

# 유도전동기의 고효율화를 위한 회전자 제조기술

이 성 호 | 한국생산기술연구원 수석연구원  
강 창 석 | 한국생산기술연구원 수석연구원  
김 영 찬 | 한국생산기술연구원 연구원



## 1. 서 론

# 전동

기의 고효율화를 위해서는 설계기술, 재료기술, 생산기술, 평가기술 등 다양한 기술들이 함께 개발되어야 한다.

이 중에서, 전동기의 초고효율화를 달성하기 위한 생산기술 분야에서의 연구는 그림 1과 같이 회전자 주조기술, 금형기술, 권선 기술, 영구자석의 착자기술, 분말 성형기술, 하우징 등의 부품 가공기술 등으로 구분할 수 있다.

이러한 생산 요소기술 중 회전자 주조기술의 경우 2차 동손을 저감하기 위한 구리 회전자 및 알루미늄/구리 하이브리드 회전자 제조 기술, 회전자의 기공률을 저감시키는 고밀도화 기술 등에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 다음으로 금형 기술에서는 고온/고압의 주조 조건에서 발생하는 금형 파손 해결과 금형 제작 및 수리비용을 낮추기 위해 금속 3D 프린트 기술을 접목한 내열 특성 강화에 관한 연구가 시작되고 있다. 마지막으로 하우징 기술에서

는 전동기 구동 중 발생하는 발열/냉각 문제를 해결함으로써 전동기의 동작온도를 2~3°C 저감시킬 수 있는 고방열 경량 소재 합금 설계 기술 및 제조공정 기술에 대한 양산화 연구가 진행되고 있다.

유도전동기의 고효율화를 통해 IE5급의 초고효율 전동기를 제작하기 위해서는 회전자 손실을 보다 감소시켜야 하며, 이를 위해서는 동 다이캐스팅 기술 등의 회전자 제조기술이 매우 중요하다. 본 고에서는 생산기술 분야 중 유도전동기 회전자 기술의 특히 동향 중심으로 소개한다.



그림 1. 초고효율(IE-5 class Efficiency) 전동기 생산기반 기술

## 2. 손실저감을 위한 유도전동기 회전자 제작기술

유도전동기 회전자 기술은 중국의 Yunnan Copper Die-casting Technology, 일본의 Akashi Gohdoh, Mitsubishi

Electric, Hitachi, Panasonic, 프랑스의 Favi, 독일의 Siemens, Breuckmann, Kienle+Spiess, 인도의 Kitra Ind, 미국의 Ramco Electric Motor, General Electric에서 관련 특허를 보유하고 있으며, 국내의 경우, 에스제이씨, 에스티아이 C&D 등 다이캐스팅 전문 중소기업과 LG전자, 현대중공업, 효

성, 한국생산기술연구원 등이 핵심 기술을 보유하고 있다.

Yunnan Copper Die-casting Technology에서는 주조 금속이 황동으로 개선된 황동 회전자의 제조 방법 및 기존의 동 회전자의 구조를 개선하여 전동기의 효율이 향상된 다이캐스팅 방법에 관한 특허를 출원한 바 있으며, 협력사인 Nanyang에서는 동회전자 적용 고효율 전동기 상용화 제품으로 2014년 SEAD Super-efficient Motor Award를 수상한 바 있다.

Mitsubishi Electric은 1990년대까지 브레이징 기술을 이용한 회전자 제조기술, 고밀도 회전자 제조를 위한 수축결합을 감소시키는 다이캐스팅 공정기술, 결합 제거를 위한 다이캐스팅 장치, 브레이징 기술을 이용한 회전자 제조 기술에 대한 연구가 이루어졌다. 2000년대에는 도전율 손실을 감소시키기 위해 이종재료 기술을 적용한 회전자 제조 기술, 저압력으로 결합 제거가 가능한 회전자 제조 다이캐스팅 장치에서 용융금속의 응고를 방지할 수 있는 제조 기술에 관한 연구를 진행하였다. 최근에는 다이캐스팅 시 발생하는 도체의 단면적 감소로 인한 도전율 손실을 방지하기 위해 도체 배치에 관련된 다이캐스팅

