

Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin (ÖTL) Sıvılaştırılarak Geri Dönüşümünün Araştırılması

Investigate The Liquefaction Process of The Waste Tires

Hasan ERYILMAZ, Kazım Onur DEMİRARSLAN

* Çevre Mühendisliği Bölümü, Artvin Çoruh Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Artvin

Geliş Tarihi : 06.02.2019

Kabul Tarihi : 28.05.2019

ÖZET

Günümüzde ulaşım teknolojileri geliştirme yatırımlarının önemli bir bölümü, karayolu ulaşımı üzerine yoğunlaşmış bulunduğundan, ister bireysel kullanım, ister toplu taşıma, isterse de yük taşıma olsun, karayolu taşımacılığı esnek ve daha kişiye özel planlanabilir olduğundan; diğer taşıma yöntemlerinden daha pratik ve kolay faydalanılabilir hale gelmiştir. Ancak karayolu taşımacılığında kullanılan araçlar, çevreye olan etkileri bakımından ele alındığında, birçok çevresel problemle karşılaşmaktadır. Bu problemlerden önemli ve göz ardı edilemez bir tanesi de, araçlarda bulunan ve ekonomik ömrünü tamamlamış lastik (ÖTL) atıklarının nasıl değerlendirileceğidir. Bu lastikler değiştirildiğinde ortaya çıkan ÖTL atıklar, çevreye duyarsız bir şekilde geliş güzel atılırsa veya toplansa bile yanlış bir şekilde yönetilirse; fare, yılan gibi birçok zararlı hayvanlara yuva olmasından, büyük yangınların çıkmasına kadar birçok olumsuz problemlere yol açmaktadır. Günümüzde yakıt üretiminden araç paspasları yapımına kadar, birçok yerde kullanılmaya başlanan bu ömrünü tamamlamış atık lastikler özellikle, toplanmasından işlenmesine kadar birçok işlemde geçmekte ve oldukça maliyetli olmaktadır. Ancak dünyada, ÖTL atıklarına ekonomik çözümlerin bulunması için yapılan birçok çalışma da, halen devam etmektedir. Yapılan bu deneysel çalışmada, atık lastiklerin sıvı yakıt olarak kullanmak amacıyla, nasıl sıvılaştırılarak geri dönüşümünün gerçekleştirilebileceği araştırılmıştır. Çözücü olarak piyasadan kolaylıkla elde edilebilecek; mazot, arap sabunu, organik asitler karışımı, vazelin, parafin, yanık yağ gibi maddeler ile laboratuvarında var olan H_3PO_4 , etanol, 1,2-dikloroetan, dioksan, klorobenzen, o-ksilen, benzil alkol ve TÜPRAŞ ürünü heavy neutral oil kullanılmış; değişik sıcaklıklarda farklı sonuçlar elde edilmiş ve kaynama noktası 340-360°C arasında olan atık yanık yağların etkili ve ekonomik olarak kullanılabileceği anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Atık lastik, geri dönüşüm, sıvılaştırma.

ABSTRACT

In recent years, with the increase of transportation technologies, road transportation in particular has gained great importance. Vehicles used in road transportation cause many problems when the environment is taken into consideration. One of these environmental problems is represented by the tires used in vehicles when they complete their economic life. When these tires are replaced, they cause many environmental problems if they are managed in an insensitive manner. At the present time, the recycling of the waste tires started to be done in many areas, like fuel production and vehicle mats. Nevertheless, the solutions are quite costly because of going through many processes, from collection of waste tires to production of final goods. However, there are studies done all over the world to find economic solutions to this problem. In this study, it was researched how to recycle waste tires by liquefaction. H_3PO_4 , ethanol, 1,2-dichloroethane, dioxane, chlorobenzene, o-xylene, benzyl alcohol, heavy neutral oil of TÜPRAŞ and other market materials products, such as diesel, arabic soap, organic acid mixture, vaseline, paraffin, waste burn machine oil have been used as solvents and different results have been obtained at different temperatures. It has been understood that waste oils having a boiling point of 340-360°C can be used effectively and economically in the liquefaction of waste tires.

Keywords: Waste tires, recycling, liquefaction.

