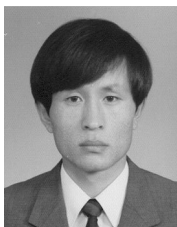


# 기능성 정밀 금속 판재



**유 봉 선**

한국기계연구원

- 재료연구부 경량재료그룹 그룹장
- 관심분야 : 마그네슘 및 알루미늄 합금
- E-mail : bsyou@kmail.kimm.re.kr

**정 영 훈**

한국과학기술연구원

- 재료연구부 금속소재신뢰도평가센터 센터장
- 관심분야 : 금속재료, 합금
- E-mail : yhchung@kist.re.kr

## 1. 기능성 정밀 금속 판재의 기술현황

본고에서 소개하고자 하는 기능성 정밀 금속 판재 분야는 표 1과 같이 다양한 특성과 용도를 지니는 금속판재에 대한 제조공정의 최소화, 친환경적 공정개발, 판재 기능성 향상기술 개발 등을 목표로 하고 있다. 세부 사업은 아래에 소개된 7개 분야로 나눌 수 있으며 각 세부 연구 내용에 대한 연구배경 및 목표와 추진현황 등에 대해 간략히 기술하고자 한다.

기능성 정밀 금속판재 분야의 연구개발 단계는 크게 3단계로 구분되는데, 1단계에서는 기능성 판재용 합금과 장치를 설계하여 연속공정을 개발하는 것이고, 2단계에서는 연속 제조 장비를 제작한 후 공정평가를 통해 최적의 공정을 확립하고, 마지막으로 3단계에서는 기능성 정밀

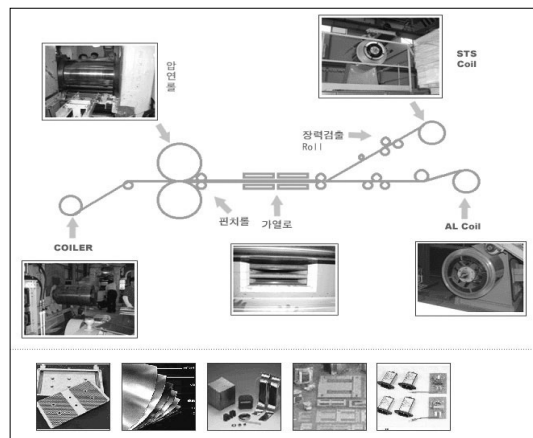


그림 1. 기능성 정밀 금속판재 제조공정 및 최종제품형상

표 1. 기능성 정밀 금속 판재 프로그램

중분류	세부프로그램	주관연구기관	최종목표
기능성 정밀 금속 판재	선택적 결정성장법에 의한 초절전, 고배향성 극박 전자강판개발	한전 전력연구원	기능성 판재 실용화
	용탕 인출법에 의한 고투자율 연자성 박판 제조기술 개발	포항산업과학연구원	
	기능성 다층 클래드 판재 연속 제조 기술 개발	한국과학기술연구원	
	광폭 극박 형상의 Permalloy 연속 전주성형 기술 개발	한국생산기술원	
	전자 패키징용 열관리 판재 제조기술 개발	한국기계연구원	
	비정질 Zr계 합금판재의 Strip Casting 기술개발	포항공과대학교	
	초경량 고내식 Mg합금 판재의 고속 연속제조	한국기계연구원	

금속판재에 대한 신제조 공정을 확보하여 실질적인 응용 제품을 만드는 것이다. 이러한 단계를 거쳐 최종적으로 제조공정을 최소화한 친환경적인 공정을 통해 고기능 성형제품을 개발하는 것이 최종목표이다.

그림 1은 본 프로그램에서 지향하고 있는 최적의 제조공정 및 이를 통해 생산될 대표적인 제품에 대해 나타내고 있다.

## 2. 연구현황 및 세부기술 소개

### 2.1 선택적 결정성장법에 의한 초절전, 고배향성 극박 전자강판개발

발전소에서 생산된 전기는 여러 번의 변압과정을 통하여 최종소비처인 공장이나 각 가정으로 전송되는데 이 과정에서 상당한 손실이 발생하게 된다. 1998년 기준 국내 총 발전량(2,372억kWh)중 손실이 약 4.8%(99억6천kWh)에 해당하며 이중 변압기 손실은 총 손실의 약 35%로 그 구성비를 보면 철손이 약 75%이고 동손이 약 25%이다. 이러한 변압기 손실은 철심재료의 특성에 크게 좌우되기 때문에 철심두께를 얇게 하여, 손실을 현저히 줄일 수 있는 우수한 철심재료를 개발하는 연구는 전기 에너

지 손실 저감에 필수적인 전제 조건이라고 볼 수 있다. 따라서, 급격한 전력 수요증가에 따른 손실 저감을 위해 초절전형 변압기 개발을 위한 극박 3%규소강판(0.1mm이하) 개발이 절실하며, 전력 공급자측면에서는 효율향상에 의한 신규 발전설비 건설, 투자비의 절감 등으로 막대한 경제적 효과를 얻을 수 있을 것이다. 이로 인해, 기술 선진국에서는 자기적 특성이 우수한 철심 재료를 개발하기 위한 연구가 지속되어 왔다.

1992년의 "지구환경 보전 및 온난화 방지를 위한 리우 선언"과 1997년 교토 기후 협약은 선진국 또는 개도국 여부에 따라 CO<sub>2</sub> 등 온실가스 3종에 대한 선진국의 배출량을 2012년까지 90년 기준으로 평균 5~10%를 감축시키도록 하는 등 환경보전을 위한 보다 구체적인 실천방안들이 마련되고 있다. 또한, 2000년 1월 5일에 확정된 장기 전력 수급 계획은 '저항 연료의 사용 확대, 첨단 환경설비 설치, 장기 CO<sub>2</sub> 배출량 안정화 목표 설정 등을 포함하는 등 환경친화적인 면이 강조되고 있다. 하지만, 전력 생산 부문에서 화석연료 의존도가 상당부분을 차지하고 있으며, 에너지 과소비 형태의 산업구조를 지니고 있는 우리나라의 경우 온실가스 배출량의 감축 및 동결은 산업 활동의 위축을

초래함으로 환경을 국가의 산업 생산 활동과 연계시키고자 하는 선진국과의 경쟁에서 많은 어려움이 따를 것으로 예상되고 있다. 이러한 어려움을 극복하기 위해서는 변동하는 전력 수요에 유연하게 대응하고 고효율 전기설비를 개발, 활용함으로써 발전된 전기 이용을 최대화하고 원가절감 및 생산성 향상을 추구하는 것이 시급하다.

이에 대한 지금까지의 연구개발 실적에 대해 알아보면, 방향성 규소강판의 두께를 줄임으로써 자기적 특성을 향상시킬 수 있다는 것은 이미 널리 알려진 사실이다. 특히, 미국의 알레게니 러드럼사(Allegheny Ludlum Co.)에서는 2차 재결정립의 배향성을 향상시키는 방법보다는 강판의 두께를 얇게 하여 철손을 줄이려는 시도를 중점적으로 추진하였다. 그러나, 규소강판의 두께를 얇게 하면 최종 소둔시 인히비터가 결정립의 성장을 억제하는 힘이 약해져서 2차 재결정이 불균일하게 일어나고 배향성도 떨어지는 것으로 알려져 있어서 그 두께 한도는 현재 0.23mm로 알려져 있다. 그런데, 1989년 신일본제철과 일본 동북대학의 Arai팀은 기존의 인히비터를 이용한 2차 재결정 방법 대신 표면 에너지를 이용한 3차 재결정방법으로 0.1mm 이하의 고배향성 방향성 규소강판을 제조할 수 있다고 발표함으로써 극박 방향성 규소강판 제조에 있어서 획기적인 전기를 마련하였다. 극박 방향성 규소강판은 그 두께를 0.1mm 이하로 낮출 수 있어 철손( $W_{13/50}$ )을 0.6Watt/kg에서 0.19Watt/kg으로 낮출 수 있을 뿐만 아니라 그 결정립의 배향성도 매우 우수하여  $B_{10}$  값이 1.90 Tesla 이상에 이르고 있다. 따라서, 3차 재결정법으로 제조한 극박 방향성 규소강판은 기존의 상용 주파수 영역에서 사용되는 변압기에도 그대로 적용될 수 있다는 장점과 더불어 손실을 저감할 수 있는 고부가 가치성 재료이다.

