

KESME KALIPLARININ BİLGİSAYAR YARDIMIYLA TASARIMI VE TASARIM SÜRESİNİN ETÜDÜ

Faruk MENDİ

Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Bölümü, Ankara

ÖZET

Bilgisayar destekli tasarıma dayanan bu çalışma, kalıp elemanları tasarımı için model araştırmasını konu alan bir dizi araştırmadan oluşmaktadır. Yapılan çalışma ile sac metal kalıplarında, kalıp elemanlarının bilgisayar desteğinde tespit edilmesi amaçlanmıştır. Genel olarak klasik yöntemlerle yapılmakta olan kalıp tasarımı ve uygun kalıp elemanlarının seçimi, tasarımcı için önemli olan zaman kaybına ve maliyetin yükselmesine sebep olur. Ayrıca, muhtemel tasarım değişikliklerinde yeterli esneklik sağlanamamaktadır. Bu çalışmada sac metal kalıbının tasarımını yapabilen bir program geliştirilmiştir. Oluşturulan veri tabanlarına göre; kuvvet analizi yapılabilmekte, kalıplama kuvveti hesaplanmakta, kalıbın ağırlık merkezi bulunabilmekte, standart olmayan parçaların tasarımı ile standart olan parçaların seçimi sağlanabilmektedir. Bu çalışma ile kalıp tasarımında hız, esneklik ve hassasiyet elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kesme kalıpları tasarımı, Bilgisayar destekli tasarım, Şerit malzeme tasarımı

COMPUTER AIDED DESIGN OF SHEET METAL DIE AND INVESTIGATION OF DESIGN PROCESS DURATION

ABSTRACT

This study, based on computer aided design, consists of a number of investigations about model research for die design elements. The aim of this study is to fix die elements with computer aid. The design of the dies and the choosing of the suitable die parts that are generally carried out with classical methods cause time loss and cost increase for the designer. Moreover, in the possible design variations, necessary flexibility has not be able to be achieved. In this study, a computer program has been developed language capable of doing die design. According to the formed data base, strip layout design can be carried out, force analysis and force capacity of the press dies can be calculated, gravity force centre can be found and with design of non-standard die parts, the standard die parts could be achieved. The study achieves increasing rate, flexibility and accuracy die design.

Key Words: cutting die design, Computer aided design, Strip layout design

1. GİRİŞ

Teknoloji anlamında yapılan bütün çalışmalar kısa zamanda ve minimum maliyetle üretim yapmayı hedeflemektedir. Çok sayıda üretimi kısa sürede gerçekleştirmek, günümüz endüstrisinin ana uğraşını teşkil etmektedir. Bunun için akla ilk gelen çözüm talaşsız imalata yönelmek olmuştur. Bu sebepten rasyonel bir şekilde tasarlanmış pres kalıpları her geçen gün önemini artırmaktadır. "Rasyonel tasarım" olayı, kalıp tasarım safhasının ne denli önemli olduğunu vurgulamak için kullanılmıştır. Öyle ki, bir ürünün üretim maliyetinin %70 kadarı o ürünün tasarım safhasında belirlenmektedir (Nalbant, M, 1997).

Saç malzemelerin işlenmesinde geçmişten günümüze bakıldığında, metal saç malzemelerin en çok kullanılan tür olduğu görülmektedir. Saç metal malzemeleri işleme teknolojileri de devamlı gelişmektedir. Saç metal malzemeler kalıplarla kesme, bükme, çekme gibi bir çok prosesler gerçekleştirilebilmektedir. Bunların kesme işlemi ile birlikte bükme, çekme gibi bir çok prosese tabi tutulduğu göz önüne alınırsa, kesme işleminin önemi ortaya çıkar (Donaldson, Le Cain, Goold, 1973). Kesme kalıpları saç metal kalıpcılığında en çok kullanılan türlerdendir. Saç metal kesme kalıpları ile üretim kolay ve otomatiktir. Üretim oranı yüksektir. Sarf edilen insan gücü azdır. Üretilen parçalar özdeş ve standarttır. Bu faktörler kesme kalıplarının kullanımını artırmaktadır (Erişkin, 1986).

