



Erciyes University Journal of the Institute of Science and Technology

Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

ISSN 1012-2354

Cilt (Volume): 28, Sayı (Issue): 2, Mart/March-2012

<http://fbe.erciyes.edu.tr/>



Süt sağım makinelerinde kullanılan sütlük gövdesinin solid works-moldflow x press programı ile kalıp tasarımı ve analizi

Mustafa TIMUR, Cihan DEMİR

Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli/Türkiye,

ÖZET

Anahtar Kelimeler:
Bilgisayar Destekli Tasarım, Kalıp Tasarımı, Solid Works.

Bu çalışmada, süt sağım tesislerinde kullanılan sütlük gövdesi Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) programı Solid Works ile tasarlanmış ve analizleri program içerisinde bulunan MoldflowXpress modülü ile yapılmıştır. Kalıp üretiminden önce, BDT ortamında birçok kalıp parametresi analiz edilmiş, ve yapılan çalışmalarla en doğru parçanın üretilmesini sağlayacak prototip kalıbın elde edilmesine olanak sağlanmıştır. Tasarımı yapılan sistemde, Solid WORKS 2007 paket programı kullanılmış ve kalıpla ilgili temel parametreler otomatik hesaplanarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışma ile plastik enjeksiyon kalıplarının tasarımı ve imalatı esnasındaki zaman kayıpları en aza indirilmiştir. Ayrıca kalıbın en uygun enjeksiyon giriş konumu belirlenerek imal edilecek ürün kalitesinin artırılması amaçlanmıştır.

The mold design and analysis of cremaer body used in milking machines with solid works–moldflow x press program

ABSTRACT

Keywords:
Computer Aided Design, Mold Design, Solid Works.

In this study, the templet of cremaer body used in milking facilities has been designed with Solid Works and its analyses have been implemented with the MoldflowXpress module which is in the program. Before mold production, in the ambient of BDT, many mold parameters have been analyzed, and with the studies achieved, it has been enabled for the prototype mold that will provide the truest part to be produced, to be obtained. In the system whose design was made, Solid WORKS 2007 packet programme has been used, and basic parameters of the mold have been counted and determined. With the study carried out, it has been aimed to minimize the missing of time during the design of plastic injection molds and manufacturing. Besides this, it has been aimed to increase the quality of product by determining the most proper injection access position of the mold.

1.Giriş

Bu çalışmada, ülkemizde de yaygın mühendislik çalışmalarıyla gelişen plastik enjeksiyon kalıbı tasarımcılığında yeri yadsınmayan bilgisayar destekli konstrüksiyonun kullanımı ve kalıp tasarımında uygulamalı örneklenmesi hedeflenmiştir.

Model olarak, süt sağım ünitelerinde kullanılan bir sütlük gövdesi seçilmiştir. Bu tip bir gövdenin seçilmesindeki temel amaç, gövdenin imalatına ilişkin bir talebin özel sektörden bize gelmiş olmasıdır. Plastik malzemelerle konstrüksiyon için hem tecrübe hem de üretim yönteminin sınırları bilinmelidir (Temiz, 2002).

Tasarımın CAD ortamında yapılması ile çekme payı hesaplamaları ve kalıbın çalışmasına engel olabilecek konstrüktif hataları kolayca öngörülmüştür.

Enjeksiyonla kalıplama tekniğinde, üretilen parçanın kalitesi, geometrik yapısı ve boyut toleransları, yüzey kalitesi ve dayanımına etki eden faktörler birçok araştırmaya konu olmuştur.

Bu bilgiler ile tasarlanan kalıp çekirdekleri, CFD (Computational Fluid Dynamics - Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) metoduna dayanan Moldflow (Plastics Insight) modülü aracılığı ile denenmiş ve bu konuda geliştirmeler yapılmıştır. Eriyiğin kalıba dolması, ürünün mekanik özelliklerini etkilemektedir. Akış analizi yapılmış ve olası sorunlar incelenmiştir. Ürünün, kalıptan çıktığında sahip olacağı sıcaklık farkları iç gerilmeleri yaratacak ve çarpılmalar oluşacaktır. Kullanılan yöntemlerin matematiksel altyapısını algılayıp, parametrelerin seçilmesinde gösterilen özen, gerçeği yansıtan sonuçlar alınmasının tek şartıdır.

Lee ve arkadaşları, enjeksiyon kalıpları için bir kalıp tasarım sistemi geliştirmişlerdir. Sistemde, plastik parça tasarımı ve kalıp imalatı için işlem planlama adımları birlikte yapılmıştır. Yapılan bu işlemle, kalıp tasarımı ve kalıp imalat zamanı önemli ölçüde düşürülmüştür (Lee ve Chen, 1997).

