

ÖZET**BİR PLAZMA GAZLAŞTIRMA REAKTÖRÜ VE SÖZ KONUSU REAKTÖR
İÇİN GAZLAŞTIRMA YÖNTEMİ**

Buluş; yüksek sıcaklığı sağlayan en az bir sıcaklık birimi (20), reaktöre (1) yakıt ve/veya atıkların beslendiği en az bir atık girişi (11), en az bir tepken girişi (13 ve/veya 14 ve/veya 17), yakıt ve/veya atıklardan gelen inorganik maddelerin ısıyla oluşturduğu eriyiklerin çıkışını sağlayan en az bir eriyik çıkışı (15), endotermik reaksiyonların gerçekleştiği en az bir yüksek sıcaklık bölgesi (12) ile reaktöre (1) giren yakıt ve/veya atıkların yüksek sıcaklık bölgesine (12) girmeden önce gazlaşma başlamayacak şekilde bu bölgeye (12) yönlendirildiği ve böylece reaksiyon sonucu reaktörü (1) terk eden gazların yüksek sıcaklık bölgesinden (12) geçerek reaktörden (1) çıkış yaptığı ve atık girişinden (11) farklı bir açıklığa sahip bir gaz çıkışı (16) içeren; atık girişi (11) ile gaz çıkışı (16) arasında konumlandırılan bir yüksek sıcaklık bölgesi (12) ve reaktöre (1) giren yakıt ve/veya atıkların yüksek sıcaklık bölgesine (12) girmeden önce gazlaşma başlamayacak şekilde atıkların yüksek sıcaklık bölgesinden (12) geçmesini ve bu sayede en az 1200 °C sıcaklığa sahip gazların reaktörden (1) çıkmasını sağlayacak formda gövdeye (10) sahip bir reaktör (1) ve bu reaktörün çalışma yöntemi (100) ile ilgilidir.

İSTEMLER

- 1) Yüksek sıcaklığı sağlayan en az bir sıcaklık birimi (20), reaktöre (1) yakıt ve/veya atıkların beslendiği en az bir atık girişi (11), en az bir tepken girişi (13 ve/veya 14 ve/veya 17), yakıt ve/veya atıklardan gelen inorganik maddelerin ısıyla oluşturduğu eriyiklerin çıkışını sağlayan en az bir eriyik çıkışı (15) **içeren**, endotermik reaksiyonların gerçekleştiği en az bir yüksek sıcaklık bölgesi (12) ile reaktöre (1) giren yakıt ve/veya atıkların yüksek sıcaklık bölgesine (12) girmeden önce gazlaşma başlamayacak şekilde bu bölgeye (12) yönlendirildiği ve böylece reaksiyon sonucu reaktörü (1) terk eden gazların yüksek sıcaklık bölgesinden (12) geçerek reaktörden (1) çıkış yaptığı ve atık girişinden (11) farklı bir açıklığa sahip bir gaz çıkışı (16) içermesi ile **karakterize edilen** bir reaktör (1).
- 2) Atık girişi (11) ile gaz çıkışı (16) arasında konumlandırılan bir yüksek sıcaklık bölgesi (12) ve reaktöre (1) giren yakıt ve/veya atıkların yüksek sıcaklık bölgesine (12) girmeden önce gazlaşma başlamayacak şekilde atıkların yüksek sıcaklık bölgesinden (12) geçmesini ve bu sayede en az 1200 °C sıcaklığa sahip gazların reaktörden (1) çıkmasını sağlayacak formda gövde (10) içermesiyle **karakterize edilen** istem 1'deki gibi bir reaktör (1).
- 3) Birinin ucunda atık girişi (11) ve diğerinin ucunda gaz çıkışına (16) sahip iki kol içeren ve bu kolların birbirlerine göre 180 ve 0 derece dâhil, 180 derece yataydan 0 derece dikey konuma kadar değişik formlarda konumlandırılmasıyla oluşturulan gövde (10) içermesiyle **karakterize edilen** istem 2'deki gibi bir reaktör (1).
- 4) Bir kolunun bir uç kısmında bir atık girişi (11), bir diğer kolunun bir uç kısmında bir gaz çıkışı (16) ve bu kolları birleştiren bir diğer kolunda yüksek sıcaklık bölgesi (12) ve en az bir tepken girişi (13 ve/veya 14 ve/veya 17) içermesiyle **karakterize edilen** istem 3'teki gibi bir reaktör (1).
- 5) Yüksek sıcaklıktaki gazların, atık girişinden (11) yakıt ve/veya atığın geldiği yönün ters yönüne doğru yönlendirilmesini sağlamak için atık girişinden (11)

daha yüksek bir seviyede konumlandırılan gaz çıkışı (16) içermesiyle **karakterize edilen** istem 4'teki gibi bir reaktör (1).

- 5 6) Gaz karışımının sıcaklığının en az 1200 °C'ye ulaşmasını sağlayan ve böylece kül ve katranın çözünmesi ve tüm katı karbonun reaksiyona girmiş olması ile tam verimli gazlaşma gerçekleştirilmesini sağlayan en az bir sıcaklık birimi (20) ile **karakterize edilen** yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir reaktör (1).
- 10 7) Yakıt ve/veya atıkların atık girişinden (11) beslenerek yüksek sıcaklık bölgesine (12) giriş yaptığı bir yüksek sıcaklık bölgesi girişi (121); söz konusu yakıt ve/veya atıkların gazlaşarak bölgeden (12) çıkış yaptığı bir yüksek sıcaklık bölgesi çıkışı (122); yüksek enerjili gaz karışımının üretilmesi için gazlaştırma tepkenlerinin beslendiği ve yüksek sıcaklık bölgesi girişine (121) yakın bir yerde konumlandırılmış en az bir birincil tepken girişi (13 ve/veya 14); ve yüksek sıcaklık bölgesi çıkışına (122) yakın bir yerde konumlandırılmış en az bir ikincil tepken girişi (14 ve/veya 17) içermesi ile **karakterize edilen** istem 6'daki gibi bir reaktör (1).
- 15 8) Yüksek sıcaklık bölgesi girişinde (121), yüksek sıcaklık bölgesinde (12) ve yüksek sıcaklık bölgesinin hemen çıkışında (122) konumlandırılmış tepken girişleri (13, 14, 17) içermesiyle **karakterize edilen** istem 7'deki gibi bir reaktör (1).
- 20 9) Yüksek sıcaklık bölgesinde (12) plazma arkı oluşturarak yüksek enerjili gaz karışımını oluşturan ve bu çıkan gaz karışımının sıcaklığını en az 1200 °C'ye ulaştıran en az bir elektrota sahip sıcaklık birimi (20) ile **karakterize edilen** istem 8'deki gibi bir reaktör (1).
- 25 10) Çıkan gaz karışımının sıcaklığının 1600 °C'yi aşmasını sağlayacak yapıda en az bir sıcaklık birimi (20) içermesiyle **karakterize edilen** istem 9'daki gibi bir reaktör (1).
- 11) Atık girişiyle (11) yüksek sıcaklık bölgesi (12) arasında yer alan ve yakıt ve/veya atıkları yüksek sıcaklık bölgesine (12) itmeye, böylece reaktörde (1)

tıkanmayı ve yüksek sıcaklık bölgesinden (12) önce gazlaşma meydana gelmesini önlemeye yardımcı olan en az bir atık itici (30) içermesi ile **karakterize edilen** istem 10'daki gibi bir reaktör (1).

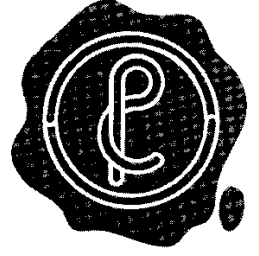
- 5 12) Yönü ve/veya açısı ayarlanabilen besleme noktasına sahip, besleme boruları içerisinde ileri geri hareket edebilen ve reaktör (1) içerisinde 360 derece dönebilen en az bir tepken girişi (13 ve/veya 14 ve/veya 17) içermesiyle **karakterize edilen** istem 11'deki gibi bir reaktör (1).
- 13) Dönel itkili bir mekanizma içeren bir atık itici (30) içermesi ile **karakterize edilen** istem 12'deki gibi bir reaktör (1).
- 10 14) Kendi eksenini etrafında dönerek gaz karıştırıcı gibi görev yapabilen böylece gaz molekülleri arasındaki çarpışmayı artırarak reaksiyon hızını arttıran en az bir elektrota sahip en az bir sıcaklık birimi (20) içermesi ile **karakterize edilen** istem 13'teki gibi bir reaktör (1).
- 15 15) Taraklı itkili bir mekanizma içeren en az bir atık itici (30) içermesiyle **karakterize edilen** istem 11 veya 12 veya 13 veya 14'teki gibi bir reaktör (1).
- 16 16) En az bir grafit elektrota sahip en az bir sıcaklık birimi (20) içermesi ile **karakterize edilen** istem 15'teki gibi bir reaktör (1).
- 20 17) Sıcaklığı ölçmek için ısılıçift (thermocouple) veya pirometreye (pyrometer) sahip en az bir sıcaklık ölçme birimi (40) içermesiyle **karakterize edilen** istem 16'daki gibi bir reaktör (1).
- 25 18) Hem yüksek sıcaklık bölgesi girişi (121), hem yüksek sıcaklık bölgesi (12), hem de yüksek sıcaklık bölgesi çıkışında (122) konumlandırılan en az üç sıcaklık ölçme birimi (40) içermesiyle **karakterize edilen** istem 17'deki gibi bir reaktör (1).
- 19)
- Reaktörün (1) sıcaklık birimiyle (20) ısıtılması (101),
 - Reaktörde (1) yakıt ve/veya atıkların atık girişinden (11) beslenmesi (102),

- Yakıt ve/veya atıkların yüksek sıcaklık bölgesine (12) iletilmesi (103),
 - Tepkenlerin reaktöre (1) sürekli beslenmesi (104),
 - Yüksek sıcaklık bölgesinde (12) reaksiyonların gerçekleşmesi (105),
 - Tepkenlerin beslenmesiyle yüksek sıcaklık bölgesinde (12) gerçekleşen reaksiyonlar sonrasında gazların oluşması (106),
 - Oluşan yüksek enerjili gazın, gaz çıkışından (16) reaktörü (1) en az 1200 °C sıcaklığa sahip olarak terk etmesi (107),
 - Tüm inorganik maddelerin ergiyerek eriyik çıkışından (15) reaktörü (1) terk etmesi (108).
- 5
- 10 adımlarına göre çalışan yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir reaktör (1) için bir gazlaştırma yöntemi (100)
- 20) Tepkenlerin girişlerden (13 ve/veya 14 ve/veya 17) eş zamanlı ve sürekli beslenmesi (104) adımıyla **karakterize edilen** istem 19'daki gibi bir yöntem (100).
- 15 21) 101. adımda reaktörün (1) en az bir elektrot içeren sıcaklık birimiyle (20) ısıtılmasıyla **karakterize edilen** istem 20'deki gibi bir yöntem (100).
- 22) 102. adımda yakıt ve/veya atıkların katı ve/veya sıvı ve/veya gaz fazda reaktöre (1) beslenmesi ile **karakterize edilen** istem 21'deki gibi bir yöntem (100).
- 20 23) 104. adımda reaktöre (1) birinci tepken girişinden (13), oksijen veya oksijenle birlikte oksijene oranla az miktarda buhar karışımı ve ikinci tepken girişinden (14) buhar veya buharla birlikte buhara oranla az miktarda oksijen karışımı beslenmesi ile **karakterize edilen** istem 22'deki gibi bir yöntem (100).
- 25 24) 104. adımda tepken olarak oksijen ve su buharı yanında karbondioksit, hidrojen, azot, etan, metan gazlarından en az birinin kullanılması ile **karakterize edilen** istem 23'teki gibi bir yöntem (100).

- 25) 104. adımda tepken olarak karbondioksit, hidrojen, azot, etan, metan, oksijen, su buharından en az birinin kullanılması ile **karakterize edilen** istem 22'deki gibi bir yöntem (100).
- 5 26) 107. adımda oluşan yüksek enerjili gaz reaktörü (1) terk ettikten sonra verimi artırmak için bu yüksek sıcaklıklı gazı atmamak gerektiğinden bu gazın ısı değıştiriciden geçirilmesi, böylece reaktöre (1) giren yakıt ve/veya atıkların ve tepken gazlarının ön ısıtılması ile **karakterize edilen** istem 20 veya 23 veya 24 veya 25'teki gibi bir yöntem (100).
- 10 27) Yakıt ve/veya atığın geldiğı yönün ters yönüne doğru yönlendirilmesi için gaz çıkış (16) açıklığına doğru yüksek sıcaklıktaki gazların emilmesiyle **karakterize edilen** istem 26'daki gibi bir yöntem (100).
- 15 28) Çıkan gaza göre tepken girişinden/girişlerinden (13 ve/veya 14 ve/veya 17) beslenen gazların kompozisyonlarının değıştirilmesiyle **karakterize edilen** istem 27'deki gibi bir yöntem (100).
- 29) Çıkan gazın karışımı ve yüzdelerinin ölçülerek tepken girişı/girişlerinin (13 ve/veya 14 ve/veya 17) açısı ve reaktördeki (1) geometrik konumlarının ayarlanmasıyla **karakterize edilen** istem 28'deki gibi bir yöntem (100).
- 20 30) 107. adımda oluşan yüksek sıcaklıklı gazların, reaktörden (1) çıktıktan sonra bir türbinde ve/veya çevrimlerde kullanılmak üzere basınçlandırılabilmesiyle **karakterize edilen** istem 29'daki gibi bir yöntem (100).

Patent Çare Ltd. Şti.
Atakent Mah. Atakan Cd.
Barış Sk. Gani Kızıl Blok No:12
34760 Ümraniye - İstanbul
Tel: +90(216) 412 13 36
InterFax: +90(212) 310 59 38

Patent Çare



Türk Patent Enstitüsü

Patent Dairesi Başkanlığı'na

04.01.2016

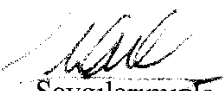
Konu: 2015/14284 sayılı başvuru için 2015-OE-537422 barkod no'lu ve 03.12.2015 tarihli yazınız hk.

Sayın İlgili,

2015/14284 sayılı “**Bir plazma gazlaştırma reaktörü ve söz konusu reaktör için gazlaştırma yöntemi**” başlıklı patent başvurusunda tarafımıza 2015-OE-537422 barkod no'lu evrak ile bildirmiş olduğunuz şekli eksiklikler tamamlanmıştır. Yapılan bu değişiklikler aşağıda açıklanmaktadır.

- Tarifnamede grafikler ve tablolarda bulunan bütün gölgelendirme ve renkli çizimler kaldırılmış ve siyah çizgilerle yeniden düzenlenmiştir.

Düzenlenen tarifleyle, istemler, özet ve şekiller bu dilekçenin hemen ardından bilgilerinize sunulmaktadır.


Saygılarımızla,

Tuğçe AĞCA KIZIL

Patent Çare Fikri ve Sınai Haklar Danışmanlık LTD. ŞTİ.

TARİFNAME**BİR PLAZMA GAZLAŞTIRMA REAKTÖRÜ VE SÖZ KONUSU REAKTÖR İÇİN GAZLAŞTIRMA YÖNTEMİ**

5

Buluşun İlgili Olduğu Teknik Alan:

Bu buluş, plazma gazlaştırma işlemi için kullanılan bir reaktör ve bu reaktör için bir gazlaştırma yöntemi ile ilgilidir.

10

Önceki Teknik:

Yüksek şehirleşme ve tüketim maddelerinin çeşitliliğine bağlı olarak hızla artan atıklar çevre kirliliği yaratmaktadır. Geliştirilen ve/veya geliştirilmekte olan reaktörler atıkların çevreye olan zararlı etkileri ortadan kaldırmakta ve artan enerji ihtiyacına da önemli miktarda kaynak sağlamaktadır.

Bilinen plazma gazlaştırmalarda malzemeler (yakıtlar, çöp, katı atık..vb) reaktöre üstten beslenmektedir. Oluşan gaz ürünler de yine üstten reaktörü terk etmektedir. Ayrıca klasik plazma reaktörlerde reaktörün üst kısımlarında sıcaklık yeterince yüksek olmadığı için (örneğin 1000⁰C'nin altında olduğu için) gazlaşma esnasında kalan karbon veya parçalanamayan katran gaz akışı ile birlikte sürüklenerek reaktör giriş ve çıkış kollarında birirmektedir. Dolayısıyla reaktörün çeşitli kısımlarında tıkanıklığa neden olmaktadır. Bu nedenle bu reaktörlere yeniden oluşum (diğer bir deyişle reforming) üniteleri ilave edilmektedir. Bu ise ekstra maliyete sebep olmaktadır.

Klasik reaktörlerde en verimli gazlaştırma 800 - 1000⁰C sıcaklık aralığında meydana gelmektedir. Oysa bu sıcaklık değerleri kül ve katranın ergimesine ve çözünmesine yetmemektedir. Çünkü kül, 1200⁰C'nin üzerinde ergimeye başlamakta ve katran da 1200⁰C'nin üzerinde çözünmektedir. Bu nedenle reaktör gövdesine kül ergitme ünitesi ilave edilmekte ya da başka bir şekilde reaktörde kül problemiyle mücadele gerekmektedir. Ayrıca bu sıcaklıkta (800-1000⁰C) yapılan gazlaştırmada, gazlaşamayan is (katı karbon) ve katrandan dolayı çıkan gazın enerji değeri düşmektedir. Katı karbon ve katranın

gazlaşmamasından dolayı reaktör gövdesine veya reaktörden gazın çıkış yaptığı bölgeye gaz iyileştirme üniteleri ilave edilmektedir. Bu üniteler reaktörden çıkan gazın saflaştırılabilmesi /enerjisini arttırması /yüksek verim sağlaması gibi amaçlarla ekstra işleme tabi tutulmasını sağlamaktadır. Bütün bunlar ilave enerji sarfiyatları nedeniyle

5 sistem verimlerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu sebepler özellikle günümüzde şehirleşmenin ve tüketimin artmasının doğal sonucu oluşan aşırı miktardaki atıkların bertaraf edilmesinde diğer gazlaştırma ve plazma gazlaştırma reaktörlerinin ekonomik bir çözüm alternatifi olmasını engellemektedir.

Ayrıca bu tip reaktörlerde atıklar plazmanın olduğu yere gelene kadar kısmen

10 gazlaşmaktadır. Kısmen gazlaşma toplam gazlaşmanın çok önemli bir kısmını oluşturabilmekte ve düşük sıcaklıklarda meydana geldiği için reaktöre verilen tepkenlerle (diğer giren malzemeler) oluşan gazlar yeterince tepkimeye girememektedir. Bu sebepten gaz ürünün ısı değeri ekonomik noktayı geçmektedir. Bunun yanında katran gibi sıvı bileşimler çözünmeden kalarak problem teşkil etmektedir. Bu reaktörlerde elde edilen

15 ürünler, düşük alt ısı değeri olan gazlardan enerji değeri olan maddeler elde edilememekte ve verim kaybı yaşanmaktadır.

TR 2009/01524 no'lu patent dokümanında, atık gaz ve kömürü plazma işlemine tabi tutmayı kapsayan bir plazma işleme aşaması içeren bir atık arıtım yönteminden bahsedilmektedir. Plazma gazlaştırma ile ilgili tüm kaynaklarda hem bilimsel hem de

20 teknik literatürde 1200°C'nin üzerinde hiçbir gaz kompozisyonu, gaz verimi belirtilmemekte ve hiçbir doküman gerçekleştirilmiş bir somut sonuca dayalı olmamakta ve net anlatımlarla desteklenmemektedir.

BULUŞUN KISA AÇIKLAMASI

Bu buluşun amacı, yüksek enerjili gaz çıkışı sağlayan bir plazma reaktörü ve bu reaktör

25 için bir gazlaştırma yöntemi gerçekleştirilmesidir.

Buluşta plazma çıkış gazının reaktörün yakıt veya atık giren bölümünden farklı bir çıkışa yönlendirilmesi ve girişte yakıtın yüksek sıcaklık bölgesine (plazma bölümüne) gelmeden ısınıp gazlaşmaması sağlanmıştır.

Buluşun bir uygulamasında reaktör, atık girişinden daha yüksek bir seviyede konumlandırılan gaz çıkışı içermektedir. Böylece basınç farkı oluşturulup atık girişinden yakıt ve/veya atığın geldiği yönün ters yönüne doğru yüksek sıcaklıktaki gazların yönlendirilmesi sağlanmaktadır.

