

POLİETİLEN BORU BAĞLANTI ELEMANLARI VE VANALAR

F. Murat Çavuşoğlu¹

1. GİRİŞ

Polimer ailesinde yer alan PE100 (Polietilen) den üretilen borularda ve bağlantı elemanlarında, PE malzemenin yapısal özelliklerinden kaynaklanan bazı olumsuz fiziksel özellikler bulunmaktadır. Basınç altında aşırı genleşme yaratan ve tahribatsız denetim yöntemlerine (NDT) uygun olmayan bu fiziksel özellikleri aşmak için iki yeni ürün geliştirilmiştir. Bu yazıda, kendi kendini test edebilme özelliğine sahip DOST Manşon ve Kompozit Gövdeli PE Sürgülü Vana ürünlerinin tasarım süreçleri ve son çıktıları paylaşılacaktır.

2. POLİMERLER

“1907 Yılında, Leo Baekeland, bakalit adıyla bilinen ve tümüyle sentetik olan ilk plastik malzemeyi üretmeyi başardı. Bakalitteki moleküllerin hiçbiri doğada bulunmuyordu.” [1]

Polimerler teorik olarak monomerlerin oluşturduğu yapılarıdır. Endüstriyel tanımı ise amorf ve kristalize yapılarının oluşturduğu plastiklerdir. Isıya dayanımları, mekanik değerleri, kimyasallara karşı dayanımları gibi, plastiklerden

beklenen ana davranış değişkenlerine göre sınıflandırılmaktadır. Yüksek hacimlerde kullanılan standart, düşük maliyetli endüstriyel plastiklerden, en kritik uygulamalar için kullanılan yüksek mühendislik plastiklerine kadar; plastikler, dünya çapında çeşitli kilit endüstrilerde düzenli olarak kullanılmaktadırlar.



Resim 1. Performansları Bakımından Polimerlerin Sınıflandırılması [2]

Polimerler kadar önem taşıyan bir diğer malzeme olan kompozitlerin kullanımı ise, modern dünyada günden güne artmaktadır.

¹ Makina Mühendisi, Genel Müdür TEGA - tega@tega.com.tr

Kompozit, iki veya daha fazla bileşen malzemeden üretilen bir malzemedir. Bu malzemeler, oldukça farklı kimyasal veya fiziksel özelliklere sahiptir ve tek tek elementlerden farklı özelliklere sahip yeni bir malzeme oluşturmak için birleştirilir.

3. SIVI VE GAZ HATLARINDA POLİMERİN YERİ VE ÖNEMİ

Günümüzde polimerlerin endüstride kullanımı enjeksiyon ve ekstrüzyon üretim yöntemleri ile oldukça yaygındır. Sıvı ve gaz iletim hatlarında kullanılan en yaygın polimer malzeme ise (PE) polietilendir. Polietilen, termoplastik bir malzemedir. Termoplastikler ısı ile kolayca şekil alabilen malzemelerdir. Düşük yoğunluğu, yüksek mekanik özellikleri ve kullanım ömrü ile yeğlenirler. Bu nedenle plastik borulama ve ek parça kullanımında da yaygın olarak kullanılır.

3.1 Polietilen Boru ve Ek Parçalarının Kullanım Alanları

Deniz deşarj sistemlerinde, içme suyu şebekelerinde, gaz hatlarında, petrol hatlarında, genel su şebekelerinde, ilaç sanayisinde, çeşitli kablolama sistemlerinde, yangın suyu sistemlerinde, soğutma sistemlerinde, atık su hatlarında ve benzeri pek çok alanda polietilen boru ve ek parçaları kullanılmaktadır.

3.1.1 Üstünlükleri

Polietilen malzemeler borulamalarda;

- (-50)°C ile (+60) °C gibi çok yüksek sıcaklık aralığında güvenle kullanılabilir.
- 50 yıl kullanım ömürleri vardır.
- Özgül ağırlığının düşük olması nedeniyle taşınması kolay ve ucuzdur.
- Esnekliği nedeniyle depremlerden en az etkilenen türdür.
- Aşınma ve sürtünmeye iyi derece dayanıklıdır
- Kimyasal maddelere karşı oldukça dayanıklıdır.
- Kaynak ve birleştirme yöntemleri oldukça kolaydır.
- İyi bir maliyet ve performans verimine sahiptir.
- Su ile kimyasal etkileşimde bulunmadığından suyun görünüşüne, tadına, kokusuna vs. etki etmez.

Bu üstünlükleri nedeniyle polietilen, su taşınmasında en çok yeğlenen malzemedir.

3.1.2 Zayıf Yönleri

Polietilenin aşağıda belirtilmiş olan zayıf yönleri de bulunmaktadır.