Nezhad ve Siores, enjeksiyonla kalıplamada işlem parametrelerini belirleyebilmek için kullanıcı etkileşimli bir sistem geliştirmişlerdir. Yapılan çalışmada belirlenen işlem parametreleri Moldflow paket programına aktarılıp simülasyonu gerçekleştirilerek, enjeksiyon parametrelerini belirlemede uzman kişi gereksinimini azaltmak amaçlanmıştır (Nezhad, ve Siores, 1997).

Lou ve arkadaşları, parça modelleme, yapay zeka teknolojisi ve kural temelli bilgi işleme sistemini kullanarak enjeksiyon kalıbı tasarımına yönelik bir yöntem geliştirmişlerdir (Lou, Jiang,, Ruan, 2004).

Hui, enjeksiyon ve döküm kalıplarında ürünlerin kalıplanabilirliğini belirlemek amacıyla, kalıp açılma çizgisi, kalıp maçaları ve maçaların açılma yönlerini de dikkate alarak bir çalışma yapmıştır. Yapılan çalışmada, kalıplanacak ürünün şekli, kalıp açılma yönü ve maçalar kalıplanabilirlik kriterlerinin temelini oluşturmuştur (Hui, 1997). Huang ve arkadaşları, iki parçalı kalıplarda üretilmeyecek ürünler için çok parçalı kalıp tasarımına yönelik bir algoritma geliştirmişlerdir. Yapılan çalışma sayesinde, karmaşık şekilli plastik parçalar için kalıp tasarım aşamaları kolaylaştırılarak, kalıp tasarım zamanı önemli ölçüde azaltılmıştır (Huang, Gupta, Stoppel, 2003). Priyadarshi ve Gupta çok parçalı kalıpların otomatik tasarımına yönelik bir algoritma geliştirmişlerdir. Yapılan çalışmada, parça yönünün ve kalıp açılma çizgisinin tespiti, parça yüzeylerinin oluşturulması ve kalıp parçalarının tasarımı gibi önemli kalıp tasarım aşamaları dikkate alınmıştır. Geliştirilen algoritma, kalıp parçalarının analizini yaparak, komple kalıp setinin montajını ve demontajını gerçekleştirmekte ve düzlemsel olmayan kalıp açılma çizgilerini de oluşturulabilmektedir (Priyadarshi, Gupta, 2004). Spina, farklı yolluk sistemlerini, yolluk girişini ve ürün konfigürasyonlarını dikkate alarak, plastik parçaların kalıplanmasına yönelik bir çalışma yapmıştır. Yapılan çalışmada, karmaşık şekilli plastik parçaların işlemeye uygunluğu, imal edilebilirliği, kalıp dolumu ve kalıbın soğutulması işlemleri sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir (Spina, 2004). Barriere ve arkadaşları, metal enjeksiyon kalıpları için, sonlu elemanlar simülasyonunu kullanarak enjeksiyon parametrelerinin ve kalıp tasarımının geliştirilmesine yönelik bir çalışma yapmışlardır. Enjeksiyon simülasyonunu gerçekleştirmek amacıyla 3 boyutlu bir yazılım geliştirilmiş, çok gözlü bir kalıpla yapılan deneysel sonuçlarla simülasyon sonuçları karşılaştırılmıştır (Barriere, Gelin, Lui, 2002). Chung ve Lee, enjeksiyon kalıp tasarımındaki problemlerin, birimler arasında oluşturulan bir bilgisayar ağı yardımıyla çözümüne yönelik bir çalışma yapmışlardır. Tasarımın doğruluğunu kontrol edebilmek amacıyla tasarım ile ilgili bilgiler ve her bir tasarım aşaması bütün bölümlere gönderilmiştir (Chung, Lee, 2002).

Kong ve arkadaşları, Visual C++ programlama dili ve

SolidWorks paket programını kullanarak 3 boyutlu bir enjeksiyon kalıp tasarım sistemi geliştirmişlerdir. Gerçekleştirilen çalışma, tasarım verilerinin hazırlanması, kalıp dolumu, kalıp ve parça tasarımı konularını kapsamaktadır (Kong, Fuh, Lee, Lui, Ling, Zhang, Nee, 2003).

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, tasarım amaçlı çalışmalarda kullanıcıya fazla miktarda soru sorulduğu tespit edilmiş ve bu bir eksiklik olarak görülmüştür.

