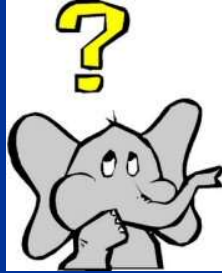


# KAPLAMALAR

Prof. Dr. Atilla EVCİN



## Neden Kaplama ?

Günümüzde teknolojinin hızlı bir şekilde ilerlemesini sonucu olarak ağırlaşan çalışma şartlarında kullanılan malzemeler ; özellikle

aşınma,  
korozyon,  
erozyon,  
yorulma,  
oksidasyon ve

yüksek sıcaklığa dayanım konularındaki talepleri tam olarak karşılayamamaktadır.

- Malzeme ömrünü ve kalitesini artırmak,
- çalışma ortamının olumsuz şartlarının etkilerini azaltmak ve
- bazı özelliklerini iyileştirmek amacıyla metalik ve metalik olmayan kaplama yöntemleri geliştirilmiştir.



## Protein Adsorpsiyonu

Adsorpsiyonu etkileyen faktörler:

- Yüzey enerjisi (yada gerilimi),  $\gamma$
- Yüzey hidrofobikliği
- Yüzey yükü

**Tanımlamalar:**

**Hidrofobik:** su sevmeyen

**Hidrofilik :** su seven

**Tanımlamalar:**

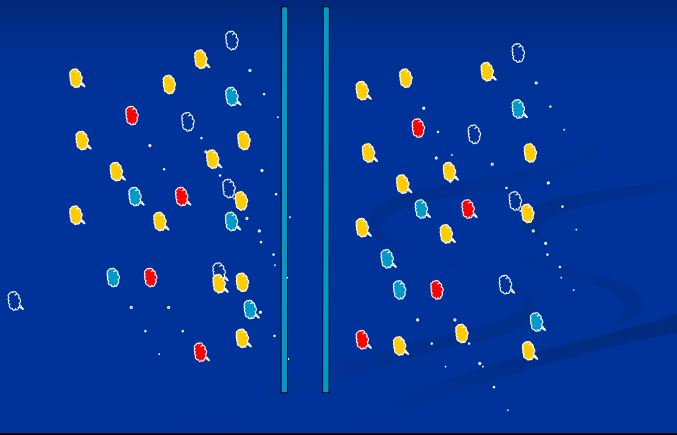
**Adsorpsiyon:** katı yüzeyine yapışma

**Absorpsiyon:** yığın içine moleküllerin girişi

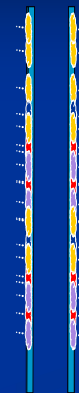
## Enfeksiyonla alakalı önleme araçlarında genel stratejiler

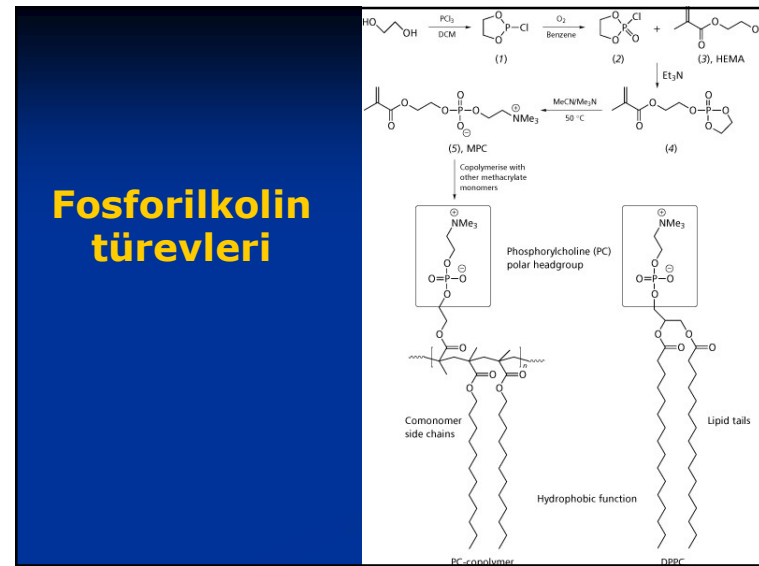
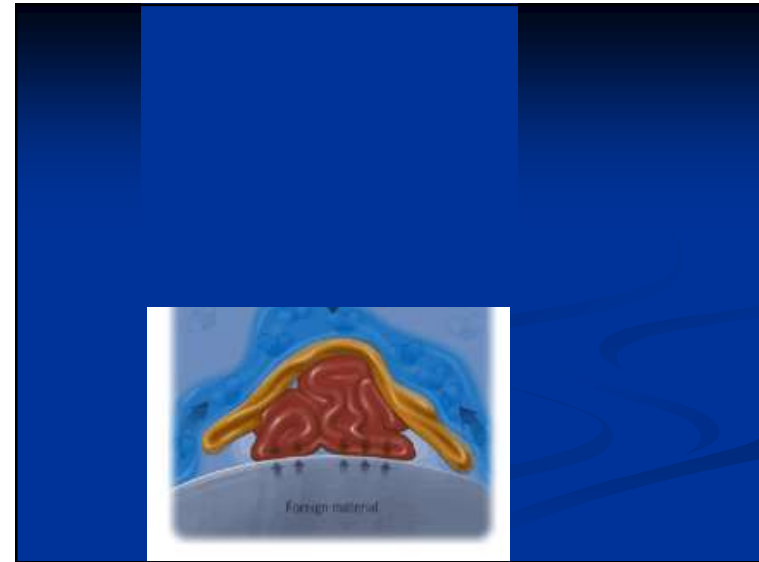
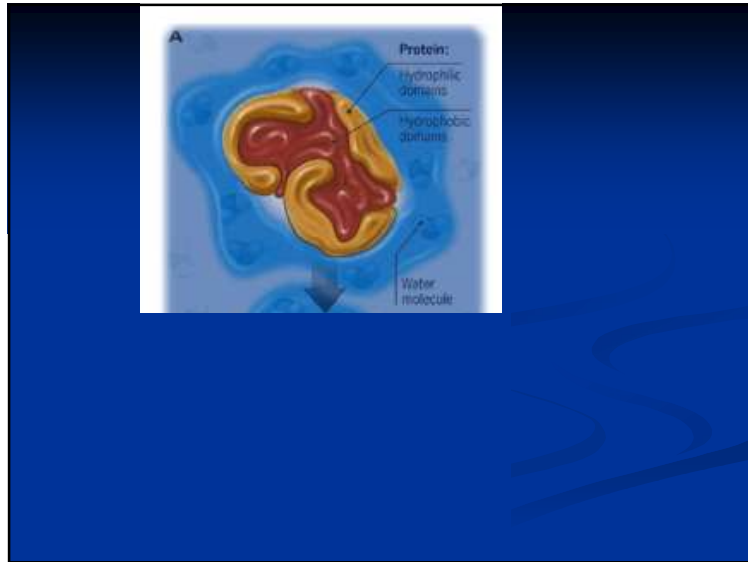
- Teması minimize etmek- **Temiz oda şartları**
- Temas eden herşeyi öldürme-**Sterilizasyon**
- Temasta bağlanmayı minimize etmek-**Yüzey kaplama**
- Temastan sonra öldürme-**Anti-enfeksiyon kaplamalar**

