

BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM YÖNTEMLERİ KULLANILARAK PLASTİK ENJEKSİYON KALIP TASARIMI VE AKIŞ ANALİZİ

*Osman Şahin

Sakarya Üniversitesi Sakarya Meslek Yüksekokulu

Özet

Bu çalışma, plastik enjeksiyon kalıplarının sıklıkla kullanıldığı imalat sektöründe tost makinasının kulpu bilgisayar destekli tasarım ve analiz yöntemleri kullanılarak kalıp tasarımı ve bu kalıba ait akış analizini içermektedir. Tasarım ve analiz SOLİDWORKS paket programı kullanılarak yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bilgisayar destekli tasarım, kalıp tasarımı, akış analizi

Abstract

In this study, a mold design for a toaster's handle and flow analysis of the mold were performed by the methods of computer aided design and computer aided analysis, respectively, for the manufacturing sector where plastic injection molds are frequently used. The design and analysis was executed by Solidworks software.

Keywords: Computer aided design, mold design, flow analysis

1. GİRİŞ

Çalışmamızda imalat sektörünün tamamına yakınında kullanılan bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve analiz yönteminin örneklenmesi amaçlanmıştır. Önceki yıllarda tüm tasarımlar kalem kağıt kullanılarak yapılmaktaydı. Bu yöntemle imalatın çok uzun zaman almasının yanında hatalarda çok oluyordu. Bu sebeple de toleranslar çok geniş tutulmak zorunda kalınıyordu. Üretilen malzemenin imalat sonrası ise ancak tecrübeler ile tahmin edilebiliyordu. Fakat sonraki yıllarda geliştirilen tasarım programları sayesinde makinadan tekstile kadar birçok alanda Bilgisayar ortamında ürünler ve bu ürünlerin kalıpları tasarlanabildiği gibi imalat sürecinde simüle edilerek karşılaşılabilecek sorunlar önceden tespit edilerek gerekli tedbirler alınabilmektedir. Bu sayede daha kaliteli, daha düşük tolerans aralıklarında ürünler üretilmiş ve imalat süreci de büyük ölçüde azaltılabilmektedir. Fakat bilgisayar programları kullanılsa da plastik malzemelerle konstrüksiyon için hem tecrübe hem de üretim yönteminin sınırları bilinmelidir [1].

Günümüzde plastik malzeme kullanımı hem imalatı daha kolay olması hem daha hafif ve daha ucuz olması sebebi ile tüm imalat sektörlerinde artmaktadır.

2. Genel Bilgiler

2.1.Bilgisayar destekli tasarımın önemi

Bilgisayarlar icat edildikten sonra zamanla her alanda kullanılmaya başlanmıştır. İmalat sektöründe de tasarım süreçlerindeki birçok iş yükünden kurtulmak, karmaşık prototiplerin üretim safhalarındaki zaman kayıplarını giderebilmek, yüksek maliyetlerini azaltabilmek için bilgisayar ortamında tasarım programları geliştirilmiştir. Bilgisayar ortamında tasarım yapma eylemine kısaca CAD denir. Bu programlar sayesinde, tasarımcıların görevlerini kısa zamanda, verimli olarak yapmalarının yanı sıra tasarımlarını uygulamaya geçirmeden önce malzeme ve işçilik kaybına yol açmadan revize etmelerine de olanak sağlamıştır. Bu sebeple bilgisayar destekli tasarımın imalat sektöründe kullanılması kaçınılmaz hale gelmiştir.