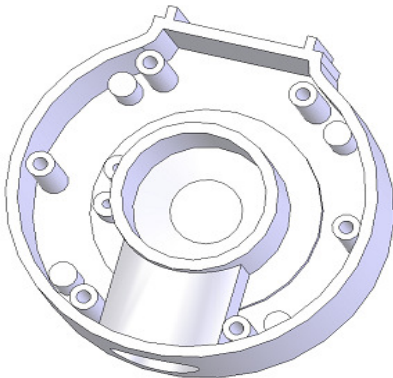
Gerçekleştirilen bu çalışmada, literatürde yapılan çalışmalar dikkate alınarak plastik enjeksiyon kalıplarının katı model olarak tasarımı, azami derecede kullanıcı etkileşiminden uzak olarak bilgisayar ortamında gerçekleştirilmiştir. Tasarım esnasında, üretilmesi istenen plastik ürünün katı modeli, esas olarak alınmıştır.

Kullanılan program, ürünün katı modelinden tasarım için gerekli olan verileri alarak, otomatik olarak oluşturulan bir veri dosyasına kaydetmektedir.

Parça üzerinden alınan verilere ek olarak tasarımcıdan plastik malzeme cinsini, ürünün kalıba yerleşim şeklini belirlemesi istenmektedir. Elde edilen verilere dayanarak, kalıp setinin boyutları ve plastik ürünün kalıp seti içerisindeki dağılımı program tarafından oluşturulmaktadır. Tasarımcı kalıbı kontrol ettikten sonra, isterse ürünün 3 boyutlu katı modelinde değişiklik yaparak, bu değişikliğe göre tekrar kalıp tasarımını yaptırabilmektedir.

2 Ürün geometrisi

Şekil 1’ de ki ürün, bir sütlük gövdesinin bilgisayar destekli tasarım programında çizilmiş halidir.



Şekil 1. Sütlük gövdesinin izometrik görünüşü

Sütlük Kalıbı tasarlanırken yolluk sistemi dışı plakaya, itici sistemi ise erkek plaka (hareketli plaka) üzerine yerleştirilmektedir. Ergimiş plastiğin soğuması sırasında plastik malzemenin çekme özelliğinden dolayı soğuyan ürün, kalıbın erkek kısmı üzerine doğru büzülme ve kalıbın dışı kısmından ayrılmaktadır. Kalıp erkek ve dışı yüzeylerin kapanması sırasında oluşan ve kalıp boşluğunu kapalı hale getiren çizgiye, kalıp ayırma çizgisi denmektedir. Kalıplanan parçanın kalıptan kolayca çıkartılabilmesi için kalıplanan parçanın şekline uygun bir kalıp ayırma çizgisi oluşturulmalıdır.

Malzeme iç kalınlığı değişkenlik göstermemektedir ve soğuma esnasında çökmenin gerçekleşebileceği birleştirme noktaları sağlamlaştırılmıştır. Hassas işleme başarısı sebebi ile elektro erozyon son pasoda tercih edilmelidir.

2.1 Malzeme özellikleri

Şekil 6’da kalıp malzemesi olarak ABS seçilmiştir. Oldukça iyi ve dengeli özellikleri nedeni ile günümüzde giderek daha fazla kullanım alanı bulan ABS, Akrilonitril, Bütadien ve Stiren’ den oluşan bir termopolimerdir ve bu polimerlerin oranlarında oynamalar yapılarak ABS'nin özelliklerini belli ölçülerde değiştirmek mümkündür.

3. Kalıp tasarımı

Kalıp tasarımı için Solid Works 2007 programının Scale, Partings lines, Shut-off surface, Parting surface, Tooling Split, Core & Cavity ve Mold Tooling arayüzleri kullanılmıştır.

3.1 Çekme payının girilmesi

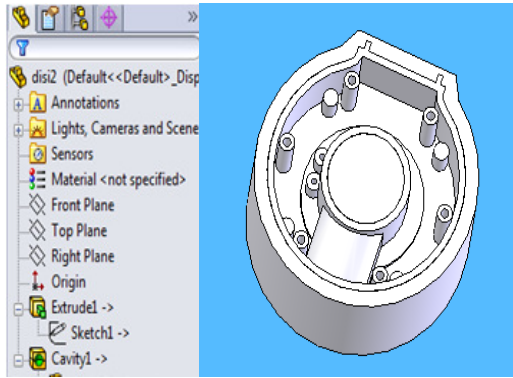
Her kalıplama çeşidinde, sıcak giren malzeme katılaşırken ısı kaybeder ve katı hale geçerken küçülür. Bu yüzden kalıplar parça teknik resminde istenen boyutlardan büyük yapılırlar. Çekme hesabı lineer olarak yapılır ve uzunluğa bağlıdır. Malzeme sağlayıcıdan bu bilgi temin edilebilir. Kullanılan malzemenin çekme aralığında olan 0.01 m/m değeri esas alınmıştır. Model ilk önce Scale komutu ile orijin noktasından 1.01 oranı ile çarpılarak büyütülür.

