

Sayın Okurumuz,

Bu bültenle, çalışma alanınızda Alarko Carrier ve iş ortaklarımızın teknik ve geliştirme çalışmalarımızın açıklandığı makaleleri sizlerle paylaşmak istiyoruz. Amacımız bir süre sonra okurlarımızın bilgisayarlarında her zaman başvurabilecekleri bir Alarko Carrier kütüphanesi oluşturmaktır.

Bülten konusundaki düşünceleriniz bizler için yol gösterici olacaktır. Haberleşme adresimiz aşağıda verilmiştir. Yararlı görürseniz bültenimizi çevrenizde duyurmanızdan memnun oluruz. Bültenin gönderilmesini istemiyorsanız aşağıdaki adresimize tıklamanız yeterlidir.

Saygılarımızla...



Alarko Sirkülasyon ve Dalgıç Pompaları
Bkz. www.alarko-carrier.com.tr

ALARKO CARRIER BÜLTENLERİ

- Yeni Ürün
- Haberler
- Gerçek Konfor

Bu bültenleri e-bülten olarak e-mail ile almak isterseniz, lütfen

www.alarko-carrier.com.tr adresinden abone olunuz.

Bu bülteni almak istemiyorsanız lütfen ebulten@alarko-carrier.com.tr adresine boş e-posta gönderiniz.

Haberleşme Adresi:

info@alarko-carrier.com.tr



SİRKÜLASYON POMPA MOTORLARINDA EPOKSİ REÇİNE UYGULAMASI

PaWex Fuar'ı kapsamında düzenlenen Pompa-Vana Kongresi'nde Alarko Carrier Dalgıç Pompa Ar-Ge Mühendisi (Gebze Fabrika) Tunacan Akfıdan "Sirkülasyon Pompa Motorlarında Epoksi Reçine Uygulaması" başlıklı incelemesini sundu. Bildiriyi bültenimizin bu sayısında okuyabilirsiniz...

SİRKÜLASYON POMPA MOTORLARINDA EPOKSİ REÇİNE UYGULAMASI

Tunacan Akfidan - *Alarko Carrier*
Dalgıç Pompa Ar-Ge Mühendisi
Gebze Fabrika
Devrim Avcı - *Henkel*

ÖZET

Bu çalışmada sirkülasyon pompalarını tahrik eden motorların elektriksel yalıtkanlık ve ısıl iletkenliklerinin epoksi kullanılarak artırılması hedeflenmiştir. Çeşitli epoksi türlerinin motor performansına etkisi ısıl analiz yazılımları ve deneysel yöntemler kullanılarak incelenmiştir. Ayrıca epoksi reçineler ve uygulamaları hakkında bilgi verilmiştir.

1. GİRİŞ

Epoksi yapıştırıcılar, mühendislik veya yapısal yapıştırıcılar olarak bilinen; inşaat, havacılık, otomotiv, elektronik, yalıtıcılık, genel endüstriyel uygulamalar gibi sektörlerde güçlü yapışma mukavemeti ve çevresel şartlara dayanımları ile yaygın kullanımları olan yüksek performanslı yapıştırıcı grubudur. Ahşap, metal, taş ve bazı plastiklerin yapıştırılmasında kullanılırlar.

Epoksi yapıştırıcılar fiziksel özelliklerine göre rijit veya esnek, saydam veya opak renkli olabilirler. Kürleşme hızları da formülasyonlarına göre farklılık gösterir. Epoksi yapıştırıcıların bilinen diğer yapıştırıcılara göre ısıl ve kimyasal dayanımları daha iyidir.

2. EPOKSİ TÜRLERİ VE ELEKTRİK - ELEKTRONİK ALANINDA UYGULAMASI

2.1 Epoksi Yapıştırıcı Türleri

Bütün epoksi yapıştırıcılar bir ana madde ve bir katalizörün reaksiyonu sonucu oluşmaktadır. Kürleşme mekanizmalarına göre epoksi yapıştırıcılar; bir komponentli veya iki komponentli olarak ikiye ayrılırlar. Bir komponentli için aktivatör ısı iken, iki komponentli sistemlerde bir sertleştirici katalizör görevini görür. İki komponentli epoksiler daha yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

2.1.1. Bir Komponentli Epoksi Yapıştırıcılar

Bir komponentli ürünlerde kürleşme ısı etkisi ile olur. Bu sebeple bu ürünlerin soğuk ortamda depolanması gerekmektedir. Bir komponentli epoksilerin çoğu macun kıvamında olup yüksek basınç pompaları ile uygulanabilmektedirler.

