

FLOROPOLİMER (TEFLON) KAPLAMALARIN YAPI VE ÖZELLİKLERİ

Akın AKINCI, Hatem AKBULUT ve Fevzi YILMAZ

Sakarya Üniversitesi, Müh. Fak. Metalurji ve Malzeme Müh. Böl. Adapazarı

ÖZET

Dünya ve Türkiye’ de polimer sektörünün hızlı gelişimi mühendisler için vazgeçilmez bir kaplama malzemesinin üretilmesine yol açmıştır. Yüksek sıcaklık direnci, düşük sürtünme katsayısı ve yüksek korozyon direncine sahip olan floropolimerler, bu eşsiz özellikleri sebepleriyle endüstride tercih edilmektedir. Bu çalışmada, floropolimer kaplamaların yapı ve özellikleri ve kullanım alanları örnekler verilerek açıklanmaya çalışılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Floropolimerler, Teflon, kullanım alanları

1. GİRİŞ

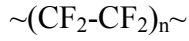
Dünyanın önde gelen polimer üreticilerinden Du Pont kimyagerlerinden Roy Plunkett, floropolimer reçine ile ilgili ilk buluşunu 1938 yılında açıkladıktan sonra malzemenin gelişimi hızla sürmüştür. Endüstriyel adı, Du Pont tarafından TEFLON olarak belirlenmiştir ve ülkemizde yaygın olarak bu ticari isimle kullanılmaktadır. Teflon endüstriyel kaplamalar, bir spreyci boya gibi malzeme yüzeyine püskürtülmektedir. Kimyasal direnç, mükemmel dielektrik kararlılığı ve düşük sürtünme katsayısı, sıcaklık direnci ile birleştirildiğinde, Teflon endüstriyel kaplamalar diğer kaplama malzemelerinin yerine tercih edilmektedir. Dünya’daki başlıca üretici firma ve kullanılan ticari isimleri sırasıyla şöyledir : Du Pont (Teflon), ICI (Fluon), Hoechst (Hostaflon TF), Rhone-Poulenc (Doneflon), Montecatini (Algoflon), Nitto Chemical-Japan (Tetraflon) ve Daikin Kogyo-Japan (Polyflon).

2. FLOROPOLİMER (TEFLON) KAPLAMALARIN ÇEŞİTLERİ

Teflon endüstriyel kaplamalar, cam, cam fiber kompozitler, bazı kauçuklar ve plastikler gibi metalik olmayan malzemelere uygulanabildiği gibi çelik, alüminyum, paslanmaz alaşımlar, pirinç ve magnezyum üzerine de uygulanabilmektedir. Optimum yapışma, kaplamanın uygulandığı malzeme yüzeyinin pürüzlülüğüne bağlı olmaktadır. Teflon kaplamalar, Teflon PTFE, Teflon FEP, Teflon PFA, Teflon ETFE, Teflon-S Tek Tabaka, Teflon-S Kuru Yağlayıcı, Teflon SF olmak üzere yaygın olarak kullanılan 7 temel yapıda incelenmektedir.

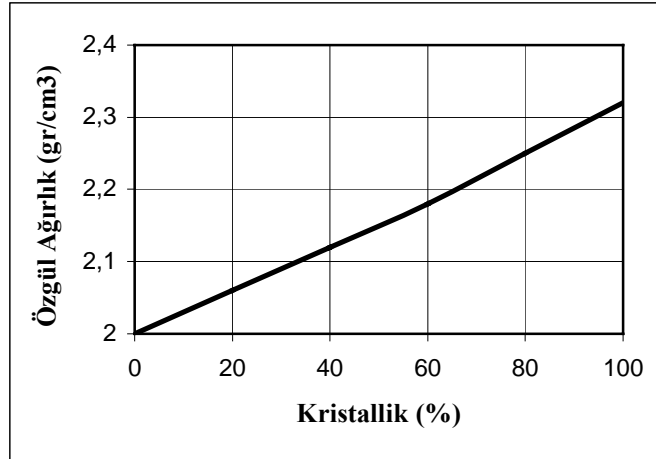
2.1. Teflon PTFE

PTFE (Polytetrafluoroethylene) yapışmayan kaplamalar, ara kaplama ve son kaplama olmak üzere iki kat kaplama tabakasından oluşmaktadır. PTFE kaplamalar, 290 °C’ye kadar sıcaklıklarda kullanılabilir. Düşük sürtünme katsayısı dolayısıyla aşınma direncine ve kimyasal dirence sahip bir malzemedir. PTFE su-bazlı sıvı formda bulunmaktadır. Kimyasal formülü, Formül 1’de gösterilmektedir (1).

