



# 친환경 전동기



서왕벽 연구소장 (임진전기(주) 중공업연구소)

## 1. 전동기 기술

전동기는 전기에너지를 공급해서 운동에너지로 전환하는 기기이다.

그 구조를 보면 전류가 흐를 수 있는 코일과 영구자석으로 구성되어 있다.

코일이 가운데 있고 영구자석이 주변에 있는 구조와 반대로 코일이 주변을 감싸고 있고 가운데 영구자석이 있는 구조가 있다. 어느 구조이던 상관없이 코일에 전류를 흘려주면 코일은 자기장을 만들게 되고, 이는 전자석이 된다. 따라서 코일과 영구자석 사이에 힘(자기력)이 작용하게 되는 것이다. 일반적으로 원리를 설명하는 구조에서는 자석이 주변에 있고 코일이 안에서 힘을 받아 회전을 하게 된다. 전동기는 약 200여 년의 역사를 가지고 있으며 그 동안 기본적인 원리는 바뀌지 않고 재료 및 기술의 발달로 점차 발전되어 왔으며 회전체로써 생기는 소음, 진동, 온도상승, 효율

에 대해서는 기존에는 단지 구동 및 동작하는데 의의를 두었지만 이제는 시대가 요구하는 친환경성에 맞게 각 회사들은 저소음, 저진동, 고효율제품설계로 개발을 꾀하고 있으며 이 보고서는 친환경적인 측면에서 기술개발과의 관계를 기술하였다.

### 1.1 개요

전동기의 역사는 약 200여 년 전 아라고 (프랑스)의 원판이라는 실험에 의해 확인되었고 이즈음 플레밍의 왼손법칙, 오른손법칙, 패러데이의 전자기유도법칙 등이 발견되어 이를 기초로 최초의 전동기가 제작되었다. 이처럼 전동기는 전기와 자기와 힘의 상관관계를 가지고 있으며 전기와 기계가 혼합되어있는 구조이다.

초기의 전동기는 전기에너지를 가지고 회전력을 발생시키는데 의의를 두었으며 점차 재료 및 기술의 발달로 경량화, 디자인화 되어왔다. 얼마 전까지는 전동기를 얼마나 오랜 기간 안정되게 사용할 수 있는가에 대한 신뢰성에 중점적인 가치를 두어왔다. 하지만 최근에

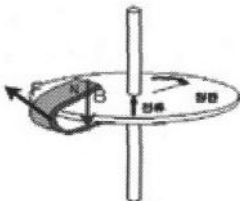


그림 1. 아라고의 원판.



그림 2. 전동기 변천사.



는 에너지 Saving과 맞물려 내환경성, 친환경성, 편리성, 디자인 등 소비자의 욕구도 점차 늘어나 저소음, 저진동, 고효율을 고려한 제품설계가 실시되어 소비자의 요구를 충족시키고 있으며 친환경적 요소들도 세계화에 맞게 Standard가 제정되고 의무화되고 있는 추세이다.

이러한 시대적 요구에 따라 앞으로는 이산화탄소 저감 측면에서 고효율전동기보다 더욱 높은 효율을 가진 프리미엄전동기로 시장이 변화할 것이며 또한, 소재사용면에서도 각종 유해물질에 대한 규제에 따라 부품의 선택 및 사용 시에도 주의를 기울여야 한다.

다음으로 고효율전동기 및 프리미엄전동기, 유해물질에 대한 규제에 대해 알아보고 앞으로의 친환경적 전동기의 방향에 대해 모색해 보고자 한다.

## 1.2 전동기와 전력에너지

### (1) 전동기와 이산화탄소의 관계

우리가 일상에서 가장 많이 사용하는 에너지원인 전기는 안정성, 가격경쟁력, 제어가능성, 무공해, 수송이 용이한 이유로 광범위하게 사용되고 있다. 하지만 무공해에너지인 전기는, 아쉽게도 화석연료를 연소하여 얻어지므로, 거기서 발생하는 이산화탄소는 지구온난화를 일으키는 주범이 된다.

전기에너지를 사용하는 기기를 크게 3종류로 나누어 본다면, 전동기, 조명기기, 전열기기로 나눌 수 있는데, 이 중 전동기는 가장 대표적인 에너지 변환 기기로서, Pump, Fan, Compressor, Crusher 등 다양한 동력원에 활용되고 있으며, 국내에서 생산된 전력의 60%를 사용하고 있다. 또한 여러 전동기 중에서도 가격이 싸고, 견고하여, 광범위한 부하에 사용되는 3상 유도전동기는 전체 전동기의 70%를 차지한다. 전력사용량의 관점에서 본다면, 3상 유도전동기는 우리나라 전체 소비전력의 42%에 해당하는 최대의 전력소비원이다. 이를 전력량과 금액으로 표현

표 1. 3상 유도전동기의 소비전력.

