

Manufacturing Process of Environmentally Friendly Aluminum Foil

친환경 알루미늄포일의 제조공정

石動正和 / 도요알루미늄주식회사 상무이사

I. 서론

알루미늄포일은 발군의 배리어성을 가지고 있으며 그 가공적성에서부터 식품, 의약품, 공업 재료 등 다양한 분야에서 사용되고 있다. 전기기기 용도나 가정용 알루미늄포일과 같이 알루미늄포일 단체(이후 '알루미늄포일')로 사용되는 것도 있고, 패키지나 건축자재와 같이 알루미늄포일에 어떠한 가공을 한, 이른바 가공포일도 있다.

다음에 환경을 키워드로 알루미늄포일과 가공포일의 제조방법, 그 기능에 관해 서술한다.

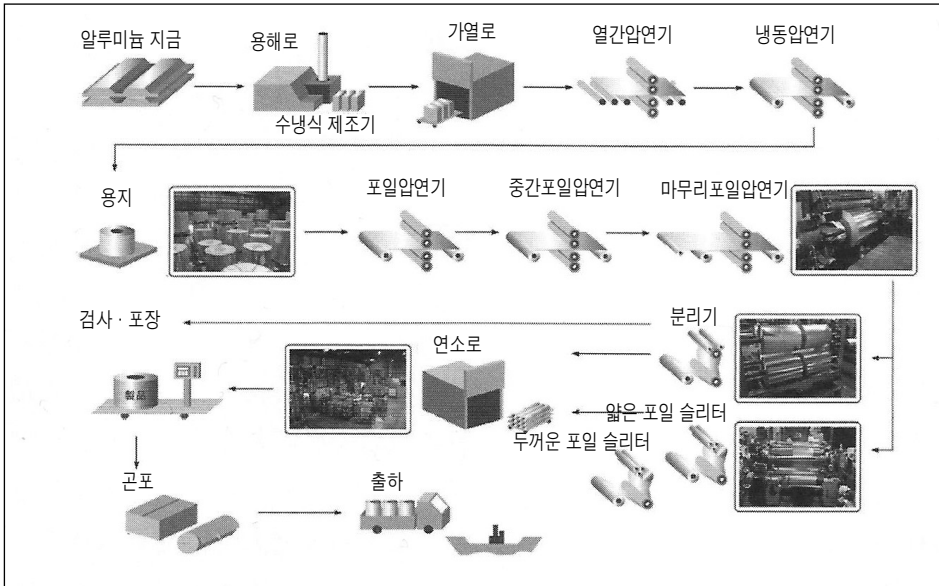
II. 알루미늄포일

알루미늄포일의 주요 용도에는 일반적인 점착가공에 의한 연질 포장용도가 있지만, 그 밖에도 약품포장용, 알루미늄 전해콘덴서 전극용 포일, 리튬이온전지(이하 LIB) 정극용 포일·외장용 포일 등이 있다. 공통적으로 필요한 것은 배리어성으로, 미소한 구멍도 극단적으로 적은 것이 요구된다.

가장 신경 써야만 하는 것은 이물질 혼입이다. 밀리미터 단위의 큰 이물질은 논외, 마이크로 단위의 작은 이물도 수 μm ~ 수십 μm 의 알루미늄포일에 유해한 구멍의 원인이 되기 때문에 작업 분위기나 압연공정에서 사용하는 윤활유는 각각의 전용 필터를 통과하는 등 철저히 이물질 제거를 하고 있다.

