J. of Korean Inst. of Resources Recycling
Vol. 28, No. 6, 2019, 9-17
https://doi.org/10.7844/kirr.2019.28.6.9
pISSN : 1225-8326 eISSN : 2287-4380

≫ 총 설 ≪

주석 소재의 국내·외 품질기준현황 및 재활용 제품의 성능 비교

§김용환* · 손성호* · 신호정* · 한철웅* · 박성철* · 이만승**

*한국생산기술연구원, **목포대학교 신소재공학과

Current State of Domestic·Overseas Quality Standards of Tin and Comparison of Qualities between Virgin and Recycled Tin Products

§Yong Hwan Kim*, Seong Ho Son*, Ho Jung Shin*, Chul Woong Han*, Sung Cheol Park* and Man Seung Lee**

*Korea Institute of Industrial Technology, Incheon 21999, Korea
**Department of Advanced Materials Science and Engineering, Institute of Rare Metal, Mokpo National University, Jeonnam 58554, Korea

요 약

4차산업 혁명과 에너지 신산업 등의 성장에 따라 희유금속의 사용이 계속하여 증가하고 있으며, 희유금속의 사용 증가에 따라 희유금속의 재활용이 중요해 지고 있다. 본 논문에서는 희유금속 중 하나인 주석 소재의 국내·외 품질 기준 현황과 재활용된 주석의 성능 테스트에 관해 조사하였다. 성능 테스트 결과, 천연자원 주석과 재활용된 주석의 성능 차이는 없는 것으로 분석되었다.

주제어 : 희유금속, 주석, 재활용, 품질기준, 성능 테스트

Abstract

The use of rare metals in increasing along with the growth of the Fourth industrials revolution and new energy industries, and the recycling of rare metals becomes more important as the used of rare metals increase. In this paper, the domestic and international quality standards of tin metal, one of the rare metals, and the performance test of recycled tin were investigated. As a results of the performance test, it was analyzed that there is no difference in performance between the natural and recycled tin.

Key words : rare metal, tin, recycling, quality standard, performance test

1. 서 론

희유금속(Rare metal)은 자원의 부존량이 적고 매장과 생산이 편재되어 있으며 경제적 채굴이 어려운 원소로서 우리나라에서는 희토류를 포함하여 35종 56개의 원소를 희유금속으로 정의하고 있다[1]. 이러한 희소금속은 소량의 첨가만으로도 제품의 성능 및 품질을 향상시킬 수 있는 핵심 원소로서 '산업의 비타민'이라 불리고 있으며, 이들 희소금속 확보를 위해 정부에서는 2009년 산업통상자원부의 「희소금속 소재산업 발전 종합대책」과 환경부의 「폐금속자원 재활용 대책」을 통해 희유금속의 안정적 확보, 핵심원천기술 확보, 산업

· Received : November 7, 2019 · Revised : November 15, 2019 · Accepted : November 27, 2019
§ Corresponding Author : Yong Hwan Kim (E-mail : yhkim@kitech.re.kr)
Research Institute of Advanced Manufacturing Technology, Korea Institute of Industrial Technology, 156 Gaetbeol-ro, Yeonsu-gu, Incheon 21999, Korea
ⓒThe Korean Institute of Resources Recycling. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/), which permits unrestricted non-commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

기반 조성과 도시 광산 육성의 대책을 발표하였다[2-3].

최근 주력산업 경쟁력 확보뿐만 아니라 국정과제인 신성장산업과 글로벌 4차 산업혁명의 시대를 맞아 이들 전기자동차, 리튬이차전지, 반도체/디스플레 및 에너지 신산업 등의 첨단제품에 희유금속이 다양하게 사용되어지고 있다[4].

희유금속의 안정적 확보는 우리나라의 주력산업 경쟁력 및 첨단산업 발전을 위해 필수불가결한 요소이나 자원보유국의 자원무기화 정책에 따라 수급 변동성의 예측이 어려운 현실로서 국내 부존자원이 전무한 이들 원소의 자립화를 위해서는 저감·대체 기술의 개발과 아울러 자원이용 효율성 개선과 재활용를 통한 희유금속 자원의 확보가 절실한 실정이다.

국내에서는 자원과 에너지 사용효율 개선증진을 목적으로 우수재활용제품(Good Recycled product, GR) 인증 제도를 1997년부터 운영하여 오고 있으며 자원순환 산업 제품의 소비자 인식 개선과 품질 및 자원 재창출을 통해 국가 경제의 지속적 발전과 녹색성장을 추진하고 있으나 산업계 및 사회 전반에 걸쳐 재활용 소재에 대한 인식 부족으로 인해 재활용 제품의 적용이 활발히 이루어지고 있지 않다[5].