- 5 Değişebilen farklı noktalardan; yüksek sıcaklık bölgesi girişi, yüksek sıcaklık bölgesi ve yüksek sıcaklık bölgesi çıkışına yönlendirilebilen birincil ve ikincil tepken girişi donanımı eklenmiştir.

Plazma sürecinin doğasından dolayı çok hızlı gerçekleşen elementel düzeyde ve iyonik düzeyde reaksiyonlar yüksek ısı değeri olan gaz ürün yönüne yönlendirilmiştir.

- 10 Buluşta reaksiyonların görece yüksek sıcaklıklarda farklı yönlendirilmesi ile yüksek ısı değerleri elde edecek yönde geliştirilmiştir. Bu durum grafiklerde verilmiştir.

Buluştta, kaynaklarda görülmeyen yüksek sıcaklıklar 1200°C'nin üstünde oluşturulmuş yüksek sıcaklık bölgelerine giren yakıt ve/veya atıkların, bir uygulamada yüksek sıcaklık bölgesinin girişine yakın bir yerde konumlandırılmış birinci girişe oksijen veya oksijenle buhar karışımı, yüksek sıcaklık bölgesinin çıkışına yakın bir yerde konumlandırılmış bir ikincil girişe ise buhar veya buhar ile oksijen karışımı beslenmektedir. Bunun sonucunda tepkime sistemi iki veya daha çok bölgeye ayrılmaktadır.

- Diğer bir uygulamada reaktöre, karbondioksit, hidrojen, oksijen, azot, etan, metan, su buharı gibi farklı tepkenler farklı oranlarda beslenmiştir. Reaktörün plazma ortamına katılmak üzere yüksek sıcaklık bölgesinin giriş kısmından, yüksek sıcaklık bölgesi ve yüksek sıcaklık bölgesinin hemen çıkışından farklı yüzde bileşimlerde beslenmiştir. Plazmaya uğrayan ve dönüşüme uğrayan yakıt ve/veya atık ve beslenen tepken gazlar ürün gaz bileşimini oluşturmuşlardır. Bu ürün gazlar ikincil olarak, yüksek sıcaklık bölgesi ve hemen çıkışına beslenen gazlarla yeniden oluşum reaksiyonlarını oluşturmuştur. Bu ikincil reaksiyonlar tepken gazların tek noktadan beslenmesi durumunda da eşanlı olarak gerçekleşmektedir ancak yüksek enerjili gaz eldesi için ikincil beslemeler etkili olmaktadır. İkincil beslemelerde ve 1400°C'nin üstündeki yapılan plazma deneylerinde karbondioksit ve karbon monoksit arasında ciddi geçişler görülmüştür, bunlar geliştirdiğimiz reaktörün çalışması ile elde edilen gazlara ait grafiklerde görülmektedir.
- 25 Yüksek enerjili plazma ile görece yüksek olan oksijen bileşimi sayesinde oksijen ve
- 30

karbonca yüksek ürünlerin yanı sıra hidrokarbonlar ile kısmen hidrojen üretilirken, oluşan bu gazların yüksek sıcaklık bölgesi çıkışında yaklaşık 1000°C ve üstünde tercihen 1400 – 1700°C sıcaklıklarda işleme sokulmasıyla yüksek hidrokarbon gazlarını içeren karışım elde edilmektedir.

- 5 Buluşta reaktörün tepken girişleri, tepkimelerden elde edilen ürünlerin yönlendirilmesi için besleme yeri ve açısı değişken gaz besleme lansları ile esnek besleme haline getirilmiştir.

BULUŞUN AYRINTILI AÇIKLAMASI

- 10 Bu buluşta yüksek sıcaklık; 1200°C ve üstü olarak tanımlanmıştır. Bu sıcaklık reaktör malzeme sınırlarına kadar yükseltilebilmektedir.

Şekillerin Açıklaması:

Sekil 1: Buluş konusu reaktörün şematik genel görünüşüdür.

- 15 **Sekil 2:** Buluş konusu reaktörün çalışma yöntemi

Şekillerdeki referansların açıklaması:

Bu buluşun amacına yönelik olarak ekli şekillerdeki parçalar tek tek numaralandırılmış olup bu numaraların karşılığı aşağıda verilmiştir.

20

1-Reaktör

10- Gövde

11- Atık girişi

12- Yüksek sıcaklık bölgesi

25

121- Yüksek sıcaklık bölgesi girişi

122- Yüksek sıcaklık bölgesi çıkışı

13, 14, 17- Tepken girişi

15- Eriyik çıkışı

16- Gaz çıkışı

20- Sıcaklık birimi

30- Atık itici

5 40- Sıcaklık ölçme birimi

Buluş konusu reaktör (1), reaktöre (1) yakıt ve/veya atıkların beslendiği en az bir atık girişi (11), endotermik reaksiyonların gerçekleştiği en az bir yüksek sıcaklık bölgesi (12), en az bir tepken girişi (13 ve/veya 14 ve/veya 17), yakıt ve/veya atıklardan gelen inorganik maddelerin ısıyla oluşturduğu eriyiklerin (diğer bir deyişle cürufların) çıkışını 10 sağlayan en az bir eriyik çıkışı (15), reaktöre (1) giren yakıt ve/veya atıkların yüksek sıcaklık bölgesine (12) girmeden önce gazlaşma başlamayacak şekilde bu bölgeye (12) yönlendirildiği ve böylece reaksiyon sonucu reaktörü (1) terk eden gazların yüksek sıcaklık bölgesinden (12) geçerek reaktörden (1) çıkış yaptığı, atık girişinden (11) farklı bir açıklığa sahip bir gaz çıkışı (16) ve reaktörde (1) yüksek sıcaklığı sağlayan en az bir 15 sıcaklık birimi (20) içermektedir.

Ayrıca buluş konusu reaktör (1), yüksek sıcaklık bölgesine (12) yakıt ve/veya atıkları itmeye, böylece reaktörde (1) tıkanmayı ve yüksek sıcaklık bölgesinden (12) önce gazlaşma meydana gelmesini önlemeye yardımcı olan ve atık girişiyle (11) yüksek sıcaklık bölgesi (12) arasında konumlandırılan en az bir atık itici (30) ve gazların 20 sıcaklığını ölçmek için en az bir sıcaklık ölçme birimi (40) içermektedir.

Buluşun bir uygulamasında, reaktör (1) atık girişi (11) ile gaz çıkışı (16) arasında konumlandırılan bir yüksek sıcaklık bölgesi (12) içermektedir.

Buluş konusu reaktör (1), giren yakıt ve/veya atıkların yüksek sıcaklık bölgesine (12) girmeden önce gazlaşma başlamayacak şekilde, yakıt ve/veya atıkların yüksek sıcaklık 25 bölgesinden (12) geçmesini ve bu sayede en az 1200 °C sıcaklığa sahip gazların reaktörden (1) çıkmasını sağlayacak formda bir gövde (10) içermektedir.

Buluşun bir uygulamasında reaktör (1), birinin ucunda atık girişi (11) ve diğerinin ucunda gaz çıkışına (16) sahip iki kol içermektedir. Bu reaktör (1), bu kolların birbirlerine göre

180 ve 0 derece dâhil, 180 derece yataydan 0 derece dikey konuma kadar değişik formlarda konumlandırılmasıyla oluşturulan gövde (10) içermektedir. Kolların birbirlerine göre 180 derece açıyla konumlandırıldığı uygulamada, iki kol boru tipi lineer forma ulaşmaktadır. Bu durumda bu kolun bir ucunda atık girişi (11) diğer ucunda gaz çıkışı (16) açıklığı yer almaktadır. Bu uygulamanın bir alternatifi U formdaki reaktörlerdir (1).

Buluş konusu reaktörün (1) bir uygulamasında, reaktör (1) bir kolunun bir uç kısmında bir atık girişi (11), bir diğer kolunun bir uç kısmında bir gaz çıkışı (16) içermektedir. Bu reaktör (1), bu kolları birleştiren bir diğer kolunda yüksek sıcaklık bölgesi (12) ve en az bir tepken girişi (13 ve/veya 14 ve/veya 17) içermektedir.

- 10 Reaktör (1) gövdesinin (10) U formda olduğu uygulamada, gövdenin (10) bir kolunda atık girişi (11), bir diğer kolun uç kısmında gaz çıkışı (16) oluşturulmuştur. Buluşta, yeniden oluşumu yani elementel düzeyde ve iyonik düzeydeki tepkimelerin yüksek verimli gaz ürün yönüne yönlendirilmesini sağlamak için en az bir tepken gaz girişi (13 ve/veya 14 ve/veya 17) ve yüksek sıcaklık bölgesi (12) gövdenin (10) bu kolları birleştiren bir yatay
- 15 kolunda oluşturulmuştur. Tercih edilen uygulamada yüksek sıcaklık bölgesi (12) U gövdenin (10) yatak kolunun orta kısmında sıcaklık biriminin (20) konumlandırılması ile oluşturulmuştur. Gövdenin (10) U formunda olması ile reaktöre (1) giren yakıt ve/veya atıkların yüksek sıcaklık bölgesine (12) girmeden önce gazlaşmasının önüne geçilmektedir. Çünkü reaktöre (1) giren yakıt ve/veya atıkların yüksek sıcaklık bölgesine
- 20 (12) girmesi gövdenin (10) bu formundan dolayı zorunlu hale getirilmiştir.

Buluş konusu reaktörün gövdesindeki (10) atık girişi (11), katı atık (evsel atık, endüstriyel atık, kömür, biyokütle ...vb) ve/veya sıvı atık (petrol atıkları, arıtma çamuru...vb) ve/veya gaz atık ve/veya her fazda olabilen yakıt ile beslenmektedir.

- Buluş konusu reaktör (1), reaktörden (1) çıkış yapacak gaz karışımının sıcaklığının en az
- 25 1200 °C'ye ulaşmasını sağlayan en az bir sıcaklık birimi (20) içeren yüksek sıcaklık bölgesine (12) sahiptir. Bu bölgede (12) sıcaklık biriminin (20) gerçekleştirdiği plazma arkının yardımıyla yüksek sıcaklık ortamı elde edilmektedir. Böylece kül ve katranın çözünmesi ve tüm katı karbonun reaksiyona girmiş olması ile tam verimli gazlaşma gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Yüksek sıcaklıktan dolayı yüksek sıcaklık bölgesinde
- 30 (12) reaksiyonlar birincil ve/veya ikincil tepken girişi (13 ve/veya 14 ve/veya 17) ile

yönlendirilip kontrol edilerek endotermik (diğer bir deyişle ısı alan) yönde geliştirilip yüksek enerjili gaz karışımı oluşturulabilmektedir. Buluş konusu reaktör (1) ile gaz karışımının sıcaklığının en az 1200 °C'ye ulaşmasıyla katran ve kül çözünmesi de sağlanmıştır. Bu sebepten de çıkış gaz bileşimine göre farklı giriş gazları ile reaksiyonlarının geniş çaplı yönlendirilebildiği bu buluşta çıkan gazları ayrıca yeniden oluşuma tabi tutmaya gerek kalmamaktadır. Ayrıca gaz iyileştirme ihtiyacı olmamaktadır. Bu sayede buluşta kül ergitme ünitesi, gaz iyileştirme ünitesi vb. ilave ünite gerekmemektedir. Yüksek sıcaklık bölgesi (12), yakıt ve/veya atıkların atık girişinden (11) beslenerek yüksek sıcaklık bölgesine (12) giriş yaptığı bir yüksek sıcaklık bölgesi girişi (121) ve söz konusu yakıt ve/veya atıkların gazlaşarak bölgeden (12) çıkış yaptığı bir yüksek sıcaklık bölgesi çıkışı (122) içermektedir. Reaktöre (1) beslenen yakıt ve/veya atıkların tamamı gövdenin (10) U formundan dolayı yüksek sıcaklık bölgesi girişinden (121) geçerek ve gazlaşarak yüksek sıcaklık bölgesi çıkışından (122) reaktörü (1) terk etmek zorundadır. Böylece tüm yakıt ve/veya atıkların gazlaşması yüksek dönüşümde olmakta ve dolayısıyla tüm yakıt ve/veya atıklar inorganik maddeler dışında gazlaşmaktadır.

Tepken girişlerinden (13 ve/veya 14 ve/veya 17) beslenen tepkenler karbon dioksit, hidrojen, azot, etan, metan, oksijen, su buharı...vb gazlar veya bunların değişik kombinasyonlardaki karışımlardır.

Reaktör (1) bir uygulamada, yüksek enerjili gaz karışımının üretilmesi için gazlaştırma tepkenlerinin beslendiği ve yüksek sıcaklık bölgesi girişine (121) yakın bir yerde konumlandırılmış en az bir birincil tepken girişi (13 ve/veya 14); ve yüksek sıcaklık bölgesi çıkışına (122) yakın bir yerde konumlandırılmış en az bir ikincil tepken girişi (14 ve/veya 17) içermektedir.

Buluşun bir uygulamasında reaktör (1), yönü ve/veya açısı ayarlanabilen besleme noktasına sahip en az bir tepken girişi (13 ve/veya 14 ve/veya 17) içermektedir. Bu tepken girişi (13 ve/veya 14 ve/veya 17) besleme boruları içerisinde ileri geri hareket edebilmekte ve reaktör (1) içerisinde 360 derece dönebilmektedir.

Buluşun bir uygulamasında reaktör (1); yüksek sıcaklık bölgesi girişinde (121), yüksek sıcaklık bölgesinde (12) ve yüksek sıcaklık bölgesinin hemen çıkışında (122)

konumlandırılmış tepken girişleri (13, 14, 17) içermektedir.

- Reaktöre (1) beslenen yakıt ve/veya atıklar ile birinci tepken girişinden (13) giren tepkenlerin reaksiyona girmesi ile yüksek sıcaklık bölgesi girişine (121) yakın bölgede karbon monoksit fazla miktarda oluşmaktadır. Miktarca fazla oluşan karbon monoksit-gaz
- 5 karışımındaki karbon monoksit ikinci tepken girişinden (14) beslenen tepkenlerin reaksiyona girmesi ile harcanmakta (Grafik 4) ve hidrokarbonlar (metan, etan...vb) oluşmaktadır (Grafik 1 ve 2). Bu uygulamada gazlaştırma işlemi yapılırken tepken girişleri (13 ve 14) eş zamanlı ve sürekli beslenmektedir. Dolayısı ile reaktörden (1) çıkan karbon monoksit miktarı azaltılmakta ve çevreye daha az zararlı gaz salınımı yapılmaktadır. Aynı
- 10 zamanda farklı gaz kompozisyonları ile besleme yapan üçüncü ayarlanabilir tepken girişi (17) ile yüksek sıcaklık bölgesinde (12) yüksek kinetik dönüşümden oluşan gazların yüksek sıcaklık bölgesinde (12) istenen ve yüksek ısı verimli gaz kompozisyonuna yönelecek şekilde reaksiyon yönlendirmesi sağlamaktadır. Bir uygulamada, çıkan gazın karışımı ve yüzdeleri ölçülerek bu tepken girişlerinin (13, 14, 17) açısı ve reaktördeki (1)
- 15 geometrik konumları ayarlanmaktadır. Ayrıca bir uygulamada da çıkan gaza göre tepken girişlerinden (13 ve/veya 14 ve/veya 17) beslenen gazların kompozisyonları değiştirilebilmektedir. Böylece çıkan gaz kontrol edilebilmektedir. Buluş konusu reaktörde (1), beslemenin çıkan gaz bileşimini ayarlamak üzere kontrol edilmesi için gerekli tüm elektrik elektronik ve mekanik donanımlar geliştirilmiştir
- 20 Buluş konusu reaktör gövdesinde (10) yüksek sıcaklık bölgesi giriş ve çıkışına (121 ve 122) yakın konumlandırılmış girişten (13, 14 ve/veya 17) beslenen tepkenlere göre özel gaz kompozisyonları elde etmek de mümkün olmaktadır. Örneğin girişten (13,14 veya 17) buhar beslendiğinde farklı gaz kompozisyonları, metan beslendiğinde farklı gaz kompozisyonları elde etmek mümkün olmaktadır. Böylece geliştirilen bu gövde (10) ile
- 25 yüksek sıcaklık bölgesi çıkışındaki (122) gazlaşmada bir yüksek reaksiyon yönlendirme kapasitesi elde edilmiştir.

- Buluş konusu reaktörün (1) bir uygulamasında, yüksek enerjili gaz karışımının üretilmesi için yüksek sıcaklık bölgesi girişine (121) yakın ve ancak yüksek sıcaklık bölgesi (12) dışında bir yerde konumlandırılmış bir birincil tepken girişi (13 ve/veya 14), yüksek
- 30 sıcaklık bölgesi çıkışına (122) yakın ve ancak yüksek sıcaklık bölgesi (12) içinde bir yerde konumlandırılmış bir ikincil tepken girişi (14 ve/veya 17) içermektedir.

Tepken girişi (13, 14, 17) beslenen gazın yönünün belirlendiği bir besleme noktası içermektedir. Buluşun bir uygulamasında tepken girişi veya girişlerinin (13 ve/veya 14 ve/veya 17) besleme noktasının yönü ve açısı ayarlanabilmektedir.

5 Buluş konusu reaktörde (1) inorganik maddeler ısıyla eriyik haline gelip reaksiyona girmeden reaktörü (1) eriyik çıkışından (15) terk etmektedir.

10 Buluşta, reaksiyon sonucu reaktörü (1) terk eden gazların yüksek sıcaklık bölgesinden (12) çıkarak reaktörden (1) çıkış yaptığı gaz çıkışı (16), atık girişinden (11) farklı bir çıkıştır. Bir başka deyişle gaz çıkışı (16), atık girişinin (11) oluşturduğu açıklıktan farklı bir açıklığa sahiptir ve atık girişinden (11) giren yakıt ve/veya atıklar ile karşılaşmayacak şekilde gazlar bu açıklığın oluşturduğu bir diğer yola yönlendirilmekte ve bu yolun çıkışında bulunan gaz çıkışından (16) çıkış yapmaktadır.

15 Buluş konusu reaktörün (1) tercih edilen uygulamasında sıcaklık birimi (20), plazma arkları oluşturarak yüksek enerjili gaz karışımını oluşturan ve bu çıkan gaz karışımının sıcaklığını en az 1200 °C'ye ulaştıran en az bir elektrot içermektedir. Elektrotlar buluşun bir uygulamasında tercihen grafit olmaktadır ancak bununla sınırlı olmamaktadır.

Buluşun bir diğer uygulamasında yüksek sıcaklığı sağlayan elektrotlar kendi ekseninde etrafında dönerek gaz karıştırıcı gibi görev yapmaktadır. Böylece elektrotlar, gaz molekülleri arasındaki çarpışmayı artırarak reaksiyon hızını arttırmaktadır.

20 Buluşun bir uygulamasında sıcaklık birimi (20) çıkan gaz karışımının sıcaklığının 1600 °C'yi aşmasını sağlayacak yapıdadır.

25 Buluşun bir uygulamasında, atık itici (30), reaktörün (1) dikey kolu ile yatay kolu arasında konumlandırılmış olup dikey koldan yatay kola yakıt ve/veya atıkları yönlendirmektedir. Bu sayede reaktörün (1) dikey kolundaki tıkanmayı önleyerek reaktörde (1) yakıt ve/veya atıkların yüksek sıcaklık bölgesine (12) girişinden önce gazlaşmanın önlenmesine katkıda bulunmaktadır.

Buluşun bir uygulamasında atık itici (30) dönel itkili bir mekanizma içermektedir. Yakıt ve/veya atıklar döndürülerek yüksek sıcaklık bölgesine (12) atık itici (30) ile iletilmektedir. Ayrıca bir uygulamada atık itici (30) taraklı itkili bir mekanizmaya da sahip

olabilmektedir. Atık iticinin (30) tarakları atığın takılıp çökmemesini ve yüksek sıcaklık bölgesine (12) bütün atığın temasını sağlar.

Buluş konusu reaktörde (1) çıkan gazların sıcaklığını ölçen sıcaklık ölçme birimi (40), buluşun bir uygulamasında tercihen en az bir ısılıçift (thermocouple) içermektedir. Bu ısılıçiftler tercihen Radyum-Platinyum içermektedir. Bir başka uygulamada sıcaklık ölçme birimi (40) en az bir pirometre (pyrometer) içermektedir. Sıcaklık ölçme birimi (40) bunlarla sınırlı değildir. Buluşun tercih edilen bir uygulamasında sıcaklık ölçme birimi (40) yüksek sıcaklık bölgesi çıkışına (122) yakın bir yerde konumlandırılmıştır. Böylece oluşan gazların sıcaklığının en doğru şekilde ölçülmesi sağlanacaktır. Ayrıca başka bir uygulamada, en az üç sıcaklık ölçme birimi (40) hem yüksek sıcaklık bölgesi girişi (121), hem yüksek sıcaklık bölgesi (12), hem de yüksek sıcaklık bölgesi çıkışında (122) konumlandırılmaktadır.

