



## **Proses azaltıcı kalıp tasarımında endüstriyel bir ürünün delme ve kılavuz çekme işlemlerinin nümerik model analizi**

Mehmet Onur Yağır<sup>1\*</sup>, Osman Hamdi Mete<sup>2</sup>

*14.08.2015 Geliş/Received, 22.11.2016 Kabul/Accepted*

doi: <https://doi.org/10.16984/saufenbilder.296838>

### **ÖZ**

Günümüzde işletmeler yüksek adetlerde üretim yapmayı planladığı kalıplarda mümkün olduğu kadar yeni teknolojilerin uygulandığı, işçilik ve bakım maliyetlerini düşürecek çözümler beklemektedir. Rekabet gücünü doğrudan etkileyen; kalite, hız, düşük maliyet ve iş güvenliği unsurlarını dolayısı ile rekabet gücünü ileriye taşıyan sektörlerin dünya piyasalarında tutunacağı bilinen bir gerçektir. Bu çalışma da, endüstriyel bir ürüne ait parçada üretim süreci adımlarını azaltarak, hem ürün üretim sürecini kısaltmak hem de ürün kalitesini arttırmak amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kalıplarda Proses Azaltma, Progresif Kalıplara Farklı İmalat Yöntemlerinin Eklenmesi.

## **Numerical model analysis of an industrial product, drilling and tapping operations on reducing the mold design process**

### **ABSTRACT**

Today businesses are waiting for the solutions decreasing the prices of workmanship and maintenance of the molds they will produce in many quantities and using the newest Technologies. It is known for sure that the sectors which lead quality, speed and low cost facts effecting the competition will keep existing in the market. In this study, it is aimed to shorten manufacturing process of a product and to increase product quality by reducing the manufacturing process steps of an industrial product. \*

**Keywords:** Reduction of Processes in Mold, Additional different manufacturing methods for progressive molds.

---

\* Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1 Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Sakarya - [meyagir@gmail.com](mailto:meyagir@gmail.com)

2 Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Sakarya - [ohmete@sakarya.edu.tr](mailto:ohmete@sakarya.edu.tr)

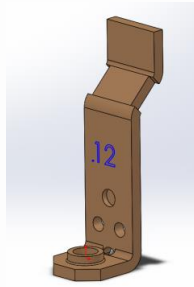
## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Endüstriyel ürün pazarında rekabet etmenin en iyi yolu yüksek kalite standartlarını ve teknolojik işlemleri mümkün olduğunca birleştirmekle olduğu görülmüştür. Kalıpta tek bir işlemle parça üretimi, işgücü maliyetlerini düşürdüğü ve aynı zamanda parça kalitesinin artmasına yardımcı olduğu gözlenmiştir.

Aşağıda bahsi geçen kalıp yapıları için, ilk olarak mevcut üretim proseslerindeki delik delme ve kılavuz açma ile kalıp içinde delik delme- kılavuz çekme prosesleri karşılaştırılacaktır. İkinci olarak delik delme ve kılavuz çekme işlemlerinin farklı analiz programları kullanarak nümerik modelleme ile irdelenmesi hedeflenmiştir.

### 1.1. Prograsif Kalıplarda Verimlilik (Efficiency in progressive molds)

Geçmiş üretim proseslerinde her bir form verme işlemi kalıpta ayrı ayrı yapılmaktaydı. Örneğin Şekil1.1 de çevre kesme, delme ve bükme işlemi olan bir endüstriyel parça görülmektedir.



Şekil 1. Endüstriyel bir parça örneği (Example of an industrial part)

Mevcut üretim proseslerinde, Şekil 1'de verilen parça için ayrı ayrı kalıplarda aşağıdaki işlemler gerçekleştirilmektedir;

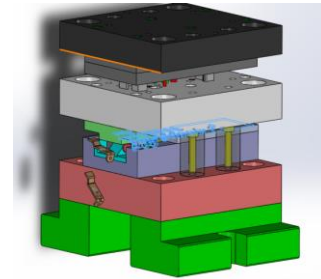
1. Çevre kesme delme
2. Bükme
3. Aparatta dış çekme

Her işlem için ayrı bir operasyonla birlikte, kişinin belli süre içinde kendisinden beklenen adetsel beklentiyi gerçekleştirebilmesi için acele etmesi, yorulması ve dikkat dağınıklığı sonucunda gerçekleşen olayları beraberinde getirir.

Üçüncü operasyonda yani dış çekme aparatında ise kişinin elinin sabit bir şekilde sürekli kullanmasını gerektirir. Bu durum ise insan anatomisine aykırı bir

durumdur. Aynı şekilde dış çekme işlemi için kullanılan aparatındaki çalışma boşlukları ve parça prosesinden kaynaklanan ölçüsel bozukluklar hatalı montaj işlemleri beraberinde getirir.

Prograsif kalıplarda her adım presin bir vuruşu kadar süre almaktadır. Böylelikle parça çok kısa bir sürede hızlı olarak üretilebilmektedir. Her vuruşta aynı anda birçok adım gerçekleşmekte ve ham malzeme ile sistem kendini sürekli beslemektedir. Parçaya ayrı bir aparatla dış çekme operasyonundan kaynaklanan ölü zamanların önüne geçilmektedir.



