

KALIP YÜZEY PÜRÜZLÜLÜK PARAMETRELERİNİN PROSES SIRASINDAKİ DEĞİŞİMLERİNİN TAHMİNİ İÇİN DENEYSEL ÇALIŞMA

Anıl AKDOĞAN¹, M. Numan DURAKBAŞA²

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Beşiktaş, İstanbul

²Department for Interchangeable Manufacturing and Industrial Metrology
Vienna University of Technology, A-1040 Wien, Austria

ÖZET

Yüzey pürüzlülüğü, kalıp gibi ağır koşullar altında çalışan şekillendirme elemanları için yakından takip edilmesi gereken bir uygunluk durumudur. Bir şekillendirme elemanının yüzey pürüzlülüğünün, şekillendirilen mamulün doğasını etkilediği bilinen bir gerçektir. Bu bilimsel gerçek ışığında, cam mamul imalatı için kullanılan kalıpların, mamul imalatı sırasında uğradıkları yüzey pürüzlülük değişimlerinin tahmini için deneysel bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Üç farklı kalıp çeliğinin şekillendirme sıcaklığındaki camla teması sırasında değişen yüzey pürüzlülük parametreleri hassas ölçme teknikleri ile takip edilmiş ve bir karşılaştırma ve değerlendirme işlemine tabi tutulmuştur.

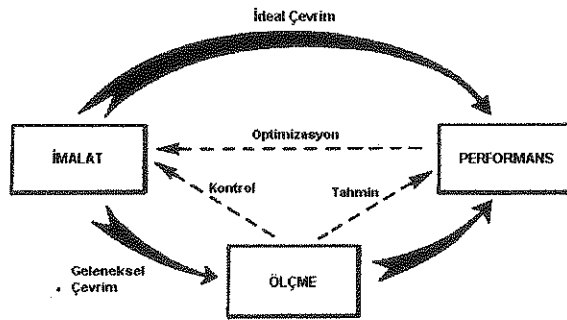
Deneysel ortamda yapılan bu işlemlerle elde edilen yüzey profil değişimlerinin Form Talysurf INTRA ve AFM'deki takibi kalıbın yüzey durumu açısından performansı ve cam mamul uygunluğu üzerine aydınlatıcı sonuçlar vermektedir.

Anahtar Kelimeler: Cam kalıp çelikleri, yüzey pürüzlülüğü, hassas ölçme teknikleri.

1. GİRİŞ

Tüm mühendislik hatalarının yüzde doksanın pratikte, yorulma kırılması, aşınma davranışı, korozyon ve erozyon gibi mekanizmalar aracılığıyla, yüzeylerden başladığı görülmektedir. Bu açıdan bir iş parçasının yüzey ve yüzeye yakın bölge uygunluklarını ölçmek ve değerlendirmek büyük önem taşımaktadır. Yüzey pürüzlülüğü o iş parçasının görünüşünü oluşturmasının yanı sıra, iş parçalarının kaplama işlemlerindeki performanslarını belirlemede de önemli bir faktördür.

Her bir prosesin, yüzeyler üzerinde, verilen bir değer aralığında pürüzlülük oluşması beklenmektedir. İmal edilmiş bir parçanın geçtiği evreleri düşünmek istediğimizde, aklımıza ilk gelen imalat prosesidir. Eğer parça doğru olarak imal edilmişse, benzer tasarımdaki her çeşit parça ile beraber kullanıma sunulabilmekte ve fonksiyonlarını tam olarak yerine getirebilmektedir. Fakat, farkında olduğumuz üzere, hiç bir proses sabit kalmamakta ve performansını etkileyebilecek değişimlerden etkilenmektedir. Prosesle bundan sonra eklenecek ikinci adım ölçme işlemidir. Önemli olan, her çeşit sapmanın kabul edilebilir sınırlarının tayin edebilmek için ölçme ve değerlendirme işlemlerinden doğru olarak yararlanabilmektir(1). Bu çalışmada geçen tüm yüzey pürüzlülük parametreleri ilgili "Geometrik Mamul Şartları ve Doğrulanması" standartları çerçevesinde toplanmış ve değerlendirilmiştir.