Özetle reaktör (1) şu şekilde çalışmaktadır: Buluşta yakıt ve/veya atıklar ve tepkenler sürekli (continuous) olarak reaktöre (1) beslenmektedir. Reaktör (1), gazlaşma başlamadan önce sıcaklık birimiyle (20) en az 1200 °C'ye kadar ısıtılmaktadır. Sıcaklık ölçme birimi (40) göstergesinden yeterli sıcaklık gözlemlendikten sonra atık girişinden (11) yakıt ve/veya atıklar beslenmekte ve atık itici (30) döndürülerek yakıt ve/veya atıklar yüksek sıcaklık bölgesine (12) itilmektedir. Daha sonra yüksek sıcaklık bölgesinde (12) gazlaşma gerçekleşmektedir. Bu esnada tepkenler yüksek sıcaklık bölgesi giriş ve çıkışına (121 ve 122) yakın bir yerde konumlandırılan girişlerden (13, 14 ve/veya 17) beslenmektedir. Tepkenlerin beslenmesiyle yüksek sıcaklık bölgesinde (12) gerçekleşen reaksiyonlar sonrasında tüm karbon ve hidrojen atomları tepkimeye girerek hidrokarbonlar oluşmaktadır. Ve bu hidrokarbonlar hidrojen, metan, karbonmonoksit, karbondioksit, etan, oksijen vb. gazlara dönüşmektedir (**Denklem 1, 2 ve 3**). Böylece yüksek verimde gazlaştırma gerçekleştirilmiştir. Bu kontrollü sistem ile bütünleşik gazlaştırma sonucu elde edilen gaz karışımı yüksek enerjiye sahiptir.

Oluşan gazlar yüksek sıcaklıkla birlikte iyon haline gelmekte ve bu esnada son derece hızlı pek çok çift yönlü tepkime gerçekleşmektedir, katran da dâhil tüm hidrokarbonlar çözünmektedir. Normal plazma gazlaştırmaya göre daha az miktarda yanma son ürünü olan karbonmonoksit ve buhar ile daha fazla miktarda hidrokarbon bileşikler oluşur. Bu

zengin ısı enerjisiye sahip gaz karışımı gaz çıkışından (16) alınarak çeşitli motorlarda yakılarak elektrik veya mekanik enerjiye dönüştürülür.

Buluş konusu reaktör (1) aşağıdaki gazlaştırma yöntem (100) adımlarına göre çalışmaktadır.

- 5 Reaktörün (1) sıcaklık birimiyle (20) ısıtılması (101),
Reaktörde (1) yakıt ve/veya atıkların atık girişinden (11) beslenmesi (102),
Yakıt ve/veya atıkların yüksek sıcaklık bölgesine (12) iletilmesi (103),
Tepkenlerin reaktöre (1) sürekli beslenmesi (104),
Yüksek sıcaklık bölgesinde (12) reaksiyonların gerçekleşmesi (105),
- 10 Tepkenlerin beslenmesiyle yüksek sıcaklık bölgesinde (12) gerçekleşen reaksiyonlar sonrasında gazların oluşması (106),
Oluşan yüksek enerjili gazın, gaz çıkışından (16) reaktörü (1) en az 1200 °C sıcaklığa sahip olarak terk etmesi (107),
Tüm inorganik maddelerin ergiyerek eriyik çıkışından (15) reaktörü (1) terk etmesi (108).
- 15

Yöntemin bir uygulamasında 101. adımda reaktör (1) en az bir elektrot içeren sıcaklık birimiyle (20) ısıtılmaktadır. Yöntemin (100) bir uygulamasında 102. adımda yakıt ve/veya atıklar katı ve/veya sıvı ve/veya gaz fazda beslenmektedir.

- 20 Yöntemin (100) bir uygulamasında 104. adımda tepkenler girişlerden (13 ve/veya 14 ve/veya 17) eş zamanlı ve sürekli beslenmektedir.

- 25 Buluş konusu reaktör çalışma yönteminin (100), 104. adımında tercihen birinci tepken girişinden (13), oksijen veya oksijenle birlikte oksijene oranla az miktarda buhar karışımı ve ikinci tepken girişinden (14) buhar veya buharla birlikte buhara oranla az miktarda oksijen karışımı beslenmektedir. Yöntemin (100) bir uygulamasında 104. adımda tepken olarak oksijen ve su buharı yanında karbondioksit, hidrojen, azot, etan, metan gazlarından en az biri kullanılmaktadır.

Yöntemin (100) bir uygulamasında (106 veya 107). adımda oluşan gazlar hidrokarbonlar, hidrokarbonlardan dönüşen hidrojen, metan, karbon monoksit, karbondioksit, etan, oksijen gazları olmaktadır.

5 Yöntemin (100) bir uygulamasındaysa, (104). adımda tepken olarak karbondioksit, hidrojen, azot, etan, metan, oksijen, su buharından en az birinin kullanılmaktadır.

Bu yöntemde (100) 106. ve 107. adımlarda tepken girişinden (13, 14 ve/veya 17) beslenen tepkenlere göre özel gaz kompozisyonları elde edilmekte ve böylece yüksek sıcaklık bölgesi çıkışındaki (122) gazlaşmada yüksek enerji üretme kapasiteli gazlar oluşmaktadır.

10 Yöntemin (100) bir uygulamasında, çıkan gaza göre tepken girişinden/girişlerinden (13 ve/veya 14 ve/veya 17) beslenen gazların kompozisyonları değiştirilmektedir.

Yöntemin (100) bir uygulamasında, çıkan gazın karışımı ve yüzdelerinin ölçülerek tepken girişi/girişlerinin (13 ve/veya 14 ve/veya 17) açısı ve reaktördeki (1) geometrik konumları ayarlanmaktadır.

15 Yöntemin (100) bir uygulamasında, (107). adımda oluşan yüksek sıcaklıklı gazlar reaktörden (1) çıktıktan sonra bir türbinde ve/veya çevrimlerde kullanılmak üzere basınçlandırılabilir.

20 Yöntemin (100) bir uygulamasında, yakıt ve/veya atığın geldiği yönün ters yönüne doğru yönlendirilmesi için gaz çıkış (16) açıklığına doğru yüksek sıcaklıktaki gazlar emilmektedir.

25 Yöntemin (100) diğer bir uygulamasında ikincil gaz besleme bölümüne karbondioksit beslendiğinde ise ikincil ve birincil besleme ile beslenen diğer çeşit gazlar ve plazma ile üretilmiş gazlar sayesinde karbondioksit yeniden oluşumu meydana gelmekte ve hem karbon hem de bu yeniden oluşum ile karbondioksit içindeki karbon; hidrojen ve diğer bileşenlerle birleşip hidrokarbon gazlarının ürün karışımı içindeki miktarı artırılarak yüksek verimli gaz elde edilmektedir. Bu proses karbondioksitin yeniden oluşumu açısından dünyaya çok önemli bir kazanım kapısını aralamaktadır. Buluşun bu niteliği en öne çıkan niteliğidir. Bu değişim kontrollü tepken girişleri (13, 14 ve/veya 17) ile
30 sağlanmıştır.

Buluşun diğer bir uygulamasında verimi artırmak için yüksek sıcaklıklı gazı atmamak gerektiğinden bu gaz bir ısı değıştiriciden geçirilmekte, böylece reaktöre (1) giren yakıt ve/veya atıkların ve tepken gazlarının ön ısıtılması sağlanabilmektedir.

- 5 Diğer bir uygulamada yüksek sıcaklıklı gazlar bir türbine girerek enerji üretimi sağlanmaktadır. Bu türbin çıkışından sonra gazlar bir buhar ısıtma ve buhar çevrimine tabi tutularak enerji üretimi sağlanmıştır.

- 10 Söz konusu buluş ile her türlü atık ve yakıt yüksek verimle gazlaştırılmakta, kül ve katranın problem olması engellenmektedir. Buluş ile her türlü boyutta reaktör (1) üretilmektedir. Bu sayede geri dönüşüm yapılmak üzere atıkların başka bir bölgeye taşınmasına gerek kalmadan yerinde değerlendirilmesi ve enerjiye dönüştürülmesi sağlanmış ve atıkların taşınmasından doğan kirlilik ve ekonomik problemler bertaraf edilmiştir.

- 15 Bunun yanında plazma gazlaştırma yöntemiyle yüksek sıcaklıklarda yüksek enerji verimi için katranın da çözünmesiyle yüksek oranda yanıcı gazların oluşumu ve inorganik maddelerin ergitilerek kül probleminin de bertarafı sağlanmıştır. Kontrollü yeniden oluşum ile plazma reaktörü (1) sadece bir yeniden oluşum reaktörü gibi çalıştırılabilmektedir.

- 20 Ayrıca düşük sıcaklıkta eriyip buharlaşabilen çinko, kurşun, alüminyum gibi katıların eriyik olarak yerçekimi etkisi ile reaktör (1) dışına alınıyor olmasıyla sağlığa zararlı ağır metallerin buharlaşarak atmosfere gitmesi engellenmiştir.

- 25 Buluş, yukarıda açıklanan uygulamalar ile sınırlı olmayıp, teknikte uzman kişi kolaylıkla buluşun farklı uygulamalarını ortaya koyabilir. Bunlar, buluşun istemler ile talep edilen koruması kapsamında değerlendirilmelidir.

DENKLEMLER:

- 30 Reaksiyonlarda (1, 2 ve 3) çıkan ürünler aşağıdaki denklemlerde verilen ürünlerle sınırlı değildir.

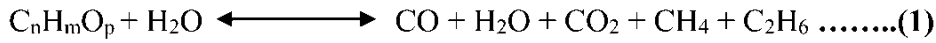
Ölçümle alınan gaz değerlerinden buhar ve oksijenle oluşan gazlaştırma reaksiyonları aşağıda verilmektedir:

Buharla plazma gazlaştırma;

5

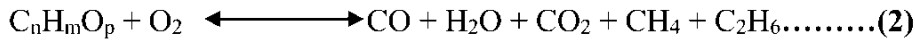
1200°C’de ve daha yüksek sıcaklıklarda tüm tepkimelerin endotermik yönde ilerlemesi nedeniyle her üç tip gazlaştırmada da yaklaşık olarak aynı ürünler yakın oranlarda oluşmuştur. Denklemlerde (1, 2 ve 3) reaksiyon sonucunda oluşan ürünlerde katı karbon oluşmadığı görülmektedir.

10



Oksijenle plazma gazlaştırma;

15



1200°C’den sonra tepkimenin endotermik yönde meydana gelmesi sonucu HC bileşikleri oluşmuş ve CO miktarı düşmüştür.



20

Gerçekleştirilen patent konusu olan buluşun deneysel sonuçları ve kazanılan farklılıklar aşağıda verilmiştir. Buluşta literatürde bulunmayan yüksek sıcaklıklarda gaz verimi ve yüksek ısı enerjili gaz elde metotlarının tümü yani yüksek sıcaklık uygulamaları ve kazanımları patent içine alınmış olmaktadır. Sonuçlar somut olarak literatürde ilk defa verilmiştir.

25

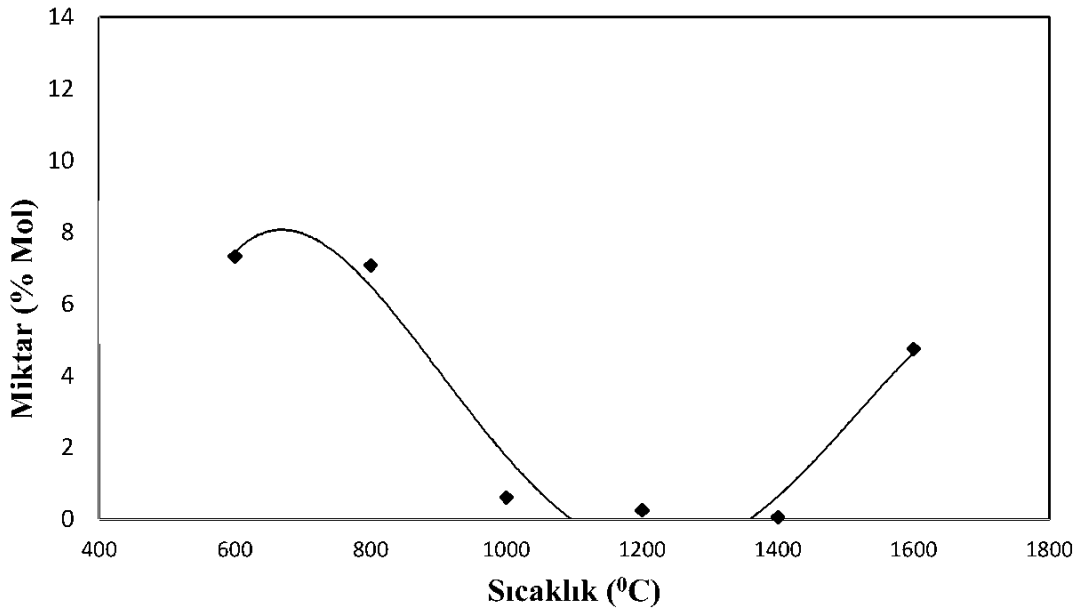
-Sadece plazmayla gazlaştırma

Etan (C₂H₆)

Kaynaklarda genellikle gazlaşma esnasında yüksek oranlarda etan çıktığı belirtilmemektedir. Grafik 1’de etan oluşumunun sıcaklıkla değişimi görülmektedir. Yapılan deneylerde özellikle 600°C ve 800°C de % 7’ye varan oranlarda etan çıktığı

30

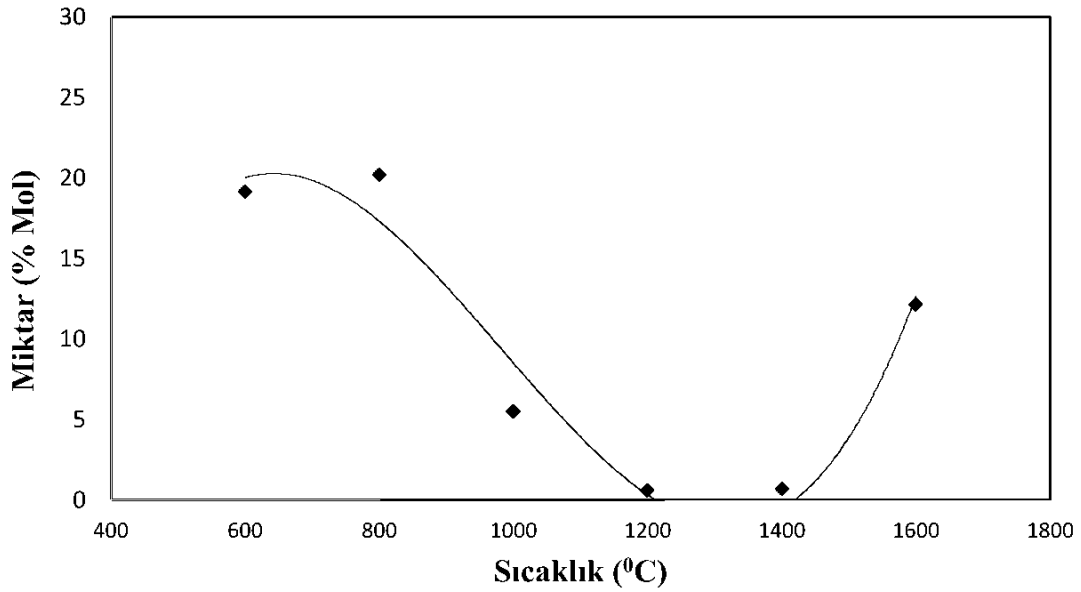
görülmektedir. Değerlendirilen ve incelenen kaynaklarda etanın görülmemesi ve eser miktarda olması, plazma gazlaştırmanın yapısal klasik gazlaştırma sistemlerinden farklı bir kinetik mekanizmaya sahip olduğunu göstermektedir. Gazlaştırma sıcaklığı arttıkça etan oranı azalmakta ve 1000°C'den sonra kaynaklara uygun olarak önemsiz bir değere düşmektedir. Ancak, ilginç ve kaynaklarda görülmediği biçimde 1400°C'den daha yüksek sıcaklıklara gidildiğinde 1600°C'de deneylerde tekrar etan oranının %6 gibi yüksek bir değerde arttığı görülmektedir. Böyle bir değişim hiçbir kaynakta, bugüne kadar not edilmemiştir. Grafik 1'de bu kayda değer değişim açık şekilde görülmektedir.



Grafik 1: Etan oluşumunun sıcaklıkla değişimi

Metan (CH₄)

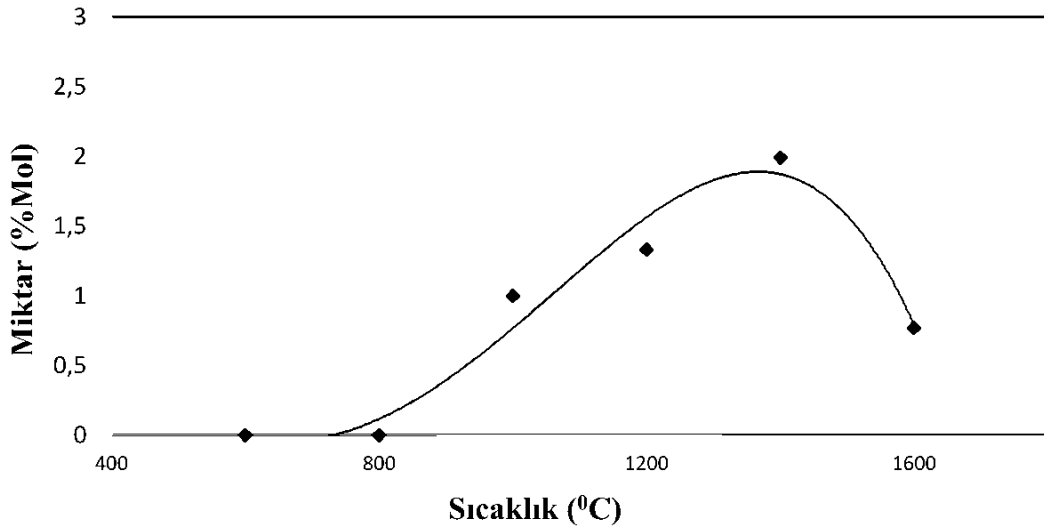
Gazlaştırma prosesinin en önemli ürünlerinden biridir. Düşük sıcaklık değerlerinde (600°C ve 800°C) %20 varan oranlarda metan üretimi gerçekleşmektedir. Grafik 2'de metan oluşumunun sıcaklıkla değişimi görülmektedir. Sıcaklık yükseldikçe metan oranı düşmektedir. 1200°C'den sonra çok önemsiz miktarlarda metan üretimi meydana gelmiştir. Sıcaklık arttıkça metanlaşma tepkimelerinin azaldığı görülmektedir. Kaynaklara uygun olarak düşük sıcaklıklarda hidrokarbon bileşikler oluşmaktadır. Ancak tüm hidrokarbon gazlarında olduğu gibi, 1600°C'de yapılan deneyde ani bir metan artışı görülmektedir. 1400°C'ye kadar olan veriler kaynaklara uygun olduğu görülmektedir.