GİRİŞ

Otomotiv sanayisindeki üretim artışına paralel olarak lastik üretimi de artmaktadır. Bunun sonucu olarak atık lastik miktarı da her yıl katlanarak artmaktadır. Dünyada her yıl 1,5 milyar kadar ÖTL çıkmakta ve bunların ağırlığı yaklaşık 17 milyon tona ulaşmaktadır (Rowhani, 2016), Türkiye’de her yıl yaklaşık 180.000–300.000 ton civarında ÖTL oluştuğu görülmüştür. “Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin Kontrolü Yönetmeliği ve Uygulamaları 2018” raporuna göre, 2017 yılında toplanması gereken ÖTL miktarı 236660 ton, geri toplanabilen ÖTL miktarı ise ancak 184313 ton olmuştur. Bu sayı, Avrupa Birliği Ülkeleri’nde 2008 yılı verilerine göre 3,2 milyon tona ulaşmaktadır (Yakaboylu 2010; Karabörk 2012, URL-1). Bu nedenle atık lastiklerin kontrol altında tutulması, dünyada olduğu gibi Türkiye’de de büyük bir sorun meydana getirmektedir. Bu atıkların değerlendirilerek geri dönüşümünün sağlanma işlemleri, kullanım sahalarına ve yapım zorluklarına göre farklılıklar göstermekte ve büyük çaba gerektirmektedir. Atık lastiklerin çeşitli endüstriyel işlemlerden geçirildikten sonraki geri dönüşümleri için doğrudan değerlendirme, malzeme olarak değerlendirme, termik değerlendirme ve ham maddesel değerlendirme olarak genel anlamda dört ayrı yöntemden yararlanılabilmektedir (Koçak & Alparslan, 2011). Ömrünü tamamlamış lastiklerin açık alanlarda depolanması; beraberinde bazı riskli durumları da gündeme getirmektedir. Dünyadaki örnekler ele alındığında; haşere ve kemirgenlerin üremesi için uygun ortam oluşturmaktadır. Diğer yandan bu lastiklerin boşluklu yapıda olması sebebiyle önüne geçilemeyen yangınlara sebep olduğu gözlenmiştir. Yangınlar sırasında çevreye yayılan zehirli gazlar atmosfer kirliliğine sebep olmaktadır (Tunç 2009). Hava şartları nedeniyle içlerinde biriken su sivrisine üremesi için uygun ortam oluşturmakta bu nedenle toplum sağlığını tehdit etmektedir. Şekil 1’de Türkiye’de gelişmiş güzel atılmış atık lastiklerin oluşturduğu çevre kirliliği örnekleri görülmektedir.



Şekil 1. Çevreye atılan ÖTL için Türkiye’den örnekler

En küçük bisiklet tekerleğinden, açık maden ocaklarında kullanılan dev yüklem araçlarının tekerleklerine kadar bütün bu lastikler; içine aktif karbon, çeşitli inorganik dolgu maddeleri, katalizörler, stabilizörler, çelik takviye telleri veya naylon örgülü kord bezleri v.b. konmuş doğal veya sentetik kauçuk malzemenin, katalizörler ile birlikte yüksek sıcaklık ve basınçta, belirli şekil ve büyüklükteki çelik kalıplarda, pişirilmesiyle imal edilirler. Bu lastikler kullanılıp ekonomik ömürlerini tamamladıktan sonra ise değersiz bir atık durumuna düşmekte; çevre ve insan sağlığı için, oldukça tehlikeli bir hale gelmektedir. Bu atıkların değerlendirilmesi, hem bu tehlikeyi yok edecek hem de ekonomiye katkıda bulunacaktır. Bunun için fiziksel ve kimyasal birçok metotlar geliştirilmiştir. İçinde % 30'lara varan miktarlarda karbon ve % 60'lar kadar stiren-butadien-isopren kauçuk polimeri bulunan ÖTL'ler, bu nedenle yüksek kalorifik değerleri olan (7000-8000kcal/kg) değerli birer yakıttırlar. Halen dünyada birçok çimento fabrikasında ve enerji santralinde 1300-1400°C derecelerde kömür gibi yakılarak, yanma enerjisinden, ısı ve elektrik üretiminde yararlanılmaktadır. Ayrıca aşınmaya, kopmaya ve çürümeye karşı dayanıklı olduklarından dolayı; yol yapımında asfalt içine karıştırarak yol direncini arttırmakta, spor sahası, çocuk parkı gibi yerler için esnek yumuşak döşemelerin imalatında, depreme dayanıklı, esnek duvarlı ve temelli binaların yapımında, esnek ve su geçirmez çatı kaplama malzemelerinin imalatında olduğu gibi, birçok alanda kullanılmakta, yeni kullanım alanları açmakla ilgili araştırmalar devam etmektedir (Sugözü, 2009). Örneğin; mobilya tasarımı alanında ÖTL kullanılarak çevreye duyarlı ve sürdürülebilir mobilya tasarımı üzerine çalışmalar yapılmaktadır.

