

TÜBİTAK DESTEKLİ AR-GE ÇALIŞMASININ YARATTIĞI TEKNOLOJİ

Elektrik enerjisinin iletim ve dağıtımında enerji nakil hatlarında, yüksek gerilimli askı ve gergi izolatörleri ile 1100 kV'a kadar güç transformatörleri, akım-gerilim transformatörleri, kapasitörler, parafudurlar, kesiciler, ayırıcılar imalatında kullanılan oyuk (hollow) veya dolu (solid) tip porselen izolatörler 150 yıldır kullanılmaktadır. Elektrik enerjisinde tüketilen güçlerin hızla artması, kullanım güç talebini büyümüştür. Artan güç değerlerini taşıyabilmek ve iletebilmek için alternatif akım veya doğru akım nominal gerilim seviyeleri yukarılara çekilmiştir. IEC standartları en yüksek nominal gerilim değerini 765 kV olarak gösterirken, ABD, Kanada, Çin Cumhuriyeti ve Rusya Federasyonunda DC ve AC olarak 800 kV ile 1100 kV nominal gerilimli şebekeler işletmeye alınmıştır. Yıllardır kullanılan yalıtım malzemeleri, isteklere ve değişen çevre anlayışlarına, insan emniyeti ihtiyaçlarına cevap vermemeye başlamıştır. Örneğin, porselen izolatörlü bir YG veya ÇYG kesicinin işletme esnasında oluşan yüksek basınç sonucu patlaması çevreye 20 kg'lık porselen parçalarını 25 metre mesafeye savurması, can kaybı tehlikesi ve milyonlarca tüketicinin elektriksiz kalmasına sebep olabilmektedir.

Hüseyin ARABUL
Elektrik Y. Mühendisi
EMEK-VAEST-BARIŞ
Yönetim Kurulu Başkanı





50 yıldır dünyada yürütülen Ar-Ge çalışmaları sonunda geliştirilen silikon, kauçuk ve kompozit malzemelerinin biraraya getirilmesi ile elde edilebilen yeni nesil "silikon kompozit izolatörler" (polimer izolatör) kullanılmaya başlamıştır. Kompozit İzolatörler, teknik, ekonomik, tedarik, sağlık ve çevre korunması yönünden porselene rakip olacak özelliklere sahiptir. Son 30 yıldır işletmede denenmiş polimer izolatörler ile çok olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Kompozit izolatörlerin kalitesini artırmak için Uluslararası Elektrik Birliği (IEC) son yirmi yılda IEC 61109, IEC 60660, IEC 62217, IEC 61462 ve IEC/TS 60815-3 numaralı standartları uygulamaya sokmuştur. Bu standartlar, sahip olunması gereken teknik koşulları, yapılması gereken mekanik, elektrik, kimyasal deneyleri, ömür test yöntemlerini ve kabul koşullarını belirlemiştir.

Malzeme teknolojisinin gelişmesi son 45 yıl içerisinde Orta Gerilimde epoksi reçine uygulamasını ve son 20 yıl içerisinde silikon kompozit izolatörlerin 1100kV'a kadar işletmede kullanılmasını yaygınlaştırmıştır. Türk elektromekanik sanayisine 44 yıldır hizmet veren EMEK grubuna bağlı VAEST Silikon ve Kompozit Uygulamaları İmalat ve Tic. A.Ş. dünyadaki gelişmelere paralel olarak TÜBİTAK desteği ile Ar-Ge çalışmalarını tamamlamış ve silikon kompozit izolatörleri 550 kV'a kadar imal etmeye başlamıştır.

GİRİŞ

Enerji nakil hatlarında (demiryolları dahil) ve elektrik teçhizatı imalatında kullanılan alçak gerilim, orta gerilim, yüksek gerilim ve çok yüksek gerilim izolatörleri 150 yıldır porselen olarak kullanılmaktadır. Enerji nakil hatları ve transformator merkezi yatırımlarında izolatör çok önemli girdidir. İzolatör kullanımında çevre koşulları, teknik özellikler, tedarik süresi, taşıma ve fiyat, porselen izolatörlere alternatif çözüm arayışlarını zorunlu hale getirmiştir. Yeni nesil olarak geliştirilen izolatörler, dış kaplaması silikon ve çekirdeği kompozit malzeme olduğu için silikon kompozit izolatör (SKI), bazen kısa olarak polimer izolatör veya kompozit izolatör olarak isimlendirilir.

SKİ'lerin performans değerleri ile ilgili yapılan onlarca Ar-Ge çalışması sonuçları, bildiri, makale, tez ve imalatçı firma raporları ile toplumun bilgisine sunulmuştur. Bu bilgilere IEC, CIGRE, WEC web sayfalarından ulaşmak mümkündür. Silikon Kompozit İzolatör imalat teknolojileri son 10 yılda çok hızlı gelişmiştir.

