

**SAC PARÇA ÜRETİMİNDE BİZMUT KALAY KALIP
MALZEMESİ KULLANIMI**

İsmail DURGUN

TOFAŞ A.Ş., Ar-Ge Merkezi, 16369, Bursa, TÜRKİYE
ismaildurgun67@gmail.com

Özet-Az sayıda sac parça gerektiği durumlarda mevcut seri imalat sac parça üretim yöntemleri kullanıldığında kalıpların üretilmeleri uzun zaman almaktadır. Bu parçalara duyulan ihtiyaç ise kısa sürede üretilmeleri yönündedir. Ayrıca mevcut seri imalat yöntemlerinde maliyetlerde yüksektir. Bu sebepler ile birçok az sayıda parça üretim yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemler ile parçaların sadece form verme kalıpları yapılmaktadır. Kesme kalıpları yapılmayıp bunun yerine form kalıplarından çıkan parçalar lazer kesim işlemleri ile son hallerine getirilmektedir. Mevcut seri üretim yöntemlerine göre parça üretim zamanı çok artmak ile birlikte kalıp üretim zamanının azalması nedeni ile toplam süre kısalmaktadır. Ayrıca kalıp maliyetleri de düşüktür.

Bu çalışmada çok sayıda geliştirilen yöntemlerden birisi olan bizmut kalay malzemesinin sac kalıplarında kullanılması örnek bir parça imalatı ile tanıtılmıştır. Bu yöntemde bizmut kalay malzemesi yüzde yüz geri dönüşümlü ve düşük sıcaklıklarda erimesi nedeni ile uygulanması kolaydır. Örnek parça üzerinden yöntemin avantaj ve dezavantajları verilmiştir.

Anahtar Kelimeler- Prototip, prototip sac parça, bizmut kalay kalıp malzemesi

**BISMUTH TIN MATERIAL OF DIE USED IN SHEET
METAL PARTS PRODUCTION**

Abstract- Competition in the product development process requires new models to offer for sale as soon as possible. This also necessitates the reduction of costs and shortening the product development process. All of these effects in addition to developments in virtual product development process analysis make up a significant portion of the prototype is under pressure as the process of both cost and time. Prototype parts in the production process plays an important role in the production of sheet metal parts. Therefore, with very different methods for improvement, this process being studied.

In this study, prototype sheet metal parts production time is very short compared to conventional methods, molding material is recyclable and has a low melting temperature metal alloy with a prototype mold production method, application examples were determined by examining the advantages and disadvantages of the method.

Key Words- Prototype, prototype sheet metal part, bismuth-tin mold material

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yüksek adetli üretimlerin yanında günümüzde kişiselleştirme ile birlikte az sayıda parça üretimine de ihtiyaç duyulmaktadır. Aynı ihtiyaç ürün geliştirme sırasında fiziksel testlerde kullanılacak parçalar için de vardır. Bu nedenle yüksek adetli parça üretimleri için ihtiyaç duyulan maliyetli kalıplardan kaçmak, daha kısa sürede parça üretebilmek ve maliyetleri aşağı çekmek için çok sayıda düşük adetli parça üretim yöntemi geliştirilmiştir. Örneğin;

Parça üretiminde uygulanan yöntemlere göre

- Sıvı Şekillendirme [2]
- Artımsal Sac Şekillendirme [3]
- Yüksek Hızlı Metal Şekillendirme [4]
- Çok Noktalı Şekillendirme [5]

Kalıp malzemesine göre

- Poliüretal kalıplar [6]
- Katmanlı Kalıp Teknolojisi [7]
- Hızlı Prototipleme Kalıpları [8]

