

PLASTİK KALIP ÇELİKLERİNDE KOROZYON DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

*¹Kübra ÖZTÜRK, ²Bahadır UYULGAN, ³Eda ERDEM, ⁴Orçun SAF

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, İzmir / TÜRKİYE

²Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, İzmir / TÜRKİYE

³Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, İzmir / TÜRKİYE

⁴Standard Profil Ege Otomotiv San. ve Tic. A.Ş., Manisa / TÜRKİYE

Özet

Günümüzde, endüstride kullanılan plastik kalıp çeliklerinde yaşanan en büyük problemlerden biri korozyon sorunudur. Bu çalışmada dört farklı plastik kalıp çeliği numunesine (A1, A2, A3, A4) sertlik ve korozyon testleri uygulanmıştır. Sertlik testleri, sertlik-işlenebilirlik ve sertlik-korozyon direnci olarak incelenmiş olup, dört farklı numune arasından en iyi özelliklere sahip takım çeliği önerilmiştir. Sertlik-işlenebilirlik özelliklerine göre en iyi numune 31 HRC değeri ile A2 numunesidir. Korozyon deneyleri %3.5 NaCl çözeltileri içinde gerçekleştirilmiştir. Her numunenin korozyon oranı, Tafel Ekstrapolasyon yöntemi ile hesaplanmıştır. Sertlik-korozyon direnci değerleri karşılaştırıldığında, 0.237 µm değeri ile A2 numunesi diğer numuneler arasında en yüksek korozyon direnci değerine sahiptir. Bu deneyler sonucunda, A2 numunesinin dört farklı plastik kalıp çeliği numune arasından bu özelliklere göre seçilmesi en uygun numune olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Korozyon, Kimyasal Özellikler, Malzeme Bilimi, Sertlik, Takım Çelikleri

Abstract

Nowadays, one of the big problems experienced in plastic mold steels used in industry is the corrosion problem. In this study, hardness and corrosion tests were applied to four different plastic mold steel samples (A1, A2, A3, A4). By comparing the properties of hardness-machinability and hardness-corrosion offered, the best suited tool steel was selected from among them. According to hardness-machinability properties, A2 sample has the highest hardness value from among other samples as 31 HRC. Corrosion experiments were carried out in 3.5% NaCl solutions. Corrosion rate of each sample was calculated with Tafel Extrapolation method. Comparing hardness-corrosion resistance values, A2 sample has the highest corrosion resistance value among other samples with a value of 0.237 µm. As a result of these experiments, A2 sample was determined as the most suitable sample to select among four different plastic mold steel samples.

Key words: Corrosion, Chemical Properties, Hardness, Materials Science, Tool Steels

