

YILDIRIM, M., M.; VAROL, A.: Hidrokarbonlu Bileşiklerin Yanma Olayı ve Kurum Oluşumu, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, Cilt 9, Sayı 2, Temmuz 1986, S: 47-50

HİDROKARBONLU BİLEŞİKLERİN YANMA OLAYI VE KURUM OLUŞUMU

M. Mustafa YILDIRIM
Metalürji Eğitim Böl. F.Ü. -
ELAZIĞ

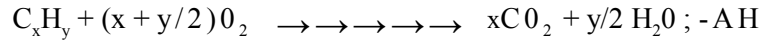
Asaf VAROL Makina
Eğitim Böl. F.Ü.
-ELAZIĞ

GİRİŞ

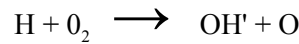
Kimyasal açıdan bir yanma olayı, verilen kinetik koşullarda oluşan hızlı yüksek bir oksidasyon olayıdır. Bu oksidasyon sonucunda bir reaksiyon ısısı açığa çıkar, reaksiyon ekzotermikdir.

Reaksiyon mekanizması açısından, yanmada zincir reaksiyonları ve bu reaksiyonlarda reaksiyonun devamlılığını sağlayan atom ve radikallerin* sürekli yeniden oluşumu gözlenir.

Bir hidrokarbonun kimyasal açıdan tam yanmasında, aşağıda verilen genel denklem uyarınca karbon dioksit gazı ve su buharı oluşmaktadır:



Gerçekte bir yanma olayında yakıt molekülleri ile oksijen molekülleri arasında görülebilecek bu reaksiyon fazla önemli değildir. Yanma tekniği açısından esas önemli olan; yakıt moleküllerinin kendi aralarındaki ve bir yandan da atom ve radikaller arasında görülebilecek olan reaksiyonlardır. Metanın yanma olayında oluşabilecek reaksiyon adımlarının incelenmesi bu noktaya açıklık getirecektir. Önce sıcak alev içerisinde



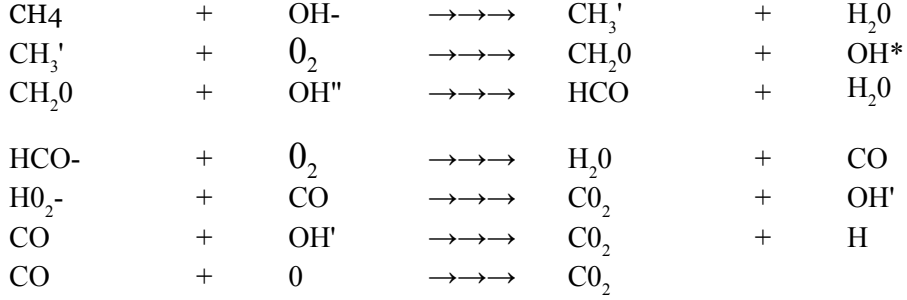
*** Radikal: Kovalent (ortak) bağ oluşumunu tamamlamış aktif molekül, iyon veya atomlardır.**

reaksiyonunun oluşacağı varsayılarak; **Şekil I'**de verilen zincir reaksiyonları vuku bulacak ve sonuçta kararlı CO₂ ve H₂O bileşiklerine ulaşılacaktır.

Yukarıdaki reaksiyonlarda sadece reaksiyon şekli dikkate alınmakta, fakat reaksiyonun zamana bağlı seyri ve hızı hakkında bilgi verilmemektedir. Dolayısı ile bu reaksiyonlardan hareket edilerek, yanmada önem taşıyan reaksiyon adımlarının tam olarak gerçekleşip gerçekleşmediği hususunda bilgi vermek olanağı yoktur.

Teknikte cereyan eden yanma olaylarında akım durumu ve taşınım

olayları büyük önem taşır. Ayrıca yanmada saf oksijen yerine havanın kullanılması, azotun ikinci bir bileşen olarak eşitliklerde dikkate alınmasını gerektirir