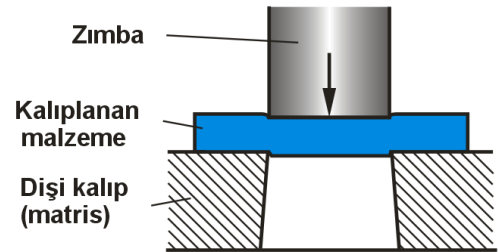
Şekil 2. Kalıp çalışma görüntüsü. (The image of the working mold.)

Çalışmada, prograsif kalıpta delme ve dış çekme sırasında parça formunda oluşan değişimler irdelenecektir. İlk olarak kesme teorisi incelendikten sonra kılavuz çekme ile işlemi için nümerik analiz gerçekleştirilecektir.

Malzeme kalıp üzerine yerleştirilip pres ile başlığa ilk hareket verildikten sonra, zımba malzeme ile temas etmekte ve malzeme üzerine basınç etkisi yapmaktadır. Malzemenin elastiklik sınırı aşıldığı zaman, plastik deformasyon meydana gelmektedir. (Şekil 3'de)

Kesme işlemi üç aşamadan oluşmaktadır;

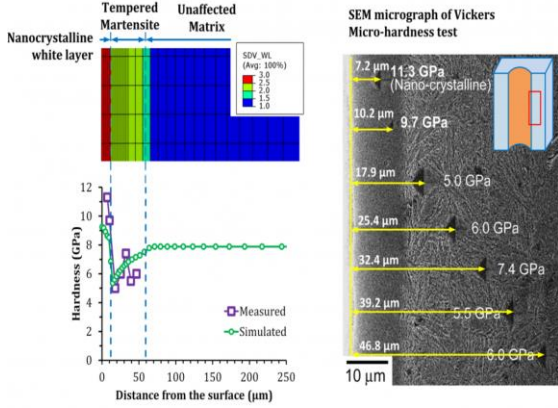
1. Plastik biçim değiştirme
2. Batma(kesilme)
3. Kırılma(kopma)



Şekil 3. Plastik şekillenme (Plastic shaping.)

### 1.1.2. Yüzey Altı Mikro Yapı (Subsurface Microstructure)

Şekil 4'te Kılavuz matkap deliğinin yüzeyine yakın SEM ile nüfus etme ve TEM mikrografik boyunca kayma, gerilme, toplam dislokasyon yoğunluğu, tane büyüklüğü simüle profillerinin karşılaştırılması görülmektedir.

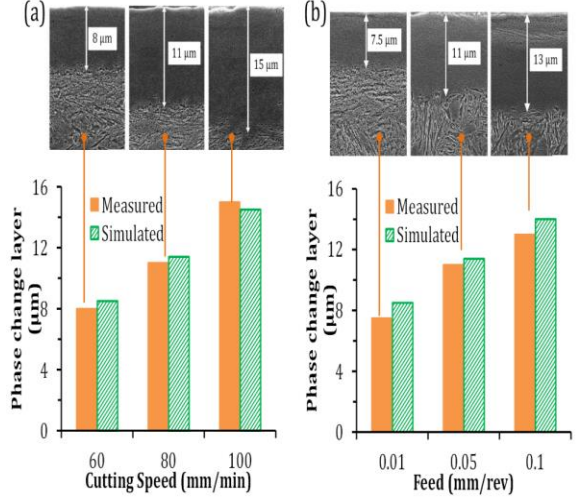


Şekil 4. TEM ve SEM analizi ile mikro yapının gösterilmesi (TEM and SEM analysis showing the microstructure)

### 1.1.3. Sertlik Değişimi (Hardness Change)

Delik yüzeyi çevresinde faz kompozisyonu ve mikrosertlik profili Simüle edilmiştir. Mikrosertlik artışı nedeniyle ciddi plastik deformasyonun üst nanokristal beyaz tabakasında olduğu tahmin edilmektedir. (Şekil 5 'te)

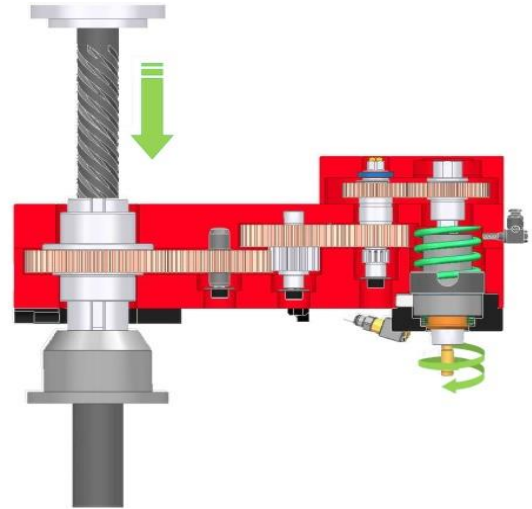
Nanokristal beyaz tabakanın kalınlığı, kesme hızı ve parça ilerleme hızı gibi farklı işlem parametrelerine bağlı olduğu görülmektedir. Martenzitik yapıda ise 10-60 μm tavlama etkisinde mikro-sertlikte bir azalma olması düşünülmektedir.



