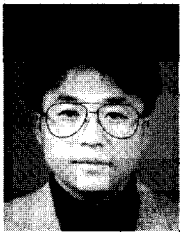


단자 커넥터, 리드 프레임용 동소재의 현황과 장래



한 승 전

(KIMM 재료기술연구부)

- '86 - '90 부산대학교 무기재료공학과(학사)
- '90 - '92 한국과학기술원 재료공학과(석사)
- '92 - '97 한국과학기술원 재료공학과(박사)
- '97 - 현재 한국기계연구원 선임연구원



김 홍 일

(KIMM 재료기술연구부)

- '90 - '97 창원대학교 화학과(학사)
- '97 - 현재 한국기계연구원 위촉연구원



김 창 주

(KIMM 재료기술연구부)

- '67 - '70 성균관대학교 금속공학과(학사)
- '73 - '76 서울기계공고 금속과 교사
- '76 - '78 연세대학교 산업대학원 재료공학과(석사)
- '78 - '79 포항제철 기술연구소 주임연구원
- '82 - '86 부산대학교 대학원 금속공학과(박사)
- '79 - 현재 한국기계연구원 책임연구원

1. 머리말

최근 기술의 진보는 대중의 이목을 받으며 현저히 발전하고 있으며, 그 중 반도체, 전자, 항공 산업등으로 대표되는 첨단기술은 급속한 발전을 거듭하고 있다. 이들 산업의 High-tech 제품에 대해서는 세계적인 우위를 점하기 위해 선진 각국에서 특화되어 무한의 기술 경쟁을 벌이고 있다. 특히 미국, 유럽, 일본으로 대표되는 삼대 세력중에서는 일부제조방면에 한정지어지지 않고, 일본의 지위가 강력히 증가하고 있다. 20세기말에서 21세기초에 걸쳐 실용화 시기별 첨단기술 제품의 분류에 의하면, electronics, 신소재, life science(주로 Bio technology) 등의 대형첨단기술의 본격적인 실용화는 21세기에 거의 이루어지리라 예측되고 있다.

첨단기술분야에 있어, 이러한 대형기술을 지탱하는 전통적 유력소재의 하나로 동이 고려되고 있다. 동은 본래 신소재가 가진 기능을 backup 하는 역할을 하는 것 이외에도, 이후 연구, 개발되는 신소재에 비교해서 안정된 가격으로 대량으로 사용될 커다란 장점을 가지고 있다.

일반적으로 알려져 있는 사실이지만, 동소재가 가진 뛰어난 특성으로서,

- ① 전기 및 열전도성
- ② 가공성 (소성가공용이성)
- ③ 표면처리성 (도금, 납땜 부착성)
- ④ 유색
- ⑤ 방식성

⑥ 비자성 내지 저자성

⑦ 저온인성 등을 들 수 있다.

전자부품에 관계되어 자주 사용되는 소재로서는 주로 금속(동, 알루미늄, 철), 수지, 세라믹스 등이 있다. 본 고에서는 전자부품의 중요한 구성 부품인 단자 커넥터 및 리드 프레임의 소재로 사용되는 동합금 재료에 초점을 맞추어, 그 현황과 장래에 대하여 요약하여 보았다.

2. 동합금에 대한 요구품질

최근의 일반적인 경향으로는 단자 커넥터, 리드 프레임의 용도에 제한을 두지 않고, 재료 전반에서, 전자기기, 장치의 소형화, 박형화, 경량화 등, 여러 가지 경박단소화의 요구가 강하고, 그러므로 고강도 고도전재의 개량, 개선이 필수적이다.

동의 제일 큰 특징으로서는 안정된 가격에, 전기 및 열의 전도성이 모든 원소중에서 은에 이어 뛰어나다는 점을 들 수 있다. 이 고전도성의 회생을 최소로 하여 강도의 향상을 꾀하는 것은 동소재를 활용하는 최선의 방법이라 생각된다.

