

ULTRASONUN KİMYASAL ETKİLERİ

Sıvılardan geçen ultrason dalgaları, gittikçe büyüyerek patlayan ve bu sırada çok yüksek bir ısı açığa çıkartan küçük kabarcıklar oluşturmaktadır.

Kimya bilimi, temelde madde ve enerji ilişkilerini incelemektedir. Bu ilişkilerde, reaksiyonu yönlendiren enerji türü oldukça önemlidir. Meselâ ışık, yüksek bir enerji düzeyinde kısa süreli reaksiyonlara yol açarken, ısı, daha uzun bir zaman içerisinde daha az bir enerji düzeyindeki tepkimelerde yönlendirici rol oynar. Sesin maddeyle olan teması sonucu gerçekleşen kavitasyon (:boşlama) olayı ise, kimyacılar başka kaynaklardan elde edilmesi çok zor olan enerji düzeyleri sağlamaktadır.

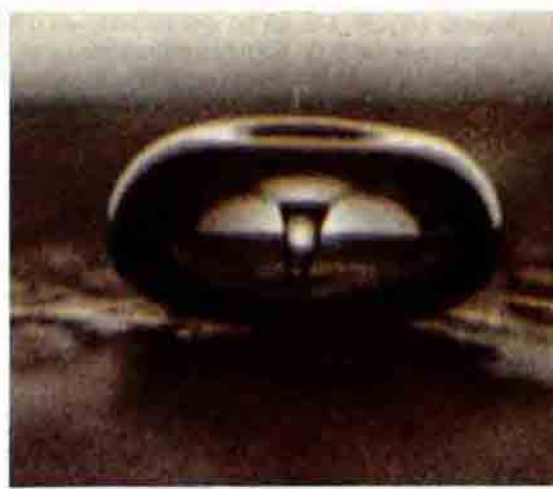
Söz konusu kavitasyon olayı, mekanik basınç uygulamalar değil, bir sıvının içinde yoğun ses dalgaları üretmek gerçekleştirilmektedir. Kabarcıklar ise, bir mikrosaniye içerisinde şiddetle patlayarak 5500°C'lik bir sıcaklıkta ısı açığa çıkartmaktadır ki, bu, güneşin yüzey sıcaklığına yakındır.

Ultrasonun olağanüstü etkilerini ilk defa 1927 yılında Alfred L. Loomis farketmiştir. Bu konu üzerindeki çalışmalar ise 1980'lere kadar oldukça ihmal edilmiş, 1980'lerde ucuz ultrason kaynaklarının temin edilmesiyle konu tekrar güncelliğine kavuşmuştur.

Bugün ultrason, tıbbî tedaviden plastik sanayiine, temizlikten hırsız alarmlarına kadar pek çok alanda kullanılmaktadır. Bu uygulamaların hiçbirisi ultrasonun kimyasal etkisine dayanmamaktadır. Öte yandan ultrason, metal parçacıklarını beraberinde o derece yüksek bir hızla sürüklemektedir ki, parçacıklar, çarpışma noktalarında ergimektedir. Yine ultrason soğuk sıvılarda mikroskobik kıvılcıklar oluşturmaktadır.

PATLAYAN KABARCIKLAR

Ultrasonun bu tür kimyasal etkileri, sıvıların içindeki gaz ve buhar kabarcıklarını genişletip patlatmasına bağlıdır. Ultrason dalgaları da diğer ses dalgaları gibi genişleme ve sıkışma evrelerinden oluşmaktadır. Sıkışma evresi, sıvıların üzerinde pozitif bir basınç uygulayarak molekülleri birbirine yaklaştırmaktadır. Genişleme evresi ise, negatif bir basınca yol açarak, sıvı moleküllerinin birbirinden uzaklaşmasına sebep olmaktadır.



Patlayan kabarcık: Ultrasonla bir sıvı içinde patlatılan mikrokabarcık çok hızlı bir kamerayla tespit edilmiş. Boşluğun içindeki gazın sıcaklığı 5500°C'ye kadar yükselmiştir. Katı bir yüzey yakınında olduğu için kabarcık asimetrik bir görünüme sahip. Sağda: Patlamanın aşamaları görülüyor.



Genişleme evresi, eğer ses dalgaları yeterince yoğunsa, sıvı içerisinde boşluklar oluşturabilmektedir. Bir sıvıyı birarada tutan bazı güçler vardır ki, bu güçler sıvının yüzey gerilimini de belirler. Bu gücün üstesinden gelip bir boşluk oluşturabilmek, oldukça güçlü bir negatif basınç gerektirmektedir.

