



Tüm Yüzey İşlemler Derneği'nin haberleşme, tanıtım ve yayın noktasıdır. Her üç ayda bir Türkçe ve İngilizce olarak yayınlanmaktadır.

TÜYİDERGİ-The communication, promotion and publication point of the Surface Treatments Association of Turkey. Our journal is published quarterly in both Turkish and English.

*makale
article**makale
article**makale
article**makale
article*

08

**EV Otomotiv Elektroniklerinde İletken
Malzeme ve Kaplama Trendleri**

Trends in Conductive Materials and
Coatings in EV Automotive Electronics

12

**Elektrokaplama
Tekniğinin Anahtar Rolü**

Electroplating Technology
and Its Key Role

34

**Akımsız Nikel 100 Saatlik
Korozyon Testini Nasıl Geçer?**

How to Pass a 100-Hour Salt
Spray Test for Electroless Nickel ?

50

**Win Eurasia 2026'da Yüzey İşlem
Sektörü Geleceğe Odaklandı**

Shaping The Future Of Surface
Treatment At Win Eurasia 2026

DERGİ ADI | Name of Journal
TÜYİDERGİ

YAYIN TÜRÜ | Publication Type: National
Yerel, süreli 3 aylık dergi
Type: National, Periodical 3- monthly

İMTİYAZ SAHİBİ | Concessionaire
Tüm Yüzey İşlemler Derneği İktisadi İşletmesi

YAYIN SORUMLUSU | Publication Executive
Tolga ZENT

SORUMLU MÜDÜR | Responsible Manager
Turan Ali SELEN

EDİTÖR | Editor in Chief
Prof. Dr. Ekrem ALTUNCU

YAYIN KURULU | Editorial Board

Prof. Dr. Ali Fuat ÇAKIR
Prof. Dr. Hüsnü GERENGİ
Prof. Dr. İhsan EFEÖĞLÜ
Prof. Dr. Kürşat KAZMANLI
Prof. Dr. Lutfi ÖKSÜZ
Prof. Dr. Mehmet Salim ÖNCEL
Prof. Dr. Mustafa Kamil ÜRGEN
Prof. Dr. Servet TIMUR
Prof. Dr. Taner YONAR
Prof. Dr. Tamer SINMAZÇELİK
Prof. Dr. Tunç TÜKEN
Prof. Dr. Uğur MALAYOĞLU
Prof. Dr. Volkan GÜNAY
Prof. Dr. Ekrem ALTUNCU
Prof. Dr. Hatice DURAN DURMUŞ
Prof. Dr. Güldem KARTAL ŞİRELİ
Doç. Dr. Ergün KELEŞOĞLU

İTÜ
DÜ
AU
İTÜ
SDÜ
GTÜ
İTÜ
İTÜ
UU
KOÜ
ÇÜ
DEÜ
FMV
SUBU
TOBB
TAU

SEKTÖREL TEKNİK DANIŞMA KURULU
Advisory Board

Ali DURAN
Alper VIDİN
Bilgi ÇENGELLİ
Canan ULUŞAHİN
Celal SEYALIOĞLU
Dr. Hüseyin HALICI
Dr. Metin YILMAZ
İlker KARABULUT
Fatma FIDAN
Kıvanç SAGNAK
Levent OYMAN
Merve Yavaş UMUTLU
Muhammed KILINÇ
Nagehan UÇANOK
Oğuzhan ÇİMEN
Olçay AKBULUT
Selçuk KILIÇARSLAN
Simge TARKUÇ
Tolga ZENT
Turan Ali SELEN
Yener GÜR'EŞ
Zafer ÖZDEMİR

YAZIŞMA ADRESİ | Contact Address

TÜYİDER
Tüm Yüzey İşlemler Derneği İktisadi İşletmesi
Aydınlı - KOSB Mah. Tuzla Kimya Sanayicileri OSB Atom Cad. No. 2
Tuzla 34953 İSTANBUL TÜRKİYE
www.tuyider.org | info@tuyider.org

GRAFİK TASARIM | Graphic Design

Makroser Yazılım İnternet Tekn. Hird. ve Reklam San. ve Tic.
Ltd. Şti.
Mevlana Mh. Çelebi Mehmet Cd. Yarasan Esenkent Sts. A1 / 8
Beylikdüzü / İstanbul - Türkiye
info@makroser.com.tr | www.makroser.com.tr

RENK AYRIMI ve BASKI | Printed By

Anka Matbaacılık San. ve Tic. Ltd. Şti.
2. Matbaacılar Sitesi ZF9 Topkapı / İstanbul - Türkiye
+90 212 565 90 33 - ankamatbaa@gmail.com - S. No: 44889

TUYİDERGİ, T.C. Yasalarına uygun olarak yerel süreli yayı olarak
yayınlanmaktadır. TUYİDERGİ dergisinde yer alan görüşler sadece
yazarlarına aittir. Kaynak gösterilmeden ve izinsiz alıntı yapılmaz.

Dergimizde yer alan tüm reklam içerikleri firmalara, makale,
görsel, grafik içerikleri ve görüşler yazarna ait olup dergimizin
sorumluluğunda değildir.

All advertisement contents in our magazine belong to compa-
nies, articles, visuals, graphic contents and opinions belong
to the author and are not the responsibility of our magazine.

Basım Tarihi: Temmuz 2026 - Print Date: July 2026



12 - 19

Elektrokaplama Tekniğinin
Anahtar Rolü

Electroplating Technology
and Its Key Role

İzzet AYDIN



40 - 48

Kataforez (KTL) Kaplama
Sistemlerinde Teknik Tasarım,
Operasyonel Parametreler ve
Ekipman Seçimi

Technical Design, Operational
Parameters And Equipment
Selection In Cathodic
Electrodeposition (E-Coat)
Systems

Cihad AYDIN



62 - 63

SIEMENS Gebze
Kampüsü'nde Yüzey
İşlemleri ve Kök Neden
Analizi Eğitimi

Surface Treatment and Root
Cause Analysis Training at
Siemens Gebze Campus



06 - 07

Bizim Kalemimizden

Kaya KOÇ

Yüzey İşlemlerde Yeni Dönem:
Görünmeyen Operasyondan
Stratejik Rekabet Gücüne

A New Era in Surface
Finishing: From an Invisible
Operation to a Strategic
Competitive Advantage



30 - 31

Isuzu Çalışanlarına Yönelik İki
Günlük Yüzey İşlemleri Eğitimi

A Two-Day Surface Treatment
Training Program for ISUZU
Employees



22 - 29

Metal Kaplamada Atıksu
Arıtma ve Geri Kazanım:
Bir Yükümlülüğün Rekabet
Avantajına

Wastewater Treatment and
Recovery in Metal Finishing:
From an Obligation to a
Competitive Advantage

Cem İBRİKÇİ



50 - 53

Win Eurasia 2026'da Yüzey
İşlem Sektörü Geleceğe
Odaklandı

Shaping The Future Of Surface
Treatment At Win Eurasia 2026



65

Sektörel Etkinlikler

Activities Calendar of Sector

08 - 11

EV Otomotiv Elektroniklerinde
İletken Malzeme ve Kaplama
Trendleri

Trends in Conductive Materials
and Coatings in EV Automotive
Electronics

Prof. Dr. Ekrem ALTUNCU



34 - 39

Akımsız Nikel 100 Saatlik
Korozyon Testini Nasıl Geçer?

How to Pass a 100-Hour Salt
Spray Test for Electroless Nickel ?

Fatih KAYA



58 - 60

Togg Fabrikası Ziyareti: Yüzey
İşlemlerinin Önemi, Gereksinimler
Ve Gelecek Perspektifi

TOGG Factory Visit: Importance of
Surface Treatments, Requirements,
and Future Perspective





GALVOPLAS

Yüzey İşlem Tesisleri San. Tic. Ltd. Şti.

Stronger Than Yesterday...



www.galvoplas.com

info@galvoplas.com

■ Kaçapa Organize Sanayi Bölgesi, Orkide(530) Caddesi No:15
Nilüfer/BURSA



AmaGrit

Paslanmaz Çelik Bilya & Grit

Çelik Bilya & Grit



ERVIN
STAINLESS

ERVIN
AMASTEEL



1920'den bu yana...

- ✓ En Yüksek Enerji Transferi ve Dayanıklılık
- ✓ En Düşük İşlem Maliyeti
- ✓ Yuvarlık Yapısı Sayesinde Optik Görünüm
- ✓ Performans ve Fiziksel Özellikler Bakımından En Üst Kalite
- ✓ Amerika ve Almanya'da üretim



BVA

Hassas Yüzey İşlemler
Precision Surface Treatment

T: +90 216 658 80 05
F: +90 212 658 80 06

info@bva.com.tr
www.bva.com.tr

Full Otomatize Robotik Kaplama Üretim Hattı Satışta

Krom hattımız 2017 Intesys (italya) firması ile ABS ve ABS PC hammadeli ürünlerin kaplamasını gerçekleştirmek için kurulmuş ve sadece otomotiv sektörüne parça üretmek için kullanılmıştır.

Hattımızın tamamı 2.100 m2 alan kaplamaktadır, Max. kapasitesi günde 363 Bara üretimdir.

Hat içinde aşındırma (etching) işlemi sülfokromik asit ile yapılır.

Krom hattında 15 robot çalışmaktadır.

Banyolar 1 adet hexavalent krom kaplama, 4 adet trivalent krom kaplama ve toplamda 101 adet 10 farklı tipte banyodan oluşmaktadır.

Tüm filtreler La Fonte markadır.

Hattımızda toplam 41 adet redresör (mersan marka) vardır ve tüm redresörler PLC bağlantısı ile otomasyon üzerinden yönetilmektedir.

Havalandırma için 6 adet scrubber (gaz yıkama kulesi) bulunmaktadır.

Tüm ekipmanlar tam randımanlı ve eksiksiz olarak çalışmaktadır.

Tüm Hat Bilecik fabrikamızda kurulu olarak bulunmaktadır. Tüm hat ve ekipmanlar parça parça kullanıma uygundur.

Gökhan Özdemir

Durden Genel Müdürü

Tel.: 0542 538 53 72

Bilge Yazmacı

Durden Dönüşüm ve Strateji Direktörü

Tel.: 0544 811 76 10





Kaya KOÇ

Yönetim Kurulu Üyesi
Board Member

TÜYİDER - TÜM YÜZEY İŞLEMLER DERNEĞİ

TÜYİDER - SURFACE TREATMENT ASSOCIATION

Yüzey İşlemde Yeni Dönem: Görünmeyen Operasyondan Stratejik Rekabet Gücüne

Sanayide bazı süreçler vardır; nihai ürünün üzerinde doğrudan görünmez, fakat ürünün kalitesini, dayanıklılığını, kullanım ömrünü ve pazardaki rekabet gücünü belirleyen en önemli unsurlardan biri olur. Yüzey işlem sektörü de tam olarak bu noktada, üretimin çoğu zaman arka planda kalan ancak değeri her geçen gün daha iyi anlaşılan stratejik alanlarından biridir.

Bugün otomotivden savunma sanayisine, beyaz eşyadan makine imalatına, medikalden havacılığa kadar birçok sektörde ürün performansının arkasında güçlü bir yüzey işlem bilgisi bulunmaktadır. Bir parçanın yalnızca doğru ölçüde üretilmiş olması artık yeterli değildir. O parçanın yüzey kalitesi, korozyona karşı direnci, aşınma performansı, temizliği, çapaklılığı ve uzun vadeli güvenilirliği de en az üretim hassasiyeti kadar önem taşımaktadır.

Bu nedenle yüzey işlemi yalnızca üretim zincirinin sonunda yapılan tamamlayıcı bir işlem olarak görmek eksik bir bakış açıdır. Yüzey işlem; mühendislik bilgisinin, proses disiplininin, kalite anlayışının, çevresel sorumluluğun ve müşteri beklentilerinin kesiştiği kritik bir uzmanlık alanıdır.

Değişen Sanayi, Yeni Sorumluluklar

Dünya sanayisi bugün büyük bir dönüşümden geçiyor. Rekabet artık sadece daha hızlı üretmek veya daha düşük maliyetle çalışmak üzerinden şekillenmiyor. Müşteriler daha uzun ömürlü, daha güvenilir, daha sürdürülebilir ve daha izlenebilir ürünler talep ediyor. Küresel tedarik zincirlerinde yer almak isteyen firmalar için kalite belgeleri, üretim standartları, çevresel duyarlılık ve proses güvenilirliği vazgeçilmez hale geliyor.

Bu dönüşüm, yüzey işlem sektörüne de yeni sorumluluklar yüklüyor. Artık yalnızca iyi bir yüzey elde etmek yeterli değildir; bu yüzeyin hangi yöntemle, hangi standartta, hangi tekrarlanabilirlik düzeyiyle ve hangi çevresel sorumluluk anlayışıyla elde edildiği de önem kazanmıştır. Özellikle ihracat odaklı çalışan sanayi kuruluşları için yüzey işlem kalitesi doğrudan rekabet gücü anlamına gelmektedir.

Kalite Son Kontrol Değil, Sürecin Kendisidir

Geçmişte kalite çoğu zaman üretimin sonunda yapılan bir kontrol adımı olarak görüldü. Bugün ise kalite, sürecin tamamına yayılmış bir yönetim anlayışıdır. Yüzey işlem sektöründe bu gerçek çok daha belirgindir. Çünkü doğru sonuç; uygun proses seçimi, doğru ekipman, doğru sarf malzeme, kontrollü süre, düzenli bakım, ölçümleme ve tekrarlanabilirlik sayesinde ortaya çıkar.

Bir parçanın yüzeyindeki küçük bir hata, sahada büyük problemlere yol açabilir. Yetersiz korozyon direnci, eksik çapak alma, hatalı temizlik veya uygun olmayan yüzey pürüzlülüğü; nihai üründe performans kaybına, garanti maliyetlerine, müşteri memnuniyetsizliğine ve marka itibarında zedelenmeye neden olabilir. Bu yüzden yüzey işlemde kaliteyi yalnızca görsel sonuçla değerlendirmek mümkün değildir. Asıl önemli olan, aynı kaliteyi her partide ve her üretim koşulunda güvenilir şekilde tekrarlayabilmektir.

Sürdürülebilirlik ve Verimlilik

Önümüzdeki dönemde sektörümüz için sürdürülebilirlik daha merkezi bir başlık

haline gelecektir. Enerji tüketimi, su kullanımı, kimyasal yönetimi, atık kontrolü, iş güvenliği ve proses verimliliği artık yalnızca maliyet kalemleri değil; aynı zamanda kurumsal sorumluluk ve rekabet gücü unsurlarıdır.

Yüzey işlemde sürdürülebilirlik, sadece daha az tüketmek anlamına gelmez. Daha doğru proses tasarlamak, hatalı üretimi azaltmak, yeniden işleme ihtiyacını düşürmek, ekipman ömrünü uzatmak ve nihai ürünün kullanım ömrüne katkı sağlamak da bu anlayışın parçasıdır.

Ustalık, Teknoloji ve İnsan Kaynağı

Sektörümüzün en önemli avantajlarından biri güçlü tecrübe ve ustalık kültürüdür. Ancak bugünün şartlarında bu tecrübenin teknoloji, ölçümleme, kayıt disiplini ve standart üretim anlayışıyla desteklenmesi gerekmektedir. Teknoloji, ustalığın yerini alan bir unsur değildir; doğru kullanıldığında ustalığı daha güvenilir, daha ölçülebilir ve daha sürdürülebilir hale getiren bir araçtır.

Geleceğin yüzey işlem tesislerinde yalnızca makine parkı değil; proses takibi, kalite izleme, bakım planlaması, enerji verimliliği ve personel eğitimi de rekabetin belirleyici unsurları olacaktır. Genç mühendislerin, teknisyenlerin ve girişimcilerin yüzey işlem alanını geleceği olan, teknik derinliği yüksek ve katma değerli bir uzmanlık alanı olarak görmesini sağlamalıyız.

Ortak Vizyon, Güçlü Sektör

Hiçbir firmanın tek başına çözemeyeceği bazı meseleler vardır. Kalite algısının yükselmesi, standart bilincinin gelişmesi, nitelikli insan kaynağının yetişmesi ve sektörümüzün sanayi içindeki gerçek değerinin daha iyi anlatılması bunların başında gelmektedir. Bu nedenle dernek çatısı altında kurulan her temas, yapılan her teknik paylaşım ve oluşturulan her ortak gündem, sektörümüzün geleceğine yapılmış önemli bir yatırımdır.

Türkiye, güçlü üretim altyapısı, gelişen sanayi kabiliyeti, coğrafi avantajı ve esnek üretim kültürüyle önemli bir potansiyele sahiptir. Ancak bu potansiyelin yüksek katma değere dönüşebilmesi için ara süreçlerdeki kalite seviyesinin de sürekli yükselmesi gerekir. Yüzey işlem sektörü bu noktada kritik bir rol üstlenmektedir.

Bizlere düşen görev, yüzey işlemi yalnızca bir üretim adımı olarak değil, Türk sanayisinin rekabet gücünü artıran stratejik bir değer olarak anlatmak ve konumlandırmaktır. Sektörümüzün sahip olduğu bilgi birikimini daha güçlü bir kalite kültürüne dönüştürmek hepimizin ortak sorumluluğudur.

Bu bilinçle, sektörümüzün tüm paydaşlarını daha fazla iş birliğine, daha fazla bilgi paylaşımına ve daha yüksek kalite hedefi etrafında birleşmeye davet ediyorum.

Yüzey işlem sektörünün geleceğine güveniyorum; çünkü bu sektörün temelinde emek, tecrübe, mühendislik disiplini ve sürekli gelişme iradesi vardır.

Dergimizin bu sayısının, sektörümüz için yeni fikirlerin, yeni iş birliklerinin ve daha güçlü bir ortak vizyonun gelişmesine katkı sağlamasını diliyorum.

A New Era in Surface Finishing: From an Invisible Operation to a Strategic Competitive Advantage

An Invisible Yet Decisive Value

There are certain processes in industry that may not be directly visible on the final product, yet they play a decisive role in determining its quality, durability, service life, and competitiveness in the market. The surface finishing industry stands exactly at this point: often operating in the background of production, but increasingly recognized as one of the most strategic fields in manufacturing.

Today, from automotive to defense, from white goods to machinery manufacturing, and from medical applications to aerospace, strong surface finishing know-how lies behind product performance in many industries. It is no longer sufficient for a component to be produced only with dimensional accuracy. Its surface quality, corrosion resistance, wear performance, cleanliness, burr-free condition, and long-term reliability are just as important as manufacturing precision.

For this reason, viewing surface finishing merely as a complementary process carried out at the end of the production chain is an incomplete perspective. Surface finishing is a critical field of expertise where engineering knowledge, process discipline, quality awareness, environmental responsibility, and customer expectations intersect.

Changing Industry, New Responsibilities

Global industry is undergoing a major transformation. Competition is no longer shaped only by faster production or lower costs. Customers now demand products that are longer-lasting, more reliable, more sustainable, and more traceable. For companies aiming to take part in global supply chains, quality certifications, production standards, environmental awareness, and process reliability have become indispensable.

This transformation also brings new responsibilities to the surface finishing industry. It is no longer enough to achieve a good surface; the method, standard, repeatability level, and environmental responsibility behind that surface have also become increasingly important. Especially for export-oriented industrial companies, surface finishing quality directly means competitive strength.

Quality Is Not Final Inspection; It Is the Process Itself

In the past, quality was often regarded as a control step performed at the end of production. Today, however, quality is a management approach that extends across the entire process. This reality is even more evident in the surface finishing industry. The right result is achieved through the correct process selection, suitable equipment, proper consumables, controlled processing time, regular maintenance, measurement, and repeatability.

A small defect on the surface of a component can lead to major problems in the field. Insufficient corrosion resistance, incomplete deburring, improper cleaning, or unsuitable surface roughness may result in performance loss, warranty costs, customer dissatisfaction, and damage to brand reputation.

Therefore, in surface finishing, quality cannot be evaluated only by visual appearance. What truly matters is being able to repeat the same quality reliably in every batch and under every production condition.

Sustainability and Efficiency

In the coming period, sustainability will become an even more central topic for our industry. Energy consumption, water usage, chemical management, waste control, occupational safety, and process efficiency are no longer merely cost items; they are also elements of corporate responsibility and competitive power.

Sustainability in surface finishing does not simply mean consuming less. Designing more accurate processes, reducing defective production, minimizing the need for rework, extending equipment life, and contributing to the service life of the final product are also part of this approach.

Craftsmanship, Technology, and Human Resources

One of the most important advantages of our industry is its strong culture of experience and craftsmanship. However, under today's conditions, this experience must be supported by technology, measurement, documentation discipline, and standardized production practices. Technology does not replace craftsmanship; when used correctly, it makes craftsmanship more reliable, measurable, and sustainable.

In the surface finishing facilities of the future, competitiveness will not be determined only by machinery parks. Process monitoring, quality control, maintenance planning, energy efficiency, and personnel training will also become decisive factors. We must ensure that young engineers, technicians, and entrepreneurs see surface finishing as a future-oriented, technically deep, and high value-added field of expertise.

Shared Vision, Stronger Industry

There are certain issues that no company can solve alone. Raising the perception of quality, developing standardization awareness, training qualified human resources, and better explaining the true value of our industry within manufacturing are among the most important of these issues.

For this reason, every connection established under the umbrella of the association, every technical exchange, and every shared agenda created together is an important investment in the future of our industry.

Turkey has significant potential with its strong manufacturing infrastructure, developing industrial capabilities, geographical advantage, and flexible production culture. However, for this potential to turn into high added value, the quality level of intermediate processes must also continuously improve. The surface finishing industry plays a critical role at this point.

Our responsibility is to present and position surface finishing not merely as a production step, but as a strategic value that increases the competitiveness of Turkish industry. Transforming our industry's know-how into a stronger quality culture is our shared responsibility.

With this awareness, I invite all stakeholders of our industry to come together around greater cooperation, more knowledge sharing, and higher quality goals. I have confidence in the future of the surface finishing industry, because at its core, this industry is built on hard work, experience, engineering discipline, and the will for continuous improvement.

I hope this issue of our magazine contributes to the development of new ideas, new collaborations, and a stronger shared vision for our industry.

EV Otomotiv Elektroniklerinde İletken Malzeme ve Kaplama Trendleri

Trends in Conductive Materials and Coatings in EV Automotive Electronics

Prof. Dr. Ekrem ALTUNCU

SUBU- SUMAR / Yüzey Akademisi | SUBU- SUMAR / Surface Academy

Elektrikli araç (EV) otomotiv elektroniklerinde iletken malzemeler ve kaplama teknolojileri, son yıllarda yalnızca bir malzeme seçimi konusu olmaktan çıkarak sistem seviyesinde bir mühendislik optimizasyon alanına dönüşmüştür. Elektrifikasyonun hızlanması, 400V mimarilerden 800V ve üzeri sistemlere geçiş, otonom sürüş elektroniğinin artışı ve batarya enerji yoğunluğundaki yükselme; iletkenlik, ısı yönetimi, elektromanyetik uyumluluk (EMI/EMC) ve dayanıklılık gereksinimlerini aynı anda zorunlu hale getirmiştir. Bu bağlamda klasik metalik iletken çözümler yerini giderek daha hibrit ve fonksiyonel malzeme sistemlerine bırakmaktadır.

Geleneksel olarak bakır ve gümüş bazlı iletkenler otomotiv elektroniğinde baskın konumdayken, günümüzde maliyet optimizasyonu ve sürdürülebilirlik baskıları nedeniyle gümüş kaplı bakır, karbon bazlı kompozitler ve iletken polimerler daha yaygın kullanılmaktadır. Özellikle gümüş fiyatlarındaki dalgalanmalar, üreticileri daha düşük maliyetli ancak benzer performans sunabilen alternatiflere yöneltmiştir. Bu noktada grafit, karbon nanotüp ve grafen katkılı kompozitler hem hafiflik hem de elektriksel iletkenlik açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Ayrıca iletken polimer sistemleri, esnek elektronik yapılar ve EMI koruma uygulamalarında metal bazlı çözümlere göre daha düşük yoğunluk ve daha yüksek tasarım özgürlüğü sağlamaktadır.

In electric vehicle (EV) automotive electronics, conductive materials and coating technologies have evolved from being a simple material selection issue into a system-level engineering optimization field. The acceleration of electrification, the transition from 400V architectures to 800V and above systems, the increasing complexity of autonomous driving electronics, and the rise in battery energy density have collectively intensified the requirements for conductivity, thermal management, electromagnetic compatibility (EMI/EMC), and durability. In this context, traditional metallic conductive solutions are gradually being replaced by more hybrid and functional material systems.

While copper and silver-based conductors have traditionally dominated automotive electronics, cost optimization pressures and sustainability concerns are now driving the increased use of silver-coated copper, carbon-based composites, and conductive polymers. In particular, fluctuations in silver prices have pushed manufacturers toward alternatives that offer comparable performance at lower cost. At this point, graphite, carbon nanotube, and graphene-reinforced composites provide significant advantages in both lightweighting and electrical conductivity. In addition, conductive polymer systems offer lower density and greater design flexibility compared to metal-based solutions, especially in flexible electronics and EMI shielding applications.



On the coating technology side, the most significant transformation is that coatings are no longer merely corrosion-protection barriers but have become multifunctional engineering layers. As the density of electronic control units in electric vehicles increases, electromagnetic interference becomes a critical challenge. Therefore, conductive polymer coatings, graphene-enhanced surfaces, and carbon nanostructured films are increasingly used for EMI/EMC shielding. At the same time, these coatings contribute to vehicle lightweighting, thereby improving overall energy efficiency.

Thermal management has also become one of the most critical design parameters in EV systems. Heat generated in battery packs, inverters, and power electronics modules directly affects performance degradation and safety risks. For this reason, ceramic-filled thermal conductive coatings and high-performance thermal interface materials (TIMs) are becoming more widespread. These systems simultaneously provide electrical insulation and high thermal conductivity, delivering a dual-function solution. At the PCB level, conformal coatings with UV-curable and low-VOC properties are improving environmental compliance while protecting increasingly miniaturized and sensitive electronic structures.

