

고효율 유도전동기 소형 모터코어 금형개발에 관한 연구

임세종¹, 김세환², 최계광^{2*}
¹주식회사 포스코아, ²공주대학교 기계자동차공학부

A Study on Development of Small Motor Core Die for High Efficiency Induction Motor

Sae-Jong Lim¹, Sei-Hwan Kim² and Kye-Kwang Choi^{2*}

¹POSCORE CO.,LTD

²School of Mechanical&Automotive Engineering, Kongju National Univ

요약 고효율 유도전동기는 일반 유도전동기의 발생 손실을 절감시킨 것으로 적은 소비전력으로 에너지를 절약하고, 운전비용이 낮아서 단기간에 초기 설비투자 비용회수가 가능하고, 온도상승이 크지 않아 전동기 수명을 연장시킬 수 있다. 이에 포스코아에서는 이제까지의 경험을 바탕으로 전기 연구원과 협력하여 고효율 유도전동기 개발에 나섰다. 본 논문에서는 고효율 유도전동기 소형모터금형개발에 관하여 연구하였다.

Abstract The high-efficiency induction motor reduces the generation loss of conventional induction motors and saves energy with less electricity consumed, enabling the return of initial facilities investments on a shorter-term basis due to its low operation cost and allowing the extension of the life of the motor. Poscore has entered the phase of development of high-efficiency induction motor based on its experiences to date in cooperation with electricity researchers. This paper examines the development of the small motor die for the high-efficiency induction motor.

Key Words : High-efficiency induction motor, Conventional induction motor.

1. 서론

전 세계적으로 에너지 자원 고갈과 지구 온난화 문제가 심각하게 제기되어 전동기의 고효율화가 필요함이 대두되기 시작하였다. 미국, 캐나다 등 선진국은 총 소비전력 중 약 55%정도를 고효율 유도 전동기(high-efficiency induction motor)가 점유하고 있고, EPAAct, EEAct 등 각종 에너지 법률을 제정하여 고효율 전동기 사용을 의무화하고 있다. 특히 미국에서는 프리미엄 전동기 리베이트를 실시하고 있으며 2011년 프리미엄 전동기의 MEPS(최저 효율제)로의 전환 및 슈퍼프리미엄 기준(안)제정이 예정되어있다. 세계적으로 교토의정서 발효(2005. 2. 16)로 이산화탄소 등 온실가스 배출의 감축을 의무화하고 있다. 3상 유도전동기의 전력사용량을 그림 1과 같이 나타내었

다.

이중에 3상 유도 전동기는 전체 전동기의 70%를 차지하고 총 소비전력의 40% 이상을 차지하고 있다. 유도전동기를 고효율화 함으로써 500MW급 화력 발전소 2.4기를 절약이 가능하고, 연간 에너지 절감 효과가 6,038억 원이며, 온실가스 배출 저감효과는 1,021,888 TC이다.[1,2]

이에 포스코아에서는 이제까지의 경험을 바탕으로 전기 연구원과 협력하여 고효율 유도전동기 소형 모터코어(motor core) 금형개발을 시작하였다. 그림 2에는 모터코어의 종류를 나타내었다. 이에 본 논문에서는 3개년의 계획 중 2차년도 목표인 37kW이하 고효율 유도 전동기 소형 모터코어 금형개발에 관하여 연구하였다.

본 논문은 2007년 에너지관리공단에너지·자원기술개발사업에 의하여 연구과제로 수행되었음.

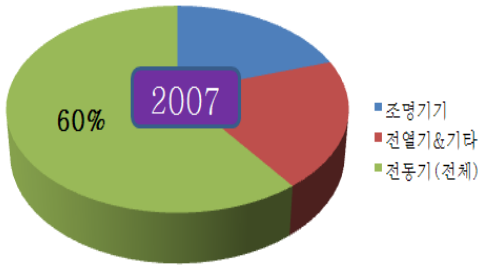
*교신저자: 최계광(ckkwang@kongju.ac.kr)

