

Malzeme Biliminde Yeni Bir Ufuk

ELMAS KAPLAMA

Derleyen : **Hikmet KARATOSUN**

- Hiç körelmeyen jiletler, çizilmeyen gözlükler, yoğun radyasyon tesirine dayanabilen integre devreler... Elmasla kaplama tekniği, eski malzemelere yeni bir çehre kazandıracak.

Elmas, tabiiatta bulunan en sert cisim olup kimyasal olarak hemen hemen hiçbir maddeyle reaksiyona girmez. Ayrıca, diğer cisimlerden farklı olarak çok ilginç optik özelliklere sahiptir. Bu gibi sebeplerle pek çok insanın hayâllerine giren bir madendir.

Elmas kimyası ile ciddi olarak ilgilenen ilk bilim adamı, İngiliz kimyacı Smithson Tennant idi. Tennant, 1798'de elması yakarak elde ettiği karbondioksit gazının ağırlığını ölçtü ve elmasın kimyasal olarak saf karbondan ibaret olduğunu ispatladı. Bu tarihten beri pek çok bilim adamı, grafitten veya karbon ihtiva eden maddelerden elması sentez yoluyla elde etmeye çalıştı. Bunların en meşhurları, 1880-1890 yılları arasında, çeşitli ısı ve basınç şartları kullanarak saf elmas elde ettiklerini ileri süren James B.Hannay ve Henri Moissan'dır.

Elektrik fırınlarının mucidi olarak tarihe geçen Fransız kimyacı Moissan, demir ile saf odun kömürünü karıştırarak grafit potalarında 4000°C'ye kadar ısıttı. Erimiş kütleyi ani soğutmaya tabi tutarak, soğuma esnasında demirin içinde henüz sıcak olan kütleye, dışta soğuyan demirin genişleme basıncını uyguladı. Uygulanan şiddetli iç basınç tesiriyle, grafit ile bir arada bulunan ve yoğunluğu 3-3.5 arasında değişen bazı kristaller elde etti. Kristallerin yapısını ve deney şartlarını çizimlerle izah eden Moissan, bunların gerçekten elmas olduğunu iddia etmekteydi.

Gerek Hannay ve gerekse Moissan diğer bilim adamları tarafından yoğun bir şekilde eleştirildi. Birinci Dünya Savaşı'nın hemen öncesinde konuya el atan İngiliz bilim adamı Charles Parsons (buharlı türbinlerin mucidi), 20 yıl süren çalışmaları sonunda muazzam bir servet harcayarak 1928 yılında şu açıklamayı yaptı: "Ne Hannay'ın ve ne de Moissan'ın gerçekten elması sentez ettiklerine inanmıyorum".

Eski simyacıların metallere altın elde etmek için yaptıkları çalışmaya benzeyen bu çabanın aslı neydi?

Kristal yapıların incelenmesi, elmas ile grafit ara-



Elmas film

sındaki farkı açık olarak ortaya koymaktadır. Her iki cisim de karbon atomlarından ibarettir. Fakat elmas, tetrahedral (4 yüzlü) yapıda birbirine çok kuvvetli karbon bağları ile bağlanmış karbon atomlarından müteşekkildir. Bu kuvvetli bağlar aynı zamanda atom tabakaları arasındaki asıl tutucu kuvvettir. Grafit ise, yatay düzlemde birbirine heksagonal (6 köşeli) sistemde bağlanmış karbon atomlarından şekillenmiştir. Tabakalar arasında ise elmastakine benzer sıkı karbon bağları mevcut olmayıp, sadece zayıf Van der Waals çekim kuvvetleri mevcuttur; yani, grafitin tabakaları gayet kolay bir şekilde birbiri üzerinde kayma yapabilir. Bu özelliği dolayısıyla grafit iyi bir yağlayıcıdır.

Peki, grafitten elmas elde etmek kimyasal olarak mümkün mü? Bu iki farklı kristal yapıdaki cisim hangi şartlarda bir birine dönüşebilir?

Sovyetbilim Akademisi'nde görev yapmakta olan O.I.Leipunsky, 1939'da elmas ve grafitin çeşitli basınç ve sıcaklık şartları altındaki ısı kapasitelerini ve yanma ısılarını hassas bir şekilde ölçerek, bu sorunun cevabını ortaya koydu.