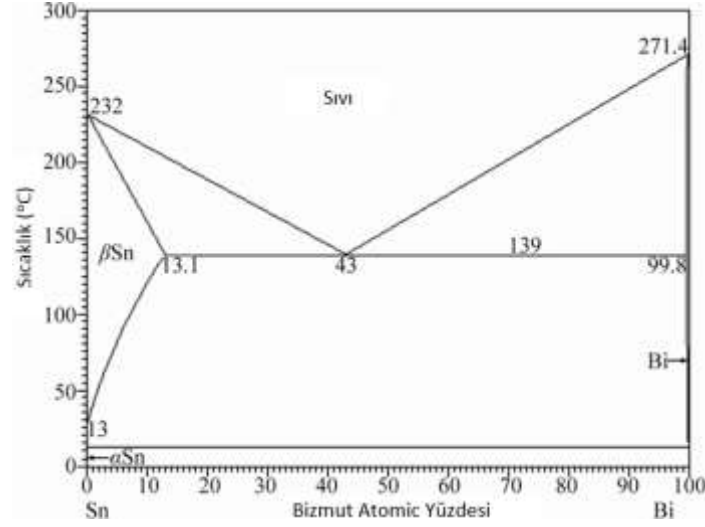
Geliştirilen bu yöntemlerden elde edilecek parçaların testlerde kullanılabilir olması gerekmektedir. Yani boyutsal doğruluk yanında kalınlık açısından projelendirmeye uygun olması gerekmektedir. Bu tür az sayıda parça üretimi için geliştirilen yöntemlerde parça form verme işlemi sonrasında lazer kesimi ve tamamlayıcı operasyonlar sonrasında kullanılabilir duruma gelmektedir.

Bu çalışmada az sayıda sac parça üretimi için geliştirilen bizmut kalay malzemesinin kullanımı örnek bir parça üretimi yapılarak incelenmiştir [9,10]. Çalışma sonrasında yöntemin avantajları ve dezavantajları belirtilmiştir.

2. KALIP MALZEMESİ (Die Material)

Kalıp malzemesindeki değişiklikler genellikle düşük sıcaklıklarda ergiyen kalıp malzemeleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Bugüne kadar bizmut, kadmiyum, kalay, kurşun, zamak alaşımı gibi demir dışı metal alaşımlarından sac parça kalıpları yapılmış ve kullanılmıştır. Fakat zamak ve kurşun gibi malzemelerin sağlık açısından uygun olmaması nedeni ile kullanımları birçok ülkede yasaklanmıştır. Bu nedenle poliüretan ve bizmut-kalay malzemesi günümüzde çok yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bizmutun ergime sıcaklığı yaklaşık 271°C, kalayın ise yaklaşık 232°C'dir. Fakat ötektik noktadaki alaşımın ise yaklaşık ergime sıcaklığı 139°C'dir (Şekil 1). Bizmut-kalay malzemesinde alaşım tercihi bu nedenle genellikle ötektik noktada olmaktadır.



Şekil 1. Bizmut kalay faz diyagramı (Bismuth tin phase diagram) [1]

Bizmut-kalay ötektik alaşımının döküm sanayinde tercih edilmesinde özellikle kalıp doldurma kabiliyetinin yüksek olması ve daha önemli bir avantajı ise alaşımın katılaştıkça hacmindeki çok az değişmedir. Bu da gerçek boyuttaki modellerin herhangi özel bir değişiklik yapmadan kullanılabileceğini gösterir. Bu alaşımların, genleşme karakteristikleri ve/veya büzülme göstermemeleri ile birlikte düşük ergime sıcaklıkları yaygın kullanımlarının ana sebebidir. Ötektik alaşım kendisini meydana getiren bileşenlere göre daha düşük bir sıcaklıkta ergimektedir. Bu ötektik alaşımın ergime sıcaklığı 137°C dir. Akışkanlığı ve kalıp doldurma yeteneği yüksek ve çok düşük yüzey gerilimi gösteren, katılma esnasında da yüksek boyut kararlılığına sahip hızlı prototipleme çalışmaları için uygun optimum özelliklerdeki ötektik Bi-Sn alaşımları ülkemizde yaygın olmamak ile birlikte kullanılmaya başlamıştır.

