



Paint & Surface

Available on the
App Store

GET IT ON
Google Play

Kasım - Aralık - Ocak 2018 Yıl: 7 Sayı: 27

Endüstriyel Boya

Toz Boya

Yüzey İşlem Kimyasalları

Boya Uygulama, Kaplama ve Galvaniz Teknolojileri

Röportaj

Başak Filtre
Aslı Alyanak

Nükleer Enerji ve Radyasyon
Koruyucu Boya ve Kaplamalar

Teknoloji: Dünden Bugüne
Otomotiv Boyaları

Galvaniz Sektörünün Güncel Durumu, 2017 Değerlendirmesi

Kent Raporu: İzmir

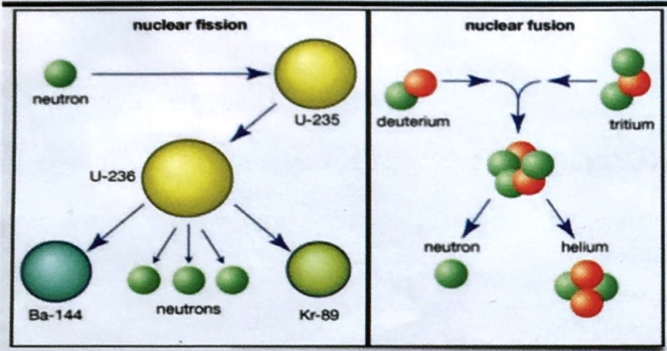


Nükleer Enerji ve Radyasyon – Koruyucu Boya ve Kaplamalar

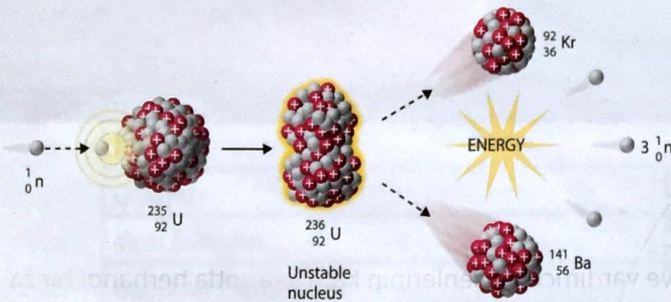
Nükleer Enerji Nedir?

Nükleer, Latince "Nucleus" kelimesinin sıfatlaşmış halidir ve kelime anlamıyla "atom çekirdeği ile ilgili olan" demektir. Nükleer Enerji ise, atom çekirdeği veya çekirdeklerinin içinde olduğu tepkime sonucu oluşan enerjiye denmektedir. İki farklı türde nükleer tepkimesi vardır: Nükleer Fizyon (ing. Nuclear Fission) ve Nükleer Füzyon (ing. Nuclear Fusion):