Elmas-grafit denge eğrisinin kısaca incelenmesi, düşük basınçlarda grafitin, yüksek basınçlarda ise elmasın daha dengeli bir halde olduğunu, yani karbonun deney şartlarına göre elmas veya grafit halinde bulunabileceğini göstermektedir. Bu eğriye kimya dilinde "faz diyagramı" denir. Karbonun faz diyagramına göre, elmas düşük basınçlarda kısmen dengesiz (yarı dengeli) durumdadır; grafit ise tamamen dengeli bir haldedir. Yani karbondan bu şartlarda kolaylıkla grafit elde edilebilir. Mavi bölgede

ise, elmas dengeli bir durumda olup, yarı dengeli durumdaki grafit ile birarada bulunmaktadır. Beyaz bölgede ise, yüksek basınçlar tesiriyle elmas, tamamen dengeli duruma geçmiştir. Bir alt bölgede dengesiz durumdaki grafit, bu kısımda tamamen elmasa dönüşür. Sıcaklığın daha da artırılmasıyla karbon erimiş hale geçer.

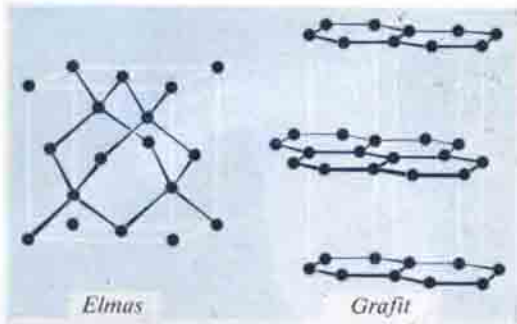
Bu faz diyagramı bize çok enteresan şeyler belirtmektedir. Birincisi, düşük ısı ve basınç şartlarında elmasın ani olarak grafitte dönüşmesi teorik olarak mümkündür. Elmas sahiplerinin tüylerini diken diken edebilecek olan böyle bir olay, neyse ki karbon atomlarının birbirlerine çok sıkı bir şekilde bağlı olmalarından dolayı pratikte ortaya çıkmaz. İkincisi, grafitte yeterli bir basınç uygulanırsa karbon atomları ısı ve uygun katalizörler yardımıyla yerlerinden kopabilir ve elmasın yukarıda bahsettiğimiz kristal çerçevesi üzerine yerleşebilir. Yani, grafit elmasa dönüşebilir.

Leipunsky'nin bu çalışması elmas sentezi alanında bir çığır açtı. 1955 yılında Amerika'daki General Electric firmasındaki araştırmacılar, 55.000 atmosferlik bir basınç ve 2000°C'lik bir sıcaklık altında elması suni olarak elde etmeyi başardılar. Kimya bilimi diğer bir problemi daha çözmeyi başarmıştı.

Elmas sentezi konusunda diğer ülkelerden çok daha ileride olan Rusya, bu tarihlerde daha başka amaçlar peşindeydi. Leipunsky'nin teorilerine göre, karbon atomlarıyla doymuş durumda olan bir gazdan kristallendirme yaparak çok daha düşük basınç ve ısı şartlarında elmas elde etmek mümkündür. Bu işlem grafitten elmas elde edilmesinden çok daha ucuz mal olacaktı. Gerçekten de Moskova Bilim Akademisi'nden B. Derjagin ve B.V. Spitzyn 1956 yılında hidrokarbon (yani sadece karbon ve hidrojen ihtiva eden) gaz buharı kullanarak 1000°C sıcaklıkta ve çok düşük basınçlarda elmas elde etmeyi başardılar. "Kimyasal Buhar Fazında Çöktürme" diye adlandırılan bu metod, bünyesindeki karbon atomunun düzeni elmastaki bireysel karbon atomlarının düzenine benzeyen metan (CH₄) gibi hidrokarbonlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Isı tesiriyle hidrojen



Bu elmas küpeler birden bire kömüre dönüşebilir.



Elmas ve grafitin kristal yapıları.

atomlarını kaybeden karbon atomları, daha sonra arzulanan herhangi bir yüzey üzerine tetrahedral düzende, yani elmasın yapısıyla tamamen aynı yapıda çökme yapar ve elmas filmi (ince tabaka) oluşturur.

