

## Paslanmaz Çeliklerin Elektro-Parlatma İşlemi



## Euro Inox

Euro Inox, paslanmaz çelik için Avrupa pazarını geliştirme birliğidir.

Euro Inox'un üyeleri arasında şunlar bulunmaktadır:

- Avrupa'daki paslanmaz çelik üreticileri
- Ulusal paslanmaz çelik geliştirme birlikleri
- Alaşım elementi endüstrilerini geliştirme birlikleri.

Euro Inox'un öncelikli hedefi, paslanmaz çeliklerin eşsiz özellikleri hakkındaki bilinci oluşturmak ve paslanmaz çeliklerin hem mevcut uygulamalardaki hem de yeni pazarlardaki kullanımını daha ileri götürmektir. Bu amaç doğrultusunda Euro Inox, mimarların, tasarımcıların, uzmanların, imalatçıların ve son kullanıcıların malzemeyi daha iyi tanıyabilmeleri için konferanslar ve seminerler organize etmekte, basılı ve elektronik formatta kılavuzlar yayımlamaktadır. Euro Inox ayrıca teknik araştırmaları ve pazar araştırmalarını da desteklemektedir.

ISBN 978-2-87997-320-3

978-2-87997-310-4	İngilizce çeviri
978-2-87997-311-1	Almanca çeviri
978-2-87997-312-8	Fince çeviri
978-2-87997-313-5	Fransızca çeviri
978-2-87997-314-2	İtalyanca çeviri
978-2-87997-315-9	Flemenkçe çeviri
978-2-87997-316-6	Lehçe çeviri
978-2-87997-317-3	İspanyolca çeviri
978-2-87997-318-0	İsveççe çeviri
978-2-87997-319-7	Çekçe çeviri

### Tam üyeler

**Acerinox**  
www.acerinox.es

**ArcelorMittal Stainless Belgium**  
**ArcelorMittal Stainless France**  
www.arcelormittal.com

**Outokumpu**  
www.outokumpu.com

**ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni**  
www.acciaiterni.it

**ThyssenKrupp Nirosta**  
www.nirosta.de

### Ortak üyeler

**Acroni**  
www.acroni.si

**British Stainless Steel Association (BSSA)**  
www.bssa.org.uk

**Cedinox**  
www.cedinox.es

**Centro Inox**  
www.centroinox.it

**Informationsstelle Edelstahl Rostfrei**  
www.edelstahl-rostfrei.de

**International Chromium Development Association (ICDA)**  
www.icdachromium.com

**International Molybdenum Association (IMOA)**  
www.imoa.info

**Nickel Institute**  
www.nickelinstitute.org

**Paslanmaz Çelik Derneği (PASDER)**  
www.turkpasder.com

**Polska Unia Dystrybutorów Stali (PUDS)**  
www.puds.pl

**SWISS INOX**  
www.swissinox.ch

Paslanmaz Çeliklerin Elektro-Parlatma İşlemi  
Birinci Baskı 2010  
(Malzemeler ve Kullanımları Serisi, Cilt 11)  
© Euro Inox 2010

### Editör

Euro Inox  
Diamant Building, Bd. A. Reyers 80  
1030 Brussels, Belgium  
Tel.: +32 2 706 82 67  
Fax: +32 2 706 82 69  
E-mail: info@euro-inox.org  
Internet: www.euro-inox.org

### Yazar

Alenka Kosmač, Brüksel (B)

### Teşekkür

Euro Inox, katkılarından ve taslak yayın üzerinde gerçekleştirdikleri eleştirel okumadan dolayı Mr. Siegfried Pieslinger– Schweiger, Poligrat (D) ve Mr. John Swain, Anopol (UK)'a teşekkürlerini sunmaktadır.

### Bildirim

Euro Inox bu dokümanda sunulan bilgilerin teknik açıdan doğruluğunu sağlamak için her türlü çabayı göstermiştir. Fakat, okuyucunun burada mevcut materyalin sadece genel bilgi amaçlı olduğunu algılaması tavsiye edilmektedir. Euro Inox, üyeleri, çalışanları, danışmanları ve çeviri yapan kişi veya kuruluşlar işbu yayında sunulan bilgilerin kullanılması nedeniyle oluşabilecek herhangi bir kayıp, hasar veya ziyana bağlı hiçbir yükümlülük veya sorumluluk kabul etmeyeceklerini özellikle bildirirler.

## İçindekiler

1. Giriş	2
2. Elektro-parlatmanın prensibi	4
3. Proses basamakları	6
3.1 Metal yüzeyinin hazırlanması	7
3.2 Elektro-parlatma	7
3.3 Takiben uygulanan işlemler	8
4. Elektro-parlatma ile diğer yüzey işleme tekniklerinin karşılaştırılması	9
4.1 Mekanik parlatma	9
4.2 Elektro-kaplama	10
5. Elektro-parlatma ile sonlanmış yüzeyler	11
6. Tipik uygulamalar	12
7. Terimler sözlüğü	15
8. Referanslar	17

### Türkçe çeviri

Dr. Caner Batıgün  
ODTÜ Kaynak Teknolojisi ve Tahribatsız Muayene Araştırma/Uygulama Merkezi, Ankara, Türkiye

### Fotoğraflar

Kapak fotoğrafı: Packo Surface Treatment, Diksmuide (B)

### Telif hakkı uyarısı

Bu çalışma telif haklarına tabidir. Euro Inox, herhangi bir dilde çeviri, yeniden basım, resimlerin, ifadelerin ve yayının yeniden kullanımı konusundaki bütün haklarını elinde tutmaktadır. Bu yayının hiçbir kısmı, telif hakkı sahibi olan Euro Inox, Lüksemburg'un yazılı izni olmaksızın yeniden üretilemez, bilgi deposunda saklanamaz ve hiçbir şekilde elektronik, mekanik, fotokopi, kayıt veya diğer yöntemlerle herhangi bir biçime aktarılamaz. İhlaller yasal işleme tabi tutulacak olup, ihlalden kaynaklanan maddi zararların yanı sıra maliyet ve yasal ücretler konusunda da sorumluluk doğar ve Avrupa Birliği dahilinde Lüksemburg telif hakları yasa ve tüzüğüne kovuşturma yasası kapsamına girer.

