

Paslanmaz Çeliklerin Biçimlendirilme Potansiyeli



Euro Inox

Euro Inox, Paslanmaz Çelik için Avrupa pazarını geliştirme birliğidir. Euro Inox'un üyeleri arasında şunlar bulunur:

- Avrupalı paslanmaz çelik üreticileri
 - Ulusal paslanmaz çelik geliştirme birlikleri
 - Alaşım element endüstrilerini geliştirme birlikleri
- Euro Inox'un öncelikli hedefi, paslanmaz çeliklerin eşsiz özelliklerini tanıtmak ve bunların mevcut uygulamalarda ve yeni pazarlarda kullanımını daha ileri götürmektir. Bu amaç doğrultusunda Euro Inox, mimarların, tasarımcıların, uzmanların, üreticilerin ve nihai kullanıcıların malzemeyi daha yakından tanıması için konferanslar ve seminerler organize eder, basılı ve elektronik formatta kılavuzlar yayımlar. Euro Inox ayrıca, teknik ve pazar araştırmalarını destekler.

ISBN 978-2-87997-221-3

978-2-87997-211-4 İngilizce çeviri
978-2-87997-212-1 Fransızca çeviri
978-2-87997-213-8 İtalyanca çeviri
978-2-87997-214-5 İspanyolca çeviri
978-2-87997-215-2 Fince çeviri
978-2-87997-216-9 İsveççe çeviri
978-2-87997-217-6 Felemenkçe çeviri
978-2-87997-218-3 Almanca çeviri
978-2-87997-219-0 Lehçe çeviri
978-2-87997-220-6 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

Institut de Développement de l'Inox (I.D.-Inox)
www.idinox.com

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

Basım

Paslanmaz Çeliklerin Biçimlendirilme Potansiyeli
(Malzemeler ve Kullanımları Serisi, Cilt 8)

1.Basım 2008

© Euro Inox 2008

Yayımcı

Euro Inox

Organizasyon Merkezi:

241, route d'Arlon, 1150 Lüksemburg,

Lüksemburg Büyük Dükaliği

Tel. +352 26 10 30 50 Faks +352 26 10 30 51

İdare Merkezi:

Diamant Building, Bd. A. Reyers 80

1030 Brüksel, Belçika

Tel. +32 2 706 82 67 Faks +32 2 706 82 69

E-posta: info@euro-inox.org

İnternet: www.euro-inox.org

Yazar

Benoît Van Hecke, Hasselt (Belçika)

Çeviri

Dr. Caner Batıgün, Ankara (Türkiye)

Teşekkür

Kapak fotoğrafları:

- HDE Solutions, Menden (D)
- Thyssen Krupp Nirosta, Krefeld (D)
- Alessi, Crusinallo (I)

Bildirim

Euro Inox burada sunulan bilgilerin teknik açıdan doğru olması için gerekli tüm çabayı göstermiştir. Ancak okuyucunun burada verilen bilgilerin yol gösterici olduğunu bilmesi gerekir. Euro Inox üyeleri, çalışanları, danışman ve çeviri yapan kişi veya kuruluşların işbu yayında sunulan bilgilerin kullanımları nedeniyle oluşabilecek herhangi bir kayıp, hasar veya ziyana bağlı hiçbir yükümlülük veya sorumluluk kabul etmeyeceklerini özellikle bildirirler. Ayrıca bu bro-

İçindekiler

1. Giriş	3
2. Mekanik özellikler	4
3. Biçimlendirilme potansiyeli	5
4. Yüzey sonlama	5
5. Otomotiv kafesleri için hidro-biçimlendirilmiş bağlantı elemanları	6
6. Dikişsiz yüzeyler sayesinde hijyenik tasarım	8
7. Hidro-biçimlendirilmiş gövdeler sayesinde pompa verimi	10
8. Özel tasarımlar için metal sıvama	12
9. Sıvama yoluyla yapılan dekoratif jantlar	14
10. Üstün dayanç amaçlı soğuk haddelenmiş profiller	16
11. Patlatmayla biçimlendirilmiş ısı eşanjörü plakaları	18
12. Tekerlek dekorasyonu için derin çekilmiş bijon kapakları	20
13. Daha yüksek kargo kapasitesi için oluklu saclar	22
14. Referanslar	24

şürdeki bilgilerin yayın hakları mahfuz olup, iktibas edilmesi, alıntı yapılması, yayımcı kuruluşun yazılı iznini gerektirir.

Telif Hakkı Uyarısı

Bu çalışma telif haklarına tabidir. Euro Inox, herhangi bir dilde çeviri, yeniden basım, resimlerin, ifadelerin ve yayının yeniden kullanımı konusundaki bütün hakları 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 hasarların yanı sıra maliyet ve yasal ücretler konusunda da sorumluluk doğar ve Avrupa Birliği dahilinde Lüksemburg telif hakları yasa ve tüzüğünün kovusturma yasası kapsamına girer.

Paslanmaz çelikler hakkında

Paslanmaz çelikler, kendiliğinden yapılan ve korozyon direnci sağlayan – pasif tabaka olarak bilinen – bir yüzey tabakası oluşumunu temin etmek üzere (ağırlıkça) en az % 10,5 krom ve en fazla % 1,2 karbon içeren demir alaşımlarıdır. Bu cümle, paslanmaz çeliklerin EN 10088-1 içerisinde verilen tanımınıdır.

Alaşım elementlerinin kompozisyonu, paslanmaz çeliklerin metalürjik yapısını büyük ölçüde etkilemekte ve her birinin kendi tipik mekanik, fiziksel ve kimyasal özellikleri bulunan dört ana paslanmaz çelik grubunu belirlemektedir¹:

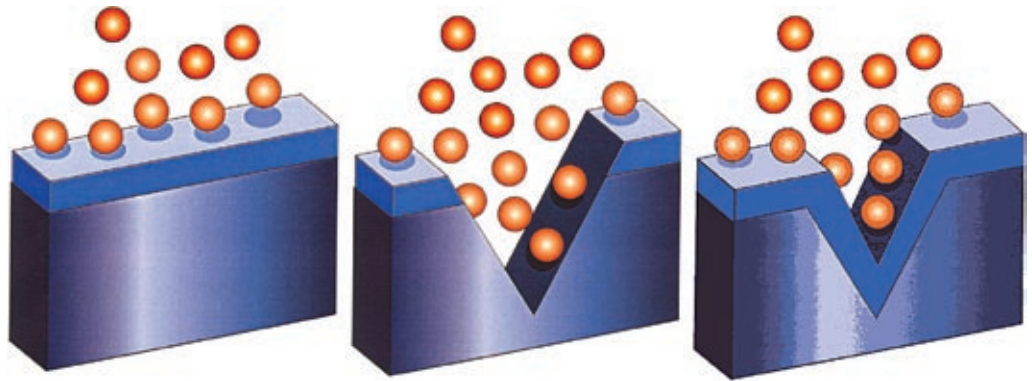
- Östenitik paslanmaz çelikler:
Fe-Cr-Ni, C < % 0.1 (manyetik değil)
- Ferritik paslanmaz çelikler:
Fe-Cr (> % 10.5), C < % 0.1 (manyetik)
- Duplex paslanmaz çelikler: Fe-Cr-Ni, östenitik-ferritik kombine yapı (manyetik)
- Martensitik paslanmaz çelikler: Fe-Cr, C > % 0.1 (manyetik ve sertleştirilebilir)

Bu gruplar ayrıca molibden, titanyum, niyobyum ve azot gibi diğer elementleri içeren kaliteleri de kapsamaktadır. Dünya paslanmaz çelik kullanımının yaklaşık üçte ikisini östenitik paslanmaz çelikler oluşturmaktadır.

EN 1.4301/1.4307 (AISI 304/304L) ve EN 1.4401/1.4404 (AISI 316/316L) östenitik kaliteler ile EN 1.4016 (AISI 430) ferritik kalite ve bunların değişik biçimleri en iyi bilinen ve ticari olarak yaygın biçimde mevcut paslanmaz çeliklerdir.

Paslanmaz çeliklerin temel özellikleri aşağıda verildiği gibi özetlenebilir:

- korozyon direnci
- estetik çekicilik
- ısı direnci
- düşük kullanım ömrü maliyeti
- tamamen geri dönüştürülebilir
- biyolojik nötrallik
- kolay imalat
- yüksek dayanç-ağırlık oranı



Paslanmaz çelik yüzeyi işlendiğinde veya kazara zarar gördüğünde, pasif tabaka hava veya sudaki oksijen mevcudiyetiyle beraber hemen tekrar oluşmaktadır.

¹ Paslanmaz çeliklerin kimyasal, mekanik ve fiziksel özellikleriyle ilgili detaylı bilgi www.euroinox.org/technical_tables (interaktif veritabanı) veya basılı broşür *Tables of Technical Properties* (Materials and Applications Series, Volume 5), 2nd ed., Luxemburg: Euro Inox, 2007' den edinilebilir.