Grafik 2: Metan oluşumunun sıcaklıkla değişim

Hidrojen (H₂)

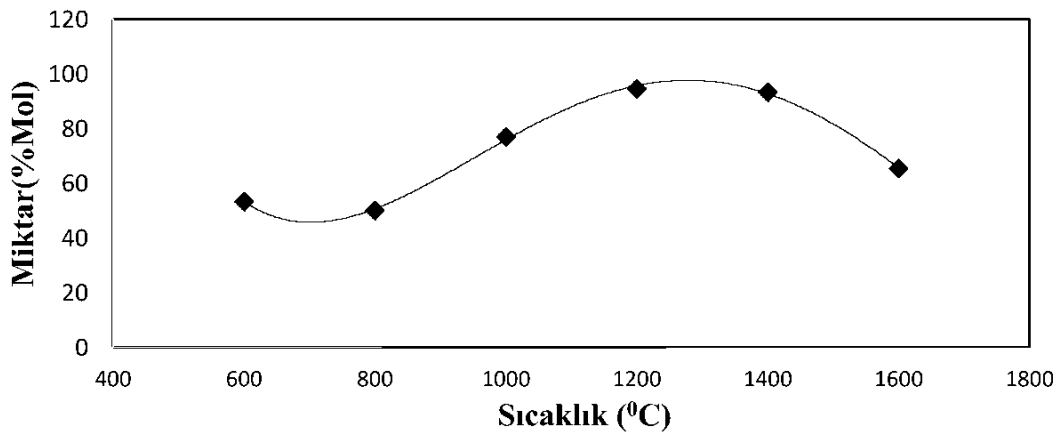
Grafik 3'te hidrojen oluşumunun sıcaklıkla değişimi görülmektedir. Hidrojen oluşumu 800°C'den sonra artmaya başlamakta ve sürekli artan bir seyir göstermektedir. Kaynaklara uygun olmasına rağmen oranı biraz düşük kalmaktadır. Bu da gazlaştırılan malzemenin içeriğinin ve reaktörde (1) gerçekleşme imkânı bulan tepkimelerin sonucudur. Ancak 1600°C'de yapılan deneyde ani bir hidrojen düşüşü görülmektedir. Bu da hidrojen veren tepkimelerin azaldığını metan üreten tepkimelerin oluştuğunu göstermektedir. Üstelik gözlenen bu farklılığın, tüm diğer gaz bileşenleri için aynı kendine has değişimde gözlemlendiği ve bunun rastlantıdan ibaret olmadığı anlaşılmaktadır. Oldukça dikkat çekici bir bulgudur. Metan, etan gibi hidrokarbonların artışı hidrojenin düşmesi değişimi doğrulamaktadır. Burada ikincil tepkimeler başlamakta ve gelişmektedir.



Grafik 3: Hidrojen oluşumunun sıcaklıkla değişim

Karbon monoksit (CO)

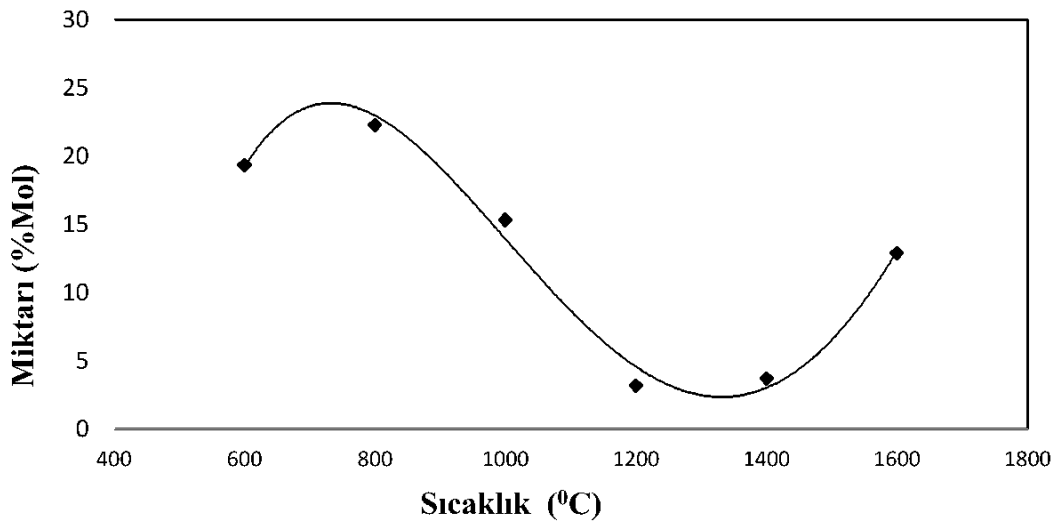
En önemli gazlaştırma ürünlerinden biri de karbon monoksittir. Grafik 4’de karbon monoksit oluşumunun sıcaklıkla değişimi görülmektedir. Düşük sıcaklıklarda bile %65 gibi yüksek değerlerde oluşmaktadır. Özellikle 1400°C gibi yüksek sıcaklıklarda %95 gibi değerlere gelmiştir. Bu da yüksek sıcaklıklarda karbondioksitin tepkimeye girerek karbon monoksit oluşturduğunu göstermektedir. Ancak 1600°C’de yapılan deneyde ani bir karbon monoksit düşüşü görülmektedir. Bu da yüksek sıcaklıklarda tepkimelerin karbon monoksit azaltacak yönde geliştiğini göstermektedir.



Grafik 4: Karbon monoksit oluşumunun sıcaklıkla değişim

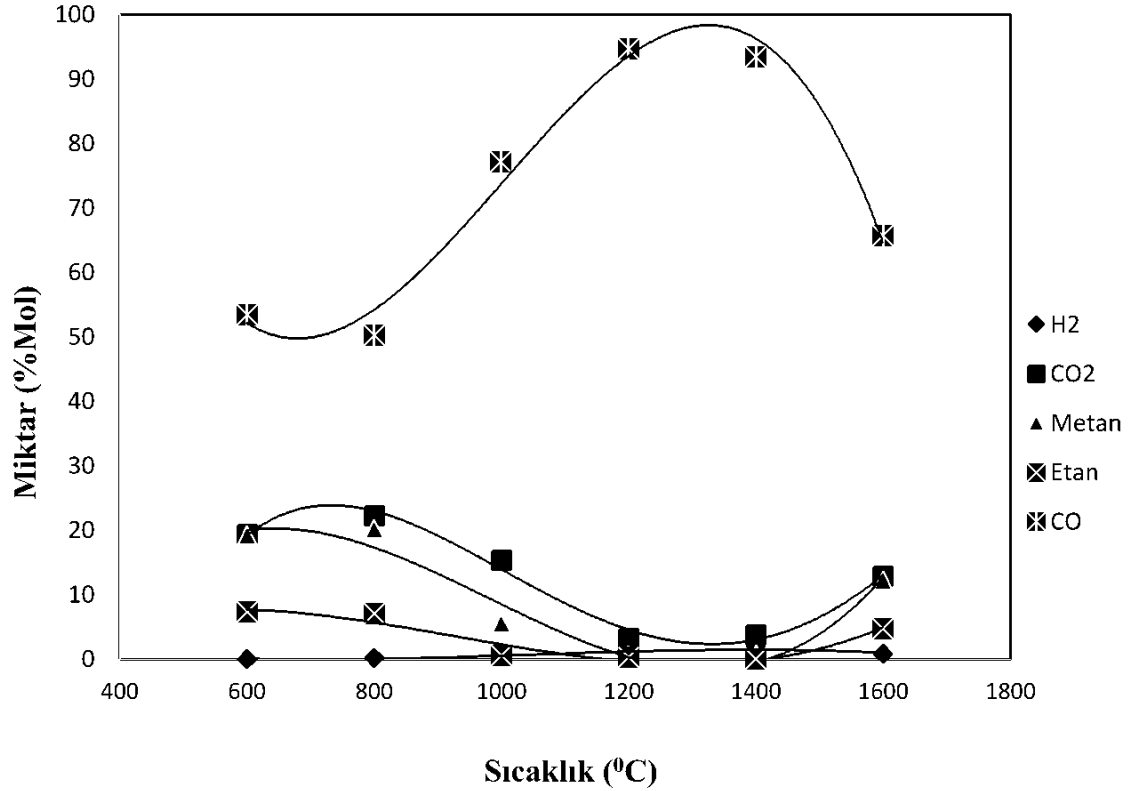
Karbon dioksit (CO₂)

Düşük sıcaklıklarda gazlaştırma ürünü olarak karbon dioksit %25 gibi oranlara çıkmıştır. Yüksek sıcaklıklarda ise %3 gibi çok düşük değerlere kadar düşmektedir. Bir enerji değeri olmadığından istenen bir ürün değildir. Özellikle 800°C den sonra düşmeye başladığı açıkça görülmektedir. Grafik 5'te karbon monoksit oluşumunun sıcaklıkla değişimi görülmektedir. Ancak 1600°C'de yapılan deneyde ani bir karbon dioksit yükselişi görülmektedir.



Grafik 5: Karbon dioksit oluşumunun sıcaklıkla değişim

- 10 Grafik 6'da gazlaşma sonucu oluşan gaz oranlarının değerleri toplu olarak görülmektedir. Hidrojen ve karbon monoksit oranları sürekli artarken diğer gazların oranları düşmüştür. Karbon monoksit dışındaki ürünlerin 1400°C de oranlarının bir birini çok yaklaştığı görülmektedir. Bu durum kaynaklara ve gazlaşma tepkimelerine uygundur. Ancak 1600°C' de yapılan deneyde karbon monoksit ve hidrojen oranları düşerken buna bağlı olarak diğer gazların oranının arttığı görülmektedir. Bu da yüksek sıcaklıklarda etan, metan ve karbondioksit oluşacak şekilde tepkimelerin gerçekleştiğini göstermektedir.
- 15

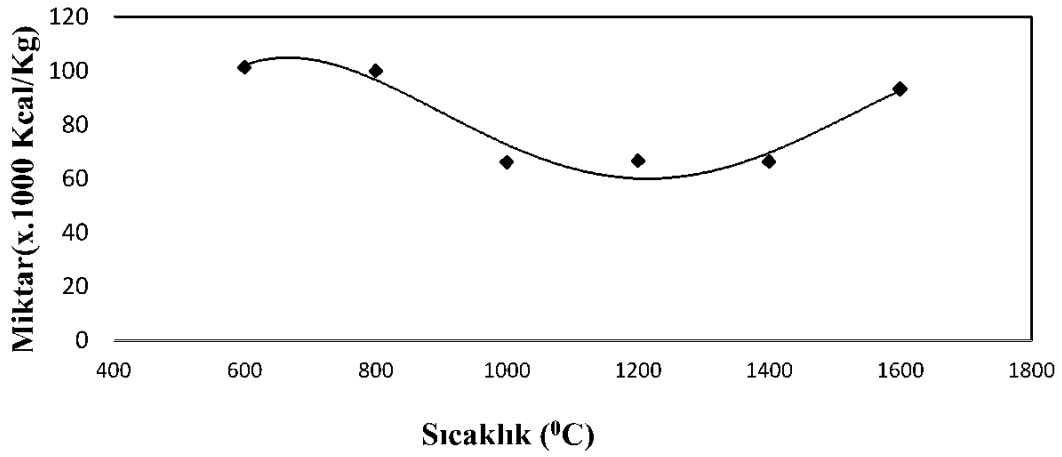


Grafik 6: Plazma gazlaştırma ürünü gazların oluşumunun sıcaklıkla değişim

Grafik 7’de gazlaştırma sonucu oluşan gazların alt ısı değerleri toplamının sıcaklıkla değişimi görülmektedir. Karışım gazının hesaplanan alt ısı değeri oluşan yanıcı gazların ısı değeri olup sadece sıcaklık artışına bağlı olarak gazlaşma ürünlerinin ısı değerindeki değişimi vermektedir. Gazlaştırılan numunenin toplam ısı değeri değildir. Çünkü gazlaşma esnasında su (sıvı) ve siyah karbon (C) (katı) da oluşmaktadır. Isıl değer 800°C’den sonra düşmeye başladığı 1200°C’den sonra ise düşüşün çok azaldığı ve 1600°C ise tekrar ısıl değer ın yükseldiği görülmektedir. Bu da zaten gaz kompozisyonlarının değişimine uygundur ve yüksek sıcaklıklardaki gazlaşmada gazların ısıl değerinin arttığını göstermektedir.

-Oksijenle plazma gazlaştırma

Plazma gazlaştırmada tepken olarak saf oksijen kullanılarak yapılan gazlaştırma deney sonuçları Çizelge 1’de verilmiştir. Bu çizelgeye gaz karışımındaki yanıcı gazların A.I.D (alt ısıl değer) hesaplanarak ilave edilmiştir. Aynı şartlarda yapılan deneylerde gaz oluşum grafikleri çizilirken en yüksek ısıl değere sahip deney verileri kullanılmıştır.



Grafik 7: Alt ısı değerinin sıcaklıkla değişimi

Çizelge 1: Oksijenle plazma gazlaştırma tablosu

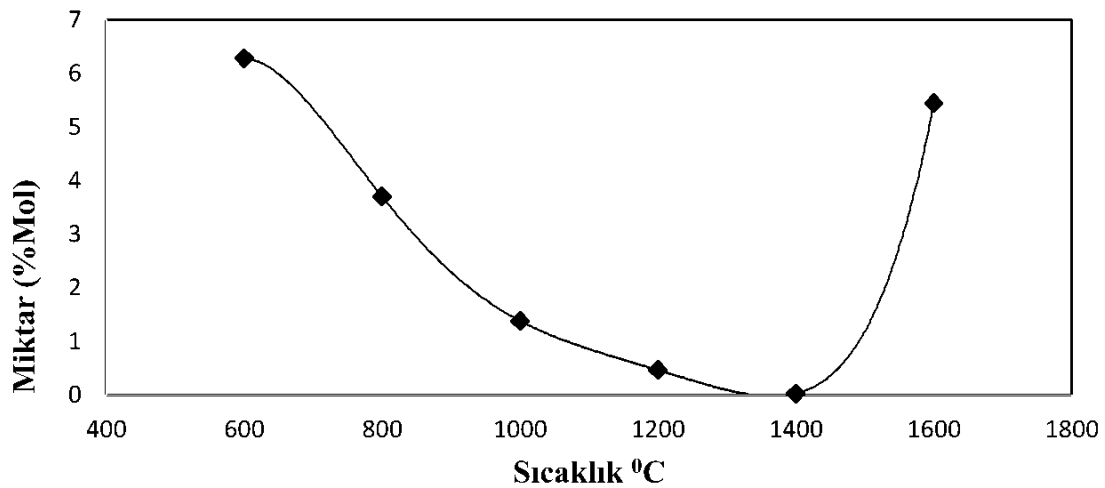
Deney No	Metan%	Etan%	CO ₂ %	CO%	H ₂ %	A.I.D.Kcal/Kg	
1	7,3848692	1,3734043	29,80784	60,1725065	0,613867	60776,95203	1000°C O ₂
6	4,1753203	0,4921873	9,511092	85,027283	0,607405	68134,83838	1000°C O ₂
11	5,2988672	0,3663523	13,49734	79,3736069	0,889398	66118,48517	1200°C +20 O ₂
13	2,9061691	0,2117931	3,4763	89,6426617	3,582328	69479,05051	1200°C +20 O ₂
14	7,0304333	0,4620412	5,825028	83,9128767	2,458879	73805,2828	1200°C +40 O ₂
16	14,640047	3,6922404	19,73104	61,1850493	0,465399	84244,625	800°C + O ₂ ,
17	14,426193	2,3031898	12,34863	69,1010673	1,462936	84437,79877	1000°C + O ₂ ,
19	1,1179977	0,1345425	3,537511	94,2597065	0,853416	67317,51201	1200°C + O ₂
25	0,6979259	0,0611897	5,336528	92,5745409	1,267717	65321,07719	1300°C +O ₂

27	0,1529741	0,021129	3,485444	95,533043	0,785718	65856,64379	1400°C +O ₂
28	17,43314	6,2850511	18,14585	57,2054682	0	96631,09009	600°C _O ₂
30	6,1357087	0,8656013	66,98349	25,2418129	0,70317	32696,16084	700°C _O ₂
32	11,201512	2,607462	11,18229	73,6873842	0,727677	82124,83924	800°C _O ₂
33	17,443825	6,338486	24,52986	50,9191194	0	92578,8123	600°C _O ₂
42	17,192503	5,4420535	10,08008	66,082609	0,831661	99438,89209	1600°C O ₂

Etan (C₂H₆)

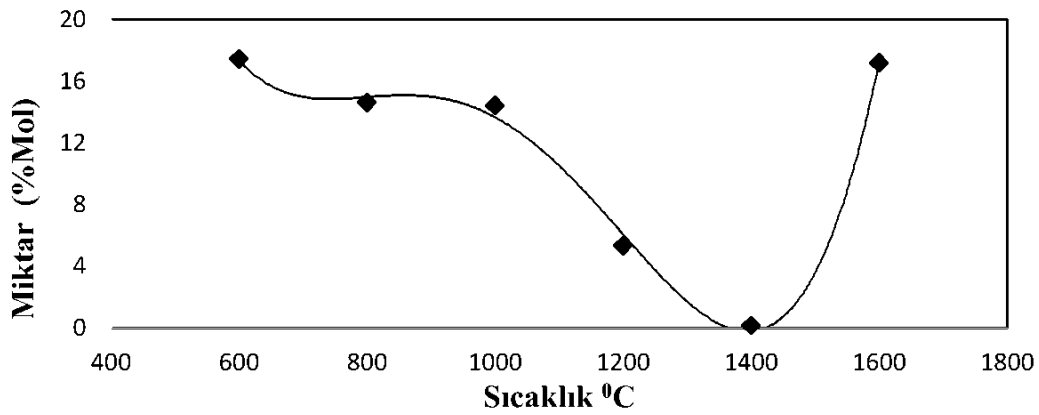
Kaynaklarda genellikle gazlaşma esnasında yüksek oranlarda etan çıktığı belirtilmemektedir. Grafik 8’de etan oluşumunun sıcaklıkla değişimi görülmektedir. Yapılan deneylerde özellikle 600°C de % 6’yı geçen oranda etan çıktığı görülmektedir.

- 5 Gazlaştırma sıcaklığı arttıkça oran düşmekte ve 1400°C den sonra kaynaklara uygun olarak önemsiz bir değere gelmektedir. Ancak 1600°C’ de yapılan deneyde tekrar etan oranının %6 civarında arttığı görülmektedir. Buda oksijenle plazma gazlaştırmada yüksek sıcaklıklarda yüksek oranda etan oluştuğunu göstermektedir.



Metan (CH₄)

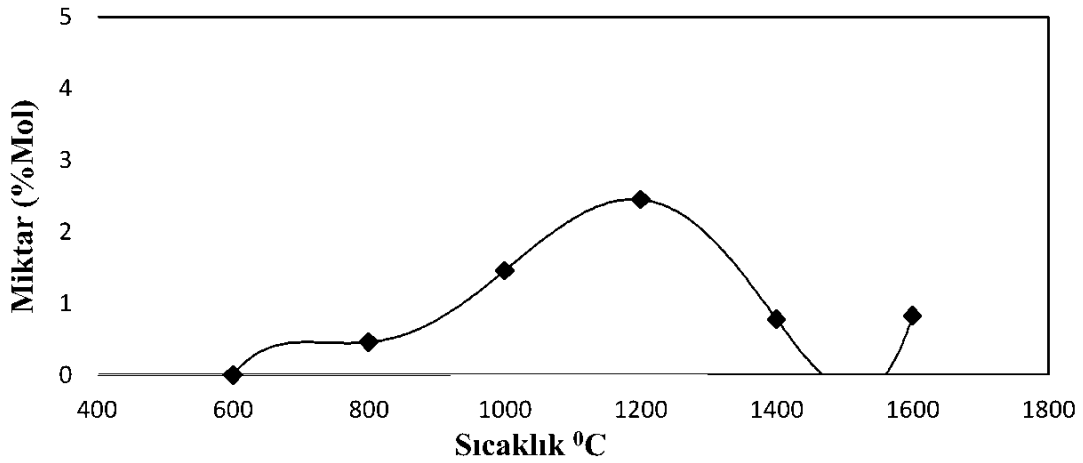
Gazlaştırma sürecinin en önemli ürünlerinden biridir. Düşük sıcaklık değerlerinde (600°C) %18 varan oranlarda metan üretimi gerçekleşmektedir. Grafik 9'da metan oluşumunun sıcaklıkla değişimi görülmektedir. Sıcaklık yükseldikçe metan oranı düşmektedir. 1400°C de çok önemsiz miktarlarda metan üretimi meydana gelmiştir. Sıcaklık arttıkça metanlaşma tepkimelerinin azaldığı görülmektedir. Ancak 1600°C'de yapılan deneyde metan da %18 gibi yüksek artış görülmektedir. 1400°C'ye kadar olan verilerin kaynaklara uygun olduğu görülmektedir. 1200°C'de en fazla %5 metan oluştuğu kaynaklarda görülmektedir. Kaynaklardaki değerlerin oluşum şartları açıkça belirtilmemekte bu nedenle gaz arıtma işlemlerinden sonra ölçüldüğü tahmin edilmektedir.