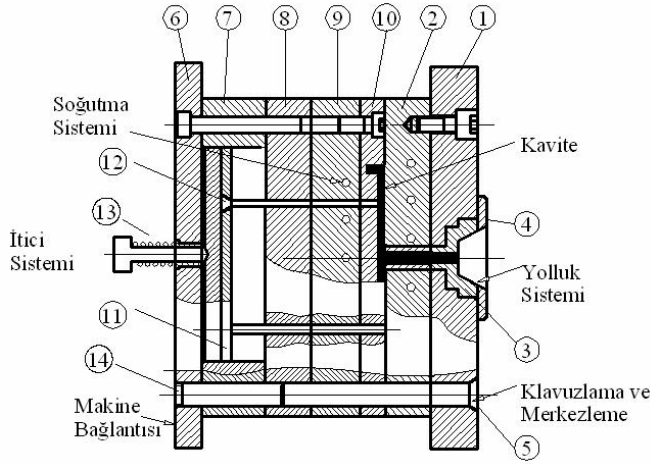
Mühendislik uygulamalarında, tasarımın yanı sıra analiz ve üretim metotları da oldukça önemlidir. Tasarımı tamamlanan bir parçanın analizi ve üretim simülasyonu CAD programları aracılığı ile yapılabilmektedir. Bu sebeplerle, bilgisayar ortamında tasarımın yapılması, tasarımın görsel olarak sunulabilmesine gerekli analizlerinin yapılarak imalat aşamasında karşılaşılabilecek problemlerle ilgili tedbirler alınabilmesine olanak sağlamıştır.

2.2.Plastik Parça Ve Kalıp Tasarımında Cad uygulamaları

Kalıp tasarımları günümüze gelene kadar birçok gelişme göstermiştir. Plastik endüstrisinde ki gelişmeler neticesinde polimer malzemeler anlaşılabilmiş ve proses parametreleri değiştirilerek gösterdikleri reaksiyonlar hakkında da bilgiler elde edilebilmiştir.. Geçmişte elde edilen bu bilgiler sonrasında çeşitli analiz programlarına aktarılarak bilgisayarlar yardımıyla hızlı, verimli, hassas ve kaliteli plastik tasarımına olanak sağlanmıştır. Plastik teknolojisinin de gelişmesiyle CAD ve CAM konuları yüzyılın en önemli gelişmelerinden biri olmuştur. Önceleri analiz ve bilgi işleme amaçlı kullanılan bilgisayarlar artık tasarım sürecinin temeline yardımcı olmakta ve grafiksel mühendislik bilgileri oluşturmaktadır. CAD teknolojisinin gelişmesi ile mühendislik tasarım metotları tamamen değişmiştir

2.3.Kalıp Tasarımı

Kalıp tasarımı; enjeksiyon presi, kalıp yapımcısı ve kalıbı kullanacak operatörün çalışma şartları göz önünde bulundurularak yapılır. Ayrıca kalıplama toleransı, çekme payı miktarı, kalıp boşluğunun yüzey kalitesi ve kalıplanacak plastik maddenin diğer özellikleri de göz önünde bulundurulur. Kalıp tasarımı yapılırken takip edilecek işlem basamakları dört ana gruba ayrılır [3]. Bunlar, teorik ve teknik bilgileri kapsayan mühendislik bilgisi, kalıbın yapımı, üretimin sürekliliği ve üretilen parçanın kalitesi şeklinde sıralanabilir. Şekil 1 de enjeksiyon kalıbına ait elemanlar gösterilmektedir [4].



- | | | |
|-----------------------|---------------------|--------------------|
| 1. Bağlantı plakası | 6. Bağlantı plakası | 11. İtici plakası |
| 2. Kalıp plakası | 7. Destek ayağı | 12. İtici pim |
| 3. Yolluk burcu | 8. Merkez plakası | 13. Geri itici pim |
| 4. Merkezleme halkası | 9. Merkez plakası | 14. İtici civatası |
| 5. Merkezleme pimi | 10. Kalıp plakası | |

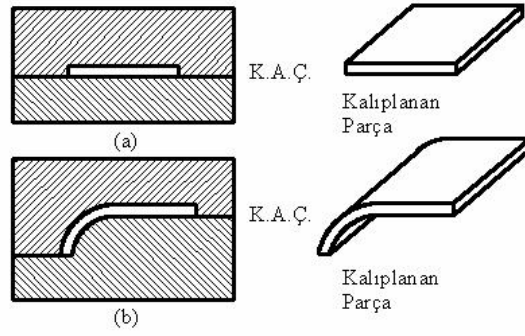
Şekil 1. Enjeksiyon kalıbına ait elemanlar [5].

