



Soğuk Dövme Yöntemi ile Örnek Bir Ürün Tasarımı, Üretimi ve Tasarımda Ergonominin Rolü

Alper Baygut^{1*}

^{1*} BOLT Bağlantı Elemanları San. Tic. A.Ş., BOLT Ar-Ge Merkezi, Bursa, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-4775-1066), alper.baygut@bolt.com.tr

(International Conference on Design, Research and Development (RDCONF) 2021 – 15-18 December 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1039297)

ATIF/REFERENCE: Baygut, A. (2021). Soğuk Dövme Yöntemi ile Örnek Bir Ürün Tasarımı, Üretimi ve Tasarımda Ergonominin Önemi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (32), 76-85.

Öz

Bu çalışmada, talaşlı imalat yöntemi kullanılarak imal edilen bağlantı elemanının üretimi, proses verimliliği ve kalite artışı kriterlerine dayalı tasarım çalışmaları yapılmıştır. Tasarım kriterlerinde yapılacak revizyonlarla soğuk dövme ile şekillendirme yöntemi esas alınarak yeni bir tasarım geliştirilmiştir. Bu kapsamda, tasarım metodolojisi ve ergonomi konuları incelenmiştir. Tasarım kavramını oluşturan işlev-malzeme-şekil ve işlem metodu bileşenleri, tasarım kriterleri açısından değerlendirilmiştir. Ayrıca, tasarımda ergonominin ana kriterleri ile üretim yöntemi irdelenmiştir. Geliştirilen proses soğuk dövme ile üretilen örnek bir ürün üzerinde uygulanmış ve sonuçlar detaylı olarak verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tasarım, Ergonomi, Soğuk Şekillendirme, Dövme.

A Sample Product Design, Production with Cold Forming and The Role Of The Ergonomics in Design

Abstract

In this study, design studies were carried out based on the production, process efficiency and quality increase criteria of the fastener manufactured using the machining method. With the revisions to be made in the design criteria, a new design has been developed based on the cold forming method. In this context, design methodology and ergonomics issues were examined. Function-material-shape and process method components that make up the design concept are evaluated in terms of design criteria. In addition, the main criteria of ergonomics in design and production method are examined. The developed process was applied on a sample product produced by cold forming and the results are given in detail.

Keywords: Design, Ergonomics, Cold Forming, Forming.

* Sorumlu Yazar: alper.baygut@bolt.com.tr

1. Giriş

Tasarım, imal edilebilecek bir üründen, yeni bir fikre veya piyasanın ihtiyaç duyduğu detaylı bilgiye dönüştürme işlemidir. Her bir basamak, malzemelerle ilgili ürünün elde edilmesinde kullanılacak yöntemin belirlenmesi kararını gerektirmektedir. Genellikle, malzeme tercihi tasarımcı tarafından belirlenmektedir. Bazen diğer bir yol olarak; yeni bir ürün, var olan bir gelişim, yeni malzeme tarafından elde edilmektedir veya önerilmektedir. Mühendisler için kullanışlı malzeme sayısı 40.000 ila 80.000 arasındadır. Her ne kadar standartlaştırma çalışmalarıyla bu sayı azaltılmaya çalışılsa da her geçen gün kullanılabilir, yeni nesil malzemelerin geliştirilmesi daha fazla tercih hakkı sunmaktadır (Çiltepe, 2010).

Tasarımın hedefi, üretilmesi amaçlanan makine ekipmanı için, müşteri sınır şartları kapsamında optimum seviyede çalışacak ucuz hammaddeyi seçmektir. Seçim kriterleri değerlendirildiğinde; kullanım yeri ile birlikte çalışma koşullarına bağlı olarak öncelikle sınır şartları net olarak bilinmeli ve müşteri istekleri incelenerek prosese en uygun nitelikleri sağlayacak en verimli malzemeyi belirlemek gerekmektedir (Pala, 2015; Çetin vd., 2020).

Ürünün kendisi; düzenekler, alt düzenekler ve parçalardan oluşan teknik bir sistem olarak değerlendirilmektedir. Ashby'e (1999) göre gerekli görev çalışmaları bir yöntemde toplanmaktadır. Konuyla ilgili "kedi tanımı"nda olduğu gibi, sistem (kedi) düzeneklerden (kafa, gövde, kuyruk, dört bacak vb.) oluşmaktadır. Bu arayış var olan tasarımı analiz etmek için yararlı bir yol olup, yeni tasarımların birleştirilmesinde ve tasarım süreçlerinin çoğunda yardımcı olamayabilmektedir.

Malzeme seçimindeki temel amaç, tasarımı yapılan ürünün istenilen işlevi yerine getirebilmesi için, belirlenen çalışma şartları altında işleyebilen, maliyeti düşük ve en uzun ömürlü malzemenin belirlenmesidir. Bu amaca ulaşabilmek için tasarım prosesi aşamalarını iyi anlamak önem arz etmektedir. Tasarım prosesi aşamaları ise ihtiyacın belirlenmesi, ihtiyacın net tanımı, ihtiyaç hakkında bilgi toplama, çözüm önerisi belirleme, tasarımın gerçekleşmesine yönelik araştırma, sistemin tasarlanması, kalite kontrol ve ürünün imalatıdır. Bu süreçte aktif olarak rol alan tasarımcının, ihtiyacı, üründen beklenen özellikleri, çalışma ve üretim şartlarını göz önünde bulundurarak en uygun malzemeyi seçmesi gerekmektedir (Ashby, 1999).