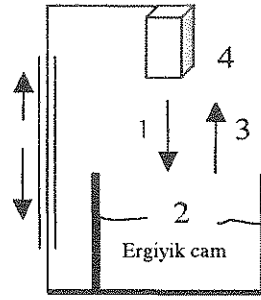
Şekil 1. İmal edilmiş bir parçanın yaşam basamakları (1)

Son mamul olarak mekanlara giren cam ev eşyası imalatında kullanılan kalıplar paslanmaz çelikler malzemelerden imal edilmektedir. Paslanmaz çelik kalıpların ve kaplamalarının yüzey durumları, hem kalıpların performansı ile hem de cam ev eşyalarının kalitesiyle doğrudan ilişkilidir. Cam, şekillendirme işleminin her aşamasında metal malzeme ile etkileşim halindedir. Bu sebeple, metal malzemelerden kaynaklanabilecek tüm olumsuzluklar nihai ürüne taşınmakta ve bu durum hem cam mamulün imalatı hem de kullanımı aşamalarında randıman kaybı olarak karşımıza çıkmaktadır. Pen-

lington, yaptığı çalışmada, cam mamul imalatında ergiyik yüksek sıcaklıkta cam preslenerek karmaşık bir geometriye sahip ancak düzgün yüzeyli olan kalıbın içerisine üflendiği operasyonlarda camın kalıba yapışması ve böylece kalıbın aşınarak ürün kalitesini etkilemesinin önüne geçmek adına kaplama çalışmalarına başvurmuştur. Borlama işlemi, bu tür olumsuzlukları ortadan kaldırmak amacıyla bugün cam mamul imalat sanayinde tercih edilen bir yüzey kaplama işlemi olarak geniş uygulama alanı bulmaktadır(7). Meriç vd.'nin gerçekleştirdikleri bir çalışma, borlanmış ve borlanmamış dökme demirlerin abrasif aşınma davranışlarını kıyaslamaktadır. Bu çalışma 900°C'da 6h boyunca borlanan gri dökme demirin diğer dökme demirlere göre en yüksek aşınma direncini gösterdiğini söylemektedir(8). Sen vd. borlanmış AISI 4140 çeliğini incelemişler, endüstriyel uygulamalarda kullanılacak borlama sıcaklığı ile süresindeki artışın, sertliği ve bor tabakası kalınlığını arttırdığı sonucunu rapor etmişlerdir(9).

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Hedeflenen amaçlara ulaşmak için laboratuvar ortamında kurulan tezgah, kısaca kalıp numunesinin şekillendirme sıcaklığındaki camla temasını sağlamaktadır. Çalışmada kullanılan deney tezgahı gövdesine bir elektrik direnç ısıtma fırını yerleştirilmiş şekildedir. Kalıp malzemesi numunesini taşıyarak onun şekillendirme sıcaklığındaki ergimiş camla istendiğinde temasını sağlayacak pnömomatik bir asansör sisteminden oluşmakta ve bilgisayar kontrollü olarak çalışmaktadır.



Şekil 1. Kalıp numunesinin şekillendirme sıcaklığındaki camla teması
1. Dalma, 2. Bekleme, 3. Çıkma, 4. Soğutma

Deneye tabi tutulan numunelerden birisi, cam ev eşyası üretiminde bugün sıkça kullanılan paslanmaz çelik malzeme Fransız Aubert&Duval firmasının APX özel kodlu çeliğidir (A Numunesi). Bir diğer numune ise DIN 1.2080 hazırlanmış numunedir (C Numunesi). 3. numune 1.2080 çeliğinin 4 saat boyunca 900°C'de katı-katı reaksiyonu ile borlama işlemine tabi tutulmuş halidir (B Numunesi). Numunelerden şekillendirme sıcaklığındaki camla belirlenmiş periyotlardaki temasları sonunda parçalar kesilmiş ve değişen yüzey pürüzlülük parametreleri hassas ölçme teknikleri ile takip edilerek bir karşılaştırma ve değerlendirme işlemine tabi tutulmuştur.

