

## BALİSTİK KORUYUCU YELEĞİN CAD-CAM PROGRAMLARI İLE KALIP TASARIMI

**Mustafa TİMUR<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>[mustafatimur@kirkclareli.edu.tr](mailto:mustafatimur@kirkclareli.edu.tr) Kırklareli Üniversitesi, Teknik Bilimler M.Y.O., 39100 Kırklareli

### ÖZET

Bu çalışmada, askeri alanda kullanılan balistik koruyucu yelek, Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) programı Solid Works ile tasarlanmıştır. 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 ve Mastercam paket programları kullanılmıştır. Kalıpla ilgili temel parametreler otomatik hesaplanarak tespit edilmiş ve Cnc freze tezgahlarında üretilebilir hale getirilmiştir. Yapılan çalışma ile kalıp tasarımı ve imalatı esnasındaki zaman kayıpları en aza indirilmiştir. Ayrıca kalıbın en uygun parametreleri belirlenerek, imal edilecek ürünün kalitesinin artırılması amaçlanmıştır.

**Anahtar sözcükler:** Bilgisayar Destekli Tasarım, Kalıp Tasarımı, Solid Works

### ABSTRACT

In this study, used in military, ballistic helmet 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 and Mastercam programs were used. Basic parameters related with mold were determined after automatical calculated, and they were brought into the case that they can be manufactured in Cnc mill benches. 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 optimum parameters for most proper of the mold.

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

## 1. GİRİŞ

Bu çalışmada, ülkemizde de yaygın mühendislik çalışmalarıyla gelişen bilgisayar destekli konstrüksiyonun kullanımı ve kalıp tasarımında uygulamalı örneklenmesi hedeflenmiştir. Model olarak, savunma sanayinde kullanılan bir balistik koruyucu yelek 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 [1]. Tasarımın CAD ortamında yapılması ile çekme payı hesaplamaları ve kalıbın çalışmasına engel olabilecek konstrüktif hataları kolayca öngörülmüştür. 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. Nezhad ve Siores, 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 [2]. Lou ve arkadaşları, parça modelleme, yapay zeka teknolojisi ve kural temelli bilgi işleme sistemini kullanarak kalıp tasarımına yönelik bir yöntem geliştirmişlerdir [3]. 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 [4]. 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 [5]. 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 [6]. 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 [7]. 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 [8]. 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 [9]. 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 [10]. 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 kalıpların katı model olarak tasarımı, azami derecede kullanıcı etkileşiminden uzak olarak bilgisayar ortamında gerçekleştirilmiştir. Tasarım esnasında, üretilmesi istenen kompozit 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 malzeme cinsini, ürünün kalıba yerleşim şeklini belirlemesi istenmektedir. Elde edilen verilere dayanarak, kalıp setinin boyutları ve 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 GEOMETRİSİ

Şekil 1' deki ürün, askeri alanda kullanılan balistik koruyucu yeleğin üretimi tamamlanmış ve kullanıma hazır hali gözükmektedir.



Şekil 1. Balistik Koruyucu Yelek

Balistik koruyucu yelek SolidWorks 2007 içerisinde yer alan Scanto3D modülü ile taranmış ve elde edilen datalar üzerinde istenilen ölçülerde olma imkanı sağlanmıştır. Taranmış data üzerinde yüzey sihirbazı ile otomatik yüzey oluşturulmuş ve data üzerinde sketch araçları ile noktalar, eğriler alınmıştır. Tarama işlemi esnasında taranacak obje hareket etmez. Tarayıcı lazerleri obje üzerinde gezerek tarama gerçekleşir ve Otomatik Pozisyonlama Aparatı parçayı döndürerek tekrar tarama yapılır. Parça istenilen derecelerde döndürülerek tarama işlemi bitirilir ve elde edilen datalar programda hızlı bir şekilde birleştirilir. Taranmış data üzerinde budama, delik doldurma ve yüzey düzeltme gibi işlemleri yapılabilmektedir. Tarayıcı ile Otomatik Pozisyonlama Aparatı arasındaki mesafe; Macro modunda 7 inç Wide modunda 16 inç'dir.

