

# 알루미늄캔의 재활용 관련 기술

## (Recycling Technology of Used Beverage Can)



강석봉

(KIMM 재료기술연구부)

- '72. 2 서울대학교 금속공학과(학사)
- '74. 2 - '69. 2 동국제강, 삼미중합특수강, 한국중공업 근무
- '79. 3 - '81. 2 한국과학기술원 재료공학과(석사)
- '82. 9 - '86. 8 한국기술원 재료공학과(박사)
- '80. 12 - 현재 한국기계연구원 책임연구원



이정무

(KIMM 재료기술연구부)

- '85 - '89 서울대학교 금속공학과(학사)
- '89 - '91 서울대학교 대학원 금속과(석사)
- '91 - 현재 한국기계연구원 선임연구원



김성준

(KIMM 재료기술연구부)

- '76 - '80 서울대학교 금속공학과(학사)
- '80 - '82 한국과학기술원 재료공학과(석사)
- '85 - '90 미국 Univ. of Illinois at Urbana-Champaign 금속공학과(박사)
- '94 - '95 일본금속재료기술연구소 STA Fellow
- '82 - 현재 한국기계연구원 책임연구원

### 1. 서론

지구환경문제의 근본 원인은 현대의 물질문명에 기인한다. 인류는 그들이 이룬 과학 기술 성과를 바탕으로 물질적 충족과 삶의 쾌적성을 추구하기 위해 지구에 존재하는 유한한 화석연료와 금속자원 등을 일방적으로 소비함으로써 온난화, 오존층 파괴, 산성비, 삼림파괴 등 다양한 환경 문제를 일으키고 있다. 냉전 후 지구환경 문제가 서서히 부각되기 시작하였고 현재에는 인류공동의 과제로 인식되고 있다. 전세계 인류는 앞으로 닥쳐올 환경의 재앙에 적극적으로 대응하여 지구생명권의 중대한 위기를 해결하는 지혜와 노력을 요구받고 있음을 오늘에 살고 있는 우리는 인지하여야 할 것이다.

환경문제에 있어서 자원 재활용(Recycling)은 가시적인 효과를 얻을 수 있는 가장 효율적이고 중요한 분야이다. 우리가 주목해야 할 부분은 사용후 폐기단계에서의 재활용으로서, 재사용(Reuse)과 재활용(Recycling)분야이다. 특히 이 중에서 포장폐기물 분야의 재활용 촉진 운동은 선진국에서도 대부분 '90년대 들어서 본격화되기 시작하였다.

본 고에서는 각종 포장폐기물(금속캔, 유리병, PET병, 종이팩 등)중에서 가치가 높은 알루미늄캔의 재활용을 위하여 알루미늄캔용 소재의 생산과 관련된 기술에 대하여 검토하고 문제점 등을 분석해 봄으로써 폐 알루미늄캔의 재활용 효율을 향상시키고자 한다. 특히 우리나라도 알

루미늄캔 소재가 국산화되기 시작하는 단계이므로, Can에서 Can으로(Can to Can)의 재활용 시스템(Recycling System) 구축에 따른 제반 기술적 사항들을 검토하는 것은 시기적으로도 적절한 과제라고 생각된다.

## 2. 폐 알루미늄캔의 재활용

### 2.1 재활용 촉진 제도

폐 음료 캔(Used Beverage Can : UBC)은 포장폐기물(금속캔, 유리병, PET병, 종이팩 등)의 일종에 해당된다. 포장폐기물은 수집된 전량 재활용이 가능하고 극히 일부 품목을 제외하면 경제성면에서 유리하며 매립, 소각을 피할 수 있어 환경보전에 기여함은 물론 자원의 절약, 고용효과등 국가 경제발전에 도움을 준다. 선진 세계 각국은 독일의 Green Dot System을 모델로 각기 자기나라 실정에 맞는 포장폐기물관리법을 제정하고 포장폐기물 재활용촉진에 노력하고 있다. 독일, 프랑스 등 유럽과 일본 등에서는 '90년경부터 폐기물관리법에서 분리된 포장폐기물관리법이 제정되어, 포장폐기물을 매립, 소각하기에 앞서 반드시 선별 처리하여 재활용하도록 규정하고 있으며 별도의 전담기구로 하여금 이를 총괄(수집, 선별, 처리 및 재활용)하도록 유도하고 있다.

우리나라의 경우 자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률('92. 12. 8 법률 제4538호)을 제정, 시행하므로써 범 국가적인 차원에서 재활용촉진 사업을 추진하고 있다<sup>[1]</sup>. 이 법률은 산업 및 소비활동에 의한 폐기물발생이 급증함에 따라 폐기물 감량화 및 재활용 촉진을 위하여, 음료용기, 타이어, 가전제품 등 5종 11개 품목에 대해 제조, 수입자가 폐기물예치금을 사전에 납부하고 회수, 처리실적에 따라 예치금을 환불해주는 폐기물예치금제도이다. 예를 들면 금속캔의 경우 뚜껑 부착형과 뚜껑 분리형은 각각 개당 2

원과 4원의 회수처리 비용의 예치금을 부과하는 것으로 명시되어 있다.

한편 금속캔 재활용을 위하여 소재업계(포함 종합제철 등), 제관업계(한일제관 등) 및 식·음료업계(롯데 칠성음료 등)가 주축이 되어 설립금(22억원)을 각출하여 '94년 5월 한국 금속캔 재활용협회를 창립하였다<sup>[1]</sup>. 본 협회는 폐캔 회수처리가 주된 사업으로, 안양센터를 운영하고 있으며, 이 센터의 '96년 폐캔 회수처리계획은 4,100만개이었다. 또한 (사)한국금속캔 재활용협회, (사)한국폐유리재활용협의회, (사)한국플라스틱 재활용협회, (사)한국발포스틸캔재활용협회, 한국 PET용기협의회, 한국우유팩재활용협의회 등의 식·음료 재활용협회가 연합협회를 구성하여 포장용기류 종합 재활용 센터 설립 및 운영을 준비하고 있다. 한국포장용기 재활용단체협의회 사업 범위는 조사·연구사업 공동추진, 교육·홍보사업, 재활용 촉진기금 확보 및 관리, 재활용 폐기물(포장용기)의 공동수집, 운반, 재활용사업 등이다.

