

PLASTİK ENJEKSİYON KALIPLAMADA ÇAPAK MİKTARININ GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMİYLE BELİRLENMESİ

¹Ferhat CERİTBİNMEZ*²Erdoğan KANCA, ²Mehmet DEMİR, ²Mehmet KOÇ

¹Fil Filtre Ltd. Şti. – İskenderun – HATAY - TÜRKİYE

*²Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik Fak. İskenderun - Hatay -TÜRKİYE

Özet:

Benzinli ve dizel motorlarla çalışan araçlarda yakıtı süzmeye yarayan filtre elemanlarında kullanılan plastik parçalar, plastik enjeksiyon kalıplarında üretilmektedir. Bu üretim esnasında parçalarda çapaklanma problemleriyle karşılaşmaktadır. Filtrede kullanılan parçalar filtreden kopar motora ve/veya enjektörlere giderse araçlarda ciddi maddi hasarlar meydana getirmektedir. Seyir halindeki aracın sollama yaparken veya rampa çıkarken filtresinde bulunan çapakların, partiküllerin ya da diğer kısımlarının süzülen yakıtla beraber motora ve/veya enjektörlere gitmesi halinde araç hız kaybedecek, sönebilecek, fren ve hidrolik direksiyon devre dışı kalacak ve sonucunda insan hayatını tehlikeye atabilecek durumlar ortaya çıkaracaktır. Çapaklı üretilen filtre parçalarının montaj öncesi tıraşlanması kaçınılmazdır. Maliyeti artıran çapaklanmayı kabul edilebilir sınırlarda tutmak kaçınılmaz hale gelmektedir. Bu çalışmada, PA6-GF30 termoplastik polimer malzeme kullanılarak plastik enjeksiyon makinasında değişik enjeksiyon parametreleri ile plastik kapaklar üretilmiş ve özel tasarlanmış görüntü alma düzeneği ile görüntüleri alınıp Matlab programı kullanılarak yüzeylerinde bulunan çapak miktarları tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Plastik enjeksiyon parametreleri, Çapaklanma, Üretim hataları, Sayısal görüntü işleme.

DETECTING THE BLURRING AMOUNT WITH IMAGE PROCESSING METHOD IN PLASTIC ENJECTION FORMING

Abstract:

Plastic parts that are used in filters that are used for fuel on cars working with gasoline and diesel are produced by plastic injection molds. During production of these parts some problems such as burring are encountered. It causes some serious damages if some particles separates from filter and goes into motor or injector. During changing traffic lane or going upside the ramp when you using your car, in case of burring, the car loses its speed, goes out, brake and hydraulic become disabled, as a result there will be dangerous situations for human's life. Burrs on the parts at the end of production should be shaved before assemble. It is an obligation to keep burring in a acceptable limit on filter parts. In this study plastic covers from PA6-GF30 thermoplastic polymer material were produced with different injection parameters. Then, their images are taken by specifically designed system. Blurring amounts are determined by using Matlab software on these images.

Keywords: Plastic injection parameters, Burring, Production faults, Digital image processing.

1.Giriş

Gelişen teknoloji ile birlikte plastik malzeme kullanımının hayatımızdaki yeri hızla artmaktadır. Uçak sanayi, ilaç sanayi, gıda sektöründe olduğu gibi otomobil imalatında da kullanılan plastik malzemeler zamanla artmaktadır. Otomobil imalatında kullanılan malzemelerin büyük bir çoğunluğu metallere oluşmasına rağmen, metaller yerini plastik malzemelere bırakmaya başlamıştır[1]. Plastik parça üretiminde en çok kullanılan yöntemlerden biri plastik enjeksiyon kalıplığıdır. Enjeksiyon kalıplamanın birçok avantajı bulunmaktadır, en karmaşık parçalar bile kontrollü bir kalıplama zamanı ile ek bir işleme gerek kalmadan üretilmektedir. Dolum, ütüleme ve soğuma enjeksiyon kalıplamanın üç safhasıdır. Hatasız ürünün üretilmesi parça ve kalıp tasarımı, doğru malzeme seçimi ve uygun enjeksiyon parametrelerine bağlıdır[2].

Geçmiş dönemlerde plastik enjeksiyon kalıplama ile yapılan çalışmalarda, Özçelik ve Erzurumlu[3] çalışmalarında farklı feder kesitlerine sahip plastik parçaların proses değerlerini, çöküntü ve çarpılmanın minimize edilmesini incelemiştir. Enjeksiyon parametrelerinin, feder kesit tipleri ve feder açısının çöküntü ve çarpılmaya etki ettiğini tespit etmişlerdir. Gu ve Li [4] araştırmalarında enjeksiyon kalıplığında çarpılmaya sebep olan termal gerilme ve uygunsuz proses şartlarını nümerik analiz ve sonlu elemanlar yöntemleri kullanarak soğuma esnasında ortaya çıkan termal ve artık gerilmeleri kıyaslamıştır. Çarpılmaya etki eden ilk parametre dengesiz sıcaklık dağılımı ikinci ise ütüleme basıncının gereğinden az olması tespit edilmiştir.

