

SENTETİK ELMAS ÜRETİMİ

Suat ÖZKOL*

Elmasın güzelliği ve çok seyrek bulunuşu, eskiden beri ona duyulan hayranlığı yaratmıştır. Önceleri süs taşı olarak değer bulan elmas, son yıllarda endüstride de önem kazanmıştır. Süs taşı olarak elmasın değeri "dört C"si ile belirlenir. Bunlar, Carat: 1/5 g olarak ağırlığı, Clarity: şeffaflığı, Colour: rengi, Cut: işleniş olarak bilinir. Doğada bulunan elmasın büyüklüğü çok seyrek 1 cm nin üstündedir. Bugüne kadar bulunan en büyük elmas 3106 karatlık Cullinan'dır. Bundan 530 ve 317 karatlık iki büyük ve 100 küçük pırlanta işlenmiştir. İşleme sanatı da elmasın gerçek güzelliğini ortaya çıkarmak açısından çok önemli ve zor bir işlemdir. Süs taşı olarak değer bulan elmas, genelde şeffaf olanıdır. Üretilen elmasların maalesef çok az bir kısmı süs taşı kalitesindedir. Süs taşı üretiminin yan ürünleri ile süs taşına uygun olmayan doğal elmaslar endüstri elması olarak değerlendirilmektedir. Ancak, endüstrinin bu tür elmaslara olan talebi devamlı artarken, bunların üretiminin artmaması sentetik (yapay) elmas üretimini gündeme getirmiştir. Bu konuda yapılan çalışmalar 1880'lerde başlamış, fakat ilk başarılı üretim 1953'te İsveç'in ASEA grubu tarafından ve hemen ardından 1954'te General Electric firması tarafından gerçekleştirilmiştir. Her iki yöntem de yüksek basınç ve yüksek sıcaklıkta (high pressure and high temperature method) grafitli elmasa dönüştürmektedir.

Bunlardan sonra 1961'de DeCarli ve Jamieson başka bir yöntem olan şok dalgaları (shock wave technique) ile grafitten sentetik elmas üretimini başarmışlardır. Bu yöntem, daha yüksek basınç uygulamaktadır. Bunların yanı sıra 1000 °C sıcaklık ve bu defa alçak basınçta gaz fazındaki karbondan ince tabakalar halinde elmas üretimi (chemical vapor deposition) yöntemi geliştirilmiştir. Kırk yılı aşkın bir gelişme sonunda üretim aşamasına gelen bu yöntemin gelecekte daha çok yarı iletken pazarına yönelik kullanılacağı öngörülmektedir. Halihazırda ince elmas tabakalar lens ve cam kaplamaları, hoparlör diyafrağı kaplaması, magnetbantların üzerine koruyucu tabaka oluşturulması alanlarında kullanılmaktadır. Halen yılda 300 milyon dolar değerinde 50 ton/yıllık kadar sentetik elmas üretilmektedir.

ELMASIN YAPISI

Kimyasal olarak elmas, grafit, kurum ve karbon siyahı farksız olup hepsi karbondan ibarettir. Farkları kristal yapılarındadır. Tabakalı bir yapısı olan grafitin, tabaka içinde karbon atomları birbirleriyle ko-

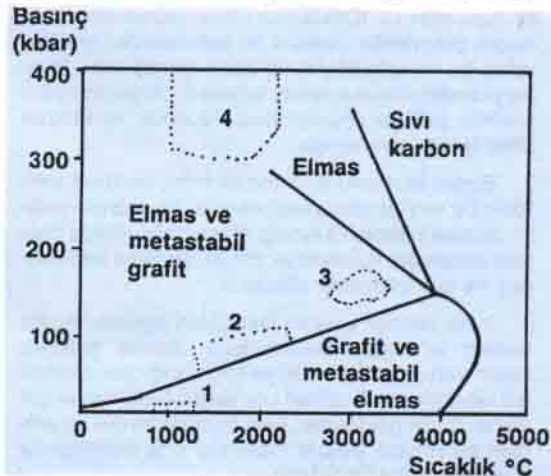
valent bağla bağlı iken tabakalar arası bağ daha zayıf olan van der Waals bağıdır. Bu nedenle grafitin tabakaları birbiri üzerinde kayabilmekte ve böylece grafitte yağlama özelliği kazandırmaktadır. Kurum ve karbon siyahı da grafitin mikrokristalin şeklidir. Elmasta ise, bütün karbon atomları birbirleriyle kovalent bağla bağlı olup aralarındaki mesafe 1,54 Å olarak sabittir. Atomlarının dizilişi ise, kübik sistem içinde oluşur. Elmas sertlik, aşınma direnci ve düşük sürtünme katsayısı gibi özelliklerini bu yapısına borçludur. 111 düzleminde dilinim verir ve en serttir. Elmas kimyasal maddelere dirençlidir. Yüksek ısı iletkenliği ve düşük ısı genleşmesi özelliğine sahiptir. Ayrıca yüksek kırma endeksi ve şeffaflığı çekici optik görünümünü sağlar. Elektrik iletkenliği ise düşüktür.