1 Giriş

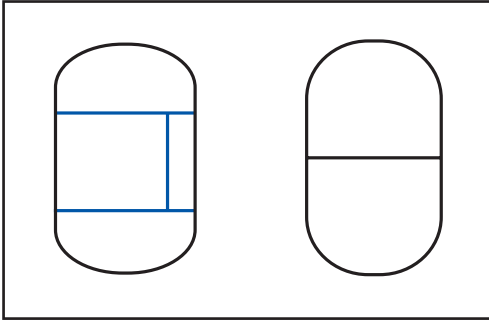
Paslanmaz çelik, mekanik özelliklerinin ilgi çekici aralığı nedeniyle biçimlendirme uygulamalarında önemli bir potansiyele sahiptir. Malzemeye ait yüksek dayanım-ağırlık oranı ve önemli miktardaki uzama ve pekleşme özelliği, onun sıklıkla karmaşık, üç boyutlu, dikişsiz tasarımların ihtiyaçlarını karşılayabileceği anlamına gelmektedir.

Bu tür tasarımlarda kullanılması, onun iyi bilinen korozyon direnci, ısı direnci ve dekoratif kalite özelliklerinden herhangi birini zayıflatmadığından, paslanmaz çelik çoğu kez hem endüstriyel hem de tüketim yönelik ürünler için doğru malzeme seçimidir.

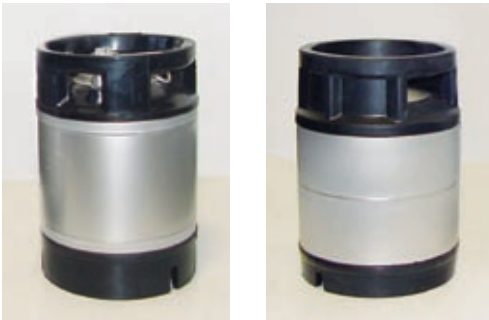
İmalat maliyeti şunları içermektedir:

- malzeme maliyeti
- dönüşüm maliyeti

Paslanmaz çelik her zaman en ucuz malzeme olmayabilirken, kullanımının yol açabileceği imalat prosesi basitleştirmeleri onun yüksek malzeme maliyetini – örneğin, derin çekme basamaklarının veya ısı işlemlerinin sayılarının azaltılması yoluyla – büyük ölçüde dengeleyebilmektedir.



Bira ve içecek fıçıları (tipik olarak 20-70lt) paslanmaz çeliğin çok yönlü mekanik özellikleri sayesinde, farklı yollarla imal edilebilmektedir. Bombe şekilli iki uç ve orta kısım için soğuk deforme edilmiş paslanmaz bir çelik sac kullanan üç-parçalı tasarımlar (sol taraftaki örnek) bir seçenektir. Soğuk haddelenmiş paslanmaz çeliğin soğuk şekillendirilmesi, mekanik özellikleri arttırmaktadır. Orta kesit için böyle bir sacın kullanılması fıçının dayanımını arttırmakta veya aynı dayanımda daha ince et kalınlıklarını mümkün kılmaktadır. Bu tasarım, anahtar ölçüt ağırlığın azaltılması olduğunda tercih edilebilir.



Alternatif olarak, paslanmaz çeliğin biçimlendirilme kapasitesi iki benzer yarıdan oluşan iki-parçalı tasarımları da (sağ taraftaki örnek) mümkün kılmaktadır. Esas parametre kaynak dikişlerinin azaltılması olduğunda, bu tasarım tercih edilebilmektedir. Biçimlendirilme potansiyelinin dışında paslanmaz çelik, Avrupa Gıda Güvenliği Düzenlemelerini kolayca karşıladığından, çoğunlukla gıdalarla temas için en uygun malzemedir.

Üç-parçalı ve iki-parçalı tasarımın karşılaştırılması.
Fotoğraflar: AEB, Vimercate (1)

2 Mekanik özellikler

Herhangi bir malzemenin biçimlendirilme potansiyelinin değerlendirilmesi onun mekanik özelliklerinin anlaşılmasını gerektirmektedir. En yaygın kullanılan mekanik değerlendirme kriterleri şunlardır:

Dayanç: bir malzemenin deformasyon direncinin derecesidir.

Yapısal hususlara bağlı olarak, deformasyon aşağıdaki şekillerde tanımlanabilir:

- “akma” veya kalıcı plastik deformasyon (dolayısıyla “akma dayanıcı” R_p), veya
- “ kırılma” veya kopma (dolayısıyla “çekme dayanıcı” R_m)

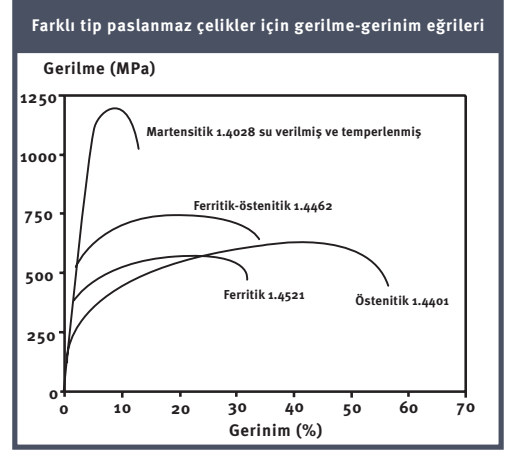
Sertlik: uygulanan bir yükte kalıcı batma izi oluşturma direncin derecesi.

Tokluk: kırılmadan önce abzorbe edilen deformasyon enerjisi kapasitesi.

Süneklik: kırılma olmadan plastik deforme edilebilme kabiliyeti.

“Kuvvetli” ve “zayıf”, “sert” ve “yumuşak”, “tok” ve “kırılgan” kavramları malzemele- rin mekanik özelliklerine ait farklı yönlerini tanımlamaktadır ve birbirlerine karıştırılmamalıdır. Bu özelliklerden bazıları bir çekme testiyle ölçülebilir. Çeşitli paslanmaz çeliklere ait çekme testi sonuçlarının tipik diyagramı, uygulanan gerinim miktarına bağlı olarak gerilmeyi (“ dayanç” la ilgili) ölçmektedir.

Eğrilerin son noktası, kırılmadaki uzamanın derecesine karşılık gelmekte olup, malzemenin sünekliğinin bir ölçüsüdür. Her eğrinin altındaki alan, malzemenin kırılmadan önce ne kadar enerji abzorbe ettiğini gösterir – ve bu nedenle, malzemenin tokluğunun bir ölçüsüdür.



Östenitik çelikler düşük dayanca ve yüksek sünekliğe sahip iken, martensitik çelikler yüksek dayanca ve oldukça düşük sünekliğe (veya biçimlendirilebilirliğe) sahiptirler. Ferritik-östenitik (veya dupleks) ve ferritik çelikler ara bir pozisyonda bulunmaktadır. Ferritik çeliklerin akma dayanıcı genel olarak östenitik çeliklerinkinden daha yüksek iken, duplekslerin akma dayanıcı hem ferritik hem de östenitik kalitelere önemli miktarda yüksektir. Ferritik ve dupleks çelikler benzer sünekliğe sahiptirler². Martensitik paslanmaz çelikler istisna tutularak, grafikte gösterilen tipik ilişkiler, paslanmaz çeliklerin genelde teslim durumu olan tavllanmış durum için geçerlidir. Konuyu tamamlamak için ve paslanmaz çeliklerin biçimlendirilme potansiyelini kavramak amaçlı olarak, malzemenin mekanik özelliklerinin aşağıdakilere bağlı olduğu belirtilmelidir:

- kimyasal bileşim
- ısı işlem (martensitik paslanmaz çelikler için)
- pekleştirme (östenitik ve dupleks paslanmaz çelikler için)

Son özellik, paslanmaz çeliklerin soğuk işlenmesiyle beraber yüksek dayanç seviyelerine

ulaşılabilirliği gerçeğinden bahsetmektedir. Gerçekten, bu “pekleşme” davranışı bu çelikleri diğer çoğu metalik malzemeden farklı kılmaktadır. Soğuk işlenmiş östenitik

ve dupleks paslanmaz çelikler bundan dolayı, ağırlık-tasarrufu potansiyeli bakımından genellikle ilgi çekici bir dayanç ve biçimlendirilebilirlik kombinasyonu sunarlar.

3 Biçimlendirilme potansiyeli

Paslanmaz çeliklerin biçimlendirilme potansiyelini açıklamak için, evle ilgili ve endüstriyel paslanmaz çelik tasarımlarına ait dokuz örnek olay incelemesi sunmaktayız. Her örnek olay incelemesi kısaca şunları tanımlamaktadır:

- biçimlendirme operasyonunun prensipleri
- tasarım ürününe ait malzeme gereksinimleri
- paslanmaz çelikleri uygun yapan özellikler
- ürünün paslanmaz çeliklerin kullanımıyla gerçek imalatı³

4 Yüzey sonlama

Avrupa standardı EN 10088-2 paslanmaz çelikler için mümkün olan sonlamalar (ve onların terminolojileri) hakkında bilgi vermektedir⁴. Biçimlendirme uygulamalarında bulunan en yaygın sonlamalar ve bunların tipik kalınlık aralıkları şunlardır:

- Soğuk haddelenmiş hafif yansıtıcı 2B (0.40 – 8.00 mm)
 - Soğuk haddelenmiş yüksek yansıtıcı (parlak tavllanmış) 2R (<3.00 mm)
 - Soğuk haddelenmiş parlatılmış (2G) veya fırçalanmış (2J)
- Sıcak haddelenmiş (1D; > 2.00 mm) ve pekleştirilmiş (2H; < 6.00 mm) sonlamalar da kullanılmaktadır.