44 yıldır, 525 kV'a kadar imal ettiği transformatorleri yurt içinde satışından ve yurt dışında 106 ülkeye ihraç eden EMEK, ithal ettiği porselen izolatörleri kullanmıştır. Son 10 yıl içerisinde, dünyadaki yatırımcılar Silikon Kompozit İzolatör kullanmayı tercih etmeye başlamıştır. Türkiye'de ne porselen ve ne de silikon oyuk izolatör imalatı yapılmamakta idi. İmalatı yapılmayan yeni nesil oyuk kompozit silikon izolatörlerin yerli yapıma misyonunu EMEK grubu yüklenmiştir. Oysa grup şirketi olan BARIŞ, yurt dışında benzeri silikon kompozit izolatör imalatı yapanlara kompozit boru ihraç etmektedir. Türk elektromekanik sanayisine ivme kazandırmak amacıyla, TÜBİTAK TEYDEB desteği ile EMEK ELEKTRİK ENDÜSTRİSİ A.Ş. ve BARIŞ ELEKTRİK ENDÜSTRİSİ A.Ş.'nin ortaklaşa yaptığı çalışmalar sonunda 550 kV'a kadar silikon kompozit izolatör tasarım ve imalatı gerçekleştirilmiş ve uluslararası test laboratuvarlarında sertifikasyon testleri başarı ile sonuçlandırılmıştır. Yapılan çalışmaları endüstriyel olarak uygulamak amacıyla EMEK Grubu tarafından "VAEST Silikon ve Kompozit Uygulamaları İmalat ve Tic. A.Ş." adlı şirket Ankara'da EMEK yerleşkesinde kurulmuştur. 15.000 m² arsada 5000 m² kapalı alanda kurulan tesiste üretim ve test laboratuvar yatırımları yapılarak her türlü kompozit izolatör üretimine başlanmıştır.

POLİMER MALZEMENİN TARİHÇESİ

1907 yılında Dr. Baekeland'in sentetik fenol formaldehid buluşundan sonra şellak ve reçine üzerinde çalışmalar başlatılmıştır. İlk kullanılan doğal polimerlerin temelinde karbon olmasından dolayı iz direnci (tracking resistance) zayıf idi. 1940 yılına kadar sentetik reçine konusunda özellikle

bina dışı kullanımında ve ekonomik olarak başarılı olunamamıştır.

1940'lı yıllarda sınırlı miktarda trihidratın (ATH), plastik ve elastomer ile birlikte kullanılması haricte kullanılan polimer malzemelerin, elektrik yalıtımının iz direnç değerini artırmıştır. Bu gelişme yalıtım malzeme tarihinde önemli bir adım olarak kabul edilmiştir. ATH kullanımında ilk çalışma sonuçları, epoksiler, poliester, silikon kauçuk ve etilen propilen kauçuk (EPR) malzemeleri için umut verici olmuştur. Bu uygulama, fenolik bileşenlerin iz direncini daha da geliştirmiştir. Ancak bu gelişim bütün polimerlerde aynı derecede olumlu sonuç vermemiştir.

1960'lı yıllarda poliester ve bisfenol-A epoksi reçineler üzerinde yapılan Ar-Ge çalışmalarında başarılı sonuçlar alınmıştır. Bununla ilk kez, cam elyafıyla güçlendirilmiş epoksi (GRP) çubuk üzerine epoksi reçine kaplanarak askı izolatörleri imal edilmiştir. Dâhili kullanımda bisfenol-A epoksi başarılı olsa da epoksi reçine ile kompozit çubuğun ısı genleşme katsayılarının farklı olması bina dışı kullanımlarda olumsuzluk yaratmıştır.

Uygulamada, UV yaşlanması ve iz (tracking) sorunu ile karşılaşmıştır. Yapılan Ar-Ge çalışmaları sonucunda dış ortama uygun ve epoksi reçine sorunlarını çözebilen sikloalfatik epoksiler geliştirilmiştir ve ısı genleşme katsayısı sorunu çözülememiştir. Rutubetli ortamda elektromekanik sorunlar oluşmuştur. Yukarıda anlatılan olumsuzlukları gidermek üzere 1960'lı yıllarda, EPR ve SR (silikon kauçuk-silicone rubber) bileşenlerinden oluşan elastomerler geliştirilmiştir. EPR ve SR, cam elyaf takviyeli epoksi çubuk veya boru ile kullanımı sonunda ısı genleşme katsayısı sorunu yok edilmiştir. EPR ve SR her ikisi de göreceli olarak olumlu sonuç vermiştir.

SİLİKON KAUÇUK NEDİR?

Silikon kauçuk, sentetik bir malzemedir. Havaya ve geniş sıcaklık bandına dayanıklıdır. Elektriksel ve ısı yönünden iyi bir yalıtım malzemesidir. Oksitlenmeye dayanıklı, düşük yüzey enerjisi ve yüksek bağ enerjisinden dolayı ultraviyole ışınlarında (UV) bozulmaz. Bu özellikler silikon kauçuk malzemenin Elektrik yalıtım malzemesi ve İzolatörü olarak kullanılmasına imkân verir.

