

# 화학적 표면처리에 의한 주물의 복합기능화<sup>1)</sup>

日野實\* · 平松實\* · 村上浩二\* · 辻川正人\*\*

\*오카야마현 공업기술센터, \*\*오사카부립대학 대학원공학연구과

## Multi-High Performance of Casting by Using Chemical Surface Finishing

Makoto Hino\*, Minoru Hiramatsu\*, Koji Murakami\*, and Masato Tsujikawa\*\*

\*Industrial Technology Center of Okayama Prefecture, \*\*Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University

Key words: 화성처리, 화학도금, 복합기능화, 주물

번역 : 홍성길<sup>2)</sup>

### 1. 서 언

용융시킨 금속을 제품에 가까운 주형에 주입함으로써 제조되는 주물이나 다이캐스트 제품은 저렴하고 대량생산이 가능한 기반기술로써 각종 산업에 적용되고 있다. 최근에는 주조방안의 고도화로 아주 복잡한 형상도 제조가능하게 되었으며, 바리 제거, tap 등의 부분적인 기계가공만으로 최종 제품형상을 얻을 수 있는 near-net shape가 가능하여 제품비용 절감에 기여하고 있다. 더욱이 이런 주조부품에 대하여 그 표면을 개질하여 내식성, 내마모성, 장식성 등의 새로운 기능을 부여하여 복합기능화를 시도함으로써 대폭적인 용도확대가 기대된다[1].

지금까지 다양하게 개발되고 있는 표면개질기술 중에서도 습식프로세스는 양산성이 우수하고 처리비용도 낮아서 현재 여러 처리법 중에서 가장 많이 적용되고 있다고 해도 과언이 아니다. 이 습식프로세스는 주로 전기도금이나 양극산화처리로 대표되는데, 이것은 외부전원을 이용하는 전해프로세스와 화학도금이나 화성처리로 대표되는 화학적인 반응을 이용하는 프로세스의 두가지로 크게 나뉜다. 전해프로세스에 대해서는 전회[2]에 이미 각종 도금법과 도금에 있어서 중요한 피막의 밀착성을 중심으로 기술하였다. 이번에는 습식프로세스중에서 외부전원을 이용하지 않은 화학적인 표면처리에 대하여 그 대표적인 처리법인 화학도금 및 화성처리를 중심으로, 그 처리의 특징과 주물이나 다이캐스트제품에의 적용사례를 들면서 기술하고자 한다.

또한 최근 6가 크롬 등 습식프로세스에 있어서의 환경규제 동향에 대해서도 함께 소개하고자 한다.

### 2. 화학적 표면처리법의 종류와 그 특징

#### 2.1 화학적 표면처리법의 종류

화학적 반응을 이용한 표면처리법은 주로 화학도금과 화성처리로 대별할 수 있다. 화학도금과 화성처리에서는 석출하는 피막이 각각 금속과 크롬산화물이나 인산화합물 등을 중심으로

한 무기물이므로 각 처리에 의해 얻어지는 기능이 다르다. 화학도금은 금속을 피복시키는 것이기 때문에 기본적으로는 전회 [2]에서 나타낸 전기도금과 같이 내식성, 내마모성, 장식성 등의 대표적인 기능과, 그 외에도 기계적, 전기적, 광학적, 물리적 기능 등 여러 가지 다양한 기능을 부여할 수 있다. 한편, 화성처리는 피막두께가 1 μm 이하의 경우가 대부분으로 도금과 같은 고내식성이나 내마모성은 별로 기대할 수가 없고 단기방청 혹은 윤활성을 부여할 목적으로 처리가 행해지고 있다. 또한 크로메이트처리나 인산아연처리 등의 화성피막은 도장과의 상호적합성이 양호하여 주철이나 알루미늄주물의 도장하지처리로써 적용되고 있다.

#### 2.2 화학도금의 종류와 특징

금속염을 포함하는 수용액으로부터 금속이온을 환원시켜, 피막을 석출시키는 도금에는 전기도금과 화학도금이 있다. 화학도금에는 환원제를 사용하는 무전해도금(자기(自己)축매도금)과 용액중의 금속이온과 주물 등의 소지금속간의 치환반응을 이용한 치환도금으로 대별된다.

Fig. 1에 도금방법의 모식도를 나타낸다. 어떤 방법도 용액중의 금속이온이 전자(電子)를 받아서 환원됨으로써 피막이 형성

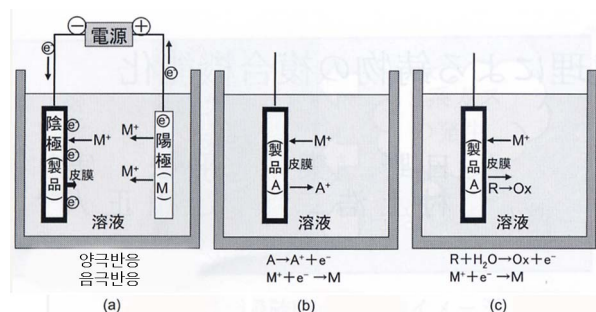


Fig. 1. 습식프로세스에 의한 각종 도금법의 모식도: (a) 전기도금, (b) 치환도금, (c) 무전해도금.