SENTETİK ELMAS ÜRETİMİ

Sentetik elmas üretimi fikrinin eski olmasına karşın, bunun başarılması, saf karbonun faz diyagramının 1940'larda anlaşılmasından sonra gerçekleşmiştir (Şekil 1'de karbonun faz diyagramı görülmektedir).

Diyagramda, bilinen sentetik elmas üretim yöntemlerinin basınç/sıcaklık bölgeleri gösterilmiştir. Bunlardan üç tanesinde yüksek basınç ve yüksek sıcaklık uygulanması gerekirken, 1 no'lu CVD yönteminde 1000°C civarında düşük basınçla ince elmas tabaka oluşturulmaktadır. Bu yöntemle 1 mikron büyüklüğünde kübik elmas kristalleri elde edilebilmektedir. Yüksek basınç/yüksek sıcaklık yöntemi ile yeterli miktarda elmas üretilebilmekte; küçükleri aşındırıcı olarak, büyükleri lazer diyodunun ısı düşürücü tabanı olarak kullanılmaktadır.

Empüresiz süs taşı kalitesinde 1 karatın üstünde sentetik elmaslar üretilebilmiştir. Ancak fiyatı doğal elmasinkinin 10 misli pahalı olduğundan, sente-



Şekil 1: Karbon Faz Diyagramı (1-CVD yöntemi, 2-Katalitik yüksek basınç yüksek sıcaklık yöntemi, 3-Yüksek basınç yüksek sıcaklık yöntemi, 4-Şok dalgası yöntemi).

* Doç.Dr., Hacettepe Üniversitesi, Maden Müh. Bölümü, Öğretim Üyesi.

tek elmas üretimi daha çok endüstri elması kalitesinde olmaktadır. Örneğin, 3 x 3 x 1 mm ebatlarında lazerle kesilmiş, lazer diyotu altına konan sentetik elmasının fiyatı 150 dolar civarındadır. Sentetik elmasın üretimi tane büyüklüğü açısından kısıtlı olmaktadır.

Japon Sumitomo firması 1985'te 2 katlılık 8 mm büyüklüğünde elmas üretebilmiştir. Bu kısıtlılık CVD yöntemi ile bir ölçüde ortadan kalkmaktadır. Çünkü elmas olmayan geniş yüzeyler elmasla kaplanabilmektedir. Yüzeyle elmas arasında kimyasal bağlanma sağlanarak geniş yüzeylerde elmasın avantajlarından yararlanmak mümkün olmaktadır. CVD yöntemi ile ilgili çalışmalar değişik ülkelerde hemen hemen aynı zamanlarda başladığı için kimin ilk önce bunu başardığını söylemek oldukça zordur. Union Carbide 1949'da karbon içeren gazlardan sentetik elmas üretimi çalışmalarını başlatmış ve başarılı sonuçlarını ilk olarak 1956'da yayınlamıştır. Aynı yıllarda Sovyetler, gaz fazından sentetik elmas üretimini başarmışlar; ancak patent almaları 1980'leri bulmuştur. Eski Doğu Almanya'da volfram ile karbonun reaksiyonları araştırılırken 1953 yılında kristalin elmas oluşumu tespit edilmiş ve 1956'da yayınlanmıştır. CVD yönteminde küçük elmas tanecikleri çekirdek (substrat) olarak kullanılmakta, bunun üzerine elmas ve grafit yoğunlaştırılmaktadır. Daha sonraki işlem, grafitin uzaklaştırılması olmaktadır. Grafitin uzaklaştırılması 1000 °C'nin üstünde atomik hidrojen vasıtasıyla gerçekleştirilebildiği gibi, havada oksitleyerek de mümkün olmaktadır. Gaz fazından yoğunlaşma (deposition) ve arkasından grafit uzaklaştırma işlemleri birbiri ardından çok sık olarak yapılırsa, sonuçta ölçülebilir büyüklükte sentetik elmas üretilmektedir. 1966 yılında Bell Telephone laboratuvarlarında, hidrojen atmosferinin, elmasın grafitte dönüşümünü engellediği tespit edilmiştir. Daha sonra metan-hidrojen gazından hareketle bu yöntemin kristal büyüme hızı artırılabilmiştir. 1978'de katalizator olarak platin ve palladyum kullanılmaya başlanmıştır. Sovyetler 1976'da elmas büyümesinin elmadan başka çekirdekler üzerine de olabileceğini ispatlayınca bu konuda büyük bir adım atılmış oldu. Başka yüzeyler üzerine elmas tabakası oluşturma yönteminin pratiğe uygulanması Japonlar tarafından 1980'lerde başarılmıştır.