Silikon kauçuğun özellikleri, polimer yapısından kaynaklanır. Sıcaklığa karşı kararlı oluşu ve kötü hava koşulları ile oksitlenmeye karşı direnci silikon oksijen (Si-O) bağlarından kaynaklanır. Polimer zincirlerinin esnekliği düşük yüzeysel enerji (hidrofobik) özelliğini ve düşük sıcaklık esnekliğini oluşturur. Silikon, normal olarak, -75°C ile +200°C gibi geniş bir çalışma aralığına sahiptir. Bu sıcaklıklar arasında, fiziksel özelliklerini hiç kaybetmez. Silikonlar göreceli olarak zayıf aşınma direncine sahiptir ve benzen, toluen gibi aromatik hidrokarbonlara karşı kimyasal direnci ve

yüksek basınçlı buharlara direnci azdır. Silikon kauçuk iskeletindeki Si-O bağından dolayı güneş ışınına karşı dirençli, esnek, hava koşullarına ve ozona karşı dayanıklı, dielektrik özelliği iyi, bariyer özelliklere sahip, ısı ve yangına karşı dirençlidir.

Silikon, inert bir malzemedir (kimyevi etkinliği yoktur). İnsan ve çevre sağlığı üzerinde olumsuz etkisi yoktur. Tam vulkanize edilmiş (pişirilmiş) silikon, üzerinde mantar üremesine olanak vermez. Bu nedenle gıda sanayiinde, tıpta, eczacılıkta ve kozmetik sanayiinde başarıyla kullanılabilir. Silikonun ana ham maddesi kumdur. Kum, karbon ile ısıtılarak silikon elementine dönüştürülür. Metil klor ile silikon elementleri bir araya getirilerek klorosilanlar elde edilir. Elde edilen bu yapıdan dimetildiklorosilan ayrıştırılır. Bu ayrışım su ile işleme tabi

Silikon kauçuk ne organik ne de inorganik maddedir. Yüksek gerilim yalıtımı için kullanılan SR tipik olarak dimetilsiloksan (dimethylsiloxane) olup yüzde 45 organik özelliği vardır. Silikon kauçuk organo-silikon bileşiği olarak sınıflandırılır. Bu sınıflandırma çok önemli olan karbon (organik) ve silikon (inorganik) arasındaki (C-Si) bağdan kaynaklanmaktadır.

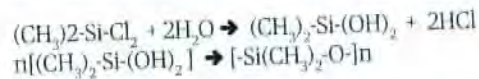
Enerji nakil hatları ve transformatör merkezi yatırımlarında izolatör çok önemli girdidir. İzolatör kullanımında çevre koşulları, teknik özellikler, tedarik süresi, taşıma ve fiyat, porselen izolatörlere alternatif çözüm arayışlarını zorunlu hale getirmiştir.

Polimer, birbirini, tekrarlayan atom zincirinin yan yana geldiği çok geniş bir molekül yapısıdır. Kelime anlamı Yunanca "çok parçalı" demektir. Polisiloksan (polysiloxane), birçok siloksan birimi demektir.

Silikonun ana ham maddesi kumdur. Kum, karbon ile ısıtılarak silikon elementine dönüştürülür. Metil klor ile silikon elementleri bir araya getirilerek klorosilanlar elde edilir. Elde edilen bu yapıdan dimetildiklorosilan ayrıştırılır. Bu ayrışım su ile işleme tabi

tutulularak dimetilsilandiol oluşturulur. Dimetilsilan yoğunlaştırılarak önce metil siloksanlar daha sonra polimerize edilerek polidimetilsiloksanlar ve son olarak silikon kauçuk haline getirilir. Bu hale gelmiş olan silikon kauçuk ana ham madde olarak alaşım ve karışım yapılmaya hazırdır. Dimetilsiloksanlardan, silikona bağlı olan karbon gruplarının değiştirilmesi ile değişik karışımlar da elde edilebilir. Yapılan değişiklikler ana kauçuk malzemeye farklı özellikler kazandırabilir.

Silikon moleküllerinin çoğunda silisyum atomlarına bağlı metil ya da fenil grupları yer alır.



Metil grupları: Yapıya su iticilik, yüzey sertliği, yanmazlık özelliklerini kazandırır.

Fenil grupları (aromatik): ısı ve aşınma direnci



kazandırır, organik kimyasallarla da uyumludur. **Vinil grupları:** silikon kauçuklarının sertliğini artırır. **Metoksi ve alkoksi grupları** düşük sıcaklıklarda çapraz bağlanmayı sağlarlar. Polimer teknolojisinde oldukça karmaşıktır. Kullanıcının istediği fiziksel, kimyasal, elektriksel ve özel isteklere uygun karışım hazırlanarak Silikon Kauçuk elde edilebilmektedir.

Karışım içerisinde, silikon esaslı kısım (elastomer), güçlendirici katkı, genişletici dolgular, muhtelif katkılar, kürleşme katkıları (agents) ve özel katkıları kullanılır. Düşük basınç, yüksek sıcaklık dayanımı, düşük sıcaklıkta esneklik isteği, sıvı ve gazlara karşı dayanım, YG elektrik dayanımı ve ark iz direnç isteklerinin elde edilebilmesi ana malzeme ve katkıların seçimi ile belirlenir. Bu özellikleri temin ederek piyasaya sunan Wacker, Dowcorning, Bluestar, DJSilicon, Jiangsu Hongda vb firmalar mevcuttur.