2.1 용도에 따른 요구품질의 차이

전자부품관련 단자커넥터, 리드프레임에 사용되는 동합금에 대한 요구품질에 대해 상세히 검토하면 내용이 너무 광범위하기 때문에, 이를 간단히 요약하는 것도 매우 힘든 일이다. 또 단자 커넥터와 리드 프레임의 요구품질은 용도상으로 완전히 일치하지 않으며, 미묘한 차이가 있다. 표 1에 단자 커넥터와 리드 프레임의 요구품질을 나타내었다. 표 1에 의하면 단자 커넥터는 리드 프레임에 비해 강도와 신뢰성의 응력관련특성에 대해 엄밀성이 요구된다. 한편, 리드 프레임은 단자 커넥터에 비해, 미세가공과 표면특성에 있어 micro적인 품질이 요구되고 있다. 두 가지 용도의 공통점으로는 각종 요구 품질을 만족시키면서, 전도성의 약화를 가능한 없애고, 강도

의 향상을 꾀하는 것이라 결론 지을 수 있다.

이후, 반도체 디바이스는 경박단소화에 대한 고밀도 실제장치를 위해, package의 주류는 pin 투입 type에서 점차로 표면장착의 형태로 이행되리라 예측된다.

표 1. Brief example of quality requirements on two applications.

Quality requirements and property	Terminal connector	Leadframe	Note
Strength:			
Tensile strength	○	○	
Elongation	○	○	
Yield strength	○	○	
Vickers hardness		○	
Modulus of elasticity	○		
Kb value	○		Contact-force
Electric property:			
Electronic conductivity	○	○	
Thermal conductivity	○	○	
Contact resistance	○		
Fabricating:			
Stampability	○	○	
Etching ability	○		
Surface property:			
Platability	○	○	Joint
Solderability	○	○	Wire bonding
Surface roughness	○	○	Die bonding
Oxidization(Å unit)		○	Adhesion of
			Copper & resin
Reliability:			
Migration	○	○	
Solder reliability	○	○	Withdrawal
Stress relaxation	○		
Corrosion(gas, chemicals)			

커넥터에는

- ① 주로 기판상에서 이용되는 IC, LSI 소켓
- ② 주로 기판간을 접속하는 내부장착용 커넥터
- ③ 주로 기기간을 접속하는 I/O 커넥터
- ④ 기타 (전원용 커넥터, 고주파동축 커넥터, 광 커넥터 등)

과 같은 분류, 또 압착, 압접, pin 투입 type, 표면장착 type 등의 접속방법을 보는 관점 등, 소형화, 고밀도화의 경향에 있다고 용이하게 추측할 수 있다.

표 2. Example of quality requirements on Leadframe material.

Process	Step	Quality requirements	Note
Fabrication	Stamping Etching Plating	Flatness, die wear resistance Flatness, etching ability Discolor resisting	Internal stress
Assembling	Die bonding Wire bonding Packaging (Sealing) Tie bar cut Soldering Lead forming Signing Inspection Packing Transportation	Softening resistance Bare bonding ability Adhesion of material and resin Solder wetting ability Bendability Deforming resistance	Soft. temp W-bend HV · TS
	Component placemnet	Joint of device and board Adhesion ability Deforming resistance Withdrawal resistance	
Use	Long term reliability	Thermal(heat) dissipation Humidity resistance Peeling resistance of Solder Corrosion resistance Stress relaxation resistance	Electr. conductivity PCT SCC Thermal creep

두 가지 용도에 대한 요구품질은, 각각의 용도에 약간의 특징적 차이를 보이면서도, 기본적으로는 상당한 공통점이 있다고 생각된다.

2.2 리드 프레임재의 요구품질

소형화, 미세화에 있어 진보가 현저한 리드 프레임에 대한 요구품을 검토하는 것은, 첨단기술 분야의 동합금 재료의 장래를 점치는 중요한 일이다. 표 2에 리드 프레임재의 요구품질 예를 나타내었다. 여기에서는, 리드 프레임재가 리드 프레임으로 가공되는 단계에서 기기로서 사용되는 단계까지, 공정의 작업항목마다의 요구품을 간략히 요약하였다. 리드 프레임의 중요품질은 텃, 본딩 와이어, 수지, 기판 등과 직접적으로는, 도금과 납땀을 매개로 접합하는 것 등이다. 즉, 다른 종류의 재료가 상호 표면을 통해 연결되어

있는 점을 주목할 필요가 있다. 재료 자체의 bulk성질에 더해, 그 표면 성상이 대단히 중요한 것이다.

리드 프레임에 도금 등의 표면처리를 실시하지 않은 경우, 재료표면의 A단위의 얇은 산화막·층이 모든 성질을 결정지어 버린다. 일례로서, 표 3에 기재된 동합금과 수지의 접착강도의

표 3. Evaluation method of adhesive strength of copper alloy and resin.