3.2 Kalıp ayırma hat ve yüzeylerinin çıkartılması

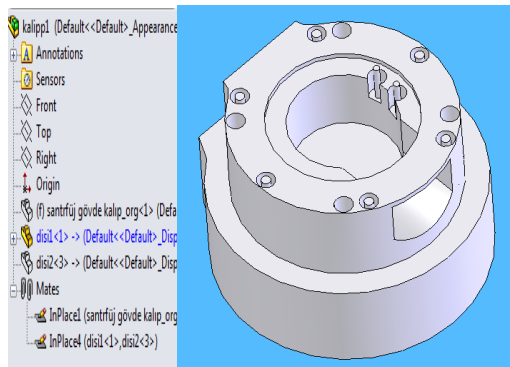
Mold tools araç çubuğunda yer alan rection komutu ile, kalıp açılma yönünü belirterek yüzeyler otomatik olarak atanır ve Transfer Element ile erkek (core) ve dışı (cavity) kalıp arasında yüzeylerin yeri değiştirilir. Böylece belirlenen renklerle erkek ve dışı kalıp görselleştirilir.

3.3 Kalıp gövdesinin modellenmesi

Yapılması gereken ilk işlem, kalıp parçalarının assembly (montaj) ortamına atılıp çekirdeklerinin oluşturulması için gerekli olan erkek ve dişi kalıbın oluşturulmasıdır. Katı model haline getirilen erkek-dişi kalıp seti part ortamında kaydedilir. Daha sonra montaj ortamında kullanılmak üzere browse yapılır. Montaj ortamında erkek kalıp seti ve sütlük parça kalıp için belirlenen ölçülerde mate işlemi yapılarak birleştirilir. Sütlük parça kalıp seti üzerinde hareket etmemesi sağlanır. Assembly ortamında erkek kalıbı oluşturulan parçanın kalıptan çıkartılması için part ortamına atılması gerekmektedir. Bu işlem için montajı yapılan parçanın üzerine sağ tıklanıp edit part seçeneği aktif hale getirilir. Parçamız yapılan bu işlem ile part ortamına geçmiştir. Şekil 1-2-3 Part ortamında bulunan parçamız features-cavity ve join komutu uygulaması yapılarak erkek ve dişi parçanın oluşumu gözlenir.



Şekil 2. Cavity uygulaması yapılmış olan parça



Şekil 3. Santrifüj erkek çekirdek oluşumu

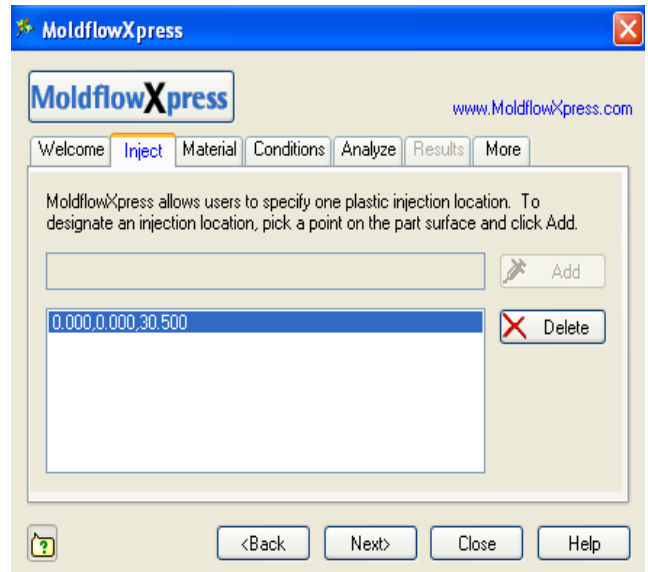
4 Analiz

Kalıpcılık sektörüne yönelik bir yazılım çözümü olan Moldflow(Plastik parça ve kalıp simülasyonu, analiz ve optimizasyonu); özellikle otomotiv, elektronik, sağlık, dayanıklı tüketim ve paketlenme sektörüne yönelik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Henüz ürün tasarım aşamasındayken, ürünün en iyi, en ucuz, en kaliteli ve en hızlı şekilde nasıl oluşturulabileceğinin önceden görülmesi mümkün hale geliyor. Üründe kullanılan malzemelerin ve ürünün şeklinin, ürün kullanımına nasıl yansıtacağı önceden kestirebilmek ve tasarımını ona göre hazırlamak büyük önem arz ediyor. Tüm bunları ürünü üretmeden önce bilgisayar ortamında yapabilmek ve sonuçlarını görmek büyük parasal getirilerin yanı sıra çok önemli zaman kazancı da sağlıyor (Uluer, Gültaş, Özdemir, 2005).