접수일 10년 01월 12일

수정일 10년 02월 19일

게재확정일 10년 02월 24일

국내 전력 소비량



[그림 1] 3상 유도전동기의 전력사용량

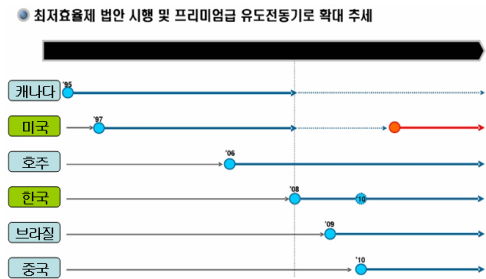


[그림 2] 모터코어의 종류

2. 본론

2.1 유도 전동기의 효율

국내의 고효율 전동기 정책을 살펴보면 2005년 5월에 고효율전동기 최저효율 추진위원회를 구성하였고 2006년 6월부터 9월까지 최저효율제 공청회를 시행하였으며, 2006년 7월에 정부와 제조업체 전동기 에너지 효율향상 협약을 맺었다. 2007년에는 3상 고효율 유도전동기 생산 및 판매를 의무화 하는 최저효율제 법안을 시행하고 있다.[1, 2] 국외의 고효율 전동기 정책은 그림 3과 같다.



[그림 3] 국내외 유도전동기 정책비교[1]

2.2 유도 전동기의 국내기술동향

국내 금형기술의 경우 고효율 모터 제작을 위한 박판 적층 기술 및 재료 이용률 극대화를 위한 다열 금형 제작과 같은 제조 방식의 특허 출원을 통하여 생산기술 향상이 이루어지고 있다. 효성, 현대중공업 등 대기업은 고효율 전동기 개발을 위한 연구 개발을 꾸준히 진행하여 선진국과 대등한 수준의 고효율 전동기를 상품화 하고 있으나, 2008년 고효율 전동기의 사용을 의무화하는 최저효율제 시행을 앞두고 대다수 전동기 생산 중소기업들은 연구 인력이 부족하고 고효율 전동기 개발을 위한 설계, 해석, 생산 기술 등이 매우 취약한 실정이다. 90년대 들어 수행 완료된 고효율전동기 개발 과제는 대다수 중소기업에 대해 성과가 충분히 확산되지 못하였고, 근래 들어 산학연 공동 연구로 몇몇 한정된 전동기 용량에 대해 프리미엄 고효율 전동기 개발이 진행되고 있으나 선진국 대비 상품화를 위한 생산, 가공기술 등이 열세에 있는 실정이다. 고효율 전동기의 경우 정부의 지속적인 관심과 연구지원 등으로 인하여 전반적으로 개발 실적이 많이 나타나고 있지만 외국 선진국과 비교해 볼 때 미흡한 부분이 아직까지 많은 현실이다.

2.3 유도 전동기의 국외기술동향

금형기술 관련국외 경쟁사로는 세계 모터시장 점유율 80% 가량으로 추정되는 일본업체들의 독주가 계속되고 있는 가운데 미국이나 유럽의 모터 금형업체들의 추격이 본격화 되고 있는 양상이다. 일본업체 중에는 미쓰이하이테크가 모터금형의 양산체제를 갖추고 있으며, 극소형 모터 및 박판 금형에 강점을 보이고 있으며, 구로다는 레이저 적층기술을 보유하고 있는 등 일본 내에서 폭넓은 시장을 점유하고 있다. 미국의 tempel은 세계 최대의 모터 코어 생산업체이며, 생산자동화 기술력이 매우 높게 평가되고 있으나, 최근에는 금형제작사업을 축소하고 있는 상황이다.

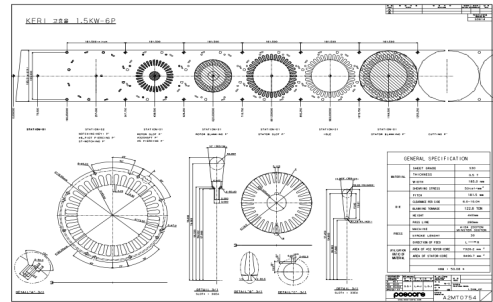
2.4 유도 전동기 금형기술 개발 계획

고효율 유도 전동기의 금형기술 개발을 위한 계획을 추진하기 위해서는 레이아웃의 개발, 내구성 확보, 양산성을 확보 등의 3가지 요소기술을 확보해야 하는데 이는 표 1과 같다.

