

동 다이캐스팅 제어용 유도전동기의 불평형 응답 해석

Unbalance Response analysis 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

동 다이캐스팅 유도전동기는 기존 알루미늄 다이캐스팅의 회전자 바를 동으로 바꾸기만 하여도 효율이 2~5%정도로 향상되기 때문에 많은 에너지 절감을 얻을 수 있다. 동 다이캐스팅으로 유도전동기를 제작하게 되면 경제성이 뛰어나기 때문에 향후 에너지 고갈에 따라 고효율 전동기 사용이 의무화 될 경우 산업에 많은 영향을 미칠 것으로 예상하고 있다.

본 논문에서는 동 다이캐스팅기술을 적용하여 고속전동기를 개발하는데 있어서 위험속도 회피기술을 적용하였다. 위험속도선도(Critical speed map)를 참고하여 로터의 베어링 지지강성을 예측하고 베어링을 선정하였다. 또한 불평형 응답해석을 수행하여 발생하는 진동의 진폭을 구하여 API 및 ISO규정을 참고로 불평형 질량에 의한 로터 변위의 최대 허용 진동레벨을 검토하였다. 마지막으로 알루미늄 다이캐스팅과 동 다이캐스팅의 동적 특성을 상호 비교, 분석하였다.

2. 동 다이캐스팅 유도전동기

동 다이캐스팅 유도전동기의 로터는 축(Shaft)에 동바(Copper bar)와 로터 코어(Rotor core)를 결합하고 로터 캡(Rotor cap)에 의해 축과 일체형으로

제작된다. 로터를 구성하는 부품과 로터가 지지되는 베어링 지지위치를 Fig. 1에 나타내었고 각 요소별 물성치와 재질을 Table 1에 나타내었다.

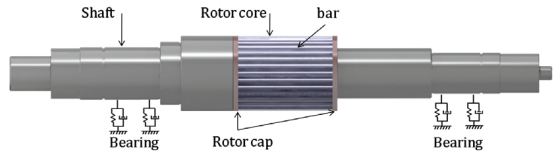


Fig. 1 Rotor for copper die casting

Table 1 Mechanical properties of used material

Item	Material	Shaft	Rotor core	Bar & Rotor cap
		Steel	S7	Copper
Density (kg/m ³)		7,850	7600	8,900
Elastic Modulus (GPa)		210	200	110
Poisson' ratio		0.3	0.3	0.33

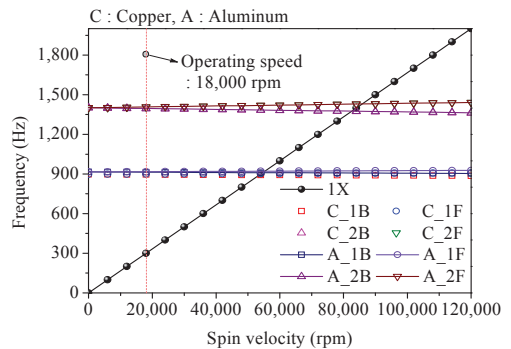


Fig. 2 Campbell diagram

동 다이캐스팅 유도전동기와 알루미늄 다이캐스팅 유도전동기의 캠벨선도를 Fig. 2에 나타내었다.

† 교신저자; 동아대학교 기계공학과

E-mail : cwahn@dau.ac.kr

Tel : (051) 200-7643, Fax : (051) 200-7635

* 동아대학교 기계공학과

** 한국전기연구원 전동력연구센터

알루미늄과 동 다이캐스팅 유도전동기의 위험속도의 다소 차이가 있지만 분리여유(201.0%)가 API에서 규정하고 있는 분리여유(20%)보다 충분히 커서 차이는 미미하다고 평가할 수 있다.