Film tipi epoksi yapıştırıcılar ise çok yüksek performanslı modifiye edilmiş ürünlerdir ve havacılık sektöründe geniş parçaların yapıştırılmasında kendilerine yaygın kullanım alanı bulurlar.

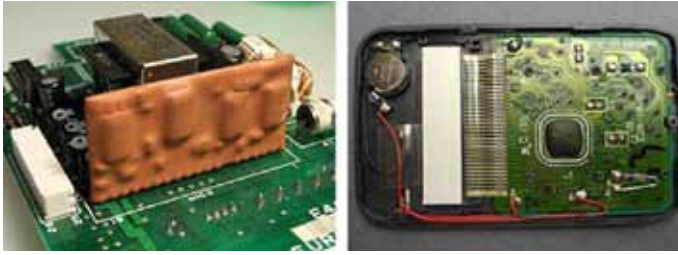
2.1.2. İki Komponentli Epoksi Yapıştırıcılar

Bu ürünler ise kürleşmelerinde ikinci komponent olan sertleştirici etkisi ile kürleşme reaksiyonlarını gerçekleştirirler. Bu reaksiyon ürünün özelliğine göre dakikalar veya saatler sürebilmektedir. İki komponentli sistemlerin çoğu, oda sıcaklığında kürleşebilmektedirler ancak ısı uygulamak kürleşme hızını artırıp ürünün nihai dayanımını da arttırmaktadır.

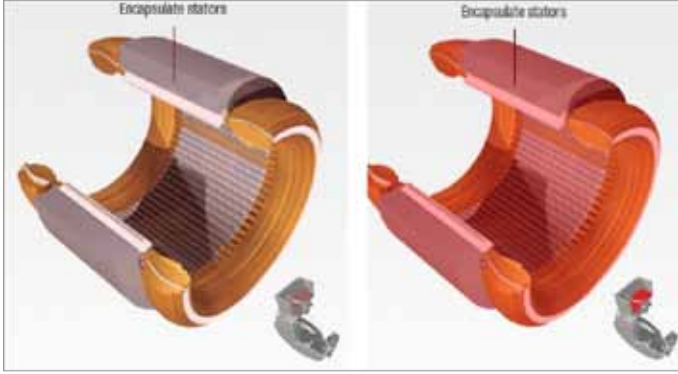
İki komponentli epoksiler neredeyse tüm farklı malzemelerin yapıştırılmasında kullanılabilecek yüksek yapışma dayanımı, güçlü çevresel ve kimyasal dayanımı olan ürünlerdir. Uygulamalarda kritik nokta iki komponentin belirtilen doğru karışım oranlarında homojen hale getirilerek uygulanması gerekliliğidir.

2.2. Elektrik – Elektronik Alanında Epoksi Uygulaması

Epoksi yapıştırıcılar elektrik ve elektronik sektöründe motor, jeneratör, transformatör, sensör ve izolatörlerde de önemli bir uygulama alanına sahiptirler. Gelişmiş yalıtım özellikleri ve çevre dayanımları sayesinde elektrik – elektronik komponentler toz, nem, kimyasal temas gibi çevresel faktörlerden korunmuş olur. Yüksek ısıl iletkenlik özelliği sayesinde uygulandığı parça üzerinde biriken ısının uzaklaşmasını sağlayıp verimliliği arttırmakta ve parça ömrünün uzamasına yardımcı olmaktadır. Örneğin esnek epoksi reçineler transformatör, indüktör ve elektrik motorlarında vakum ortamında döküm reçinesi olarak kullanılarak sistem içindeki hava boşluklarını doldururlar. Epoksi iyi bir elektrik yalıtkan ve ısıyı havadan çok daha iyi iletken bir iletkenidir. Bu sayede trafo, bobin ve sargılardaki sıcak noktalar önemli oranda azaltılmış ve epoksi reçine ile döküm yapılmamış olanlara kıyasla ürünlere kararlılık ve daha uzun ömür kazandırılmış olur.