SİLİKON İLE İLGİLİ KARIŞIMLAR

Silikon ile ilgili bileşik hazırlanırken en önemli adım elastomer seçimidir. Elastomerin seçimi istenilen özellik ve işlenebilirliğe bağlıdır. Çok çeşitli silikon polimerler olmasına rağmen birkaç tanesi yüksek gerilimli izolatör imalatı uygulamalarında kullanılabilir. Uygun elastomerler, yapılacak analiz ve testlerle ve uygun eşleşme yapılarak bulunabilir.

Metilsiloksanın (MQ) ısı ve oksitlenme direnci iyidir. Dimetilsiloksanların silikona bağlı karbon gruplarının değişimle modifikasyonu sağlanabilir. Her modifikasyon değişik özellik katabilir. Bu sayede yağ direnci, düşük sıcaklık esnekliği, düşük sıkıştırma ayarı ve şeffaflığa izin verir.

VMQ (metilvinil siloksan) ve MQ aynı gibi görünse de MQ standart silikon kauçuktur ve VMQ'ya dönüştürülerek kullanılır. VMQ kürleşmeyi hızlandırır ve kürlenmiş kauçuğun esnekliğini artırır. Elastomerler istenilen şekil ve özelliklere dönüşebilmeleri için değişik katkı malzemeleri ile birlikte işleme tabi tutulur. Bu katkı maddeleri aşağıdaki gibidir.

Vulkanizasyon (Sertleştirme) katkıları (agents): Kimyasal reaksiyona sebep olarak çapraz bağlı

elastomerik moleküller oluşmasını sağlar. Kimyasal çapraz bağlanma ile elastomerik bileşik, yapışkan yumuşak malzemeden sert, sıcaklığa karşı kararlı malzemeye dönüşür. Vulkanizasyon ya da kürleme katkıları çok farklı tiplerde bulunmaktadır. Silikon kauçukta vulkanizasyon yan zincirlerdeki karbonlar arasında olur. Tüm çapraz bağlar karbon-karbon (C-C) bağlarından oluşmaktadır.

Organik peroksitler yüksek gerilim yalıtımında kullanılan en yaygın vulkanizatordur.

Yardımcı katkıları (agents & coagents): Polimer ve vulkanizat arasında oluşan çapraz bağların parçalanmasını önler. Bu bağların kırılıp yeni bağlar oluşturmasını engeller. İki çeşit yardımcı katkı vardır: Tip I yardımcı katkıları (agents), kürleşme hızını ve kür sertliğini hızlandırır. Tip II yardımcı katkıları (agents) kürleşme hızını etkilemezken sertliği artırır.

Antidegradantlar: Kauçuğun oksijen, ozon, ısı veya ışıktan bozulmasını geciktirir.

İşlem yardımcıları: Bileşimin diğer kimyasallarla karışmasına, karışım yapılan cihaz içerisinde kolay hareket edebilmesine yardımcı olur.

Dolgu maddeleri: Elastomerin fiziksel özelliklerini güçlendirici niteliktedir. İki çeşit dolgu malzemesi vardır;

Güçlendirici tip veya uzatıcı-genişletici tip: Quartz, titanyum dioksit, kil, çinko oksit, tebeşir tozu uzatıcı veya genişletici olarak kullanılan dolgu maddeleridir. Alumina trihidrat (ATH) tüm izolatör bileşiklerinde elektriksel iz oluşumu ve yanmaya karşı yüksek direnç sağlar.

Yüksek dolgu içeren elastomerler iyi ark direncine sahiptir. Ancak geleneksel iz testlerinde (tracking wheel test) ya da diğer standartlarda gerilim olayları arasında iyileşme sürecine izin vermemesinden dolayı (ATH) Al(OH)₃ dolgusu fazla eklenememektedir.

Bağlayıcı katkıları (coupling agents): Bağlayıcı katkıları (agents) dolgu ile elastomer arasında kimyasal bağın oluşmasını sağlarlar. Elektrik izolatörlerinde ATH ve polimer arasında köprü durumundadır ve elektriksel özellikleri, modülüs ve gerilme dayanımını artırır.

Plastikleştirici ve yumuşatıcılar: Bunlar karıştırmaya yardımcı, viskoziteyi ayarlayıcı ya da düşük sıcaklıklarda esneklik sağlayıcı olarak kullanılırlar. Yukarıda anlatılan katkı malzemeleri ile vulkanize edilen silikon kauçuk karışımının dış ortamda ve yüksek gerilim izolatörleri için en önemli özelliği hidrofobik olmasıdır. Hidrofobiklik, polimerin yüzeyinde su tutmama özelliğidir. Eğer polimerik yüzeyde su tutulmazsa kaçak akım azalmış olur. Ayrıca hidrofobik olan yüzey su damlaları kaydıka temizlenmiş olur. Kontaminasyon veya kirliliğin uzaklaştırılması yine kaçak akımı azaltır. Hidrofobiklik konusunda yapılan araştırmalar, silikon kauçuk alaşımının, üzerine silikon kaplanmış porselen ve EPDM'den çok daha iyi olduğu sonucunu vermiştir. Araştırmalar sonunda SR'ın (silikon kauçuk) geçici olarak kaybettiği hidrofobik özelliğini geri kazandığı kanıtlanmıştır. Bu özellik, farklı mekanizmalarla açıklanabilse de genellikle yüzeydeki silikon bileşeni içerisinde bulunan silikon yağının düşük molekül

Silikon, inert bir malzemedir. İnsan ve çevre sağlığı üzerinde olumsuz etkisi yoktur. Tam vulkanize edilmiş (pişirilmiş) silikon, üzerinde mantar üremesine olanak vermez. Bu nedenle gıda sanayiinde, tıpta, eczacılıkta ve kozmetik sanayiinde başarıyla kullanılabilir.

ağırlıklı (LMW) ve gezer olması sayesinde açıklanmaktadır.