[표 1] 요소기술

| 구분 | 내용 |
|---------|----------------------|
| 레이아웃 개발 | 수율향상 제품 정도에 따른 배치 |

| | |
|--------|---|
| | 생산성 고려 |
| 내구성 확보 | 적정 클리어런스의 선정 소재에 적합한 인선부 재종 선정 열처리 기술 확보 |
| 양산성 확보 | 원단이송 및 스크랩 상승 방지 제품 취출을 위한 설비 자동화 대형 금형의 타발하중 분산 방안 |



[그림 4] 양산용 스트립 레이아웃

2.5 기술개발의 필요성

2.5.1 기술적 측면

고효율 유도 전동기 금형기술은 고효율 유도전동기의 핵심부품인 코어의 제조를 위한 핵심기술이며, 정밀금형 기술의 개발을 통한 금형산업에의 기간산업에 대한 육성 및 전문 인력의 양성이 가능하다.

2.5.2 산업 경제적 측면

고효율 유도전동기 금형기술은 가전분야 및 자동차산업(전기자동차, 하이브리드자동차)분야로의 확대 적용이 가능한 기술로써 관련 산업에 영향력이 매우 큰 기술이다.

2.5.3 정책적 측면

전동기의 경우 전체 전력사용의 50%이상을 차지하고 있으며, 중소기업이 많이 생산하는 0.75kW ~37kW는 최저효율제 시행이 예정되어 있는 만큼 에너지 절감 파급 효과가 매우 크며, 고효율 유도전동기 제작을 위한 금형 제작 원천기술을 확보하는 것은 무엇보다 중요하다.

2.6 양산용 스트립 레이아웃 설계

위에서 언급한 바와 같이 최저효율제가 시행되는 37kW이하 고효율 유도전동기의 양산용 모터코어의 스트립레이아웃(strip layout) 설계를 그림 4에 나타내었다. 소형 모터코어의 주요제원은 표 2와 같고 스트립 레이아웃 배열순서는 표 3과 같다. S18 GRADE의 COMB TEST 결과를 바탕으로 원단의 슬리팅(slitting) 작업 시 변형이 발생하는 면적을 최소화 하여 앞, 뒤 잔폭을 2.0mm로 적용하고, 이에 따른 이송 잔폭을 1.5mm로 적용하여 재료 이용률을 극대화 시키면서도 생산성 향상을 위한 최적 LAY-OUT을 결정 하였다.

2.7 양산용 소형 모터코어 금형설계

스트립레이아웃을 바탕으로 실제 양산용 금형설계를 하였다. 그림 5에 금형 설계한 도면을 나타내었다.

[표 2] 소형모터코어 양산소재의 주요사항

| | | | |
|-------|----------|-----------------|------------------------|
| 소재 두께 | 0.5 mm | 파일럿 | 간접 파일럿 |
| 재 질 | S18 | 블랭크 배열 | 1열1개 뽑기 |
| 클리어런스 | 8 % t | 스탬핑 방법 | 피어싱, 노칭, 블랭킹 |
| 이송피치 | 181.5 mm | 전단력 | 122.8 Ton |
| 소재 폭 | 185 mm | Shearing stress | 50 kgf/mm ² |

[표 3] 스트립 레이아웃 도 배열 순서

| 스테이지 번호 | 가공공정 | 스테이지 번호 | 가공공정 |
|---------|--------|---------|------|
| 1 | 원형 피어싱 | 5 | 아이들 |
| | | | 파일럿 |
| 2 | 원형 피어싱 | 6 | 노칭 |
| | 노칭 | | |
| 3 | 원형 피어싱 | 7 | 아이들 |
| | 노칭 | | 파일럿 |
| 4 | 블랭킹 | 8 | 블랭킹 |