Şekil 5. Kesme ve ilerleme hızına bağlı olarak mikro yapıdaki değişim (Change in microstructure due to cutting and pacing)

## 1.2 Kalıpta Mekanik Kılavuz Çekme (Mechanical Tapping in the mold)

Kalıpta mekanik kılavuz çekme işlemi için iki farklı yöntem vardır. Bunlardan ilki kalıp üst plakası ile hareket eden helisel matkabın, helisel diş açılmış yataқта aşağı-yukarı hareketiyle kendisine bağlı dişli grubuna hareket aktarması ve kılavuz kalemini döndürmesidir. (Şekil 6) İkinci yöntem ise, kalıp üst plakasının kremayer dişli üzerinde kayarak, aşağı-yukarı kendisine bağlı dişli grubuna hareket aktarması ve kılavuz kalemini döndürmesidir. (Şekil 7)

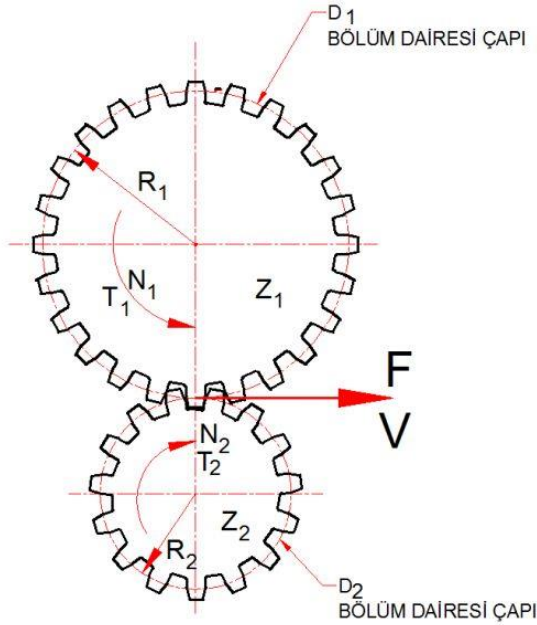


Şekil 6. Helisel matkap sistemi ile mekanik diş çekme prosesinin şematik gösterimi (Schematic representation of mechanical tapping with helical drilling system)



Şekil 7. Kremayer dişli sistemi ile mekanik kılavuz çekme yöntemi (Mechanical tapping method and rack system)

Her iki sistemde kullanılan dişliler tork ve dönme hareketini aktarmak için dizayn edilmektedirler. Dişli çifti bölüm dairesine teğet konumunda birbirlerine dokundukları için bu noktada oluşan kuvvet (F) ve çizgisel hız (V) her iki dişli için aynı kalmakta, ancak tork ve devir değerleri yarıçaplar oranında birbirinden farklı olmaktadır.



Şekil 8. İki dişli arasındaki kuvvet ve çevrim oranı ilişkisi (Force and the relationship between the two gear ratios)

$$\frac{T_1}{R_1} = \frac{T_2}{R_2} \quad (1.1)$$

aynı denklemden eşitliğin her iki tarafını aynı sayı ile çarpar veya bölersek eşitliğin değeri bozulmayacağından

$$\frac{T_1}{D_1} = \frac{T_2}{D_2} \quad (1.2)$$

elde edilir. Çevrede ki diş sayıları tam sayı olmak zorunda ve birlikte çalışacak dişlilerin diş adımları da birbirine eşit olmak zorundadır. Böylece,

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{Z_1}{Z_2} \quad (1.3)$$

ve

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{Z_2}{Z_1} \quad (1.4)$$

elde edilir.

- Ri : Bölüm dairesi yarı çapı (mm)
- Di : Bölüm dairesi çapı (mm)
- F : Aktarılan kuvvet (N)
- V : Çevresel hız (m/sn)
- Ti : Aktarılan tork (Nm)
- S : Diş hatvesi
- Zi : Diş sayısı

Kılavuz delik ölçüsü için aşağıdaki formüllerle temel bir hesaplama yapılabilir.

$$TD - TP = D \quad (2.1)$$

Örnek: M10x1.5 kesme kılavuzunun matkap ölçüsü, 10-1.5=8.5 olarak bulunur.

$$TD - \frac{0,975}{TPI} = D \quad (2.2)$$

Örnek: 1/4-20 kesme kılavuzunun matkap ölçüsü,

$$0,250 - \frac{0,975}{20} = 0,2013$$

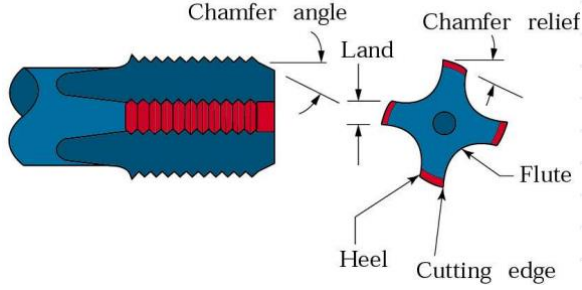
- D : Delik çapı (mm)
- TD : Vida dişli anma çapı (mm)
- TP : Diş adımı (mm)
- TPI : Diş adımı (inç)

Prograsif kalıplarda kılavuz çekilecek deliğin zımba ile delinmesi ve kılavuz çekme işlemi sırasında parça formunda oluşan değişimler aşağıda irdelenmiştir.

