

10kW 다중게이트 방식 동다이캐스팅 고속 3상 유도전동기 개발

우병철, 홍도관, 구대현, 전연도, 최재학, 한필완
한국전기연구원

Development of 10kW Multi-gate-based Copper Die-casting High Speed 3 Phase Induction Motor

Byung-Chul Woo, Do-Kwan Hong, Dae-Hyun Koo, Yun-Do Chun, Jae-Hak Choi and Pil-Wan Han
Korea Electrotechnology Research Institute Electrical

Abstract - 일반적으로 사용하고 있는 유도전동기의 로터는 알루미늄 다이캐스팅 기술을 적용하는 것이 보통이다. 그러나 본 연구에서는 알루미늄에 비해 용점이 높은 동 다이캐스팅 기술을 적용하여 고속 고효율의 공작기계용으로 개발하였다. 30kW급 이상의 전기자동차용과는 달리 공작기계용은 3kW급과 10kW급으로 개발하였으며 슈퍼프리미엄급에 해당하는 성능과 30,000rpm에서 그 성능을 확인하였다.

1. 서 론

전 세계적으로 에너지자원고갈문제와 더불어 지구온난화문제가 최근 화두가 되고 있으며 2008년 국내에서도 기후변화대응 종합기본계획을 세워 고효율 전기기기의 사용을 권장하고 있다. 고효율전동기분야에서도 2008년 최저효율제를 실행하여 국가에너지의 15%에 해당하는 3상유도전동기의 효율을 프리미엄급으로 생산하게 되었으며 머지않아 슈퍼프리미엄급으로 발전할 것으로 예상되고 있다.

또한 국내 공작기계용 스펀들의 경우 전동기는 스위스, 독일, 일본 등으로부터 전량 수입에 의존하고 있으며 본 연구에서 개발된 제품을 공작기계와 전기자동차용으로 적용할 경우 신시장 창출과 여타 산업에 많은 영향을 미칠 것으로 예상하고 있다.

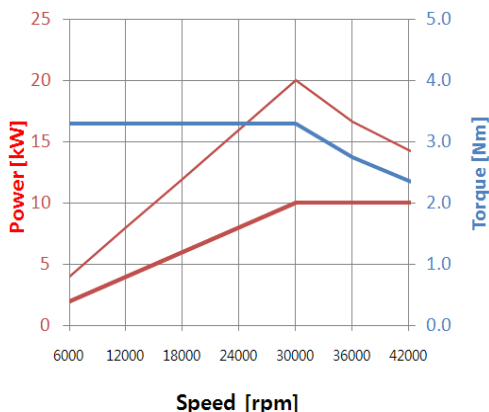
본 연구에서는 동다이캐스팅 기술을 적용하여 슈퍼프리미엄급의 전동기를 개발하여 그 특성을 알아보았으며 다중게이트방식의 동다이캐스팅 급형설계와 제작, 고속, 고효율의 10kW급 30,000rpm의 3상 유도전동기 시제품을 설계, 제작하여 97%의 효율특성을 얻었다.

2. 본 론

2.1 전동기 설계

본 연구에서 개발한 제품은 동다이캐스팅 기술을 적용한 3, 10kW급 30,000rpm 3상 유도전동기를 설계하였으며 본 논문에서 나타낸 결과는 10kW급 30,000rpm 3상 유도전동기의 특성을 설계한 결과이다.

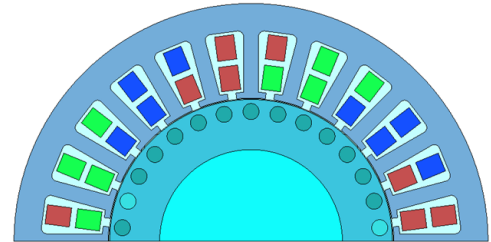
그림 1은 본 연구에서 설계한 동다이캐스팅 적용 슈퍼프리미엄급 3상 유도전동기의 토크와 출력특성으로 30,000rpm까지의 회전수에서 균일한 토크를 얻고자 하였으며 이에 따른 정격출력과 최대출력을 동시에 나타내었다.



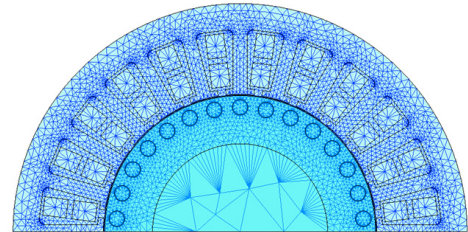
〈그림 1〉 10kW 30,000rpm급 3상유도전동기의 개발사양

전동기 설계는 설계기준과 등가회로망기법인 RMXprt 및 상용 FEM tool을 사용하여 해석을 수행하였으며 약 3%의 오차를 가지는 것을 확인하였으며 정격에서 약 81%의 효율을 얻을 수 있음을 확인하였다.