더욱이 약품포장용은 손가락으로 방출할 때의 촉감을 위해 고압력이 되도록 제조조건을 조정하고 있다. 알루미늄 전해콘덴서 전극용 포일은 부식액 속에서 알루미늄포일에 전기를 통과시켜 면적을 확대하는 공정에 공급되기 때문에 고순도로 해 무효 용해를 방

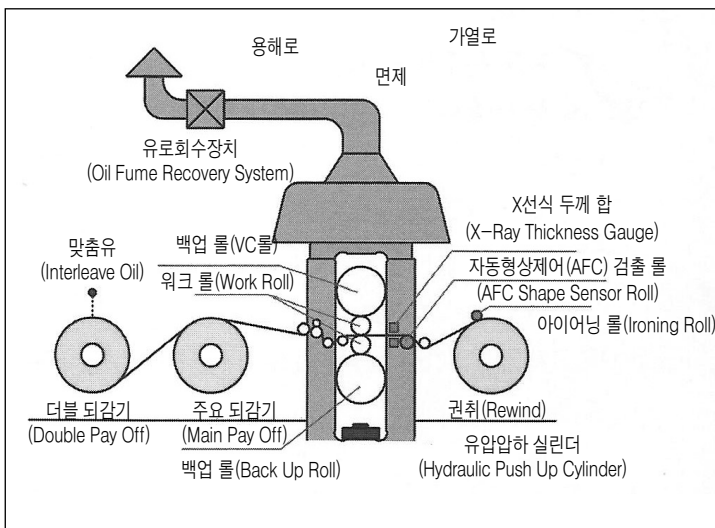
[그림 1] 알루미늄포일의 제조공정



지하고, 동 등의 미량 불순물 첨가와 재결정 집합조직의 입방체 방립점유율을 높여 면 확대 효율을 높이고 있다. LIB 정극용 포일·외장용 포일은 환경 대응 제품으로써 동사가 주력하는 상품이다.

1. 알루미늄포일의 제조공정

[그림 2] 포일압연기의 기본구조(모식도)



알루미늄 지금 (地金)에서부터 포일이 만들어지기까지의 제조공정을 [그림 1]에 나타냈다. 그림 속 '포일지' 이전의 공정은 포일지 제조사에서, 이후 공정은 동사와 같은 포일압연제조사에서 한다. 여기에서는 포일압

연 이후의 공정에 대해 해설한다.

(1) 포일 압연

포일지제조사에서 제조한 두께 수백 μm 의 포일지는 포일압연제조사에서 여러 회 압연을 실시해 제품 두께가 된다. 이것을 포일압연이라고 한다. 포일압연기의 기본구조를 [그림 2]에 나타냈다.

알루미늄의 포일압연은 재결정하지 않는 온도에서 압연하는 냉간 압연으로, 압연롤 2개와 압연롤을 상하에서 서포트하는 롤 2개의 총 4개의 롤을 사용하는 4단 압연기로 한다.

포일압연공정에 있어서 특징적인 것은 제품의 두께가 50 μm 이하인 경우, 최종 마무리 압연으로 중합압연이 이뤄진다는 것이다. 중합압연이란 2장의 포일을 겹치는 것을 원재료로 해 1회의 압연으로 2장 공박해 마무리하는 방법으로, 중합기로 포일을 중합시켜 마무리 압연하는 방법과 마무리압연기의 재료 측 되감기 축이 2축으로, 2개의 원재료를 중합시키면서 압연하는 방법이 있다.

포일의 중요품질인 두께와 형상의 컨트롤은 AGC(자동두께제어장치), AFC(자동형상제어장치) 등의 최신통제장치로 해 양질의 균일한 알루미늄포일을 압연하고 있다. 압연공정에서는 가공 시의 윤활성 유지와 형상제어 목적의 롤 냉각을 위해 다량의 압연유를 분사 사용한다. 이 압연유를 폐기하지 않고 재사용하기 위해 역상유는 그대로 회수해 각종 필터로 여과한 후 탱크로 돌려보내는 기구가 되고 있다. 그러나 압연 시 가공열로 유연(油煙)이 되고, 대기 중 확산해 잃어버리는 기름도 있어서 그 양은 압연 조건에서 무시할 수 없는 것이 된다. 대기오염을 방지하기 위해 동사에서는 유연회수·재생장치를 모든 압연기에 장착해 유연의 대기방출량 삭감을 도모하고 있다. 또한 이 노력에 의해 신규 압연유 구입량의 삭감, 즉 압연유 생성에 필요한 에너지 삭감을 달성해 환경 유지에 공헌하고 있다.