Rusların elmas filmleri konusundaki bu çalışmaları, başlangıçta batı dünyasının dikkatini pek çekmedi. Fakat, birkaç sene evvel bu filmlerin önemi Amerikalı ve Japon bilim adamları tarafından kavranılınca durum çok değişti. Reaksiyonlara ait temel işlemleri geliştirmeye önem veren batılı bilim adamları, daha değişik karbon kaynakları (karbon monoksit, karbon dioksit, aseton vs.) kullanmaya başladılar.

Şu anda elmas filmleri elde edilmesinde söz sahibi 3 ülke mevcut: Sovyetler Birliği, ABD ve Japonya. Sovyetler, elmas kaplama tekniğinin anlaşılması ve araştırılması yönünden, Japonya ise ticari uygulamaları başlatma yönünden daha ileridedir. Her üç ülke de elmas filmlerini artık sıradan bir üretim işlemi haline getirmişlerdir.

Buhar fazında çöktürme işlemi birkaç tipte yapılabilir:

a) Hidrojen ve metan karışımını 2000°C sıcaklıkta bulunan bir flaman üzerinden geçirmek ve oluşan karbonları kaplanacak cisim üzerinde çöktürmek.

b) Hidrojen ve metan gazları karışımını mikrodalgalarla ısıtarak bir plazma haline getirmek ve çöktürme işlemi bu plazma içine yerleştirilen sıcak bir cisim üzerine yapmak.

c) Argon ve hidrojen karışımını uygun bir iyonlaştırıcı sistem kullanarak iyonlaştırıp grafit bir hedef üzerine göndermek ve böylece hedeften karbon atomlarını kopararak kaplanacak cisim üzerinde yoğunlaştırmak. Bu teknik Japonlar tarafından geliştirilmiş olup, oda sıcaklığında bulunan iyon hüzmeleri kullanılır.

Kullanılan teknik ne olursa olsun, elmas filmlerinin büyüme ve kalınlaşma hızı oldukça düşüktür: [saatte 10 mikrometre (yani, 0.000010 m/saat)]. Üstelik bu oluşmanın hangi şekilde gerçekleştiği de tam olarak anlaşılmiş değildir. Önemli diğer bir husus şu-



Crystallume

Crystallume ve IBM gibi Amerikan firmaları, Japon teknolojisini yakalayabilmek için plazma kullanan işlemler üzerinde çalışmaktadır.