① copper alloy specimen : thick, 0.25×width17×length17 mm
② Keeping condition on copper plate in metal mold before molding KMC-165VA resin : 448K for 0sec, 600sec, 1200sec and 1800sec
③ Molding : 448K for 120s
④ Post-curing : 453K for 14.4ks
⑤ PCT : 394-100%RH for 86.4ks
⑥ VPS : 488k for 60sec
⑦ Adhesive strength test

평가방법에 의해 얻어진 결과를 산화막 두께의 결과와 병행시켜 그림 1에 나타내었다.

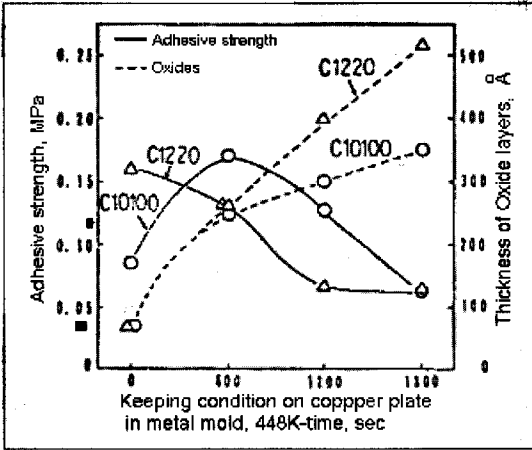


그림 1. Adhesive strength of coppers and resin, and increase of oxide layer.

이에 의하면, C10100(무산소동) 및 C1220(인탈산동)과 수지의 접착강도 및 산화막의 관계를 판별할 수 있다. 일반적으로는 C10100은 C1220에 비해 산화막의 밀착성은 양호하다고 한다. C10100과 C1220에 대해, 각각 그림 2, 그림 3에 대기중 448K에서 금형내 동판 유지시간 600s 가열후의 산화막에 대해 깊이 방향으로의 분석을 SCA(XPS)에 의해 실시한 결과를 나타내었다. 여기에서 0의 거동에 주목해보면, C10100에서는 스퍼터 시간 300s(5min)에서 분석강도가 급속히 저하하는데 비해, C1220에서는 분석강도는 스퍼터 개시로부터 서서히 저하하는 경향을 확인할 수 있다. 이것은

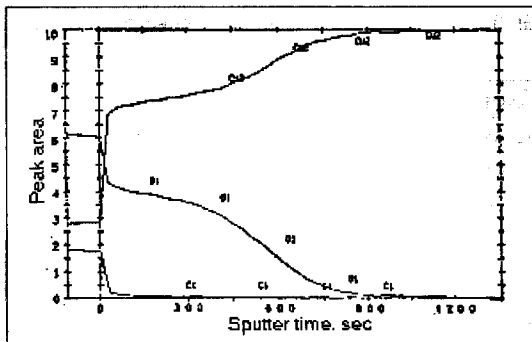


그림 2. ESCA depth profile of oxide layer of C10100

동 중의 미량의 P의 유무에 따라 산화막·층의 생성성상이 달라지는 것을 의미하고 있다.

동합금의 산화막과 수지의 접착성과 산화막의 밀착성의 본격적인 시험은 단지 시작에 지나지 않으며, 산화막·층의 구조해석과 접착·밀착의 기구설명은 이후 연구가 기대되는 바이다.

3. 경박단소화의 문제

리드프레임은 단자 커넥터에 비해 경박단소화에 약간의 어려움이 있다. 따라서 리드프레임에 대해 각종 결과를 검토하는 것은, 동합금재료의 전자부품부품에의 응용을 고려함에 있어 매우 중요한 일이다.

3.1 micro적 요구품질

반도체 디바이스의 경우, 소형화, 박형화, 경량화에 대해 package type이 DIP, PLCC에서 TQFP 또 FQFP, TSOP 로 점차 이행되고 있다.