4.1 Malzeme giriş noktasının belirlenmesi

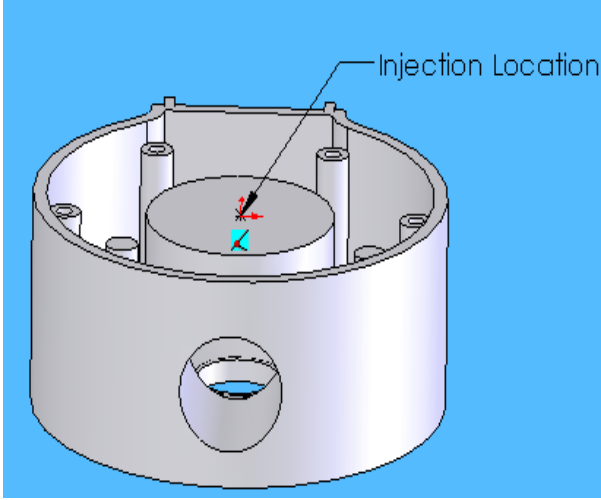
Modelin tüm bölgelerinin bir enjeksiyon noktası için uygunluğu belirlenen uygun bölgeler en iyi, uygun olmayan bölgeler ise en kötü olarak derecelendirilir.



Şekil 4. Malzemenin yolluk giriş noktasının belirlenmesi

Şekil 4' de görülen, sayısal değerler kalıp analizinde kullanılan enjeksiyon yerinin koordinatları olarak belirtilmiştir. Burada programın başlangıç noktası ile kalıp üzerinde seçilen malzemenin başlangıç noktasına göre konumu (0.0.30,5) olduğu gözükmektedir. Şekil 5'de kalıp parçasının enjeksiyon giriş noktasının parçanın merkez noktasından seçildiği gösterilmiştir.

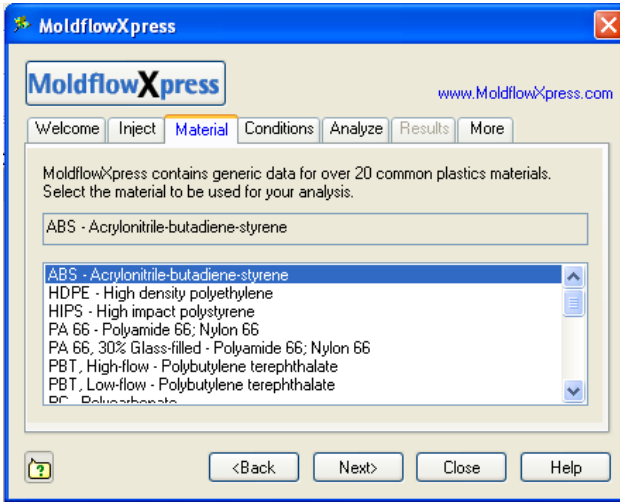
Seçilen noktanın doğru olup olmadığı analiz sonuçlarına göre değerlendirilmektedir.



Şekil 5. Santrifüj kalıbı için yolluk giriş noktası belirlenen bölge

4.2 Kalıpta Kullanılacak Malzemenin Tespiti

Yolluk girişi belirlendikten sonra kapsamlı malzeme kütüphanesinden kalıbın yapılacağı malzeme özelliği girilir. Kütüphane bilgisi yardımıyla malzeme tedarikçisinin önerdiği kalıp ve erime sıcaklığı kullanılır.



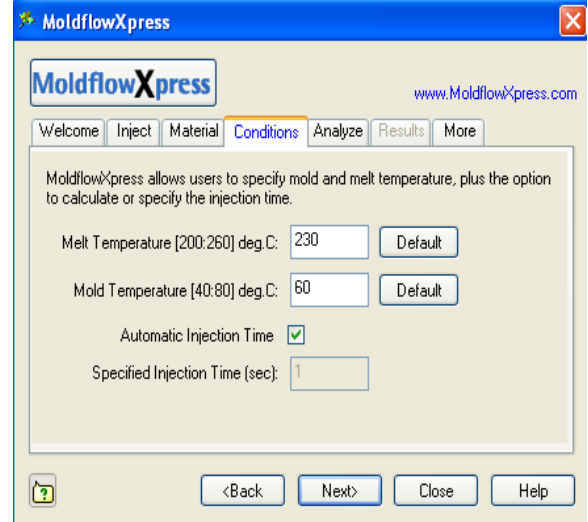
Şekil 6. Malzeme özelliğinin belirlenmesi

4.3 Kalıp Durumlarının hesaplanması

Malzeme özelliği belirlendikten sonra kalıpta kullanılacak malzemenin erime sıcaklığı ve kalıp sıcaklığı otomatik olarak hesaplanmaktadır. Bu da kalıbın malzemenin çıkma esnasında orijinalliğini korumasını sağlar. Şekil 7'de ABS malzemesinin ve

sütlük gövdesi kalıbının erime sıcaklığı değerleri gösterilmiştir.