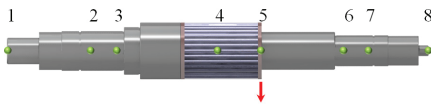
3. 불평형 응답 해석

3.1 불평형 질량 제한치 결정

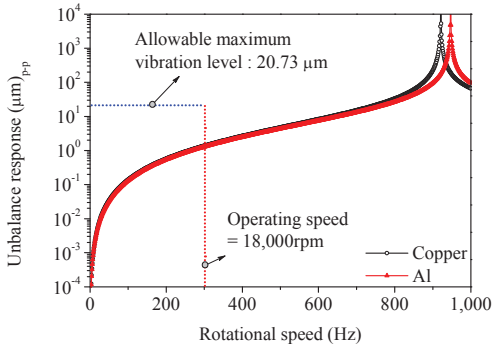
허용 불평형량이란 로터의 평형 특성 등급에 의해 정해지는 로터의 허용 불평형 편심량과 로터의 유효질량을 곱한 값이다. ISO 1940-1 규정을 고려하여 평형 특성 등급을 2.5로 정하였다.

3.2 불평형 진동응답

불평형 진동응답에 사용되는 불평형량은 허용 불평형량의 4배로 하였으며 모드해석에 의해 최대 변위 지점에 위치시켜 해석을 수행하였다.



(a) Vibration exciting and response position



(b) Vibration response of 5 position

Fig. 3 Unbalance response of copper & aluminum die casting rotor

Fig. 3의 (a)는 불평형 응답점들을 나타내며 (b)는 5번 위치에서 불평형 응답의 결과를 나타내었다. 5번 위치에서 발생하는 동 다이캐스팅 로터의 최대 불평형 응답 크기는 $1.372\mu\text{m}$ 이고 알루미늄의 다이캐스팅 로터의 불평형 응답은 $1.277\mu\text{m}$ 로 차이가 작다. 따라서 알루미늄 재질을 동으로 변화시켜도 동 특성의 변화는 거의 없어 대체 사용이 가능한 것으로 판단된다.

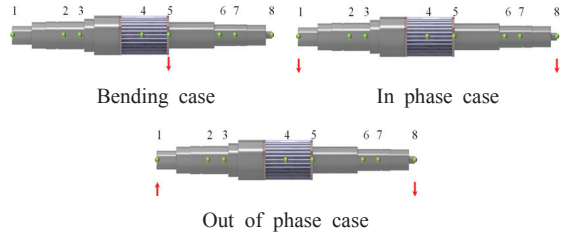


Fig. 4 Unbalance response of rotor

Fig. 4는 동 다이캐스팅 모드 해석결과와 최대 변위 지점과 양 끝점의 동위상, 역위상에서 각 지점의 불평형량을 나타내었고, 결과 값을 Table 2에 나타내었다.

Table 2 Vibration displacement in operating speed

$4U_{\text{per}} = 35.092 \text{ g} \cdot \text{m}$			
Number of location	Bending	In phase	Out of phase
1	0.552	2.156	2.044
2	0.151	0.537	0.638
3	0.402	0.201	0.381
4	1.192	0.356	0.324
5	1.372	0.452	0.041
6	0.796	0.058	0.278
7	0.479	0.300	0.511
8	0.331	1.865	1.754

Unit : μm , operating speed : 300Hz, 18,000rpm

불평형 진동응답의 크기는 API 610에서 규정하고 있는 최대 진동레벨을 초과하지 않아야 하며 최대 진동레벨은 식 (1)로 표현된다.

$$L_v = 25.4 \sqrt{\frac{12,000}{N}} (\mu\text{m}_{\text{peak-peak}}) \quad (1)$$

해석모델의 불평형 진동응답은 $20.73\mu\text{m}$ 를 초과해서는 안되며, 해석결과 모델의 불평형 응답의 크기는 최대 진동레벨을 초과하지 않는 범위에 있다.

4. 결론

본 연구에서는 ISO 및 API Standard에서 제안한 불평형량을 해석 모델에 적용하여 평가하였으며, 불평형 상태에서 API에서 제안한 최대 진동레벨과 비교하여 충분히 안정한 불평형 응답을 얻을 수 있었다. 해석한 결과를 바탕으로 유도전동기를 제작하였으며 고속, 고효율의 3상 유도전동기로 약 87% 효율을 얻었다.