Kalıbın boyutları, öncelikli olarak kalıbın birlikte kullanılacağı makinenin boyutlarına bağlıdır. Bu boyut sınırlamaları; maksimum malzeme miktarı (plastik ünitesinin bir çevrimde kalıp içerisine sevk edileceği ergimiş malzeme miktarı), plastikleştirme hızı (makinenin her birim zaman için plastikleştirebileceği malzeme miktarı), kilitleme kuvveti (kalıp boşluğu içinde meydana gelen maksimum basınca yol açacağı reaksiyon kuvvetini karşılayan kuvvet), makine kolonları arasında kalan maksimum makine plakaları alanları ve maksimum enjeksiyon basıncı şeklinde sıralanabilir.[6]

2.4.Kalıp Tasarımında Önemli Kavramlar

2.5.Kalıp Açılma Çizgisi

Kalıp yarımlarının açılıp kapandığı ve kalıplanan parçanın açılma düzlemi üzerinde meydana gelen çizgiye, Kalıp Açılma Çizgisi (K.A.Ç) denir [7]. Kalıplanacak parçanın biçim ve boyutlarına göre kalıbın birden fazla açılma çizgisi bulunabilir. Ayrıca kalıplanacak parçanın biçimi, üretim sayısı, parçaya verilecek eğim açısı, boyutsal toleranslar, parçanın estetik görünüşü, ön kalıplama işlemleri, parça içerisine konacak plastik taşıyıcılar, hava tahliye kanalı, parça kalınlığı, kalıplama boşluğu sayısı ve yerleşim planına göre kalıp açılma çizgisi sayısı belirlenir. Şekil 2 de kalıplanan parça ve kalıp açılma çizgisine örnek verilmiştir [7].



Şekil 2. Kalıplanan parça ve kalıp açılma çizgisi [7].

2.5.1. Kalıplanan Malzemedeki Çekme

Enjeksiyon yöntemiyle işlenen plastiklerde, üretilen parçanın boyutları kavite boyutlarından farklı olur. Nominal boyutlardaki bu farklılık çekme olarak adlandırılır [8]. Bu fark aşağıdaki eşitlikle ifade edilir.

$$\% S_{\text{ç}} = (I_c - I_M / I_c) \cdot 100$$

Burada;

$S_{\text{ç}}$: Çekme miktarı %,
 I_c : Kavite boyutu,
 I_M : Parça boyutu dur.

Çekmeyi tam olarak tanımlamak için bu ifade tek başına yeterli değildir. Enjeksiyon sonrası parçada meydana gelen çekme, normal ortam şartlarından 16 saat sonra ölçülür. Bu durumda kavite boyutları 23 ± 2 °C sıcaklık için belirlenir. Eğer parça uzun süre stokta bekletilirse sıcaklık ve ortam değişikliklerinden dolayı parça boyutları değişebilir. Bu değişiklik kalıntı gerilmelerin boşalmasından, kristal malzemelerin yeniden kristalizasyonundan dolayı meydana gelir. Kristal malzemeler hariç bu ikincil çekme ihmal edilebilecek kadar küçüktür. Proses çekmesi ve ikincil çekmenin toplamına toplam çekme adı verilir [8].

Ayrıca parçadaki malzeme akış yönüne de bağlıdır. Radyal çekme akış doğrultusundaki çekme, teğetsel çekme de akışa dik doğrultudaki çekmedir. Proses çekmesindeki fark radyal ve teğetsel çekmeler arasındaki farktır ve çekme anizotropisinin ölçüsüdür [8]. Yukarıdaki ifadedeki boyutlar parça ve kavite hacmi ile değiştirilecek olursa aşağıdaki ifade ile verilen hacimsel çekme elde edilir [8].

$$S_v = V_c - V_M / V_c$$

Aşağıdaki tabloda (Tablo 2.1) bazı termoplastiklerin boyutsal çekme değerleri verilmiştir [8].