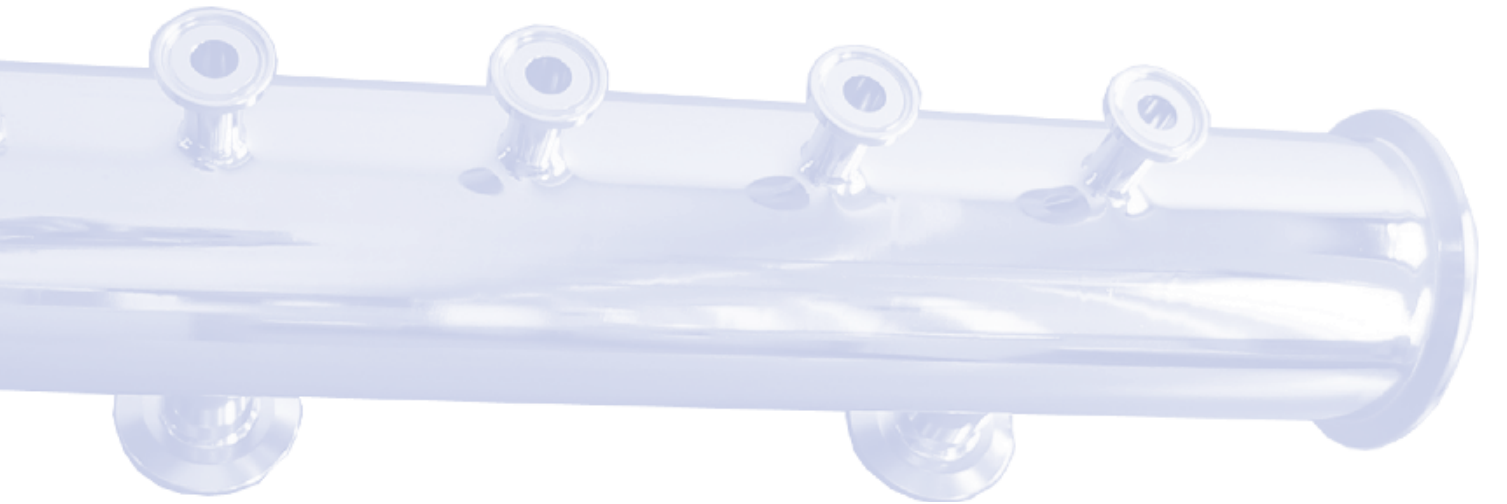
## 1 Giriş

Elektro-parlatma (elektro-polisaj), metalik bir cisim yüzeyinden metalin elektrolitik biçimde iyon uzaklaştırıldığı kimyasal bir yüzey sonlama tekniğidir (kutuya bakınız) [1]. Buradaki başlıca amaç, mikropürüzlülüğü en aza indirmek, böylece kir ve mamul artıklarının birikmesi riskini önemli ölçüde azaltıp, yüzeyin temizlenebilirliğini iyileştirmektir. Elektro-parlatma, çapak giderme, parlaklaştırma ve pasivasyon için de kullanılmaktadır.

Proses, bozulmamış ve metalürjik açıdan temiz bir yüzey ortaya çıkarmaktadır. Mekanik ve termal gerilmeler, parçacık gömülmesi ve yüzey pürüzlenmesi gibi mekanik yüzey işlemlerine ait istenmeyen olası etkiler önlenmekte veya tersine çevrilmektedir. Öngörülen bir paslanmaz çeliğin

doğal korozyon direnci tamamen kullanılmaktadır. Bu nedenlerle elektro-parlatma, korozyon direnci ve temizlenebilirlik şartlarının özellikle yüksek olduğu endüstrilerde paslanmaz çelik için genel bir işlem haline gelmiştir. Tipik uygulamaları, ilaç endüstrisi, biyokimya ve gıda işleme endüstrilerinde görülmektedir.

Elektro-parlatma mekanik, termal veya kimyasal şok içermediğinden, küçük ve mekanik bakımdan kırılğan parçalar işlenebilmektedir. Elektro-parlatma, herhangi bir şekle veya büyüklüğe sahip olan parçalara uygulanabilmektedir.



## *Kimyasal yüzey işlemleri: ne zaman dikkate alınır, ne ve neden*

Çok sayıda farklı yüzey işlemi bulunmaktadır. Bunların hepsi, temiz bir metalik yüzey üretmeye katkı sağlamakta olup örtüşen etkilere sahiptirler. Bununla birlikte, hepsinin belirgin biçimde farklı amaçları bulunmaktadır:

### **Paklama**

Paklama, oksitleri, özellikle kaynak sebebiyle meydana gelen renklenme bölgelerini ve diğer renk değişikliklerini veya korozyon ürünlerini gidermektedir. Bu işlem, paslanmaz çeliğin doğal olarak kendiliğinden pasivasyon gerçekleştirilmesi için lazım olan koşulları sağlayan temiz metalik bir yüzey meydana getirmektedir. Tipik bileşimler, nitrik asit ve hidroflüorik asit içermektedir. İşlem süresi, çözelti sıcaklığına ve kirlenme derecesine bağlıdır.

### **Pasivasyon**

Paslanmaz çelikte kendiliğinden pasivasyon, hava veya sudaki oksijenle temas halinde normalde doğal biçimde meydana gelmektedir. Bununla birlikte, pasif tabakanın tam kalınlıkta oluşması birkaç

gün alabilmektedir. Kimyasal pasivasyon işlemi, pasif tabaka oluşumunu hızlandırarak tam gücüne kontrollü şartlar altında çabuk biçimde gelmesini sağlamaktadır. Pasivasyon işlemi seyreltik nitrik asit içerisinde gerçekleştirilmektedir. İşlem süresi 15 dakika ile 1 saat arasında değişmektedir.

### **Artıkların temizlenmesi veya asitle temizlik**

Bu işlem, paslanmaz çelik yüzeyinde bırakıldığında paslanacak demir parçacıklarını gidermektedir. Örneğin paslanmaz çelik parçaların demir kirlenmesine (taşlama tozuna, karbon çeliği üzerinde gerçekleştirilen komşu bir işten gelen pas parçacıklarına, takımlardaki aşınmaya, vb.)<sup>1</sup> maruz kalması durumunda.

### **Elektro-parlatma (Elektro-polisaj)**

Elektro-parlatma, mikro pürüzlülüğü azaltmak ve bu yayımda tarif edilen çok sayıda istenilir etkiyi üretmek üzere temiz metalik yüzeylere uygulanmaktadır. Proses, elektroliz prensibine dayanmakta olup bir akım geçişi ve çoğunluğu sülfürik asit ve orthofosforik asit çözeltisi olan bir elektrolit içermektedir. İşlem süreleri genellikle 2 ile 20 dakika arasındadır.

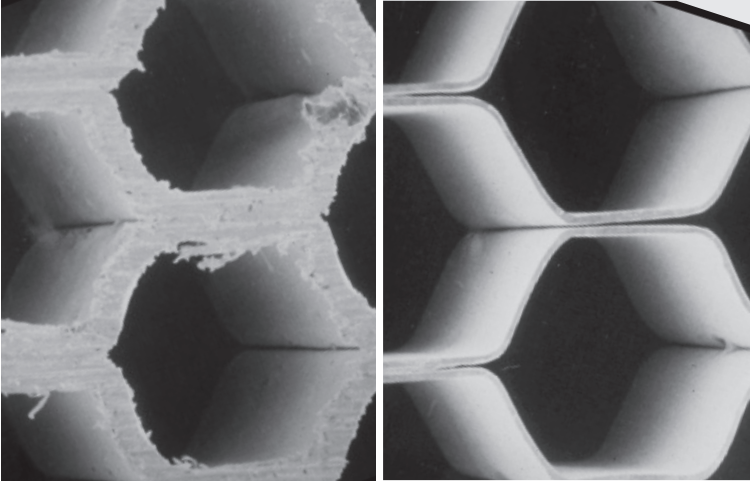
<sup>1</sup> cf. CROOKES, Roger, Paslanmaz Çelik Yüzeylerin Asitlenmesi ve Pasifizasyonu, Lüksemburg: Euro Inox, İkinci baskı 2007 (Malzemeler ve Kullanımları Serisi, Cilt 4) – [http://www.euroinox.org/pdf/map/Passivating\\_Pickling\\_TR.pdf](http://www.euroinox.org/pdf/map/Passivating_Pickling_TR.pdf)

## 2 Elektro-parlatmanın prensibi

Elektro-parlatma, iş parçası belirli bir bileşime sahip bir elektrolit içerisine daldırılmış haldeyken üzerinden bir elektrik akımı geçirilerek iş parçasından metal kaldırmaktır. Proses, esasen elektro-kaplamanın tersidir. Bir kaplama sisteminde, metal iyonları çözeltiden alınıp iş parçası üzerinde biriktirilmektedir. Bir elektro-parlatma sisteminde ise iş parçasının kendisi çözelti içerisine metal iyonları ilave ederek erozyona uğramaktadır.