1.GİRİŞ

Günümüzde gelişen teknoloji artan üretim ihtiyacı ile seri üretim oldukça önemli bir hale gelmiştir [1]. Teknolojinin hızla gelişmesi ve uluslararası rekabetle karşı karşıya olunması, işletmeleri verimliliğin yanı sıra üretimlerindeki kaliteyi de sürekli geliştirmek zorunda bırakmıştır. Teknolojinin günümüzde bu denli hızlı gelişmesi hem malzemeler hem de bu malzemelerin şekillendirilmesi ve işlenmesinde uygulanan yöntemler üzerinde beklentileri artmaktadır. Tek tek parça üretmek artık imkânsız hale gelmiş bu nedenle birçok seri üretim tekniği geliştirilmiştir. Kalıpla üretim yöntemi, başlıca seri üretim yöntemi olarak tercih edilmektedir [2]. Bu kalıplar yardımıyla üretimi gerçekleştirilecek olan parçalara nihai şekiller verilmektedir. Kalıp sözcüğü teknik açıdan birçok sayıda özdeş olan ürünü seri olarak üretmeye yarayan parçalara denir [3]. Günümüzde hemen hemen her sektörün üretim aşamalarında çeşitli kalıplardan yararlanır. Üretilecek malzemenin özelliklerine ve kullanım yerlerine göre kalıplar değişip plastik, çelik ve kompozit gibi çok geniş alanlarda kullanılmaktadır. Takım çelikleri, döküm, dövme ve ekstrüzyon kalıbı malzemesi, aynı zamanda da plastik, demir dışı ve çelikler de dahil olmak üzere çeşitli malzemelerin şekillendirilmesi ve kesilmesi işlemlerinde kullanılan alaşımlar olarak tanımlanmaktadır [2,3]. Plastik kalıp çelikleri, uygun kimyasal kompozisyonu sayesinde **korozyon direnci, aşınma dayanımı, baskı mukavemeti yüksek, ısıl iletkenlik, parlatılabilirlik ve işlenebilirlik özellikleri** çok iyi olan, düşük ya da orta miktarda karbon içeren, karbonun yanı sıra silisyum, mangan, krom, nikel, molibden, vanadyum ve alüminyum gibi alaşım elementlerinin uygun bir şekilde dengelenmesi ile üretilen çeliklerdir [2]. Günümüz kalıp sektöründeki plastik kalıpcılığında ihtiyaç ve taleplerin artması ile özellikle plastik enjeksiyon kalıplarında kullanılan çeliklerden istenilen özellikler artmaktadır. Plastik kalıp çeliklerinden istenilen özellikler: **yüksek korozyon direnci, yüksek aşınma direnci, düşük ısıl genişleme, sertleştirme sırasında düşük boyutsal değişim**, iyi parlatılabilirlik, yüksek mukavemet, yüksek süneklik/yüksek tokluk ve yüksek işlenebilirliktir [2,3].

Belirtilen bu özelliklerin optimum şartlarda sağlanması istenen bir durumdur. Ancak tüm bu özelliklerin tamamının aynı çelikte toplanması beklenemez. Kullanım yerine bağlı olarak en iyi malzeme seçimi için, toplam maliyet ve kalıptan beklenen ömür, performans ilişkisi dikkate alınarak kalıp çeliği tasarım ve seçimine gidilir.

Mühendislik malzemeleri kullanıldıkları makine takımları süreci boyunca, çalışma şekillerindeki farklılıklarından ve buldukları çevre-yüzey etkileşimlerinden dolayı korozyona maruz kalırlar [5]. Malzemelerin uğramış olduğu korozyon hasar sebebiyle, dünya genelinde her sene büyük oranda ekonomik kayıplar meydana gelmektedir. Korozyon hasarlarının malzeme yüzeyinden başladığı göz önüne bulundurulduğunda malzemelerin tamamını bu pahalı malzemelerden üretmek yerine yalnızca yüzeylerinin aşınma, korozyon gibi ortam koşullarına karşı dirençli hale getirmek, oluşan bu soruna ekonomik ve pratik bir yaklaşımdır [6, 7].

Endüstride kullanılan plastik kalıp çeliklerinde, olayın ekonomik boyutları ve işleyişin düzeni de göz önüne alındığında yaşanan en önemli problemlerden biri korozyon olayıdır [8]. Çalışma ortamının etkisi ile yüksek sıcaklık, basınç, termal şok gibi etkilerden dolayı termal yorulma, buna bağlı çatlak oluşumu ve buldukları çevre arasında fiziksel ve kimyasal, çevre-yüzey etkileşimleri sonunda korozyon hasarları oluşabilmektedir [8, 9]. Buna paralel olarak korozyon nedeniyle meydana gelen malzeme ve iş gücü kaybı ciddi boyutlara ulaşmaktadır.

Bu çalışmada, Standard Profil Ege Otomotiv A.Ş firmasının mevcut durumda kullandığı dört farklı plastik kalıp çeliği numunesine (A1, A2, A3, A4) sertlik ve korozyon testleri uygulanmıştır. Yapılan bu test çalışmaları doğrultusunda, sertlik, sertlik-işlenebilirlik ve sertlik-korozyon direnci olarak incelenmiş olup, ideal sertlik değeri 29-33 HRC arasında yüksek işlenebilirlik özelliği gösteren ve içerdiği krom ve nikel ile aynı zamanda korozyon direnci yüksek olan bir kalıp çeliği önerisi sunulmuştur.