(2) 분리

분리는 압연공정에서 중합압연시킨 알루미늄포일을 2장으로 분리하면서 제품 사양으로 절단해 권취하는 공정이다. 동사에서는 분리기로 구멍 검출기와 표면 검사기를 장착해 제품 전장 전폭의 품질검사도 동시에 하고 있다.

분리에서는 터치롤면압, 권취 장력·속도의 3가지 조건을 알루미늄포일 종류에 맞춰 적절한 조건으로 설정하는 것이 중요하다. 동사의 분리는 설정된 조건에 의한 자동 제어로 항상 안정적인 품질의 제품 코일을 완성하고 있다.

(3) 소둔

분리 절단된 알루미늄포일 코일은 대부분의 경우 소둔(열처리)된다. 소둔의 목적은 알루미늄포일의 조질과 압연으로 부착한 포일 표면의 유분 제거이다. 코일에 대한 열량이 부족하면 알루미늄포일 표면의 압연유가 남고, 필름 등 접합 시 접착강도가 저하한다. 반대로 너무 많으면 알루미늄포일끼리 밀착해 사용 시에 벗겨짐이 불균일해져 주름의 요인이 된다. 따라서 알루미늄포일 코일의 두께, 폭, 길이, 품종, 압연유 성분, 압연유 부착량 등에 의해 적정한 소둔조건 설정이 중요하다.

또한 각 제조공정에서 발생하는 알루미늄 가루는 재질별로 나눠 회수하고, 제조공정의 최초인 용해공정에서의 리사이클에 제공하고 있다. 알루미늄포일의 원료가 되는 알루미늄 지금은 보크사이트(bauxite)를 정련해 만드는데, 이 정련에는 대량의 전력이 필요하다. 그러나 알루미늄의 스크랩을 리사이클해 알루미늄을 재생하면, 전력소비가 대폭 억제된다. 동사에서는 이 리사이클율을 높이기 위해 철저한 공정 관리를 실시, 제조에 필요한 에너지를 삭감하는 것으로 환경 유지에 공헌할 수 있도록 노력하고 있다.

2. 리튬이온전지(LIB)용 알루미늄포일

LIB은 충전이 가능한 이차전지로, 니카드전지나 니켈수소전지에 비해 고전압, 고에너지밀도, 경량이기 때문에 소형화가 비교적 용이하다. 이 특징에 의해 현재는 스마트폰을 비롯해 노트북, 디지털카메라, 전동공구 등에 적용되고 있다. 또한 급속히 보급되고 있는 전기자동차나 하이브리드자동차에도 적용되고 있어서 앞으로 더욱 수요가 늘어날 것으로 예측된다.

LIB은 납, 카드뮴 등 환경규제물질을 사용하지 않는 전지로, 단위체적당 에너지 출력량이 크기 때문에 필요한 부자재 역시 소량이기 때문에 LIB는 환경 유지 공헌 제품이라 할 수 있다.

알루미늄포일은 LIB의 래미네이트형 외장재나 정극재로써 사용되고 있다. 다음에 동사의 외장용 포일 및 정극용 포일 제조에 관해 소개한다.

(1) 외장용 포일

LIB은 원통형, 각형, 래미네이트형(파우치형)의 3가지 종류의 형상으로 분류된다. 알루미늄포일은 래미네이트형의 외장재로써 사용되고 있다. 원통형과 각형에 비해 박형화, 공간 절감화가 용이해 스마트폰이나 태블릿 등의 모바일기기나 자동차 전용으로 많이 사용되고 있다. 외장재용 알루미늄포일에 요구되는 특성에는 고강도, 고연성, 미소 구멍이 없는 것 등을 들 수 있다. 래미네이트형의 특징은 다양한 제품의 전지 스페이스에

맞춰 자유롭게 성형할 수 있다는 것이다. 반대로 말하면 어떠한 형태도 성형할 수 있고, 구멍이 생기지 않는 포일이 요구된다는 뜻이다. 동사에서는 성형 시 부하가 걸리는 부분에서도 두께 변동이 적도록 하고, 주로 Fe의 함유량과 열공정의 최적화로 강도와 연장을 제어한 포일을 개발, 생산하고 있다.