Literatürdeki bulunan ve daha önceden yapılan çalışmalar incelenmiş ve farklı metotların uygulandığı görülmüştür. Örneğin bir çalışmada kömür işletmesinden alınan PDRS (Process Derived Recycle Solvent) ve bir lastik piroliz işletmesinden alınan TPO (Tyre Pyrolysis Oil) ile 400oC'lerde 1-2 saat kapalı reaktörlerde iki tür lastiğin çözünmesi incelenmiştir. Görüleceği gibi; bu sıcaklıklar, 700-800oC sıcaklıklarda kapalı ortamlarda yapılan kuru piroliz işlemine göre son derece düşük sıcaklıklardır. Amaç kömür sıvılaştırma ürünleri ile lastik sıvılaştırma ürünlerini karıştırarak karma yakıt olarak kullanmaktır. Ancak karbon siyahının, inorganik dolgu maddelerinin ve çelik tel-naylon kord bezi atıklarının filtrasyonunda zorluklarla karşılaşıldığı bildirilmiştir (Mooney,1999).

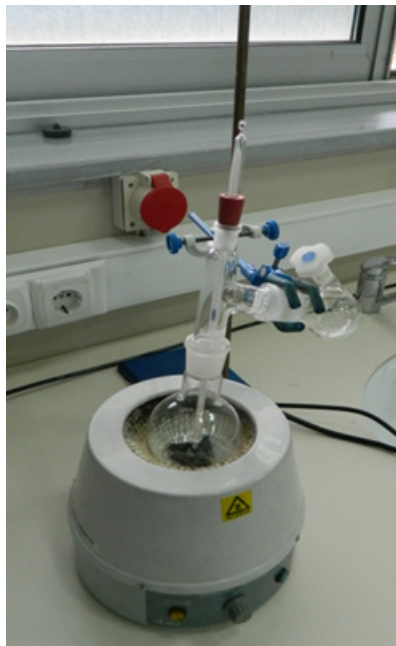
Kömürün gazlaştırılmasına benzer şekilde atık lastiklerin gazlaştırılması metodu; bu filtrasyon problemlerini ortadan kaldırır, CH_4 , CO , H_2 gibi hepsi gaz olan ve daha kolay temizlenen ürünler verirse de, $1000-1400^\circ C$ gibi yüksek sıcaklıklar ve yangın tehlikesine karşı özel önlemler ve işletmeler gerektirir (Muzenda, 2014). Benzer bir çalışmada atık lastik parçaları WLO (waste lubricant oil) içinde, $550-800^\circ C$ arasında sabit yatak bir reaktör içinde piroliz edilmişler ve lastiğin tek başına pirolizine göre daha iyi bir verimle yağlı ürün elde edilmiştir. Ancak lastikle beraber bir miktar atık yağda pirolize uğramıştır (Quek, 2005). Bir diğer çalışmada ise lastikler $450-476^\circ C$ sıcaklıkta N_2 atmosferi altında erimiş çinko metali içinde piroliz edilmiştir. Piroliz gazları ve piroliz yağı reaktörden N_2 gazı ile dışarıya alınırken, çelik teller dibe çökmüş, karbon siyahı ve diğer katılar erimiş çinko üzerinde toplanmıştır (Riedewald, 2016).

Yapılan bu çalışmada ise düşük kaynama noktalı etil alkolden başlanarak, yüksek kaynama noktalı kullanılmış dizel motor yağına kadar, çözücü olabileceği düşünölen birçok sıvı bileşik, lastik parçalarını sıvılaştırmak amacıyla laboratuvar ortamında deneye tabi tutulmuştur. Çözücü olarak bir kısmı piyasadan kolaylıkla elde edilebilecek bir kısmı da laboratuvarda kolayca bulunabilecek mazot, arap sabunu, organik asitler karışımı, vazelin, parafin, yanık yağ gibi maddeler ile fosforik asit (H_3PO_4), etanol, 1,2-dikloroetan, dioksan, klorobenzen, o-ksilen, benzil alkol ve TÜPRAŞ ürünü heavy neutral oil kullanılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışmadaki deneylerde ÖTL olarak, İspanya menşeli, Firestone marka F-580 dört mevsim tipi tubeless otomobil lastiğinin çelik telsiz yanak kısımlarından alınan parçalar kesilerek kullanılmıştır. Çalışmada bulunan çözücülerden arap sabunu, vazelin ve parafin, piyasadan alınarak kullanılmıştır. Yanık yağ, oto sanayi sitesinden elde edilmiştir. Mazot olarak OPET Ecoforce- Eurodiesel, yüksek kaynama noktalı temiz yağ olarak TÜPRAŞ ürünü heavy neutral oil kullanılmıştır. Diğer malzemeler ise Merck marka kimyasallardır. Bir alkol olan etanol ve benzil alkol, çok kullanılan polar genel çözücü olarak; 1,2- dikloroetan ve klorobenzen, kloroorganikleri temsil eden çözücüler olarak; dioksan hem su hem organik bileşiklerle çözeltiler verebilen komple bir çözücü olarak; H_3PO_4 yüksek kaynayan ve yükseltgen bir bileşik olmadığından lastiği oksidasyonla yakmadan sadece termal olarak parçalayacak inorganik bir asit olarak; diğer mazot, vazelin, parafin, yanık motor yağı, heavy neutral oil ise yine yüksek kaynayan ve piyasadan kolayca bulunacak maddeler olarak seçilmişlerdir. Parafin ise katı, fakat $50-60^\circ C$ arası sıvılaşan ve sıcakta çözücü etkisi olan bir parafinik madde olarak seçilmiştir.