2. Meteryal ve Metot

2.1 Çalışma Yapılacak Numuneler ve Kimyasal İçerikleri

Deneyde, 30 mm çapında 20 mm yüksekliğinde olmak üzere dört farklı numune kullanılmıştır. Numuneler Standard Profil Ege Otomotiv San. ve Tic. A.Ş tarafından tedarik edilmiştir. Numunelere ait kimyasal içerikler ve sertlik değerleri tablo 1 ve tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Numunelerin kimyasal içerik değerleri (Ağırlık %)

Numune Kodu	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	S	Cu	N
A1	0.37	0.3	1.4	2.0	1.0	0.2	<0.010	-	
A2	0.05	0.4	1.2	12.6	-	-	0.12	-	-
A3	0.1	0.3	2.5	3.0	1.0	0.3	-	-	
A4	0.05	-	1.3	3.0	-	-	1.5	3.0	

Tablo 2. Numunelerin sertlik değerleri

Numune Kodu	Sertlik Değerleri (HRC)
A1	36-41
A2	33
A3	39-42
A4	33-38

2.2 Sertlik Testi

Bu çalışmada kullanılacak olan numuneler, $\phi 30 \times 20$ mm olacak şekilde temin edilmiştir. Temin edilen numuneler, korozyon ve sertlik testlerinden önce gerekli zımpara işlemleri uygulanmıştır. Zımpara işlemleri sırasıyla 240, 400, 800, 1200 gritlik zımpara kağıtları ile tamamlanmıştır. Zımparalama işlemi uygulandıktan sonra numune yüzeyleri, $1 \mu\text{m Al}_2\text{O}_3$ solüsyonunda parlatma işlemine tabi tutulmuş ve daha sonra etanol ile yüzeyleri temizlenerek kurulmuştur. Numunelerin sertlik ölçümleri SHIMADZU-HSV-30 marka Vickers sertlik ölçme cihazında $2000 \mu\text{m}$ aralıklarla 100 gram yük altında 15 saniye bekletilerek gerçekleştirilmiştir. Her deney numunesi için 5 sertlik ölçümü yapılmıştır ve yapılan bu ölçümlerin ortalama değerleri alınarak, kaydedilmiştir.

2.3 Korozyon Testi

Korozyon deneyleri, Dokuz Eylül Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Korozyon Laboratuvarı'nda yapılmış olup, numuneler korozyon deneyinden önce sırasıyla 80, 240, 400, 800 ve 1200 gritlik zımparalama işlemi ve bu prosese takiben 3 µm Al₂O₃ parlatma işlemi gerçekleştirilmiştir. Korozyon deneyleri ASTM G102 “Korozyon Hızının Elektrokimyasal Yöntemle Belirlenmesi” standardı kullanılarak %3,5 NaCl içeren 1 litrelik saf su içerisinde 24 saat beklemeye alınarak zamana karşı korozyon hızları ve ağırlık kayıpları elektrokimyasal korozyon testi ile tespit edilmiştir. Numunelerin korozyon davranışlarının incelenmesi için üç elektrot tekniği kullanılmıştır. Referans elektrot olarak doymuş kalomel elektrot (SCE) ve çalışma elektrodu olarak (WE) grafit çubuk kullanılmıştır. Her bir numune için ayrı deney düzeneği hazırlanmıştır. Elde edilen korozyon deneyleri verileriyle, akım (i), potansiyel (E) eğrileri (Tafel) çizilmiş ve korozyon akımı (I_{kor}), korozyon potansiyeli (E_{kor}) değerleri belirlenerek korozyon davranışları tespit edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 Sertlik Testi Sonuçları