Deneyde kullanılan A.P.X. kodlu çeliğin kimyasal bileşimi:

Kimyasal Analiz	C	Cr	Si	Mn	P	S
%	0,184	15,96	0,214	0,373	0,021	0,005

Deneyde kullanılan DIN 1.2080 çeliğinin kimyasal bileşimi:

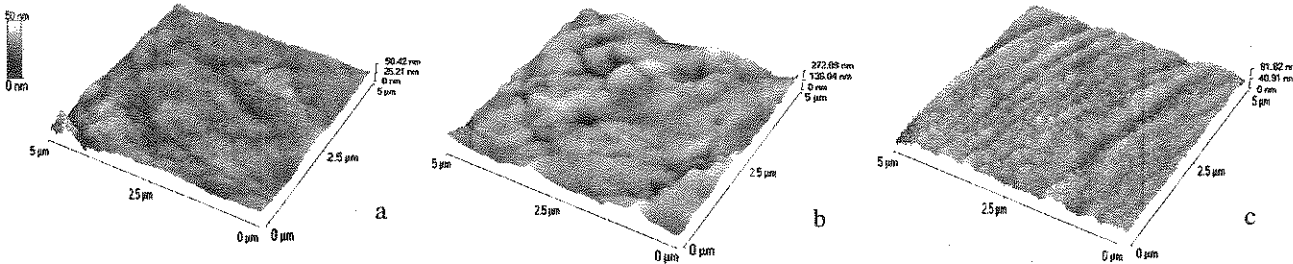
Kimyasal Analiz	C	Cr	Si	Mn	P	S
%	1,87	11,41	0,318	0,253	0,026	0,003

Kalıp numuneleri 45x15x50 ölçülerinde hazırlanmıştır. Cam kalıp numunesini taşıyan pnömomatik kol sistemi, cam kalıp numunesi ile ergimiş camın bir kez temasını toplam 12 saniye (ısıtma:4 sn., soğutma:8 sn.) süren bir çevrim süresinde tamamlamak üzere programlanmıştır. Kalıp numuneleri 900°C sıcaklığındaki camla temas etmektedir. Her 1.000, 5.000, 10.000 ve 15.000. temaslar sonunda kalıp numunelerinden parçalar kesilmiştir. Her numunenin camla 15.000 kez temas ettirildiği çalışmada 3 farklı numune için toplam 45.000 adet çevrim gerçekleşirken değişen numune, fırın ve cam sıcaklıkları periyodik olarak kontrol edilmiş ve kayıt altında tutulmuştur. Her üç numunenin parlatma işlemi sonucu sahip oldukları başlangıç hassas yüzey topografyaları 5x5µm² kesitinde Atomik Kuvvet Mikroskobu altında incelenmiştir (Şekil 2).

VEECO marka AFM cihazı $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ tarama alanı ve $10 \mu\text{m}$ Z eksenini ulaşım kapasitesinde yüksek çözünürlüğe sahip temas tipli bir tarayıcı mikroskop türüdür. $1.00 \mu\text{m}$ 'de 16nm ($0.04 \text{in} / 0.64 \mu\text{in}$) çözünürlüğe sahip Taylor Hobson marka "Form Talysurf INTRA" ile takip edilen yüzey pürüzlülük karakteristikleri; literatürde yüzey pürüzlülükleriyle ilgili olarak bilgisine en çok başvuru parametrelerden R_a ; Değerlendirilen profilin aritmetik ortalama sapması ve R_t ; Değerlendirme uzunluğu içindeki en yüksek tepe ile en derin vadi arasındaki fark değerleri, Değerlendirme uzunluğu içindeki en yüksek tepenin yüksekliği R_p , Yüzey profilinin çarpıklığını ifade eden R_{sk} ile dalgalanma parametresi W_a 'dır.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