## Protein Adsorpsiyonu



## Protein Adsorpsiyonu





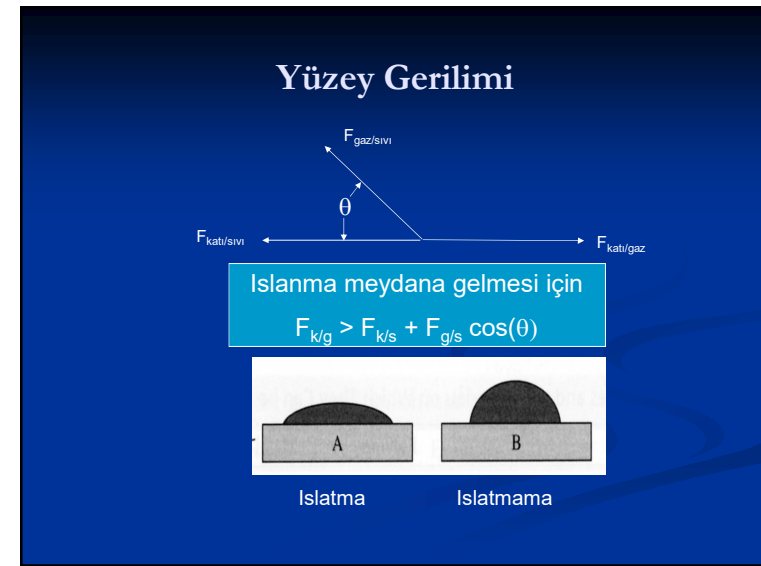
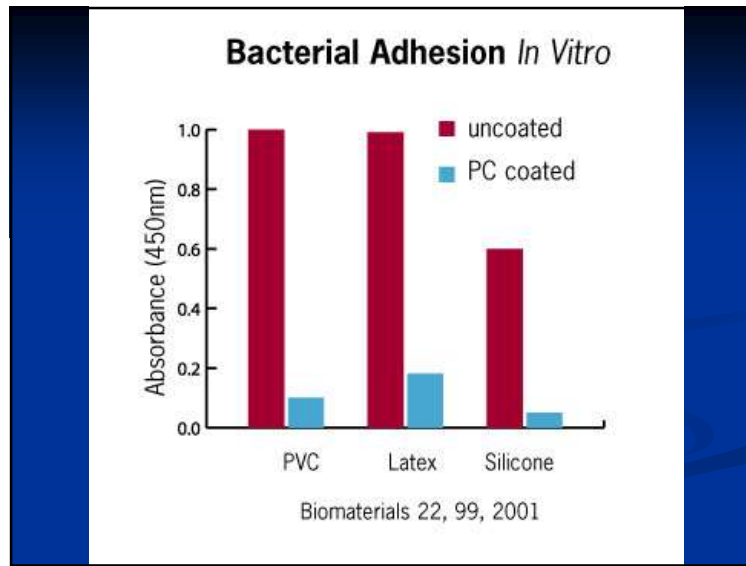
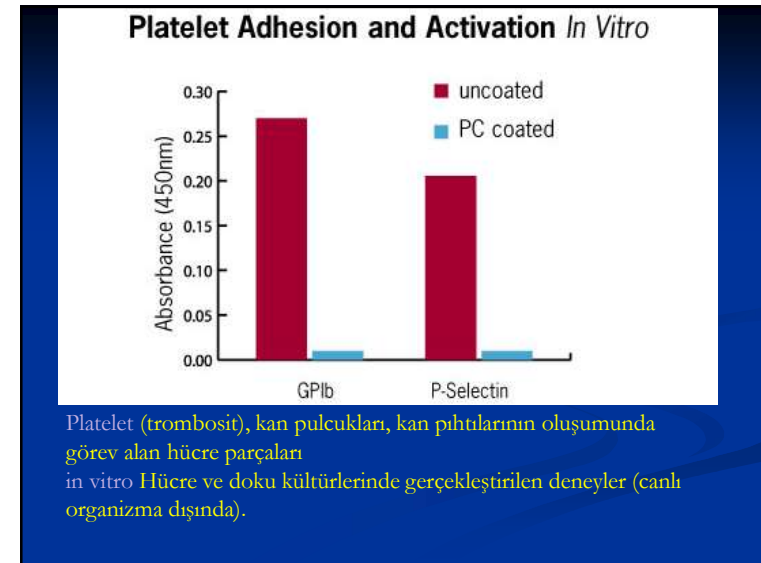
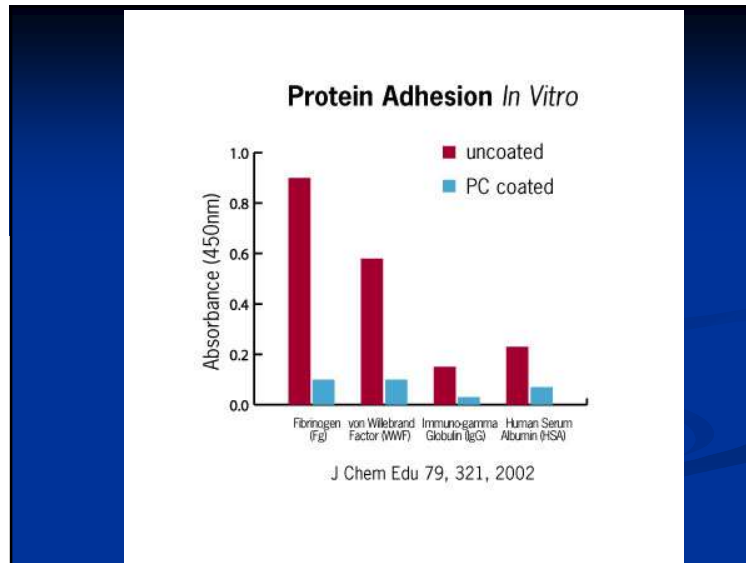


Diagram illustrating the effect of PEG chains on protein adsorption. (a) shows a biomaterial surface with a protein molecule adsorbed. (b) shows the same surface with PEG chains attached, preventing protein adsorption.

Sterik engelleme denilen adsorpsiyonu önlemek için moleküller ekleme.

Örneğin polietilen glikol (PEG) protein yapışmasını önleyerek (hidrofobik) yüzeye bağlanır.

Various Surface Modification Techniques and the Materials on Which They Can be Used				
	Polymer	Metal	Ceramic	Glass
<b>Non-covalent</b>				
Solvent coating	✓	✓	✓	✓
Langmuir-Blodgett film deposition	✓	✓	✓	✓
Surface-active additives	✓	✓	✓	✓
Vapor deposition of carbons and metals*	✓	✓	✓	✓
Vapor deposition of parylene ( <i>p</i> -xylylene)	✓	✓	✓	✓
<b>Covalently attached coatings</b>				
Radiation grafting (electron accelerator and gamma)	✓	—	—	—
Photografting (UV and visible sources)	✓	—	—	—
Plasma (gas discharge) (RF, microwave, acoustic)	✓	✓	✓	✓
<b>Gas-phase deposition</b>				
• Ion beam sputtering	✓	✓	✓	✓
• Chemical vapor deposition (CVD)	—	✓	✓	✓
• Flame spray deposition	—	✓	✓	✓
Chemical grafting (e.g., ozonation + grafting)	✓	✓	✓	✓
Silanization	✓	✓	✓	✓
Biological modification (biomolecule immobilization)	✓	✓	✓	✓
<b>Modifications of the original surface</b>				
Ion beam etching (e.g., argon, xenon)	✓	✓	✓	✓
Ion beam implantation (e.g., nitrogen)	—	✓	✓	✓
Plasma etching (e.g., nitrogen, argon, oxygen, water vapor)	✓	✓	✓	✓
Corona discharge (in air)	✓	✓	✓	✓
Ion exchange	✓	✓	✓	✓
UV irradiation	✓	✓	✓	✓
<b>Chemical reaction</b>				
• Nonspecific oxidation (e.g., ozone)	✓	✓	✓	✓
• Functional group modifications (oxidation, reduction)	✓	—	—	—
• Addition reactions (e.g., acetylation, chlorination)	✓	—	—	—
Conversion coatings (phosphating, anodization)	—	✓	—	—
Mechanical roughening and polishing	✓	✓	✓	✓

## Fizikokimyasal Yüzey İşlemleri

Summary of Physicochemical Surface Modification Methods	
General Surface Modification Method	Examples
General Surface Modification Method	Plasma treatment
	Chemical vapor deposition
	Physical vapor deposition
Covalent coatings	Radiation grafting / photografting
	Self-assembled monolayers
	Solution coatings
	Langmuir-Blodgett films
Noncovalent coatings	Surface-modifying additives
	Ion beam implantation
	Plasma treatment
Surface modification methods with no overcoat	Conversion coatings
	Bioactive glasses
	Patenting
Laser methods for surface modification	Patenting

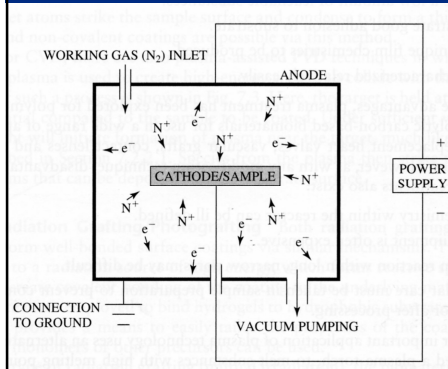
**Kovalent** ve kovalent olmayan kaplamalar malzemelerin yüzeye nasıl bağlanacağını açıklar

Yüzey modifikasyonu için lazer metodları istenen türün yapışması ve lokal bağlanmasını sağlar

## Yüzey Kaplama Metodları

- Plazma Sprey
- PVD ( Fiziksel Buhar Çöktürme)
- CVD (Kimyasal Buhar Çöktürme)
- Fizikokimyasal Kaplamalar
- İyon Işın İmplantasyonu
- Elektroliz (Biyomimetrik)
- Sol-jel
- HVOF

## Yüzey Kaplama Metodları: Plazma Boşalması



Yüklü tanecikler, katot olarak davranarak örnek yüzeyine bağlanır.