KOMPOZİT MALZEMELER

Uzay çağıının başlaması ile uzay araçlarında kullanılan malzemenin ısı ve mekanik dayanımı ile ağırlığı önem kazanmıştır. Bu nedenle çelik ve alüminyum yerine geçebilecek kompozit malzemeler geliştirilmiştir. Kompozit malzemelerin mekanik dayanımı, fiziksel özellikleri uçak sanayisinde kullanılan metallerin yerine kullanılmasına imkân vermiştir. Türkiye de BARIŞ Elektrik Endüstri A.Ş. (BARIŞ) elyaf ile

güçlendirilmiş plastik (FRP) polimer boru uygulamasını 30 yıl önce başlatmıştır. BARIŞ'ta, 1984 yılında anti tank silahının lançerinin yapımı ile başlayan kompozit boru imalatı günümüzde gelişerek 600 mm çap ve 6000 mm boyunda füze borularının kompozit boruları imal edilebilmektedir. Yapılan onlarca Ar-Ge çalışmaları sonunda Kompozit Boru tasarımında çok değerli veri tabanı oluşmuştur.

Polimer izolatör imalatında kullanılmak üzere ilk kompozit boruların üretimi yine BARIŞ bünyesinde 1988 yılında başlamıştır. İlk imal edilen cam elyaf takviyeli plastik (GRP) borular, Avrupa ve Japonya da ki firmalara (MWB ve NGK) satılmıştır.

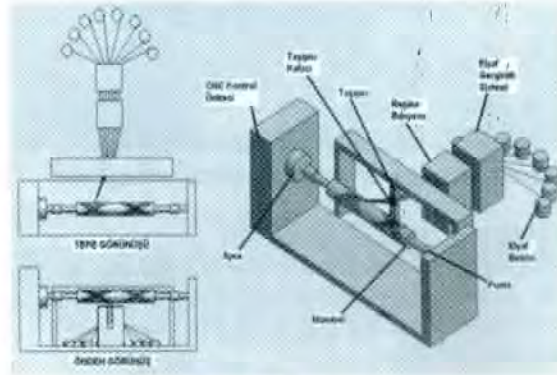
Yüksek gerilim polimer izolatörleri imalatında iki ayrı yapıda kompozit malzeme kullanılabilir. Birincisi, enerji nakil hatları (demiryolları dahil) izolatörleri ile mesnet izolatörlerinde kullanılan

çubuk (rod) kompozit malzeme, ikincisi, cihaz imalatı için yapılan oyuk izolatörün çekirdeğini oluşturan kompozit borudur.

Her iki tip kompozit malzeme, elyaf ile güçlendirilmiş epoksiden (FRP) yapılır.

Oyuk (hollow) kompozit (FRP) borular, elektrik cihazı imalında kullanılırlar.

Kompozit boru ve kompozit çubuklar, kimyasal dayanım, mekanik dayanım, aşınmaya karşı direnç ile elektriksel özellikleri çok iyi olan "epoksi" reçine ile E-cam elyaf veya ECR-cam elyafı kullanılarak imal edilir. Filaman Sargı imalatında reçine banyosuna girerek ıslanan elyaf sürekli dönmekte olan mandrel üzerine sarılırlar. (Şekil 1 ve Şekil 2) Sarım sırasında sıcaklık, elyaf gerginliği ve sarım açısı sürekli kontrol altında tutularak istenilen özelliklerde kompozit boru üretilmesi sağlanır.



Şekil 1 - Sargı genel yöntemi

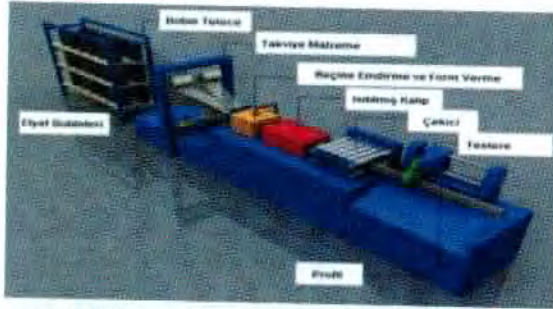


Şekil 2 - Cam elyafı "filaman sargı" görünümü (BARIŞ)

Çubuk imalatı için Pultrüzyon/Gergili Sarım (Pull winding) sistemi ile sürekli bir üretim yapılır. Reçine ile ıslatılan elyafar form verilerek ısıtılmış kalıp ile birlikte çekilerek kalıp istenilen profilde çubuk imalatı gerçekleştirilmiş olur. (Şekil.3 ve Şekil.4)