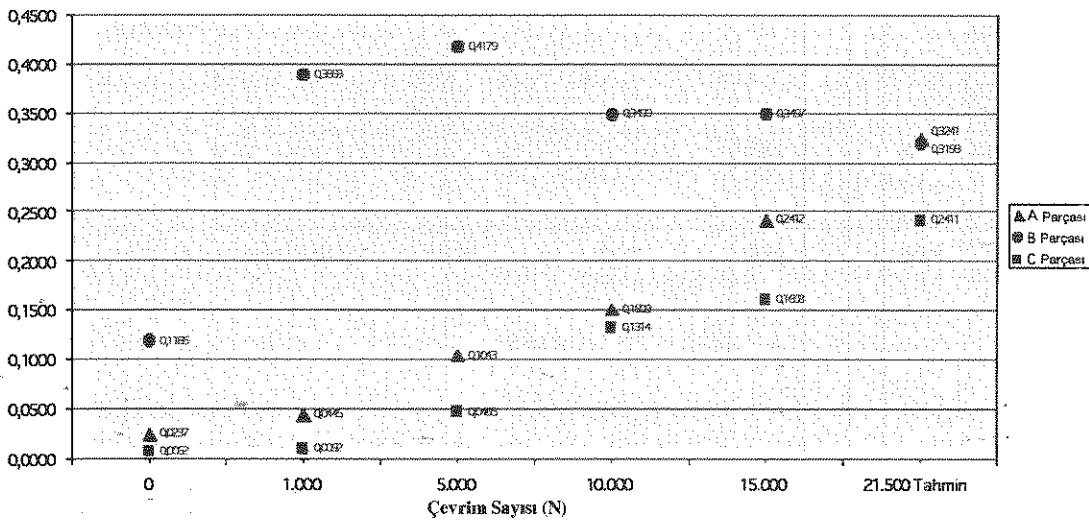
AFM görüntüleri (Şekil 2) her üç numune için başlangıç yüzey pürüzlülük sapmalarının matrisini temsil etmektedir. Yüzeylerin pürüzlülük ve dalgalanma gibi en az iki bileşekten meydana geldiğinin görsel kanıtıdır (10). Bor tabakasının yüzeyler üzerinde genellikle gevrek bir tabaka oluşturarak yerelmasının, borlama uygulamalarını sınırlayan bir dezavantaj olduğu bilinmektedir (5). B numunesi görmüş olduğu katı-katı reaksiyonu ile borlama işleminden dolayı bir borür tabakası kalınlığı içermektedir (Şekil 2/b). Isıl çevrim öncesi başlangıç pürüzlülük değerleri gevrek olan bu tabaka nedeniyle A numunesinden daha yüksek bir değerde tesbit edilmiştir.



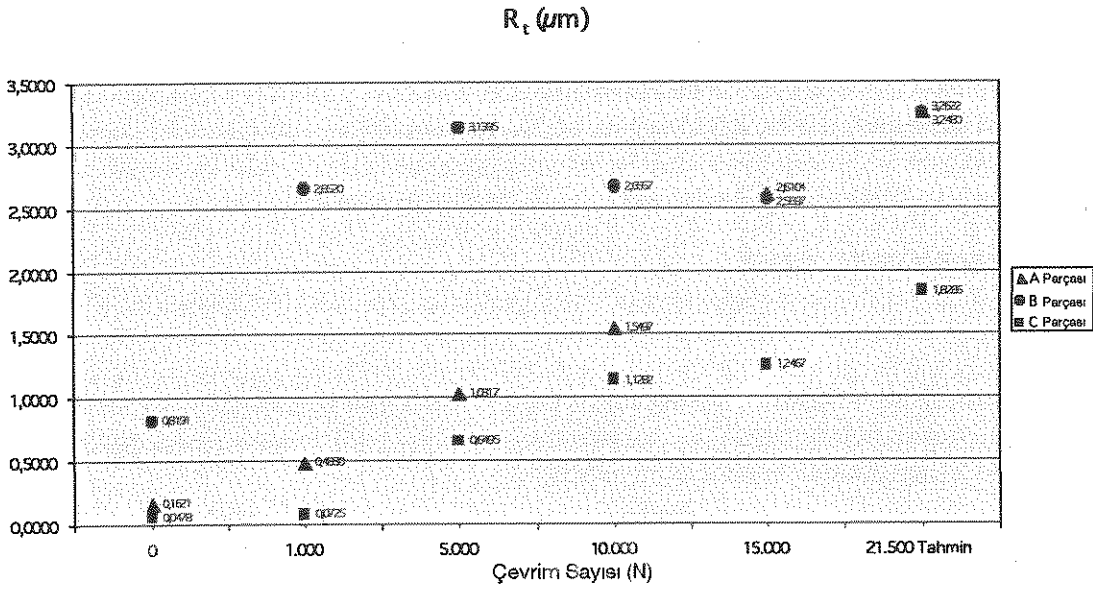
Şekil 2. a) A numunesinin başlangıç yüzey topografyası
b) B numunesinin başlangıç yüzey topografyası
c) C numunesinin başlangıç yüzey topografyası

Bu çalışmada diğer bir dezavantajın varlığı da gözlenmiştir. Bu da bor tabakasının B numunesinin ilk 1000 çevriminde pürüzlülük parametrelerinin dramatik bir artışla yükselmesine sebep olmasındır (Şekil 3). R_a ve R_t pürüzlülük parametreleri başlangıç değerlerinin yaklaşık 4 katına çıkmakta, 1000 çevrimden itibaren bu artış hızı azalmakta ve 5000 çevrimden itibaren hafif bir düşüş eğiliminin ardından sabit kalmaktadır.