In conclusion, the overall trend in EV automotive electronics is a shift away from single-function metallic solutions toward

Kaplama teknolojileri tarafında ise en büyük dönüşüm, kaplamaların artık yalnızca korozyon koruyucu bir bariyer olmaktan çıkıp çok fonksiyonlu mühendislik katmanlarına dönüşmesidir. Elektrikli araçlarda elektronik kontrol ünitelerinin yoğunluğu arttıkça elektromanyetik girişim riski kritik bir konu haline gelmiştir. Bu nedenle iletken polimer kaplamalar, grafen takviyeli yüzeyler ve karbon nano-yapılı filmler EMI/EMC koruması için giderek daha fazla kullanılmaktadır. Aynı zamanda bu kaplamalar hafiflik avantajı sağladığı için araç toplam ağırlığını azaltarak enerji verimliliğine katkıda bulunmaktadır.

Bunun yanında termal yönetim, EV sistemlerinin en kritik tasarım parametrelerinden biri haline gelmiştir. Batarya paketleri, inverterler ve güç elektroniği modüllerinde oluşan ısı, performans kaybı ve güvenlik riskleri açısından doğrudan belirleyicidir. Bu nedenle seramik dolgulu termal iletken kaplamalar ve yüksek performanslı ara yüz (TIM) kaplamaları yaygınlaşmaktadır. Bu sistemler aynı anda hem elektriksel yalıtım hem de yüksek ısı transferi sağlayarak çift fonksiyonlu bir çözüm sunmaktadır. PCB seviyesinde ise konformal kaplamalar, UV kürlenebilir düşük VOC yapılarıyla hem çevresel uyumluluğu artırmakta hem de miniaturizasyon nedeniyle oluşan hassas elektronik yapıları korumaktadır.

KOROZYON KORUMADA

HEDEFLERİNİZİ BİZİMLE ARTTIRIN



Üst düzey korozyon koruması için işlem kimyasalları ve uygulamaları
Bağlantı elemanları işlevselleştirilmesi
Uygulama teknolojileri

📍 **Hillebrand Chemicals** Kimyasal Pazarlama Ltd. Şti.
Ziya Gökalp Mah. İkitelli OSB
Metal-İş San. Sit. 9.Blok No: 23
34490 Başakşehir / İstanbul

☎ +90 (212) 549 69 17

☎ +90 (212) 549 69 27

✉ bilgi@hillebrand-chemicals.com.tr

İzzet AYDIN / Genel Müdür

☎ +90 (541) 715 48 33

✉ izzet.aydin@hillebrand-chemicals.de

multilayered, nano-structured, and functional coating systems. In the future, conductive materials and coatings will not only serve as electrical pathways but will also function as integrated engineering platforms that simultaneously address thermal management, EMI shielding, mechanical durability, and sustainability requirements.

Printed circuit boards (PCBs) used in electric vehicles are critical components that require high reliability, long service life, and electrical stability from the perspective of coating and surface technologies. In these systems, surface finishes not only protect conductive paths but also improve solderability, prevent corrosion, and optimize electrical contact resistance. Nickel-gold based coatings such as ENIG (Electroless Nickel Immersion Gold) are widely preferred, especially in power electronics applications, due to their high durability and low contact resistance, whereas organic protective films such as OSP offer more cost-effective solutions but have more limited environmental resistance. In addition, immersion tin and silver coatings provide good solderability; however, they must be used with caution in EV systems due to risks such as electromigration.

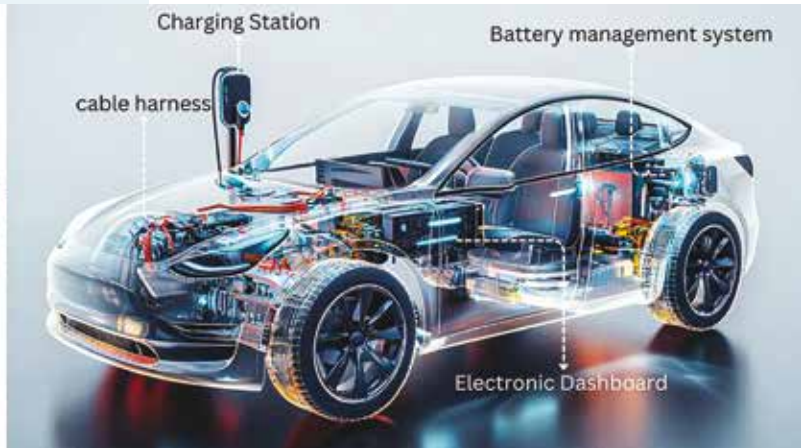


Conformal coatings applied on PCB surfaces also play a critical role. These thin films—based on acrylic, silicone, polyurethane, or epoxy—provide protection against moisture, dust, and chemical exposure, thereby preventing surface leakage currents and enhancing high-voltage safety, particularly in inverters and battery management systems. With the increasing electronic density in electric vehicles, EMI/EMC protection has also become essential. Conductive polymers, graphene-enhanced thin films, and metal-based shielding layers are used to reduce electromagnetic interference. Furthermore, the need for thermal management is driving the development of coating technologies; ceramic-filled thermally conductive coatings and thermal interface materials (TIMs) efficiently dissipate heat generated by power semiconductors, improving overall system safety.

In conclusion, surface coating technologies in EV PCBs have evolved from being merely protective layers into multifunctional engineering solutions that simultaneously optimize electrical performance, thermal control, and electromagnetic compatibility.

Sonuç olarak EV otomotiv elektroniğinde genel eğilim, tek fonksiyonlu metalik çözümlerden uzaklaşıp çok katmanlı, nano-yapılı ve fonksiyonel kaplama sistemlerine yönelim şeklindedir. Gelecekte iletken malzemeler ve kaplamalar yalnızca elektriksel iletkenlik sağlayan yapılar değil; aynı zamanda termal yönetim, EMI koruma, mekanik dayanım ve sürdürülebilirlik hedeflerini aynı anda karşılayan entegre mühendislik platformları olarak konumlanacaktır.

Elektrikli araçlarda kullanılan baskı devre kartları (PCB'ler), kaplama ve yüzey teknolojileri açısından yüksek güvenilirlik, uzun ömür ve elektriksel kararlılık gerektiren kritik bileşenlerdir. Bu sistemlerde yüzey kaplamaları yalnızca iletken yolları korumakla kalmaz, aynı zamanda lehimlenebilirliği artırır, korozyonu önler ve elektriksel temas direncini optimize eder. ENIG (Electroless Nickel Immersion Gold) gibi nikel-altın bazlı kaplamalar yüksek dayanım ve düşük temas direnci sağladığı için özellikle güç elektroniği uygulamalarında yaygın olarak tercih edilirken, OSP gibi organik koruyucu filmler daha ekonomik çözümler sunmakla birlikte çevresel dayanım açısından daha sınırlıdır. Buna ek olarak, immersion



tin ve gümüş kaplamalar iyi lehimlenebilirlik sağlasa da elektromigrasyon gibi riskler nedeniyle EV sistemlerinde dikkatli kullanılmaktadır. PCB yüzeylerinde konformal kaplamalar da kritik bir rol oynar; akrilik, silikon, poliüretan ve epoksi bazlı bu ince filmler, nem, toz ve kimyasal etkilere karşı koruma sağlayarak özellikle inverter ve batarya yönetim sistemlerinde yüzey kaçaklarını önler ve yüksek voltaj güvenliğini artırır. Elektrikli araçlarda artan elektronik yoğunluk nedeniyle EMI/EMC koruması da önemli hale gelmiş olup, iletken polimerler, grafen katkılı ince filmler ve metal bazlı koruyucu katmanlar elektromanyetik girişimi azaltmak için kullanılmaktadır. Bunun yanında termal yönetim ihtiyacı da kaplama teknolojilerinin gelişimini yönlendirmektedir; seramik dolgulu termal iletken kaplamalar ve termal ara yüz malzemeleri (TIM), güç yarı iletkenlerinden kaynaklanan ısıyı etkin şekilde dağıtılmasını sağlayarak sistem güvenliğini artırmaktadır. Sonuç olarak EV PCB'lerde yüzey kaplama teknolojileri, sadece koruyucu bir katman olmaktan çıkmış, aynı zamanda elektriksel performans, termal kontrol ve elektromanyetik uyumluluğu aynı anda optimize eden çok fonksiyonlu mühendislik çözümlerine dönüşmüştür.

Elektrokaplama Tekniğinin Anahtar Rolü

Electroplating Technology and Its Key Role

İzzet AYDIN

Hillebrand Chemicals Kimyasal Pazarlama Ltd. Şti. - Genel Müdür
Hillebrand Chemicals Chemical Marketing Ltd. Co. - General Manager

Galvanizleme tekniği, geçtiğimiz birkaç on yıl içinde ciddi deneysel kaplama tekniğinden bilimsel esaslı bir teknolojiye doğru gelişme göstermiştir. Kaplama metotları, katmanların tipi, bileşimi ve özelliklerinin dikkate alınmasıyla sistematik olarak geliştirilmiş olup belirli proses parametrelerine (örneğin birikim hızı, elektrolitlerin etki derecesi ve dağılım miktarı) özellikle dikkat edilmiştir. Bu metodun yardımıyla saf metal ve alaşım tabakalarının neredeyse istenilen kalınlıkta ayrılması mümkündür. Bu tür metalik tabakaların özellikleri esasen, metalürjik olarak üretilen metallerden ve alaşımlardan farklıdır. Bunun sebepleri, bu tür metal tabakalarının mikroskobik ya da submikroskobik yapısında aranmalıdır. Vickers-mikro-sertliği örneğinde bu olgu açık bir şekilde görülmektedir. Tablo 1'deki bilgilerden, galvanizleme tekniği ile üretilen metal tabakalarının metalürjik yolla kazanılan metallerden daha sert olduğu görülmektedir.

Galvanizleme tekniği, dönüşümlü tabakalarının üretilmesini sağlar, bileşim sistemlerinin metal ve metalik olmayan tortulardan (dispersiyon tabakaları) ayrılmasını, kısmi tabakaların (selektif metal ayrılması) gerçekleştirilmesini, hasarlı kaplamaların tamir edilmesini (parça geri dönüşümü) ve parçaların komplike şekillendirilmiş yüzey profillerinden hazırlanmasını (Galvaniz şekillendirme) sağlar. Bu imkânların çokluğundan dolayı tablo 2'de birkaç örnek gösterilmiştir.

Electroplating technology has evolved over the past several decades from a largely experimental coating technique into a scientifically based technology. Coating methods have been systematically developed by taking into account the type, composition, and properties of the deposited layers, with particular attention paid to specific process parameters such as deposition rate, electrolyte activity, and distribution characteristics. With the aid of this method, it is possible to deposit pure metal and alloy layers at almost any desired thickness. The properties of such metallic layers differ significantly from those of metals and alloys produced through conventional metallurgical processes. The reasons for these differences can be found in the microscopic or submicroscopic structure of these deposited metal layers. This phenomenon can be clearly observed in the example of Vickers microhardness. As shown in Table 1, metal layers produced by electroplating technology exhibit greater hardness than metals obtained through metallurgical methods.

Electroplating technology enables the production of multilayer coatings, the deposition of composite systems containing metallic and non-metallic particles (dispersion coatings), the formation of partial coatings through selective metal deposition, the repair of damaged coatings (component refurbishment), and the production of parts with complex surface profiles through electroforming. Owing to the wide range of these possibilities, several examples are presented in Table 2.



Tablo 1: Vickers-Mikro-Sertlik HV farklı metaller

Table 1: Vickers Microhardness (HV) of Different Metals

Üretim Metotları / Production Methods			
Metal		Metalurjik Metallurgical	Galvanizleme tekniği Electroplating technology
Kadmiyum	Cadmium	30	50
Krom	Chromium	350	1000
Kobalt	Cobalt	200	500
Bakır	Copper	50	150
Nikel	Nickel	150	500
Çinko	Zinc	30	130
Kalay	Tin	10	10

Tablo 2: Galvanizleme tekniği ile üretilmiş koruyucu tabaka ve kaplamalar

Table 2: Produced by Electroplating Technology

Kaplama tipi Coating type	Örnek Sample	Sample
Metal kaplamalar Metal coatings	Krom, sert krom	Chrome / Chromium coating
	Değerli metaller (altın, platin, paladyum, rodyum, gümüş)	Precious metals (gold, platinum, palladium, rhodium, silver)
	Bakır	Copper
	Nikel	Nickel
	Çinko	Zinc
	Kalay	Tin
Katman kombinasyonları Combinations of layers	Bakır-Nikel	Copper-Nickel
	Bakır-Nikel-Krom	Copper-Nickel-Chromium
Alaşım tabakaları Alloy layers	Altın-Bakır-Kadmiyum	Gold-Copper-Cadmium
	Bakır-Nikel-Krom	Copper-Nickel-Chromium
	Nikel-Kadmiyum, Nikel-Kobalt, Nikel-Fosfor	Nickel-Cadmium, Nickel-Cobalt, Nickel-Phosphorus
	Çinko-Kobalt, Çinko-Demir, Çinko-Nikel	Zinc-Cobalt, Zinc-Iron, Zinc-Nickel
	Kalay-Kurşun, Kalay-Kobalt	Tin-lead, Tin-cobalt
Dispersiyon tabakaları Dispersion layers	Krom+Alüminyum oksit	Chromium + Aluminum oxide
	Kobalt+Krom karbür, Kobalt + Krom oksit	Cobalt + Chromium carbide, Cobalt + Chromium oxide
	(Nikel-Fosfor) + SiC, (Nikel-Fosfor)+Teflon	(Nickel-Phosphorus) + SiC, (Nickel-Phosphorus)+Teflon
Dönüşümlü tabakalar Alternating layers	Browning/kahverengileştirme	Browning
	Kromatlama	Chromating
	Fosfatlama	Phosphating
Anodlama tabakaları Anodized layers	Alüminyumun eloksilenmesi	Anodizing of aluminum
	Magnezyumun anotlanması	Anodizing of magnesium
	Titanın anodlanması	Anodizing of titanium
Galvaniz şekillendirme Galvanizing forming	Demir	Iron
	Bakır	Copper
	Nikel, Nikel-Kobalt	Nickel, Nickel-Cobalt

1.1 Metalik Tabakalar

Aşağıdaki uygulamalar, Tablo 2’de belirtilmiş olan metalik tabakaların ve kaplamaların ve uygulama alanlarının spesifik özellikleri ile ilgilidir.

1.1.1 Krom Tabakaları

Galvanik olarak ayrılmış olan krom tabakaları, yüksek kararma direnci, sertlik ve aşınma mukavemeti ve de düşük sürtünme sayısı ve asgari yapışma eğilimi ile diğerlerinden ayrılırlar. 0,2 ile 0,6 µm arasındaki kalınlıklarla ve parlak gümüş ve mat arasındaki renk tonlarıyla dekoratif amaçlı kullanılmaları mümkündür. Böylelikle özel

1.1 Metallic Coatings

The following applications relate to the specific properties of the metallic coatings and platings specified in Table 2, as well as their fields of application.

1.1.1 Chromium Coatings

Electrolytically deposited chromium coatings are distinguished by high tarnish resistance, hardness, and wear resistance, as well as a low coefficient of friction and minimal tendency to adhesion.

With thicknesses between 0.2 and 0.6 μm and color tones ranging between bright silver and matte, they can be used for decorative purposes. In this way, special design effects can be achieved. In addition to bluish-white chromium, black chromium coatings with thicknesses between 0.5 and 2 μm are used for optical devices and cameras. Hard chromium refers to chromium coatings applied to components with thicknesses ranging from 10 to 500 μm depending on requirements. The use of hard-chromed cylinders, valves, and piston rods in diesel locomotives has made it possible to extend general maintenance intervals from 10,000 kilometers to over 1 million kilometers. Hard-chromed parts are used in mining, the aerospace industry, hydraulic and forming technology, as well as in the production of medical and surgical instruments.

1.1.2 Precious Metal Coatings

Even extremely thin layers of precious metals produce a significant effect. The electrolytic deposition of precious metals therefore plays an important role in electrical engineering/electronics, optics, aerospace applications, and chemical apparatus construction. In special cases, partial or localized coating is permitted, for example in electronic contacts or segmented strips. Silver-plated high-frequency conductors produced by electroplating serve the same purpose as solid silver conductors. The process of precious metal deposition enables the production of gold alloys with different properties and specific technological characteristics. Such gold coatings are highly effective wherever there is a risk of metal allergies. Their excellent corrosion protection capability is self-evident. Palladium coatings are used not only for decorative purposes but especially due to their sliding properties and high hardness in contact components and plug-in connections.

1.1.3 Nickel Coatings

Nickel coatings are widely used for decorative corrosion protection. Accordingly, fittings, vehicle components, and lighting elements are—among other examples—coated with a protective nickel layer. Nickel plating of plastic parts combines a metallic appearance, high reflectivity, and low weight in a practical way. In electroforming, nickel layers also play an important role due to their hardness, providing wear resistance and corrosion resistance.

1.1.4 Zinc Coatings

In the automotive industry, corrosion protection of structural components is of major importance. For this reason, such parts are galvanized. Subsequent passivation and sealing in special organic or inorganic solutions further enhance the protective effect of zinc coatings. This effective corrosion protection has led to an increasing use of zinc-plated and additionally treated components in motor vehicles. Visually appealing passivation layers often eliminate the need for painting steel structural parts.

1.2 Layer Combinations

Layer systems consisting of copper, nickel, and chromium (applied in the specified order on metal or plastic substrates) have proven themselves as decorative protective surfaces and initially enabled aesthetic automotive design. In addition, such coating combinations protect metallic components against corrosion and wear and impart properties to plastics that they otherwise only possess to a

tasarım etkileri gerçekleştirilebilir. Mavimsi beyaz kromun yanı sıra 0,5 ile 2 μm arasında kalınlıkları olan siyah krom tabakaları da optik cihazlar ve kameralar için kullanılır. Sert krom ile ihtiyaca göre 10 ile 500 μm arasındaki bir kalınlıkta yapı parçasına uygulanan krom kaplaması kastedilmiştir. Dizel lokomotiflerin sert kromlaştırılmış silindirlerin, valflerin ve piston çubuklarının kullanımıyla genel bakım aralıklarının 10.000 kilometreden 1 milyon kilometre üzerine çıkarılması mümkün olmuştur. Sert kromlaştırılmış parçalar, madencilikte, uçak sanayinde, hidrolik ve şekillendirme tekniğinde ve de tıbbi ve cerrahi enstrümanların üretiminde kullanılır.

1.1.2 Değerli Metal Tabakalar

Değerli metallerin çok ince tabakaları bile büyük bir etki göstermektedir. Değerli metallerin galvanik olarak ayrılması bu nedenle elektroteknikte/elektronikte, optik, hava ve uzay yolculuğunda ve de kimyasal aparat yapımında önemli bir rol oynamaktadır. Özel durumlarda kısmi sınırlandırılmış kaplamaya izin verir, örneğin elektronik kontaklar veya kesilmiş bantlarda. Masif gümüş iletkenler ile aynı amaca hizmet eden galvanizleme ile gümüş kaplanmış yüksek frekanslı iletkenler buna başka bir örnektir. Değerli metal ayırma işlemi, farklı değerlerdeki altın alaşımlarının özel teknolojik özelliklerle üretilmesini sağlar. Bu tür altın kaplamalar, metal alerji tehlikesinin olduğu her yerde çok iyi iş görür. Bunların çok iyi korozyon koruması sağladığına dair başkaca açıklamaya gerek yoktur. Paladyum tabakaları sadece dekoratif amaçlı değil, aksine özellikle kayganlık özelliklerinden ve yüksek sertliklerinden dolayı kontak yapı elemanlarının ve geçmeli bağlantılar için kullanılır.

1.1.3 Nikel Tabaka

Nikel kaplamalar büyük oranda dekoratif amaçlı korozyon korumalarında kullanılmaktadır. Böylelikle armatürler, araçların ve ışıklandırma elemanlarının parçaları – birkaç örnek – nikel koruyucu tabaka ile kaplanır. Plastik parçaların nikel ile kaplanması ile metalik görünüm, yüksek refleksiyon yapısı ve asgari ağırlık birbiri ile mantıklı şekilde birleştirilmiş olunur. Galvanik şekillendirmede de nikel tabakalar sertlikleri nedeniyle aşınma mukavemeti ve korozyon mukavemetinde önemli bir rol oynar.

1.1.4 Çinko Kaplama

Otomobil sanayinde taşıyıcı parçaların korozyondan korunması çok önemli bir konudur. Bu parçaların yüzeyleri bu nedenle galvanizlenir. Sonrasında gerçekleştirilen pasifleştirme ve özel organik veya inorganik çözeltilerde sızdırmaz hale getirilmesi, çinko kaplamanın koruyucu etkisini artırır. Bu şekilde elde edilmiş olan etkili korozyon koruması, galvanik yolla çinko kaplanmış ve ek işleme tabi tutulmuş parçaların motorlu araçlarda gittikçe daha fazla sayıda kullanılmasını sağlamıştır. Optik olarak güzel görünen pasifleştirme tabakaları, çelik yapı parçalarının boyama işlemini genellikle gereksiz kılar.

1.2 Tabaka Kombinasyonları

Bakır, nikel ve kromdan oluşan tabaka sistemleri (belirtilen sıralamada metal veya plastik maddelerden ayrılır), dekoratif yüzey koruyucu olarak kendini kanıtlamıştır ve otomobillerde estetik tasarımı ilk olarak mümkün kılmıştır. Bunun dışında böyle bir tabaka kombinasyonu aynı zamanda metalik yapı parçasını korozyona ve aşınmaya karşı korur ve plastik maddeye, sadece sınırlı bir kapsamda sahip olmadığı özellikler verir. Buna dahil olanlar: çizilmeye karşı mukavemet, sertlik, esnemezlilik/katılık, ısı mukavemeti, elektrik ileten yüzey

ve dekoratif görünüm. Ayrıca galvanizlenmiş plastik maddelerin kullanılmasıyla otomobil üretimindeki ağırlıkta ciddi derecede bir azalma sağlanmıştır. Bu bağlamda özellikle belirtilmesi gereken nokta, elektrik ve elektronik yapı elemanlarının ve makinelerinin, plastik muhafazanın galvanizlenmesi ile elektromanyetik dalgaların (elektromog) alınması ve verilmesine karşı perdeleme (shielding) imkanına sahip olduğudur.

1.3 Alaşım Tabakaları

Çoğunlukla yüzeylerde, saf bir metal tabakasının tek başına gerçekleştirmesi mümkün olmayan gereklilikler söz konusu olur. Bu gibi durumlarda yüzeyler alaşım tabakaları ile kaplanır. Altın-bakır-kadmiyum alaşım tabakaları, mükemmel korozyon mukavemetleri ile kendilerini ortaya koyarlar. Nikel-kobalt tabakaları, yüksek mukavemetleri nedeniyle hedef çaprazlarının ve dürbünlerin üretilmesinde galvanik şekillendirmede kullanılırlar. %8-15 arasında fosfor muhteviyatlı kimyasal olarak ayrılmış nikel-fosfor alaşım tabakaları ile (kimyasal nikel olarak da adlandırılır) kesin konturlu ve düz paralel tabakalar elde edilir ve bunlar yüksek korozyon ve aşınma mukavemetine sahip olup çok iyi lehimlenir ya da kaynaklanabilir. Çinko-kobalt tabakalar dekoratif amaçlı kullanılır. Çinko-kobalt, çinko-demir ve çinko-nikel tabakalar, korozyona karşı mükemmel koruyucu etki ile kendilerini ortaya koyarlar ve gittikçe artan bir şekilde otomobil sanayinde korozyondan koruyucu tabaka olarak kullanılmaya başlanmıştır.



1.4 Dispersiyon Tabakaları

Bu metal ve katı madde partiküllerinden oluşan koruyucu tabakalar, sahip oldukları mükemmel aşınma ve zorlu şartlarda özelliğini koruma özelliği ile kendilerini ortaya koyarlar. %8–10 vol. silisyum karbürü nikel tabakalar, motorların kullanım ömrünün uzatılması için kullanılırlar (örneğin ağaç testerelerinde). Aynı zamanda yanmalı motorların hafif metal silindirlerinin iç kaplamasında da kullanılırlar; fakat son zamanlarda başka tabaka sistemleri bunların yerini almıştır. Kobalt-krom karbürü dispersiyon tabakaları, 800 °C'a kadar daimi bir zorlanmaya maruz kalan uçak türbinlerinin aşınma parçalarının kaplanması için kullanılır. Al₂O₃ içeren krom tabakaları,

limited extent. These include scratch resistance, hardness, rigidity, heat resistance, electrically conductive surfaces, and decorative appearance. Furthermore, the use of metallized plastics has significantly reduced vehicle weight in automotive manufacturing. It should also be noted that electrical and electronic components, when plastic housings are metallized, gain shielding capability against electromagnetic waves (electrosmog), both in terms of emission and reception.

1.3 Alloy Coatings

In many cases, surface requirements arise that cannot be fulfilled by a single pure metal layer alone. In such cases, surfaces are coated with alloy layers. Gold-copper-cadmium alloy coatings exhibit excellent corrosion resistance. Nickel-cobalt coatings are used in electroforming due to their high strength, for example in the production of sighting devices and binoculars. Chemically deposited nickel-phosphorus alloy coatings with a phosphorus content of 8–15% (also known as electroless nickel) provide precisely contoured and uniformly thick layers with high corrosion and wear resistance and very good solderability or weldability. Zinc-cobalt coatings are used for decorative purposes. Zinc-cobalt, zinc-iron, and zinc-nickel coatings exhibit excellent corrosion protection properties and are increasingly used in the automotive industry as protective coatings.

1.4 Dispersion Coatings

These protective coatings, consisting of metal and solid particle dispersions, are characterized by excellent wear resistance and performance under severe operating conditions. Nickel coatings containing 8–10 vol.% silicon carbide are used to extend the service life of engines (e.g., in wood saws). They are also used in the inner coating of lightweight metal cylinders in internal combustion engines; however, these have recently been replaced by other coating systems. Cobalt-chromium carbide dispersion coatings are used to protect wear components of aircraft turbines subjected to continuous stress up to 800 °C. Chromium coatings containing

Al_2O_3 are used in the production of piston rings for diesel engines. Single-crystal diamonds embedded in nickel electrolytically are used as cutting edges in tools such as band saws, grinding wheels, or dental drills.

1.5 Conversion Coatings

Conversion coatings formed on the surface as a result of chemical reaction with a special solution (such as chromate layers) increase the corrosion resistance of components. This is particularly relevant for zinc and its alloys. Very thin chromate layers can be transparent or appear blue, yellow, or black, thus serving decorative purposes as well. They also provide an excellent adhesion base for organic coatings and are highly paintable. In this way, the optical properties of individual structural groups can be more effectively designed. In aluminum and its alloys, special chromating-phosphating combinations are used.