Şekil 2.1 PCB üzerinde epoksi ile enkapsüle edilmiş kart ve elektronik parçalar



Şekil 2.2 Elektrik motoru stator enkapsülasyonu

2.3. Epoksi Uygulamalarında Dikkat Edilmesi Gerekenler

Bir bileşenli epoksilerin kürleşmesi ısı ile gerçekleştiği için bu malzemelerin 10 ila 25 derece sıcaklıkta depolanması gerekmektedir.

İki bileşenli ürünlerde ise, ana malzeme ve katalizörün doğru oranlarda homojen karışımı bitmiş üründe istenilen özelliklerin sağlanması açısından önem taşımaktadır. Karışımın doğru oranda ve homojen yapılmadığı durumda tam kürleşmeye veya donmuş üründe kırılabilirliğin artması söz konusu olabilir.

Ayrıca epoksinin uygulama alanına dökümü esnasında hava kabarcığı oluşmaması için vakum ortamında çalışılması ve uygulamanın tek noktadan yapılması önerilir. Oluşabilecek hava kabarcıkları elektriksel ve/veya termal özellikleri olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

En önemlisi üretici firmanın verdiği malzeme güvenlik ve teknik bilgi formlarında bahsedilen uygulama şartlarına ve güvenlik önlemlerine uymak ve kürleşme esnasında tavsiye edilen koşulları oluşturabilmektir.

3. ELEKTRİK MOTORLARINDA EPOKSI UYGULAMASI

Elektrik motorları elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren makinelerdir. Bu dönüşüm gerçekleşirken motor üzerinde mekanik ve elektriksel etkenlere bağlı bir ısı oluşur. Mekanik etkenler için rulman ve kaymalı yatak gibi sürtün-

meye maruz kalan elemanlar sayılabilirken, elektriksel etkenler için başlıca sebep motor sargılarından geçen akımın oluşturduğu ısıdır.

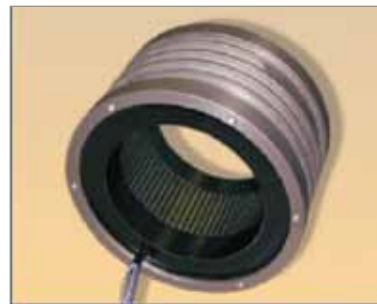
Elektrik motorunda oluşan ısı motor gövdesi üzerinden uzaklaştırılır. Bu sayede motorun aşırı sıcaktan dolayı veriminin düşmesi ve sargı izolasyonlarının hasar görmesi engellenmeye çalışılır.

Bu nedenle elektrik motoru üreticileri pasif soğutma amaçlı motor gövdesi üzerinde soğutma kanalları tasarlarken, gerekli durumlarda aktif soğutma için fan kullanmaktadırlar. Malzeme teknolojinin gelişmesiyle birlikte bu alanda ilerlemeler sağlanmıştır. Bunlardan bir tanesi motor gövdesi içinde termal iletkenliği yüksek epoksi kullanımıdır.



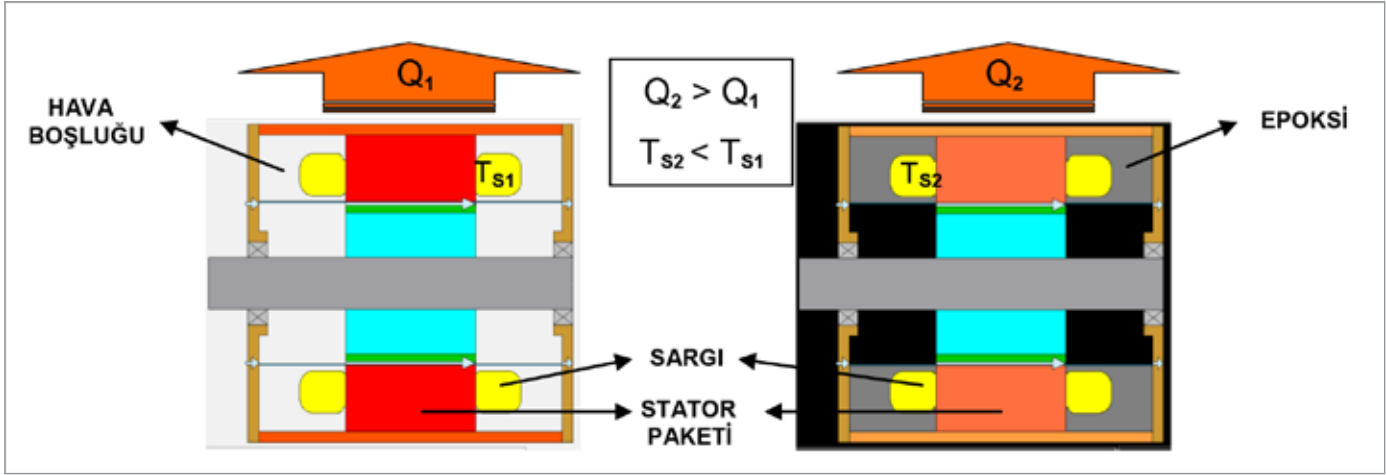
Şekil 3.1 Pasif ve aktif soğutmalı elektrik motorları