IBM

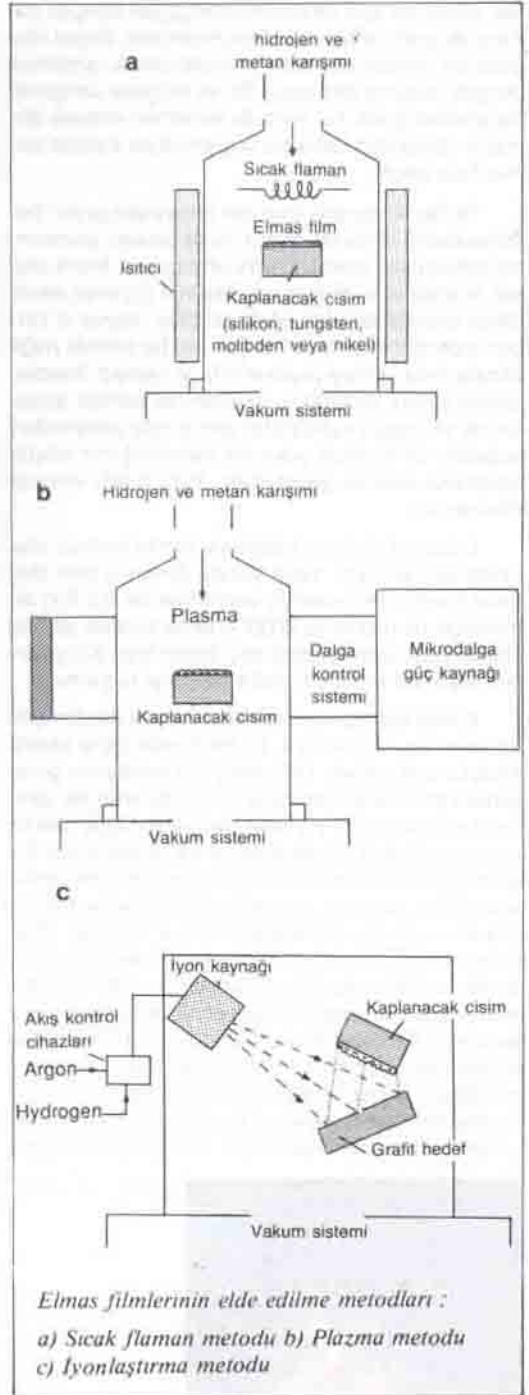


dur: Bu şekilde elde edilen elmas daima bir miktar hidrojen ihtiva eder. Doğal elmasta da % 1 kadar hidrojen ve az bir miktar hidrokarbon bulunması, jeokimyagerlerin "doğal elmas, yerin derinliklerinde oluşan kimyasal buhar fazı çöktürme reaksiyonları ile oluşmuştur" şeklinde bir kanaate varmalarına yol açmıştır.

Elmas Filmleri Ticari Olarak Neden Önemlidir?

Elmas filmleri, belirtildiği gibi, son derece sert ve aşınmaya dayanıklıdır. Su geçirmezler ve saydamdır. Elmasla kaplı mekanik parçalar, traş bıçakları ve yatak elemanları sonsuza kadar dayanabilir. Elmas kaplı gözlükler ve camlar asla çizilmez. Manyetik bilgi depolama diskleri, okuma başlığının çarpmalarına karşı elmas kaplama ile mükemmel bir şekilde korunabilir.

Oda sıcaklığında elektriği iletmemesine rağmen, elmas, bakır dahil diğer bütün maddelerden daha iyi bir ısı ileticisidir. Bu ise, elmasın elektronik devrelerde ortaya çıkan aşırı ısıyı atmak için gerekli kocaman soğutma birimleri yerine, ideal bir soğutma elemanı olabileceğini göstermektedir. Ayrıca, fosfor veya bor ile karıştırılmak suretiyle elmasın yarı iletkenler de imal etmek mümkündür. İskoçya'daki



Edinburgh şehrinde bulunan Heriot Watt Üniversitesi'ndeki bilim adamları, laser yardımıyla silisyum üzerine elmas kaplayarak yarı iletkenler yapmaya çalışmaktadırlar. Bu tip elmaslı devreler yoğun ısı ve ışık radyasyonuna dayanıklı olduğundan uzay haber-

leşmeleri, nükleer reaktörler ve askeri uygulamalar için ideal bir malzeme durumundadırlar.

Elmas kaplı entegre devreler, galyum arsenitten yapılanlara kıyasla çok daha hızlı ve yüksek frekanslarda çalışabilir; çünkü, elektronlar elmadaki daha hızlı hareket eder. Ayrıca, elmasın elektrik iletkenliğinin kopma noktası galyum arsenite göre çok daha yüksek bir voltajda olduğundan, bu tip cihazlar daha yüksek voltaj güçlerini taşıyabilir.

Japon firması Sony, elmas filmleri kullanan ilk ticari ürününü piyasaya sundu: Elmas kaplı bir tweeter (tiz ses hoparlörü). Hoparlörün yüzeyindeki elmas film gergin ve hafif olup, çok yüksek frekanslarda çok kaliteli sesler üretir.

Elmas ayrıca çok ilginç optik özelliklere sahiptir; ışık spektrumunun ultraviyole ve görünür bölgelerinin

de saydamdır. Bu sebeple, askeri cihazlar ve uzay araçları için mükemmel bir pencere camı olma özelliğine sahiptir. Hattâ, elmas kullanarak ultraviyole (mor ötesi) lazer imal etmek bile mümkündür.

Elmas filmlerinin geleceği çok heyecan verici gelişmelere açık görünmektedir. Kullanılan teknoloji ile karbonun çok daha sert fazlarının imali de mümkündür. Konuyla ilgilenen Sovyet araştırma grubu kısa bir süre önce C8 yapısında yeni bir karbon filmi elde etmeyi başardı. Bu malzeme, elmadan çok daha sert olup sapma göstermiş bir tetrahedral yapıdadır. Fakat, neden bu derece sert olduğu henüz bilinmiyor.