Tanecikler, pozitif veya negatif tanecikler, serbest radikaller, elektronlar, atomlar ve moleküller olabilir.

Maddenin katı, sıvı ve gaz hâlinde başka çok yüksek sıcaklıklarda karşılaşılan, **plazma** olarak adlandırılan dördüncü bir hâli daha vardır.

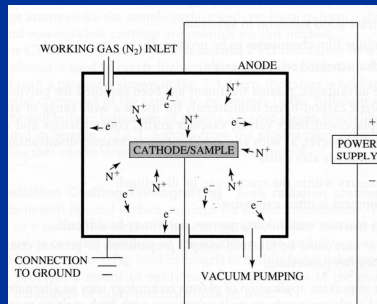
**Langmuir'e göre ise plazma terimi; içerisinde molekül, atom, iyon ve elektron bulunduran malzemenin iyonize edilmiş halini ifade eder.**

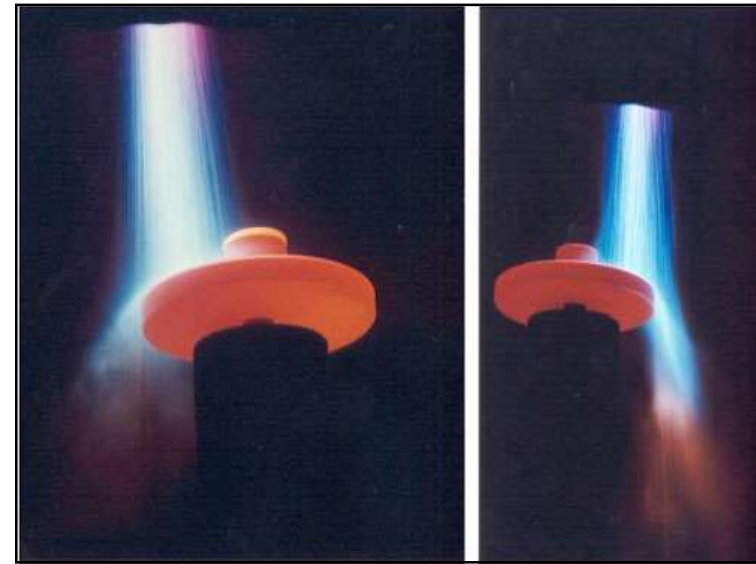
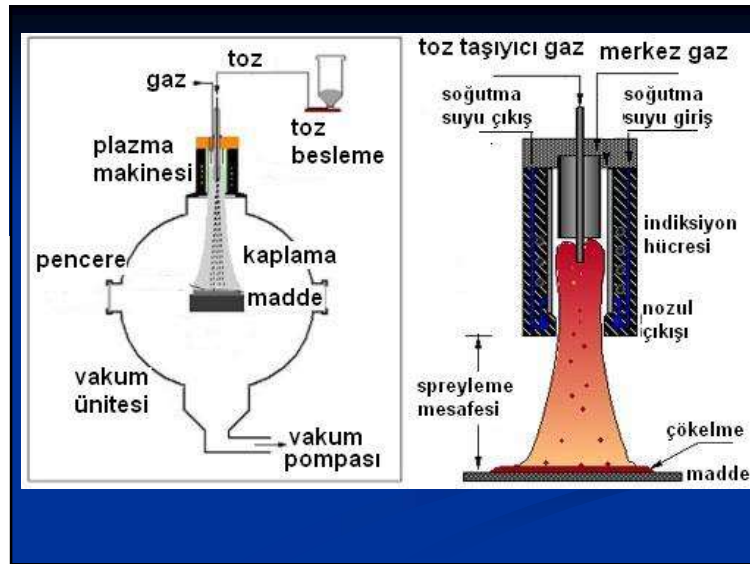
Yüksek sıcaklığa ısıtılan gazlar önce atomlarına ayrılır, sonra da atomdan dış yörünge elektronlarının kopması ile pozitif yüklü iyon oluşur.

Plazma, eşit sayıda serbest elektron ve pozitif iyon bulundurur. Örneğin, azot molekülü ısıtılsa önce azot atomu, sonra da azot iyonu oluşur. Olayın denklemi;



Burada molekül, atom, iyon ve elektron bulunan bir karışım meydana gelir.

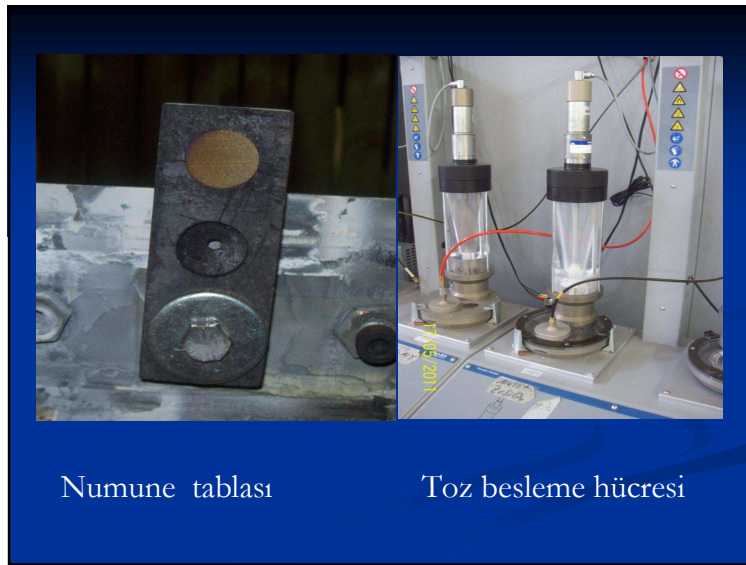




Plazmanın başlıca iki önemli avantajı vardır.

- Birincisi, bilinen bütün malzemeleri eritebilecek derecede yüksek sıcaklık eldesinin mümkün olması,
- ikincisi ise diğer malzemelere daha iyi ısı transferi sağlamasıdır.
- Plazma sprej tekniğinin yüksek işlem sıcaklığı, ergime noktası yüksek metal ve alaşımlarla çalışmaya imkan sağlamaktadır. Ayrıca, inert ortamlarda kullanılabilmesi yöntemin avantajlarından. Toz formunda ve belirli tane boyutlarında üretilen tüm malzemeler bu işlemde başarıyla kullanılabilir.

- Plazma sprej yöntemiyle gerçekleştirilen biyoseramik kaplamalar birçok metalden daha iyi **aşınma** ve **erozyon** direncine sahiptirler.
- Erozyon ve aşınma dirençli uygulamalarda yaygın olarak kullanılırlar.
- Bununla beraber, alevle sprejdeki kadar olmasa da, poroziteler nedeniyle plazma sprejle oluşturulan kaplamalar **korozyon** için yetersiz kalabilmektedir



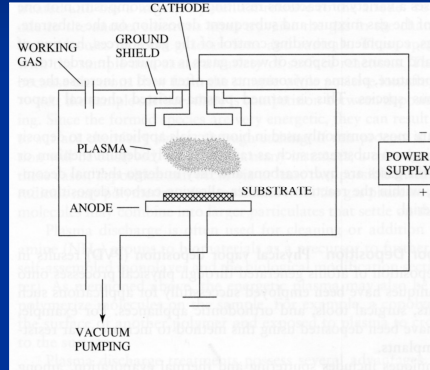


## Yüzey Kaplama Metodları: Fiziksel Buhar Biriktirme (PVD)

Bu yöntemin temel prensibi vakum ortamında kaplanacak metali buharlaştırarak kaplanacak yüzey üzerine biriktirmektir

Fiziksel buhar biriktirme (PVD) buharlaşma ve püskürtmeyle olabilir.

Bazen yüksek enerji türleri elde etmek için plazma da kullanılır.