- Yüzeyi kuru olmayan PE boruda kaynak ya da onarım yapılamaz.
- Darbe dayanımı düşüktür.
- Soğuk hava şartlarında kaynak yapmak için ortam şartlandırılması gerekir.

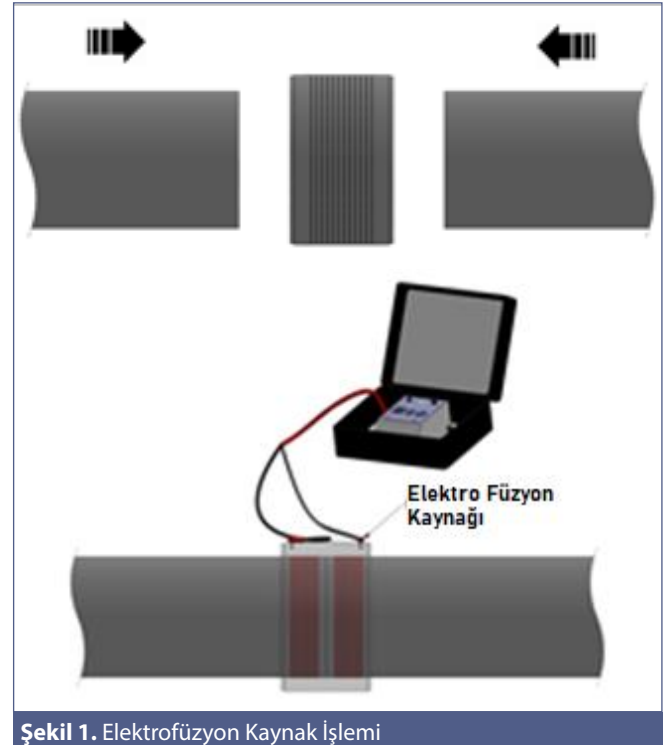
3.2 Plastik Boru ve Ek Parçalarında Kaynak Yöntemleri

Plastik boru hatlarının montajında, başlıca üç temel ısı ile kaynak (termofüzyon) yöntemi uygulanmaktadır. Termofüzyon da esas olan, iki farklı malzemenin (boru-boru veya boru-ek parça) yüksek sıcaklık ve basınç altında moleküler bağ yapacak şekilde birleştirilmesidir.

Temel plastik kaynak yöntemleri aşağıda belirtilmiştir.

3.2.1 Elektrofüzyon Kaynağı

Bir elektrofüzyon kaynak makinası yardımıyla kaynak tellerine elektrik akımı verilir. Tellere enerji verildiğinde, tel sıcaklığı yükselir ve ona bitişik olan malzeme erir. Borunun yüzeyi ile ona dokunan ek parça arasında genişleyen bir havuz oluşturur. Isı enerjisinin sürekli girişi, boru yüzeyinin erimesine neden olur ve boru eriyiği ile ek

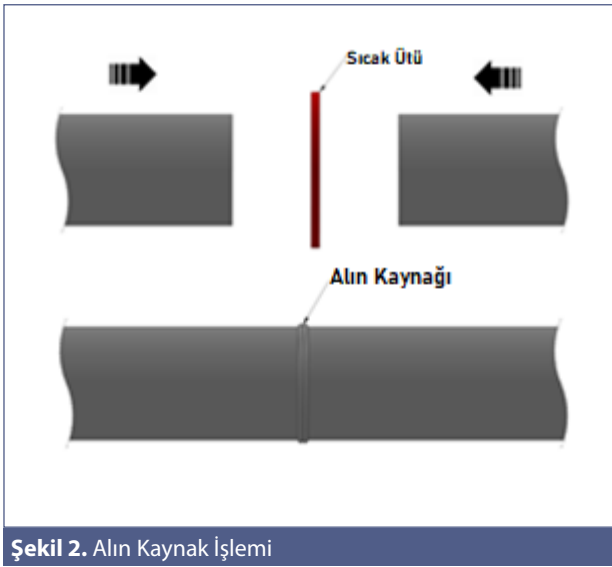


Şekil 1. Elektrofüzyon Kaynak İşlemi

parça eriyiğinin bir karışımı oluşur. Isı döngüsünün sona ermesinin ardından, ek parça ve boru soğumaya bırakılır. Ardından eriyik malzeme katılarak iki malzeme arasında bütünlük sağlanır (Şekil 1).