$300^\circ C$ üzerindeki denemelerde, reaksiyon balonundan çıkacak su ve yağ buharlarını tutmak için Şekil 2'deki düzenek kullanılmıştır. Deneyler atmosfer şartlarında yapılmış, deney sırasında balona aşırı hava girişini ve ısınma sırasında basınç tutmasını önlemek için, soğutucu balonun ikinci boynuna sıkıştırmadan hafif bir mantar yerleştirilmiştir. $200^\circ C$ civarına kadar geri soğutucularla ısıtmalar yapılmış ve tamamen cam malzemelerle çalışılmıştır. $200^\circ C$ üzerindeki ısıtmalarda, hot plate yetersiz kaldığından, mantolu ısıtıcı sepet kullanılmıştır.



Şekil 2. Deney düzeneđi

BULGULAR

Yapılan çalışmada atık lastik parçaları üzerinde aşağıdaki çözücüler denenmiş ve her bir çözücü ile elde edilen bulgular özetlenmiştir. Verilen yüzdeler lastik+çözücü toplam miktarına göre lastik parçaların yüzdesini temsil etmektedir. Örnek olarak % 20 lastik karışımı demek, reaksiyon balonuna konulan 20 g lastik parçaları ve 80 g çözücü yağ demektir. Karışımların ısıtma süreleri, ekonomik olup olmasına bakılmaksızın, çözünme gerçekleşeceği beklentisi ile benzil alkolde de olduğu gibi, altı güne kadar uzatılmıştır. Deneylerin devamında; çözünme sıcaklıkları 340°C' ye yükselince bu süreler, yarım saate kadar düşmüştür. Bu süreler mazot, arap sabunu, organik asitler karışımı, parafin, heavy neutral oil ve yanık yağ için metinde altı çizili olarak gösterilmiştir. Ancak sonuçlar azalan zaman sıralarına göre değil, aşağıda görüleceği üzere, etanolden yanık yağa kadar, çözücülerin artan kaynama noktalarına göre verilmiştir. Çalışmalardaki ağırlıklar ve yüzdeler hassas terazi ile gravimetrik olarak belirlenmiş ve düşük sıcaklık şartlarındaki sıvılaştırmalarda, yüzde oluşturacak bir gaz çıkışı gözlenmemiştir. İnorganik bir madde olan H₃PO₄ hariç diğer organik çözücülerle yapılan sıvılaştırma çalışmalarının detaylı sonuçları, artan kaynama noktalarına (K.N.) göre Tablo 1'de verilmiştir:

Tablo 1. Çeşitli çözücülerle yapılan sıvılaştırma çalışmalarının sonuçları

Kullanılan Kimyasal	Elde Edilen Sonuçlar
H ₃ PO ₄	Yükseltgen olmayan inorganik bir sıvı olarak, geniş bir tüp içinde, birkaç parça lastik ile miktarlar tartılmadan kalitatif olarak denenmiştir. Tüp iç sıcaklığı 270°C olduğu halde asit hala su atarak kaynamaya devam etmiş, yarım saat sonra soğutulup alınan parçada hiçbir değişiklik gözlenmemiştir. Sonuçta sadece asidin rengini siyahlaştıracak kadar çok küçük bir yüzdenin çözüldüğü söylenebilir.
Etanol (K.N. 78 °C)	% 20 lastikli karışımın 16 saat geri soğutucuda kaynaması sonucunda lastiklerde yumuşama olmamış, lastik tekerlek halindeki sertliği aynen kalmış, sadece alkolün renginde değişim gözlenmiştir.
1,2-Dikloroetan (K.N. 83 °C)	% 20 lastik içeren karışım geri soğutucuda 46 saat kaynatılarak sonuçta %5'lik çözünme gözlenmiştir.
Dioksan (K.N. 101 °C)	% 15 lastik içeren karışım geri soğutucuda 29 saat kaynatılarak % 7'lik çözünme elde edilmiştir.
Klorobenzen (K.N. 131 °C)	% 15 lastik içeren karışım geri soğutucuda 52 saat kaynatılarak % 8'lik çözünme elde edilmiştir.
o-Ksilen (K.N. 144°C)	%20 lastik içeren karışım geri soğutucuda 95 saat kaynatılmıştır. Sonuçta sadece % 12'lik çözünme elde edilmiştir. Kalan lastik parçaları, önceleri biraz yumuşak haldeyken çözücü uçunca sertleşme eğilimi göstermişlerdir.
Benzil alkol (K.N. 205 °C)	% 10 lastik içeren karışım, 6 gün geri soğutucuda kaynatılmıştır. Lastikler soğutulup, yıkılarak, kurutulduktan sonra sadece % 22 ağırlık kaybı bulunmuştur. Kalan lastikler biraz yumuşak özellik göstermişler ancak zaman geçtikçe sertleşmişlerdir.
Mazot	% 7,5 lastik içeren mazot geri soğutucuda 230°C' da 5 saat süre ile kaynatılmıştır. Karışımın siyahlaştığı gözlemlendiyse de çözünmenin olmadığı belirlenmiştir. Sadece lastik ağırlıklarının 5,8 g' dan 15,2 g'a arttığı görülmüştür. Fiziksel özellik olarak çok esnek olduğu belirlenmiştir. Bununla ilgili örnek Şekil 3' de verilmektedir. Bir başka çalışmada % 16' lık karışım 42 saat 230°C' da ısıtıldığında, % 55 kadar çözünürken, gerisi yumuşak esnek parçacıklar olarak kaldığı anlaşılmıştır. Mazot ile kaynama sıcaklığı daha fazla arttırılmayınca, mazotun düşük kaynayan kısımları ayrılarak, yüksek kaynayan kısmının kullanılmasına karar verilmiştir. Atmosfer basıncında distilasyonla, 327°C' ye kadar gelen 920 mL düşük kaynayan sarı renkli kısım ayrılmış, balon dibinde 336°C'de kaynayan vişne renkli 135mL hacminde dip ürün elde edilmiştir. Bu dip ürünle hazırlanan %15 lastikli karışım, 325°C' de 7 saat ısıtılınca, hepsi sıvılaşmış, soğutulmuş ve n-hekzan ile inceltilerek balondan aktarılmıştır. Sonuç olarak % 5 naylon iplik elde edilmiştir. Sonraki % 20 lastikli karışım, 328°C'de 6 saat ısıtılarak sıvılaştırılmış ve % 5 naylon iplik ayrılmıştır. % 25 lastik içeren bir başka karışım 323°C'de 16 saat ısıtılınca, hepsi sıvılaşmış, n-hekzan ile inceltilerek boşaltılan karışımdan % 4 iplik, % 18 siyah renkli bir katı (karbon siyahı ve çözünmeyen inorganik diğer dolgu maddeleri) ayrılmıştır. Son olarak % 20 lastik içeren karışım 334°C'de yarım saat ısıtılmış, soğutulduktan sonra 3 defa n-hekzan ile inceltilerek yavaşça dekante edilip aktarılmıştır. Dipte kalan katı kurutulunca % 4 iplik ve % 16 siyah toz elde edilmiştir.