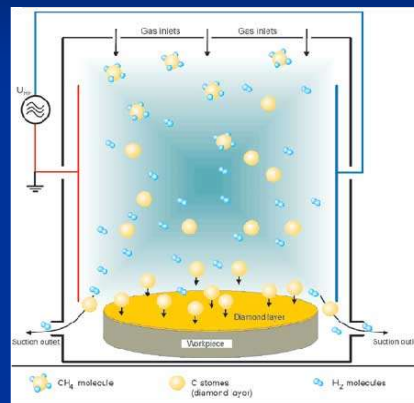


- Faraday' in 1857 yılında bir metal teli vakum altında buharlaştırarak yaptığı kaplama bu yöntemin ilk uygulaması olarak kabul edilmektedir.
- 1888 yılında ise **Kundt** bu yöntem ile üretilmiş ince filmlerin optik özelliklerini incelemiştir.
- II. Dünya savaşından sonra PVD (FBB) yöntemi kesici takımlar için kullanılmaya başlanmıştır.
- 1970'li yıllardan sonra vakum ve elektrik-elektronik teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak FBB yöntemi endüstriyel uygulamalarda yerini hızla almıştır.

## Yüzey Kaplama Metodları: Kimyasal Buhar Biriktirme (CVD)

Kimyasal Buhar Biriktirmede (CVD) reaktif bir gaz, çevresel olarak kontrollü ve ısıtılan reaksiyon odasında kaplanacak altlığın üzerinden geçer.

Sağdaki şekilde  $\text{CH}_4$  gazı elmas gibi bir kaplama oluşturmak için içeri gönderilir.



## CVD Kaplama

- Kapalı bir kap içinde ısıtılmış malzeme yüzeyinin buhar halindeki bir taşıyıcı gazın kimyasal reaksiyonu sonucu oluşan 'katı' bir malzeme ile 'kaplanması' 'kimyasal buhar biriktirme' (Chemical Vapour Deposition, CVD) yöntemi olarak tanımlanır.
- Yöntem temelde 'buhar fazından ' ve basıncı istenilen değerlere ayarlanmış bir ortamda 'kimyasal' yöntemle 'katı' kaplama malzemesi üretmeye dayanır.

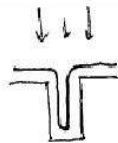
- Bu şekilde üretilen kaplamaların gelişmiş
  - aşınma,
  - erozyon,
  - korozyon,
  - termal şok direnci,
  - nötron absorpsiyonu ve
  - elektriksel özellikleri,
- bu kaplamaların askeri, bilim, mühendislik, havacılık, elektronik sanayileri başta olmak üzere birçok alanda önem kazanmasına neden olmaktadır.

- Kimyasal buhar biriktirme yönteminin en önemli avantajı kaplamanın kaplanan metali her tarafta **uniform olarak kaplaması**, kaplanmayan yer kalmamasıdır.
- Ayrıca kaplama stokiyometrisi, morfolojisi, kristal yapısı ve yönü, kaplama parametreleri değiştirilerek kontrol altına alınabilir.
- Bazı yüksek ergime noktasına sahip elementler ise (tungsten, tantal, karbon gibi) zaten yalnız bu yöntem ile kaplanabilirler.

**PVD Fiziksel Buhar Çökeltme (biriktirme).Yüze difüzyon yok.herşey çarptığı yere yapışır**

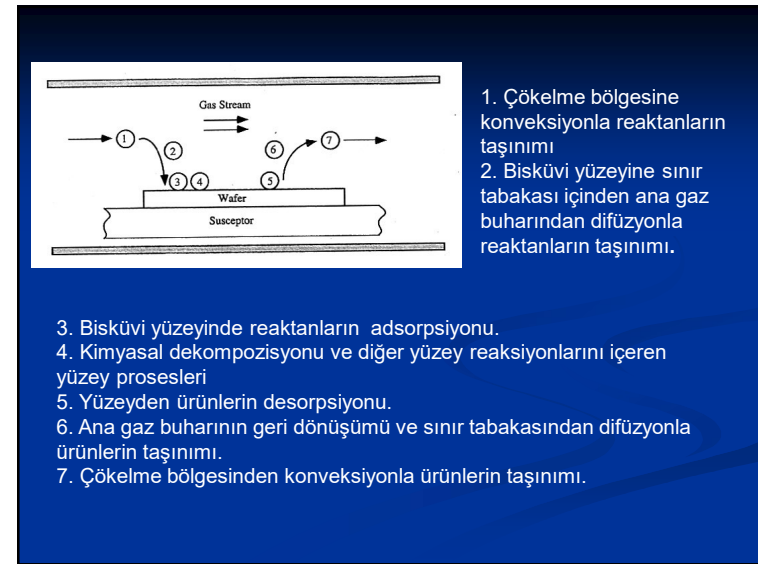
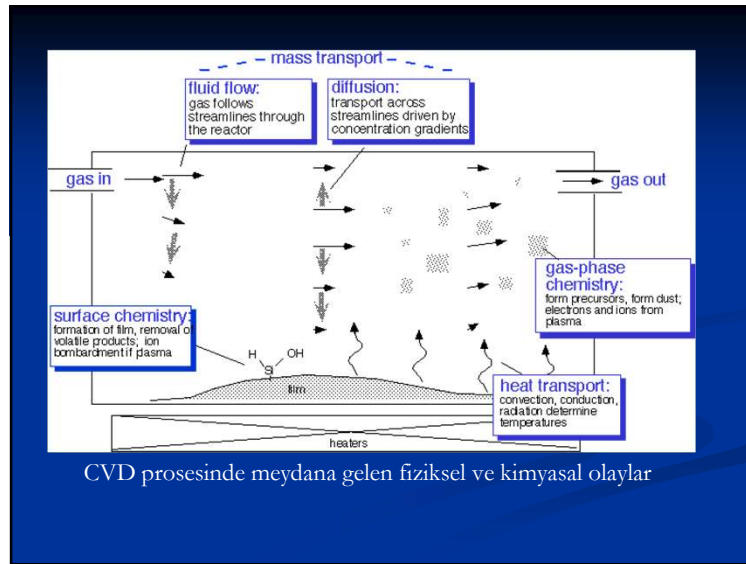


**CVD Kimyasal Buhar Çökeltme daha tekdüze bir yapıya yolaçarak,başlangıç maddeleri yüzeye difüze olur**

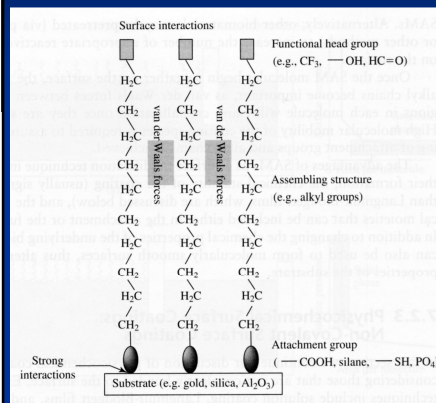


#### ■ CVD Ekipmanları

- CVD yöntemi birkaç basit alet ve cihaz içerir ;
- **Gas dağıtım sistemi** – Reaktör odasına başlangıç maddelerinin sevkedilmesi için.
- **Reaktör odası** – Çökelmenin olduğu oda
- **Kaplanacak maddenin yükleneceği mekanizma** – Maddeyi getirip uzaklaştıracak bir mekanizma
- **Enerji kaynağı** – Başlangıç maddelerinin reaksiyonu/dekompozisyonu için gereken ısı ve enerjiyi sağlar
- **Vakum sistemi** – Reaksiyon/çökeltme için gerekenlerden farklı diğer gazların ortamdaki uzaklaştırılması için
- **Ekzost sistemi** – Reaksiyon odasından uçucu bileşenlerin uzaklaştırılması için
- **Ekzost işlem sistemleri** – Ekzost gazları çevreye zararlı olabilir. Bu nedenle güvenli bileşikler haline dönüştürmek için
- **Proses kontrol ekipmanları** – Basınç, sıcaklık ve zaman gibi proses parametrelerinin kontrol ve izlenmesi için gereklidir.



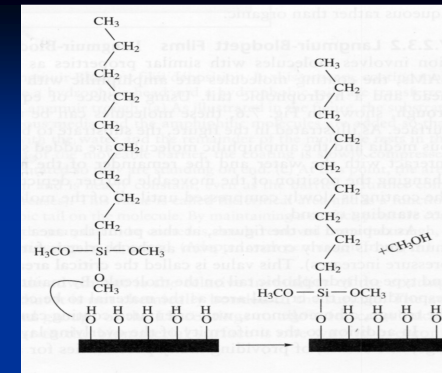
## Self-Assembled Monolayers (SAMs) Kendi kendine birleşen tek tabakalar



SAM 'lar amfifildir.  
**Amfifil**, hem hidrofobik (apolar) hem de hidrofilik (polar) kısımlara sahiptir.