Nuclear Fission and Nuclear Fusion

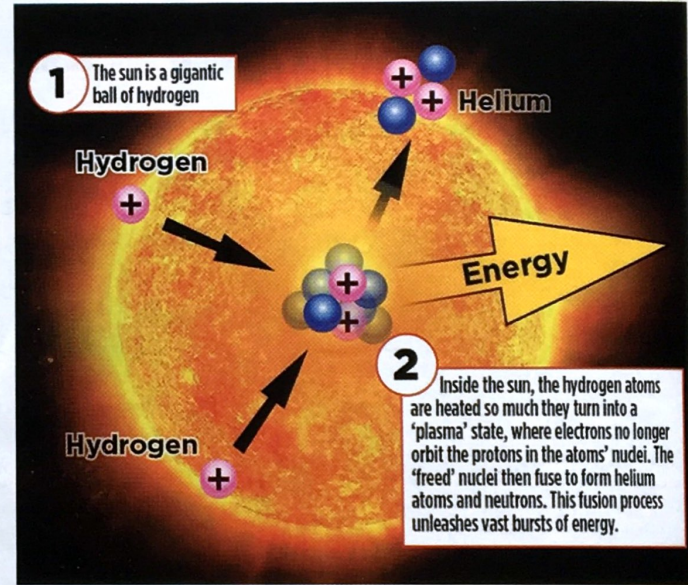


Nükleer Fizyon denince, atom çekirdeğinin kendinden daha küçük parçalara ayrılması tepkimelerine denir. Bu tepkimeler sırasında Nükleer Enerji ile birlikte radyoaktif yan ürünler oluşmaktadır. (Örneğin U235 Uranyum izotoplarının bölünerek, ortaya nötronlar ile birlikte Baryum ve Kripton izotopları oluşturması gibi)



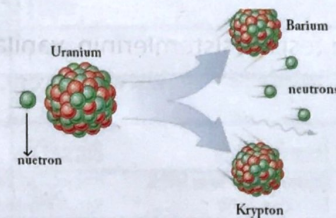
¹Bu makalede, ABD teknolojisine sahip nükleer tesisler ve buna bağlı boyalar/kaplamalar incelenmektedir. Diğer ülkelerin nükleer tesislerinde kullandıkları teknoloji ve buna bağlı dizayn/tasarımları farklı olabilir. Bu da seçilecek boya veya kaplamanın tipi ve diğer fiziksel özelliklerinde (film kalınlığı gibi) farklılıklara neden olabilir. ²İzotop, bir element içindeki proton sayısının aynı olmasına karşın, NÖTRON sayısı farklı olması nedeniyle oluşmuş yeni atomik düzenine denir. Örneğin, doğada kendiliğinde oluşmuş olan 3 adet Uranyum izotopu vardır: U234, U235 ve U238.

Nükleer Füzyon tepkimelerinde ise, iki hafif atom birleşerek (ing. Fusing) kendilerinden daha büyük atomlar oluştururlar. (İki Hidrojen izotopunun –Deuterium ve Tritium- birleşerek Helium atomunu oluşturması gibi) Bu aslında, Güneşimiz ve diğer yıldızların enerji kaynağı olan ancak çok yüksek sıcaklık ve basınç gerektirdiği için daha yüksek yatırım maliyetine sahip bir nükleer teknolojidir. Nükleer Füzyon Tepkimeleri ve Reaktörleri ile daha ayrıntılı bilgiye, Dünya Nükleer Birliği web sitesindeki kaynaklardan ulaşabilirsiniz.



¹Güneş devasa bir Hidrojen kaynağıdır ² Güneş içinde, hidrojen atomları o kadar ısıtılır ki artık elektronların atom çekirdeği içindeki protonların etrafında dönmediği plazma haline dönüşürler. Boş çıkan atom çekirdeği daha sonra birbirleri ile birleşerek Helium atom ve netronlarını oluştururlar. Bu füzyon prosesi enerji açığa çıkarır.

Günümüzde Nükleer Enerji denince aslında, atom çekirdeğinin parçalanması ve daha hafif atomları ile sonuçlanan Nükleer Fizyon tepkimeleri sonucu oluşan Nükleer "Fizyon" Enerjisi konuşulmaktadır.



³Nükleer Fizyon Enerjisi, bundan sonra sadece Nükleer Enerji olarak anılacaktır.

Nükleer Teknoloji Tarihçesi

Bu teknolojinin tarihçesi 1900 yılların başlarında Avrupa'da başlamış olup (Antoine Becquerel'in 1896'da Uranyum elementinin radyoaktif özelliklerini keşfi, daha sonra Ernest Rutherford, Marie Curie ve Enrico Fermi) 2. Dünya savaşı öncesi ve sonrasında, nükleer silahlanma ihtiyacı nedeniyle, Amerika Birleşik Devletleri'nde nükleer endüstride ciddi teknolojik gelişmeler ortaya çıkabilmiştir.