İsteklerin çok yönlülüğü ve karmaşıklığı göz önünde bulundurularak tasarımda sistematığı ortaya koyma konusunda, malzeme, tasarım ve imalat teknikleri ile ilgili faktörlere ve bunların birbiriyle karşılıklı etkileşimde olmalarına mutlaka dikkat edilmelidir. Bunun için tüm malzemelerin kullanım ve imalat karakteristikleri listeler halinde düzenlenmelidir. Bu çalışma ne kadar temele iner ve kapsamlı olursa, yanılma oranı ve sonrasında düzeltme gereği o ölçüde azalır (Topbaş, 1993).

1.1. İşlev, Malzeme, Şekil Ve İşlem Metodunun Tasarım Kriterleri Açısından Değerlendirilmesi

Bir malzeme ve işlemin seçimi şekil tercihinden ayrı tutulamaz. Şekil kelimesi dış şekli ve gerektiğinde, peteğimsi veya hücreli yapılarda olduğu gibi, iç şekli ifade etmesi için kullanılmaktadır. Şekil kazandırma ilk olarak işlem yapılandırılmayı, malzeme, taşıma, bitirme ve birleştirme işlemlerini içermektedir. Bu işlemlere malzeme dahil

edilmektedir. İşlev, malzeme, şekil ve işlem birbirini etkilemektedir (Topbaş, 1993).

1.2. Tasarımda Ergonomi

Yunanca ergon (iş anlamında) ve nomos (yasa anlamında) kelimelerinden oluşan ergonomi sözcüğü; insan mühendisliği, insan faktörü mühendisliği ve iş bilimi olarak nitelendirilmektedir. Aynı zamanda ergonomi insan, makine ve işin birbiriyle uyumunu inceleyen bir bilim dalıdır. Ergonominin bugüne kadar yapılmış birçok tanımı bulunmakla birlikte insanın sağlığını koruyarak güvenliğini sağlamak ve iş verimliliğini üst seviyeye çıkaracak uygulamalar bütünü olması tüm tanımların ortak noktasıdır (Uzun vd., 2011; Çalışkan vd., 2012).

Ergonomi bilimi; esas olarak işçinin sağlık açısından korunmasını sağlayarak, olabilecek en az emek ve zorlayıcı fiziksel faaliyet ile en yüksek iş verimliliğini hedeflemektedir. İmalat sanayisinde bulunan bazı hatlardaki (montaj vb.) ergonomi çalışmalarının ön sırada gelen temel amacı, çalışanların iş yapış sırasında maruz kalacakları gerilmelere neden olacak duruş pozisyonlarını ortadan kaldıracak düzenlemeleri yapmaktır (Güner vd., 2011; Sağıroğlu vd., 2015).

İş yerlerinde, çalışan insanlardan gerçekleştirilmesi istenilen işlerle, insanın temel birtakım özellikleri arasında uyum olması gerekmektedir. Ergonomi, insanların fiziksel, psikolojik özelliklerini ve kapasitelerini göz önüne alarak, organizasyondaki verimliliği artırmaya ve insan-makine-çevre uyumunun temel prensiplerini ortaya koymaya çalışan ve insanın güvenli, sağlıklı, konforlu koşullar içinde olması için çözüm üretmesine katkıda bulunan bir disiplindir. Ergonomi alanında en çok çalışılan konular; metod ve teknikler, insan karakteristikleri, iş tasarımı ve organizasyon, sağlık ve güvenlik, işyeri ve ekipman tasarımıdır.

OSHA'ya göre (İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi) ergonomiyi basit bir iş çalışması olarak tanımlayabiliriz. Daha açık bir ifadeyle, ergonominin, işin çalışana uyması için fiziksel olarak zorlamak yerine, işi çalışana uyacak şekilde tasarlama bilimi olduğu belirtilmiştir. Görevlerin, çalışma alanlarının, araçların ve ekipmanların çalışanlara uyarlanması, bir çalışanın vücudundaki fiziksel stresi azaltmaya yardımcı olabilir ve kas-iskelet sistemi bozukluklarını ortadan kaldırabilir. Ergonomi; psikoloji, biyomekanik, fizyoloji, kinesiyojoloji, endüstriyel hijyen ve antropometri gibi pek çok bilimsel disiplinden yararlanmaktadır.

2. Materyal ve Metot

Tasarımı yapılacak ürün değerlendirildiğinde, birtakım fırsatlar karşımıza çıkmaktadır. Otomotiv sektöründe koltuk parçası olarak kullanılan ürün, talaşlı imalat yöntemi ile üretilmekte olup, firma tarafından sınırlı adetlerde tedarik edilmektedir. Talaşlı imalat ile proses hızı arttırılamamakta ve ürünün sabit sayıda üretimi gerçekleşmektedir. Prosesdeki herhangi bir aksaklıktan kaynaklı üretim durması ile parça tedarik edilememesi, kullanıcıyı zor durumda bırakmaktadır. Talaşlı imalat prosesi; yüksek maliyetli, üretim hızı yavaş ve ürün üzerinde istenmeyen yapıların oluşması gibi sebepler bakımından dezavantajlı bir yöntemdir. Ayrıca üretimde kalite sürekliliği de sağlanamamaktadır. Bu olumsuzlukların giderilmesinde kullanılabilir fırsatlar değerlendirildiğinde; soğuk dövme destekli ürün tasarımı, fayda-maliyet açısından müşteriyi kuvvetlendirecek en önemli girdi olacaktır. Soğuk dövme ile, tamamı talaşlı imalatla üretilen parçanın daha verimli

ve uygun maliyetlerle üretilebilme fırsatı yakalanmıştır. Üretim hızı, ürün yüzey özellikleri ve düşük maliyet çalışmanın gerçekleştirilmesinde itici güç unsurları olmuştur.

2.1. Şekil Verme Yöntemleri

Tasarım kriterleri değerlendirildiğinde, çalışma kapsamındaki ürünün simülasyon destekli olarak; talaşlı imalat, soğuk dövme, ılık dövme, sıcak dövme olmak üzere dört farklı üretim yöntemi ile üretilebilmesi mümkündür.