Tipik bir elektro-parlatma tesisi, görünüm olarak bir elektro-kaplama hattına benzerdir. Bir güç kaynağı, AC akımı düşük voltajlı DC akıma çevirmektedir. Kimyasal banyoyu tutmak üzere genellikle plastikten imal edilmiş bir tank veya kurşun astarlı tanklar kullanılmaktadır. Banyo içerisine bir dizi kurşun, bakır veya paslanmaz çelik katot plakası indirilmektedir. Bunlar güç kaynağının negatif (-) ucuna bağlıdır. Bir parça veya parçalar grubu titanyum, bakır veya bronzdan yapılmış bir askının üzerine sabitlenmiştir. Bu askı ise, güç kaynağının pozitif (+) ucuna bağlanmıştır.

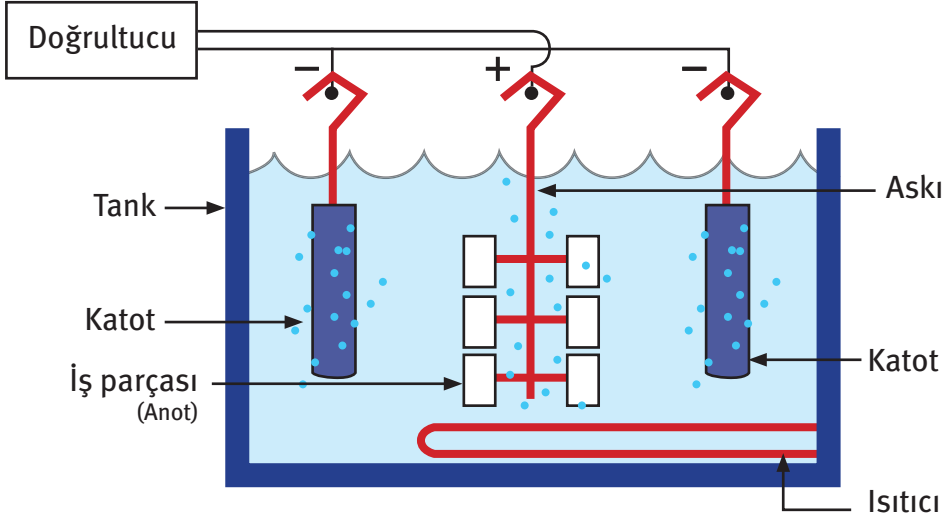
*Elektro-parlatma, mekanik olarak işlenmesi zor parçalarda dahi çapakların giderilmesi için etkili bir metottür. Fotoğraf: Poligrat, Münih (D)*



Bu şekilde, iş parçası pozitif (anodik) terminale bağlı bulunmaktadır. Negatif (katodik) terminal ise uygun bir iletkene bağlıdır. Pozitif ve negatif terminallerin her ikisi de elektrolit içerisine batırılmış halde olup, tam bir elektrik devresi meydana getirmektedir. Uygulanan akım türü, doğru akımdır (DC).

Yandaki çizimde görüldüğü gibi, metal parça pozitif (anodik) yüklenerek kimyasal banyoya daldırılmıştır. Akım uygulandığında, elektrolit bir iletken ("takım") şeklinde davranarak metal iyonlarının parçadan uzaklaştırılmasına izin vermektedir. İyonlar katoda doğru çekilirken, çözülmüş halde bulunan metallerin çoğunluğu çözelti içerisinde kalmaktadır. Bazı iyonlar katot üzerinde çamur formunda çökelmektedir. Verim artırımı için bunların düzenli biçimde temizlenmesi gerekmektedir. Metal yüzeyinde oksijen gazı çıkışı meydana gelmekte ve bu sayede elektrolitik faaliyet devam ettirmektedir.

İş parçasından uzaklaştırılan metal miktarı uygulanan akım, elektrolitin verimi ve maruz bırakılma süresine bağlıdır. Elektro parlatmanın seyri esnasında, çapaklar ve diğer çıkıntılar akım yoğunluğunun çok yüksek olduğu alanlar haline gelerek tercihen erozyona uğramaktadır. Uzaklaştırılan metal miktarını kontrol etmek için iş parçası proses parametreleri ayarlanmakta ve bu sayede boyutsal toleranslar korunmaktadır.



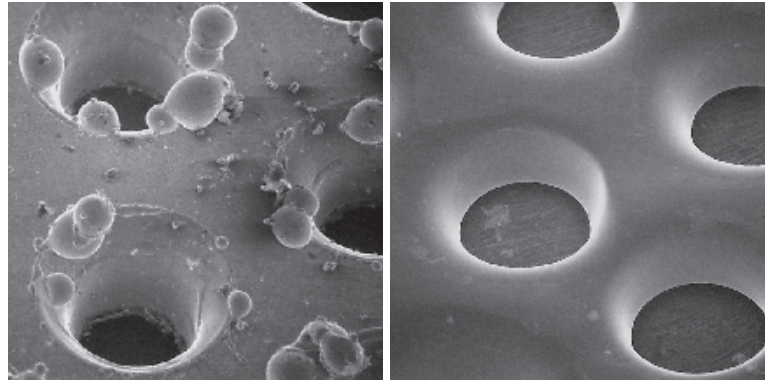
*İş parçası, elektrokimyasal proseste anot olduğundan, yüzeyden malzeme uzaklaştırılmaktadır [3].*

Paslanmaz çeliklerde, alaşımın bileşenlerinin uzaklaştırılma hızlarındaki farklılıklar önemli bir etki meydana getirmektedir. Demir ve nikel atomları, krom atomlarına kıyasla kristal yapıdan daha kolay uzaklaştırılabilmektedir. Elektro-parlatma tercihen nikel ve demir atomlarını uzaklaştırmakta ve kromca zengin bir yüzey bırakmaktadır. Bu olgu, elektro-parlatılmış yüzeylerde pasivasyonu hızlandırmakta ve geliştirmektedir [2].

Sonuçlar yüksek derecede hassasiyetle tekrarlanabilmekte, dolayısıyla dar toleranslara sahip parçalar da güvenli biçimde işlenebilmektedir<sup>2</sup>.

Elektro-parlatmanın çarpılma oluşturmayan bir proses olduğu çoğunlukla gözden kaçmaktadır. Elektro-parlatılmış parçalar parlatma ortamından dolayı mekanik veya termal gerilmelere, darbelere veya sürtünmeye maruz kalmamaktadır [4].

*Aynı yüzeyin elektro-parlatmadan önceki ve sonraki mikroskopik görünümü prosesin temiz metalik yüzeyler ürettiğini göstermektedir. Fotoğraf: Poligrat, Münih (D)*



<sup>2</sup> Proses esnasında etkin havalandırma sistemlerinin kullanılmasını sağlayan yetkili elektro-parlatma firmaları görevlendirildiğinde verilen uygun proses kontrolü ve prosedürleriyle güvenlik riskleri ortadan kaldırılmaktadır. Bu operatörler aynı zamanda kullanılan asitler de dahil olmak üzere atık malzemeleri onaylanmış güvenli prosedürlerini kullanarak ortadan kaldırmalıdır.