미소 구멍은 압력이 가해졌을 때에 그것에서부터 파괴가 발생하고, 전해액 누수에 의한 전지 장애의 원인이 발생하기 때문에 철저한 이물질 혼입 대책은 물론, 분리기에 장착한 구멍검출기로 일반 알루미늄포일의 10~100배 감도로 검사하며 방지하고 있다.

(2) 정극용 포일

LIB 정극재료는 집전포일, 활물질, 바인더, 도전조제로 구성되고, 알루미늄포일은 집전포일에 사용되고 있다. 알루미늄포일 위에 용제로 녹인 활물질과 바인더를 도포하기 때문에 용제와의 습윤성이 좋아야하며, 균일하게 도포할 수 있도록 편평도가 좋아야 한다. 또한 성형 시 파단을 방지하기 위해 고강도, 고연신성을 필요로 한다.

습윤성 향상에는 포일 표면의 잔유량을 극력 적게 할 필요가 있다. 이때문에 마무리 압연에서의 윤활유 사용량을 제한하고 있다. 그 다음에 포일 형상을 평평하게 하기 위해 압연롤의 형상을 북 모양(중간 팽창)으로 해 압연 하중을 걸 때에 롤이 평평해지도록 제어하며 압연하고 있다. 또한 정극용 포일에 필요한 강도, 연신은 지금까지의 포일과는 차원이 다르기 때문에 Fe, Mn과 같은 원소를 적극적으로 첨가해 열공정에서 조정해 향상시키고 있다.

III. 가공포일

1. 환경대응과 패키지

2015년 8월 유엔 총회에서 '지속가능 발전 목표(Sustainable Development Goals, 이하 SDGs)'가 채택되면서 전 세계적으로 환경 대응의 기운이 높아졌다. SDGs 12. 3에서는 식품 로스의 감소를 목표로 하며, 생산공정이나 공급망에서 어떻게 식품의 폐기를 줄일 것인가가 과제가 되고 있다.

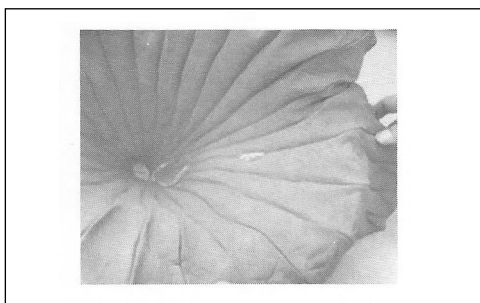
식품 로스 감소에는 기능성 패키지가 효과적이다. 최근에는 알루미늄포일과 같이 배리어 성질이 있는 기재에 수증기나 산소를 흡수하는 기능을 부가해 소비기한을 연장시킨 액티브 패키지도 출현하고 있다. 또한 독일에서 개최된 'Interpack 2017'에서는 식품 로스나 폐기를 저감한 패키지에 'Save Food Packaging Award'라는 상을 수여했다.

이러한 환경 대응의 사고는 최근 패키지에 널리 침투되기 시작, 월마트나 웨일스, 유니

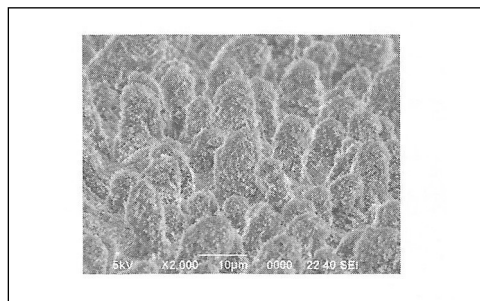
[표 1] 세계 브랜드오너의 환경방침

브랜드오너	방침
월마트	2025년까지 매립 폐기 제로, 100% 리사이클 가능한 패키지로
펩시코	100% 리사이클 가능한 패키지의 실현과 회수·재생활의 개선에 공헌
유니레버	2025년까지 리유스, 리사이클 가능한 패키지 디자인을 실현
스타벅스	2020년까지 플라스틱 스트로를 폐기