Bu negatif basıncın büyüklüğü, sıvının saflığına bağlıdır. Öyle ki, saf su için bu basınç 1000 atmosferdir ve en güçlü ultrason kaynakları (50 Atm) dahi bu basıncı sağlayamaz. Sıvı içerisindeki kabarcıklar genellikle oldukça kararsızdır. Eğer kabarcık büyümeye yükselir, küçükse tekrar sıvıda erir. Ultrason dalgalarının bombardıman edilen bir kabarcık ise, genişleme ve sıkışma evrelerinde sürekli olarak enerji emer. Bu, kabarcığın büyüyüp küçülerek, sıvı ile dinamik bir denge içerisine girmesine yol açar. Bazı durumlarda ultrason, kabarcığın hacmini iki nokta arasında sabit tutabilmektedir. Diğer durumlarda ise, genellikle kabarcığın ortalama büyüklüğü artmaktadır.

Hacimdeki bu artış, genellikle ultrasonun şiddetine bağlıdır. Yüksek yoğunluktaki ses dalgaları, genişleme evresinde kabarcığı o denli büyütmemektedir ki, ardından gelen sıkışma evresi kabarcığı tekrar eski haline döndürememektedir.

Düşük yoğunluktaki ultrason ise, boşluğu alt ve üst iki limit hacim arasında osilasyon yaptırılmaktadır.

Genişleyen boşluk nihayet en fazla enerji emebileceği "kritik boyut" a erişir. Kritik boyut, sesin fre-

kansına bağlıdır. Meselâ 20 kHz'de bu boyut 170 mikron çapındadır. Bu noktadan sonra kabarcık çok hızlı bir şekilde büyür; fakat bu şekilde daha fazla enerji ememez ve varlığını daha fazla sürdüremez. Sıvı boşluğa dolar ve kabarcık patlar.

Patlama esnasında kabarcığın içindeki gaz çok sıkıştırılır ve sonuçta boşluğun hemen etrafını saran sıvının ısısı oldukça yüksek değerlere eşirir. Oluşan bu sıcak nokta çok küçük olduğundan, hemen etrafa yayılarak dağılır. Bu ısı alışverişinin saniyede 1 milyar dereceden fazla olduğu uzmanlar tarafından tahmin edilmektedir. Bu olay tıpkı ergimiş bir metalin, mutlak sıfır (-273°C) noktasına kadar soğutulmuş bir yüzeye dökülmesine benzemektedir.

Uzun araştırmalara dayanan sonuçlara göre, patlama esnasında kabarcığın içindeki gazın sıcaklığı 5500°C, hemen etrafındaki sıvının ise 2400°C olarak belirlenmiştir. Yine bu dev rakamlara benzer şekilde, basıncın da 500 atmosfere kadar yükseldiği bulunmuştur.