### 3 Proses basamakları

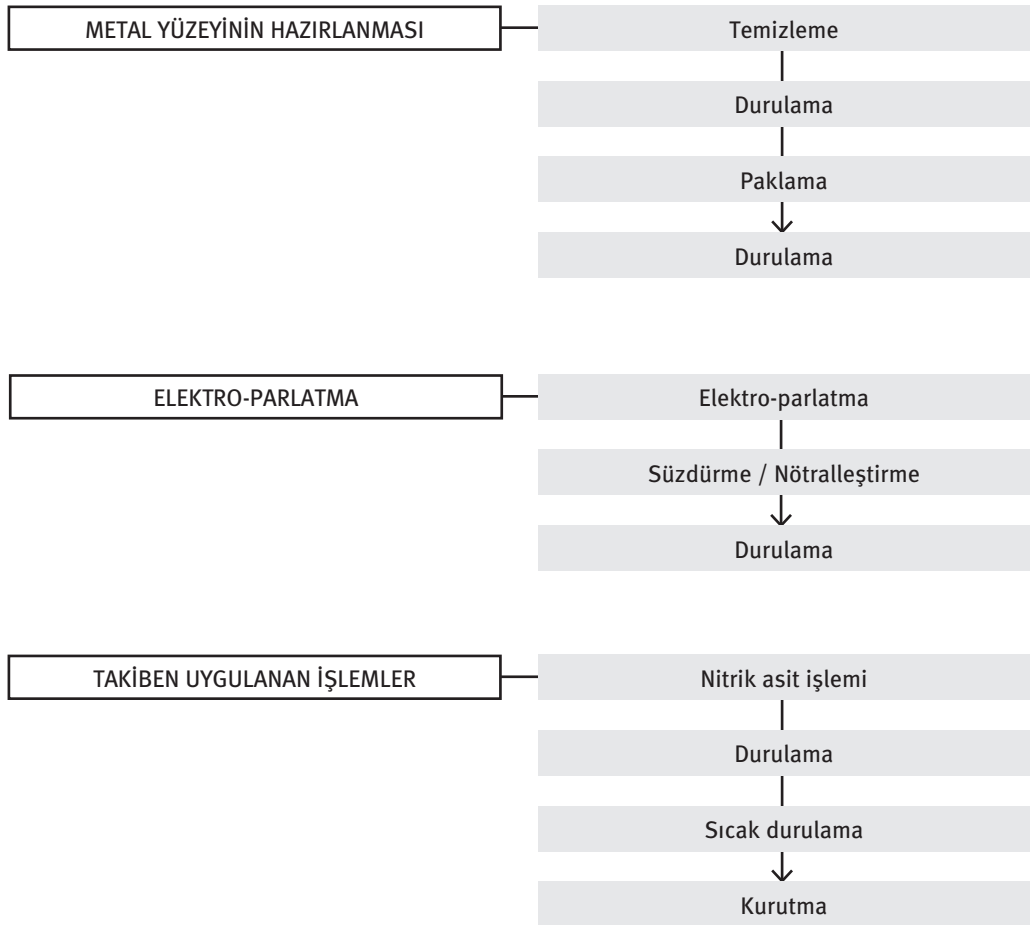
Çoğu paslanmaz çelik alaşımında yüksek kalitede elektro-parlatılmış yüzeyler elde edebilmek için işlem üç ana basamakta uygulanmalıdır [5]:

- Metal yüzeyinin hazırlanması: elektro-parlatmanın homojenliğini engelleyecek yüzeydeki yağ, gres, oksit ve diğer kirlenmelerin giderilmesi.
- Elektro-parlatma: metali düzleştirme, parlatma ve/veya çapak alma.

- Takiben uygulanan işlemler: elektrolit ve kalıntıları ve elektro-parlatma reaksiyonunun yan ürünlerini gidermek. Metalin paslanmasını önlemek için kurutmak.

Bu ana operasyonların her birisi istenilen sonucu elde etmek üzere birkaç adet tank istasyonu içerebilmektedir.

Aşağıdaki şematik diyagram, tipik akış şemasını göstermektedir:





### 3.1 Metal yüzeyinin hazırlanması

Metal yüzeyinin hazırlanması iki aşama içermektedir: alkali veya solventle temizleme/yağdan arındırma, takiben ısı oksitlerinin (kaynak) bulunduğu yerlerde paklama.

Alkali veya solvent temizleyicileri içerisinde gerçekleştirilen temizlemenin amacı, imatlardan sonra parça üzerinde kalan yağ, gres, atölye kiri, parmak izleri veya benzer filmleri gidermektir. Elektro parlatma esnasında parçalar üzerinde bulunan yüzey kirleticileri sonuçta meydana gelen yüzeyin kalitesini azaltabilmektedir. Bu durum özellikle tıbbi, farmakolojik ve yarı-iletken mamulleri gibi kritik uygulamalar için önem taşımaktadır. Metal sonlama işlemlerinin tümünde temizliğin en önemli prensip olarak dikkate alınması gerekli olduğundan, parçalar temizleyiciden çıkarıldıktan sonra üzerlerine elle veya proses ekipmanı ile gereksiz temas kaçınmaya dikkat edilmelidir. Uygun olmayan veya yetersiz temizlik, parçaların reddedilmesinin genel sebebidir.

Bir durulama tankı iki esas fonksiyona hizmet etmektedir: önceki operasyondan gelen kimyasal kalıntıyı seyreltme yoluyla gidermek ve takip eden operasyon içerisine sürüklenmesini engellemek üzere bariyer görevi yapmak.

Asitle tufal giderme / paklama işlemi, kesme gibi prosesler sebebiyle meydana gelen hafif oksidasyonu gidermekte ve temizleme işlemi tarafından bırakılan alkali filmini çıkarmaktadır.

Asitle tufal gidermeyi takiben yapılan durulamanın prensibi temelde alkali temizliğin ardından gerçekleştirilenle aynıdır. Buradaki esas fark, asidik çözeltiler durulama ile alkali kalıntılara kıyasla çok daha kolay giderilebildiğinden, çoğunlukla daha düşük akış hızları ve/veya daha kısa durulama sürelerinin kullanılabilir olmasıdır.

### 3.2 Elektro-parlatma

Elektro parlatma esnasında, metal anodik elektrottan çözünür, metalin çözünebilir bir tuz formunu oluşturmak üzere çözelti içerisine geçer. Paslanmaz çelikteki bütün bileşenler –demir, krom ve nikel- bu reaksiyona aynı anda girerek yüzeyde kontrollü bir düzleşme meydana getirir. Aynı zamanda, birkaç yan reaksiyon da meydana gelmekte ve elektro-parlatmada mümkün olan en yüksek kaliteyi üretmek üzere kontrol altında tutulmak zorunda olan yan ürünler oluşturmaktadır.

Tipik bir elektro-parlatma çözeltisi, hacimce eşit oranda % 96'lık sülfürik asit ile % 85'lik orthofosforik asit karışımı içermektedir. Çalışma koşulları aşağıdaki gibidir:

*Uzman elektro-parlatma firmaları sağlık ve çevre güvenliği şartlarının karşılanmasını sağlamaktadır. Fotoğraf: Anopol, Birmingham (UK)*



- akım yoğunluğu: 5 A/dm<sup>2</sup> ila 25 A/dm<sup>2</sup>
- sıcaklık: 40 °C ila 75 °C
- süre: 2 dk ila 20 dk
- katotlar: paslanmaz çelik, bakır, kurşun

Süzdürme tankı, önceki işlemde gelen elektro-parlatma çözeltisini yakalamaktadır. Paslanmaz çelik elektrolitler normalde kostik soda (sodyum hidroksit veya kireç sütü) ile nötralize edilmeyi gerektirmekte ve nispeten büyük hacimde çökelti üretmektedir. Uzman elektro-parlatma firmaları, sağlık ve çevre şartlarının karşılanmasını sağlamaktadır.

Durulama yaparken, elektro-parlatma çözeltilerinin viskoz olduğu ve suyla kolayca karışmadığı dikkate alınmak zorundadır. Kalıntı asit, depolama süresince lekelenme veya dağlamaya sebep olacağından elektro-parlatma çözeltisinin parçalar üzerinde kurmasından kaçınmaya özen gösterilmek zorundadır. Bu nedenle, kurutma amaçlı sıcak durulama işlemi sadece elektrolit kalıntılarının tamamen durulanıp uzaklaştırılmasından sonra uygulanmalıdır.