Tablo 2.1. Termoplastiklerin boyutsal çekme değerleri.

Malzeme	% Çekme	Malzeme	% Çekme
Naylon6	1-1.5	Polikarbonat	0.8
Naylon 6–GR	0.5	Polioksümetilen	2
Naylon 6/6	1-2	Poli Vinil Klorür (katı)	0.5-0.7
Naylon 6/6-GR	0.5	Poli Vinil Klorür (yumuşak)	1-3
Polietilen LD	1.5-3	ABS	0.4-0.6
Polietilen HD	2-3	Polipropilen	1.2-2
Polisitiren	0.5-0.7	Sellüloz asetat	0.5
Sitren Akrilonitril	0.4-0.6	Sellüloz asetat bütrat	0.5
Polimetil metaakrilat	0.3-0.6	Sellüloz propiyonat	0.5

2.5.2. Giriş Kanalları

Giriş kanalı, Dağıtıcı kanal ile kalıplama boşluğunu birbirine bağlayan kanallardır. Bu kanallar, plastik maddenin kalıplama boşluğuna girip kalıbı doldurmasını sağlar. Ayrıca kalıplanan parçanın çekme payını bir miktar engeller. Kalıplanan parçanın fiziksel özellikleri giriş kanallarının boyutları, tipi ve yerleşim planına bağlı olarak değişir. Bu sebeple giriş kanalı boyutları, kalıplanacak plastik maddenin cinsine, kalıplama hacmine dağıtıcı kanal boyutlarına ve enjeksiyon basıncına göre seçilir. Giriş kanalları doğrudan giriş kanalı ve sınırlandırılmış giriş kanalı olmak üzere ikiye ayrılır.

2.5.3. Kalıbın Soğutulması

Enjeksiyonla kalıplamada temel prensip, sıcak plastiği kalıp içerisine basınçla gönderip ergiyiğin kalıp boşluğunun şeklini alarak bu şekilde kalacak kadar soğuyup sertleşmesini beklemektir. Kalıp sıcaklığı, baskı süresini belirleyeceğinden önemlidir. Sıcak kalıpta ergimiş plastik, kolayca akmasına rağmen, baskının soğuyup kalıptan dışarı atılabileceği sıcaklığa düşme süresi uzun olmaktadır. Soğuk kalıpta ergimiş plastiğin soğuması çabuk olur, bazı durumlarda kalıbı doldurmadan soğuyup katılaşır. Bu iki durum, en uygun baskı süresini elde etmede alt ve üst sınırları belirlemeye yardımcı olmaktadır [9].

Kalıbın dolması esnasında en sıcak ergimiş malzeme kalıp girişinde ve en soğuk ergimiş malzeme yolluk girişinden en uzak mesafededir. Soğutma suyunun sıcaklığı, bu kanallardan geçtikçe malzeme ile arasındaki ısı alış verişinden dolayı artar, bu sebeple malzemede soğumanın eşit olabilmesi için, malzemenin kalıba ilk girdiği bölgelere soğuk sıvı ve sonraki bölgelere de sıcak (ısınan) sıvı girişi sağlanmalıdır.

Kalıpta su sirkülasyonunu sağlamak için gerekli üniteler ticari olarak hazır bulunmaktadır. Bu soğutma üniteleri kalıba esnek hortumlarla bağlanmaktadır. Bu ünitelerle kalıp sıcaklığı dar sınırlar içinde korunmaktadır. Soğutma suyunu doğrudan şehir şebekesinden almak, iyi sıcaklık kontrolü sağlamaktadır [10].