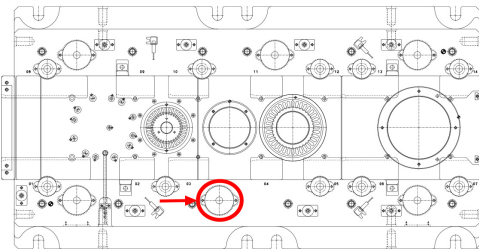
3. 실험 결과 및 고찰

3.1 실제 제작 금형

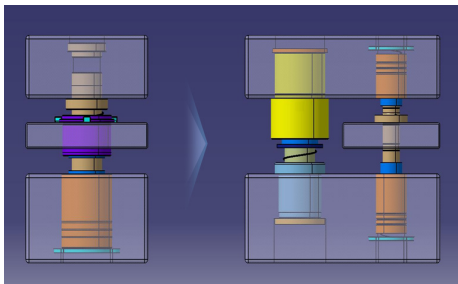
본론에서 언급한 대로 스트립레이아웃 설계를 하였고 이를 바탕으로 설계하여 금형을 제작하였다. 그림 5에서 보는 바와 같이 화살표 표시 부분에 고효율 모터코어의 안정적인 양산을 위해 서브 포스트(Sub post)를 설치하여

양산용 모터 코어 금형을 정밀하게 가이드 하도록 한 것을 그림 6에 나타내었다. 동심도의 정도를 높이기 위한 방법으로 레이아웃(layout)의 개선을 통한 방법을 적용하였다. 그림 7과 같이 레이아웃에서 볼 수 있듯이 동심도에 영향을 미치는 인자들을 최대한 가깝게 배치하여 상호 불일치로 인한 동심도의 어긋남을 최소화 하였다.

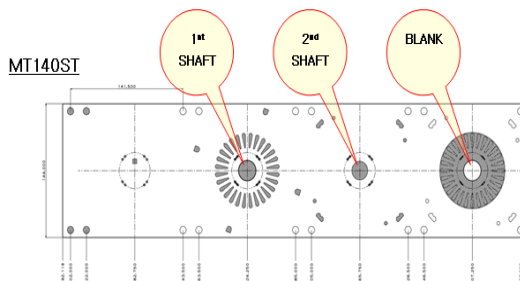
실제 금형제작을 위해 사용한 가공기계와 금형의 부품의 일부는 그림 8~10에 나타내었다.



[그림 5] 양산용 금형설계도면



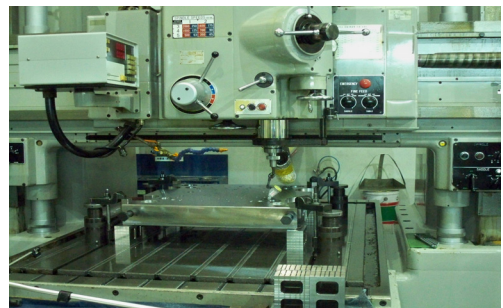
[그림 6] 서브 포스트



[그림 7] 동심도 일치를 위한 스트립 배열



[그림 8] 지그그라인더 가공

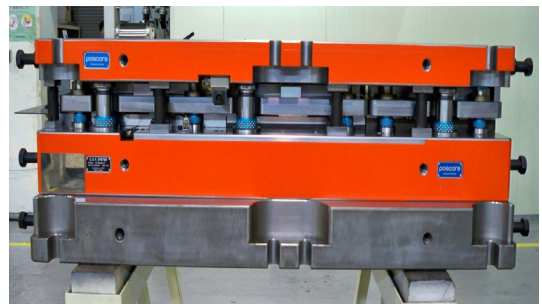


[그림 9] 지그보링 가공

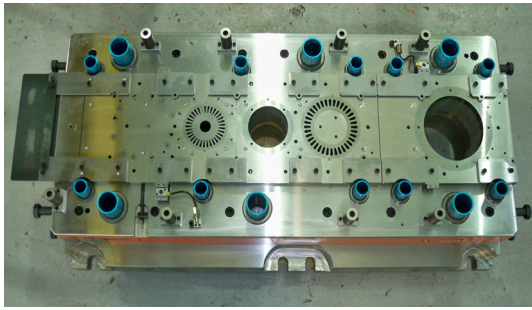
실제 제작한 금형의 정면도, 다이 평면도, 펀치 평면도를 그림 11~13에 나타내었다.