Kuvvetli deformasyon dekoratif yüzeylere tipik olarak zarar vermektedir. Bununla birlikte, paslanmaz çelik kullanıldığında, oldukça karmaşık şekiller çoğunlukla imalat sonrası işlem (mekanik sonlama) gerekmeden elde edilebilmektedir.

Örneğin, bazı düşük-maliyetli paslanmaz çelik lavabolar doğrudan parlak tavllanmış (2R) paslanmaz çelik levhalardan ek parlatma olmaksızın yapılmaktadır. Yüzey sonlamanın biçimlendirme operasyonunu yaşattığı gerçeği, malzeme ve biçimlendirme tekniği kombinasyonunu uygun maliyetli kılmaktadır.

Biçimlendirilme için uygun olağan sonlama türleri: 2B, 2R ve 2G/2J.



³ Bu yayın, paslanmaz çeliklerin biçimlendirilme potansiyellerinin ideal biçimde kullanılmasını sağlayan, seçilmiş prosesleri göstermeyi amaçlamıştır. Bunları uygulayabilen firmalar hakkındaki bilgi Euro Inox veya onun üyelerinden elde edilebilir.

⁴ Bakınız *Paslanmaz Çelik Yüzeyleri Kılavuzu* Ek B: (Bina Serisi, Cilt 1), Luxembourg: Euro Inox, 2007.

5 Otomotiv kafesleri için hidro-biçimlendirilmiş bağlantı elemanları

Hidro-biçimlendirme borulardan karmaşık şekillerin yapılmasını mümkün kılmaktadır. İşlem şu aşamaları içermektedir:

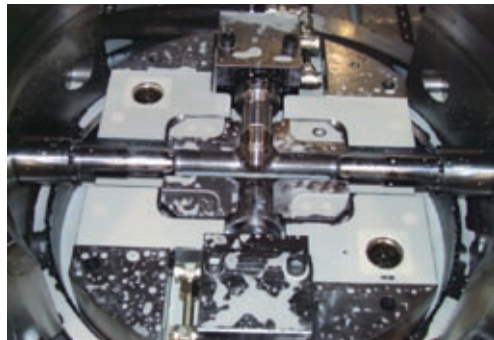
- bir paslanmaz çelik borunun kalıp içerisine yerleştirilmesi
- iki ucun kapatılması
- borunun sıvı ile doldurulması (genellikle su veya yağ)
- paslanmaz çeliğe, sıvı basıncı (çevresel) ve boru uçlarının sıkıştırmasının (eksenel) birleşik etkisi yoluyla basıncın uygulanması

Neredeyse bütün karmaşık şekillerin biçimlendirilmesi için kullanılabilen bu proses, geleneksel tekniklere göre aşağıdaki avantajlara sahiptir:

- bozulmamış yüzey (mandrel sebepli yaralama veya yağlayıcı sebepli lekeler yoktur)
- hassas şekil toleransları

Otomotiv kafesi bağlantı elemanlarının imalatı

Metalik “uzay kafesleri” (sol üstteki resim) otomobil gövdelerinin yapımı için bir çözüm olarak görülmektedir. Aslında, otobüs imalatçıları kaynaklı paslanmaz çelik borulardan bir kafes kullanarak bu prensibi yıllardır uygulamaktadırlar. Geleneksel olarak,



Hidro-biçimlendirme aleti ve fotoğrafı: ArcelorMittal Centre Auto-Applications, Montataire (F)

bu işlem eğme, kesme ve kaynak ile yapılan birleştirmelerin kullanılmasını kapsamaktadır (sağ üstteki resim).

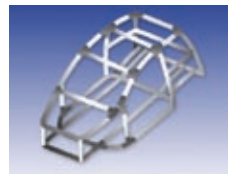
Hidro-biçimlendirilmiş bağlantı elemanlarının montaj avantajları şunlardır;

- karmaşık kesilmiş boruların geleneksel kaynaklı montajının yerini alması
- kaynaklı dikişin ve kesimin ayrılması (böylece metalürjik değişim ve mekanik değişim ayrı alanlardadır)

Faydalar arasında şunlar sayılabilir:

- imalatın standartlaştırılması
- modüler çözümler
- ağırlığın azalmasına yol açan yüksek bükülmezlik ve dayanç
- maliyet azalması

Model: P-J Cunat, Joinville-le-Pont (F)



Fotoğraf: HDE Solutions, Menden (D)



Hidro-biçimlendirilmiş bağlantı elemanlı yeni uzay kafes parçaları. Fotoğraf: ArcelorMittal Stainless Europe, La Plaine Saint-Denis (F)

Paslanmaz çeliklerin hidro-biçimlendirme esnasındaki deformasyon davranışları

Hidro-biçimlendirme esnasında bazı bölgeler metalin “pekleşmesi”ne yol açacak kadar fazla deforme olur. Paslanmaz çeliğin bu ekstra yararı, parçanın hem statik hem de yorulma davranışlarını iyileştirerek, mekanik özellikleri arttırmaktadır.

Gerilimin maksimum olduğu deforme olmuş bölgeler, kaynaklı bölgelerden uzak konumlanmıştır. Bu durum, kaynaklı bölgelerin de en kritik bölgeler olduğu klasik montajın tam karşıtıdır.



*Hidro-biçimlendirilmiş bağlantı elemanı
Fotoğraf: HDE Solutions,
Menden (D)*

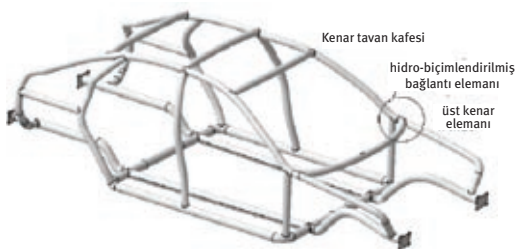
Hidro-biçimlendirilmiş paslanmaz çelik bağlantı elemanlarının avantajları

Hidro-biçimlendirme ve paslanmaz çelik kombinasyonunun değerli nitelikleri şunlardır:

- daha iyi eksenel hizalama
- kusursuz diklik (kaynağı takiben ısıl çarpılma riski yoktur)
- Otomatik kaynak olanağı (kesişim noktasından ziyade, bağlantı elemanına)

- daha iyi kalınlık/geometri doğruluğu
- daha iyi gerilme dağılımı

Sonuç: Maliyetin düşmesini sağlayan daha az parça, daha az hurda, daha az kalıp ve daha az malzeme.



*Model ve fotoğraf: ArcelorMittal Stainless Europe,
La Plaine Saint-Denis (F)*

6 Dikişsiz yüzeyler sayesinde hijyenik tasarım

Gıda maddeleriyle temas amaçlı mutfak kaplarına uygulanabilen tasarım gereksinimleri şunlardır:

- hijyenik, kolay temizlenebilir yüzeyler
- verimli ısı dağılımı (pişirme için), fakat yanmayan kulplar
- darbe ve aşınmaya karşı direnç

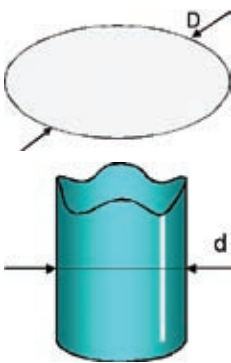
Teknik yönün ötesinde, yaşam stili göz önüne alındığında listeye sonlama ve şekil gereksinimleri de eklenmektedir. Aşağıda örneği verilen bir özel tasarım tencereye ait imalat süreci, paslanmaz çeliğin neden onlarca yıldır bu uygulamalar için malzeme olarak seçildiğini göstermektedir.

Yassı bir metalik diskin çukur bir gövdeye dönüşümü



Kafi derecede şaşırtıcı olarak, bu zarif kabın imalatı 1 mm kalınlığında ve yaklaşık 400 mm çapında yassı bir diskten başlamaktadır. Soğuk haddelenmiş 2B yüzeye (fabrikasının sunduğu şekilde) sahip EN 1.4301 kalite çelik, kullanılan pres veya presler tarafından uygulanan önemli miktardaki gerinimi absorbe etmektedir. Bu proseste, diskin çapı yarıya düşmektedir – bu da kabaca malzemenin biçimlendirilme kapasitesinin⁵ sınırındadır.

Paslanmaz çelik, deformasyon kapasitesi yenilediğinde daha derin şekillere olanak tanımaktadır. Bu 1000 °C üzerinde bir ara ısıl işlem (tavlama) yoluyla yapılmaktadır. Bu sıcaklıklarda paslanmaz çelik yüzeyleri oksitlenir. Bu kararmış yüzeyler preslerin aşağı hareket eden takım yüzeylerini kirleterek parlatmayı daha zor hale getirirler. Bunların temizlenmesi için kimyasal işlem uygulanır ve yüzeyin pasiflik durumu tekrar oluşturulur. Yenilenmiş silindirik şekil şimdi daha büyük uzunluklarda derin çekilebilir.



Sınır Sac Çekme Oranı
(LDR) = D/d .

Paslanmaz çelikler için
tipik LDR değerleri 1.8 ve
2 arasındadır.



⁵ Sınır Sac Çekme Oranı (LDR), bir silindirin içine bir basamakta derin çekilebilen maksimum sac parçası çapının (D) bu silindirin çapına (d) bölümüne karşılık gelmektedir.