1.6 Anodized Coatings

The wear resistance and corrosion resistance of aluminum and its alloys are significantly improved by anodic oxidation of the surface (anodizing). The resulting anodized layers, with thicknesses of 5–25 μm (aluminum electrolytic oxidation), are highly suitable for painting. Color particles penetrating the pores of the anodized layer can produce durable colors ranging from dark brown to black on aluminum surfaces. The same effect can be achieved by processing aluminum parts in self-coloring anodizing electrolytes or by metal particles deposited in the pores of the anodized layer. Applications of anodized parts include the construction industry, aerospace, electronics and computer industry, optics, and medical engineering.

1.7 Electroforming

Metal parts with complex shapes and surface structures can be produced using a special technique known as electroforming. Dimensions range from tools for micro-precision components (e.g., watch bezels) to large automotive and aircraft parts, and even rocket combustion chambers with cooling channels. Models made of wax, plaster, plastic, or metal are used as negative forms of the part and are coated electrolytically with a sufficiently thick metal layer. The electrolyte used must have good throwing power so that metal can be deposited uniformly in all depths and corners. In this way, a complete replica of the surface is produced. The electroformed part is then separated from the model and further processed. Other application areas of electroforming include mechanical engineering, the printing industry, and dental technology.

Applications

The applications described so far demonstrate that electroplating technology facilitates a wide range of manufacturing methods and, in some cases, makes them possible in the first place. Coatings produced by electroplating are characterized by properties tailored to their intended use, fulfilling different technical or aesthetic requirements. In this way, the service life and maintenance intervals of components, machines, and equipment are significantly extended. Table 3 provides data on hardness, wear, and friction coefficients of various galvanically or chemically deposited coatings, which clearly demonstrates this.

dizel motorlarının piston halkalarının üretiminde kullanılır. Elektrolit olarak nikel gömülmüş olan tek kristalli elmaslar, şerit testere, taşlama diski veya dişçi matkabı gibi aletlerin kesme kenarı olarak işlem görürler.

1.5 Dönüşümlü Tabakalar

Özel çözelti ile tabakanın kimyasal reaksiyonu sonucunda yüzeyde oluşan dönüşümlü tabakalar (örnek olarak kromat tabakalarının sayıldığı), yapı parçasının korozyon mukavemetini yükseltir. Bu imkân özellikle çinko ve alaşımlarından olan tabakalarda söz konusudur. Çok ince kaplama tabakasında oluşan kromat tabakalar transparan veya mavi, sarı ve siyah olabilir ve böylelikle farklı dekoratif amaçları ifa ederler. Bunlar aynı zamanda organik tabakalar için mükemmel bir yapışma zemini sağlarlar ve yine çok iyi boyanırlar. Böylelikle tekil yapı gruplarının optik özellikleri daha etkili şekilde yapılandırılır. Alüminyum ve alaşımlarında özel kromatlama-fosfatlama karışımları kullanılır.

1.6 Anotlama Tabakaları

Alüminyum ve alaşımlarından olan parçaların aşınma mukavemeti ve korozyon mukavemeti, yüzeyin anodik oksidasyonu ile (eloksallama) ciddi şekilde iyileştirilir. Burada ortaya çıkan 5–25 μm arasında kalınlığa sahip eloksallama tabakaları (alüminyum elektrolit oksidasyon), boyama için çok uygundur. Eloksallama tabakanın gözeneklerinin içine nüfuz eden renk partikülleri, alüminyum yüzeylerde solmayan koyu kahverengiden siyaha kadar renklere sebebiyet verebilirler. Aynı etki, alüminyum parçaların kendiliğinden renklenerek anotlama elektrolitleri içinde işlenmesi veya elektrolit olarak anotlama tabakasının gözeneklerinde biriken metal partiküllerle işlenmesi ile de elde edilebilir. Eloksallama kaplanmış parçaların kullanım alanları şunlardır: yapı sanayi, hava ve uzay yolculuğu, elektronik sanayi ve bilgisayar sanayi, optik ve tıp tekniği.

1.7 Galvanik Şekillendirme

Komplike şekilli ve yüzey yapılarına sahip metal parçalar, galvanik şekillendirme olarak bilinen özel bir teknik yardımıyla üretilirler. Boyutlar, mikro-hassas parçaların üretilmesi için olan aletlerden (örneğin kol saatlerinin kenarları) geniş yüzeyli otomobil ve uçak parçalarından soğutma kanallı roket yanma hücresine kadar uzanmaktadır. Bunun için vaks, alçı, plastikten veya metalden modeller, parçanın negatifleri olarak kullanılırlar ve yeterli kalınlıkta metal tabaka ile galvanik olarak kaplanırlar. Kullanılan elektrolitin iyi bir dağılım özelliğine sahip olması gerekmektedir, böylelikle metal tüm derinliklerinde ve köşelerinde ayrılabilir. Böylelikle yüzeyin tam bir kalıbı hazırlanır. Sonrasında galvanik olarak şekillenen parça, modelden ayrılır ve işleme tabi tutulur. Galvanik şekillendirmenin diğer kullanım alanları, makine mühendisliği, grafiksel sanayi ve diş tekniğidir.

Kullanım Alanları

Şu ana kadarki uygulamalar, galvanik tekniğinin bir dizi üretim metodunu kolaylaştırdığını, hatta ilk olarak imkân verdiğini göstermiştir. Galvanik tekniği ile üretilmiş tabakalar ve kaplamalar, kullanım amaçlarına uygun olarak belirli özelliklere sahip olup farklı gereklilikleri estetiksel veya teknik şekillerde yerine getirirler. Böylelikle yapı parçalarının, makinelerin ve tertibatların kullanım ömrü ve bakım aralıkları kat kat uzatılır. Tablo 3'te bazı galvanik veya kimyasal ayrılmış tabakalarla ilgili olarak verilen sertlik, aşınma ve sürtünme katsayısı ile ilgili bilgiler bunu belgelendirmektedir.

Tablo 3: Galvanik ya da kimyasal olarak ayrılmış tabakaların sertlik, aşınma direnci ve sürtünme katsayısı

Tabaka	Bırakım hızı [µm/min]	Sertlik HV	Aşınma [mg * 10 ⁻³]	Sürtünme katsayısı
Sert krom	0,6 – 0,8	800 – 1100	0,9	0,15 – 0,18
Nikel 1)	1 – 10	200 – 450	4 – 5	0,4 – 0,6
Ni (PTFE)	1 – 2	300	4 – 5	0,15 – 0,3
Ni (SiC)	2 – 5	400 – 500	0,4 – 0,6	0,5 – 0,7
Nikel 2)	0,3	400 – 700	2 – 4	0,3 – 0,4
NiP (PTFE)	0,05 – 0,8	300 – 700	0,7 – 3	0,1 – 0,2
NiP (SiC)	<0,3	500 - >1000	0,2 – 0,4	0,5 – 0,7
Ni-Co-P (CFx)	1 – 2	700 – 1200	2 – 3	0,1 – 0,15

1. Galvanik olarak ayırma
2. Kimyasal olarak ayırma
3. Taber Abraser ile tayin edildi

Tablo 4'te galvanik tekniği ile üretilmiş tabakaların önemli özellikleri gösterilmiş olup farklı sanayi dallarında pratik uygulamalar için örnekler göstermektedir.

Table 3: Hardness, wear resistance, and coefficient of friction of electrochemically or chemically deposited coatings

1. Electrochemical deposition
2. Chemical deposition
3. Determined using a Taber Abraser

Table 4 shows the key properties of coatings produced by electroplating technology and provides examples of practical applications in different industrial sectors.

Tabaka Özellikleri Layer Properties	Uygulama Amacı Application Purpose	Örnek Example
Optik Özellikler / Optical Properties		
Renk Color	Estetik görünüm: Dekoratif Aesthetic appearance: Decorative	Messing işlemine tabi tutulmuş mobilya donanımları ve ışıklar Furniture fittings and lighting fixtures treated with brass finishing
Parlaklık Gloss	Görünüm/Refleksiyon yapısı Appearance / Reflectivity structure	Kromlanmış armatürler, gümüş kaplanmış ayna Chromium-plated fixtures, silver-plated mirror
Fiziksel Özellikler / Physical Properties		
Elektriksel iletkenlik Electrical conductivity	Elektrik akımının yüzeyde iletimi Surface conduction of electric current	Baskılı devrelerde bakır-iletken hatlar Copper conductive tracks in printed circuit boards
Termik iletkenlik Thermal conductivity	Yüzeyde iyileştirilmiş ısı transferi Improved heat transfer at the surface	Elektrikli ocak için olan tencereler için bakır kaplı tabanlar Copper-clad bases for cookware used on electric stoves
Manyetik iletkenlik Magnetic permeability	Yüksek koersivite kuvveti High coercivity	Manyetik aynalarda kobalt-nikel alaşımlar Cobalt-nickel alloys in magnetic mirrors
Kimyasal Özellikler / Chemical Properties		
Kimyasal mukavemet Chemical resistance	Kimyasallara karşı koruma Resistance to chemicals	Baskılı devrelerde aşınmaya karşı koruyucu olarak kurşun-kalay-tabakalar Lead-tin coatings used as wear protection in printed circuit boards
Korozyon mukavemeti Corrosion resistance	Korozyon saldırılarına karşı koruma Protection against corrosive attack	Çelik yapı parçalarında çinko ve çinko alaşımlar Zinc and zinc alloys in steel structural components

Tabaka Özellikleri Layer Properties	Uygulama Amacı Application Purpose	Örnek Example
Mekanik Özellikler / Mechanical Properties		
Süneklik Ductility	Plastik deformasyonun iyileştirilmesi Improvement of plastic deformation	Çok katmanlı iletken plakalarda bakır kaplanmış matkap dikleri Copper-plated drill lands in multilayer conductive boards
Sertlik Hardness	Yapışkan aşınmanın iyileştirilmesi Improvement of adhesive wear resistance	Madencilik sanayinde nikel-fosfor-tabakalar Nickel-phosphorus coatings in the mining industry
Fiziksel Özellikler / Physical Properties		
Kayganlık kabiliyeti Lubricity	Kuru kayganlık özelliklerinin iyileştirilmesi Improvement of dry lubricity properties	Kayıcı yatak için kurşun-kalay-bakır-tabakalar Copper conductive tracks in printed circuit boards
Yapışkanlık kabiliyeti Adhesion capability	Yapışkanlığın iyileştirilmesi Improvement of adhesion	Topuk telinde messing kaplama Brass plating on heel wire
Lehimlenebilirlik Solderability	Agresif akı/fluks olmadan lehimleme Soldering without aggressive flux	Baskılı devrelerde iletken hatlarda kalay-kurşun-tabakalar Tin-lead coatings on conductive tracks in printed circuit boards
Yağlama kabiliyeti Lubricating ability	Deformasyonun iyileştirilmesi Improvement of deformation behavior	Tel çekmede bakır kaplama Copper coating in wire drawing
Aşınma mukavemeti Wear resistance	Kullanım süresinin uzatılması Extension of service life	Sert kromlanmış alet Hard-chromed tool

The examples in Table 4 have demonstrated that, through electroplating methods, the specific properties of a material can be effectively combined with a suitable coating layer, thereby enabling a purposeful distribution of functions between the individual components of the composite system (substrate/coating). For instance, when the base material must fulfill the mechanical requirements expected of the structural component due to its inherent mechanical properties, the coating provides sufficient corrosion resistance, hardness, wear resistance, and the desired surface gloss. Thus, a distinction can be made between the functional and decorative roles of coatings. In this context, functional or decorative electroplating techniques are generally referred to. The objective of functional electroplating is to produce coatings with corrosion and wear resistance, or to provide suitable lubricity, resistance under severe operating conditions, or good soldering or welding properties. In such cases, appearance is of secondary importance, as these coatings may be subjected to additional mechanical processing under certain conditions. In decorative surface finishing, however, the aesthetic appearance of the surface is of primary importance. A strong adhesion of the coating to the base material is required. Due to the continuously increasing demands of technologically advanced modern industrial society and the constantly changing awareness of fashion trends, a strict separation between functional and decorative electroplating may in some areas no longer be appropriate. Ultimately, however, what is decisive is that, while considering economic and ecological aspects, the properties of the component and the coating are fully compatible.

Tablo 4'teki örnekler, galvanik tekniği kaplama metotları ile bir malzemenin spesifik özelliklerinin uygun bir tabaka ile iyi bir biçimde kombine edilebileceğini ve böylelikle de bileşik sistemin (yapı parçası/tabaka) tek tek bileşenleri arasında amaca uygun bir görev dağılımının olacağını göstermiştir. Örneğin ana malzemenin, mekanik özelliklerinden dolayı yapı parçasından beklenen gereklilikleri yerine getirmesi gereken görevlerinin olması halinde, tabaka, yeterli derecede korozyon mukavemeti, sertlik, ve aşınma mukavemeti ve istenen yüzey parlaklığını sağlayacaktır. Böylelikle tabakanın fonksiyonel ve dekoratif görevleri arasında farklılık söz konusu olur. Burada genellikle fonksiyonel ya da dekoratif galvanik tekniği söz konusudur. Fonksiyonel galvanik tekniğin hedefi, korozyon ve aşınmaya karşı mukavemeti olan tabakalar üretmek veya bunları uygun kayganlık ve zorlu şartlarda yapısını koruma özelliğine sahip olarak ya da iyi lehimlenme veya kaynaklanma özelliklerine sahip olarak üretmek olmalıdır. Görünüm burada çok önem taşımamalıdır, zira bu tür tabakalar belirli şartlar altında mekanik ek işleme tabi tutulmaktadır. Dekoratif yüzey iyileştirmelerinde ise yüzeyin estetik görünümü ön planda tutulmaktadır. Tabakanın ana malzemeye çok iyi yapışması istenir. Modern sanayi toplumunun teknolojik ilerlemeye ilintili sürekli olarak artan talepleri ve sürekli olarak değişen moda bilinci nedeniyle, fonksiyonel ve dekoratif galvanik tekniği arasındaki kesin farklılık, bazı alanlarda uygun değilmiş gibi durmaktadır. Fakat sonuç olarak önemli olan, ekonomik ve ekolojik yönlerin dikkate alınmasıyla yapı parçası ve tabakanın özelliklerinin tam olarak uyumlu olmasıdır.

Endüstriyel Yüzey İşlem Teknolojisinde Çözüm Ortağınız...



UNIVERSAL YIKAMA SİSTEMİ

ULTRASONİK YIKAMA TESİSİ



ÇİFT KONVEYÖR BANTLI YIKAMA SİSTEMİ



PROTECHNOLOGY ENDÜSTRİYEL MAKİNE VE KİMYA SANAYİ TİC. LTD. ŞTİ.

Halkalı Merkez Mh. Dereboyu Caddesi Çalışkan Sokak No:6 Küçükçekmece-HALKALI/İSTANBUL

Tel: +90 212 486 11 41-485 45 96

info@protechmakine.com

www.protechmakine.com

Tüm Redresör İhtiyaçlarınız İçin Modüler Çözüm



Mükemmellik için tasarlanmış olan FlexKraft, elektro kaplama için eşsiz esneklik, hassasiyet ve güvenilirlik sunan, **gerçekten modüler** bir yaklaşım ve her ihtiyaca uygun bir tasarım getiriyor. Avantajları:

Kesintisiz Üretim: Bir modül arızalansa bile, FlexKraft azaltılmış güçte çalışmaya devam eder, güvenilirlik ve sürekliliği garanti eder.

Kolay Bakım: Modülleri 15 dakika içinde değiştirin. Standart yedek parçalar çoğu üniteyle uyumludur, bu da stoklama ve servisi zahmetsiz hale getirir.

Üstün Kaplama Sonuçları şu özellikler sayesinde elde edilir:

- **Düşük Ripple Performansı:** Tüm aralıkta <%1, çoğu yük altında %0.2
- **Hassas Kontrol:** Doğru ve bağımsız Voltaj ve Akım ayarları.

Üretim Esnekliği: Modülleri ekleyerek veya çıkararak gücü kolayca ölçeklendirin ya da tek ve çift çıkış modları arasında geçiş yapın.

Enerji Tasarrufu: Gelişmiş anahtarlama teknolojisi, yüksek verimlilik sağlar; modüler tasarım ve etkili soğutma, yüksek sıcaklıklarda aşırı büyümeye gerek kalmadan tam kapasite kullanımına olanak tanır.

Sonuç olarak, tüm bunlar maliyet etkin bir güç kaynağı sunar.

Bugün FlexKraft'a geçiş yaparak modüler inovasyonun gücünü keşfedin. **Tek çözüm, sayısız imkan.**

Niklas.Scharrenberg@kraftpowercon.com veya yerel ortağımız Teknobak ile iletişime geçebilirsiniz: +90 (216) 344 00 06 veya teknobak@superonline.com adresinden e-posta yoluyla ulaşabilirsiniz.

Metal Kaplamada Atıksu Arıtma ve Geri Kazanım: Bir Yükümlülüğten Rekabet Avantajına

Wastewater Treatment and Recovery in Metal Finishing: From an Obligation to a Competitive Advantage

Cem İBRİKÇİ

GESU Arıtma Sistemleri, Kurucu ve Genel Müdür
TUYİDER Çevre ve Sürdürülebilirlik Çalışma Grubu Üyesi
Founder and General Manager of GESU Environmental Technologies

Otuz yıla yakın süredir endüstriyel atıksuyla uğraşıyorum; bu süreçte metal kaplama, karşıma çıkan sektörlerin hem en zorlusu hem de en öğreticisi oldu. Zor; çünkü tek bir atıksu değil, kimyası birbirine düşman birkaç ayrı atıksu ile uğraşırsınız. Öğretici; çünkü bu sektörde doğru mühendislik ile yarım mühendislik arasındaki farkı bir deşarj ölçümü acımasızca ortaya koyar. Bugün suyun her geçen yıl daha kıymetli hâle geldiği bir dünyada ben hep şuna inandım: su azalıyorsa, kazanan onu temizleyip yeniden kullanandır.

Bir kaplamacı için atıksu, çoğu zaman üretimin sonunda akla gelen bir yük, bir zorunluluk olarak görülür. Oysa doğru bakıldığında o atıksu; geri kazanılacak su, geri kazanılacak metal ve azaltılacak bir maliyettir. Bu yazıda, kaplama tesislerimizin atıksuyunu hem mevzuata uygun arıtmanın hem de onu bir gider kalemi olmaktan çıkarıp kaynağa dönüştürmenin yolunu; değişen kaplama teknolojilerini de göz önüne alarak, sahadan ve literatürden süzölmüş haliyle paylaşmak istiyorum.

Metal kaplama atıksuyu neden özeldir?

Tipik bir kaplama hattı; yağ alma, asit daldırma (dekapaj), kaplama banyosu, çok kademeli durulama ve pasivizasyon adımlarından oluşur. Her adım arasındaki durulama suyu,

I have been dealing with industrial wastewater for nearly thirty years, and during this time, the metal finishing industry has proven to be both the most challenging and the most instructive sector I have encountered. Challenging because you are not dealing with a single wastewater stream, but with several different streams whose chemistries are often incompatible with one another. Instructive because in this industry, the difference between sound engineering and mediocre engineering is mercilessly revealed by a single discharge measurement. In a world where water becomes more valuable every year, I have always believed one thing: if water resources are diminishing, the winners will be those who clean and reuse it.

For a metal finisher, wastewater is often regarded as a burden or an obligation that comes to mind only at the end of production. Yet, when viewed correctly, that wastewater represents recoverable water, recoverable metals, and a cost that can be significantly reduced. In this article, I would like to share through insights distilled from both field experience and the literature how we can not only treat the wastewater generated by our plating facilities in compliance with regulations, but also transform it from an expense item into a valuable resource, taking into account the changing landscape of plating technologies.

Why Is Metal Finishing Wastewater Unique?

A typical plating line consists of degreasing, acid pickling, plating baths, multi-stage rinsing, and passivation processes. The rinse water between each stage, the process solution carried over on the surface of the parts (drag-out), and the periodic discharge of spent





process baths together generate the wastewater.

Water consumption can vary widely, ranging from 20 to 100 m³ per ton of product. In other words, metal finishing facilities are, in fact, major consumers of water.

The key issue is this: metal finishing wastewater is not homogeneous. There are four main types of wastewater streams, and when they are indiscriminately mixed, the result can be disastrous:

- Oily/organic stream (degreasing baths): Contains high COD, oil and grease, and surfactants; disrupts metal precipitation and fouls membranes.
- Cyanide-bearing stream (Cu-CN, Zn-CN, Au-CN): Highly toxic and requires oxidation for destruction.
- Chromium-bearing stream (Cr⁶⁺): Contains carcinogenic hexavalent chromium that must first be reduced.
- Acid-alkali/heavy metal stream (Ni, Cu, Zn, Fe, F): Typically treated through pH adjustment and precipitation.

Therefore, the first rule of engineering is clear: stream segregation is essential. Cyanide-bearing and chromium-bearing streams should never enter the same pretreatment system. Mixing the effluent of an oxidation process with the effluent of a reduction process is chemically equivalent to pouring two mutually destructive formulations into the same tank. I consider this separation an indispensable requirement

parçanın üzerinde taşınan banyo sıvısı (drag-out) ve periyodik banyo boşaltmaları atıksuyumuzu oluşturur. Su tüketimi ürün başına 20–100 m³/ton gibi geniş bir aralıkta seyrederek — yani kaplamacı, aslında çok ciddi bir su tüketicisidir.

Asıl mesele şudur: kaplama atıksuyu homojen değildir. Başlıca dört farklı karakterde akım vardır ve bunlar düşüncesizce karıştırıldığında felaket olur:

- Yağlı / organik akım (yağ alma banyoları): yüksek KOİ, yağ-gres ve yüzey aktif madde (surfaktan) içerir; metal çöktürmeyi bozar, membranı tıkar.
- Siyanürlü akım (Cu-CN, Zn-CN, Au-CN): toksiktir, oksidasyonla parçalanması gerekir.
- Kromlu akım (Cr⁶⁺): önce indirgenmesi gereken, kanserojen bir bileşendir.
- Asit-alkali / ağır metal akımı (Ni, Cu, Zn, Fe, F): pH ayarı ile çöktürülür.

Bu yüzden mühendisliğin birinci kuralı nettir: akım ayrımı şarttır. Siyanürlü ve kromlu akımlar asla ortak bir ön arıtmaya girmemelidir. Bir oksidasyon çıkışı ile bir indirgeme çıkışını

karıştırmak, kimyasal olarak birbirini iptal eden iki reçeteyi aynı kazana dökmek demektir. Ben bu ayrımı, tesisin daha proje masasındayken vazgeçilmez şartı olarak koyarım.

Yağ alma banyolarını küçümsemeyin:

Kaplama hattının en başında, çoğu zaman gözden kaçan yağ alma banyoları bulunur ve bunlar çeşit çeşittir: alkali yağ alma, solvent yağ alma, elektrolitik yağ alma ve özellikle zorlayıcı olan emülsiyon tipi yağ alma. Bu banyoların atıksuyu; yüksek KOİ, yağ-gres ve yüzey aktif maddeler bakımından zengindir. Yağ ve surfaktanlar, metal çöktürme ve flokülasyonu fiilen sabote eder, üstelik membranları tıkar. Bu nedenle yağlı akım ayrı toplanmalı ve önce yağından arındırılmalıdır: serbest yağ için sıyırma ve yüzdürme (DAF), kararlı emülsiyonlar için ise kimyasal emülsiyon kırma veya ultrafiltrasyon gerekir. Yağdan arındırılmış su ancak bundan sonra metal arıtma hattına verilmelidir.

Konsantreyi seyreltikten ayırın:

Akım ayrımının bir inceliği daha vardır. Tükenmiş konsantre asit banyoları (dekapa) ile tükenmiş konsantre alkali banyoları (yağ alma) ayrı toplanmalı ve ana hatta ani değil, kontrollü ve yavaş - tercihen kesikli (batch) - dozlanmalıdır; konsantre asidi konsantre alkali ile bir anda karıştırmak şiddetli ısınma, köpürme ve kontrolsüz reaksiyon demektir. Buna karşılık, asit daldırma sonrası ve alkali işlem sonrası gelen seyreltik durulama suları birbirini büyük ölçüde nötralize ettiğinden rahatlıkla birleştirilebilir; bu, hem kimyasal tüketimini düşürür hem de pH ayar ünitesinin yükünü dengeler. Yani sır, her şeyi ayırmak değil; neyi ayıracağını, neyi birleştireceğini bilmektir.

Değişen Kaplama Teknolojileri: Alaşımlar ve Yeni Nesil Kaplamalar

Atıksuyu doğru arıtmanın ilk şartı, üretimin ne ürettiğini iyi okumaktır. Son yıllarda kaplama teknolojisi hızla değişiyor ve bu değişim doğrudan atıksu karakterine yansıyor. İki örnek üzerinde durmak isterim, çünkü artık sahada sıkça karşımıza çıkıyorlar.

Çinko-nikel ve diğer alaşım kaplamalar:

Özellikle otomotiv ve savunma sanayinin talebiyle, saf çinko kaplamanın yerini giderek çinko-nikel alaşım kaplamalar alıyor. Bünyesinde yaklaşık %12-15 nikel barındıran bu alaşım, saf çinkoya kıyasla kat kat üstün bir korozyon direnci sağlıyor. Ne var ki mühendislik açısından bedeli vardır: özellikle alkali çinko-nikel banyoları, metalleri çözeltide kararlı tutabilmek için güçlü kompleks (şelat) yapıcılar içerir. Bu, arıtmada işimizi zorlaştırır - çünkü kompleks halindeki nikeli klasik hidroksit çöktürme ile gideremezsiniz; metali serbest bırakmak için kompleksi önce kırmanız (pH'ı düşürmeniz, gerekirse şelatı parçalamanız) gerekir. Çinko-nikelli bir atıksuyu, sıradan bir çinko atıksuyu gibi tasarlamak, deşarjda

from the very beginning of the plant design stage.

Never Underestimate Degreasing Baths

At the very beginning of the plating line are the often-overlooked degreasing baths, which come in various forms: alkaline degreasing, solvent degreasing, electrolytic degreasing, and the particularly challenging emulsion-type degreasing systems.

Wastewater from these baths is rich in COD, oil and grease, and surfactants. Oils and surfactants effectively sabotage metal precipitation and flocculation and, moreover, cause severe membrane fouling. Therefore, oily streams should be collected separately and first subjected to oil removal. Free oils can be removed through skimming and dissolved air flotation (DAF), whereas stable emulsions require chemical emulsion breaking or ultrafiltration. Only after oil removal should this water be directed to the metal treatment system.