3 gruptan oluşur :

- Bağlanan grup
- Uzun bir hidrokarbon zinciri
- Fonksiyonel (polar) bir baş grup



Şekilde altlık üzerine kuvvetli bir bağlanmayla hidroksil grupları oluşur.

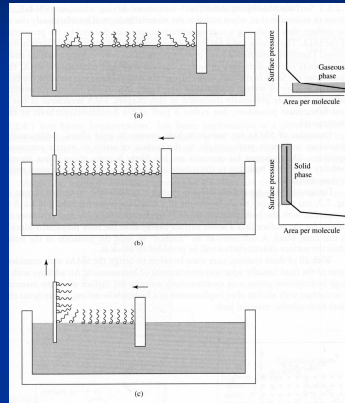
Silane hidroksile kuvvetli bir ekzotermik reaksiyonla bağlanır.

## Yüzey Kaplama Metodları: Fizikokimyasal Kaplamalar

Fizikokimyasal kaplamalar biyomalzemeleri biyolojik olarak aktif moleküllerle kaplamak için kullanılır.

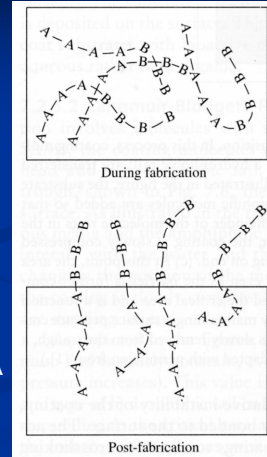
Bu metod, **çözelti kaplama** ve **Langmuir-Blodgett filmleri** içerir

Kaplamalar **amfiliftir**, hidrofilik baş ve hidrofobik kuyruğa sahiptir. Bu nedenle baş su içinde kalır, kuyruk ise yüzeyin dışında. Baştaki moleküller biyomateryal yüzeyine ya da diğer moleküllere çapraz bağlanabilmeye müsaittir.



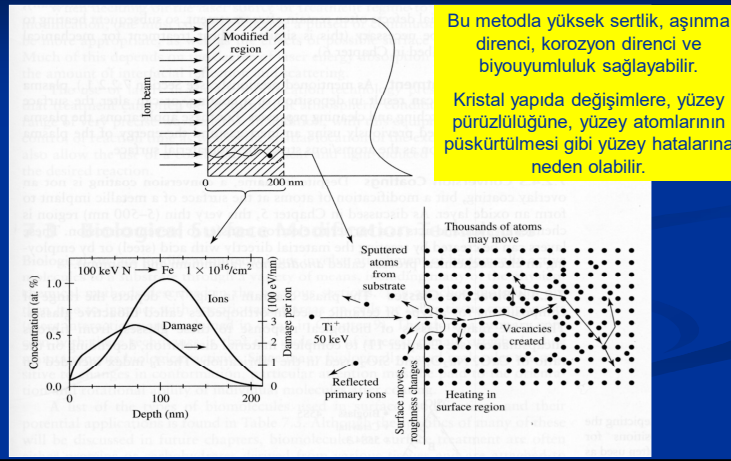
## Yüzey Düzenleyici Katkılar

**Yüzey düzenleyici katkılar** atomlar veya moleküllerdir ki, yığın malzemeye eklendiğinde kendiliğinden yüzeye yükselirler ve bir kaplama oluştururlar



(Surface Modifying Additive SMA) yüzey düzenleyici katkılar korozyon direncini oluşturmak için metallerle yada polimerlerle kullanılabilir. Şekilde B kopolimeri istenen yüzey özelliklerini sağlamak üzere yüzeye terkederken, A kopolimeri malzeme içerisine girer

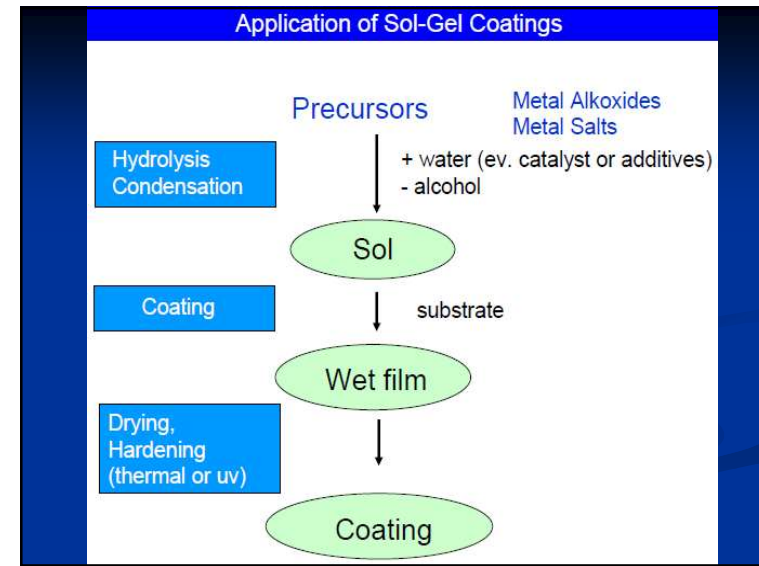
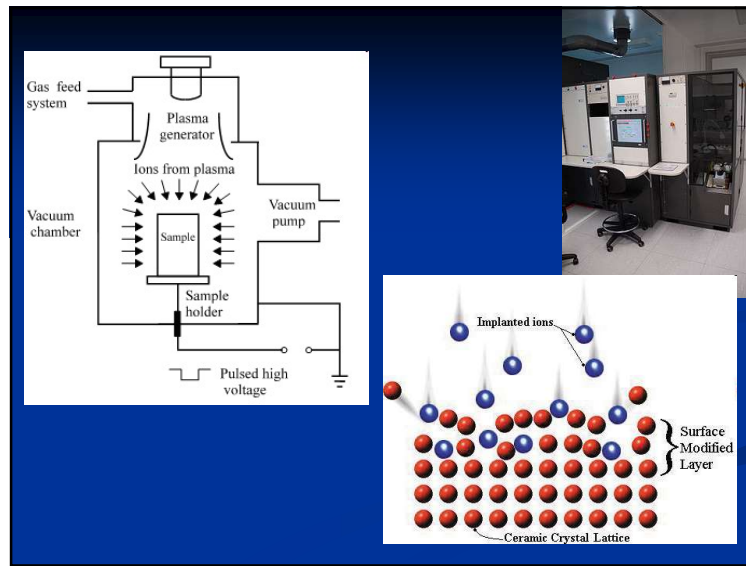
## İyon ışın implantasyonu