Tarama Derinliği ise Macro modunda 5inç – 10 inç arası Wide modunda 14inç – 24inç arasındadır. Tarama Süresi ise her pozisyon için yakalama işlemi yaklaşık 2 dakika almıştır. Bazı uygulamalarda, işlemi gerçekleştirmek için tek bir görünüş yeterlidir. Daha sonraki işlem ise parçanın erkek- dişi çekirdeklerinin oluşturulması olmuştur.

### 3. MALZEME ÖZELLİKLERİ

Ürün için, malzeme olarak kevlar seçilmiştir. Balistik koruyucu yelek beş tip olarak üretilmektedir ve özellikleri Tablo 1'de verildiği gibidir.

Kullanıcıyı tabanca mermilerine karşı koruyan standart askeri tip balistik koruyucu yeleğin koruma seviyesini tüfek mermisi seviyesine artırmak için şekil 1'de gösterilen plaka ceplerine balistik koruyucu plakalar konulmaktadır. Yelek koruma seviyesi NIJ Seviye IIA, II veya IIIA olacak şekilde üretilmektedir.

Balistik koruyucu yelek standart olarak Aramid esaslı balistik koruyucu malzeme ile üretilmektedir. Ayrıca Polietilen esaslı balistik koruyucu malzemeler de kullanılabilir.

Tablo 1. Balistik koruyucu yelek teknik özellikleri

Teknik Özellikler	
Ürün adı	Balistik koruyucu yelek
Balistik malzeme	Aramid veya UHMWPE
İç kılıf	Ultrasonic Kaynaklı Epurex Film-%100 Su Geçirmezlik
Dış kılıf	Cordura veya dengi malzeme
Koruma seviyesi	NIJ 0101.04, IIA, II, Level 3-A
	9mm FMJ 436 m/s
	44 Magnum 436 m/s
Ağırlık	3,5 kg
V50 değeri	550 m/s
Ebatlar	S, M, L, XL, XXL

Yelek dış kumaşı Cordura ya da muadili kumaştan yapılmaktadır. Genellikle kamuflaj veya haki renkler kullanılmaktadır. Opsiyonel olarak yelek taşıma ve depolama çantası kullanılarak taşıma işlemi gerçekleştirilmesi hassasiyeti artıracaktır.

#### 4. KALIP TASARIMI

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

##### 4.1 Çekme Payının Girilmesi

Her kalıplama çeşidinde, sıcak giren malzeme katılırken 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.

##### 4.2 Kalıp Ayrım 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 dişi (cavity) kalıp arasında yüzeylerin yeri değiştirilir. Böylece belirlenen renklerle erkek ve dişi kalıp görselleştirilir.

Yüksek hızlı merminin yüzeye vuruşunda, birtakım sonuçlar ortaya çıkar,bunlar; zırh plakasına kinetik enerji transferi ve zırh plakasında bölgesel yüksek sıcaklık dalgasıdır. Burada kinetik enerji ile ilgili olarak şundan bahsedilebilir: Bütün enerji, vuruş yüzeyine transfer edilir. Zırh plakasının mekanik özelliklerine bağlı olarak, plakanın tamamı veya bir kısmı delinebilir. Sünek malzeme için delinme kolay olabilir. Dayanıklı malzemelerin delinmesi zordur. Bu nedenle üretilecek malzeme silahlı atışlara karşı son derece dayanıklı olmak zorundadır. Şekil 2'de balistik koruyucu yeleğin seramik olarak kullanılan Solid Works çizimleri gözükmemektedir. Burada kullanılan seramik malzeme tamamıyla kurşun geçirmez bir yapıya sahiptir. Seramik üzerine yerleştirilecek olan kompozit malzemeler kalıp içerisine yerleştirilerek seramik üzerine tutunma sağlar ve herhangi bir ateşli silaha karşı seramiğin deforme olmasını engellemektedir.

