

동다이캐스팅 제어용 유도전동기의 회전체 해석

Rotordynamics of Induction Motor for Copper Die Casting Control

정승욱* · 홍도관** · 우병철** · 구대현** · 안찬우†

Seung-Wook Jung, Do-Kwan Hong, Byung-Chul Woo,
Dae-Hyun Koo, and Chan-Woo Ahn

1. 서 론

세계적으로 에너지자원 고갈문제와 더불어 지구 온난화문제가 최근 화두가 되고 있으며 2008년 국내에서도 기후변화대응 종합기본계획을 세워 고효율 전기기기의 사용을 권장하고 있다. 고효율 전동기 분야에서도 2008년 최저효율제를 실행하여 국가에너지의 15%에 해당하는 3상 유도전동기의 효율을 프리미엄급으로 생산하게 되었으며 머지않아 슈퍼프리미엄급으로 발전할 것으로 예상되고 있다. 한편 국내 공작기계용 스피들의 경우 전동기는 스위스, 독일, 일본 등으로부터 전량 수입에 의존하고 있다. 본 연구에서 개발된 제품을 공작기계와 전기자동차용으로 적용할 경우 신 시장 창출과 여타 산업에 많은 영향을 미칠 것으로 예상하고 있다.

본 논문에서는 동다이캐스팅 기술을 적용하여 슈퍼프리미엄급의 전동기를 개발하는데 있어서 반드시 적용해야 되는 기술인 위험속도 회피기술을 적용하였다. 위험속도선도(Critical speed map)를 참고하여 로터에 적합한 베어링 지지강성을 예측하여 베어링을 선정하였다. 운전속도와 위험속도 사이의 분리여유가 약 217%로 나타났으며, 위험속도 회피가 충분히 되어 고속에서도 안정하게 구동함을 확인하였다. 고속, 고효율의 11.2kW, 18,000rpm급 3상 유도전동기 제작하였으며 약 97% 효율을 얻었다.

2. 동다이캐스팅 유도전동기

본 논문에 사용된 모델은 11.2kW, 18,000rpm급 동다이캐스팅 제어용 유도전동기로 자체해석을 통해 사양을 결정하였다. 유도전동기의 로터는 축(shaft)에 동바(Bar)와 로터 코어(Rotor core)를 결합한 뒤 로터 캡(Rotor cap)에 의해 축과 일체형으로 제작된다. Fig. 1은 해석모델인 로터를 구성하는 부품의 소재와 로터가 지지되는 베어링 지지 위치를 나타내었으며 그 사양과 재질을 Table 1과 Table 2에 각각 나타내었다.

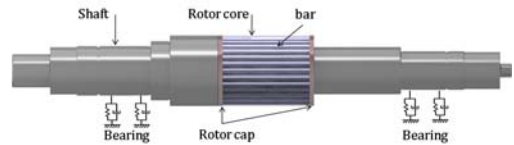


Fig. 1 Rotor for copper die casting

Table 1 Specifications of rotor

Item Model	Speed [rpm]	Power [kW]	Torque [Nm]	Voltage [V]	Current [A]
Induction motor	18,000	11.2	6.0	380	25

Table 2 Mechanical properties of used material

Item	Material	Shaft & Rotor core	Bar & Rotor cap
		Steel	Copper
Density (kg/m ³)		7,850	8,900
Elastic Modulus (GPa)		210	110
Poisson' ratio		0.3	0.33

3. 위험속도 회피설계

3.1 위험속도선도(Critical speed map)

회전체에서 위험속도는 회전체의 운전속도와 고유진동수가 일치하는 회전속도를 의미하며, 위험속

† 교신저자; 동아대학교 기계공학과
E-mail : cwahn@dau.ac.kr
Tel : (051) 200-7643, Fax : (051) 200-7635
* 동아대학교 기계공학과
** 한국전기연구원

도에서 공진현상이 발생하기 때문에 공진 회피 설계는 반드시 검토되어야 한다. 베어링의 지지강성과 베어링 지지점의 개수는 로터의 위험속도에 영향을 준다. 따라서 베어링 지지 위치를 4군데 결정하고 베어링의 지지 강성 변화에 따라 회전체의 위험속도의 변화를 검토하였다. Fig. 2는 위험속도선도를 나타내며 구동 시 필요한 베어링 강성을 결정하였다.