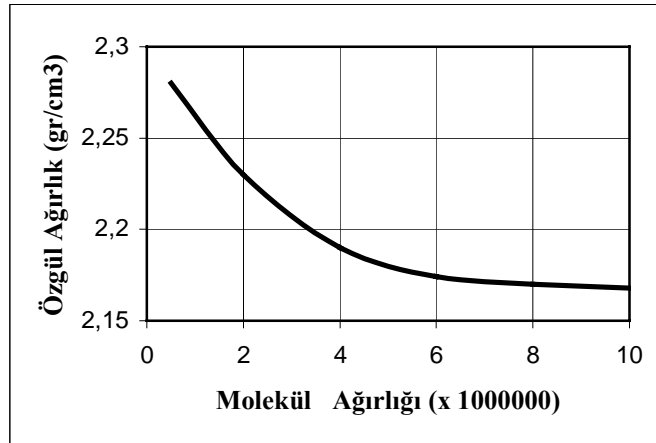


(1)

Molekül ağırlığı açısından incelendiğinde, yaygın kullanılan polimerik malzemelerin molekül ağırlığı yaklaşık 400.000-9.000.000 arasındadır. ICI firmasının bildirdiği PTFE molekül ağırlığı 500.000-5.000.000 aralığında ve % 94' den daha fazla kristalleşme oranına sahiptir. Düşük molekül ağırlığına sahip malzemeler daha fazla kristalleşmektedir(1,2). Aynı zamanda yavaş soğuma sırasında kristalleşme oranı artmaktadır. PTFE için, kristalleşme oranı ile özgül ağırlık arasındaki ilişki, Şekil 1' de, molekül ağırlığı ve özgül ağırlık arasındaki ilişki Şekil 2' de gösterilmektedir(2).



Şekil 1. PTFE için kristalleşme oranı ile özgül ağırlık arasındaki ilişki(2)



Şekil 2. PTFE için molekül ağırlığı ile özgül ağırlık arasındaki ilişki(2)

2.2. Teflon FEP

1956' da Du Pont tarafından bulunmuştur. FEP (Fluorinated Ethylene Propylene kopolimeri), malzeme yüzeyinde porozitesiz kaplama tabakası oluşturmaktadır. Gıda sektöründe gerekli olan özelliklerden birini, pişirme sırasında ürünün erime ve akmasına izin vererek yapışmayan bir yüzey oluşturmaktadır. Bu tip kaplamalar, mükemmel kimyasal dirence ilave olarak, düşük sürtünme katsayısına ve mükemmel bir yapışmayan yüzeye sahiptir. Maksimum kullanım sıcaklığı, 250 °C dir. FEP, su-bazlı sıvı ve toz olarak temin edilebilmektedir. Enjeksiyon ve ekstrüzyon sıcaklık aralığı ~300-380 °C' dir. Elektriksel ve kimyasal dirençli

kalıplar, korozyon dirençli kaplamalar ve kablo yalıtımı uygulamaları kullanım alanlarından bazılarıdır(1,2).

2.3. Teflon PFA

Du Pont tarafından 1972 yılında bulunan bir polimerdir. Kimyasal formülü, Formül 2' de verilmektedir.



Yaklaşık 300-310 °C gibi yüksek erime sıcaklıklarına sahip bir malzemedir. Kolay üretilebilme ve yüksek sıcaklıklarda, yüksek mekanik özellikler avantajlarından bazılarıdır. PFA (Perfluoroalkoxy), FEP' e benzer şekilde, malzeme yüzeyinde, porozitesiz ve pişirme sırasında ürünün erime ve akmasına veren, yapışmaya dayanıklı bir yüzey tabakası oluşturmaktadır. PFA, ~260 °C gibi yüksek sıcaklıklarda özelliğini kaybetmeden kullanılabilir. Kaplama film kalınlığı 1,000 µm den büyük olmaktadır. PTFE ve FEP' den daha fazla dayanıklılığa sahiptir. Özelliklerindeki bu kombinasyon ile özellikle kimyasal direncin gerekli olduğu alanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. PFA, hem su-bazlı sıvı hem de toz formunda bulunmaktadır. Yüksek performanslı yalıtım özelliği dolayısıyla kablo ve tel kaplamalarında, yapışmayan yüzey uygulamalarında, korozyon direncinin istendiği ekipmanlarda film veya tüp şeklinde kullanılabilir(1,2).