따라서 본 논문에서는 전기·전자산업, 디스플레이산업, IT 산업 및 철강 산업 등에서 주로 사용되는 주석 소재의 국내·외 품질 기준 현황과 천연 자원으로부터 기인한 주석 소재와 재활용된 주석 소재를 이용한 제품의 성능 테스트를 통해 재활용 소재의 특성에 대해 비교분석하고자 하였다.

2. 국내·외 주석 소재 품질 기준 현황

2.1. 국내 주석 소재 품질 기준

주석의 국내 품질 기준현황은 산업통상자원부 국가기술표준원의 규격인 KS D 2305 : 2004에서 주석 잉곳이라는 명칭으로 품질기준현황을 제시하고 있다. 주석 잉곳의 품질기준은 1984년에 개정되어 사용되어지다 산업이 발전함에 따라 품질특성의 고도화 요구에 따라 2004년 개정되었다[6]. 개정전은 1종류에서 주석 소재의 용도 다양화에 따라 5종류로 세분화하여 개정되었다. Table 1은 국내 주석 소재의 KS 규격에서 5종류로 세분화한 주석소재의 품질 기준을 보여주는 표로서 천연자원으로부터 생산한 주석은 99.5% 순도의 3종부터 99.99% 순도 이상의 특종 A의 주석으로 세분화 되어져 있다. 우리나라 주석소재에서 불순물 관리 원소는 납(Pb), 안티몬(As), 비소(As), 구리(Cu)와 철(Fe) 성분에 대한 원소의 불순물 한계치를 설정하고 있다. 또한 주석 잉곳의 외관형태는 달리 제한 규정이 없으면 단지 품질이 균일하고 표면에 오염 등 사용상 해로운 이물질이 함유되지 않아야 한다는 규정이 있다.

서론에서 언급한 바와 같이 우리나라는 자원과 에너지 사용효율 개선 증진을 위해 우수재활용제품(GR) 인증 제도를 운영 중이며 금속뿐만 아니라 다양한 제품의 품질 인증을 진행중이다. 우수 GR 인증을 받은 제품은

Table 1. Quality standard of virgin tin ingot in Korea(KS D 2035 : 2004)

Classifications		Chemical compotition, %					
		Sn	Pb	Sb	As	Cu	Fe
Special grade	A	99.99 ↑	0.0030 ↓	0.0020 ↓	0.0010 ↓	0.0020 ↓	0.0030 ↓
	B	99.95 ↑	0.020 ↓	0.010 ↓	0.010 ↓	0.010 ↓	0.010 ↓
1 grade		99.90 ↑	0.040 ↓	0.020 ↓	0.030 ↓	0.030 ↓	0.010 ↓
2 grade		99.80 ↑	0.050 ↓	0.040 ↓	0.050 ↓	0.040 ↓	0.050 ↓
3 grade		99.5 ↑	-	-	-	-	-

Remarks: Especially when the customer needs analysis should also report values for impurities other than the one specified in the table

Table 2. Quality standard of recycled tin metal in Korea(GR D 0009-2017)

Standard	Chemical compotition, %					
	Sn	Pb	Sb	As	Cu	Fe
	99.90 ↑	0.040 ↓	0.020 ↓	0.030 ↓	0.030 ↓	0.010 ↓

Remarks : The total contents of impurities(Bi, In, Ag, Cd) should be less than 0.1%.

‘저탄소 녹색정장기본법 제2조 5호’에 의한 녹색제품 그리고 ‘녹색제품 구매촉진에 관한 법률 제 6조’에 의해 공공기관 의무구매를 규정하고 있으며 다양한 인센티브가 확대되고 있다[5].

주석 재활용 소재는 ‘재활용 주석’의 품명으로 국가기술표준원에서 2016년 10월에 제정되어 2017년 5월에 개정되었으며, 그 품질 기준을 Table 2에 나타내었다[7].

재활용 주석 소재의 GR 품질 기준의 적용 범위는 솔더 스크랩, 주석도금 스크랩, 본딩 스크랩, ITO 세정 폐수 슬러지 등 주석이 함유된 폐자원을 제련 및 정련하여 생산된 재활용 주석 잉곳으로 주석의 함량이 99.90% 이상을 갖는 재활용 주석으로 정의하고 있다.