Tablo 1 Devam

Arap Sabunu (Organik asitler karışımı Potasyum tuzu)	% 15 lastik içeren karışım önce köpürerek su attığı gözlenmiş, sonra 290°C civarı az köpüklü bir sıvı haline gelmiştir. Maksimum 330°C'da az duman çıkararak yarım saat ısıtılarak boşaltılmıştır. Siyah renkli bir katı halinde donmuş, 12 saat kadar bekletilince vazelin gibi yumuşadığı gözlenmiştir. Suda köpürerek tamamen çözünen katıdan geriye sadece naylon iplikler kalmıştır. Yakıt olmaya uygun değilse de, metot olarak lastikte iplik tayin için kullanılabileceği anlaşılmıştır.
Organik Asitler Karışımı	Arap sabunu, lastik çözünürleştirme için iyi sonuç verince sabundan asitlendirerek organik asitler karışımı elde edilmiş ve %15 lastik karışımı 332°C 'de yarım saatte % 86 oranında çözülmüştür. Kalan ve iplikleri nedeniyle dağılmadan duran kısım da elde edilebilecek kadar yumuşak özelliktedir. Bu da sıvı yakıt olarak uygun olmadığını göstermiştir. Ayrıca böyle asit karışımları bulmanın zorluğu bir diğer dezavantajdır.
Vazelin	% 25'lik karışım 335°C'de 31 saat kadar ısıtılmıştır. Soğutulan karışım n-hekzan ile inceltilecek kadar yumuşak ve yağlı olduğu belirlenmiştir. Hekzan uçunca geride vazelin yumuşaklığında sıvı lastik ve vazelin karışımı kalmıştır. Çözünürlüğü, mazot dip ürününden daha kötü olduğu için, bir daha denenmemiştir.
Parafin	% 25 lastik içeren karışım 330°C'de 22 saat kadar ısıtılmış ve sonucunda lastik tamamen çözülmüştür. Ancak soğutulduğunda tamamen katı bir karışım elde edilmiştir. Karışıma n-hekzan ilavesi ve 50-60°C arası ısıtılmasıyla sıvılaştırılıp yavaşça dekante edilmiş ve dipte kalan iplik ve siyah toz kalıntı kuruyunca toplam kütle % 21 oranına çıkmıştır. Sonraki çalışmada % 20 lastikli karışım, 340°C'de yarım saat ısıtılınca, oda sıcaklığından bu sıcaklığa ulaşmaya kadar geçen yaklaşık 2 saatlik zaman hariç, tamamen sıvılaşmış, boşaltılan karışımdan iplikler ve toz siyah katı kenara çekildikten sonra soğuyan ürün, ilk çalışmadan daha yumuşak bir katı vermiştir. Ancak ürünün yine de katı halde olması ve kullanılan parafinin ilave bir maliyet getirmesi nedeniyle, deney sonlandırılmıştır.
TÜPRAŞ Heavy Neutral Oil	Bu yağın özellikleri içinde verilmeyen kaynama noktası değeri atmosfer basıncında 331°C olarak bulunmuştur. İçinde % 25 lastik parçaları bulunan karışım, 215°C'de 4 gün kadar ısıtılmış, % 8 kadar çözünme elde edilmiştir. Kalan lastiklerde şişme gözlemiş ancak mazot deneyindeki kadar yumuşak olmadığı anlaşılmıştır. Sıcaklık artırılarak %25 lastikli karışım 331°C' de 8 saat ısıtılınca hepsinin sıvılaştığı gözlenmiş, % 4 oranındaki iplik ayrılmış, katı tortu ayrılmadan yağda bırakılmıştır. Son olarak % 20 lastikli karışım 338-340°C'de yarım saat ısıtılmış, sıvılaştırılarak soğutulmuş ve n-hekzan ile 3 defa inceltilecek kadar yumuşak aktarılmıştır. Kalıntı kurutulduktan sonra % 5 iplik, % 16 siyah yağsız katı geriye kalmıştır (karbon siyahı ve inorganik dolgu maddeleri).
Yanık Yağ (YY)	Yanık yağ önce 340°C sıcaklığa kadar yavaşça ısıtılarak su ve uçucu yağlardan kurtarılmıştır. İşlem sırasında %6 ağırlık kaybı meydana gelmiş ve denemelerde bu YY kullanılmıştır. İlk olarak % 25 lastikli karışım 234°C'da 5 gün ısıtılmış ve sadece % 62 çözünme olmuştur. Sonra % 45 lastikli karışım 335°C 'da 21 saat ısıtılınca % 75 lastik sıvılaşmıştır. Bu kez % 5 lastikli karışım 24 saat 335°C' da ısıtılınca bütün lastik çözülmüş, % 8 parçalanmamış naylon iplik süzölmüştür. Son olarak % 20 lastikli YY karışımı 333-338°C arasında yarım saat ısıtılınca lastik tamamen sıvılaşmış, soğutulan karışım, 3 defa n-hekzan ile inceltilecek kadar yumuşak aktarılmış, % 23 karbon siyahı ve siyah renkli çözünmeyen inorganikler karışımı ile % 5 naylon iplik geriye kalmıştır. Hekzan uçurduktan sonra geriye kalan YY ve lastik yağı karışımının, akışkan bir sıvı olduğundan, belki filtrasyon gibi bazı işlemlerden sonra doğrudan, 5 veya 6 numara fuel oil gibi, yakıt olarak kullanılabilecek ve ayrıca çözücü olarak kullanılan YY'ın kendisi de bir yakıt olduğu için uzaklaştırılmasına da gerek kalmayacaktır.