### 1.2.1 Kılavuz Çekme Nümerik Analizi (Tapping Numerical Analysis)

Kılavuz çekme işlemlerinde kullanılan takımlar genellikle Yüksek Hız Çeliklerinden (HSS) yapılırlar. Bununla birlikte son zamanlarda kaplamalı (TiN) kılavuz takımlarla da üretilmeye başlanmıştır. (Şekil 9'da kılavuz yapısı görülmektedir)

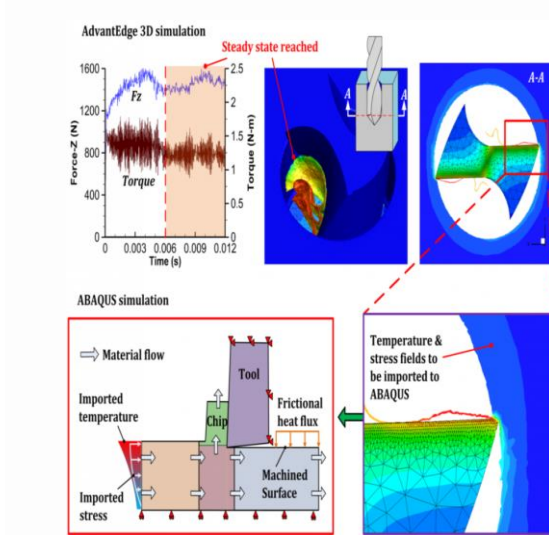




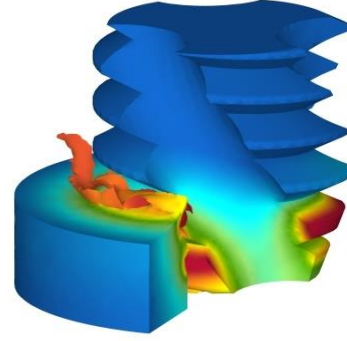
Şekil 9. Kılavuz yapısı (Guide structure)

### Kılavuz matkabı ilerleme kesiti (Guide section of drill advance)

Şekil 10'da kılavuz için açılan matkap deliğinin ABAQUS programında hazırlanan simülasyon modeli ve kılavuz çekme sırasında ilerleme kesitinin 3D simülasyonu görülmektedir. Kılavuz matkap ilerleme kesitinin de kuvvet, zaman eğrisi ve kararlı duruma ulaşıldığı andaki tork değerleri grafikte gösterilmiştir. Aynı şekilde matkap ucundan A-A kesiti alınarak sıcaklık ve stres parametreleri irdelenmiştir. ABAQUS simülasyonunda sıcaklık ile stres ilerlemesinin önemli kısmının malzeme ilerlemesi yönünde olduğu ve sürtünme direncine bağlı olarak matkap ucunda ısınmanın arttığı görülmüştür.



Şekil 10. Kılavuz matkap deliğinin ABAQUS programında oluşturulan simülasyon modeli (Manual prepared in ABAQUS simulation model of the drill hole program)



Şekil 11. Diş çekme işlemindeki deformasyon görüntüsü (Image deformation in the threading process)

Aşağıdaki örnek ISO ve UTS standardı – 60° vida dişlerine uygulanmıştır.

Örnek, M8x1,25

Standarda göre maksimum diş yüksekliği 6/8 H'dir.

$$H = 0.866 \times P$$

(H = Temel üçgen yüksekliği)

(P = diş adımı)

Maksimum diş yüksekliği:

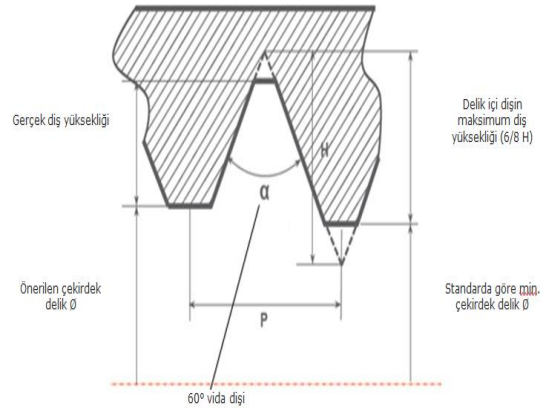
$$6/8 * (0.866 \times 1,25) = 0.811 \text{ mm}$$

Ø 6.9 mm çekirdek deliğinin gerçek diş yüksekliği:

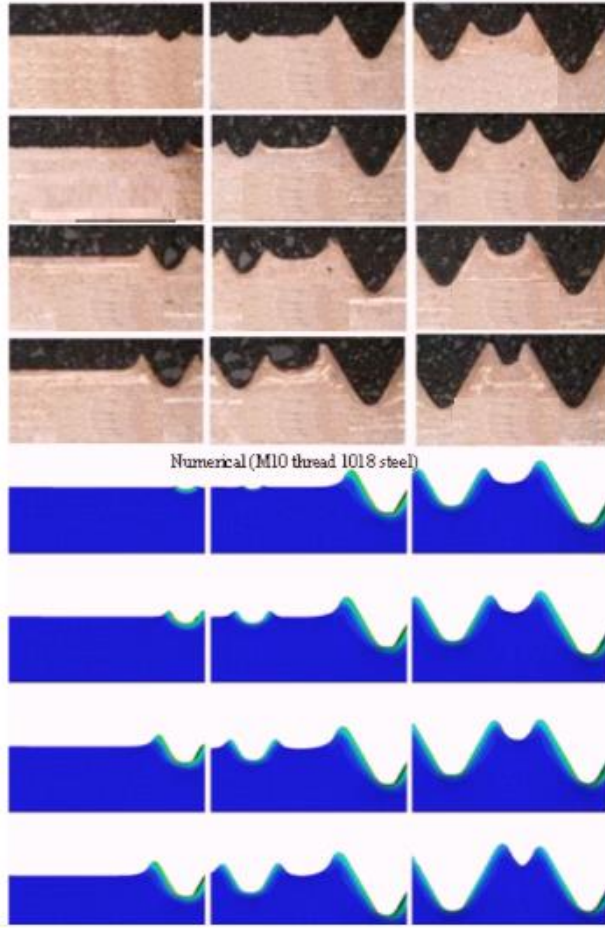
$$(8 - 6,9) / 2 = 0.55 \text{ mm}$$

Diş yüksekliği  $(0.55 / 0.81) \times 100 = \%68$  olur.

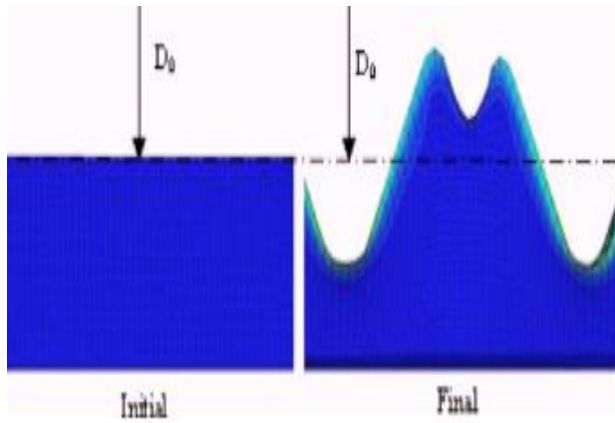
Diş çekme işleminde verilen diş yüksekliğine bağlı olarak malzeme yapısında ortaya çıkan parametreler, aşağıda verilen farklı analiz görüntüleri ve grafiklerle irdelenmiştir.



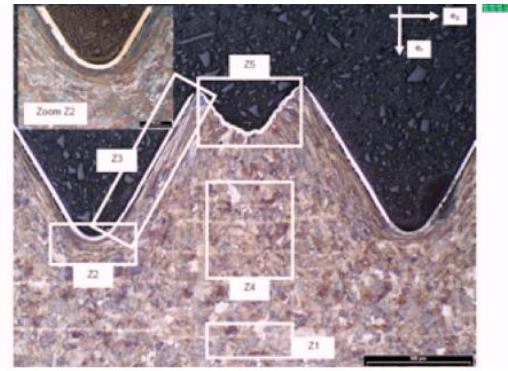
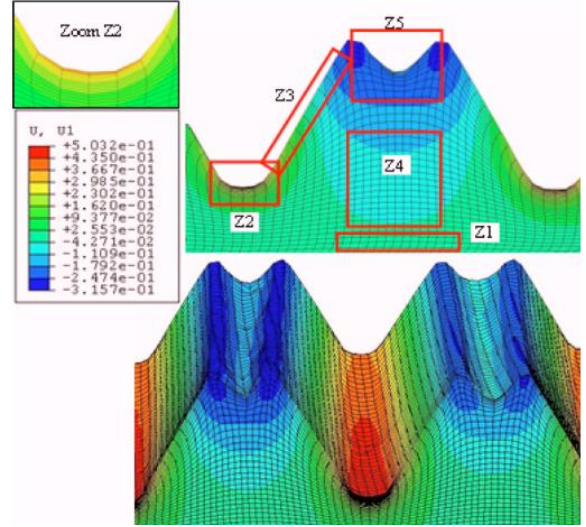
Şekil 12. Diş çekme profil açısı (Turn threading profile)