### 2.2 음료용기 재활용 시스템 구축방안<sup>[2]</sup>

모든 재활용 가능 자원은 각 품목별로 그 품목에 대한 재생가치가 극대화되고, 수요·공급의 조절, 소비확대 등이 이루어지도록 노력이 경주되어야 한다. 이를 위하여 용기의 원료업자(소재 제조업자), 용기 제조업자의 협조·지원이 가능하도록 제도화가 병행되어야 한다. 소비자는 분리배출 의무부담, 지방자치단체는 수집·선별 의무부담, 관련기업은 회수·처리 비용부담, 중앙정부는 관련 정책수립·관리 및 상호조정역할을 수행하여야 한다. 또한 재생산업의 활성화를 위하여 관련기업, 중앙정부, 지방자치단체등이 공동으로 지원하는 체제 구축이 필요하다.

각 품목별 특수성에 따라 설립된 재활용 가능 자원을 원료로 하는 공장(재처리 설비 포함)은, 안정된 원료공급이 보장되고 결손이 예상되는

품목에 대한 보상대책이 마련되고 안정된 판매가 가능하다면, 민간 차원에서 설비투자가 가능할 것이며 정부에서는 이를 장려하여야 할 것이다. 즉 수집된 재활용자원은 ①적절한가격, ②안정된 공급량 보장, ③수요자가 원하는 품질 유지, ④수요자의 자세(같은 조건이면 수입하지 않으려는 노력)등 유기적인 체계구축이 이루어져야 한다. 재활용가능 자원은 일반 제품과 같은 자유 경제체계의 순환보다는 확일적이고 인위적인 순환체계(외부 속성체계) 구축이 필요하다. 따라서 모든 재활용가능 자원은 수집단계, 선별단계, 처리단계, 재생단계별로 일정한 유통로를 따라 유통(또는 이동)되어야 할 것이며, 각 품목에 대한 적절한 목표율을 설정하여 목표율 달성 책임자(또는 단체) 선정과 그에 따른 권리 부여는 물론 적절한 인센티브 부여 등 심도있는 제도 마련이 필요하다.

### 2.3 UBC의 용도

세계적으로 음료시장 확대는 경제 발전 과정과 맥을 같이 한다. 산업이 발달하고 GNP가 늘어 나면서 맥주 소비량 확대, 기호 음료, 건강 음료 등이 늘어 나고 생수 시장이 확대되면서 시장 규모가 절정을 이루었는데, 여기에 다시 맥주시장이 확대되고 기호 음료, 건강 음료 등이 가세하므로써 제2의 소비량 확대를 가져오게 되었다. 우리나라도 1980년대초부터 경제 발전과 더불어 음료 소비가 연평균 10% 정도의 신장세를 지속하고 있다. 표 1)에 보인 바와 같이

우리나라는 종이팩, 유리병이 연평균 2~3% 신장하는 반면 금속캔, PET병은 15~20%의 신장세를 유지하고 있으며 금속캔 중에서도 알루미늄캔의 신장율은 18%로 아주 높다. 표 2)에는 1994년부터 2000년까지 우리나라의 금속캔 소비량을 보여 주는 것으로, 막대한 재활용 가능자원이 매년 지속적으로 배출되며 이에 대한 재활용 촉진 노력이 절실히 요구된다. 현재 금속캔의 재활용율은 25%의 낮은 수준에 머물러 있는데, 정부에서는 2000년에는 이를 50% 수준으로 증가시킬 방침을 세우고 있다<sup>[2]</sup>.

표 1. 음료용기의 최근 5년간 연평균 소비증가율 (단위 : %)

	금속캔			유리병	PET병	종이팩	비교
	알루미늄	스틸	계				
증가율	18	14	15	3.5	2.2	2.5	

한편 일본은 1994년도 알루미늄의 총수요가 394만톤이고, 그 중에서 알루미늄캔 재료는 10%인 약 40만톤이었다. 그 내역은 알루미늄캔용으로 약 30만톤, 스틸캔의 뚜껑용으로 약 10만톤이 공급되었다. 스틸캔의 뚜껑은 대부분이 알루미늄이고, 그 총중량은 10만톤에 달하는 것으로 추정되지만, 현재 스틸캔에서 뚜껑 부분만을 분리하여 유효하게 재활용시키는 방법은 없다. 이들 음료용 금속캔의 유통량을 갯수로 나타내면 알루미늄캔이 148억개, 스틸캔이 222억개, 합계 370억개이었다. 최근 수년간 일본의 알루미늄캔

표 2. 금속캔 소비량

(단위 : 백만개, 천톤)

구분	연도	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
		금속캔	수량	5,501	6,051	6,656	7,321	8,053
	중량	319	357	392	432	475	522	574

표 3. 일본의 알루미늄캔 소비량 추이

(단위: 10억개)

	1991	1992	1993	1994
Aluminium Can	10.2 (112%)*	11.2 (110%)	11.2 (105%)	14.8 (125%)
Steel	20.7 (104%)	20.4 (99%)	20.0 (98%)	22.2 (114%)
Aluminium Can	30.9 (107%)	31.7 (103%)	31.8 (100%)	37.0 (117%)
Aluminium Rate	33.1%	35.5%	37.0%	40.0%

\* (%) : 전년대비 증가분

소비량 추이를 표 3에 나타내었다<sup>[3]</sup>.

일본의 ACRA(Aluminium Can Recycling Assciation)의 조사에 의하면 1994년도에 알루미늄캔의 총유통량은 247,815톤(16.7g/캔x148.5억캔)이고, 재생 이용율은 151,153톤으로 UBC의 재생 이용율은 61.1%에 달하였다. 2000년의 UBC의 재생 이용율의 목표는 통산성의 행정지침을 배경으로 일본 알루미늄캔업계에서 70%로 결정하였다<sup>[3]</sup>.