Grafik 9: Metan oluşumunun sıcaklıkla değişim

Hidrojen (H₂)

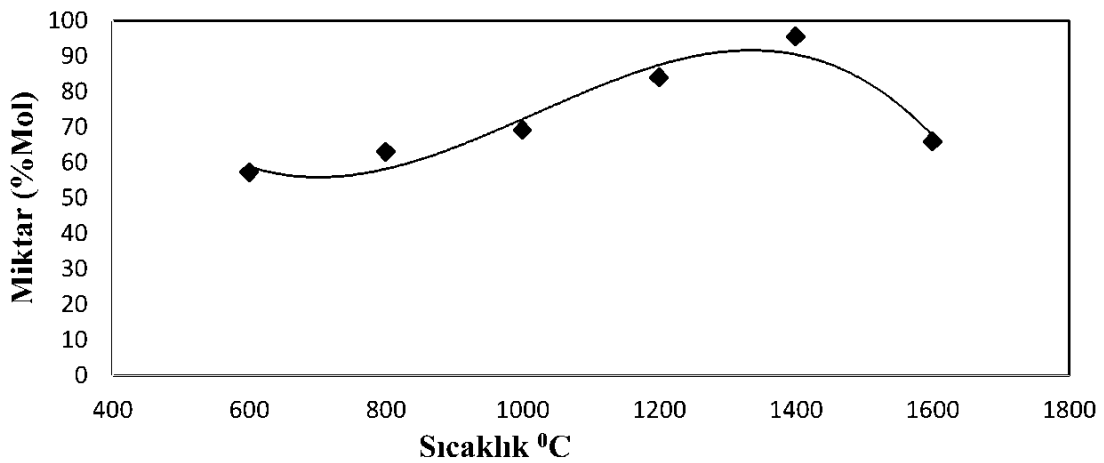
Grafik 10'da hidrojen oluşumunun sıcaklıkla değişimi görülmektedir. Hidrojen oluşumu 800°C den sonra artmaya başlamakta ve sürekli artan bir seyir göstermektedir. Kaynaklara uygun olmasına rağmen oranı oldukça düşük kalmaktadır. 1200°C'de %3 gibi en yüksek değere gelmekte ve sonrasında kaynakların aksine düşmektedir. 1400-1600°C' de yapılan deneylerde yatay bir seyir görülmektedir. Bu da hidrojen veren tepkimelerin azaldığını göstermektedir. 1200°C'de %25-30 ve %28-36 gibi çok yüksek değerler verilmektedir. Bu değerler olsa olsa çok iyi bir gaz temizleme proseslerinin sonunda elde edilebilir. Çünkü gazlaştırılan malzemelerin kimyasal yapıları incelendiğinde molar olarak %6-10 civarında hidrojen içermektedir. Oksijenle plazma gazlaştırma da göz önüne alındığında bu değerlerin elde edilmesi fiziken mümkün değildir.



Grafik 10: Hidrojen oluşumunun sıcaklıkla değişim

Karbon monoksit (CO)

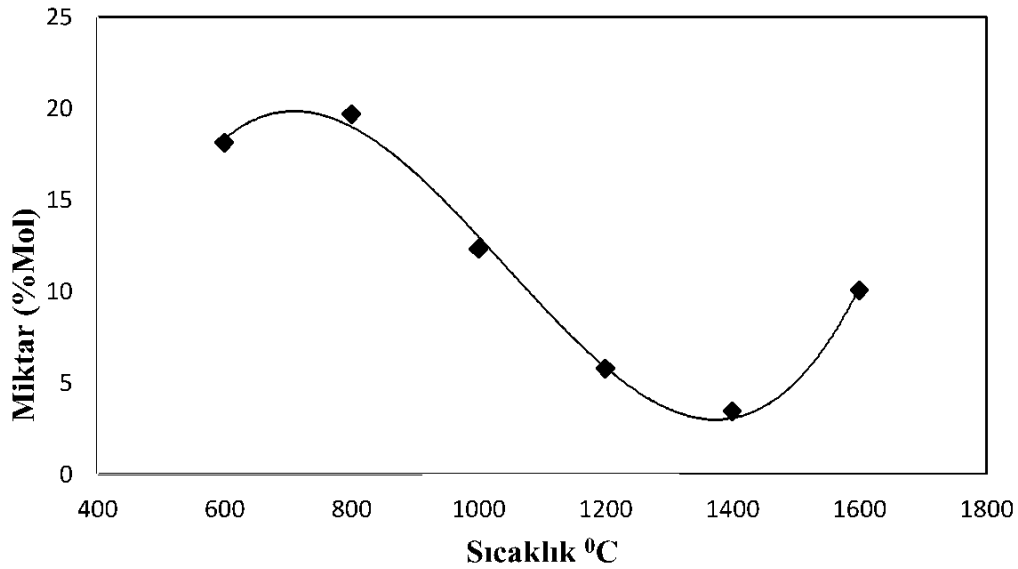
En önemli gazlaştırma ürünlerinden biri de karbon monoksittir. Grafik 11’de karbon monoksit oluşumunun sıcaklıkla değişimi görülmektedir. Düşük sıcaklıklarda bile %67 gibi yüksek değerlerde oluşmaktadır. Özellikle 1400°C gibi yüksek sıcaklıklarda %95 gibi değerlere gelmiştir. Bu da yüksek sıcaklıklarda karbondioksitin tepkimeye girerek karbon monoksit oluşturduğunu göstermektedir. Ancak 1600°C’de yapılan deneyde bir karbon monoksit düşüşü görülmektedir. Bu da yüksek sıcaklıklarda tepkimelerin karbon monoksit azaltacak yönde geliştiğini göstermektedir. 1200°C’de %30-60 ve %42-44 gibi çok yüksek değerler verilmektedir. Bu değerler deneysel çalışma sonuçlarına göre biraz düşük kalmaktadır. Hidrojen oranının yüksek gösterilmesinden dolayı düşük olduğu anlaşılmaktadır.



Grafik 11: Karbon monoksit oluşumunun sıcaklıkla değişim

Karbondioksit (CO₂)

Grafik 12’de karbon monoksit oluşumunun sıcaklıkla değişimi görülmektedir. Düşük sıcaklıklarda gazlaştırma ürünü olarak karbon dioksit %20 gibi oranlara çıkmıştır. Yüksek sıcaklıklarda ise %3 gibi çok düşük değerlere kadar düşmektedir. Bir enerji değeri olmadığından istenen bir ürün değildir. Özellikle 800°C den sonra düşmeye başladığı 1400°C’de %5 seviyesine kadar düştüğü görülmektedir. Ancak 1600°C’de yapılan deneyde ani bir %10 seviyesinde yükseliş görülmektedir. 1200°C’de kaynaklardaki %5-15 ve %0 gibi değerler bile kendi arasında bir tutarlılık göstermemektedir. Ancak %5-15 değerleri deneysel çalışmadaki verilere oldukça yakın değerler vermektedir. Kaynaklarda deneylerin yapılış koşulları ve deney numunelerinin alınış koşulları net olarak belirtilmediğinden daha gerçekçi değerlendirmeler yapmak mümkün olmamaktadır.

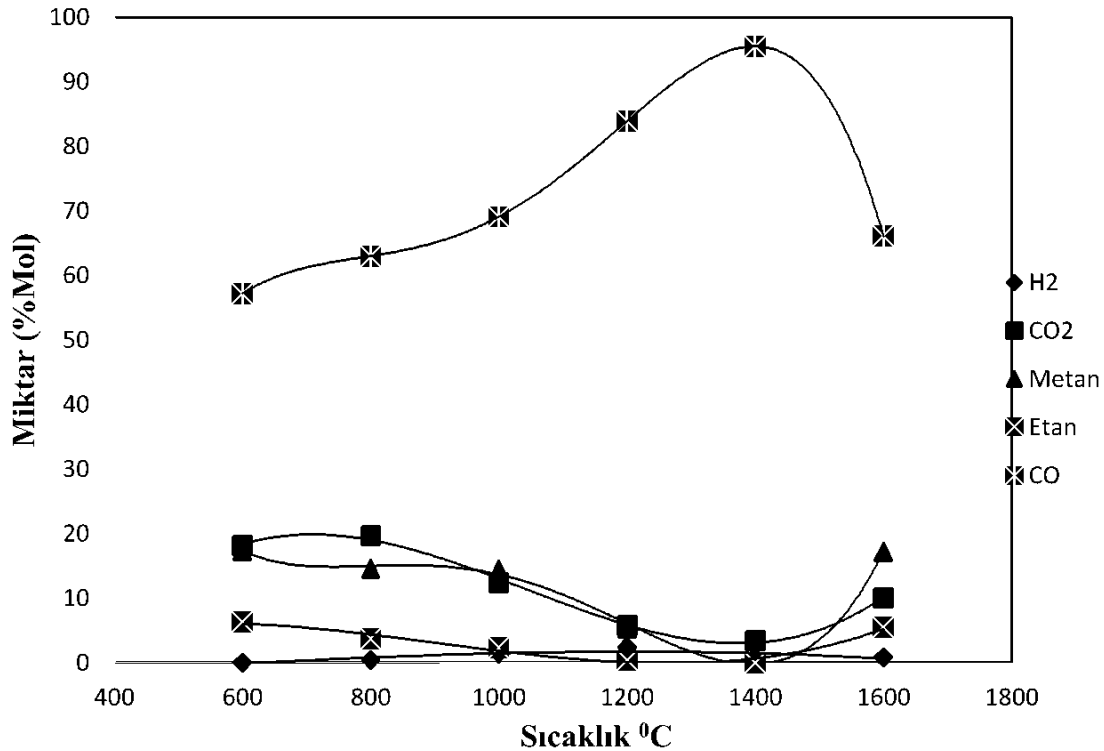


Grafik 12: Karbondioksit oluşumunun sıcaklıkla değişim

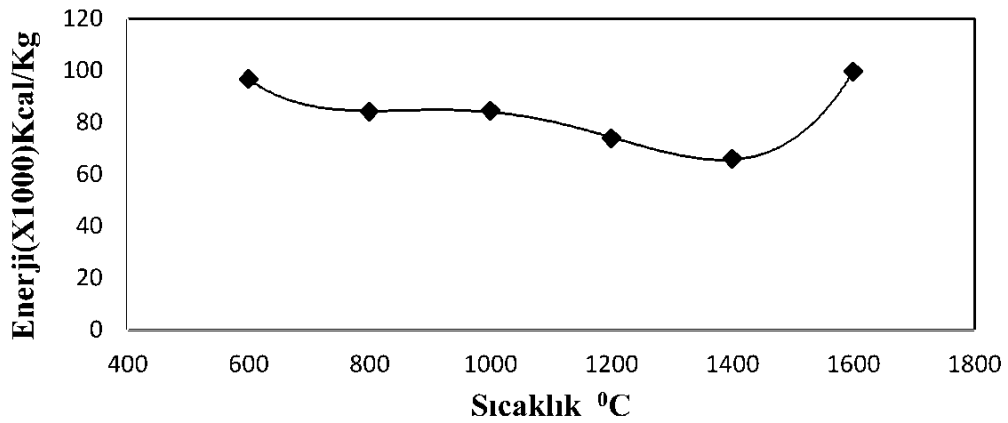
Grafik 13’te oksijenle plazma gazlaşma sonucu oluşan gazların değerleri toplu olarak görülmektedir. Hidrojen ve karbon monoksit sürekli artarken diğer gazlar düşmüştür. Karbon monoksit dışındaki ürünlerin 1400°C de oranlarının birbirini çok yaklaşırken karbon monoksit en yüksek değerde olduğu görülmektedir. Bu durum kaynaklara ve gazlaşma tepkimelerine uygundur. Ancak 1600°C’de yapılan deneyde karbon monoksit ve hidrojen oranları düşerken buna bağlı olarak diğer gazların oranının arttığı görülmektedir. Bu da yüksek sıcaklıklarda etan, metan ve karbon dioksit oluşacak şekilde tepkimelerin gerçekleştiğini göstermektedir. Kaynaklardaki verilerin alınış koşulları net olarak

verilmediğinden deneysel çalışmada elde ettiğimiz sonuçlarla sağlıklı bir şekilde karşılaştırılması mümkün olmamaktadır. Genellikle yaklaşık değerler verilmesi yanında gaz iyileştirme proseslerinden sonraki gaz karışım oranları verilmekte olduğu anlaşılmaktadır. Deneysel çalışma sonuçlarında oluşan su ölçülememiğinden dikkate alınmamıştır. Ancak bazı kaynaklar su oranlarını da vermekte ancak nasıl ölçüldüğü ile ilgili bir açıklama bulunmamaktadır.

Grafik 14'te gazlaştırma sonucu oluşan gazların alt ısı değerleri toplamının sıcaklıkla değişimi görülmektedir. Karışım gazının hesaplanan alt ısı değeri oluşan yanıcı gazların ısı değeri olup sadece sıcaklık artışına bağlı olarak gazlaşma ürünlerinin ısı değerindeki değişimi vermektedir. Gazlaştırılan numunenin toplam ısı değeri değildir. Çünkü gazlaşma esnasında su (sıvı) ve siyah karbon (C) (katı) da oluşmaktadır. Isıl değerin 800°C den sonra düşmeye başladığı 1400°C'ye kadar düştüğü ve 1600°C ise tekrar ısıl değerin yükseldiği görülmektedir. Bu da zaten gaz kompozisyonlarının değişimine uygundur ve yüksek sıcaklıklardaki gazlaşmada gazların ısıl değerinin arttığını göstermektedir.



Grafik 13: Oksijenle plazma gazlaştırma ürünü gazların oluşumunun sıcaklıkla değişimi



Grafik 14: Oksijenle plazma gazlaştırma ürünü gazların A.I.D'nin sıcaklıkla değişimi

-Buharla Plazma Gazlaştırma

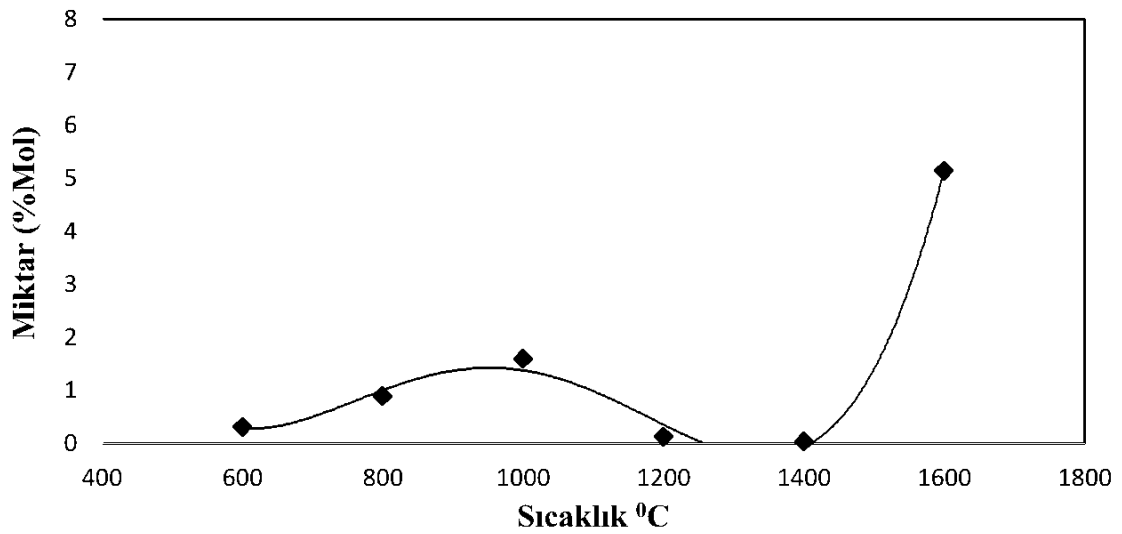
Plazma gazlaştırmada tepken olarak buhar kullanılarak yapılan gazlaştırma deney sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Bu çizelgeye gaz karışımındaki yanıcı gazların A.I.D hesaplanarak ilave edilmiştir. Aynı şartlarda yapılan deneylerde gaz oluşum grafikleri çizilirken en yüksek ısı değere sahip deney verileri kullanılmıştır.

Çizelge 2: Buharla plazma gazlaştırma tablosu

Deney No	Metan%	Etan%	CO ₂ %	CO%	H ₂ %	A.I.D.Kcal/Kg	
21	2,8736293	0,1353949	6,137477	88,591382	2,161848	67585,45	1200°C +H ₂ O
23	0,4278399	0,0446368	3,061694	92,8232943	3,605197	66259,09	1400°C +H ₂ O
35	4,650918	0,3643017	42,2169	52,6853081	0	46187,76	600°C +H ₂ O
36	2,95467	0,3168668	35,06409	61,61557	0	48830,25	600°C +H ₂ O
37	6,5923512	0,8915498	21,82545	70,1694929	0,437312	64099,99	800°C +H ₂ O
38	8,872136	1,6060828	14,55122	73,202981	1,606699	73970,61	1000°C +H ₂ O
41	16,452917	5,1415812	11,31276	65,9342081	0,806032	96744,93	1600°C H ₂ O

Etan (C_2H_6)

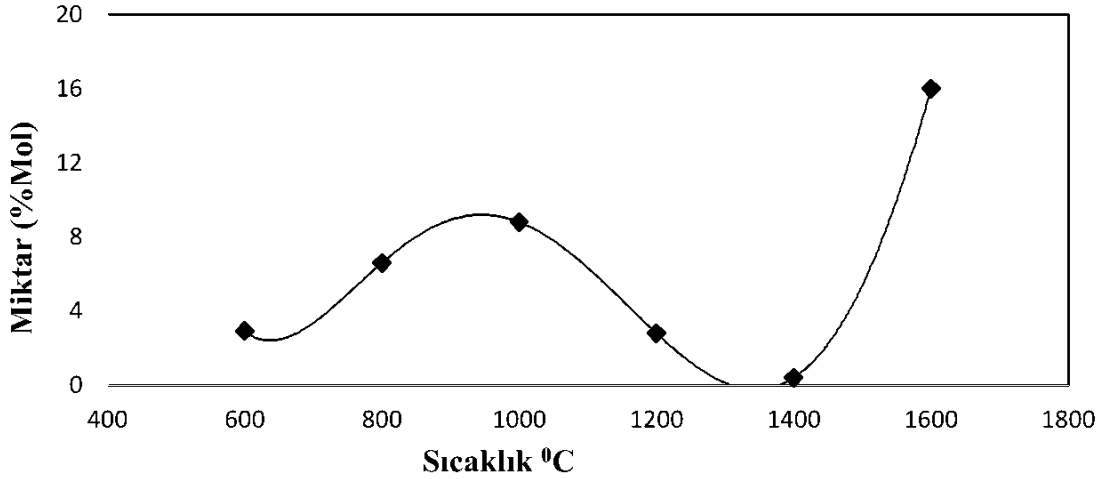
Grafik 15'te etan oluşumunun sıcaklıkla değişimi görülmektedir. Yapılan deneylerde özellikle 1000°C de % 2'yi geçen oranda etan çıktığı görülmektedir. Bir kaynakta 1000°C %3 etan oluştuğu görülmektedir. Bu veri deneysel bulgularla örtüşmekte ancak genellikle kaynaklar etanı değerlendirmeye almamaktadır. Ancak 1600°C'de yapılan deneyde tekrar etan oranının %6 civarında arttığı görülmektedir. Bu da buharla plazma gazlaştırmada yüksek sıcaklıklarda yüksek oranda etan oluştuğunu göstermektedir.



Grafik 15: Etan oluşumunun sıcaklıkla değişim

10 Metan (CH_4)

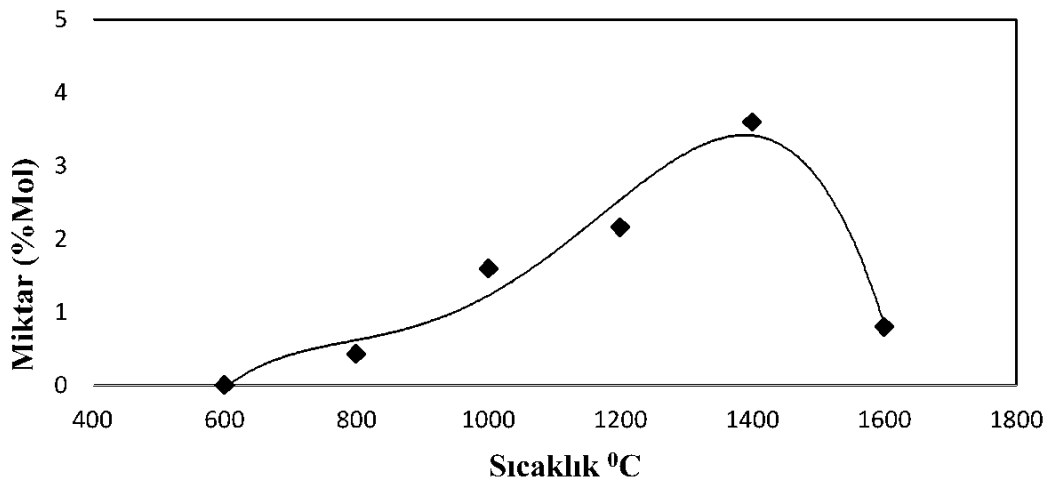
Gazlaştırma sürecinin en önemli ürünlerinden biridir. Grafik 16'da metan oluşumunun sıcaklıkla değişimi görülmektedir. Sıcaklık yükseldikçe metan oranı yükselmektedir ve 1000°C %10 gibi en yüksek değere çıktıktan sonra düşmektedir. 1400°C de çok önemsiz miktarlarda metan üretimi meydana gelmiştir. Sıcaklık arttıkça metanlaşma tepkimelerinin azaldığı görülmektedir. Ancak 1600°C' de yapılan deneyde metan da %16 gibi yüksek artış görülmektedir. 1000-1200°C'lerde kaynaklarda %2 civarında metan oluştuğu görülmektedir. Bu sonuç deneysel verilere uygun ancak diğer sıcaklık değerleri verilerde olmadığı için bir karşılaştırma yapılamamaktadır.