Talaşlı İmalat (talaşlı üretim); malzemeyi özel takımlar kullanarak yüzeyinden talaş kaldırılmasının sağlanması ile son şekline getirilmesine verilen prosesin adıdır. Bu proses ile yüzey özellikleri, parça kademeleri, kademe kesitleri ve ölçülerinin tezgah gücü ile kesici takım kullanılarak talaş kaldırma suretiyle şekil verebilme işlemidir (Çelik, 20019).

Dövmede, ilk olarak basit bir parça (örneğin kütük), istenilen son şekli elde etmek için iki takım (veya iki kalıp) arasında plastik olarak deformasyona uğratılır. Böylece, bir parçanın basit geometrisi, istenilen şekle sahip olan takımlar vasıtasıyla karmaşık geometriye dönüştürülür ve takım/malzeme arayüzüyle deforme olan malzemeye basınç uygulanır. Dövme işleminde, bir metalin dövülerek kırılmadan veya çatlamaadan şekil değiştirebilme kabiliyeti dövülebilirlik olarak ifade edilmektedir. Düşük kuvvetlerle çatlamaadan dövülerek şekillendirilebilen malzemeler için “dövülebilirliği iyi” kavramı kullanılır. Dövülebilirliğin ölçülmesi amacıyla çekme, basma, burulma gibi testlerden yararlanılmaktadır. Dövme işlemi, temelde bir plastik şekil verme işlemi olduğu için, metal akış yönü, deformasyonun büyüklüğü, sürtünme ve sıcaklık iş parçalarının özelliklerini büyük ölçüde etkilemektedir (Altan vd., 2005; Çapan, 2003; Başdemir vd.; 2018).

Malzeme kaybının minimize edilerek hammadde tasarrufunun sağlanması, proses süresinin kısa olması, yüzey kalitesinin yüksek olması ve dar tolerans aralıklarıyla üretimin sağlanabilmesi soğuk dövme yönteminin en önemli avantajları arasında sayılmaktadır (Mısırlı, 2006). Örneğin, 1 kg hammaddeden talaşlı imalat yöntemi kullanılarak elde edilen bir iş parçası, sıcak dövme yöntemi kullanılarak 800-900 gr hammaddeden imal edilirken bu değer soğuk dövme yöntemi kullanıldığında 350-400 gr'a kadar düşebilmektedir. Bahsedilen bu oranlar parçanın ölçülerine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Diğer bir yandan, soğuk dövme yöntemiyle imal edilen bir parça, talaşlı imalat yöntemiyle kıyaslandığında, işlem süresi bakımından %70-80 oranlarında avantaj sağlamaktadır. Sağladığı bu avantajlar göz önüne alındığında soğuk dövme yöntemi birçok uygulama alanı için tercih sebebi olmaktadır (Altan vd.,2005; Çapan, 2003; Başdemir vd.,2018; Mısırlı, 2006; Dieter, 1961).

2.2. Tasarımda Kullanılan Bilgi Teknolojileri ve Soğuk Dövmede Simülasyon Uygulamaları

Günümüzde, geniş bir kullanım alanına sahip olan ve sürekli olarak gelişim gösteren sonlu elemanlar analizi araçları, seçilmiş bir prosesin gerçek makinede deneme yanılma yöntemi ile yapılması yerine bilgisayar ortamında gerçeğe yakın oranda gerçekleştirilmesine olanak vermektedir. Sonlu elemanlar analizi kullanılarak yapılan çalışmalar sayesinde endüstriyel uygulamalarda maliyet kazancı ve kalite artışı sağlanmaktadır. Simülasyonlar sayesinde üretim ve öncesi gerçekleştirilen tüm ara prosesler için performans, şekil alabilirlik ve ön değerlendirme için birçok bilgi elde edilmektedir. Bugün,

endüstriyel çalışmalarda yoğun olarak kullanılan simülasyon uygulamaları akademik bilgi üretmede de yaygın ve etkin şekilde kullanılmaktadır.

2.3. Hammadde Seçimi

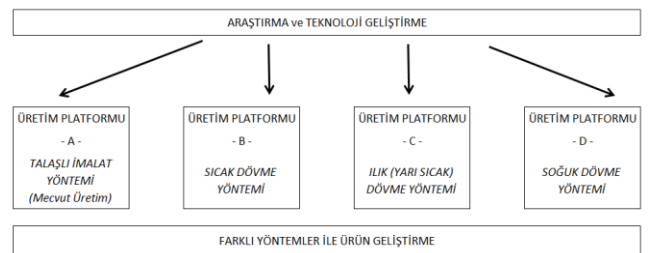
Hammaddeler dövme prosesine uygun olarak, tasarım kriterleri kapsamında seçilmelidir. Tasarım alternatifleri malzemeler Tablo 1'de görüldüğü şekilde seçilmelidir.

Tablo 1. Dövme İşleminde Malzeme Seçme Kriterleri (Sheljaskov, 1994)

	Sıcak	Ilık	Soğuk
İş Parçasının Ağırlığı	< 60 kg	< 10 kg	< 2 kg
Çelik Sınıfı	Herhangi	C (Karbon) istenir. Diğer alaşım elementleri <% 10	Düşük alaşımli çelikler
Şekil	Herhangi kesit	Dönel – simetrik kesit	
Yüzey Kalitesi	Düşük	Orta	Yüksek
Ara İşlemler	Gerekli değil	Gerekli değil	Tavlama ve fosfat kaplama
Deformasyon Basıncı	Düşük	Orta	Yüksek
Enerji Maliyeti	Yüksek	Orta	Düşük
Toleranslar	Bol	Yakın	En yakın
Takım Maliyeti	En Düşük	Yüksek	Yüksek

2.4. Ürün Geliştirme

Mevcut ürün farklı üretim yöntemleri ile üretilebilmektedir. İmalatta üretim platformu geliştirme prosesi kapsamında Şekil 1' de görülen yöntemler kullanılabilir.