Separate Concentrated Streams from Dilute Streams

There is another important aspect to stream segregation. Spent concentrated acid baths (pickling) and spent concentrated alkaline baths (degreasing) should be collected separately and introduced into the main treatment line slowly and in a controlled manner—preferably in batch mode. Instantly mixing concentrated acids with concentrated alkalis leads to intense heat generation, foaming, and uncontrolled reactions.

In contrast, the dilute rinse waters generated after acid and alkaline processes can generally be combined, as they largely neutralize one another. This approach not only reduces chemical consumption but also balances the load on the pH adjustment unit.

The secret, therefore, is not to separate everything, but rather to know what should be separated and what can safely be combined.

Changing Plating Technologies: Alloys and New-Generation Coatings

The first prerequisite for proper wastewater treatment is a clear understanding of the production process itself. In recent years, plating technologies have evolved rapidly, and these changes are directly reflected in wastewater characteristics. I would like to focus on two examples that are increasingly common in practice.

Zinc-Nickel and Other Alloy Coatings

Driven particularly by the demands of the automotive and defense industries, zinc-nickel alloy coatings are increasingly replacing conventional pure zinc coatings. Containing approximately 12-15% nickel, these alloys provide corrosion resistance far superior to that of pure zinc.

However, this performance comes at an engineering cost. Alkaline zinc-nickel baths, in particular, contain strong complexing (chelating) agents to keep metals stably dissolved in solution. This significantly complicates wastewater treatment because nickel present in complexed form cannot be removed through conventional hydroxide precipitation. The complexes must first be broken—typically by lowering the pH and, if necessary, chemically destroying the chelating agents—to release the metal ions.

Designing a zinc-nickel wastewater treatment system as if it were a conventional zinc wastewater stream is a certain recipe for failing to meet nickel discharge limits.

Zirconium-Based (Nano-Ceramic) Conversion Coatings

Traditional chromium and phosphate-based pretreatment systems are increasingly being replaced by zirconium-based nano-ceramic conversion coatings due to their environmentally friendly profile.

The absence of hexavalent chromium is a major advantage; however, these baths are typically based on hexafluorozirconic acid and therefore introduce fluoride into the wastewater. Fluoride requires a specific treatment approach: precipitation as calcium fluoride (CaF_2) using lime, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, reducing fluoride concentrations below the discharge limit of 15 mg/L.

Therefore, when a facility transitions from chromium conversion coatings to zirconium-based systems, its wastewater treatment process must also be redesigned from chromium reduction to fluoride precipitation.

The lesson here is clear: as the plating line changes, the wastewater changes as well. A well-designed treatment plant should be flexible enough to accommodate not only today's chemistry but also the chemistry of tomorrow.

The Right Chemistry in the Right Sequence

Success in treating metal finishing wastewater depends less on expensive equipment and more on applying the correct chemical sequence. Based on both field experience and the literature, the treatment backbone can be summarized as follows:

Cyanide Destruction (Two-Stage Alkaline Chlorination)

In the first stage, at pH 10–10.5, cyanide is oxidized to cyanate. In the second stage, at pH 7–8, cyanate is further oxidized to carbon dioxide and nitrogen.

In practice, the total chlorine demand is approximately 10 mg Cl_2 per mg of CN^- . With proper ORP control, removal efficiencies above 99% can be achieved, resulting in effluent concentrations below 0.5 mg/L.

Chromium Reduction ($\text{Cr}^{6+} \rightarrow \text{Cr}^{3+}$):

Under acidic conditions at pH 2–3, sodium metabisulfite ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) or bisulfite is used to reduce hexavalent chromium, lowering the ORP below 250 mV and reducing Cr^{6+} concentrations to below 0.1 mg/L within 15–30 minutes.

Subsequently, chromium is precipitated in its trivalent form under alkaline conditions.

Precipitation – The Part That Requires True Expertise

This is where experience separates experts from beginners: each metal has a different minimum solubility pH. Consequently, it is impossible to remove all metals simultaneously from a mixed-metal wastewater stream using a single pH value.

The following operating window includes several critical pitfalls that years of experience have taught us to avoid.

nikel sınırını tutturamamak demektir.

Zirkonyum esaslı (nano-seramik) dönüşüm kaplamaları:

Geleneksel krom ve fosfat esaslı ön kaplamaların yerini, çevreci profilleri sayesinde giderek zirkonyum esaslı nano-seramik dönüşüm kaplamaları alıyor. Altı değerlikli krom içermemeleri büyük bir avantaj; ancak bu banyolar hekzafloro-zirkonik asit esaslıdır ve atıksuya florür getirir. Florür, kendine has bir arıtma ister: kireç ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ile kalsiyum florür (CaF_2) olarak çöktürülür ve deşarj sınırı olan 15 mg/L'nin altına indirilir. Yani bir tesis krom dönüşümden zirkonyuma geçtiğinde, atıksu arıtması da krom indirgemeden florür çöktürmeye doğru yeniden tasarlanmalıdır.

Buradan çıkan ders şudur: kaplama hattı değişikçe atıksu da değişir. İyi bir arıtma tesisi, bugünün değil, tesisin gelişeceği yarının kimyasını da öngörerek esnek tasarlanır.

Doğru kimya, doğru sıra

Kaplama atıksuyunda başarı, pahalı ekipmandan önce doğru kimyasal sıralamadan geçer. Sahada uyguladığımız ve literatürün de doğruladığı omurga şudur:

Siyanür yıkımı (alkali klorlama, iki kademeli):

Birinci kademede pH 10-10,5'te CN^- siyanata yükseltgenir; ikinci kademede pH 7-8'de siyanat CO_2 ve N_2 'ye parçalanır. Pratikte toplam klor ihtiyacı yaklaşık 10 mg Cl_2 / mg CN^- düzeyindedir ve doğru ORP kontrolüyle %99'un üzerinde giderim, yani 0,5 mg/L altı çıkış elde edilir.

Krom indirgeme ($\text{Cr}^{6+} \rightarrow \text{Cr}^{3+}$):

Asidik ortamda, pH 2–3'te sodyum metabisülfid ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) ya da bisülfid ile, ORP 250 mV altına çekilerek 15–30 dakikada Cr^{6+} 0,1 mg/L altına indirilir. Ardından krom, üç değerlikli haliyle alkali pH'ta çöktürülür.

Çöktürme - işin ustalık isteyen kısmı:

Burada acemiye ustadan ayıran şey şudur: her metalin minimum çözünürlük pH'ı farklıdır, dolayısıyla tek bir pH ile kanışık metalli bir atıksuyun hepsini birden gideremezsiniz. Aşağıdaki pencere, yıllarca öğrendiğimiz kritik tuzakları içerir:

Metal Metal	Optimum Çöktürme pH Optimum Çöktürme pH	Mühendis Notu Mühendis Notu
Krom (Cr³⁺) Chromium (Cr ³⁺)	7,5 – 8,5	pH > 12'de yeniden çözünür (amfoter) Becomes soluble again at pH > 12 (amphoteric).
Çinko (Zn²⁺) Zinc (Zn ²⁺)	8,5 – 9,2	Dar pencere! pH > 10,5'te çözünür; NH ₄ ⁺ çöktürmeyi engeller Narrow operating window! It becomes soluble above pH 10.5; NH ₄ ⁺ inhibits precipitation.
Bakır (Cu²⁺) Copper (Cu ²⁺)	8,5 – 9,5	Geniş ve güvenli aralık Wide and safe operating range
Nikel (Ni²⁺) Nickel (Ni ²⁺)	9,0 – 10,0	Yüksek pH gerektirir; ayrı toplanırsa geri kazanılır Requires high pH; if collected separately, it can be recovered.
Kadmiyum (Cd²⁺) Cadmium (Cd ²⁺)	10,0 – 11,0	Düşük seviyede sülfür çöktürme daha güvenli Sulphide precipitation is safer at low levels.

Bu tabloya üç uyarı eklerim: (1) Amonyum (NH₄⁺), çinkoyu kompleks yaparak çöktürmeyi fiilen durdurur çinkolu atıksuda amonyum mutlaka kontrol edilmelidir. (2) EDTA gibi şelat yapıcılar metali kısıp tutar; pH 2 altına inilerek parçalanmaları, gerekirse CaCl₂ ile şelat kapasitesinin kırılması gerekir. (3) Üç değerlikli krom banyolarında kobalt varlığında, alkali ortamda Cr³⁺ tekrar Cr⁶⁺'ya yükseltgenebilir; kobalt önceden sülfürle giderilmelidir. Bunlar kitapta küçük dipnotlardır ama sahada bir tesisin deşarjını tutturup tutturamayacağını belirleyen ayrıntılardır.

Çöktürme sonrası berraklaştırmada klasik filtrasyon yerine mikrofiltrasyon (MF) membran kullanmak, hem yer ihtiyacını yaklaşık yarıya indirir hem de çıkış kalitesini bambaşka bir düzeye taşır: endüstriyel verilerde MF çıkışında nikel 0,15 mg/L, toplam krom 0,1 mg/L, AKM 1 mg/L altına iner. Bu, hem SKKY Tablo 15'in çok altında bir çıkış hem de bir sonraki adımın geri kazanımın kapısıdır.

Çıkışta İnce Arıtma: Kum, Aktif Karbon, Zeolit ve Reçine

Çıkış suyunu hem mevzuat sınırlarının çok altına çekmek hem de yeniden kullanıma uygun hale getirmek için, biz çoğu tesiste pahalı nanofiltrasyona (NF) gerek kalmadan, kademeli bir ince arıtma bir nevi cila treni tercih ediyoruz. Her katmanın net bir görevi vardır:

- **Kum filtresi:** Çöktürme veya membran sonrası kalan askıdaki katıları tutar; arkadan gelen aktif karbon ve reçine ünitelerini erken tıkanmaya karşı korur. Sistemin emniyet süzgecidir.
- **Aktif karbon:** Kalan organik yükü, KOİ'yi, rengi ve eser organik bileşikleri adsorplar. Yağ alma banyolarından ve banyo katkı maddelerinden gelen organikler için kritiktir; reçineyi de organik kirlenmeden korur.
- **Zeolit:** Yüksek katyon değişim kapasitesiyle eser ağır metalleri ve amonyumu tutar. Düşük maliyetli, dayanıklı ve

I would add three key warnings to this table: (1) Ammonium (NH₄⁺) forms complexes with zinc and effectively prevents precipitation; therefore, ammonium must be strictly controlled in zinc-containing wastewater. (2) Chelating agents such as EDTA bind metals strongly and keep them in solution; they must be degraded by lowering the pH below 2, and if necessary, their chelating capacity should be broken using CaCl₂. (3) In trivalent chromium baths, in the presence of cobalt, Cr³⁺ may be re-oxidized to Cr⁶⁺ under alkaline conditions; cobalt must therefore be removed in advance using sulphide treatment. These are minor footnotes in textbooks, but in practice they are the details that determine whether a facility can meet its discharge limits.

After precipitation, using microfiltration (MF) membranes instead of classical sedimentation reduces space requirements by approximately half and significantly improves effluent quality. Industrial data show that MF effluent can achieve nickel levels below 0.15 mg/L, total chromium below 0.1 mg/L, and TSS below 1 mg/L. This is well below SKKY Table 15 limits and also opens the door to the next stage: recovery.

Polishing Treatment: Sand, Activated Carbon, Zeolite, and Resins

To reduce effluent concentrations well below regulatory limits and make the water suitable for reuse, we typically prefer a staged polishing train—essentially a “finishing line”—instead of expensive nanofiltration (NF). Each layer has a distinct function:

Sand filter: Removes residual suspended solids after precipitation or membrane treatment; protects downstream activated carbon and resin units from early fouling. It acts as the system's safety barrier.

Activated carbon: Adsorbs remaining organic load, COD, color, and trace organic compounds. It is critical for removing residues from degreasing baths and bath additives and also protects the resin from organic contamination.

Zeolite: With high cation exchange capacity, it captures trace heavy metals and ammonium. It is a low-cost, durable, and regenerable polishing stage.

Ion exchange resin (optional final step): Reduces metals to below 0.1 mg/L and upgrades water quality to a level suitable for rinsing or process reuse. Selective resins also enable recovery of valuable metals such as nickel during regeneration.

This configuration provides a robust and easily maintainable solution that ensures both regulatory compliance and water reuse for most plating facilities, without the capital and maintenance burden of nanofiltration systems. For plants targeting higher recovery rates and near-total water circulation, this train can be completed with reverse osmosis (RO), which brings us to the core topic: recovery.

Wastewater Is No Longer Waste—It Is a Resource

This is the most exciting part of the system. Properly treated plating wastewater is not a disposal burden; it is a source of reusable water and recoverable metals. When reverse osmosis (RO) is added after MF, 60–80% of the wastewater can be returned to the process as rinsing and process water. In zero liquid discharge (ZLD) systems, the configuration becomes: pretreatment ► MF ► activated carbon ► RO ► evaporator/crystallizer for concentrate. In this way, no liquid leaves the facility; only solid residues remain for disposal.

Metals themselves are also valuable. Separately collected nickel, copper, and chromium streams can be recovered via ion exchange and electrowinning. For gold and silver, recovery from cyanide streams is already an economic necessity. Thus, the same system that ensures regulatory compliance simultaneously reduces water consumption, chemical usage, and metal losses.

It is essential to evaluate costs not only in terms of capital expenditure, but through a 5–10 year total cost of ownership (TCO), including water, chemicals, discharge penalties, and recovered metal value. In many cases, recovery systems effectively pay for themselves within this framework.

The Emerging Horizon: Less Chemistry, More Recovery

The sector continues to evolve. Three emerging directions in the literature are worth highlighting:

Graphene oxide (GO)-based selective membranes promise to separate and recover chromium and nickel from mixed-metal wastewater with efficiencies above 95%. Boron-doped diamond (BDD) electrodes enable cyanide destruction without chemicals, relying solely on electrical oxidation to convert it into CO₂ and N₂. Nanoscale zero-valent iron (nZVI) reduces Cr⁶⁺ within 30 minutes instead of hours. Although these technologies are still at pilot scale, they are likely to become standard as metal prices rise and water scarcity increases. Combined with automation and intelligent dosing, the circular economy is becoming not a slogan, but an engineering reality.

rejenere edilebilir bir cila katmanıdır.

• **İyon değişim reçinesi (opsiyonel son adım):** Metalleri 0,1 mg/L'nin de altına indirir ve suyu durulama/proses suyu olarak geri kullanılabilir kaliteye taşır. Seçici reçineler ayrıca nikel gibi değerli metalleri rejenerasyon sırasında geri kazanma imkânı sunar.

Bu dizilim; nanofiltrasyonun yatırım ve membran yenileme maliyetine girmeden, çoğu kaplama tesisi için hem mevzuat uyumunu hem de geri kullanımı sağlayan, sağlam ve bakımı kolay bir çözümdür. Daha yüksek geri kazanım hedefleyen, suyunu tümüyle döndürmek isteyen tesislerde ise bu treni ters ozmoz ile taçlandırırız — ki bizi yazının asıl meselesine, geri kazanıma getirir.

Atıksu Artık Bir Atık Değil, Bir Kaynaktır

İşin beni en çok heyecanlandıran kısmı burası. Doğru antılmış kaplama atıksuyu, çöpe giden bir yük değil; geri kazanılacak su ve metal demektir. MF çıkışının ardına ters ozmoz (RO) eklediğinizde, atıksuyun %60–80'ini proses ve durulama suyu olarak hatta geri döndürebilirsiniz. Sıfır sıvı deşarj (ZLD) hedefleyen tesislerde zincir şu hale gelir: ön arıtma ► MF ► aktif karbon ► RO ► konsantre için evaporatör/kristalizatör. Böylece tesisten dışarı sıvı çıkmaz; geriye yalnızca bertaraf edilecek katı kalır.

Suyun yanında metalin kendisi de değerlidir. Aynı toplanan nikel, bakır ve krom akımları iyon değişimi ve elektrokazanım (electrowinning) ile geri kazanılabilir; altın ve gümüş için siyanür hattından geri kazanım zaten ekonomik bir zorunluluktur. Yani aynı sistem, bir yandan sizi mevzuata uygun hale getirirken bir yandan su faturanızı, kimyasal maliyetinizi ve metal kaybınızı azaltır.

Maliyeti yalnızca yatırım bedeliyle değil; su, kimyasal, deşarj cezası ve geri kazanılan metal kalemleriyle birlikte, 5–10 yıllık toplam sahip olma maliyeti (TCO) ile değerlendirin. Geri kazanım, bu denklemde çoğu zaman sistemi kendi parasını öder hale getirir.

Yaklaşan Ufuk: Daha Az Kimyasal, Daha Çok Geri Kazanım

Sektörümüz yerinde durmuyor. Literatürde olgunlaşan üç yönelimi yakından izliyoruz: grafen oksit (GO) esaslı seçici membranlar, karışık metalli atıksudan kromu ve nikeli ayrı ayrı, %95'in üzerinde verimle geri kazanma sözü veriyor. Bor katkılı elmas (BDD) elektrotlar, siyanürü hiç kimyasal kullanmadan, yalnızca elektrikle CO₂ ve N₂'ye parçalıyor. Nano sıfır değerlikli demir (nZVI) ise Cr⁶⁺ indirgemisini saatlerden 30 dakikaya çekiyor. Bu teknolojiler henüz pilot ölçekte; ama metal fiyatları yükseldikçe ve su kısıtlandıkça, yarının standart çözümleri arasında olacaklar. Üzerine eklenen otomasyon ve akıllı dozlama ile birlikte, döngüsel ekonomi artık bir slogan değil, mühendislik pratiği haline geliyor.



Yüksek
Verimli
Kumlama ve Boyama
Odaları



Verimliliği Arttıran
Yüksek Kalite
Yüzeyler

KUMLAMA ve BOYAMA ODALARI

Kumlama ve Boyama Odalarımız maksimum verimlilik için tasarlanmış, çevreye duyarlı ve işletme maliyetlerini minimuma indiren projelerdir.

Global Outlook: Standards Are Tightening

Wastewater treatment systems should not be designed solely according to today's national regulations, but with future trends in mind. The European Union's discharge limits for the surface treatment sector are already stricter than many of the current Turkish SKKY limits in several parameters. For exporters integrated into global supply chains, these limits effectively represent future domestic standards:

Parametre Parameter	Türkiye (SKKY) Türkiye (SKKY)	AB EU	ABD (EPA) ABD (EPA)
Toplam Krom (mg/L) Total Chromium (mg/L)	2	1	2,77
Cr ⁶⁺ (mg/L) Cr ⁶⁺ (mg/L)	0,5	0,1	0,32
Nikel (mg/L) Nickel (mg/L)	3	2	3,98
Bakır (mg/L) Copper (mg/L)	3	2	3,38
Çinko (mg/L) Zinc (mg/L)	5	2	2,61
Siyanür (toplam, mg/L) Cyanide (total, mg/L)	1	0,5	1,20

(The table to be inserted) The comparison clearly shows that the EU applies significantly stricter limits for chromium and cyanide. A facility that already recovers water and achieves effluent levels below these thresholds today will not be caught unprepared when regulations tighten tomorrow—in fact, it will gain a competitive advantage.

Conclusion: A Threefold Gain Through Proper Design

In metal finishing, wastewater treatment is not a cost when properly designed; it is a threefold gain. You ensure regulatory compliance and protect your reputation, reduce operating costs by recovering water and metals, and future-proof your facility against increasingly strict environmental requirements. The key is not expensive equipment, but an engineering mindset that separates streams correctly, sequences chemistry properly, and treats wastewater as a resource from the very beginning.

Within the TüyİDER framework, we are in a strong position to drive this transformation across the industry. At GESU, with our combined role as both manufacturer and process engineer, we believe this: the facility that manages water best is not only investing in the environment, but also in its own competitiveness. Water is becoming scarce; the winners will be those who clean it and reuse it.

Küresel Pencere: Standartlar Sıkılaşıyor

Bu işi yalnızca bugünün Türkiye mevzuatına göre değil, gittiğimiz yöne bakarak tasarlamak gerekir. Avrupa Birliği'nin yüzey işlem sektörü için öngördüğü deşarj sınırları, birçok metalde bizim SKKY değerlerimizden daha sıkıdır. İhracat yapan, küresel tedarik zincirine eklemlenen bir kaplamacı için bu sınırlar, yarının kendi sınırlarıdır:

Tablo açıkça gösteriyor: AB, krom ve siyanürde bizden belirgin biçimde daha katıdır. Suyunu geri kazanan, çıkışını bugünden bu sıkı değerlerin altına çeken bir tesis, yarın kural değiştiğinde hazırlıksız yakalanmaz — tam tersine, rakibinin önünde olur.

Sonuç: Doğru Tasarım, Üç Yönlü Kazanç

Metal kaplamada atıksu arıtma; doğru kurgulandığında bir maliyet değil, üç yönlü bir kazançtır. Mevzuata uyarsınız, itibarınızı korursunuz; suyu ve metali geri kazanarak tasarruf edersiniz; ve giderek sıkılaştan çevre baskısına karşı tesisinizi geleceğe hazırlarsınız. Bunun anahtarı pahalı kutular değil; akımları doğru ayıran, kimyayı doğru sıraya koyan ve atıksuyu en baştan bir kaynak olarak gören bir mühendislik yaklaşımıdır.

TüyİDER çatısı altında bir araya gelen bizler, bu dönüşümü sektörümüze taşıyacak konumdayız. GESU olarak hem imalatçı hem prosesçi kimliğimizle inancımız şudur: suyu en iyi yöneten tesis, sadece çevreye değil, kendi rekabet gücüne de yatırım yapmış olur. Su azalıyor; kazanan, onu temizleyip yeniden kazanan olacak.

ISUZU ÇALIŞANLARINA YÖNELİK İKİ GÜNLÜK YÜZEY İŞLEMLERİ EĞİTİMİ

A Two-Day Surface Treatment Training Program for ISUZU Employees



Otomotiv sektöründe ürün kalitesi, korozyon dayanımı, estetik görünüm ve fonksiyonel performans açısından kritik öneme sahip olan yüzey işlemleri konusunda, 21-22 Mayıs tarihlerinde Gebze’de bulunan ISUZU fabrikasında kapsamlı bir eğitim programı düzenlendi. Eğitim, SUMAR, TÜYİDER ve Karfo Akademisi iş birliğiyle gerçekleştirildi.

İki gün süren eğitim programına ISUZU’nun kalite, üretim, proses geliştirme, satın alma ve mühendislik birimlerinde görev yapan teknik personel ve yöneticiler katılım sağladı. Program boyunca yüzey mühendisliği uygulamalarının otomotiv endüstrisindeki yeri, güncel teknolojiler ve kalite gereklilikleri detaylı şekilde ele alındı.

Eğitimin ilk gününde yüzey işlemlerinin temel prensipleri, yüzey hazırlama yöntemleri, temizleme prosesleri, fosfatlama uygulamaları, elektrokaplama teknolojileri ve korozyon mekanizmaları üzerinde duruldu. Katılımcılar, özellikle otomotiv

A comprehensive training program on surface treatment technologies—critical to product quality, corrosion resistance, aesthetic appearance, and functional performance in the automotive industry—was held on May 21–22 at the Anadolu Isuzu factory in Gebze. The training was organized through the collaboration of SUMAR, TÜYİDER, and Karfo Academy.

The two-day program brought together technical personnel and managers from ISUZU’s quality, production, process development, purchasing, and engineering departments. Throughout the training, the role of surface engineering applications in the automotive industry, current technologies, and quality requirements were discussed in detail. On the first day, participants focused on the fundamental principles of surface treatments, surface preparation methods, cleaning processes, phosphating applications, electroplating technologies, and corrosion mechanisms. They gained



comprehensive knowledge about the operating principles, advantages, and application areas of zinc, zinc-nickel, nickel, and chromium coating systems, which are widely used in the automotive sector. The second day addressed more advanced topics, including root-cause analysis of coating defects, process control methods, quality assurance systems, coating thickness measurement techniques, porosity and adhesion testing, environmental sustainability practices, and international standards. In addition, participants were informed about the surface treatment performance requirements expected by automotive manufacturers from their suppliers, as well as the latest developments in environmentally friendly coating technologies that are becoming increasingly important across the industry.

Alongside theoretical knowledge, the training also featured real-world industrial case studies and practical examples encountered in automotive manufacturing. This approach aimed not only to enhance participants' process knowledge but also to strengthen their ability to address production challenges through an engineering-oriented perspective. The training program conducted at the ISUZU Gebze Factory made a significant contribution to increasing technical awareness in surface treatment technologies, strengthening the culture of quality, and supporting sustainable manufacturing practices. Organized by SUMAR, TÜYİDER, and Karfo Academy, the program attracted considerable interest and served as a successful example of industry-academy collaboration. Such educational initiatives, which promote knowledge sharing in the field of surface engineering, are expected to continue making valuable contributions to improving quality, durability, and competitiveness within the automotive industry.

sektöründe yaygın olarak kullanılan çinko, çinko-nikel, nikel ve krom kaplama sistemlerinin çalışma prensipleri, avantajları ve kullanım alanları hakkında kapsamlı bilgiler edildi.

İkinci gün ise daha ileri düzey konulara odaklanıldı. Kaplama hatalarının kök neden analizleri, proses kontrol yöntemleri, kalite güvence sistemleri, kaplama kalınlığı ölçüm teknikleri, porozite ve aderans testleri, çevresel sürdürülebilirlik uygulamaları ve uluslararası standartlar kapsamlı şekilde değerlendirildi. Ayrıca otomotiv üreticilerinin tedarikçilerden beklediği yüzey işlem performans kriterleri ve sektörde giderek önem kazanan çevre dostu kaplama teknolojileri hakkında güncel bilgiler paylaşıldı.

Eğitim süresince teorik bilgilerin yanı sıra, otomotiv sektöründe karşılaşılan gerçek uygulama örnekleri ve vaka analizleri de katılımcılarla paylaşıldı. Böylece çalışanların yalnızca proses bilgilerini geliştirmeleri değil, aynı zamanda üretim sırasında karşılaşılan problemlere mühendislik bakış açısıyla yaklaşabilmeleri hedeflendi.