Epoksiler elektrik motorlarında daha çok elektriksel yalıtım (izolasyon) ve ısı transferi amacıyla kullanılmaktadır. Elektrik motoru stator paketi çevresindeki hava boşluğunun yerini dolduran epoksi malzemesi gövde ile stator sargıları arasında termal iletkenliği artırır. Artan bu iletkenlik sayesinde sargılarda oluşan ısı motor gövdesine daha hızlı iletilir ve sargı sıcaklığının daha az artması sağlanır. Kullanılan epoksi malzemesinin termal iletkenlik katsayısı burada önem arz etmektedir. Termal iletkenlik katsayısı ne kadar büyük olursa ısı transferi bir o kadar hızlı olmakta ve sargı sıcaklığı da azalmaktadır.



Şekil 3.2 Epoksi ile kaplanmış elektrik motoru statoru

Elektrik motoru gövdesi içerisindeki stator paketinin epoksi ile kaplanması (Şekil 3.2) ile motorun sıcaklık artışını azaltmaktadır. Bu durum "4.2 Testler" başlığı altında incelenmiştir. Sıcaklık artışının azalmasına bağlı olarak sargı izolasyonlarının ömrü uzamakta ve motor verimi artmaktadır.



TS1: Epoksisiz motor sargı sıcaklığı

TS2: Epoksili motor sargı sıcaklığı

Q1 : Epoksisiz motor gövdesinden atılan ısı

Q2 : Epoksili motor gövdesinden atılan ısı

Şekil 3.3 Elektrik motorunda epoksi olmadan ve epoksi ile ısı transferi farkı

Elektrik motorlarında epoksi uygulamasının getireceği avantaj ve dezavantajlar Tablo 3.1’de belirtilmiştir.

AVANTAJLARI	DEZAVANTAJLARI
Motor sargı sıcaklığının düşmesi	Epoksi Maliyeti
Motor verim artışı	Yatırım (ekipman) maliyeti
Sargı izolasyonlarının güçlenmesi	İşçilik gideri
Sargıda kısa devre riskinin azalması	Sargının yeniden sarılamaması
Sıcaklığa bağlı malzeme stresinin azalması	-
Motor ömrünün uzaması	-
Servis bakım aralıklarının uzaması	-
Servis bakım masraflarının azalması	-

Tablo 3.1 Elektrik Motorlarda Epoksi Uygulamasının Avantajları ve Dezavantajları

4. ELEKTRİK MOTORUNDA EPOKSİ KULLANIMININ İNCELENMESİ

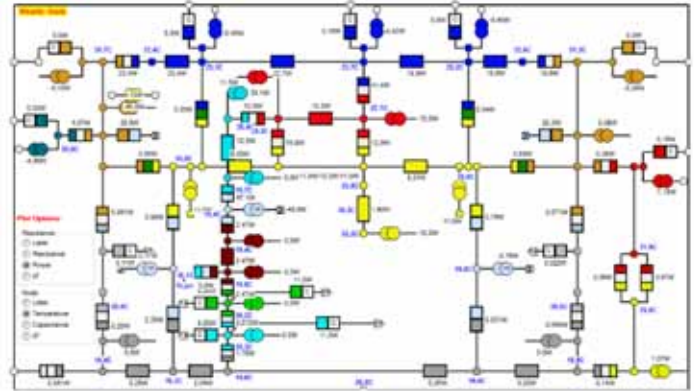
Bu çalışmada elektrik motoru üzerinde oluşan ısınin uzaklaştırılması çeşitli bilgisayar analizleri ve laboratuvar testleri gerçekleştirilerek incelenmiştir. Bu analiz ve testlerde amaçlanan epoksinin motor performansına etkisini görmektir.