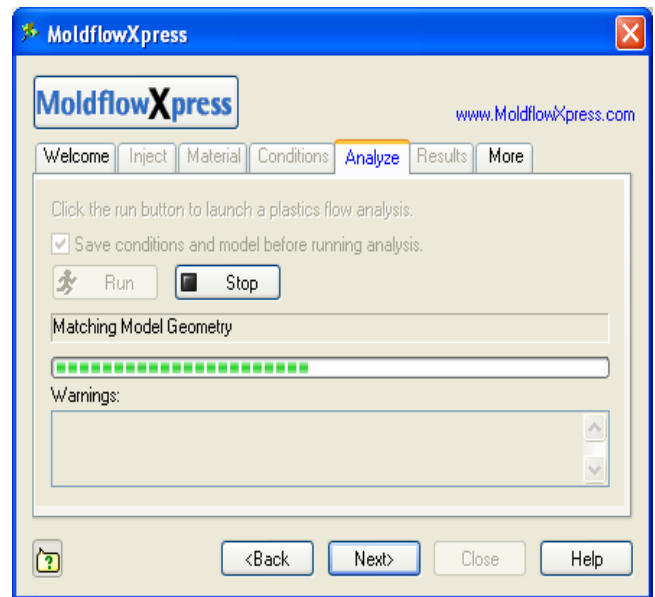
Bu değerler seçilen malzemenin özelliğine göre otomatik olarak hesaplanmıştır.



Şekil 7. Kalıp Durumlarının Belirlenmesi

4.4 Analize Başlama

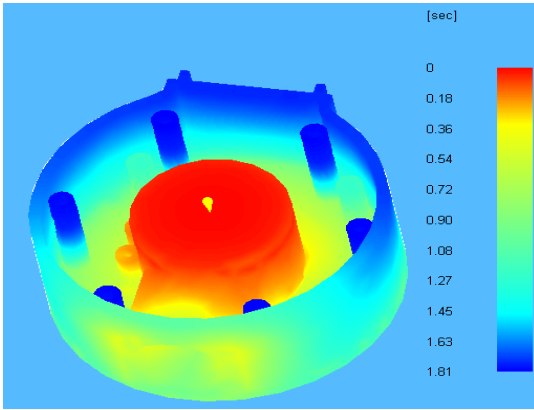
Kalıbın analizine başlarken program; kalıbın doldurma basıncını minimize eder ve malzemenin anlık akış sıcaklığını sabit tutar. Şekil 8'de kalıp parçasının programda analiz uygulaması gösterilmiş olup şekil 9'da ise analiz sonucunda oluşan parçanın genel görünümü gösterilmiştir.



Şekil 8. Analiz uygulamasının gösterilmesi

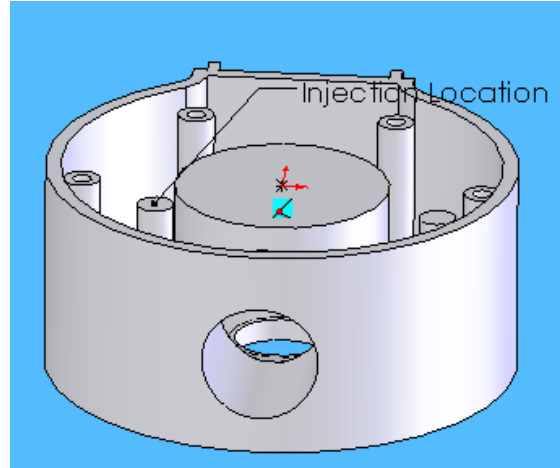
4.5 Analiz için uygun bölge ile uygun olmayan bölgenin karşılaştırılması

Bu kısımda kalıbın, kalıp yolluğuna birleştirme bölgesinden akıtma sağlanarak programın sonuçları değerlendirilmiştir.