구분 (2008년)	전력량 (kWh)	금액 (79 원/kWh)	비교
국내 총 소비전력량	3,850억	30조 4150억 원	100%
3상 유도기 전력소비량	1,617억	12조 1682억 원	42%

표 2. 전동기와 일반전기기기의 에너지 사용비교.

구분	Initial Cost (%)	Maintenance Cost (%)	Energy cost (%)
노트북	95.0	1.1	3.9
LCD TV	90.0	1.3	8.7
전동기	4.5	0.5	95

한다면 표 1과 같다.

3상 유도전동기의 효율은 90% 근처로 다른 전기기기에 비해, 에너지 변환효율은 높은 편이지만, 그 사용량이 대단히 많고, 전수명주기 에너지 원가 (Energy cost of Total Life Cycle Cost) 또한, 다른 기기에 비해 월등히 높기 때문에, 전동기의 손실을 줄여 효율을 향상시키는 것은 대단히 중요하다. 전동기의 수명이 다할 때까지 드는 총 비용을 100%로 한다면, 이 중 에너지 사용비가 차지하는 비율을 다른 기기와 비교하면 표 2와 같다.

이 결과를 음미해 본다면, 450만원의 전동기를 구매해서 사용한다면, 그 수명이 다할 때까지 9,500만원의 전기요금을 지불한다는 것이다. 따라서 전동기 효율의 미세한 차이는 전체적인 전기소비량에 막대한 영향을 미치게 되고, 이것은 곧바로 화석연료 사용에 따른 이산화탄소 발생과 연결된다.

전력사용에 따른 이산화탄소 발생량은 1 Wh당 0.424 g (에너지관리공단)이고, 이를 바탕으로 93.5%의 효율을 가진 37 kW 전동기의 시간당 이산화탄소 발생량을 계산하여 본다면,

$$\begin{aligned}
 & \text{1시간 소비전력량} \\
 & : 37 \times 1,000 \times 1/0.935 = 39,572 \text{ Wh} \\
 & \text{이산화탄소 배출량} \\
 & : 39,572 \text{ Wh} \times 0.424 = 16,779 \text{ g}
 \end{aligned}$$

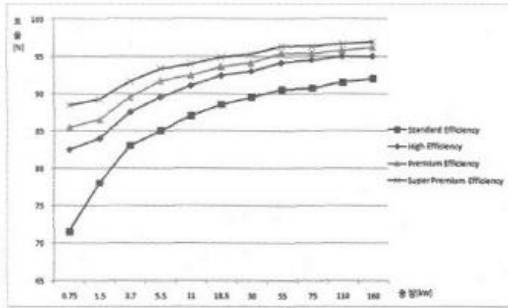


그림 3. 북미 기준에 따른 효율 등급.

이 된다.

37 kW 전동기는 산업용으로는 작은 용량임에도 불구하고, 이 전동기를 사용하는데에는 시간당 16.7 kg의 이산화탄소가 발생한다는 것이다. 이것을 전동기 수명주기동안 발생하는 총 이산화탄소량으로 계산해보면, 결과는 더욱 놀랍다.

$$16,779 \text{ g} \times 24\text{시간} \times 365\text{일} \times 15\text{년} \\ = 2,204,760,600 \text{ g} = 2205 \text{ ton}$$

이 전동기는 그 수명을 다할 때까지 2205 ton의 이산화탄소를 배출하게 되는 것이다. 만약, 이 전동기의 효율이 1%만 개선된다면 발생하는 이산화탄소량은 25 ton이 줄어들고, 5%가 개선되면 125 ton의 이산화탄소가 줄어들게 된다. 모든 전동기에도 확대 적용한다면, 그 절감량은 엄청난 것이 될 것이다.

이와 같은 이유들로 인해 산업계, 학계에서 전동기의 효율을 높이는 방안을 다방면으로 연구하는 한편, 선진국들을 위주로 전동기를 효율에 따라 등급을 정하여, 강제적으로 기존의 전통적인 전동기보다 높은 효율을 갖도록 유도하고 있다. 현재 널리 통용되고 있는 북미의 기준 (NEMA MG-1)에 따른 효율등급을 그림 3에 나타내었다.

신뢰성이 최고 가치가 되었던 고전적인 전동기시장을 탈피하여, 신뢰성과 친환경성을 동시에 만족할 수 있는 고효율 전동기로 시

장이 변화하고 있다. 그 변화에 따라 대부분의 선진국은 고효율전동기를 표준전동기로 사용하고 있고, Premium급의 전동기 또한 개발이 완료된 상태이다.

