Teknik yazı

YÜZEY KAPLAMALARDA NİLÜFER ETKİSİ VE UYGULAMALARI

Tuna ARIN

KOCAER Haddecilik
Ar-Ge Merkezi

ÖZET

Kendini temizleyebilen yüzeyler katı parçacıklar ve organik sıvılar gibi kirleticileri uzaklaştırma özelliğine sahiptir. Süperhidrofobik kendini temizleme etkisinin genel prensibi, yüzey pürüzlülüğünün uyarılmasıyla sağlanan nilüfer etkisidir. Bu tip yüzeylerde suyun statik temas açısı 150°'den büyük ve kayma açısı 10°' den küçük olmalıdır. Süperhidrofobik yüzeylerin birçok potansiyel uygulamaları bulunmaktadır ve ileriki araştırmalar için büyük öneme sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Süperhidrofobik Yüzey, Kendini Temizleme, Anti buzlanma, Temas Açısı

ABSTRACT

Self-cleaning surfaces are capable of repelling contaminants, including solid particles, organic liquids. The most common principle of a superhydrophobic self- cleaning surface is Lotus effect, induced by surface roughness. On such surfaces, static contact angle of water is larger than 150° and the sliding angle is lower than 10°. The superhydrophobic surfaces have a lot of potential applications and are worthy further investigations.

Key words: Superhydrophobic Surface, Self-cleaning, Anti-icing, Contact Angle

1. GİRİŞ

1997 yılında Barthlott and Neinhuis, nilüfer yaprağında nano ve mikro pürüzsüzlüklerle yüzey gerilimini azaltıp, kendi yüzeyini temizleyebilen doğal bir yüzey koruma davranışını keşfetmiştir. Bu davranış "nilüfer etkisi" olarak bilinir. Bu etki su damlalarının yaprak yüzeyinden kaymasını sağlayan süperhidrofobiklik özelliği olarak açıklanır. Nano yüzey pürüzsüzlüklerinin yüksek yoğunluğu, hiçbir su molekülünün yüzeyden emilimine izin vermez ve yuvarlanan su zerreleri yaprakta bulunan tozları da temizleyerek akar. Bu davranış kendini temizlemek olarak adlandırılır. Süperhidrofobik, kendini temizleyen yüzeylerin, düşük yüzey gerilimi ve mikrometre ya da nanometre seviyesindeki aşamalı olarak azalan yüzey pürüzlülüğü ile oluştuğu açıklanmıştır. [1] Böyle yüzeylerde, suyun statik temas açısı 150° den büyük ve kayma açısı 10° den küçüktür. Doğada, kelebek kanadı, nilüfer ve lahana yaprağı gibi birçok yüzey kendini temizleme özelliği gösterir. Kendini temizleme özelliği gösteren süperhidrofobik yüzeyler, son 20 yıldır tekstil ürünleri, pencere camları ve güneş panelleri gibi çok geniş uygulama alanları olduğundan dolayı, yüksek ilgi görmüşlerdir. [2]

2. TEORİ VE UYGULAMALAR

Süperhidrofobiklik özelliğini sağlamak için birçok farklı malzeme ile yüzey kaplama uygulanır. Bu kaplamalar ikiye ayrılırlar, düşük yüzey enerjili malzeme ile yüzey pürüzlülüğü oluşturan kaplamalar ve yüzey pürüzlülüğünü düzenleyen düşük yüzey enerjili malzemelerle kaplamalar. [3]

Farklı tane büyüklüğü ve oranlarda ilave edilen ZnO ve TiO_2, polimerler ve karbon nano tüpler, yüzeylerde hidrofobikliği arttırmak için kullanılırlar. SiO_2 nano parçacıklar çok geniş kullanımı olan kaplama malzemeleridir. Hidrofobiklik, tek katmanlı kaplamada sağlanabilmesine rağmen, tek bir kaplamada farklı katmanlarla yüzeyi muamele ile daha yüksek hidrofobiklik yani süperhidrofobiklik ve kararlılık sağlanabilir. [4]