2.4. Teflon ETFE

1972 yılında Du Pont tarafından bulunan bir malzemedir. Yüksek aşınma ve darbe direncine dayanıklıdır. Örneğin, oda sıcaklığında yapılan Izod darbe deneyinde numune kırılmamaktadır (yaklaşık darbe direnci 10,9 kgfm.cm⁻¹). ETFE, bir Ethylene ve Tetrafluoroethylene kopolimeridir. Endüstriyel ismi Tefzel olarak verilmektedir. 150 °C' deki sürekli sıcaklık altında özelliğini koruyarak çalışabilmektedir. Floropolimer arasında kimyasal dirence en dayanıklısıdır. 1,000 µm den daha kalın olarak yüzeye kaplanabilmekte ve dayanıklı bir yüzey meydana getirmektedir. ETFE, yalnızca toz formunda bulunmaktadır. Cam fiberle takviye edildiğinde 85 MPa' a kadar çekme mukavemeti sergilemektedir. Özellikle elektriksel özelliğin istendiği, yüksek performanslı kablo yalıtımında kullanılmaktadır(1,2).

2.5. Teflon-S Tek Tabaka

Bu solvent-bazlı sıvı kaplamalar, tokluk ve aşınma direncini iyileştirmek için, floropolimerler ve diğer yüksek-performanslı reçinelerin formülasyonu ile elde edilmektedir. Rezinler, yapışmayı kuvvetlendirmekte ve aşınma direnci sağlamaktadır. Çalışma sıcaklıkları, kaplama özelliklerine bağlı olarak, 165 °C ile 315 °C aralığında değişmektedir(1).

2.6. Teflon-S Kuru Yağlayıcı

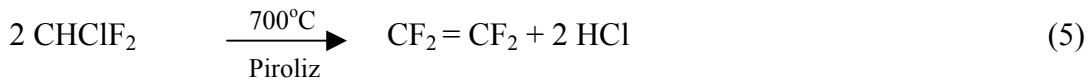
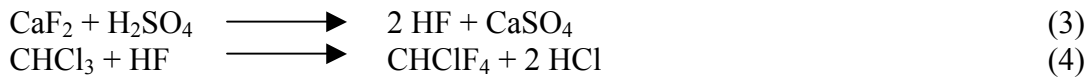
Kuru yağlayıcı kaplamalar, yüksek basınç ve sıcaklığın (Pressure/Velocity, P/V) etkili olduğu şartlar altında yağlayıcılığı sağlayabilmek için geliştirilmektedir. Bu tür kaplamalar, 260 °C ve 370 °C aralığında kullanılabilen, solvent-bazlı tek tabakadan oluşan kaplama sistemleridir(1).

2.7. Teflon SF

Çözünebilir floropolimer kaplamalar tamamen farklı ve en yeni floropolimer teknoloji uygulamalarından biridir. Özel perflorkarbon solventlerinden elde edilen bu tür kaplamalar kalınlığı 1 µm ile 5 µm arasında değişen ince film uygulamaları için dizayn edilmektedirler. Çözünebilen floropolimerler, örneğin elektronik bir devrede kullanılan kalın filmlerin sağladığı avantajlı özellikleri sağlayabilecek ve yerini alabilecek niteliktedir. Polimerin, düşük yüzey enerjisi sebebiyle ara yüzey kaplamaya gerek kalmamaktadır. Çözücü, yüzey ile moleküler kaplamaya izin vermektedir. Kaplamanın kurutulması için düşük sıcaklıklar yeterli olmaktadır(1).

3. TEFLON KAPLAMALARIN ÖZELLİKLERİ

Tetraflor, etilenin yüksek basıncında serbest radikal başlatıcılarla 75-80°C sıcaklıklarda polimerleşmesinden oluşmaktadır. Tetrafloretilende -76°C da bir gaz olup teknikte daha çok aşağıdaki tepkimelerde elde edilmektedir. PTFE için tepkimeler, Formül 3-5' de verilmektedir.



Politetrafloretilen, lineer kristallenme derecesi çok yüksek (%93-98) 327 °C' de eriyen, kimyasal ve çözücülere dayanıklı (300 °C dolaylarında bazı çözücülerden etkilenmektedir) nem absorpsiyonu min, elektrik yalıtıcılığı çok iyi bir polimerdir (2,3).