Şekil 1. Üretim Yöntemleri

2.4.1. Üretici – Müşteri Görüşmeleri

Tasarım değerlendirildiğinde, ürün üzerinde bazı değişiklikler yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır. İlgili değişiklikler Tablo 2’ de açıklanmıştır. Müşteri kuruluşun satın alma, kalite, üretim politikalarına göre değerlendirmeler yapılmış, üründen beklenen gereklilikler belirlenmiş ve iş-zaman planları ortaya konulmuştur.

Rekabet stratejisine göre, müşteri odaklı yaklaşım ve maliyet liderliği ön plandadır. Bu çalışmada da müşteri için özel bir ürün tasarlanmıştır. Bu ürünün aynı zamanda fiyat bakımından ilgili pazarda rekabetçi niteliğinin olması göz önünde bulundurulmuştur.

Müşteri ile ürün özelinde karşılıklı görüşmeler sağlanarak ürün gereklilikleri ile müşteri ihtiyaçları belirlenmiştir. Bu gereklilik ve ihtiyaçların başında ürüne ait mekanik, metalurjik özellikler ve birtakım bölgelerdeki kritik ölçümler gelmektedir. Metalurjik ve mekanik özelliklere yönelik yapılan literatür araştırmaları ile kullanım yerine uygun mukavemet değeri sağlayacak malzeme seçimi yapılmıştır.

Dengeleme metoduna göre çalışma, ürün hattında değişiklik içermezken, üretim sürecinde simülasyon destekli üretim ile süreç değişikliğine sahiptir (Wheelwright vd. 1992).

Tablo 2. Müşteri Görüşmesi (Gereklilikler – İhtiyaçlar)

Sorular	Müşteri Gereklilikleri – İhtiyaçları	Yorumlanmış İhtiyaçlar
Hammadde	11SMnPb36 olmalıdır.	İstenen hammadde talaşlı imalat prosesine uygundur. Soğuk dövme prosesi için 20MnB4 hammadde kullanılması uygun olacaktır.
Mukavemet	Kopma Mukavemeti en az 350 N/mm ² olmalıdır.	20MnB4 hammadde kullanıldığında Kopma mukavemeti en az 580 N/mm ² olacaktır.
Kafa Formu	Dairesel Olmalıdır.	Kafa kısmı soğuk dövme ile oluşturulmak istenmektedir. İki tırnaklı daireli yapı oluşturulabilir.
Kafa Kanal - Tırnak Formu	Parçanın takıldığı yerde hareket etmemesi için Kafa bölgesinde kanal olmalıdır.	
Kafa Çapı	Ø30 +/-0,2 mm olmalıdır.	Soğuk dövme ile istenilen çapta üretilebilir.
Dış Çap	Ø19 -0,1 mm olmalıdır.	
İç Dış Formu	7/16 - 20 UNF Formunda olmalıdır.	İç delik delme ve iç dış oluşturma işlemi talaşlı imalat desteği ile yapılacağından, istenilen özelliklerde oluşturulabilir.
Ergonomik Durum	Montaj Kolaylığı	İki tırnaklı daireli yapı sayesinde montaj kolaylığı sağlanacaktır.
Yıllık İhtiyaç	500.000 adet/yıl ihtiyaç vardır.	Talaşlı imalat destekli soğuk dövme prosesi ile 500.000 adet/yıl üretim sağlanabilir.
Proje genel ihtiyacı	Ürün bir yıldan sonra yıllık 1.000.000 adet olarak 5 yıl boyunca tedarik edilecektir.	1.000.000 adet/yıl üretim talaşlı imalat destekli karşılanabilir.
Birim Fiyat	Hedef fiyat 6,5 TL dir.	Yığın üretimde hedef fiyatın altında fiyat verilebilir.
Kalite Belgesi	Tedarikçinin IATF 16949 kalite belgesine sahip olması gereklidir.	IATF 16949 kalite belgesi mevcuttur.

Yapılan görüşmeler neticesinde müşteri gerekliliklerinin soğuk dövme ve talaşlı imalat desteği ile elde edilebileceği görülmektedir.

2.4.2. Müşteri Şikayetleri

Fırsatlar değerlendirildiğinde hem firma hem de müşteri için bazı fırsatların olduğu görülmüştür. Kazan – kazan çerçevesinde iki tarafında kazanımının olması öngörülmüştür. Müşteri

görüşmesi sırasında müşteri şikayetleri de değerlendirilmiş ve bu Tablo 3’ de verilen değerlendirme neticesinde tasarım faaliyetleri planlanmıştır.