Soğutma kanalının diğer işlevsel bölgelere emniyetli olarak ne kadar yakın açılacağı delinecek soğutma kanalının uzunluğuna büyük ölçüde bağlıdır. Genellikle 150 mm çapta ve daha büyük ölçüde delik delme işleminde uygulanacak kural, soğutma kanalının herhangi bir deliğe 3mm'den yakın olmamasıdır. Bu gibi durumlarda soğutma kanalları için uygulanacak mesafe en az 5mm'dir [10].

Plastik modelin homojen olarak katılaşmasını sağlamak için kalıpların belirli sıcaklık değerleri arasında tutulmaları gerekmektedir. İdeal bir soğutma sağlanabilmesi için kalıplanan malzemenin özelliklerinin ve transferi yapılacak ısı miktarının bilinmesini gerektirir. Su ile soğutmada uyulması gereken genel kurallar aşağıdaki gibi sıralanabilir [11].

2.5.4 Kalıp Tasarımında Akış Analizi Ve Uygulamaları

Akış analizi sayesinde plastik enjeksiyon işleminde oluşabilecek anlaşılması zor sebeplerden kaynaklanan problemler önceden tespit edilebilip bu problemlerin çözümüne imkan sağlar. Bu sebeplere: burkulma, enjeksiyon sırasındaki gerginlikler, aşırı enjeksiyon basıncı, parçada parlak bölgeler ve diğer uygunsuzluklar dahildir. Endüstride parça tasarımı ve enjeksiyon prosesi parametrelerinden kaynaklanan problemlerle ilgili ilişki tam olarak anlaşılamamıştır. Akış analizi ile ilgili olan bütün enjeksiyon problemlerini çözmek için pratik tecrübenin kullanılması yeterli olmamıştır. Sonuca ulaşmak için birçok prototip ve enjeksiyon parametreleri ile ilgili iterasyon yapmak gereklidir. Bu noktada, ürünleri geniş bir spektrum içinde plastik enjeksiyonunu yorumlayacak CAD ile bağlantılı çalışan Bilgisayar Destekli Mühendislik(CAE) uygulaması olarak bilinen analiz programları kullanılmaya başlanmıştır. Bilgisayarların kompleks hesaplamaları çok kısa zamanda gerçekleştirmeleri de bu tip analiz araçlarının yeni parçaların tasarımında uygulanabilirliğine olanak sağlamıştır [2].

2.5.4 İtici Ve Sıyrıcı Sistemler

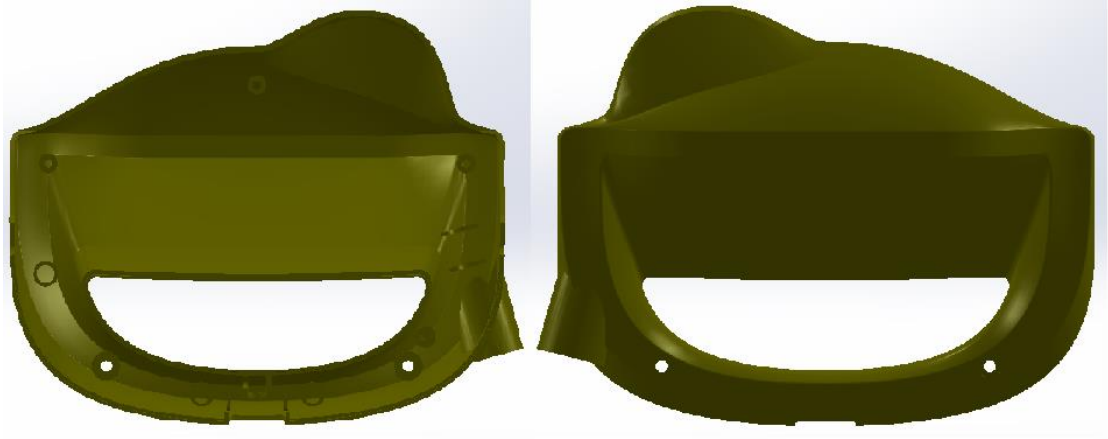
Plastik ürünün kalıp boşluğunda soğuması ve kalıp açıldığında kalıptan çıkarılması gerekir. Bu sebeple plastik enjeksiyon kalıplarının genelinde bir itici sistemi kullanılır. Eğer kalıplar birkaç örnek imalat için üretilecekse pahalı bir itici sistemi uygulamak yerine ürün elle kalıptan alınabilir. Ayrıca büyük ve hacimli, şekil olarak kompleks ürünler de elde veya robot yardımıyla kalıptan çıkarılır.