Young[5] araştırmasında enjeksiyon kalıplarında üretilen lenslerde artık gerilme ve çekme etkilerini inceleyerek, enjeksiyon kalıplığında parçalarda artık gerilme davranışını ergiyik sıcaklığı, kalıp sıcaklığı, enjeksiyon basıncı ve enjeksiyon zamanı gibi farklı proses şartlarının etkilediği görülmüştür. Lenslerde çekmeyi etkileyen en önemli parametreler kalıp sıcaklığı ve enjeksiyon basıncı olarak tespit edilmiştir.

Chiang[6] makalesinde ABS/PC(Blend) karışımı termoplastik hammadde kullanarak enjeksiyon yöntemiyle üretilen ince kabuklu parçaların proses şartlarını daha hızlı ve verimli hale getirmek için çalışmalar yapmış, enjeksiyonla üretilen bir cep telefonu parçası üzerinde enjeksiyon parametreleri optimize edilmiş, değişim analizi (ANOVA) kullanılarak makine parametrelerinin enjeksiyon kalıp proseslerine cevap etkisi bulunmuştur.

Chen,Lam ve Li [7] çalışmalarında soğuma zamanının enjeksiyon yöntemi ile üretilen parçaların kalitesine etkisini incelemiş, soğuma zamanında parça üzerindeki gerilmeler değerlendirilmiştir. Ferreira ve Mateus [8] araştırmalarında soğutma sisteminin parça kalitesine etkisini incelemiş, birleşme izi ve çöküntüyü asgari düzeye indirmek için PP ve ABS özellikli termoplastikler kullanarak hızlı prototipleme ile düşük maliyetli kalıplar yapıldığını ve bu kalıplar üzerinde yapılan denemelerin olumlu sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir.

En önemli enjeksiyon hatalarından biride çapaklanmadır. Çapaklanmaya etki eden parametrelerin itinalı incelenmesi için çapak miktarının hassas ölçülmesi gerekmektedir. Literatürde çapaklanma miktarının görüntü işleme yöntemleri kullanılarak tespitini içeren bir

çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada, PA6-GF30 termoplastik polimer malzeme kullanılarak plastik enjeksiyon makinasında değişik enjeksiyon parametreleri ile plastik kapaklar üretilmiş ve özel tasarlanmış görüntü alma düzeneği ile görüntüleri alınıp Matlab programı kullanılarak yüzeylerinde bulunan çapak miktarları ölçülmüş. Çapaklanmayı etkileyen parametreler incelenerek en iyi enjeksiyon değerleri tespit edilmiştir.

2. Materyal Ve Yöntem

2.1. Materyaller

2.1.1. Enjeksiyon İşleminde Kullanılacak Termoplastik Malzeme

Deneyde kullanılan kapaklar PA6-GF30 termoplastik polimer malzeme kullanılarak üretilmiştir. Sertlik, yüksek dayanım, iyi elektriksel ve kimyasal özelliklere sahip; petrol yağları, alifatik ve aromatik hidrokarbonlar, keton ve esterlere karşı direnci iyidir. Otomotiv, makine, tekstil endüstrisi, elektrik, elektronik, spor ürünleri, telekomünikasyon, gıda endüstrisi ve tıbbi cihazlar, beyaz eşya sanayi başlıca kullanım alanlarıdır.

Çizelge 1. PA6-GF30 termoplastik polimer malzemenin işleme parametreleri

En Fazla Nem İçeriği	0.2%	Enjeksiyon Basıncı	100-150Mpa
İşleme Sıcaklık Aralığı	260-280°C	Ütüleme Basıncı	50-100Mpa
Kalıp Sıcaklık Aralığı	60-100°C	Geri Basınç	Düşük

2.1.2. Plastik Enjeksiyon Makinası Seçimi

Tasarlanmış olduğumuz iki gözlü kalıpta yolluk ile beraber toplamda 50-60gr ürün basılacağı solidworks programında uygun özgül ağırlık belirtilerek hesaplatılmış ve kalıp kalınlığımız 232mm olarak tasarlanmıştır bu bilgiler göz önüne alınınca Haitian Mars serisi MA 600/150 B serisi plastik enjeksiyon makinası yeterli görülüp seçilmiştir.

