

<技術講演>

서독 표면공학의 최근 연구동향과 우리 *

辺 秀 - **

1. 머릿말 - 표면공학이란 무엇인가?

재료의 내식성과 내마모성을 증진하기 위하여 재료의 표면성질을 바꿔주는 여러가지의 가공방법이 연구개발되고 있다. 일반적으로 표면공학이라고 하면 그 범위가 넓기 때문에 한마디로 정의하기가 힘들다. 우선 표면에서 재료의 성질을 바꿀 수 있는 여러가지 처리공정 방법을 총칭할 수 있다. 즉 여러 종류의 표면가공방법을 생각할 수 있다. 열처리, 표면경화; 질화방법, cementation, chromium화 및 silicium화 등의 확산방법이 여기에 속한다. 다른 분야, 예를 들면 고분자 공학자, polymer 학자, 전기도금 학자와 금속용사기술자들의 입장에서 "표면공학"이란 위에 언급한 것과는 완전히 다른 의미로 사용하고 있다: 내식성을 증진하기 위하여 재료표면에 유기재료의 보호피막층을 입히는 방법, 내식성과 내마모성을 높이기 위하여 또는 장식용으로 재료표면에 금속의 보호피막층을 입히는 방법, 그리고 부분적으로 마모된 부분을 보수하기 위하여 재료표면에 금속을 분사하여 보호피막층을 형성시키는 방법등이 이 분야에 속한다. 이와같은 방법으로 기본재료와 보호피막재료를 잘 결합시켜 소위 "복합재료(c-composite materials, verbundwerkstoffe)"를 만들어 낸다. 복합재료의 구성재료는 각각 특수한 역할을 하게되는 데, 예를 들면 기본재료는 강도와 형태를 나타내게 하고 보호피막재료는 표면의 특수한 성질을 나타내게 한다.

다른 제조공정에서와 마찬가지로 기계설계와 재료선정에서 요구되는 재료의 기능과 수명을 원활하게 하기 위하여 표면처리과정이 수행되어야 한다. 물론 새로이 개발된 물리적 화학적 시험방법을 이용하여, 소위 표면처리된 복합재

료의 성질을 조사하는 것도 표면공학에 속한다. 부식이나 마모를 통한 재산의 손해는 국민 경제적으로 볼 때 대단히 위협적인 일이라 생각된다. 공업국가인 서독의 경우 부식과 마모를 통하여 생기는 손해가 연간 350억 DM (1974년 통계)가 되며, 그중에 방식 보호처리를 잘한 경우, 100억 DM정도의 손해는 면할 수 있었다고 한다. 영국의 경우 연간 100억 DM 손해 (1970년 통계)가 되었으며 이것은 국민총소득의 3.5%에 해당하며 그중에 30% 손해는 피할 수 있었다고 한다.

부식과 마모를 방지하는 데 근본적으로 2가지 방법을 생각할 수 있다. 첫째는 내식성 재료와 내마모성 재료가 개발되면 이상적이겠지만 엄밀한 의미에서 이런 재료는 존재하지 않는다.

따라서 표면 보호처리과정을 통하여 어느 정도 재료의 내식성과 내마모성을 증가시킬 수 있다. 둘째는 부식과 마모과정에서 생기는 여러가지 조건을 조사하여 되도록이면 부식과 마모가 최소가 되는 최적의 작업조건을 찾아내는 것이다.

이상 대략 표면공학이란 무엇인지 살펴보았으며 서독에서 표면공학의 어떠한 분야가 어떠한 양상으로 연구개발되고 있는지 알아보도록 하겠다.

2. 서독에서의 표면공학 연구현황

몇 년전만 하더라도 표면공학의 분야에서 과학적인 연구가 정말로 필요한지 서로 엇갈리는 의견으로 토론한 적이 있지만 오늘날 이 분야의 연구가 정말로 긴박하게 요구되고 있음은 자타가 공인하는 바이다. 그러면 연구의 전제조건이 되는 연구비를 어떻게 조달하느냐 하는 문제가 생긴다. 일반적인 견해로는 표면공학분야에서 80년대 이후에 충분한 연구를 하여, 과학적, 기술적 기초를 쌓아야만 이 분야의 기업이 계속 존속할 수 있다고 생각하고 있다. 이렇게 되면 표면처리 전문공장과 표면처리된 제품을 이용하는 기업체는 새로운 공정과 제품을 도입

* 1978年 11月 11日 本工学会 総会時 講演한 内容의 一部임,

** 韓國科学院 材料工学科 助教授

하여 직접 이용할 수 있고, 외국의 제품과 경쟁하는 데 외국에 필요없이 의존하는 것을 방지할 수 있을 것이다.