아래의 표에서 보여 지는 바와 같이 재활용 주석의 품질 기준은 국내 천연자원 주석 소재의 KS 규격에서 1종의 화학성분과 일치하며, 이 외에 비스무스(Bi), 인듐(In), 은(Ag) 및 카드뮴(Cd)등의 총 함량이 0.1% 이하로 제한되어있다. 다만, GR 품질기준에는 재활용 주석 잉곳의 형태가 명기되어 있는 차이점이 존재한다.

2.2. 국외 주석소재 품질 기준

일본의 주석 소재의 품질기준은 JIS 2108-1996으로 제정되어져 있다(Table 3)[8]. 일본의 주석소재의 품질 기준은 우리나라 주석 소재의 품질 기준과 동일하게 되어져 있다. 주석 소재의 불순물 제어 원소와 임계치도 우리나라와 동일하게 적용되어지고 있으며, 우리나라와 일본의 품질 기준 제정년도를 살펴보면 일본 주석 소재의 품질 기준을 우리나라가 따라가고 있는 것을 볼 수 있다.

Table 4와 Table 5는 미국과 영국의 주석 소재에 대한 품질기준을 나타낸 표이다[9,10]. 미국과 영국의 품질기준과 국내 품질기준을 살펴보면 미국과 영국의 품질기준에서 불순물의 품질기준의 원소가 더욱 세분화 되어 있는 것을 볼 수 있다. 미국과 영국의 주석 품질기준에서 우리나라의 불순물 제한 원소 외에 비스무스, 카드뮴, 니켈, 코발트, 황, 아연, 은 및 알루미늄에 대한 불순물의 임계치를 적용하여 품질기준에 대한 불순물을 보다 세분하여 관리하는 것으로 보여진다.

Table 4의 미국의 주석 품질기준은 크게 3 종류의 주석소재로 구분되어져 있으며 주석의 순도는 99.85%에서 99.95%의 순도를 갖는 주석으로 구분하고 있다. 미국 주석 품질기준은 99.85%의 순도를 갖는 grade A는 일반용과 도금용으로 나뉘어져 있으며 ‘grade A’와 ‘grade A for tin plate’의 차이점은 납의 함량차이와 기타 원소의 임계치를 제한하고 있다. 아울러, 미국 품질기준에서는 천연자원 주석뿐만 아니라 재활용된 주석 소재의 품질기준도 동일하게 적용하여 품질기준을 정하

Table 3. Quality standard of tin metal in Japan(JIS 2108-1996)

Classifications		Chemical compotition, %					
		Sn	Pb	Sb	As	Cu	Fe
Special grade	A	99.99 ↑	0.0030 ↓	0.0020 ↓	0.0010 ↓	0.0020 ↓	0.0030 ↓
	B	99.95 ↑	0.020 ↓	0.010 ↓	0.010 ↓	0.010 ↓	0.010 ↓
1 grade		99.90 ↑	0.040 ↓	0.020 ↓	0.030 ↓	0.030 ↓	0.010 ↓
2 grade		99.80 ↑	0.050 ↓	0.040 ↓	0.050 ↓	0.040 ↓	0.050 ↓
3 grade		99.5 ↑	-	-	-	-	-

Table 4. Quality standard of tin in United States of America(ASTM B 339-00)

Classifications	Chemical composition, %												
	Sn	Sb	As	Bi	Cd	Cu	Fe	Pb	Ni+Co	S	Zn	Ag	other elem.
Grade A	99.85	0.04	0.05	0.030	0.001	0.04	0.010	0.05	0.01	0.01	0.005	0.01	
Grade A for tin plate	99.85	0.04	0.05	0.030	0.001	0.04	0.010	0.010	0.01	0.01	0.005	0.01	0.010
Ultra Pure Grade	99.95	0.005	0.005	0.015	0.001	0.005	0.010	0.001	0.010	0.010	0.005	0.010	0.010

Table 5. Quality standard of tin metal in United Kingdom(BS EN 610 : 1996)

Classifications	Chemical composition, %										
	Sn	Sb	As	Bi	Cd	Cu	Fe	Pb	Al	Zn	Total impurities
9985	99.85	0.050	0.030	0.030	0.001	0.050	0.010	0.050	0.001	0.005	0.15
9975	99.75	0.080	0.05	0.030	0.001	0.04	0.010	0.080	0.01	0.005	0.25

는 것으로 명기되어 있다.