일본에서는 회수된 UBC의 용도가 알루미늄캔 재료용 40%, 주물 및 다이캐스팅용 40%, 탈산재용 20%로 추정된다. 이것이 장래에도 같은 비율로 계속된다고 생각하기 어렵다. 우선 위의 용도중 탈산재로의 수요는 철강 생산량에 비례하는 것으로, 철강 생산은 산업구조의 변화에 영향을 받으므로 과거처럼 큰 성장을 기대할 수 있는 상황을 아니기 때문이다. 한편, 주물 및 다이캐스팅은 약80%가 자동차 산업에 치우쳐 있다. 자동차 산업은 엔고의 영향을 받아 생산거점을 해외로 이동한 때문에 주물 및 다이캐스팅의 일본 국내수요는 감소하였다. 따라서 나머지 알루미늄캔용의 수요를 늘리는 것이 향후 증가하는 UBC를 흡수하는 길이다. 통산성이 2000년

재생 이용율의 목표로서 70%의 회수율을 정하고, 아울러 Can to Can의 비율을 현재의 40%에서 60%까지 확대한다고 결정한 것은 이러한 판단에 근거한 것이다. 이와는 별도로 Can to Can이 바람직한 이유로서 UBC의 합금비율을 들 수 있다. Mg, Mn등 합금중의 미량성분을 가장 유효하게 이용하는 방법으로서 원래의 알루미늄캔으로 되돌리는 것이 최선이라는 것은 말할 필요도 없다.

이러한 배경을 고려하여 볼 때 우리나라도 알루미늄 UBC의 발생량이 최근 급상승하고 있지만, 철강 및 자동차 업계의 추세에서 보면 향후에도 수요가 계속될지가 의문시된다. 따라서 이 시점에서 Can to Can의 착실한 사업전개가 필요하다고 생각되며 이에 관한 기술적 사항들에 국한하여 아래에 기술하였다.

## 2.4 Can to Can의 기술 추세

### 2.4.1 Can to Can를 위한 재활용 배경

폐 음료 캔(UBC)의 재생은 알루미늄캔의 발전과 가격인하에 있어서 중요하다. 신지금의 대

부분을 수입에 의존하는 가운데, 신지금 생산에 필요한 에너지의 3%로 지금을 재생산할 수 있는 것은 지금가격을 낮출 수 있을 뿐만 아니라, 공급을 안정시키는데 큰 효과를 얻게 된다. 일본에서는 출하된 캔의 42%인 약 6만톤이상이지만, 미국에서는 61%인 약 77만톤이 현재 각각 회수 재활용되고 있다. 유럽권에서는 일본의 알루미늄 음료캔의 소비량과 비슷한 약 150억개를 소비하고 있는데, 스웨덴이 국책으로 82%를 회수하고 있는 것을 제외하면 그 회수율은 아직 6%에 지나지 않지만 각국에서 회수율을 높이기 위한 제도 연구가 폭 넓게 전개되고 있다.

회수율이 높아지면 재생지금이 과잉유통될 우려가 있다고 생각된다. 즉 body재에 3004, end재에 5182와 다른 합금을 조합시키기 때문에, 재생지금의 화학성분이 두 합금을 3:1로 혼합한 것과 같은 조성이 되기 때문이다. 또 회수시에 유입되는 스틸캔, 도료 그 외의 이물질로 인해 Si, Fe, Zn, Ti, Sn등의 함량이 비정상적으로 높은 재생지금이 발생하고 재이용에 한계가 있다

고 생각될 경우도 있다. 이러한 상황이 그렇게 큰 문제가 되지 않는 것은 회수와 재생의 기술 진보로 해결될 수도 있지만, 회수율이 아직 낮기 때문이라 생각된다. 소재를 만드는 압연 제조회사를 중심으로 한 모든 알루미늄캔의 금속 균형(metal balance)은 용해 손실과 무관하게 생각해 보면 대강 그림 1과 같이 된다<sup>[4]</sup>.

Body재와 end재의 질량비는 거의 3:1로 질량 600에 상당하는 3004합금의 body재와 질량 200에 상당하는 5182합금의 end재에서 질량 640에 상당하는 복합 합금조성을 가진 캔이 만들어져 소비자에게 보급된다. 압연제조회사는 생산 공장 자체의 스크랩과 신지금을 합치고, 회수된 UBC의 재생피를 배합해서 2종류의 합금을 제조한다. 그때 3004합금에는 질량 380상당의, 5182합금에는 질량 50상당의 UBC재생피를 각각 배합할 수 있다. 신지금으로 첨가되는 알루미늄은 합금조성을 일정하게하기 위해서 첨가하는 Mn, Mg등의 중간 합금에 포함되어진 것이다. 여기서 제관 회사에서 회수한 body재를  $\alpha$ , end재를

