究報告, 19 P33 (1990).
7. 新井辰夫: 月刊 トライボロジ, 2002-2, 20 (2002).
8. 角谷 透, 森河和雄, 三尾, 淳, 片岡征二: トライボロジスト, 47-11, P821 (2002).