Şekil 3 - Cam elyafı ile takviye edilmiş



Şekil 4 - Pultrüzyon işleminin şematik kompozit çubuk gösterimi

SİLİKON KOMPOZİT İZOLATÖR

- SKI yapısında, mekanik dayanımını sağlayan çekirdek (Kompozit Boru veya Kompozit Çubuk),
- Silikon gövde ve gövde üzerinde silikondan yapılmış yapraklar (etekler),
- Gövde ve çekirdeğin dışında izolatörün istenilen yere bağlantısını ve sızdırmazlığını sağlayan, mekanik kuvvetleri çekirdeğe ileten metal parçalar vardır. Fitting veya flanş olarak isimlendirilen metal bağlantı uçları (Şekil 5), alüminyum alaşım veya demir döküm (kokil veya dövme pres) olarak izolatörün alt ve üst kısmına özel teknoloji ile imal edilir. Metal bağlantı parçalarının tasarımı ve seçiminin elektrik alan dağılımında önemi dikkate alınmaktadır.



Şekil 5 - Oyuk ve çubuk kompozit izolatör yapısı

SİLİKON KOMPOZİT İZOLATÖR İMALAT TEKNOLOJİLERİ

Silikon kompozit izolatörün yukarıda anlatılan üç ayrı bölümünün olması gereken teknik özellikleri standartlar tarafından belirlenmiştir. Kullanılacak silikon kauçuğun teknik özellikleri, kompozit

boru veya çubuğun teknik özellikleri ve mekanik bağlantı parçalarının özellikleri imalat teknolojisinde uygulanacak tasarımın özünü belirler. İmalatçılar, önceden özelliklerini bildiği malzemelere uygun olarak kendine özgü teknoloji ile SKI'leri imal eder. İmal edilmiş olan SKI nin sahip olması gereken teknik değerler standartlar veya müşteri şartnamesi ile tanımlanır.

SKI imalatçısı polimer malzeme, kompozit malzeme ve son mamül için standartların tanımladığı teknik değerleri ve varsa müşterinin isteklerini karşılar.



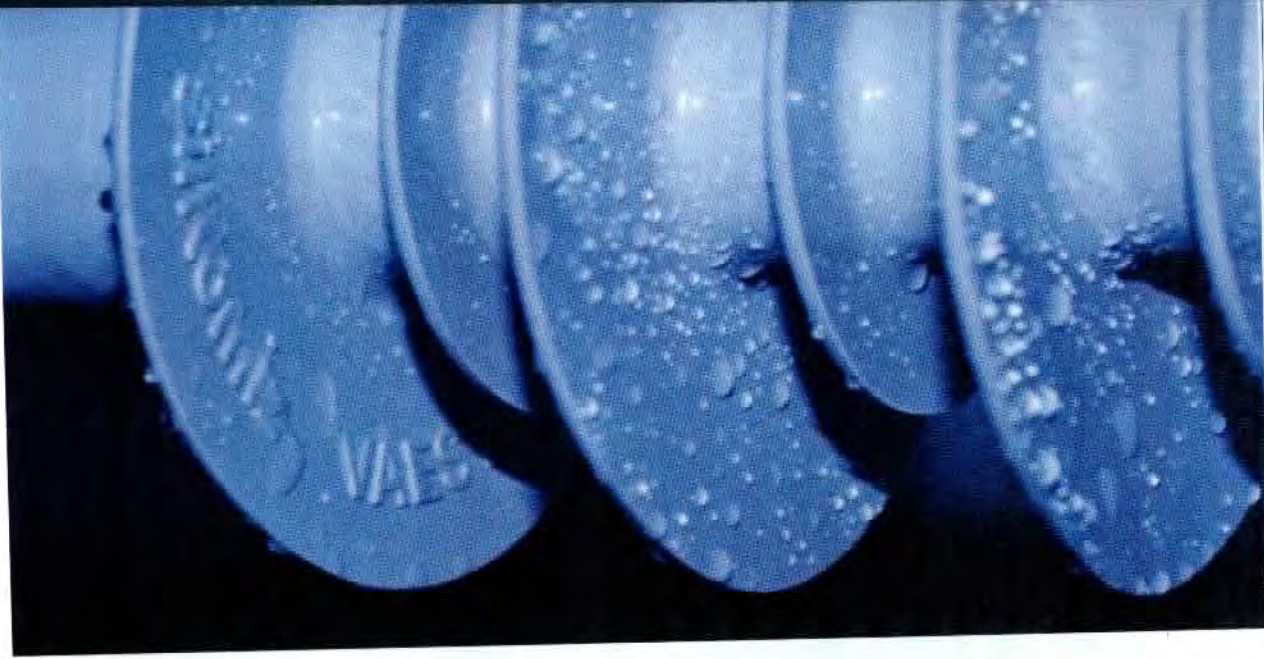
Şekil 6 - Kompozit boru ve flanjin termal ile usul bağlantısı (VAEST)



Şekil 7 - Kompozit çubuk ve fittinglerin mekanik usul ile bağlanması (VAEST)

KALIP TASARIMI

Silikon Kauçuk Gövdenin istenilen şekil ve ölçülerde istenilen mekanik güce dayanacak kalıp tasarımı iki parça olarak yapılır. [Şekil 8] İmal edilen kalıpların istenilen sıcaklık kontrolü altında çalışması için sıcaklık kontrol sistemine sahip olması gerekir. İki parçadan oluşan kalıp arasına izolatörün cinsine bağlı olarak



kompozit çubuk veya kompozit boru yerleştirilir. Kompozit çubuk veya kompozit boruların iki ucuna fitting veya flanş parçaları bağlanır. (Şekil.9) Fitting veya flanş bağlama işlemi, uygulanacak teknolojiye bağlı olarak silikon gövde baskısından önce veya sonra gerçekleştirilebilir. (Şekil.6-7) Burada kullanılacak makineler yatay veya dikey çalışan pres şeklindedir.