R_a (μm)

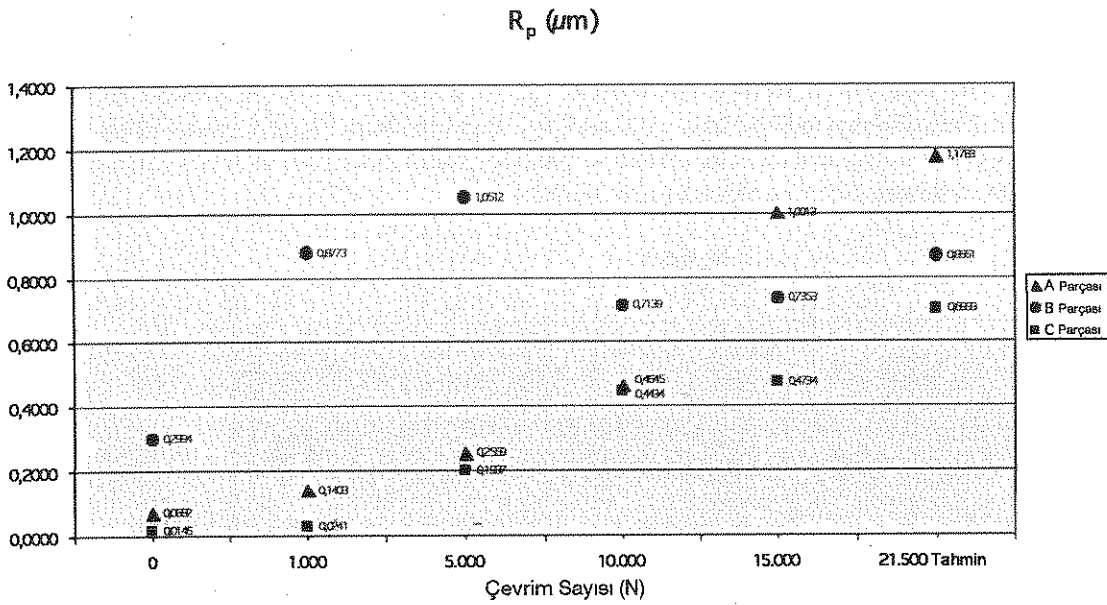


a



Şekil 3. a) $R_a - N$ grafiği
b) $R_t - N$ grafiği

Bu durumda borlama işleminin başlangıçta yüzeyi daha yüksek oranda pürüzlendirirse de, ilerleyen çevrimlerle pürüzlendeki artış hızını yavaşlattığını ve zamanla ortalama yüzey pürüzlülüğünde bir artışa engel olduğunu söylemek mümkündür. A ve C numuneleri için R_a ve R_t parametreleri benzer karakteristik değişimler göstermektedir. Çevrim sayısının artmasıyla yüzey pürüzlülük parametrelerindeki artış C numunesinde A numunesine göre daha hassas bir mertebede gerçekleşmekte ve her ikisinde de benzer bir artış eğilimi göstermektedir (Şekil 3).