a. Mazot ile işlem öncesi

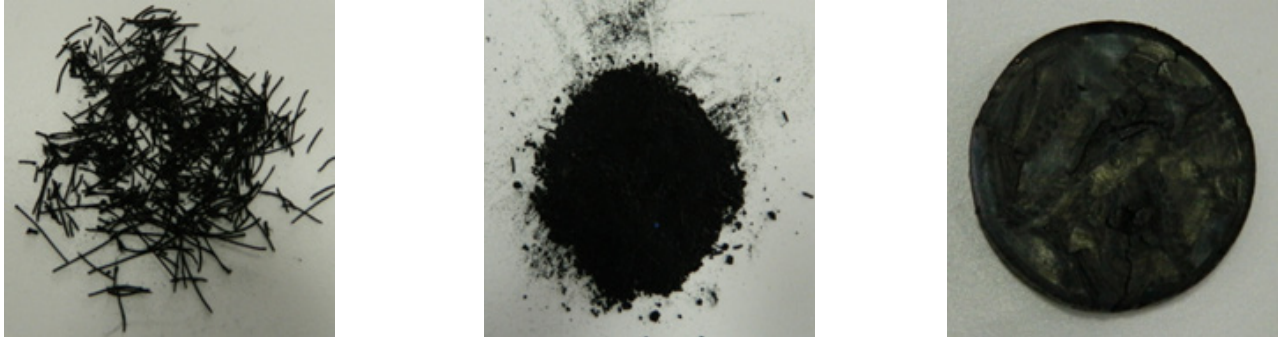


b. Mazot ile işlem sonrası

Şekil 3. Mazot ile lastiğin ısıtılması sonucu esneklik kazanımı

Elde edilen bulgular ışığında elde edilen ürünlerden conta gibi piyasa değeri olan bir ürün eldesi denenmiştir. Buna göre yüksek kaynayan çözücülerle lastiğin sıvılaştırılması gerçekleştiği için, 3-4 mm çapında kesilmiş lastik parçaları ile bir miktar bu çözücülerden karıştırıp, hidrolik pres altında, presin elektrikle ısıtılan kalın alt ve üst plakaları arasında, demir kalıp içinde ısıtarak bütün bir parça halinde conta yapmak için de denemeler yapılmıştır. Yağ olarak mazot dip ürünü kullanarak en iyi sonuçlar alındıysa da, kopma dayanımı yüksek contalar elde edilememiştir. Örnek çalışma reçetesi aşağıdaki gibi verilebilir:

39 küçük parçadan oluşan 5 g lastik ile 0,5 g mazot dip ürünü, 280°C'deki kalıpta (eldeki cihazla sınırlı olarak çıkabilen en yüksek sıcaklık), 9 bar basınca maruz bırakılmış, 150 dakika ısınma sonrası yine basınç altında kalıp soğuduktan sonra, (uçan-taşan-yanan-kalıba bulaşan hariç), 4,13 g ağırlığında, 36 mm çapında, 3mm kalınlığında, parlak, ele bulaşmayan bir conta elde edilmiştir. Ancak küçük parçaların birbirine yapışma çizgilerinden zorlanınca yırtılmalar gözlenmiştir. Eldeki preste çıkılabilen en yüksek kalıp içi sıcaklık, alt-üst plakalar arası açık kalıp yüzeyi, cam yünleri ile iyice sarılmasına rağmen, termokupl metalik termometre ile 280°C olarak tespit edilmiştir. Eğer sıvılaştırma denemelerinde mantolu elektrikli ısıtıcılarla çıkılabilen 330-340°C gibi yüksek sıcaklıklara, preste de çıkılabilirse, kısmi sıvılaşma ile birlikte yapışma çizgileri de yok olacak ve tam bir yapışma sağlanabilecektir. Bu sıcaklıklarda lastik tamamen çözüldüğü için, ek yerlerindeki çizgilerin tamamen kaybolacağı açıktır. Böylece ÖTL parçalarından sağlam lastik döşeme-kaplama levhaları imalatının, fazladan yapıştırıcı koymaya gerek kalmadan daha ekonomik olarak yapılabileceği düşünülmektedir. Deney sonuçlarına göre elde edilen ürünler Şekil 4' de verilmektedir.



A: Kordbezi iplik parçaları, B: Karbonsiyahı ve inorganik katı dip ürün, C: lastik parçaları ve mazotla yapılan conta