Daha önceleri, süperhidrofobik yüzey ile üzerindeki su zerreleri arasındaki bağlanma mekanizmasını açıklamak isteyen çok sayıda çalışma yapılmıştır. Birçok katsayının etki etmesi (su zerresi büyüklüğü, viskozite, su zerresine yüzeyin uyguladığı kuvvet ve yüzeye çarpma hızı), kaplanan malzemenin kimyasal ve fiziksel özelliklerinin heterojen olması yüzünden, öte yandan su zerresi ve süperhidrofobik yüzeyin arasında oluşan etkileşim çok karmaşık olduğundan bu mekanizmanın tahmini zordur. [5]

Kimyasal buhar çöktürme (CVD), iyon ışınımı ile çöktürme, radyo frekanslı püskürtme, radyo frekanslı lambalı püskürtme, sprey piroliz, elektron ışınımı ile buharlaştırma, sol-jel metodu, lazer destekli kimyasal çöktürme, metal organik kimyasal çöktürme gibi katkılı ya da katkısız kalay oksit tabanlı birçok kaplama tekniği

uygulanmaktadır. [6] Farklı gaz koşullarında olduğu gibi, standart koşullarda (vakum uygulamadan, oda sıcaklığı ve atmosferik basınç altında) lazer ışınımı teçhizatı ile nano yapılı kaplama elde edilebilir. [7]

İnce film kaplama ve plazma ısıl işleminin çeliklerde ve takımlarda mekanik, kimyasal ve manyetik özellikleri yükselttiği gayet iyi bilinmektedir.

Uygulamaların hepsinde kaplamaların ömrü ve performansı, mikroyapı ve bünyenin kontrolü ile etkilenir. Tüm araştırma çabalarına rağmen, film tabakası bünyesinin ve tane büyümesinin değişimi ile ilgili fiziksel mekanizma tam olarak açıklığa kavuşturulamamıştır. [8]

Sürtünme ve aşınma sırasında, sürtünen malzeme çiftlerinin birbirine olan adaptasyonu önemlidir ve genellikle yüzey tabakasında önemli mikro yapısal değişimlere sebep olur.

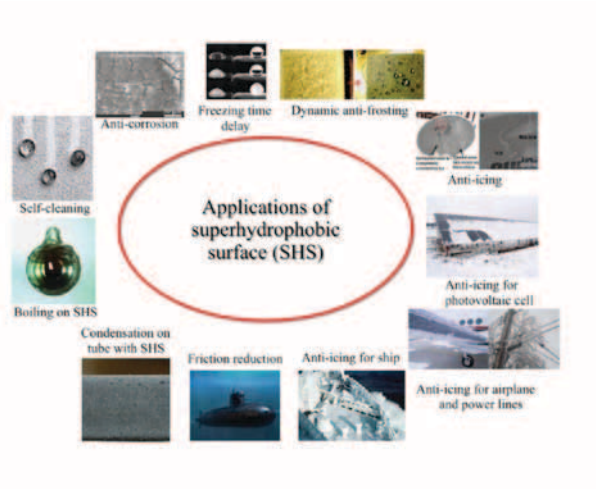
Sert kaplamalarda dâhil herhangi bir malzemede adaptasyon yeteneği, kaplama etkisinde (şiddetli sürtünme koşullarında fiziksek çöktürme yoluyla oluşturulan nano yapılı kaplamalardaki yapısal değişim) zayıflama yaratan tesirin, dış uyarıcılar nedeniyle oluşturduğu tepkiye bağlıdır.