Zincir yapısı yönünden incelendiğinde politetrafloroetilen, kristalize yapıya sahiptir. Kristalde ana zincir üzerindeki dallar önem arz etmektedir. PTFE, karbonlardan oluşma iskelet üzerinde simetrik olarak yer alan küçük atomlardan meydana gelmektedir ve bu zincirler kolayca yan yana gelerek yüksek derecede kristalleşmeye sebep olmaktadır. Bir polimer için %100 amorf yapının oluşturulmadığı gibi henüz tam kristallikte tam olarak başarılı değildir (4).

PTFE cam, karbon fiberler ve dolgu malzemeleri içerebilmektedir. Aşınma özellikleri, yük taşıma kabiliyeti ve yüksek mukavemeti, içerdiği malzemeler ile kontrol edilebilmektedir. Düşük sürtünme katsayısı, yağlayıcılık, şok ve titreşim absorpsiyonu, düşük sesle çalışması plastiklerin avantajlarından bazılarıdır (5). Tablo 1' de PTFE ile bazı polimerik ve metalik malzemelerin temel özellikleri verilmektedir.

Yapışmayan yüzey

Teflon yüzeye, çok az sayıda katı madde uzun süre yapışmaktadır. Hemen hemen tüm maddeler yüzeyde yapışmadan kolayca hareket edebilmektedir.

Düşük sürtünme katsayısı

Teflonun sürtünme katsayısı uygulanan yüke, kayma hızına ve kısmen kullanılan Teflon kaplama tipine bağlı olarak genellikle 0,05 ile 0,20 aralığında olmaktadır.

Tablo 1. PTFE ile bazı polimerik ve metalik malzemelere ait temel özellikler(5)

| Malzeme | Yoğunluk (kg/m ³) | Termal İletkenlik (W/m.k) | Termal Genleşme Katsayısı (µm/m /°C) | Cam Geçiş Sıcaklığı Tg (°C) | Max. Çalışma Sıcaklığı (°C) | Sürtünme Katsayısı | | Aşınma Oranı |
|-------------------|----------------------------------|---------------------------------|---|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|------|-----------------|
| | | | | | | Statik | Din. | |
| PTFE | 2150 | 0,25 | 140 | -113 | 290 | 0,04 | 0,05 | - |
| PVC | 1300 | 0,14 | 140 | 80 | 50 | - | - | - |
| Naylon | 1140 | 0,24 | 90 | 56 | 90 | 0,2 | 0,28 | 33 |
| PC | 1150 | 0,2 | 65 | 149 | 125 | 0,31 | 0,38 | 420 |
| PP | 905 | 0,20 | 100 | -10 | 100 | - | - | - |
| Pas. Çelik | 7855 | 90 | 10 | - | 800 | - | - | - |
| Çinko | 7,35 | 111 | 39 | - | - | - | - | - |
| Bakır | 8940 | 400 | 16 | - | - | - | - | - |

Islanmayan yüzey

Yüzeyler Teflon ile kaplandığında hem olophobik hem de hidrofobik olmakta ve ıslanmaya direnç göstermektedir. Kolay ve mükemmel şekilde temizlenebilmekte hatta birçok uygulamada yüzeyler kendi kendini temizlemektedir.

Sıcaklık Direnci

Teflon endüstriyel kaplamalar sürekli olarak 220°C gibi yüksek sıcaklıklarda çalışabilmektedir. Aralıklı çalışma zamanı ve yeterli havalandırma ile 315°C de bile kullanılabilir.

Elektriksel Özellikleri

Geniş bir frekans aralığında, Teflon, yüksek bir dielektrik mukavemete, düşük yayılma faktörüne ve çok yüksek yüzey direncine sahiptir. Özel teknikler kullanılarak elektriksel olarak yalıtkan olduğu kadar, yeterli anti-statik özelliğe de sahip bir kaplama üretilebilmektedir.

Kimyasal Direnç

Teflon, normalde kimyasallardan etkilenmemektedir. Teflon endüstriyel kaplamaları etkileyen yegane kimyasalların erimiş alkali metaller ve yüksek reaktif flor katkıları olduğu bilinmektedir.

Dona karşı dayanıklılık

Çok sayıda Teflon kaplama, fiziksel özelliklerinde değişim meydana gelmeksizin geniş sıcaklık aralığında kullanılabilir. -270 °C Teflonun kullanılabilmesi en düşük sıcaklık olarak tanımlanmaktadır. Teflon çeşitleri, fiziksel özelliklerine göre malzeme seçimi için Tablo 2. de verilmektedir(1).