3.2.2 Alın Kaynağı (Butt fusion)

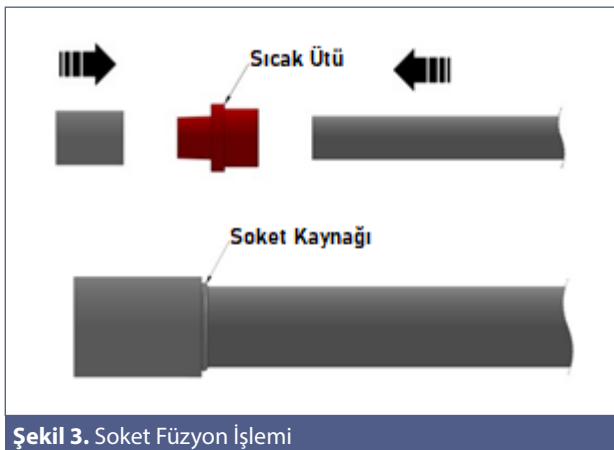
Alın kaynak, birleştirilecek olan iki boru/bağlantı parçası bileşenin uçlarının, bir ısıtıcı aracılığı ile erimiş bir halde elde edilene kadar eş zamanlı olarak ısıtılmasıdır. İki yüzey daha sonra belirli bir soğuma süresi için denetimli uygulanan basınç altında bir araya getirilir ve bağdaşık bir bağlantı oluşturulur (Şekil 2).



Şekil 2. Alın Kaynak İşlemi

3.2.3 Soket Füzyon Kaynağı

Soket füzyon, bağlantı parçalarının ve boruların, dişi-erkek çıkış uçlarının, dişi-erkek ısıtıcılar yardımıyla ısıtılması ve basınç uygulanarak birleştirilmesidir (Şekil 3).



Şekil 3. Soket Füzyon İşlemi

Bunlardan, özellikle alın kaynak ve elektrofüzyon kaynağı, 2000 mm. anma çapına kadar içme suyu, doğal gaz ve endüstriyel borulamalarda yaygın şekilde kullanılmaktadır.

Giderek artan yüzdelerdeki bu kullanıma rağmen, plastik malzemelerin ve kaynak yöntemlerinin fiziksel karakteristikleri, uygulamada bazı zorluklar yaratabilmektedir.

3.3 Plastik Boru Kaynaklarında Kalite Kontrol Sınırlamaları ve Tahribatsız Denetim (NDT)

Tahribatsız denetim (NDT) yapılmasıyla ilgili sınırlamalar, plastik boru hatları kalite kontrol aşamasında zorluklar yaratmaktadır. Çelik kaynaklarında NDT yapılabilir olması, her bir kaynak sonrasında zaman kaybı yaşanmadan, yapılan işin doğrulamasını sağlamaktadır. Plastik kaynağıyla ilgili olarak bazı tahribatsız denetim yöntemleri üzerinde çalışmalar sürmekle birlikte, henüz pratik uygulamalarının çok yaygın ve sonuçlarının da çok sağlıklı olduğu söylenemez.

Plastik malzemelerin düşük ses hızına sahip olması ses geçirgenliğinin zayıf olması nedeni ile incelenebilirliği zor olan malzemelerdir. Son yıllarda, "phased array ultrasonik teknolojisi" (PAUT), elektrofüzyon (EF) ve alın kaynağı (BF) kaynak bütünlüğünü değerlendirmek için uygulanan NDT yöntemi olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ancak, sonuçların güven aralığı düşük seviyededir.

Bu nedenle plastik boru kullanılan birçok yapı ve mühendislik projesinde, kaynak kalitesi hidrostatik testler ile denetlenmektedir.

3.4 Plastik Boru Hatlarında Hidrostatik Basınç Testi

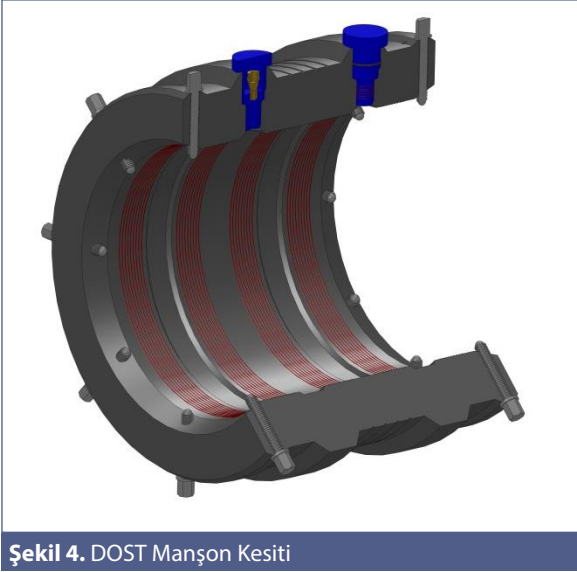
Bir plastik boru hattında tamamlanan kaynakların kalite kontrollerinin yapılmasının temel yöntemi, hattın basınç testine tabi tutulmasıdır. Bu işlemin yapılması için ise hattın belli bir bölümünün tamamlanması, hattın her iki ucunun körlenmesi ve tüm hattın su (bazı durumlarda hava) ile doldurularak basınçlandırılması gerekmektedir. Hidrostatik basınç testi sonrasında, hata saptanan kaynakların kesilmesi, onarım prosedürlerinin uygulanması ve sonrasında hattın tekrar su ile doldurularak basınç testinin yenilenmesi gerekmektedir. Bu ise pahalı ve zaman alıcı bir işlemdir.