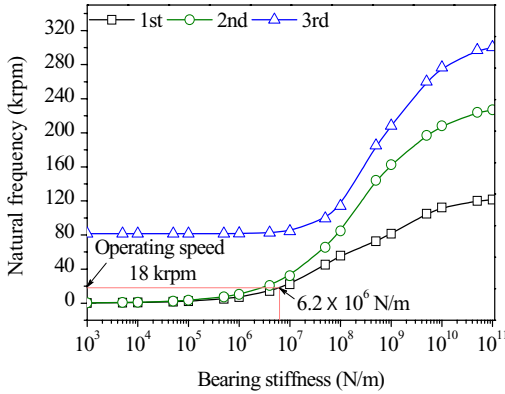


Fig. 2 Critical speed map

Fig. 2에서 정격회전수인 18,000rpm에서 요구되는 베어링 지지강성은 $6.2 \times 10^6 \text{ N/m}$ 로 나타났으며, 로터가 안정적으로 회전구동하기 위해서는 베어링강성이 $6.2 \times 10^6 \text{ N/m}$ 이상이 되어야 하며 베어링 강성을 $1 \times 10^8 \text{ N/m}$ 으로 결정하였다.

3.2 캠벨선도(Campbell diagram)

회전체에서 운전속도가 위험속도 근방에 존재하면 공진현상이 발생하고 공진모드로 인해 베어링에 피로파괴 현상이 발생하게 된다. 따라서 API 610 (American petroleum Institute) 규격에서 회전체의 위험속도와 최대연속운전 속도 사이에 20% 이상 분리여유가 확보되어야 한다. Fig. 3은 3차원 유한요소해석을 수행하여 구한 Campbell 선도를 나타낸다. 1차 위험 굽힘모드에서 위험속도는 57,094.89rpm로 나타났으며 약 217%의 분리여유가 확보되어 API 규격을 만족하였다.

유도전동기 로터의 1차~3차 위험속도에서 각각 휘돌림 굽힘모드가 발생하였으며 Fig. 4에 나타내었다.

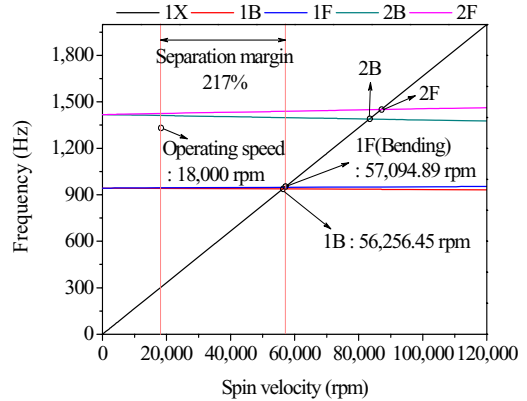
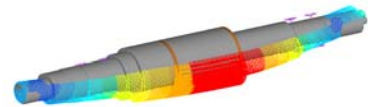
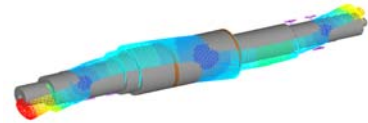


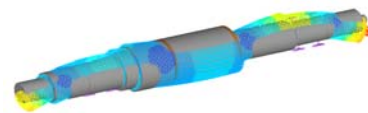
Fig. 3 Campbell diagram



(a) 1st whirling bending mode



(b) 2nd whirling bending mode



(c) 3rd whirling bending mode

Fig. 4 Whirling mode of rotor

4. 결론

본 연구에서는 고효율을 위해 반드시 검토해야 하는 위험속도 회피기술을 적용하였다. 3차원 유한요소해석을 수행하여 위험속도선도와 캠벨선도를 구했으며 운전속도와 위험속도의 약 217%의 충분한 분리여유를 가지는 동다이캐스팅 슈퍼프리미엄급 3상 유도전동기를 개발하였다.

고속, 고효율의 11.2kW, 18,000rpm급 3상 유도전동기 제작하였으며 약 97% 효율을 얻었다. 그리고 위험속도 회피 기술을 적용하여 고속에서도 안정하게 구동하도록 하였다.