그런데 흥미있는 것은 지금까지 표면처리 공장 자체내에서 필요한 기술을 연구개발하여 외국과의 경쟁에 앞설 수 있었는데 앞으로 공장 자체내의 연구개발이 힘들어질 것이라는 것이다. 이점은 여러가지 경제적, 기술적 요인이 작용하기 때문에 이유를 한 마디로 대답하기 곤란하지만 주된 이유는 지금까지 표면처리분야의 연구는 사실 유치한 기구와 방법으로 가능하였지만 앞으로 현대적 장비와 과학적 방법을 의면할 수 없다는 점이다.

따라서 장비와 고급인력의 인건비에 비용이 많이 들기 때문에 표면처리 공장자체의 경비로서 감당하기 힘들 것이다. 게다가 공장의 불경기로 인하여 연구비 조달에 필요한 이윤이 날이 갈수록 줄어들고 있다. 서독 표면처리 전문공장의 연간 총 매출고가 1.3억 DM가 된다고 한다. 다른 공업분야에서 보통 매출고의 5% 정도가 연구비로 지출되는 것을 감안하면 표면처리 분야에서 연간 500~700만 DM의 연구비가 지출될 수 있을 것이다. 이와같은 작은 규모의 연구비로써 개별적인 문제를 산발적으로 취급한다는 것은 불가능하며 개별적인 문제를 총괄하는 유기적인 연구과제 선정이 요구되고 있다. 대규모의 공장이라 할지라도 이와같은 당면문제를 해결하는 연구과제 이외에 기초연구하는 데 충분히 재정적으로 뒷받침할 능력이 없는 것이다. 이 때문에 각 공장의 출자지원을 받아 표면처리학회, 또는 관계협회의 주도아래 공동연구라는 형식으로 특히 전해질 개발과 기초연구를 수행해야 할 필요성이 생기게 된다. 어떠한 문제를 연구과제로 선정하느냐 하는 것이 매우 중요한 일이 될 것이다. 이런 문제를 구체적으로 해결하기 위하여 독일 표면공학회의 연구위원회, 독일 금속판가공 및 표면처리 연구협회가 주도가 되어 적극적으로 활약하고 있다. 특히 서독 연방정부 연구 및 기술성의 위탁을 받아 독일 화학장치학회는 부식분야에서 이러한 문제를 해결하고 있다.

독일 표면공학회의 연구위원회의 중요한 임무의 하나로서 연구과제를 선정하여 적당한 연구기관 및 학교에 의뢰하여 연구할 수 있도록

연구비를 마련해 주는 일이다. 이렇게 하여 연구된 결과를 일반에게 공개하여 연구시설을 갖춘 대규모 공장이나 그렇지 못한 중소기업의 공장에서도 연구결과를 직접 이용할 수 있게 한다. 이러한 관점에서 볼 때 세미나, 학술강연, 여론조사 및 공개토론회를 통하여 중요한 연구과제를 선정해야 할 것이며, 연구를 장려하기 위하여 연방정부의 연구 및 기술성이나 기타 관계당국을 설득하도록 한다. 이와 관련하여 독일 표면공학회는 연방정부의 연구 및 기술성의 장기 과제 계획, "부식 및 방식"을 위임받고 있으며 독일 화학장치학회와 부식에 관한 관심사를 공동으로 해결하고 있다. 독일 표면공학회는 독일 금속판가공 및 표면처리 협회와 함께 원자재 수급안전을 위한 연구과제계획을 지원 장려하고 있다. 표면공학회의 연구비를 지원해 주는 기관으로서 산업연구연합재단, 연방정부의 상공성과 연구 및 기술성을 들 수 있다. 이 밖에도 표면공학회는 독일 연구재단 및 Fraunhofer 연구소와 함께 표면처리에 대한 문제를 공동으로 해결하고 있다. 연구과제를 효율적으로 수행하기 위하여 표면공학회는 표면공학을 연구하는 공과대학, 전문학교 및 공공연구기관 또는 대기업의 연구소에 연구를 의뢰한다.