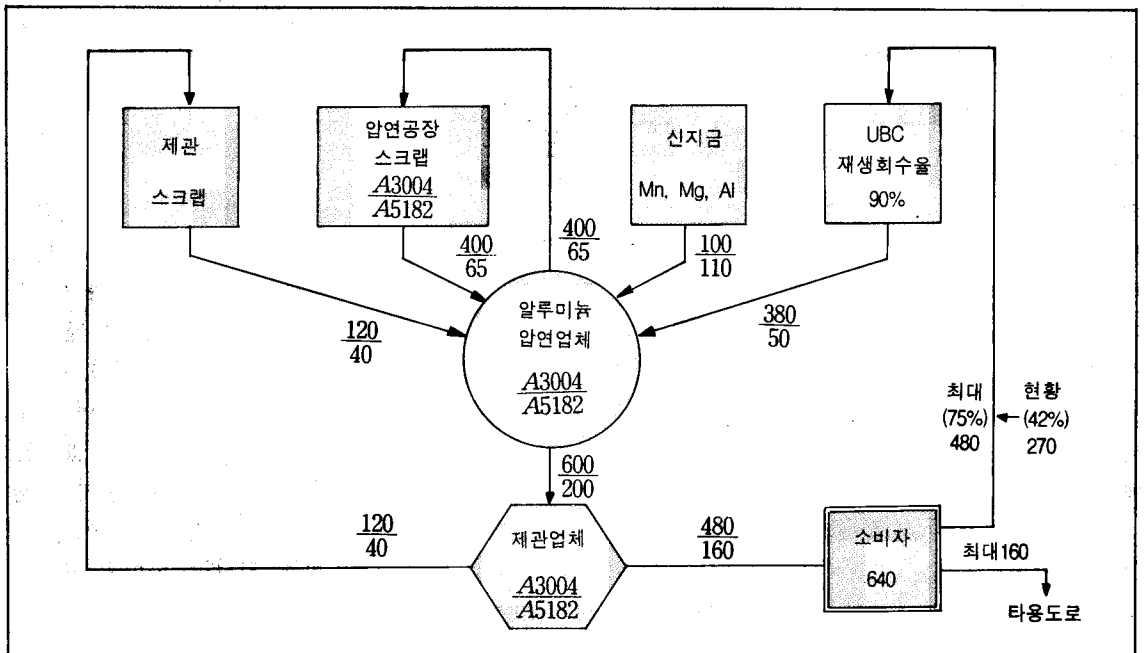


그림 1. 모든 알루미늄캔의 재생에 있어서의 금속 균형(metal balance)

$\beta$ , UBC의 재생 회수율을  $\gamma$  라고하면, 재이용하는 UBC의 최대 회수율  $X$ 는 아래식으로 구할 수 있다.

$$X = \frac{380/480 \times 600\alpha + 50/160 \times 200\beta}{\gamma(600\alpha + 200\beta)}$$

그림 1에서  $\alpha = \beta = 0.8$ ,  $\gamma = 0.9$ 로써  $X = 0.75$ 가 된다.

제조캔의 회수율을  $\alpha = \beta = 0.85$ 로 하여도  $X$  값은 크게 변하지 않는다. 즉 출하된 캔의 75%가 회수되기까지 모든 알루미늄캔만을 재생하여도 과잉유통은 일어나지 않게 된다. 회수율이 75%를 넘으면, 시중에는 최대로 질량 160상당의 UBC가 남게 되지만, 이것은 현재 모든 알루미늄캔의 약 2배에 달하는 스틸재 음료캔의 easy open end(EOE)재와 그 외의 용도로 활용할 수 있다. 알루미늄캔을 80억 개라고 할때, 스틸재 음료캔 160억개의 절반에 5182합금의 end재를 사용하면 출하된 알루미늄캔의 82%를 다시 캔재로 이용하는 것이 가능하다. 만약, 알루미늄캔이 배로 증가해서 스틸 음료캔과 같은 수의 160억개가 되었다고 하면 캔재로 재활용할 수 있는 것은 출하된 알루미늄캔의 78%가 된다. 이 때 UBC를 100%회수한다고 하면, 22%에 해당되는 약 6만톤에 달하는 재생피가 남게된다. 재생회수가 0.95로 향상되면 그 양은 25%에 해당되고 연간 7만톤이 넘게 증가하지만 이것은 연간 300만톤을 초과하는 알루미늄이 다른 용도로 충분히 전용할 수 있다고 생각된다. 알루미늄캔의 가격을 인하하기 위해서는 이 과잉유통분도 다시 캔재로 이용하는 것이 바람직하다. 그러기 위해서는, UBC재생피의 배합율을 높일 수 있는 새로운 합금을 개발해서 실용화하는 것이 장래에는 필요할 것이다.

재생을 확대하기 위해 현시점에서 결정하지 않으며 안될 문제는, 가격적으로 이익을 얻을 수 있는 회수체제와 재생기술을 개발, 확립하는 것이다. 이물질이 유입되지 않게 회수하고, 유입된 이물질을 선택제거해서 오염이 적은 재생피

를 얻는 기술, 재생회수의 개선, end용 합금과 body용 합금의 분리 회수기술, 재생과 조피의 연속화등 이미 있는 기술의 적용이나 새로운 기술 개발을 가장 합리적인 체제로 확립하는 것이 필요하다. 재생을 포함한 모든 알루미늄캔의 제조 공정에서 생산 가격을 고려해 볼때, body재와 end재를 동일 합금(unialloy)으로 하고 있는 Coors사의 제조 방식이 참고가 될지도 모른다<sup>[5,6]</sup>. Coors사는 자사의 UBC를 회수 재생, 압연해서 캔을 만들고, 맥주를 채워서 보내고 있다. Unialloy에 의한 소재의 품질특성은 실용상 문제가 없는 수준으로 개선된 듯하다<sup>[7,8]</sup>. 자가 사용이기 때문에 품질관리의 자유도가 크다는 사실이 이 새로운 체제를 가능하게 했다고 생각할 수도 있다. 박육화나 고강도를 목표로 보다 엄격한 품질의 안정화를 추구하는 상태에서는 소재의 제조방법이 특수한 unialloy에 구애될 필요는 없지만, 알루미늄캔의 이점은 재생을 포함한 전유통과정을 제어하는 것에서 생긴다고 하는 Coors사의 주장에서 배울만한 것이 있다고 생각된다.

#### 2.4.2 일반적 처리 공정

Can to Can의 일반적 처리 공정의 대표적인 예로서 미국의 Reynold사 방식을 도입한 일본의 Mitsubishi Material사 방식을 그림 2에 간단히 나타내었다<sup>[3]</sup>. 국내에서도 대성금재(주)가 이 공정의 일부에 해당하는 설비를 설치하여 금년부터 생산에 돌입할 계획을 수립하고 있다. 이 제조 공정은 입지조건 때문에 공정 분리에 의한 손실이 있어 이상적이라고는 말할 수 없지만, 재생피 성분이 알루미늄캔의 body재로서 적정하고 안정적으로 마무리되는 점에 특징이 있다. 기술적으로 간파해서는 안되는 사항중 하나는 알루미늄캔의 표면에 인쇄 마무리를 개선하기 위하여 티탄백(titanium white)을 바닥 코팅하기 때문에 Ti의 함량이 문제이고 이로 인해 Can to