ISUZU Gebze Fabrikası'nda gerçekleştirilen bu eğitim programı, yüzey işlemleri konusunda teknik farkındalığın artırılması, kalite kültürünün güçlendirilmesi ve sürdürülebilir üretim anlayışının desteklenmesi açısından önemli bir katkı sağladı. SUMAR, TÜYİDER ve Karfo Akademi tarafından yürütülen program, sektör-sanayi iş birliğinin başarılı bir örneği olarak katılımcılar tarafından büyük ilgi gördü.

Yüzey mühendisliği alanındaki bilgi paylaşımını artırmayı amaçlayan bu tür eğitimlerin, otomotiv sektöründe kalite, dayanıklılık ve rekabet gücünün geliştirilmesine önemli katkılar sunmaya devam etmesi beklenmektedir.



Gümüş Kaplama



ÜÇLER GALVANO

ÜÇLER GALVANO SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ

- İkitelli Organize Sanayi Bölgesi Galvano Teknik Sanayi Sitesi
F-Blok No. 46 İkitelli / İSTANBUL
- Tel: 0212 549 31 75 (Pbx) Faks: 0212 549 09 35
- E-mail: ucler@uclergalvano.com.tr
www.uclergalvano.com.tr



Hayattaki tüm yüzeyler için
For every surface in life

Endüstriyel Yüzey İşlem Tesisleri
Industrial Surface Finishing Plants

İkitelli O.S.B. Mah. Milas Cad.
Dış Kapı No: 13/A İç Kapı No: Z01
Başakşehir - İstanbul / Türkiye

+90 (212) 549 9 549
info@prometalgalvano.com
www.prometalgalvano.com

Akımsız Nikel 100 Saatlik Korozyon Testini Nasıl Geçer?

How to Pass a 100-Hour Salt Spray Test for Electroless Nickel ?

Fatih KAYA

Kimya Mühendisi

Chemical Engineer

Akımsız nikel kaplama; dış bir akım kaynağı olmaksızın, nikel iyonlarının sodyum hipofosfit gibi bir indirgen maddeyle parça yüzeyinde otokatalitik(kendi kendini tetikleyen) olarak indirgenmesi esasına dayanan; karmaşık geometrilerde bile mikron hassasiyetinde homojen kalınlık, yüksek mikrosertlik ve korozyon bariyeri sağlayan fonksiyonel bir yüzey işlem prosesidir.

Elektrik akımının kısıtlamalarından bağımsız olarak elde edilen bu üstün kimyasal ve mekanik özellikler matrisi; aşınma, sürtünme ve agresif çevre koşullarının eş zamanlı yönetilmesi gereken kritik komponentlerde bu kaplamayı vazgeçilmez kılmaktadır. Bu durumun endüstrideki en net yansımaları, yüksek katma değerli sektörlerde üstlendiği şu hayati görevlerde açıkça görülmektedir:

F1 motorları (aşınma direnci), otomobil pistonları (kendi kendini yağlama), uzay optikleri (sıfır optik bozulma), askeri aviyonikler (elektromanyetik kalkanlama), derin deniz valfleri (ekstrem kimyasal direnç).

Ancak bu üstün fonksiyonların tamamı için parçanın üretimden önceki son durağı, ASTM B117 standardına göre uygulanan 100 Saatlik Nötr Tuz Püskürtme Testidir. Dolayısıyla bu son duraktan 'kıl payı' değil, her partide aynı kararlılıkla geçebilmek için şu kritik proses parametrelerinin

Electroless nickel (EN) plating is a functional surface treatment process based on the autocatalytic (self-triggering) reduction of nickel ions on a substrate surface via a reducing agent, such as sodium hypophosphite, without the need for an external current source. This process provides a micron-precise uniform thickness distribution, high microhardness, and an effective corrosion barrier, even on components with highly complex geometries.

This matrix of superior chemical and mechanical properties, obtained independently of the constraints of electrical current, renders this plating indispensable for critical components where wear, friction, and aggressive environmental conditions must be managed simultaneously. The most distinct reflections of this situation in the industry are clearly observed in the following vital duties it undertakes in high value-added sectors:

F1 engines (wear resistance), automotive pistons (self-lubrication), space optics (zero optical distortion), military avionics (EMI shielding), and deep-sea valves (extreme chemical resistance).

However, for all of these premium functional features, the final destination of the component before production release is the 100-Hour Neutral Salt Spray Test conducted





in accordance with the ASTM B117 standard. Therefore, to safely pass this final destination—not by a “narrow margin” but with consistent reproducibility in every batch—the following critical process parameters must be managed flawlessly.

Here are some suggestions that will help you understand EN, and how EN can pass this rigid requirement:

Phosphorus in Deposit: EN coatings are an alloy of nickel and phosphorus. The amount of phosphorus in the deposit dictates the crystallinity of the deposit. Generally, the higher the phosphorus content, the higher the amorphous nature of the coating and hence corrosion resistance. Typically, mid phos EN chemistries have a %P range of 4-9 percent. Select the higher ranges, if possible, to achieve the more amorphous deposit.

Many of the RoHS-compliant EN chemistries available today tend to be in the lower phosphorus range. Keeping pHs at the lower recommended ranges can raise %P levels higher, thus providing a less crystalline deposit.

Heavy Metal Brighteners/Stabilizers: Many EN chemistries also use heavy metals for stabilizers and brighteners. Their presence can be deleterious to the deposit. Micro-pitting

hatasız yönetilmesi şarttır.

Akimsız Nikel kaplamayı anlamak ve testi geçmek için bazı tavsiyeler:

Fosfor Birikmesi: AN kaplamalar nikel ve fosforun bir alaşımıdır. Fosfor birikiminin çokluğu kaplamanın kristallliğini belirler. Genellikle, fosfor içeriği arttıkça kaplamanın amorf yapısı da artar dolayısıyla korozyon direnci de artar. Tipik olarak orta fosforlu banyolar %4-9 aralığında fosfor içerir. Yüksek fosfor oranına sahip kimyasal seçerek yüksek amorf yapıya ulaşabilirsiniz.

Günümüzde mevcut olan RoHS uyumlu AN kimyasallarının çoğu, daha düşük fosfor aralığında olma eğilimindedir. pH seviyelerini düşük aralıklarda tutmak % P seviyelerini yükseltebilir, böylece daha az kristal yapılı kaplama sağlanır. Ağır Metal Parlaticılar/Stabilizatörler: Birçok AN kimyasalı tedarikçisi stabilizatörler ve parlaticılar için ağır metaller kullanır. Bunların varlığı kaplama için zararlı olabilir. Kaplamada mikro-çatlak ve porozite oluşumu direkt bu kimyasalların varlığıyla ilgili olduğu bulunmuştur. Bu kimyasalların azaltılması kaplama için faydalıdır.

Banyo ömrü: AN banyosu yaşlandıkça, AN kaplamanın stresi daha fazla gerilmeye başlar. Yüksek çekme gerilim değerleri (High tensile stress values) daha kırılğan kaplama

yapılarına dolayısıyla tuz sisi deneyinin erkenden başarısız sonuçlanmasına ya da kötü yapışmaya neden olur.

Kaplama kalınlığı: Tuz sisi deneyi için tutarlı değerler verecek min kaplama kalınlığı 13 mikrondur. AN kaplaması bu değerin altında doğal porozite derecesine sahiptir. 25-50 mikron aralığındaki kaplamalar genellikle daha iyi sonuçlar verecektir fakat bunlara ulaşmak pratik olarak mümkün olamayabilir ve maliyetlidir.

and porosity of the deposit have been found to be directly attributable to the presence of certain stabilizers. The elimination or reduction of their usage can be advantageous.

Age of EN Chemistry: As EN baths age, the stress of the EN deposit generally becomes more tensile. High tensile stress values can lead to more brittle deposits and sometimes cracking, which can lead to premature salt spray failures or bad adhesion.



Yüzey kalitesi: Parçanın yüzey kalitesi tutarlı sonuçlar elde etmede çok önemli etkiye sahiptir. Genellikle, daha az keskin köşelere ve pürüzsüz yüzeylere sahip olan parçalar ya da paneller daha iyi sonuçlar verir.

Önişlem: İyi önyüzey işlemleri de tutarlı, sağlıklı sonuçlar elde etmek için kritik öneme sahiptir. İyi alkalın temizleme ve tekdüze asit aşındırma, aktif tekdüze yüzey elde etmede kritik öneme sahiptir. Fazladan aşındırma işlemleri (alüminyum için güçlü alkali temizleyiciler, çelik için güçlü asit solüsyonları) erken başarısız test sonuçları oluşturur. Tekdüze ve porozitesi az veya hiç olmayan bir kaplama oluşturmak için başlangıçtaki düzgün kristal büyümesi zorunludur.

Çifte kaplama: Bu kaplama üzerine ya da altına yüksek fosforlu AN kaplama uygulaması tuz sisi testini sonuçlarını belirgin olarak olumlu şekilde artıracaktır. Ancak bu değişikliği uygulamaya koymadan önce bunun parçanın üreticisi tarafından kabul edilebilir olduğundan emin olunmalıdır ve çoğu zaman bu tercih edilen seçenek değildir.

Deposit Thickness: The minimum thickness that will give consistent values in salt spray tests for EN is 0.5 mils. EN deposits have an inherent degree of porosity below that value. Coatings of 1.0 -2.0 mils will generally give better results but may not be practical or cost effective.

Substrate Quality: The incoming surface quality of the part is paramount to produce consistent results. Generally, parts or panels with less sharp edges and smoother surface texture will give better results.

Pretreatment: Good surface preparation is also critical for consistent, reliable results. Excellent alkaline cleaning and uniform acid pickling are critical in creating a uniform active surface for the EN chemistry to initiate upon. Over-etching the substrate with strong alkaline cleaners (aluminum) or strong acidic solutions (steel) will set up premature failure. Initial uniform crystal growth is mandatory to create a uniform deposit with little or no porosity.



Duplex Coatings: Use of a high phosphorus EN overlayer or underlayer will absolutely help improve the salt spray values of the overall coating. But make sure this is acceptable to the manufacturer of the part before introducing this modification—many times it is not an option.

Chrome Rinse: It has also been proven that the addition of a final chrome rinse can be advantageous in sealing porosity and increasing salt spray results. Unfortunately for RoHS applications, this type of rinse is out of favor due to the potential presence of hexavalent chrome.

Salt Spray Test Operational Parameters: While pre-plating and plating variables are vital, the execution parameters of the salt spray test itself are equally critical. Key operational safeguards include:

- Salt Purity & Specifications: Industrial or food-grade salts containing anti-caking agents must never be used; only pharmaceutical/reagent-grade sodium chloride is acceptable. The certified analysis certificate must strictly satisfy: Total Impurities < 0.3%, Halogens (Fluorine, Bromine, Iodine) < 0.1%, and Copper Cu < 0.3 ppm. Exceeding these limits acts as a corrosion catalyst, causing premature failure. Internal labs must verify these values, and external testing facilities must provide documented certification.
- Temperature Integrity: Chamber temperature profiles must be continuously logged. To mitigate latent equipment calibration errors, independent, externally calibrated temperature sensors should be utilized to cross-verify the chamber's internal readings.
- Atomizer Nozzle Maintenance: Atomizing nozzles are

Krom durulaması: Final krom durulamasının kaplamadaki poroziv yapıyı kapadığı ve tuz sisi spreyi sonuçlarını iyileştirdiği doğrulanmıştır. Bununla birlikte bu durulama uygulaması heksavalent krom içerme potansiyeli yüzünden, RoHS uygulamaları kapsamında, popülerliğini yitirmiştir.

Tuz Sisi Testi Parametreleri: Kaplama öncesi ve esnasındaki parametreler kadar tuz sisi testi icrasındaki parametreler de oldukça önemlidir. Bunlardan bazıları şunlardır;

- Tuzun saflık derecesi farmasötik kalitede olmalı, gıda tipi tuzlar olmamalı, topaklanma önleyici içermemelidir. Ayrıca tuzun analiz raporunda sonuçlar şu şekilde olmalıdır: Toplam kirlilik/safsızlık < 0.3 % , Halojenler (Flor,Brom,İyot) < 0,1% , Bakır < 0.3 ppm. Bu değerlerin fazlalığı durumunda test numuneleri çok daha hızlı ve fazla miktarda korozyona uğrayacaktır. Dolayısıyla iç laboratuvar testlerinde bu değerlerin teyidi, dış laboratuvar testlerinde ise bu değerlerin belgelenmesini istemek oldukça önemlidir.
- Kabin sıcaklık değerleri kayıt altında olmalı, olası kalibrasyon hatalarına harici bir cihazla daha bu değerler kontrol altında alınmalıdır.
- Tuz sisini püskürten nozul, tuz kristallerinden dolayı aşınır veya tıkanır. Nozul aşındıkça püskürtülen damlacıkların boyutu büyür. Büyük damlacıklar havada asılı kalmak yerine yerçekimiyle parçaların üzerine mermi gibi düşer.Teste başlamadan önce nozul kontrol edilip, gerekli önlemler alındıktan sonra teste başlanmalıdır.
- Kabin doğrulama verilerinin kontrolü testin sağlıklı gerçekleştirilmesi için oldukça önemlidir. Bu değerler (Nötr Tuz Testi – NSS için) şu şekilde özetlenebilir; kabinin içinde

**parts2
clean**

5-7 October 2027
Stuttgart, Germany
parts2clean.de

Register your stand space now!



Get in touch with our project team: [Berna Akdağ](mailto:Berna.Akdağ@hf-turkey.com) berna.akdag@hf-turkey.com



highly susceptible to crystallization, erosion, and clogging. As a nozzle erodes, the generated droplet size increases, causing the mist to turn into a heavy drizzle that falls directly onto the substrates rather than remaining suspended as a uniform fog. Nozzle integrity must be inspected and serviced prior to initiating any test cycle.

- Chamber Verification & Collection Metrics (NSS): Continuous verification of the collection parameters is mandatory to ensure testing validity. For Neutral Salt Spray (NSS), the following collected solution metrics—measured via strategically placed funnels and graduated cylinders over a 24-hour period—must be strictly maintained and auditable:

Collection Rate: 24 ml to 48 ml over 24 hours
pH Value: 6.5 to 7.2 at 25 °C
Specific Gravity: 1.029 to 1.036 g/ml at 25 °C

Excellent EN Control: Finally, maintaining pH, temperature, nickel and hypo-concentrations is paramount to providing consistent quality deposits. Low temperatures, pHs, or nickel or hypo-concentrations can and will lead to inconsistent results.

In conclusion, it is possible to meet and exceed 100-hour salt spray with mid phosphorus EN. The suggestions should result in not only achieving salt spray success but also fewer rejects and overall positive results. As more engineers recommend EN coatings for aerospace, electronics and automotive applications, passing salt spray criteria is becoming increasingly important.

farklı yerlere konumlandırılmış dereceli mezür ve huni yardımıyla 24 saatlik süre sonunda alınan tuzlu su yoğunluğu (25 °C'de 1,029-1,036 g/ml), pH'ı (25 °C'de 6,5 – 7,2) ve miktarı (24 ml – 48 ml) iç laboratuvar testlerinde takip edilmeli, dış laboratuvar testlerinde ise gözlemlenebilir olmalıdır.



Daha iyi AN Kontrolü: Son olarak pH, sıcaklık, Nikel ve Hipofosfit parametrelerini belli değerlerde tutmak daha tutarlı kaplama kalitesi elde etmede önemlidir. Düşük sıcaklık, pH aralıkları ya da Nikel ve Hipofosfit konsantrasyonları tutarsız sonuçlara sebep olacaktır.

Sonuç olarak orta fosforlu AN ile 100 saatlik tuz spreyi test sonuçlarına ulaşmak ve aşmak mümkündür. Öneriler yalnızca tuz sisi testi başarısı elde etmek için değil, aynı zamanda geri dönen red işlerde azalmayla ve genel olarak olumlu sonuçlarla sonuçlanmalıdır. Tasarım mühendisleri havacılık, elektronik ve otomotiv uygulamaları için AN kaplamaları önerdikçe, tuz püskürtme testi kriterlerini geçmek giderek daha önemli hale gelmektedir.

Referanslar | References

-1. <https://www.pfonline.com/articles/how-to-pass-a-100-hour-salt-spray-test-for-electroless-nickel> -2. ASTM B117-26: Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus

*Yüzey İşlem Sektöründe
Yeni Bir Soluk!*

TÜYİDERGİ



+90 542 682 37 32

medya@tuyider.org

www.tuyider.org

Kataforez (KTL) Kaplama Sistemlerinde Teknik Tasarım, Operasyonel Parametreler ve Ekipman Seçimi

Technical Design, Operational Parameters And Equipment Selection In Cathodic Electrodeposition (E-Coat) Systems

Cihad AYDIN

Karakaya 86 A.Ş. - Üretim Müdürü

Karakaya 86 - Production Manager

Özet

Kataforez (KTL) kaplama, otomotiv ve genel endüstride metal yüzeylerin korozyon direncini maksimize etmek ve karmaşık geometrilerde yüksek yüzey homojenliği sağlamak amacıyla kullanılan, elektro-kimyasal temelli bir daldırma prosesidir. Sistemin başarısı; boya kimyasının ötesinde, sirkülasyon hidrodinamiği, diyaliz (anot) yönetimi, ultrafiltrasyon (UF) verimliliği ve hassas mühendislik hesaplarına dayalı ekipman seçimi ile doğrudan ilişkilidir. Bu çalışmada, bir kataforez tesisinin sürdürülebilirliğini sağlayan alt sistemler teknik boyutuyla incelenmekte, saha operasyonlarında kritik öneme sahip hesaplama yöntemleri ve mühendislik kriterleri detaylandırılmaktadır.

Giriş ve Sistem Mantiği

Kataforez kaplama, sulu bir çözelti içerisindeki pozitif yüklü reçine ve pigment partiküllerinin, doğru akım (DC) etkisiyle negatif yüklü iş parçasına (katot) yönelmesi ve burada deşarj olarak bir film tabakası oluşturmaya prensibine dayanır.

Bu prosesin en büyük avantajı, parçanın iç kısımları dahil her noktasına (throwing power / nüfuz etme gücü) eşit kalınlıkta boya ulaştırabilmesidir. Ancak bu durum; elektriksel, kimyasal ve hidrodinamik dengelerin milimetrik kontrolünü gerektirir.

Abstract

Cathodic Electrodeposition (E-Coat/KTL) coating is an electrochemical immersion process widely used in the automotive and general manufacturing industries to maximize corrosion resistance and achieve highly uniform coating thicknesses on complex geometries.

The success of the system is directly related not only to paint chemistry but also to circulation hydrodynamics, dialysis (anode) management, ultrafiltration (UF) efficiency, and equipment selection based on precise engineering calculations.

In this study, the subsystems ensuring the sustainability of an E-coat facility are examined from a technical perspective, while critical calculation methodologies and engineering criteria used in field operations are discussed in detail.

Keywords

Cathodic electrodeposition, E-coat, ultrafiltration, anode design, surface coating technologies

1. Introduction And System Principle

Cathodic electrodeposition coating is based on the principle that positively charged resin and pigment particles suspended in an aqueous solution migrate toward the negatively charged workpiece (cathode) under the influence of direct current (DC), where they are discharged and form a paint film.





One of the greatest advantages of this process is its ability to deposit a uniform coating thickness on every surface of the component, including recessed and complex internal geometries, due to its high throwing power.

However, achieving this capability requires precise control of electrical, chemical, and hydrodynamic balances. Any disruption in these balances may result in coating defects such as:

- cratering
- orange peel appearance
- insufficient corrosion resistance
- coating thickness heterogeneity

Therefore, proper process equipment selection is critical in E-coat plant design.

2. Circulation System: Hydraulic And Chemical Stability

The E-coat bath must remain in continuous motion. Stagnation of the paint causes pigment sedimentation and deterioration of bath characteristics (aging).

2.1 Pump Selection and Shear Stress

E-coat paints consist of submicron colloidal micelles. This sensitive structure is vulnerable to excessive mechanical forces.

Rotational Speed

Pumps should always operate at low speed (maximum

Dengenin bozulması ise krater, portakal kabuğu görünümü veya yetersiz korozyon direnci gibi kalite hatalarına yol açar.

Sirkülasyon Sistemi: Hidrolik Ve Kimyasal Stabilite

Kataforez banyosu, sürekli hareket halinde olmalıdır. Boyanın durgun kalması, pigment çökmesine ve banyo karakteristiğinin bozulmasına (aging) neden olur.

2.1. Pompa Seçimi ve Kayma Gerilmesi (Shear Stress)

Kataforez boyları, mikron altı boyuttaki misellerden oluşan hassas yapı, yüksek mekanik kuvvetlere karşı dayanıksızdır.

• **Devir Sayısı:** Pompalar mutlaka düşük devirli (maks. 1450 rpm) seçilmelidir. 2900 rpm gibi yüksek devirli pompalar, boya moleküllerini mekanik olarak parçalayarak flokülasyona (topaklanma) neden olur.

• **Debi Belirlenmesi:** Pompa debisi belirlenirken genel olarak kabul gören 5 tur/saat kapasitesine göre debi belirlenir. Boru, dirsek ve vanalardan kaynaklanan kayıplar hesaba katılarak toplam debi kapasitesi belirlenir. Bu kapasite hesabında tur sayısını artırmanın avantajı hem banyo homojenizasyonu daha efektif olur hem de ayrıışan iyonların hareketi hızlanacağı için kaplanan parçalar daha homojen kaplanır.

- **Sızdırmazlık:** Boyanın aşındırıcı yapısı nedeniyle çift mekanik salmastra kullanımı tavsiye edilir. Dışarıdan beslenen temiz su hattı (flush sistemi), boyanın kuruyup salmastra yüzeylerini tahrip etmesini önler.

Anot ve Diyaliz Hücreleri (pHYönetimi)

Kataforetik kaplama (E-coat) prosesinde, boya filminin katot (iş parçası) üzerinde dengeli bir şekilde oluşabilmesi için banyo kimyasının elektriksel ve kimyasal olarak stabil tutulması gerekir. Kaplama reaksiyonu sırasında banyoda sürekli olarak asidik yan ürünler (anyonlar) açığa çıkar. Bu durum, banyonun pH değerini düşürerek boyanın stabilitesini bozar.

Diyaliz Hücreleri (anot kutuları), bu noktada bir elektro-kimyasal filtre görevi görür. Seçici geçirgen membranlar yardımıyla fazla asidi banyodan çekerek anoliz tankına transfer eder ve böylece pH yönetimini otonom bir şekilde sağlar.

3.1. Anot Yüzey Alanı ve Akım Yoğunluğu Analizi

Sistemin kurulum maliyeti ve işletme verimliliği, toplam aktif anot alanının doğru hesaplanmasına bağlıdır. Bu hesaplama yapılırken, tesisin kapasitesine bağlı olan "Pik Akım Talebi" ve boyanın elektriksel karakterini belirleyen "Coulombic Verim" parametreleri esas alınır.

3.1.1 Coulombic Verim ve Akım İhtiyacı Formülasyonu

Coulombic verim, belirli bir yüzey alanında hedeflenen kuru film kalınlığını oluşturabilmek için gerekli elektrik yükü miktarını ifade eder.

Kataforez proseslerinde pratik mühendislik yaklaşımı olarak kullanılan temel ilişki aşağıdaki gibidir.

$$\text{Denklem } Q = A \times t \times C$$

Burada;

Q : Toplam gerekli elektrik yükü (Coulomb)

A : Kaplanacak yüzey alanı (m²)

t : Hedef kuru film kalınlığı (µm)

C : Boyaya ait coulombic sabit (C/m²-µm)

Tipik kataforez boyalarında coulombic sabit genellikle:

$$C = 15 - 30 \text{ C/m}^2\text{-}\mu\text{m aralığında değişmektedir.}$$

Bir redresör tasarımında gerekli akım ihtiyacı aşağıdaki denklem ile hesaplanabilir.

$$\text{Denklem } I = Q / T$$

Burada;

I : Gerekli akım (A)

1450 rpm). High-speed pumps operating at 2900 rpm may mechanically break paint molecules and cause flocculation.

Flow Rate Determination

Pump flow rate is generally designed according to the widely accepted circulation criterion of five tank turnovers per hour. Pressure losses caused by pipes, elbows, and valves must be included in the hydraulic calculation.

Increasing the circulation rate provides the following advantages:

- more effective bath homogenization
- accelerated ion movement
- improved coating uniformity

Sealing System

Due to the abrasive nature of E-coat paint, double mechanical seals are recommended. An external clean water flush system prevents paint drying and seal surface damage.

2.2 Eductor Nozzle Dynamics

Eductors are the primary components responsible for maintaining bath homogeneity.

Operating according to the Venturi principle, these devices generate flow rates approximately four to five times greater than the pumped liquid volume, preventing dead zones inside the tank.

In an ideal arrangement:

- eductors should be directed toward the tank bottom at a 45° angle
- sufficient turbulence should be created to prevent sediment accumulation

3. Anodes And Dialysis Cells (Ph Management)

During the cathodic electrodeposition process, acidic by-products accumulate in the bath while the paint film deposits on the cathode surface.

To maintain bath chemistry stability, dialysis cells (anode boxes) are used.

These units function as electrochemical filters, removing excess acid from the bath through ion-selective membranes and transferring it to the anolyte circuit.

3.1 Anode Surface Area and Current Density Analysis

The installation cost and operational efficiency of the system depend on accurate calculation of the total active anode surface area.

This calculation is based on the peak current demand of the facility and the coulombic efficiency of the coating material.

3.1.1 Coulombic Efficiency and Current Requirement Formulation

Coulombic efficiency represents the amount of electrical charge required to produce a target dry film thickness on a given surface area.

The general engineering relationship used in E-coat processes is shown below.

Equation (1)
 $Q = A \times t \times C$

Where:

Q : Required electrical charge (Coulomb)
A : Surface area to be coated (m²)
t : Target dry film thickness (μm)
C : Coulombic constant of the paint (C/m²·μm)

Typical coulombic constants for cathodic E-coat paints range between:

$$C = 15 - 30 \text{ C/m}^2\cdot\mu\text{m}$$

The required current for rectifier sizing can be calculated as follows.

Equation (2)
 $I = Q / T$

Where:

I : Required current (A)
Q : Total electrical charge (C)
T : Coating time (s)

Application Example

Surface area to be coated:
A = 100 m²
Target film thickness:
t = 25 μm
Paint constant:
C = 20 C/m²·μm
Total required charge:

Equation (3)

$$Q = 100 \times 25 \times 20$$

$$Q = 50,000 \text{ C}$$

Coating time:
T = 120 s
Required average current:

Equation (4)

$$I = 50,000 / 120$$

$$I \approx 417 \text{ A}$$

Technical Evaluation

Under actual process conditions, the system efficiency is never 100% due to factors such as:

- current efficiency
- part geometry
- throwing power
- bath conductivity
- temperature
- resin type

Therefore, rectifier capacity is generally designed with a safety factor of 20–40%.