이외에 연자성 재료로는 6.5% 규소강판과 permalloy를 들 수 있다. 규소의 함량을 6.5%까지 높인 고 규소강판은 보통 순철 또는 기존의 고배향성 규소강판의 표면층을 제거한 후 규소를 CVD법으로 피착시켜 열처리 및 냉간 압연하여 만들거나, 쌍롤을 이용하여 비정질 제조방법으로 박대를 제조하고 열처리하여 만드는 것으로, 규소함량이 높아짐에 따라 강판의 전기저항이 증가하여 철손이 낮으며, 특히 자기 이방성 상수가 영이 되어 자기적 특성이 극히 우수한 것으로 알려져 있다. 그러나 이 합금은 규소 첨가량이 높아짐에 따라 기계적 성질이 나빠져서 압연, 절단 등의 기계적 가공이 극히 어렵고 포화 자화값도 낮아서 상용 주파수용 변압기 철심재료보다는 저자왜, 고저항 특성을 활용한 고주파 코어용으로 사용된다. 또한, 고주파 코어용으로 사용되는 permalloy가 있으나, 6.5% 규소강판과 더불어 고가이며, 전량 일본, 미국, 프랑스 등지에서 수입되고 있다.

본 연구에서는 사업성 및 경제적인 측면에서 막대한 효과를 낼 수 있는 상용 3% 규소강판을 이용한 초절전, 고배향성 극박 3% 규소강판을 개발하고자 한다. 이를 위해 본 연구팀에서는, 인히비터를 포함하는 상용 3% 규소강 박판(0.15mm 이하)에 있어서 S함량에 따르는 MnS 석출 및 황의 계면편석 거동과 표면에너지 차이에 의한 선택적 결정성장 현상이 최종적인 재결정 집합 조직에 미치는 영향에 대해 조사하는 연구를 수행중에 있다. 현재, 일본의 경우, S를 3ppm까지 줄이는 극청정 제강공정과 진공 열처리 공정으로 인해 규소 강판의 가격이 증가하고 있는 반면에, 본 연구팀은 재결정시 표면 에너지 차이를 유발하는 불순물 편석거동의 이해를 바탕으로 재결정 이론과 나아가서 3차 재결정 현상, 즉 표면에너지 유기 선택적 결정 성장 거동을 명확히 함으로써 300ppm의 황을 함유하는 규소강에서도 완전한 집합조직으로

구성된 고효율 규소강판을 개발함으로써, 산업화시 제강공정 및 열처리 공정의 용이성을 확보하고자 한다.

## 2.2 용탕 인출법에 의한 고투자율 연자성 박판 제조기술 개발

기능성 합금 소재는 첨단산업의 기반이 되는 소재로서 소재의 특성 및 가격이 산업의 기술 경쟁력에 크게 영향을 미치고 있다. 하지만, 이러한 소재는 대부분 수입에 의존하고 있으므로 가공 및 응용기술의 발달에 비해 제조기술은 기초 연구단계에 머물고 있는 실정이다. 대표적인 것인 기능성 합금소재인 연자성 소재는 각종 전력기기를 비롯하여 스위칭 전원, 자기 헤드, 자기차폐, 각종 센서 및 전자기기용 부품 소재로서, 전자, 정보통신, 전기산업에서 중요한 위치를 차지하고 있다. 연자성 소재로서는 순철, 전기강판(Fe-Si계), 펄얼로이(Fe-Ni계), 퍼멘저(Fe-Co계), 샌더스트(Fe-Si-Al계) 및 최근에 개발된 비정질(Fe/Co계)과 나노결정재료(Fe-Cu-Nb-Si-B계)가 있다.

초고투자율 연자성 극박판 제조기술은 그림 2에 제시되어 있듯이 판재의 연속 제조공정인 Melt Drag Process를 이용하여 Permalloy 연자성 판재의 형상을 제조하고 열처리 및 냉간

압연을 통하여 자성특성을 향상시키는 연구이다. 하지만, 현재까지는 이러한 연속공정을 이용하여 Permalloy 판재를 제조한 사례가 없으므로 각 기술별로 연구현황을 소개하고자 한다.

일반적으로, Melt Drag Process는 Tundish 형태에 따라서 Open Tundish Type과 Close Tundish Type로 구분된다. Close Tundish Type은 주로 극박 판재 제조 기술이며 Open Tundish Type은 상대적으로 두꺼운 판재를 제조하는 기술이다. Close Tundish Type은 Battle에서 개발된 것으로 Melt Drag의 기본 아이디어를 제공하였다. 하지만, 극박 판재에 대한 현재의 연구는 주로 PFC(Planar Flow Casting)에 대한 것이다. Melt Drag에 대한 연구는 주로 Open Tundish Type으로, 이것은 간단한 장비로써도 0.3~2mm 두께의 판재를 제조할 수 있으므로 많은 연구가 진행 중에 있다. 현재 활발한 활동을 보여주고 있는 기관은 미국의 Allegheny Ludlum사, Battle/National사로 현 수준은 이미 Hot model test를 거쳐 Pilot Plant 단계로 진행 중이다. 그러나, 대부분의 연구는 용점이 낮은 비철계 및 스테인리스강에 대한 것이다.

Permalloy는 Fe-(30~90%)Ni 합금과 Mo, Cu, Cr 등이 합금원소로 소량 첨가된 투자율이 큰 연자성 소재로서 약전용 자심 재료로 주로

표 2. Permalloy의 용도

종류	주요 사용처
Permalloy A	고감도계 전기 철심, 각종 자극판, 자기 회로 요크제 (전기 비저항이 적어서 직류적 용도에 사용)
Permalloy B	고감도계 전기철심, 각종 통신용변성기용 철심, 각종 자극판, 자기차폐제, 주파수 변압기 철심
Permalloy C	고감도계 전기철심, 통신용 변성기용 철심, 자기 차폐제, 자기 헤드제, 자기 증폭기 철심, 주파수 변압기 철심(Permalloy B와 유사하나 투자율이 우수하여 교류적 용도에 적합함)
Permalloy D	각종 통신용 변성기 철심
Permalloy E	환상 권철심으로 자기 증폭기, 자기 이상기, 주파수 변압기