Tablo 2, Teflonun seçiminde kullanılan bir tablodur. Kaplanan malzemenin özellikleri, film yapısı, kullanılan sıcaklıklar, yiyecek teması gibi parametreler kaplama tipinin seçimi için önem arz etmektedir.

Tablo 2. Genel Ürün Seçimi(1)

| Özellikler | İyi | Çok İyi | Mükemmel |
|-------------------------|---------------|---------------|-----------------------------------|
| Kimyasal Direnç | Teflon-S | ETFE veya FEP | PFA |
| Korozyon Direnci | FEP | Teflon-S | Teflon-S Fosfatla ön işlem görmüş |
| Aşınma Direnci | PTFE veya FEP | Teflon-S | ETFE veya PFA veya Kuru Yağlayıcı |
| Sıcaklık Direnci | Teflon-S | FEP | PTFE veya PFA |
| Yapışmazlık | Teflon-S | PFA | PTFE veya FEP |

4. KULLANIM ALANLARI

PTFE' in en büyük avantajları, mükemmel kimyasal direnci ve düşük sürtünme katsayısıdır. En büyük uygulama alanlarının rulmanlar olması sürpriz değildir. Yalıtım bantları, contalar, pompalar, pişirmede yapışmayan yüzey kaplamaları (tepsi, tava, tencere gibi mutfak eşyası yapımında) kullanım alanlarından bazılarıdır. Yine, jeneratör ve transformatörlerde, yalıtım amacıyla elektrik malzemelerinde ve bazı parçaların dökümünde de kullanılmaktadır. Kimyasal inertliği endüstride bazı süzgeçlerin (lif haline getirilerek) yapımında kullanılmasını olanaklı kılmaktadır. Laboratuvar araç ve gereçlerde de kullanılması yaygındır. Debriyaj, subaplar, somun yatağı gibi kompleks otomobil parçalarının da kaplanabilmesi mümkün olmaktadır. Plastik enjeksiyon kalıpları, yapışmayı ve kalıp aşınmasını önlemek için Teflon ile kaplanmaktadır. Teflon endüstriyel kaplamaların yüksek performansı, birçok endüstri tarafından seçilmesine sebep olmaktadır. Özellikle havacılık ve otomotiv endüstrisinde özel uygulamalar için Teflon kaplamalar tercih edilmektedir(1,3,5).

Görüldüğü üzere, üstün özellikleri sebebiyle çok sayıdaki sektörde kullanım alanı olan Teflonun tercih edilmesi çok şaşırtıcı olmamaktadır. Bu bölümde Teflonun yaygın olarak kullanıldığı sektörlerden bazıları incelenmektedir.

4.1. Peynir Üreticileri

Peynir üreticileri, Teflon ile zamandan ve paradan tasarruf sağlamaktadır. Falbo Dairy Products Inc., Teflon kaplamalarının kullanımıyla zaman kaybını önlemiş ve ürün maliyetini de ucuza getirmiştir. Şu anda şirket her gün mozzarella peynir üretimi hissesinde 10.000 pound'dan daha fazla kar etmektedir. Teflon kullanımından önce, peynir üretiminde kullanılan ve peynirin kalıplara gitmeden önce geçtiği ekstrüderlerde yapışma problemi olmaktadır. Ekstrüder vidası olarak, paslanmaz çelik kanat kullanılmakta ve peynir bu kanatlara yapışmaktadır. Temizleme için makine durdurulmakta ve zaman kaybı olmaktadır. Temizleme süresi günde 40 dk' yı aşmakta, işlem paslanmaz çelik fırçalarla yapılmaktadır.

Metal yüzeye floropolimer kaplama ile peynirin yapışması engellenmiş ve zamandan tasarruf sağlanmıştır. Cihazın periyodik temizliği de kolaylaşmıştır. Yumuşak bir fırça ve su ile temizleme işlemi ortalama 5 dk sürede tamamlanabilmektedir (Şekil 3) .