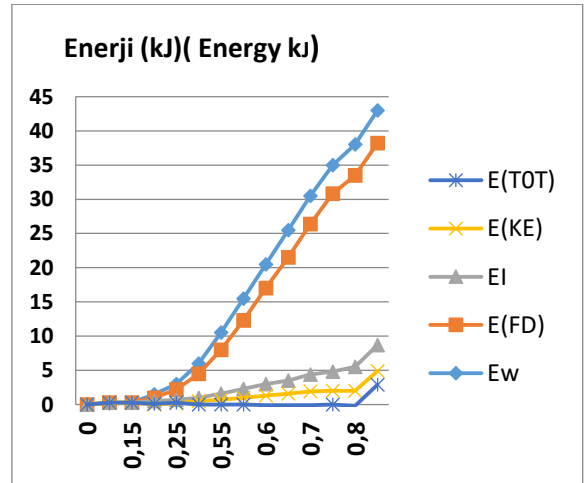
Şekil 13. Adım adım dış çekme hatvesinin gösterilmesi (Step by step demonstration of thread lead)



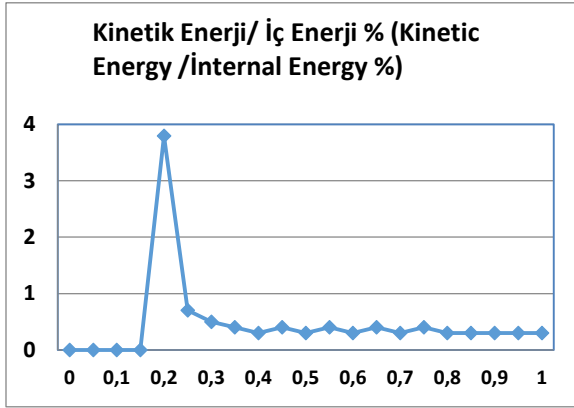
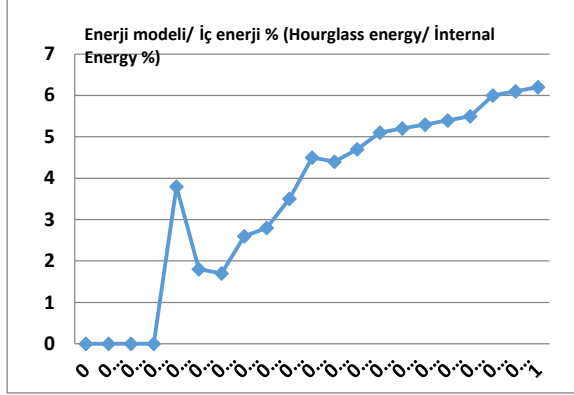
Şekil 14. Diş çekilmeden ve diş çekildikten sonraki form (Tooth extraction and tooth pulled after the next form)



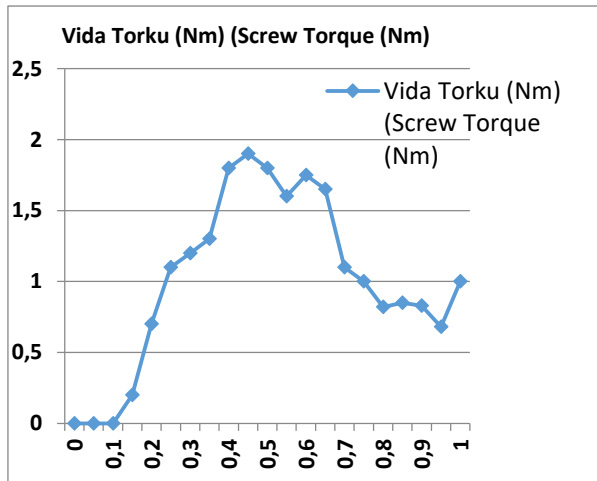
Şekil 15. Kılavuz oluşturma işlemi sırasında malzeme radyal deplasman mesh yapısı (Manual radial displacement of the mesh structure of the material during the forming process)



Şekil 16. Enerji dengesi (Energy balance) [7]



Şekil 17. İş parçası enerji modelinin enerji/iç enerji ve kinetik/iç enerji zaman diyagramları (Business part of the energy model of the energy / kinetic energy and internal / internal energy time diagrams) [7]



Şekil 18. İş parçası modelin tork-zaman diyagramı (Torque-time diagram of the workpiece model)[7]

### 1.2.2 Prograsif Kalıpta Kılavuz Ömrünü Etkileyen Faktörler (Factors Affecting The Life Of Progressive Mold Guides)

Matris ile baskı plakası arasında form verme işlemi için belirli bir kuvvetle sıkıştırılan malzemeye, zımba ile baskı uygulanarak form verme işlemi gerçekleştirilmektedir.

Kılavuz çekme işlemi etkileyen faktörler;

Döndürme momenti: Kılavuzla sıvama için gerekli döndürme momenti diş ölçüsüne, delik çapına, malzemenin cinsine ve yağlamaya bağlıdır. Ayrıca, talaş kaldırarak diş açmaya kıyasla %20 daha fazla döndürme momenti gerekmektedir.

