

MTA’da bir ilk; endüstriyel malzeme üretim amaçlı kimyasal reaktör tasarımı ve imalatı

Güziye KALYONCU ERGÜLER¹

İnorganik, çok bileşenli, heterojen ve yüksek oranda amorf madde özelliğinde olan uçucu küller; termik santrallerin bacalarından salınan ve Avrupa standardı EN 450-1’e göre; kömürün yanması sonucu oluşan, ağırlıklı olarak küresel formda görülen parçacıklarından meydana gelen ince taneli, gevşek bir malzeme olarak tanımlanır. Farklı tür yakma teknolojilerine sahip olan termik santrallerin külleri torba filtreleri, siklonlardan ve elektrostatik çöktürücüler gibi tutucular tarafından baca gövdesinde yakalanır. Uçucu külün kimyasal bileşimi, yakılan kömürün türüne ve yanma işlemi koşullarına bağlı olarak değişiklikler ve içerik farklılıkları sunar. Uçucu külden oluşan yoğun ve yaygın devasa boyuttaki atık sahalarının bertarafına ve endüstride kullanımına yönelik Ar-Ge çalışmaları, son zamanlarda artan çevre bilinciyle ivmelenerek sürdürülmektedir. Proje logosunda (Şekil 1) yer aldığı üzere, 2008 yılında termik santral atıklarından endüstriyel ürün oluşturma amaçlı “Uçucu Küllerin Karakteristikleri ve Çevreye Etkilerinin Araştırılması: Sentetik Zeolit Yapımında Kullanılabilirliği” başlıklı proje çalışmalarına başlanılmıştır. Projede 2019 yılı ortalarına, karakterize edilen Ülkemiz linyitlerinin kullanıldığı termik santrallerin uçucu küllerinden endüstriyel ürün oluşabileceği sonucuna varılmış ve kimyasal reaktöre ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaçla tasarım çalışmalarına da eş zamanlı başlamış, çalışmalar 2020 yılı başlarında tamamlanmıştır.

Proje kapsamında kullanılması gereken reaktörün kurum içi ve dışından sağlanabilirliğine yönelik yapılan incelemeler neticesinde, yerli üretim ile teminine gidilmesine karar verilmiştir. Proje başkanı tarafından yapılan efektif ve güvenli yüksek basınçlı manyetik karıştırıcı reaktör tasarımının, değerlendirmeler sonucunda 2020 yılında imal edilme sürecine başlanılmıştır. Pandemi koşulları nedeniyle malzeme tedarikinde zaman zaman sıkıntı yaşansa da ihale süreciyle birlikte on ay içinde süreç tamamlanarak reaktörün temini ve kabulü gerçekleştirilmiştir. Projenin son yılı olan 2020 yılında devamlılığı sağlanmasında, proje faaliyetleri sırasında alınan ödüller projenin sürdürücü kuvveti olmuştur. Bu ödüller ve davetler hakkındaki bilgilere aşağıda özet olarak yer verilmiştir.

Proje 12 Kasım 2018 tarihinde ATO Congressium’da gerçekleştirilen TechAnkara Proje Pazarı 2018’de 640 projenin değerlendirilmesi sonrasında sergilenen projeler arasında yer almıştır (Kalyoncu Ergüler, 2018). Sergilenen ilk 100 proje arasında ilk 10’a kalarak finalist ödülünü kazanmıştır. Şekil 2’de etkinlik kapsamında gerçekleştirilen sunumdan bir fotoğraf yer almaktadır.

İstanbul Uluslararası Buluş Fuarı (ISIF), Türk Patent ve Marka Kurumu himayesinde, 17-22 Eylül 2019 tarihlerinde TeknoFest bünyesinde gerçekleştirilmiştir. TechAnkara etkinliği çerçevesinde finalist seçilen projemiz fuara davet edilmiş ve projeye ücretsiz tanıtım standı sağlanmıştır. 1 milyon 700



Şekil 1- “Uçucu Küllerin Karakteristikleri ve Çevreye Etkilerinin Araştırılması: Sentetik Zeolit Yapımında Kullanılabilirliği” isimli projeye ait logo.

¹ Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Çevre Araştırmaları Dairesi Başkanlığı, Ankara.