### (2) 효율 향상 방안

아직, 국내의 많은 업체들은 정부의 지원 없이는 고효율전동기를 설계, 제작할 역량을 갖추지는 못하였지만, 전동기를 제작하는 부품소재가 점점 좋아짐에 따라, 표준전동기에서 고효율 전동기로 변화가 아주 어려운 일은 아니다. 하지만, 선진국의 수준인 Premium급 전동기로 제작하는 것은 많이 연구비용과 노력이 따른다. 또한, 효율을 높이는 것만큼 제작단가를 낮추는 것이 중요한 전동기 제작사들로서는, 두 가지를 동시에 만족할 수 있는 방법을 찾아야하기 때문에 더욱 그러하다. 일반적으로 유도전동기의 회전자에 동바 (Copper Bar)를 삽입하거나, 알루미늄을 Die-casting하여 2차측 회로를 구성하게 된다. 동바를 삽입하는 경우, 효율은 다소 높으나, 회전력이 다소 떨어지며, 제작 원가가 상승한다. 알루미늄으로 die-casting한 경우는 제작원가가 감소하고, 회전력은 다소 상승하지만, 2차측 손실이 증가하여 효율을 높이는데 제약이 따른다. 알루미늄 회전자를 이용하여, 고효율전동기로 제작하는데까지는 큰 무리가 없지만, Premium급의 전동기를 제작하기에는 다소 어려움이 있다. 때문에 많은 연구기관들과 선진제작사들은 회전자를 동 (銅) die-casting하여 생산성과 효율을 모두 높일 수 있게 하고 있다.

### (3) Premium급 전동기 동향

#### ① 미주

##### \* 제도

미국의 경우 환경보호의 관점에서 새로운 발전소의 건설이 어려워지던 1988년에 전력회사들을 중심으로 전동기 효율 리베이트 제도가 도입되었다. 이는 미국 내 전력소비의



50% 이상을 차지하는 유도전동기의 효율을 향상시켜, 정해진 전력량을 효과적으로 이용하기 위해서 일반전동기와 고효율 전동기를 구분하는 기준을 정하여, 일반전동기와 고효율 전동기간의 가격차액을 소비자에게 직접 보상하는 제도로써, 이후 에너지 정책조례 (EPAAct: Energy Policy Act)를 시행하는 원동력이 되었다. 이 제도는 0.75~150 kW 2,4,6극에 해당하는 저압전동기들의 최소효율을 정부에서 규제하는 것으로, 1992년부터 5년간의 유예기간을 가진 후 1997년에 정식 발효되었다.

이에 그치지 않고, 1998년에는 기존 고효율전동기보다 더 향상된 효율의 프리미엄급 전동기에 관한 최저효율규격을 마련하였고, EPAAct를 NEMA 프리미엄급 효율에 맞추어 개정하여, 2011년에는 프리미엄급의 전동기만을 생산, 판매할 수 있도록 하였다.

캐나다의 경우 우리나라를 비롯하여 일반 전동기에서 고효율 전동기로의 시장전환을 원하는 많은 나라들이 캐나다를 가장 훌륭한 롤모델로 삼고 있을 정도로, 캐나다의 사례는 성공적이다. 최저효율제를 시행하기 전에 리베이트제도를 통하여, 소비자에게 가격차액의 대부분을 지원했을 뿐만 아니라, 제조업자에게도 장려금을 지급했다. 1992년에 에너지효율 조례 (EEAct: Energy Efficiency Act)와 1995년 에너지효율규격 (EER: Energy Efficiency Regulations)을 제정하고 1995년부터는 고효율 전동기의 생산판매를 의무화하는 최저효율제를 시행해 왔다. 이와 같은 정책적인 노력을 통해 1998년부터는 캐나다에서 사용하는 저압전동기의 대부분은, 고효율 전동기로 대체되었다.

또한, 캐나다도 미국과 마찬가지로, 2011년에는 프리미엄급의 전동기만을 생산, 판매할 수 있도록 하였다.

#### \*기술동향

현재 Premium급의 전동기는 북미에서 판

매되는 모터 중 약 25%를 차지하고 있으며, GE社: General Electric, US Electric社, Reliance社, Marathon社, Emerson社 등의 선진회사와 CDA (Copper Development Association)에서 동(銅) 다이캐스팅 전동기를 생산하고 있다.

#### ② 유럽

##### \* 제도

유럽은 최초 자발적 협약 (Voluntary Agreement)을 통하여, 미주와 같은 규제 정책을 사용하지 않고 고효율 전동기의 보급률을 늘리고자 하였으나, 예상처럼 고효율 전동기의 실제 시장 점유율은 늘어나지 않아, 최저효율제 시행을 고려하고 있다.