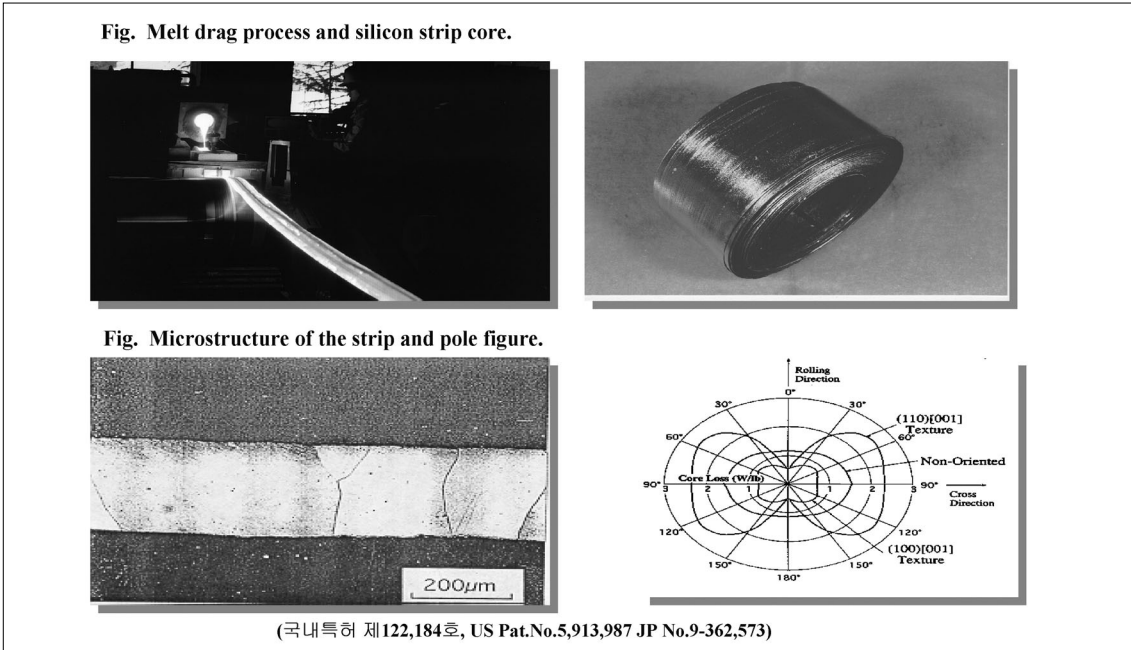


그림 2. Melt drag process

사용되고 있으며 특히, 고투자율 소재로서 중요성이 인정되고 있다. 1916년 미국의 Elmen이 78.5%Ni-Fe합금에서 고투자율을 얻었으며 그 이후 합금원소의 첨가 및 진공용해(1940년대), 고순도 수소소둔, 정밀압연 등이 개발되어 1960년대 제조공정의 최적화가 이루어졌다.

그 이후 자장 중 냉각, 내마모성, 투자율을 향상시키는 연구가 선진국의 제조업체를 중심으로 개발되어 왔다. 이러한 Permalloy의 종류에 따른 용도를 표 2에 나타내었다.

국내의 경우, Fe-Ni Permalloy의 연자성 소재에 대한 수요는 반제품, 완제품의 형태로 전량을 수입에 의존하고 있으며, 소재의 생산기술은 기반이 없는 실정이다. Permalloy 제조의 실험적 연구는 POSCO, 삼미특수강, KIST, RIST, KIMM 등 학계에서 주로 수행되지만 국내의 생산기반이 없으므로 활용이 되지 못하였다. 국내의 생산 기반이 없는 이유는 Permalloy의 기존 공정이 용해, 주조, 단조, 열처리, 압연 등의 다단계로써 설비투자비가 수요규모에 비하여 대

단히 크기 때문이다.

순철 및 전기강판은 국내에서 60만톤 정도 생산되어 공급되고 있으며, 그 외의 소재는 대부분 수입되고 있는 실정이다. 따라서, 국내 산업구조에 적합한 이러한 연자성 소재를 제조할 수 있는 신공정의 기술개발이 필요하다.

이러한 연유로, 본 연구에서는 국내산업구조에 적합한 소량 다품종의 연자성 소재를 제조할 수 있는 Melt Drag Process와 전주법의 개발을 목표로 하여, Melt Drag Process를 이용한 0.05~0.3mm의 판재와 전주법을 이용한 0.01~0.05mm 박판의 자기적 특성을 향상시키고 한다. 특히, 이러한 공정은 기존 공정에 비해 Near Net Shape 성형에 의하여 박판재 형상을 얻을 수 있으므로 다단계의 압연공정이 생략될 수 있으며, 특히 기존 공정에서 부여할 수 없었던 미세조직 제어, 냉각속도 조절, Texture제어 등을 할 수 있는 장점이 있어서 고성능의 연자성 합금소재 개발할 수 있는 신공정 개발이 가능하다. 이에 본 연구팀에서는

용탕인출 주조공정에 의한 박판제조에 적합한 Ni-Fe-Mo-Si계 고 투자율 합금을 설계하였으며, 용탕인출 주조법에 의하여 주조 스트립 두께 200~400 m, 폭 70mm, 길이 30m 이상의 고 투자율 연자성 합금의 안정적인 스트립 제조조건을 확보하고자 한다.

### 2.3 기능성 다층 클래드 판재 연속 제조 기술 개발

이중 금속을 층상으로 접합시킨 클래드 판재는 고도의 복합기능들이 필요한 곳에 널리 이용되고 있다. 이중에서 Ti/steel 클래드 판재는 고부가가치의 클래드 소재로써, 값이 저렴하고 강도가 높은 탄소강판에 내부식성이 우수한 Ti 판재를 붙여서 기능성을 극대화한 소재이다. 이런 계통의 소재로는 탄소강판재에 스테인리스, Ni기 합금, Co기 합금 및 내열금속인 Ti, Ta, Nb, Zr 등을 접합한 클래드 판재들이 있으며, 열교환기, 화학설비의 반응탱크, 선박, 제지, 건설, 교량, 압력용기, 담수화설비, 발전설비 탈황설비 등 각종 첨단 산업설비의 핵심 부품에 널리 사용되고 있다. 현재 클래드 판재 중에서 가장 널리 사용되고 있는 것은 알루미늄(Al)과 스테인리스강(STS)의 조합으로 된 Al/STS 클래드 판재이다. 그림 3은 이러한 Al/STS 클래드 소재의 형상을 나타내고 있다. 가벼우면서도 열전도성이 우수한 알루미늄에 내식성과 강도가 좋으며, 색상이 미려하며, 전자기 유도가열이 가능한 스테인리스를 접합시킨 Al/STS 클래드 소재는 화학용기나 주방용품 등에 널리 쓰인다.

다층 금속 클래드 판재 제조기술은 금속 소재의 표면제어, 미세조직제어, 소성가공, 확산 및 계면반응 제어 등 소재분야의 모든 핵심 기술이 관련되어 있어서 기술적인 측면뿐만 아니라 학문적으로도 대단히 중요한 기술 중의 하나이다. 금속 클래드 판재는 주로 압연 접합법, 폭

발 용접법, 확산 접합법 및 저항심 용접법 등에 의해 제조되는데, 그 구조는 클래드 금속/ 모재 또는 클래드 금속/중간접합제/모재로 구성되어 있으며, 통상적으로 클래드 금속의 두께는 모재 두께의 10%~30% 정도이다.

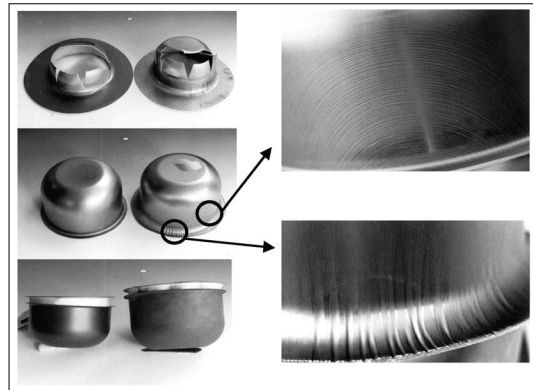


그림 3. 단판식 Al/STS 롤 클래드 형상.