### 3.3 Takiben uygulanan işlemler

Elektro parlatma için gerçekleştirilen müteakip nitrik asit işleminin amacı, elektro-kimyasal reaksiyon esnasında meydana gelen kimyasal yan ürün filmini çözündürmektir. Başlıca ağır metallerle ait fosfat ve sülfatlar içeren bu yan ürünleri sadece durulayarak gidermek zordur. Bununla birlikte, bunların giderilmesi önem taşımaktadır. Bu sayede yüzey daha sonraki depolama ve kullanım süresi boyunca homojen, korozyona karşı dirençli ve hijyenik kalmaktadır.

Nitrik asit çözeltilerinin kalıntıları, su içerisinde alkali kalıntılara kıyasla daha fazla çözünebildiğinden, soğuk suyla giderilebilmektedir.

Parçalar sıcak suya girdiklerinde üzerlerinde hiçbir kimyasal madde kalıntısı bulunmamalıdır. Aksi halde, sıcak su giderek artan miktarda kirlenecektir. Sıcak suyla durulamanın amacı aynı zamanda metalin sıcaklığını yeteri miktarda artırıp parçaları askıdan ayırmadan önce hızla kurumalarını sağlamaktır.

Bazı parça türleri, sıcak suyla durulamanın ardından tamamen kurumamaktadır. Kalan nemi hızla buharlaşmaya zorlamak ve parçanın lekelenmesini önlemek üzere santrifüj kurutucular, sıcak hava odaları ve diğer kurutma istasyonu türleri gerekli olabilmektedir.



## 4 Elektro-parlatma ile diğer yüzey işleme tekniklerinin karşılaştırılması

Elektro-parlatılmış, mekanik parlatılmış ve elektro-kaplanmış malzemelere ait görsel etkiler oldukça benzer olmasına rağmen temelde bunlara ait uygulama alanları farklılık göstermektedir.

### 4.1 Mekanik parlatma

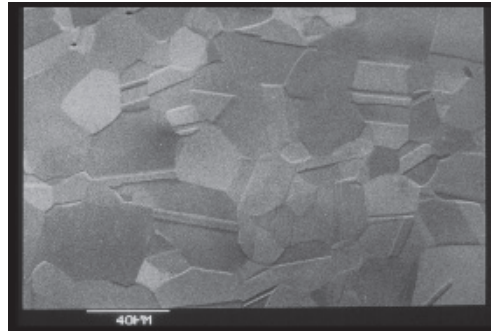
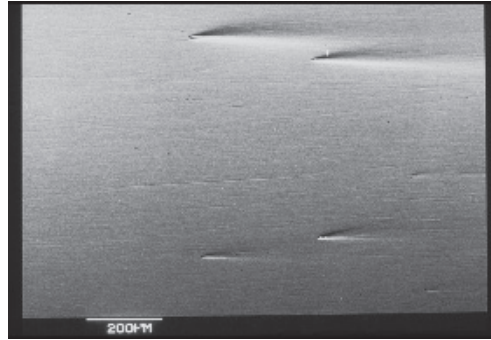
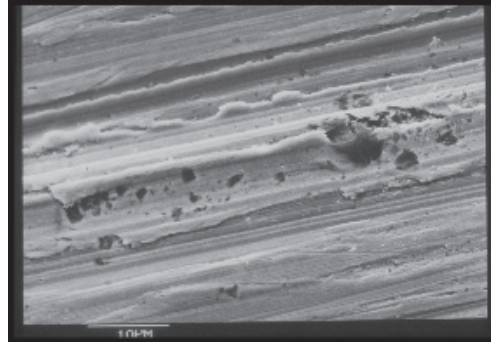
Paslanmaz çeliklere uygulanan mekanik taşlama ve parlatma işlemleri, tüketim malları ve dekoratif mimari parçaları üzerinde genel anlamda çekici ayna-benzeri sonuçlar üretmek üzere kullanılmaktadır. Mekanik parlatma işlemleri atölye veya sahada<sup>3</sup> ve tamir esnasında kolaylıkla uygulanabilir niteliktedir.

Bununla birlikte, proses yüzey katmanında gerilmeler oluşturmakta ve bu durum metalurjik özelliklerin kötüleşmesine yol açarak yüzeyi özellikle zorlu ortamlara karşı daha az uygun hale getirmektedir. Mekanik işlemler aynı zamanda yoğun emek gerektirebilmektedir.

Mekanik biçimde parlatılmış bir metal yüzeyi, mikroskobik çizikler, gerinimler, metal artıkları ve gömülü aşındırıcılar içermektedir. Buna karşın, elektro-parlatılmış yüzeyde bu özelliklerin hiçbirisi görülmemektedir. Elektro-parlatma, mekanik sonlamanın beraberinde her zaman görülen soğuk işlem proseslerinin ürettiği biçim bozulmaları olmaksızın metalin orijinal kristal yapısını ortaya çıkarmaktadır.

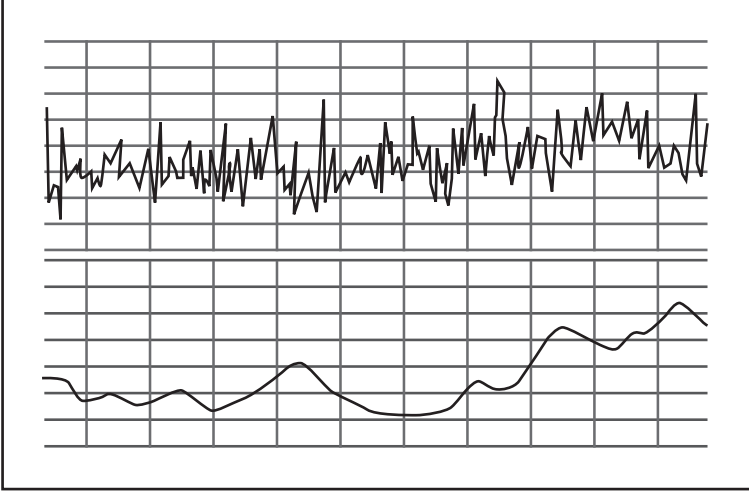
Özellikle aynı pürüzlülükte parlatıldıklarında, elektro-parlatılmış bir parça ile mekanik

sonlanmış olanın arasındaki farkın gözle ayırtılması çoğunlukla zordur. Bununla birlikte, elektro-parlatma ile üretilen yüzeyin avantajları yüzeye yüksek büyütme altında bakıldığında görülmektedir. Bunun tersine, aşındırıcılar veya diğer kesme veya ezme/perdahlama prosesleri kullanan sonlama prosesleri, işin ne kadar küçük olduğuna bakılmaksızın metal yüzeyinin biçimini her zaman bozarlar.



*Paslanmaz çelik yüzey: mekanik olarak taşlanmış (yukarıda), mekanik olarak parlatılmış (ortada), elektro-parlatılmış (altta) Fotoğraflar: Poligrat, Münih (D)*

<sup>3</sup> cf. VAN HECKE, Benoit, Dekorasyonda Kullanılan Paslanmaz Çelik Yüzeylerinin Mekanik İşlemleri, Lüksemburg: Euro Inox, 2006 (Malzemeler ve Kullanımları Serisi Cilt 6) – [http://www.euro-inox.org/pdf/map/MechanicalFinishing\\_TR.pdf](http://www.euro-inox.org/pdf/map/MechanicalFinishing_TR.pdf)



Paslanmaz çeliğin yüzey pürüzlülüğü, 400 kum ile mekanik olarak parlatılmış (yukarıda), 120 kum ile mekanik parlatılıp takiben elektro-parlatılmış (aşağıda). Her iki yüzey özdeş  $R_a$  değerleri göstermektedir. Fotoğraf: Poligrat, Münih (D)

Farklılıklar basitçe topografik olmanın ötesindedir. Soğuk işleme bağlantılı malzeme özelliklerindeki değişimler yüzeyin oldukça altına, malzeme içerisine nüfuz etmektedir. Benzer şekilde, aşındırıcılar yüzey içerisine gömülebilmektedir. Yüzeyin mekanik dayanımı soğuk işlemin sebep olduğu mekanik gerilmeler sebebiyle bölgesel olarak artmaktadır.