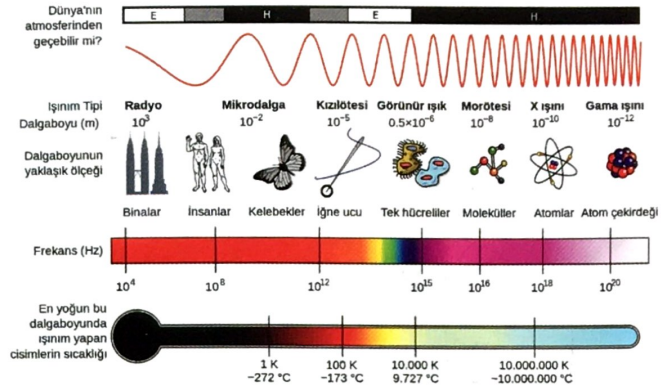
Dünyadaki bilinen ilk nükleer reaktör, 1942'lerin sonunda Enrico Fermi tarafından liderlik edilen bir ekip tarafından Chicago Üniversitesi'nde kurulmuş Chicago Pile-1 isimli deneysel nükleer reaktördür.

Dünyadaki ilk ticari nükleer tesisler ise, 2. Dünya Savaşından sonra 26 Haziran 1954 tarihinde Obninsk, Rusya'da APS-1 isminde ve 5 MW elektrik gücüne sahip bir nükleer tesisti.



Radyasyon (ionize-eden) Nedir? Bilinmesi Gereken Kritik Konular

Radyasyon, en basit anlamda çevremizdeki tüm enerji kaynaklarının yaydığı ışınlardır. Bunlar görünür ışık veya radyo, TV dalgaları gibi havayı ve maddeleri ionize etmeyen (ing. non-ionizing) zarar vermeyen düşük-enerjili tipte olabileceği gibi, UV, X-ray, Gamma-Alfa-Beta radyasyonları gibi havayı ve maddeleri ionize eden (ing. ionizing) yüksek-enerjili zararlı tipte de olabilir.



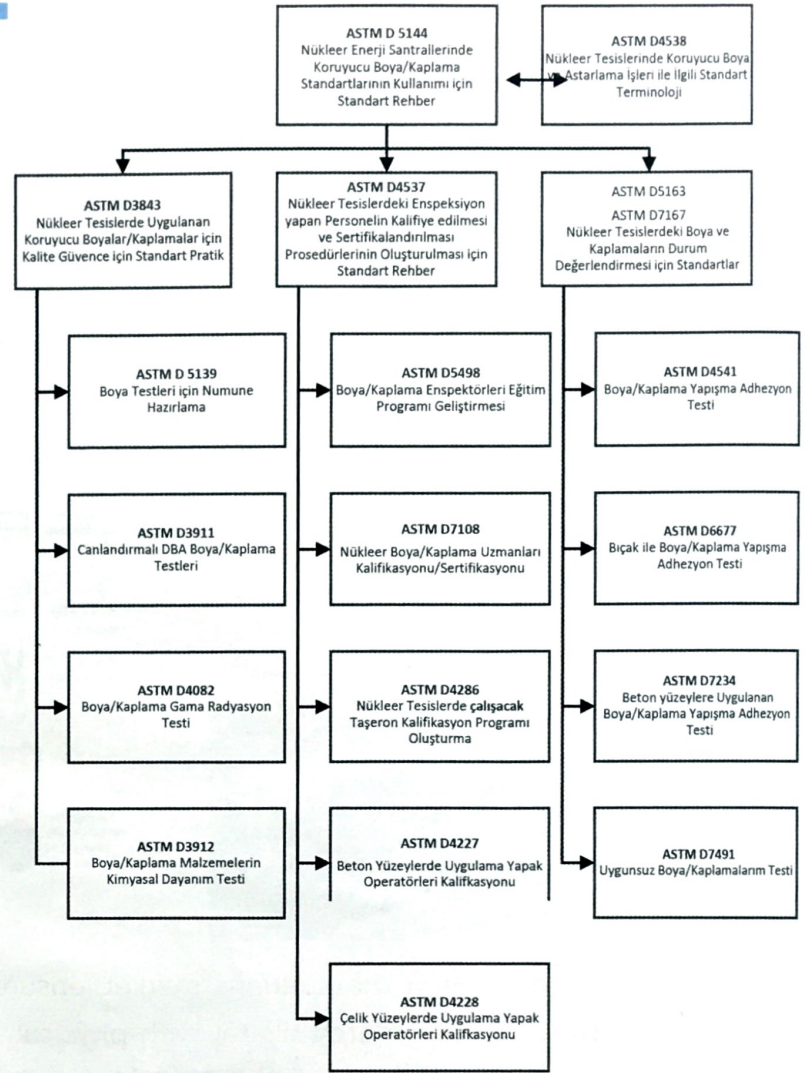
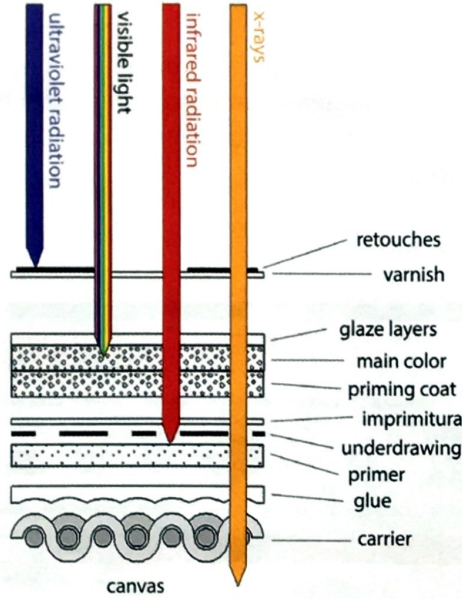
Radyasyonun genel tipleri ve oluşum kaynakları aşağıdaki tabloda özetlenmiştir:

Radyasyon tipi	Kaynak
Elektromagnetik	
Kozmik ışınlar	Güneş ve diğer yıldızlardan gelen ışımlar
Gama ışınları	Güneş radyasyonu, nükleer reaksiyonlar, radyoaktif atom çekirdekleri
X-ray ışınları	Elektron çarpışmalarından dönenler, Senkrotron oluşumu
Parçacık	
Elektronlar	Senkrotron, atom çekirdeği bozunumu, radyoaktif izotoplar
Protonlar	Yüksek-enerjili proton hızlandırıcıları, nükleer reaksiyonlar, radyasyon kaynaklı çekirdek bozunumu
Alfa parçacıkları	Yüksek-enerji ışın hızlandırıcıları, radyoaktif maddeler, nükleer reaksiyonlar
Ağır(büyük) iyonlar	Yüksek-enerjili ışın hızlandırıcıları, nükleer reaksiyonlar

Boyalar/Kaplamalar - Neden Özel ve Önemli?

Nükleer sektörde Boya ve Kaplama malzemeleri (ing. Coating), estetikten çok daha fazla şey ifade etmektedir. Zira birincil görevleri, nükleer tesiste oluşabileceği henüz tasarım aşamasında varsayılan en kötü durumdaki kazalar (design-basis accidents: DBA) sırasında tesisin, sistemlerinin, yapılarının ve yardımcı bileşenlerinin kaza sırasında herhangi bir zararlı kimyasal (özellikle radyoaktif madde) salınımına engel olması beklenir. Bu nedenle özellikle nükleer tesisin bazı bölgelerinde (aşağıda belirtilecektir) DBA'ya uygunluk testleri yapılması istenmektedir.

Nükleer enerji elde edilirken ise, yukarıdaki radyasyon tiplerinden etrafa (Alfa-beta-gama ışımları, X-ray gibi) yüksek enerjili radyasyon yayılmaktadır. Bu radyasyon türlerinin en büyük özelliği, sahip oldukları yüksek enerjileri nedeniyle boya filmini oluşturan polimerlerindeki kimyasal bağları kırabilmesi ve bu nedenle boya/kaplama filmini bozabilmesi ve hatta altındaki yüzeye kadar nüfuz edebilmesidir!