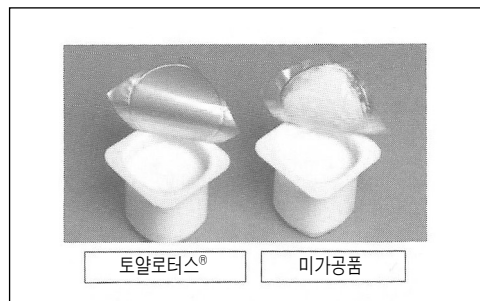
[사진 1] 연잎의 초발수성



[사진 2] 연잎 표면의 SEM 형상(확대 5,000배)



[사진 3] 발수기공품(토알로터스®)와 미기공품



레버 등 대형 브랜드오너도 계속해서 관련 방침을 내세우고 있다([표 1]). 일본에서는 농림수산성이 식품 로스 저감으로 이어지는 패키지에 높은 관심을 나타내고 있다. 내용물의 분리성, 선도유지, 소비기한의 연장, 수송 시 손상 경감, 소분 개포장, 기타 등으로 분류하고 있다. 예컨대 간장제조회사가 적용한 선도유지용기에서는 간장과 산소가 접촉하지 않는 구조로 만들어 높은 보존성을 실현했다. 환경 대응 기술로 상품의 가치도 높인 뛰어난 패키지라고 말할 수 있다.

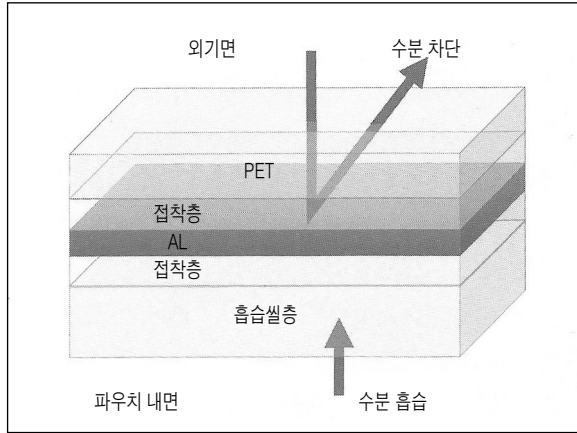
2. 내용물 분리성의 기능을 가진 패키지

동사가 개발한 ‘토알로터스®(TOYAL LOTUS)’는 내용물이 패키지에 부착하기 어렵게 연구한 기술이다. 연잎의 구조를 모방해 개발된 패키지는 기재에 특수한 하지(下地)처리를 해 히트씰성과 초발수기능을 겸비했다.

연잎은 표면에 마이크로미터 스케일의 프랙털(fractal) 구조의 무수한 섬모가 존재한다([사진 1], [사진 2]). 이것이 공기를 포함한 층이 되고, 로터스(lotus) 효과라는 발수기능을 발현시키고 있다. 이것은 물과의 접촉면적이 적어지는 물리적 작용에 의한 것이다.

또한 화학적 작용도 중요하다. 특수한 하지처리에 표면 자유에너지가 낮은 물질을 이용하면 발수작용을 높이는 것이

[그림 3] 토알드라이™의 흡습·방습 메커니즘



에서부터 탈락했기 때문이다.

가능하다.

이들 화학적 작용과 물리적 작용에 의해 접촉각 150° 이상의 초발수성이 발현했다.