Şekil 1: Metan oksidasyonunun reaksiyon adımları

Uygulamalarda yakıt ve oksijenin reaksiyon odalarına ayrı yollardan sevk edilmeleri, reaksiyon karışımının ulaşılabilir homojenlik derecesini ve reaksiyon seyrini dikkate değer ölçüde etkiler. Oluşan alevde; yerel ve zamana bağlı bazı dengesizlikler ortaya çıkar. Yakıtla oksitleyici arasındaki kimyasal stokiometri tam olarak sağlanamaz. Yakıtça zengin "yağlı" ve oksijence zengin "fakir" karışım bölgeleri ortaya çıkar. Bu bölgelerde basit reaksiyonlarda farklılaşma gözlenir ve enerji dağılımı homojenliğini yitirir. Reaksiyonlar istenmeyen koşullar altında istenmeyen ürünler verir. Yakıtın gaz yerine sıvı olması durumunda sonuç daha da karmaşıktır. Çünkü yanmayı karışımın homojenliği, sıvı yakıtın ön ısıtılması, iyi pülverizasyonu ve buharlaşma yeteneği belirler. Sıvı faz karışamayan fazlara dönüşebilir ve zamanla sadece buharlaşma hızı reaksiyon belirleyici büyüklük durumuna geçebilir.

1. TAM OLMAYAN YANMALARDA ZARARLI BİLEŞİK OLUŞUMU

Teknikte en uygun oksitleyici koşullarda bile tanı olmayan yanma olayı

YILDIRIM, M., M.; VAROL, A.: Hidrokarbonlu Bileşiklerin Yanma Olayı ve Kurum Oluşumu, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, Cilt 9, Sayı 2, Temmuz 1986, S: 47-50

söz konusudur. Bu tür yanma olaylarında önemli olan hava miktarının fazlalık derecesi değil, reaksiyon bölgesindeki yerel oksijen konsantrasyonu ile yerel sıcaklık dağılımının değişimidir.

Tam olmayan yanmalarda istenmeyen bazı reaksiyon ara ürünleri erken kararlı hale geçerken, zincir reaksiyonunun durmasına yol açan veya onları yok eden reaksiyonlar ortaya çıkabilir. Tam olmayan yanmalar hammaddelerin bileşimlerine göre örneğin karbon monoksit, piroliz, hidrokarbonlar, organik oksijen bileşikleri, kurum, azot oksitleri ve kükürt oksitler gibi zararlı bileşikler verir. Bu tebliğ çerçevesinde tam olmayan yanmalarda oluşan zararlı ürünlerden kurum üzerinde durulmağa çalışılacaktır.

Alevle ısıtılan endüstriyel yanma odalarında; örneğin buhar kazanlarında, metalurjik rafinasyon işlemlerinin yapıldığı fırınlarda, çelik üretiminin yapıldığı konverterlerde, çimentonun üretildiği döner fırınlarda ısı iletiminin yaklaşık % 70'i radyasyonla sağlanmaktadır.

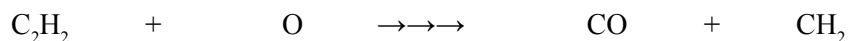
Fueloil ve gaz yakıtların alevinden oluşan kurum halindeki katı maddelerin tane irilikleri 0.02-0.08 (μ) arasında bulunur. Özgül ısıl emisyon; sıcaklık, kurum konsantrasyonunun yerel değişimi ve kurum taneciklerinin yapısına bağlı olarak değişir.

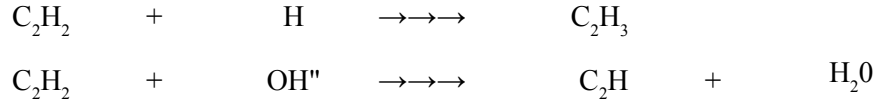
Günümüze kadar yapılan araştırmalar,, difüzyon alevinin yanma tarzının ve kurum oluşumunun bir çok etmenlere bağlı kaldığını göstermiştir. Bunlar yakıt türü, brülör konstrüksiyonu, tesisatla belirlenmiş termik ve aerodinamik koşullar, fazla hava katsayısı, sıvı yakıtlarda pülvarizasyonun cins ve kalitesi, alev akımını etkileyen yanma odası geometrisi ve yanma odası duvarlarındaki sıcaklık düzeyidir.

Yakıt türünden başka kurum oluşumunu hazırlayan iki temel faktör; sıcaklığın ve yakıt-oksijen karışımının alev yolu üzerindeki dağılım durumlarıdır. Başka bir deyişle, yakıtın kendi kurum oluşturma yeteneği dışında, içerisindeki C/H oranı, yani moleküler yapısı, zamanla değişen akım hızı ve alev içerisinde ortaya çıkan türbülanslı karışım alanları kurum oluşumunu hazırlayan önemli parametrelerdir (1,2).