Tablo 3. Müşteri Şikayetleri Tablosu

Mevcut Üründeki Müşteri Şikayetleri	Yeni Tasarım ile Geliştirilecek Özellikler
Kullanım yerinde istenen kuvvetten daha düşük kuvvette kopma olması	Dövme hammaddesi ile mukavemet artışı sağlanacak.
Kullanım yerinden, yuvasından çıkması	Kafa bölgesinde özel tırnak tasarlanacak
İç diş kısmının 7/16 – 20 UNF diş olması. İç girecek civatanın tedarikinin zor olması	Uygun görülürse iç diş Metrik standardında üretilecek. Metrik standardında civata tedariki daha kolay olacaktır.
Yüzeyde talaşlı imalat izlerinin olması	Soğuk dövme ile yüzey kalitesi iyileşecektir. Yüzeyde işleme izi olmayacaktır.
İstenilen miktarda üretim yapılamaması, üretim hızının düşük olması	Soğuk dövme ile birim zamanda üretim adedi çok daha yüksektir.
Ürün fiyatının hedef fiyat üzerinde olması	Soğuk dövme ile yığın üretim olacağı için hedef fiyat yakalanacaktır.
Kafa girintisinde ölçü tutmaması	Soğuk dövme prosesinde ölçü toleransı diğer proseslere göre Kafa bölgesinde tırnak oluşturularak hassas ölçü elde edilecektir.
Montaj hattına gelen parçalardan bir kısmının iç diş özelliklerinin (diş formu uygunsuzluğu, diş kırıkları, dişte çapak vb. hatalar) uygun olmaması	İç diş oluşturulduktan sonra master kontrolü yapılacaktır.
Mevcut tedarikçinin %100 seçme yapamaması	%100 seçme makinası ile tüm ölçüsel kontroller yapılacaktır.

2.4.3. Görev Tanımları Çalışması

Mevcut tasarıma göre görev tanımları çizelgesi hazırlanmış ve Tablo 4 ‘de gösterilmiştir. Tablo incelendiğinde; kilit iş hedefleri,

birincil pazar, ikincil pazar, varsayımlar ve paydaşlar açıklanarak öngörüler listelenmiştir.

Tablo 4. Tasarım ve Görev Tanımları

Görev Tanımı	Tamamı Talaşlı İmalat Yöntemiyle Üretilen Bağlantı Elemanının Soğuk Dövme Prosesi İle Üretilmesi İçin Simülasyon Destekli Ürün Tasarımı
Ürün Açıklaması	Proje ile birlikte talaşlı imalat yöntemi kullanılarak üretilen emniyet kemeri bağlantı burçlarına ait üretim sürecinin, üretim verimliliği ve kalite artışına dayalı soğuk şekillendirme esaslı olarak yeniden tasarlanması hedeflenmektedir. Kalıp tasarımı ve proses simülasyonu ile gerçek üretime geçmeden önce tasarım doğrulama veya dizayn iyileştirme esaslı Tasarım faaliyetleri sonucunda yeni bir üretim süreci elde edilmiş olacaktır. Tasarım projesinde, soğuk dövme prosesi ile üretimi gerçekleştirilecek prototip emniyet kemeri bağlantı parçalarını; soğuk şekillendirme yöntemi ve simülasyon uygulamalarını birleştirerek; proses tasarımı, ürün tasarımı ve geliştirmesi, üretim yöntemi revizyonu - maliyet düşürme

	aşamalarını içine alan bir proje çevrimi ile Tasarım çalışmaları gerçekleştirilecektir.
Kilit İş Hedefleri	<p>**Tasarım öncesi yapılan mühendislik hesaplarında ve iş etütlerinde benzer ürünler için talaşlı imalat yerine soğuk dövme ile üretime başlandığında; hammadde kullanımında %50 avantaj ve üretim hızında ise %75 oranında artış olacağı ön görülmüştür.</p> <p>**Diğer taraftan ürün özellikleri açısından da soğuk dövme ile şekillendirme sırasında cold work veya work hardening sırasında mikroyapısal değişimler (deformasyon yönündeki malzeme akışı) sayesinde talaşlı imalata göre daha mukavemetli ürün elde edilmesi hedeflenmektedir.</p> <p>**Soğuk Dövme yöntemi ile şu anda ve gelecek dönemde müşteri ihtiyaçlarının adet olarak karşılanabilmesi.</p> <p>**Kafa formunun özel tasarım yapılması ile ürünün kullanıldığı yerden çıkmamasını sağlaması</p> <p>**Soğuk dövme yöntemi ile yığın üretim gerçekleşeceği için hedef fiyatın tutturulması.</p>
Birincil Pazar	Otomotiv Ana Yan Sanayi Koltuk Firmaları (Yurtiçi ve Yurtdışı)
İkincil Pazar	Koltuk Üreten Diğer Yurtiçi ve Yurtdışı Firmalar (Otobüs, Kamyon, Tır, Minibüs, Forklift, Golf Aracı, Motorsiklet, İş Makinaları, Traktör vb)
Varsayımlar	<p>**Üretim yöntemi geliştirilmesi</p> <p>**Yüksek Mukavemet</p> <p>**Üretim hızındaki artış</p> <p>**Maliyet İyileştirme</p> <p>**Kolay Montaj</p> <p>**İş planı kolaylığı</p> <p>**Kanban Sistemini uygulama kolaylığı</p> <p>**Yalın üretim yapılabirliği</p> <p>**Ergonomi uygulamaları</p>
Paydaşlar	<p>**Koltuk üreten firmalar</p> <p>**Son kullanıcılar</p> <p>**Otomotiv ana sanayi</p>

2.4.4.İhtiyaç Ölçüt Analizi ve Çalışması

Tasarıma özel ihtiyaç - ölçüt analizi yapıldığında, tasarım aşamasında ürün üzerinde dikkat edilmesi gereken bölgeler Tablo 5 'de gösterildiği gibi tespit edilmiş ve değerlendirilmiştir.

İhtiyaçlara ait ölçümlerin değerlendirilmeleri yapılmış, tasarım, üretim ve ergonomiye ait kriterler belirlenmiştir.

Tablo 5.İhtiyaç Ölçüt Analizi

1	Mukavemet	+				
2	Yüzey Özellikleri		+			
3	Kafa Çapı		+	+		+
4	Kafa Tırnak Sayısı		+	+		+
5	Kafa Kalınlığı		+			+
6	Kafa Altı Kademe Çapı		+	+		+
7	Kafa Altı Kademe Genişliği		+			+

Satış Fiyatı	6,5 TL/Ad	5,5 TL/Ad	Yaklaşık %18 (Hedef Fiyat 6 TL)
Üretim Hızı	1 adet / dk	50 adet / dk – soğuk dövme	Yaklaşık %600
		6 adet / dk – Talaşlı İmalat İşleme	

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Alternatif Üretim Yöntemlerinin Değerlendirilmesi

Metal malzeme şekillendirme yöntemleri incelendiğinde; talaşlı imalat, sıcak dövme ve soğuk dövme yöntemlerinin olduğu görülmüştür.