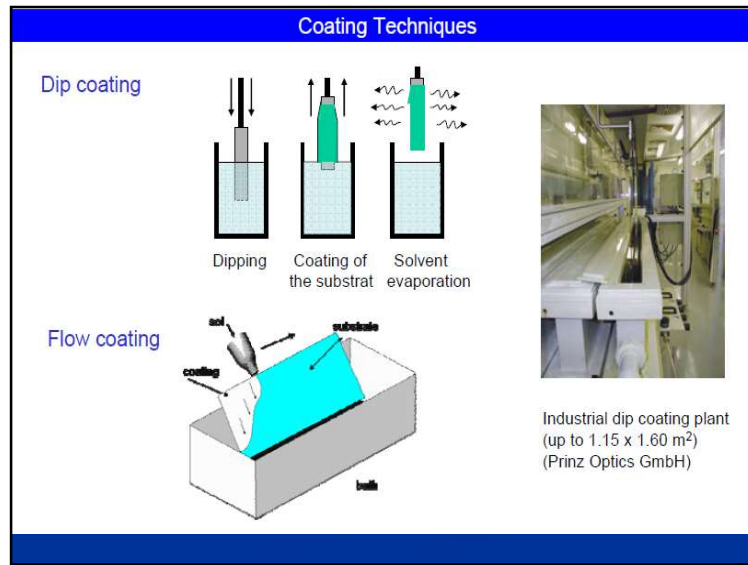
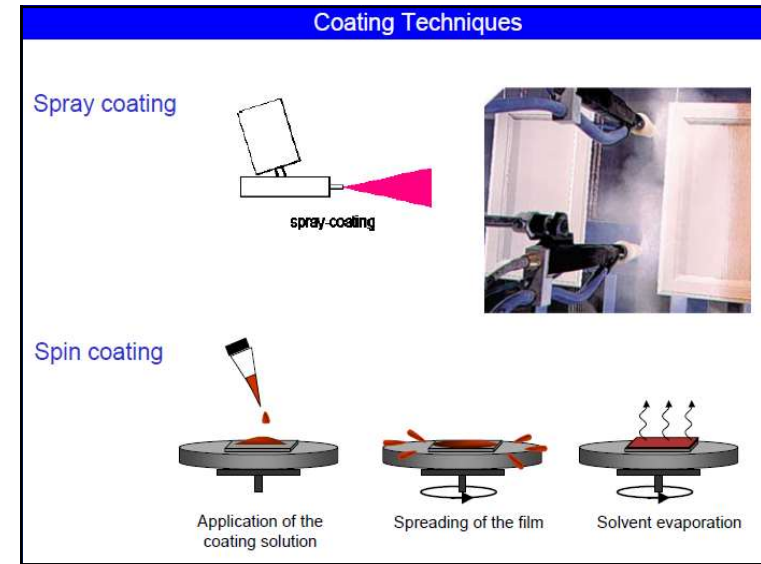
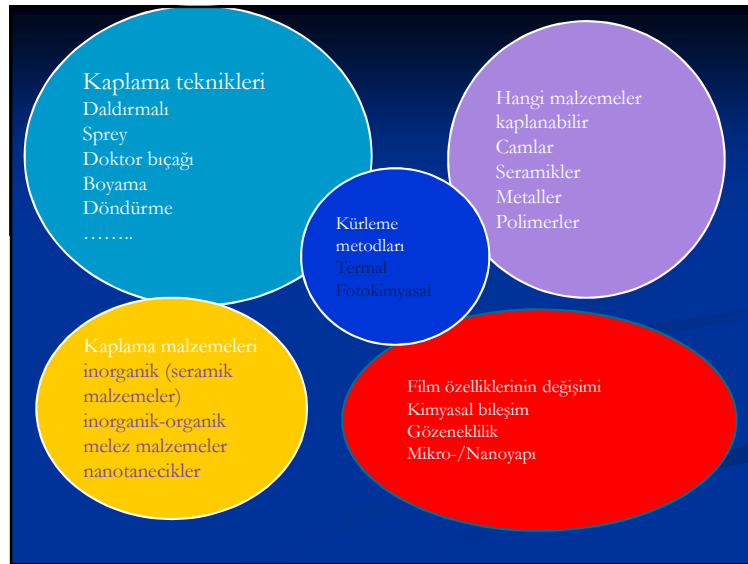


- İyonlar ve elektronlar atom moleküllerinden elde edilen yüklü partiküllerdir. Yüklü partiküllerin başlıca avantajları elektrik ya da manyetik alanda tahmin edilebilir bir yol izlemeleridir.
- Elektrik ya da manyetik alan ile kontrol edilen iyonlar ya da elektronlar bir “**iyon ışını**” veya “**elektron ışını**” oluştururlar.
- Yüzey modifikasyonunda, iyonlar atom veya moleküllerden bir veya daha fazla elektronun çıkarılması ile oluşan pozitif yüklü partiküller olarak tanımlanır. Bazen dışarıdan elektron yakalanarak negatif iyonlar da elde edilebilmektedir.

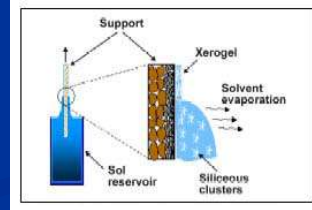
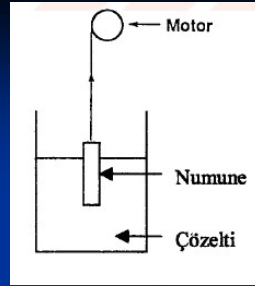
- Vakum altında iyonlarla işlem gören yüzeylerde, iyon kaplama ve iyon implantasyonu gibi yöntemlerle büyük değişiklikler gerçekleştirilebilmektedir.
- İyon implantasyonu, 0,01 ile 1 mm arasında değişen derinliklerde yabancı atomların girişiyle yeni bir yüzey tabakası oluşturan dengesiz bir prostestir.
- İyon implantasyonu ilk olarak 1906'da **Rutherford** tarafından çift yüklü pozitif helyum iyonlarının alüminyum folyoya bombardıman edilmesiyle ortaya çıkarılmıştır.
- Ancak ilk ticari iyon implantasyonu uygulaması, yarı iletken endüstrisinde 1970'li yıllarda gerçekleşmiştir. Bu tarihten sonra, yarı iletken endüstrisinde iyon implantasyonu uygulaması transistörlerin, metal oksit yarı iletkenlerin, diodların ve kapasitörlerin imalinden bugünün mikroprosesör cihazlarının üretimine kadar yaygın şekilde uygulanmaktadır.

- İyon implantasyonunun gerçekleştirilmesi için, ilk olarak implante edilecek (katot) elementin atomlarından elektronların uzaklaştırılmasıyla iyonlar üretilir.
- Bu pozitif yüklü iyonlar bir yüksek elektrik alan potansiyelinde hızlandırılırlar. Genelde, ışını odaklamak ve yönlendirmek üzere manyetik alan uygulanır.
- Işın, hedef malzemede istenen implantasyon konsantrasyonuna ulaşıldıkça kadar uygulanır. Yüzey özellikleri, implante edilen iyonların ve iyon enerjilerinin kontrolüyle geniş bir aralıkta değiştirilebilir



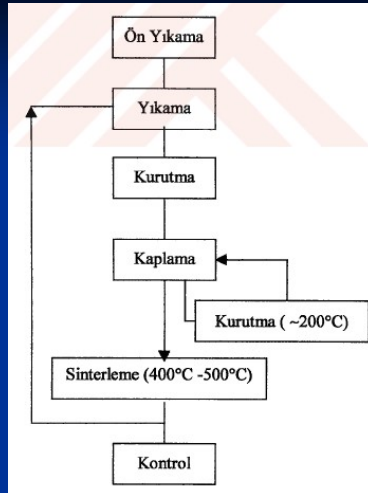


Düz ve uniform kaplama kalınlığı, hız kontrolünün titizlikle yapılmasına ve olabildiği kadar düşük titreşimli kaplama yapılmasına ve de sıvı yüzeyine bağlıdır. Kaplama kalınlığı esas olarak daldırıp çıkarma hızı, katı içeriği (bileşimi) ve sıvı viskozitesi tarafından tayin edilir.

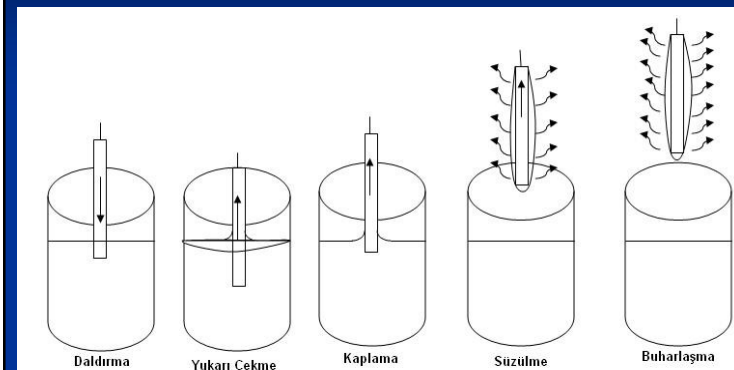


## Daldırma Kaplama tekniği (Dip-Coating)

- Yöntem:
- Yöntemin aşamaları:
  - Daldırma
  - Yukarı Çekme
  - Kaplama
  - Süzülme
  - Buharlaşma



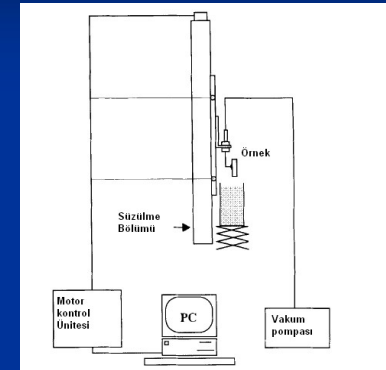
## Daldırma Kaplama aşamaları temsili gösterimi;



## Dip coating makinesi;



## Daldırma ünitesi Düzeneği;



## Film kalınlığı;

$$h = 0.94 \cdot \frac{(\eta \cdot u)^{2/3}}{\gamma_{LV}^{1/6} (\rho \cdot g)^{1/2}}$$

- ✓ h: Filmin kalınlığı
- ✓  $\eta$  : Sıvının viskozitesi
- ✓ U: Daldırma hızı
- ✓  $\gamma_{LV}$  :Sıvı buhar yüzey gerilimi
- ✓  $\rho$ :Solün Yoğunluğu
- ✓ g:Yerçekimi ivmesi

- Taşıyıcının sole daldırılıp çıkarılma süresi etkilemez.
- Daldırma hızı ile doğru orantılıdır.
- Çözelti konsantrasyonuna, Hızlı daldırma,Kalın film kalınlığı elde edilir.
- Yüzey gerilimi
- Vizkosite
- Buhar basıncı dolaylı olarak sıcaklıkla ilgilidir.