İtici mekanizmasının çalışması iki türlü olabilir. Bunlar otomatik itme ve yarı otomatik itme sistemleri olarak adlandırılabilir. Genellikle kalıpların otomatik itme sistemiyle çalışması tercih edilir [12].

3. Çizimler

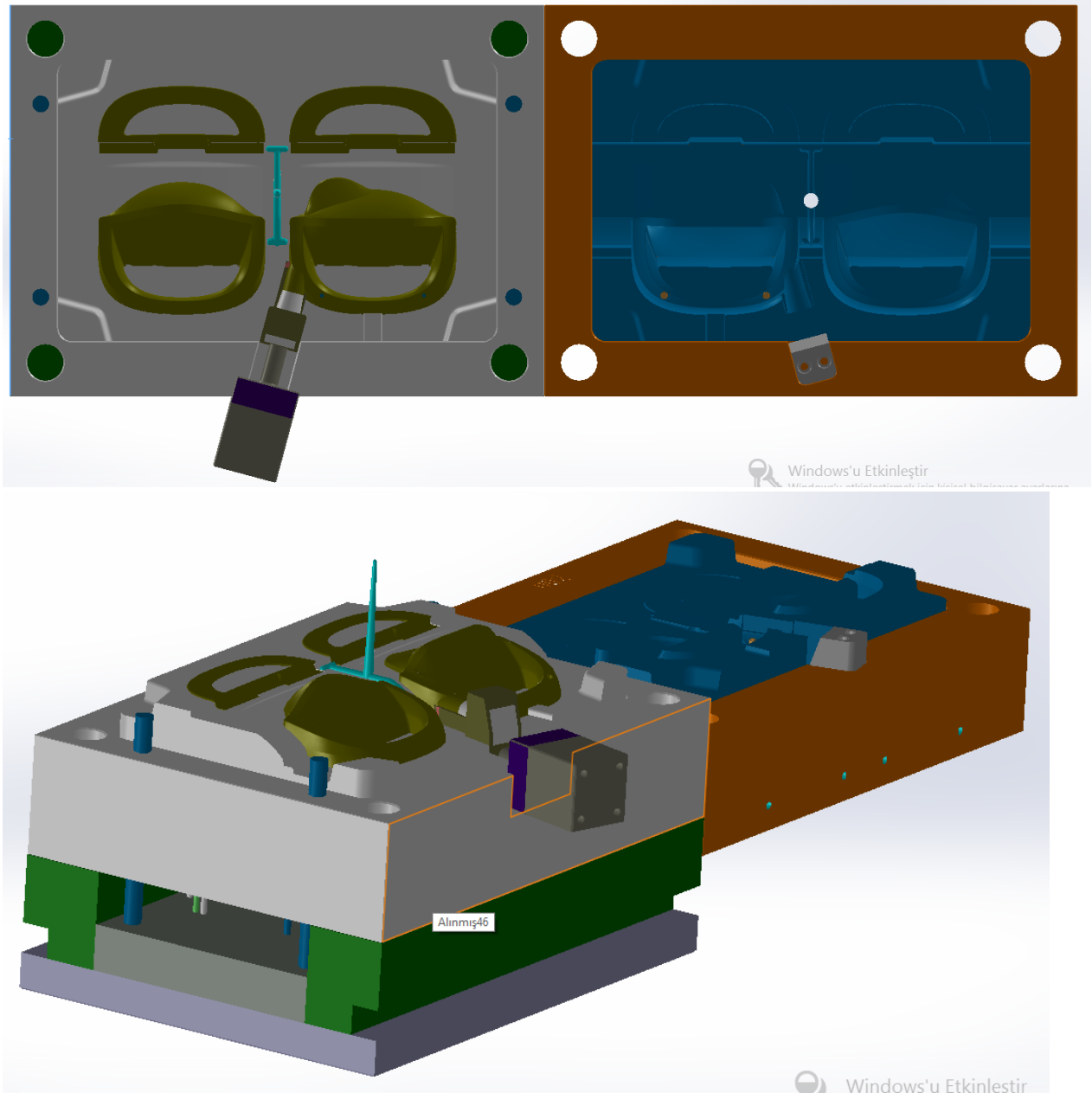
3.1. Tost Makinası Kulpunun Bilgisayar ortamında Çizimi