영국의 주석 소재 품질기준(Table 5)은 주석소재의 품질 기준을 2 종류로서 주석 순도가 99.85%와 99.75%로 나누어져 있다. 특히 미국 품질기준과의 차이점은 미국 품질기준에서는 니켈, 코발트, 황 및 은에 대한 불순물 임계치가 나타내어져 있으나 영국기준은 이들 불순물에 대한 임계치는 없으나 알루미늄에 대한 불순물 임계치가 존재하는 차이점이 있다.

3. 순환형 주석 제품의 성능 특성 평가

국가통합자원관리시스템의 주석 물질 흐름도에 의하면 주석금속의 순환자원은 주로 땜납 및 전자스크랩의 형태로 수거되며 또한 주석도금슬러지 등 다양한 형태가 발생하는 것으로 알려져 있다[11]. 이들 스크랩의 재활용 공정은 스크랩의 환원반응을 통한 저품위 주석 잉곳을 제조하고 제조된 잉곳을 양극으로 제조하여 전해정련 공정을 거쳐 99.9% 이상의 주석 잉곳을 생산하는 공정이 일반적인 공정으로 알려져 있으며 Fig. 1에 주석 스크랩의 재활용 공정을 나타내었다.

이와 같이 생산된 주석 소재는 일반적으로 다시 땜납 재료, 전자재료 및 주석 도금 소재 등 다양한 산업군에 적용이 될 수 있다. 그러나 이렇게 재활용된 주석소재가 실제 산업에 사용되기 위해서는 각 산업에서 필요로 하는 성능에 충족됨과 동시에 소재의 물성 평가를 통해 산업계의 신뢰성 확보와 사회적 인식 개선이 이루어 질 수 있을 것이라 생각된다.

본 논문에서는 국내에서 재활용된 주석과 천연자원으로부터 기인한 주석의 화학적 성분, 열적 특성 및 실제 솔더 볼로 제조하여 기계적 특성 등의 성능 특성 비교를 통해 재활용 주석의 현황에 대해 알아보았다.

3.1. 천연자원 및 재활용 주석의 성분 분석

Table 6은 국내 주석 재활용을 사업화 하고 있는 2개사의 재활용 주석과 99.95%와 99.99%의 순도로 시중에 유통되고 있는 천연자원 주석 소재의 화학적 성분을 ICP-OES로 분석한 결과이다.

아래의 표에서 보여지는 바와 같이 재활용 주석의 순도 측정은 국내 KS 품질 기준과 GR 품질 기준에서 제시하는 5가지 원소 외에 은, 비스무스, 아연 및 알루

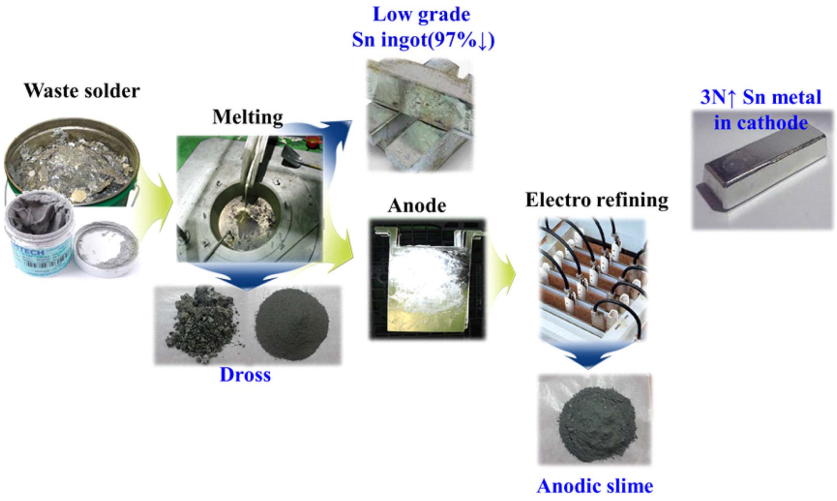


Fig. 1. Schematic diagram of recycling process of tin scrap.

Table 6. Chemical composition analysis of recycled tin and virgin tin metal by ICP-OES