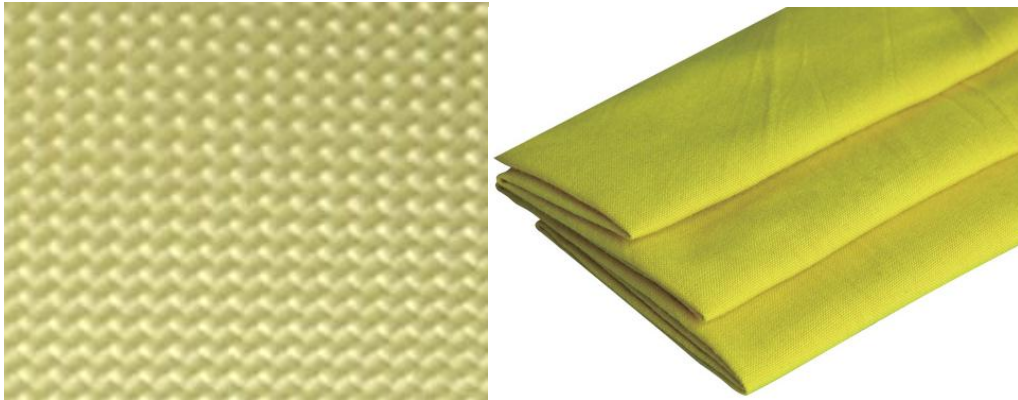


Şekil 2. a-) Seramik bloğu arka kısmı



b-) Seramik bloğu ön kısmı

Şekil 2' de gözüken Solid works programında çizilmiş seramik malzeme, balistik yeleğin içinde yer alan en önemli kısımdır. Seramik üzerine gelecek darbeleri absorbe ederek insan vücuduna kurşun gibi maddelerin girmesini engeller. Seramik malzeme belirlendikten sonra kalıp içerisine yerleştirilerek üzerine seramik için uygun ölçülerde kesilmiş şekil 3'de gösterilen kompozit malzeme (kevlar) yerleştirilir. Kompozit malzeme arasına reçine yerleştirilecek şekilde kalıbın içerisinde konumlandırılır. Her bir kat arasına reçine sürülerek seramik malzemenin üst ve alt kısımları sıcak ve soğuk pres tezgahlarında belirlenen sürede kalıplanır. Kalıplama işlemi bittikten sonra ürünün dış kısmında kalan artık malzemeler kesilir. Kesim işlemi bittikten sonra ürünü balistik amaçlı test işlemlerine tabi tutmak gerekmektedir.