Solidworks programı yardımı ile kulp birebir ölçülerinde çizildi. Bu sayede kulpu görsel olarak inceleyebilme imkanı elde edildi.



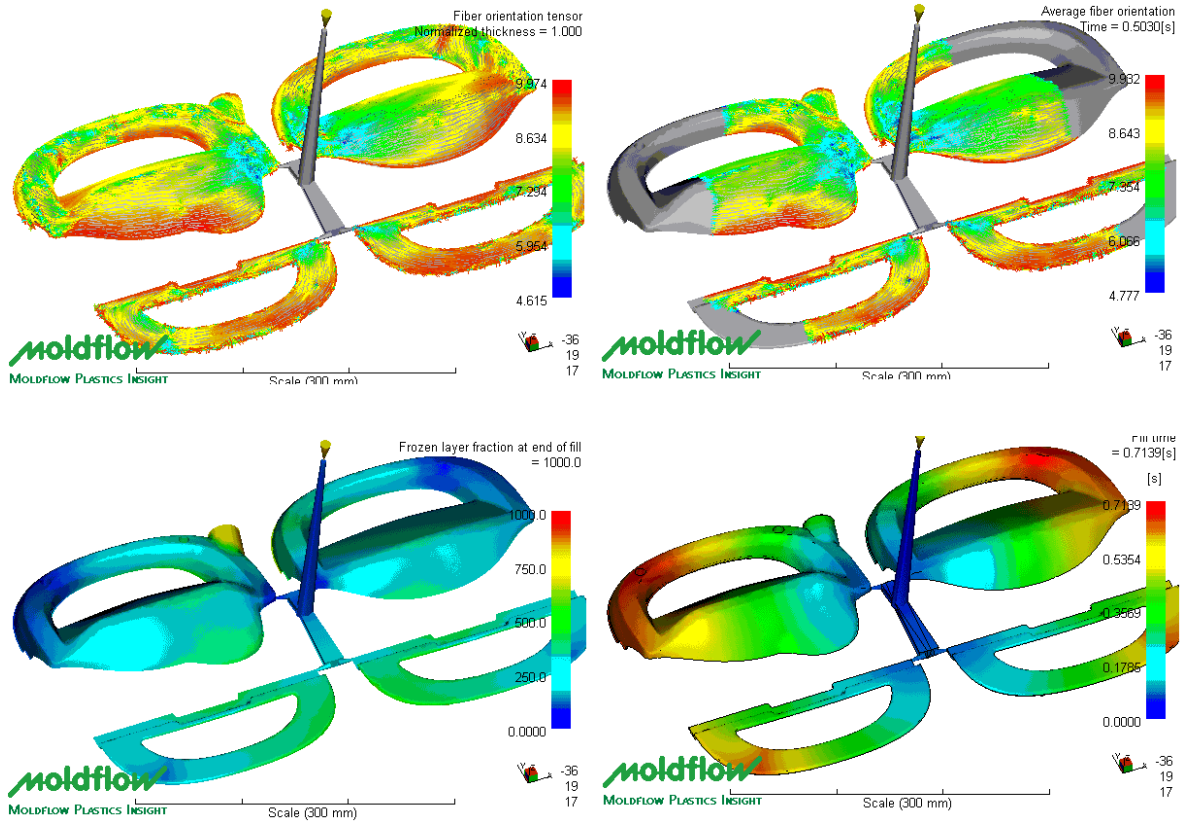
3.2. Kalıp Seti Çizimi

Solidworks programı yardımı ile kalıp seti aslına uygun şekilde çizildi. Bu sayede kalıp imalatında oluşabilecek problemler görsel olarak incelenebildi.