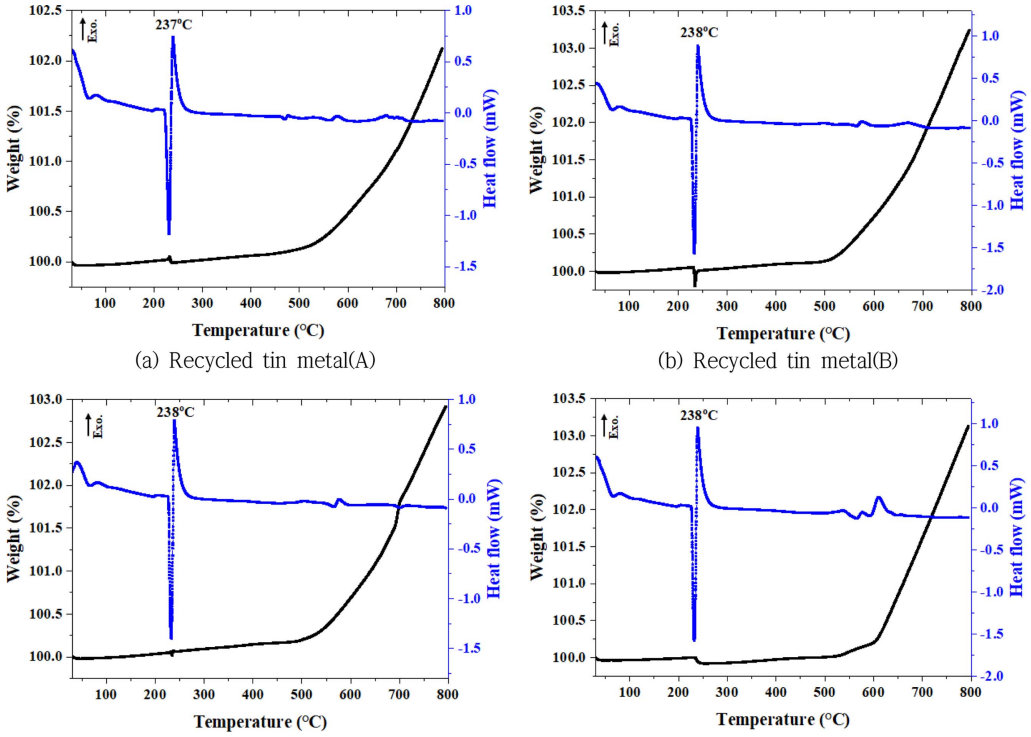
Classifications	Chemical composition, %									
	Sn	Ag	Bi	Pb	Cu	Zn	Ni	Al	Fe	Sb
Recycled tin from A company	Bal.	0.001	N.D.	0.001	0.07	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Recycled tin from B company	Bal.	0.002	N.D.	0.007	N.D.	N.D.	N.D.	0.001	N.D.	N.D.
Virgin tin of 99.95%	Bal.	0.001	N.D.	0.015	0.001	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Virgin tin of 99.99%	Bal.	N.D.	N.D.	0.006	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

미늄에 대해서도 성분 분석을 실시하였다. A사에서 제조된 재활용 주석은 99.928%의 순도를 나타내었으며, B사에서 제조된 재활용 주석은 99.99%의 순도를 나타내었다. 이들 재활용 주석과 국내 품질기준을 비교해 보았을 때 A사에서 제조된 주석소재는 불순물 중 구리가 허용 한계치를 초과한 것으로 분석되었으며, B사에서 제조된 재활용 주석은 국내 천연자원주석소재의 품질기준에서 특종 A에 납의 한계치를 초과하나 GR 품질기준에서는 그 허용한계치를 초과하지는 않는 것으로 분석되었다.

천연자원 주석 소재의 화학분석 결과에서도 납은 특종 A에 기준을 넘는 것으로 분석되었으며, 이들 화학성분 분석 결과를 볼 때 주석 소재의 재활용 과정에서 전해정련 공정 시 구리와 납 원소의 제어가 필요할 것으로 보여진다.

3.2. 천연자원 및 재활용 주석 제품의 성능 비교

Fig. 2는 위에서 화학 분석된 재활용 주석과 천연자원 주석의 열적 물성 평가를 진행한 그림으로서 아래의 그림에서 보여지는 바와 같이 재활용 주석과 천연자원



(a) Recycled tin metal(A) (b) Recycled tin metal(B)

(c) 99.95 % virgin tin metal (d) 99.99% virgin tin metal

Fig. 2. TG-DTA analysis of recycled and virgin tin metal.

Table 7. Critical impurity elements contents in solder ball manufacturing company

Classifications	Chemical composition, %											
	Sb	Bi	Zn	Pb	Fe	Al	As	Cd	Pd	Ni	Ge	P
a company	0.050	0.030	0.001	0.080	0.020	0.001	0.030	0.008	0.060	0.001 ~0.005	0.005 ~0.010	-
b company	0.500	0.300	0.001	0.050	0.020	0.001	0.010	0.002	-	0.003 ~0.007	0.005 ~0.015	0.0002
c company	0.500	0.100	0.003	0.100	0.020	0.005	0.030	0.002	-	-	-	-
d company	0.120	0.150	0.005	0.100	0.020	0.005	0.030	0.005	-	-	-	-

주석의 융점은 약 238ºC로서 재활용 주석과 천연자원 주석사이의 융점과 열적 물성에는 차이가 없는 것으로 분석되었다.