이에 따라 기존의 3단계 효율기준(Eff1: 고효율, Eff2: 개선효율, Eff3: 일반효율)에서 4단계(IE4: Super-Premium급, IE3: Premium급, IE2: 고효율, IE1: 일반효율)로 IEC규격을 개정 및 신설하고, 미국의 EPAAct에서 규제하는 전동기보다 더욱 품목을 늘려서, 2011년 IE2 (고효율)과 2015년 IE3 (Premium급)의 최저효율제를 시행에 정이다.

##### \*기술동향

현재 Favi社가 동 다이캐스팅 회전자를 판매 중에 있으며, Siemens社, SEW社 동 다이캐스팅 프리미엄 전동기를 상업판매하고 있다.

#### ③ 일본

##### \*제도

1997년 에너지절약법 (에너지의 효율적 사용 및 낭비를 배제하는 종합적 법률)이 제정되어 각 사업장에서 에너지 소비를 연간 1%씩 줄여 나가도록 하고 있다. 공장에서 전력 에너지의 70% 정도는 전동기가 소비하게 되므로, 에너지 소비를 줄이는 가장 합리적인 방안은 일반전동기에서 고효율전동기로 교체



하는 방법이므로, 사업주가 자발적으로 고효율전동기를 도입할 수 있도록 한 것이다.

관련 규격으로는 일본전기공업회 (JEMA) 기술 자료로서 "에너지 절약을 위한 전동기 선정과 적용, JEM-TR137"을 따르고 있었으나, 2000년 7월 20일 미국의 에너지효율법을 기초로 고효율 전동기의 JIS규격 "고효율 저압 삼상 농형유도전동기 (JIS C4212)"가 제정되었다.

**\*기술동향**

전통적으로 산업기기의 강자였던 일본은, TMEIC社, Fuji社, Hitachi社 등의 메이저 3社가 프리미엄 전동기시장을 주도하고 있다.

**④ 국내**

**\*제도**

1992년 KS C 4202에 고효율 유도 전동기 효율 기준을 만들고, 인증제도 및 리베이트 제도를 통해 시장의 자발적인 변화를 추구했으나, 초기 구입비용에 대한 부담 등의 이유로 시장 보급률은 크게 늘지 않았다. 이후 최저효율제도 (MEPS: Minimum Energy Performance Standards)를 2008년 1단계, 2010년 2단계로 단계적으로 시행하여, 효율이 낮은 기기들은 시장에서 퇴출되고 있다.

나아가, Premium급 전동기의 점유율을 늘리고자, 해당 전동기에 대한 리베이트제도를 도입하고자, 에너지관리공단에서 추진 중에 있다.

**\*기술동향**

중소기업들과 한국전기연구원등이 합작하여 2008년 2개의 동(銅) 다이캐스팅 전동기를 포함하여 총 5기종의 프리미엄급 전동기 개발에 성공하였다. 현대, 효성, 오티스, 일진전기 등의 대기업들은 외국선진사의 기술 제휴 등을 통하여 개발 중에 있다.

표 3에 각국의 MEPS 시행 현황을 간략히 정리하였다.

표 3. 각국의 MEPS 시행 현황.

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
고효율																					
일본																					
미국																					
중국																					
한국																					

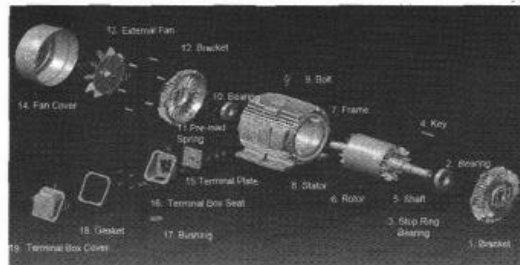


그림 4. 전동기의 부품구조.

**1.3 전동기와 소재**

**(1) 전동기의 부품**

부품의 측면에서 보았을 때 전동기는 여러 가지 부품으로 이루어져 있으며 대략적인 것은 그림 4와 같다.

이들 부품은 이전에는 환경의 별다른 규제 없이 설계 및 제작되어 왔지만 최근 유럽에서부터 시작된 환경에 대한 제한은 이제 세계로 향해있으며 이제는 유해물질의 제한아래에 설계 및 제작하지 않으면 안 되는 시대에 있다.

**(2) 유해물질에 대한 규제**

이러한 유해물질의 제한배경에는 1976년 7월 이탈리아의 화학공장 폭발사고발생으로 인한 다이옥신오염사고, 1986년 11월에 스위스의 바젤에서는 화학공장으로부터 유출된 수은 등의 유해물질로 라인강 200 km에 걸쳐 오염된 사고 등 대규모적인 환경오염의 사례가 있었으며 유해물질에 대해 국제적인





그림 5. 각종 절연재료.

협력 및 제재의 필요성이 대두되었다.