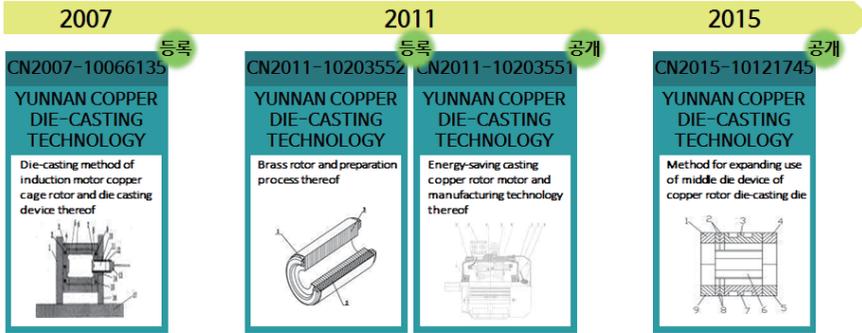


그림 2. Yunnan Copper Die-casting Technology IP-History

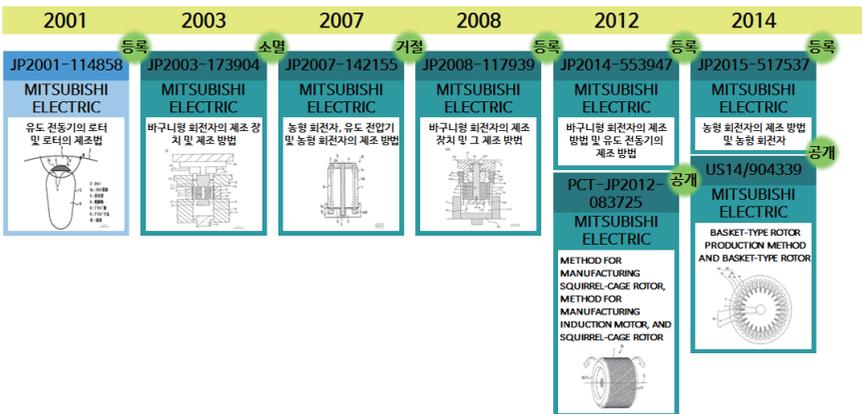


그림 3. Mitsubishi Electric IP-History

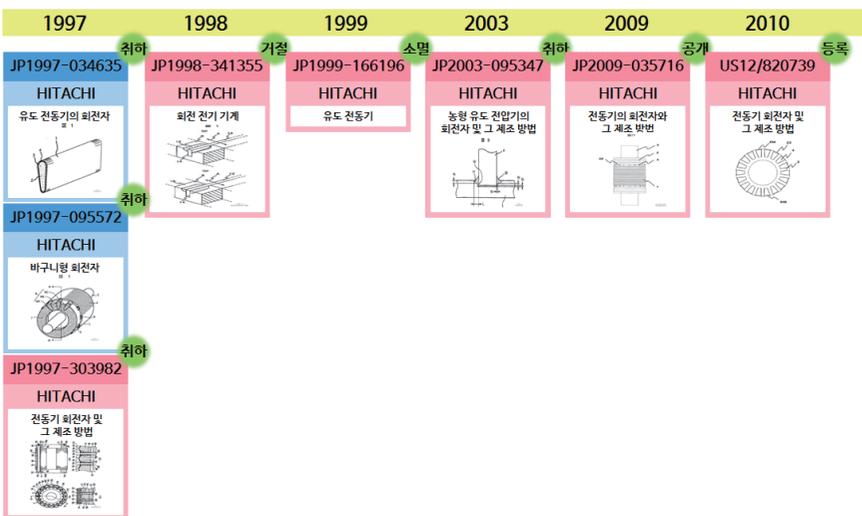