Elmas oluşumu X-ışınlar kırınımı, elektron mikroskopu ve Raman spektroskopisi ile doğrulanmıştır. Atomik hidrojen kaynağı olarak mikrodalga destekli plazmalar kullanılarak elmas kaplama kolaylaşmış ve tekrarlanabilir olmuştur.

Yine yetmişli yıllarda tesadüfen elmasa benzer karbon tabakaları bulunmuştur. Bunlar genelde amorf yapıya sahip % 50'ye kadar hidrojen içerebilen tabakalardır. Grafitten çok elmas özelliklerine çok yakın özellik gösterirler. Lyon bombardımanı ile üretilen bu elmasa benzer tabakalar oda sıcaklığında bile elde edilebilmektedir.

Sertliği elmasinkine yaklaşan bu tabakalar amorf yapı nedeniyle kaygan yüzey oluştururlar ve koruyucu kaplama alanında kullanım bulurlar.

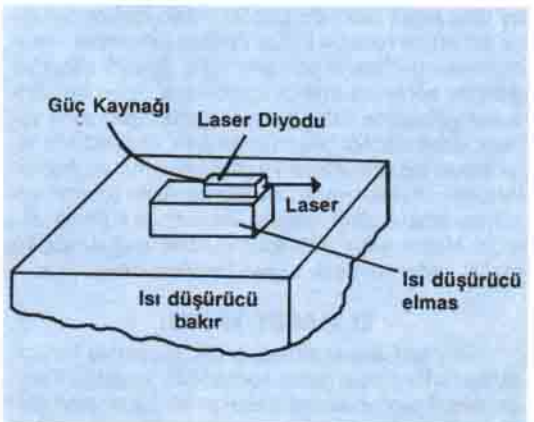
Günümüzde elmas tabakaların oluşumu tam olarak aydınlanmamış olup, bu konuda araştırmalar sürmektedir. Buna karşın, elmas kaplamalar birçok alanda uygulanmaya konmuştur.

SENTETİK ELMASIN KULLANIM ALANLARI

Elmas, yüksek sertliği nedeniyle, öncelikle kesici, delici ve aşındırıcı âletlerin yapımında kullanılmaktadır. Bunlar, kesme ve parlatma diskleri, talaşlı işlem için elmas takımlar, gözlük camı işleme âletleri, optik âletler, çok ince transistör tellerinin çekiminde kullanılan kalıplar, piston ve silindir taşılama tezgahları ve matkap uçları gibi kullanım yerleridir. Elmas kaplamaların kullanım yerleri farklı olup, daha çok yarı iletkenler alanında devreye gireceği beklenmektedir. Ses membranları elmasla kaplanıp yüksek frekanslardaki parazit yapma eğilimi azaltılan hoparlörler (tweeters) JVC firması tarafından satılmaktadır. Fotokopi makinesi şipşirinin ısı iletkenliğinin artırılmasında ve magnetbantların kaplanmasında elmas kaplama yapılmaktadır. Ayrıca vücut dokusu ile uyum göstermesi nedeniyle tıbbi alanda da kullanımı düşünülmektedir. Japonlar tavşanlarda kalça kemiği kaplamasını başarıyla gerçekleştirmişlerdir.