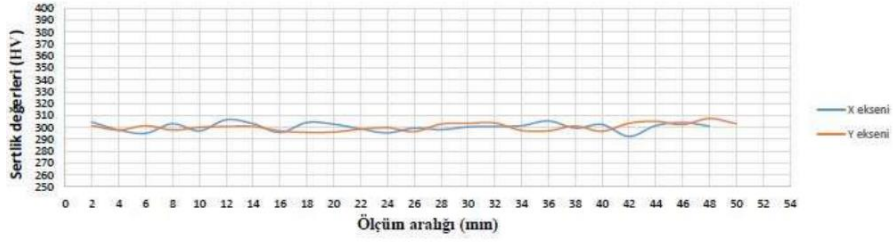
Sertlik değerleri alınan dört çelik numuneye ait X ve Y eksenlerindeki sertlik değerleri tablo 3'te gösterilmiştir. Numunelere ait X ve Y eksenlerinde alınan sertlik değerlerinin ortalaması ve bu değerlere ait standart sapma sonuçları tabloda gösterildiği gibi kaydedilmiştir. Sertlik testinin doğruluğunun kontrollüğü açısından hesaplanan standart sapma değerleri, ASTM E384-17 “Malzemelerin Mikrodentasyon Sertliği için Standart Test Yöntemi” standardında belirtilen güven aralıkları ile karşılaştırılmış ve yapılan testlerin standart sapma değerlerinin belirtilen aralıklarda olduğu doğrulanmıştır.

Tablo 3. Vickers Sertlik değerlerinin standart sapması ve ortalama değerleri

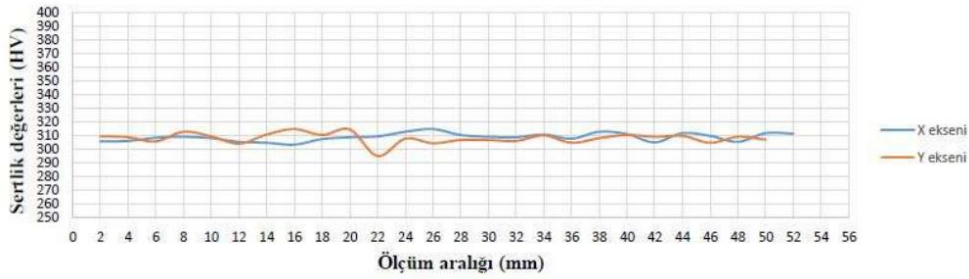
Numune Kodu	Eksenler	Ortalama Sertlik Değeri (HV)	Standart Sapma Değeri
A1	X	300,83	2,87
A1	Y	300,19	3,93
A2	X	308,75	3,59
A2	Y	307,93	3,15
A3	X	386,33	4,16
A3	Y	384,66	4,2
A4	X	281,72	3,83
A4	Y	278,94	4,05

Deneyden elde edilen verilere bakıldığı zaman, sertlik değerlerinin 278,94 ile 386,33 HV değer aralığında olduğu elde edilmiştir. A1 numunesinin X ekseninden alınan değerlere göre 2,87 standart sapma değeri ile en düşük değere sahip olduğu, A4 numunesinin ise Y ekseninden alınan sertlik sonucuna bakıldığı zaman 4,05 değeri ile en yüksek standart sapma değerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. X ve Y eksenlerinden alınan sertlik değerleri, tek bir grafikte

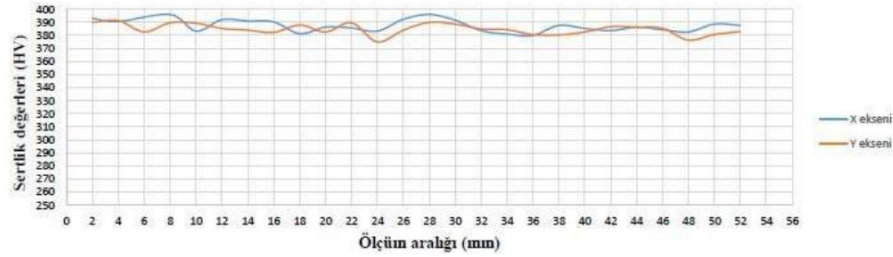
toplanarak ölçüm değerlerinin dağılımları şekil 1, şekil 2, şekil 3 ve şekil 4’te gösterilmiştir. Grafiklerden de görüleceği üzere, X ve Y eksenlerinin birbirine yaklaştığı gözlemlenmiştir.