Şekil 2- ATO Congressium’da gerçekleştirilen proje sunumundan bir görüntü.

bin rekor katılımcı sayısına ulaşan Teknofest 2019 (Teknofest İstanbul Havacılık, Uzay ve Teknoloji Festivali) kapsamında düzenlenen 4. İstanbul Uluslararası Buluş Fuarı-ISIF 2019’da 22 ülkeden 384 buluş, ziyaretçilerin beğenisine sunulmuştur. ISIF’19 da projemiz altın madalya ile ödüllendirilerek ilk uluslararası ödülünü almıştır (Kalyoncu Ergüler, 2019). Proje aynı zamanda kurumumuzun ve Ankara Kalkınma Ajansı’nın kuruluşundan günümüze kadar desteklediği projeler arasından alınan ilk uluslararası altın madalya ödülünün sahibidir.

Ayrıca proje, kapsamı ve başarılarından dolayı Ankara Kalkınma Ajansı tarafından 06 - 08 Kasım 2019 tarihlerinde ATO Congressium’da düzenlenen 12. EIF Uluslararası Enerji Kongresi ve Fuarı’na davet edilmiş ve katılım sağlanmıştır. Fuarda tanıtım standında hazırlanan proje broşürleri ile fuar süresince katılımcılara proje çalışmaları hakkında bilgilendirme yapılmıştır.

Kurumumuz Çevre Araştırmaları Dairesi Başkanlığı’nca gerçekleştirilen çalışmalardan ve elde edilen verilerden üretilen makaleler (Kalyoncu Ergüler, 2021, 2021) aldığı ulusal ve uluslararası ödüller ile başarısını kanıtlamış olan 2020-38-14-01-3 no.lu proje kapsamında, imal edilen kimyasal reaktörün özellikleri ve tasarımına etki eden faktörler bu çalışma kapsamında detaylı olarak aşağıda izah edilmiştir.

“Kimyasal reaktör” terimi ilk kez Birinci Dünya Savaşı’nın sonunda ve “reaksiyon teknolojisi” terimi ise Almanya’da 1950’lerde ortaya çıkmıştır. İlk günlerde reaktörler, yüzyıllar boyunca daha da özelleşen fırınlar ve kaplardı. Sanayi devriminde sanayileşme teknolojiler kadar, ürünler alanında da muazzam bir yenilik hamlesi getirdi. Reaktör teknolojisi, karıştırma tank ve borulu reaktörlere dönüştü. Ürün geliştirme, süreç bilgisi, malzeme bilimi ve simülasyon araçları, geliştirmeyi yüksek bir çeşitliliğe yönlendirdi. Günümüzde modüler tasarım ve planlama yöntemleri ile işleve özgü reaktörler oluşturulabilmektedir.

Kimyasal reaksiyonlar için ekipman tasarımında genel olarak birkaç kural hakim çatıyı oluşturur. Geniş bir ürün yelpazesinde reaktörlerde karıştırma tankları, kaplar, ceket-tüp aygıtları ve ısı transferinin sağlanabileceği son derece özel konfigürasyonlar bulunur. Çalışmaya özgü durumlarda birçok tasarım faktörü, fiyat dengesi ile karar noktasına evrilir. Basınçlı kapların, ısı eşanjörlerinin, karıştırıcıların vb. reaktörü oluşturan malzemelerin her biri için geçerli durumlar reaktör tasarımı için ana kasmağı oluşturur. Parçaların özellikleri ve kalitesi, reaktörün ömrünü belirler.

Tasarım için başlıca yaklaşım sorularına etkin cevap vermek en önemli noktadır. Doğru yaklaşım, doğru sonucun alınmasına anahtar olacaktır. Bu