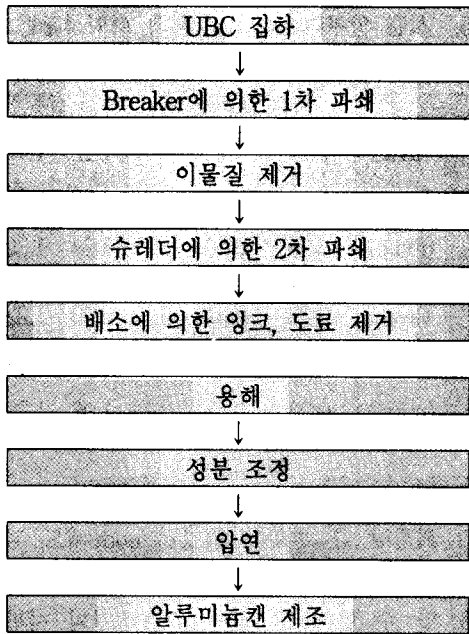


그림 2. Can to Can의 일반적 처리 공정

Can에 지장을 줄 염려가 있다. 그러나 최근에 이르러 연마재 등의 기계적 방법이나 박리촉진제에 의해 도료를 제거하는 방법등이 발표되었지만 상세하게는 밝혀지지 않았고 평가는 향후의 문제이다.

### 3. 알루미늄캔용 소재 제조 기술

#### 3.1 합금성분 규격

캔재에 사용되는 주요한 알루미늄합금을 표 4에 나타내었다. Body재로는 Mn과 Mg을 주합금 성분으로 하는 3000계합금, end재와 tab재로는 Mg을 주합금성분으로 하는 5000계합금이 있다. 이중 body재에는 3004, end재에는 5182 또는 5052, tab재에는 5082 또는 5182 합금이 많이 사용된다. Body재용의 3104합금은 재생에 적당한

표 4. 캔재로 사용되는 알루미늄 합금의 미국규격

(단위 : 중량%)

용도	명칭	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
body	3004	0.30	0.7	0.25	1.0-1.5	0.8-1.3	-	0.25	-	bal.
	3004A	0.40	0.7	0.25	0.8-1.5	0.8-1.5	0.10	0.25	0.05	bal.
	3104	0.6	0.8	0.05-0.25	0.8-1.4	0.8-1.3	-	0.25	0.10	bal.
end	5052	0.25	0.40	0.10	0.10	2.2-2.8	0.15-0.35	0.10	-	bal.
	5082	0.20	0.35	0.15	0.15	4.0-5.0	0.15	0.25	0.10	bal.
	5182	0.20	0.35	0.15	0.20-0.50	4.0-5.0	0.10	0.25	0.10	bal.
	5352	Si+Fe	0.45	0.10	0.10	2.2-2.8	0.10	0.10	0.10	bal.
	5017	0.40	0.7	0.18-0.28	0.6-0.8	1.9-2.2	-	-	0.09	bal.
tab	5042	0.20	0.35	0.15	0.20-0.50	3.0-4.0	0.10	0.25	0.10	bal.
	5082	0.20	0.35	0.15	0.15	4.0-5.0	0.15	0.25	0.10	bal.
	5182	0.20	0.35	0.15	0.20-0.50	4.0-5.0	0.10	0.25	0.10	bal.

합금으로서 1978년에 미국 알루미늄 협회(AA)에 등록되었다. 또한 1985년에는 3104합금과 3004합금과의 중간 조성을 가진 합금이 3004A 합금으로 등록되었다. 이중 JIS규격으로는 3004합금이 규정되었다. End재의 5052합금과 5352합금은 용접 또는 접착에 의한 스틸제 3종캔과 같이 캔 내압이 대기압보다 적은 음내압 캔에 이용되고, 양내압을 필요로 하는 DI(drawing & ironing)캔에는 사용되지 않는다. 이산화탄소가 스나 질소가스와 함께 충전되는 음료에는 캔내압이 5-7기압(1기압= 1.013×10<sup>5</sup>Pa)에 달하는 것이 사용되고, end재에는 높은 강도를 얻을 수 있는 5182합금이 한결같이 사용되고 있다.

5017합금은 미국 Coors사가 100% 회수하여 개발 실용화한 것이므로, end재를 동일 조성으로 만들기 위한 합금이다. 쉽게 열 수 있는 뚜껑(easy open end) 개구부의 손잡이가 되는 tab재에는 5082합금이 사용되어져 왔지만, 최근 국내에서도 보급되기 시작한 stay-on-tab용에는 비용과 가공성의 관점에서 5042합금이 채용되는 경우가 많다. End재와 tab재용의 합금으로 JIS규격인 것은 5052, 5082와 5182 합금이다.

표 5. 시판 알루미늄캔 body재의 화학성분변화

연도		Si	Fe	Cu	Mn	Mg
1975	(ave.)	0.16	0.42	0.12	1.12	1.17
	(min.)	0.13	0.29	0.09	1.00	0.98
	(max.)	0.20	0.50	0.15	1.24	1.30
1987	(ave.)	0.23	0.44	0.19	0.99	1.22
	(min.)	0.16	0.39	0.12	0.92	1.08
	(max.)	0.29	0.47	0.24	1.06	1.38

시중에 유통되고 있는 알루미늄캔을 분석해보면 의견상 큰 변화가 없었던 body재도 과거 20년간 조금씩 화학성분의 함유량이 변화해 왔음을 알 수 있다. 표 5는 1975년 경의 시판캔 13종류<sup>(9)</sup>와 1987년 경의 시판캔 12종류의 body재 화학성분의 함유량을 평균치와 최대 또는 최소치로 비교한 것이다. 1975년 경에는 모두가 3004합금으로 Si, Cu가 조금 적게 함유된 합금이 사용되었으며, 1987년 경에는 Mn이 적은 3104합금과 Mg이 많은 3004A에 상당하는 합금