Şekillendirilmiş hacimden tasarım parçasına

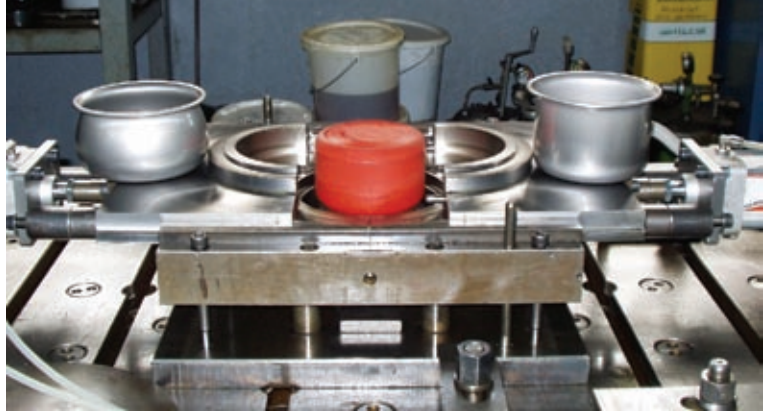
İndüksiyonla ısıtmaya uygun hale getirmek üzere, tencerenin tabanına ferritik (Cr) bir paslanmaz çelik disk yerleştirilmektedir. Gövdenin yapıldığı östenitik (Cr-Ni) paslanmaz çeliğin aksine bu malzeme manyetiktir.

Isının ideal biçimde dağılması için, her ikisinin arasına alüminyum bir disk yerleştirilmektedir. Üç parça, bir zımbalama ve sert lehimleme işlemiyle birbirine sıkıca sabitlenmektedir.



Başlangıç diskinin mat görüntüsü özel tasarım mutfak gereçlerinin parlak görünüşüne sahip olmasa da, yüzey pürüzlülüğü imalat sonrası sonlamanın verimli olmasına yetecek kadar düşüktür.

Bir kere temel birleştirme basamakları tamamlandıktan sonra, tava gövdesi taşlanıp parlatılabilir. Çeşitli taneli aşındırıcı ortamlar, Scotch-Brite™ pedler ve (nihai sonlama için) aşındırıcı disk pastaları (son cilalama için) mevcuttur.



Paslanmaz çeliklerin biçimlendirilmesi, silindirik şekillerle sınırlı değildir. Silindire (sağda) gereken son şekle sahip iki parçalı metal bir kalıp ve değişen özelliklerdeki bir dizi sert polimerden yapılmış bir mandrel (ortada) yardımıyla daha karmaşık kavisli bir profil (resmin solunda) verilebilmektedir.



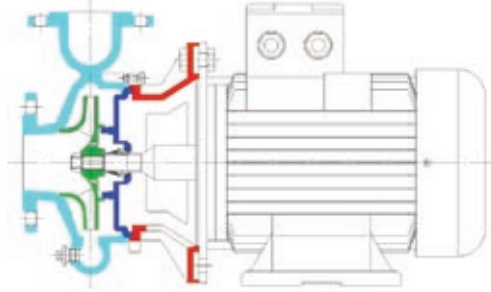
Hijyenik tasarımlar için çok yönlü bir malzeme

Kaynak, biçimlendirme ve sonlama özellikleri sayesinde, paslanmaz çelikler mutfak gereçlerine ait dikişsiz (hijyenik) tasarım, yapışmaz yüzeyler, uzun süreli dayanım, indüksiyonla ısıtmaya uygunluk v.b. gibi gerekleri kolayca sağlamaktadır. Bu tür şekillerin kullanımı, mutfak gereçlerinin ötesinde diğer hijyenik uygulamalara da yayılabilmektedir.

Tencerenin gövdesine yuvarlak veya yassı çubuktan yapılmış kulplar kaynaklanırlar. Temas yüzeyinin en aza indirilmesi ve (diğer çeliklerden daha düşük ısı iletkenliğe sahip olan) östenitik paslanmaz çelik kullanılması yoluyla güvenli, el yakmaz bir kullanım için ideal hale getirilirler.

7 Hidro-biçimlendirilmiş gövdeler sayesinde pompa verimi

Tipik bir santrifüj pompanın temel parçaları



Bir santrifüj pompa, içerisinden geçen sıvının (bir motor tarafından var edilen) enerjisini artırır, sıvının yerini değiştirir ve basıncını artırır. Temel parçaları şunlardır:

- bir elektrik motoru ve bir shaft
- sabit bir gövde (açık mavi)
- dönen bir pervane (yeşil)
- bir conta (mavi) ve bir destek (kırmızı)

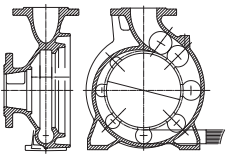
Pervane, motorun enerjisini sıvının enerjisine dönüştürür (sıvı enerjisi, basınç, kinetik enerji ve potansiyel enerjinin toplamıdır).

Gövdenin hidrolik amacı, giriş tarafında sıvıyı pervane içerisine yönlendirmek, düşük basınçlı bölgeyi yüksek basınçlı bölgeye ayırmak, sıvının pervaneden ayrılıp çıkışa yönelmesine kılavuzluk etmek ve ayrıca sıvının hızını azaltarak basıncını artırmaktır.

Mekanik bakış açısıyla, gövde çalışma basıncına direnç göstermeli, pompayı desteklemeli (modele bağlı olarak) ve bağlı boru şebekesinden gelen gerinimleri karşılamalıdır.

Spiral gövdenin rolü

Pervane kanatçıklarından ayrılırken sıvının basıncını daha fazla yükseltmek için gövde spiral biçimdedir. Burada, spiral ilerledikçe gövdenin kesiti artmaktadır. Bu, olası en az sürtünme kaybı ile sıvının hızının



Spiral gövde tasarımı

yavaşlamasına izin vermektedir (basıncının artması için gereklidir). Karmaşık tasarım prensiplerine uymayı gerektiren bir metalik spiral gövde imalatı oldukça uğraş gerektirmektedir.

Dökümden derin çekilmiş gövdelere

Geleneksel yaklaşım, gövde için dökme demir, çelik veya bronz döküm kullanmak yönündedir. Son günlerde, paslanmaz çeliklerden derin çekilerek yapılmış gövdeler bulunabilmektedir. Paslanmaz çeliklerin üstün dayanç-ağırlık oranı ve mükemmel biçimlendirilme özelliklerinin birleştirilmesiyle hafif fakat mekanik olarak dirençli bir ürünün imalatı mümkün olmuştur.



Dökme demir gövde



Derin çekme içeren paslanmaz çelik gövde

Paslanmaz çelik kullanımının yararları

Paslanmaz çelik gövdeler şunları sağlamaktadır:



Paslanmaz çelik gövdeli santrifüj pompa

- gövde malzemesi tarafından ileri gelen kirliliğin (örneğin içme suyu için) bulunmaması

- geniş bir aralıktaki hafif agresif ortamlarda korozyon direnci
- arttırılmış mekanik özellikler sayesinde azaltılmış ağırlık (sonuçta küçük, kolay kullanılabilir pompalar sağlar)
- çekici bir yüzey görünümü ve bakım kolaylığı
- pürüzsüz yüzey sayesinde yüksek pompa verimi



Derin çekilmiş bir paslanmaz çelik sac parçasından yapılmış pompa gövdesi. Giriş önde bulunmaktadır ve sıvı gövdeyi üstte bulunan hidro-biçimlendirilmiş bir ağızdan terk etmektedir.

Hidro-biçimlendirme kullanımının yararları

Gövde tasarımları çok basitten (daireesel bir kesit) oldukça karmaşığa (spiral gövde içeren) kadar geniş bir aralıktadır. Sonuncusu genellikle iki yarının birbirine kaynaklanması ile imal edilir ve geliştirilmiş pompa verimi sunar. Hidro-biçimlendirme, spiral gövdenin paslanmaz çelik gövde tasarımı



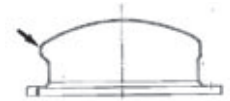
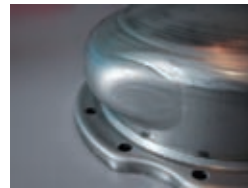
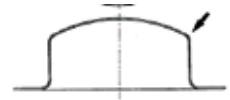
Spiral gövde hidro-biçimlendirme sayesinde pompa gövdesi içerisine entegre edilir. Çalışma verimini arttırmak için çıkış ağız dikkatlice sonlanır.

içerisine entegre edilmesini ve sadece tek parça olmasını mümkün kılmaktadır – böylece, kaynaktan kaçınılır ve korozyon riski azaltılır.