## Dip coating yönteminin Avantaj ve dezavantajları;

### ❖AVANTAJLARI

1. Çubuk,tüp,boru kaplama
2. Düzgün kalınlık eldesi
3. Kalınlık kontrolü
4. Fazla mik. Numune ekonomik şekilde kaplanır
5. Maliyeti düşük
6. Çok katlı kaplama
7. İki yüzün birden kaplanabilmesi

### ❖DEZAVANTAJLARI

1. Büyük taşıyıcılarda çok miktarda çözücü gerekli.
2. İşlem ile her iki taraf kaplanır.Diğer yüze maskeleye.
3. Çözelti pahalıysa veya sabit çözelti değilse elverişli değil
4. Prizmatik,küçük şekillere uygulanamaz.
5. Plakaların alt ve üst kısımlarında düzensizlik



## Döndürerek kaplama

- Döndürerek kaplama prosesi daha ziyade ince altlıkların veya ince tabaka ile kaplanan malzemelerin kaplanması çalışmalarında kullanılmaktadır. Örneğin pek çok katot ışın tüpü üreticisi mat ve yansıtıcı olmayan kaplama elde etmek üzere bu tekniği kullanmaktadırlar.
- Döndürerek kaplama için kullanılacak materyal eritilir. Veya eritici içinde dağıtılır. Daha sonra bu kaplama eriyiği kaplanacak yüzey üzerine damlatılır. Uniform bir tabaka oluşturacak şekilde yayılması sağlanır.

Dönen bir taşıyıcı üzerine damlatılan solün , yayılması esasına dayanır.

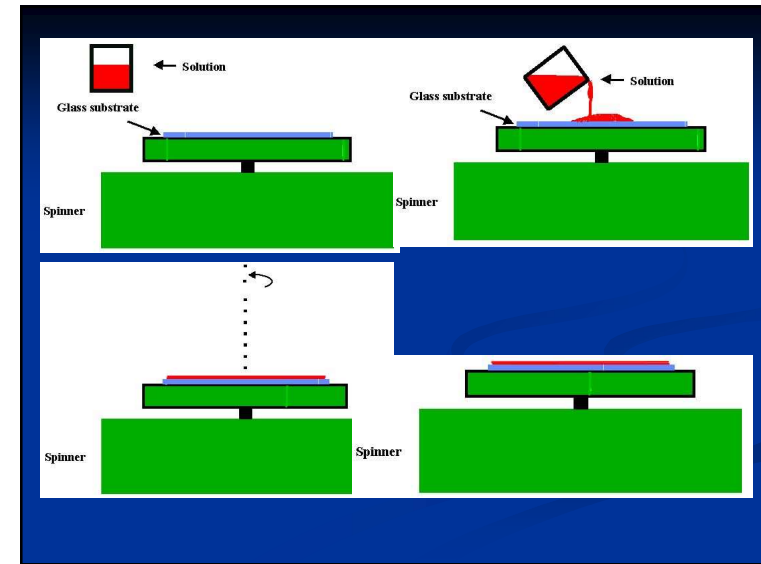
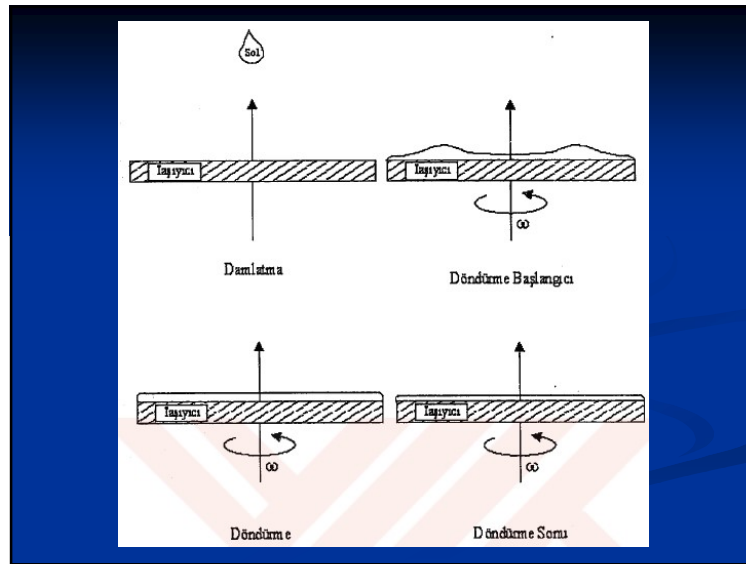
Döndürme ile kaplama metodu

- 1) Birikim
- 2) Döndürme
- 3) Durdurma
- 4) Buharlaştırma

aşamalarında gerçekleşir.

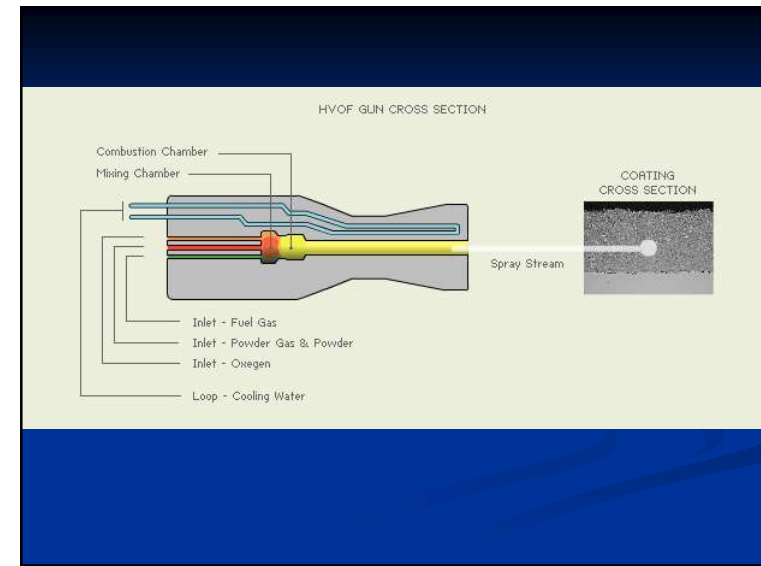
- Döndürülerek kaplamanın bu 4 ana basamağında;
- 1. basamak, akışkan kaplama sıvısının tabaka üzerinde depozisyonu
- 2.basamak, rotasyon hareketi sayesinde tabaka yüzeyinden agresiv sıvı uzaklaşması
- 3.basamak, akışkanın yavaş yavaş incelmeye başlaması
- 4.basamak, eriticinin buharlaşması ile kaplamanın incelmesi

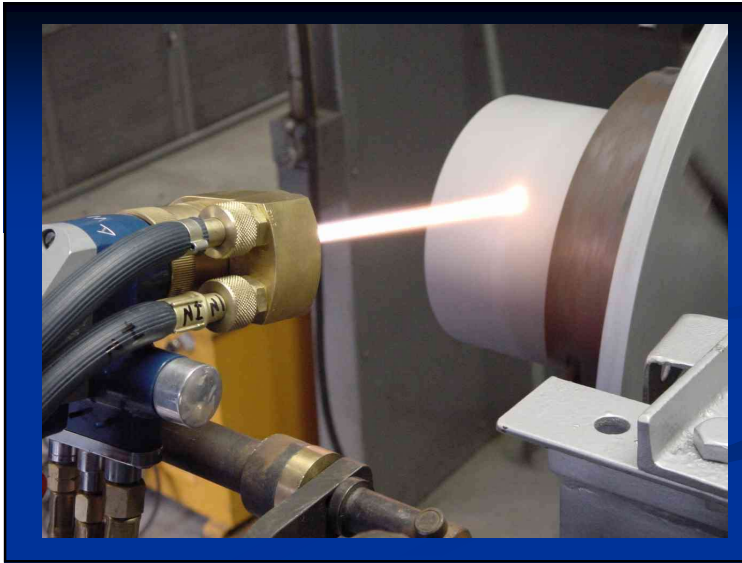




## HVOF (High Velocity Oxygen Fuel)

- Yüksek hızlı oksijen-yakıt yöntemi (HVOF)
- Yüksek hızlı oksijen-yakıt püskürtme yönteminde, oksijen ve sıvı yakıt bir odacıkta yakıldıktan sonra tozların enjekte edildiği nozula doğru yönlendirilir.
- Nozulda bulunan tozlar ve yanıcı gazlar, gaz jetinin genişlemesi ile ses üstü bir hızda atmosfere çıkmaktadır.