Yakın zamanda bulunan bir yöntemle doğal elmadan daha iyi ısı ileten sentetik elmas üretilmiştir. Elmas üretimi için kullanılan karbon ¹³C isotopundan temizlenip % 99,9 ¹²C'den oluşması halinde üretilen sentetik elmasın ısı iletkenliği artmaktadır. Doğal elmaslarda % 1 civarında olan ¹³C isotopu, ısı iletkenliğini azaltıcı etki yapmaktadır.

Yüksek ısı iletkenliği nedeniyle sentetik elmas, lazer diyotunun soğutulmasında kullanılmaktadır. Saf elmasın ısı iletkenliği bakır ve gümüşün ısı iletkenliğinin 4-5 misli, ¹²C sentetik elmasıninkine de saf elmasın ısı iletkenliğinin 1,5 misli daha iyidir. Şekil 2'de ısı düşürücü olarak sentetik elmasın kullanımı görülmektedir.



Şekil 2: Lazer diyotunun ısını düşürmek için elmas ve bakırın kullanımı.

Ay ve Mars'ın Koşullarına Uyacak Uzay Elbiseleri Tasarlanıyor TEKNOLOJİ MARS'A HAZIRLANIYOR

Yıl 2019... Mars, dünyaya 78 milyon ile 378 milyon km arasında bir uzaklıktadır. Bir uzay gemisi, aylar süren gezegenlerarası yolculuktan sonra, Mars düzliğüne iniyor. Gemiden inenler birer dünyalı olarak, tüm insanlığın ve bilim adamlarının yüzyıllardır ilgisini çeken Mars'a ilk defa ayak basıyorlar.

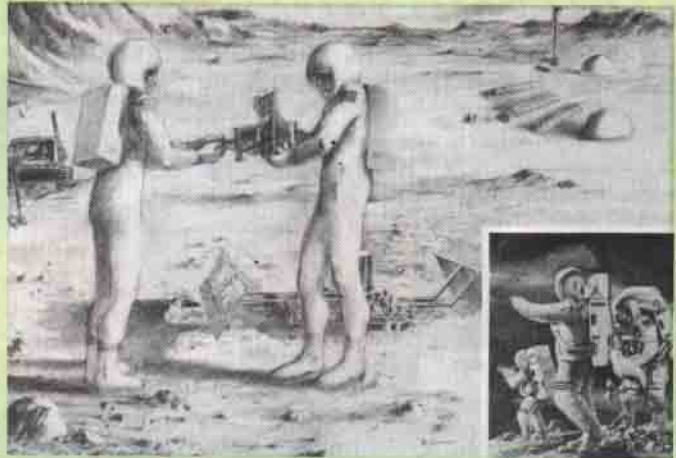
Astronotlar uzay gemisinden çıktıktan sonra, atmosferde hayatlarını sürdürebilmek için uzay elbiseleri ve yaşam destek malzemelerine gereksinim duyarlar. UTC de işte bu gereksinime cevap verecek yeni teknolojiler geliştiriyor.

United Technologies Corporation (UTC)'in Hamilton Standart bölümündeki uzay elbiseleri uzmanlarının yaptıkları araştırmalara göre, Ay ve Mars'a ayak basacak olan astronotların giyeceği elbiseler, görünüşte günümüz astronotlarının giydiklerine benziyor; yaşam destek fonksiyonları ise aynı. Ay ve Mars'ta ısı, çekim kuvvetleri ve vakum dereceleri gibi atmosfer koşulları değiştiğinden, yaşam, destekte farklı ve genellikle zorlayıcı koşullar doğurur.

UTC'nin yaşam destek uzmanlarının üzerinde çalıştığı bu yeni uzay elbiseleri, olimpik kayak elbisesi modelinde ve bacakları ikinci bir deri gibisi modelinde.

Böyle bir uzay elbisesi için genetik mühendisliği ile moleküler biyolojiyi birleştiren yepyeni bir teknoloji kullanılıyor. Elbisenin kumaşı, genetik mühendislerince üretilmiş proteinden yapılıyor ve bir kasan yapıldığı gibi, kasılabilen fonksiyonuna sahip.