이것은 기기 기판상의 반도체 디바이스의 고밀도 실제장착이 유리하기 때문이다. 이 때문에, 반도체 디바이스에서는, outer 리드의 미세화(0.3~0.4mm 피치)와 다 pin화 (300pin 이상)가 진행되리라 예상된다. 또 팁의 소형화가 요구되는 inner 리드의 미세화 (0.2mm 이하의 피치)도 중요하다. 통상, 리드 프레임의 제조는 예칭과 스탬핑의 두 가지 방법에 의해 실시되는데, 리드

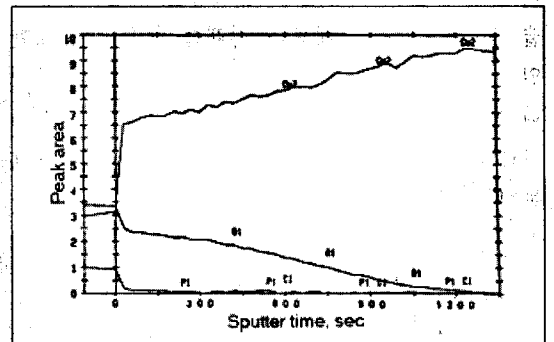


그림 3. ESCA depth profile of oxide layer of C1220

프레임의 미세가공에는 전자가 후자에 비해 우수하기 때문에, 에칭의 중요성을 충분히 인식하여야 한다.

동합금 재료와 리드 프레임제조 process의 관계에서는 리드 프레임 형상을 만드는 경우의 스탬핑이나 에칭이외에 Ag, Cu, Au, Ni 등의 도금성, 리드 위치안정화를 위한 폴리이미드 프레임 등의 탭핑과 리드 프레임과 양면접착 필름의 조합에 의한 다층 리드 프레임으로 나타나는 접착성 등 micro적 표면성상을 중요하게 생각하는 경향이 강해지고 있다.

이 요구에 대응하기 위해서는, 금속조직을 개선한 동합금 재료의 합금설계와 연신동제품의 제조 프로세스의 개선이 요망된다. 석출강화형 동합금에서는 석출물의 크기, 형상, 분포상태와 석출물 자체의 물리적·화학적성질도 검토과제가 되어야 할 것이다. 또 고용강화형, 석출강화형을 불문하고, 동합금의 첨가원소, 미량불순물 원소의 거동, 특히 반도체 디바이스의 제조 및 제조 후에 있어서의 열복력에 기인하는 표면편식, 입계확산, 석출 등 연신동제품의 제조 후 각종 취급에 배려해야할 합금설계도 필요하다.

3.2 동합금의 경쟁합금

소재의 경박단소화는 판두께에 의해 현저히 좌우된다. pin 투입 type(DIP)에서는 두께 : 0.25mm가 주류였으나, 표면장착 type에서는 판두께는 0.15→0.125→0.100mm로 얇아지는 경향이 있다. 소재의 절대 강도를 유지하기 위해 소재의 고강도화가 강력히 요구된다. 동합금은 박판화에 대해 예로부터 42합금(Fe-42%Ni)이라는 대체재

를 이미 가지고 있다. 박판화에 있어서는 종래의 42합금 이상의 강도가 요구되어지는데, 최근 개발되는 동합금은 42합금을 초과하는 강도를 가지며, 도전율도 42합금의 10배이상인 특성을 가지게 되었다. 한편으로, 42합금에서도 다소의 열팽창계수의 증가를 허용하면서, 보다 고강도화를 위한 개발노력이 행해지고 있다.

그러나 반도체 디바이스의 주력 구성부품인 리드 프레임에 관해서, 동합금과 42합금에서는 기본적으로 특징이 다르다. 표 4에 나타낸 바와 같이 동합금이 42합금에 비해 약한 특성은 열팽창계수와 산화성(산화막밀착성)이다. 반도체 디바이스는 주로 Si(칩 용), 금속(리드 프레임용), 수지(packaging 용) 등의 재료로서 구성되어 있다. 평면, 높이의 양방향에서 디바이스가 소형화하면 각 재료의 열팽창계수의 miss-match가 문제가 된다. 그림 4에 각종재료의 열팽창계수를 나타내었다. 최근 봉합수지의 저팽창화가 성공되었기

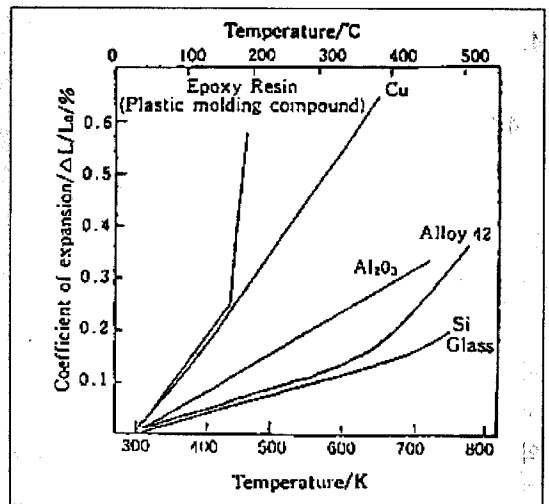


그림 4. Coefficient of thermal expansion of materials

표 4. Advantageous and disadvantageous properties of copper alloy and Alloy 42 leadframes