Çizelge 2. Haitian Mars MA 600/150B Plastik Enjeksiyon Makinasının Teknik Özellikleri

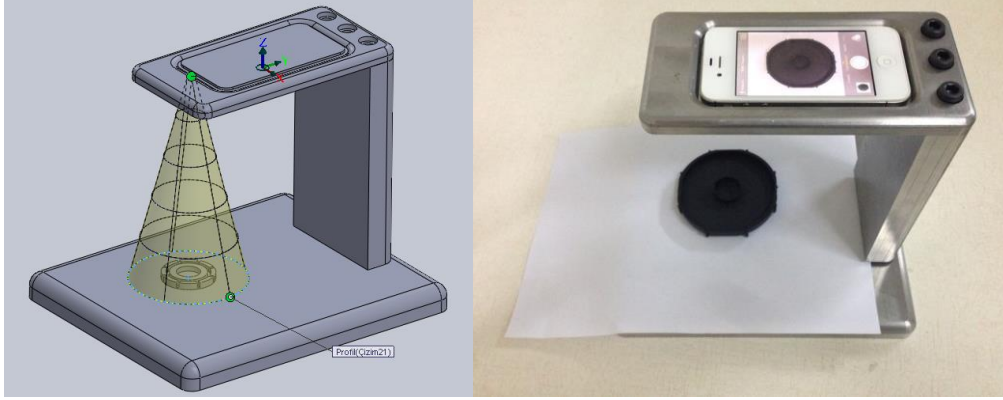
Vida Çapı	30 mm	Kilitleme Gücü	600 kN
Vida Boy/Çap Oranı	21 L/D	Mengene Stroğu	270 mm
Teorik enjeksiyon hacmi	88 cm ³	Kolonlar Arası Mesafe	310x310 mm ²
Enjeksiyon Kapasitesi (PS)	80 g	Max.Kalıp Kalınlığı	330 mm
Enjeksiyon Oranı	99 g/s	Min.Kalıp Kalınlığı	120 mm
Enjeksiyon Basıncı	177 Mpa	İtici Stroğu	70 mm
Plastikleşme Hızı	9,3 g/s	İtici Gücü	22 kN
Vida Devir Hızı	0-291 rpm	İtici Sayısı	1 pcs

2.1.3. Pirometre İle Kalıp Sıcaklığının Ölçülmesi

Kalıp üzerinden sıcaklık ölçümü yapılırken hassasiyet ve doğruluğun sağlanması için değişik parametreler ile yapılan her baskıda sabit grup hamilin üzerinde bulunan 1 numaralı gözden ölçüm yapılmıştır. Birbirinden farklı ve makinaya elle girilmiş ütüleme basıncı, enjeksiyon basıncı, ergiyik sıcaklığı vb. parametreler kayıt edilmiş kalıp sıcaklığı ise yapılan baskı neticesinde kalıpta açığa çıkan sıcaklık DT 8865 çift lazerli pirometre ile ölçülerek analiz için kayıt altına alınmıştır.

2.1.4. Görüntü Alma İşlemi İçin Kullanılan Düzenek

Plastik enjeksiyon işlemi ile farklı parametreler kullanılarak üretilen deneysel numunelerin Matlab görüntü işleme programında yüzey alanlarının ve çapak miktarlarının hassas bir şekilde ve homojen ölçülebilmesi için eşit mesafeden, aynı konum ve ışık altında görüntülerinin alınması için şekil 1 de görünen sabit bir düzenek kullanılmıştır.



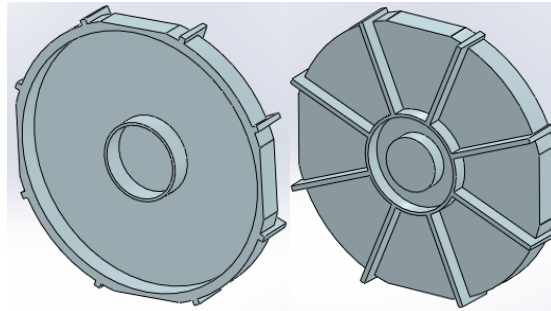
Şekil 1. Matlab programında ölçülecek görüntülerin alınması

Tasarlanmış olan düzeneğin kalibrasyonu yapılırken; üç farklı ölçüde hassas tornalanan silindirik parçaların görüntüleri alınmış ve Matlab programında yüzey alanları piksel olarak sayılmıştır matematiksel olarak bilinen yüzey alanlarına tekabül eden piksel sayıları oranlanarak **1 piksel 0,0025mm²** olarak hesaplanmıştır, daha sonra yüzey alanı solidworks'te hesaplanan çapaksız parçanın sahip olması gereken piksel sayısı **2422832 piksel** olarak ve $\pm 0.4\text{mm}$ genel tolerans dahilinde yüzey alanları hesaplanarak kabul edilebilir piksel aralığı **2398712 ≤ UYGUN ≤ 2447048** olarak hesaplanmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Parça Tasarımı