1. Kesme hızı: Sıvayarak diş formu verilirken, malzeme akışının homojen olması için kesme hızı normal diş açma işlemlerine göre yaklaşık % 120'dir.
2. Eksenel kuvvet: Kılavuzun malzeme ile ilk teması esnasında kalıp içerisindeki ve kılavuz ünitesindeki çeşitli kuvvetleri absorbe etmesi için kılavuz diş boyunun % 30 kadar belirli baskı kuvvetinde geri çekilmesi gerekir.
3. Delik çapı: Normal diş açma işlemindeki diş yüksekliğine oranla daha derin dişler açılabilir.
4. Yağlama: Metallerin soğuk şekillendirilmesi için yüksek kuvvetler gerekir. Bu da yüksek sürtünme kuvvetlerini ve ısıyı ortaya çıkarır. Her bir kılavuz çekme işleminde döndürme momentinin düşürülmesi, kaliteli ve düzgün diş formunun elde edilebilmesi için ilave düzenli yağlamaya ihtiyaç vardır. Düzenli yağlama ve yağın tipi kılavuz ömrünü etkileyen önemli faktörlerdendir.

### 3. Sonuç ve Öneriler (Results and Recommendations)

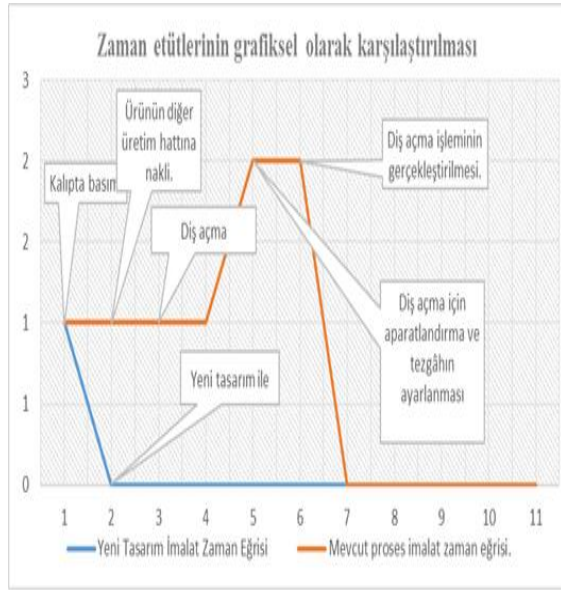
Prograsif kalıp; birden çok operasyonu ve işlemi, sırayla tamamlamak için; içerisinde malzeme şeridinin ilerletildiği kalıplardır. Prograsif kalıp, imalatı istenen ürün üzerinde yapılması gereken birden fazla operasyonun aynı kalıpta gerçekleştirilmesi işlemidir. Bu kalıplar insan gücünü azaltmak amacıyla üretilen kalıplardır. Bu sayede hata oranı da minimize edilecektir. Endüstriyel ürün pazarında rekabet gücünü de düşündüğümüzde aşağıda sıralanan nedenlerle prograsif ve prograsif kalıplarda birleştirilmiş kalıpların tercih edildiği anlaşılmaktadır.

1. Kalite,

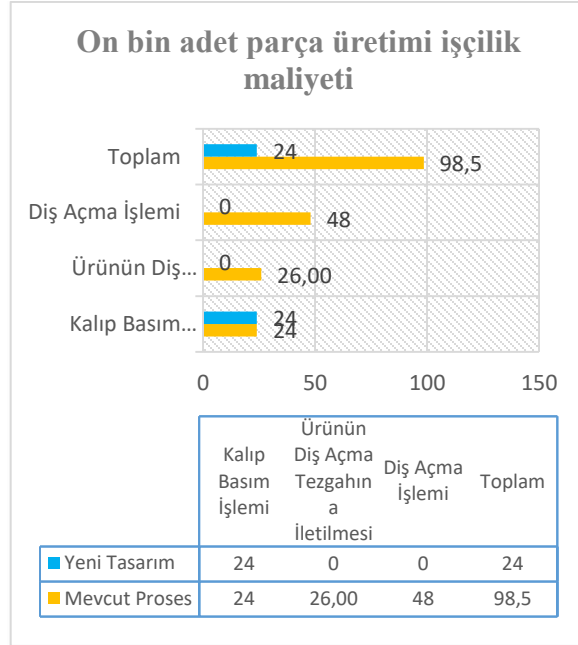
2. Hız,
3. Düşük maliyet
4. İş güvenliği

Grafik 1’de, seçilen örnek parça için eski yöntem ve birleştirilmiş kalıp ile imalatına ait zaman etütü ve maliyet grafikleri karşılaştırılmıştır.(Tablo1, Grafik1, Grafik2 ve Grafik3) Grafiklerden ve Tablo1’den anlaşılacağı üzere proses birleştirici kalıpta süre %87,5 ve maliyet %75,6 düşmektedir.