Hidro-biçimlendirilmiş paslanmaz çelik pompa gövdesinin imalatı

Dairesel bir paslanmaz çelik sac parçasından (modele bağlı olarak 1.5 mm ila 3 mm kalınlıkta) ile başlayarak, aşağıdaki işlemler gövdeyi tamamlar:

- derin çekme, gövdeye gerekli hacmi vermek için
- > 1000 bar su basıncı kullanılarak spiral gövdenin hidro-biçimlendirilmesi
- ağızların delinmesi ve frezelenmesi
- bağlantı elemanlarının kaynağı ve dış kısmın desteklenmesi



Gövde imalat basamakları: derin çekme, Hidro-biçimlendirme, delme ve tesviye, deneme

8 Özel tasarımlar için metal sıvama

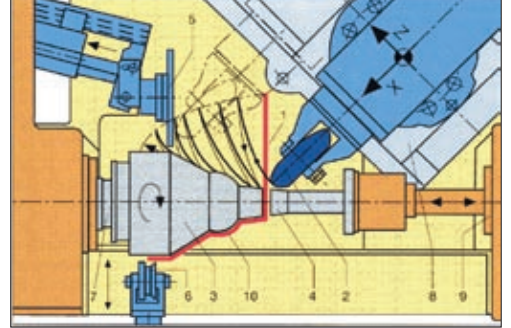
Metal sıvama, malzeme kaybı içermeyen bir biçimlendirme prosesidir. Gerekli malzemeler:

- dairesel bir metal sac parçası veya derin çekilmiş bir ön-form
- bir sıvama makarası
- tornaya bağlanmış, dairesel simetriye sahip bir kalıp

Kalıp ve sac parçası birlikte torna tarafından çevrilirken, sac parçası kalıp üzerinde basamaklar halinde gerdirilir. Uygulanan yüksek basınçlar sebebiyle, yüzey hasarına yol açabilen iş parçasının kalıba yapışması durumunu önlemek üzere, yağlama önem arz etmektedir.

Bu tornada sıvama prosesi, preste çekme prosesine kıyasla genellikle düşük sermaye yatırımı, düşük takım, düzenek ve dönüşüm maliyetleri ve düşük enerji tüketimi içermektedir.

Bununla birlikte, verimliliği düşük olduğundan, daha ziyade prototip hazırlığı ve

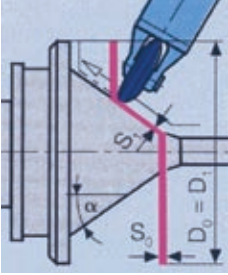


Diyagram: Leifeld Metal Sıvama, Ahlen (D)

küçük seriler için uygundur. Proses, metali inceltmeye kalkmadan uygulanmaktadır.

Alternatif olarak, minimum açılma açısı 12° olan konik şekiller tek basamakta biçimlendirilebilmektedir (daha düşük açılarda fazla basamak uygulanır). Koninin açık ucunun çapı, diskin ilk çapına karşılık gelmektedir; dolayısıyla, bir derecede et kalınlığında inceltme (açıyla bağlantılı olarak) gerçekleşmektedir. Bu proses, güçlü sıvama, kayma sıvama veya akma tornalaması olarak anılmaktadır.

Diyagram: Leifeld Metal Sıvama, Ahlen (D)



Derin çekme ve germeli şekillendirme gibi klasik biçimlendirme proseslerine alternatif olarak, sıvama konik veya silindirik şekiller için idealdir. Bu tür şekiller, günlük ev eşyalarında ve hatta endüstride yaygın olarak bulunmaktadır. Sadece iki boyutlu bir paslanmaz çelik diskten başlayarak önemli seviyede yükseklik/çap oranları elde edilebilmektedir.

Fotoğraf: ThyssenKrupp Nirosta, Krefeld (D)



Paslanmaz çeliklerin tornada sıvaması

Takım tarafından uygulanan kuvvet, paslanmaz çelik sac parçası içerisinde basma gerilmeleri oluşturmakta ve böylece hızla pekleşmeye ve dolayısıyla şekillendirme kabiliyetinin azalmasına yol açmaktadır. Bu nedenle, sıvama esasen sadece sınırlı kalınlıklarda kullanılmaktadır. Proses ideal olarak akma dayancısı ve pekleşme hızı düşük olan kalitelere uygundur. Bu durum, ferritik kaliteler (örn. EN 1.4016) ve yavaş pekleşen (“kararlı” östenitler olarak anılan) bazı östenitik çeliklerde (örn. EN 1.4301 veya daha yüksek bir derecede pekleşen, EN 1.4303) görülmektedir.

Tornada sıvama, dairesel simetrisi yüksek seviyede olan paslanmaz çelik şekiller imal etmektedir. Sonuç olarak, bu iş parçalarının imalat sonrasında parlatılması, uygun maliyetle gerçekleştirilebilmektedir.

Paslanmaz çelikten yapılmış bir özel tasarım tabure ayağı

Bir bar taburesi, dairesel simetrisi yüksek olan bir mamuldür. Tabure ayağının, dengeyi sağlamak üzere yeterince ağır olması zorunlu olduğundan, bu parça için yoğunluğu alaşımli çeliklerin üçte biri kadar olan alüminyum yerine demir esaslı metaller (yumuşak veya paslanmaz çelik) daha uygundur. Ayağın düzenli temizlik gerektiren bir parça olması itibarıyla, boyanmış çelik ayaklar çok uzun dayanmama eğilimindedir: temizlik ürünlerinin düzenli kullanımı boyanın giderek yok olmasına neden olarak özel tasarım mobilyalarda çirkin kısımlar oluşturur.

Tabure ayağının paslanmaz çelik metal sıvama yöntemi kullanılarak yapılması bu probleme karşı mükemmel bir çözümü göstermiştir. Sıvanmış paslanmaz çelik mamullerin yüksek derecedeki dairesel simetrisi, şekilde gösterilen tabure ayaklarındaki gibi, imalat sonrası otomatik parlatma veya perdahlamayı kolaylaştırmaktadır.

Paslanmaz çeliğin düzgün, soğuk hadelenmiş yüzeyinin sonlanması masraflı hazırlık gerektirmemektedir.



Bar taburesi, yüksek dairesel simetriye sahiptir. Paslanmaz çelik ayak, agresif temizlik ürünlerine karşı dirençlidir.

Fotoğraf: Thate, Preetz (D)



Fotoğraf: Thate, Preetz (D)

9 Sıvama yoluyla yapılan dekoratif jantlar

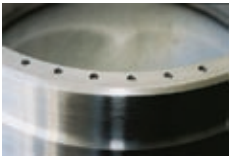
Özel olmaya meraklı araba sahipleri, araçlarını giderek daha fazla kişisel beğeniye göre değiştirme arayışındadır. Özel tasarım jantlar, bu eğilimin tam bir ifadesidir. Tornada sıvama, küçük seriler için uygun bir biçimlendirme prosesi olup, bu teknikle imal edilen paslanmaz çelik jantlar aşağıdaki avantajları sunmaktadırlar:

- yüksek dayanç-ağırlık oranı (hafif yapılar sağlayan)
- pekleştirme yoluyla artırılan dayanç
- parlatmayı kolaylaştıran, düzgün soğuk haddelenmiş yüzey



- geleneksel metallere göre daha yüksek korozyon direnci
- (dökülebilen) boyalı kaplamaların bulunmaması

Tipik bir özel tasarım tekerleğin montajı



Dekoratif araba tekerlekleri, modele bağlı olarak iki veya üç parçadan yapılabilmektedir. Üç parçalı bir modelin öğeleri şunlardır:

- bir yıldız tekerlek göbeği (çoğunlukla dökme alüminyumdan)
- bir iç jant (çoğunlukla dökme alüminyumdan)
- bir dış jant (potansiyel olarak paslanmaz çelik)

Yıldız tekerlek göbeği, iç janta dış jant üzerinden cıvatalanır. Burada galvanik korozyondan kaçınmak üzere asal alaşımlı cıvatalar kullanılır.



Yıldız tekerlek göbeğinin paslanmaz dış jant üzerinden iç janta montajı.

Paslanmaz dış jant, tornada sıvamayla biçimlendirilerek, takiben otomatik olarak parlatılır. Görsel olarak çekici bir yüzey sağlamanın yanında, parlatma potansiyel olarak tuzlu spreylere dahil değişen atmosferik şartlara maruz kalacak bu parçanın korozyon direncini artırmaktadır.

İmalatçı için paslanmaz çelik kullanmak, dış jantta çevreyle dost olmayan bir son yüzey işleminin yapılmasını önlemektedir.

Üç parçadan oluşan özel tasarım tekerlek: yıldız biçimli tekerlek göbeği (üstte), iç jant (ortada) ve dış jant (altta). Sonuncusu, yüksek dayanç, hafiflik ve yüzey düzgünlüğünün bir kombinasyonunu sunan paslanmaz çelikten yapılmıştır.

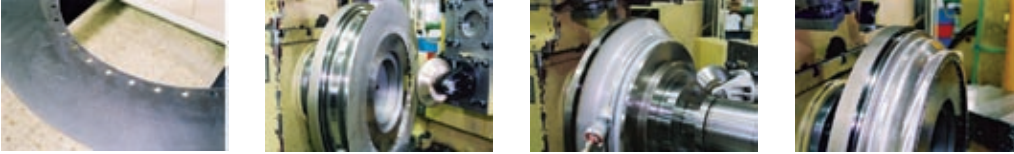
Paslanmaz çelik dış jantın sıvanması

Dış jant, dairesel bir paslanmaz çelik sac parçasından şekillendirilmektedir. Bunlar, doğrudan tedarikçiden satın alınabilmekte veya kare sac parçalarından kesilebilmektedir.