Grafik 16: Metan oluşumunun sıcaklıkla değişim

Hidrojen (H₂)

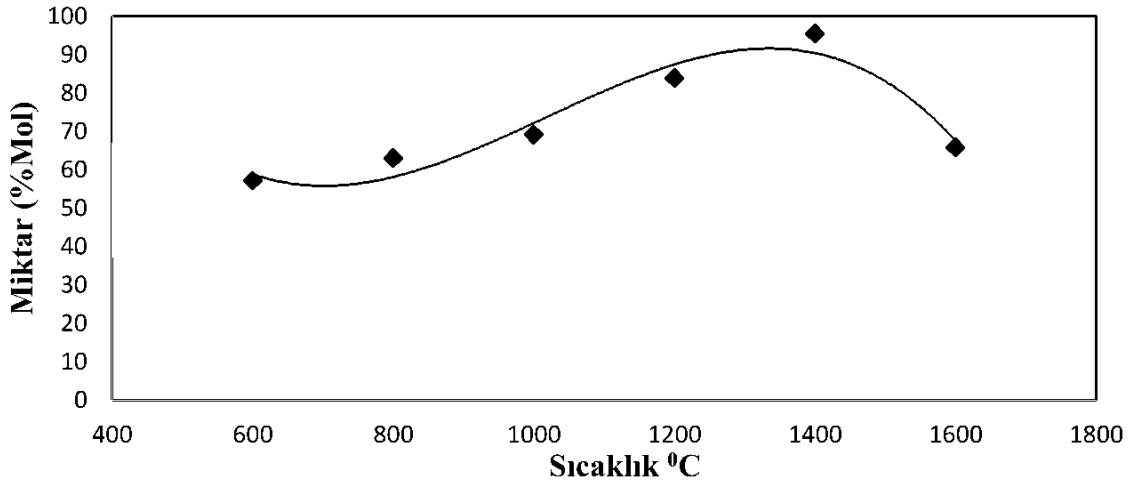
Grafik 17’de hidrojen oluşumunun sıcaklıkla değişimi görülmektedir. Hidrojen oluşumu 600°C’den sonra artmaya başlamakta ve sürekli artan bir seyir göstermektedir. Kaynaklara uygun olmasına rağmen oranı biraz düşük kalmaktadır. 1400°C’de %3 gibi en yüksek değere gelmekte ve sonrasında düşmektedir. Ancak 1600°C’de yapılan deneyde düştüğü görülmektedir. Bu da hidrojen veren tepkimelerin azaldığını göstermektedir. Kaynaklarda 1000°C’de, %10 ve %42 gibi oldukça yüksek değerlerde hidrojen oluştuğu belirtilmektedir. Ancak bunlarda sıcaklık dışında diğer veriler olmadığı için bir kıyas yapmak mümkün olmamaktadır. Gaz zenginleştirme işlemlerinden sonraki veriler gibi gözükmemektedir.



Grafik 17: Hidrojen oluşumunun sıcaklıkla değişim

Karbon monoksit (CO)

En önemli gazlaştırma ürünlerinden biri de karbon monoksittir. Grafik 18’de karbon monoksit oluşumunun sıcaklıkla değişimi görülmektedir. Düşük sıcaklıklarda bile % 60 gibi yüksek değerlerde oluşmaktadır. Özellikle 1400°C gibi yüksek sıcaklıklarda %92 gibi değerlere gelmiştir. Bu da yüksek sıcaklıklarda karbondioksitin tepkimeye girerek karbon monoksit oluşturduğunu göstermektedir. Ancak 1600°C’de yapılan deneyde bir karbon monoksit düşüşü görülmektedir. Buda yüksek sıcaklıklarda tepkimelerin karbon monoksit azaltacak yönde geliştiğini göstermektedir. Kaynaklarda 1000°C’de %28 ve %58 oranında CO oluştuğu belirtilmektedir. Bu deneysel verilerin kaynaklarla paralellik arz ettiğini göstermektedir. Ancak kaynaklar tüm şartları vermediği için aynı şartlar aynı sonuçları vermektedir denilememektedir.



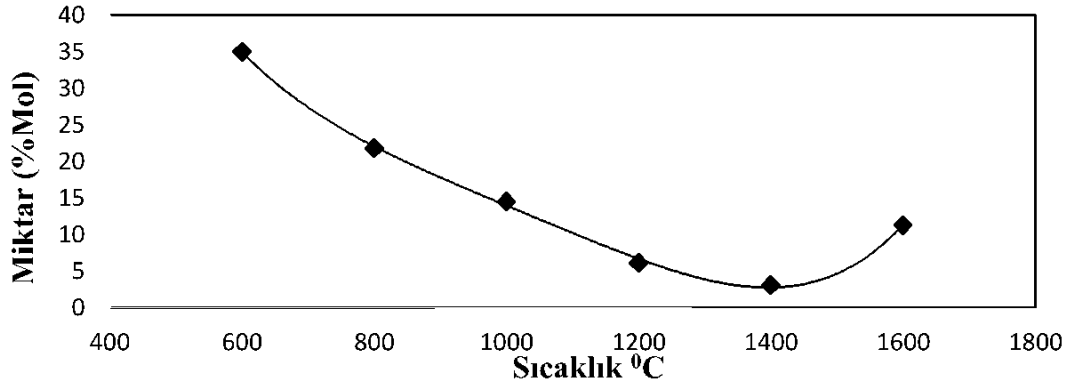
Grafik 18: Karbon monoksit oluşumunun sıcaklıkla değişim

Karbondioksit (CO₂)

Grafik 19’da karbon monoksit oluşumunun sıcaklıkla değişimi görülmektedir. Düşük sıcaklıklarda gazlaştırma ürünü olarak karbon dioksit %35 gibi oranlara çıkmıştır. Yüksek sıcaklıklarda ise %5 gibi çok düşük değerlere kadar düşmektedir. Bir enerji değeri olmadığından istenen bir ürün değildir. Kaynaklara uygun olarak 1400°C’de %5 seviyesine kadar düştüğü görülmektedir. Ancak 1600°C’ de yapılan deneyde ani bir karbon dioksit %10 seviyesinde yükseliş görülmektedir. Bir kaynakta ancak 1000°C’de %12 karbondioksit oluştuğunu belirtilmektedir. Diğer bir kaynakta ise karbondioksit değeri

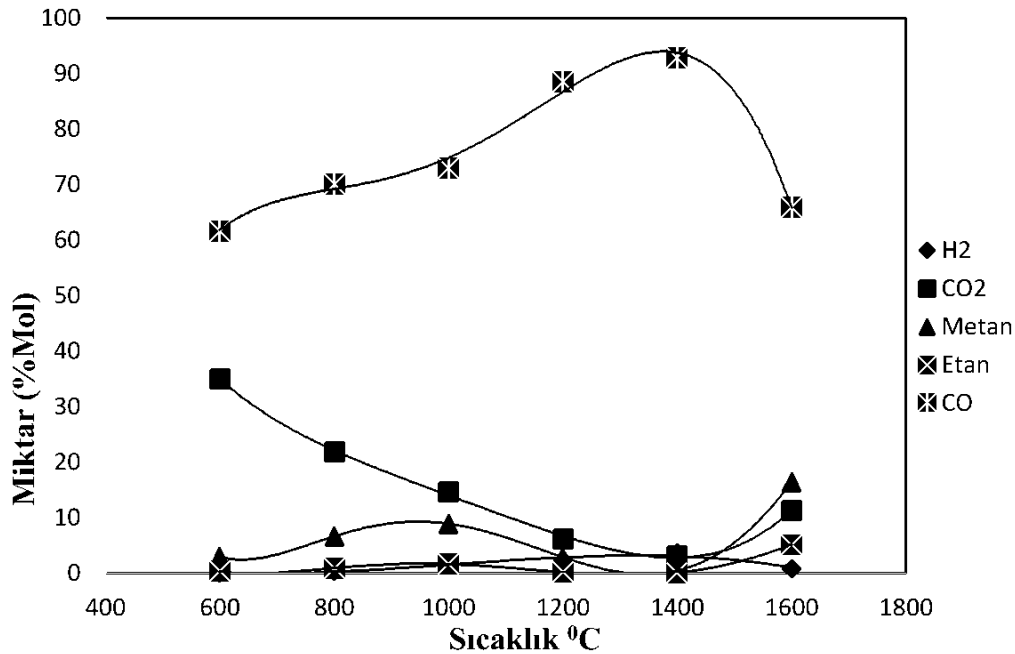
%0 olarak gözükmemektedir. Bu sıfır CO_2 değeri gaz iyileştirme proseslerinden geçtiğini açıkça göstermektedir.

Grafik 20’de buharla plazma gazlaşma sonucu oluşan gazların değerleri toplu olarak görülmektedir. Hidrojen ve karbon monoksit sürekli artarken diğer gazlar düşmüştür.



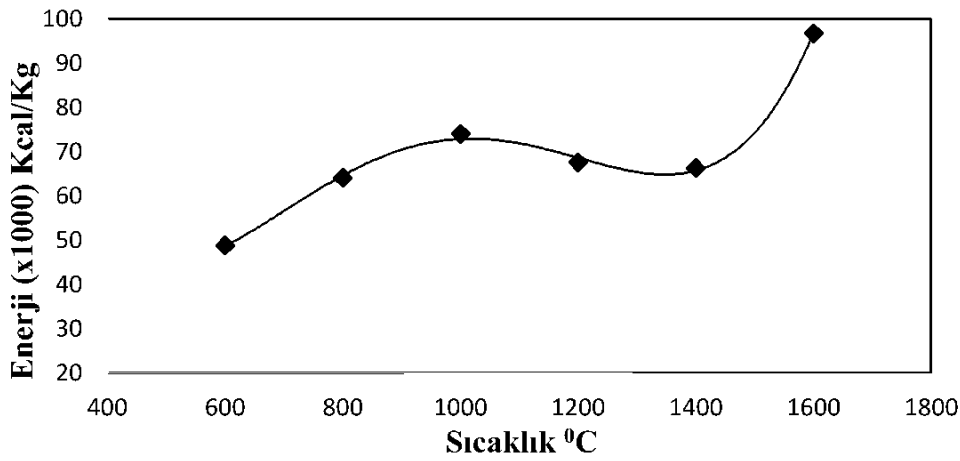
Grafik 19: Karbondioksit oluşumunun sıcaklıkla değişim

Karbon monoksit dışındaki ürünlerin 1400°C’de oranlarının birbirine çok yaklaşırken karbon monoksit en yüksek değerde olduğu görülmektedir. Bu durum kaynaklara ve gazlaşma tepkimelerine uygundur. Ancak 1600°C’de yapılan deneyde karbon monoksit ve hidrojen oranları düşerken buna bağlı olarak diğer gazların oranının arttığı görülmektedir. Bu da yüksek sıcaklıklarda etan, metan ve karbon dioksit oluşacak şekilde tepkimelerin gerçekleştiğini göstermektedir.



Grafik 20: Buharla plazma gazlaştırma ürünü gazların oluşumunun sıcaklıkla değişimi

Grafik 21’de buharla plazma gazlaştırma sonucu oluşan gazların alt ısı değerleri toplamının sıcaklıkla değişimi görülmektedir. Karışım gazının hesaplanan alt ısı değeri oluşan yanıcı gazların ısı değeri olup sadece sıcaklık artışına bağlı olarak gazlaşma ürünlerinin ısı değerindeki değişimi vermektedir. Gazlaştırılan numunenin toplam ısı değeri değildir. Çünkü gazlaşma esnasında su (sıvı) ve siyah karbon (C) (katı) da oluşmaktadır. Isıl değerin 1000°C’den sonra düşmeye başladığı 1400°C’ye kadar düştüğü ve 1600°C ise tekrar ısıl değerin yükseldiği görülmektedir. Bu da zaten gaz kompozisyonlarının değişimine uygundur ve yüksek sıcaklıklardaki gazlaşmada gazların ısıl değerinin arttığını göstermektedir.



Grafik 21: Buharla plazma gazlaştırma ürünü gazların A.I.D’nin sıcaklıkla değişimi

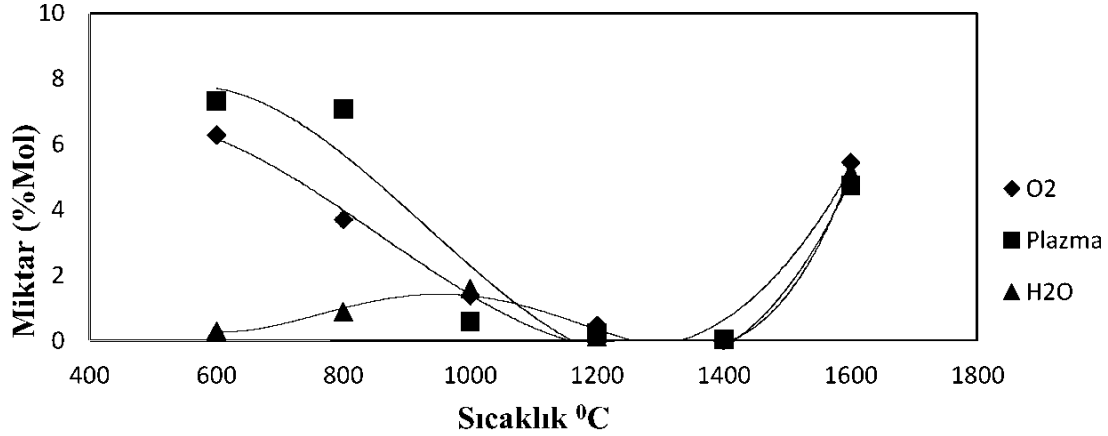
Gaz ürünlerin Plazma, Buharla Plazma ve Oksijenle Plazma gazlaştırma sonuçlarının kıyaslanması

- Her üç yöntemle yapılan gazlaştırmada gaz ürünün farklı sıcaklıklarda oluşum miktarları kıyaslanarak istenen gazlaştırma ürününün hangi değerlerde elde edileceği tespit edilmektedir.

Etan (C₂H₆)

- Kaynaklarda, genellikle 1000°C’nin altında yapılan gazlaştırmalarda hacimsel olarak %0,15 -1,6 ve molar olarak %3-5 etan olduğu görülmektedir. Düşük sıcaklıklarda plazma ve oksijenle plazma gazlaştırmada %7 gibi yüksek oranlarda etan oluşurken

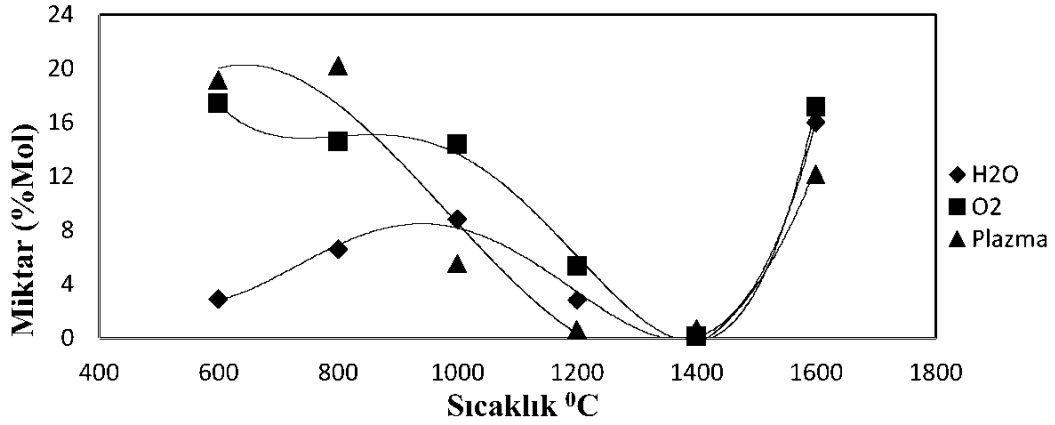
buharla plazma gazlaştırmada önemsiz bir miktarda etan oluşmaktadır. 1000°C civarında yaklaşık olarak her üç yöntemde de oluşan etan miktarı birbirine yaklaşmakta ve sonrasında önemsiz bir miktara inmektedir. Ancak 1600°C'de her üç yöntemde de etan oluşumu artmakta ve %6 civarına çıkmaktadır. Grafik 22'de görüldüğü gibi düşük sıcaklıklarda en çok etan oluşumu plazma gazlaştırmada meydana gelirken yüksek sıcaklıklarda oksijenle plazma gazlaştırmada meydana gelmektedir.



Grafik 22: Etan oluşumu kıyaslanması

Metan (CH₄)

- 10 Kaynaklarda, genellikle 1000°C'nin altında yapılan gazlaştırmalarda hacimsel olarak %2,18-3 ve molar olarak %3-19,89 oranında metan oluştuğu görülmektedir. 1000°C'nin üstünde ise metan üretimi önemsiz bir değerde olmaktadır. Düşük sıcaklıklarda plazma ve oksijenle plazma gazlaştırmada %18 gibi yüksek oranlarda metan oluşurken buharla plazma gazlaştırmada önemsiz bir miktarda metan oluşmaktadır. 1000°C civarında
- 15 buharla plazma gazlaştırmada %8 gibi bir oranda metan oluşmaktadır. 1400°C yaklaşık olarak her üç yöntemde de oluşan metan miktarı bir birine yaklaşmakta ve sonrasında önemsiz bir miktara inmektedir. Ancak 1600°C'de buharla ve oksijenle plazma yöntemde metan oluşumu artmakta ve % 18 civarına çıkmaktadır. Plazma gazlaştırmada ise %13 de kalmaktadır. Grafik 23'te görüldüğü gibi düşük sıcaklıklarda en çok metan oluşumu plazma
- 20 gazlaştırmada meydana gelirken yüksek sıcaklıklarda oksijenle plazma gazlaştırmada meydana gelmektedir. Kaynaklarda 1400°C'nin üzerinde böyle bir çalışmaya rastlanmamıştır.

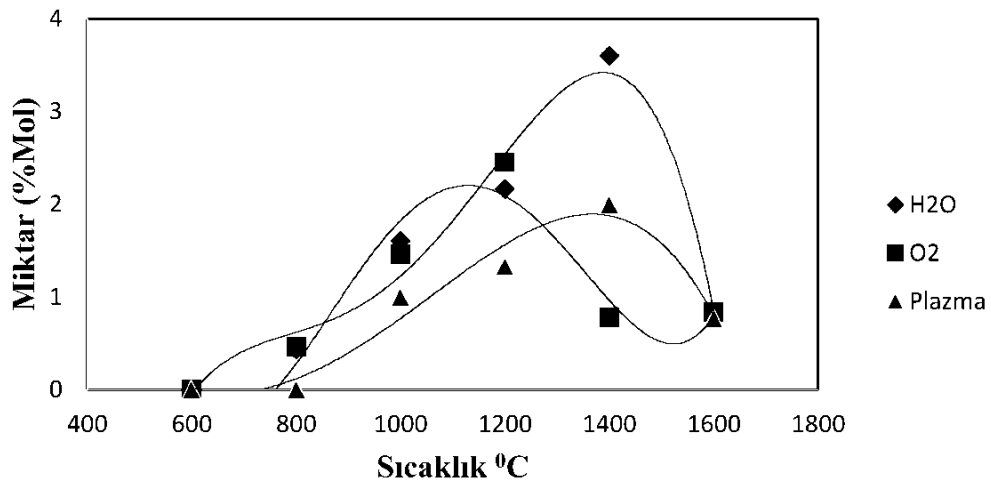


Grafik 23: Metan oluşumu kıyaslanması

Hidrojen (H₂)

Kaynaklarda, genellikle 1000°C'nin altında yapılan gazlaştırmalarda hacimsel olarak %7,2 ve molar olarak %2,2-21,2 ile 1000°C'nin üstünde hacimsel olarak %25,3 ve molar olarak %19,8-45,69 oranında hidrojen oluştuğu görülmektedir.