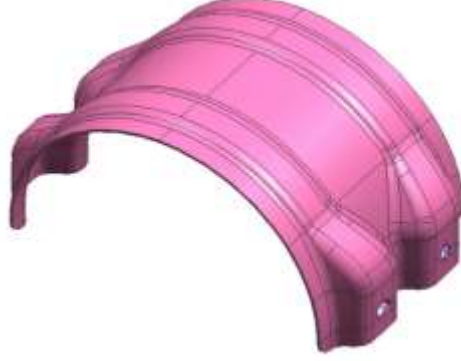
İşlem sonrasında yüzde yüz geri dönüşüm bu alaşımın en büyük avantajı olup tekrar tekrar kullanımda da yapısal içerik istikrarlılığını korumaktadır. Fakat özgül ağırlığının 8,58gr/cm³ olmasından dolayı oluşturulacak kalıp ebatlarına ve adetlerine bağlı olarak yeterli malzeme ihtiyacı düşünüldüğünde ilk yatırım olarak yüksek değerler ortaya çıkmaktadır.

3. UYGULAMA KRİTİKLİKLERİ (Application Critics)

Düşük ergime sıcaklığına sahip alaşımdan düşük adetli sac şekillendirme için yeterli yüzey basıncı elde edecek kalıplar, yeterli kalıp alanı ve yükseklik aracılığı ile elde edilir. Çekme gerilmesi 340N/mm² den daha yüksek mekanik değere sahip sac malzemelerin plastik deformasyona uğratılması geometrik anlamlılık açısından uygun değildir. Aynı zamanda bu mukavemet değeri ile birlikte 1,5mm kalınlık sınırı da kısıtlar içindedir. Bunların dışında parçaların boyutları da tesis ve hammaddeye bağlı olarak sınır içindedir diyebiliriz. Tüm bu kısıtları değerlendirdiğimizde mukavemet değerleri ve kalınlığı sınırlı, daha çok iç parçaların üretiminde kullanımı mümkündür diyebiliriz. Üretilen parçanın formuna bağlı olarak 50 adet parça basımı sonrasında kalıpların yenilenmesi gerekmektedir. Parça üretim prosesi hidrolik preslerde gerçekleştirilmelidir, kalıp geometrisindeki kesit değişikliklerinden dolayı oluşacak yanal yükler kalıbın kırılmasına neden olabilir, kesitin en dar yerinde optimum kalıp kalınlığı olmalıdır. Mekanik preslerde kapalı kalıp yüksekliği ayarı sırasında yapılacak hata ile oluşacak ani yanal yüklenmelerde kalıp kırılabilir.

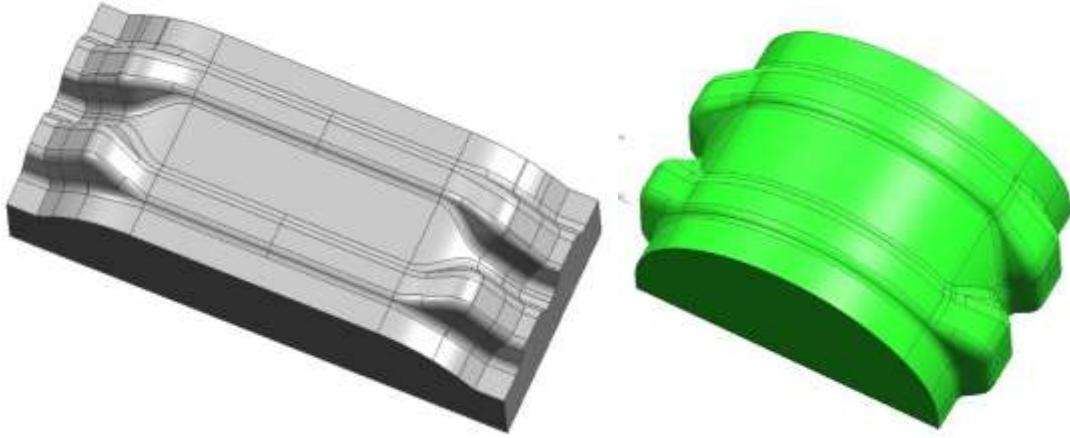
4. FORM KALIBI ÜRETİM METODOLOJİSİ (Form Die Production Methodology)