표 6. 시판 알루미늄캔에 사용되고 있는 재료의 화학성분

용도	기호	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Al	상당합금
body	A	0.17	0.34	0.12	0.98	0.97	0.02	0.04	Bal.	3104
	B	0.13	0.37	0.10	1.04	1.18	0.02	0.02	Bal.	3004
	C	0.22	0.38	0.21	0.96	1.49	0.03	0.07	Bal.	3004A
	D	0.30	0.40	0.25	1.04	1.36	0.02	0.17	Bal.	3004A
end	A	0.10	0.33	0.05	0.33	4.74	0.02	0.01	Bal.	5182
	B	0.11	0.34	0.02	0.45	4.77	0.02	0.01	Bal.	5182
	C	0.11	0.24	0.04	0.25	4.72	.04	0.03	Bal.	5182
	D	0.10	0.22	0.03	0.23	4.54	0.04	0.03	Bal.	5182
	E	0.07	0.22	0.02	0.12	4.81	0.10	0.01	Bal.	5182
	F	0.08	0.23	0.04	0.39	4.55	0.03	0.03	Bal.	5182
	G	0.12	0.19	0.03	0.22	4.56	0.03	0.01	Bal.	5182



이 사용되었고 불순물로 취급되는 Si, Fe이 다량 함유되어 있는 합금이 증가하고 있다. 이러한 경향은 1984년의 조사로도 이미 밝혀졌다<sup>[10]</sup>. 이러한 화학성분 함유량의 변화는 사용한 캔의 재생으로 인한 보급량의 증가와 재료강도를 조금씩 상승시킨 결과이고, 이로 인해 도장 소부 후의 항복강도가 처음에 비해 10-20MPa 정도 상승하였기 때문이다. 최근에는 표 6에 나타난 것처럼 Mg, Cu, Si등을 더욱 증가시켜 고강도를 겨냥한 합금이 일부에서 사용되고 있다. 한편 end재는 5082합금에서 5182합금으로 대체되었고, 고강도화를 위해 Mg양을 더욱 높게 한 것이 실용화 되고 있다.

### 3.2 조대 금속간 화합물의 제어

고속, 대량의 알루미늄캔 제관 생산공정에서 종종 문제가 되는 것은 가공열처리에서 제어한 금속조직의 성형가공성보다도 오히려 성형가공에 있어서 파단기점이 되는 조대한 금속간 화합물이나 비금속개재물의 혼재이다. 그림 3은

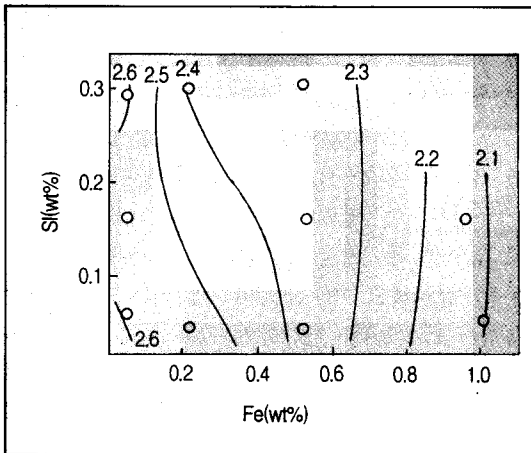


그림 3. 3004합금판의 인발균열 강도에 미치는 Fe, Si의 영향<sup>[11]</sup>  
(그림중의 수치는 인발균열 강도 (1kgf=9.8N)를 나타낸다.)

3004합금판의 인발균열 강도에 미치는 Fe, Si의 영향을 보이고 있다. Fe 함량이 증가함에 따라 인발균열강도가 저하되는 것은 금속간화합물이 많아지기 때문이다<sup>[11]</sup>. Body재에 함유된 조대한 Al-Mn-Fe-Si화합물( $\alpha$ 상)은 ironing면에서 공구와의 소착을 방지하기 위해 필요하지만, 한편으로 ironing가공이나 flange 가공시에 파단의 기점이 되므로 그 크기나 분포를 잘 제어해 줄 필요가 있다. 이 금속간화합물의 크기가 어느 정도부터 유해한지 정확한 자료는 밝혀져 있지 않지만 경험적으로 15-20 $\mu$ m를 넘는 것은 좋지 않다고 되어 있다.  $\alpha$ 상 입자는, 주괴 용고시에 정출된 Al-Mn-Fe화합물이 550-600 $^{\circ}$ C의 균질화 열처리로 변형된 것이지만, 그 크기는 화학성분에 의해 변화된 것임이 밝혀졌다. 3004합금에서는 Fe와 Mn의 양이 어느 한도(wt.%Fe + 1.070wt.%Mn = 1.707 at 650 $^{\circ}$ C)를 넘게 되면 조대한 Al-Mn-Fe 화합물이 초정도로 생성되지만<sup>[12]</sup> 그 한도량 이하에서도 3004합금에 정출되는 금속간화합물은 Si, Fe, Mn의 양이 증가할수록 커지는 것을 표 7에서 알 수 있다. 또 주괴중의 금속간화합물이 600 $^{\circ}$ C에서 열처리할 경우 잘게 나뉘어져 구상화가 된다. 고온에서의 균질화 열

표 7. Al-1Mg-1Mn합금주괴의 금속간화합물 크기에 미치는 Fe, Si, Mn의 영향

성분	첨가량	주괴표면에서의 거리	
		10	30
Si	0.20	3.36	3.24
	0.30	4.31	4.00
Fe	0.40	3.36	3.24
	0.55	3.85	3.79
Mn	0.85	3.68	2.81
	1.05	3.85	3.21
	1.25	4.13	4.00

표 8. 3004합금주괴의 금속간화합물 크기

열처리	주조조직			600°C × 43.2ks		
주괴표면에서의 거리(mm)	5	10	30	5	10	30
평균입경(μm)	4.50	3.36	3.24	4.92	4.17	3.47

처리에 의해 저온에서 석출한 미세한 금속간화합물은 기지에 용해되고 큰 금속간화합물은 성장하게 되어 그 결과 금속간 화합물의 평균입경은 표8과 같이 변화한다. 더구나 응고조직은 냉각속도에 의해 그 조대함이 변화하므로 주괴 표면 근방과 내부에서의 금속간화합물의 평균입경에는 앞에서 제시한 표 7 및 표 8에서 보인 바와 같이 차이가 있다. Body재에 포함되는 금속간화합물의 크기는 이와 같이 화학성분과 주조조건, 또는 주괴표면의 절삭제거량이나 균질화 열처리조건의 최적화에 의해서 조정되어진다. 금속간화합물의 크기는 그림 4에 보인 바와 같이 평균경이 3.9μm 정도로 15μm를 넘는 것의 존재하지 않는다.