Bu çalışmada aynı özelliklere sahip etiket güçleri 800 watt olan üç adet elektrik motoru kullanılmıştır. Motorlardan birine termal iletkenlik katsayısı 0,85W/K.m ve diğerine 1,7W/K.m olan epoksiler uygulanmıştır.

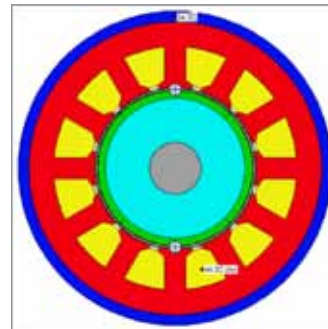
4.1.Bilgisayar Analizi

Bilgisayar analiz programında üç farklı motorun termal modeli oluşturularak analizler gerçekleştirilmiştir.

Şekil 4.2’de kesiti görülen motor için gerçekleştirilen analizlerde çıkan motor gövde (mavi bölge) ve stator sargı (sarı bölge) sıcaklık sonuçları Tablo 4.1’de verilmiştir.



Tablo 3.1 Elektrik Motorlarda Epoksi Uygulamasının Avantajları ve Dezavantajları



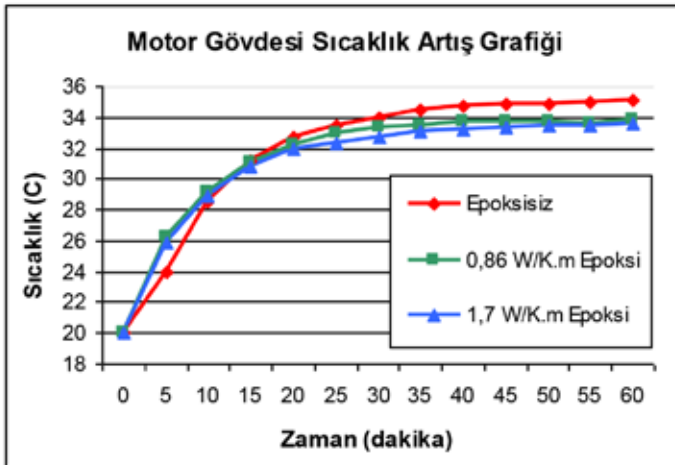
Şekil 4.2 Motor kesiti

Motor Tipi	Gövde Sıcaklığı	Sargı Sıcaklığı
Epoksisiz	34,3°C	44,3°C
0,85W/K.m	33,5°C	36,3°C
1,7W/K.m	32,1°C	34,2°C

Tablo 4.1 Motor sıcaklık analiz sonuçları

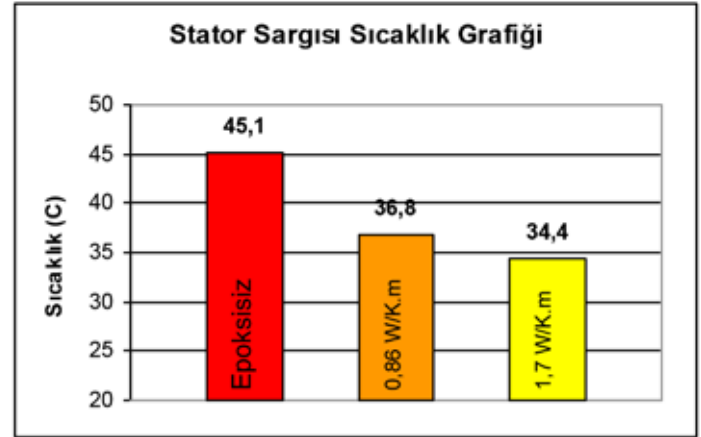
4.2. Testler

Söz konusu motorların sıcaklık ve performans testleri aynı ortam koşulları altında gerçekleştirilmiştir. Testler sırasında 5'er dakika aralıklarla her bir motor gövdesine yerleştirilen sıcaklık sensörü ile motor gövde sıcaklığı ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Her bir motor için 60 dakika süren bu testlerde motor gövde sıcaklığı artışının ortalama 35 veya 40 dakika sonra durduğu gözlemlenmiştir. Testler boyunca zamana bağlı ölçülen sıcaklık grafiği "Grafik 4.1"de gösterilmiştir. Grafikte görüldüğü gibi epoksinin termal iletkenliğinin yüksek olması nedeniyle motorların gövde sıcaklığı artışı epoksisiz motora göre ilk 15 dakika daha hızlı olmuştur. Ancak sıcaklık artışı durduktan sonra epoksisiz motor gövde sıcaklığının epoksili motorlara göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