Çalışmadaki parça yapısı incelendiğinde; iç delik delme, iç dış çekme ve segman kanalı işlemleri hangi yöntem ile üretim olursa olsun talaşlı imalat ile işlenmelidir. Çalışma kapsamında talaşlı imalat destekli en verimli prosesin seçimi yapılmıştır.

Alternatif üretim yöntemlerinden biri de soğuk dövme yöntemidir. Soğuk dövme yöntemi; alternatif üretim proseslerine göre mekanik ve yüzey performanslarının gelişmiş olması, birim zamanda elde edilen parça sayısının yüksek olması, prosesin oda sıcaklığında uygulanabilmesi, proseste malzeme yüzeyinde tufal gibi istenmeyen yapıların meydana gelmemesi, nihai ürün üzerindeki ölçü toleranslarının istenen toleranslar kapsamında düşük değerlerde olması gibi avantajlarından dolayı karmaşık şekilli parçalarının üretilebilmesi için kullanılan bir yöntemdir. Ayrıca, bu yöntem ile malzeme tasarrufunun sağlanması ve işlem süresinin kısılması da, ilgili yöntemin tercih edilmesinde rol oynamaktadır.

Talaşlı imalat yönteminde ise tamamen dolu çelik malzemeden hacim azaltma yöntemi ile üretimde; hammadde ve takım ucu sarfiyatındaki artış ve birim zamandaki imalat sayısındaki düşüşün üretim maliyetlerine olan olumsuz etkisi ile malzemenin mukavemetinde yaratacağı muhtemel zayıflık, teknik özellikleri - performans kriterlerine de olumsuz etkileri bulunmaktadır.

Soğuk deformasyondaki malzeme akış çizgilerinin yarattığı mukavemet ve süreklilik, talaşlı imalatta gerçekleşmemektedir. Daha az hammadde kullanılarak net-şekilli üretim gerçekleştirilebilen soğuk deformasyonla şekillendirmenin yarattığı, üretim hızı, hammadde sarfiyatı, mukavemet artışı gibi ürünün hem maliyetine hem de performansına etki eden faktörler ile yeniden tasarlanması bu çalışma kapsamında değerlendirilmiştir.

Parça geometrisi, üretim adedi, hammaddenin bulunabilirliği gibi özellikler değerlendirildiğinde iş parçasının üretilebilir olup olmadığı kararına varılmaktadır.

Çalışma kapsamında değerlendirilecek olan özel bağlantı elemanı üretimi soğuk dövme ile gerçekleştirildiğinde, karşımıza tasarım aşamasında değerlendirilmesi gereken birtakım unsurlar çıkmaktadır. Sonuç olarak alternatifler arasında değerlendirme yapıldığında Tablo 7 'de görüldüğü gibi "Konsept Türler Çizelgesi" oluşturulmuştur.

Tablo 7.Konsept Türler Çizelgesi

TASARIM – KONSEPT TÜRLERİ				
Seçme Kriterleri	Talaşlı İmalat	Sıcak Dövme	Ilık (Yarı Sıcak) Dövme	Soğuk Dövme
Hammadde Bulunabilirlik	+	+	+	+
Hammadde Şekil Verme Kolaylığı	0	+	+	+
İşlem Sonrasında Yüzey Kalitesi	0	-	0	+
İşlem Hızı (Dakikada üretilen parça sayısı)	-	0	0	+
İşlem Maliyeti	-	-	-	+
Birim Zamanda Üretilen Ürün Sayısı	-	0	0	+
Üretimde Oluşan Çapak Miktarı	-	0	0	+
Üretim Toleransları	0	-	-	+
Kalitesel Süreklilik	0	-	-	+
Parça Birim Fiyatı	-	0	0	+
İlk Yatırım Maliyeti	0	-	-	0
Tedarikçi Yönetimi	-	-	-	+
ARTILARI	1	2	2	11
EŞİTLİKLERİ	5	4	5	1
EKSİLERİ	6	6	5	0
NET DEĞERLENDİRME	-5	-4	-3	11

Tablo 7 değerlendirildiğinde tasarımı yapılan ürünü en uygun üretim yönteminin soğuk dövme olduğu görülmektedir. Bu sayede hammadde tasarrufunun sağlanabileceği, üretim kaynaklı sorunların minimize edilebileceği, yatırım maliyetleri

düşük yeni bir prosesin oluşturulabileceği, birim zamanda üretilen ürün adedinin arttırılabileceği öngörülmüştür.