그러면 어떤 곳에서 표면공학의 연구가 이루어지는지를 알아보자. 표면처리 전문공장 이외에 표면처리 제품을 사용하는 회사에서 실제 문제를 해결할 수 있는 연구과제를 수행하고 있다.

Fraunhofer 연구소에서는 연방정부의 출현금을 받아 중간 규모의 공장연구실과 함께 직접 연구과제를 수행하고 있다. Stuttgart의 생산기술 및 자동화 연구소에서는 기업의 위탁 또는 직접 기업과 함께 표면공학에 관한 연구과제를 수행하고 있다. Schwäbisch Gmünd의 귀금속 및 금속화학연구소에서 중간 규모 공장의 연구과제와 국가 기관의 위탁연구를 수행하고 있다. 공과대학으로서 Darmstadt 공대 재료공학과, Berlin 공대 금속공학과, Aachen 공대 금속공학과와 응용 및 석유화학과에서 표면공학에 관한 연구과제를 다루고 있다. 중요한 연구과제로서 強 chromium 보호 피막, 귀금속도금 합금도금, 대량생산을 위한 도금, pulse plat-

ing 및 환경오염 방지와 관련하여 Electrodeposited slurry에 관한 문제를 들 수 있다. 정부출연기금을 사용하는 한 공동연구과제로서는 개별적으로 이해관계가 있고 국내 시장에서 경쟁이 될 수 있는 문제는 제외되고, 국가적인 견지에서 표면공학 연구결과가 넓은 분야로 파급될 수 있고 또한 국제경쟁에서 이길 수 있는 것을 감안하면서 선정해야 한다. 예를 들면 전자, 또는 전기 제품의 부식 문제, 폐수 및 환경오염방지 문제, 합금도금, 분산도금 등을 들 수 있다.

장차 어떠한 연구과제가 중점적으로 연구되어야 할 것인지에 대하여 살펴보도록 한다. 좁은 의미에서의 전기도금뿐만 아니라 열처리, 표면경화처리등 표면공학 일반에 대하여 광범위하게 연구가 진행될 것이다. 넓은 의미에서의 표면공학의 연구과제로서 용융상태에서 확산 침투법(Zn, Sn, Al) 금속분무법, sputtering 및 화학증착법(CVD 공정)등을 들 수 있다.

앞으로의 연구과제는 장치와 설비 분야에 중점을 둘 것이다. 장차 이 분야에선 공장자신이 해결하기 힘들 것이며 consulting(기술자문) 회사가 전담해야 할 것이다. 이와 관련하여 공정의 자동화, 특히 전해의 자동화 문제가 해결되어야 한다. 전해의 자동화문제는 어느 정도 개발이 되어 있는 셈이고 가격절하의 관점에서 볼 때 제조공정의 기술적 개선이 바람직하다.

특히 중요한 문제로서 장차 환경오염 방지와 폐수처리 문제가 제기될 것이다. 큰 회사에서는 이 문제를 어느 정도 해결하고 있지만 중소기업에서는 이 문제가 심각하다. 폐수법의 제한을 받지 않는 외국 회사와 경쟁하는 경우 타격을 많이 받게된다. electrodeposited slurry에서 중요물질의 재회수와 recycling 공정의 문제가 제기되며 이것은 원자재 수급 안전과도 관련된다. 잘 개발된 재회수 공정으로 금, 은, 아연, 니켈과 크롬을 회수하는 공정을 들 수 있다.

장차 중점적으로 개발되어야 할 기술적 문제에 대하여 살펴보도록 한다. 우선 기술적으로 해결되어야 할 중요한 분야중의 하나가 화학금속도금 분야가 되겠다. 여기서는 접촉문제가 없어지므로 더욱 개발하는데 박차를 가하여 시장에서 살 수 있는 전류없이 작동하는 도금욕