3.1.2 Technical Analysis: MMO-Coated Titanium Anodes

Q : Toplam elektrik yükü (C)
T : Kaplama süresi (s)

Uygulama Örneği

Kaplanacak yüzey alanı: A = 100 m²
Hedef film kalınlığı: t = 25 μm
Boya sabiti: C = 20 C/m²·μm
Toplam gerekli yük:
Denklem (12) Q = 100 × 25 × 20 = 50.000 C
Kaplama süresi: T = 120 s

Gerekli ortalama akım:

$$\text{Denklem } I = 50\,000 / 120 \text{ I} \approx 417 \text{ A}$$

3.1.2. Teknik Analiz: MMO Kaplı Titanyum Anotlar

Modern kataforez tesislerinde yüksek performanslı MMO (Mixed Metal Oxide) kaplı titanyum anotlar tercih edilmektedir.

Bu anotların avantajları şunlardır:

- Yüksek Akım Kapasitesi: 80 - 100 A/m² bandında stabil çalışma.
- Boyutsal Kararlılık: Zamanla aşınma yapmaz, anot-katot mesafesini sabit tutar.
- Enerji Verimliliği: Düşük aşırı gerilim değerleri ile enerji tasarrufu.

3.2. Yerleşim Geometrisi ve Dağılım Tasarımı

Hesaplanan anot alanının tank içerisindeki stratejik yerleşimi, kaplama kalitesini doğrudan etkiler. Tasarımda üç kritik parametre baz alınmalıdır:

- Eşpotansiyel Dağılım: Anot-katot arası ideal mesafe 400–600 mm olmalıdır. Kısa mesafe “yanma” (burn) riskini, uzun mesafe ise enerji kaybını artırır.
- Diyaliz Hücre Konumlandırması: Anotlar tabandan en az 200 mm yukarıda, sıvı seviyesinden ise 100 mm aşağıda sonlanmalıdır.

- Anolit Sirkülasyonu: Membran sağlığı için anot başına 2–5 L/dk anolit akış hızı sağlanmalıdır.

3.3. Uygulamalı Tasarım Örneği ve Metodolojisi

Sistemin fiziksel boyutlarını belirlemek için standart bir tesis senaryosu üzerinden yapılan hesaplama aşağıdadır:

Sistem Verileri:

- Kaplanacak Maks. Alan (A-katot): 100 m²
- Tank Boyutları: 5m (U) x 2m (G) x 2.5m (D)
- Boya Akım İhtiyacı: 20 A/m²

GELECEĞİN ANAHTARI

SÜRDÜRÜLEBİLİR İNOVATİF ÜRETİM TEKNİKLERİ İLE

ELİMİZDE!

THE KEY TO THE FUTURE LIES IN SUSTAINABLE INNOVATIVE
PRODUCTION TECHNIQUES!



EKSAŞ olarak, **YEŞİL MUTABAKAT** kapsamında çevre duyarlılığını misyonumuzun merkezine koyuyor, sektördeki **SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK** standartlarını yükseltmek için **DİJİTAL DÖNÜŞÜM** ve en son teknolojileri kullanıyoruz. **İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ** çalışmalarımızda, riskleri azaltmak, çalışan güvenliğini sağlamak ve yasal düzenlemelere uyumu desteklemek için kapsamlı çözümler geliştiriyoruz.

As **EKSAŞ**, we place environmental sensitivity at the core of our mission under the **GREEN DEAL**, aiming to elevate **SUSTAINABILITY** standards in the industry through **DIGITAL TRANSFORMATION** and the utilization of cutting-edge technologies. In our **OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY** endeavors, we develop comprehensive solutions to mitigate risks, ensure employee safety, and support compliance with legal regulations.

EKSAŞ

EKSAS SURFACE TECHNOLOGIES

Modern E-coat facilities commonly use high-performance MMO (Mixed Metal Oxide) coated titanium anodes.

Advantages include:

- stable operation at current densities of 80–100 A/m²
- dimensional stability without significant wear
- improved energy efficiency due to low overpotential

3.2 Placement Geometry and Distribution Design

The strategic placement of the calculated anode area within the tank directly affects coating quality. Three critical design parameters must be considered.

Equipotential Distribution

The ideal anode-to-cathode distance should be between 400–600 mm.

Short distances increase burn risk, while excessive distances increase energy losses.

Dialysis Cell Positioning

Anodes should terminate:

- at least 200 mm above the tank bottom
- approximately 100 mm below the liquid level

Anolyte Circulation

For membrane health, anolyte circulation rates of 2–5 L/min per anode are recommended.

3.3 Practical Design Example and Methodology

The following example demonstrates the methodology used to determine physical system dimensions.

System Data

Maximum coating area (Acathode): 100 m²
 Tank dimensions: 5 m x 2 m x 2.5 m
 Paint current demand: 20 A/m²
 Selected anode: Ø50 mm MMO tubular anode
 Active length: 2.2 m

Calculation Steps

1. Peak Current Demand

$$I_{max} = 100 \times 20$$

$$I_{max} = 2000 \text{ A}$$

2. Required Total Anode Area

$$\text{Assuming } J_{limit} = 100 \text{ A/m}^2:$$

$$A_{anode} = 2000 / 100$$

$$A_{anode} = 20 \text{ m}^2$$

3. Active Area of a Single Anode

$$a_{unit} = \pi \times d \times L_{active}$$

$$a_{unit} = 3.14 \times 0.05 \times 2.2$$

$$a_{unit} = 0.345 \text{ m}^2$$

4. Required Number of Anodes

$$N = 20 / 0.345$$

$$N = 57.9 \approx 58 \text{ anodes}$$

5. Anode Pitch Calculation

- Seçilen Anot: Ø 50 mm MMO Boru Anot (Aktif Boy: 2.2 m)

Hesaplama Adımları:

$$1. \text{ Pik Akım Talebi (I-maks): } I_{maks} = 100 \text{ m}^2 \times 20 \text{ A/m}^2 = 2000 \text{ A}$$

$$2. \text{ Gerekli Toplam Anot Alanı (A-anot): } (J\text{-limit} = 100 \text{ A/m}^2 \text{ kabulü ile}) A\text{-anot} = 2000 \text{ A} / 100 \text{ A/m}^2 = 20 \text{ m}^2$$

$$3. \text{ Tek Bir Anodun Aktif Alanı (a-birim): } a\text{-birim} = \pi \times d \times L\text{-aktif}$$

$$a\text{-birim} = 3,14 \times 0,05 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} = 0,345 \text{ m}^2$$

$$4. \text{ Gerekli Toplam Anot Adedi (N): } N = 20 \text{ m}^2 / 0,345 \text{ m}^2 = 57,9 \text{ (Yaklaşık 58 Adet)}$$

$$5. \text{ Yerleşim Planı (Anot Aralığı - Pitch): Tankın her iki yan duvarına (toplam 10 metre uzunluk) dizilecek olan 58 adet anot için: Aralık} = 1000 \text{ cm} / 58 = 17,2 \text{ cm}$$

Teknik Değerlendirme: Hesaplanan 17,2 cm'lik yerleşim aralığı, elektriksel gölgeleme yapmayacak kadar geniş, ancak akım sürekliliğini (homojenliğini) sağlayacak kadar sık bir dizilimdir. Eğer bu aralık 15 cm'nin altına düşseydi, "iyonik sıkışma" riskine karşı daha büyük çaplı (örn. Ø 75 mm) anotlar kullanılarak adet düşürülmeli ve elektriksel rahatlama sağlanmalıydı. Mevcut Ø 50 mm seçimi bu senaryo için idealdir.

Not: Bu hesaplamalar banyonun "Throwing Power" (Çukurlara Sızma Gücü) özelliğini doğrudan etkiler. Yetersiz anot alanı veya yanlış yerleşim, sadece pH dengesizliğine değil, aynı zamanda kompleks parçaların iç kısımlarında kaplama zafiyetine yol açar.

Ultrafiltrasyon (UF) Ve Durulama Stratejisi

Ultrafiltrasyon (UF) modülleri, kataforez kaplama prosesinde boya geri kazanımı, banyo stabilitesi ve su tüketiminin azaltılması açısından kritik bir rol oynar. UF sistemi sayesinde boya banyosundan taşınan (drag-out) fazla boya geri kazanılarak hem ekonomik kayıplar azaltılır hem de proses kimyası dengede tutulur.

4.1 UF Sisteminin Çalışma Prensibi

UF membranları yarı geçirgen bir yapıya sahiptir ve boya banyosundaki bileşenleri moleküler boyutlarına göre ayırır. Bu ayırım sonucunda iki farklı akış elde edilir:

Permeat (UF suyu)

Membrandan geçen düşük molekül ağırlıklı bileşenleri içerir. Bunlar genellikle:

- su
- düşük molekül ağırlıklı solventler
- nötralizan asitler
- küçük iyonik bileşenler

UF permeatı genellikle durulama banyolarında yeniden kullanılır.

Konsantre (retentate)

Membran tarafından tutulan büyük moleküllü bileşenleri içerir:

- boya reçinesi
- pigment partikülleri
- kolloidal yapıdaki katkılar

Bu akış tekrar kataforez tankına geri gönderilir.

Bu sayede sistem kapalı bir boya geri kazanım döngüsü oluşturur.

4.2 Boya Geri Kazanımı (Drag-Out Yönetimi)

Kataforez prosesinde parçalar tanktan çıktığında yüzeylerinde belirli miktarda boya banyosu taşınır. Bu olaya drag-out denir.

Drag-out kaybı aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

- parça geometrisi
- yüzey alanı
- askı sistemi
- çekilme hızı
- viskozite

UF destekli durulama sistemlerinde drag-out boyası geri kazanılarak tekrar sisteme kazandırılır.

Tipik bir UF geri kazanım sistemi sayesinde:

- boya kayıpları %20 – %30
- kimyasal tüketimi %15 – %25
- atık su yükü ise %30 – %40

oranında azaltılabilir.

4.3 Çok Kademeli Durulama Tasarımı

Modern kataforez hatlarında genellikle 3 veya 4 kademeli UF durulama sistemi uygulanır.

Tipik bir durulama mimarisi aşağıdaki gibidir:

1. UF Permeat Durulama (Rinse 1)

Parça tanktan çıkar çıkmaz UF permeatı ile durulanır. Bu aşamada yüzeydeki boya yoğunluğu yüksek olduğu için boya geri kazanımı maksimum seviyededir.

2. Kademeli UF Durulama (Rinse 2)

Daha düşük boya konsantrasyonu içeren ikinci bir UF durulama banyosu uygulanır.

3. DI Su Durulaması (Final Rinse)

For 58 anodes distributed along both tank walls (total length: 10 m):

Pitch = 1000 cm / 58

Pitch ≈ 17.2 cm

Technical Evaluation

The calculated spacing of 17.2 cm is sufficiently wide to prevent electrical shielding while maintaining current distribution uniformity.

If the spacing were below 15 cm, larger diameter anodes (e.g., Ø75 mm) should be selected to reduce ionic crowding and improve electrical relaxation.

The selected Ø50 mm anodes are optimal for this scenario.

4. Ultrafiltration (Uf) And Rinsing Strategy

Ultrafiltration modules play a critical role in paint recovery, bath stability, and water consumption reduction.

Through UF systems, drag-out paint carried out of the tank is recovered and returned to the process.

4.1 UF Operating Principle

UF membranes are semi-permeable structures that separate bath components according to molecular size. Two separate streams are generated.

Permeate

Contains:

- water
- low molecular weight solvents
- neutralizing acids
- small ionic species

UF permeate is typically reused in rinse stages.

Concentrate (Retentate)

Contains:

- paint resin
- pigment particles
- colloidal additives

This stream is returned to the E-coat tank.

Thus, the system forms a closed-loop paint recovery cycle.

4.2 Paint Recovery (Drag-Out Management)

When parts leave the E-coat tank, a certain amount of paint is carried out on the surface. This phenomenon is called drag-out.

Drag-out losses depend on:

- part geometry
- surface area
- hanger design
- withdrawal speed
- viscosity

UF-assisted rinse systems can reduce:

- paint losses by 20–30%

- chemical consumption by 15–25%
- wastewater load by 30–40%

4.3 Multi-Stage Rinse Design

Modern E-coat lines generally utilize three- or four-stage UF rinse systems.

Typical rinse architecture:

1. UF permeate rinse (Rinse 1)
2. Secondary UF rinse (Rinse 2)
3. DI water final rinse

This arrangement minimizes paint losses while maximizing surface cleanliness.

4.4 Pressure Management (Trans-Membrane Pressure – TMP)

The pressure differential across UF membranes must be continuously monitored.

TMP is defined as:

$$TMP = (P_{in} + P_{out}) / 2 - P_{permeate}$$

Where:

P_{in} : membrane inlet pressure

P_{out} : membrane outlet pressure

$P_{permeate}$: permeate line pressure

Typical operating range:

$$TMP = 1-3 \text{ bar}$$

Increasing pressure differentials generally indicate:

- membrane fouling
- paint agglomeration
- biological contamination
- increased particulate loading

In such cases, chemical cleaning (CIP) is required.

4.5 Membrane Flux

One of the most important performance indicators of UF systems is membrane flux.

Flux is defined as:

$$Flux = \text{Permeate flow rate} / \text{Membrane area}$$

Typical unit:

$$L/m^2 \cdot h$$

Typical flux values in E-coat UF systems:

$$40-80 L/m^2 \cdot h$$

Flux reduction may indicate:

- membrane fouling
- increased paint concentration
- viscosity increase
- insufficient pump flow

4.6 Membrane Cleaning (CIP Strategy)

UF membranes must undergo regular chemical cleaning to ensure long service life.

Son aşamada deiyonize su kullanılarak yüzeydeki iyonik kalıntılar uzaklaştırılır.

Bu sistem sayesinde boya kayıpları minimize edilirken yüzey temizliği maksimum seviyeye çıkarılır.

4.4 Basınç Yönetimi (Trans-Membrane Pressure – TMP)

UF sistemlerinin verimli çalışabilmesi için membran üzerindeki basınç farkı sürekli izlenmelidir.

Trans-membrane pressure şu şekilde tanımlanır:

$$TMP = (P_{in} + P_{out}) / 2 - P_{permeate}$$

Burada:

P_{in} ► membran giriş basıncı

P_{out} ► membran çıkış basıncı

$P_{permeate}$ ► permeat hattı basıncı

Tipik UF çalışma aralığı:

$$TMP = 1 - 3 \text{ bar}$$

Basınç farkının zamanla artması genellikle şu problemlerin göstergesidir:

- membran gözeneklerinin tıkanması
- boya aglomerasyonu
- biyolojik kirlenme
- partikül yükü artışı

Bu durumda sistemin kimyasal temizliği (CIP) yapılmalıdır.

4.5 Membran Akı Değeri (Flux)

UF sistem performansının önemli göstergelerinden biri membran akı değeri (flux)'tur.

Flux şu şekilde tanımlanır:

$$Flux = \text{permeate debisi} / \text{membran yüzey alanı}$$

Genellikle birimi:

$$L/m^2 \cdot h$$

Kataforez UF sistemlerinde tipik flux değerleri:

$$40 - 80 L/m^2 \cdot h$$

Flux değerinin düşmesi aşağıdaki problemlere işaret edebilir:

- membran fouling
- boya konsantrasyonu artışı
- viskozite artışı
- pompa debisi yetersizliği

4.6 Membran Temizliği (CIP Stratejisi)

UF membranlarının uzun ömürlü çalışabilmesi için düzenli kimyasal temizlik uygulanmalıdır.

Temizlik prosedürü genellikle aşağıdaki aşamalardan oluşur:

1. Alkali temizlik (organik kirler için)

2. Asidik temizlik (mineral birikimler için)
3. DI su durulaması
CIP sıklığı tipik olarak:

• 2 – 4 hafta (proses yüküne bağlı olarak) olarak planlanır.

Düzenli temizlik yapılmadığında membran akısı düşer ve sistem verimliliği ciddi şekilde azalır.

5. Kritik Ekipman Spesifikasyonları

Ekipman Equipment	İdeal Malzeme Preferred Material	Kritik Teknik Kriter Critical Technical Criteria
Isı Değiştirici Heat Exchanger	Titanyum / AISI 316L Titanium / AISI 316L	Wide-gap (geniş aralıklı) plaka tasarımı. Wide-gap plate design
Redresör Rectifier	Tristörlü veya Switch-mode Thyristor or Switch-mode	Düşük dalgalanma (ripple) oranı (< %3). Ripple ratio < 3%
Filtre Ünitesi Filtration Unit	AISI 304 / 316 Duplex AISI 304 / 316 Duplex	Sürekli için çiftli sistem; 25 µm torba filtre. Dual system with 25 µm bag filters
Boru Tesisatı Piping System	Paslanmaz veya HDPE/PP Stainless Steel or HDPE/PP	Pürüzsüz iç yüzeyli, korozyona dayanıklı malzeme. Smooth internal surface and corrosion resistance

6. Sonuç

Kataforez kaplama sistemleri çok disiplinli mühendislik yaklaşımı gerektiren kompleks proseslerdir.

Sistem performansı;

- doğru sirkülasyon tasarımı
- uygun anot alanı
- etkin UF geri kazanımı
- doğru ekipman seçimi

ile doğrudan ilişkilidir.

Bu çalışmada verilen hesaplama yöntemleri ve tasarım kriterleri kataforez tesislerinin mühendislik tasarımında referans niteliği taşımaktadır.

Referanslar | References

- 1. Lowenheim, F. A., Modern Electroplating, 3rd Edition, John Wiley & Sons, New York, 1974. -2. Schlesinger, M., Paunovic, M., Modern Electroplating, 5th Edition, Wiley, New Jersey, 2010. -3. Miskovic-Stankovic, V. B., Electrochemical Surface Engineering, Springer, 2020. -4. Hussain, A., "Electrodeposition Coatings and Their Industrial Applications," Surface Engineering Journal, Vol. 32, No. 4, pp. 201–214, 2018. -5. BASF Coatings, Cathodic Electrocoating Technical Manual, BASF Technical Publications, Germany, 2019. -6. PPG Industries, Electrocoat System Operating Guidelines, PPG Process Engineering Documentation, 2021. -7. Axalta Coating Systems, Electrocoat Troubleshooting and Process Control Guide, Axalta Industrial Coatings, 2020. -8. George, C., "Hydrodynamic Effects in Cathodic Electrodeposition Systems," Journal of Coatings Technology and Research, Vol. 11, No. 6, pp. 817–829, 2016. -9. Bittner, A., "Influence of Flow Dynamics on Electrocoat Film Uniformity," Surface Coatings International, Vol. 95, No. 3, pp. 144–152, 2012. -10. Durney, L. J., Electroplating Engineering Handbook, 4th Edition, Springer, 1984. -11. Pletcher, D., Walsh, F. C., Industrial Electrochemistry, 2nd Edition, Chapman & Hall, London, 1993. -12. Bard, A. J., Faulkner, L. R., Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications, 2nd Edition, Wiley, 2001. -13. Uhlig, H. H., Revie, R. W., Corrosion and Corrosion Control, Wiley, 2008. -14. Rautenbach, R., Membrane Processes, Wiley, 1989. -15. Mulder, M., Basic Principles of Membrane Technology, Springer, 1996. -16. Baker, R. W., Membrane Technology and Applications, 3rd Edition, Wiley, 2012. -17. Judd, S., The MBR Book: Principles and Applications of Membrane Bioreactors, Elsevier, 2011.

Typical cleaning procedure:

1. Alkaline cleaning
2. Acid cleaning
3. DI water rinse

Typical cleaning interval:

2–4 weeks

Insufficient cleaning leads to severe flux reduction and decreased system efficiency.

5. Critical Equipment Specifications

6. CONCLUSION

Cathodic electrodeposition systems are complex processes requiring a multidisciplinary engineering approach.

System performance is directly related to:

- proper circulation design
- sufficient anode surface area
- efficient UF recovery
- correct equipment selection

The calculation methodologies and design criteria presented in this study provide a technical reference for engineering design of E-coat facilities.

Organizatör



TÜYAP

BESİAD

Bağlantı Elemanları Sanayici
İş İnsanları Derneği
İŞ BİRLİĞİYLE

FASTENER EXPO EURASIA

AVRASYA ENDÜSTRİYEL BAĞLANTI VE SABİTLEME ELEMANLARI FUARI

17 - 20 EYLÜL 2026

ENDÜSTRİYİ
BİR ARADA TUTAN
PLATFORM



T.C. TİCARET
BAKANLIĞI



@fastenerexpaeurasia



@EurasiaFastener



@Fastener Expo Eurasia

QR'I TARA
DETAYLARI KEŞFET



TÜYAP FUAR VE KONGRE MERKEZİ BÜYÜKÇEKMECE | İSTANBUL

BU FUAR 5174 SAYILI KANUN GEREĞİNCE TOBB (TÜRKİYE ODALAR BORSALAR BİRLİĞİ) DENETİMİNDE DÜZENLENMEKTEDİR.

Win Eurasia 2026'da Yüzey İşlem Sektörü Geleceğe Odaklandı

*Shaping The Future Of Surface
Treatment At Win Eurasia 2026*



TÜYİDER'in düzenlediği "Yüzey İşlem Proseslerinde Otomasyon ve Dijital Entegrasyon" paneli büyük ilgi gördü.

Üretim teknolojilerinin en önemli buluşmalarından biri olan WIN EURASIA 2026, 10-13 Haziran tarihleri arasında İstanbul Fuar Merkezi'nde sanayinin farklı disiplinlerinden binlerce profesyoneli bir araya getirdi. Otomasyon, robotik sistemler, dijital fabrikalar, kaynak teknolojileri, makine üretimi ve endüstriyel dönüşüm alanlarında faaliyet gösteren yüzlerce firmanın yer aldığı organizasyon, üretim dünyasının geleceğine yön veren teknolojilerin sergilendiği önemli bir platform oldu.

TÜYİDER Tüm Yüzey İşlemler Derneği olarak bu önemli organizasyonun destekleyen kuruluşlar arasında yer almanın yanı sıra, yüzey işlem sektörünün geleceğine ışık tutan kapsamlı bir panel düzenleyerek fuara önemli bir teknik içerik kazandırdık.

12 Haziran'da gerçekleştirilen "Yüzey İşlem Proseslerinde Otomasyon ve Dijital Entegrasyon" başlıklı panel, sektör profesyonellerini, üreticileri ve teknoloji sağlayıcılarını aynı platformda buluşturdu. Panel boyunca otomasyonun yüzey işlem proseslerine etkileri, dijital dönüşüm uygulamaları,

TÜYİDER Panel Showcases the Future of Digital Surface Treatment

WIN EURASIA 2026, one of the manufacturing industry's leading exhibitions, brought together thousands of professionals at the Istanbul Expo Center from 10 to 13 June 2026. Featuring companies specializing in automation, robotics, digital manufacturing, welding technologies, machinery, and industrial solutions, the exhibition once again demonstrated its role as one of the region's most important meeting points for manufacturing innovation.

As one of the supporting associations of the exhibition, the Turkish Surface Treatment Association (TÜYİDER) contributed to the event's technical programme by organizing a panel dedicated to one of the industry's most significant transformation topics, Automation and Digital Integration in Surface Treatment Processes.

Held on 12 June, the session brought together manufacturers, technology providers, and industry professionals to discuss how digital transformation is reshaping modern surface treatment operations. The programme explored automation, robotics, intelligent process control, digital manufacturing, and sustainable production, providing participants with valuable insights into the technologies shaping the future of the sector.



Digital Transformation Is Reshaping Surface Treatment

Surface treatment facilities are evolving far beyond traditional production lines. Today's plants are becoming intelligent manufacturing environments that collect and analyze data, optimize energy consumption, ensure complete process traceability, and monitor quality in real time.

Throughout the panel, speakers demonstrated that automation delivers benefits well beyond higher production rates. Improved process reliability, greater operational transparency, enhanced product quality, and increased energy efficiency have become essential elements of a competitive manufacturing strategy.

One message was consistent throughout every presentation. Digital transformation is no longer a future ambition. It is a business necessity for companies seeking to remain competitive in an increasingly demanding global marketplace.

Practical Solutions for Modern Manufacturing

One of the panel's greatest strengths was its emphasis on practical industrial applications rather than theoretical concepts.

robotik teknolojiler, akıllı kontrol sistemleri ve sürdürülebilir üretim anlayışı farklı bakış açılarıyla değerlendirildi.

Dijitalleşme Artık Bir Tercih Değil

Günümüzde yüzey işlem tesisleri yalnızca kaliteli kaplama yapan üretim merkezleri olmaktan çıkıp verileri yöneten, süreçlerini analiz eden, enerji tüketimini optimize eden ve kaliteyi gerçek zamanlı takip eden akıllı üretim sistemlerine dönüşüyor.

Panelde yapılan sunumlar da bu dönüşümün sektöre yansımalarını somut örneklerle ortaya koydu. Otomasyon sistemlerinin yalnızca üretim hızını artırmadığı; proses güvenilirliği, izlenebilirlik, enerji verimliliği ve sürdürülebilir kalite açısından da işletmelere önemli avantajlar sağladığı vurgulandı.

Başarılı Uygulamalar Paylaşıldı

Panel kapsamında sektörün öncü firmaları kendi uygulamalarını ve deneyimlerini katılımcılarla paylaştı. Kataloza kaplama proseslerinde akıllı kontrol sistemleri ve dijital dönüşüm uygulamaları, proseslerin daha hassas yönetilmesini

sağlayan çözümlerle ele alınırken; otomatik takip sistemleri, veri toplama altyapıları ve proses optimizasyonu sayesinde kalite sürekliliğinin nasıl sağlandığı örneklerle aktarıldı.

Robotik yüzey işleme teknolojileri üzerine yapılan sunumlarda ise özellikle manuel işlemlerden robot destekli sistemlere geçişin üretim kalitesine, iş güvenliğine ve sürdürülebilir üretime sağladığı katkılar değerlendirildi. Robotik zımparalama ve yüzey hazırlama uygulamaları, karmaşık geometrilere sahip parçaların yüksek hassasiyetle işlenebilmesine olanak tanırken, operatör bağımlılığını azaltarak standart kalite seviyesinin korunmasına önemli katkılar sağlıyor.