Sürtünme ve aşınma sırasında, adaptoasyon ve organize olma davranışları görülür. Özellikle organize olma davranışı sırasında oluşan yüzey karakteristiklerinin ve temel katmanların gelişimi gerçekleşir. Bu durum özellikle sürtünme yüzeyi sıcaklığının 1000-1200 °C ve gerilmelerin 3-5 GPa civarı olduğu olağan üstü sürtünme koşullarında işlem yapan yüksek performanslı kuru çalışan sertleştirilmiş takım çelikleri için geçerlidir. [9]

Kar ve yağmur birikimi gibi, sert koşullar altında çalışan güneş panelleri ve rüzgâr tribünlerinin etkinliklerinin büyük oranda azaldığı bilinmektedir. Bu yüzden yüzeylerden buzun giderilmesi büyük ilgi uyandırmaktadır. Yüzeylerden buzun giderilmesi iki kategoriye ayrılabilir.

Birincisi ısıl işlem, mekanik kazıma ve kimyasal çözücüler kullanmayı içeren aktif metottur. Aktif metot, buzlanma gerçekleştikten sonra uygulanan, buzu yüzeyden ayırmak için çok fazla çabaya gereksinim duyan bir metottur. İkinci metot ise buzlanma gerçekleşirken buz oluşumunu ve yüzeyde buz biçimlenmesini engelleyen pasif metottur. Pasif metot, buzun yüzeye düşük bağlanma kuvveti sebebiyle, yüzeylerden buzun daha etkili bir şekilde uzaklaştırılmasını sağlayan daha az enerji tüketimine ve sonuçta enerji tasarrufuna sebep olan bir metottur.

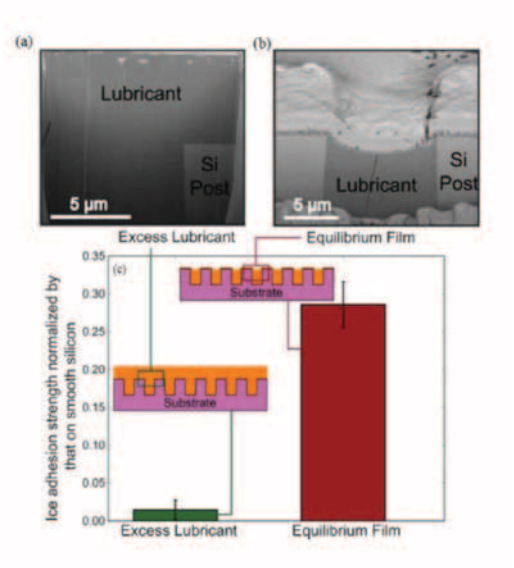
Pasif metodun uçaklar, rüzgar türbinleri, fotovoltaik cihazlar, elektrik güç hatları, gemiler gibi şekil 1 de özetlenen birçok potansiyel uygulamaları bulunmaktadır. [10]



Şekil 1. Süperhidrofobik yüzeylerin uygulamaları [10]

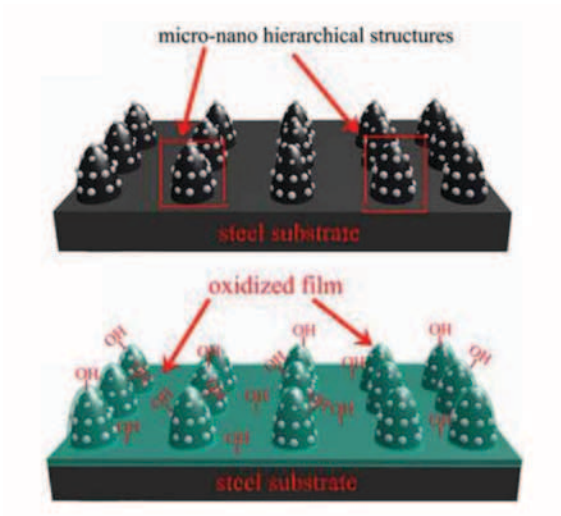
Havacılık uygulamalarında, uçuş sırasında aerodinamik kuvvetleri değiştirdiğinden, sürüklenmeyi arttırdığından ve kaldırma kuvvetlerini azalttığından dolayı özellikle buz birikimi önemlidir. Bu durum emniyeti etkiler ve ciddi güvenlik sorunlarına yol açar. Ek olarak güç hatlarında, telekomünikasyonda ve ısı değişimi uygulamalarında güç ya da verim kaybına sebep olarak ciddi problemler yaratır.

