

고효율 유도전동기용 프로토타입 금형 설계 및 제작에 관한 연구

임세종¹, 최계광^{2*}

¹주식회사 포스코아, ²공주대학교 기계자동차공학부

A Study on Design and Manufacture of the Prototype Die for High-efficiency Induction Motor

Sae-Jong Lim¹ and Kye-Kwang Choi^{2*}

¹POSCORE CO., LTD

²School of Mechanical&Automotive Engineering, Kongju National Univ

요약 고효율 유도전동기 금형기술은 고효율 유도전동기의 핵심 부품인 코어(철심)의 제조를 위한 핵심기술이며, 전동기 산업분야의 국가경쟁력 제고를 위해서는 필수적으로 확보하여야 하는 기술이다. 본 논문에서는 고효율 유도전동기용 코어를 소형과 대형의 2벌의 프로토타입 금형으로 설계 및 제작하여 프레스에 장착하여 시험타출하였고 그 결과를 고찰하였다.

Abstract The die technology of a high-efficiency induction motor is an important technology for manufacturing the core (iron core), which is the major part of a high-efficiency induction motor. It is also an essential technology in enhancing national competitiveness. In this study, the core of a high-efficiency induction motor was designed and manufactured as 2 prototype dies: one is for small-size, and the other is for large-size. They are then tested by attaching in press, the result are considered.

Key Words : High-efficiency induction motor, Iron core, Prototype die.

1. 서론

고효율 유도전동기 금형제작기술은 고효율 유도전동기의 핵심 부품인 코어(철심)의 제조를 위한 중요기술이며, 전동기 산업 분야의 국가경쟁력 제고를 위해서는 필수적으로 확보하여야 한다. 또한, 정밀금형기술은 소재의 개발을 통한 기간산업의 육성이 가능하며, 정밀 가공기술의 확보를 위한 정밀 금형설계, 조립, 정밀가공 등과 같은 전문 인력의 육성으로 고용창출이 가능한 산업이라 하겠다. 고효율 유도전동기 금형기술은 가전분야 및 자동차산업(전기자동차, 하이브리드 자동차 등)분야로의 확대 적용 가능한 기술으로써 관련 산업에 영향력이 매우 큰 기술이다.

모터코어의 개발과 동시에 금형을 통한 시제품을 생산하여야 하는 개발금형의 경우, 이론적인 실험 결과와 실

제 금형에서 생산된 제품의 오차가 발생 될 수 있으며, 이로 인한 결과 값의 오차가 매우 커서 요구하는 기준을 넘어서는 경우에는 모터코어 설계부터 다시 진행되어야 하는 경우가 대부분이다.

이런 경우 곧바로 본 금형을 제작하였다면, 금형의 수정비용과 수정시간이 과다하게 발생되며, 이런 이유로 연구개발 비용의 증가와 함께 개발기간이 대부분 금형수정 시간으로 채워지게 되어 효과적인 연구개발 활동을 하는데 장애요소로써 작용하고 있다.

프로토타입의 금형을 적용하는 경우 금형의 구조가 대단히 간단하며, 수정 등에 쉽게 적용할 수 있는 장점이 있다. 외국에서는 최저 효율제에 의거한 고효율 유도전동기 모터코어의 효율만을 제시하였지만 본 논문에서는 0.75kW에서 3.7kW 까지의 12종의 고효율 유도전동기 모터코어를 유일하게 소형과 대형의 2벌의 프로토타입 금

본 논문은 2007년 에너지관리공단에너지·자원기술개발사업에 의하여 연구과제로 수행되었음.