<sup>1)</sup>일본 주조공학회지: 鑄造工學 제 80권(2008) 제3호 page 199~205에 게재된 자료임.  
<sup>2)</sup>전남대학교 금속공학과 (Chounam University) 교수.

되지만, 전자의 공급원이 각각 다르다. 전기도금(Fig. 1a)에서는 외부전원에 의해서 전자가 공급되므로 필히 대극인 양극(아노드)과 직류전원 등의 전기회로가 필요하다. 한편, 화학도금에서는 시편을 용액중에 침적시키기 것만으로 피막을 석출시킬 수가 있다. 치환도금(Fig. 1b)의 경우 소지금속이 용해하고, 그것과 동반하여 발생하는 전자가 용액중의 금속이온을 환원시켜 피막이 형성되는데, 소지금속이 도금피막으로 완전히 덮혀지는 시점에서 반응이 종료하기 때문에 다공성의 얇은 피막밖에 얻을 수가 없다. 치환도금의 적용 예로써는 알루미늄위에 아연치환[3](Zincate처리)이나 장식품 및 전자부품에 대한 치환금도금[4] 등을 들 수 있으나, 충분한 밀착성이 얻기 어려워서 공업적으로 적용되는 예는 한정되어 있다. 이에 비하여 무전해도금(Fig. 1c)은 용액중의 환원제로부터 공급되는 전자를 받아서 피막이 형성되기 때문에 임의의 막두께는 물론 치밀한 피막을 얻을 수가 있다. 또한 주물이나 다이캐스트제품처럼 복잡한 형상의 부품에 대해서도 균일한 피막을 얻을 수 있으므로(Fig. 2) 현재

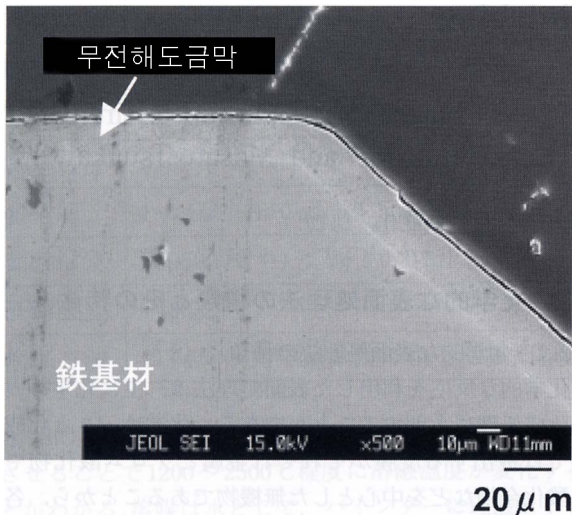


Fig. 2. 철강제품에의 무전해 Ni-PTFE 복합도금.

내마모성, 내식성, 윤활성, 이형성 등의 기능부여를 목적으로 한 무전해 Ni-P도금이 여러 산업에서 적용되고 있다[5,6]. Ni 도금을 예로 전기도금과 무전해도금의 특징을 Table 1에 나타낸다[7].

요코이(横井) 등은 주철(FCMW34)부재에의 Ni-P도금의 내식성이 다른 철강부재보다 떨어지는 결과를 보고하고(Fig. 3)[8] 있으며, 그 요인으로 표면거칠기의 영향을 시사하고 있는 점으로부터 주철제품에의 적용시에는 표면거칠기를 고려하는 것이 중요하다.

무전해도금욕은 기본성분으로 금속이온과 환원제로부터 구성되어 있으며, 그 외에도 키레이트제, 수충제, 안정제, 계면활성제 등이 첨가되어 있다. 무전해도금반응이 연속적으로 진행되기 위해서는 석출금속이 환원제의 산화반응에 대하여 항상 활성측 매면으로써 작용하는 자기(自己)촉매작용을 가질 필요가 있다.

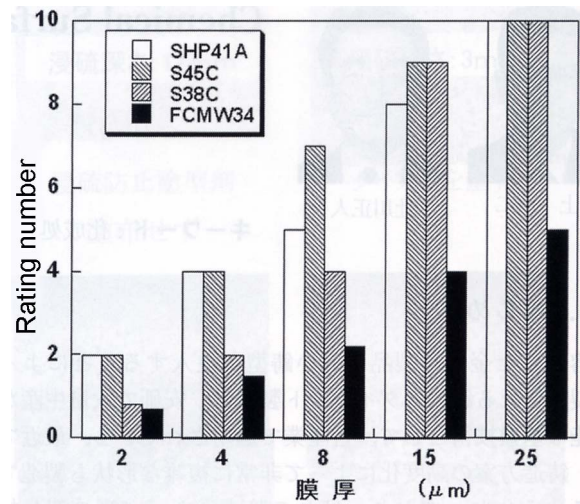


Fig. 3. 각종 철계소재의 염수분무시험(168시간)결과.  
주: Rating number(y축)는 부식면적과 유효면적과의 비율에 의해 부식정도를 나타내는 평점으로 10(부식없음)-0(전면부식)으로 구분한다.

Table 1. 전기도금과 무전해도금의 비교.