Prototip sac parça üretiminde en az operasyon ile parça üretimi gerçekleştirilmek istenir. Bu çalışmada Şekil 2’de gösterilen 1mm kalınlığında FEP04 malzemeden parçanın üretimi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Üretilecek sac parça (Sheet metal part to be produced)

Parçadaki formun tek bir kalıp kullanarak üretilmesi bu yöntem ile mümkün olmadığı için önce ön form verecek bir kalıp ve daha sonrasında da nihai formu verecek kalıp tasarımı gerçekleştirilmiştir (Şekil 3). Burada dikkat edilecek hususlardan birisi kalıplar için yataklama elemanı olmayacağı için yanıl yük olmayacak şekilde kalıp tasarımları tamamlanmalıdır.



Şekil 3. Kalıp tasarımları (Die designs)

Kalıp tasarımı sonrasında kalıp üretim aşamalarına geçilir. Burada benzer prosesler içermesi dolayısı ile ön form verme kalıbının üretimi anlatılmayacaktır. Nihai form verme kalıbı için öncelikle bir master model işlenmelidir. Bu master modelin malzemesine karar verilir iken kalıptan çıkan parça üzerinde tamamlama operasyonu olacak mı ve bu ihtiyacı master kalıp karşılar mı düşünülmalıdır. Eğer tamamlama işlemine ihtiyaç duyulmayacak ise maliyet açısından ahşap malzeme seçilebilir. Yok, eğer tamamlama gerekecek ise yüksek yoğunluklu poliüretan esaslı malzeme kullanılabilir. Ayrıca master üzerine kesim hatları işaretlenir ise parçanın üretim sonrasında kontrolü de yapılabilir. Bu çalışmada master model malzemesi olarak poliüretan esaslı blok malzeme kullanılmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Poliüretan mastar model (Polyurethane infinite model)

Mastar model işlemleri sonrasında temizlenerek alçı dökme işlemine hazırlanır. Şekil 3'deki mastar model çevresine döküm için bir çerçeve oluşturulur. Ayrıca bu çerçeve içerisine alçı kalıbın taşınması için borular ve dayanımını arttırmak için çelik hasır malzeme konulmuştur.

Daha sonra karıştırıcıda su ile karıştırılarak döküm kıvamına getirilen alçı hasır ve boruları örtecek şekilde mastar üzerine dökülür (Şekil 5). Kullanılan alçı demiroksit karışımı seramik alçısı olup çekme oranı sac kalıplıkta dikkate alınmayacak kadar düşüktür.



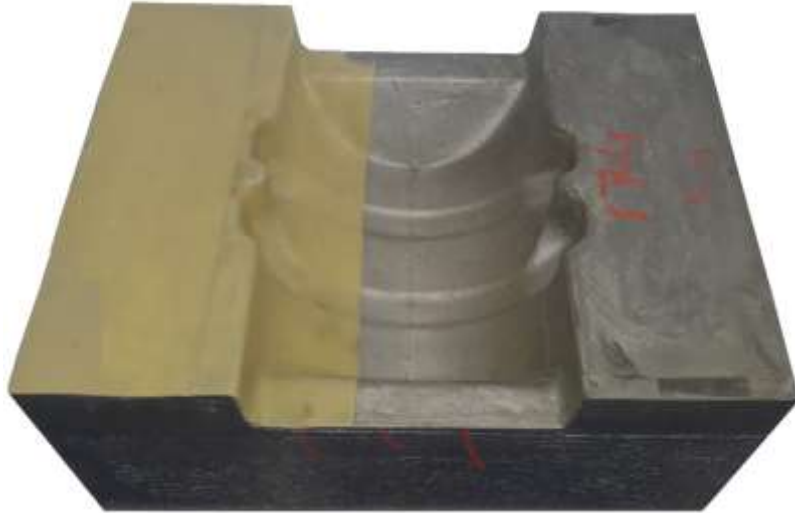
Şekil 5. Mastar üzerine alçı döküm işlemi (Plaster casting process on infinite)