Elektro-parlatmada ideal akım yoğunluğu, sıcaklık ve uygun banyo konfigürasyonu seçildiğinde, düzgün ve hatasız bir yüzey elde edilebilmektedir. Proses, yüzeyi herhangi bir yabancı malzeme ile kirletmediğinden ve elde edilen yüzeyler pasif ve korozyona dirençli olduklarından, elektro-parlatma teknik anlamda mekanik parlatmadan daha üstündür [6].

Elektro-parlatma aynı zamanda karmaşık şekilli parçalara uygulanabilmektedir. Fotoğraf: Packo Surface Treatment, Diksmuide, (B)

## 4.2 Elektro-kaplama

Yüksek parlaklıkta yüzeyler, karbon çeliği gibi diğer malzemelere nikel ve/veya krom kaplama uygulanarak da elde edilebilmektedir. Bununla birlikte, ilave edilen bu metalik katmanlar nadiren mikroskobik ölçekte hatasızdır. Ayrıca, bunlar aşınabilir veya kopup düşebilirler. Dolayısıyla ana metal açığa çıkıp korozyona uğrayabilmektedir [3]. Bu nedenle, örneğin krom kaplanmış karbon çeliği genellikle elektro-parlatılmış paslanmaz çeliğe uygun bir alternatif değildir.

Giydirilmiş otomotiv parçalarında, elektro-kaplanmış parlak paslanmaz çelikler bulunabilmektedir. Burada uygulanan ince bir krom kaplama, paslanmaz çelik parçaların görünümünü krom kaplanmış karbon çeliği parçalarıyla aynı seviyeye getirmektedir. Kaplama, paslanmaz çeliğin korozyon direncine bir katkı sağlamamaktadır.



## 5 Elektro-parlatma ile sonlanmış yüzeyler

Elektro-parlatma, yüzeyi iyileştiren, kirlenici olmayan, parçacık bırakmayan ve yapışkan olmayan etkileri nedeniyle – veya sadece dekoratif sebeplerle, birçok endüstride çok sayıda metal için son yüzey işlemi olarak tercih edilmektedir. Hedeflenen, estetik bakımdan hoş giden bir yüzey olduğunda, yüksek-kalite elektro-parlatmanın genellikle gözle muayene ile kontrol edilmesi yeterli olabilmektedir. Bununla birlikte, istenilen yüzey sonlama kalitesinin en yüksek seviyede olması halinde ve yüzey durumunun gelecekteki değerlendirmeler için dokümanite edilmesinin şart olduğu durumlarda yüzeyin mikroskobik olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

Örneğin, yüksek parlaklıkta parlatılmış bir yüzey (No. 8 süper-ayna sonlama gibi) eğitimsiz bir göze aynı elektro-parlatılmış bir yüzey gibi görünebilmektedir. Bunlar, aynı profilometre yüzey sonlama değerini gösterebilirler ( $R_a$  – pürüzlülük ortalaması<sup>4</sup> veya RMS – ortalama karekök). Bununla birlikte, iki yüzeye ait mikro fotoğraflar önemli bir fark göstermektedir. Elektro-parlatılmış yüzeyde herhangi bir özellik görülmezken, yüksek parlaklıkta parlatılmış yüzeyde, mikroskobik çizikler, gömülmüş aşındırıcılar ve parlatma bileşikleri göze çarpmaktadır.

Yüzey pürüzlülüğü ölçüm değerlerinin elektro-parlatılmış yüzeyin kullanımdan sonra ne kadar kolay temizleneceği ile veya kalıntısız, parçacıksız, yapışmaz özellikleri ile doğrudan bir ilgisi bulunmamaktadır [1].

Gereken görünüm – örneğin, parlak veya derin mat – alıcı tarafından belirtilmiş olmalıdır. Aksi belirtilmedikçe, parlak bir yüzey genellikle kabul edilir olarak nitelendirilir. Alternatif olarak, alıcı gerekli yüzey sonlama kalitesini veya sonlama kalite aralığını gösteren örnekler sağlayabilir veya bunları onaylayabilir. Gerekli olduğunda, istenilen son yüzey karakteristiklerini elde etmek üzere ana malzeme elektro-parlatma uygulanmadan önce mekanik taşlama ve parlatma işlemlerine tabi tutulabilir [7].

Belirtildiği durumlarda, elektro-parlatma ile düzleştirilecek ve pasifize edilecek parçanın önemli olan yüzeyinde, yaklaşık 0.5 m uzaklıktan bakıldığında görülebilecek çukurlar, pürüzler, çizikler ve renk değişimleri gibi kolayca belirlenebilen hataların bulunmaması gerekmektedir [8].

1.4541 veya 1.4571 gibi stabilize paslanmaz çelik kaliteleri, elektro-parlatma uygulamaları için kullanılmamaktadır.

Not: Ana malzeme yüzeyinde bulunan çizikler, gözenekler, kalıntılar gibi kusurlar, nesnenin görünümünü ve performansını olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

<sup>4</sup>  $R_a$  standart boydaki bir bölüm üzerinde ölçülen pürüzlülük değerlerinin aritmetik ortalamasıdır.

### Elektro-parlatma uygulayıcısına sağlanması gereken bilgiler

- Elektro-parlatma işlemini belirleyen standardın numarası [8], alaşıma ait malzeme numarası ve mamulü değerlendirmede kullanılacak test metodu veya metotları.
- İstenilen görünüm. Alternatif olarak, istenilen sonlamayı gösteren bir örnek alıcı tarafından sağlanır veya onaylanır.
- Mamul üzerinde elektrik bağlantısının kabul edilebildiği alanlar.
- Sipariş dokümanında belirtilmek üzere varsa boyutsal toleranslar<sup>5</sup>.
- Pasivasyon testleri için gereken şartlar<sup>6</sup>.
- Test raporunun hazırlanmasıyla ilgili koşullar.

## 6 Tipik uygulamalar

### Boru sistemleri

Son yıllarda, elektro-parlatma, boru sistemlerinin iç ve dış yüzeylerinin son işlemini gerçekleştirdiğini göstermiştir. Elektro parlatma, kirlenmeye meydan vermeden, parçacık bırakmayan ve kirlenmeyen yüzeylerin arandığı durumlarda gerekmektedir. Buna ek olarak,

boru sistemleri de elektro-parlatmanın sürdürünmeyi azaltan ve maksimum yüzey saflığı özelliklerinden yararlanmaktadır. Elektro-parlatılmış boru sistemlerinden en fazla petrokimya, nükleer, eczacılık, yarı-iletken ve yiyecek ve içecek endüstrileri yararlanmaktadır.



### Tıbbi uygulamalar

Elektro-parlatmadan tıbbi alanda yıllardır yararlanılmaktadır. Bütün hastane, tıbbi ve ameliyat ekipmanları (neşter, pens, testere, koroner, kemik ve eklem implantları, protez araçları, vb) temizliği sağlamak ve düşük kirlenme seviyeleri kazandırmak için elektro-parlatılmalıdır. Radyasyona maruz kalıp düzenli olarak kirden arındırılması gereken metal nesnelere elektro-parlatma için birincil adaylardır.