일본에서는 스미모토, 고베철강 등 대형업체에서 연속적(cail방식)으로 제작하고 있어 경제성이 있으며 제품도 균일하다. 접합강도, 기계적 성질은 물론 성형성이 우수해 고속 성형시에도 불량률이 10%내외이다. 스위스의 Alinox 사에서는 9ply까지 개발되어 시장에 나와 있다. 주방용품뿐만 아니라 열교환기 및 항공기용 열흡수 부품 등으로도 개발되고 있다. 이와 같이 선진국에서는 다층 금속 클래드 판재의 신기술 개발 및 개량 등의 연구를 통하여 다양한 용도의 다층복합 금속 클래드 판재를 개발하여 각종 산업에 핵심부품으로 사용하고 있다.

국내에서는 6-7개의 알루미늄/스테인리스강 클래드 판 제조업체가 있으며, 대체적으로 외국에 비해 영세한 형편이다. 제조방법으로는 수동(sheet방식)으로 한번 압연에 판 하나를 제조하게 되어 있으므로 생산성이 저하되고 제품이 균일하지 못한 단점이 있다. 접합강도나 기계적 성질은 만족스러우나 성형성이 나빠서 성형중에 박리가 발생하므로 고속성형은 불가능하며 저속 성형시에는 불량률이 30%에 이른다.이치

럼, 국내에서는 아직까지 전반적으로 클래드 판재에 관련된 연구 및 기술개발이 극히 미흡한 실정이다. 금속 클래드 판재의 제조기술은 그림 4에 나타나 있듯이 고부가가치의 고도 핵심부품을 만드는 기본 소재로 다양한 분야에서 그 활용도가 급격히 증가할 것으로 예상된다. 또한, 클래드 판재는 여러 가지 첨단 핵심부품을 만드는데 꼭 필요한 경우가 많아서 상당한 산업적인 파급효과가 예상되므로, 클래드 판재에 대한 제조 기술이 개발되어 국내에서 상품화되면 부가가치가 높을 뿐만 아니라 선진국에 대한 무역역조를 시정할 수 있는 소재산업 분야 중 하나로 여겨진다.

따라서, 21세기의 다양한 기술발전을 고려해야 할 현 시점에서 클래드 판재를 만들 수 있는 양대 기술 분야인 압연 클래드법과 저항심 용접법을 연구하여 가장 널리 쓰이고 있는 Al/STIS와 Ti/steel 클래드 판재의 제조기술을 확보하는 것이 시급하면서도 중요한 일이라 여겨진다. 그러므로, 본 연구의 최종목표는 여러 가지 클래드 판재 중에서도 가장 용도가 다양한 Al/STIS 클래드 판재와 접합강도가 우수하여 고가 부품용으로 수입량이 많은 Ti/steel 클래드 후 판재를 제조할 수 있는 공정기술을 개발하는 것이다. 우선, 판재의 표면에 부착된 산화막 및 오염물질을 제거한 후, 저항심 용접법을 통하여 클래드 판재를 제조하였다. 제조된 클래드 판재의 특성은 전단/굽힘강도, 미세조직, 열주기 시험을 통해 평가 하였다. 이를 통해, Ti/Steel 클래드 판재분야에 있어서는 Ti/Steel 클래드 판재 연속 제조기술과 중간 결합재 조성 설계 및 박판재 제조기술을 확립하였다. Al/STIS 클래드 판재분야에 관해서는, Al/STIS 연속 클래드를 위한 요소 기술을 개발하기 위해서 Al/STIS 클래드 판재 연속 제조기술을 확립하며 원시료 및 클래드 공정조건에 따른 제반 특성 및 성형성을 데이터베이스화하며, 이를

이용하여 연속(coil방식)클래드 공정조건을 개발하고자 한다.

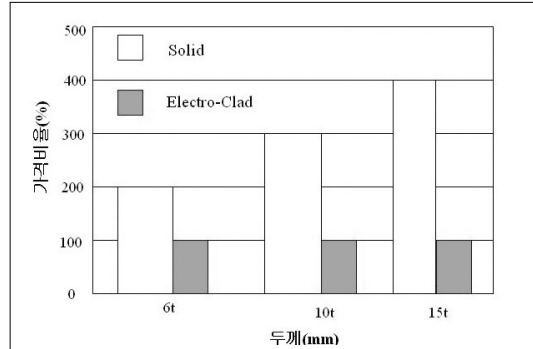


그림 4. C-276 원소재와 C-276/Fe 클래드 소재의 원가비교

## 2.4 광폭 극박 형상의 Permalloy 연속 전 주성형 기술 개발

전기 전자 산업의 경박 단소화 경향은 기존의 제품보다 작은 부피를 지니면서도 성능이 유사하거나 뛰어난 부품을 요구하게 되었다. 이러한 경향은 연자성 재료를 이용한 부품에도 적용되어 우수한 연자성 특성을 지니면서 고주파에 적용될 수 있는 소재를 요구하게 되었다.

연자성 재료를 이용한 자심은 강압기용 변압기, 누전 차단기용 ZCT 및 CT, noise filter용 인덕터, 스위칭 전원용 부품류, 릴레이 등에 사용된다. 연자성 재료 중 금속계로는 순철, 규소강, Ni-Fe계 합금인 Permalloy류, Co계 합금, 센다스트 및 비정질계 합금 등이 있다. 소재의 우수한 연자성 특성은 높은 투자율, 낮은 보자력, 높은 포화자속밀도 등으로 평가할 수 있다. 금속계 연자성 재료 중 고투자율 특성과 고주파에서 사용될 수 있는 극박 형상을 동시에 갖는 소재로는 Permalloy 극박재와 비정질 합금을 들 수 있다.

Ni-Fe계 합금인 Permalloy는 permeability alloy 즉, 투자율이 좋은 합금이란 뜻의 합성어

이다. 이 재료는 크게 Ni조성이 78% 전후인 고 Ni계 Permalloy와 Ni조성이 45~50% 범위인 저 Ni계 Permalloy로 분류된다. Permalloy A, Permalloy C가 고 Ni계 Permalloy에 속하며 Permalloy B, Permalloy D, Permalloy E가 저 Ni계 Permalloy에 속한다. 국내에 사용되는 Permalloy는 C급과 B급이 대부분이며 이는 전량 수입에 의존하고 있는 실정이다. 게다가, 기존의 용해 주조 및 압연에 의한 생산방식에는 진공용해로, 단조설비, 열간압연기, 다단 압연기 등 대규모 설비가 필요하다. 따라서, 경제성을 얻기가 어렵고 선진 기술 수준까지 공정을 안정화시키는데도 어려움이 따른다. 그러므로, 새로운 개념에 의한 Permalloy 극박판 재료의 제조기술 개발이 요구된다.