Grafik 24'de görüldüğü gibi düşük sıcaklıklarda 800°C'ye kadar her üç yöntemde de hidrojen oluşumu önemsiz bir miktarda bulunmaktadır. 1200°C civarında oksijenle plazma gazlaştırmada %2,5 gibi en yüksek değere çıkmaktadır. 1400°C'ye kadar plazma ve buharla plazma gazlaştırmada hidrojen üretimi sürekli artmakta ve en yüksek değer %3,5 buharla plazma gazlaştırmada elde dilmektedir. Ancak 1600°C de her üç yöntemde de hidrojen üretimi azalmakta ve birbirine eşit hale gelmektedir.

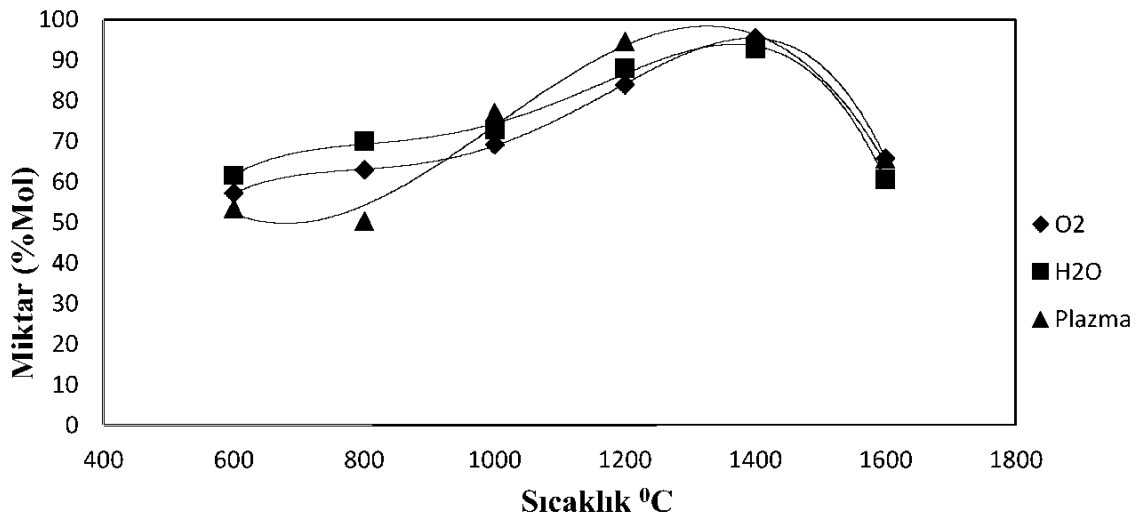


Grafik 24: Hidrojen oluşumu kıyaslanması

Karbon monoksit (CO)

Kaynaklarda, genellikle 1000°C'nin altında yapılan gazlaştırmalarda hacimsel olarak %9,4 ve molar olarak %2-43,1 ile 1000°C'nin üstünde hacimsel olarak %9,4 ve molar olarak %23,45-31,4 oranında karbon monoksit oluştuğu görülmektedir.

- 5 Grafik 25'de görüldüğü gibi her üç gazlaştırma yönteminde de genel olarak 1400°C'ye kadar karbon monoksit miktarı artmakta ve %90'ları bulmaktadır. 1600°C'de ise 600°C'de olduğu gibi %60'lara kadar düşmekte ve birbirine çok yakın değerlere gelmektedir.

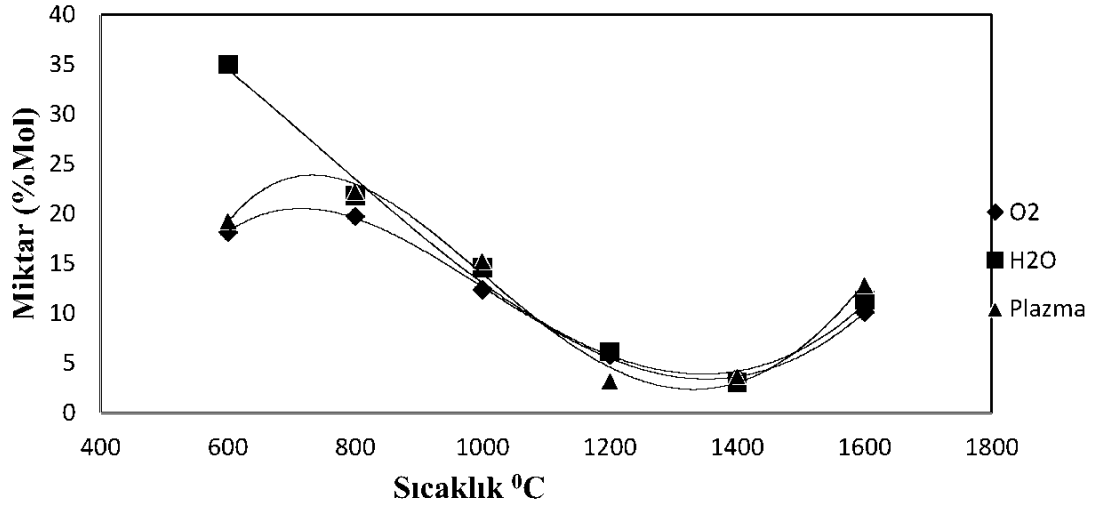


10 Grafik 25: Karbon monoksit oluşumu kıyaslanması

Karbondioksit (CO₂)

Kaynaklarda, genellikle 1000°C'nin altında yapılan gazlaştırmalarda hacimsel olarak %17,1 ve molar olarak %13,46-19 ile 1000°C'nin üstünde hacimsel olarak %25,3 ve molar olarak %9,52-22,12 oranında karbondioksit oluştuğu görülmektedir.

- 15 600°C'de buharla plazma gazlaştırmada %35 mertebesinde karbondioksit oluşurken plazma ve oksijenle plazma gazlaştırmada ise %20 mertebesinde karbondioksit oluşmaktadır. Grafik 26'da görüldüğü gibi daha yüksek sıcaklıklarda ise her üç yöntemde de değerler birbirine yakın seyretmektedir. 1400°C'ye kadar %5 mertebesine kadar düşme sürmekte ve 1600°C'de %15'e kadar yükselmektedir. Düşük sıcaklıklarda en yüksek
- 20 değer buharla plazma gazlaştırmada görülürken yüksek sıcaklıklarda plazma gazlaştırmada görülmektedir.



Grafik 26: Karbondioksit oluşumu kıyaslanması

Farklı gazlaştırmalara göre gazlaştırma ürünlerinin AID değerlerinin değişimi

- Grafik 27’de plazma, oksijenle plazma ve buharla plazma gazlaştırma gaz ürünlerin AID değerlerinin sıcaklıkla değişimi görülmektedir. Düşük sıcaklıklarda plazma ve oksijenle plazma gazlaştırma ürünlerinin yüksek ısı değere sahip olduğu, buharla plazma gazlaştırmada ise düşük olduğu görülmektedir. Buharla plazma gazlaştırmada 1000°C’de en yüksek değere çıkmaktadır. 1400°C’de gaz ürünlerin ısı değeri her üç gazlaştırma için yaklaşık olarak aynı ısı değeri vermekte ve en düşük değerdedir. 1600°C’de ise tüm değerler en yüksek ısı değere yaklaşmakta, sırasıyla plazma, buharla plazma ve oksijenle plazma gazlaştırma olarak en yüksek değere ulaşmaktadır. Buharla plazma gazlaştırma düşük sıcaklıklarda düşük ısı değeri verirken yüksek sıcaklıklarda yüksek ısı değeri verdiği açıkça görülmektedir. Plazma ve oksijenle plazma gazlaştırmada düşük sıcaklık değerlerinde en yüksek ısı değere sahip gaz ürünler oluşmaktadır.
- Kaynaklarda olduğu gibi Grafik 27’de görüldüğü gibi 1000°C civarında en verimli gazlaşma gerçekleşmektedir. Bu nedenle bugüne kadar yapılan çalışmalarda ve gazlaştırma tesislerinde nominal sıcaklık hep 1000°C olarak seçilmiş ve sonrasında oluşan problemlerin çözümü için kül ergitme, gaz zenginleştirme gibi ilave sistemler yapılmıştır.

- Grafik 27’de görüldüğü gibi 1600°C’ de yapılan gazlaştırmada gaz ürünlerin enerji değeri yüksektir ve tüm inorganik maddeler bu sıcaklıkta ergidiğinden ilave ergitme sistemine

ihtiyaç yoktur. Yine bu sıcaklıkta doğrudan tepkenler ilave edilerek gaz ürünler zenginleştirilmesine imkân vermektedir.

Gazlaştırma esnasında oluşan oksijen

Plazma gazlaştırma reaktörüne (1) numuneler serbest düşme ile girmektedir. Her ne kadar argon gazıyla pozitif basınç oluşturulup süpürme yapılıyor ise de difüzyon etkisiyle hava kaçakları meydana gelmektedir. Oksijenle plazma gazlaştırmada saf oksijen verilmektedir. Bu nedenle gazlaştırma esnasında tepkimeye girmeden çıkan oksijen moleküllerinin bulunması mümkündür. Ancak buharla plazma gazlaştırma ve plazma gazlaştırmada hava kaçakları dışında oksijen girişi mümkün değildir. Numuneler bünyesine azot bulunmadığından azot girişi havadan olmaktadır. N₂ değerleri havadaki oksijen miktarının ¼ azot miktarı olduğu göz önüne alınarak bulunan değer O₂ sütunundaki değerden çıkarılarak tepkime esnasında % kaç oranında oksijen olduğu Çizelge 3'te oksijen sütununda verilmiştir. Bu sütundaki (-) değerler havadan gelen oksijenin gazlaştırma esnasında tepkimeye girdiğini, diğer değerler ise gazlaştırma esnasında tepkime sonucu oksijen molekülü oluştuğunu göstermektedir. Gaz analizlerinde % 14'lere varan miktarda oksijen görülmektedir.

Çizelge 3'te plazma gazlaştırmada 1000-1200°C sıcaklıkta yapılan gazlaştırmalarda havadan girmiş oksijenin tepkimede kullanıldığı görülmektedir. Diğer sıcaklıklarda ise tepkimeden oksijen molekülü oluştuğu görülmektedir.

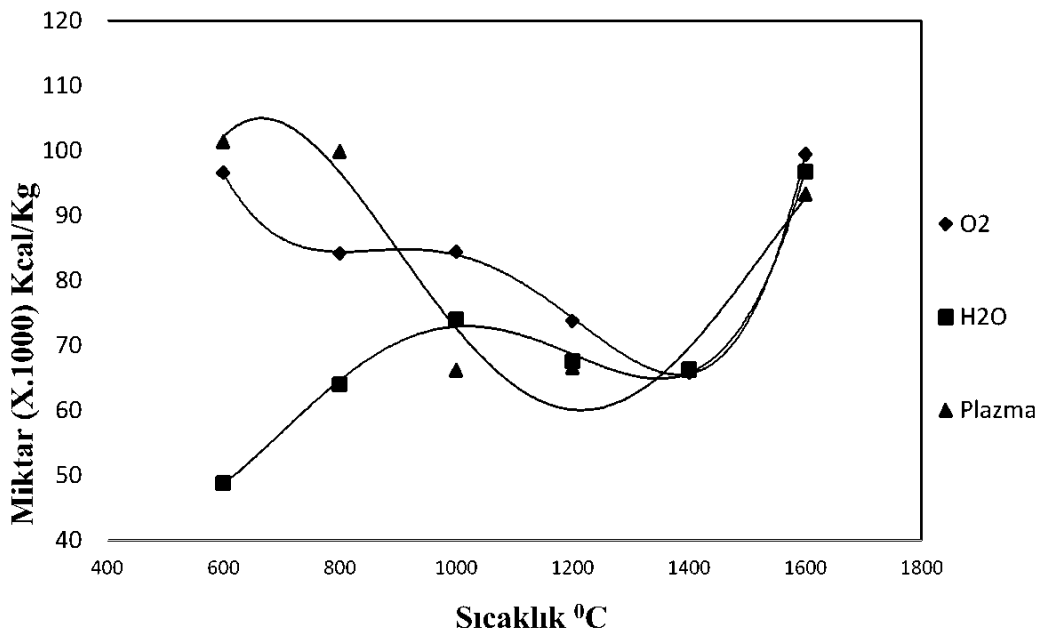
Çizelge 3'te buharla plazma gazlaştırmada 1000°C havadan gelen oksijenin tepkimeye girdiği ve özellikle metan oluşumunun yüksek olduğu düşük sıcaklıklarda gazlaştırmada daha yüksek oranda olmak üzere tepkimeden oksijen molekülü oluştuğu görülmektedir.

Çizelge 3: Plazma ve buharla plazma gazlaştırma deneylerinde çıkan oksijen miktarları

D. No	Metan%	Etan%	CO₂%	CO%	H₂%	TOPLAM	Oksijen %	
2	4,104	0,343	18,317	76,557	0,679	100	-2,306	1000°C
7	5,540	0,630	15,361	77,368	1,101	100	-2,284	1000°C

10	2,591	0,137	18,629	78,232	0,412	100	-8,254	1200°C
12	3,319	0,234	14,872	80,957	0,618	100	-5,848	1200°C
15	20,095	7,106	22,375	50,425	0,000	100	1,185	800°C
18	0,690	0,258	2,950	95,793	0,309	100	2,194	1200°C
20	3,478	0,189	6,255	87,334	2,744	100	3,691	1300°C
22	0,117	0,014	3,396	95,563	0,910	100	7,156	1400°C
24	0,604	0,059	3,225	94,772	1,339	100	5,489	1200°C
26	0,686	0,061	3,717	93,539	1,997	100	6,254	1400°C
29	19,318	7,383	19,475	53,824	0,000	100	8,928	700°C
31	16,684	4,004	13,417	65,684	0,210	100	11,556	800°C
40	15,556	4,772	12,935	65,961	0,776	100	7,441	1600°C
11	5,329	0,368	13,575	79,832	0,895	100	-5,468	1000°C H2O
21	2,877	0,136	6,144	88,680	2,164	100	5,770	1200°C H2O
23	0,428	0,045	3,063	92,858	3,607	100	2,318	1400°C H2O
35	4,655	0,365	42,252	52,729	0,000	100	12,991	600°C + H2O
36	2,956	0,317	35,081	61,646	0,000	100	14,442	600°C + H2O

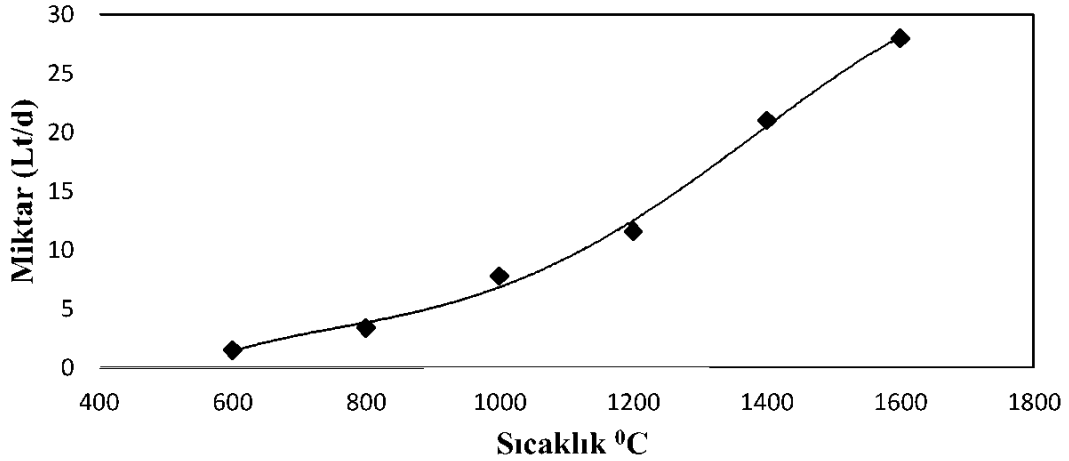
37	6,598	0,892	21,844	70,228	0,438	100	12,303	800°C + H ₂ O
38	8,886	1,609	14,575	73,321	1,609	100	10,038	900°C + H ₂ O
41	16,511	5,160	11,353	66,167	0,809	100	5,756	1600°C H ₂ O



Grafik 27: Gazlaştırıcılara göre gazlaştırma ürünü gazların A.I.D'nin sıcaklıkla değişiminin kıyaslanması

5 Gazlaştırma Hızı

Grafik 28'de gaz debisinin gazlaştırma sıcaklığı ile değişimi görülmektedir. Düşük sıcaklıklarda 600-1000°C arasında debi yavaş artmaktadır. 1400°C kadar hızlı bir artış olduğu görülmektedir. 1600°C'ye doğru artış azalmaktadır. Düşük sıcaklıklarda kül olduğundan kül içinde hala organik maddeler bulunmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda kül ergidiğinden inorganik maddeler eriyik olarak reaktörü (1) terk ederken organik maddelerin tamamı gazlaşmaktadır. Bu nedenle çıkan gaz miktarı sürekli artmaktadır.



Grafik 28: Plazma gazlaştırma gaz debisinin sıcaklıkla değişimi

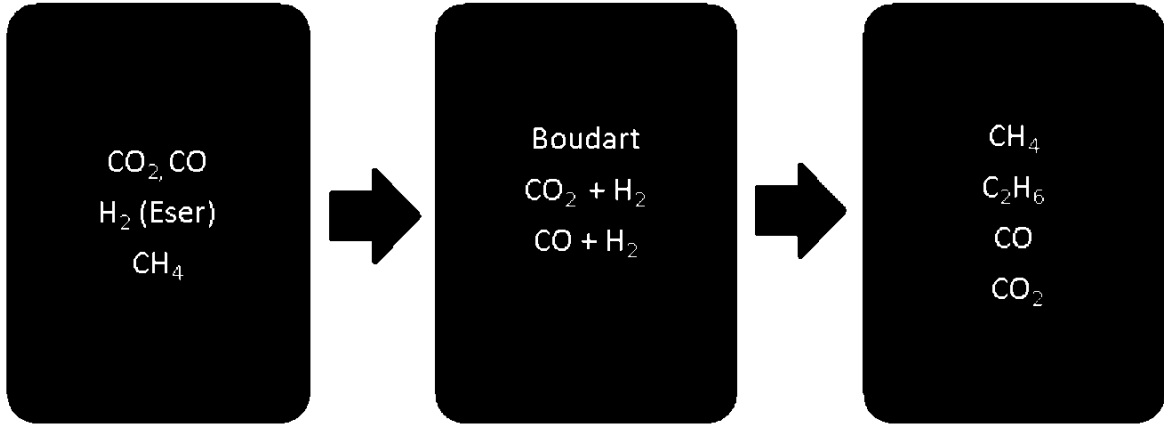
Gazlaştırmanın Mekanizması ile Bulguların Nedenselleştirilmesi

Plazma Gazlaştırma Kinetiği

- 5 Plazma gazlaştırmada en önemli parametre sıcaklık olmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda endotermik veya ekzotermik tüm tepkimelerin K_p denge sabitinin aynı noktada birleştiği görülmektedir. Bu da bize yüksek sıcaklıklarda tüm moleküllerin atomlarına ayrıştığını göstermektedir. Böylece tepkimeler çok hızlı bir şekilde gelişmekte ve yeni moleküller oluşmaktadır. Pek çok zincir tepkime saniyeden çok daha kısa zamanda gerçekleşmektedir.

Kinetik çalışma bu çalışmanın konusu değildir. Ancak tepkimenin nasıl olduğu ürünlerin sıcaklıkla değişiminden bellidir. Şema 1'de yüksek sıcaklıktaki tepkime mekanizmasının üç kademede çok hızlı gerçekleştiği varsayılmıştır.

- 15 Deneyde düşük sıcaklıklarda buhar hem sistemden entalpi soğuruyor hem de tepkimeleri iletmeye katkısı yok. Aynı zamanda buharın varlığı oksijenin faaliyetini tutmaktadır. Oysa yüksek sıcaklıklarda diğerleri gibi etan, metan ve hidrojen lehine faydalı olmaktadır.

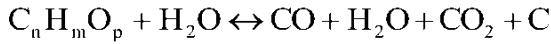


Şema 1: Yüksek sıcaklıkta ön görülen tepkime mekanizması

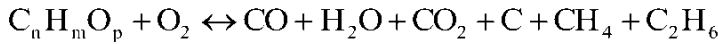
Grafik 22-23'te plazma gazlaştırma ve oksijenle plazma gazlaştırmada 600°C'de metan ve etan oranının buharla plazma gazlaştırmaya göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

- 5 Grafik 24'de görüldüğü gibi çok az hidrojen oluşması daha kararlı bir molekül olan suyun tepkimeye girmediği ve de yakıt ve/veya atık bünyesinde bulunan hidrojeninde suya dönüştüğünü göstermektedir.