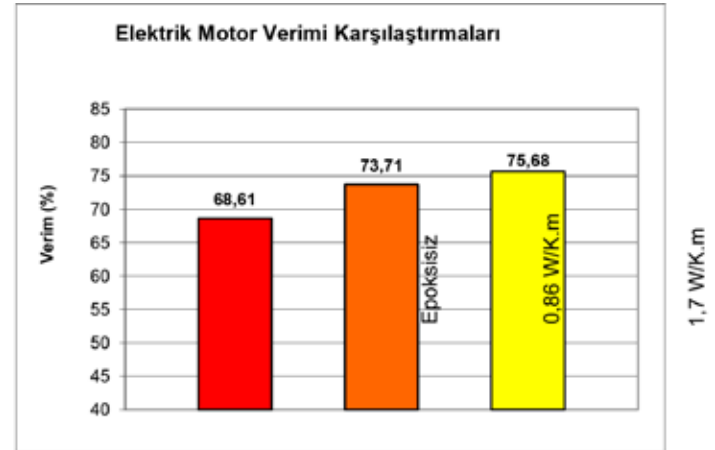


Grafik 4.1 Motor gövdesinin zamana bağlı sıcaklık değişimi

Gövde sıcaklığı dışında motor sargı sıcaklığını ölçmek için de çalışma yapılmıştır. Test başlangıcında ve sonunda ölçülen sargı direnci değerleri ile motor sargılarındaki sıcaklık değişimi hesaplanmıştır. Motorlara ait çıkan sargı sıcaklık değerleri "Grafik 4.2"de gösterilmiştir. Epoksisiz motorun sargı sıcaklığı 45,1°C'ye ulaşırken 0,85W/K.m termal iletkenlik katsayısına sahip epoksili motorun sargı sıcaklığının 36,8°C'ye ve 1,7W/K.m termal iletkenlik katsayısına sahip epoksili motorun sargı sıcaklığının 34,4°C'ye ulaştığı tespit edilmiştir. Motorların sıcaklık artış hızı durduktan sonra %100 yükte hesaplanan verim değerleri "Grafik 4.3"de gösterilmiştir. Üç elektrik motoru arasında termal iletkenlik katsayısı en yüksek olan motorun veriminin de en yüksek, epoksisiz olan motorun ise en düşük verim değerine sahip olduğu tespit edilmiştir.



Grafik 4.2 Stator sargısı sıcaklık grafiği



Grafik 4.3 Elektrik motorlarının verim karşılaştırması

5. SONUÇ

Enerji verimliliğinin giderek önem kazandığı günümüzde enerji tüketimini azaltmak adına birçok çalışma yapılmaktadır. Elektrik motorlarının enerji tüketimindeki payı göz önüne alındığında bu alanda gerçekleştirilecek verimlilik artırıcı çalışmaların önemi açıktır. Bu doğrultuda gerçekleştirilen çalışma sonucu epoksi kullanımı ile birlikte sargı sıcaklığının azalmasına bağlı olarak motor veriminin arttığı tespit edilmiştir.

Ayrıca sıcaklığın azaltılması ile sargı izolasyonlarının bozulması ve buna bağlı kısa devre riski de azalmıştır. Bu durum motor parçalarında sıcaklığa bağlı oluşan stresi azaltarak ömür kayıplarının önüne geçilmesini sağlayacaktır. Bu sayede elektrik motorunun bakım ihtiyacı azalacak ve motor ömrü uzayacaktır.

6. KAYNAKLAR

1. Donald A. Bolon, "Epoxy Chemistry for Electrical Insulation", IEEE Electrical Insulation Magazine, July/August 1995 - Vol. 11, NO. 4.
2. Wen-Ren Chen and Jeng-I Chen, "Characterization of a New Epoxy Resin System for Thermal Management Application", IEEE, 978-1-4244-3624/8/08, 2008.
3. Yasunori Okada, Shozo Kasai, "New Highly Reliable Heat Resistant Magnet Wire And Epoxy Potting Compound System For Electrical Devices", CH2788-8/89/0000-0284, 1989 IEEE