4. PE BORU HATLARI İÇİN KENDİ KENDİNİ TEST EDEBİLEN BİR ÜRÜN: DOST MANŞON

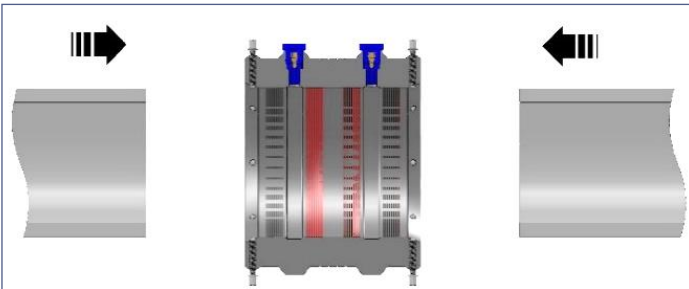


Resim 2. DOST Manşon

Bu temel sorunun çözülebilmesi için bir araya gelen Ar-Ge mühendisleri özel bir tasarım geliştirdiler. DOST MANŞON olarak adlandırılan bu tasarım, ürünün genel karakteristiklerinin baş harflerinden yola çıkılarak kısaca DOST olarak adlandırılmıştır. "Deflection Ovalty free / Self Testing" (Şekil 4,5).



Şekil 4. DOST Manşon Kesiti



Şekil 5. DOST Manşon Kaynak Montajı

4.1 DOST Manşon'un Ovallık Alıcı Özelliği

Özellikle büyük çap borularda ovallık değeri toleranslar dışına çıktığında elektrofüzyon kaynak işlemi daha da zorlaşmaktadır. Yüksek ovallık nedeni ile kaynakta yeterli başarı yakalanamayabilir. Bazı durumlarda boru ovalliğini almak ve borunun manşona yerleşmesini sağlayabilmek için ek hidrolik aparatlara ihtiyaç duyulabilir. DOST Manşon sahip olduğu cıvatalar ile ek parçalara gereksinim duymadan borunun ovalliğinin giderilmesini sağlar ve kaynak kalitesini artırır (Şekil 6).



Şekil 6. DOST Manşon'la Boru Ovalliğinin Giderilmesi

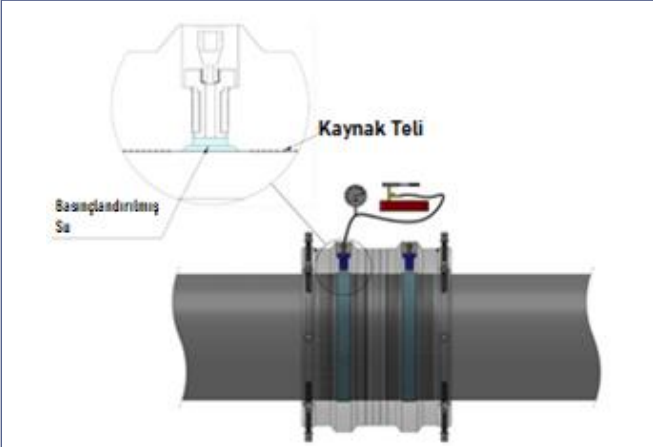
Dost Manşon'un özel ağız tasarımı elektrofüzyon kaynağına hazırlık aşamasında plastik borunun ovalliğini alacak konik girişe ve ovalliği giderecek kare dişli POM (Polioksimetilen) cıvatalara sahiptir.

4.2 DOST Manşon'un Kendi Kendini Test Edebilme Özelliği

DOST Manşon'un uluslararası bir patenle koruma altına alınmış olan temel özelliği, kendi kendini test edebilir olmasıdır. Burada, Self Testing'den kastedilen, boru hattından ve diğer kaynaklardan bağımsız olarak (boru hattı boşken, yani boru hattına su doldurulmasına gerek olmadan) her bir manşonun elektrofüzyon kaynak sonrasında basınç testi yapılabilmesidir.