또한, 미국에서도 1973년 반도체공장의 탱크누설에 의한 토양, 지하수오염이 발견되었고 1978년 뉴욕 주에서는 농약공장의 폐기물에 의한 피해, 1989년 알래스카 주 발디스항에서 발디스호가 프린스윌리엄 해협에서 좌초되어 원유 20만 km를 유출하여 해안을 오염한 사건이 있었다.

이러한 사고들로 인하여 2003년 2월에 EU (유럽연합)의 관보에 유해물질에 관한 RoHS (Restriction of Hazardous Substances) 지령이 생기면서 납, 수은, 카드뮴, 6가크롬, PBB, PBDE의 6물질이 지정되어, 2006년 7월에 전기전자기기에는 이 6물질의 사용을 금지하게 되었다. 따라서 수출품에 대해서는 환경규제에 맞게 유해물질이 없는 부품으로 제작하여야 하며 특히 유럽수출품은 강화된 환경규제에 따르는 것이 필수가 되었다.

### (3) 소재의 변환 및 설계

이에 맞게 전동기의 각 부품은 MSDS (물질안전 보건자료) 및 MILL SHEET에 유해물질의 유무를 반드시 확인하고 제작하여야 하며 예를 들면 용접 시 사용했던 석면선을 유해물질이 없는 절연물로 대체하여 사용한다거나, 절연재료도 난연제에 취소 및 염소 등의 할로겐 및 중금속을 포함하지 않고, 안전성이 높은 유기인계 난연제를 사용하여 소각

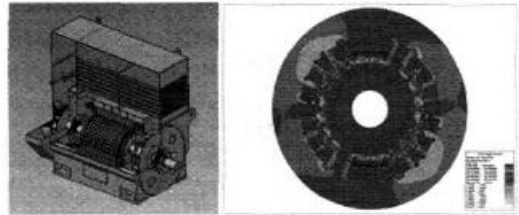


그림 6. 각종 해석 프로그램에 의한 Simulation.

해도 다이옥신, 취화수소, 산화안티몬 등 유해물질이 발생하지 않는 절연재료로 사용하는 등으로 부품의 변환이 이루어지고 있다.

저소음, 저진동에 대해서는 설계 단계에서부터 전기적, 기계적으로 전자계해석 및 구조해석 Tool 및 프로그램으로 계산, 사전검토 및 Simulation하여 기존대비 소음 및 진동발생의 가능성을 최대한 줄이고 안정적인 구조로 제작하여 최대한 친환경적으로 진행하고 있다.

## 2. 펌프 기술

펌프란 압력작용에 의하여 액체나 기체의 유체를 관을 통해서 수송하거나, 저압의 용기 속에 있는 유체를 관을 통하여 고압의 용기 속으로 압송하는 기계이다. 즉, 공기 액체 등을 한쪽 구멍에서 흡입, 다른 쪽 구멍으로 밀어 내거나 토출 하도록 만든 기계를 의미한다.

펌프의 종류는 대단히 많고, 분류 방법도 여러 종류로 다양하다. 크기는 회전식 (원심) 과 왕복동식으로 나누어서 구분하고 있다.

사용자에 의거한 구분도 필요한데 특히, 광산에서의 지하수의 배수, 농업용수의 관개 등 양수 (揚水)가 큰 문제가 되어 여러 양수 장치가 고안되고 있는 실정이며, 이 보고서는 친환경적인 측면에서 펌프의 기술개발관계를 기술하였다.

### 2.1 서론

오늘날 농촌, 광산 토목공사장, 공장, 가정



에 이르기까지 유체가 이용되는 곳에서는 대개 펌프가 사용되고 있다.

펌프는 물뿐만 아니라 석유나 각종 약품 또는 펄프 비스코스 슬러지 등 특수한 유체의 수송에도 광범하게 사용되고 있다.

이러한 펌프는 인류의 생활에 큰 영향을 준 기계이기도 하며, 확연히 드러나지는 않지만 생활 주변 곳곳에는 많은 펌프가 설치되어 있다. 그만큼 에너지 소비율도 만만치 않게 사실이다. 미국 에너지국 (US Department of Energy)의 보고서에 따르면 펌프 시스템은 전동모터 전력 소비량의 25%를, 산업현장 및 수처리, 오페수 처리시설의 총 전력 소비량의 20~60%를 차지할 정도로 에너지 민감도가 높은 시스템으로서 국가적 에너지 절감과 밀접한 관련이 있다. 이처럼 펌프는 에너지 소비량 면에서 친환경과는 거리가 먼 것이 사실이다.

특히, 에너지의 현명한 사용이 국가경제까지 좌우하기 때문에 고효율 펌프는 기업을 넘어 국가경쟁력까지 영향을 미치는 중요한 산업기기인 것이다.