항 목	전기도금	무전해도금
도금반응의 구동력	전기력(전위차)	화학력(환원제)
도금액 조성	비교적 단순	복잡
도금액 조성의 변동	소(가용성 양극)	대
pH영향	비교적 소	대
온도영향	비교적 소	대
도금속도	음극전류로 조절, 속도:대	pH, 온도에 의존, 속도:소
도금효과	높은 것이 많음	낮음
도금액 수명	길다	짧다
도금피막의 결정성	세립	미세립 또는 비정질
피막의 균일성	불균일	균일
육관리	용이	엄밀
도금비용	낮음	높음

Table 2. 무전해도금에서 석출한 금속과 그 환원제.

금속	환원제
Ni	NaH <sub>2</sub> PO <sub>2</sub> , DMAB, NaBH <sub>4</sub> , KBH <sub>4</sub> , NH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>
Co	NaH <sub>2</sub> PO <sub>2</sub> , DMAB, NaBH <sub>4</sub> , KBH <sub>4</sub> , NH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>
Pd	NaH <sub>2</sub> PO <sub>2</sub> , Na <sub>2</sub> HPO <sub>3</sub> , NH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>
Cu	HCHO, DMAB, KBH <sub>4</sub>
Ag	DMAB, KBH <sub>4</sub>
Au	DMAB, KBH <sub>4</sub> , NH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub> , NaH <sub>2</sub> PO <sub>2</sub>
Pt	NH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub> , NaBH <sub>4</sub>
Pb	SnCl <sub>2</sub>
Rh	NH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>
Ru	NaBH <sub>4</sub>

\* DMAB: di-methyl-amin-boran

한편, 자기촉매작용을 가지는 금속으로써는 니켈(Ni), 코발트(Co), 철(Fe), 로듐(Rd), 동(Cu), 파라듐(Pd), 은(Ag), 백금(Pt), 금(Au) 등이 있다.

Table 2에는 전해도금으로 얻어지는 주요 금속과 그 환원제를 나타낸다[9]. 이미 기술한 니켈 외에도 동(Cu), 코발트(Co), 주석(Sn), 금(Au), 은(Ag), 파라듐(Pd) 등 많은 금속원소 혹은 합금도금이 개발되어 있다. 특히 최근에는 이런 도금이 고기능성 피막으로써 전기, 전자 등의 하이테크산업에 많이 적용되고 있다[10].

2.3 화성(化成)처리 종류와 그 특징

화성처리는 주물이나 다이캐스트제품 등의 금속을 처리용액 중에 접촉시켜 그 전기화학적 반응을 이용하여 표면에 피막을 형성시키는 표면처리법으로, 처리자체도 비교적 용이하고 도금처럼 locking을 필요로 하지 않기 때문에 대량생산에도 적합하여 현재 저비용으로 간단하게 처리할 수 있어서 많은 분야에서 적용되고 있다.

Table 3에는 화성처리와 그 용도를 나타냈지만 주로 도장하지, 소성가공유회, 방청·내마모의 3가지 종류의 용도에 사용되고 있다[11]. 주철, 아연, 마그네슘에 의한 주조품이나 다이캐스트부품 등 부식되기 쉬운 금속은 도장하여 사용되는 경우가 많고, 도장과의 밀착성을 향상시킬 목적으로 인산염처리나 크로메이트처리 등의 화성처리를 하고 있다.

Table 3. 주요 화성처리와 용도.

종류	대상 금속	용도
인산아연계 처리	철강	도장하지
	알루미늄합금 아연다이캐스트	소성가공유회 방청, 내마모
인산망간계 처리	철강	방청, 내마모
인산아연칼슘처리	철강	도장하지 소성가공유회
수산화처리	철강 스테인레스	소성가공유회
크롬산크로메이트처리	알루미늄합금 마그네슘합금 아연다이캐스트	도장하지 방청
	인산크로메이트처리	알루미늄합금
3가 크롬화성처리	알루미늄합금 마그네슘합금 아연다이캐스트	도장하지 방청
	Cr-free 처리	알루미늄합금

Fig. 4에는 각종 주조품에 대한 대표적인 화성처리의 SEM 사진을 나타낸다. 철계 및 아연계 재료에의 인산염처리에서는 굴곡이 심한 인산아연의 결정이 성장하고, 그 표면의 굴곡이 앵커효과(anchor effect)를 초래하여 양호한 도장밀착성을 나타낸다[12]. 한편, 알루미늄에의 지르코늄(Zr)염 처리 및 마그네슘에의 인산망간처리에서는 균열을 동반한 얇은 피막을 얻을 수 있다. 이처럼 화성피막의 형태는 처리금속에 따라 달라진다. 알루미늄이나 마그네슘의 화성피막에서는 철계처럼 앵커효과는 기대할 수 없지만 기본적으로는 양호한 도장밀착성이 얻어진다. 화성처리는 금속표면에 존재하는 미시적인 양극(anode)과 음극(cathode)에 있어서 전기화학적인 양극 및 음극반응에 의해 피막이 생성되고, 전기도금과 같은 외부전원에 의한 강제적인 반응에서는 없기 때문에 그 처리표면의 형태, 예를 들면 표면

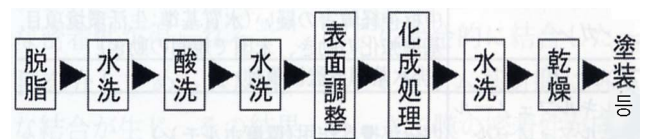


Fig. 5. 화성처리의 일반적인 공정.