*Protezlerle ilgili malzemeler ve ameliyat aletleri korozif vücut sıvılarıyla temas halinde olduğundan, yüzeylerini korozyon direnci için ideal hale getirmek üzere elektro-parlatılmaktadır.*

*Fotoğraf: Anopol, Birmingham (UK)*

<sup>5</sup> Elektro parlatma esnasında yüzeyden tipik olarak 5 ila 10 µm metal kaldırılmaktadır. Bununla birlikte, ilave düzleştirme için 50 µm'ye kadar kaldırılabilir. Koruyucu ve/veya yardımcı katotlar kullanılmadığı sürece köşeler ve kenarlardan (yani akım yoğunluğu yüksek alanlardan) daha büyük miktarlar kaldırılacaktır.

<sup>6</sup> Daha fazla bilgi ISO 15730 veya ASTM B 912'den edinilebilir.

### Yarı-iletken imalatı

Yarı-iletken imalatındaki temiz odalar, kirlenici olmayan ve parçacık bırakmayan yüzeylere ihtiyaç duymaktadır. Elektro-parlatma ile gerçekleştirilen sonlama, bir temiz oda içerisindeki masalar, sandalyeler, aydınlatma aksesuarları, açıkta bulunan elektrik kanalları ve çıkış kutuları, vakum kameraları ile imalat ve proses ekipmanları dahil metal aksam için nihai sonlamadır.

### Eczacılıkla ilgili prosesler

Yarı-iletken imalatçıları gibi, ilaç şirketleri süper-temiz metal yüzeyler üzerinde ısrar etmektedir. Günümüzde, eczacılıkla ilgili karıştırıcıların iç yüzeyleri, kuru-mamul dağıtım sistemleri, filtreler, süzgeçler, tanklar, kurutucular, doğrayıcılar, soğutma sargıları, plaka sargılar, ısı eşanjörleri ve diğer önemli donanımın tamamı elektro-parlatılmıştır. Mikrobiyolojik veya diğer kirlenme problemleri karşısında, elektro-parlatma eczacılıkta



kullanılan paslanmaz çelik aksam için nihai çözüm sunmaktadır.

*İlaç endüstrisinde kullanılan dozaj aparatlarında yapışmama özellikleri anahtar bir gereksinimdir. Fotoğraf: Centro Inox, Milan / Delmet, Gorgonzola (I).*

### Enerji (petrol ve doğalgaz) aramaları

Enerji-arama endüstrisi, elektro-parlatma için yeni bir müşteridir. Artan miktardaki kuyu dibi ekipmanı esasen ekşi gaz saldırısına karşı süper-pasivasyon amacıyla elektro-parlatılmaktadır. Buna ek olarak, boru sistemleri, pompalar, vanalar, yoğunlaştırucular ve termoveller dahil birçok açık deniz teçhizat parçası tuzlu hava ve suya karşı koruma amaçlı elektro-parlatılmaktadır.



*İlaç endüstrisindeki proses tankları en yüksek hijyen gereksinimini karşılamak üzere elektro-parlatılmıştır. Fotoğraf: Centro Inox, Milan (I)*

### Yiyecek ve içecek işleme

Elektro-parlatma, bu endüstri tarafından talep edilen düzgün, kolay temizlenen ve kozmetik olarak hoş giden yüzeyler sağlamaktadır. Ayrıca, benzersiz kir tutmazlık özelliği ve hijyenik kaliteler temin edilmektedir. Proses, mutfakta, süt işletmelerinde ve otomatik gıda işleme ekipmanlarında kullanılan paslanmaz çelik parçalardaki oksitlenme ve kirlenmeyi azaltmaktadır. Elektro-parlatma ile toplamda bakteri ve ürün parçacıklarının birikmesine karşı maksimum direnci sunan, mükemmel temizlikte bir yüzey üretilmektedir.

sol:

*Bir metro istasyonunda yirmi yıllık servisten sonra uygulanan mekanik parlatma ve takiben gerçekleştirilen elektro-parlatmanın bir kombinasyonu bakımda dost bir çözüm olduğunu ispatlamıştır.*

*Fotoğraf: Euro Inox, Brussels (B) / Rheinbahn AG, Düsseldorf (D)*

sağ:

*Elektro-parlatma, grafitinin kolayca giderilmesini sağlamaktadır. Fotoğraf: Packo Surface Treatment, Diksmuide (B)*

### Su arıtma

Su arıtma ve destilasyon endüstrileri, paslanmaz çelik parçaların korozyon direncini artırmak ve bu sistemler içerisinde birikebilecek mikrobiyolojik kirlenmeyi azaltmak üzere elektro-parlatmayı kullanmaktadır. Su arıtma ve destilasyon endüstrilerinde genellikle elektro-parlatma uygulanan parçalar arasında filtreler, elek ve süzgeçler, pompalar ve vanalar, yoğuşturucular ve boru sistemleri sayılabilir.

### Kağıt fabrikaları

Sulu kağıt hamuru taşıyan boru sistemleri ve hamur kasaları, kağıt endüstrisinde kullanılan çok sayıda elektro-parlatma uygulamalarından ikisidir.

### Halka açık mekanlar

Elektro-parlatma yüzey mikro pürüzlülüğünü en aza indirdiği ve kir yapışmasını belirgin biçimde azalttığı için, grafitilerin paslanmaz çelik yüzeyinden uzaklaştırılmasını kolaylaştırmaktadır.





## 7 Terimler sözlüğü

### **akım yoğunluğu**

bir elektrot yüzeyine uygulanan akımın yüzey alanına oranı

*NOT: Akım yoğunluğu, çoğunlukla desimetre kare başına düşen amper biriminde ifade edilmektedir ( $A/dm^2$ )*

### **aktivasyon**

pasif bir yüzey durumunun giderilmesi

### **askı**

elektro-parlatma ve elektro-kaplama esnasında ürünleri asmak ve üzerlerine akım taşımak için kullanılan bir çerçeve

### **çapak alma**

keskin kenar ve çapakların mekanik, kimyasal veya elektrokimyasal yollarla giderilmesi

### **dağlama**

bir metal yüzeyinin bir parçasının eşit olmayan biçimde çözündürülmesi

### **derin mat sonlama**

esasen dağınık yansıma ve ayna yansıması meydana getirmeyen bir sonlama

### **dışarı sürüklenen sıvı (drag-out)**

içerisinden çıkarılan cisimlerle beraber çözüldüğü ortamdan taşınan sıvı

### **elektro-kaplama**

#### **elektrikli kaplama**

özellikleri veya boyutları ana malzemeninkilerden farklı olan bir yüzey sağlamak amacıyla, bir alt katman üzerine elektroliz yoluyla bir metal veya bir alaşımın tutunacak biçimde kaplanması

### **elektrolitik çözelti**

#### **elektrolit**

akım geçişinin madde hareketi ile meydana geldiği iletken bir ortam; çoğunlukla asit, baz veya kaplanacak metale ait çözünmüş tuzların su bazlı çözeltisidir

### **elektro-parlatma**

bir metal yüzeyinin uygun bir çözelti içerisinde anodik yapılarak düzgünlüğünün ve parlaklığının artırılması

### **ezerek parlatma (ovalama) (burnishing)**

yüzey tabakasını kaldırmak yerine yüzeyin esasen baskı altında oarak parlatılması

### **gaz çıkışı**

elektroliz esnasında elektrot veya elektrotlardan gazların çıkışı

### **içeri sürüklenen sıvı (drag-in)**

içerisine konulan cisimlerle beraber bir çözeltinin içerisine taşınan sıvı

### **mat sonlama**

esas itibarıyla ayna yansıma özelliği olmayan, ince bir dokuya sahip homojen bir sonlama