그림 4. Hitachi IP-History

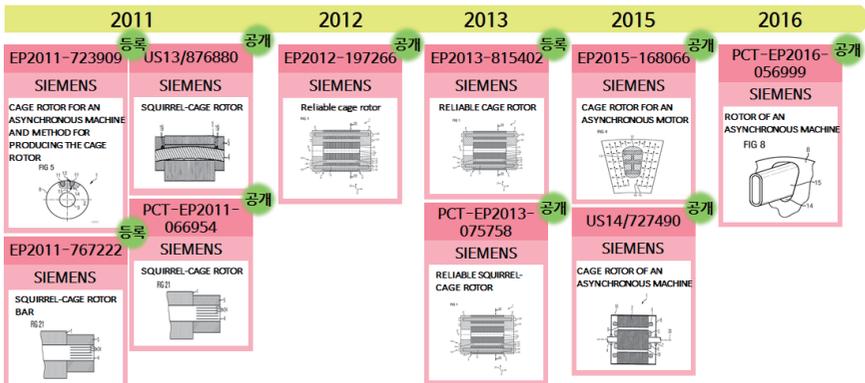
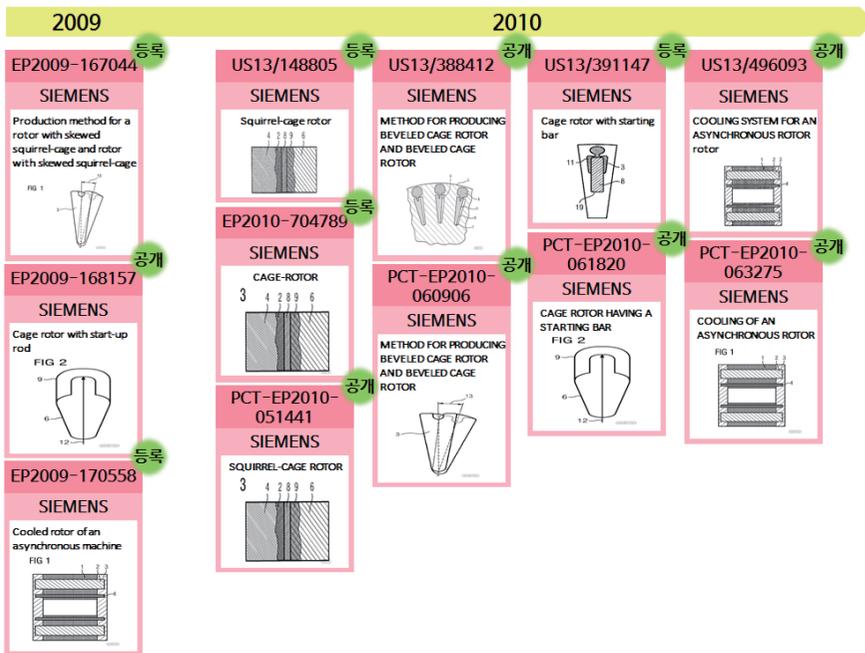


그림 5. Siemens IP-History

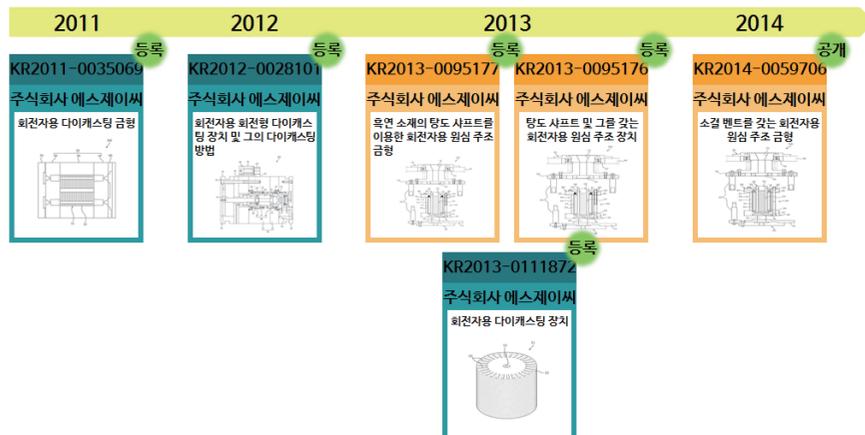


그림 6. 주식회사 에스제이씨 IP-History

공정기술에 관한 특허를 출원 하였다.