2. KURUM OLUŞUMU TEORİSİ

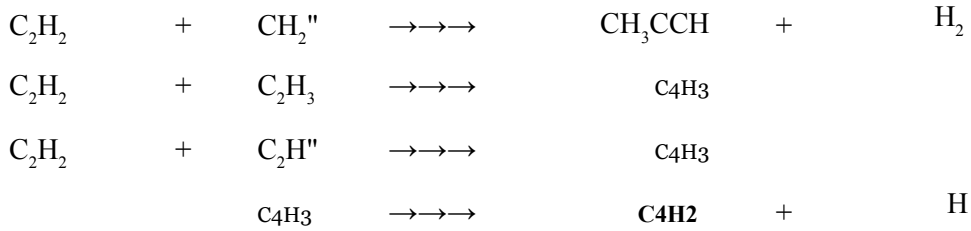
Hidrokarbonlar artan ısı etkisiyle daha çok oranda parçalanırlar. Bu olaya piroliz adı verilir. Piroliz olayı sonucunda oluşan ürünlerin kendi aralarındaki reaksiyonlar yüzünden hidrokarbonlu radikal bileşikler ve kurum ön ürünleri oluşur. Örneğin oksijen fakirliğinden oluşan ve hidrokarbon radikalleriyle birleşebilen asetilen, kurum oluşumunun özünü teşkil eder. Şöyle ki, asetilen bileşiği aktif oksijen, aktif hidrojen ve OH' radikali ile tepkir.





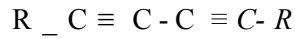
Şekil 2.a: Asetilenin aktif O, H ye OH'' ile tepkime reaksiyonları

Bu yolla oluşan radikal bileşikler daha sonra aşağıdaki reaksiyonlar uyarınca bir kez daha tepkiyerek başka hidrokarbon bileşiklerine dönüşürler.



Şekil 2.b: Asetilenin poliasetilene dönüşümü

Şekil 2.b'deki reaksiyonlar üzerinden asetilen poliasetilene geçişerek polimerizasyona uğrar. (R) harfi bir radikali gösterirse, poliasetilenin genel formülü için,



yazılabilir.

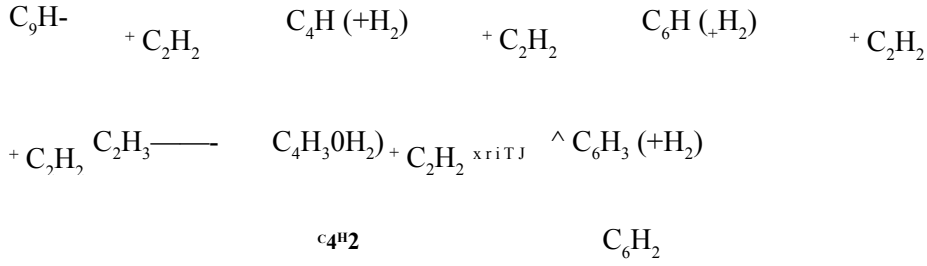
Poliasetilen doymamış radikalleri kolayca ve çabucak bünyesinde toplayabilen bir polimerdir. Dolayısı ile, "ön kurum oluşumu" olarak adlandırılan bu polimerizasyon olayı kurum oluşumunun başlangıcıdır.

Şekil 3'te poliasetilenin oluşum mekanizması şematik olarak verilmiştir.

Radikal bileşiklerin zamanla polimer bünyesinde toplanması ile daha sonra elektron mikroskobu altında kolaylıkla seçilebilecek irilikte ve nihayet bu taneciklerin de birbirleriyle



YILDIRIM, M., M.; VAROL, A.: Hidrokarbonlu Bileşiklerin Yanma Olayı ve Kurum Oluşumu, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, Cilt 9, Sayı 2, Temmuz 1986, S: 47-50



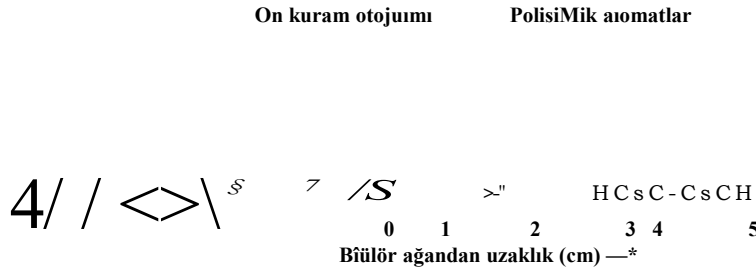
Şekil 3: Poliasetilenin oluşum mekanizmasının şematik gösterilişi

zincir şeklinde bağlanarak birleşmesi suretiyle gözle seçilebilecek büyüklükte kurum tanecikleri oluşur (2,3,4).