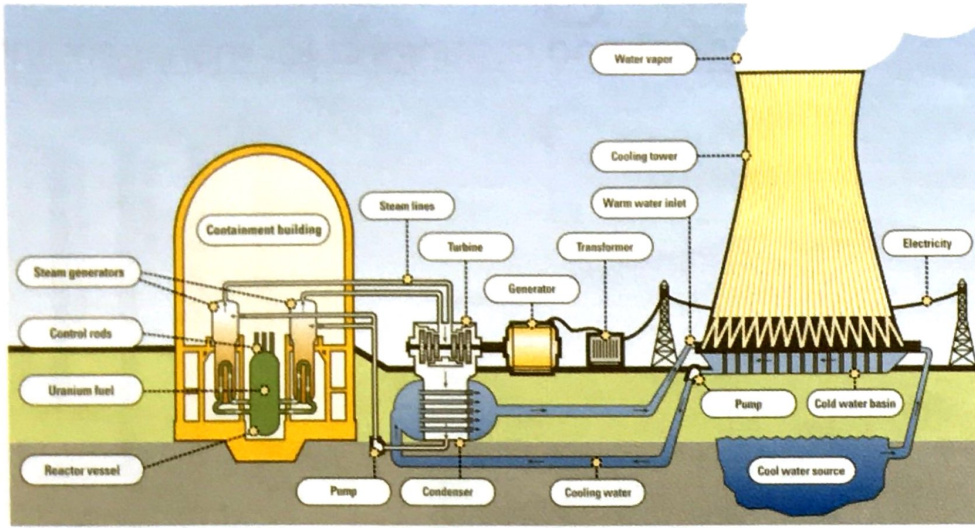
Görülebileceği gibi, Nükleer Tesislerde kullanılacak boyalar ve kaplamaların seçimi kritiktir. Bu nedenle, bu konuda 1950'lerden beri sayısız test ve saha çalışması yapılmış ve çok sayıda endüstriyel standart yayınlanmıştır. Bu standartlardan en önemlileri şunlardır:

- ANSI N5.12 – Nükleer Endüstri için Koruyucu Kaplamalar (Boyalar).
- ASTM D5144 – Nükleer Enerji Santrallerinde Koruyucu Boya/Kaplamaların Kullanımı ile ilgili Standart.
- ASTM D4537 – Nükleer Tesislerde Boya/Kaplama ve Astarlama Enspeksiyon İşlerini Gerçekleştirecek Personeli Kalifiye Etmek ve Sertifikalandırmak için Kullanılacak Prosedürleri Oluşturmak için Standart Rehber.
- ASTM D4538 – Nükleer Enerji Santrallerinde Kullanılacak Koruyucu Boya ve Kaplama Malzemeleri ile İlgili Standart Terminoloji.

Yukarıdaki standartlarda detaylı olarak hem hangi boyaların hangi kriterlere göre seçilmesi gerektiği, hem de hangi boya/kaplama malzemesinin nerelerde kullanılabileceği açıkça belirtilmektedir. Ayrıca, konudaki ASTM standartları seti belirli aralıklarla güncellenerek, endüstride kazanılan tecrübeler ve bilgiler bu standartlara aktarılmaktadır.

Özellikle ASTM D4538 standardında, nükleer tesislerde kullanılacak boyalar/kaplamalar, tesiste kullanılacakları yere göre sınıflandırılmıştır:

- **Boya/Kaplama Hizmet Seviyesi I (Coating Service Level I)** – Muhafaza içindeki (ing. inside containment) Reaktör muhafazası içindeki alanları kapsar. Boya/kaplama başarısızlığı kaza-sonrası akışkan sistemlerinin operasyonunu etkileyebilir ve bu nedenle güvenli bir biçimde nükleer tesis kapatılamayabilir (Radyoaktif sızıntıya engel olamayabilir).
- **Boya/Kaplama Hizmet Seviyesi II (Coating Service Level II)** – Reaktör muhafazası dışındaki alanları tanımlayan terimdir. Boya/kaplama başarısızlığı, nükleer tesisin normal çalışma performansına zarar verebilir ancak çalışmasını engellemez. Level 2 boya/kaplama malzemelerinin temel işlevi, radyasyona ve radyoaktif çekirdeklere maruz kalan reaktör muhafazası dışındaki alanlar için korozyon koruması ve dekontaminasyon sağlamaktır.
- **Boya/Kaplama Hizmet Seviyesi III (Coating Service Level III)** – Reaktör muhafazası dışındaki boya/kaplama başarısızlığında nükleer tesisin güvenlik ile ilgili bir yapısının/sisteminin/bileşeninin güvenlik işlevini etkileyebilecek alanları tanımlamaktadır (Güvenlik ile boya/kaplama malzemeleri).



Water vapor: Su buharı , Cooling Tower: Soğutma Suyu , Warm Water Inlet: Ilık su girişi , Transformer: Trafo , Generator: Jeneratör , Pump: Pompa , Cold water basin: Soğuk su havuzu , Cold water source: Soğuk su kaynağı , Cooling water: Soğutma suyu , Condenser: Yoğuşturucu , Turbine: Türbin , Steam lines: Buhar hatları , Containment building: Muhafaza Binası , Steam generator: Buhar üreteçleri , Uranium fuel: Uranyum yakıtı , Reaktor vessel: Reaktör tankı , Control rods : Kontrol çubukları

Bu sınıflandırmaya ve ASTM standartlarına uygun olarak boya seçimi yapılır. Detaylara girmeden, bu sınıflara uygun boyalar şöyle özetlenebilir:

• Boya/Kaplama Hizmet Seviyesi I Boyalar/Kaplamalar

Bu sınıflandırmada yer alan boya/kaplamalar ikiye ayrılır:

1. Gömülü Olmayan Çelik/Beton Yüzey Yüzeyleri: Bu yüzeyler için radyasyon dayanımları diğer boyalara göre daha yüksek olduğu bilinen İnorganik Çinko Silikat, Epoksi ve Epoksi Fenolik boya/kaplama sistemleri önerilmektedir. Zira bu tipteki boya/kaplama malzemeleri, hem yüksek çaprazbağ kimyasal bağ yapıları nedeniyle korozyon dayanımları ve nükleer tesiste bulunabilecek kimyasallara (asitler, bazlar ve deionize su gibi) karşı daha dayanıklıdır (Geçirgenlik/Permeability katsayıları daha düşüktür). Bu boya/kaplama sistemleri öncesinde, SSPC SP 10/ISO 8501 Sa 2½ yüzey hazırlığı mutlaka yapılmalıdır.

2. Gömülü Çelik/Beton Yüzeyler (Basınç-düşürme Odacıkları/Havuzları)

Bu odacıklar/havuzlar, bir "soğutma sıvısı-kayıp-kazası" (loss-of-coolant-accident- LOCA) esnasında reaktörü soğutma görevi üstlenmiştir. Bu nedenle içinde sürekli çevre su kaynaklarından aldığı su ile doludur. Dolayısıyla, bu yüzeylere seçilecek boya/kaplama malzemeleri, sürekli su maruziyetine dayanıklı olmalıdır. Bu nedenle İnorganik Çinko/Epoksi boya sistemleri bu yüzeylerde kullanılabilir.