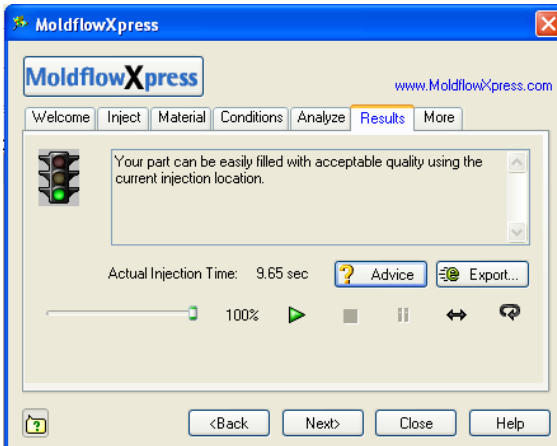
Şekil 9. Analiz sonucunda oluşan parça

Analiz işlemi yapıldıktan sonra malzeme ile ilgili yapılması gerekenler özet bilgi olarak programda bizlere sunulmaktadır.



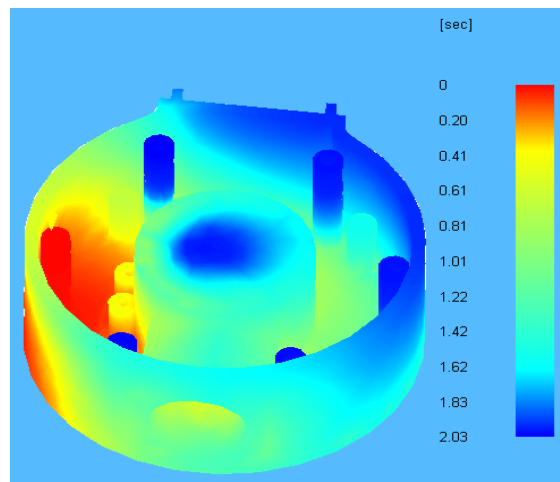
Şekil 11. Enjeksiyon bölgesinin gösterimi

Şekil 11'de yapacağımız kalıp parçasının farklı enjeksiyon giriş noktası gösterilmiştir. Bu sayede Şekil 5'deki parçanın enjeksiyon giriş noktası ile karşılaştırılabilecek ve sonucun olumlu olup olmadığını anlayacağız. Enjeksiyon bölgesi kalıbın birleştirme noktası olarak belirlenmiştir. Bu bölge belirlendikten sonra malzeme olarak bir önceki kısımda uygulanan ABS (Acrylonitrile-butadiene-styrene) seçilmiştir. Kalıp sıcaklığı ve malzeme sıcaklığı da bir önceki sistemdekine aynı olmuştur. Bu özellikler altında malzemenin durumunun Şekil 12'de ki gibi olduğu görülmüştür.



Şekil 10: Sonuçların değerlendirilmesi

Şekil 9'da görüldüğü gibi malzeme 0-1,81 sn diliminde sıvı ile hiç boşluk kalmadan dolmaktadır. Burada meydana gelen akış oldukça önemlidir. Akışın lineer bir akış olması parçanın mukavemeti açısından oldukça önemlidir. MoldflowXpress modülü Şekil 10'da elde etmiş olduğumuz sonuçlar ile ilgili bilgi vermektedir. Şekil 10'da da görüldüğü gibi kalıbın enjeksiyon giriş bölgesinin kabul edilebilir, ve parçanın kolay doldurulabilir olduğu mesaj olarak bizlere bildirilmektedir. Bu sayede yapacağımız kalıp ile ilgili işlemlerin ne kadar güvenli olduğunu anlayabiliyoruz. Ayrıca kalıplanacak malzemenin kalıp için uygun olduğuda yapılan analiz sonuçlarından anlaşılmıştır.



Şekil 12. Bağlantı noktasından seçilen bölge

Şekil 9 ve Şekil 12 karşılaştırıldığında kalıp doldurma noktasının şekil 9 da daha uygun bir nokta olduğu yapılan analizde tespit edilmiştir. Şekil 9' daki parça yukarıda ifade edilen zaman diliminde dolum esnasında homojen bir akış izlerken Şekil 12' deki parçanın bu özellikleri yerine getiremediği tespit edilmiştir.

MOLDFLOW, plastik parça ve kalıp tasarımlarında flow plastik akış simülasyonu, analizler, optimizasyonlar ve üretilebilirlik kontrolleri yaparak, sonradan karşılaşılabilecek olası problemleri daha ilk aşamada göstermektedir.

Bu şekilde zaman ve maliyet açısından önemli kazançlar sağlanmaktadır. Programın cevap verdiği sorular arasında aşağıdakiler sayılabilir;

- Kalıp boşluğu tamamen dolacak mı?
- Hangi malzeme kullanılmalı?
- Malzemenin boşluğa giriş noktası neresi olmalı?
- Üretilebilirliği maksimum hale getirmek için geometri nasıl değiştirilmeli?