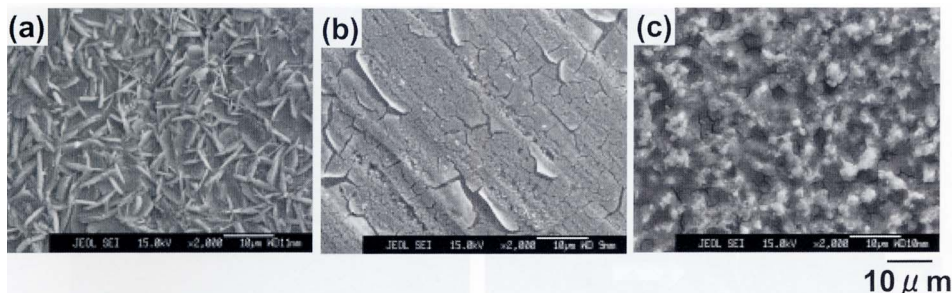


Fig. 4. 각종 주조품에 대한 화성처리피막의 표면 SEM사진: (a) 인산아연처리(하지: 주철), (b)지르코늄염처리(하지: 알루미늄다이캐스팅), (c) 인산망간처리(하지: 마그네슘 Thixomold).

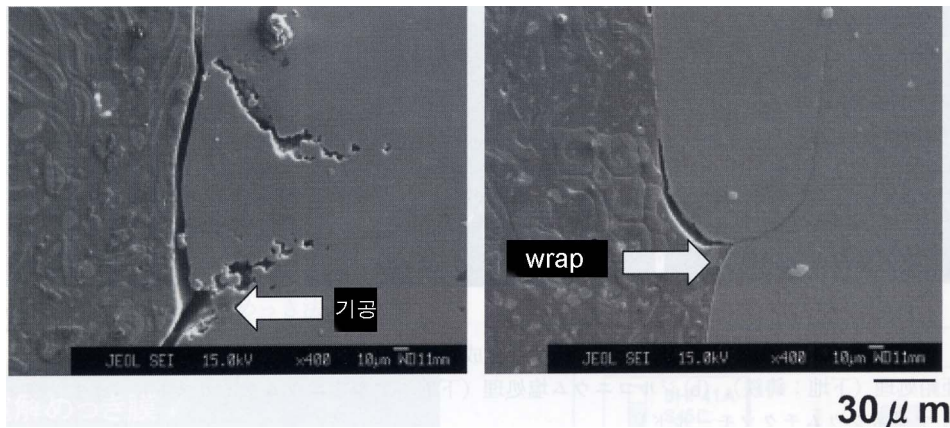


Fig. 6. AZ91D 마그네슘 다이캐스팅제품의 표면처리에 존재하는 구조결함: (a)기공, (b)wrap.

Table 4. 현안물질의 영향.

표면처리 종류	유해/현안물질	상시배수
탈지, 세정	알킬페놀	있음
인산염처리	노닐페놀, 인	있음
크로메이트 화성처리	6가 크롬, F	있음
非크로메이트 화성처리	Mn, Ni, F	있음
도포형 크로메이트처리	6가 크롬	없음
수지 크로메이트	6가 크롬	없음
수지 크로메이트	비스페놀	없음

산화막이나 표면에 편석한 원소가 피막의 생성반응에 큰 영향을 미친다. 화성처리의 일반적인 공정을 Fig. 5에 나타냈는데, 화성처리를 실시하기 직전의 표면상태를 일정하게 유지하는 것이 중요하며, 탈지제의 선택 및 산세에 의한 표면산화물 제거 등 전처리에는 충분한 주의가 필요하다[13]. 특히 구조품에는 기공, pin hole, 랩(wrap: Fig. 6b) 등의 구조결함이나 표면에 고착한 이형제나 가공유 등이 존재하여 그것들의 표면결함이 건전한 화성피막의 형성을 저해하므로[14] 그것들의 제조이력을 반영한 전처리를 행하는 것이 중요하다. 한편, 전처리에 대해서는 지금까지 여러 문헌[15~17]이 있으므로 그것을 참조하기 바란다.

2.4 Cr- free 화성처리 등의 최근 환경규제

현재 습식프로세스에 의한 표면처리 기술은 이미 앞에서 언급한 바와 같이 재료의 내구성이나 각종 기능을 향상시킬 뿐 아니라 자원절약, 에너지절약에도 공헌하는 중요한 기반기술로써 확고한 지위를 구축하고 있다. 그러나 그 처리에는 수많은 화학물질, 크롬을 포함한 중금속, 시안이나 불화물 등이 사용되고 있어서 환경에의 영향이 걱정된다.

Table 4에는 화성처리에 사용하는 유해·현안 화학물질을, Table 5에는 현안물질의 영향을 나타낸다[18]. 특히 6가 크로메이트처리는 내식성부여 및 도장밀착성이나 의장성을 향상시키는 저렴한 처리로써 지금까지 각종 금속재료에 적용되어 왔다.

Table 5. 습식표면처리에 사용되는 유해/현안 화학물질.