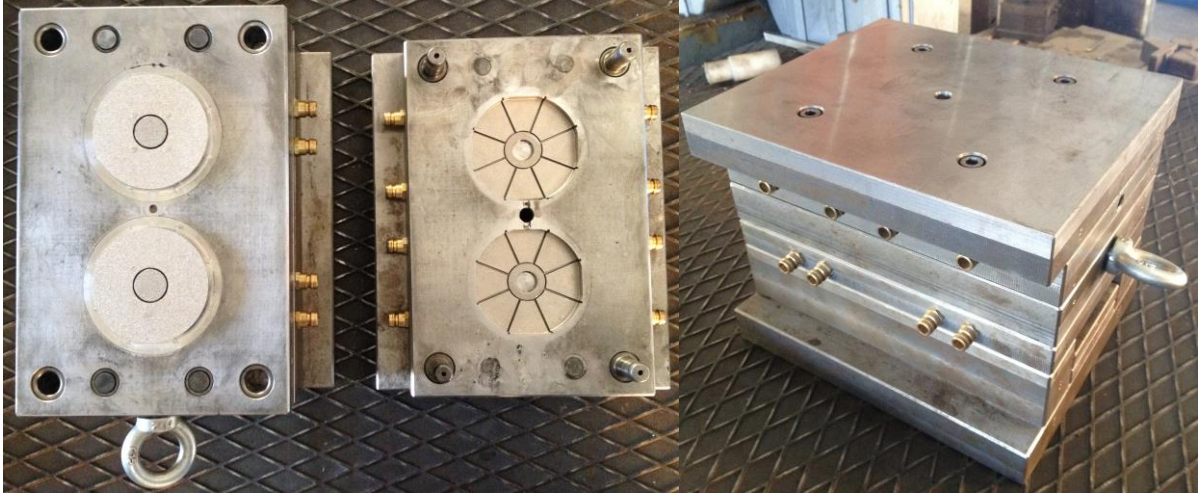
Kalıbı yapılacak olan plastik parça kullanım yerine göre, hammaddeye uygun cidar kalınlığı verilerek, kalıptan çıkması için uygun çıkma açısı ve yuvarlatmalar düşünülerek, mukavemet arttırıcı kaburgalar(federler) ve profil yapılar uygulanarak şekil 2 de görüldüğü gibi tasarlanmıştır.



Şekil 2. Kalıbı tasarlanan plastik parça

2.2.2. Kalıp Tasarımı

Şekil 3 deki tasarlanan kalıp ebatları ve aparatları standart kataloglar kullanılarak hesaplanmıştır. Kalıp ölçüleri (196x296x232)mm olarak 2 gözlü tasarlanmıştır. Ø12mm meme(yolluk) kullanılmıştır. Plastiğe temas eden çelikleri P320 ve Tolox44(45HRC) malzeme diğer kalıp çelikleri ck45 malzemeden üretilmiştir. Kalıp çelikleri seçiminde işlenebilirlik, yüzey kalitesi, ömür (baskı sayısı) ve maliyet göz önüne alınmıştır.



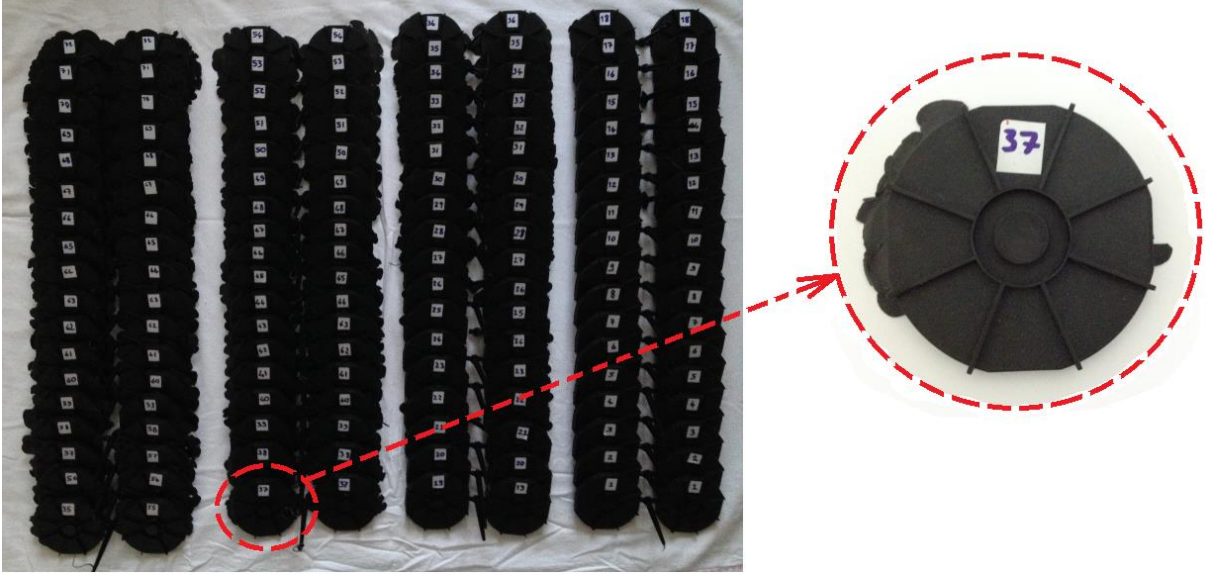
Şekil 3. Üretilen plastik enjeksiyon kalıbı

2.2.3. Enjeksiyon Parametreleri

Enjeksiyon süresi 8sn(sabit), ütüleme süresi 2sn(sabit), enjeksiyon hızı 35mm/sn(sabit), ütüleme hızı 30mm/sn(sabit), işleme sıcaklığı(T_i) 260-270-280-290°C (değişken), enjeksiyon basıncı(P_e) 105-115-125-135-145-155 Mpa (değişken), ütüleme basıncı($P_ü$) 50-80-110 Mpa (değişken) ve kalıp sıcaklığı (T_k) ölçümünde ise her baskıda ölçülen değerler incelenmiştir.