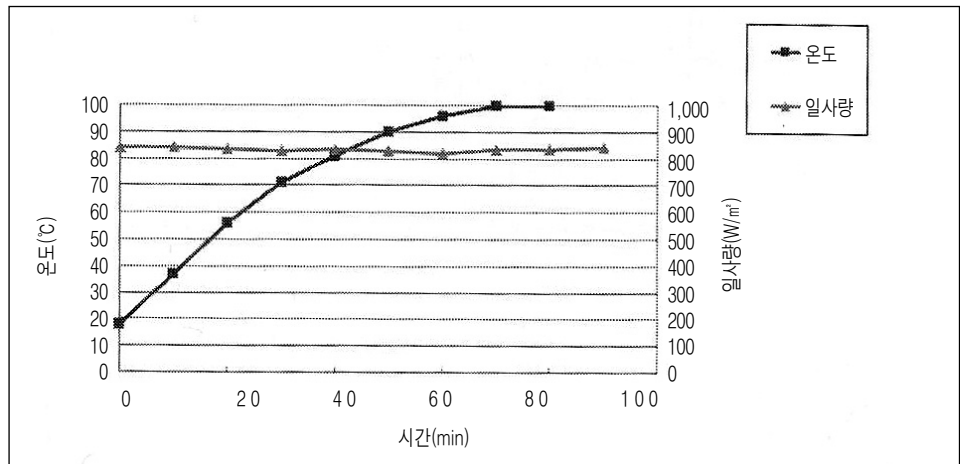
토알로터스®의 적용 예로써는 요구르트 뚜껑재를 들 수 있다. 기존 요구르트 부착 뚜껑의 뒷면이 로터스 효과에 의해 깔끔해지는 것을 알 수 있다([사진 3]). 이것은 초발수 효과에 의해 요구르트가 뚜껑

3. 내용물 소비기한 연장의 기능을 가진 패키지

‘토알드라이™(TOYAL DRY)’는 내용물의 소비기한 연장 기능을 가진 패키지이다. 예컨대 습도에 약한 약제나 분말은 흡습에 의한 약효 성분의 변화나 응고로 상품으로써의 가치를 잃어버릴 수 있다. 토알드라이™는 알루미늄포일에 흡습기능을 부여한 패키지로, 알루미늄포일로 외측에서의 수분을 막고, 내측에서의 수분은 흡습해 내부 수분량을 컨트롤하는 것이 가능하다([그림 3]).

내측은 흡습성 무기 필러를 포함한 PE 베이스의 셀층으로 구성된다. 무기 필러의 함유량이나 성분에 의해 상대습도를 0%, 20%, 30% 각각 보호하는 것이 가능하다. 또한 내

[그림 4] 토알드라이™의 흡습·방습 메커니즘



용물에 따라서는 모양을 유지하기 위해 적당한 습도가 필요한 경우가 있어서 용도에 따른 설계가 필요하다.

기존 실리카겔 등의 건조재를 봉입하고 있는 패키지도 토알드라이™에 의해 봉입이 불필요해진다. 이것에 의해 봉입 빠짐이나 물질 혼입의 리스크를 저감할 수 있다.

4. 기타 환경기능을 가진 패키지

솔라 쿠키(Solsr cooker)는 알루미늄포일을 이용한 특수한 조리기구로, 태양광만으로 밥이나 팬케이크 등의 조리가 가능하다. 알루미늄포일이 가진 높은 반사율을 이용해 1,000W/m² 정도의 일사량을 조리물로 모으는 것이 가능하다([그림 4]).

모은 빛은 솔의 금속부분에서 열로 변환되고, 금속부분을 열전도로 해 열이 전달되거나 솔의 내측에서부터 복사열이 돼 식재를 데운다. 아시카대학의 나카조 교수에 따르면, 솔라 쿠키에는 집광형, 패널형, 열상자형, 텔케스형이 있는데 패널형은 비교적 저렴해 수명도 약 2년이라 난민구제용 활용하기 좋다고 한다.

IV. 결론

사회적 배경이나 시장의 요구에 따라 알루미늄포일, 가공포일은 진화해왔다. 환경 대

MEMBERS



(사)한국포장협회 회원가입 안내



(사)한국포장협회

TEL. (02)2026-8655

E-mail : kopac@chollian.net

물의 흐름이 자연스러운 것은 물길이 나아있기 때문입니다. 포장산업이 강건하려면 미래를 내다보는 안목이 필요합니다.

포장업계의 발전이 기업을 성장시킵니다.

더 나은 앞날을 위해 본 협회에 가입하여 친목도모는 물론 애로사항을 협의해 새로운 기술과 정보를 제공받아야 합니다.

포장업계에서 성장하기 원하시면 (사)한국포장협회로 오십시오.