현안물질	작용, 영향 등
인	부영양화, 폐쇄계수역에서의 총량규제
질소산화물	부영양화, 폐쇄계수역에서의 총량규제 (배수기준 요감시 항목)
6가 크롬	코피유발,상해, 발암성 의심
니켈	알레르기, 발암성 의심 (배수기준 요감시 항목, EU에서 규제강화)
망간	중추신경장애 의심(수질기준: 생활환경항목 기준강화의 움직임, 미국에서 규제 움직임)
불소	배수기준 요감시 항목
알킬페놀 노닐페놀 비스페놀	내분비각란작용(환경호르몬)

그러나 EU(유럽연합)에서의 ELV 규정이나 RoHS와 WEEE 규정 등의 법제화와 함께 크로메이트처리를 대체할 6가 크롬을 사용하지 않은 처리의 개발이 긴급한 과제가 되고 있다[19]. 현재 알루미늄재료에서는 주로 지르코늄염처리가[20], 마그네슘 재료에서는 인산망간처리가[21] 크로메이트 대체 Cr-free화성처리로 적용되고 있다. 또한 철강계에서는 아연도금 위에 3가 크롬에 의한 화성처리가 개발되어 적용되기 시작했지만, 어떤 대체프로세스도 일장일단이 있어서 6가 크롬 크로메이트처리 만큼의 성능을 얻지 못하고 있어서 향후 더욱 지속적인 개발이 필요하다[22].

3. 주물에서의 화학적 표면처리법의 적용사례

3.1 주물에서의 무전해 Ni-P도금

주철주물은 철과 흑연의 복합재료로 가공성이 좋을 뿐만 아니라 흑연은 윤활성이 우수하여 내마모 재료로 넓게 사용되고 있지만 그 특성을 더욱 향상시키기 위해 다양한 표면처리가 연구되고 있다. 무전해 Ni-P도금도 내마모성이나 내식성을 향상시키는 표면처리기술로써 적용되고 있다. 이 도금피막의 특징은 인산함유량이 약 7 mass% 이상이 되면 결정구조가 비정질

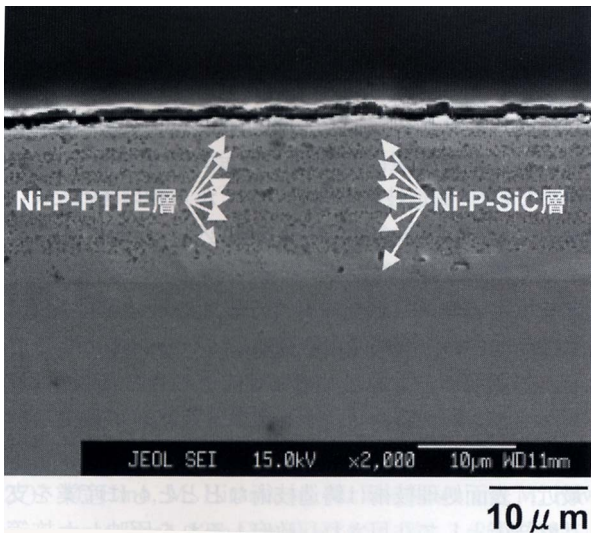


Fig. 7. 무전해 Ni-P-SiC/Ni-P-PTFE 다층도금.

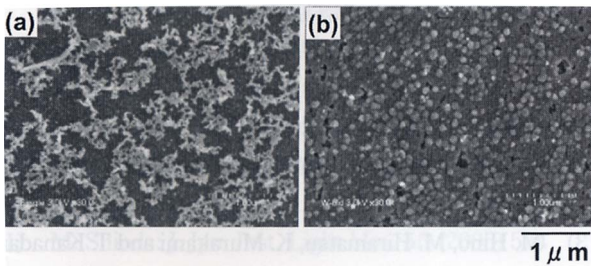


Fig. 8. 알루미늄합금에의 아연치환처리(Zincate 처리): (a)첫번째, (b)두번째.

구조가 되어 피막의 경도는 600 Hv 정도에 달한다. 또한 비정질피막에 대해서 Ni 및 Ni<sub>3</sub>P를 석출시키는 가열처리(673 K, 3.6 ks)를 하면 피막경도가 1000 Hv까지 상승하여 쉽게 내마모 특성을 향상시킬 수 있다[23]. 이런 가열처리에 고에너지밀도 열원인 레이저를 적용하게 되면 급속가열, 급냉이 가능하여 미세한 Ni 및 Ni<sub>3</sub>P의 석출이 가능하여 경도가 1200 Hv까지 상승하므로 로를 활용한 가열처리보다 더욱 내마모성을 향상시킬 수 있다[24-26]. 이런 레이저처리는 특히 알루미늄 다이캐스트재 등의 적용접재료에 있어서 모재의 연화를 억제하고 내마모성을 향상시킬 수 있는 수단으로써 아주 유효하다[27~28].

다음으로, 이미 언급한 무전해 Ni-P 도금피막 중에 미립자를 공석(共析)시키는 복합도금에 의한 고기능화가 시도되고 있다. 딱딱한 SiC 미립자에 의한 마멸마모(abrasive wear)향상, 혹은 테프론(PTFE) 미립자에 의한 자기윤활성이나 이형성부여가 있다[29].