Buharla plazma gazlaştırma;



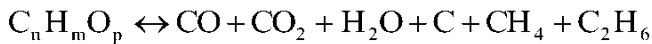
- 10 Oksijenle plazma gazlaştırma;



Bu temel tepkimede karbon düşük sıcaklıklarda parçacık (is) olarak kendini göstermektedir. $CH_4 + C_2H_6$ düşük sıcaklıklarda görülmekte 1000°C ile 1200°C arasında görülmemektedir. 1400°C üstünde ise fırlamaktadır. 1600°C üstü sıcaklıklarda deney yapılamadığından bu sıcaklıktan sonraki değişim görülememektedir.

- 15

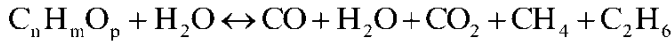
Plazma gazlaştırma;



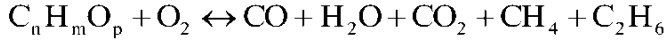
1600°C'de ise yüksek sıcaklıklarda tüm tepkimelerin endotermik yönde ilerlemesi nedeniyle her üç tip gazlaştırmada da yaklaşık olarak aynı ürünler yakın oranlarda oluşmuştur.

- 20

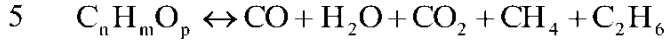
Buharla plazma gazlaştırma;



Oksijenle plazma gazlaştırma;

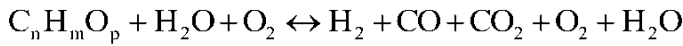


Plazma gazlaştırma;

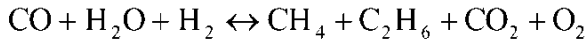


Yüksek sıcaklıkta tüm karbon tepkimeye girdiği için gazlaştırma sonu ürün olarak siyah karbon çıkmamaktadır.

Grafik 4,11 ve 18'de görüldüğü gibi 1400°C' yüksek oranda (%95) CO oluşmaktadır.



- 10 Tepkimesinin oluştuğu görülmektedir. 1600°C'den sonra tepkimenin endotermik yönde meydana gelmesi sonucu HC bileşikleri oluşmuş ve CO miktarı düşmüştür.



Tepkimesinin oluştuğu Grafik 22-26 ve Çizelge 3'te açıkça görülmektedir.

Yüksek sıcaklıklarda tüm reaksiyonları oluşum hızları birbirine eşit hale gelmektedir.

- 15 Yüksek sıcaklığa bağlı olarak tüm tepkimeler endotermik yönde gelişmektedir. Grafik 27'de görüldüğü gibi düşük sıcaklıklarda buharla plazma gazlaştırmada gaz ürünlerin enerji değerinin düşük olması katı haldeki karbon atomunun tepkimeye girmediğini göstermektedir. Buharla karbonun tepkime vermemesi yanıcı gazların oluşumunu engellemektedir. Daha yüksek sıcaklıklara gelindiğinde karbonun aktivitesi artmakta ve
- 20 buharla tepkimeye girmektedir. Dolayısıyla düşük sıcaklıklarda buharla plazma gazlaştırmada siyah karbon oluşumu maksimum düzeye gelmektedir. Siyah karbon üretimi için uygun şartlar oluşmaktadır.

1600°C'de,



- 25 Tepkimesinin oluştuğu her üç türdeki plazma gazlaştırmadaki CO azalması ve oksijen, metan ve etan üretiminden anlaşılmaktadır.

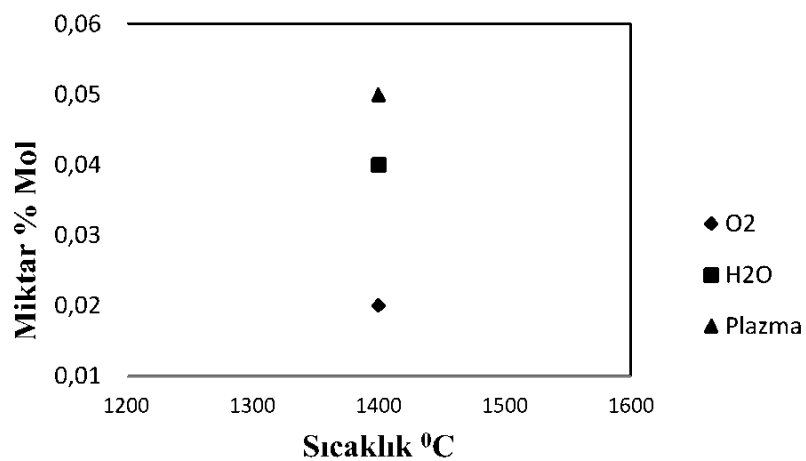
Tablolarla Yorum

Çizelge 4: Her üç gazlaştırmada oluşan etan miktarları % mol

Sıcaklık °C	O ₂	Plazma	H ₂ O
600	6,28	7,32	0,31
800	3,7	7,08	0,89
1000	1,38	0,6	1,60
1200	0,46	0,25	0,13
1400	0,02	0,05	0,04
1600	5,44	4,75	5,14

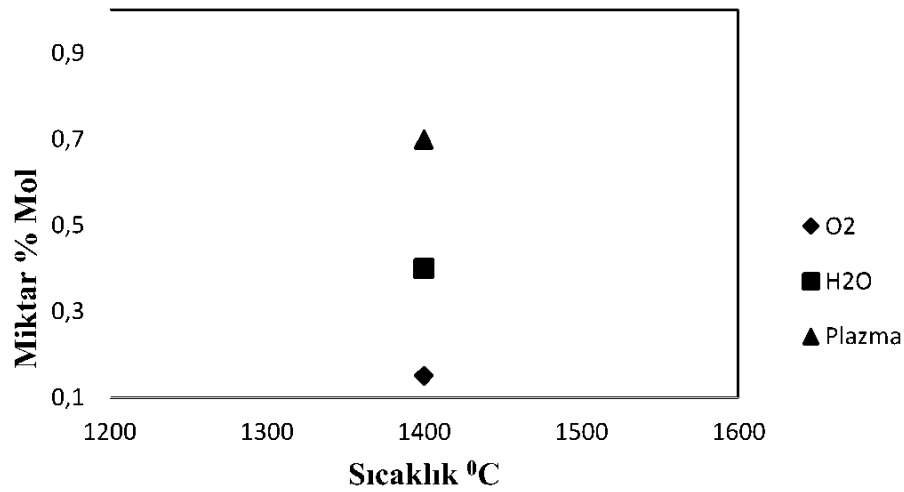
Çizelge 5: Her üç gazlaştırmada oluşan metan miktarları % mol

Sıcaklık °C	H ₂ O	O ₂	Plazma
600	2,9	17,43	19,17
800	6,6	14,6	20,2
1000	8,8	14,42	5,52
1200	2,8	5,32	0,6
1400	0,4	0,15	0,7
1600	16,0	17,19	12,15



5

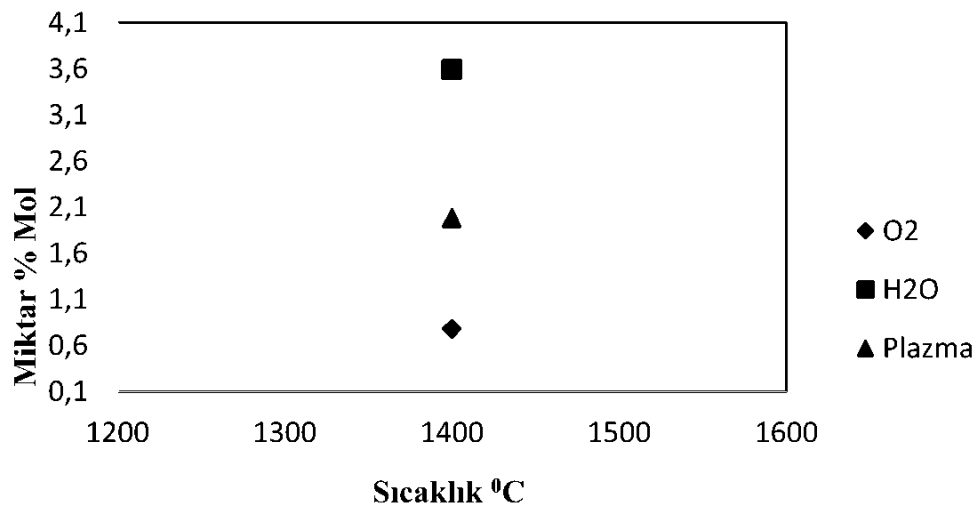
Grafik 29: Her üç gazlaştırmada 1400°C’de oluşan etan miktarları



Grafik 30: Her üç gazlaştırmada 1400°C’de oluşan metan miktarları

Çizelge 6: Her üç gazlaştırmada oluşan Hidrojen miktarları % mol

Sıcaklık °C	H ₂ O	O ₂	Plazma
600	0	0	0
800	0,43	0,46	0
1000	1,6	1,46	1
1200	2,16	2,45	1,33
1400	3,6	0,78	1,99
1600	0,8	0,83	0,77



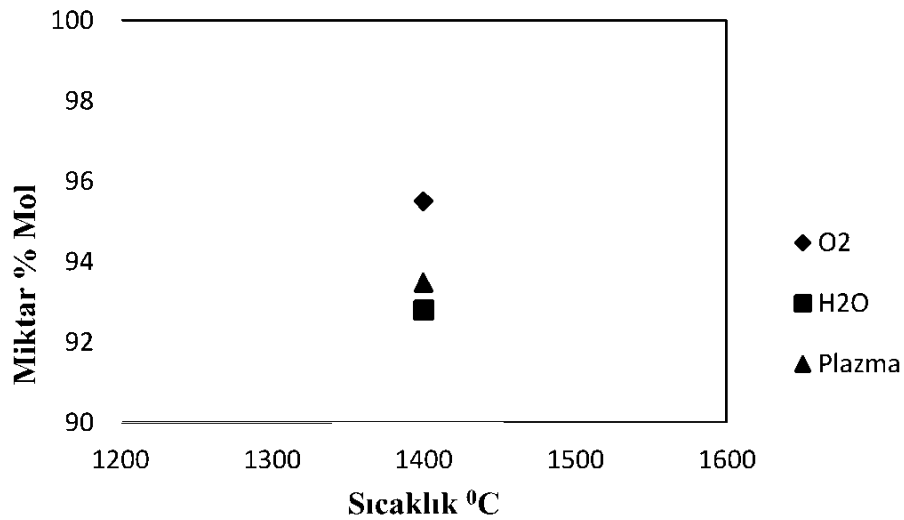
Grafik 31: Her üç gazlaştırmada 1400°C’de oluşan hidrojen miktarları

Çizelge 7: Her üç gazlaştırmada oluşan karbon monoksit miktarları % mol

Sıcaklık °C	O ₂	H ₂ O	Plazma
600	57,2	61,6	53,43
800	63	70	50,24
1000	69,1	73	77,17
1200	83,9	88	94,7
1400	95,5	92,8	93,48
1600	65,9	60,56	65,74

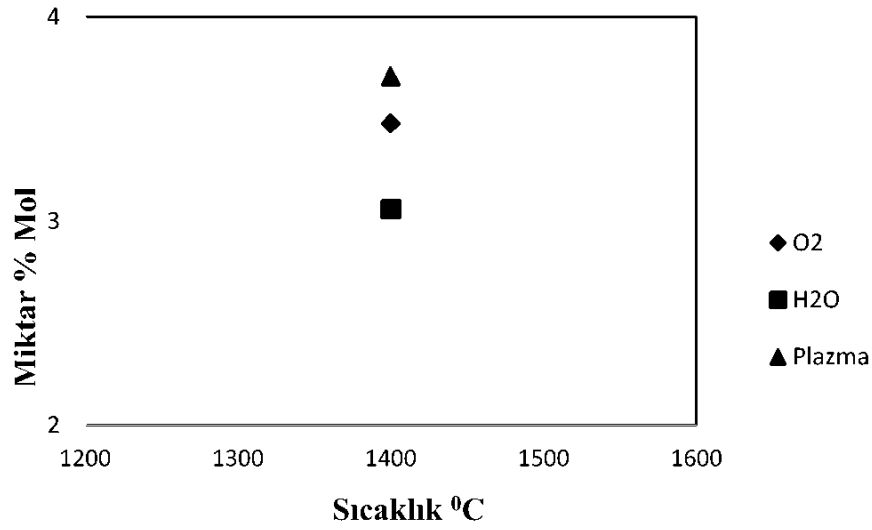
Çizelge 8: Her üç gazlaştırmada oluşan karbondioksit miktarları % mol

Sıcaklık °C	O ₂	H ₂ O	Plazma
600	18,14	35	19,33
800	19,7	21,8	22,29
1000	12,34	14,55	15,32
1200	5,8	6,14	3,2
1400	3,48	3,06	3,71
1600	10,08	11,3	12,89



5

Grafik 32: Her üç gazlaştırmada 1400°C’de oluşan karbon monoksit miktarları



Grafik 33: Her üç gazlaştırmada 1400°C’de oluşan karbondioksit miktarları

Metan ve etan plazma ortamında düşük sıcaklıklarda daha fazla oluşmaktadır. Oksijen ortamında, plazmaya göre daha az ancak buharla plazmada çok düşük değerlerdedir.

- 5 Yüksek sıcaklıklarda ise buharla etanın metana göre daha hızlı artmakta çünkü buhar tepkimeleri etana daha fazla yönlenebilmektedir. Burada oksijenle olan ilgi muhtemelen CO₂’de olan ilgiyi artırıp sonra Boudart tepkimesiyle CO₂’tin CO’de dönüşmesine ve CO miktarını artırmasına sebep olduğundan göreceli olarak daha çok miktarda CO buhardan parçalanmış hidrojenle tepkime yaptığından plazmada ve oksijenle plazmada yüksek
- 10 sıcaklıkta metan daha çok görülmektedir. Etanda artmaktadır ancak metan göreceli olarak daha fazla artmaktadır.

- Etan için aynı dönüşüm mekanizması gerçekleşiyor ama buhar etan yakınlığı etanın lehine gelişiyor. Düşük sıcaklıklarda ise buhar metan ve etan oluşumunu engelliyor. Oksijenle plazma ve plazma için düşük sıcaklıklarda 600°C’de aynı değerleri görüyoruz. Sıcaklık yükseldikçe 1000°C’ye kadar oksijenle plazmada etan verimini yukarıda tutabilirken
- 15 plazmada metan ve etan dramatik olarak düşüyor. Metan oluşmuyor oluşan yüksek sıcaklıkta tüketiliyor. Oluşmama nedeni karbon alıyor CO’nun lehine ürün veriyor. CO₂’de 1000°C’de parçalanıyor olabilir ancak bu etki sınırlıdır. Hidrojen sıcaklıklarla her üç yöntemde de aynı şekilde artıyor, 1200°C’den sonra duruyor. Etan 1400°C’den sonra
- 20 tekrar 600°C’de ki verime ulaşılıyor.

Özellikle 1200°C’den 1400°C’nin biraz üstüne kadar gelişen durum her gaz bileşeni için verilmiştir. Özellikle bu şekilde geçiş bölgesinin her üç plazma yöntemi için bir biri

arasında nasıl değiştiği görülmektedir. Değişimin olduğu bu noktaya odaklanmak değişimin kimliği hakkında bilgi vermektedir. Bu sıcaklıktan sonra tüm tepkimelere atomik temelde bakmak gerekir. Değerlendirmeyi klasik termodinamikle değil istatistiksel termodinamikle değerlendirmek gerekir.

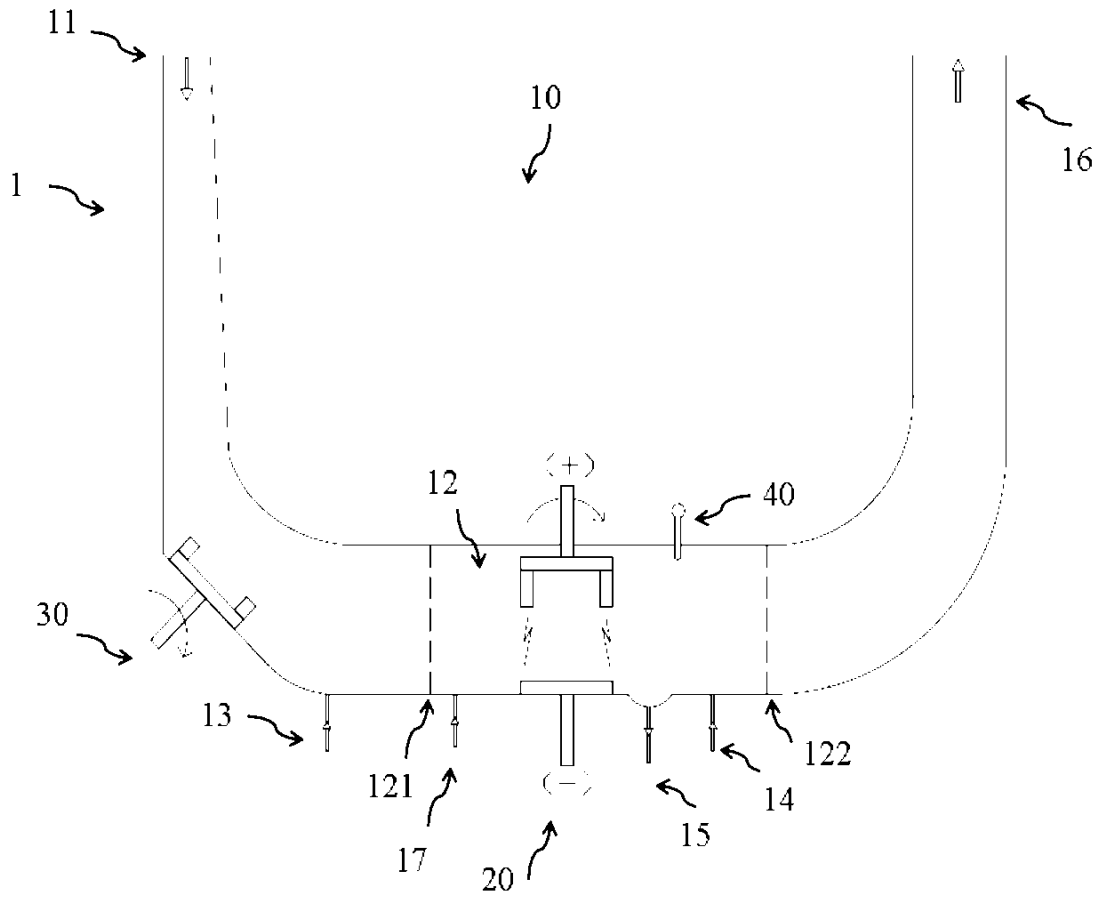
5 Sonuçların yazılım sonuçları ile kıyaslanması

Yazılımla plazma gazlaştırma çalışmaları için ve de özellikle plazma reaktörü (1) tasarlama aşamasında boyutlandırmada önemli kıstaslar sunmaktadır. Gerekli enerji kaynağı gücünün tespitini ve gazlaşma sonucu oluşacak gaz ürünlerin türü ve miktarı konusunda önemli bilgiler vermektedir.

- 10 Yazılımda buharla plazma gazlaştırmada %70 ve oksijenle plazma gazlaştırmada %55 gibi yüksek oranlarda hidrojen oluştuğu görülmektedir. Verilen tepkenlerin tamamının tepkimeye girdiği varsayımından hareketle tepken arttıkça hidrojen yüksek değerlere ulaşmaktadır. Yaptığımız deneysel çalışma sonuçlarında ise %4 den daha yüksek değerlere ulaşmamaktadır. Hatta düşük sıcaklıklarda hiç hidrojen oluşmamaktadır. Zaten
- 15 numune içinde hidrojen miktarı o kadar çok değil hem de etan ve metan gibi hidrojen bileşikleride meydana gelmektedir. Yazılımda hidrojen arttıkça hidrojen bileşikleri (Metan gibi) azalmaktadır. Bu durum yapılan deneysel sonuçlarla örtüşmektedir.

- Deneysel sonuçlarla yazılım sonuçları CO ve CO₂ oluşumlarında paralellik göstermemektedir. Sıcaklık arttıkça yazılımda CO₂ sürekli artarken CO sürekli
- 20 azalmaktadır. Deneysel sonuçlarda ise tam tersi sıcaklık arttıkça CO miktarı sürekli artmakta ancak 1600°C'den sonra CO azalmış ve CO₂ artmıştır. Bu sonuç patentin önemli buluşlarından biridir.

Şekil 1



Şekil 2