Şekil 4'te görüldüğü gibi kurum, alev yüzeyi boyunca aynı düzenlilikte oluşmamaktadır. Bunun da nedeni alevin her yanında transport olaylarının ve özellikle kimyasal reaksiyon yolu ile radikal difüzyonunun her noktada aynı etkinlikte olmayışıdır. Dolayısı ile yakıt molekülünün yapısı ve reaksiyon koşulları (transport olayları) kurum oluşumunu hazırlayan en önemli büyüklüklerdir.

2.1 Kurum Oluşumunda Kimyasal Etkiler

Hidrokarbonların farklı termik davranışları, aktif oksijen ve hidrojenle reaksiyona girme yatkınlıkları kurum oluşumu açısından büyük önem taşır. Hidrokarbonun bağ şekli ve molekül düzeni en önemli



Şekil 4: Asetilenin yanması ile oluşan çeşitli bileşiklerin alev boyunca konsantrasyon dağılımı (2)

kimyasal faktörlerdir. Belli hidrokarbon yapılarının özellikle kurum oluşumuna yatkınlığı bilinen bir gerçektir. Pratik uygulamalarda, aromatik yüksük bağlara sahip bileşiklerin alifatik bileşiklere göre daha çok kurum oluşturdukları ve ayrıca artan kaynama sıcaklığı ile hidrokarbonların kurum oluşumuna yatkınlık derecelerinin arttığı görülmüştür.

F bir faktörü, n bir üssü, E de boyutsuz yakıt tanım sayısını gösterirse, oluşacak kurum konsantrasyonu C_k için (2):

$$C_k = F \cdot E^n$$

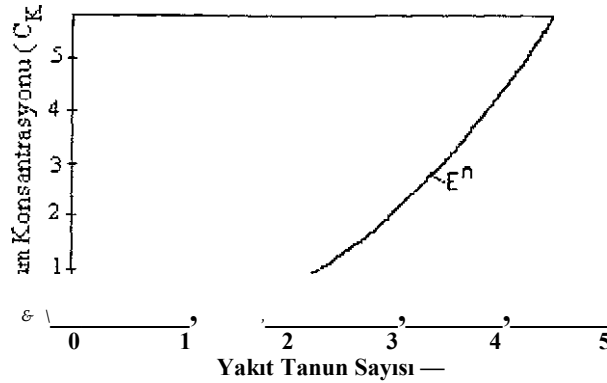
bağıntısı yazılabilir. Boyutsuz tanım sayısı E için de

$$E = \ln(v - v_{m,i} + 1) + (T_s / T_{s,o})$$

bağıntısı verilmektedir.

Burada $v_{m,i}$ = Metanın C/H- oranı olup, $C / H = 12 / (4 \times 1) = 3$ şeklinde hesap edilir, yine (v) değeri de aynı yoldan verilen herhangi bir hidrokarbon için saptanabilir. $T_{s,o} = 273 \text{ }^\circ\text{K}$ 'ya eşittir.

Yukarıdaki bağıntıdan da anlaşılacağı gibi, bir hidrokarbonun yakıt tanım sayısı değeri ne kadar yüksek olursa, oluşacak kurum miktarı da bu değerden faktör ölçüsünde o derecede etkilenecektir. Bu ilişki **Şekil 5**'de verilmiştir.



Şekil 5: Kurum konsantrasyonunun yakıt tanım sayısına olan bağımlılığı.

2.2 Kurum Oluşumunda Fiziksel Etkiler (Transport Parametreleri)

Zamanla akım değişimi, alev içerisindeki türbülanslı karışım alanları ve sıcaklık; kurum oluşumunu etkileyen önemli fiziksel parametrelerdir. Başka bir deyişle, brülör etkinlik alanı içerisindeki impuls, kütle ve enerji taşımını da en az kimyasal parametreler kadar kurum oluşumunda etkinlik göstermektedir. Yerel sıcaklık değişimi ve oksijen konsantrasyonu dağılımı kurum oluşum mekanizmasının temel fiziksel büyüklükleridir.