Fig. 7에는 무전해Ni-P-SiC/Ni-P-PTFE 다층 도금피막의 단면 SEM사진을 나타낸다. SiC입자는 친수성인 반면, PTFE입자는 초발수성을 나타내는데, 두 입자를 동시에 하나의 용액중에 균일하게 분산시키는 곤란하므로 피막중에 SiC와 PTFE 입자를 함께 분산공석(分散共析)시킬 수는 없다. 한편, 다층화로 피막중에 SiC 및 PTFE입자의 두가지를 삽입하면 abrasive마모에 있어서도 저마찰계수를 실현시켜 SiC 및 PTFE입자 두가지

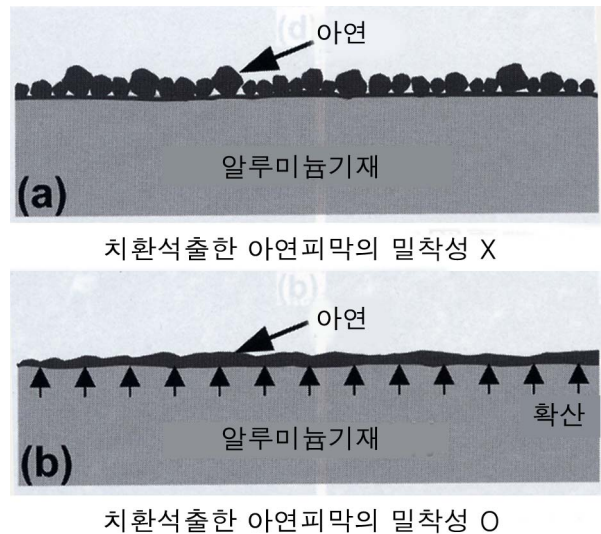


Fig. 9. 알루미늄합금에의 아연치환처리 모식도: (a)1회치환, (b)2회치환.

의 특성을 지닌 이상적인 Tribo-coating을 얻을 수 있다[30].

### 3.2 알루미늄합금에의 아연치환처리

알루미늄합금은 가볍고 가공성이나 내식성이 우수하여 그 적용범위가 넓어지고 있으며, 특히 수송기기분야에서는 차체경량화가 필수적인 과제여서 향후 알루미늄 주물 및 다이캐스팅을 중심으로 하는 알루미늄합금의 사용량은 더욱 증가할 것으로 예상된다[31]. 현재 각종 알루미늄합금에 대하여 내마모성이나 장식성 등 새로운 기능을 부여하기 위한 도금이 행해지고 있다[32]. 그러나, 알루미늄은 활성금속으로 대기중은 물론 수용액중에서도 쉽게 산화하여 단단한 산화피막을 형성하기 때문에 알루미늄기재에 도금을 할 경우, 도금피막의 밀착성이 가끔씩 문제가 된다[17]. 현재 Al기재(基材)에 대한 도금은 밀착성을 향상시키기 위해서 동일한 아연치환처리(Zincate 처리)를 2회 반복하는 특별한 전처리를 행하고 있다[33].

Fig. 8에는 Al기재에 대하여 아연치환처리를 한 표면의 SEM사진을 나타낸다. 기재(基材)표면에는 자연산화피막이 불균일하게 생성하고, 또한 다수의 가공홈이나 피트(pit)가 존재하여 그 부분이 양극사이트로써 우선적으로 용해하고, 발생한 전자에 의해 아연이온이 환원석출 한다. 그러므로 처음의 아연치환처리에서는 기재의 조직을 반영한 불균일하고 복잡한 형상을 가진 아연이 석출한다(Fig. 8a). 한편, 두 번째 아연치환처리에서는 먼저 처리를 하기 전에 최초의 치환처리에서 석출한 아연을 5% 초산수용액에서 용해하는데, 그때 가장 바깥표면에는 미량의 아연이 존재하고 있고, 그 아연이 알루미늄의 자연산화를 억제하는 효과를 발휘하여 두 번째의 아연치환처리에서는 균일한 아연피막이 석출한다(Fig. 8b) [34].

Fig. 9에는 아연치환처리에 의해 석출하는 아연의 상태를 모식적으로 나타낸다. 처음의 아연치환처리에서는 크기가 다른 아연이 불균일하게 석출하고, 석출한 아연은 기재와 충분히 밀착하지 않고 있음을 알 수 있다. 한편 두 번째 처리에서는 아연이 얇고 균일하게 석출하고, 석출한 아연피막 중에 기재의 알

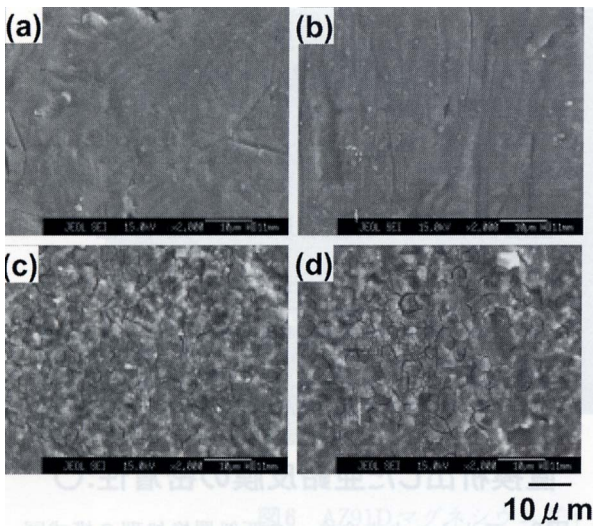


Fig. 10. 각종 윤활제에 의한 바렐연마가공후의 표면 SEM 관찰결과: (a) pH : 14 이상, (b) pH : 10, (c) pH : 1 이하, (d) pH : 1.