*교신저자 : 최계광(ckkwang@kongju.ac.kr)

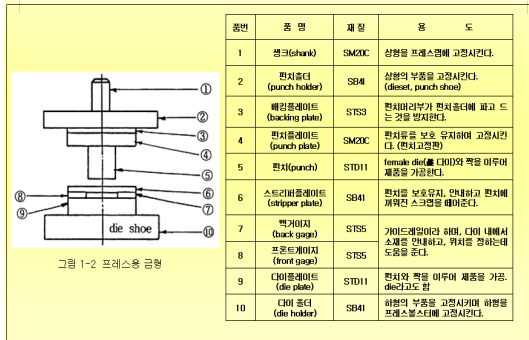
접수일 09년 04월 01일 수정일 (1차 09년 06월 30일, 2차 09년 09월 01일, 3차 09년 09월 10일) 게재확정일 09년 09월 16일

형으로 설계 및 제작하여 프레스에 장착하여 시도하였다. 프로토 타입의 금형에서 생산된 시제품을 2000개 이상을 스탬핑하여 이중에서 모터 크기에 따라 80~120개를 1개 단위로 하는 시제품을 10개 만들어 이것을 전기 연구원에 의뢰하여 KS규격에 따른 일반효율과 고효율 유도전동기의 효율을 테스트 한 결과 모든 종류의 모터에서 개발 목표를 초과 달성하였고 그 결과를 고찰한 것이다.

2. 본론

2.1 프로토 타입 금형 설계

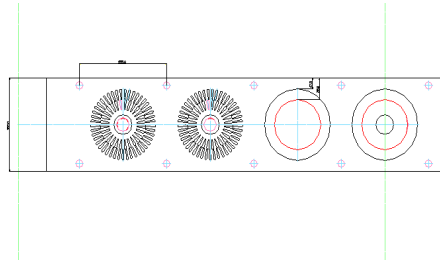
서론에서 언급한 바와 같이 개발하여야 하는 고효율 유도 전동기 모터 코어 금형의 수가 12종류로 매우 다양할 경우 프로토 타입의 금형은 더욱 큰 효과를 발휘하게 된다. 상하 홀더류와 스트리퍼 홀더 등의 베이스 부품은 그대로 재사용하면서 변화되는 인선부품에 대해서만 제작을 하여 카세트와 같이 교환하는 방식을 적용함으로써 여러 가지 모터코어모델에 대한 대응력을 높게 된다. 그림 1에 중요부품의 구조와 명칭을 나타내었다.



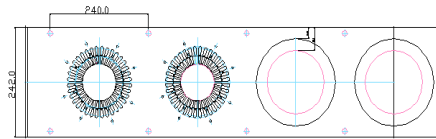
[그림 1] 중요부품의 구조와 명칭

설계 시에 주의할 점은 금형의 크기와 원단의 이송피치, 원단폭등을 사전에 파악하여 이를 적절하게 반영함으로써 프로토 타입 금형의 효과를 극대화 할 수 있다. 베이스 부분을 제외한 인선부를 다이블록의 형태로 제작하여 모델이 바뀔 때 마다 인선부만을 교체하여 카세트 방식으로 적용하였다. 프로토 타입금형에서 교체가 되는 부분은 펀치 조립부와 다이블록이다. 모터 코어 사이즈의 범위가 매우 커서 제작비용 및 원단소모량을 줄이기 위해 2개의 SET로 나누어서 제작하였다. Ø80~Ø160 까지를 소형 1벌로 제작 하였고, Ø160~Ø240 까지를 대형 1벌로 제작하였다. 소형프로토금형의 이송피치는 160 mm 이고 대형 프로토금형의 이송피치는 240 mm로 하였다.

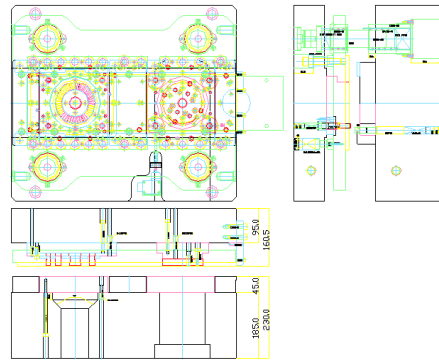
그림 2에서 그림 5에서는 소형과 대형 프로토 타입 금형의 스트립 레이아웃도와 금형설계도를 나타내었다.[1]