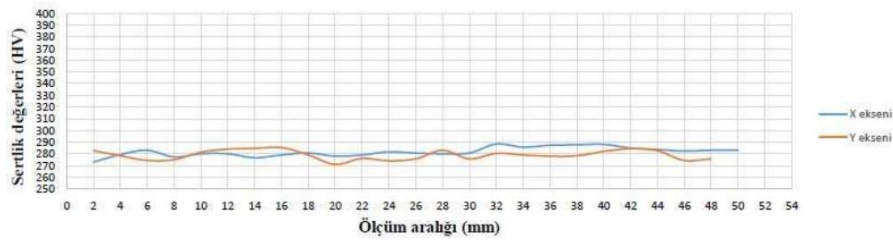
Şekil 1. A1 numunesinin X ve Y eksenlerindeki sertlik dağılım grafiği



Şekil 2. A3 numunesinin X ve Y eksenlerindeki sertlik dağılım grafiği



Şekil 3. A4 numunesinin X ve Y eksenlerindeki sertlik dağılım grafiği



Şekil 4. A4 numunesinin X ve Y eksenlerindeki sertlik dağılım grafiği

Numunelerden elde edilen sertlik değerleri, yorumlamaları ve karşılaştırılmalarının daha anlaşılabilir yorumlanabilmesi için Vickers (HV) sertlik değerinden Brinell (HB) ve Rockwell (HR) sertlik değerlerine dönüştürülmüştür. Bu sertlik değerlerine ait veriler tablo 4’te gösterilmiştir. Sertlik değerlerinin birim çevirmeleri yapılırken ASTM E140-12b standardı olan “Metaller Arasındaki Brinell Sertliği, Vickers Sertliği, Rockwell Sertliği, Yüzeysel Sertlik, Topuz Sertliği, Skleroskop Sertliği ve Leeb Sertliği İlişkisi için Standart Sertlik Dönüşüm Tabloları’ndan yararlanılmıştır. Bu standarda göre birim çeviriminin yapılmasında ise dikkat

edilen husus, numunelere 10 kg yük altında 15 saniye süresince sertlik testi yapılmasıdır. Bu durum baz alındığında değerler Brinell'e dönüştürülürken 10mm, C-Ball, 3000 kgf'a göre, Rockwell dönüşümü yapılırken ise C'de 150 kgf'a göre dikkat edilerek yapılmıştır.

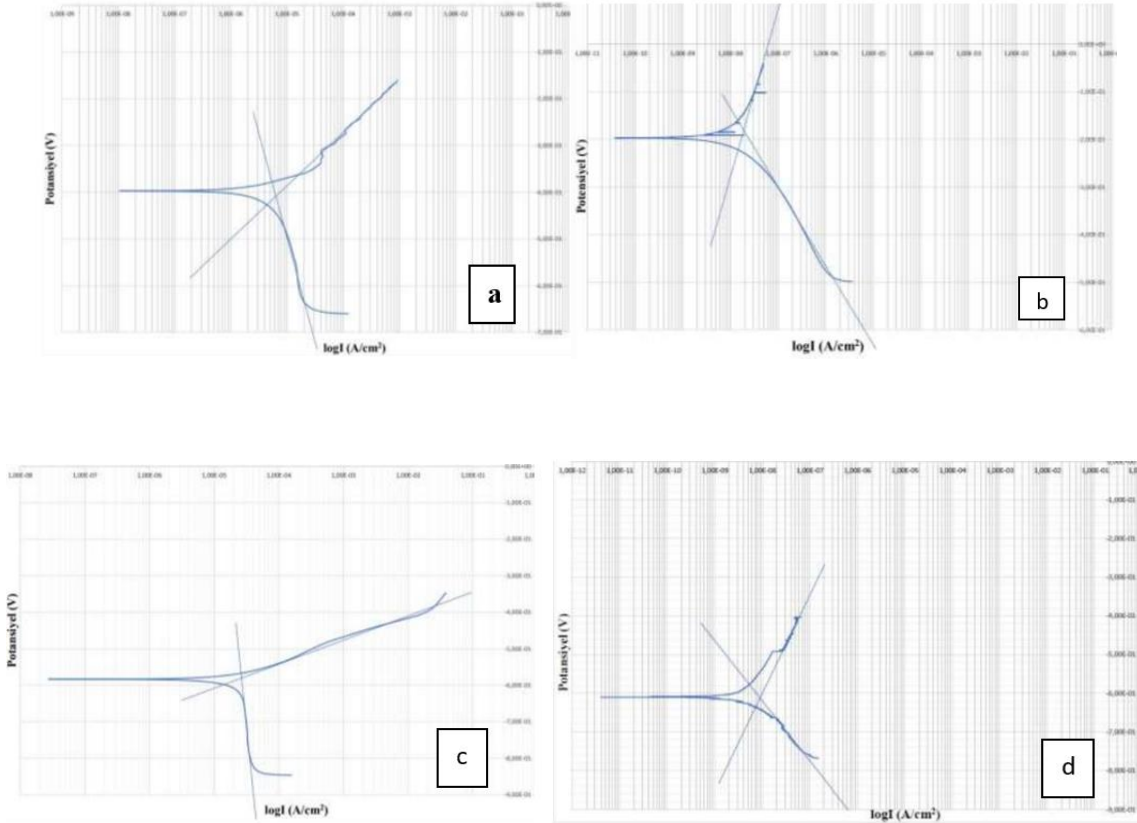
Tablo 4. Vickers sertlik değerinin, Brinell ve Rockwell sertlik değerleri karşılığı