Panel boyunca yapılan sunumlar, dijital dönüşümün yalnızca büyük ölçekli tesisler için değil, rekabet gücünü artırmak isteyen tüm işletmeler için stratejik bir gereklilik haline geldiğini açıkça ortaya koydu.

Bilgi Paylaşımının Gücü

WIN EURASIA'nın en önemli özelliklerinden biri, üretim teknolojilerinin yalnızca sergilendiği bir fuar olmanın ötesinde bilgi paylaşımını, sektörel iş birliklerini ve teknik gelişmeleri destekleyen bir platform olmasıdır.

TÜYİDER tarafından düzenlenen panel de bu anlayışın önemli örneklerinden biri oldu. Akademi, teknoloji sağlayıcıları, üretici firmalar ve sektör profesyonellerinin aynı salonda buluşması, bilgi alışverişini güçlendirirken yeni iş birliklerinin de temelini oluşturdu.

TÜYİDER Sektörün Gelişimine Katkı Sunmaya Devam Ediyor

Yüzey işlem teknolojileri; otomotiv, savunma sanayi, beyaz eşya, makine imalatı, havacılık, enerji ve birçok stratejik

Leading companies presented real-world examples of smart process control, digital integration, and automation solutions already implemented in modern surface treatment facilities. Their presentations demonstrated how automated monitoring systems, integrated data management, and advanced process optimization improve production consistency, strengthen traceability, and increase operational efficiency.

Robot-assisted surface finishing was another major focus. Speakers explained how robotic grinding, sanding, and surface preparation improve precision when processing complex components while reducing dependence on manual operations. These technologies not only increase productivity but also enhance workplace safety and help manufacturers maintain consistently high quality standards. Together, these case studies demonstrated that digital transformation is not reserved for large-scale manufacturers. Companies of every size can benefit from intelligent automation as they pursue greater efficiency, flexibility, and long-term competitiveness.

A Platform for Knowledge Exchange

WIN EURASIA is far more than a showcase for new products and technologies. It is a platform where manufacturers, technology providers, researchers, and decision-makers come together to exchange ideas, share expertise, and build new partnerships.

TÜYİDER's panel reflected this spirit by creating an environment where practical experience and technical knowledge could be shared openly among industry stakeholders. The lively discussions and active audience participation demonstrated the sector's growing interest in digital technologies while highlighting the importance of collaboration in addressing future challenges.

TÜYİDER's Commitment to the Industry

Surface treatment technologies play a vital role in strategic





industries including automotive, aerospace, defence, machinery manufacturing, home appliances, and energy. As manufacturing continues to evolve, encouraging technological innovation and promoting the exchange of technical knowledge have become more important than ever.

As the Turkish Surface Treatment Association, TÜYİDER remains committed to supporting the sector through knowledge sharing, professional collaboration, and the adoption of advanced manufacturing technologies. Strengthening the international competitiveness of Türkiye's surface treatment industry remains one of our principal objectives.

We extend our sincere appreciation to Mr. Emin Kalıp, Vice Chairman of the TÜYİDER Board, for moderating the panel. We also thank Mr. Yavuz Şentürk, Business Development Manager at PODİM Robotics, for sharing his expertise on robotics and digital manufacturing, Mr. Semih Şenocak, Sales Manager at BOYSIS, for presenting valuable practical experience in surface treatment applications, and Mr. Fatih Karakaya, R&D and Business Development Manager at Karakaya 86, for his presentation on automation and process optimization.

Our thanks also go to all industry professionals, TÜYİDER members, visitors, and the Hannover Fairs Turkey team for their contribution to the success of this event. TÜYİDER will continue to support initiatives that promote innovation, encourage knowledge sharing, and strengthen collaboration across the surface treatment industry. Through these efforts, we aim to build a more competitive and sustainable future for the sector.

sektörün kalite standartlarını doğrudan etkileyen kritik üretim süreçlerinin başında geliyor. Bu nedenle sektörün teknolojik gelişmeleri yakından takip etmesi ve bilgi paylaşımını artırması her zamankinden daha büyük önem taşıyor.

TÜYİDER olarak temel hedefimiz üyelerimiz arasında teknik bilgi paylaşımını artırmak, yeni teknolojilerin sektöre kazandırılmasına katkı sağlamak ve Türk yüzey işlem sektörünün uluslararası rekabet gücünü yükseltmektir.

Panelimizin moderatörlüğünü üstlenen TÜYİDER Yönetim Kurulu Başkan Yardımcısı sayın Emin Kalıp'a, robotik uygulamalar ve dijital üretim teknolojileri konusundaki değerli paylaşımlarıyla PODİM Robotik İş Geliştirme Müdürü sayın Yavuz Şentürk'e, yüzey işlem proseslerindeki uygulama deneyimlerini aktaran BOYSIS Satış Müdürü sayın Semih Şenocak'a ve otomasyon ile proses optimizasyonuna yönelik sunumuyla katkı sağlayan Karakaya 86 Ar-Ge/BY Yöneticisi sayın Fatih Karakaya'ya içten teşekkürlerimizi sunarız.

Ayrıca panelimize ilgi göstererek bilgi paylaşımına katkıda bulunan tüm sektör profesyonellerine, üyelerimize ve ziyaretçilerimize bu değerli organizasyonun gerçekleşmesine katkı sağlayan Hannover Fairs Turkey ekibine teşekkür ederiz.

TÜYİDER olarak, yüzey işlem sektörünün teknolojik gelişimini destekleyen, bilgi paylaşımını teşvik eden ve sektör paydaşlarını bir araya getiren bu tür etkinliklerde yer almaya sektörümüzün sürdürülebilir gelişimine katkı sağlamaya kararlılıkla devam edeceğiz.

**Yüzey İşlem Sektöründe
Yeni Bir Soluk!**

TÜYİDERGİ



+90 542 682 37 32

medya@tuyider.org

www.tuyider.org

SURFACE TECHNOLOGY STUTTGART 2026 FUARI TEKNİK DEĞERLENDİRME VE SEKTÖREL İZLENİMLER

Technical Evaluation and Industry Observations from Surface Technology Stuttgart 2026

Kamil ÖZÇIKMAK

TÜYİDER - Yönetim Kurulu Başkan Yardımcısı
Teknobak Tekn. Mak. Bak. ve Müh. Hiz. Ltd. Şti.



SurfaceTechnology Stuttgart 2026 Fuarı, 5-7 Mayıs 2026 tarihleri arasında gerçekleştirilmiş olup, yüzey işlem teknolojileri, endüstriyel kaplama sistemleri ve proses mühendisliği alanlarında mevcut teknolojik eğilimlerin değerlendirilmesi açısından önemli bir platform olarak öne çıkmıştır. Fuar süresince gerçekleştirilen teknik incelemeler ve katılımcı firmalarla yapılan görüşmeler, sektörün özellikle proses verimliliği, sürdürülebilir üretim, dijitalleşme ve kalite kontrol ekseninde önemli bir dönüşüm içerisinde olduğunu ortaya koymuştur.

Teknik Gözlemler

Fuar kapsamında sergilenen teknolojiler incelendiğinde; yüzey hazırlama, temizleme, ön işlem, kaplama ve son kontrol süreçlerinin giderek daha entegre bir yapıya dönüştüğü gözlemlenmiştir. Özellikle otomatik proses kontrolü sağlayan sistemler, veri tabanlı üretim izleme çözümleri ve dijital kalite

The SurfaceTechnology Stuttgart 2026 exhibition, held from May 5-7, 2026, stood out as an important platform for evaluating current technological trends in surface treatment technologies, industrial coating systems, and process engineering. Technical reviews conducted throughout the exhibition and discussions with participating companies demonstrated that the industry is undergoing a significant transformation, particularly in the areas of process efficiency, sustainable manufacturing, digitalization, and quality control.

Technical Observations

An examination of the technologies showcased at the exhibition revealed that surface preparation, cleaning, pretreatment, coating, and final inspection processes are becoming increasingly integrated. In particular, automated process control systems, data-driven production monitoring solutions, and digital quality management infrastructures

attracted considerable attention. The widespread adoption of sensor-supported control mechanisms aimed at minimizing production errors and enhancing process stability indicates that digital transformation within the industry is accelerating. In the field of coating technologies, high-performance functional coatings, corrosion-resistant surface solutions, environmentally friendly chemical processes, and energy-efficient applications were among the most prominent developments. Surface engineering solutions designed for the automotive, aerospace, machinery manufacturing, and other high-precision industrial sectors were especially noteworthy. Furthermore, the extensive presentation of digital measurement systems for process traceability and quality standardization signals a new level in the industry's approach to quality assurance.

Sustainability and Efficiency

From a sustainability perspective, low-VOC emission processes, systems that reduce chemical consumption, recovery and recycling technologies, and energy-optimized production equipment were among the primary focus areas of many exhibitors. Engineering approaches aimed at increasing resource efficiency are gaining strategic importance not only for environmental compliance but also for reducing operational costs.

Industry Trends

Technical discussions held throughout the exhibition indicated that manufacturers are moving beyond a traditional equipment-sales approach and increasingly focusing on process optimization, application engineering, and long-term production efficiency as solution partners. Topics such as digital monitoring, predictive maintenance, process simulation, and real-time data analysis are expected to become key factors determining competitiveness in the surface technology sector in the coming years.

Participation from Türkiye and TÜYİDER Representation

The exhibition attracted strong interest from Türkiye, both from exhibitors and visitors. TÜYİDER member companies participating as exhibitors included PROMETAL, EPLAS, TORANTO, OTMK, GALVONORM, ARTKİM, and KP/TEKNOBAK.

Other exhibitors from Türkiye included Bozkurt Endüstriyel Yüzey İşlem and SAYRON. Representatives from Alp Havacılık, Çimtaş, and Umicore were also present at the exhibition.

Among the visitors were representatives from Mahle, Knorr-Bremse, Alcoa, and Pure Battery Technologies. In addition, numerous Turkish-owned companies operating in Germany, along with Turkish technical and administrative professionals employed by these organizations, visited the TÜYİDER stand.

yönetim altyapıları dikkat çekmiştir. Üretim süreçlerinde hata oranlarını azaltmaya ve proses stabilitesini artırmaya yönelik sensör destekli kontrol mekanizmalarının yaygınlaşması, sektörde dijital dönüşümün hız kazandığını göstermektedir. Kaplama teknolojileri alanında ise yüksek performanslı fonksiyonel kaplamalar, korozyon dayanımını artıran yüzey çözümleri, düşük çevresel etkiye sahip kimyasal prosesler ve enerji verimliliği sağlayan uygulamalar ön plana çıkmıştır. Özellikle otomotiv, havacılık, makine imalatı ve yüksek hassasiyet gerektiren endüstriyel uygulamalara yönelik yüzey mühendisliği çözümlerindeki gelişmeler dikkat çekici bulunmuştur. Bununla birlikte, proses parametrelerinin izlenebilirliği ve kalite standardizasyonuna yönelik dijital ölçüm sistemlerinin yaygın olarak sergilenmesi, sektörün kalite güvence yaklaşımında yeni bir seviyeye ulaştığını göstermektedir.

Sürdürülebilirlik ve Verimlilik

Sürdürülebilirlik perspektifinden değerlendirildiğinde; düşük VOC emisyonlu prosesler, kimyasal tüketimini azaltan sistemler, geri kazanım teknolojileri ve enerji optimizasyonu sağlayan üretim ekipmanları birçok katılımcının odak alanını oluşturmıştır. Kaynak verimliliğini artırmaya yönelik mühendislik yaklaşımlarının yalnızca çevresel uyumluluk açısından değil, aynı zamanda operasyonel maliyetlerin azaltılması bakımından da stratejik önem kazandığı görülmüştür.

Sektörel Eğilimler

Fuar boyunca gerçekleştirilen teknik görüşmeler, üreticilerin yalnızca ekipman satışı yaklaşımından uzaklaşarak; proses optimizasyonu, uygulama mühendisliği ve uzun vadeli üretim verimliliğine odaklanan çözüm ortaklığı modeline yöneldiğini göstermiştir. Özellikle dijital izleme, kestirimci bakım, proses simülasyonu ve gerçek zamanlı veri analizi başlıklarının önümüzdeki dönemde yüzey teknolojileri sektörünün rekabet gücünü belirleyen temel unsurlar arasında yer alacağı değerlendirilmektedir.

Türkiye'den Katılım ve TÜYİDER Temsiliyeti

Fuara Türkiye'den hem katılımcı hem de ziyaretçi olarak yoğun ilgi gösterilmiştir. TÜYİDER üyesi firmalar arasında katılımcı olarak yer alan; PROMETAL, EPLAS, TORANTO, OTMK, GALVONORM, ARTKİM ve KP/TEKNOBAK firmaları dikkat çekmiştir.

Türkiye'den diğer katılımcılar arasında Bozkurt Endüstriyel Yüzey İşlem ve SAYRON yer almıştır. Ayrıca Alp Havacılık, Çimtaş ve Umicore temsilcileri de fuarda bulunmuştur.

Ziyaretçiler arasında ise Mahle, Knorr-Bremse, Alcoa ve Pure Battery Technologies gibi firmalardan temsilciler yer almıştır. Bunun yanı sıra Almanya'da faaliyet gösteren Türk firmaları ile bu kuruluşlarda görev yapan çok sayıda Türk teknik ve idari profesyonel de TÜYİDER standını ziyaret etmiştir.

1831 – Türkiye Yeşil İnovasyon Teknoloji Mentörlük Programı

Destek Kapsamı

Bu program, KOBİ'lere teknolojik danışmanlık, kapasite analizi, problem belirleme, çözüm yaklaşımları yol haritası hazırlama hizmetlerini kapsamaktadır.

1831 Proje maliyetinin %90'ı TÜBİTAK tarafından hibe olarak karşılanmaktadır.

Mentörlük programı kapsamında firmalarımızın mevcut durumları tespit edildikten sonra, Dünya Bankası, Avrupa Birliği, Bakanlıklar, TÜBİTAK, KOSGEB tarafından finanse edilen Yeşil Dönüşüm Projelerine yönlendirilecektir.



General Economic and Geopolitical Observations

During the exhibition period, the effects of ongoing geopolitical developments and conflicts in the Middle East were noticeable within the global business community. Discussions among participants reflected a general atmosphere of uncertainty, while the future of traditional trade fairs and their evolving role alongside digital platforms was a recurring topic of conversation.

At the same time, there was a clear expectation of increased investment in the European defense industry. This trend is anticipated to create new opportunities in surface treatment technologies, specialized coating applications, and advanced materials engineering.

Organization and Support

Throughout the exhibition, the organizing team maintained close communication with exhibitors and contributed significantly to the efficient operation of the event. In particular, Ramtin Randjbar-Moshtaghin and Berna Akdağ provided valuable support through their active engagement with participants, helping ensure the successful execution of the exhibition.

Conclusion

SurfaceTechnology Stuttgart 2026 proved to be a highly valuable event for assessing global trends in surface treatment and coating technologies, examining next-generation process solutions, and analyzing key themes of industrial transformation. The observations gathered during the exhibition clearly indicate that the future of the industry will be shaped by advanced process control, sustainable manufacturing, digital integration, data-driven quality management, and enhanced functional surface performance. Furthermore, the strong participation from Türkiye demonstrated the increasing international visibility of the Turkish surface treatment industry and highlighted its growing potential for global collaboration and business development.



Genel Ekonomik ve Jeopolitik Gözlemler

Fuarın düzenlendiği dönemde Orta Doğu'da yaşanan jeopolitik gelişmelerin küresel iş dünyası üzerindeki etkileri hissedilmiştir. Katılımcılar arasında genel olarak ekonomik ve ticari belirsizliklere ilişkin değerlendirmeler yapılmış, ayrıca geleneksel fuar organizasyonlarının geleceği ve dijital platformlarla ilişkisi üzerine çeşitli görüş alışverişleri gerçekleştirilmiştir.

Bununla birlikte Avrupa'da savunma sanayine yönelik yatırım beklentilerinin arttığı ve bu durumun yüzey işlem, özel kaplama teknolojileri ve ileri malzeme uygulamaları alanlarında yeni fırsatlar yaratabileceği yönünde değerlendirmeler öne çıkmıştır.

Organizasyon ve Destek

Fuar süresince organizasyon ekibi tarafından katılımcılarla yakın iletişim kurulmuş ve etkinliğin verimli şekilde yürütülmesine katkı sağlanmıştır. Özellikle Ramtin Randjbar-Moshtaghin ve Berna Akdağ katılımcılarla yakından ilgilenerek organizasyonun etkin ve başarılı bir şekilde yürütülmesine destek vermişlerdir.

Sonuç

SurfaceTechnology Stuttgart 2026, yüzey işlem ve kaplama teknolojilerindeki küresel eğilimlerin değerlendirilmesi, yeni nesil proses çözümlerinin incelenmesi ve endüstriyel dönüşüm başlıklarının analiz edilmesi açısından yüksek teknik değer taşıyan bir organizasyon olmuştur. Fuar kapsamında elde edilen gözlemler, sektörün geleceğinin yüksek proses kontrolü, sürdürülebilir üretim, dijital entegrasyon, veri odaklı kalite yönetimi ve fonksiyonel yüzey performansı ekseninde şekilleneceğini açıkça ortaya koymaktadır. Ayrıca Türkiye'den güçlü katılımın gerçekleşmiş olması, Türk yüzey işlem sektörünün uluslararası pazarlardaki görünürlüğü ve iş birliği potansiyeli açısından önemli bir gösterge niteliği taşımaktadır.

TOGG FABRİKASI ZİYARETİ: YÜZEY İŞLEMLERİNİN ÖNEMİ, GEREKSİNİMLER VE GELECEK PERSPEKTİFİ

TOGG Factory Visit: Importance of Surface Treatments, Requirements, and Future Perspective



Frenler ve Tahrik Sistemleri Teknik Komitesi 2026-1 Toplantısı, TOGG Gemlik Fabrikası ev sahipliğinde, otomotiv sektöründe fren ve tahrik sistemlerine yönelik güncel teknolojik gelişmelerin, regülasyonların ve üretim süreçlerinin ele alındığı kapsamlı bir teknik platform olarak gerçekleştirilmiştir. Toplantı, sektörün önde gelen uzmanlarını, mühendislerini ve akademisyenlerini bir araya getirerek bilgi paylaşımı ve ortak çözüm geliştirme açısından önemli bir etkileşim ortamı sağlamıştır.

Toplantı kapsamında, özellikle elektrikli araç teknolojilerinin hızla gelişmesiyle birlikte fren sistemleri ve tahrik sistemlerinde ortaya çıkan yeni gereksinimler, performans beklentileri ve dayanıklılık kriterleri detaylı olarak değerlendirilmiştir. Enerji verimliliği, rejeneratif frenleme sistemleri ile mekanik fren sistemlerinin entegrasyonu, NVH (gürültü-titreşim-konfor) kriterleri ve güvenlik standartları toplantının ana teknik başlıkları arasında yer almıştır.

The Brake and Drivetrain Systems Technical Committee 2026-1 Meeting was held at the TOGG Gemlik Factory as a comprehensive technical platform addressing the latest technological developments, regulations, and manufacturing processes in brake and drivetrain systems within the automotive industry. The meeting brought together leading experts, engineers, and academics from the sector, creating an important environment for knowledge exchange and collaborative problem-solving.

Within the scope of the meeting, emerging requirements driven by the rapid development of electric vehicle technologies were thoroughly evaluated, particularly in relation to brake and drivetrain systems. Key technical topics included energy efficiency, integration of regenerative braking systems with conventional mechanical braking systems, NVH (Noise, Vibration, and Harshness) criteria, and safety standards.

Prof. Dr. Ekrem ALTUNCU participated in the event and delivered a technical presentation focusing on two critical areas: surface treatments and coating technologies (from the TÜYİDER perspective) and Euro 7 emissions regulations. Under the surface treatment topic, the discussion highlighted the role of corrosion resistance, wear performance, and functional coatings in extending the service life of brake and drivetrain components. The increasing importance of surface engineering in next-generation electric vehicles, particularly with the growing use of lightweight materials, was also emphasized.

Regarding Euro 7 regulations, the presentation addressed brake dust emissions, particulate matter control, environmental sustainability targets, and their impact on manufacturing processes. It was emphasized that OEMs and suppliers are increasingly required to adopt new technologies to meet both performance and environmental compliance requirements.

The technical discussions throughout the meeting enabled industry representatives to evaluate current systems, analyze future technological trends, and contribute to the development of common standards. Held at the TOGG Gemlik Factory, this meeting represented an important milestone in strengthening strategic cooperation in advanced engineering, regulatory compliance, and surface technologies within Türkiye's automotive ecosystem.

The technical visit to the TOGG manufacturing facility provided an opportunity to directly observe the critical role of surface engineering in the electric vehicle production ecosystem. During the visit, modern automotive production lines were examined, with particular attention given to surface treatment technologies applied to body structures, chassis components, fasteners, and functional parts.

Etkinliğe Prof. Dr. Ekrem ALTUNCU katılım sağlamış ve program kapsamında iki kritik konu üzerine teknik bir sunum gerçekleştirmiştir. Bu sunumlar; yüzey işlemler ve kaplama teknolojileri (TÜYİDER perspektifi) ile Euro 7 emisyon ve çevresel regülasyonları üzerine odaklanmıştır. Yüzey işlemler başlığı altında, fren ve tahrik sistemlerinde kullanılan bileşenlerde korozyon direnci, aşınma performansı ve fonksiyonel kaplamaların sistem ömrüne etkisi detaylı şekilde ele alınmıştır. Ayrıca yeni nesil elektrikli araçlarda hafif malzemelerin kullanımıyla birlikte yüzey mühendisliğinin artan önemi vurgulanmıştır.

Euro 7 regülasyonları kapsamında ise, özellikle fren tozu emisyonları, partikül kontrolü, çevresel sürdürülebilirlik hedefleri ve üretim süreçlerine etkileri değerlendirilmiştir. Bu çerçevede, OEM ve tedarikçi firmaların hem performans hem de çevresel uyumluluk açısından yeni teknolojilere yönelmesinin zorunlu hale geldiği ifade edilmiştir.

Toplantı süresince yapılan teknik tartışmalar, sektör temsilcilerinin mevcut sistemleri değerlendirmesine, gelecekteki teknolojik yönelimleri analiz etmesine ve ortak standartların geliştirilmesine katkı sağlamıştır. TOGG Gemlik Fabrikası'nda gerçekleştirilen bu toplantı, Türkiye'nin otomotiv ekosisteminde ileri mühendislik, regülasyon uyumu ve yüzey teknolojileri alanında stratejik iş birliğinin güçlenmesi açısından önemli bir platform olmuştur.

TOGG üretim tesisine gerçekleştirilen teknik ziyaret, elektrikli araç üretim ekosisteminde yüzey mühendisliğinin kritik rolünü yerinde gözlemleme imkânı sunmuştur. Ziyaret kapsamında, modern otomotiv üretim hatları incelenmiş; özellikle gövde, şasi, bağlantı elemanları ve fonksiyonel parçalar üzerinde uygulanan yüzey işlem teknolojileri detaylı olarak değerlendirilmiştir.





Elektrikli araç üretiminde yüzey işlemleri yalnızca estetik bir unsur değil, aynı zamanda performans, dayanıklılık ve güvenlik açısından temel bir mühendislik gereksinimi olarak öne çıkmaktadır. TOGG gibi yeni nesil araç platformlarında; korozyon direnci, elektriksel iletkenlik, termal yönetim, aşınma dayanımı ve hafif malzemelerin korunması gibi faktörler, doğru yüzey mühendisliği uygulamalarıyla doğrudan ilişkilidir. Özellikle alüminyum ve yüksek mukavemetli çelik yapıların kullanımı, uygun kaplama ve yüzey modifikasyon tekniklerini zorunlu hale getirmektedir.

Ziyaret sırasında ayrıca üretim süreçlerinde kullanılan kaplama teknolojileri, ön işlem hatları, elektro-kaplama ve konversiyon kaplama sistemleri ile kalite kontrol aşamaları değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, yüzey kusurlarının erken tespiti, proses stabilitesi ve sürdürülebilir kalite yönetimi gibi konuların üretim verimliliği üzerindeki etkisi vurgulanmıştır.

Gelecek perspektifi açısından, elektrikli araç endüstrisi yüzey mühendisliğinde daha ileri teknolojilere yönelmektedir. Nanoteknolojik kaplamalar, çevre dostu (Cr^{6+} içermeyen) prosesler, fonksiyonel yüzeyler, kendi kendini onaran kaplamalar ve dijital proses izleme sistemleri, önümüzdeki dönemde kritik gelişim alanları olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca, hafif malzemelerin yaygınlaşmasıyla birlikte yüzey işlemlerinin sadece koruyucu değil, aynı zamanda fonksiyon kazandırıcı bir rol üstlenmesi beklenmektedir.

TOGG fabrikası ziyareti, bu dönüşümün sahadaki yansımalarını gözlemleme açısından önemli bir deneyim olmuş; yüzey işlemlerinin gelecekte sadece bir üretim adımı değil, araç performansını doğrudan belirleyen stratejik bir mühendislik alanı olduğunu bir kez daha ortaya koymuştur.

In electric vehicle manufacturing, surface treatments are not merely an aesthetic feature but a fundamental engineering requirement directly linked to performance, durability, and safety. In next-generation vehicle platforms such as TOGG, factors including corrosion resistance, electrical conductivity, thermal management, wear resistance, and the protection of lightweight materials are strongly dependent on appropriate surface engineering applications. The increasing use of aluminum and high-strength steel structures further necessitates advanced coating and surface modification techniques.

During the visit, pre-treatment lines, electroplating and conversion coating systems, and quality control stages used in production processes were also evaluated. In this context, the impact of early defect detection, process stability, and sustainable quality management on overall production efficiency was emphasized.

From a future perspective, the electric vehicle industry is moving toward more advanced surface engineering technologies. Nanotechnology-based coatings, environmentally friendly (Cr^{6+} -free) processes, functional surfaces, self-healing coatings, and digital process monitoring systems are expected to become key development areas in the coming years. Additionally, with the increasing use of lightweight materials, surface treatments are expected to evolve from purely protective functions to multi-functional performance-enhancing roles.

The TOGG factory visit provided valuable insight into these ongoing transformations in practice and once again highlighted that surface engineering is not just a manufacturing step, but a strategic discipline that directly defines vehicle performance in the future automotive industry.