2.2.4. Deney numuneleri

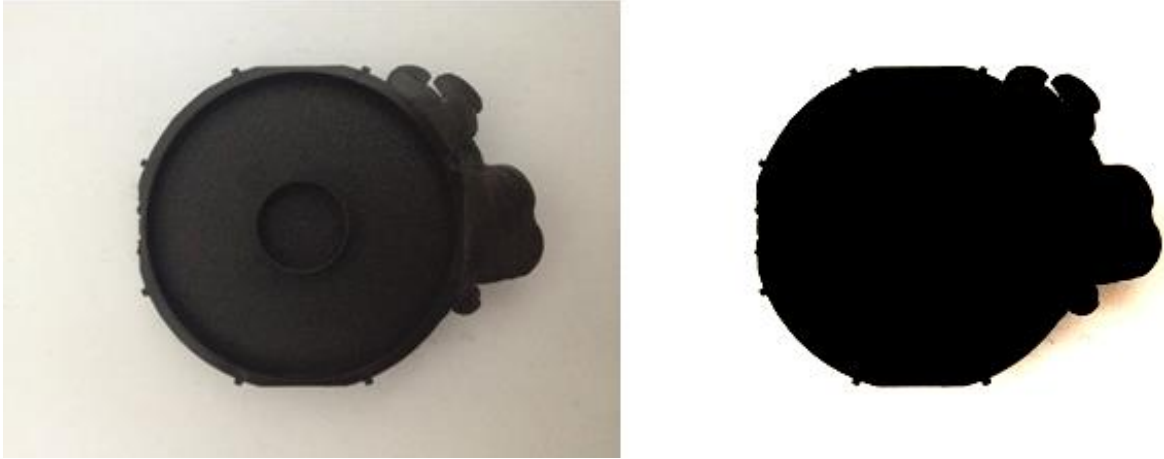
Deneyde kullanılan kapaklar PA6-GF30 termoplastik polimer malzeme kullanılarak ve 0.005mm çekme payı verilerek 2 gözlü tasarlanan kalıpta, Haitian Mars serisi MA600/150 B marka plastik enjeksiyon makinası kullanılarak farklı enjeksiyon parametrelerinde baskı alınan numunelerin toplu görünümü şekil 4 de olduğu gibidir. Her deneyde 3 baskı alınmıştır, kalıp 2 gözlü tasarlanmıştır ve gözlerde bulunan iticilere numaratorle numara vurulmuştur deneysel numunelerde tüm ölçümler 1 nolu gözden çıkan ürünler incelenmiştir aynı şekilde kalıp sıcaklığı ölçülürken aynı gözün insört(kalıp çekirdeğinden) DT-8865 çift lazerli pirometre kullanılarak ölçülmüştür ve datalar kayıt altına alınmıştır.



Şekil 4. Görüntü işleme yapılacak 72 adet deney numunesi

2.2.5. Görüntü İşleme Yöntemiyle Çapak Miktarı Ölçümü

Şekil 5 de görüldüğü gibi; görüntü işleme, sayısal bir resim haline getirilmiş olan dijital görüntü verilerini bir giriş resmi olarak işleyip, resmin özelliklerinin değiştirilerek yeni bir resim oluşturulmasıdır. Çapak miktarları; düzenek yardımı ile elde edilen dijital görüntüler Matlab programına aktarılarak hesaplatılmıştır. Çapak ölçüm deneylerinde, plastik enjeksiyon yöntemi ile üretilen plastik kapakların dijital görüntüleri alınarak Matlab programı kullanılarak görüntü işleme yapılmıştır.