루미늄이 확산하여 야금적인 결합이 발생함으로써 양호한 밀착성을 얻을 수 있다[35,36]. 이와 같은 결과는 야금적으로 결합한 이연피막을 매개체로 도금피막과 알루미늄기재사이에도 야금적인 결합이 형성되어 도금피막의 밀착성이 향상된다는 지금까지의 연구결과와 일치된다[37,38].

### 3.3 AZ91D Thixo-mold품에의 에칭을 이용한 표면연마 [39]

휴대전화, 노트북PC, 디지털카메라 등의 전자기기의 본체는 지금까지 수지몰드품이 많이 사용되어 왔지만, 최근 고강성, 방열성, 방진성, 전자파차단성, 리사이클성(에코재료) 등 여러 가지 특성을 가진 AZ91D 마그네슘 Thixo-mold 성형부품이 적용되고 있다[40]. 휴대전화본체 등의 외장품은 외장성(광택성, 색조합 등)에 대하여 엄격한 사양이 요구되어 도장후의 미세한 결함(표면부풀음, 흠 등)이 불량으로 간주된다. 그래서 소재 단계에서의 조그만 결함(탕주름, 표면거침, 기공 등)을 배제할 필요가 있다. 표면사상가공으로써 바렐연마(barrel polishing)가 유효하지만 마그네슘은 화학적으로 활성이어서 바렐연마에 사용하는 윤활제에 의해 사상연마표면의 상태가 크게 달라진다. pH를 변화시킨 각종 윤활제에 의한 바렐연마 가공표면의 SEM사진을 Fig. 10에 나타낸다. 산성윤활제를 사용한 경우 기계적인 가공에 화학적인 에칭작용도 더해져서 미세한 표면결함이 제거된다. 또한 마그네슘은 대략 pH 10 이상의 알칼리성 윤활제의 적용에 의해 대부분 에칭이 없는 평활한 표면이 얻어진다. Fig. 11은 상술한 바렐연마기술을 적용한 제품의 한 예로 윤활제를 조절하고, 거기에 새롭게 개발한 표면처리기술 [41]을 적용함으로써 기존방법에서는 곤란하였던 외장성(意匠性)을 실현하고 있다.

## 4. 결 언

본보와 전보(前報)에 있어서 주로 주물이나 다이캐스트부품을

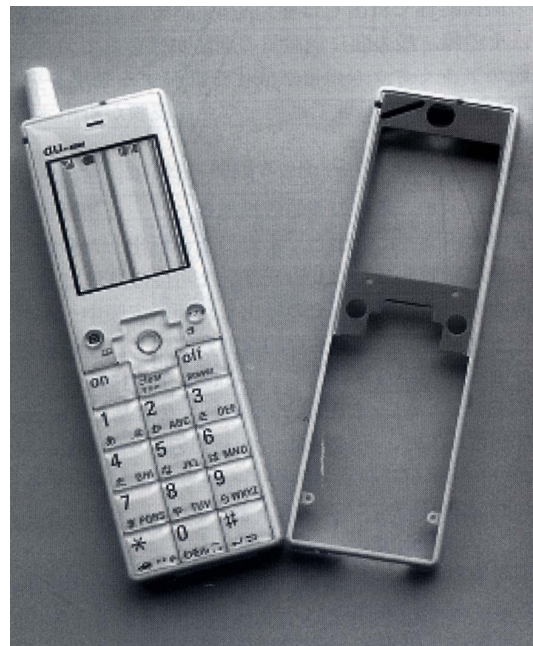


Fig. 11. 바렐연마를 적용한 제품 예.

중심으로 한 습식프로세스에 의한 표면처리법에 대하여 기술하였다. 도금 등의 습식표면처리는 기원전 2000년에 이미 사용되었고, 주조기술처럼 예부터 이용되고 있다. 지금까지 장식성, 내식성, 내마모성이라는 기능부여를 목적으로 사용되어 왔지만 최근 자기(自己)윤활성, 자기(磁氣)특성, 광학특성 등 다양한 기능을 가진 표면처리법이 개발되어 주조품 등의 복합기능화에 공헌하고 있다. 특히, 여기서 소개한 무전해도금을 포함한 도금 기술은 현재 전자 등 하이테크산업에는 필수불가결한 기술이다. 최근, 표면처리기술은 주조기술과 함께 산업을 지탱하는 기반기술로 주목되어 정부도 그것을 반영한 시책을 내고 있다. 향후에도 표면처리기술 등의 기반기술에 대한 중요성은 더욱 높아질 것으로 예상된다.