Numune Kodu	HV	HB	HRC
A1	300	286	30
A2	308.34	293	31
A3	343.26	365	39
A4	280.33	266	27

Tablo 4'te görüleceği gibi, A1, A2, A3 ve A4 numunelerinin sertlik değerleri 27-39 HRC değerleri arasında değişim göstermektedir. En yüksek sertlik derecesine A3 numunesi sahipken; A4 numunesi ise 27 HRC sertlik değeri ile en düşük sertlik derecesine sahiptir. İdeal sertlik değer aralığı baz alındığında ise plastik kalıp çelikleri için 30-35 HRC sertlik aralığına uyan çelik numuneler ise 30 HRC değeri ile A1 ve 31 HRC değeri ile A2 numunesidir.

3.2 Korozyon Testi Sonuçları

Deney numuneleri %3.5 NaCl çözeltisinde 6 saat bekletildikten sonra elde edilen Tafel eğrileri şekil 5'te gösterilmiştir. Tafel eğrilerinden yararlanılarak malzemelerde oluşan kaybedilen kalınlık değerleri ise tablo 5'te verilmiştir.



Şekil 5. a) A1, b) A2, c) A3, d) A4 çeliklerinin Tafel eğrileri

Korozyon deneylerinde elde edilen bütün Ekor değerleri tablo 5’te verilmiştir. Numunelere ait korozyon potansiyel değerleri 1940 mV ile 6120 mV değerleri arasında değişmektedir. A2 numunesi 1940 mV değeri ile en düşük korozyon potansiyel değerine sahipken; A4 numunesi ise 6120 mV değeri ile en yüksek korozyon potansiyel değerine sahip olduğu gözlemlenmiştir.