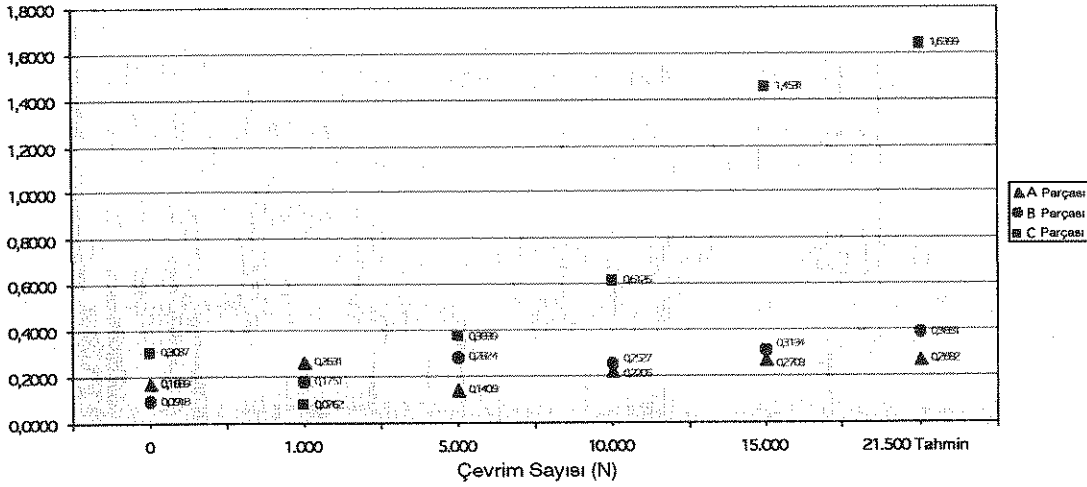
Şekil 4. $R_p - N$ grafiği

W_a grafiğini incelendiğinde, A ve B numunelerinin dalgalanma parametrelerinin 0,0 ile 0,4 μm değerleri arasında sınırlı kaldığını ancak C numunesinde artan çevrimle birlikte 1,64 μm değerine kadar dramatik bir artış gösterdiği açıkça görülmektedir (Şekil 5/a). Dalgalanma özellikle nihai ürüne direkt olarak yansiyabilen ve yalnızca cam ev eşyası grubunu değil cam ambalaj imal eden kalıpların da ömrünü sınırlayan majör bir hatadır. 1.2080 çeliği ve bu çeliğin borlanmış numunesinin gösterdikleri düşük dalgalanma eğilimleriyle işlem sırasındaki stabil olaylar ve özellikle ısı

gerilmelere karşı dirençlerini ortaya koydukları düşünülebilir. C numunesinde ısı gerilmelere karşı malzemenin tepkisi kuvvetli olduğunun söylenebilmesi için A.P.X. ve I.2080 çeliklerinin kimyasal yapıları ile ısı gerilme farkları arasındaki ilişki net olarak ortaya konmalıdır.

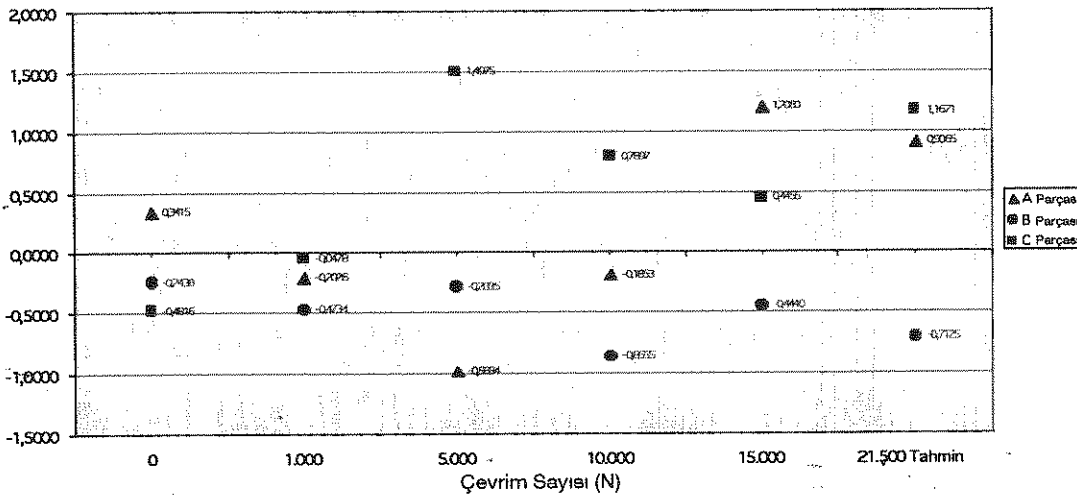
Cam şekillendirme kalıpları, cam imalatı sırasında şekillendirme sıcaklığındaki camın şekillendirme yüzeylerine yapışmasını önlemek için sürekli bir yağlama işlemine tabi tutulmaktadır. Hem cam kalıpların ömrünü hem de meydana getirilecek ürünün kalitesini etkileyebilecek olan bu yapışmanın sağlıklı bir şekilde önlenmesi kalıbın yağ tutma kabiliyeti ile doğrudan ilişkilidir. Negatif çarpıklık, iş parçalarının yağ tutma kabiliyetlerinin yüksek olması istendiği zamanlarda yüzeylerinden talep edilen bir uygunluk durumudur(2). B numunesinin tüm çevrim boyunca sahip olduğu negatif çarpıklık (Şekil 5/b), onun diğer numunelere göre daha yüksek bir yağ tutum kabiliyetine sahip olduğu ve bu özelliğini tüm süreç boyunca gösterdiği anlamını taşımaktadır. Yağlama sıvısına karşı gösterilecek bu yüksek yüzey direnci cam ergiyük ile metal kalıbın yapışmalarını önleyerek hem kalıp ömrüne hem de cam mamul kalitesine olumlu etkiler yapan önemli bir özelliktir. Ölçüm sonuçları, C numunesinin başlangıçta arzu edilen negatif çarpıklığa sahip olsa da yüksek sıcaklıktaki temas çevriminin henüz başlarında bu özelliğini yitirdiği ve bir daha geri kazanamadığını göstermektedir. Yağlama işlemi C malzemesinden yapılmış kalıba her ne kadar sık uygulanırsa uygulansın, asla B numunesinden yapılmış kalıbın gösterdiği yüksek yağlanma performansına ulaşamayacağı açıkça görülmektedir.