Burada, yenilikçi bir fikir olarak ortaya çıkan temel nokta, klasik hidrostatik basınç testinde boru içerisine doldurulan ve basınçlandırılan su yerine; DOST Manşon'da sadece, her bir kaynak dikişinin ortasında bulunan 360 derecelik kanalın su ile doldurulması ve basınçlandırılmasıdır. Bu şekilde, kaynak dikişleri test edilebilmektedir. (Şekil 7).

DOST Manşon, "EN 12201 (su hatları), EN 1555 (gaz hatları) ve ISO 4427 (su hatları), ISO 4437 (gaz hatları)" uygun-



Şekil 7. DOST Manşon Basınç Testi (Self Testing)

luk standartlarına adapte edilmiştir. Bu standartlar tahribatlı ve tahribatsız testler içermektedir. Tahribatlı testler içerisinde en önemli olanı ISO 1167 "İç Basınca Direncin Tayini"dir. Bu yöntemle göre ürünler, yaşlandırma testine tabii tutulur. 80 °C, 165 saat (Parti Testi) ve 80 °C 1.000 saat (Tasarım Doğrulama Testi) süresince sabit basınç altında test edilerek bu ürünlerin 60 yıllık ömür performansı gözlemlenebilmektedir. Testler tasarım esnasında gerçekleştirilmiş olup ürünlerde herhangi bir hasar meydana gelmemiştir. 60 yıl ömür beyanı için bu testler her seri üretimde ürünler sevk edilmeden önce gerçekleştirilmektedir.

5. KOMPOZİT GÖVDELİ PE SÜRGÜLÜ VANA:

Doğal gaz ve içme suyu hatlarında yaygın olarak kullanılan polietilen boruların vana bağlantıları, uygulama

sorunları yaratmaya açık bir teknik konu olarak mühendislerin gündeminde yer almıştır.

Yer altı doğal gaz hatlarında ve 10 bar altındaki işletme basınçlarında, standartlar gereği polietilen küresel vanaların kullanılması ağırlıklı bir sorun yaratmamış ve doğal gaz boru hatlarının döşenme süreçleri güvenle sürdürülebilmektedir (Resim 3).

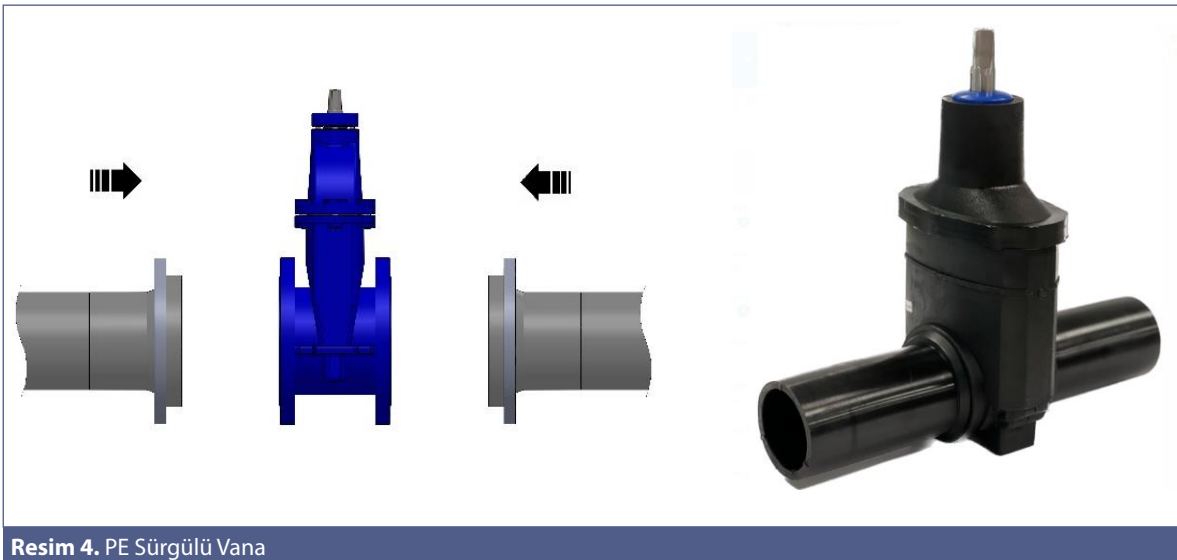
Bu vanalar çıkış uçları PE boru geometrisinde olup elektrofüzyon kaynağı yapmaya uygun yapıdadırlar. Flanşlı bağlantı gerektirmezler.

Ancak içme suyu şebeke/dağıtım hatlarında esas olarak Sürgülü Vanalar kullanılmaktadır. Sürgülü vanaların bilinen ve en yaygın şekli ise flanşlı döküm vanalardır.