Montaj delikleri imalat kolaylığı bakımından, sıvama gerçekleştirilmeden önce açılırlar. Sac parçası, bir torna üzerinde dairesel bir kalıbın karşısına bağlanır. Biçimlendirme makarası, giderek kalıbın şeklini alan sac parçası üzerine basınç uygular. İlerledikçe, tornaya daha fazla tur verilerek sac parçasının artan miktarda

biçimlenmesi sağlanır. Uygun yağlayıcılar kullanılmak zorundadır.

Soğuk şekillendirme esnasında, paslanmaz çelik daha dayançlı bir hal almaktadır (pekleşme olarak bilinen olay). Bu etkinin çok fazla olması sıvamayı zorlaştırmakla birlikte, pekleşme sürüş esnasında beklenmeyen tümseklere çarpmaktan ileri gelen şokları soğurtmak zorunda olan dış jantın dayancına diğer geleneksel alaşım özelliklerinden daha fazla katkı yapmaktadır.



Paslanmaz dış jantın tornada sıvanması. Paslanmaz çeliğin dayanıcı şekillendirme esnasında artarak şok soğurma amaçlı ilgi çekici bir potansiyel sunar.

Paslanmaz çelik tekerleklerin üstün dayanıcı

Östenitik paslanmaz çelikler, ilgi çekici mekanik özelliklere sahiptirler. Sadece yüksek çekme dayancına (R_m) sahip olmaları değil, sıvama – artı dış jantın kenarının takiben şekillendirilmesi – gibi soğuk biçimlendirme prosesleri de gerçekte mekanik

dayancı artırmaktadır. Jantları çakıl fırlaması sebepli hasarlara karşı korumasının yanı sıra, bu özellik paslanmaz çelikleri taş trotuarla kazara temasa maruz bir tasarım ürünü için çok uygun bir malzeme haline getirmektedir.



10 Üstün dayanç amaçlı soğuk haddelenmiş profiller



Profil haddeleme, metal şeritlerden uzun ve çoğunlukla karmaşık metalik şekiller elde etmek için iyi-bilinen bir imalat metodudur. Proses tasarım aşamasında hesaba katıldığında, imalatta örneğin, C ve/veya U-şekilli alt bölümlerin kaynakla montajından kurtulmak gibi, önemli miktarda maliyet indirimleri elde edilebilmektedir. Profil haddeleme, birkaç fonksiyonu sadece bir kesitte birleştirmek için iyi bir yoldur: kablo nakli, soğutma, sabitleme vb.

Profil haddeleme, geleneksel olarak yapı endüstrisi (pencere ve kapı çerçeve/kasaları), taşımacılık endüstrisi (kamyonlar, otobüsler ve vagonlar) ve mühendislik ve ofis-mobilya endüstrilerinde çözümler sağlamaktadır. Fakat, profil haddelemenin farklı fonksiyonları bir tek yapı elemanına entegre ederek değer kazandırma kapasitesi sebebiyle, (otomotiv gibi) diğer sektörler de buna ilave olmaktadır.

Paslanmaz çelik şeritlerin profil haline haddelenmesi

Profil haddeleme prosesi tam olarak bir boru imalatı makinesine benzemektedir. Bir hat üzerindeki (her biri ayrı ayrı işlenmiş



bir şekle sahip sert biçimlendirme makaralarından ibaret) biçimlendirme üniteleri, şerit metali (genellikle genişliği < 1000 mm) kapalı bir kesit halinde kaynaklanabilen veya ucu açık bir biçimde bırakılabilen bir profile dönüştürmektedir. Paslanmaz çelik, bu yolla 0.40 ve 8 mm kalınlık aralığında olağanüstü plastik deformasyon soğurma kabiliyetini aşamalı olarak harcayarak şekillendirilebilir. Bu kademeli biçimlendirme prosesi paslanmaz çeliğin mekanik özelliklerini artırarak, üstün dayançta ve karmaşık şekilli profillerin yapılmasını mümkün kılmaktadır.

Biçimlendirme istasyonlarının sayısı ne kadar fazla olursa, plastik deformasyonun soğurulması o derecede kademeli ve malzeme içerisinde oluşan gerilme o derecede az olmaktadır. Bu, montaj esnasında boyutsal tolerans şartlarını karşılamak için önemli olabilmektedir.

Çeşitli son kullanımlar için değer katmak

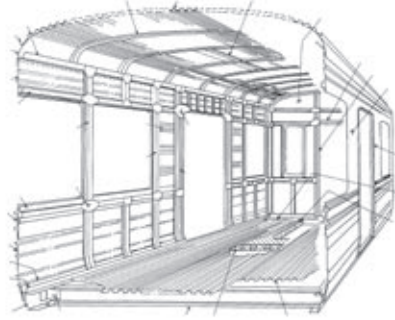
Bir profile değer katmak için haddeleme prosesi aşağıdaki operasyonlarla bitirilebilmektedir:

- delik şablonlarının delinmesi
- kaynak destekleri
- üç boyutlu kesitler üretmek için bükme veya esnetme



Yolcu vagonu gövdeleri için paslanmaz çelik profiller

Yolcu vagonları, geleneksel olarak bir şasi ve bir gövdeden oluşmaktadır. Gövde, boyanmış karbon çeliği, alüminyum veya paslanmaz çelik gibi malzemelerden oluşmaktadır. Paslanmaz çelik elemanlar, fabrika tarafından sağlanan 0.40 ila 6 mm üzerindeki kalınlık aralığındaki şeritlerden profil haline haddelenebilmektedir.



İllüstrasyon: Nickel Institute, Toronto (CDN)

Yolcu vagonları için paslanmaz çeliklerin ağırlık tasarrufu potansiyeli

1.4301 kalite kullanılabilmekte fakat 1.4318 (ilave azotlu ve düşük nikelli) üstün başlangıç mekanik özellikleri sunmaktadır. Buna ilaveten, profil haddelemeden⁶ önce paslanmaz çelik şeritlerin dayancının çelik fabrikası tarafından (pekleştirme ile) artırılmış olması mekanik özellikleri daha da artırmaktadır. Bundan dolayı, 1.4318 paslanmaz kalitenin profil haddeleme için kullanılması, vagon sütunları, kirişleri ve çerçeveleri için eşsiz bir ağırlık tasarrufu potansiyeline sahiptir.

Daha hafif vagon gövdeleri hızlanma ve yavaşlama esnasında açıkça daha az enerji tüketmekte olup, bu durum özellikle kısa aralarla duran ve kalkan yerel trenlerde aşırı bir değerli nitelik olmaktadır.

Aşağıdakilerin birlikte kullanılması, büyük bir ağırlık tasarrufu potansiyeli sunmaktadır:

- paslanmaz çelik (karbon çeliği yerine)
- 1.4318 kalite (pekleştirerek üstün dayanç için)
- profil haddeleme



Fotoğraf: ArcelorMittal Stainless Belgium, Genk (B)

Yolcu vagonu gövdeleri için paslanmaz çelik kullanılmasının diğer yararları şunlardır:

- az bakım (gövdeleri boyamak gerekmiyor)
- uzun kullanım ömrü (uzun vadede aşınma yoluyla kalınlık azalması yok)
- diğer (hafif) metallere kıyasla yangın emniyeti daha fazla
- daha yüksek çarpışma değeri (mekanik özellikler sebebiyle)



Fotoğraf: Outokumpu, Espoo (FIN)

⁶ Detaylı bilgi için bakınız: Euro Inox CD-ROM, *Stainless Steel for Structural Automotive Applications – Properties and Case Studies* (Automotive Series, Volume 1, Release 3), Luxembourg: 2006

11 Patlamayla biçimlendirilmiş ısı eşanjörü plakaları



Patlamalı biçimlendirme, metal bir sacı bir kalıp formu üzerine yüksek hızda bastırmak amacıyla bir şok dalgasının yüksek dinamik basıncını kullanmaktadır. Proses genellikle patlayıcılar su altına biçimlendirilecek parçadan belirli bir mesafe uzaklıkta yerleştirilerek yürütülmektedir. Şok dalgası, bir mandrel görevi yapmaktadır.

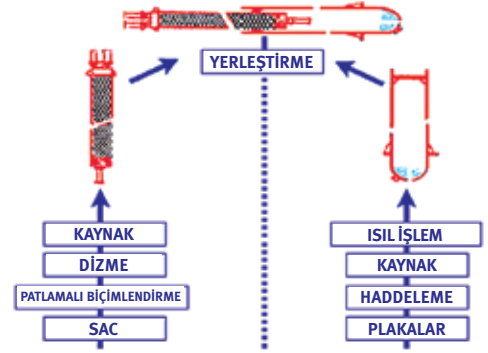
Daha geleneksel biçimlendirme metotlarıyla kıyaslandığında, patlamayla biçimlendirmenin avantajları şunları mümkün kılmaktadır:

- büyük sac boyutlarıyla çalışma (patlayıcı kullanımı sayesinde)
- büyük sac kalınlığı kullanma (Ni alaşımlarında > 10 mm)
- karmaşık şekillendirme imkanları (kaynak ve ısı işlem gibi operasyonları azaltma)
- mekanik dayancılı yüksek ürünler
- yüksek hassasiyetli boyutlar

Geniş plakalı ısı eşanjörleri

Kaynaklı geniş plakalı ısı eşanjörleri (PHE) tipik olarak petrol rafinerileri ve petrokimya endüstrisinde bulunmaktadır. İhtiyaç duyulan ısı alış-verişi gereksinimleri, yüksek sıcaklıkta etkin ısı transferiyle birlikte geniş bir temas yüzeyini zorunlu kılmaktadır. Temas yüzeyi birkaç bin metre kareyi aştığında, bu boyuttaki tek bir PHE'nin, tek cidarlı ve borulu bir ısı eşanjöründen (ve hatta bunların bir serisinden) daha ekonomik olduğu ispatlanmaktadır.

