

하이브리드 절연필름의 전동기권선 적용 특성 연구

한세원, 한동희, 강동필

한국전기연구원(나노복합소재연구그룹)

Technology and Application of Hybrid Insulation Film for Electric Magnet Wire

Se-Won Han, Dong-Hee Han, Dong-Phil Kang

KERI(NANO Composite Materials Research Group)

Abstract : This study presents the technology and application of hybrid insulation film for electric magnet wire. In order to make the high efficient motor with high space factor, it is necessary to develop a self-lubrication heat-resistant insulation film that can be used when the space factor 70% or more. A key to achieving high windability is to increase the lubricity and bonding strength of vanish, which for a magnet wire generally determines the mechanical scratches characteristics. Effective ways to reduce scratches include improving insulation film prepared by organic and inorganic hybrid synthesis methods.

Key Words : Hybrid Insulation Film, Magnet Wire, Windability, Lubricity, Heat Resistant Insulation, Scratches

1. 서론

고유가 시대 전체전력의 60%를 소비하는 전동기에 대한 고효율 전동기 기술 개발과 보급은 국가적 에너지 절감을 위한 중요한 과제이다. 국내외적으로 에너지 소모가 큰 전동기의 효율을 극대화하기 위한 노력 치열하다.

일반 전동기의 경우 권선 점적율(space factor)은 50-60% 수준으로 고성능 복합 하이브리드 권선을 적용하는 경우 최고 점적율 70% 설계 제작 가능하다. 전동기의 점적율을 20% 향상시키는 경우 동손 50%, 철손 20% 감소로 전동기 효율은 최대 2% 개선 기대되어 이로 인한 콤팩트형 전동기 개발이 가능하다.

점적율을 높여 전동기를 제작하기 위해서는 기계적, 전기적으로 제약이 있어 새로운 소재의 적용과 설계가 필요하다. 점적율을 올리기 힘든 이유는 제작 후 절연 에나멜 코팅의 기계적 강도저하(특히 편출수의 증가로 절연내력 저하)와 표면 윤활성의 한계로 새로운 코팅소재의 개발이 필요하다. 여기서는 하이브리드 절연필름을 적용하기 위한 전동기 권선의 전기적, 기계적 설계 요소를 검토하였다. 그림 1은 고효율 전동기 권선의 적용 설계 개념을 나타낸 것이다.

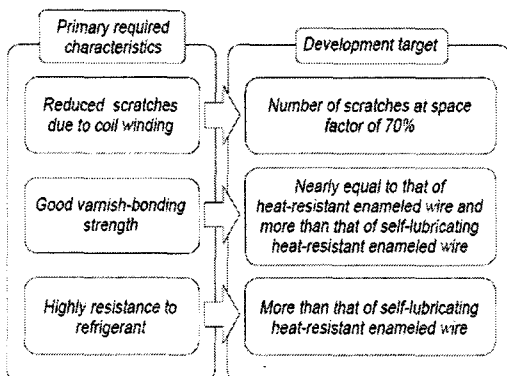


그림 1. 고효율 전동기 권선 적용 설계 개념

2. 하이브리드 필름 적용

초기에는 단순히 무기 필러를 유기 바니쉬에 첨가하여 전기적, 기계적 성능을 향상시키는 방법이 사용되었으나 최근에는 다양한 방법의 유기 하이브리드 컴파운딩 기술이 소개되면서 에나멜선의 내열성과 기계적 특성의 향상이 가능해지고 있다. 최근에 소개된 폴리이미드계 수지에 무기물 실리카를 하이브리드 컴파운딩으로 280℃의 열저항 특성을 갖는 새로운 하이브리드 에나멜선이 개발되었다(그림 2).

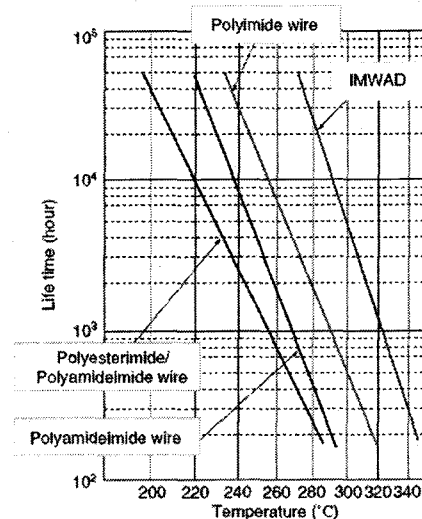


그림 2. 유기 하이브리드 필름의 수명특성

무기물을 유기 바니쉬에 컴파운딩하는 경우 무기필러의 강화형태가 물리적 강화 또는 화학적 합성 강화로 달라진다. 앞에서 언급한 고정적형 에나멜선이 가능하기 위해서는 절연코팅의 탄성율(Young's modulus)과 마찰특성(abrasion resistance)의 개선이 필요하며 이러한 문제를 해결하려면 무기필러의 화학적 합성(chemical synthesis)이 가능한 컴파운딩 소재가 적용되어야 한다.

2. 전기적 특성 설계

유무기 하이브리드 권선은 기존 단층 에나멜 권선보다 절연내력의 열화 내구성이 우수하다. 복합화된 무기 필러의 역할로 내열성이 강화되어 300℃ 이상의 열화 후의 절연내력이 장시간 안정적으로 유지되어 내열 절연설계가 가능해 진다(그림 3).