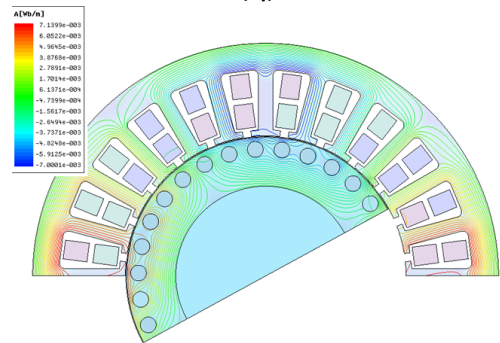
그림 2는 10kW, 30,000rpm 3상 유도전동기의 상배치와 유한요소모델, 자속흐름분포 및 자속밀도분포를 나타내고 있다.



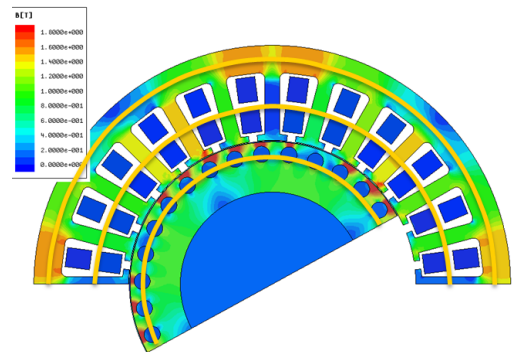
(가)



(나)



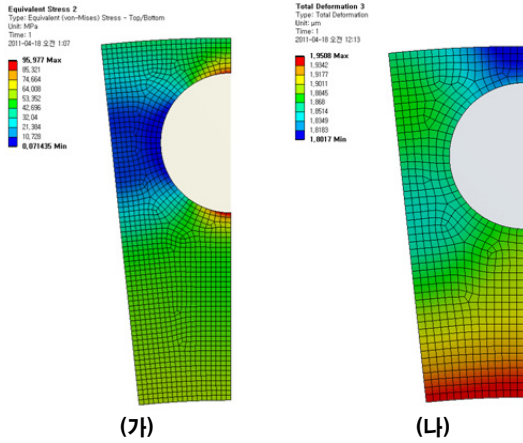
(다)



(라)

〈그림 2〉 본 연구에서 설계된 10kW 유도전동기의 해석결과 (가)상배치 (나)FEM 해석모델의 형상 (다)자속선특성 (라)자속밀도특성

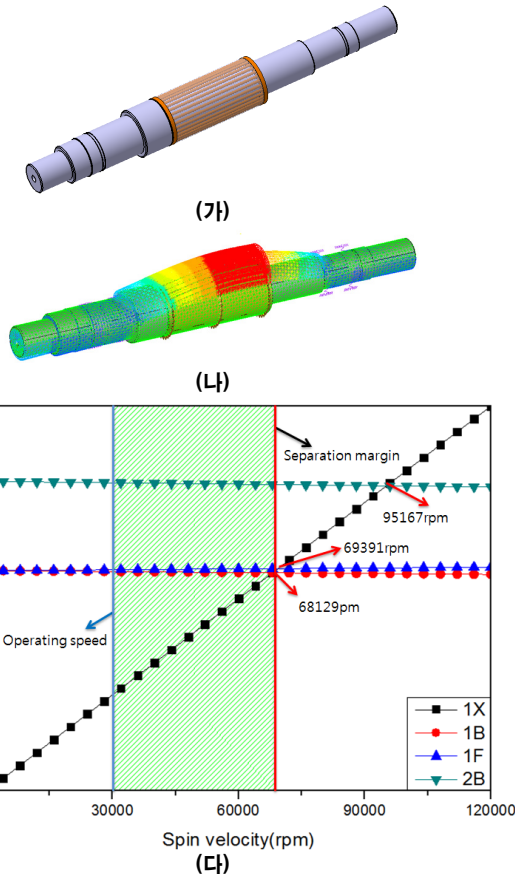
본 연구에서는 동다이캐스팅 기술을 적용한 로터를 사용하였는데 최종 목표 회전수가 30,000rpm의 고속에서 알루미늄바를 적용한 일반적인 로터는 회전에 의해 발생하는 알루미늄바와 철심의 접촉응력이 소재의 항복강도를 넘어 구조적으로 불안정하게 된다. 따라서 최대회전수에서 발생하는 구조적인 변형과 응력특성을 파악하여 구동 시 변형으로 인한 과손을 방지하지 위해서 구조해석을 필히 확인하여야 한다. 그림 3은 10kW, 30,000rpm으로 구동 시 발생하는 응력과 변형량을 나타내며 발생응력과 허용량에서 허용값에 만족하는 결과를 얻을 수 있었다.