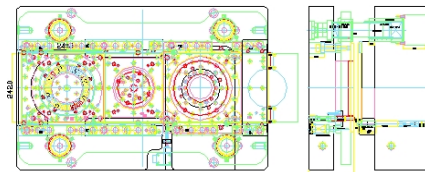
[그림 2] 소형 프로토 타입의 스트립 레이아웃도



[그림 3] 대형 프로토 타입의 스트립 레이아웃도



[그림 4] 소형 프로토 타입 금형설계도



[그림 5] 대형 프로토 타입 금형설계도

2.2 관련 장비 및 소재

고효율 유도 전동기 모터 코어 프로토타입 금형을 제작하기 위해서는 스탬핑 재료와 프레스가 있어야 한다. 스탬핑 재료의 물성치는 표 1과 같다.

[표 1] 재료의 기계적 성질 및 점적율

규격	50PN470(S18)	
두께(mm)	0.50	
인장강도(N/mm ²)	L	410
	C	420
항복점(N/mm ²)	L	265
	C	375
연신율(%)	L	34
	C	36
경도(Hv1)	143	
점적율(%)	98.0	

* L은 압연방향에 평행, C는 압연방향에 직각

프로토타입 금형을 장착하여 스탬핑을 실시한 프레스는 민스터사의 PM3-200 기종이다. 프레스 사양은 표 2와 같다.

[표 2] PM3-200의 주요사항

드라이브 타입	플라이휠
프레스 용량	200~1780 kN
볼스터 크기	1905 x 990 mm
베드 크기	1600 x 380 mm
중량	40,825 kg
셋하이트	127 mm
슬라이드 스트로크	25 ~ 65 mm
스피드(SPM)	400 ~ 600

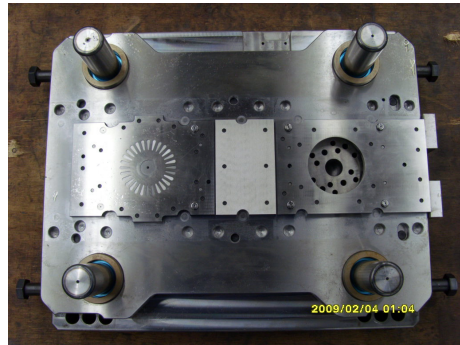
2.3 프로토타입의 금형 제작

프로토타입 금형의 적용구조는 펀치와 다이의 교체가 용이한 구조를 적용하였다. 펀치 길이는 10mm, 다이 길이는 3mm를 적용하였다. 다이플레이트를 적용하지 않고 스테이지별로 다이 블록을 적용하였다. 소재가이드와 이송을 위한 가이드 리프터를 적용하였다.

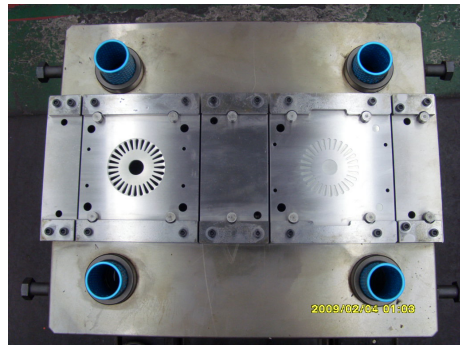
이와 같이 제작하므로써 초기 제작비용은 증가하나, 향후 여러 모델 대응이 용이하고 제품도의 변경 시 대응이 비교적 용이하며 납기 대응력이 빠른 구조적 특징을 가지고 있다.

이러한 적용구조와 구조적 특징을 바탕으로 소형과 대형으로 구분하여 2벌의 금형을 제작하였다.

그림 6에서 그림 12는 제작한 2벌의 금형을 나타내었다. 각 금형을 3 스테이지로 나누어 펀치 조립부와 다이 블록을 별도로 제작하여 제품도가 바뀌는 것에 대해 신속하게 대응이 가능하며, 각 조립부에 대한 교체 작업이 용이한 구조로 설계 하였다.