• Boya/Kaplama Hizmet Seviyesi II Boyalar/Kaplamalar

Bu bölgedeki boya/kaplama sistemleri güvenlik ile ilgili değildir ancak radyasyona maruz kalabilirler ve dekontaminasyon gerekebilir. Bu bölgede şu tipte/boya kaplama malzemeleri kullanılabilir:

- Solvent-bazlı Epoksiler
- Su-bazlı Epoksiler
- Fenolik Epoksiler
- Siloksanlar
- Poliüretanlar
- Fenolik Alkidler
- Akrilikler

• Boya/Kaplama Hizmet Seviyesi III Boyalar/Kaplamalar

Bu sınıftaki boyalar/kaplamalar reaktör muhafazası dışında kullanılacağı için, radyasyon veya radyoaktif atom çekirdeklerine maruz kalmayacaktır. Bu nedenle, yukarıda bahsedilen DBA testleri gerekmez. Ancak gömülü hizmet alanlarında kullanıldığında, güvenlikle ilgili sistemlerin ve bileşenlerin performansını etkileyebileceği için güvenlikle ilgili olarak sınıflandırılmaktadır. Aşağıdaki kısımlar Level III boya/kaplama malzemelerinin nerelerde ve hangi türde kullanılabileceği hakkında genel bilgi vermektedir:

• Servis Su Sistemleri

Bu sistemlerde reaktörü soğutan su bulunmaktadır ve sürekli su maruziyeti nedeniyle bu bölgeler korozyona karşı astarlanması gerekmektedir. Astar malzemeleri Çimento, Vulkanize Kauçuk, Epoksi ve Fenolik Epoksi olabilir.

• Su Hazneleri

Burada da sürekli su teması olacağı için %100 katlı Epoksi veya Vulkanize Kauçuk olabilir. Pompa içlerini ve pervaneleri ise, Seramik-dolgulu Epoksi ile başarılı olarak astarlanabilir.

• Depolama Tankları

Proses suyu, su-arıtma kimyasalları ve iyon-değişim ortamının rejenerasyonu için kullanılan bu depolama tankları da kimyasal saldırı ve sıvı nüfuz etmesine karşı astarlanmalıdır. Kullanılacak astarlar; Epoxy, Novalak Epoksi, Vinil, Vinil Ester ve Cam-pulcuklu Poliester olabilir.

Bu sınıftaki boya/kaplama uygulamalarından önce en iyi yüzey hazırlığı seviyesi olan ISO 8501-1 Sa 2½ / SSPC SP5 seviyesinde bir aşındırıcı kumlama temizliği, nükleer endüstri için zorunlu tutulmaktadır!

• Nükleer Tesisin Geri-kalanındaki Boyalar/Kaplamalar (Balance-of-Plant Coatings-BOP)

Hizmet Seviyesi I,II ve III dışındaki boyalar/kaplamalar dışındaki kalan "Nükleer Tesisin Geri-kalanındaki Boyalar/Kaplamalar" veya İngilizce kısaltması ile BOP olarak adlandırılmaktadır. Alanlarda, diğer fosil-yakıtlı enerji santrallerinde/rafinerilerinde ve endüstriyel üretim tesislerinde kullanılan boyalar/kaplamalar kullanılabilir.

Aşağıdaki tabloda yukarıda boya/kaplama sistemlerinin özetini bulabilirsiniz:

Boya/Kaplama Sistemi	Basınç- düşürme Odacıkları	Muhafaza içindeki Yapısal Çelik	Beton Duvar ve Zeminler	Muhafaza dışındaki Yapısal Çelik	Hidrolik Yapılar	Mekanik Ekipmanlar	Su Depolama (Dış)	Su Depolama (İç)
Inorganik Çinko-zengin Astar Poliamid Epoksi/Akrilik Arakat Poliüretan Sonkat				Hizmet Seviye II, BOP			Hizmet Seviye II, BOP	
Inorganik Çinko-zengin Astar Poliamid Epoksi Sonkat	Hizmet Seviye I	Hizmet Seviye I						
Organik Çinko-zengin Astar Poliamid Epoksi/Akrilik Arakat Poliüretan Sonkat				Hizmet Seviye II, BOP			Hizmet Seviye II, BOP	
Inorganik Çinko-zengin Astar Su-bazlı Akrilik Sonkat				Hizmet Seviye II, BOP			Hizmet Seviye II, BOP	
Organik Çinko-zengin Astar Su-bazlı Akrilik Sonkat				Hizmet Seviye II, BOP			Hizmet Seviye II, BOP	
Alkit (3-kat)						Hizmet Seviye II, BOP		
Alkid Astar Silikon-alkit sonkat				Hizmet Seviye II, BOP			BOP	
Poliamid Epoksi (2-3 kat)	Hizmet Seviye I	Hizmet Seviye I		Hizmet Seviye II, BOP				Hizmet Seviye I
Organik Çinko-zengin Astar Poliamid Epoksi Arakat Poliamid Epoksi Sonkat		Hizmet Seviye I		Hizmet Seviye II, BOP				Hizmet Seviye I
Inorganik Çinko-zengin Astar		Hizmet Seviye I						
Kömür-katran/coal tar Epoksi					BOP			
Fenolik Epoksi	Hizmet Seviye I	Hizmet Seviye I			Hizmet Seviye II, BOP			Hizmet Seviye I
Termal Sprey Kaplama Poliamid Epoksi Sonkat								Hizmet Seviye III
Termal Sprey Kaplama Fenolik Epoksi Sonkat	Hizmet Seviye I							Hizmet Seviye III
Epoksi Yüzey-düzeltilici Poliamid Epoksi Sonkat			Hizmet Seviye I					

Özet

Ticari Nükleer Enerji Tesisleri oldukça ağır şartname ve yönetmeliklere sahiptirler ve boya/kaplama seçimi de ulusal/uluslararası standartlara ve istenilen test sonuçlarına göre dikkatlice yapılmalıdır. Ayrıca bu boyalar/kaplamaların da uygulaması için kalifiye/sertifikalı personel gerekebilir. Tüm bu boya/kaplama seçimi ve uygulanması diğer endüstriyel boya/kaplama projelerinden çok daha farklı olacaktır. Zira, bu süreçler sırasında yapılacak küçük bir hata hem ciddi ekonomik kayıplara hem de insan/çevre sağlığına mal olabilir.

Bu nedenle yukarıda bahsedilen hususlar sadece özet bilgileri içermektedir. Daha ayrıntılı bilgiler paylaştığım "Referanslar" kısmından edinilebilir.

Yeni bir yazıda görüşünceye kadar, güzel günler ve iyi çalışmalar dilerim. Hoşçakalın...

Referanslar

1. Nuclear power plants, world-wide: <https://www.euronuclear.org/info/encyclopedia/n/nuclear-power-plant-world-wide.htm>
2. Nuclear Fission and Fusion: https://www.diffen.com/difference/Nuclear_Fission_vs_Nuclear_Fusion
3. The ABC's of Nuclear Coatings – What's So Special? – John R. Cavallo, PE, FASTM, Enercon Services Inc.
4. ASTM D5144 – Standard Guide for Use of Protective Coating Standards in Nuclear Power Plants
5. Corrosion in Power Plants: Operating Conditions and Maintenance Planning – E. Bud Senkowski, KTA-Tator, Inc. – JPCL Kasım 1997
6. Developing a Maintenance Program for a Nuclear Power Plant – Don A. Hill, PE – JPCL Kasım 1996
7. Radiation-induced Degradation of Coatings – Clive H. Hare – JPCL Ağustos 2000
8. Coating Program Requirements at Nuclear Power Plants – Daniel E. Cox – JPCL Temmuz 2011
9. ASTM D4538 – Standart Terminology Relating to Protective Coating and Lining Work for Power Generation Facilities
10. U.S. Nuclear Regulatory Commission Regulatory Guide 1.54
11. Protective Coatings System For Nuclear Power Plant ad Corrosive Environments – S. Guruviah, M. Sundaram, V. Chandrasekaran, P. Jahakrishnan, K. Raghupathy, V. Ganesa Sarma, Bulletin of Electrochemistry, Temmuz-Ağustos 1986
12. A New Design for Nuclear Power Plants and Its Effect on Coating Requirements – Micheal C. Durbin, Kristin Ruth – JPCL Haziran 2014