Özellikle dikkat çeken bir teknik yüzey topografyasını düzenleyerek (şekil 2) buz oluşumunu ve yüzeyde buz birikimini engelleyen antibuzlanma kaplamasıdır. Kulinich ve arkadaşları buz oluşumunu engellemek için "doğayı taklit edip mühendislik çözümü yaratma" (biomimetric) konusunda kayda değer ilerleme göstermişlerdir. [11]



Şekil 2. Yağlayıcı ve emdirilmiş yüzey için SEM görüntüleri. (a) Fazla yağlayıcı, (b) Ölçülü yağlayıcı (c) Fazla ve ölçüsünde yağlayıcı filmler için buz adezyon kuvveti [10]

Son zamanlarda yapılan yayınların büyük çoğunluğunda, anti buzlanma özelliği açıklaması suyun yüzeyden donmasından önce aktığı ya da donma süresini geçirdiği açıklaması üzerine yapılmıştır. Gerçekte, doğal ortamda ve pratik kullanım koşullarında, buzlanma sürecinin oluşumu genellikle ortamın etkisi olarak özetlenir. Yoğun, küçük su zerrelerinin düşük sıcaklıkta donması çok kolaydır. Bu yüzden süperhidrofobik yüzeylerin, anti buzlanma kabiliyetlerini tam olarak değerlendirebilmek için yüksek yoğunlaşma koşulları altında izlenmesi gerekir. (Şekil 3) [12]



Şekil3. Hiyerarşik yapıların şematik görünümü a) Oksitlenme süreci öncesi b) Oksitlenme süreci sonrası. Oksitlenmiş çelik yüzeyde OH- iyonlarının yoğunluğu görülmektedir. [12]

Süperhidrofobik kaplama ile korozyondan koruma çalışmaları (tercihen % 3.5 NaCl çözeltisinde), potansiyodinamik taramalar sırasında düşük anodik akımların kaydıyla ve elektrokimyasal empedans spektroskopisi deneyleri sırasında elde edilen daha yüksek direnç şarj geçişleri değerleri ile korozyon sürecinin yavaşladığını göstermiştir. Birçok vakada ulaşılan bu sonuçlar süperhidrofobik kaplama ya da yüzey hazırlamada mikro ya da nano yapıda havanın hapsedildiğini göstermektedir. Film kaplama içerisinde hava hapsetmek, filmin elektrolit ve kaplanan malzeme arasındaki elektron akışını bir dielektrik kapasitör gibi sınırlamasına sebep olur. Bu davranış, filmin korozyon dayanımını geliştirir. [13]

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu inceleme makalesinde, süperhidrofobik yüzeyler ve uygulamalar hakkında gelişmeler ve yapılan son çalışmalar derlenmiştir. Süperhidrofobiklik ya da yüzeyin şiddetli su iticiliği kendini temizleme, kaplama, korozyon dayanımı, biyoteknoloji ve düşük sürtünme kaplamaları gibi bir çok uygulama alanında önemli çözümler bulmaktadır. Yüzeyin dizayn parametrelerini uygun şekilde seçerek yüzey topografyasını ayarlamak ve böylelikle sonrasında hidrofobikliği elde etmek mümkündür.