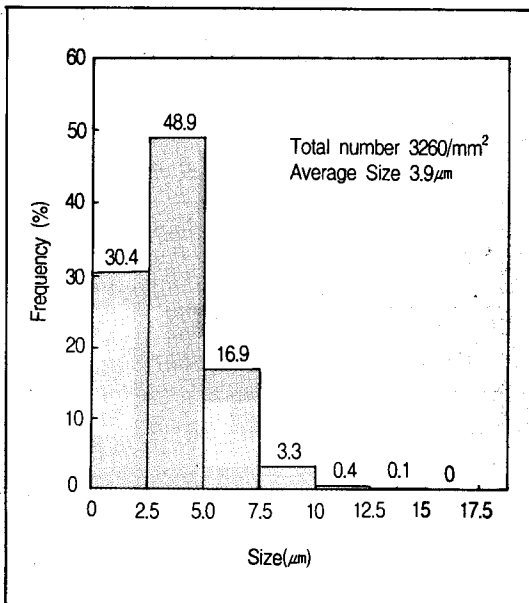


그림4. DI캔 body재의 금속간화합물 입경분포

### 3.3 가공열처리

성형성과 귀발생을 및 강도의 개량을 주안점으로 해서 주괴의 열처리, 압연과 중간소둔등의 조건을 검토한 결과, body재의 제조공정은 표 9에 나타낸 (b), (c), (d)와 같다. 표 10은 표 9에서의 중간열처리 방법을 나타낸 것이다.

그림 5는 2가지 제조공정에 있어서 중간소둔 후의 냉간압연률과 귀발생율의 관계를 나타내고 있다. 열간압연(HR)후 냉간압연에서부터 일괄처리식(batch type)으로 중간소둔(BAT-IA)을 실행하는 (a)공정에서는, 귀발생율을 제어하기위해 그림 5(위의 그림)에서 알수 있듯이 소둔후의 냉간압연률이 60%가 한계인데, 경질재로서 충분한 강도를 얻을 수 없다. 따라서 중간소둔에 급속 가열 - 급속 냉각이 특징인 연속소둔(CAL-IA)을 적용해서 합금성분의 일부를 고용시켜 압연하고 가공조직상에 미세하게 석출시켜서 필요한 강도를 얻는 (b)공정이 채용된다. 표준적인 (c)공정에서는 열간압연에서 2mm 전후의 두께로 압연한 후, 일괄처리식(batch-type)의 중간소둔을 실시하고, 80-85%의 냉간압연을 행하여 특경질을 얻는다. 열간압연 직후 중간소둔을 하여 입방체집합조직을 발달시킬 수 있으므로, 그림 5(아래 그림)에 나타내었듯이 80-85%의 냉간압연이 가능하다. 더구나 연속소둔에 의한 강도 상승의 효과를 이용하여 (d)공정을 박육화용 강도상승재에 이용할 수 있다. 연속식 중간소둔처리를 하면 도장소부처리에서의 시효경화성을 더할 수 있으므로 캔 body재의 강도상승을 도모하는 것에는 좋지만, 성형가공성이 일괄처리

표 9. DI캔 body재의 제조공정

	제조공정	귀발생율	강도	성형성	생산성
(a)	Homo → HR → CR → BAT. IA → CR	△	×	◎	△
(b)	Homo → HR → CR → CAL. IA → CR	△	△	○	○
(c)	Homo → HR → BAT. IA → CR	○	○	○	◎
(d)	Homo → HR → CAL. IA → CR	◎	◎	△	◎

표 10. 3004합금의 석출상태를 변화시키기위한 열처리조건

번호	열처리조건	(IACS%)
No.1	360℃ × 7.2ks 공냉	39.8
No.2	605℃ × 86.4ks 수냉	33.2
No.3	No.2 + 360℃ × 36ks 공냉	34.3
No.4	No.2 + 450℃ × 360ks 공냉	40.4

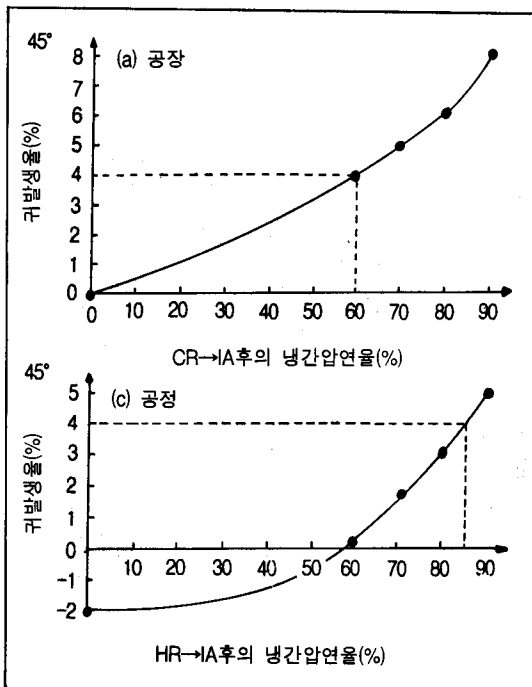


그림 5. 3004합금에서 중간소둔 후의 냉간압연률과 귀발생률의 관계

식의 중간소둔처리재와 다르다는 사실에 유념할 필요가 있다.

최종조질은 어떠한 공정에서도 냉간압연한 상태의 H19가 많다. 그러나 인발과 장출성을 중시하여 캔 body재의 강도상승효과를 얻으려고 할 경우에는 안정화 열처리한 H39재를 채용하는 경우가 있다. 표 11에 3종류의 공정으로 얻어진 소재의 기계적 성질을 나타내었다.