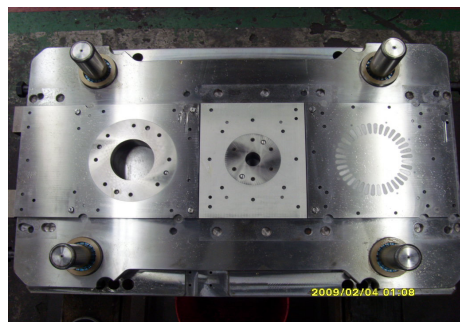
[그림 6] 소형 프로토타입 금형의 상형 사진



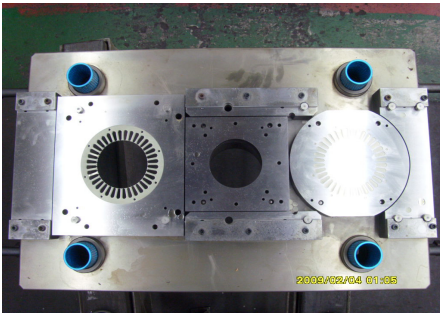
[그림 7] 소형 프로토타입 금형의 하형 사진



[그림 8] 소형 프로토타입 금형의 조립도



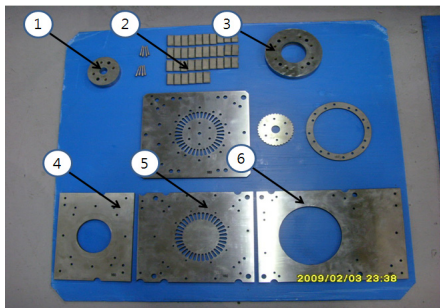
[그림 9] 대형 프로토타입 금형의 상형 사진



[그림 10] 대형 프로토타입 금형의 하형 사진



[그림 11] 대형 프로토타입 금형의 조립도



[그림 12] 소형, 대형 프로토타입 금형의 교환부품

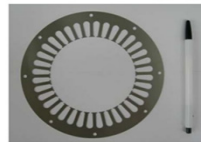
그림 12의 ①~③은 블랭킹과 피어싱 펀치류이고 ④~⑥은 스트리퍼와 다이플레이트류이다.

3. 연구결과

프로토타입 금형을 이용한 시제품 생산 테스트 결과는 그림 13에서 그림 16과 같다. 에너지 효율이 높은 모터코어를 디자인 하여 시제품으로 양산하였고 이것을 바탕으로 전기 연구원에서 에너지 효율을 테스트 하여 국가에서 제시하는 유도전동기모터 KS규격의 일반효율 모터코어와 비교한 것이다. 주요 성능을 비교해 본 결과 버(Burr)는 세계 최고수준 기업인 미국의 GE사는0.05 max 이고, 연구개발전 국내수준은 0.1~0.06 이었다. 개발 목표는 0.06 이었고 개발실적은 0.025 이하였다. 프로토타입 금형을 적용한 주요성능의 정량적 목표대비 상세한 실적 결과는 표 3과 같다. 본 금형에 의한 개발 목표치를 초과 달성하였으며, 따라서 시제품으로 생산된 코어 제품이 고효율 유도전동기 제작 시 효율의 저해요인이 될 수 없을 것이라 사료된다.



(a) 시제품 완성품



(b) 고정자 코어



(c) 회전자 코어

[그림 13] 0.7kW-6P 시제품 제작사진

[표 3] 주요 성능의 정량적 목표대비 실적

주요성능	단위	전체비중	세계최고수준보	연구개발전	개발목표	개발실적	비고
			유기업(GE) 성능수준	국내수준 성능수준	1차년도	1차년도	
BURR	mm	15	0.05 max	0.1~0.06	0.06	0.025 ↓	날장기준
내, 외경 동심도	mm	30	0.05	0.1~0.08	0.08	0.025 ↓	날장기준
슬롯 위치도	각도	20	0.05 도	0.1~0.05	0.08	0.04	날장기준
스테이터 내경	mm	10	+0.025~	+0.04~	+0.04~	+0.0~	날장기준
			-0.025	-0.04	-0.04	-0.035	
스테이터 외경	mm	10	+0.025~	+0.04~	+0.04~	+0.0~	날장기준
			-0.025	-0.04	-0.04	-0.025	
로터 내경	mm	15	+0.013~	+0.025~	+0.025~	+0.0~	날장기준
			-0.013	-0.025	-0.025	-0.02	
합계		100 %					