## 참고문헌

- [1] A. Kagawa: J. JFS 76 (2004) 478
- [2] M. Hiramatsu, M. Hino and M. Tsujikawa: J. JFS (In press)
- [3] M. Hino, M. Hiramatsu, K. Murakami and T. Kanadani: J. SURFACE. Finish. Soc. Jpn. 54 (2003) 542
- [4] 表面技術協會編: 表面技術便覽 (日刊工業新聞社) (1998) 386
- [5] M. Saito: J. SURFACE. Finish. Soc. Jpn. 53 (2002) 2
- [6] H. Ōka: J. SURFACE. Finish. Soc. Jpn. 53 (2002) 7
- [7] 電気鍍金研究会編: 無電解めっき (日刊工業新聞社) (1994) 19
- [8] 横井昌幸: 大阪府鍍金工業組合轉換事務報告書(1991)
- [9] 表面技術協會編: 表面技術便覽 (日刊工業新聞社) (1998) 323
- [10] T. Osaka, J. Sayama and M. Yoshino: J. SURFACE.

- Finish. Soc. Jpn. **55** (2004) 753
- [11] 表面技術協会編:表面技術便覧(日刊工業新聞社)(1998) 661
- [12] M. Hiramatsu and M. Hino: J. SURFACE. Finish. Soc. Jpn. **46** (1995) 13
- [13] 表面技術協会編:表面技術便覧(日刊工業新聞社)(1998) 662
- [14] M. Hino, K. Murakami, M. Hiramatsu, A. Saijo and T. Kanadani: J. Jpn. Inst. Light Met. **56** (2006) 386
- [15] 表面技術協会編:表面技術便覧(日刊工業新聞社)(1998) 664
- [16] 石原祥江, 加瀬敬年, 齋藤いほえ, 鈴木昭一, 矢部賢: めっきの基礎(楨書店)(1994)146
- [17] K. Yabe: J. SURFACE. Finish. Soc. Jpn. **48** (1997) 522
- [18] H. Kaneko: Alutopia No. 5 (2006) 15
- [19] H. Noguchi: J. SURFACE. Finish. Soc. Jpn. **53** (2002) 364
- [20] H. Kaneko: Alutopia No. 5 (2006) 10
- [21] 特開平08-176842, 特開平11-131255
- [22] M. Hiramatsu, M. Hino, K. Murakami and T. Kanadani: Materia Japan **44** (2005) 917
- [23] 電気鍍金研究会編:無電解めっき(日刊工業新聞社)(1994) 37
- [24] M. Hino, N. Nishida, M. Hiramatsu, M. Tsujikawa and M. Kawamoto: J. Jpn. Soc. Heat Treat. **36** (1996) 245
- [25] M. Tsujikawa, D. Azuma, M. Hino, H. Kimura, K. Yubuta and A. Inoue; Metastable and Nanocrystalline Mater. **24-25** (2005) 375
- [26] 日野 実, 平松 実, 辻川正人:月刊トライボロジー **20**, No. 7 (2006) 63
- [27] M. Hino, M. Hiramatsu, M. Tsujikawa and M. Kawamoto: Proc. 12th Cog. IFHT&SE, Vol. 3 (2000) 141
- [28] M. Hino, M. Hiramatsu, M. Tsujikawa and M. Kawamoto: J. SURFACE. Finish. Soc. Jpn. **52** (2001) 647
- [29] M. Matsumura: J. SURFACE. Finish. Soc. Jpn. **42** (1991) 1104
- [30] M. Hino, M. Hiramatsu, M. Tsujikawa, M. Kawamoto and K. Demizu: J. SURFACE. Finish. Soc. Jpn. **53** (2002) 354
- [31] M. Shioda: J. Jpn. Inst. Light Met. **55** (2005) 524
- [32] K. Chiba and K. Toma: J. Jpn. Inst. Light Met. **45** (1995) 355
- [33] F. Keller and W. G. Zelle: J. Electrochem. Soc. **97** (1950) 143
- [34] K. Azumi, Y. Fujishige, M. Seo, L. Nanis, H. Nakao and M. Tashiro: J. SURFACE. Finish. Soc. Jpn. **47** (1996) 802
- [35] M. Hino, K. Murakami, Y. Mitooka, M. Hiramatsu, Y. Miyagawa and T. Kanadani: J. SURFACE. Finish. Soc. Jpn. **56** (2005) 293
- [36] K. Murakami, M. Hino, M. Hiramatsu, K. Osamura and T. Kanadani: Materials Transactions **47** (2006) 2518
- [37] M. Hino, K. Murakami, M. Hiramatsu, K. Chen, A. Saijo and T. Kanadani: J. Jpn. Inst. Light Met. **54** (2004) 169
- [38] M. Hino, K. Murakami, M. Hiramatsu, K. Chen, A. Saijo and T. Kanadani: Materials Transactions **46** (2005) 2169
- [39] M. Hino, K. Murakami, M. Hiramatsu, K. Nishimoto, T. Maeda and T. Kanadani: J. Jpn. Inst. Light Met. **54** (2004) 499
- [40] M. Hino, M. Hiramatsu, K. Murakami, A. Saijo and T. Kanadani: Materia Japan **45** (2006) 300
- [41] M. Hino, M. Hiramatsu, K. Murakami, A. Saijo and T. Kanadani: Materia Japan **44** (2005) 47