3004합금경질판의 냉간가공도와 안정화열처리 유무에 따른 인장 특성의 차이를 표 12에 나타내었다<sup>[9]</sup>. 냉간가공도가 큰 H19재, H39재는 냉간가공도가 작은 H16재, H36재에 비하여 강도가 높다. 또 안정화 열처리를 한 소재 쪽이 제관 후 높은 강도를 얻을 수 있었다. H16재, H36재 및 H39재는 H19재와 비교하여 가공경화성이 크기때문에, DI 제조기에서의 한계 ironing률은 약간 작아지지만, 소성이방성이 작고 cup drawing성이 좋은 이점이 있고, 필요에 따라서 사용할 수 있다.

표 11. DI캔 body재의 기계적 성질

공정	조질별	항복강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	연신율 (%)	귀발생율 (%)
(b)공정	H16	253	276	6	3.0
(c)공정	H19	256	287	6	2.7
(c)공정	H39	270	296	6	2.8
(d)공정	H19	278	309	5	2.5

주) 205℃ X 600s 처리후의 값

표 12. 3004합금판의 제관전후의 인장성질\*

조질별	제관전			제관후			경화도**
	인장강도 (Kg/mm <sup>2</sup> ) (MPa)	항복강도 (Kg/mm <sup>2</sup> ) (MPa)	연신율 (%)	인장강도 (Kg/mm <sup>2</sup> ) (MPa)	항복강도 (Kg/mm <sup>2</sup> ) (MPa)	연신율 (%)	
H19	29.3(287)	27.2(267)	2.0	33.6(329)	32.2(316)	0.5	1.18
H39	28.9(283)	25.5(250)	4.0	34.5(338)	32.9(322)	0.8	1.29
H16	24.3(238)	23.7(232)	2.5	30.8(302)	30.1(295)	0.4	1.27
H36	24.0(235)	21.9(215)	5.0	30.8(302)	30.0(294)	0.5	1.37

\* 압연방향에 대하여 0°, 45°, 90°의 평균치

\*\* (제관후의 항복강도/제관전의 항복강도)

#### 4. 결론

알루미늄 DI캔의 수요가 이후에도 증가할 것은 틀림이 없겠지만 이를 위해서는 먼저 품질과 가격의 안정이 중요하다. 또한 재료생산, 캔생산, 음료생산 및 사용한 캔의 회수와 재생 등을 연계한 종합적 검토와 기술의 개발을 기할 필요가 있다. 소재강도를 향상시켜도 박육화가 실현되지 않거나, 성형설계는 진보되어도 안정한 가공이 가능한 재료와 성형기술이 확보되지 않는다면 캔의 가격은 내릴 수 없다. 생산기술의 고

강도화에 따른 설비투자, 회수재생의 비용 또는 이익이 모든 알루미늄캔의 가격에 어떻게 영향을 미치는지도 문제가 될 것이다. 또, 재생의 확대에는 생산기술의 검토에 있어서 사회적 운동이나 캠페인 활동을 전개하는 것도 필요하다.

알루미늄캔의 가격인하를 위해 소재 및 캔의 생산성 향상과 재생의 확대는 이제까지 계속 중요하게 생각되어 왔다. 치수정밀도, 기계적 성질 등을 엄격하게 제어한 대형코일을 안정되게 생산하는 것이 현장에서는 최대의 문제이다. 또 보다 대규모로 효율이 좋고, 가격면에서도 장점

이 있는 재생이 이루어진다면 stay-on-tab (SOT)화와 함께 환경문제에서도 중요할 것이다. 사용한 캔(UBC)은 회수율 75-80%까지는 body 재와 end재를 현재의 2종류의 합금인 상태로 재이용 할 수 있다. UBC의 재이용을 위해서가 아니라 가격인하를 위해서 실행될 것이지만, 그 합금은 재생의 합금성분균형을 벗어나지 않고, 낮은 가격으로 안정된 품질을 보증할 수 있는 것이 아니면 실용성은 없다.

알루미늄캔의 가격인하를 위해서 캔용 알루미늄 합금 재료에 관련해서 앞으로 검토해야 할 과제를 요약하면 다음과 같다.

- (i) 소재의 크기 감소, 코일의 대형화에 따른 귀발생율, 강도, 성형성등의 저하, 변동을 명확히 하고, 안정된 품질을 보장하기 위한 설비와 제조기술
- (ii) 경량캔의 설계와 윤활유를 함유한 성형가공 기술
- (iii) 도유, 세정, 하지 처리기술, 도장, 인쇄등 가격을 인하하고 성능을 향상시키는 표면처리 기술
- (iv) 재생의 금속-균형을 무너뜨리지 않는 고강도 저가격 DI 캔재
- (v) 재생의 확대, 확립을 위해 회수와 재생용해 기술 및 재활용의 종합 시스템 구축

### 참 고 문 헌

[1] 오 재현 : "한국에 있어서의 자원 리사이클

링 사회의 구축과 전망", 한.일 자원 리사이클링 공동 워크샵, (사) 한국 자원 리사이클링 학회, 1996.8.22-23, 서울, 한국, 101

[2] 안 백순 : "음료용기 리사이클링 시스템", 한.일 자원 리사이클링 공동 워크샵, (사) 한국 자원 리사이클링 학회, 1996.8.22-23, 서울, 한국, 39

[3] Kenichi Hayashi : "일본의 알루미늄캔 리사이클", 한.일 자원 리사이클링 공동 워크샵, (사) 한국 자원 리사이클링 학회, 1996.8.22-23, 서울, 한국, 159

[4] 土田 信, 田中 宏樹 : 住宇輕金屬技報, 10 (1990) 40

[5] Fred L. Church : Modern Metals, 10(1984) 12

[6] Fred L. Church : Modern Metals, 7(1989) 36

[7] Donald C. McAuliffe : Proc. TMS Meeting, (1987) 793

[8] Donald C. McAuliffe : Proc. AIME Meeting, 1989.2.27

[9] 馬場 義雄, 齋藤 莞彌, 河合 三弘 : 住宇輕金屬技報, 16 (1975), 124

[10] 土田 信 : 住宇輕金屬技報, 25 (1984) 238

[11] 迫田 正一, 東海林 了, 藤倉 湖三 : 輕金屬學會 第74回大會概要, (1988. 5), 91

[12] 吉川 克之, 坂本 敏正 : 輕金屬, 33 (1983), 602