지금까지의 연구 동향에 관해 살펴보면, 전기 도금으로 Permalloy를 도금하는 것에 대한 연구는 주로 박막헤드에 적용하기 위한 목적으로 많이 이루어졌으며, 최근에는 MEMS에 응용하기 위하여 연구되고 있다. 이에 대한 연구는 대부분 느린 속도로 도금하고, 웨이퍼 상에 도금하는 방식에 관한 것이므로 연속적인 도금 방법에 관한 연구는 없었다. 전주 성형 즉, 도금하여 박리하는 기술을 Permalloy에 적용시키는 연구는 캐나다 전력회사인 Hydro Ontario 와 Hydro Quebec 그리고 캐나다의 McGill University, Queen's University, Toronto University 등 연구팀이 산학협동연구를 통해 1990년대 초반부터 대형프로젝트를 수행하고 있으며 따라서, 이들이 가장 선도적인 연구그룹이라고 할 수 있다. 특히 전착된 Ni 및 Ni 합금의 나노 결정질 조직에 관한 많은 연구를 수행하였으며 Ni-Fe 계 합금인 Permalloy에 관한 연구도 90년대 말에 단편적으로 발표하고 있다.

Permalloy 압연판재를 국산화하기 위하여 80년대 이후 몇몇 기업에서 검토한바 있지만, 주요 핵심설비인 용해로, 정밀 압연기 등의 국산

화가 어렵고 설비를 수입하는 형태로 기술을 도입하려 하지만 공정의 안정화를 이루기 위해서는 많은 노력이 필요하다. 국내에 있어서, Permalloy 전기 도금에 관한 연구는 1988년경부터 서울대에서 수행하였으며 이후 KIST, 전자 부품 연구소 등과의 공동 연구가 수행되었다. 이들의 연구는 자기 박막헤드 또는 MEMS에 응용하기 위한 것이다. 한국생산기술연구원에서는 91년 이후 Permalloy 판재의 제조와 응용기술에 관해 연구를 수행하고 있으며 또, 전주 성형에 의한 Permalloy 극박재 제조에 관한 연구는 1997년부터 2000년까지 한국생산기술연구원이 주관하여 서울대, 순천대, 한국코아, 연합철강 등 산학연으로 팀을 구성하여 수행한 바 있다.

그림 5는 국내의 가공기술로 만든 permalloy의 형상을 보여주고 있는 그림이다. 연속적인 전주 성형공정은 회전하는 드럼의 일부에 금속을 얇게 전착시킨 후 박리하여 연속적인 극박재를 얻는 기술이다. 이와 같이, 회전하는 음극 드럼에 Ni-Fe합금을 전착시켜 박리시키면 광폭의 Permalloy극박재를 연속적으로 성형할 수 있게 된다. 그러므로, 연속전주 성형 공정은 극박재 성형에 있어서, 진공용해, 주조, 단조, 열간압연, 냉간압연, 다단 압연 등 여러 공정을 필요로 하는 기존의 제조방법에 비해 제조공정을 단순화하게 한다. Permalloy 연속 전주 성형 기술의 개발은 permalloy 극박재 제조설비의 소규모화와 설비의 완전 국산화를 가능하게 할 수 있다.

이상에서 살펴보았듯이 Cu, Ni 등 순수 금속의 연속전주 성형 기술은 상용화한지 오래되었다. 하지만, 전주성형에 의한 Permalloy 극박재 제조기술에 관한 연구는 국내외에서 상업화한 예가 없다. 그러므로, 공정이 단순하여 설비비가 적게 들고 재료설계 기술 및 설비의 완전 국산화가 가능한 신공정 개발은 permalloy 극박



재의 국산화를 기술적으로 가능하게 할 수 있다. 저렴한 설비비, 선진국에 대한 기술료 지급이 필요 없는 제품제조와 양산 공정의 확립 등은 극박재의 가격 경쟁력을 확보할 수 있게 하여 국산화와 수출 시장의 개척을 가능하게 할 것이다. 따라서, 본 연구에서는 광폭(300mm 이상) 극박(두께 0.01mm) 형상의 Permalloy를 제조하기 위한 전주 성형 공정을 개발하며 4종 이상의 연자성 판재 제조기술 확립을 목표로 한다. 이에 대한 대상 합금은 Fe-78Ni, Fe-45Ni, Fe-50Ni, Ni이며, 형상은 두께10 $\mu$ m, 폭 300mm 이상으로 동시 제조된 극박재의 폭이 각각 5, 10, 15, 20mm이다. 우선, 음극용 드럼 가공 기술, 교반 방식, Permalloy 전착공정, 세척 및 극박재 권취 방안에 대해 연구하였으며, 전주성형된 극박재의 조직 및 재질에 대해 분석하였다. 이를 통해 Ni/Ni-Fe 극박판의 특성을 평가해 본 결과 양호한 특성을 지녔다.

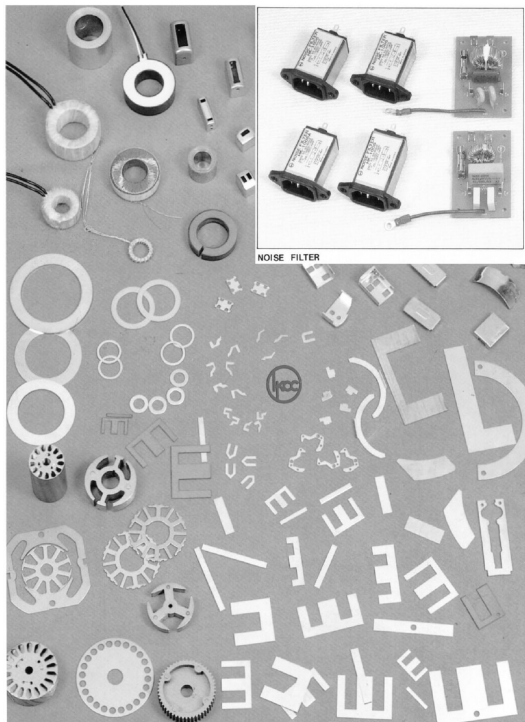


그림 5. 국내 Permalloy 가공기술

## 2.5 전자패키징용 열관리 판재 제조기술 개발

최근 회로의 고집적화에 따른 열 방출량의 증대로 기존재료가 갖지 못하는 고열전도율 저열팽창 특성을 보이는 열관리 재료 개발에 대한 요구가 급증하고 있다. 이에 부응하기 위해 저열팽창계수-고열전도도-저밀도-저생산비의 특성을 지니는 재료의 개발을 목적으로 금속기 복합재료를 이용한 전자 패키징용 부품이 관심의 대상이 되고 있으며, 선진국의 산업체 및 연구기관에서 이미 전자 패키징용 금속 기지 복합재에 대한 연구를 진행하여 부분적으로는 실용화가 추진되고 있는 단계에 이르고 있다. 그러나 기존의 제조방법으로는 연속적인 제품생산이 불가능하여 대량생산이 어렵고 생산 단가가 매우 높은 단점을 극복 할 수가 없다. 따라서 신성형 개념을 도입한 새로운 복합재료 판재의 실제제품 형상의 성형 및 연속 저가형 성형 공정 개발이 필수적이다.

한편, 국내의 전자 패키징용 금속복합재료와 관련된 연구 활동은 아직까지 기초연구 단계에 있으며, 특히 플라즈마 용사법을 적용한 전자 패키징용 금속 복합재 판재의 제조 기술에 관한 연구는 전무한 실정이다. 이에 따라, 여러 가지 플라즈마 용사 공정 parameter, 강화재의 종류 및 분율, 몰드 및 기지합금의 성분 등의 설계 및 제어를 통해 여러 가지 물리적 성질을 지니는 전자 패키징용 열관리 판재의 개발과 더불어 고품질화와 저가격화에 기여할 제조공정 기술을 개발하려고 한다. 그림 6은 반도체 및 통신용 소자 등에 사용되고 있는 금속 복합재료들을 보여주고 있다. 본 그림에서도 볼 수 있듯이 금속복합재료를 이용한 전자 패키징용 부품의 개발은 선진국에서는 산업체 및 연구기관에서 이미 활발히 연구되고 있으며 상용화 부품을 생산하고 있는 단계에 이르고 있다.