Ardışık kesme kalıpları şerit malzemenin ilerlemesi ile oluşturulan istasyonlarda çeşitli kesme işlemlerini yapmak suretiyle ürünün yapımını sağlayan komplike sistemlerdir. Şerit malzeme kalıp içerisindeki istasyonlarda ilerlerken son istasyondan bitmiş ürün olarak çıkar. Ardışık kesme kalıpları, teknolojiye en çok kullanılan kesme kalıbı türüdür. Teknolojik gelişmelerin hızına paralel olarak, makine imalat yöntemlerinde de büyük gelişmeler yaşanmaktadır. Makine parçalarının alışlagelmiş imalat yöntemlerine lazerle işleme, elektro-mağnetik şekillendirme gibi bir çok yeni yöntemler eklenmiştir. Buna karşılık klasik talaşlı ve talaşsız imalat yöntemlerinin önemi hiçbir zaman azalmamıştır. Talaşsız imalat yöntemlerinden olan kalıpcılık; her alanda kullanılan pek çok parçanın, düşük maliyetle üretimini sağlar, malzeme sarfiyatını en aza indirir, üretim kapasitesini maksimuma çıkarır, işçiliği en aza indirir, seri halde pek çok parça üretiminde kullanılır. Belirtilen bu sebeplerden dolayı kalıpcılık, talaşsız imalat yöntemleri içerisinde yaygın uygulama alanı olan teknolojilerinden biridir. Gelişen teknolojiye hareket sağlayan miller, dişli çarklar, kasnaklar, kavramalar vb. kısımlar kadar, bunlara yardımcı olan kabin, kaporta, gibi kısımların dizaynı da çok önem kazanmıştır (Bardaklı, 1997).

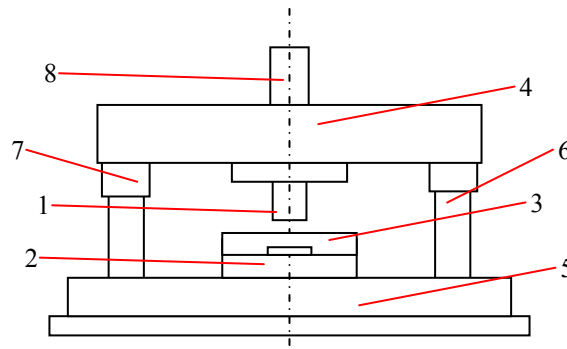
Saç metal kesme kalıpları tasarım ve imalat olmak üzere iki kademedeyen meydana gelmektedir. Kalıp tasarımı, yapının kesin olarak belirtilmesi, uygulanacak ilkelerin saptanması, bu ilkeleri sağlayan elemanların seçimi, hesaplanması, montaj ve parça resimlerinin hazırlanmasına kadar geçen süreçtir. Günümüzde bütün bu işlemler Bilgisayar Destekli Tasarım programları yardımı ile kolaylıkla yapılabilmektedir (Bardaklı, 1997).

Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD); standartları saklama, kütüphane oluşturma, oluşturulan parametreleri silme, saklayabilme, değiştirme, birleştirme, resim çizme vb. işlemleri yaparak otomasyonu sağlamaktadır.

2. SAÇ METAL KESME KALIPLARI

Şekil 1'de görüldüğü gibi saç metal kesme kalıpları zimba, alt kalıp, sıyırıcı plaka, zimba tutucu plaka, kılavuz sütun, burç gibi temel kalıp parçaları ve bağlantı elemanları, dayanıcılar, pimler gibi yardımcı elemanlardan oluşur. Saç metal kesme kalıplarının geometrik yapısı etüt edilmeden, kuvvet analizi yapılmadan, elemanları seçilmeden ve bütün bunlar birbiri ile ilişkilendirilmeden optimum bir tasarım yapılması mümkün değildir.