LABORATUVAR UYGULAMALARI

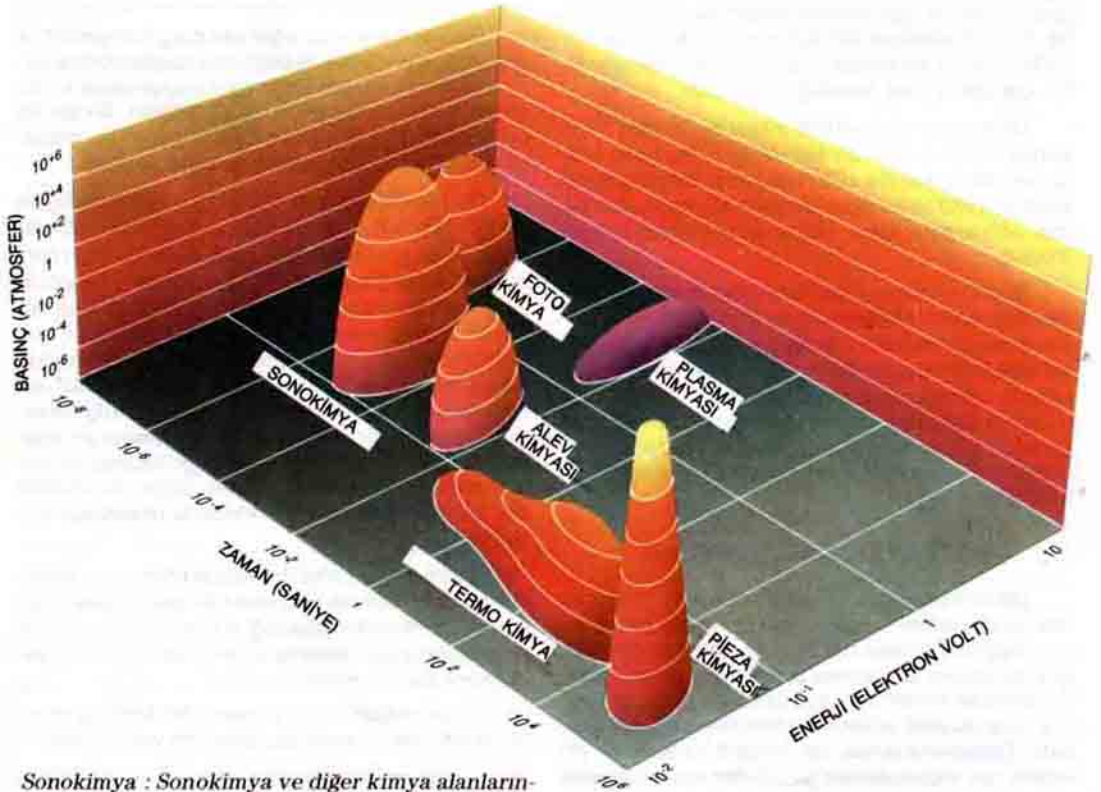
Uzmanlar, ultrasonun yol açtığı bu garip olaylar dizisine "sonokimya" adını vermektedirler. Sonokimya, böyle alışılmamış sıcaklık ve basınç değerlerini karşımıza çıkarsa da, bu güçlerin kontrolü hiç de zor değildir. Bazı ortam faktörleriyle oy-

nayarak, reaksiyonda istenilen değişiklikler yapılabilmektedir: Bu faktörler sesin frekansı, şiddeti, çevre sıcaklığı, kullanılacak sıvı veya gazın niteliği gibi faktörlerdir.

Sıcaklık sonokimyası, genellikle çabuk ısınma ve soğuma olaylarına dayanmaktadır. Örneğin bazı uzmanlar, yaptıkları deneylerde kabarcık patlaması sonucu suyun H⁺ ve OH⁻ iyonlarına ayrıldığını, hızla soğuma sırasında ise bu iyonlardan H₂O₂ ve H₂ gazı oluştuğunu gözlemişlerdir. Aynı şekilde ultrasonun organik bileşikler bozunmaya uğrattığı, inorganiklerde ise indirgenme veya yükseltgenmeye yol açtığı bilinmektedir.

Ultrason, ham petrolün temel yapısını oluşturan alkanları, gazolin gibi daha küçük parçalara ayırabilmektedir. Ham petrolün damıtılması, ancak 500°C'de yapılabilirken, bu yolla oda sıcaklığında gerçekleştirilebilmekte ve ısıtmayla asla elde edilemeyen asetilen çıkışı da gözlenmektedir.

Belki de ultrasonla ilgili en şaşırtıcı olay, soğuk sıvılarda alev oluşturmaktır. Bu olay, kabarcık patlaması sonucu oluşan sıcaklığın, bazı molekülleri yüksek enerji düzeyine çıkarmasıyla gerçekleşmektedir. Söz konusu moleküller eski hallerine dönerken, görülebilen bir ışık yaymaktadırlar. Öyle ki, hidrokarbonlar üzerinde yapılan deneylerde, bir gaz sobasının ışığına denk bir aydınlanma sağlanmıştır.



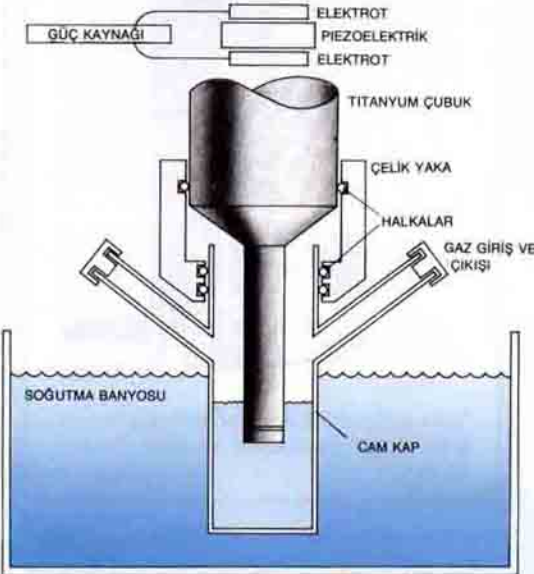
Sonokimya : Sonokimya ve diğer kimya alanlarında enerji basınç ve zaman ilişkisi görülmektedir.