Dökülen alçı 8-10 dk içinde kısmi kürlenme ile mastar üzerinden alınacak duruma gelir. Alçı mastar üzerinden ayrıldıktan sonra alçı fırınında 150°C de 5 saat kurumaya bırakılır. Alçı içerisindeki demiroksit kurumayan bölgelerin kırmızı renkli kalmasını kuruyan bölgelerinde pembe renkli olmasını sağlar (Şekil 6). Böylece kalıba baktığınızda renk durumuna bakarak kurumanın tamamlanıp tamamlanmadığını kolaylıkla anlayabilirsiniz.



Şekil 6. Alçı kalıp (Plaster die)

Kurutma işlemi tamamlanan alçı kalıp tıpkı poliüretan kalıpta yapıldığı gibi bir çerçeve içerisine alınır. Yine benzer şekilde taşıma işlemleri için borular yerleştirilir ve üzerine 137oC de eriyen bizmut kalay malzemesi eritilerek dökülür. Prese başlamada sorun yaşamamak için döküm işleminin yapıldığı yüzeyin teraziye alınması önemlidir. Döküm işlemi sonrasında döküm yapılan bölgede yabancı madde veya cüruf var ise kalıptan uzaklaştırılır ve kalıp ortam sıcaklığında soğumaya bırakılır. Kalıbın büyüklüğü yanında kalınlığı da soğuma süresine etki eder. Soğuma sonrasında dökümü yapılan bizmut kalay karışımı kalıp alçı kalıp üzerinden alınır (Şekil 7).



Şekil 7. Alt kalıp ve mum uygulaması (Bottom die and the wax application)

Elde edilen alt kalıp yardımı ile kalıbın üst parçası da alt kalıbın üretilmesi gibi üretilecektir. Burada alt kalıp çerçeveye alınarak hemen üzerine üst kalıp üretimi için bizmut kalay karışımı dökülmez. Doğru bir parça elde edilmesi için basma işleminde arada kalacak olan sac malzemenin kalınlığının da burada dikkate alınması gereklidir. Bu nedenle alt kalıp üzerine sac kalınlığı kadar kalınlığa sahip mum malzeme elle yerleştirilir (Şekil 7).

Mum malzeme ile sac kalınlığı verilen alt kalıp çerçeveye alınarak üst kalıp dökümü yapılır. Üst blok soğuması da tamamlandığında iki kalıp bloğu bir birinden ayrılır (Şekil 8). Kalıp yüzeylerinde kalan mum malzeme elle temizlenerek kalıplar üretime hazır hale getirilir



Şekil 8. Üst kalıp (Upper die)

Elde edilen alt ve üst kalıplar bir arada iken hidrolik bir pres altına yerleştirilerek deneme ve alıştırma işlemleri yapılır. Bu işlemleri tamamlanan kalıplar sac parça üretimine hazırdırlar. Bu uygulamada ön form verilen parçalar kullanılarak Şekil 9’da verilen parçalar elde edilmiştir. Bu yöntem ile genellikle 40-50 parça üretimi gerçekleştirilmektedir. Bu uygulamada da bu durum gerçekleşmiştir. Daha fazla parça istenilmesi durumunda ilk üretimi gerçekleştirilen poliüretan master model kullanarak yeni bir kalıp seti üretmek gerekecektir. Bu durumda yeni kalıp hem daha kısa zamanda hem de daha az maliyet ile üretilmiş olacaktır.