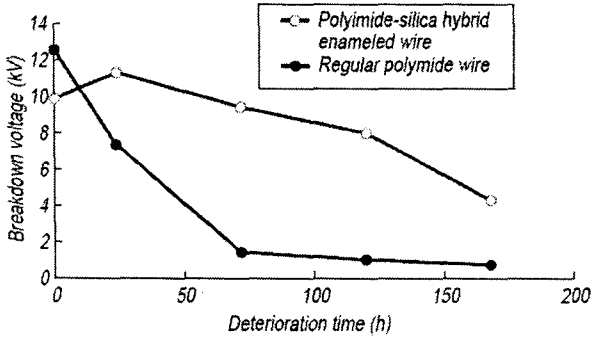


그림 3. 하이브리드 권선의 열화 절연내력 특성(350℃)

하이브리드 절연용 무기 필러는 현재 다양하게 연구 검토되고 있다. 그림 4는 각종 무기필러가 첨가된 절연 권선의 내전압 수명 특성을 비교한 예이다. 실리카나 Fe_3O_3 의 경우 동일한 전압에서 수명이 10배 정도 연장되는 특성 나타내기도 한다.

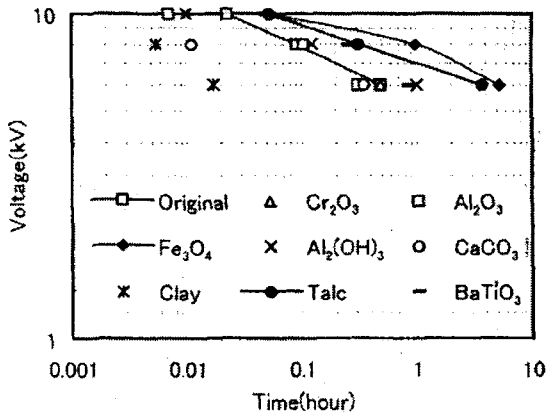


그림 4. 무기필러가 첨가된 절연권선 내전압 수명특성

3. 기계적 특성 설계

전동기 권선의 권취율을 높이기 위해서는 표 1과 같이 도체와 절연 필름의 기계적 특성의 상관성을 갖는다. 가장 중요한 요소는 제작 시 표면 결함(scratches)이 발생하지 않는 마찰 및 윤활성이 필요하다.

일반적으로 에나멜 권선은 권취율이 높아지는 경우 0.3 scratches/slot 이상이 발생하지만 유무기 하이브리드 필름 권선의 경우 그림 5에서 보듯이 권취율 70%에서 약 0.1 scratches/slot 로 표면이 강화된 특성을 얻을 수 있다. 이와 같이 고정적형 전동기를 설계하기 위해서는 그림 6과 같은 하이브리드 필름의 기계적 특성이 검토되어야 한다.

표 1. 고정적형 전동기 권선의 기계적 설계요소

Factors	Coil-winding Properties		
	Coil-insertion force	Coil-formation force	No. of Scratches
Conductor Diameter	—	—	*
Lubricity, Resistance to Abrasion	*	*	**
Softness(SEN)	*	*	*

* : Significant at 5% critical rate ** Significant at 1% critical rate

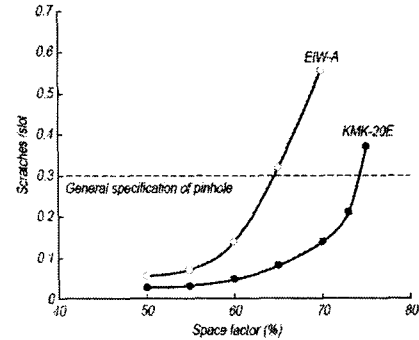


그림 5. 유무기 하이브리드 절연권선 기계적 표면특성

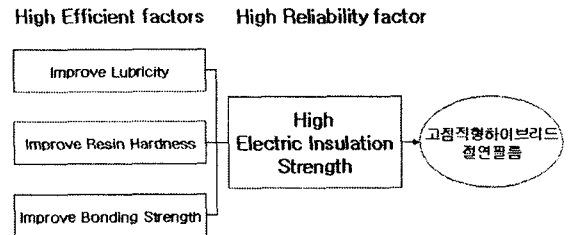


그림 6. 고정적화 절연권선의 기계적 설계특성

4. 결론

하이브리드 절연 필름을 적용하기위한 전동기 권선의 전기적, 기계적 설계 요소를 검토하였다. 유무기 하이브리드 컴파운딩 기술이 소개되면서 고정적형 에나멜선이 가능하기 위해서는 절연코팅의 표면윤활(lubrication), 탄성율(Young's modulus)과 내마모성(abrasion resistance)의 개선이 필요하며 이러한 문제를 해결하려면 무기 필러의 화학적 합성(chemical synthesis)이 필요하다. 가장 중요한 요소는 제작 시 표면 결함(scratches)이 발생하지 않는 마찰 및 윤활성이 요구된다.

참고 문헌

- [1] T. Imai, et al., "Preparation and properties of epoxy organically modified layered silicate nano composites", IEEE 2002 ISEI, Proceeding, pp379-382, 2002.
- [2] M. Mesaki, et al., "Hybrid composites of polyamid-imide and silica applied to wire insulation", Frukawa Review, No.22, pp1-4, 2002.
- [3] L. Masubuchi, et al., "Self lubricating heat resistant enameled wire for more efficient electrical motors", HITACHI CABLE Review, No.20, pp85-90, 2001.