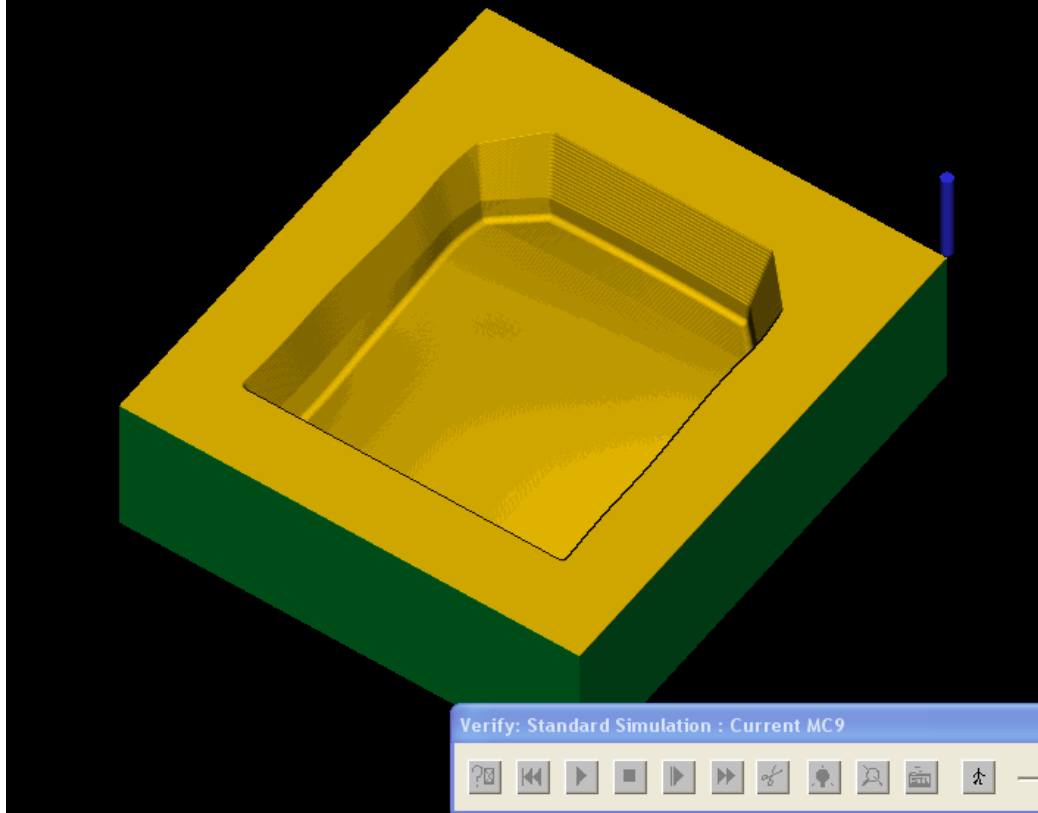
Şekil 3. %100 Kevlar kumaşı

### 4.3 Kalıp Gövdesinin Modellenmesi

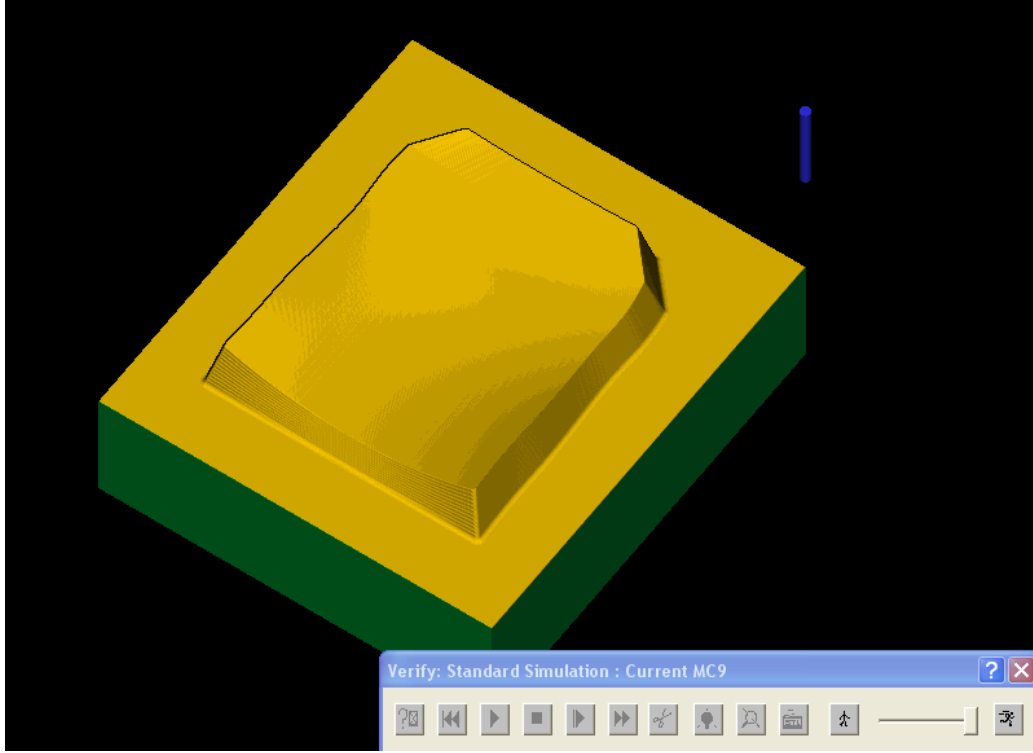
Yapılması gereken ilk işlem, kalıp parçalarının assembly (montaj) ortamına atılıp çekirdeklerinin oluşturulması için gerekli olan erkek ve dişi kalıbın oluşturulmasıdır.

Kalıbın modellenmesi yapılırken solid works programında şu işlemler gerçekleştirilir. Katı model haline getirilen erkek-dişi kalıp seti part ortamında kaydedilir ve montaj ortamında kullanılmak üzere ekrana getirilir. Montaj ortamında erkek kalıp seti ve dişi parça kalıp için belirlenen ölçülerde

birleştirilir. Şekil 4-5 Part ortamında bulunan parçamız features-cavity ve join komutu uygulaması yapıldıktan sonra erkek ve dişi parçanın oluşumu mastercam programına atılmış hali görülmektedir. Balistik koruyucu yelek soğuması sırasında malzemenin çekme özelliğinden dolayı soğuyan ürün, kalıbın erkek kısmı üzerine doğru büzülme ve kalıbın dişi kısmından ayrılmaktadır. Kalıp erkek ve dişi 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. Balistik koruyucu yelek kalıbı tek açılımda üretilebilecek parçadır.