Teflon PFA, tozun elektrostatik olarak uygulanabilmesi sebebiyle, kompleks şekilli parçaların kaplanması da başarıyla kullanılabilir. (Şekil 3)



Şekil 3. Peynir üretiminde kullanılan Teflon kaplı ekstrüder vidasının temizleme işlemi (6)

Yüzey kaplanmadan önce, alüminyum oksit tozu kullanılarak aşındırılmış ve 477 °C de bir pişirme işlemine tabi tutularak, yüzeyin yabancı maddeden temizlenmesi sağlanmıştır. Daha sonra yüzeye bir kat daha kaplama yapılmış ve cure sıcaklığına ısıtılmıştır. En son Teflon tozu, elektrostatik olarak yüzeye püskürtülmüş ve tekrar cure sıcaklığına ısıtılmıştır. Kaplama kalınlığı yaklaşık olarak 60–100 µm aralığında elde edilmiştir.

Falbo şirketi, bu kaplamadan çok memnun oluş ve iki ilave makine ile alüminyum kalıpların da Teflon ile kaplamıştır. Makinelerin tümü kaplandıktan sonra temizleme süresinden haftada 15 saat tasarruf sağlanmıştır. Bu süre saati 15 \$ dan, haftada 225 \$ veya yılda yaklaşık 12,000 \$ kara eşdeğer olmaktadır. Falbo şirketinin bu memnuniyeti günde 200.000 adet pizza üreten fabrikasında da Teflon kaplamaya yöneltmiştir(6).

4.2. Bisküvi Üretiminde Teflon Kaplama

Kek ve bisküvi kalıpları, hızlı dönen büyük silindirlerden meydana gelmektedir. Yapışmaya ve aşınmaya direnç özellikleri sebebiyle Teflon kaplamaları tercih eden bisküvi üreticileri, üretimlerinde tasarrufu gerçekleştiren sanayiciler arasındadır.

Teflon kaplamada önce, üreticiler silindirleri ve kalıpların yüzeylerini silikon kaplayarak yapışmayı önlemekteydiler. Fakat silikon kaplamaların fiziksel özellikleri, hızla dönen silindirleri ve kalıpları korumada yeterli olamıyordu. Üretim sırasında makineler her 8 saatte bir durdurulup su/buhar veya sabun/çözücüler kullanılarak temizlenmeleri gerekmekteydi. Silikon kaplamaların her temizlemeden sonra uygulanmasına karşılık, Teflon kaplamalar yılda sadece 3 veya 5 kez yapılmaktadır. 35,5 cm çapında ve 91,5 cm uzunluğundaki silindirler alüminyum oksit aşındırıcılarla temizlenmekte ve tekrar dönen yüzey üzerine, sprey tabancayla kaplanmaktadır(6).

4.3. Burger-King ve Teflon

Fast-food restoranlar gibi yoğun sirkülasyonun olduğu sektörlerde, hızlı pişirme önemli olduğu kadar, yapışmayan yüzey ve kolay temizlik de önemlidir. Houston/ABD bölgesinde bir Burger-King restoranı, alüminyum yumurta pişirme tablalarında yapışma ve temizlik problemiyle karşılaşmıştır. Eski yumurta kalıntıları, tablaların temizlenmesini zorlaştırmakta ve zaman kaybına sebep olmaktadır. Firma, Teflon kaplama uygulamasıyla, aşınmaya dirençli, yüksek sıcaklıklarda çalışmaya uygun, yapışmayan yüzey ile problemini çözmüştür.

Sonuç olarak Houston daki diğer 30 Burger King restoranı da 6 ay içinde Teflon kaplamayı kullanmışlardır(6).

4.4. Kimya Endüstrisi

Mükemmel kimyasal direnci, yüksek sıcaklık direnci, düşük yapışma ve yüksek korozyon direnci sebepleriyle Teflon kaplamalar kimya endüstrisinde tercih edilen malzemeler olmuşlardır. -270°C ile +290 °C sıcaklık aralığında, floropolimer kaplamalar kimyasal olarak dirençlidir(5).