때문에 펌프에 있어서의 친환경 개념은 제작공정상 공해를 줄이는 등의 내용을 포함하기도 하지만, 무엇보다 펌프의 고효율화 혹은 고효율 운전에 초점이 맞추어질 수밖에 없는 것이 현실이다. 이처럼 펌프의 고효율화와 일목 상통하는 친환경개념의 펌프 신기술개발은 CFD를 활용한 고효율펌프 개발, 인버터에 의한 속도제어, 펌프시스템의 인터넷 제어 등의 형태로 이루어지고 있다.

## 2.2 펌프와 전력에너지

세계 최대 물 공급기업인 영국의 템즈워터 (Thames Water)는 펌프의 수명기간 동안 펌프를 소유하는 데 드는 비용을 구매비용, 전력비용, 보수비용으로 분석한 펌프수명주기비용 (Life Cycle Cost) 이론을 발표했다. 이 이론에 따르면 펌프의 구매부터 폐기까지의 비용을 100%으로 볼 때 초기 구매비

용은 5%, 전력비용은 85%, 보수비용은 10%였다. 그만큼전력비용 부담이 크며, 고효율 펌프의 보급이 시급하다는 것이다. CFD (Computational Fluid Dynamics) 기술이 발전하면서 펌프의 효율개선에 기여한 바가 큰 것이 사실이다. CFD는 펌프의 성능예측뿐만 아니라, 유로 내의 3차원 유동특성을 파악함으로써 펌프의 유동적 안정성을 유도하여 고효율 펌프의 개발에 가속도를 붙여준다. 이러한 연구 활동들은 현재도 효율과 같은 성능을 향상시킨 사례가 많은 연구자들에 의해 제시되고 있다. 여기에 덧붙여, 최적설계기법을 도입하여 고효율 펌프의 개발을 극대화하기도 한다. 최적화 기법을 통하여 유로 단면적 날개각 변화 등에 대한 다양한 실험점들에 대하여 가장 이상적인 설계점을 포착함으로써, 펌프의 고효율 설계에 있어서 중요한 역할을 하고 있다. 즉, CFD만을 활용한 고전적인 방법이 아닌 최적설계기법을 접목한 방법이 많이 사용되고 있다.

이러한 효과는 상대적으로 클 뿐만 아니라 매우 직접적으로 나타나는데, A제지사는 저압고압초고압 샤워 수 라인에 고효율 펌프를 설치해 평균 54.6%의 에너지 및 연간 1억 1500만원 절감 효과를 거두고 있다. B전자의 경우 LCD 냉수냉각수순소도 생산라인에 고효율 펌프를 도입해 36.3%의 에너지 절감 및 연간 4억7900만원의 전력비용 절감 효과를 거뒀다.

이처럼 고효율 펌프의 개발은 가장 기본적인 이면서도 가장 직접적인 효과를 기대할 수 있는 친환경 기술인 것이다.

## 2.3 펌프의 전력에너지 절감

펌프의 운전은 속도제어를 통해서 저전력, 고효율 운전을 실현할 수 있다. 이는 회전속도에 따라 유량 및 양정이 변하는 펌프의 특성 때문에 가능한 방법이기도 하다.

그런 포스 펌프에 따르면 전국의 모든 펌프를 고효율 펌프 및 속도제어 펌프로 교체



만해도 연간 약 3조 5,000억 원을 절약할 수 있다고 설명했다. 이는 원자력 발전소 1기를 건설하는 비용에 해당한다.

이러한 펌프의 속도제어 방법은 특히, 대형펌프에 주로 적용되어왔다. 모터와 펌프 사이에 유체커플링을 설치하고 유체커플링을 통하여 회전수를 제어하는 방법으로 많이 사용되고 있다. 이처럼 비교적 복잡하고 부피가 큰 유체커플링을 사용하는 것은 무엇보다 대용량의 인버터의 가격이 만만치 않은 이유가 가장 크다. 그러나 친환경, 고효율이 강조되는 분위기가 조성되기 시작하면서 상대적으로 용량이 작고 가격적 부담이 상대적으로 적은 소형펌프위주로 인버터가 적용되고 있다. 이는 유체커플링의 부피 및 복잡성의 문제로 소형펌프에는 부적합하기 때문이기도 하다.

한 예로 건축물 순환펌프를 살펴보기로 한다. 순환펌프는 층고가 높아 자연적으로 냉온수의 순환이 이뤄지지 않는 대규모 건축물 등에 사용돼 급탕 설비나 냉난방 설비의 냉·온수를 강제 순환시키는 역할을 하는 펌프를 말한다. 대규모온수 급탕 설비는 배관의 길이가 길어 자연적으로 물을 순환시키지 못해 열손실을 가져온다. 따라서 온수의 열손실을 막기 위해서는 물을 빨리 순환시켜야 하는데 이때 필요한 것이 순환펌프다. 순환펌프는 높은 건물에서도 사용자들이 편리하게 냉온수를 사용할 수 있게 해 준다.