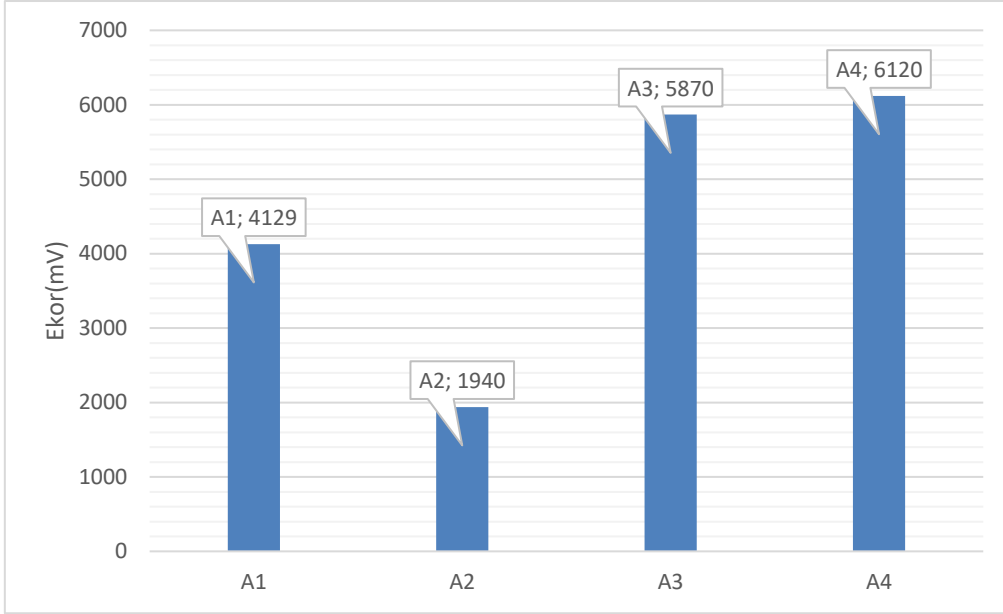
Tablo 6’da gösterilen değerlerine bakıldığı zaman ise; Tablo 1’de verilen kimyasal içerikler göz önüne alındığında, en yüksek krom içeriğine sahip olan numunenin %12.6 Cr oranı ile A2 numunesinin korozyona daha az uğradığı gözlemlenmiştir. Yapılan incelemelerde, alaşım elementi olan kükürt oranının çeliklerde işlenebilirlik özelliğini arttırdığı fakat korozyon direncine ise olumsuz yönde etkisi olduğu bilinmektedir. A3 numunesinin tablo 1’de gösterilen kimyasal içeriğine bakıldığı zaman kükürt elementine rastlanmazken; A1 numunesinin ise içerdiği kükürt oranı <0.010 oranında olduğundan dolayı korozyon direncinin diğer numunelere göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir, bu tespit ile literatürde incelemede bulunan teorik bilgiyi desteklemiştir. Şekil 6’da belirtilen grafikte; A1, A2, A3 ve A4 numunelerinin grafik üzerinde karşılaştırılmalı olarak korozyon potansiyel değerleri gösterilmiştir.

Tablo 5. %3.5 NaCl çözeltisinde yapılan korozyon deneylerinde malzemelerin Ekor değerleri

Numune Kodu	Ekor (mV)
A1	4129
A2	1940
A3	5870
A4	6120

Tablo 6. Numunelerde kaybedilen çelik miktarı kalınlık cinsinden (μm)

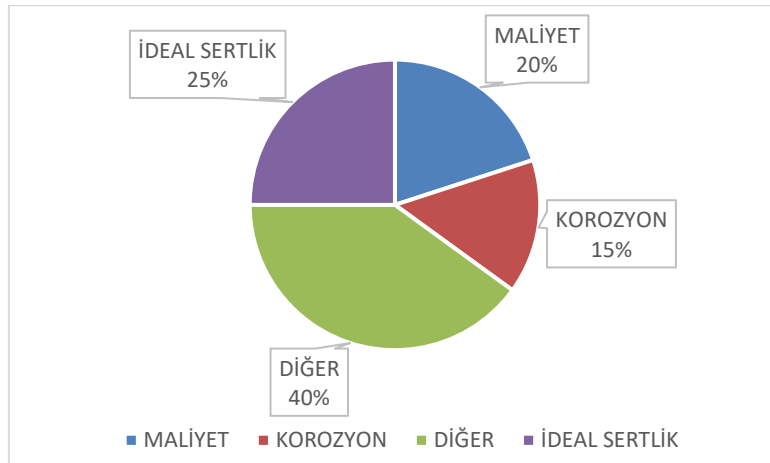
Numune Kodu	Kaybedilen Kalınlık Mikrometre (μm)
A1	84,643
A2	0,237
A3	319,738
A4	0,1068



Şekil 6. Bütün numunelerin korozyon potansiyellerinin karşılaştırılması

4.SONUÇLAR

Standard Profil Ege Otomotiv A.Ş firması ile yaptığımız bu çalışmada; malzeme seçiminde belirlediği parametreler şekil 7’de gösterilmiştir.