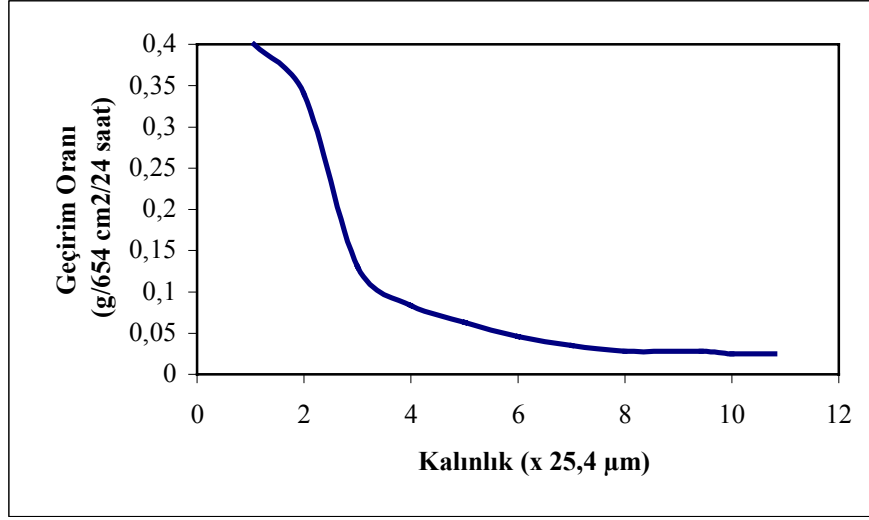
Örneğin kullanım alanlarında basınç ve buhara maruz kalan metal yüzeyler, korozyondan dolayı kullanılamaz hale gelmektedir. Benzer şekilde düşük basınçlı soğuk su ve termal şoklar malzemelerde korozyona sebep olmaktadır. Teflonun korozyon uygulamaları, çok sayıda korozyon ve kimya mühendisinin dikkatini çekmiştir.

Kimyasal ve korozyon direnci yalnızca kimyasal prosesler için önemli değil aynı zamanda yapışmayan yüzey, düşük sürtünme ve düşük ıslanma özellikleri sebebiyle de önemli olmakta ve yaygın şekilde kullanılmaktadır. Tablo 3' de 25 µm kalınlığında FEP film için buhar geçirim özelliği incelenmektedir(7).

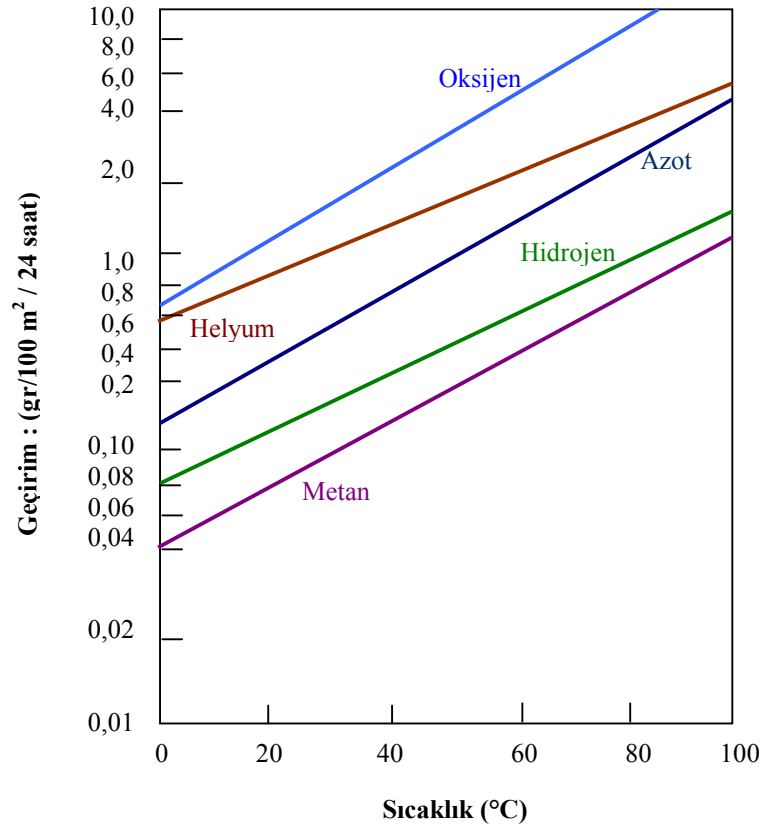
Tablo 3. 25 µm kalınlığında FEP film için buhar geçirim özelliği(1)

| BUHAR | SICAKLIK (°C) | GEÇİRİM (g/654 cm²/24 saat) |
|-------------------------------|--------------------------|---|
| Asetik Asit | 35 | 0,41 |
| Aseton | 35 | 0,95 |
| Benzen | 35 | 0,64 |
| Karbon Tetraklorür | 35 | 0,31 |
| Etil Asetat | 35 | 0,76 |
| Hekzan | 35 | 0,56 |
| Hidroklorik Asit %20 | 25 | <0,01 |
| Nitrik Asit | 25 | 7,5-1,4 |
| Sodyum Hidroksit (%50) | 25 | <0,01 |
| Sülfürik Asit (%98) | 25 | 0,00001 |
| Su | 39,5 | 0,40 |

Şekil 4' de 40°C' de FEP film için su buharı geçirimi görülmektedir. Şekil 5' de ise farklı sıcaklıklarda gaz geçirim özelliği gösterilmektedir.