Şekil 8 - 90 ton ve 250 ton sıvı silikon enjeksiyon presleri ve LSR kalıp (VAEST)

SIVI VE MACUN SİLİKON KAUÇUK

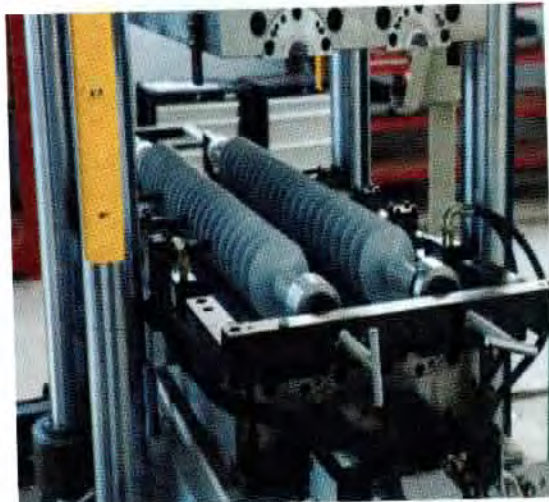
Yüksek Gerilim SKI imalatında kullanılabilen iki tür Silikon Kauçuk vardır. Bunlar macun tipinde olan HCR (High Consistency Rubber) silikon kauçuk ile iki ayrı

bileşenden oluşan sıvı tipinde LSR (Liquid Silicone Rubber) silikon kauçuktur. Zaman zaman iki ayrı tür silikon kauçuk üzerinde değişik söylemler yapılmakta biri diğerine karşı kullanılmaktadır. Bu nedenle her iki tip kauçuk çok iyi tanınmalıdır. YG SKI imalatında kullanılan LSR ve HCR arasında teknik özellikler yönünden fark yoktur.

SİLİKON VE BASKI TEKNOLOJİLERİ

Yalıtım cihazlarının üretimi için iki ayrı yapıda silikon kullanılmaktadır. Birincisi macun (HCR veya HTV) silikondur. HCR ile presleme, kalıba transfer ve enjeksiyon teknolojisi uygulanarak silikon kompozit izolatör imalatı yapılabilir

İkincisi sıvı silikon (LSR) olup enjeksiyon yöntemi ile baskı yapılır. Macun silikon için dikey presleme ve sıvı silikon için yatay presleme sistemi kullanılır. Kalıp tasarımları ve enjeksiyon preslerinin yapıları farklıdır.



Şekil 9 - 500 ton macun silikon (HCR) enjeksiyon presi ve kalıbı (VAEST)



Şekil 10 - 100 ton HTV pres ve kalıp (VAEST)

Sıvı veya macun silikonun en önemli özelliklerinden bir tanesi basılmış silikon üzerine ikinci baskı yapıldığında bağlantı fiziksel değildir, kimyasaldır. Bu nedenle birinci ve ikinci baskıda ek yerinin görülmesi, mekanik ve elektrik yönünden olumsuz etkilenmesi söz konusu değildir. Bu şekilde yapılan imalatın teknik yapısı bir bütündür.

POLİMER İZOLATÖRLER, STANDARTLAR

Kompozit izolatörler ile ilgili olarak,

- 1- Enerji nakil hatlarında kullanılan askı ve gergi izolatörleri için IEC 61109 -1992(E) yayınlanan ilk standarttır. Bu standart TSE tarafından TS EN 61109 olarak Haziran 2009 tarihinde son haliyle uygulamaya konmuştur.
- 2- 300 kV'a kadar mesnet izolatörleri için IEC 60660 -1999-10 standardı yayımlanmıştır.
- 3- Dâhilde ve hariçte 1000 V üzerinde kullanılan polimer izolatörlerin genel tanımları, deney metodları ve kabul deneylerini kapsayan IEC 62217 First edition 2005-10 2005 yılında yayımlanmıştır.
- 4- Cihaz imalatı ile ilgili olarak "Composite hollow insulators-Pressurized and unpressurized insulators for use in electrical equipment with rated voltage greater than 1 000 V -Definitions, test methods, acceptance criteria and design recommendations" adı ile IEC 61462 First edition 2007-02 Standardı yürürlüğe girmiştir.
- 5- IEC/TS 60815-3 Edition 1.0 2008- 10 numara ile Teknik Şartname adı altında "Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions - Part 3: Polymer insulators for a.c. systems" standardı yayımlanmıştır. TSE, yukarıda bahsedilen IEC standartlarını aynı kabul ederek yayımlamıştır.