Şekil 5. Dijital fotoğraf ve görüntü işleme yapılmış resmi

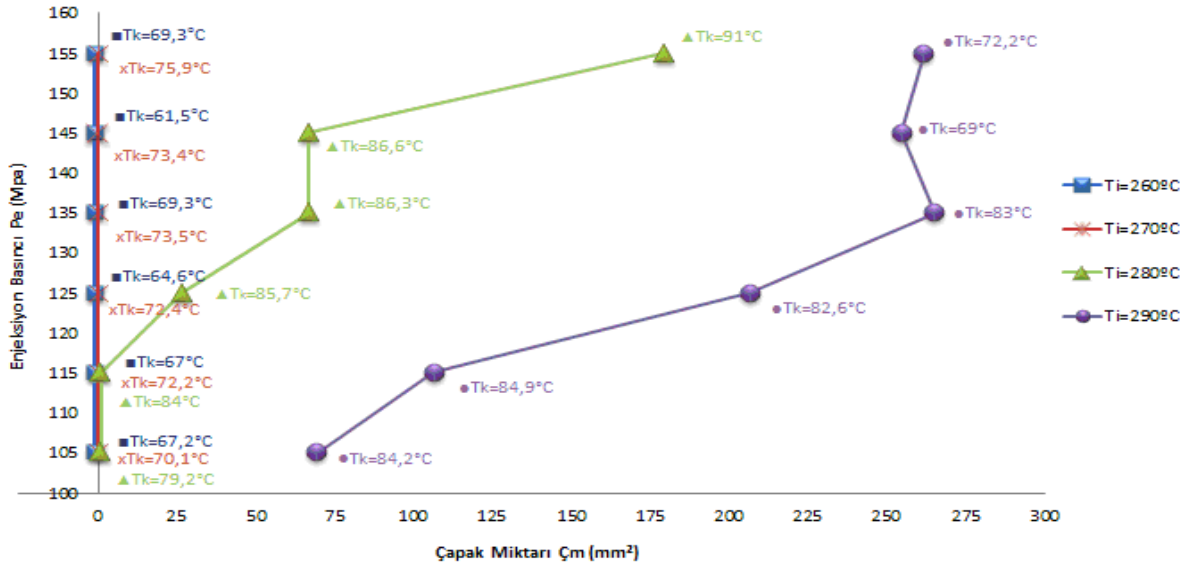
Bu çalışmada kullanılan yöntem: Öncelikle ilgili resim Matlab programına yüklenir. Renkli resim siyah ve beyaz tonlarına çevrilir, Resimde görünen siyah ve beyaz bölgelerin sayıları piksel sayısı olarak hesaplatılır, çapaksız ürünün sahip olduğu piksel sayısı çapaklı ürünün piksel sayısından çıkartılarak çapak miktarı belirlenir.

1. Resim alınır.
2. Renkli resim gösterilir ve daha sonra siyah-beyaz tonlarına çevrilir.
3. Resimde bulunan siyah ve beyaz bölümlerin matematiksel değerleri hesaplanır.
4. Sonuçlar veri tabanına kaydedilir ve yeni resim için başa dönülür.

Yukarıda sıralanan adımların Matlab programındaki uygulaması;

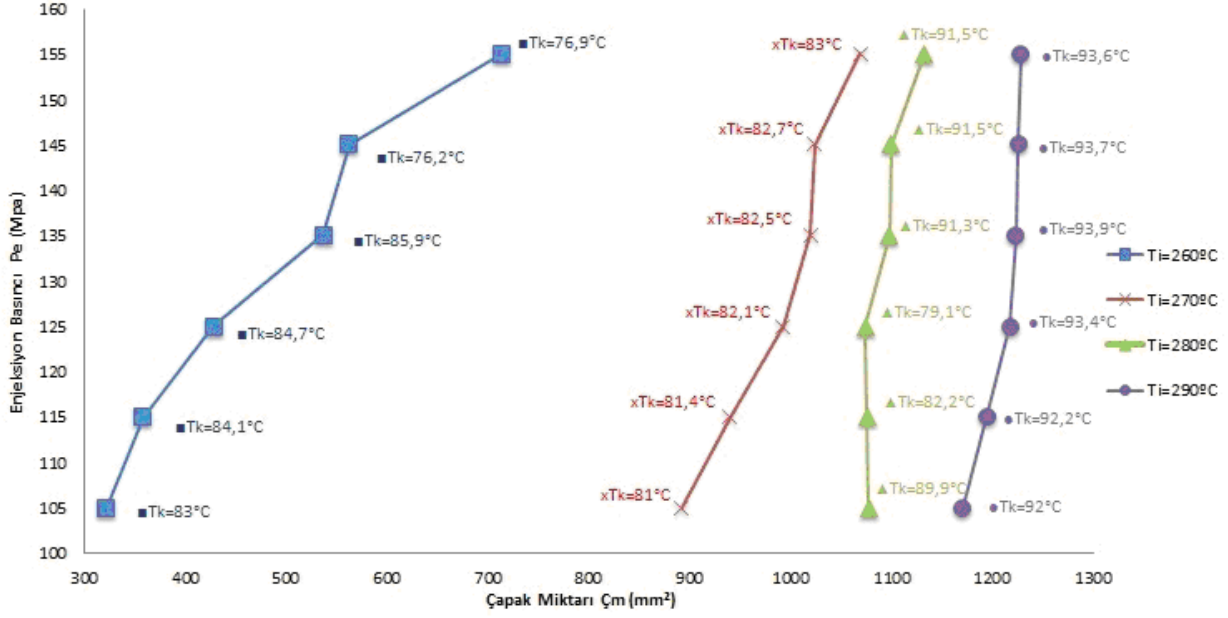
- I. Matlab ara yüzüne konulan bir buton yardımı ile analiz edilecek resim “imread” komutu kullanılarak yüklenir.
- II. Bu adımda “imhist” komutu ile resimde bulunan renk tonları tespit edilir. “rgbgray” komutu ile resim gri tonlarına çevrilir. Dijital görüntüler binlerce pikselin bir araya gelmesi ile oluşur ve bu piksellerin RGB değerleri vardır. R=Red(kırmızı), G=Gren(yeşil), B=Blue(mavi) anlamına gelmektedir yani her piksel üç matematiksel değerden oluşmaktadır. Griye çevirme işleminde tek bir matematiksel değer elde edilmektedir. 0-255 değerleri arasında olan gri değerlerinde 0 değeri siyah 255 değeri beyazdır. Alınan görüntülerde 150(renk tonu bulunmadığında seçilmiştir) den küçük değerler siyah, büyük değerler beyaz olarak hesaplanmıştır.
- III. 1 pikselin 0.0025mm^2 olduğu bilinerek siyah piksel sayısı bu rakamla çarpılır ve yüzey alanı hesaplatılır, çapaksız ürünün sahip olduğu yüzey alanı çapaklı ürünün yüzey alanından çıkarılınca yüzeydeki çapak miktarı hesaplanmış olur.
- IV. Sonuçlar kaydedilir. Daha sonra yapılan tüm deneyler içerisinde en iyi sonuçları verenler seçilir ve tasarlanan plastik ürüne en yakın ölçülerde ve çapak ihtiva etmeyen üretimin yapıldığı en uygun değerler belirlenmiş olur.