W_a (μm)



a

R_{sk} (μm)



b

Şekil 5. a) W_a - N grafiği b) R_{sk} - N grafiği

Değişimleri takip edilen ve değerlendirilen parametrelerin sayısı ve çeşitliliği iş parçalarından beklenen kullanım özelliklerine göre artırılabilir. Bu çalışmada cam mamul imalat kalıbı çeliklerinin performansını etkileyecek parametrelere aritmetik ortalama ve maksimum yüzey pürüzlülük değerleri ile ürüne yansıtılarak ürün kalitesini etkileyebilecek dalgalanma ve çarpıklık parametreleri hassas ölçme metodlarıyla takip edilmiş ve değerlendirilmiştir.

Teşekkür: Sağladıkları imkanlardan dolayı Anadolu Cam A.Ş., Cam Araştırma Merkezi'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

1. Handbook "Exploring Surface Texture" Taylor Hobson Limited, 1997.
2. ISO 16660-1:1999 "Dimensional and Geometrical Product Specifications and Verification "
3. ISO TS 14253-2: 1999 "Geometrical Product Specifications (GPS) -- Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment -- Part 2: Guide to the estimation of uncertainty in GPS measurement, in calibration of measuring equipment and in product verification"
4. TS 6956 EN ISO 4287:2004 "Geometrik Mamul Özellikleri (GMÖ) – Yüzey Yapısı: Profil Metodu – Terimler, Tarifler ve Yüzey Yapısı Parametreleri
5. TS EN ISO 13565-1:2003 ""Geometrik Mamul Özellikleri (GMÖ) – Yüzey Yapısı: Profil Metodu – Tabakalı Fonksiyonel Özelliklere Sahip Yüzeyler- Bölüm 1:Filtreleme ve Genel Ölçme Şartları
6. Xu C.H, Xi J.K., Gao W. "Improving the Mechanical Properties of Boronized Layers by Superplastic Boronizing", Journal of Materials Processing Technology 65 (1997), 94-98. (11)
7. Penlington R., "Surface Engineering in the Glass Container Industry", Vacuum 56 (3) (2000).
8. Meric C., Sahin S., Backir B., Koksak N.S., "Investigation of the Boronizing Effect on the Abrasive Wear Behaviour in Cast Irons" Materials and Design, (2005) Article in Press
9. Sen S., Sen U., Bindal C., "The growth Kinetics of Borides Formed on Boronized AISI 4140 Steel", Vacuum 77 (2005), 195-202.
10. Myshkin N.K., Grigoriev A.Y., Chizhik S.A., Choi K.Y., Petrokovets M.I., (2003) "Surface Roughness and Texture Analysis in Microscale", Wear, 254:1001-1009.