1.Zimba 2.Alt kalıp 3.Sıyırıcı plaka 4.Kalıp üst plakası



5.Kalıp alt plakası 6.Kılavuz sütun 7.Kılavuz burç 8.Kalıp sapı

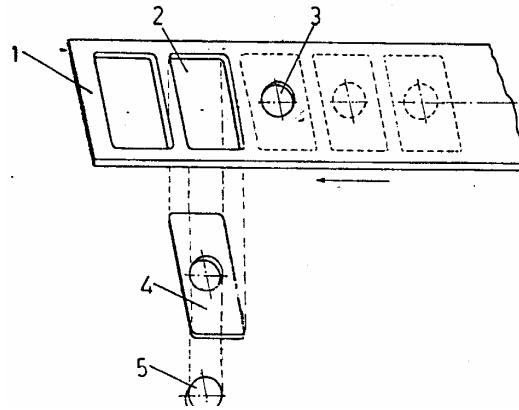
Şekil 1. Bir saç metal kesme kalıbının temel parçaları

Saç metal kesme kalıbı yapımında pimler mümkün olduğu kadar birbirinden uzağa yerleştirilmeli ve bağlantılar en az iki civata kullanılmak suretiyle sağlanmalıdır (Society of Manufacturing Engineers, 1984).

Kalıp tasarımı sırasında dişi kalıp kalınlığına bağlı olarak, kalıp içerisinde oluşturulacak boşluklar, sisteme ait değerler kullanılarak çizelgelerden belirlenmelidir (Büyükbaş, 1987). Fakat çok büyük ve karmaşık kalıpların tasarımında içerdeki boşluğun kenara olan mesafe miktarları kalınlığın iki yada üç katı alınması ile basitçe çözümlenebilir (Kafkasyalı, 1990).

2.1. Kesme Teorisi

Kısmen bitirilmiş veya tamamen bitirilmiş parçalar ve artık malzeme, zımba ile kesme operasyonun şerit malzemedeki sonucudur. Zımba işlenmemiş malzemeyi kestiği zaman iş parçası ve artık malzeme oluşur, bu işleme boşaltma işlemi denir. Eğer artık malzeme iş parçasından elde edilmiş ise, bu işleme zımbayla delme denir. Kesme her iki operasyonun birlikte olduğu hallerdeki işleme verilen addır. Kesme teorisi kendince bir bütün olarak ele alınan işlemdir. Genellikle boşaltma işleminin sonucunda elde edilen iş parçası, delme işleminin sonucunda elde edilen artık malzemedir. Bu durumlar Şekil 2 de gösterilmiştir.



1. Artık şerit 2. Boşluk 3. Parça
4. İş parçası 5. Artık malzeme

Şekil 2. Kesme işleminin şerit malzemedeki gösterimi

Zımba ile malzemenin bir parçası kesildiği zaman, kesme operasyonunda plastik deformasyon, kesme ve delme olmak üzere üç safha oluşur.

2.1.1. Plastik deformasyon

Zımbanın iş parçasının üst kısmına doğru hareketi ile, şerit malzemeye değdikten hemen sonra iş parçasında kuvvetler oluşur. Malzemenin elastiklik sınırı aşıldığında deformasyon başlar. Elastik-plastik şerit değişimi ile birlikte iş parçasında alt radyüs bandı, şerit malzemedeki üst radyüs bandı oluşur.