3. Deneysel Sonuçlar ve Tartışma



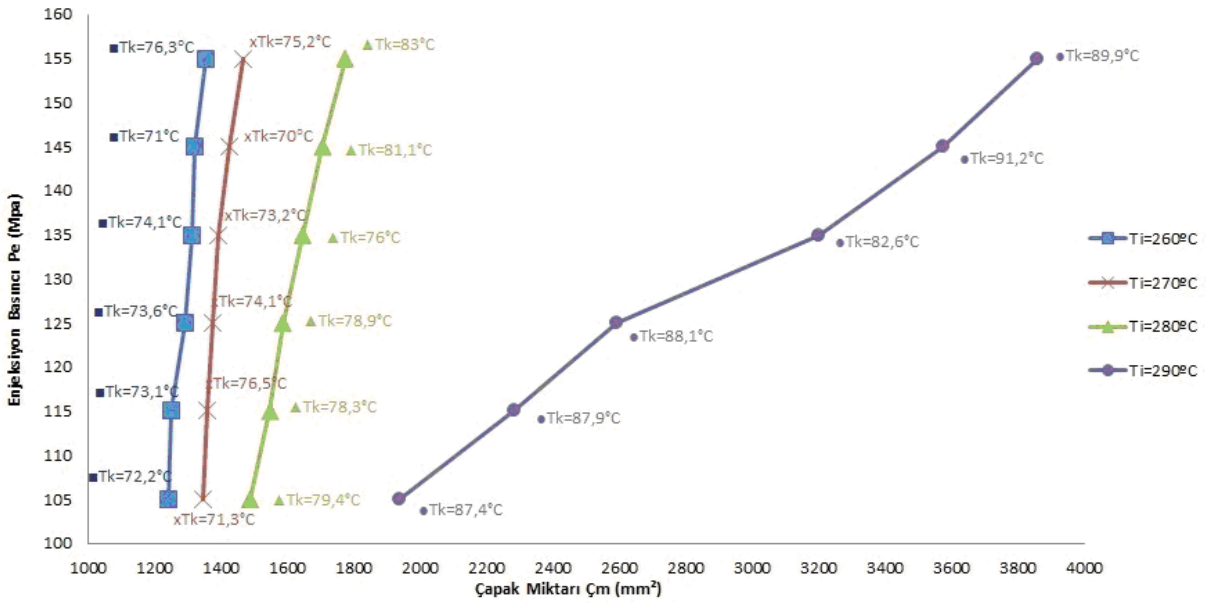
Şekil 6. 50MPa sabit tütüleme basıncında çapaklanma miktarı

Şekil 6'da 260-270 °C işleme sıcaklığı aralığı 105-155 Mpa enjeksiyon basıncı aralığında çapaklanmanın olmadığı, işleme ve kalıp sıcaklığının artışı ile çapaklanmanın arttığı görülmektedir.



Şekil 7. 80MPa sabit ütleme basıncında çapaklanma miktarı

Şekil 7'de Enjeksiyon basıncı ve işleme sıcaklığının artması ile çapaklanmanın doğrudan arttığı görülmektedir, işleme değerleri PA6-GF30 hammaddenin işleme değerlerinin üstündedir.