표 3에 현재 연구되고 있는 금속복합재료와 연구를 수행하고 있는 산업체를 상세히 정리하여 나타내었다. 미국의 Lanxide Electronic Component사는 액상 함침법을 적용하여 50~70vol% SiCp/Al 금속기 복합재료를 제조하여 160~180W/mK의 열전도 및 6~7ppm/mK의 열팽창계수의 특성을 지니는 소재를 개발하였으며, GM Ev-1 자동차에서는 전자기기의 열발산재 이외에 microprocessor lids, package base 및 clip carrier 등의 0.5mm급 판재형 열

관리 소재로도 응용되고 있다. 국내의 금속복합재료와 관련된 연구는 한국과학기술원 및 포항공대, 아주대 등의 대학과, 생산기술연구원, 한국기계연구원 및 한국과학기술연구원 등의 연구소에서 수행되고 있으나 대부분 용탕 단조법, 가압함침주조 및 분말야금공정을 적용하고 있으며, 용도는 대부분 자동차 및 항공기 부품소재 개발에 역점을 두고 있다.

외국의 기술수준은 고체적분율 강화재의 금속복합재료를 이용하여 이미 전자 패키징용 상

표 3. 금속 복합재료의 연구현황

회사명	응용분야	성 질	공 정
LanXide Eletronic Component, Co., U.S.A	파워모듈기관, 파워증폭기, microprocessor lids, printed wiring board cores, carriers and package base, hybrid electronic package, heat spreader GM EV-1 car	합금계:SiC/Al-Si-Mg 강화재 체적율:50~70vol.% 열팽창계수:6.0~9.5ppm/K 열전도도:160~180W/mK 밀도:2.9g/cm <sup>3</sup>	무가압함침 주조공정 (PRIMEX)
PCC's Advanced Forming Technology Division, U.S.A	Heat sink, heat spreader, chip carrier	합금계:SiC/Al 강화재 체적율:30~74vol.% 열팽창계수:6.0~9.5ppm/K 열전도도:175W/mK 밀도:3.01g/cm <sup>3</sup>	가압함침 주조공정
AEA Technology, UK	전자 패키징용 열관리 재료	합금계:SiC/Al 강화재 체적율:30~70vol.%	가압함침 주조공정
Ceramic Process system, U.S.A	Microwave housing, chip carrier, microprocessor lids, multichip 모듈	합금계:SiC/Al alloy(A356) 강화재 체적율:50~70vol.% 열팽창계수:6.5~9.5ppm/K 열전도도:170~200W/mK 밀도:3.0g/cm <sup>3</sup>	가압함침 주조공정
Polese Company, U.S.A	Chip carrier, microprocessor lids, multichip 모듈	합금계:SiC/Al, W/Cu,Mo/Cu 강화재 체적율:30~70vol.% 열팽창계수:6.0~14ppm/K 열전도도:170~210W/mK 밀도:3.0~3.1g/cm <sup>3</sup>	분말야금공정
DWA Composite Specialties, Inc., U.S.A	보잉777가스터빈엔진의 Fan Exit Guide Vanes(FEGV's), thin gage sheet, chip carrier	강화재 체적율:15~55vol.% 열팽창계수:8.0~14ppm/K 열전도도:170~210W/mK 밀도:3.0~3.1g/cm <sup>3</sup>	분말야금공정

용화 부품을 생산하고 있는 단계에 이르렀고, 고 체적분율 강화재의 금속복합재료로 전자 패키징용 부품을 생산할 때 기존의 부품에 비해 무게는 약 50% 감소, 생산단가는 30% 절감효과를 유발하는 것으로 조사되어 현재 그 시장성이 확대되어지고 있는 추세이다. 그러나 국외의 전자 패키징용 금속복합재료의 제조공정은 가압함침공정과 분말야금공정에 의한 것으로 연속생산이 어려워 제품의 신뢰성 향상 및 대량생산 측면에서는 많은 문제점을 내포하고 있다. 국내의 경우, 금속복합재료에 대한 연구는 앞서 살펴본 것처럼 주로 가압함침 제조 및 분말야금 공정법에 의한 구조용 복합재료에 집중되고 있는 실정이다. 전자 패키징용 열관리 소재로서의 금속복합재료 제조공정은 가압/무가압 함침 주조공정 및 분말야금공정을 이용한 연구가 진행되고 있으나, 아직 초기 단계에 그치고 있다. 하지만, 전자 패키징용 열관리 판재는 국가 주력수출산업인 반도체 산업과 직결되어 있으며, 부가가치가 크고, 정보전자산업의 경쟁력에 큰 영향력을 미치고 있으며, 반도체 시장의 성장여부에 따라 그 시장 규모는 더욱 확대될 전망이다. 특히, 국내의 경우에서는 첨단 패키징용 재료의 전량을 수입에 의존하고 있기 때문에 소재 개발 및 제조 공정이 확립될 경우 수입대체 및 역수출로 그 파급효과가 막대할 것으로 여겨진다.

따라서, 본 연구에서는 열전도도 150W/mK 이상, 열팽창계수 10ppm/K이하를 지니는 알루미늄 기지 금속 복합재료 판재 제조기술을 개발하고자 하며 이에 관한 체계적인 연구를 통하여 전자 패키징용 heat sink재 및 기판 소재 등에 응용함으로써 국내의 전자부품산업의 발전과 국내 관련 산업의 국제 경쟁력 향상을 목표로 한다. 이를 위해 전자 패키징용 알루미늄 기지 금속 복합재 열관리 판재를 설계하였으며, 저팽창, 고열전도율 알루미늄 기지 복합재 판재의 분무 적층 공정을 개발하였다.



그림 6. 금속 복합재료를 이용한 반도체 및 통신용 소자응용 제품

## 2.6 비정질 Zr계 합금판재의 Strip Casting 기술개발

첨단 산업이 발전함에 따라 제품의 고 효율화 및 소형화가 추구하고, 환경보호를 위한 각종규제, 에너지 절약 사업이 추진되고 있다. 이러한 시대적인 요구에 따라 최근 금속재료의 연구에 있어서 핵심 분야로 대두되고 있는 부분은 극한 환경 하에서도 강도, 내식성 및 인성 등의 특성을 유지할 수 있는 혁신적인 내환경재료에 대한 개발이다. 이러한 내환경재료의 개발요구에 부응할 수 있는 합금으로 비평형상의 우수한 성질을 응용한 비정질 합금계에 대한 연구가 주목을 받고 있으며, 특히 산업적인 적용을 위한 고효율의 기능성 비정질 합금판재의 생산 기술 개발은 국가 산업발전을 위해 필수 불가결하다. 비정질합금에 대한 연구는 1960년 Au-Si합금을 급속 냉각하여 비정질 재료를 발견한 이후 기초적인 연구뿐만 아니라 실제적인 적용에 대해서도 많은 연구가 이루어지고 있다. 그 중 Zr계 비정질 합금은 비정질 형성능이 우수할 뿐만 아니라 다른 합금에 비해 기계적 성질 또한 우수하여 실용화에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 여러 연구 결과에 따르면 Zr계 비정질 합금은 다른 합금에 비해 인장강도, 굽힘강도, 경도, impact fracture energy, 피로강도 등이 매우 높으며 주조성과 절삭 가공성이

중고 부식 저항성 또한 좋다고 알려져 있다.