일반적으로 재활용 공정은 공정 스크랩이나 사용 후 제품에서 건식 및 습식 재활용 공정을 거쳐 원소 상태의 기초 소재를 회수하는 공정을 말한다. 그러나 실제적으로 재활용된 소재는 통상 합금화 과정 또는 화합물 제조 공정을 거쳐 우리가 사용하는 제품 및 부품 등에 사용되어지게 된다. 주석 소재 또한 재활용 공정 후 합금화 과정 또는 다른 일련의 공정을 거쳐 제품을 만들기 때문에 재활용된 주석 소재 성능 평가를 위해서는 실제 산업계에서 사용되는 소재화 공정을 거쳐 이들 소재의 물성 평가를 진행하는 것이 바람직하며 보다 실제적인 성능 평가라 생각된다. 따라서 본 논문에서는 주석 소재가 가장 많이 사용되는 땜납 분야에 적용하여 그 특성을 알아보고자 하였다.

Table 7은 국내 땜납 수요 업체에서 요구하는 솔더볼의 불순물의 함량치를 나타낸 표이다. 표에서 보여지는 것처럼 수요기업에서 요구하는 솔더에 포함된 불순물은 약 0.5% 정도로서 국내 주석 제품 품질 기준에서 요구하는 안티몬, 납 그리고 철 등의 일부 원소들은 기준 함량보다 높게 들어가 있다. 이들 원소 및 솔더에 함유된 원소들은 일반적으로 솔더에 불순물 형태로 함유되어 솔더의 기계적 강도, 유동성, 기계적 인성 등을 증가 시킬 수 있으며 솔더 수요업체에서 요구하는 불순물들은 각 수요기업의 솔더 접합 시 기계적 및 화학적 특성을 감안하여 제조하고 있는 노하우 인 것으로 파악된다.

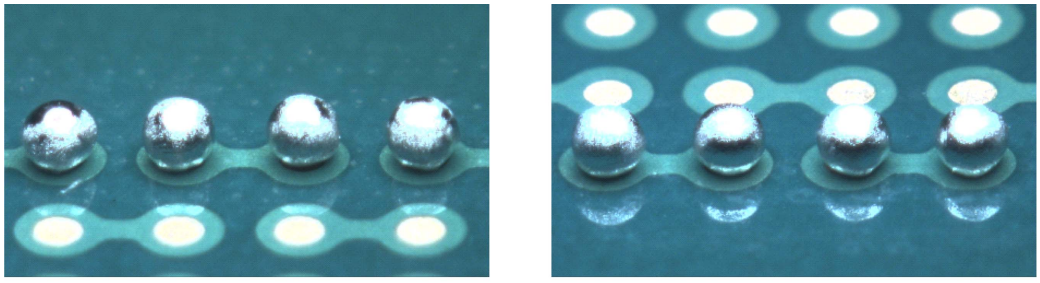
일반적으로 솔더 볼 접합부의 신뢰성을 평가하기 위해서는 접합부에 대한 기본적인 기계적 특성 평가 및 장단기 신뢰성 시험이 이루어진다. Table 8은 일반적으로 솔더 볼 접합부의 기계적 특성 및 신뢰성 평가에 사용되는 시험 항목을 나타낸 표이다. 솔더링 공정 전에는 솔더의 성분분석, 구형도 및 사이즈와 균일도를 시험하며, 솔더링 공정 후에는 접합부의 계면검사와 접합강도, void 검사 및 신뢰성 시험을 통해 솔더링 공정 후의 특성 평가를 진행하여 솔더볼의 신뢰성을 인증한다.

본 연구에서는 재활용 주석과 천연주석을 이용하여 일반적인 Sn-Ag-Cu계 솔더볼을 제조하여 PCB 기판에 플럭스로 리플로우(reflow)공정을 이용하여 제조된 솔더의 접합 공정을 실시하여 이들 접합부의 기계적 성능 테스트를 진행하였다.