Şekil 4. Yapılan deneyler sonucunda elde edilen ürünler

SONUÇ

ÖTL' ler, çimento fabrikaları, enerji santralleri gibi yerlerde yüksek sıcaklıklarda yakılarak değerlendirilebilmektedirler. Ancak bu tesislerin sayısı sınırlıdır. Eğer 5 veya 6 numara fuel oil gibi, daha küçük ama sayısı çok daha fazla olan işletmelerde yakıt olarak kullanılabilirse, atık yağlarla birlikte ÖTL'in de atık olarak birikmesinin önüne çok daha kolay geçilebilecek ve ikisinin birden yakıt olarak kullanılmasıyla ekonomiye de büyük katkısı olacaktır. Yukarıdaki denemelerde sıcaklık arttıkça, lastik sıvılaşmasının da arttığı görülmektedir. Lastik sıvılaştırılmasında, atmosfer basıncı şartlarında sıcaklığı 330-340°C'lere kadar çıkarılabilen çözücüler kullanılması, 700-800°C gibi yüksek piroliz sıcaklıklarına çıkmadan ve yüksek basınçlar oluşturmadan ÖTL'lerin sıvılaştırılmasında ve değerlendirilmesinde kolaylıklar sağlayacaktır. Burada yapılan işlem, sıcaklık artırılarak lastiğin, hem çözünmesinin hem de kısmi pirolizinin birlikte sağlanması ile sıvılaştırılması olduğu için, ne kadar sıcaklık artırılabilirse sıvılaştırılmanın da o kadar hızlı olacağı açıktır. Ancak artan sıcaklıklar öte yandan CO, H₂, CH₄ gibi piroliz sonucu oluşan gazların çıkışını da artıracığı için, sıvılaşma verimini de düşürecektir. Giriş kısmında belirtilen araştırmalar içinde sıcaklığı en düşük olan ve 450°C 'de yapılan çalışmada bile, piroliz ürünü gazlardan söz edilmektedir (Riedewald, 2016). Bu nedenle çalışmada görüldüğü gibi maksimum 350°C sıcaklık sıvılaştırma için yeterlidir. Kaynama noktası, bu sıcaklık civarındaki herhangi bir atık veya yanık yağ, ÖTL sıvılaştırılması için kullanılabilir. Atık lastikle birlikte; yanık yağın da ucuz bir yakıt olması nedeniyle, sıvılaştırılmış yanık yağ ve atık lastik karışımının da ucuz bir yakıt olacağı ve ÖTL yığınlarının azaltılmasına katkı sağlayacağı açıktır. Kaynama noktası düşük olan ve çok bilinen alkol, benzin, benzen, hekzan vb. gibi çözücülerle bu yüksek sıcaklıklara çıkmak, ancak yüksek basınçlı reaktörlerle sağlanabilir fakat bu da tehlike, maliyet artışı, zaman ve enerji kaybı demektir. Şekil 4'de gösterilen ve denemelerde %4-5 kadar çıkan iplik (kord bezinden) kalıntısı ve %16-23 kadar çıkan ağır metalli karbon siyahı, dip ürün olarak kalmaktadır. Bunlar da tekrar lastiklerde, değişik kauçuk uygulamalarında karbon siyahı gibi katkı maddesi olarak kullanılabilir, ya da en kötü ihtimalle, katı yakıt olarak enerji üretiminde kullanılabilirler.

Böylece yüksek verimle sıvılaştırılmış olan lastik atıklar, yüksek sıcaklıklardaki proliz işlemlerinde meydana gelen gazlaşmalar olmaksızın, bir filtrasyon işleminden sonra, katı kısımlarından süzülerek hem ağır metal artıklardan temizlenmiş olacak, hem de yakıt kazanlarında yakıt püskürtme memelerinde tıkanma olmaksızın kullanılacaktır. Bir ön çalışma olan bu metot, pilot tesis çapında denenip, sıvı karışım süzüldükten sonra bir fuel oil kazanında yakılarak pratikte test edilmelidir.

KAYNAKLAR

Demirarslan KO, (2017), Demirarslan Kişisel Fotoğraf Arşivi.

Karabörk F. (2012). Atık Araç Tekerlek Lastiklerinde Mikrodalga Devulkanizasyon Parametrelerinin Lastiğin Mekanik Özelliklerine Etkileri, Yayınlanmamış Doktora Tezi, T.C. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Koçak Y., Alparslan L. (2011). "Atık Lastiklerin Çimento ve Beton Sektöründe Kullanım Potansiyelleri", 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 May 2011, Elazığ, Turkey.

Money, D.M., Harrison, G. (1999). Liquefaction of scrap automobile tyres in defferent solvents and solvent mixtures, Fuel, 78(14), 1729-1736.

Muzenda, E. (2014). A comparative review of waste tyre pyrolysis, gasification and aaliquefaction (PGL), Processes, Intl. Conf. On Chem. Eng. and Advanced Comput. Tech., Nov. 24-25, Pretoria, South Africa.

Quek, A., Balasubramanian, R. (2013). Liquefaction of waste tires by pyrolysis for oil and chemicals-A review, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 101, 1-16.

Riedewald, F., Goode, K., Sexton, A., Sousa-Gallagher, M. J. (2016). Scrap tyre recycling process with molten zinc as direct heat transfer and solids separation fluid: A new reactor concept, MethodsX. 3, 399-406

Rowhani, A., Rainey, T. J. (2016). Scrap Tyre Management pathways and their use as a fuel-A review, Energies, 2-26.

Sugözü, İ., Mutlu İ. (2009). Atık taşıt lastikleri ve değerlendirme yöntemleri, Taşıt Teknolojileri Elektronik Dergisi, 1(1), 35-46.

Tunç B., (2009). Atık Lastiklerin Yönetimi ve Monofillerdeki Fiziksel ve Kimyasal Davranışlarının İncelenmesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, T.C. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Fakültesi, Gebze. URL-1, Hangi Lastikler Ömrünü Tamamlamış Lastiktir? Lastik Sanayicileri Derneği, <http://www.lasder.org.tr/otl-2/otl/>

Yakaboğlu, O. (2010). Atık Lastik Yönetimi ve Atık Lastik Pirolyzi Model Tesisi İçin Yapılabilirlik Çalışması, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.