이외에 새로운 형의 욕을 개발해야 할 것이다. 전류없이 작동하는 니켈도금과 같은 욕이 이미 50년대에 도입 되었으며 현재 시장에서 Cu, Sn, Ag와 Au의 화학도금액을 얻을 수 있다. 특히 고도의 작업능률을 갖는 전해욕의 출현을 들 수 있다. 즉 짧은 시간에 되도록 두꺼운 층을 도금하는 것이다. 잘 알려진 바와 같이 몇 개의 화학 도금욕은 오랜 도금시간 동안 겨우 0.2 μm로 부터 2~3 μm의 두께까지 밖에 도금되지 않는다. 그러기에 공업적으로 이용되기에는 아직 부족하다. 예를 들면 방식을 목적으로 전자 부품에 이용되는 경우 적어도 1~2 μm이 두께와 핀홀이 없는 보호피막층이 요구되는데, 현재의 기술로서는 Au 화학도금액으로 부터 그 이하의 두께밖에 도금할 수 없는 것이다. 0.5 μm의 두께의 비자성 확산차단층을 도금할 수 있는 palladium의 화학 도금욕의 개발이 바람직하다. 도금 속도를 통제할 수 있는 기술의 개발이 가장 중요한 목표가 되겠다. 이외에 용접성을 향상시키기 위하여 異物質 移入의 방지가 문제시 된다. 대부분 화학도금의 전해질 욕에서 좋은 안정제를 사용하는 것이 바람직하다. 현재 흥미가 되고 있는 것은 금속 함유량이 많은 고도의 능률을 갖는 전해욕인데 금속 함유량이 적은 고도능률 전해욕 역시 중요한 의미를 갖는다. 왜냐하면 한편으로 여기서 부식이라는 관점에서 특별한 보호피막층을 형성하기 때문이고, 다른 한편으로는 원자재와 에너지 절약이라는 면에서 낮은 온도에서 사용할 수 있기 때문이다. 도금시간이 길고 보호피막층이 균일하지 못한 단점이 생길지는 조사하여 보아야 한다.

다음에 기술적으로 개발되어야 할 중요한 연구과제는 합금도금이다. 합금도금은 물리적으로 비슷한 저렴한 합금원소를 첨가함으로써 고가의 재료를 절약할 수 있다는 관점에서 매우 중요하다. 가능한 합금의 palette는 굉장히 많지만 실험하는 사람의 능숙도와 어떤 보호피막의 성질을 가져야 하는지에 따라 달라진다. 현재 200 종류의 합금이 전기 또는 화학적 방법으로 도금이 가능하다. 합금도금은 전해액 조성을 엄밀히 통제해야 하기 때문에 어렵다는 것은 잘 알려진 사실이다. 특히 합금도금에서 stainless steel과 그와 비슷한 Ni - Cr, Ni Fe Cr 합금을 위

한 도금액 개발은 대단히 흥미있는 연구과제가 될 것이다. 전기적 합금도금 제품이 공업적으로 이용되려면 우선 보호피막의 우수한 연성을 가져야 하는 전제조건이 필요하다.

전기도금과 화학도금 분야의 경계영역이 분산보호피막도금 분야가 되는데, 장차 이 분야가 개발되어야 할 것이다. 가장 중요한 도금층 공정의 하나로서 pulsating current 또는 modulated current 를 이용하는 소위 "pulse-plating 공정"을 들 수 있다. 이 공정의 원리는 오래전부터 알려져 있으며 장차 점점 중요하게 될 것이다. 직류대신에 modulated current 를 사용하면 도금층의 여러가지 성질을 원하는 방향으로 조절할 수 있다. 도금층의 성질로써 예를 들면 도금층의 구조, 도금층의 분포, 균일성, 경도, 연성 및 전기 전도도, 용접성과 접촉저항을 들 수 있다. 이와같이 도금층의 성질을 개선할 수 있을 뿐만 아니라 도금시간을 감소시키고 전류효율을 증가시켜 에너지 절약에 기여할 수 있을 것이다.

3. 맺 음 말

독일 표면공학회는 표면처리 전문기업, 표면처리 제품사용 기업체와 연구소 사이에 긴밀한 유대관계를 맺어주고, 연구과제를 선정하여 중복연구를 피하고 연구결과를 공개하여 직접 현장에 응용할 수 있게 한다. 독일의 경우에서 보듯이 연구를 수행하지 않고서는 표면처리 기업이 계속 유지될 수 없다고 생각한다. 우리나라 표면공학회는 앞으로 수년간 계속하여 학술강연회를 통하여 새로운 표면 기술을 보급하고 현장 근무자들과의 공개 토론을 통하여 현장에서의 문제점을 파악하여 연구과제를 체계화 시켜야 할 것이다. 정부지원을 받아 연구소와 대학으로 하여금 우선 현장문제를 연구하도록하여 그 결과를 현장에서 직접 이용하게 하여야 할 것이다.