Fig. 3은 천연자원 주석과 재활용 주석을 이용해 제조한 솔더 볼을 전단강도 시험을 위해 PCB 기판에 리플로우 공정을 한 후의 솔더볼의 사진을 보여주고 있다. 사진에서 보여지는 바와 같이 천연자원주석과 재활용 주석을 이용한 솔더볼의 리플로우 공정 후의 겉모습에

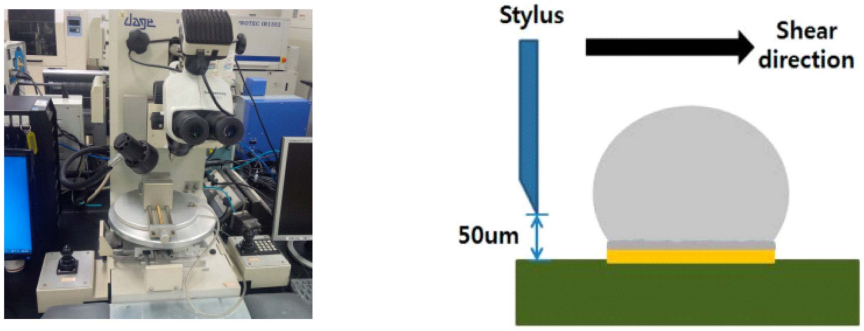
Table 8. Kinds of physical test for solder of soldering process

Before soldering	After soldering
- Chemical composition analysis - Grade of sphericity - Size and uniformity	- IMC(intermetallic compound) : solder joint interface inspection - bonding strength(Shear test, pull test) : JEDEC JESD22-B117 - Void inspection(X-ray) : IPC-7095A - Reliability test(thermac shock, vibration, impact, constant temperature and humidity) : IPC-TM-650



(a) Sn-2.5Ag-0.5Cu Solder used by virgin tin metal (b) Sn-2.5Ag-0.5Cu solder used by recycled tin metal

Fig. 3. Specimens for shear strength test of solder ball used by virgin and recycled tin metal.

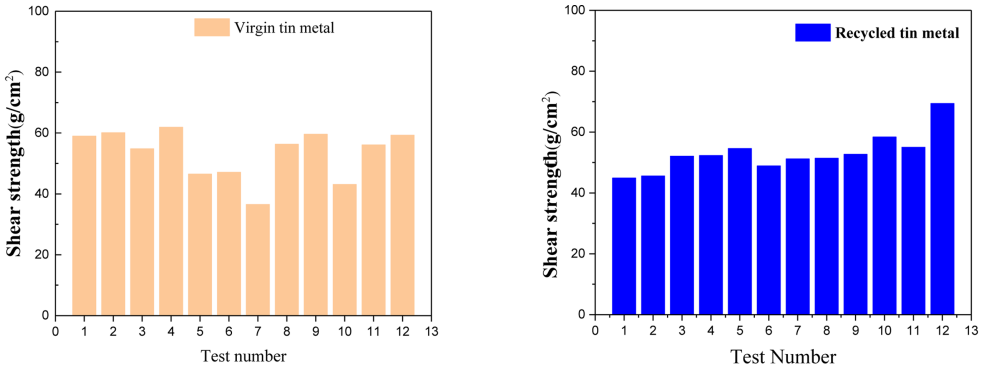


(a) Shear strength test machine (b) schematic test condition of shear test

Fig. 4. Shear test machine and test condition of solder ball after reflow process.

는 큰 차이가 없음을 알 수 있으며, Fig. 4의 전단강도 시험 장치를 이용하여 솔더링 공정 후의 접합강도 시험을 진행하였다. 전단강도는 접합면으로부터 전단 높이가 50 μm, 전단 속도는 200 μm/s의 속도로 전단력을 측정하여 Fig. 5에 그 결과를 나타내었다.

Fig. 5에서 천연자원주석과 재활용 주석소재의 전단강도 시험결과에서 보여지듯이 천연자원 주석을 이용한 솔더 볼의 전단강도는 평균 약 53.36 kg/mm^{2}이였으며, 재활용 주석을 이용한 솔더볼의 전단강도는 평균 약 53.056 kg/mm^{2}의 전단강도를 나타내었다. 두 솔더 볼의



(a) Sn-2.5Ag-0.5Cu Solder used by virgin tin metal (b) Sn-2.5Ag-0.5Cu solder used by recycled tin metal

Fig. 5. Results of Shear strength test of solder ball used by virgin and recycled tin metal.

전단강도를 비교했을 때 천연자원 주석과 재활용 주석을 이용한 솔더 볼의 전단강도는 차이가 없는 것으로 관찰되었다.