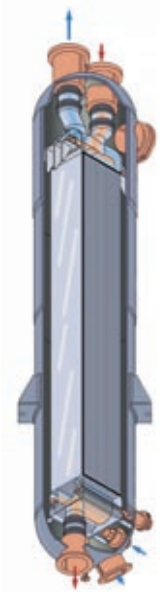
PHE'ler tipik olarak patlamayla biçimlendirilmiş yüzlerce paslanmaz çelik sacdan oluşmaktadır. Bu plakaların teki, 0.8 ve 1.5 mm arasında bir kalınlığa, 2 m kadar bir genişliğe ve 15 m kadar bir uzunluğa sahip olabilmektedir. Her bir plakanın patlamayla



biçimlendirilmesinin ardından bunlar üst üste dizilerek bir paket oluşturacak biçimde birbirine kaynaklanır. Plakaların v-şekilli olukları, geçen sıvılarda türbülanslı bir akış modeli oluşturarak yüksek ısı transferi verimi sağlamaktadır.



Oluşturulan paket, uygulanabilir konstrüksiyon koduna uygun biçimde bir basınçlı kap içerisine yerleştirilir. Paket ve basınçlı kap arasındaki bağlantı genleşme körükleriyle sağlanır.



Paslanmaz çelik kullanmanın avantajları

Malzeme, birkaç fayda sağlamaktadır:

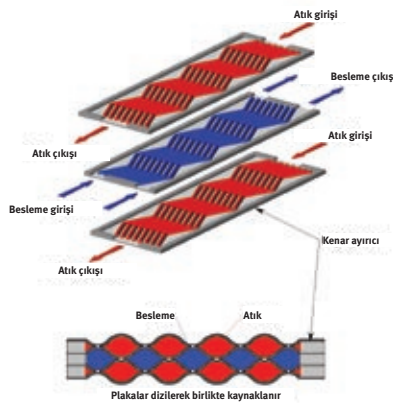
- Bir PHE içerisindeki tipik proses sıcaklıkları 300 ila 550 °C aralığındadır (en yüksek 650 °C). Bunlar, EN 1.4541 (AISI 321) gibi kaliteler için problem teşkil etmemektedir.
- Paslanmaz çelikler 120 bara kadar planlanan tipik çalışma basınçlarına ve 40 barlık giriş/çıkış basınç farklarına dirençlidir.
- Patlamalı birleştirmedeki yüksek biçimlendirme hızları (120 m/s'ye kadar) oluklu paslanmaz çelik plakalarda ekstra bir pekleşme etkisine sahiptir.
- (Türbülanslı akışa yol açan) oluklu biçim ile beraber (biçimlendirme prosesince zarar verilmeyen) düşük yüzey pürüzlülüğü, tıkanma ("tembelleşme") riskini ve düşük ısı alış-veriş verimini sınırlamaktadır.
- Uygun kalite seçimi, örneğin petrol ürünlerinin kükürt içeren kısımlarının sebep olduğu korozyon riskini azaltmaktadır.
- Dizilmiş oluklu plakaları sızdırmaz biçimde kapatmak için konvansiyonel kaynak teknikleri kullanılabilir.



Başarılı bir kombinasyon

Ne patlamalı biçimlendirme, ne de paslanmaz çelik kendi başına yenilik olarak nitelendirilememektedir. Fakat, paslanmaz çelik ve patlamalı biçimlendirme prosesinin boyut ve özelliklerini kullanan geniş plakalı ısı eşanjörlerinin geliştirilmesi, rafinasyon, petrokimya ve gaz işleme endüstrisinin günlük işleyişinde belirgin bir maliyet tasarrufu sağlayan değer niteliğindedir.

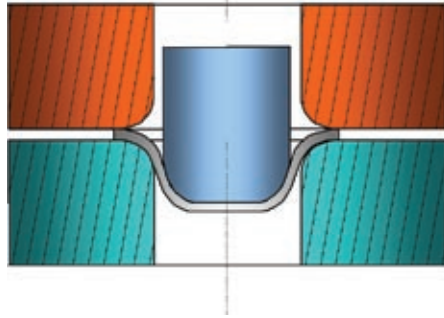
Bu çözüm, hem yeni üniteler ve hem de proses optimizasyonu değişiklikleri durumdaki yatırımlarda yararlı olmaktadır.



12 Tekerlek dekorasyonu için derin çekilmiş bijon kapakları

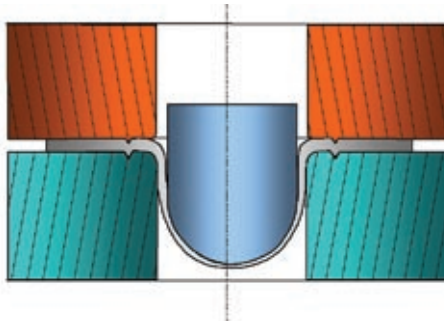
Paslanmaz çelikler genellikle mükemmel biçimlendirilme özellikleri sergilerler. Biçimlendirme, büyük çoğunlukla östenitik (Cr-Ni) paslanmaz çelikte yapılmakla birlikte, bazı biçimlendirme operasyonları için ferritik (Cr) kaliteler de yeterli göstermektedir; fakat bu metal kolayca gererek şekillendirilememektedir. Sac çekme (derin çekme) ile germe arasındaki fark aşağıda açıklanmıştır.

Sac çekme



- metal, kalıp içerisine serbestçe akar
- geniş dairenin dar silindire deformasyonu, kalınlıktan ziyade genişlikten sağlanmaktadır (= yüksek anizotropi “r”⁷)

Germe



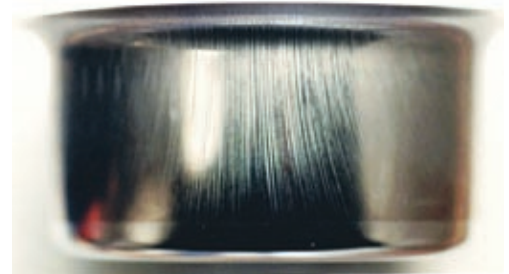
- metal, sac tutucular arasında tutulur
- kalınlıkta önemli miktarda azalma görülür
- yüksek uzama (A%) ve pekleşme (n) gereklidir

Uygulamada, biçimlendirme şekli genellikle germe ve biçimlendirmenin bir birleşimidir. Bu durum, östenitik kalitelerin sıkça kullanılmasını açıklamaktadır.

Ferritik kalitelerin çekilebilirliği

Ferritik kaliteler, östenitik kalitelere kıyasla hafif daha yüksek LDR değerlerine sahiptir (bakınız sayfa 8). Bu durum ferritik kaliteleri çekme uygulamaları için özellikle uygun kılmaktadır.

“Liflenme” ferritik kaliteler için tipiktir. Bununla birlikte, liflenmeden kaçınmak ve derin çekme özelliklerini geliştirmek üzere sıkı haddeleme ve tavlama şartları altında üretilen, titanyum veya niyobyum içeren, özel ferritik kaliteler de mevcuttur.



Standart ferritik kalite EN 1.4016’dan derin çekilmiş silindir (yukarıda) “liflenme” etkisi göstermekte. Östenitik kalite EN 1.4301’den çekilmiş silindir (aşağıda). Liflenme, göze hoş görünmemekte ve imalat sonrası sonlama gerektirmektedir. “Stabilize edilmiş” bir ferritik kalite (Ti veya Nb içeren) seçmek ve proses parametrelerinin sıkı kontrol edilmesi ile bundan kaçınmak mümkündür.



Ferritik paslanmaz çelikten derin çekilmiş otomotiv bijon kapakları

Otomotiv ve kamyon süslemesi için kullanılan paslanmaz parçalar arasında, (sağda) gösterilen tekerlek bağlayıcıların kapak tipleri en iddialı biçimlendirme işlerinden bir tanesini temin etmektedir. Şekil, mevcut durumda birbirini izleyen aşamalar halinde yürütülen, yüksek seviyede bir derin çekmeyi işaret etmektedir.

Paslanmaz çelikler sadece estetik gerekleri karşılamakla kalmayıp, yüksek dayanç ve basit tasarım sunmaktadır – tek parça halinde yapılan mamul, ne kaynak ne de yapıştırma gerektirmez. Bu parçalar gelecekte EN 1.4301 (AISI 304) gibi östenitik kaliteler kullanarak imal edilmektedirler. Bununla birlikte, ferritik paslanmaz çeliklerin derin çekme özellikleri, krom, molibden ve niyobyum içeren bir ferritik kalite (EN 1.4526 – AISI 436) kullanıldığında, bu somun kapaklarını imal edilebilecek düzeydedir:

- Bu kalite, derin çekme prosesi için uygundur (anizotropi, işleme).