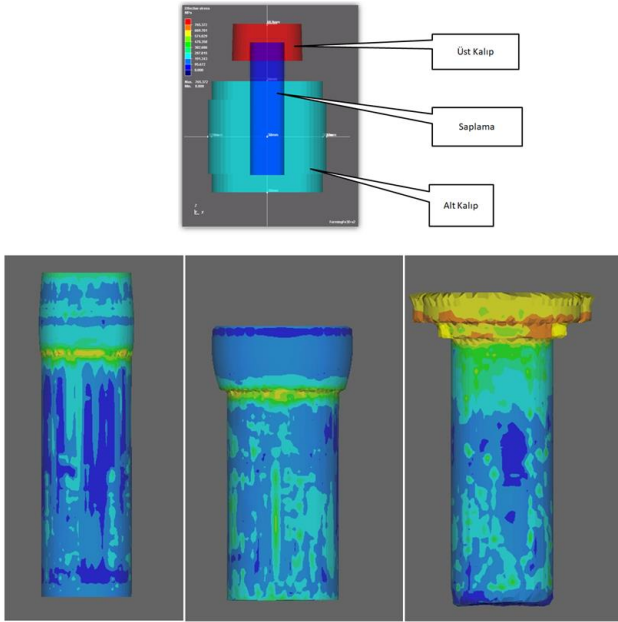
3.2. Tasarım Çalışmaları

Bağlantı elemanlarının soğuk dövme ile üretiminde kullanılan kalıpların ömrünün tahmin edilmesi üretim maliyetlerinin gerçekçi bir şekilde belirlenmesinde önemli bir etkidir. Özellikle daha önce soğuk dövme ile üretilmemiş veya üretimi tecrübe edilmemiş parçaların kalıp ömürlerinin tecrübeye dayalı tahmin yöntemiyle belirlenmesi oldukça zordur.

Metal şekillendirme özellikle soğuk dövme prosesinde en yüksek girdi maliyetlerinin başında kalıp maliyetleri gelmektedir. Simülasyon uygulamaları gerçek üretime geçilmeden önce; kalıp ömürleri tahmini, kalıp ömürlerinin arttırılması ve buna göre kalıpların gerçekçi maliyetlendirme çalışmalarında ipucu verecek öngörülse ve çözüm odaklı bir araç olarak kullanılmaktadır.

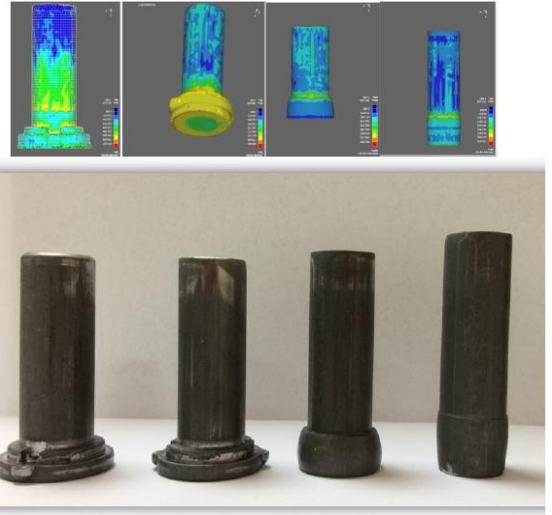
Ayrıca tasarım aşamasında kullanılan simülasyon uygulamaları; kalıplara gelen yük miktarı, yük bölgesi, kalitesel süreklilik gibi maliyete etki eden diğer faktörlerinde analiz edilmesine imkan vermektedir.

Yapılan ön çalışmalar, araştırmalar, toplantılar neticesinde ürün ve proses tasarımı Şekil 2’deki gibi tamamlanmış; prototip ürün üretimi Şekil 3 ‘deki gibi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Simülasyon Destekli Tasarım Çalışmaları (Simufact.Forming)

Sayısal simülasyon programlarından faydalanılarak, sanal simüle ortamda gerçekleştirilen ön simülasyon çalışmalarının ardından çalışma konusu olan ürünün soğuk dövme yöntemiyle üretilebilirliği doğrulanmıştır. Sanal-simüle ortamda gerçekleştirilen bu deneme işlemleri sayesinde ilgili parçanın herhangi bir üretim kaynaklı problem (çatlama, kırılma, yırtılma) meydana gelmeden soğuk dövme yöntemiyle imal edilebileceği tespit edilmiştir.



Şekil 3. Prototip Ürün

3.3. Ergonomi Çalışmaları

Bu kapsamda tasarlanmış ürüne ait üretim sonrası proseslerden %100 seçme ve paketleme operasyonları için ergonomi çalışmaları yapılmıştır.

Parçalar kontrol sırasında uygun (OK) ve uygun olmayan (NOK) şeklinde iki gruba ayrılmaktadır. Şekil 4’te görüldüğü gibi kontrol sonrası parçalar operatörün çalışma şeklini (vücut ergonomisini) bozmayacak şekildedir.



Şekil 4. Seçme Operasyonu

Çalışmanın gerçekleştirilmesi sırasında ergonomik koşulların göz önüne alındığı bir sistematik belirlenmiştir. Bu kapsamda, proses tasarlanırken, parça seçme talimatının göz hizasında, kontrol ekipmanlarının el hizasında ve uygun - uygun olmayan parça kutusunun fiziksel ergonomi kapsamında olmasına dikkat edilmiştir.

Aynı zamanda fiziksel ve örgütsel ergonomi kriterleri de gözden geçirilerek uygun çalışma ortamı tasarlanmıştır. Çalışma ortamı ergonomi kriterleri kapsamında; ışıklandırılmış, oturma (sandalye) sistemi iyileştirilmiş, uygun-red parça kasaları taşınabilir şekilde ufaltılmış, dinlenme saatleri planlanmıştır.

Taşıma (sevkiyat) kolaylığı bakımından parçalar Şekil 5 ‘de gösterildiği gibi ufak kasalara konularak kullanıcıdaki montaj sırasında fiziksel ergonomi gereklilikleri (istasyonlar arası taşıma operasyonu, parçanın – kasanın kaldırılma operasyonu, kasadan parça alma operasyonu, parçanın ana iskelete montajlanma operasyonu vb.) sağlanmıştır.