3.3. Akış Analizi

Bilgisayar ortamında kalıp içine ergimiş malzemenin akışı ve sonrasında soğuma eğrileri simüle edilerek görsel olarak incelenme imkanı elde edilmiştir. Bu sayede kalıp imalatı yapılmadan önce kalıp yolluklarının ve soğuma kanallarının en ideal şekilde tasarlanabilme imkanı elde edilmiştir.



4. Sonuç

Tasarım aşamasında bilgisayar destekinden yararlanmaya bilgisayar destekli tasarım denir. Bir nesnenin geometrik modeli, o nesneyi üretmek için başlangıcı ifade etmektedir. Bilgisayar destekli tasarım ve modelleme gün geçtikçe imalat sektörünün en önemli yapı taşı haline gelmiştir. Bilgisayar destekli tasarım sayesinde parça imal edilmeden tüm ayrıntıları ile incelenebilmektedir. Bu sayede de imalat aşamalarında oluşabilecek problemlere karşı tedbirler alınıp bu problemler giderilebilmektedir. Bunun sonucunda da üretim maliyetleri önemli ölçüde azaltılabilmekte ve piyasa da rekabet gücü artabilmektedir.

Referanslar

- [1] V.TEMİZ, Plastik Malzemelerle Konstrüksiyon, Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi, Bölüm 7 ve 8., (2002).
- [2] P.KOYUN,BOĞOÇLU- BİLGİSAYAR DESTEKLİ PLASTİK ENJEKSİYON KALIP TASARIMI VE ANALİZİ, Yüksek Lisans Tezi, YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ,İstanbul
- [3] Birinci, A., Plastik Enjeksiyon Kalıplarının İncelenmesi, İTÜFBE Makine Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1997.
- [4] Akyüz, Ö.F., Plastikler ve Plastik enjeksiyon Teknolojisine Giriş, Pagev Yayınları, İstanbul, 1998.
- [5] Şeker, C., Termoplastiklerin Şekillendirilmesinde Kullanılan Enjeksiyon Kalıplarının İncelenmesi, MÜFBE Makine Eğitimi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1999.
- [6] O.ERDEMİR,ÖZDEN, PLASTİK ENJEKSİYON KALIPLARININ BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARLANMASI, ÖRNEK MODELLER ÜZERİNDE OPTİMUM YOLLUK

VE SOĞUTMA SİSTEMLERİNİN UYGULAMA ESASLARI, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri

[7] Alkaya, A.R., Plastik Enjeksiyon Kalıplarının Tasarımı ve Üretimi, İTÜFBE Makine Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1998.

[8]. Menges, G., Mohren, P., D.V., How To Make Injection Moulds, 8. Edition, Hanser Publishers, Barcelona, 1995.

[9] Kluz, J., (Çeviren: Erci, G., Editör: Bağcı, M.), Plastik ve Metal Döküm Kalıpları, Erkek Teknik Yüksek Öğretmen Okulu, Ankara, 1998.

[10] Turançlı, H., Enjeksiyon Kalıpları İmalatı, Pagev Yayınları, 7.Cilt, İstanbul, 2000.

[11] Güneş, T., Plastik Enjeksiyon Kalıplarının Tasarımı, Segem Yayınları, Ankara, 1987.

[12] Kwon, T. H., Shen, S. F. and Wang, K. K., Computer-Aided Cooling-System Design For Injection Moulding, SPE ANTEC, 1986.