Şekil 7. Standard Profil A.Ş. belirlediği parametreler (%)

Bu parametreler göz önünde alındığında, bu çalışmanın konusunu oluşturan plastik kalıp çeliklerinde korozyon davranışının incelenmesi üzerine, firma için ideal malzeme seçiminde önemli bir kıstas olan korozyon, sertlik ve maliyet analizlerine göre elde edilen sonuçlar şöyledir:

- Tespit edilen deneysel sonuçlar, literatürde belirtilen çalışmalarla uyumlu olduğu görülmüştür.
- Yapılan literatür çalışmaları sonucu plastik kalıp çelikleri için belirlenen ideal sertlik değeri aralığı 30-35 HRC olduğu bilinmektedir. Çeliklerin yapılan sertlik deneyleri sonucunda ortaya çıkan sertlik değerleri göz önüne alındığında, A2 çeliğinin 31 HRC ve A1 çeliğinin 30 HRC sertlik değerleri ile en yüksek sertlik değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç değerleri ile ideal sertlik değeri aralığı olan 30-35 HRC sertlik değeri aralığına sahip olduğu gözlemlenmiştir.
- Korozyon deney sonuçları, A3 (319,738 µm) çeliğinden sonra en fazla ikinci çelik olarak malzeme kaybı A1 (84,643 µm) görülmüştür. Burada A1 çeliğinin içerdiği kükürt oranı (%0,010 S) ile korozyon dayanımına olumsuz bir katkı yaptığı görülmektedir.
- Literatürde kısa vadelerde krom ve molibdenin korozyon hızını düşürdüğü belirtilmektedir. Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar da literatürlerde verilen bilgilere uygundur. Bileşiminde daha yüksek krom bulunan çeliklerin, korozyon direncinin daha yüksek olduğu görülmüştür.
- Sertlik-korozyon direnci değerleri karşılaştırıldığında, 0.237 µm değeri ile A2 numunesi diğer numuneler arasında en yüksek korozyon direnci değerine sahiptir. Bu deneyler sonucunda, A2 numunesinin dört farklı plastik kalıp çeliği numune arasından bu özelliklere göre seçilmesi en uygun numune olduğu belirlenmiştir.

4.REFERANSLAR

- [1] Albaraz, Z., ‘’Isıl İşlem Parametrelerinin ve Kimyasal Kompozisyonun Sıcak İş Takım Çeliklerine Etkisi’’, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul; 2010.
- [2] Yeşilçubuk A., ‘‘Enjeksiyon Kalıplarında Kullanılan Sıcak İş Takım Çeliklerinin Yüzey Özelliklerinin Geliştirilmesi’’, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul; 2010.
- [3] Burgucu, S., ‘‘Plastik Enjeksiyon Kalıplarında Seçim’’, Takım Eliği Dergisi, İstanbul; 2010.
- [4] Yapar U., ‘‘Düşük ve Orta Karbonlu Çeliklerin Termokimyasal Borlama ile Yüzey Özelliklerinin Geliştirilmesi’’, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul; 2003.
- [5] Uzun H., ‘‘Borlama ile Yüzeyleri Sertleştirilen Çeliklerin Aşınma Ve Korozyona Karşı Dayanımları’’, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta; 2002.
- [6] Demirel, Ç., ‘‘AISI 8640 ve GS 60 Çelik Malzemelerin Abrasif Aşınma ve Korozyon Davranışına Borlama İşleminin Etkisi ‘’, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Karabük; 2013.
- [7] Davis J.R., ‘‘Surface Engineering for Corrosion and Wear Resistance’’, ASM International, Ohio; 2001.
- [8] El-Sherbini, S.M., Abd-El-Wahab, M.A., Amin, M., Amin, A. and Deyab, M.A., ‘‘Electrochemical Behaviour Of Tin in Sodium Borate Solutions and The Effect of Halide Ions And Some Inorganic Inhibitors.’’ Corrosion Science, 2006, 48(8), 1885–1898.
- [9] Roberge, P.R., ‘‘Corrosion Engineering. Principles and Practice’’ Mc Graw Hill; 2008.