amaçla reaktör tasarımı için gereken en önemli faktörler; tepkime türü, reaktör tipi ve büyüklüğü, reaksiyon koşulları (yoğunluk, sıcaklık, basınç, viskozite vb.), ısıtma için kullanılacak ekipman tercihi ile endotermik ve ekzotermik koşulların sürece etkisi, işlem sonrasında veya sürecinde soğutma işlevi, gerekli hallerde ısıtma ve soğutma sürecinin tekrarlanması, malzemenin fiziksel durumları ve özellikleri (gözeneklilik, yüzey alanı, serbestleşme derecesi, parçacık boyutu ve çeşitliliği) çalışma ortamının getirdiği olası durumlardır. Ayrıca reaksiyon ortamının homojen veya heterojen duruma hazır bulunması, reaksiyona katalizör eklenmesi olası ise süreç diyagramı, genel süreçte bekleme süresi var ise tasarıma özelliğin kazandırılması, kullanılan gazın özellikleri, sayısı ve girişleri, karıştırıcı özellikleri, kullanılan kimyasalların reaktör aşındırıcılığına etkisi ve bütün bunları sınırlandıran etken olan reaktörün maliyeti düşünülmesi gereken karmaşık hesaplamalardan olup, temel noktaları oluşturur. Katı-gaz gibi çalışan reaktörlerde oluşan tepkime sonucunda açığa çıkan gaz ani yoğun bir basınca sebep olabilir. Aynı durumda reaksiyonun belli bir sıcaklıktan sonra lineer artışının logaritmik eğriyle katlanarak devam edebilirliği ani basınç

yükselmelerine sebep olabilir. Reaktör çalışmalarında ilk defa çalışılacak malzemelere ait sürecin sürekli gözetlenmesi oldukça faydalıdır. Aksi takdirde telafisi önlenemez sonuçlar doğurabilir. Uyarı sistemleri güvenlik önlemleri için düşünülebilir. Gerek geliştirilen küçük miktarlardaki yeni ürünlerin üretiminde olsun gerekse üretilecek ürünün özellikleri ile ürünlerin karıştırma, kimyasal süreç, damıtma, kristalizasyon uygulamalarında yaygın olarak kullanılan ekstraksiyon, polimerizasyon vb. özellikler reaktörün nihai tasarımını belirler. Reaktörler istenen basıncın karşılanabildiği paslanmaz çelik, cam ve kompozit malzemelerden üretilebilirler. Sıcaklık kontrolünün çok önemli olduğu ekzotermik reaksiyonda, reaktör tankının ısıtılması veya soğutulması esnasında ortamın sıcaklığını kontrol etmek için ceket reaktör kullanılır. Sıcak su girişi ve soğuk su girişi yardımı ile reaksiyon ortamının sıcaklıkları takip edilmektedir. Reaksiyon sırasında sıcaklık dalgalanmaları reaktör loglarından anlık grafiksel olarak irdelenebilir. Bir reaktörün sıcaklığını ölçmek ve basıncını görmek için reaktör kapağında termometre ve barometre yer alır. Reaktörün patlamasını önlemek için ise emniyet valfi monte edilmelidir. İç basınç artışı nedeniyle ek olarak, reaktör



Şekil 3- Tasarımı yapılan yüksek basınçlı reaktör: a) Numune alma hücresi, b) Karıştırıcı ve c) Isı ünitesi sistemlerinin görünümü.

kapağına barometre yerleştirilebilir. Tüm verilen bu genel bilgiler doğrultusunda “Uçucu Küllerin Karakteristikleri ve Çevreye Etkilerinin Araştırılması: Sentetik Zeolit Yapımında Kullanılabilirliği” isimli proje kapsamında sentetik zeolit üretim çalışmalarında kullanılmak üzere kimyasal reaktör tasarlanmıştır (Şekil 3). Şekil 4’te verilen bu kimyasal reaktör sentezlenecek zeolit numunesi için özel olarak dizayn edilmiş (basınç, sıcaklık, tane boyu, karıştırma hızı, örnekleme aralığı vs.) olup, hidrotermal sentez kristalizasyon uygulaması için kullanılmıştır.

Reaktör için önce ısı ünitesi, menteşe ve bağlantı ekipmanları ile hücrenin çizimleri tamamlanmıştır. İmalat sürecinde elde edilen reaktör hücresinin basınç dayanım testi (2014/68/EU Pressure Equipment) akredite sahibi Türk Loydu’nda 12.06.2020 tarihinde yapılmıştır. 250 bar basınçta üç saat boyunca dayanıklılığı incelenen testte, reaktör hücresinin 370 barda dahi çalışabileceği belirlenmiş olup, reaktör tüm basınç testlerini başarıyla tamamlamıştır. Kimyasal reaktör tasarımında; mühendislik, bilim ve araştırma çalışmalarında planlama ve tasarım sürecinde gösterilen büyük hassasiyet ve titizlik sonucunda bu değerlere ulaşıldığı önemli bir gerçektir. Basınç testinden sonra diğer parçaların tedariki ile kurulumu sağlanmıştır. Proje logosu, tasarlanan kimyasal reaktör üzerine lazer ile işlendikten sonra kurumumuza teslim edilmek üzere imalat süreci tamamlanmıştır.