Astronotu ikinci bir deri gibi saran bu yeni uzay elbisesi, aynı zamanda gazları seçerek geçiriyor; böylelikle elbise, karbondioksit çıkışı ve nem kontrolünü kendi kendine, yaşam destek ünitesinden yapabiliyor.



Resimde 2000'li yılların başında, ilk Mars yolculuğu için tasarlanan uzay elbiseleri görülüyor. Mars'a ayak basacak olan astronotlar vücudu ikinci bir deri gibi saran uzay elbiseleri giyebilecekler. United Technologies Corporation (UTC) tarafından tasarlanan elbiselerin genetik mühendislerince üretilmiş olan kumaşı, vücuda sabit yaşamsal basıncı uygulayacak şekilde ve insan kasi şeklinde tasarlanıyor.

UTC'nin Hamilton Standart bölümündeki uzay elbiseleri mühendislerine göre, Ay ya da Mars'ta giyilen bir uzay elbisesi 20 kg dan fazla olmamalı. Bununla birlikte, Mars'taki çekim kuvveti Ay'dakinden fazla olduğundan, Mars'ta kullanılacak uzay elbiseleri, günümüz teknolojisinde kullanılan elbiselerin yarısından daha az bir ağırlıkta olmalı.

Astronotlar nefes aldıkça, soludukları muhtemelen zehirli karbondioksit ve elbiselerin içindeki nem, elbisenin tokusundan Mars atmosferine geçer. Aynı anda, sistemdeki oksijen, yeniden solunak ve normal atmosfer basıncını koru-

mak için elbisenin içinde kalır. Elbiselerin sentetik dokusunu astarları ince ve yumuşak zar, istenen ve istenmeyen gazları filtre eder. UTC'deki araştırmacılar, bu tür gazların seçici filtre özelliklerinin gelecekteki Ay ve Mars araştırmalarında kullanılabilen uzay elbiseleri için umut verici buluyorlar. Bu yeni elbiselerde, zar dokuların kullanılması, gaz bileşiklerini ayırmak için ortaya çıkan bir teknoloji UTC'nin uzun vadedeki hedeflerinden biri ise, karbondioksit ve nemi dışarı çıkararak oksijeni içeride tutan bir zar geliştirmek.

Strateji Basın Bülteni

SONUÇ

Genelde süs taşı olarak bilinen elmasın üstün özellikleri nedeniyle endüstriyel kullanımı da yaygınlaşmıştır.

Süs taşı kalitesinde olmayan doğal elmaslar ve yapay olarak üretilen sentetik elmaslar endüstride değişik alanlarda kullanılmaktadır. 1950'lerde gerçekleştirilen sentetik elmas üretimi, şu anda 50 ton/yıl seviyesine ulaşmıştır.

Sentetik elmas üretimi için genelde yüksek basınç ve yüksek sıcaklıklar gerekirken elmas kaplama yöntemi düşük basınçlarda gerçekleşmektedir. Hatta "elmasa benzer" tabaka diye söz edilen kaplama oda sıcaklıklarında bile yapılabilmektedir. Sentetik elmasın pratikte uygulama bulması, Japonlar sayesinde 1980'lerden sonra olmuştur. Japonların bu konuda 200'ün üstünde patentleri vardır. Sente-

tik elmasın endüstriyel uygulaması, önümüzdeki yıllarda hızla gelişeceği ve birçok yerde karşımıza çıkacağına benzemektedir. □

KAYNAKLAR

- 1- H.Bögel, Knauers Mineralienbuch, Deutscher Bücherbund, 1968, s. 75.
- 2- P.K. Bachmann, R.Messier, Emerging Technology of Diamond Thin Films, Chem. Engn. News, May 15 1989.
- 3- F.P. Bundy a.o., Nature, 167 (1955), s. 51-55.
- 4- B.V. Derjaguin, D.B. Fedoseev, Sci. Am., 233 (1975), s. 102-109.
- 5- G. Collin, M.Zander, Neuere Entwicklungen, Perspektiven auf dem Gebiet des technischen Kohlenstoffs, Chem Ing. Tech. 63 (1991) nr. 6, s. 545.
- 6- H. Schröcke, Mineralogie, Walter de Gruyter, Berlin, New York, 1981, s. 96.
- 7- J.E.Field, The Properties of Diamond Academic Press London, 1979.
- 8- S.R. Kasi a.o., Angewandte Chemie, 100 (1988), s. 1245-1251.