<그림 3> 동다이캐스팅 기술을 적용로터부의 구조해석결과 (가)응력특성 (나)변형특성

그림 3에서 알 수 있듯이 30,000rpm일 때 최대발생응력은 약 50MPa이며 최대변형률은 약 2μm이다. 그림 3의 최대발생응력과 최대변형률은 전동기의 특성변화를 발생시킬 수 있는 수준이 아니며 전동기의 공극대비 회전자의 미미한 회전변형특성을 확인하였다.

그림 4는 고속전동기에서 필수적으로 확인하여야할 요소인 로터의 동적 안정성해석으로 캠벨선도를 나타낸다. 로터의 양단에 볼베어링(ball bearing)을 지지 조건으로하여 3차원 회전체 동역학 해석을 수행하여 로터의 위험속도를 구하였다.

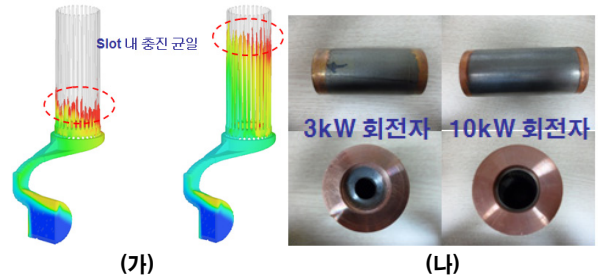


<그림 4> 10kW급 30,000rpm 고속회전 로터의 안정성해석결과 (가)기하모델 (나)1차후방휘돌림 굽힘모드 (다)캠벨선도

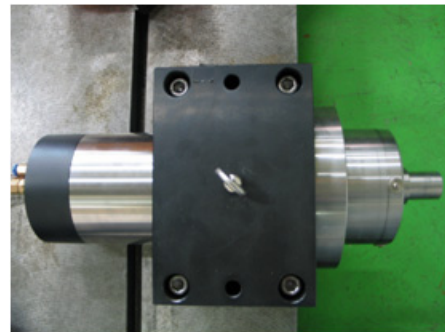
그림 4의 (나)에서 베어링지지점은 총 4군데이며 볼베어링 지지강성은 1e8 N/m과 7e7 N/m를 적용하였다. 자이로효과를 고려한 위험속도는 약 69,391rpm이며 운전속도 30,000rpm과의 분리여유(separation margin)는 약 231%로 API(American Petroleum Institute) 규격에서 제안하는 30% 이상의 값을 충분히 만족한다. 따라서 30,000rpm에서는 안정적으로 로터가 회전구동함을 알 수 있다.

2.2 전동기 제작

그림 5는 본 연구에서 사용한 다중게이트방식의 동다이캐스팅 기술로서 균일한 밀도와 기포를 제거하기 위한 효과적인 방법으로 기본 방법과 비교해 보았다.

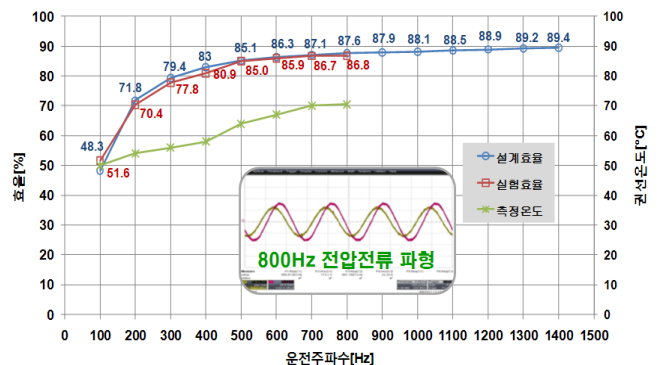


<그림 5> 다중게이트방식의 동다이캐스팅 기술로 제작된 로터의 형상 (가)균일충진 특성해석 (나)동다이캐스팅 제작 로터



<그림 6> 동다이캐스팅 로터를 적용한 10kW 3상유도전동기 형상

그림 6과 7은 본 연구에서 제작한 10kW 슈퍼프리미엄급 3상 유도전동기의 형상을 나타내고 있으며 부하특성을 수행하여 그 특성을 확인하였다.



<그림 7> 개발된 제품의 효율 및 운전온도 변화 특성

3. 결 론

본 연구에서는 동다이캐스팅에 의해서 슈퍼프리미엄급 3상유도전동기를 개발하였으며 해석 및 측정을 통해서 개발전동기의 특성이 슈퍼프리미엄급 3상유도전동기임을 확인하였다.

[참 고 문 헌]

[1] J. H. Choi, "The optimum design of the electric shield in writing probes for electric polarization data storage devices", I. J. Applied Electromagnetics and Mechanics, 33, 1-2, p. 1383, 2010.