Şekil 4. Balistik Koruyucu Yelek Kalıbının Dişi çekirdeği



Şekil 5. Balistik Koruyucu Yelek Kalıbının Erkek Çekirdeği

## 5. ANALİZ

Kalıpcılık sektörüne yönelik bir yazılım çözümü olan Mastercam programı (Plastik parça ve kalıp simülasyonu, analiz ve optimizasyonu); özellikle otomotiv, elektronik, sağlık, dayanıklı tüketim ve paketleme 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 yansıtacağını 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 [11].

### 5.1 Kalıp Durumlarının hesaplanması

Kalıplar pres altında oldukça fazla basınç ve kuvvet altında çalışırlar. Bu nedenle kalıp elemanlarının tasarımında malzeme seçimi dikkatli yapılmalıdır. İyi bir malzeme seçimi, kalıbın ömrünü ve verimini artıracaktır. Özellikle, dişi kalıp ve zımbalar alaşımli çelikten olmalıdır. Kalıp setinin çelik veya dökme çelikten olması, diğer elemanlarında uygun malzemeden seçilmesi şarttır. Ancak standart elemanlar için malzeme seçimi yerine uygun elemanın seçimi yapılır. Malzeme özelliği belirlendikten sonra kalıpta kullanılacak malzemenin erime sıcaklığı ve kalıp sıcaklığı otomatik olarak hesaplanmaktadır. Bu da kalıbın malzemeden çıkma esnasında orijinalliğini korumasını sağlar.

Burada meydana gelen ısınma ve soğuma durumları oldukça önemlidir. Isı akışının lineer bir akış olması parçanın mukavemeti açısından oldukça önemlidir. Üretimi yapılacak parçanın mukavemetinin yüksek seviyelerde olması için kalıp hesaplamalarının doğru ve güvenilir olması şarttır. Bu nedenle bilinmesi gereken belirli bazı kalıp hesaplamalarının yapılması gerekmektedir. Bunlar şu şekilde sıralanabilir;

Gereç dayanım hesabı; Kesme kalıplarındaki kalıplama kuvvetinin hesaplanmasında, kesilen parçanın çevre uzunluğu, malzeme kalınlığı ve kesme direncinin önceden bilinmesi gerekir. Ayrıca pres emniyet katsayısı (EKS)nın da göz önünde bulundurulması gerekir. Genellikle pres emniyet kat sayısı  $EKS = 1,5 - 4$  arasında tavsiye edilir. Toplam kalıplama kuvveti aşağıdaki formülle bulunur.

$$P = Lt \times T \times \delta d, \text{ kg}$$

$$P_{em} = P \times EKS, \text{ kg}$$

P : Kalıplama kuvveti, kg

$P_{em}$  : Emniyetli kalıplama kuvveti, kg

$Lt$  : Kesilen parçanın toplam çevre uzunluğu, mm

T : Malzeme kalınlığı, mm

$\delta d$  : Malzemenin kesme direnci, kg / mm<sup>2</sup>

Kesme boşluğu hesabı; Kesme boşluğunun büyüklüğü kesilen malzemenin cinsi ve kalınlığına bağlıdır. Pratik hesaplamalarda kesme boşluğu, malzeme kalınlığının 1/10'u ile 1/20'si arasında değişir.

Kesme kuvveti hesabı;

$P = Lt \times T \times \tau d$  formülü ile ifade edilir.