- Ferritik kaliteler, genelde otomotiv süslemesi imalatçılarına hitap eden bir parlaklık ve renk birleşimi göstermektedir.
- Molibden, (buz çözücü tuzlar ve nemli hava şartlarından ileri gelen) çukurcuk korozyonu direncine katkı sağlamaktadır.
- Niyobyum, liflenmeyi baskılamaya yardımcı olmaktadır (yani, imalat sonrası parlatmayı da azaltmaktadır).

Küçük olmaları sebebiyle, bu bağlama elemanları parlatma tamburu düzeneğinde toplu halde parlatılmaya uygundur. Bu işlem paslanmaz çeliğe yüksek seviyede parlak sonlama sağlamaktadır.

Paslanmaz çelik bijon kapakları, somun üzerine yapıştırma, lehim veya dikiş yoluyla bağlanabilmektedir. Bunlar, diğer konstrüksiyon malzemelerinden yapılmış parçalardan daha mukavemetlidir. Paslanmaz versiyonlar, imalat sonrası (boyama veya kaplama gibi) daha az işlem gerektirmekte ve taşıtın servis ömrünün sonunda tamamen geri dönüştürülebilmektedir.



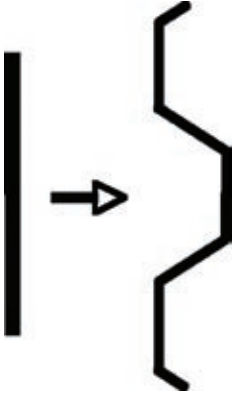
13 Daha yüksek kargo kapasitesi için oluklu saclar



Fotoğraf: Lincoln Smitweld BV, Nijmegen (NL)

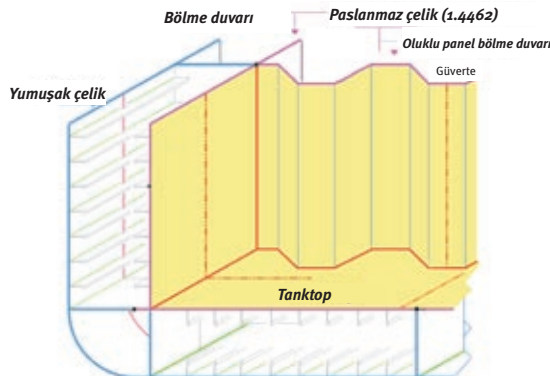
Kimyasal tankerleri çok çeşitli sıvı kimyasallar taşımaktadır. Tipik kargolar arasında, fosforik asit, sülfürik asit, petrol ürünleri, bitkisel yağlar ve melas gibi kimyasal, petrokimyasal ve gıdasal ürünler sayılabilmektedir. Limanda, ürün doğrudan geminin tanklarından birisi içerisine pompalanmaktadır. Tank büyüklüğü binlerce metreküp olabilmektedir. Bir tankerde genellikle bu tür bölmelerden birkaç tane bulunmakta olup gemi bu sayede birçok kargo taşıyabilmektedir.

Esnemezliği artırmak için oluklu çelik saclar



Bir yapı elemanının esnemezliği, kendi atalet momentiyle orantılıdır. Atalet momenti, ağırlık merkezinden uzağa mümkün olan en çok ağırlığı kaydırarak artırılabilir. Bu durum, oluklu ince bir sacı, daha kalın düz bir plakadan daha ilgi çeken bir yapı elemanı kılmaktadır. Oluklu çelik duvarlardan ("bölme duvarları") yapılmış bir dizi çok büyük bölme, örneğin bir tankın esnemezliğini artırmaktadır.

Oluklu panel bölme duvarların her kargodan sonra temizlenmesi dahili takviyeler içeren geleneksel tasarımlara kıyasla daha kolaydır.



Çizim: Lincoln Smitweld BV, Nijmegen (NL)

Korozif sıvılar



Fotoğraf: Outokumpu, Degerfors (S)

Tanklar önemli bir yatırımın ürünü olduklarından, mümkün olduğunca çok yönlü olmak zorundadırlar. Bahsedilenler gibi agresif kimyasalları barındırmak üzere, bu uygulamada çoğunlukla EN 1.4406 (AISI 316LN), EN 1.4434 (AISI 317LN) östenitik kaliteler veya EN 1.4462 dupleks kalite kullanılmaktadır. Bu Cr-Ni-Mo kaliteler, Cr-Ni kalitelere kıyasla sadece çok sayıda korozif ürüne karşı daha dirençli olmakla kalmayıp, ayrıca yüksek çalışma sıcaklıklarına izin vermekte, böylece tankın yükleme ve/veya boşaltma esnasındaki işletme rahatlığını artırmaktadır.

Yapısal bütünlük

Bükülmezlik ve korozyon direnci gerekli özellikler olmakla birlikte, 35 milyon dolarlık bir tankerın konstrüksiyon ihtiyaçlarını tek başına karşılamaya yeterli değildir. Kimyasalların depolanması ve taşınması, sıkı gemi inşa kodlarına tabidir. Örneğin, bölme duvarları gibi bir kısmın kırılma kriteri, öncelikle akma-kırılma-modu ile ilişkilendirilmiştir. Yani, burada konstrüksiyon malzemesinin akma dayancı ($R_{p0.2}$) önemli bir seçim kriteri olmaktadır.

Dupleks paslanmaz çelikler, östenitik paslanmaz çeliklerden çok daha yüksek akma dayancı göstermekte ve bu yüzden bölme duvarı malzemesi olarak seçilmektedirler. Bu çelikler daha hafif yapıları mümkün kılmakta ve sonuçta kargo kapasitesini artırmaktadır. Bu ise, ücretli taşımacılıkta dikkate alınması gereken çok önemli bir faktördür.

Duplex paslanmaz çeliklerin sağladığı çok yönlü yararlar

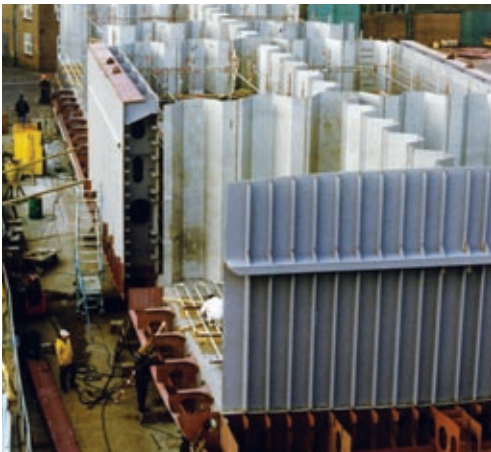
Öncelikle, dupleks paslanmaz çelikler östenitik çeliklerle büyük ölçüde aynı benzer-



Fotoğraf: Cantiere Navale De Poli, Venice (I)

siz biçimlendirilme özelliklerine sahiptirler: özellikler, bir tanker bölmesinin bükülmezliğini artıran oluklu yapılar için tamamen uygundur. Buna ek olarak, dupleks paslanmaz çeliklerin yüksek dayancı, gemi inşasındaki yapısal gerekleri sağlamaya devam ederek ince et kalınlıklarına izin verme yoluyla önemli miktarda bir ağırlık tasarrufu yapma potansiyeline sahiptir.

Sonuçta, krom, molibden ve azotun birleşimi, bu aileye dahil kaliteleri çukurcuk ve aralık korozyonu gibi lokal korozyon türlerine karşı yüksek seviyede dirençli kılmaktadır. Bu durum, bir tankın taşıyabileceği farklı kimyasalların sayısını (bunların çeşitli sıcaklık aralıklarıyla beraber) artırmakta olup, sonuçta bu tür yatırım malları için potansiyel müşteri tabanını yükseltmektedir.



Fotoğraf: Lincoln Smitweld BV, Nijmegen (NL)

14 Referanslar

- [1] DE MEESTER, Paul, *Kwaliteitscontrole en mechanische eigenschappen van materialen*, 2nded., Leuven: Acco, 1988
- [2] LAGNEBORG, Rune, “Not only stainless but also an interesting structural material”, *Stainless steel for structural automotive applications – Properties and case studies* (Automotive Series, Volume 1, CD-ROM), 3rded., Luxemburg: Euro Inox, 2006
- [3] *Stainless steel for structural automotive applications – Properties and case studies* (Automotive Series, Volume 1, CD-ROM), 3rded., Luxemburg: Euro Inox, 2006, “Forming” chapter
- [4] “Deformazione plastica a freddo dell’acciaio inossidabile”, *Inossidabile 154*, Milan: Centro Inox, 2003
- [5] *Handbook “Spinning and shear forming”*, 2nded., Ahlen: Leifeld Metal Spinning, 2002
- [6] *Thate gedrückte Präzision*, Preetz: Thate, 2005
- [7] “Rolvormprofilieren (koudwalsen)”, *Roestvast Staal 3/2005*, Leiden: TCM, 2005
- [8] NEESSEN, Fred; BANDSMA, Piet, “Tankers – A composition in duplex stainless”, *Welding Innovation, Volume XVIII, No. 3*, Cleveland: The James F. Lincoln Arc Welding Foundation, 2001
- [9] “Visit to De Poli shipyard in Venice, Italy”, *IMOA Newsletter January 2001*, London: International Molybdenum Association, 2001

ISBN 978-2-87997-221-3