Note) ○ : advantageous △ : disadvantageous

Leadframe material	Thermal expansion mismatch to silicon chip	Thermal expansion mismatch to resin	Strength	Thermal Conductivity	Growth and adherence of oxides layer
Copper alloy	△	○	○	○	△
Alloy 42	○	△~○	○	△	○

때문에, Si 팁의 역할과 관련지어 동계 리드 프레임제의 열팽창계수의 miss-match가 중요한 과제로 되고 있다. 다른 한편으로, 연신동제품 제조 공정에서 만들어진 동합금판제품의 열팽창계수의 제어 또한 대단히 곤란을 겪고 있다.

2.2항에서 서술한 바와 같이 동합금표면의 산화막·층은 수지와와의 접착성과 깊은 관련이 있다. 따라서 산화성은 중요한 특성이다. 동합금은 42합금에 비해 용이하게 산화막이 생성되는데, 단단한 산화피막의 생성의 제어가 불가능해지면, 실용 레벨이 높은 package는 얻기 힘들어질 것이다.

현재 동합금과 42합금의 최대 차이, 다시 말해, 동합금의 최대 결점은 42합금에 비해 큰 열팽창계수이리라 생각된다. 예를 들어 아일랜드는 42합금, 리드는 동합금으로 구성된 복합 리드 프레임의 설계가 실용가능 하다면 흥미로운 전개가 가능할 것이다.

4. 동합금재료

4.1 동합금의 개발동향

세계중의 연신 동 메이커에 의해 지금까지 여러 가지의 동합금이 연구, 개발되고, 또 실용화 되어왔다. 동합금의 강화법에는 첨가원소의 관점에서 주로 고용형과 석출형이 있다. 금속조직제어의 입장에서는 석출형·상을 고려해도 좋은 고용(체)강화형 동합금이 바람직한데, 도전율의 약화를 억제하고 강도를 향상시키는데는 석출형 동합금이 기대된다. 베릴륨 동, 티타늄 동, 인칭동, 큐프로 니켈, 양백 등의 잘 알려진 합금을 제외하면, 리드프레임 용도(합금에 따라서는 단자 커넥터 용도도 포함)로는 각종 동합금의 도전율과 인장강도의 관계는 그림 5와 같다. 지금까지 A, B의 화살표 방향으로 개발의 노력이 기울어져 왔으나, 최근에 이르러 C 방향의 원내에 있는 동 합금이 검토되고 있다. 합금의 종류는

Corson 형 합금(Cu에 주로 Ni2Si를 미세석출강화 시킴)이 주류가 되고 있다. 지금까지 베릴륨 동, 티타늄 동 등 동합금의 극히 일부에서 적용되었던 용체화, 시효처리의 제조 프로세스가 Corson 형 합금의 박판화에 적용되었기 때문에, 특성의 비약적인 개선이 보이게 되었다. 또 종래의 고강도 동합금에 비해 고가인 원소를 이용하지 않기 위한 배합, 단가에 있어서도 유리하게 되었다.

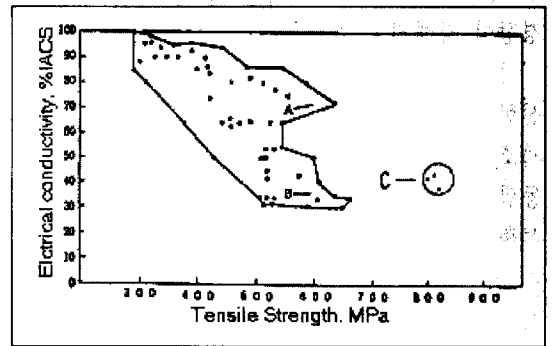


그림 5. Relation between electrical conductivity and tensile strength of copper alloys

4.2 품질관리·재료규격

단자 커넥터, 리드 프레임은 말할 나위없이, 반도체 디바이스의 보류와 신뢰성을 향상시키기 위해 품질중시의 경향이 강하다. 예를 들어 SPC(Statistical Process Control)에 기초한 품질 관리가 요구되고 있다. 동합금 재료를 공급하는 연동 메이커에 있어서는 공정에 관해, 압연에서는 판재의 두께, 소둔에서는 경도, 결정립도 등 또 연신동 제품의 user에 있어서는 최종판재 제품에 관해 경도, 도전율 등의 품질관리 데이터가 필요하게 된다.