Elektrofüzyon veya alın kaynağı ile yüksek güvenlik standartlarında montajı tamamlanmış bir polietilen hattın



Resim 3. PE Küresel Vana



Resim 4. PE Sürgülü Vana

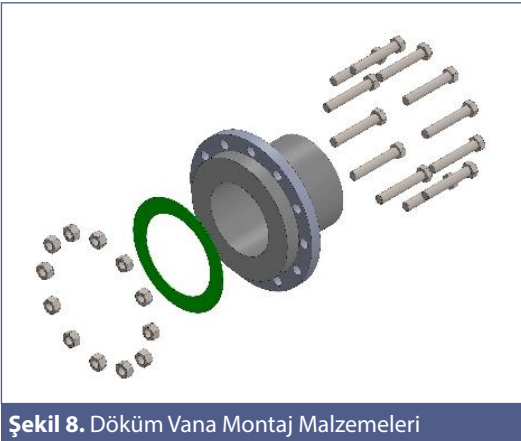
vana noktalarında flanşlı döküm vanaların kullanılması, sistemin, yani boru hattının genel güvenlik katsayısını olumsuz yönde etkilemektedir.

Bu nedenle çıkış uçları polietilen olan ve doğrudan Elektrofüzyon veya Alın Kaynağı ile birleştirilen polietilen Sürgülü Vanaların tasarımı ve üretiminin mühendisler açısından büyük yarar taşıyacağı açıktır. Bu tür bir çözüm, şebeke işletme sorunlarını ve su kayıp kaçaklarını önemli ölçüde azaltabilecektir.

5.1 Döküm Vanaların Olumsuz Yönleri ve Çözüm Önerileri:

Döküm vanaların olumsuz yanları şu şekilde sıralanabilir.

- Korozyona uğrayabilirler.
- Kışın içlerindeki su donarsa, döküm gövde çatlayabilir.
- Polietilen bir boru hattına monte edilebilmesi için, çelik flanş, PE flanş adaptörü, cıvata, somun ve contalara gereksinim duyulur (Şekil 8).



Şekil 8. Döküm Vana Montaj Malzemeleri

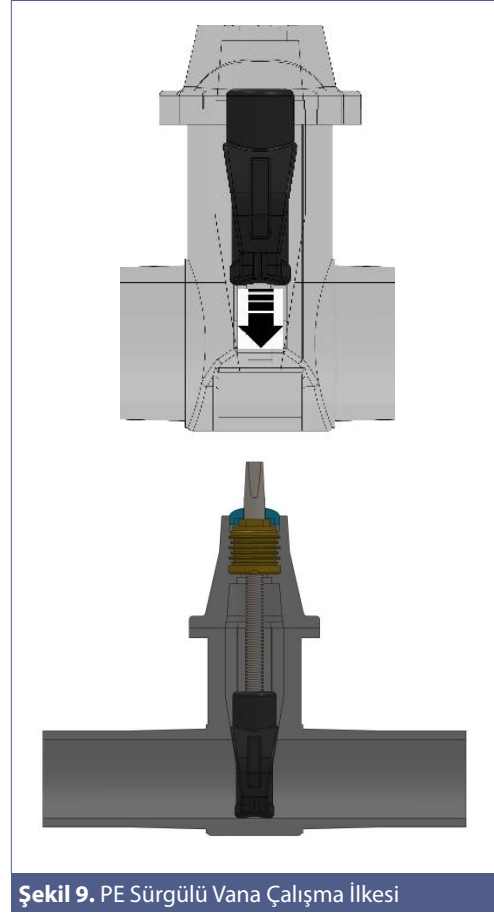
- Montajı zor ve su kaçaqları açısından da oldukça güvensizdir.

Yukarıda sıralanan tüm olumsuzlukların ortak çözümü, polietilen gövdeli bir sürgülü vananın tasarımı ve üretimiyle gerçekleştirilebilir (Resim 4).

Ancak, bu doğrultuda Avrupa'da yapılan bazı üretimler istenen sonucu vermemiş ve tasarlanan ürünler piyasaya sunulamamıştır. Bu başarısız girişimlerin temel nedeni nedir?

5.2 PE Sürgülü Vana Çalışma İlkesi ve Plastik Malzemeden Kaynaklanan Zorluklar:

Genel olarak sürgülü vanalar klapelerinin kama şeklinde olması ilkesi ile çalışırlar. V şeklinde bir gövde ve bu V gövdeye oturan benzer geometrideki kauçuk kaplı bir



Şekil 9. PE Sürgülü Vana Çalışma İlkesi

klapeden oluşmaktadır. Bu tasarımın güvenli olarak çalışması, V şeklindeki gövdenin hiç veya çok sayılabilecek düşük bir yüzde ile esnemesi ve klapenin de bir kama gibi gövde içerisine oturmasına bağlıdır (Şekil 9).