이러한 Zr계 합금의 제조 방법은 solidification법과 consolidation법으로 크게 나눌 수 있다. Solidification법에는 water-quenching, copper-mold casting, die casting, arc melting, unidirectional melting, suction casting, squeeze casting 등이 있고 consolidation법에는 supercooled liquid 영역에서 비정질 powder를 hot pressing하거나 warm extrusion하는 방법이 있는데 현재 Zr계 비정질 합금을 제조하기 위하여 가장 많이 사용되고 있는 방법은 die casting법과 squeeze casting정도이다. 최근의 Zr계 비정질 합금에 대한 연구는 합금 성분의 조절을 통하여 제조 가능한 두께를 증가시키는 방향과 실용화를 위한 새로운 제조 기술의 개발에 많은 관심이 모아지고 있다.

현재까지 구조용 재료로서의 벌크 비정질 합금에 대한 많은 연구가 이루어지고 있으나, 비정질 합금의 제조를 위해 개발된 공정은 vacuum die/permanent mold casting법으로 국한되어 있으며, 구조용 재료로서의 응용범위가 넓은 판재 제조공정은 아직까지 개발되어 있지 않다. 따라서, 이와 관련된 기술의 선점을 위해 중장기적인 국가의 지원하에 소재에서부터 공정에 이르는 체계적인 연구를 통하여 고효율의 기능성 비정질 합금 판재생산 기술의 육성 및 확보가 매우 시급하다고 할 수 있다.

최근 가장 주목받고 있는 판재 제조 공정 중의 하나인 strip casting 공정은 벌크 비정질 합금 판재 제조에 가장 적합한 process이다. 이 strip casting법은 1895년 영국의 Bessemer에 의해 창안되었으며 약 130여 년 동안 휴면상태에 있었다. 이 strip casting법은 설비투자비, 에너지 소비율이 적으며 원료에 대한 제품의 비를 높일 수 있으므로 최근에 많이 이용되고 있다. 또한, 이 방법으로 박판을 제조하게 되면 주조

중 재료가 roll에 의해 강하게 접촉하게 되어 용탕의 응고수축에 따른 기공이 형성되지 않고 기존의 반연속 주조법인 DC(direct chill casting) 제조법에 의해 생산되는 것보다 냉각속도가 빠른 생산성이 우수한 소재를 얻을 수 있다.

본 연구에서는 스트립 캐스팅 공정으로 철강 재료 및 티타늄합금보다 현저히 우수한 기계적 성질 및 내식성 등을 지니는 혁신적인 내환경 기능성 재료인 벌크 비정질 합금의 고효율 정밀 금속판재 제조기술개발을 목표로 한다. 구조용 재료로서의 금속판재의 응용범위는 그림 7에 나타나 있듯이 매우 다양하므로 벌크 비정질 합금 판재의 개발 및 양산화가 이루어지면 방위산업, 핵발전 설비, 항공 산업, 자동차 산업 및 가전 산업 등의 첨단 소재분야에 커다란 파급효과를 줄 것으로 판단된다. 특히, 본 연구가 지향하고 있는 저비용 고효율의 기능성 정밀 금속판재 생산 기술은 산소 분위기의 엄격한 제어와 난가공성의 어려움을 지니는 핵관련 구조재료의 생산에 효과적인 원천기술을 제공할 수 있으며, 이로 인한 생산 기술의 고도화는 경제적 파급효과도 클 것으로 여겨진다.

## 2.7 초경량 고내식 Mg합금 판재의 고속 연속제조

순 마그네슘의 밀도는 약  $1.74\text{g/cm}^3$ 로서 구조용 금속 재료 중 가장 경량이므로 항공기 및 자동차용 소재, 휴대용 기계류 및 일상용품 등에 주로 사용되고 있으며 그 응용범위가 점차 확대되고 있는 추세이다. 그러나 마그네슘합금은 전기화학적으로 전위가 낮아서 내식성이 나쁘며, 극히 활성적인 금속으로 공기, 물, 화학약품과 접촉하면 쉽게 부식된다. 또한, 마그네슘합금은 기계적 특성이 알루미늄에 비해 낮은 편이며 특히, 성형 가공성이 나쁘기 때문에 부품제조에 있어 현재까지는 주로 주조방법에 의

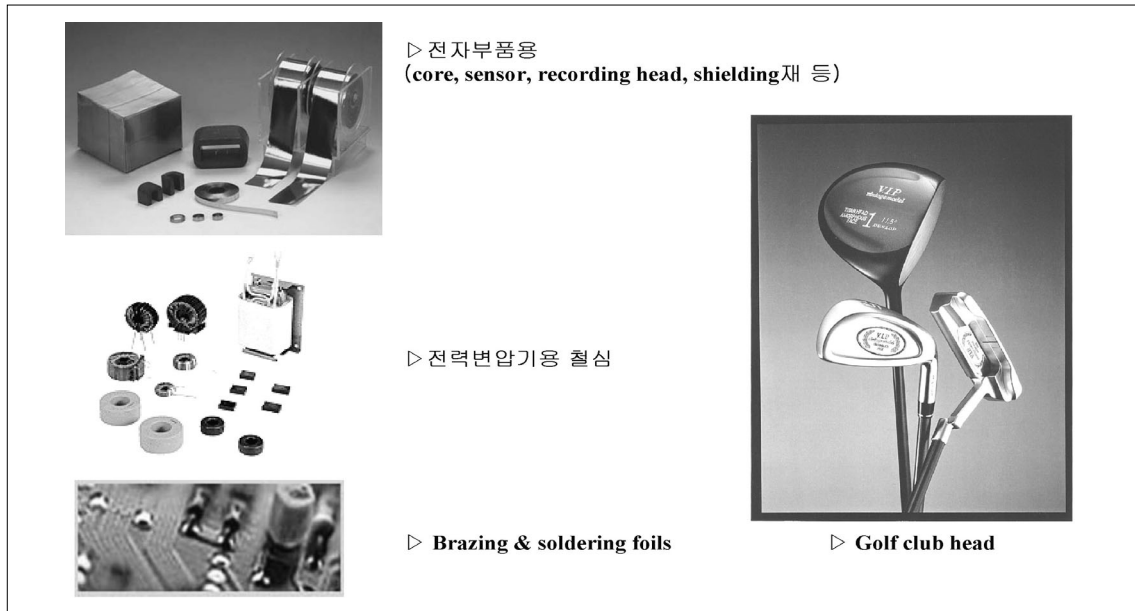


그림 7. 비정질 Z계 합금판재의 응용범위

존하고 있는 실정이다.

그러나, 근래 들어 자동차용 부품, 휴대폰, 전동공구, 노트북PC 케이스 등에 있어 마그네슘 합금 판재의 수요가 급증하고 있어, 기존의 주조공정보다 부품의 성능을 향상시킬 수 있을 뿐 아니라 공정 단축 및 에너지 절감이 가능한 새로운 공정의 개발이 절실한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 기존의 단조용 마그네슘 합금인 AZ31 합금을 기초로 하여 내식성과 성형 가공성을 향상시킨 신합금을 개발하고, 수평식 연속 주조법에 의한 광폭 판재 제조공정 및 Properzi 법에 의한 판재의 고속 생산공정, 연속 주조된 판재의 박판 압연기술을 개발함으로써, 마그네슘 합금 박판 제조기술의 생산성을 극대화하는 것을 연구의 목표로 하고 있다.