Şekil 9. Üretilmiş sac parça (Produced sheet metal part)

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu yöntem için literatürde verilen avantajlar ve dezavantajlar bu çalışmada da görüşmüştür;

Avantajlar;

- Bizmut kalay malzemesi sac basım işlemi tamamlanan kalıpların eritilmesi ile 100% tekrar kullanılabilir duruma gelmekte olduğundan kalıp malzeme maliyeti düşüktür
- Kalıp döküm çalışmaları sonrasında yabancı madde ve cürufların itina ile ayrılması ile kalıp malzemesi defalarca kullanılabilir
- Kalıp malzemesi düşük ergime sıcaklığı (137°C) nedeniyle tehlikeli sıcaklıklarda işlemler gerektirmediği için kullanımı basittir
- Üretilmiş bir kalıp üzerinde şaloma benzeri bir ısıtma işlemi ile kolaylıkla değişiklik yapılabilmeye tamir işlemleri de yapılabilir
- Master model üretimi dışında freze kullanımı gerektirmez
- Kalıp üretimi yapıldıktan sonra herhangi bir işleme yapılmadan doğrudan parça basılabildiği için kalıp üretim maliyeti düşüktür

- Modeli olan parçanın kalıp üretimi çok kısa sürede yaklaşık 2 günde tamamlanabilmektedir
- Kalıp ömrünü yükseltmek için aşınma riski olan yerlere metal insert yerleştirilebilir
- Döküm sonrası iyi bir boyutsal kararlılığa sahiptir
- İş güvenliği açısından sağlığa zararlı gaz salınımı yoktur
- Düşük ergime sıcaklığı nedeni ile yüksek maliyetli cihaz gerektirmez

Dezavantajları

- Yeni nesil sert ve kalınlıkları fazla sac malzemelerin imalatına uygun değil
- Yüzey sertliği çok fazla olmadığından 40~50 parça basılabilir
- Kalıp malzemesi için yüksek yatırım maliyeti gereklidir

Bizmut kalay alaşımli kalıp malzemesinin düşük adetlerdeki parçaların üretimleri için uygun olduğu bu görülmüştür. Yüksek adetli üretim ihtiyaçlarında optimum maliyetli üretim yöntemi tespiti yapılmalıdır. Ağırlık hafifletme her sektör için önem arz ettiğinden çelik sac üreticileri her geçen gün yeni sac malzemeleri piyasaya sürmektedirler. Bu malzemeler daha ince kullanılarak ağırlık avantajı elde edilmektedir. Fakat bu malzemeler daha sert ve daha zor şekillendirilebilmektedir. Bu nedenle bizmut kalay alaşımının da yeni nesil sac malzemelere cevap verecek şekilde sertliğinin artırılması çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. H. Okamoto, (2010). *Desk Handbook: Phase Diagrams for Binary Alloys*, 2nd Edition, ASM International, Materials Park.
- [2]. Tolazzi, M., (2010). Hydroforming Applications in Automotive : A Review, *International Journal of Material Form*, vol.3, 307-310.
- [3]. Durgun, I., (2013). Evaluation of Geometric Accuracy and Thickness Variation in Incremental Sheet Forming Process”, *Journal of Materials Testing*, Vol. 55, 386-395.
- [4]. Daehn, G.S., (2006). High Velocity Metal Forming, *ASM Handbook*, Volume 14B, Metalworking: Sheet Forming, ASM International, pp. 405-418.
- [5]. Durgun, I., Doruk, E., (2015). Çok Noktalı Şekillendirme ile Parça Üretimi, *Bartın Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Dergisi*, Cilt.2, Sayı.2, sayfa.78-106.
- [6]. Durgun, İ., Altinel S.A., Aybaraz, A., Sakin, A., Polat, E., (2014). Manufacturing Prototype Sheet Metal Parts with a Polymer Metal Carcass Die, *Journal of Materials Testing*, Vol. 56, 230-235.
- [7]. Durgun, I., Doruk, E., (2015). Katmanlı Kalıp Teknolojisi ile Parça Üretimi, *Bartın Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Dergisi*, Cilt.3, Sayı.2, sayfa.67-71.
- [8]. Durgun, I., (2015). Sheet metal forming using FDM rapid prototype tool, *Rapid Prototyping Journal*, 21/4: 412-422.
- [9]. <http://www.mtt-group.com/sheet-metal-tooling.html> (2017).
- [10]. http://www.mcp-hek.de/en/metallurgy_history.html (2017).