- HVOF yönteminin, en büyük özelliği püskürtme anında esas metalin yüzeyi yaklaşık  $100^{\circ}\text{C}$  'ı aşmamasıdır.
- Bundan dolayı malzemede distorsiyon (şekil değişimi) ve metalurjik olarak bir değişme meydana gelmez.

### Avantajları

- kalın kaplama kapasitesi (belirli metaller için 2.5 mm den fazla),
- parça büyüklüğü sınırlaması olmaması,
- kimyasal solüsyon korumasına ihtiyaç duymaması,
- daha düşük tertibat (kurma),
- uygulama maliyeti.

### Metalik İmplantlarda Neden Titanyum ve Alaşımı

- Fiziksel ve kimyasal açıdan üstün özellikler gösteren titanyum, 316 paslanmaz çelik ve kobalt alaşımlarına göre daha hafif bir malzemedir.
- Özgül ağırlığı= $4.5 \text{ gr/cm}^3$ ,
- Ergime sıcaklığı  $1680^{\circ}\text{C}$  olan ve oda sıcaklığında sıkı dizilmiş hekzagonal kafes yapısına sahip bir metaldir.



- Ortopedik implantların amacı insanlara hareketlilik şansı vermektir.
- İmplantlar aşındığından veya zayıfladığında ne olur ?
- Mühendisler olarak bizler neler yapabiliriz ?

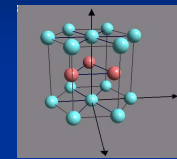


## Mühendislik İmplantları

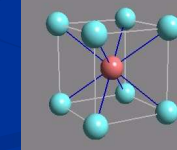
- Paslanmaz çelik
- Titanyum
- Kobalt
- Titanyum biyouyumluluğu, yüksek mukavemeti, kemik adezyonu nedeniyle çok popülerdir.

## Titanyum Mikroyapıları

- Titanyum alaşımlarına bağlı olarak 3 formda bulunabilir.
  - Alfa faz (HCP)
  - Beta faz (BCC)
  - Alfa-beta faz (Mixed)
- Titanyum 6Al-4V alpha-beta faz alaşımıdır. Bunun anlamı ısıtılabilir.



Hexagonal Closed-Packed (HCP)



Body Centered Cubic (BCC)

## Titanyumun Avantajları

- Uzun süreli implantasyonda (deri içine yerleştirme) en iyi Biyo uyumluluk.
- Enjekte edilen maddelerle birlikte, kimyasal reaksiyona girme olasılığı en azdır.
- Manyetik olmadığından, MR (Mağnetik Rezonans) için uyumludur.
- Yoğunluğu düşük olduğundan dolayı, hafif ağırlıktadır.
- Hipoalerjiktir (alerjik özelliği az).
- Titanyum ve titanyum alaşımlarının, medikal ve dental uygulamasında Protez eklem, cerrahi splint, ve bağlayıcıları, kuron köprü ve parsiyel protez yapımında kullanılmaktadır.

- Metalin mekanik özelliklerini geliştirmek için; örneğin, alüminyum, vanadyum ve demir gibi metallerle alaşımı yapılır. Dört çeşit ticari saf titanyumu ve Ti6Al4V, "Ti6Al4V ekstra Az boşluklu" ve TiAlNb olmak üzere, üç titanyum alaşımını standart olarak vardır.

- Titanyum çok reaktif bir metal olup, korozyona karşı yüksek direncini, hızla oluşan bu koruyucu oksit tabakasına borçludur.

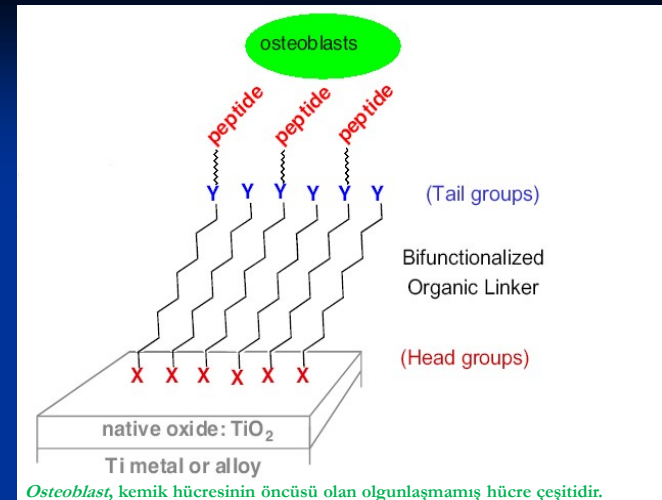
Tablo 3. Ti6Al4V malzemeye ait kimyasal kompozisyon [16]

Element	Ti	N	C	H	Fe	O	Al	V	Diğer.
%	Kalan 1	0.05	0.08	0.0125	0.25	0.13	5.5-6.5	3.5-4.5	0.1-0.4

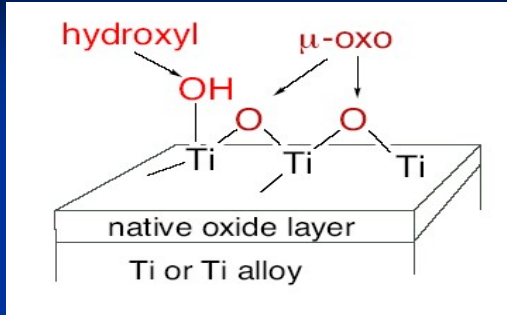
Tablo 4. Ti6Al4V malzemeye ait mekanik özellikler [17]

Malzeme	Akma Ger. (MPa)	Çekme Ger. (MPa)	% Uzama Oranı	% Büz. Oranı
Ti6Al4V	795	860	10	25

- Canlı doku ve implantın statik ve fonksiyonel olarak bu birleşme işlemine, **osteointegration** denilmektedir.
- **Biyoaktivite** lifli doku arasına girmeksizin bir malzemenin **canlı dokuya bağlanma** özelliğidir.
- **Kemikle bağlanması** iyi olan ve doku tarafından kabul edilirliliği yüksek olan titanyum, yerleştirildikten sonra vücudun bir parçası haline gelir. Bu da İmplantı maksimum dayanım sağlamaktadır.



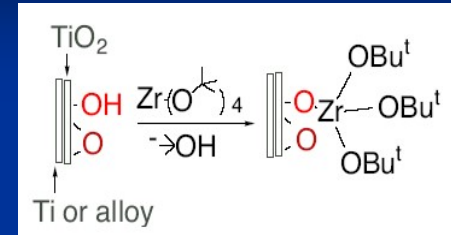
Titanyum oksit yüzeyi çok karardır. Fakat yüzeyi OH ile tepkimeye girer.



Üç çeşit yüzey prosesi vardır.

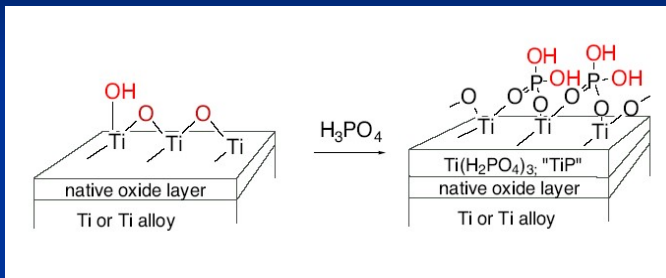
1. Yüzeyde doğal OH içeriğinin kullanımı
2. Modifiye edilmiş yüzeydeki OH'ın artırılması
3. Yeni kimyasallarla yüzeydeki OH içeriğinin uzaklaştırılması

Yüzeyde OH içeriğinin kullanımında; organometal kompleks ara yüzeyleri Ti veya alaşımına kovalent bağla organiklerin bağlanması.



Doğal oksit yüzeyi ile OH gruplarla Zr alkoksit reaksiyona girer ve bir kompleks oluşturur. Ki bu yüzeyde arzu edilen organikle bağ kurmasını sağlar.

Yeni bir inorganik fosfat ara yüzeyi, Ti ile kovalent bağlı organiklerin kullanımında yararlanılmıştır.



TİP de hem fosfat tabakalarında hem de OH gruplarla polimer yapılı bir tabaka mevcuttur.