Ultrason metal yüzeyleri temizliyor : Solda, nikel tozları koruyucu bir tabakayla örtülü; sağda, bu



tabaka temizlenmiş ve nikelin reaktivitesi arttırılarak, mükemmel bir katalizör haline getirilmiştir.



Ultrason üretici : Ultrason üretmek için, piezoelektrik maddeler gibi elektromanyetik alanlarda genişleşip büzülen maddeler kullanılır. Bu gibi maddeleri ultrasonik frekanslarda, manyetik alanlarla tutmakla ultrason elde edilir.

SANAYİDE ULTRASON KULLANIMI

Ultrason, organometalik adı verilen metal - karbon bileşiklerinde de uygulama sahası bulmaktadır. Plastik yapımında, mikroelektronik, eczacılık gibi alanlarda bu tür bileşiklere ultrasonla çeşitlilik sağlanmaktadır. Meselâ $Fe(CO)_5$ (Demirpentokarbonil) bileşiği ısıya maruz kaldığında CO (Karbonmonoksit) ve demir tozu; ultraviyole ışık altında $Fe(CO)_5$ maddelerine dönüşürken, ultrasonun etkisiyle alışılmamış bir sınıf bileşiğe, $Fe_3(CO)_{12}$ 'e çevrilmektedir.

Su ve yağ gibi birbiri içinde karışmayan sıvılar, ultrasonla karıştırılıp emülsiyon haline getirilebilmektedir. Bu ise sıvıların çok küçük parçacıklara ayrılmasıyla gerçekleştirilmektedir. Böylece karıştırılan

sıvılar arasında, istenen bazı reaksiyonlar çok daha kolaylıkla yürütülebilmektedir. Bu çerçevede, civanın çeşitli sıvılar içindeki emülsiyonlar oldukça ilginç bir karakter arz etmektedir.

Sıvılar içindeki katı yüzeylerin sonokimyası, karcık patlamasının biraz değişikliğe uğramasıyla karşımıza çıkmaktadır.

Katı yüzeye yakın bir yerde sıvı içindeki patlamalar asimetric bir geometri arz etmektedir. Bunun sonucu yüzeye karşı saatte 400 km gibi çok hızlı bir sıvı taarruzu cereyan etmektedir. Bu olay, katı yüzey üzerindeki reaktif olmayan madde ve fazlalıkları temizlemektedir. Böylece yüzeyin kimyasal etkinliği artırılmaktadır ki, bu, ilâç yapımında ve bazı özel polimerlerde çok önemlidir. Tüm bu etkilerin yanında, boşluk patlamaları sıvı içinde şok dalgaları gönderirler. Sıvılarda bulunan katı parçacıkların sonokimyası genellikle buna bağlıdır; çünkü, bu dalgalar, katı parçacıkları 500 km/saat hızla birbirlerine vururlar. Bu çarpışmalar öylesine şiddetlidir ki, bazı yoğun kısımlarda lokal ergimeler dahi gerçekleşmektedir. Bu olay da ultrasonun metallerin üzerindeki oksit tabakasını temizleyerek aktivitelelerini arttırdığını ispat etmektedir. Bu tür bir temizlik, bazı metallerin katalizör etkilerini oldukça arttırabilmektedir.

Ultrasonun yüzeyler üzerindeki temizleme etkisi nikel, bakır, çinko gibi aynı zamanda birer katalizör olan metallerde çok belirgin olarak görülmektedir. Meselâ bu yolla nikelin kataliz gücü 100.000 kez artırılabilir.

Gelecekte ultrasonun tungsten, karpit, hatta elmas gibi yüksek ısıya dayanıklı maddelerin üretilmesinde kullanılabileceği düşünülmektedir. Öte yandan aşınmaya dayanıklı metalik camların yapımı da mevcut planlar arasındadır.

Ultrasonun kimyasal uygulamaları çok yeni olmasına rağmen, önümüzdeki birkaç yıl sonokimya da büyük gelişmeler vaat etmektedir. Ultrasonun laboratuvarlarda kullanımı gittikçe yaygınlaşmakta ve sanayi alanına sıçramaya başlamaktadır.

Scientific American'dan çev. : Gürkan ÖZTÜRK