이러한 순환펌프를 사용 급수량 변화에 따라 인버터가 압력 변화를 센서로 감지하고 전동기의 회전수를 변화시켜 최적의 효율로 자동 운전하도록 전자제어 하면, 일정한 속도로 가동하는 정속 펌프에 비해 최대 80%의 에너지 절감 효과를 얻을 수 있어 전기를 크게 줄일 수 있는 데다 펌프 수명도 길어 유지비와 관리비를 아낄 수 있다는 이점이 있다. 인버터로 운전을 제어하면 불필요한 전력 소모를 막을 수 있는 것이다. 이와 유사한 예로 국내 P社は 사원 아파트에 인버

터내장형 펌프를 적용해 에너지를 90.1%, 연간 1,060만원의 에너지 비용을 절감하기도 했다. 또한 펌프운전 컨트롤의 중앙 집중화를 통한 효율적 운전 관리 기법이 개발되기도 하였다. 한 가정용산업용 펌프업체는 인터넷을 비롯한 다양한 통신회선으로 원격지에서 펌프를 관리할 수 있는 원격 인터넷 제어 부스터 시스템을 선보인 바 있다. 원격 인터넷 제어 부스터시스템은 양수량 조절을 비롯, 문제발생 시 전문가가 직접 방문해야 하는 등의 물리적, 시간적 제한이 많았던 기존의 부스터 시스템의 단점을 해결하였다.

중앙 모니터링 서버를 통해 펌프의 동작 이상 유무를 쉽게 확인, AS를 받을 수도 있다. 이상 유무를 사용자의 휴대폰이나 전화로 통보해 줌으로써 언제, 어디서나 부스터 운전시스템을 관리함으로써, 운전시간 뿐 아니라 회전속도 제어 등을 통하여 효율적인 운전시스템을 구현함으로써, 불필요한 전력 소모를 막을 수 있는 것이다.

## 2.4 펌프의 최근 기술동향

### (1) 친환경 소재적용

이제 펌프는 청정에너지인 풍력과 태양열을 이용한 신재생 에너지 펌프 솔루션, 산업용 오폐수 처리 솔루션, 살균소독 수처리 솔루션, 빗물 재활용 솔루션, 디젤 엔진 유해가스 처리 솔루션, 축산시설 유해가스 처리 솔루션 등 최첨단 기술이 결합돼 새로운 그린 솔루션으로 발전하고 있다. 전 세계 산업용 전력 총량 중 펌프에 사용되는 산업용 전력의 비중은 약 25%에 달할 정도로 큰 비중을 차지한다. 이러한 펌프에 사용되는 에너지 중 약 40%의 에너지는 충분히 절약이 가능하다.

이러한 저전력 고효율 개념의 친환경 기술 외에도 제작방법에서의 친환경적 변화도 감지되고 있다. 기존의 주조 공정은 대부분 목/금형 > 사형제작 > 주조 의 방식이 대부분이다. 그러나 이와는 달리 사형을



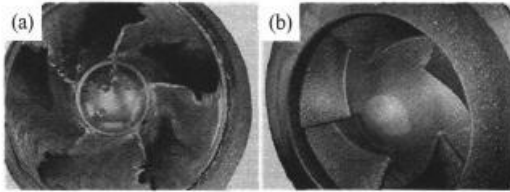


그림 7. (a) 작동 후 11,000시간 이후의 두플렉스 Stainless steel 임펠러, (b) 작동 후 24,000시간 이후의 SiCcast 임펠러.

3D가공으로 곧바로 제작하여 주조를 하는 PATTERNLESS 방식이 도입되기도 한다. 또한, 최근에는 RAPID PROTOTYPING 기술이 발전함으로써, 목/금형 없이도 사형을 제작할 수 있어 목/금형 없는 주조가 가능해 지기도 하였다. 이러한 방식을 통하여 목/금형의 제작공정을 줄임으로써 제작일정을 단축시키고 목재의 사용을 줄이는 1석2조의 친환경적 제조방법이 도입되고 있기도 하다.

산업자원부와 에너지관리공단 등에서는 각종 전기 장치의 에너지 효율을 높이기 위해 현재 에너지소비효율등급표시제도와 고효율 에너지기자재인증제도, 대기전력저감 프로그램 등 3가지 효율 관리 제도를 운영 중이다. 1996년부터 시작한 고효율에너지기자재 인증제도는 고효율에너지기자재 보급을 활성화하기 위해 일정 기준을 충족하는 제품에 대해 인증마크를 주는 효율보증제도다. 현재는 펌프, 보일러, 조명기기 등을 대상으로 37개 제품에 대해 실시하고 있다. 이러한 펌프에 대한 효율 인증 제도를 더욱더 활성화하고 국가적 지원을 통한 지능형 펌프의 보급과 고효율 펌프개발이 이루어진다면 매우 크고 직접적인 친환경적 효과를 기대할 수 있을 것이다.