IEC Standartlarına ilave olarak,

- 6- "Guide for The Application of Composites Insulators" adı altında IEEE 987-1985 ve IEEE 987-2001
- 7- CIGRE SC 22-03/2001, Composite Insulators Handling Guide.

Adlı yayınlar ile SKI kullanımına açıklık getirilmiştir. Polimer izolatörlerin daha güvenilir ve uzun ömürlü olmasını temin için IEC ve CIGRE çalışmaları yürütülmektedir.

KALİTE KONTROL DENEYLERİ

Silikon kompozit izolatörlerde kalite temini için standartlar,

Tasarım deneylerini, tip deneylerini, numune deneyleri, rutin deneyleri ve kabul deneylerini nasıl yapılacağını ve sonuçlarının ne olması gerektiğini tanımlamıştır. İmalatta olası malzeme ve tasarım değişikliğinde tekrarlanması gereken deneyler standart kapsamında anlatılmıştır.



Şekil 11 - Kompozit izolatörün yüzeyde su tutmama (hidrofobik) özelliği (VAEST)



Şekil 12 - 3MV-118 kJ darbe kaynağı ile 750 kV (4A) alternatif akım test kaynağı (EMEK)

VAEST SİLİKON KOMPOZİT İZOLATÖRLERİ İMALAT PROGRAMI

VAEST Silikon ve Kompozit Uygulamaları A.Ş. 550 kV'a kadar sıvı ve macun silikon uygulayarak her tür;



Şekil 13 - 1 MV 25 kJ darbe ve 400 kV AA test kaynağı (VAEST)

- 1- Askı ve Gergi kompozit izolatörleri, (Şekil.14)
 - 2- Mesnet izolatörleri (Enerji Nakil Hattı ve TM ve Ayırıcılar için), (Şekil.17)
 - 3- Oyuk İzolatörler (transformatör, kesici, parafudur vb için 600 mm çap ve 6000 mm boy) (Şekil.15)
 - 3- Demiryolu özel izolatörleri İmalatına başlamıştır. (Şekil.17)
- VAEST, Türkiye'nin ihtiyacını karşılayacak ve yüzde 50 kapasitesini ihraç edebilecek şekilde programlanmıştır.

VAEST İMALATINDAN ÖRNEKLER



Şekil 14 - 550 kV'a kadar VAEST askı izolatörü

Şekil 15 - 500 kV'a kadar VAEST oyuk kompozit izolatörü

SONUÇ

İzolator, elektriğin elektrik enerji nakil hatları ile taşınmasında ve transformator merkezlerinde kullanılan teçhizatın imalatında yalıtım koordinasyonunu sağlar. 150 yıldır kullanılan porselen izolatörler kullanılmaya devam edecektir. Çevre korunması, taşıma (ağırlık), hidrofobik özellik (ekil.11), yüksek krepaj, tedarik süresi, artı ve eksi geniş sıcaklık bandı, doğal afetlere dayanım konuları öncelik

kazandığında silikon kompozit izolator öncelikli kullanılacaktır.

Porselen ve polimer izolatorin fiyatları yukarıdaki özelliklerin maliyetleri dikkate alınarak karşılaştırılmalıdır. Yatırımcı seçim tercihini değerlendirme sonucu yapmalıdır.



Silikon kompozit ile 170 kV akım izolatörleri ve gerilim transformatörleri (EMEK)

Şekil 17 - Demiryolu kompozit izolatörleri

REFERANSLAR

1- "550 kV GERİLİME KADAR SİLİKON KOMPOZİT İZOLATÖRLERİN IEC STANDARLARINA UYGUN TASARIMI, PROTO TİPLERİ İMALATI, TEST SERTİFAKALARININ ALINMASI. Projenin kısa adı: SİLKOMİZ 550 " adlı ve 3110699 Nolu TUBİTAK destekli EMEK-BARIŞ ortak Ar-Ge Projesi.

2- 14.11.2012 tarihinde yapılan DEK-TMK 12. Enerji Kongresinde Hüseyin Arabul tarafından sunulan "ELEKTRİK ŞEBEKELERİNDE YENİ NESİL SİLİKON KOMPOZİT İZOLATÖR TASARIMI, İMALAT TEKNOLOJİLERİ VE PORSELEN İZOLATÖR İLE KARŞILAŞTIRILMASI" adlı sunu.

3- Materials handbook: a concise desktop reference, François Cardarelli, İkinci baskı, Springer]

4- Polymer insulating materials and insulator for high voltage outdoor applications. By Sri Sundhar, Al Bernstorf, Waymon Goch, Don Linson, Lisa Huntsman; The Ohio Brass Company-8711 Wadsworth Rd. Wadsworth, OH 44281

5- <http://www.hubbellpowersystems.com/literature/insulators/SiliconeWhitePaper1.pdf>

6- http://www.dowcorning.com/content/publishedlit/rubber_tech98.pdf

7- Surface Structural Changes of Naturally Aged Silicone and EPDM Composites Insulators by Antonios E Vlastos-Chalmers University of Technology, Gornburg Sweden and Stanislaw M. Gubanski Royal Institute of Technology S-100 44 Stockholm Sweden