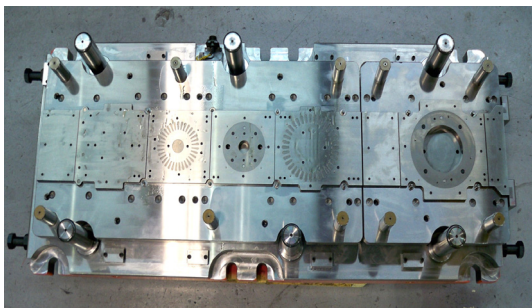
[그림 10] 펀치 조립부



[그림 11] 실제 제작금형 정면도



[그림 12] 실제 제작금형 하형 평면도



[그림 13] 실제 제작금형 상형 평면도

3.2 기술개발 결과

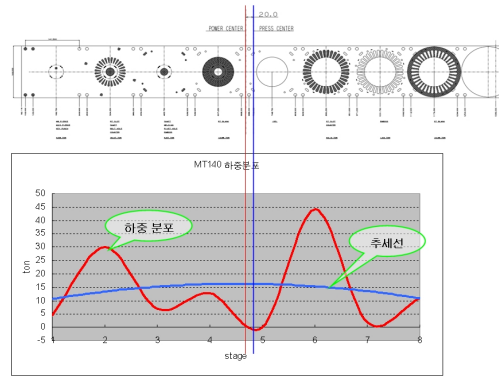
양산용 금형으로 트라이얼한 모터 코어의 효율을 양산 모터 코어와 목표하는 효율을 비교한 것이 표 4와 같다.[2-4] 가장 이상적인 LAY-OUT은 타발하중이 고르게 분포되어 있으면서 하중 중심과 프레스 중심을 가깝게 배치시켜야 한다.

이번 모델의 하중 분포는 비교적 고르게 분포되어 있으며, 하중 중심 또한 프레스의 중심과 약 20mm 정도 어긋나 있는 상태로 그림 14와 같이 비교적 안정적인 하중 분포를 보이고 있다.

단열 레이아웃의 경우 이와 같은 형태가 최선의 경우이며, 복열 이상의 경우에는 조금 더 복잡한 계산을 통해 레이아웃을 선정해야 한다.[5]

[표 4] 종류별 모터 코어의 효율 비교 [2-4]

| 구분 | 목표효율 | 양산모터 코어 효율 |
|----------|-------|------------|
| 1.5kW_6P | 86.5% | 87% |
| 2.2kW_6P | 87.5% | 89% |
| 3.7kW_6P | 89.5% | 90.2% |



[그림 14] 하중분포 곡선

3.3 기대효과

최근에 에너지 정책이 공급 관리 위주에서 수요관리 위주로 전환하고 있으며 이로 인하여 3상 유도전동기에 대한 최저효율제가 2008년부터 시행되어, 대부분의 중소기업에서는 고효율 3상 유도전동기 개발에 대한 아무런 대책이 없는 상태이다. 따라서 본 논문의 고효율 전동기 기술은 전동기 업체의 기술 경쟁력 강화 및 고부가가치 창출에 기여할 것으로 예상이 된다. 2010년 이후의 유도전동기 세계시장은 약 18조원으로 추정되며(2005년 한국 무역협회 전동기 수출입 동향 참조) 이중 우리나라가 5%의 점유율을 차지할 수 있다고 예상된다. 2010년에는 9,450억원 가량 수출할 수 있으며 그동안 저가로 수입되던 중국 및 동남아시아의 3상 유도전동기에 대한 수입대체로서는 2,800억원 가량의 내수 시장을 차지할 수 있을 것으로 예상된다. 고효율 유도전동기의 개발, 보급으로 향후 일반형 유도전동기와의 대체효과를 가져오기 때문에 에너지 절감을 얻을 수 있을 것이며, 국내에서는 2008년 한전 전력통계에 따른 고효율 전동기 사용(70%교체시)에 따른 소비전력 절감 가능량은 연간 약 5,148억원으로 예상되며 위의 절감소비전력은 원자력 발전소 500MW급 3.9기를 절약 가능한 에너지이다.