### **ölçüm alanı**

belirtilen bir ya da daha fazla şarta uygunluğu belirlemek üzere incelenen yüzey alanı

### **paklama**

bir metal yüzeyindeki oksit veya diğer bileşiklerin kimyasal veya elektrokimyasal faaliyetle giderilmesi

### **parlak sonlanmış yüzey**

düzenli ve düzgün biçimde sonlanmış yüksek parlaklıkta bir yüzey

Polimerizasyon reaktörleri gibi büyük parçalar dahi elektro-parlatma yöntemiyle parlatılabilmektedir. Fotoğraf: Poligrat, Münih (D)



#### **parlatma, mekanik**

genellikle yüksek hızda çalıştırılan disk veya sonsuz bant yüzeylerine yapıştırıcı ile bağlanmış halde bulunan aşındırıcı parçacıkların hareketi ile metal yüzeyinin düzleştirilmesi

#### **pasivasyon**

bir metal yüzeyi veya elektro-kaplama yüzeyine pasiflik özelliği kazandırma

#### **polisaj / mekanik silme (buffing/mopping)**

bir yüzeyin, üzerine sıvı süspansiyonu, pasta veya gres çubuk formunda aşındırıcı parçacıklar uygulanmış dönen esnek bir disk yardımıyla düzleştirilmesi

*NOT: Polisaj uygulanmış / mekanik parlatılmış bir yüzey, yüzeyinde belirgin çizgi desenleri bulunmayan yarı-parlaktan ayna-parlaklığa kadar karakterize edilebilmektedir.*

#### **sonlama**

kaplamanın veya ana malzemenin görünümü (örneğin, parlak sonlama, derin mat sonlama, mat sonlama, saten sonlama)

#### **taşlama**

sabit veya esnek bir tutucu içerisine eklenen veya bağlanmış halde bulunan aşındırıcılar yardımıyla bir iş parçası yüzeyinden malzemenin uzaklaştırılması; taşlama genellikle parlatma işlemlerinde ilk basamaktır

#### **temizleme**

oksit, tufal, yağ, vb. gibi yabancı malzemelerin yüzeyden uzaklaştırılması

##### **› asitle temizleme**

asit çözeltileri yardımıyla (yukarıdaki gibi) yapılan temizlik

##### **› alkaliyle temizleme**

alkali çözeltileri yardımıyla (yukarıdaki gibi) yapılan temizlik

##### **› anodik temizleme**

##### **tersine temizlik (A.B.D.)**

temizlenecek iş parçasının hücrenin anot kısmına bağlandığı elektrolitik temizleme

##### **› elektrolitik temizleme**

çözüldüğü doğru akım geçirilerek uygulanan temizlik; elektrotlardan birisi temizlenecek iş parçasıdır

#### **tufal**

yüzeysel filmden daha kalın olan ve kararma olarak adlandırılan kaplanmış yapışkan bir oksit tabakası

#### **yağdan arındırma**

bir yüzeydeki gres veya yağın giderilmesi

#### **yardımcı katot**

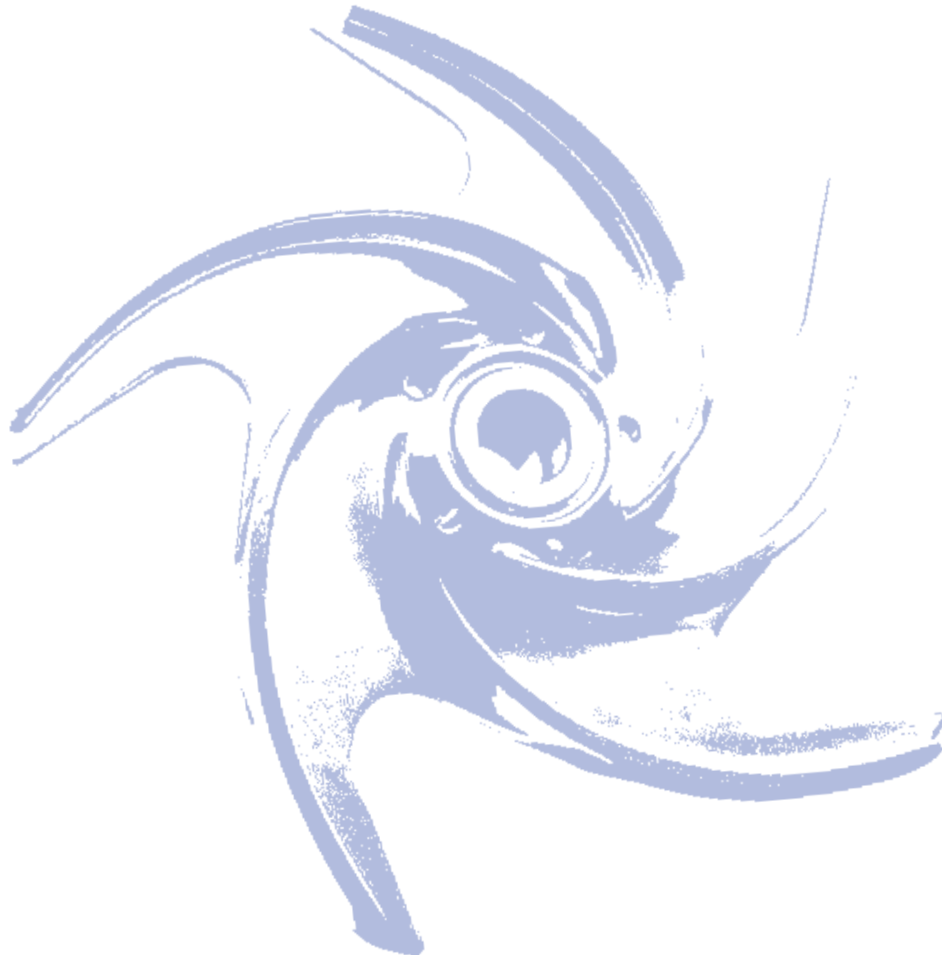
akım yoğunluğunun çok yüksek bir değere ulaşmaması için mamule ait parçalardan geçen akımın bir bölümünü kendi üzerine çevirecek biçimde yerleştirilen bir katot

#### **yüzey işlemi**

bir yüzeyi değiştirmek için kullanılan işlem

## 8 Referanslar

- [1] [www.delstar.com](http://www.delstar.com), “*Electropolishing, A User’s Guide to Applications, Quality Standards and Specifications*”, 2003
- [2] <http://www.kepcoinc.com/?page=serviceselectropolishing>, Kalamazoo Electropolishing Company, “*What is Electropolishing?*”
- [3] <http://www.abccorporate.com>, Allegheny Surface Technology, “*Electropolishing*”
- [4] [http://www.ableelectropolishing.com/electropolishing\\_workbook.pdf](http://www.ableelectropolishing.com/electropolishing_workbook.pdf), Able Electropolishing, “*Looking for Solutions to Metal Surface Problems?*”
- [5] [http://www.electropolish.com/pubs/process\\_steps.pdf](http://www.electropolish.com/pubs/process_steps.pdf), “*The MCP System of Electropolishing, General Process Steps*”
- [6] MOHAN, S., KANAGARAJ, D., VIJAYALAKSHMI, S., RENGANATHAN, N. G., “*Electropolishing of Stainless Steel – a Review*”, Trans IMF 79, No.4, 2001
- [7] ASTM B 912-02 Standard Specification for Passivation of Stainless Steels Using Electropolishing
- [8] ISO 15730: 2000 Metallic and other inorganic coatings – Electropolishing as a means of smoothing and passivating stainless steel



ISBN 978-2-87997-320-3