Hitachi에서는 주조공정 초기에 기공 발생을 방지하기 위해 용융금속의 응고 속도 조절 및 덕트 구조 다이캐스팅 공정 기술을 개발하였으며, 용융금속의 누출 및 결함 제거를 위한 다이캐스팅 장치 관련 기술도 출원하였다. 1990년대에는 동/알루미늄의 이종재료를 이용한 회전자에 관한 특허가 다수 출원되었으며, 수축공 방지, 표면불량, 미충진으로 인한 주조 결함을 제어하기 위한 다이캐스팅 장치 및 공정기술에 관한 연구를 수행하였다.

Siemens는 2009년부터 출원을 시작으로 최근까지 꾸준한 출원 활동을 보이고 있으며, 2010년 가장 많은 특허를 출원하였다. 출원된 기술은 모두 이종재료 기술에 관한 특허로서, 동/알루미늄의 이종재료를 이용한 회전자에 관한 기술들이다. 초기에는 유도전동기의 효율을 개선시키기 위한 다이캐스팅을 이용한 알루미늄 엔드링과 동 바로 구성된 회전자 제조방법, 시동 특성을 향상시키기 위한 알루미늄으로 부분적으로 피복된 동 바를 갖는 회전자 제조방법, 열 발산을 개선하기 위한 히트 파이프를 갖는 동 및 알루미늄으로 구성된 회전자 제조방법에 대한 특허를 출원하였으며, 이후 전기 효율을 증가시키기 위한 동 바와 알루

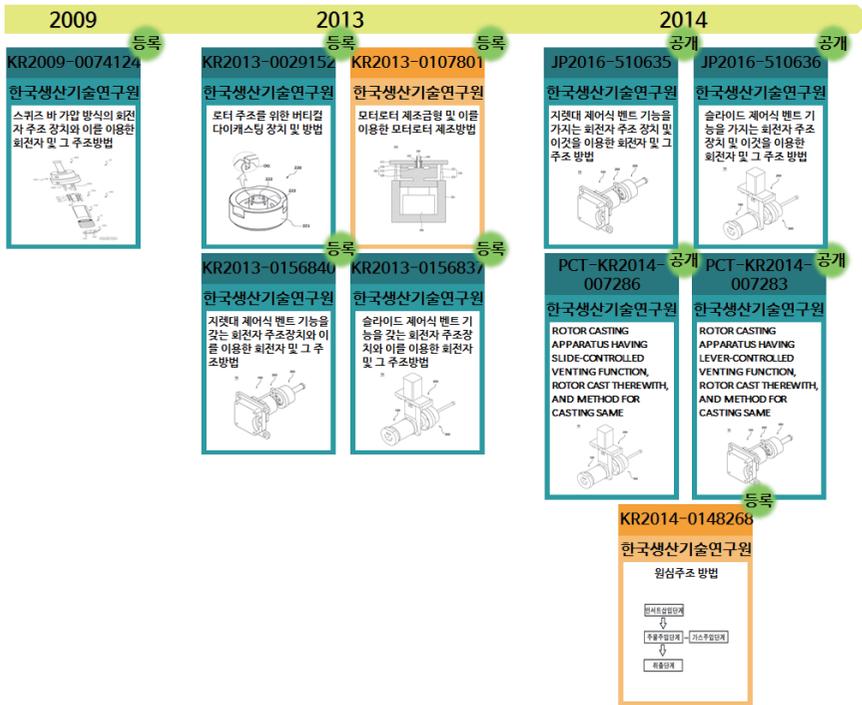


그림 7. 한국생산기술연구원 IP-History

미늄 바 사이에 두 개의 합금층을 구성하고 코팅층을 갖는 회전자 제조기술로 발전하였으며, 또한 고강도 및 높은 효율을 갖는 회전자 제작을 위해 동 또는 알루미늄 바 및 니켈 또는 아연의 접착 촉진층을 갖는 회전자 제조에 대한 연구가 이루어졌다. 최근에는 동 및 알루미늄 두 개의 도체로 구성된 회전자 제조기술, 더 높은 전기 전도성을 갖는 물질이 낮은 전기 전도성을 갖는 물질을 둘러싸는 회전자에 대한 특허가 출원되었다.