4. 결론

고효율 유도 전동기 소형 모터코어 금형을 개발 하므로서 다음과 같은 결과를 얻게 되었다.

- 1) 국내 전력사용량 중 약 40%를 소비하여 전체 부하 중 단일품목 부하로는 가장 높은 비율을 차지하는 3상 유도전동기에 대해 2008년부터 최저효율제가 시행되었으며, 37kW이하 3상유도전동기에 대해서 2010년부터 확대 시행될 예정이다.

- 2) 양산용 스트립 레이아웃 배열시 동심도에 영향을 미치는 인자들을 최대한 가깝게 배치하여 상호 불일치로 인한 동심도의 어긋남을 최소화 하였다.
- 3) 트라이얼 결과 센터링 어긋남 현상(20mm)이 있었으나 비교적 안정적인 하중분포를 이루고 있었다.
- 4) 설계, 해석 및 생산기술 등의 핵심기술 경쟁력을 확보한다면 기존의 저가로 수입한 전동기에 대한 경쟁력을 높이는 동시에 기존에 수입되고 있는 고효율 유도전동기 가격경쟁력을 높을 수 있을 것으로 예상된다.

참고문헌

- [1] 전연도, “Hyper-NO 적용 수퍼 프리미엄급 고효율 전동기 기초연구”, 한국전기연구원 발표자료, pp.1~8, 2008.
- [2] 전연도, “고효율 유도전동기 연구동향 및 시장현황”, 한국전기연구원 발표자료, pp.1~30, 2008.
- [3] 전연도, 구대현, “고효율 유도전동기 최저효율제 국내외 동향”, 월간전기, 통권 제218호, pp.49~55, 2006.
- [4] P-W. Han, Y-D.Chun, D-H Koo, “Minimum Energy Performance Standards for Three Phase Induction Motors in Korea”, MEPS in Korea_final, pp.1~7, 2008.
- [5] 임세중, “고효율 유도전동기 금형기술 개발”, 에너지 자원기술개발 포스코아 발표자료, pp.1~51, 2008.
- [6] 임세중, 최계광 “고효율 유도전동기용 프로토타입 금형설계 및 제작에 관한 연구”, 한국산학기술학회논문지, 제10권, 제9호, pp. 2173-2178. 2009

임 세 종(Sae-Jong Lim)

[정회원]



- 1994년2월 : 부산공업대학교 금형공학과 (공학사)
- 2003년 4월 : (주)한국코아 금형기술연구소 과장
- 2005년 12월 : 에이텍솔루션 프레스금형사업부 책임연구원
- 2010년 2월 : (주) 포스코아 금형기술연구소장

<관심분야>

코어금형설계, 코어 금형제작

김 세 환(Sei-Hwan Kim)

[종신회원]



- 1971년 2월 : 수도공과대학 기계공학과 (공학사)
- 1986년 2월 : 국민대학교 대학원 기계설계학과 (공학석사)
- 1997년 2월 : 국민대학교 대학원 기계설계학과 (공학박사)
- 1979년 2월 : (주) 삼아 공장장
- 1982년 3월 : 천안공업대학 금형설계과 교수
- 2010년 2월 : 공주대학교 기계자동차공학부 교수

<관심분야>

프레스 금형, 단조가공, 금형열처리

최 계 광(Kye-Kwang Choi)

[종신회원]



- 1993년 2월 : 부산공업대학교 금형공학과 (공학사)
- 1995년 8월 : 국민대학교 대학원 기계설계학과 (공학석사)
- 2005년 2월 : 국민대학교 대학원 기계설계학과 (공학박사)
- 2005년 8월 : (주) 현대배관 기술부장
- 2010년 2월 : 공주대학교 기계자동차공학부 조교수

<관심분야>

3차원 금형설계, 와이어 컷 방전가공