Batch type의 주조방식에 비해 획기적으로 생산성이 높은 연속주조공정은 비철합금의 경우 Al이나 Cu계 합금을 중심으로 적용되어 왔다. 철강분야에서의 연속주조기술은 빠른 수요 증가와 대형화를 기반으로 전개되어 온 반면, 비철합금에서는 소량 다품종 소재의 수요에 대

응하기 용이하며, 특히 수직공정으로는 제조가 불가능한 소구경이나 소단면적 소재의 제조에 공정단축의 효과가 있기 때문에 최근 적용사례가 늘어나고 있다. 즉, 수직식의 연속주조에 비해 회수율이 높을 뿐 아니라, 소재의 단면적 크기나 형상에 제약을 받지 않고 다양한 형상의 billet, strip, tube, wire, rod 등을 제조할 수 있는 수평연속주조공정으로의 변화는 가속화되고 있는 추세이다.

연속주조공정으로 Mg합금을 제조하고자 하는 연구는 1990년대 후반, 반연속 주조(Direct Chill Casting) 방식을 적용하는 연구가 시작되어 유럽, 북미 및 노르웨이 등의 선진국을 중심으로 Mg billet 및 slab을 제조하는 생산 공정이 이미 안정화단계에 접어들고 있다. 그러나 Mg합금은 Al합금의 연속주조공정과 달리 산화물의 혼입이나 냉각수와의 반응, 편석 등에 의해 연속 주조되는 소재의 표면에 발생하는 결함의 제어가 어렵고 금속 mold를 사용하는 기술을 접목해야 하는 등 기존의 Al이나 Cu계 합금의 연속주조기술과는 큰 차이가 있기 때문

에 현재에도 반연속주조공정의 안정화를 위한 연구가 수행되고 있다. 또한 반연속 주조는 응고하는 billet이나 slab의 표면에 직접 냉각수를 분사하고 분사된 냉각수는 주조되는 소재의 하부에 pool을 형성하기 때문에 H<sub>2</sub>O와의 반응성이 강하고 수소를 발생하는 Mg합금 용탕의 breakout시 폭발에 따른 위험을 배제할 수 없는 단점이 지적되고 있다. Mg합금에 관한 세계적인 기업인 Norsk Hydro도 1999년 1월 캐나다 공장에서 반연속주조설비의 운전 중 대형 폭발사고로 인해 반연속주조 사업을 포기하는 사례도 보고 되어 있다.

반면 Mg합금을 수평연속주조나 상향식 연속주조 공정에 의해 제조하고자 하는 연구가 수행되고 있다. 이와 같은 공정은 성형이 어려운 Mg합금의 특성을 최대한으로 고려할 수 있는 공정으로, 최종소재에 가장 가까운 형상으로 소재를 제조함으로써 후공정을 줄일 수 있다. 즉, 기존의 Batch type의 주조나 반 연속주조에서는 대형의 billet이나 slab를 제조한 후 압연 및 압출하는 공정에 의해 최종소재의 형상인 plate, bar, wire, tube 등을 제조하였으나 수평연속주조방식은 주조공정에서 직접 원하는 크기 및 형상의 소재를 제조하기 때문에 압출이나 압연공정을 생략하거나 단축할 수 있다. 그러나 수평연속주조기술은 Batch type의 주조나 반연속주조기술에 비해 고도의 정제 및 공정제어기술을 포함하고 있기 때문에 Mg합금을 수평 연속 주조하는 공정을 개발하고자 하는 연구는 선진국에서만 활발히 수행되고 있다. 현재 미국의 Norsk Hydro 및 호주의 CRIRO에서는 수평연속주조 공정에 의해 Mg를 제조하는 기술을 실험실규모의 개발을 마치고 양산화 공정으로 적용하기 위한 연구를 수행 중에 있다.

그림 8은 본 연구에서 사용될 연속주조 장치를 보여주고 있다. Mg합금의 연속주조기술은

최근 5년 이내에 연구 및 실용화되기 시작한 공정기술로 선진국에서도 반 연속주조와 관련된 기술의 일부만을 실용화하고 있을 뿐 수평연속주조나 상향식 연속주조와 관련하여서는 지금까지도 연구실이나 pilot plant규모의 결과를 보고하는 수준에 있다. 따라서 국내에서는 이와 관련하여 보고된 연구결과나 실용화 사례는 없다. 다만 전세계적으로 Mg합금 주조공정의 80%이상을 차지하는 die casting공정에서 공정비용을 절감하고자 연속주조공정으로 변화를 시도하고 있다. 또한 그간에 문제점으로 지적 되어온 Mg합금의 후가공 공정(압연, 압출 및 성형)이 개발되고 있는 추세를 감안한다면 die casting법에 의해서만 Mg합금 부품을 제조하고 있는 취약한 국내의 Mg합금관련 산업에도 생산성이 있으며 경쟁력을 갖춘 연속주조공정과 후 가공기술의 개발은 필연적이다.

그러므로, 본 연구에서는 초경량 고내식성을 지니는 마그네슘합금 판재를 고속 수평식으로 연속주조 할 수 있는 기술을 개발하려고 한다. 이를 위해, 본 연구팀에서는 Properzi-type 연속주조장비의 시운전을 통하여 수정된 Properzi-type 연속 주조공정을 개발 하였으며, 이를 통해, 폭 50mm, 두께 5mm, 길이 30m의 AZ31 합금판재를 주조할 수 있었다. 향후, 도가니와 몰드 사이의 취약부분을 보완 설계하여 광폭 판재의 수평연속주조기술을 확립할 것이다.

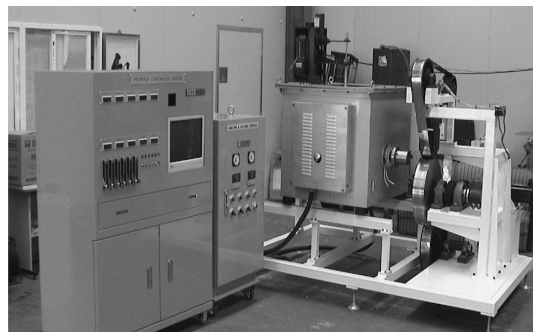


그림 8. Properzi-type 연속주조 설비

### 3. 맺음말

지금까지 살펴본 기능성 정밀 금속판재 사업을 종합해보면, 공정단축, 특성향상, 고정밀화를 위한 소재성형 기술개발에 선택적 결정성장법에 의한 초절전, 고배향성 극박 전자강판개발, 용탕 인출법에 의한 고투자율 연자성 박판 제조기술 개발, 기능성 다층 클래드 판재 연속 제조 기술 개발, 광폭 극박 형상의 permalloy 연속 전주성형 기술 개발, 전자패키지용 열관리 판재 제조기술 개발, 비정질 Zr계 합금판재의 strip casting 기술개발, 초경량 고내식 Mg합금 판재의 고속 연속제조 등 총 7가지 세부 연구

과제가 수행되고 있다.

본 사업은 아직까지 2차년도가 수행 중에 있기 때문에 구체적인 실용화 결과를 보여줄 수는 없지만 본 사업의 2단계가 완료되는 시점에서 미국, 유럽, 일본 등과 충분히 경쟁할 수 있는 기술을 개발할 수 있을 것이다.

마지막으로, 이러한 정부의 지원과 과학기술계의 부단한 노력으로 확정된 기능성 정밀 금속판재 사업이 우리가 지향하고 있는 최종목표인 고기능 특성과 다양한 용도의 금속판재에 대한 제조공정의 최소화 및 친환경적 공정 등을 통하여 우리나라 소재산업의 근간으로 자리잡을 수 있을 것으로 확신한다.