국내에서는 주식회사 에스제이씨가 다이캐스팅과 원심주조 기술에 관한 특허를 출원하였으며, 기공 형성 방지를 위한 회전자용 다이캐스팅 금형 기술, 다이캐스팅 장치 및 주조공정 기술, 탕도 샤프트를 갖는 원심주조 장치, 소결 벤트를 갖는 원심 주조금형에 관한 연구가 진행되었다. 에스티아이C&D에서는 동 회전자 제작을 위한 다이캐스팅 공정기술에서 동/알루미늄 이종소재를 사용한 회전자 제조기술을 확보하고 있으며, 이후 구리 바, 엔드링 및 SMC 분말코어가 일체형으로 이루어진 회전자 제작방식에 관한 연구를 진행하였다.

LG전자는 용융금속의 균일한 충진을 위한 원심주조 공정기술 및 다이캐스팅 금형에 관한 특허가 출원되었으며, 브레이징 공정기술 및 동/알루미늄 이종재료를 이용한 회전자 제조

기술, 높은 도체 충진을 확보를 위한 중력주조공법을 이용한 다이캐스팅 장치에 관한 특허가 출원되었다.

한국생산기술연구원에서는 기공율을 저하시킬 수 있는 스퀴즈 바 가압방식의 장치 및 공정기술에 관한 회전자 제조기술, 불순물 흡입 방지를 위한 수직 다이캐스팅 장치, 간단한 제조 및 회전자 성능이 향상된 원심주조 금형, 벤트 기능을 갖는 다이캐스팅 장치 기술, 가스주입부가 설치된 원심주조 공정기술을 보유하고 있다

### 3. 결 론

유도전동기의 고효율화를 위한 회전자 제조기술은 크게 회전자 구조 기술, 결합 제어 기술, 회전자 제조 장치에 관한 기술로 구분할 수 있다. 회전자 구조 기술은 주조 금속의 소재 변경과 각각 특성이 다른 이종재료를 적용하므로 효율을 높이는 기술로 최근까지 연구가 활발히 진행되고 있다. 결합제어 기술은 다이캐스팅, 원심주조와 같은 회전자 주조 공정에서 주로 적용되며 기공 및 수축공 방지, 표면불량과 미충진과 같은 주조 결함을 제어하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 회전자 제조장치 기술은 구리 합금의 용해, 소결 벤트를 적용한 주조 금형, 기공 제어를 위한 다이캐스팅 금형 기술 등에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 고에서는 초고효율 유도전동기의 개발을 위한 회전자 제조기술 관련한 국내의 기술개발 동향을 살펴 보았다. 초고효율 전동기의 개발을 위해서는 설계/재료/생산/평가 기술들이 잘 융합되어야만 가능할 것으로 판단되며, 회전자 제조기술 분야에서도 기술개발의 노력들이 계속되어 보다 높은 전동기의 개발 및 보급이 이루어지는 데에 일조하길 기대한다. 

## 참고문헌

- [1] Young-Chan Kim, "Effect of controlling process parameters on shrinkage porosity in aluminum die-casting rotor", *Advanced Materials Research* Vol. 813 (2013) pp 136-143
- [2] James L. Kirtley Jr., *The Case for Induction Motors with Die-cast Copper Rotors for High Efficiency Traction Motors*, 2009
- [3] E.F. Brush, III-1.5. Recent advances in development of the die-cast copper rotor motor, Springer (2006), pp. 349 - 359
- [4] T. Tudorache, High Efficiency Squirrel Cage Induction Machines, *RE&PQJ*, Vol. 1, No.7, April 2009
- [5] X. Yang, J.B. Yu, D. Liang, J. Huang, Analysis on Technical Performance of Super-High Efficiency Three-Phase Asynchronous Motors with Copper Rotor, *Motor and Control Application* , 39 (2012) 4-7.
- [6] S.H. Liu, G.Q. Wang, H.W. Gao, C.M. Li, X.L. Liang Development of high conductivity boron-containing aluminum conductor, *Wire andCable*, 4 (2004)16-19.