4. KAYNAKLAR

[1] R. Subasri, H. Hima, "Investigations on the use of Nanoclay for Generation of Superhydrophobic Coatings", Surface& Coatings Technology (2015), doi: 10.1016/j.surfcoat.2015.01.005

[2] Fajun Wang, Taohua Shen, Changquan Li, Wen Li, Guilong Yan, "Low temperature self-cleaning properties ofsuperhydrophobic surfaces", Applied Surface Science, 317 (2014) 1107–1112, (2014), doi:10.1016/j.apsusc.2014.08.200

[3] M. Ramezani, M.R. Vaezi, A. Kazemzadeh, "Preparation of silane functionalized silica films via two-step dip coating sol gel and evaluation of their superhydrophobic properties", Applied Surface Science (2014), http://dx.doi.org/10.1016/j.apsusc.2014.08.095

[4] Thushara J. Athauda, Daniel S. Decker, Ruya R. Ozer, "Effect of surface metrology on the wettability of SiO2 nanoparticle coating", Materials Letters, (2012), doi:10.1016/j.matlet.2011.09.100

[5] K.R. Khedir, G.K. Kannarpady,H. Ishihara, J.Woo, M.P. Asar, C. Ryerson, A.S. Biris, "Temperature Dependent Bouncing of Super Cooled Water on Teflon Coated Superhydrophobic Tungsten Nanorods", Applied Surface Science (2013), http://dx.doi.org/10.1016/j.apsusc.2013.04.038

[6] Q. Gao, M. Li, X. Li, Y. Liu, C.L. Song, J.X. Wang, Q.Y. Liu, J.B. Liu, G.R. Han, "Microstructural and functional stability of large scale SnO2F thin film with micro nano structure", Journal of Alloys and Compounds 550 (2013) 144–149, http://dx.doi.org/10.1016/j.jallcom.2012.09.119

[7] L. Kotsedi, P. Mthunzi, B. Julies, T.F.G. Muller, S. Eaton, E. Manikandan, R. Ramponi, M. Maaza, "FEMTOSECOND LASER SURFACE STRUCTURING and OXIDATION OF Chromium THIN COATIGS: black chromium", Applied Surface Science (2014), http://dx.doi.org/10.1016/j.apsusc.2014.09.168"

[8] Daiane Roman, Juliane C. Bernardi, Carla D. Boeira, Fernando S. de Souza, Almir Spinelli, Carlos A. Figueroa, Rodrigo L.O. Basso, "Nanomechanical and electrochemical properties of ZrN coated NiTi shape memory alloy", Surface & Coatings Technology 206 (2012) 4645–4650, doi:10.1016/j.surfcoat.2012.05.039

[9] G. Fox-Rabinovich, A. Kovalev, M.H. Aguirre, K. Yamamoto, S. Veldhuis, I. Gershman, A. Rashkovskiy, J.L. Endrino, B. Beake, G. Dosbaeva, D. Wainstein, Junifeng Yuan, J.W. Bunting, "Evolution of self-organization in nano-structured PVD coatings under extreme tribological conditions", Applied Surface Science 297 (2014) 22–32, http://dx.doi.org/10.1016/j.apsusc.2014.01.052

[10] P. Zhang, F.Y. Lv, "A review of the recent advances in superhydrophobic surfaces and the emerging energy-related applications", Energy (2015) 1-20, http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2015.01.061

[11] Myungki Jung, Taekyung Kim, Hokwan Kim, Ryung Shin, Jinhyung Lee, Jungshin Lee, Joonsang Lee, Shinill Kang, "Design and fabrication of a large area superhydrophobic metal surfacewith anti icing properties engineered using a top down approach", Applied Surface Science 351 (2015) 920–926, http://dx.doi.org/10.1016/j.apsusc.2015.06.024

[12] N. Wang, D. Xiong, M. Li, Y. Deng, Y. Shi, K. Wang, "Superhydrophobic surface on steel substrate and its antiicing property in condensing conditions", Applied Surface Science (2015), http://dx.doi.org/10.1016/j.apsusc.2015.06.203

[13] Ferrari Michele, Benedetti Alessandro, "Superhydrophobic surfaces for applications in seawater", Advances in Colloid and Interface Science (2015), doi: 10.1016/j.cis.2015.01.005