Şekil 4. 40°C' de FEP film için su buharı geçirimi(1)



Şekil 5. FEP film için farklı sıcaklıklarda gaz geçirim özelliği(1)

5. SONUÇ

Genel olarak bakıldığında üstün özellikleri sebebiyle çok sayıda sektörde Teflon kaplamalar kullanılmaktadır. Özellikle yüksek aşınma, korozyon, sıcaklık dirençlerinin birlikte istendiği alanlarda, bununla birlikte, yapışmayan yüzey oluşturan ve kompleks şekilli parçalara uygulanması kolay olan Teflon uygun çözümler oluşturmaktadır. Dikkat edilmesi gereken özellik, gıda sektöründe kullanılan kaplamaların insan sağlığını etkilemesine izin vermemektir. Özellikle mutfak eşyalarında ve toplu yiyecek üretim ve tüketim sektörlerinde mekanik aşınma sonucu gıdalara karışabilen kaplamaların sağlığa zararları araştırılmalıdır. Bu bir tavadan kopan veya bisküvi üretimindeki kalıptan sıyrılan bir Teflon parçası olabilmektedir. Sonuç olarak, yaygın olarak kullanılan dört farklı Teflon kaplamanın genel özellikleri Tablo 4’ de ve bir parçanın kaplama sırasındaki fotoğrafı Şekil 6’ da verilmektedir.



Şekil 6. Bir parçanın Teflon kaplama sırasındaki fotoğrafı (1)

Tablo 4. Yaygın olarak kullanılan dört farklı Teflon kaplamanın genel özellikleri(1)

| ÖZELLİK | ASTM | BİRİM | PTFE | FEP | PFA | ETFE |
|-------------------------|----------|--------------------|-----------|-----------|----------|-----------|
| Özgül Ağırlık | D792 | gr/cm ³ | 2,15 | 2,15 | 2,15 | 1,76 |
| Çekme Mukavemeti | D1457 | MPa | 21-35 | 23 | 25 | 40-47 |
| Eğilme Modülü | D790 | MPa | 500 | 600 | 600 | 1200 |
| Darbe Direnci | D256 | J/m | 189 | Kırılmaz | Kırılmaz | Kırılmaz |
| Sertlik | D2240 | Shore D | 50-65 | 56 | 60 | 72 |
| Aşınma Direnci | | g/μm | 85 | - | - | - |
| Sürtünme Katsayısı | D1894 | - | 0,12-0,15 | 0,12-,020 | 0,2 | 0,21-0,50 |
| Kaynama Noktası | D3418 | °C | 327 | 260 | 305 | 267 |
| Max. Kullanım Sıcaklığı | Sürekli | °C | 290 | 205 | 260 | 150 |
| | Aralıklı | °C | 315 | 230 | 290 | 200 |
| Termal İletkenlik | | W/m.k | 0,25 | 0,20 | 0,19 | 0,24 |
| Dielektrik Sabiti | D150 | 1 Mhz | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,6 |
| Su Absorbsiyon 24 saat | D570 | % | <0,01 | <0,01 | <0,03 | <0,03 |

REFERANSLAR

1. ---; "Du Pont Teflon Industrial Coatings", Du Pont Licensed Industrial Applicator Program, USA, 1997
2. BROYDSON, J. A., "Plastics Materials", Butterworth Heinemann Ltd. Linacra House, Jordan Hill, Oxford Great Britain 1989
3. AKOVALI, G.; "Temel ve Uygulamalı Polimer ", A.Ü.F.F. Basımevi, ODTÜ Ankara 1984
4. SMITH, C. O.; "The Science of Engineering Materials" Prentice-Hall, Inc., USA, 1986
5. CRAWFORD, R.J., "Plastics Engineering", The Queens University of Belfast, Department of Mechanical, Aeronautical and Manufacturing Engineering, Butterworth-Heineman, Oxford/GB, 1998
6. ---; "Cheese Manufacturer Saves Time and Money with Teflon-P", Coverage an Information of Industrial Coatings Food Processing Issue, USA, 1998
7. ---; "Teflon Coatings for The Chemical Processing Industry", Du Pont, USA, 1997