Şekil 6'da değişik parametrelerin kurum oluşumundaki farklı etkileri şematik olarak verilmeye çalışılmıştır. Pratikte bu parametrelerin teker teker değiştirilebilme olanağı yoktur. Olaylar ve büyüklükler birbirleriyle yakın ilişki içerisinde bulunurlar. Parametrelerden birinin etkisi ele alınmak istense, diğerinin etkileri kaçınılmaz olmaktadır (4,5).

YILDIRIM, M., M.; VAROL, A.: Hidrokarbonlu Bileşiklerin Yanma Olayı ve Kurum Oluşumu, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, Cilt 9, Sayı 2, Temmuz 1986, S: 47-50

Küçük (Az)

Büyüme



Büyük (Çok)

Şekil 6: Kurum oluşumunun değişik fiziksel parametrelere olan bağımlılığı (Şematik)

3. SONUÇLAR

1. Yakıt olarak kullanılacak hidrokarbonun tür ve özellikleri bilinmelidir.
2. Yanma ortamına ait transport parametrelerinin değişim durumları kontrol edilebilmelidir.
3. Yanma kalitesinin artırılabilmesi için basınç ve sıcaklık gibi fiziksel büyüklükler kontrol altında tutulabilmelidir.
4. Yakıt seçiminde çevreye zararlı bileşikler vermeyen, örneğin kükürdü az yakıtlar tercih edilmelidir.
5. Yakıt tanım sayısı yardımı ile kullanılacak yakıtın kurum oluşumuna yatkınlık derecesi talimin edilmeye çalışılmalıdır.
6. Yanma için gerekli ön koşullar iyi düzenlenmelidir. Bu koşullar arasında en önemlileri yakıt pülvarizasyonu, uygun yakıt-hava oranı, akım durumu, sıcaklık, basınç ve karışım-etkinliğidir.
7. Kazan külhanına gerektiğinde hava üfleyen bir vantilatör uygun biçimde takılarak yakıt malzemesinin, örneğin kömürün çabuk ve kolay tutuşması sağlanabilir.
8. Gaz yakıtlarda, sıvı ve katı yakıtlara göre gerekli ön koşulları hazırlamak daha kolaydır. Bu nedenle de gaz yakıtlarda tama yakın bir yanma ve dolayısı ile çok az bir kurum oluşumu söz konusudur.
9. Sıvı yakıtlarda optimum bir yanma için iyi yakıt pülvarizasyonunun sağlanması ve yakıt-hava oranının iyi ayarlanması gerekir.
10. Katı yakıtların gazlarının önceden iyi alınmış olması, gözenekliliği, iri parçalı olmaları, sabit karbon içeriklerinin yüksekliği ve az kül bırakma özellikleri bu yakıtlardan alınacak verimi artırır.

Kurum oluşumunu en az düzeye indirebilmek ve yanma verimini artırabilmek için tüm bu faktör ve özelliklerin iyi seçilip, uygulanmaları gerekir. Bunların sağlanmadığı yanma ortamlarında iyi bir difüzyon alevine ulaşma olanağı yoktur.

YILDIRIM, M., M.; VAROL, A.: Hidrokarbonlu Bileşiklerin Yanma Olayı ve Kurum Oluşumu, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, Cilt 9, Sayı 2, Temmuz 1986, S: 47-50

4. KAYNAKLAR

1.Hein V., Leuckel W., "Über Russbildung, Russabbrand und Russstrahlung Leuchtender Heizöl- und Gas-diffusions-flammen, VDI-Bericht, Verbrennung und Freuerungen", VDI-Verlag, Sayfa 48-55, Düsseldorf 1970.

2.Meier zu Köcker H., "Russbildung und Ausbrandoptimierung in Kohlenwasser-stoff-Diffusionsflammen, Waermetagung", Institut für Waermetechnik der TU Clausthal, 1973.

3.Hansen W., "Ölfeuerungen, Springer Verlag", Berlin 1970.

4.Kim K.Y., Marshal W.R., "Drop-size Distribution from Pneumatic Atomizers", AlChI Journ. s. 575-584, 17 (1971).

5.Meier zu Köcker H., Brandt J., "Zur Einfriertemperatur des SO_2/SO_3 - Gleichgewichtes in Verbrennungsgasen schwefelhaltiger Brennöle", Brennstoff-Chemie S. 139-143, 50 (1969).