Ancak çelik döküm ve polietilen malzemelerinin uzama ve akma değerlerine bakıldığında, polietilenin katılığının daha az (esneme ve uzama yeteneğinin daha yüksek) olduğu görülecektir.

Bilgisayar ortamında tasarlanan DN100 döküm bir vana ile D 110 anma çapına sahip polietilen bir vananın basınç altındaki davranışları ANSYS programı ile analiz edilmiştir.

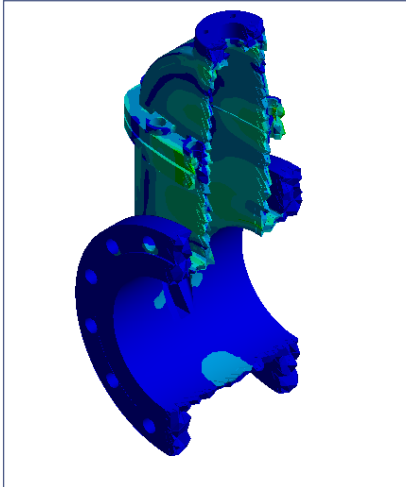
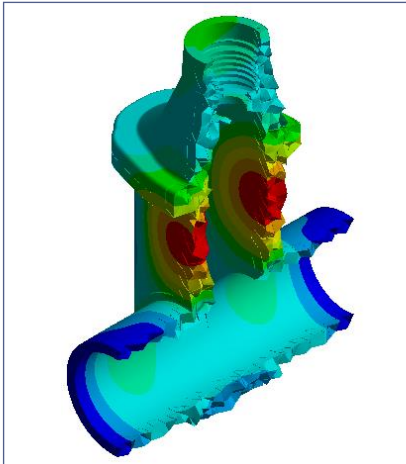
Tablo 1. Döküm ve Plastik Malzeme Özellikleri [3, 4, 5]

Özellikler	Döküm	Plastik (PE)
Elastikiyet Modülü	130 GPa	0,8 GPa
Genleşme Katsayısı	$5,8 \cdot 10^{-6}$ m/m °C	$120 \cdot 10^{-6}$ m/m °C
Çekme Dayanımı	310 MPa	21,9 MPa
Akma Dayanımı	265 MPa	26,2 MPa

Tablo 2. ANSYS Yazılımı ile Stres Analizi

Stres Analizi	Akma Dayanımı (MPa)	Oluşan Gerilme (MPa)
Sürgülü Vana PE Gövde	23	23,186
Sürgülü Vana Döküm Gövde	250	280,18
Sürgülü Vana Kompozit Gövdeli PE	25	14,742

Analiz çıktıları aşağıda şekil olarak ve Tablo-2'de değerleri ile verilmiştir. Tasarım çalışmaları sırasında üç farklı ham-madde (döküm/PE/kompozit gövdeli PE) ile üretilen vanalara, vana uçları kapatılarak Ansys yazılımı ile iç basınç uygulanarak gerilme ve biçim değişiklikleri incelenmiştir.

**Şekil 10.** Döküm Sürgülü Vana ANSYS Stres Analiz çıktısı**Şekil 11.** PE Sürgülü Vana ANSYS Stres Analiz Çıktısı**Tablo 3.** ANSYS Yazılımı ile Biçim Değişirme Analiz Sonuçları

Biçim Değişirme Analizi	Toplam Değişiklik (mm)
PE Sürgülü Vana	2,3302
Döküm Sürgülü Vana	0,2898
Kompozit Gövdeli PE Sürgülü Vana	0,4125

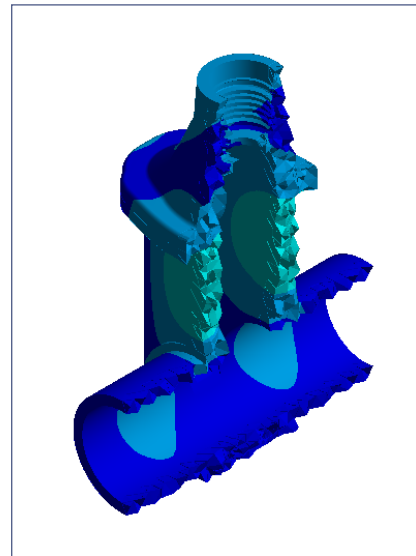
Çalışma için DN100/D110 mm anma çapında Döküm, Polietilen ve Kompozit Sürgülü Vana kullanılmış, 2,4 MPa basınç uygulanmıştır.