Şekil 5. Taşıma Operasyonu

4. Sonuç

Yapılan ergonomi çalışması neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Buna göre,

a) Talaşlı imalata alternatif olacak şekilde yeni bir proses tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem çelik malzemenin plastik şekil alabilirlik özelliğinden faydalanan soğuk dövme prosesidir.

b) Soğuk Dövme tekniğinin avantajı, Metalin plastik şekil alabilirlik özelliği kullanıldığı için, proseslerde talaş oluşmaz bu sayede hammadde girdisi azalmış olur. Talaşlı imalat ile üretilen mamul için kullanılan hammadde ortalama 330 gr iken soğuk dövme tasarımında kullanılması hedeflenen hammadde ortalama 150 g'dır. Soğuk dövme ile kullanılan hammadde de yaklaşık %55 tasarruf anlamına gelmektedir.

c) Tamamı Talaşlı İmalat ile üretilen ürünün üretim hızı 1 adet/dk iken soğuk dövme prosesi + talaşlı imalat ile ortalama 6 adet/dk olması öngörülmüştür. Bu yöntem ile %600 oranında üretim artışı ön görülmüştür.

d) Üretim maliyetleri, üretim artışı ve işlem süresinin kısalması ile düşmesi ve bu oranın en az %15 olması ön görülmüştür.

e) Yıllık 500.000 adet/yıl (sonraki 5 yıl için 1.000.000 adet/yıl) parça ihtiyacı düşünüldüğünde soğuk dövme prosesi ile ilk yıl 90 ton/yıl sonraki beş yıl 180 ton/yıl hammadde tasarrufu sağlanacaktır.

f) Soğuk dövmeğe uygun olarak tasarlanmış tırnak formu sayesinde montaj kolaylığı sağlanmış, müşteriye montaj sırasında oluşan kayıp zamanların önüne geçilerek montaj süresi kısaltılması hedeflenmiştir.

g) En önemli maliyet giderlerinin başında gelen kalıp maliyeti (bu parça için yaklaşık 20.000 \$), tasarım aşamasında simülasyon uygulaması kullanılması ile gider olarak karşımıza çıkmamıştır. Simülasyon destekli tasarım ile ayrıca; kalıp yapılmadan, gerçek üretim için makine, işçilik, elektrik, yağ vb. genel giderler olmadan ürün tasarımına ait ürün kriterleri analiz edilmiştir. Tasarım hatalarının önüne geçilmiş, hatalardan kaynaklı öngörülemeyen kalıp kırılmaları en aza indirilmesi hedeflenmiştir.

h) Ergonomi kapsamında yapılan iyileştirmeler neticesinde fiziksel ve örgütsel ergonomi şartları geliştirilerek birim zamanda seçme işlemi yapılan parça sayısı artmıştır. Ayrıca paketleme, taşıma, montaj operasyonları değerlendirildiğinde operatörlerin çalışma şartlarının iyileştiği görülmüştür. Bu sayede ara operasyonlarda verimlilik artışı elde edilmiştir.

5. Teşekkür

Yayının hazırlanmasında emeği geçen Araş. Gör. Tuğçe YAĞCI ve Bolt Bağlantı Elemanları San. Tic. A.Ş Fabrika Müdürü Vedat BAŞDEMİR 'e teşekkür ederim.

Kaynakça

- Altan, T., Ngaile, G., Shen, G. (2005). Cold And Hot Forging: Fundamentals and Applications, Chapter 2. ASM International.
- Ashby, M. F. (1999). Materials Selection In Mechanical Design, Oxford UK, Butterworth Heinemann, 225-240.
- Başdemir, V., Baygut, A., Çulha, O. (2018). Soğuk Dövme Tekniği İle Bağlantı Elemanı Üretiminde Kullanılan Plastik Şekil Verme Teknolojileri, İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 7 (3), 18-28.
- Çalışkan, M., Fındık, F. (2012). Malzeme, Ergonomi Ve Biyomekanik İlişkisi, Sakarya Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 16 (3), 273-282.
- Çapan, L. (2003). Metallerde Plastik Şekil Verme, Çağlayan Kitabevi, 144.
- Çelik, A. (2009). Makine ve Teçhizat, Erzurum Atatürk Üniversitesi, Ders Notları, Ünite 5.
- Çetin, M.H., Alvalı, G.T. (2020). Yük Vagonu Bojisi Tasarımında Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri İle Malzeme Seçimi, Müh. Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 2020, 8 (1), 91 –104.
- Çiltepe, E. (2010). Talaşlı İmalatta Malzeme ve Proses Seçim Stratejileri, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi.
- Dieter, G.E. (1961). Mechanical Metallurgy, McGraw-Hill, 630
- Güner, B., Hasgöl, S. (2011). Montaj işçilerinde görülen fiziksel rahatsızlıklar ve risk etmenleri üzerine bir çalışma, 11. Ulusal Ergonomi Kongresi.
- Mısırlı, C. (2006). Yanal Ekstrüzyon ile Dişli Benzeri Parçaların İmalatı: Analiz ve Deneysel, Doktora Tezi, Trakya Üniv., Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Pala, İ. (2015). Tekstil Lifleri ile Takviyelendirilmiş Kompozit Malzemelerin Ürün Tasarımında Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sağiroğlu, H., Coşkun, M.B., Erginel, N. (2015). Reba İle Bir Üretim Hattındaki İş İstasyonlarının Ergonomik Risk Analizi, Süleyman Demirel Üniv. Müh. Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 3(3), 339-345.
- Sheljaskov S. (1994). Current Level of Development of Warm Forging Technology, Journal of Materials Processing Technology, 46, 3-18.
- Topbaş, M.A. (1993). Endüstri Malzemeleri Cilt I, Prestij Yayınevi, İstanbul, 80-95.
- Uzun, M., Müngen, U. (2011). Çalışma Ortamında Ergonomik Koşulların İşçi Sağlığı ve İş Kazaları Açısından Önemi, İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu.
- Wheelwright, S. C., Clark, K. B. (1992). Revolutionizing Product Development: Quantum Leaps in Speed, Efficiency and Quality. New York: Free Press.