Surtech

Eurasia

**8. Uluslararası
Yüzey İşlem, Galvaniz Kimyasalları
ve Teknolojileri Fuarı**

*8th International Surface Treatment,
Galvanizing Chemicals and
Technologies Exhibition*

**24-26 November
Kasım '27**

İstanbul Expo Center Hall 2-4

Eş Zamanlı

PaintExpo
2027

surtecheurasia.com

İş birliği / Collaboration

TÜYİDER
TÜM YÜZEY İŞLEMLER DERNEĞİ

Organizator / Organizer

Artkim
"İnovasyonla Sürdürülebilirlik"

Destekleyen / Supporter

ifm

Medya Partneri / Media Partner

ChemMedia
"Kimya ve Çevre Bilimleri"

BU FUAR 5174 SAYILI KANUN GEREĞİNCE TOBB (TÜRKİYE ODALAR VE BORSALAR BİRLİĞİ) DENETİMİNDE DÜZENLENMEKTEDİR.
THIS FAIR IS ORGANIZED WITH THE PERMISSION OF TOBB (THE UNION OF CHAMBERS AND COMMODITY EXCHANGES OF TURKEY) IN ACCORDANCE WITH THE LAW NO.5174

TÜYİDER YÜZEY AKADEMİSİ EĞİTİMLERİ - TÜYİDER SURFACE ACADEMY TRAINING

15 Mayıs / May - 19 Haziran / June 2026

**SIEMENS Gebze Kampüsü'nde Yüzey İşlemleri ve
Kök Neden Analizi Eğitimi***Surface Treatment and Root Cause Analysis Training at
Siemens Gebze Campus*

Sanayide kalite, güvenilirlik ve sürdürülebilir üretimin temel unsurlarından biri olan yüzey işlemleri, günümüzde özellikle elektrik-elektronik, enerji, otomotiv ve endüstriyel ekipman üretiminde kritik bir rol üstlenmektedir. Korozyon direncinin artırılması, elektriksel iletkenliğin sağlanması, aşınma dayanımının yükseltilmesi ve ürün ömrünün uzatılması gibi birçok performans kriteri, doğru yüzey mühendisliği uygulamaları ile mümkün olmaktadır.

Bu kapsamda SIEMENS Gebze Kampüsü'nde, farklı disiplinlerden 25 mühendisin katılımıyla gerçekleştirilen “Yüzey İşlemleri ve Kök Neden Analizi” eğitimi, katılımcılara hem teorik bilgileri hem de endüstriyel uygulamalara yönelik çözüm yaklaşımlarını bir arada sunmuştur. Eğitim, iki farklı günde Prof. Dr. Ekrem ALTUNCU ve T. Ali Selen tarafından gerçekleştirilmiştir. Eğitimciler, sahip oldukları akademik birikim ile uzun yıllara dayanan endüstriyel deneyimlerini katılımcılarla paylaşarak, yüzey mühendisliği uygulamalarını bilimsel temeller ve gerçek üretim örnekleriyle ele almıştır.

Eğitimde; yüzey hazırlama yöntemleri, elektrokaplama prosesleri, kimyasal kaplamalar, anodizasyon, pasivasyon, kaplama kalite kriterleri, kaplama kusurları ve bunların karakterizasyon

Surface treatment technologies are among the fundamental pillars of quality, reliability, and sustainable manufacturing. Today, they play a critical role in industries such as electrical and electronics, energy, automotive, and industrial equipment manufacturing. Key performance requirements—including enhanced corrosion resistance, improved electrical conductivity, increased wear resistance, and extended service life—can only be achieved through the proper application of surface engineering technologies.

Within this framework, the “Surface Treatment and Root Cause Analysis” training was conducted at the Siemens Gebze Campus with the participation of 25 engineers from various engineering disciplines. The program provided participants with a comprehensive combination of theoretical knowledge and practical industrial solutions. The training was delivered over two separate days by Prof. Dr. Ekrem ALTUNCU and T. Ali Selen, each contributing their extensive industrial and academic expertise.

The training covered surface preparation methods, electroplating processes, chemical coatings, anodizing, passivation, coating quality requirements, coating defects, and characterization techniques in detail. In addition, the microstructural evaluation of

coating failures, the influence of process parameters on product quality, and quality control practices based on international standards were presented through industrial case studies. A significant part of the program focused on Root Cause Analysis (RCA), emphasizing systematic approaches to identifying the underlying causes of surface treatment failures rather than merely addressing their symptoms.

Throughout the training, case studies and interactive discussions enabled participants to develop a deeper understanding of the relationship between process variables and coating quality, interpret failure mechanisms, and establish data-driven corrective and preventive actions based on scientific methodologies. With the active participation of 25 engineers, the program also fostered knowledge sharing and encouraged the exchange of experiences from different manufacturing sectors. By the end of the training, participants had gained a stronger awareness of quality-oriented surface engineering practices, effective process management, and the importance of integrating Root Cause Analysis into a continuous improvement culture. Such training programs go beyond the transfer of technical knowledge. They strengthen engineers' analytical thinking, systematic problem-solving, and continuous improvement capabilities, ultimately contributing to higher value-added manufacturing processes, enhanced product reliability, and sustainable quality excellence.

At the end of the training program, a comprehensive assessment exam was conducted to evaluate the theoretical knowledge and practical competencies acquired by the participants throughout the course. Following the successful completion of the exam, participants were awarded a "Participation/Certificate of Achievement for the Surface Treatment and Root Cause Analysis Training" issued by the TÜYİDER Surface Academy.

The certificates formally recognize that the participants have enhanced their technical knowledge in the field of surface engineering, adopted a quality-oriented production mindset, and achieved the competency to effectively apply Root Cause Analysis (RCA) methodologies in industrial problem-solving processes.



yöntemleri ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Ayrıca kaplama hatalarının mikroyapısal değerlendirilmesi, proses parametrelerinin ürün kalitesine etkileri ve uluslararası standartlar ışığında kalite kontrol uygulamaları örneklerle açıklanmıştır. Programın önemli bölümlerinden birini oluşturan Kök Neden Analizi (Root Cause Analysis - RCA) kapsamında ise, üretimde karşılaşılan yüzey işlem hatalarının yalnızca belirtilerine değil, hatayı ortaya çıkaran temel nedenlere ulaşmayı sağlayan sistematik yaklaşımlar üzerinde durulmuştur. Eğitim süresince gerçekleştirilen vaka analizleri ve interaktif tartışmalar sayesinde mühendisler, proses değişkenlerinin kaplama kalitesi üzerindeki etkilerini analiz etme, hata mekanizmalarını yorumlama ve bilimsel verilere dayalı çözüm geliştirme konusunda önemli kazanımlar elde etmiştir.

Toplam 25 mühendisin aktif katılımıyla gerçekleştirilen eğitim, katılımcılar arasında bilgi paylaşımını güçlendirirken, farklı üretim alanlarında edinilen deneyimlerin ortak bir platformda değerlendirilmesine de katkı sağlamıştır. Eğitim sonunda yüzey mühendisliği uygulamalarında kalite odaklı yaklaşımın geliştirilmesi, proseslerin daha etkin yönetilmesi ve kök neden analizinin kurumsal problem çözme kültürünün ayrılmaz bir parçası olarak benimsenmesi yönünde önemli farkındalık oluşturulmuştur. Bu tür eğitim programları, yalnızca teknik bilgi aktarımı sağlamakla kalmayıp; mühendislerin analitik düşünme, sistematik problem çözme ve sürekli iyileştirme yetkinliklerini geliştirerek, yüksek katma değerli üretim süreçlerine ve sürdürülebilir kalite anlayışına önemli katkılar sunmaktadır.

Eğitim programının sonunda, katılımcıların eğitim süresince edindikleri teorik bilgi ve uygulamaya yönelik kazanımlarını değerlendirmek amacıyla kapsamlı bir başarı sınavı gerçekleştirilmiştir. Sınavın başarıyla tamamlanmasının ardından, katılımcılara TÜYİDER Yüzey Akademisi tarafından düzenlenen "Yüzey İşlemleri ve Kök Neden Analizi Eğitimi Katılım/Başarı Sertifikası" takdim edilmiştir. Sertifikalar, katılımcıların yüzey mühendisliği alanındaki teknik bilgi düzeylerini geliştirdiklerini, kalite odaklı üretim anlayışını benimsediklerini ve kök neden analizi metodolojisini etkin biçimde kullanabilecek yetkinliğe ulaştıklarını belgelemektedir.



SurfaceTechnology GERMANY 2026 | Yüzey Teknolojileri Sektörü Stuttgart'ta Buluştu

Yüzey teknolojileri sektörünün en önemli uluslararası buluşmalarından biri olan **SurfaceTechnology GERMANY 2026**, 5-7 Mayıs 2026 tarihleri arasında **Stuttgart**'ta yüzey teknolojileri sektörünün önde gelen üreticilerini, teknoloji sağlayıcılarını ve karar vericilerini bir araya getirerek sektörün uluslararası buluşma noktası olduğunu bir kez daha ortaya koydu.

Üç gün boyunca yoğun iş görüşmelerine, yeni iş bağlantılarına ve teknik bilgi paylaşımına ev sahipliği yapan fuar, **46 ülkeden 4.600'ü aşkın ticari ziyaretçiyi ağırladı**. Ziyaretçilerin yaklaşık %30'unun uluslararası sektör profesyonellerinden oluşması, etkinliğin global erişimini ve sektördeki güçlü konumunu bir kez daha gösterdi. Almanya'nın ardından en yoğun ziyaretçi katılımı İsviçre, Türkiye, İtalya, Avusturya ve Fransa'dan gerçekleşti.

2026 edisyonunda 21 ülkeden 210'un üzerinde ulusal ve uluslararası firma en yeni ürün, teknoloji ve çözümlerini sergiledi. Katılımcı firmaların %37'sinin uluslararası pazarlardan gelmesi, SurfaceTechnology GERMANY'nin Avrupa yüzey teknolojileri endüstrisi için stratejik bir iş platformu olma niteliğini güçlendirdi.

Fuar kapsamında düzenlenen **STG.ExpertForum** ise üç gün boyunca yaklaşık 50 teknik sunum ve ürün demonstrasyonu ile sektörün güncel gündemine ışık tuttu. Temizleme ve ön işlem teknolojileri, yeni nesil elektrokaplama uygulamaları, PFAS alternatifleri, yapay zekâ destekli yüzey teknolojileri, enerji ve malzeme verimliliği ile dijitalleşme odaklı çözümler forumun öne çıkan başlıkları arasında yer aldı.

SurfaceTechnology GERMANY, bir sonraki edisyonunda **20-22 Haziran 2028** tarihlerinde yeniden **Stuttgart**'ta sektör profesyonellerini bir araya getirecek.

Markanızı uluslararası yüzey teknolojileri sektörünün merkezinde konumlandırmak, yeni iş bağlantıları geliştirmek ve Avrupa pazarındaki görünürlüğünüzü güçlendirmek için **SurfaceTechnology GERMANY 2028**'de yerinizi şimdiden planlayabilirsiniz.

Detaylı bilgi ve katılım seçenekleri için proje ekibimizle iletişime geçebilirsiniz.

Berna Akdağ

berna.akdag@hf-turkey.com

+90 533 968 55 80



EMI/EMC :

(Elektromanyetik Girişim / Elektromanyetik Uyumluluk): Elektronik cihazların yaydığı ve birbirlerinin çalışmasını bozan istenmeyen radyo dalgaları (girişim) ile bu cihazların aynı ortamda birbirini etkilemeden sorunsuz çalışabilme yeteneğidir (uyumluluk). EV'lerde elektronik yoğunluğu arttıkça bu dengenin kaplamalarla korunması kritik hale gelir.

EMI/EMC :

(Electromagnetic Interference / Electromagnetic Compatibility): Electromagnetic Interference (EMI) refers to unwanted electromagnetic waves emitted by electronic devices that can disrupt the operation of other nearby equipment. Electromagnetic Compatibility (EMC) is the ability of electronic systems to operate reliably in the same environment without causing or being affected by such interference. As the electronic complexity of electric vehicles (EVs) continues to increase, preserving this balance through advanced coating technologies has become increasingly critical.

MINIATURİZASYON :

Elektronik bileşenlerin ve devre yapılarının, işlevleri korunarak veya artırılarak fiziksel boyutlarının sürekli olarak küçültülmesi sürecidir. EV'lerde yer ve ağırlık tasarrufu sağlarken, birbirine çok yaklaşan hatlar nedeniyle konformal kaplama ve EMI koruma ihtiyacını artırır.

MINIATURIZATION:

Miniaturization is the process of continuously reducing the physical size of electronic components and circuit structures while maintaining or enhancing their functionality. In electric vehicles (EVs), it enables significant space and weight savings. However, as circuit traces and components are positioned closer together, the need for conformal coatings and effective EMI shielding becomes increasingly important to ensure electrical reliability and long-term performance.

TIM :

(Termal Arayüz Malzemesi): Isı üreten bileşenler (örneğin inverter veya batarya hücreleri) ile ısı emici metal plakalar (soğutucular) arasındaki mikroskobik boşlukları dolduran termal iletken kaplama veya malzemelerdir. Amacı, havanın yalıtkan etkisini yok ederek ısı transferini maksimuma çıkarmaktır.

TIM :

Thermal Interface Material (TIM) is a thermally conductive material or coating that fills the microscopic gaps between heat-generating components, such as inverters or battery cells, and heat-dissipating metal plates or heat sinks. Its primary purpose is to eliminate the insulating effect of trapped air and maximize heat transfer efficiency. This improves thermal management, enhances system reliability, and helps extend the service life of electronic components in electric vehicles (EVs) and other high-performance electronic systems.

ENIG :

(Kimyasal Nikel İmmersiyon Altın): Yüzey hassasiyeti B yüzey kaliteye göre daha az olan, daha çok görünür olmayan yüzeylerde kullanılması tercih edilen malzemelerdir. Örneğin, dayanıklı tüketim ürünleri, beyaz eşya, ve otomotiv de iç parçalar.. Kapı iskeletleri, travers ve braket parçaları.

ENIG :

(Electroless Nickel Immersion Gold): These materials are preferred for surfaces where precision and surface quality requirements are lower than those of Class B surfaces, and are typically used in non-visible or concealed areas. Typical applications include durable consumer goods, home appliances, and interior automotive components such as door frames, cross members, and bracket parts.

KONFORMAL KAPLAMA :

Hassas elektronik devre kartlarının (PCB) yüzeyini nem, toz, kimyasallar ve yüksek voltaj kaçaklarından korumak için kartın şekline tam uyum sağlayacak şekilde uygulanan, mikron mertebesindeki ince, koruyucu polimerik (akrilik, silikon, epoksi vb.) film tabakasıdır.

CONFORMAL COATING:

A conformal coating is a thin protective polymer film, typically applied at a micron-scale thickness, that conforms precisely to the shape of a printed circuit board (PCB). Made from materials such as acrylic, silicone, or epoxy, it protects sensitive electronic assemblies from moisture, dust, chemicals, and high-voltage leakage, thereby improving the reliability and durability of electronic systems operating in demanding environments.



Sektörel Etkinlikler

Activities Calendar of Sector



25 - 28 / 08
2026

AUTOMECHANIKA MOSKOW (MIMS)
Moskov - Rusya

eng.mims.ru

08 - 12 / 09
2026

Automechanika Frankfurt
Frankfurt | Germany

<https://automechanika.messefrankfurt.com/frankfurt/en.html>

09 - 12 / 09
2026

Ebrats 2026
São Paulo - Brezilya

<https://www.tradefairdates.com/EBRATS-M11784/Sao-Paulo.html>

15 - 19 / 09
2026

Int. Exhibition for Metal Working
Stuttgart | Germany

<https://www.messe-stuttgart.de/amb/en>

15 - 20 / 09
2026

Otomotiv ve Yan Sanayi Fuarı
Hannover | Germany

www.iaa-transportation.com/en

06 - 07 / 10
2026

Fastener Fair 2026
Milano | İtalya

<https://www.fastenerfairitaly.com/#>

06 - 08 / 10
2026

Aluminium Deutschland
Düsseldort | Germany

<https://www.aluminium-exhibition.com/#/>

07 - 09 / 10
2026

International Fastener Expo 2026
Arizona | ABD

<https://expoassist.net/etkinlik/international-fastener-expo>

16 - 12 / 10
2026

Uluslararası Plastik Fuarı Sanayi Fuarı
Friedrichshafen | Germany

www.fakuma-messe.de

16 - 12 / 10
2026

Hardware Tools & Fastener Expo 2026
Dakka | Bangladesh

www.fakuma-messe.de

Üyelerimiz

Our members

Partnerlerimiz

Our Partners

SUMAR | ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ | TAÜ | METEM | HİSİAD
İTÜ | SAÜ | ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ | DOKUZ EYLÜL
ÜNİVERSİTESİ | SUBÜ | SDÜ | YEDİTEPE ÜNİV. | KOÜ | TUCSA
HANNOVER FAIRS TURKEY | SAHA İSTANBUL | ENOSAD
TAYSAD | NOSAB | BORÇELİK - BTA | TOBB | BTO | BTÜ
COŞKUNÖZ - CEV | TALSAD | ARTKİM | ST ENDÜSTRİ MEDYA
KİMYA OSB | NİLÜFER OSB | GALVANOTEKNİK | KARFO ENDÜSTRİYEL

ABT Akışkan ve Boya Tekn. A.Ş. | **Akafor Membran** Sis. San. ve Tic. Ltd. Şti. | **Akay Grup** Kimya San. Tic. A.Ş. | **Aken Mühendislik** Arıtma Sistemleri San. Tic. Ltd. Şti. | **Alfatech Makina** Mümessilik San. ve Dış Tic. Ltd. Şti. | **Altekma** Dış Tic. Boya Mak. San. A.Ş. | **Altınok** Galvana Kimya San. ve Tic. Ltd. Şti. | **Arka Kimyasal** Ürünleri Mak. San. Tic. A.Ş. | **Armin Atık** Geri Dönüşüm San. ve Tic. Ltd. Şti. | **Artkim Fuarçılık** Tic. A.Ş. | **Asem Plast.** ve Metal Kaplama San. ve Tic. Ltd. Şti. | **Assa Metal Kaplama** İnş. San. ve Tic. Ltd. Şti. | **Ayoki Yalıtım** Boya Koruma Kimya Dan. İnş. Taah. San. ve Tic. A.Ş. | **Bilal Özcan** - Berrak Çevre Tekn. Su Arıtma Sis. | **Boysis Makine** Taah. San. ve Tic. A.Ş. - Selçuk Ilgaz | **BVA Mümessillik** Mak. San. ve Tic. Ltd. Şti. | **Coventya Kimya** San. ve Tic. A.Ş. | **Dede Kimya** San. Tic. A.Ş. | **Değer Kromaj** - Ali Değer | **Delta Galvanoteknik** Kim. Mad. Tic. San. ve Tic. Ltd. Şti. | **Delta Kimya** A.Ş. | **Diler Demir Çelik** End. ve Tic. A.Ş. | Doç. Dr. **Ekrem Altuncu** | Doç. Dr. **Hatice Duran** | **Doğu Pres** Otomotiv ve Tek. San. ve Tic. A.Ş. | **E3 Surface** Mühendislik Dan. Tic. A.Ş. | **Eksaş End.** Metal Kaplama Tesisleri San. ve Tic. A.Ş. | **EKT End. Kaplama** Tank ve Tesis İmalat San. ve Tic. Ltd. Şti. | **Elektrolize Metal** Kaplama San. ve Tic. Ltd. Şti. | **Elsisan Makine** San. ve Tic. A.Ş. | **Envora** Arge Mühendislik A.Ş. | **Eplas Makina** San. ve Tic. A.Ş. | **Erdener Makina** ve Kimya San. Tic. A.Ş. | **Erkap End. Kaplama** Çöz. San. Tic. A.Ş. | **Estgal Sıcak Galvaniz** Tekn. San. ve Tic. A.Ş. | **Euro İstanbul Galvano** Cihazları San. ve Tic. Ltd. Şti. | **Fetaş** İç ve Dış Tic. San. A.Ş. | **Faztech Kimya** San. Tic. Ltd. Şti. | **Forajet Mühendislik** San. Tic. Ltd. Şti. | **Galvano Mondo** Kimya San. ve Tic. Ltd. Şti. | **Galvoplas** Yüzey İşlem Tesisleri San. Tic. Ltd. Şti. | **Gef Kimya** San. ve Tic. A.Ş. | **Gesu Arıtma** Ltd. Şti. | **GP Galvano** Proje Danışmanlık San. Tic. A.Ş. | **Gisa Makina** Mümessillik San. Dış. Tic. Ltd. Şti. | **Green Chemicals Kimyasal Maddeler** San. Tic. A.Ş. | **Gür Metal** Kaplama İmalat San. ve Tic. Ltd. Şti. | **Güven Galvano** Kimyasalları San. ve Tic. Ltd. Şti. | **Hannover Fairs** Turkey Fuarçılık A.Ş. | **Hillebrand Chemicals** Kimyasal Paz. Ltd. Şti. | **Hakan Ocaktan** | **IND Yazılım** Bilişim Teknolojileri Sanayi ve Ticaret A.Ş. | **İlker Karabulut** | **İntersonik Makina** San. ve Tic. A.Ş. | **İnci Kimyasal Maddeler** ve Metal San. Tic. Ltd. Şti. | **Kamas Galvaniz** San. Tic. Ltd. Şti. | **Karakaya 86** Kat. Kap. Kim. Mad. Mak. İnş. San. ve Tic. Ltd. Şti. | **Koc Vib** Mak. Mühendislik San. ve Tic. Ltd. Şti. | **Kromaş Metal** ve Makina San. Ltd. Şti. | **KTL Kimya** Ekipmanları İtk. İhr. Dış Tic. Ltd. Şti. | **Kummetal Shotpeening Kumlama ve Yüzey İşlem** Teknolojileri San. Tic. Ltd. Şti. | **Lactech Galvano** Kimyevi Maddeler San. ve Tic. Ltd. Şti. | **Mars Kaplama** San. ve Tic. A.Ş. | **Mertcan Metal** San. ve Tic. Ltd. Şti. | **Metaltek Tekn.** Lab. Eğitim ve Dan. Hizm. San. ve Tic. Ltd. Şti. | **Murat Galvano** | **Murat Ocağcı** | **Noble Galvano** Plastik Ltd. Şti. | **Metistec Metal** Sanayi A.Ş. | **Norm Cıvata** - Uysal Mak. San. İth. İhr. ve Tic. A.Ş. | **Otsm Group** Yazılım ve Makina San. ve Tic. Ltd. Şti. | **Özlü Mühendislik** Proje Taah. San. ve Tic. Ltd. Şti. | **Petek Kimya** ve Metal San. ve Tic. Ltd. Şti. | **PH Kaplama** | **Podim Polisaj** Diskleri Zımpara San. Tic. Ltd. Şti. | **Proge Mühendislik** Tic. ve San. Ltd. Şti. | Prof. Dr. **Volkan Günay** | Prof. Dr. **Ali Fuat Çakır** | Prof. Dr. **Tamer Sınmazçelik** | **Prometal Galvano** Cihazları San. ve Tic. Ltd. Şti. | **Protechnology** End. Makine ve Kimya San. Tic. Ltd. Şti. | **Redarti Elektrik** Cihazları San. ve Tic. A.Ş. | **Regnum Aksesuar** ve Metal Kaplama San. ve Tic. Ltd. Şti. | **RMS Kontrol** Müh. Otomasyon | **Selzey Kimya** Turizm İnşaat Med. San. ve Tic. Ltd. Şti. | **Sistempark** Arıtma ve Çevre Tek. Müh. ve Dan. Hiz. İth. İhr. İnş. San. ve Tic. Ltd. Şti. | **SPC Sinai** Kimyasalları San. ve Tic. Ltd. Şti. | **Şahin Metal** Kaplama San. İç ve Dış Tic. Ltd. Şti. | **Taranto Plast.** ve Galvano Cihazları San. ve Tic. Ltd. Şti. | **Teknobak** Tekn. Mak. Bak. ve Müh. Hiz. Ltd. Şti. | **Tinkap** Yüzey İşlemler San. ve Tic. A.Ş. | **Unique Tech Mühendislik** San. ve Tic. Ltd. Şti. | **Uzay Yüzey İşlem Kimyasalları** Otomasyon Makine San. Tic. Ltd. Şti. | **Üçler Galvano** San. Tic. Ltd. Şti. | **Ünverler Mak.** Otomotiv Kimya Metal Kap. San. ve Tic. Ltd. Şti. | **Vilmeks** İç ve Dış Ticaret Ve Metal San. A.Ş. | **Yasin Haylu** | **Yıldırım Elektrik ve Kimya** San. Tic. - İbrahim Yıldırım | **Yıldızlar Kimya** Yüzey İşlem Tek. A.Ş. | **Yilmer Test** ve Ölçü Sis. San. ve Tic. Ltd. Şti. | **Yongrad End.** Proses Sis. San. ve Tic. Ltd. Şti.

PC Strand'in DNA'sı

Diler Holding'in 1949'dan beri süregelen köklü sanayi gücüyle entegre faaliyet gösteren DNA PC Strand, ön gerilmeli beton demeti ve ön gerilmeli beton teli üretiminde yüksek kalite anlayışını ileri teknolojiyle buluştururken; güçlü üretim altyapımız, uzmanlığımız ve sürdürülebilirlik odaklı yaklaşımımızla aşağıdaki faaliyetleri sürdürüyoruz:

- Fosfatlı Filmaşın Üretimi
- Soğuk Çekilmiş Tel Üretimi
- Güneş Enerji Santrali (GES),
- Ters Ozmoz (Atık Su Geri Kazanım)
- Asit Geri Kazanım Tesisi
- Recep Sami Yazıcı Ürün Geliştirme Merkezi, Hitachi SU 7000 Taramalı Elektronik Mikroskobu ile müşterilerimize ve sektördeki diğer firmalara analiz hizmeti

Çevreye duyarlı üretim anlayışımızı ileri taşıyor, sürdürülebilir sanayi yaklaşımımızla sektöre hizmet vermeye devam ediyoruz.



MERKEZ

Adres

Eski Büyükdere Cad. Meslak No:1 Koçkaya Ais Plaza
34485 Maslak / İSTANBUL / TÜRKİYE

FABRİKA

Adres

Makine İhtisas OSB 6. Cad. 8. Sokak
No:10 Dilovası Kocaeli Türkiye

| www.dnawire.com | satis@dnawire.com | T. +90 212 253 66 30 |

DNA PC Strand bir Diler Holding Markasıdır