Tablo 3'de görülebileceği gibi, %100 polietilen olarak tasarlanmış plastik bir sürgülü vananın basınç altındaki toplam biçim değişikliği, döküm bir vananın toplam biçim değişikliğinin yaklaşık on katıdır. Bu yüksek biçim değişikliği gövdede genleşmeye ve klapenin sızdırmazlığı sağlamamasına yol açmaktadır. Dolayısıyla %100 polietilenden yapılan bir sürgülü vananın verim sağlaması olanaksızdır.

Yıllar süren bir AR-GE çalışması ve çok sayıda başarısız prototip üretimin ardından, sorunun çözümü için önemli bir yol alınmış ve başarı elde edilebilmiştir.

5.3 PE Sürgülü Vana Tasarımında Çözüm Nasıl Sağlandı?

Sorunun çözümü, tamamı polietilen olan bir vananın sa-

**Şekil 12.** Kompozit Gövdeli PE Sürgülü Vana ANSYS Stres Analiz Çıktısı

dece gövde kısmının kompozit olarak üretilmesi ile sağlanabilmektedir. Kompozit yapı polietilen gövde kalınlığının içerisine hapsedilmiş, bu şekilde biçim değişikliği oranları düşürülmüştür. Öte yandan vananın iç ve dış tüm yüzeyleri tamamıyla polietilen ile kaplanmış olduğundan korozyona karşı direnç noktasında plastik malzemenin avantajları sürmüştür.

6. SONUÇ

Bu yazıda PE boru hatları için geliştirilmiş iki farklı yenilikçi ürün tanıtılmıştır: Dost Manşon ve PE Sürgülü Vana.

Polietilen boru hatlarında, yapılan birleştirmelerin (kaynakların) kaynağı zedelemeyen denetlenmesinin güvenilirlik düzeyinin düşük olması ve sahada yapılan basınç testlerinin çeşitli zorluklarına bir çözüm yaratma düşüncesiyle DOST Manşon tasarlanmıştır. Bu tasarımın iki üstün özelliği bulunmaktadır: Gövdesinde bulunan cıvata sistemi ile borulardaki ovalik sorununun ortadan kaldırılması ve gövdesinde bulunan test kanalları ile manşona bağımsız olarak basınç testi uygulanabilmesidir.

Bu yazıda konu edilen diğer Ar-Ge çalışması ise; kompozit gövde tasarımı ile üretilen PE Sürgülü Vana'dır. Tek başına kullanıldığı zaman, mekanik özellikleri nedeni ile sürgülü vana üretimine uygun olmayan PE malzemenin, kompozit gövdeli olarak tasarlanıp üretildiğinde, başarılı bir PE Sürgülü vana elde edildiği görülmüştür.

Soğuk havalarda donma/çözülme nedeniyle çatlayan, kırılan ve su kayıp kaçaklarına neden olan döküm vana

yerine tasarlanan, Kompozit Gövdeli Polietilen Sürgülü Vana, plastik esaslı olduğu için korozyona karşı yüksek dirençlidir. Yapılan analizler sonucu oluşturulan Tablo 3'teki veriler incelendiğinde, kompozit gövdedeki biçim değiştirme miktarı, döküm vana gövdesine kıyasla daha yüksektir. Bu kompozit gövdeli vananın soğuk havalarda donarak genleşebilmesi anlamına gelir ve bu sayede çatlama, kırılma ve kaçaklar gözlenmez. Ancak, kompozit gövdeli bir vana, sadece PE den üretilmiş bir vana ya kıyasla da daha az esneklik göstermektedir. Bu ise, sürgülü vananın gerektirdiği daha katı gövde gereğini yerine getirir. Ayrıca, bu yeni tasarımın, flanşlı bağlantı gerektirmemesi ve elektrofüzyon veya alın kaynağı ile birleştirme olanağı önemli bir teknik üstünlük sağlamaktadır.

Mühendislik analizlerinin yanı sıra Vanalar ve DOST Manşon uluslararası geçerliliğe sahip standartlara göre üretilip, testleri yapılmaktadır.

KAYNAKÇA

1. <https://www.sciencehistory.org/the-history-and-future-of-plastics> (Son erişim tarihi: 16.03.2023)
2. **Maia, J., Covas, J., Cindio, B., Gabriele, D.** 2010. "Reology in Materials Engineering. Reology II", Yayın: Eolss (e-book)
3. Borealis HDPE Hammadde teknik veri sayfası (www.borealisgroup.com) (Son erişim tarihi: 02.01.2023)
4. <https://www.engineeringtoolbox.com> (Son erişim tarihi: 16.01.2023)
5. <https://www.matweb.com> (Son erişim tarihi: 16.03.2023)