[그림 14] 1.5kW-4P 시제품 제작사진



[그림 15] 2.2kW-4P 시제품 제작사진



[그림 16] 3.7kW-4P 시제품 제작사진

프로토타입의 금형에서 생산된 시제품을 2000개 이상을 스탬핑하여 이 중에서 모터 크기에 따라 80~120개를 1개 단위로 하는 시제품을 10개 만들어 이것을 전기 연구원에 의뢰하여 KS규격에 따른 일반효율과 고효율 유도전동기의 효율을 테스트 한 결과 모든 종류의 모터에서 개발 목표를 초과 달성하였다.

따라서 프로토타입의 금형이 연구개발 성과에 장애요인이 될 수 없으며, 오히려 시간과 비용을 단축하면서 요구하는 결과 값을 충분히 대응할 수 있음을 보여주고 있

다. 표 4에서는 기술요소에 따른 일반효율 및 개발 결과를 나타내었다.[2-5]

[표 4] 기술요소에 따른 일반효율 및 개발결과

기술요소	일반효율	개발목표	개발결과
0.75kW_4P	71.5%	82.5%	85.9%
0.75kW_6P	70.0%	78.1%	81.9%
1.5kW_4P	78.0%	84.0%	86.8%
2.2kW_4P	81.0%	87.5%	88.4%
3.7kW_4P	83.0%	87.5%	89.3%

4. 결론

고효율 유도전동기를 소형 및 대형의 프로토타입의 금형으로 설계하고 제작하므로써 다음과 같은 결과를 얻게 되었다.

- 1) 프로토타입 금형에서 생산된 시제품을 이용해 테스트한 결과 일반효율보다 월등한 개발 결과를 나타내었다.
- 2) 일반적인 효율이 71.5~83%인 반면에 개발 결과는 85.9~89.3%로 개발 목표를 초과 달성하였다.
- 3) 주요성능의 정량적 목표에 대비하여 세계최고수준을 능가하거나 동등한 개발 실적을 달성하였다.
- 4) 프로토타입 금형 설계 및 제작을 함으로써 과도하게 발생될 수 있었던 금형수정비용의 절감과 개발 시간을 단축할 수 있었다.

참고문헌

- [1] Han Pil Wan, Chun Yon Do, "Optimum Design of Copper Rotor for Premium High Efficiency Induction Motor", Transactions on Magnetics-Conferences Intermag Conference 2009, pp.1~4, 2009.
- [2] 전연도, 구대현, "고효율 유도전동기 최저효율제 국내외 동향", 월간전기, 통권 제218호, pp.49~55, 2006.
- [3] Dae Hyun Koo, Mi Jung Kim, "Comparison of the Efficiency depending on test standards of Three-Phase Cage Induction Machine", Proceedings of the 2008 ICEM, pp.Paper ID1438 1~ 5, 2008.
- [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] P.Ryan, S. Holt, “Motor MEPS in Australia: future directions and lessons”, International Conference of energy efficiency in motor driven systems(eemods'05), Vol. I, pp.92~101, Heidelberg, Germany, September 2005.

임 세 종(Sae-Jong Lim)

[정회원]



- 1994년 2월 : 부산공업대학교 금형공학과 (공학사)
- 2003년 4월 : (주)한국코아 금형기술연구소 과장
- 2005년 12월 : 에이텍솔루션 프레스금형사업부 책임연구원
- 2009년 9월 : (주) 포스코아 금형기술연구소장

<관심분야>

코어금형설계, 코어 금형제작

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
- 2009년 9월 : 공주대학교 기계자동차공학부 조교수

<관심분야>

3차원 금형설계, 와이어 컷 방전가공