Tablo1. Maliyet bazında karşılaştırma



Grafik 1. Zaman etütlerin grafiksel gösterimi (Graphical representation of time study)



Grafik 2. Parça üretim adımları ve zamanları (Part of the production steps and time)



M.O. Yağır ve O.H. Mete / Proses azaltıcı kalıp tasarımında endüstriyel bir ürünün delme ve kılavuz çekme işlemlerinin nümerik model analizi

Grafik 3. İşçilik maliyetlerinin karşılaştırılması. (A comparison of labor costs)

Prograsif kalıpta kalıbın bir baskısı ile tek seferde elde edilen parça formlarında kullanılacak delme ve kılavuz çekme işlemleri nümerik analiz yöntemleri ile irdelenmeye çalışılmış ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

1. Kılavuz deliği delme işleminde yüzey altı mikro yapı incelendiğinde yüzeyden parça merkezine ilerledikçe sertliğin azaldığı, malzeme ilerleme hızına bağlı olarak sürtünme direnciyle birlikte malzeme ısının arttığı Şekil10'daki analiz görüntüsünden okunmuştur. Bu nedenle kalıp delme zımbası seçiminde ısıl dayanımı ve sürtünme direnci yüksek malzeme seçilmesi ürün kalitesi ve bakım gereksiniminin azaltılması açısından tercih edilmelidir.
2. Kılavuz çekme işleminden sonra parçaya ait analiz grafiklerden aşağıdaki durumlar okunmuştur:
  - a. Sürtünme direncine bağlı olarak sıcaklık artışı gözlenmiştir(Şekil 10).
  - b. Sıcaklık ilerlemesinin büyük bölümü malzeme ilerlemesi yönünde olmuştur(Şekil 10)..
  - c. İç enerjinin 0,15 zaman skalasından sonra logaritmik olarak %40 seviyelerinden başlayarak arttığı görülmüştür(Şekil 16)..
  - d. 0,15-0,25 zaman aralığında kinetik enerjinin %40 lara çıktığı daha sonra %0,5 seviyelerine indiği görülmüştür(Şekil 16)
3. (Tablo1, Grafik1, Grafik2 ve Grafik3) Grafiklerden ve Tablo1'den anlaşılacağı üzere proses birleştirici kalıpta süre %87,5 ve maliyet %75,6 düşmektedir

	Tek Parça Üretiminde Gerçekleştirilen Adımlar ve Zaman Dağılımı			On Bin Adet Parça Üretim Zamanı		On Bin Adet Parça Üretimi İşçilik Maliyeti	
	Yapılan İşlem	Geçen süre (sn)	Ölü zaman (sn)	Geçen süre (sn)	Ölü zaman (sn)	Parça başına (TL)	On bin parça üretimi (TL)
Mevcut Proses	Kalıp Basım İşlemi	1	0	10.000	0	0.0024	24
	Ürünün Diş Açma Tezgâhına İletilmesi	5	5	50.000	3.000	0.0005	26,50
	Diş Açma İşlemi	2	0.5	20.000	5.000	0.0024	48
	<b>Toplam</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>80.000</b>	<b>8.000</b>	<b>0.0053</b>	<b>98,5</b>
Yeni Tasarım	Kalıpta Basım İşlemi	1	0	10.000	0	0.0024	24
	Diş Açma İşlemi Kalıp İçindedir.	0	0	0	0	0	0
	Diş Açma İşlemi.	0,0001	0	1	0	0	0
	<b>Toplam</b>	<b>1,0001</b>	<b>0</b>	<b>10.001</b>	<b>0</b>	<b>0.0024</b>	<b>24</b>

**KAYNAKÇA (REFERENCES)**

- [1] Federal Elektrik Yatırım ve Ticaret A.Ş., Kalıp tasarımları, 2000.
- [2] Federal Elektrik Yatırım ve Ticaret A.Ş., Kalıphane bölümü dökümanları, 2000.
- [3] İsmail Hakkı Özden, Dr. Gökhan Başman /Sac şekillendirme kalıp preslerinde sac yağlama otomasyonu tasarımı/ <http://docplayer.biz.tr/28382062-Sac-sekillendirme-kalip-preslerinde-sac-yaglama-otomasyonu-tasarimi.html>
- [4] Kurşunel Kalıp Yönetim Kurulu Üyesi Nuran Kurşunel/ST. Sac İşleme Teknolojileri Dergisi/<http://www.haberortak.com/Haber/Sac-Isleme/11082010/Progresif-kaliplarla-insan-gucu-olmadan-parca-uretilebiliyor.php>.
- [5] <http://wildeanalysis.co.uk/fea/software/deform/deform-3d-suite/machining>

- [6] <http://www.tasarimdanimalata.com/gecme-toleranslari/>.
- [7] <http://www.muhendislikbilgileri.com/>
- [8] Florestan Mathurin, Jean Guillot, Pierre Stéphan, Alain Daidié, 3D Finite Element Modeling of an Assembly Process With Thread Forming Screw, AUGUST 2009, Vol. 131 / 041015-  
[www.ukub.org.tr](http://www.ukub.org.tr) sitesinden alıntıdır.
- [9] Sami Ataşımşek/ Saç Metal Kalıpcılığı/1977 Mart
- [10] İ. Uzun ve Y. Erişkin/ Saç Metal Kalıpcılığı/ Milli Eğitim Basım Evi 1985
- [11] Osman Okka/ Mühendislik Maliyet Hesapları/ Nobel Dağıtım, 2006
- [12] J. R. Paquin, Çevirmen: Coşkun Kırmızı/ Kalıp Yapım ve Çiziminde Temel Kurallar/ Atlas Kitabevi 1987