5. Sonuç

Kalıp tasarımını birçok parametre etkilemektedir. Bu nedenle tasarımın ilk aşamalarında plastik malzemelerin kimyasal ve fiziksel yapısı ile ilgili özellikler iyice düşünülmeli, parçadan istenen fonksiyonlar ve çalışma ortamına göre malzeme seçimi yapılmalıdır. Tasarımcının görevi bu parametrelerden optimum bir sonuç çıkartıp analizleri doğru uygulamak olmalıdır. Sonuca giden yolda analizlerin yardımı büyüktür ve analizler doğru uygulandığı takdirde kalıp maliyetinin azaltılmasında önemli bir rol oynayacaktır. Bu açıdan bakıldığında üç boyutlu modelleme artık günümüzde vazgeçilmez bir unsur haline gelmiş olup, üç boyutlu modelleme ile kalıp tasarımında meydana gelebilecek eksiklikler kolayca tespit edilip giderilebilecektir.

Gerçekleştirilen çalışmanın BDT programında yapılabilmesi, çalışmanın en önemli özelliklerinden biridir. Program, kalıp tasarımında zaman kaybını en aza indirmek, tasarımcıya kolaylık sağlamak ve hata yapma ihtimalini en aza düşürmek amacıyla kullanılmıştır. Kalıbın tasarlanması esnasında plastik ürünün kalıp içerisine yerleşim şekli ve adedi tasarımcının seçimine bırakılmıştır.

Bu çalışma ile tasarımcının belirleyip girdiği veriler temel alınarak kalıp tasarımının kolaylıkla yapılabileceği gösterilmiştir.

Solidworks-MoldflowXpress modülü kalıp boşluğunu

tamamen doldurmuştur, Ayrıca kalıplanacak malzemenin kalıp için uygun malzeme olduğu ve ABS malzemesinin boşluğa giriş noktasının doğru nokta olduğu saptanmıştır. Yapılan işlemler sayesinde üretilebilirlik maksimum hale gelmektedir ve programın esnek yapısı ile kalıp geometrisi istenilen biçimde kolayca değiştirilebilmektedir.

6. Kaynaklar

1. V.Temiz, *Plastik Malzemelerle Konstrüksiyon*, 2002. Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi, Bölüm 7 ve 8.
2. Lee, R.S., Chen, Y.M. 1997. *Development of a concurrent mold design system: a knowledge-based approach*, Computer Integrated Manufacturing System, pp.10, pp.287-307.
3. Nezhad, S. K., Siores, E. 1997. *An intelligent system for plastic injection molding process design*, Journal of Materials Processing Technology pp.63, pp.458-462.
4. Lou, Z., Jiang, H., Ruan, X. 2004. *Development of an integrated knowledge-based system for mold-base design*, Journal of Materials Processing Technology, pp.150, pp.194-199.
5. Hui, K. C. 1997. *Geometric aspects of the mouldability of parts*, Computer-Aided Design, pp.29, pp.197-208.
6. Huang, J., Gupta, S. K., Stoppel, K. 2003. *Generating sacrificial multi-piece molds using accessibility driven spatial partitioning*, Computer-Aided Design, pp.35, pp.1147-1160.
7. Priyadarshi, A. K., Gupta, S. K. 2004. *Geometric algorithms for automated design of multi-piece permanent molds*, Computer-Aided Design, pp.36, pp.241-260.
8. Spina, R. 2004. *Injection moulding of automotive components: comparison between hot runner systems for a case study*, Journal of Materials Processing Technology, pp.155-156, pp.1497-1504.
9. Barriere, T., Gelin, J. C., Lui, B. 2002. *Improving mould design and injection parameters in metal injection moulding by accurate 3D finite element simulation*, Journal of Materials Processing Technology pp.125-126, pp.518-524.
10. Chung, J., Lee, K. 2002. *A framework of collaborative design environment for injection molding*, Computers in Industry, pp.47, pp.319-337.
11. Kong, L., Fuh, J. Y. H., Lee, K. S., Lui, X. L., Ling, L. S., Zhang, Y. F., Nee, A. Y. C., A. 2003. *Windows-native 3D plastic injection mold design system*, Journal of Materials Processing Technology, pp.139, pp.81-89.

- 12.Uluer, O., Gldař, A., zdemir, A., Ergimiş. 2005.*Plastiğin kalıp boşluğundaki gerek akış davranışının gzlenmesi için kalıp tasarımı ve imalatı*, Teknoloji, s.8, s.181-189.