4. 결언 및 제언

본 논문에서는 천연자원으로부터 얻어진 주석과 스크랩으로부터 재활용된 주석 소재의 국내·외 품질기준 현황과 성능 특성 평가를 통해 국내 재활용 주석 소재의 사용 특성을 알아보았다. 국내 품질기준은 천연자원 주석과 재활용 주석 소재의 품질기준 현황이 따로 존재하며 납, 안티몬, 비소, 구리 및 철의 5개 불순물에 대한 제한치를 적용하고 있다. 일본, 미국 및 영국에서는 재활용 주석에 대한 다른 규격은 없으며 천연자원 주석에 대한 규격으로 사용되고 있는 것으로 파악되었으며, 보다 더 많은 불순물에 대한 함량 규정을 담고 있다.

천연자원 주석과 재활용 주석소재의 성분 분석, 열적 성질 그리고 솔더 볼 적용을 통한 성능 테스트를 종합하여 비교해 보면 천연소재와 재활용된 주석 소재간의 차이점은 없는 것으로 판단된다. 그러나 본 논문에서의 성능 테스트는 주석소재가 사용되는 일부분에서의 개략적인 성능 특성 평가만을 다루고 있기 때문에 다른 적용 분야에서의 성능 평가가 더 연구 되어야 할 것으로 생각된다.

이와 더불어 재활용 금속 소재에 대한 산업계 및 사회 인식 개선을 위해서는 다양한 금속 재활용 제품의 특성 평가를 통해 재활용 소재에 대한 인식 개선이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 2018년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제(No. 20185210300010)로서 이에 감사드립니다.

References

1. Korea Institute of Energy and Resources, 1984 : Rare metals and Advanced Technology, pp. 1-4, Korea Institute of Energy and Resources, Korea.
2. Ministry of Trade, Industry and Engery, 2009 : Rare metal industry development measures.
3. Ministry of Environment, 2009 : Waste metal resources recycling measures.
4. Lyung-Joo Kim, Ho-Jung Shin, and Hong-Yoon Kang, 2016 : Investigation and Analysis for Status of Urban Mining Industry in Korea, J. of Kor. Inst. of Resource Recycling, 25(5), pp.3-13.
5. Good Recycled Products Information System, www.buygr.or.kr, October 25, 2019.
6. Korean Agency for Technology and Standards, 2014 : Tin metal, KS D 2305.
7. Korean Agency for Technology and Standards, 2017 : Recycled Tin, GR D 0009-2017.
8. Japanese Standards Association, 1996 : Tin Metal, JIS H 2108:1996.
9. American Society for Testing and Materials, 2005 : Standards Specification for Pig Tin.
10. British Standards Institution, 1996 : Tin and tin alloy. Ingot tin.
11. Korea-Material Flow Analysis, http://k-mfa.kr/

김 용 환

• 현재 한국생산기술연구원 융합공정소재그룹 수석연구원
• 당 학회지 제25권 4호 참조

손 성 호

• 현재 한국생산기술연구원 표면처리그룹 수석연구원
• 당 학회지 제25권 4호 참조

신 호 정

- 현재 한국생산기술연구원 자원순환기술 정책실 실장
- 당 학회지 제25권 5호 참조

한 철 웅

- 현재 한국생산기술연구원 융합공정소재그룹 연구원
- 당 학회지 제25권 4호 참조

박 성 철

- 현재 한국생산기술연구원 표면처리그룹 연구원
- 당 학회지 제25권 4호 참조

이 만 승

- 현재 목포대학교 신소재공학과 교수
- 당 학회지 제11권 1호 참조

학회지 광고게재 안내

격월로 년간 6회 발간되는 한국자원리싸이클링 학회지에 광고를 게재하고 있습니다. 알찬 내용의 학회지가 될 수 있도록 특별회원사 및 관련기업에서는 많은 관심을 가지고 협조하여 주시기 바랍니다. 광고게재 비용은 아래와 같으며, 기타 자세한 내용 및 광고게재에 관해서는 학회로 문의하시기 바랍니다.

	칼라인쇄 (1회)	흑백인쇄 (1회)	1년 6회 게재 기준			
			칼라 인쇄		흑백 인쇄	
			일 반	특별회원사	일 반	특별회원사
앞표지 안 쪽	50 만원	30 만원	180 만원	140 만원	130 만원	100 만원
뒷표지 안 쪽	50 만원	30 만원	180 만원	140 만원	130 만원	100 만원
뒷표지 바깥쪽	60 만원	40 만원	200 만원	150 만원	150 만원	120 만원
학회지 안(내지)	30 만원	20 만원	100 만원	80 만원	80 만원	50 만원

※Film을 주시는 것을 기준으로 책정된 금액입니다.