Bu gelişmeler, elmas kimyası konusunda öğrenilecek daha pek çok şey olduğunun bir göstergesi olarak değerlendiriliyor. □

GENÇ ARAŞTIRMACILAR

(Başararı 49. sayfada)

çözeltinin (su + bitki özütü) akımı geçirdiği gözlemlendi ve grafik çizildi.

c) 50 cc cırtlak otu sıvısı ve 150 cc su kullanılarak yapılan son ölçümlerde şu neticeler alındı:

Akım (mA)	Voltaj
10	1,00
15	1,24
20	1,42
25	1,48
30	1,52
35	1,64
40	1,72
50	1,82
75	1,96
100	2,20

Neticede 1/3 oranındaki çözeltinin de akımı geçirdiği deneylerle saptanmış olup grafikleri çizildi.

Deney neticesinde ölçülen e.m.k.'lar 0,735 volt olarak bulundu. Yapılan deneylerde gerek saf sıvı, gerekse sulandırılmış özüt e.m.k.'ları 0,735 volt olarak gözlemlenmiş olup, hiçbir değişme meydana gelmedi.

Yapılan deneylerde eksi elektrot (katot) yani çinko elektrot üzerinde toz haline gelmiş az miktarda çinko, çok miktarda da metalik bakır toplandığı görüldü. Saf su ve biraz tuzlu su ile yapılan karşılaştırma deneyinde de saf suyun e.m.k.'sının olmadığı, tuzlu suyunda 0,14 voltluk bir e.m.k.'sının olduğu saptandı. Deney sonuçlandırıldığında eksi elektrod üzerinde toplanan maddenin e.m.k.'yı düşürdüğü görüldü ve sıvının e.m.k.'sı 0,006 volt olarak saptandı.

6) Elektro Kimyasal PİL Deneyleri:

Sıvı özütü ve bakır sülfat ($CuSO_4$) çözeltisiyle Elektrokimyasal pil düzeneği kuruldu. Bakır sülfat içerisinde bakır elektrot (Cu) sıvı özütü içerisinde de çinko elektrot (Zn) daldırıldı (Elektrotların boyutları aynı)

Voltmetreyi devreye paralel, ampermetreyi seri bağlayarak gerilim ve akım okundu

Voltaj 1,3 volt, akım 0,2 amperdi. Devreye 1,5 volt'luk ampül bağladığım zaman akım ve voltaj'ın varlığı görülürken ampülde yanma gözlemlendi.

II. Deneyde Elektrokimyasal pil düzeneklerini birden üç'e çıkardım. Voltaj 3,9 volt, akım ise 0,2 amper olarak gözlemlendi. Ampülü bağladığım zaman sönük halde yandığını gözledim.

Son deneyde ise elektrokimyasal pil sayısını seribağlı olarak beş'e çıkardığım zaman voltaj'ın 6,5 volt, akımın ise 0,2 amper olduğunu gözledim. Devreye lamba bağlandığında lambanın parlayarak yandığı görüldü.

Deney sonucu olarak da sıvı özütünün elektro-kimyasal pil yapımında kullanılabileceğini deneylerle saptamış oldum.

KÜL TAYİNİ

Sıvı buharlaştırıldı. Sonra tartımları sabitleştirilmiş krozelede $550^{\circ}C$ sıcaklıktaki fırınlarda yakıldı. Cırtlakotu sıvısının külü % 1,34 olarak bulundu. Sıvı özütünün yüksek kül içermesi, bu sıvının elektrolitik bir sıvı olduğunu ve yüksek iyon içerdiğini de bu deneyle göstermiş oldum.

SONUÇ

Bu araştırmanın daha modern olanaklarla yapılması halinde, enerji konusunda insanlığa büyük yararlar sağlayacağı kanısındayım.

Cırtlak otunun çok ekonomik olması, bakıma muhtaç olmadan yetişmesi ve bol sıvı özütü vermesi dünya piyasalarında hızla artan madde fiyatları dikkate alınırsa, çok büyük katıklarının bulunacağına inanıyorum.

Bitki özütünün özellikle iyonik yapılı olması elektrokimyasal pil yapımına kolaylıklar getireceği görüşündeyim.