Yerli üretim ile imal edilmiş yüksek basınçlı kimyasal reaktörün teknik özellikleri maddeler halinde aşağıda özet olarak verilmiştir.

1. -50 mikron ve altında boyutlara sahip katı-katı malzemeyi hidrotermal sentezleyen, gerektiğinde yüksek vizkositede dahi karıştırma yapılabilen yüksek motor gücüne sahiptir,
2. 300 ml iç hacminde asgari 316l paslanmaz çelik malzemeden gövde + kapaktan oluşmakta olup tüm aksamı kimyasala ve koheziona dayanıklıdır,
3. Reaktör kapak kısmında numune almaya ve reaktör sistemine gaz girişine imkân tanıyan üç iğne vana bulunur,
4. Tasarımda, iğne vanaların sıcaktan etkilenmemeleri sağlanmıştır,
5. Reaktör kapak kısmında basıncı ölçebilmek için manometre yer almaktadır,
6. Reaktör, gaz numune alınabilir özellikte olup tercih edilen gaz ile basınç artırımı sağlanmaktadır,
7. Reaktör 250 bar basınca dayanıklı olup, 275 bar açma basıncına sahip olacak şekilde emniyet valfi yer almaktadır,



Şekil 4- Yerli üretim ile imal edilmiş yüksek basınçlı ve manyetik karıştırıcılı kimyasal reaktör.

kuru havalı manyetik karıştırıcı yüksek basınçlı (250 bar), ısı ve anlık veri ile data logger içeren ilk yerli kimyasal reaktör oluşturulmuştur. Yapılan proje faaliyeti ar-ge projesi olup, uçucu külün tamamı sentetik zeolite dönüştürülmüştür. Üç ayrı noktada sağlanan güvenlik duyarlılığı ve işlevsel tasarımı ile kimyasal sürecin kontrolü ve reaksiyonun tüm aşamaları sağlanmıştır. Yüksek basınç ve sıcaklıkta çalışabilen, manyetik karıştırıcı iki farklı gaz ile basınç artışı sağlanabilen özellikleri ile Ülkemizde tek olan kimyasal reaktörün, yerli imalat ile maliyeti 56.690,00 + KDV tutarındadır. Böylece emsali Alman firması ürünü ile 2020 yılı kur fiyatıyla karşılaştırıldığında yaklaşık 460 milyar TL kar **edilerek** Kurumumuz envanterine katılmıştır.

Katkı Belirtme

Bu çalışma, MTA Genel Müdürlüğü tarafından 2020-38-14-01-3 no.lu 'Uçucu Küllerin Karakteristikleri ve Çevreye Etkilerinin Araştırılması: Sentetik Zeolit Yapımında Kullanılabilirliği' projesi kapsamında desteklenmiştir.

Değinilen Belgeler

- Kalyoncu Ergüler, G. 2018. Uçucu Küllerin Karakteristikleri ve Çevreye Etkilerinin Araştırılması: Sentetik Zeolit Yapımında Kullanılabilirliği. Ankara Kalkınma Ajansı. TechAnkara 2018 Proje Kitabı, Ankara, 116.
- Kalyoncu Ergüler, G. 2019. Uçucu Küllerin Karakteristikleri ve Çevreye Etkilerinin Araştırılması: Sentetik Zeolit Yapımında Kullanılabilirliği Projesi'nin 4. İstanbul Uluslararası Buluş Fuarı (ISIF'19)'nda Sergilenmesi ve Altın Madalya Ödülü. MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni 28, 13-18.
- Kalyoncu Ergüler, G. 2021. The effect of structural properties of Ankara clay on the electrokinetic properties. Bulletin of the Mineral Research and Exploration 165.97-111. <https://doi.org/10.19111/bulletinofmre.770990>.
- Kalyoncu Ergüler, G., Bayındır, F. M., Dağlıyar, A. 2021. Investigation of the effect of fly ash released from Kütahya thermal power plants by using remote sensing methods. Bulletin of the Mineral Research and Exploration. <https://doi.org/10.19111/bulletinofmre.946782>.