펌프의 기술개발의 두드러지는 것은 오폐수 또는 부식성이 강한 곳에 사용되는 임펠러의 재질의 개발이라고 할 수 있다. 두플렉스 재질보다도 훨씬 부식과 마모에 강한 재질의 개발이라 할 수 있다. 독일의 어느 회사에서 개발된 실리콘카본 (SiCcast: 등록된

상표)은 수명을 길게 하는 면에 있어서는 친환경이라고 할 수 있다.

### (2) 정량펌프

과거에는 폐수처리 또는 살균장을 위한 화학용액의 이송에 원심 펌프를 사용하다. 하지만 최근에는 정량펌프의 사용이 급증하고 있으며, 정량펌프의 원리를 간단하게 알아보 고자 한다.

#### \*정량펌프의 원리

원심펌프는 내부에 있는 날개 또는 프로펠러를 직접 회전시킴으로써 차압을 발생시켜 그에 의해 액체를 이송시키지만, 정량펌프는 다음과 같이 작동하게 된다.

- (a) 전동기의 회전속도를 감속기를 이용하여 감속시키게 된다.
- (b) 전동기의 감속된 회전속도는 편심캠 장치에 의해 왕복운동으로 변환된다.
- (c) 펌프 측 또는 피스톤의 끝에 설치된 격막 (Diaphragm)이 왕복운동을 함에 따라 펌프헤드의 내부용적이 변화 하게 됨으로써 여압 및 부압이 발생 하게 된다.
- (d) 격막이 뒤로 이동하게 되면 펌프헤드에는 부압이 발생하게 됩니다. 이 행정에서는 그림 8(a)에 표기된 바와 같이 토출 체크볼이 액체의 역류를 방지 하게 된다. 한편, 흡입 체크볼은 유선을 열어 줌으로써 액체가 펌프 헤드실로 유입되도록 한다.
- (e) 다음에 격막이 앞으로 이동하게 되면 (액체에 압력을 가하지 않게 되므로)여압이 발생되게 되고, 그림 8(b)와 같이 흡입 체크볼이 유선을 차단, 토출 체크볼이 열리고 액체가 방출되게 된다.

이상과 같이 일정한 액체 이송량을 유지하기 위하여 펌프실의 용적을 증감시키는 형태의 펌프를 가리켜 용적 계량식 펌프, 또는 정

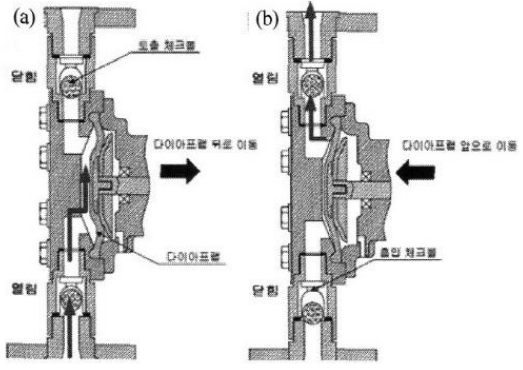
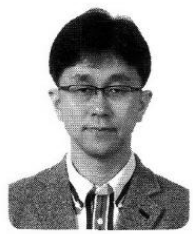


그림 8. 정량펌프의 원리.

### 저자약력



성명 : 서왕벽  
 ◆ 학력  
 • 1986년  
 송실대학교 공과대학  
 기계공학과 공학사  
 • 1988년  
 송실대학교 대학원  
 기계공학과 공학석사  
 • 2011년  
 성균관대학교 대학원  
 기계공학과 공학박사  
 ◆ 경력  
 • 1987년 - 현재  
 일진전기(주) 중공업연구소  
 연구소장

량펌프라고 하며 펌프의 송출용적은 격막 이동의 길이 또는 속도로 조절할 수가 있어 경제형을 겸비한 펌프라고 표현할 수 있다.

### 참고 문헌

- [1] 青木正光 / "歐州の環境対応の最新情報" エレクトロニクス実装學會 電子機器エコーデザイン研究會公開研究會講演資料 (2001).
- [2] 구대현 / 동 다이캐스팅 고효율 유도전동기 개발을 위한 기초연구.
- [3] 한국전기연구원 / 프리미엄급 고효율 유도전동기 개발.
- [4] 에너지관리공단 / 기기, 설비, 시장전환과 에너지 라벨링제도 이해.
- [5] Stephen J. Chapman / Electric Machinery Fundamentals.
- [6] 친환경 펌프 / LAWRENCE PUMP INC / 2009.
- [7] 펌프의 원리 / 천세산업 / 2010.