Şekil 8. 110MPa sabit ütleme basıncında çapaklanma miktarı

Şekil 8'de kullanılan termoplastik maddenin işleme parametrelerinin tamamen üzerinde çalışılan değerler görülmektedir, arttırılan enjeksiyon parametrelerine bağlı olarak çapak miktarlarında ciddi artışlar ölçülmüştür.

4.Sonuçlar

Bu çalışmada farklı enjeksiyon parametreleri ile PA6-GF30 termoplastik hammadde kullanılarak üretilen plastik parçalardaki çapak oluşumu gözlenmiş ve görüntü işleme yöntemi ile tespit edilen çapaklanma miktarlarını etkileyen enjeksiyon parametrelerine bağlı grafikler elde edilerek aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

✓Tasarlanmış olan görüntü alma düzeneğinde bulunan merkezleme ve sabit görüntü alma mesafesi tüm görüntülerin homojen olmasını sağlamıştır. Görüntü işleme yapılan tüm resimlerde okunan siyah ve beyaz toplam piksel sayıları eşit çıkmıştır, görüntü işleme ile yüzey alanı hesabında Matlab programının güvenilir sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

✓ Yapılan deneylerde 260-270 °C işleme sıcaklığı aralığı, 105-155 Mpa enjeksiyon basıncı aralığında üretilen kapaklar görsel ve ölçüsel olarak uygundur çapak rastlanmamıştır.

✓ Tasarlanan numuneye en yakın üretim 50Mpa ütüleme basıncı, 260 °C işleme sıcaklığı, 145 Mpa enjeksiyon basıncı ve 61.5 °C kalıp sıcaklığında elde edilmiştir.

✓ 50 Mpa sabit ütüleme basıncında, 270-280 °C işleme sıcaklığı, 155 Mpa enjeksiyon basıncı, 75-84 °C kalıp sıcaklık aralığında yapılan deneylerde çapak gözlenmemiştir fakat üretilen kapaklar ölçüsel olarak toleransın üstünde çıkmıştır ve uygun değildir. İşleme sıcaklığının üst sınır değerlerde olması ve kalıp sıcaklıklarının yüksek olması sebep olmuştur.

✓ Genel olarak işleme sıcaklığı(Ti) arttıkça çapak miktarında artış görülmüştür. Malzeme ergiyik sıcaklığının artışı viskoziteyi azalttığından ergiyik akışkan hale gelmekte ve çapak oluşumu arttırmaktadır. Kalıp sıcaklığının(Tk) artışı çapaklanmayı arttırmıştır. Ergiyik halde kalıbın içine giren plastik viskozitesini arttıramadığından çapak oluşumu gözlenmiştir.

✓ Ergiyik sıcaklığından sonra en etkili parametrenin enjeksiyon basıncı (Pe) olduğu görülmüştür. Genel olarak enjeksiyon basıncı arttıkça çapaklanma artmakta fakat bu artışa kalıp sıcaklığının artışı ve azalışının da etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

✓ Ütüleme basıncı (Pü) hammaddenin ütülenmesi gereken aralığın üstüne çıkınca çapak miktarı artmış fakat ütüleme basıncına ergiyik sıcaklığı ve kalıp sıcaklığı da etki etmiştir. Ergiyik sıcaklığı ve kalıp sıcaklığı yüksek iken ütüleme basıncı arttırılınca çapak kaçınılmaz olmuştur.

Referanslar

- [1] KOYUN Ç, Bilgisayar destekli plastik enjeksiyon kalıp tasarımı ve analizi, İstanbul, 2005.
- [2] ASLAN G, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Farklı Malzemelerden Plastik Enjeksiyon Yöntemi İle Makina Parçası Üretimi, Tekirdağ, 2011.
- [3] OZÇELİK B, ERZURUMLU T, Minimization of Warpage and Sink Index in Injection-Molded Thermoplastic Parts Using Taguchi Optimization Method ,Materials and Design, 2005 p:853-861.
- [4] GU Y, LI H, Numerically Simulation of Thermal Induced Stres and Warpage in Injection-Molded Thermoplastics, Advances in Polymer Technolgy, 2001, p:14-21.
- [5] YOUNG WB, Effect of Process Parameters on Injection Compression Molding of Pickup Lens, Applied Mathematical Modeling, 2005, p:955-971.
- [6] CHIANG KT, The Optimal Process Conditions of an Injection –Molded Thermoplastic Part with a Thin Shell Feature Using Grey-Fuzzy Logic, A Case Study on Machining the PC/ABS Cell Phone Shell, Materials and Desingn, 2006, p:1851-1860.
- [7] CHEN X, LAM YC, LI DQ, Analysis of Thermal Residual Stres in Plastic Injection Molding, Journal of Materials Processing Technology, 2000 p: 275-280.
- [8] FERREIRA JC, MATEUS A, Studies of Rapid Soft Tooling with Conformal Cooling Channels for Plastic Injection Moulding Parameters of Thermoplastic Materials:EX-PIMM, Journal of Materials Processing Technology, 2002, p:113-122.