관리 데이터로서 공정능력지수: Cp(Process Capability Index)가 채용되는 경우가 있다. 표 5에 Cp의 판단기준을 나타내었다. Cp는,

$$C_p = \text{규격폭} / 6 \times \text{표준편차} = (S_u - S_l) / 6s \dots (1)$$

표 3. Evaluation standard of Cp

Cp	Process capability
$Cp > 1.67$	fully satisfied
$1.67 \geq Cp > 1.33$	satisfied
$1.33 \geq Cp > 1.00$	fairly satisfied
$1.00 \geq Cp$	not satisfied

로 정의 된다. 여기에서 S_u : 규격상한치, S_l : 규격하한치

또한 규격중앙값과 실제 데이터의 중앙값(평균치)에 차이가 심한 경우에는 Cpk를 이용하는 경우가 있는데, 여기에서는 생략하기로 한다.

연신 동메이커에 있어서 당면한 데이터 채용 단가가 문제가 되지만, 품질 향상은 단가의 절감에 결부되어 있다는 품질관리 본연의 입장에서, SPC의 관점은 보다 중요하리라 생각된다.

메이커와 user 사이에는 종합품질 Q의 확보가 문제로 된다. Q는,

$$Q = qs/pd \dots\dots\dots (2)$$

로 정의 된다. 여기에서 q: 재료품질, s: 서비스, p: 가격, d: 납기

예를들어 커다란 q를 요구한 나머지, p가 현저히 높아져 버리면, 보다 좋은 재료라 하여도 실제 공급은 어려워진다. q, s, p, d는 본래 스스로 결정되는 레벨에 있을 필요가 있다. 공업재료는 이 발란스의 위에 존재하고 있다고도 해석할 수 있다.

첨단기술관련 용도에 종래의 재료규격을 적용하는 것은 공차의 관점에서 매우 어려운 일이다. 보다 엄밀한 내용을 요구하는 것이 high-tech 분야에서는 일반적이다. 지금까지 각국에서는 ASTM(AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND METERIALS), BS(BRITISH STANDARDS), DIN (DEUTSCHE INDUSTRIE-NORMEN), JIS(JAPANESE INDUSTRIAL STANDARDS) 등이 사용되어져 왔으나, CEN (COMIT EUROPEEN DE NORMALISATION-EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDAR-DIZATION), SEMI(SEMICONDUCTOR

EQUIPMENT AND MATERIALS INTERNATIONAL) 등 종래의 테두리에 의존하지 않는 고도의 요구에 대응한 새로운 규격화의 움직임도 보이고 있다.

국제규격에서는 ISO(INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION)이 잘 알려져, 품질관리관계의 ISO 9000 시리즈의 확충취득은 산업계에서 큰 화제가 되고 있다.

5. 맺음말

전자부품 관계에는 동합금이 단독으로 사용되는 경우는 드물다. 다시 말해, 동합금재료는 다른 재료와 공존하여 사용되고 있는 이상, 동합금도 그 표면을 다른 재료와 접촉하는 기회가 많아져, 표면처리, 표면상태가 차지하는 중요성은 매우 커지고 있다는 것은 본 고에서 여러 번에 걸쳐 설명하였다. 지금부터는 동합금 자체의 특성에 더해, 주위의 재료, 환경에도 배려를 해야 할 필요가 있고, 이것을 만족할 때 보다 용도적으로 확산될 길이 개척되리라 생각한다. 이 점에 있어 표면처리가 이후 중요한 테마로서 취급되어져야 된다고 생각한다.

참 고 문 헌

- [1] 二塚鍊成: 伸銅技術研究會誌 32, pp.1, 1993.
- [2] 三橋規宏: 先端奇術と日本經濟, 岩波新書 232, 1992.
- [3] 仲田進一: 銅のおはなし, 日本規格協會, 1985.
- [4] 山正孝: 非鐵金屬材料, コロナ社 1963.
- [5] Y. C. Jung, C. J. Kim, S. Z. Han and J. M. Lee, J. Kor. Inst. Mat & Mater., 36, 1016, 1998.
- [6] S. S. Kim, J. C. Rhu, Y. C. Jung, S. Z. Han, and C. J. Kim: J. Kor. Inst. Mat & Mater., 36, 1263, 1998.