P : Kesme kuvveti (kg),  $Lt$ : Kesilen kenarların toplam uzunluğu (mm), T : Sac malzemenin kalınlığı (mm),  $\tau d$ : Kesme direnci (kg / mm<sup>2</sup>)

Malzeme yerleştirme ve verim hesabı; Yerleşim planı yapılan şerit malzemenin yüzde üretim ve yüzde kesme payı miktarları aşağıdaki formüllerle bulunur.

$$S = \text{Adım} \times B_{\text{ş}} / n, \text{ mm}^2$$

$$\eta = S1 / S \times 100, \%$$

$$\text{Kesme Payı} : (S - S1) / (S \times 100), \%$$

S : Tek parça için harcanan şerit malzemenin yüzey alanı (mm<sup>2</sup>) S1 : Üretilen (kalıplanan) bir parçanın yüzey alanı (mm<sup>2</sup>), Adım : Anma ölçüsü + b (mm), Adım : Anma ölçüsü + a (mm),  $\eta$  : Verim, b ve a: Kesme payı miktarları (mm),  $B_{\text{ş}}$  : şerit malzeme genişliği (mm), n : Bir adımda üretilen parça sayısı

Yukarıda formülleri verilen kalıp hesaplamalarında kullanılan mühendislik programları, kalıplanacak malzemenin güvenilir bir şekilde üretilmesini sağlar ayrıca mühendislik programları simülasyon, analizler, optimizasyonlar ve üretilebilirlik kontrolleri yaparak, sonradan karşılaşılabilecek olası problemleri daha ilk aşamada göstermektedir. Bu şekilde zaman ve maliyet açısından önemli kazançlar sağlanmaktadır.



## 6. 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. Programlar, kalıp tasarımında zaman kaybını en aza indirmek, tasarımcıya kolaylık sağlamak ve hata yapma ihtimalini en aza düşürmek amacıyla kullanılmıştır. Kalıbın tasarlanması esnasında malzemenin kalıp içerisine yerleşim şekli teknik şartnamelerde istenilen durumlara göre yapılmaktadır. Bu programların modülü ile tasarımcının belirleyip girdiği veriler temel alınarak kalıp tasarımının kolaylıkla yapılabileceği gösterilmiştir.

Aynı şekilde, diğer tipte balistik malzemelerin imalatı için gerekli kalıpların tasarımında bu çalışmadaki yöntem de uygulanabilir. Yapılan çalışma, düzlemsel açılma çizgisine sahip sıcak-soğuk kalıpların tasarımında çeşitli avantajlar sağlamıştır.

## 7. KAYNAKÇA

- [1] V.TEMİZ, **Plastik Malzemelerle Konstrüksiyon**, Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi, Bölüm 7 ve 8., (2002).
- [2] NEZHAD, S. K., SIORES, E., An intelligent system for plastic injection molding process design, **Journal of Materials Processing Technology**, pp.63, pp.458-462, (1997).
- [3] LOU, Z., JIANG, H., RUAN, X., Development of an integrated knowledge-based system for mold-base design, **JOURNAL OF MATERIALS PROCESSING TECHNOLOGY**, pp.150, pp.194-199, (2004).
- [4] HUI, K. C., **Geometric aspects of the mouldability of parts**, Computer-Aided Design, pp.29, pp.197-208, (1997).
- [5] HUANG, J., GUPTA, S. K., STOPPEL, K., Generating sacrificial multi-piece molds using accessibility driven spatial partitioning, **Computer-Aided Design**, pp.35, pp.1147-1160, (2003).
- [6] PRIYADARSHI, A. K., GUPTA, S. K., Geometric algorithms for automated design of multi-piece permanent molds, **Computer-Aided Design**, pp.36, pp.241-260, (2004).
- [7] SPINA, R., 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, (2004).
- [8] BARRIERE, T., GELIN, J. C., LUI, B., 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, (2002).

- [9] CHUNG, J., LEE, K., A framework of collaborative design environment for injection molding, **Computers in Industry**, pp.47, pp.319-337, (2002).
- [10] KONG, L., FUH, J. Y. H., LEE, K. S., LUI, X. L., LING, L. S., ZHANG, Y. F., NEE, A. Y. C., A Windows-native 3D plastic injection mold design system, **Journal of Materials Processing Technology**, pp.139, pp.81-89, (2003).
- [11] ULUER, O., GÜLDAŞ, A., ÖZDEMİR, A., Ergimiş plastiğin kalıp boşluğundaki gerçek akış davranışının gözlenmesi için kalıp tasarımı ve imalatı, **Teknoloji**, s.8, s.181-189, (2005).