2.1.2. Kesme

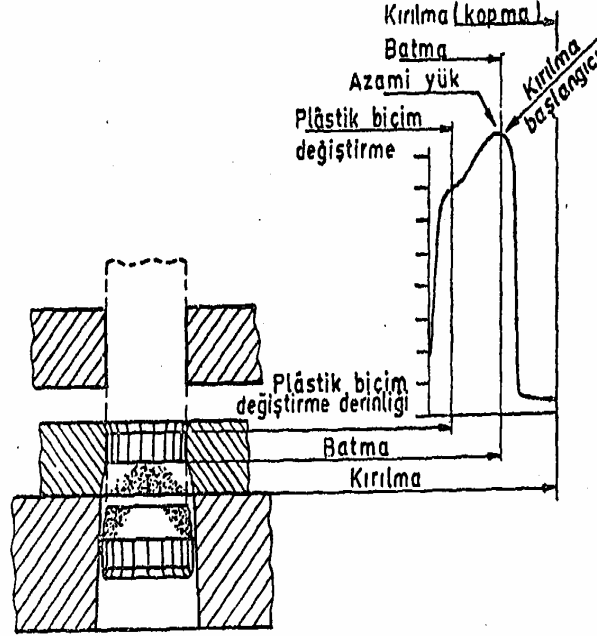
İş parçası zımba ile kalıp boşluğuna itilir. Operasyonun bu noktasında sonuç olarak malzeme kesilerek ayrılmaya başlar. Malzeme zımba ve alt kalıbın kesme kenarında kırılmaya zorlanır. Böylece bu kenarlardan malzeme kesilmeye başlar. Bu anda iş parçası kalıp boşluğuna doğru itilir. Malzeme tekrar kırılmaya zorlanarak kalıp boşluğunda kesilir. Bu ikinci operasyon, şerit malzemenin üst kenarında üçte bir ve delik kenarında üçte bir kesme bandı ile bir radyüs bandı oluşturularak sonuçlanır. Eğer kalıp ile zımba arasındaki kesme boşluğu doğru verilmiş ise zımba ile kalıp arasında meydana gelen kırık hattı ideal olur.

2.1.3. Kırılma

Malzemenin direnci kesme kuvvetlerine karşı koyamadığı an kesme operasyonu tamamlanır. Zımba malzemeye doğru itilince şerit kırılır. Kalıp ve zımbanın kesme kenarları arasındaki boşluğundan dolayı malzemedeki direnç kuvveti bir kırılma bandında ve belirli bir açıda meydana gelir. Zımbanın hareketi ile oluşan kesme bandı, delikle parçayı yapışık şekilde tutmuştur. Zımbanın geri hareketinde kalıptaki engel boşluğu kapatır. Bu engel sıyrıcı plaka olarak adlandırılır. Bu plakanın görevi kalıp tasarımına temel olması kılavuzlama yapması ve kesilen parçanın yukarı çıkmasını engellemektir (Pollack, 1988).

2.2. Kesme Kuvveti İle Kesme Olayı Arasındaki Bağntı

Şekil 3 de bir kesme veya delme zımbasının malzemenin içerisine itildiği zaman, kesme kuvvetinin tipik bir yük dağılımının veren eğri gösterilmektedir (Bardaklı, 1997). Zımba malzeme ile temasa geçtiği an malzeme direnç göstermeye başlar. Yük plastik biçim değiştirme safhasında sürekli artar. Batma oluşurken artmaya devam eder. Kırılma meydana geldiği zaman biriken yük aniden serbest kalır.



Şekil 3. Kesme kuvvetinin kesme olayı ile olan bağlantısı

Yük eğrisi yatay çizgi seviyesine tamamen gelmez. Kesme devresinin altına ulaşınca kadar tedrici olarak alçalmaya devam eder. Tedrici bir yük azalması olur, çünkü kalıp deliğindeki açılma boşluk etkisini gösterdiği zaman kesilen parçalar daha serbestçe hareket ederler (Ostergaard, 1963).

2.3.1. Kesme Kuvveti ve sıyırma kuvveti

Şerit malzemeyi zımba ile kesmek için gerekli olan kuvvet zımba kuvvetidir. Eğer kalıp birden fazla zımbayı kalıplıyorsa, zımbaların her birinin kesme kuvvetinin toplamı kesme kuvvetini verir. Kesme kuvveti aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$F = L_z \cdot \tau_s \cdot t \quad (1)$$

F = Kesme kuvveti, daN

τ_s = Şerit malzemenin kesme dayanımı, daN/mm²

L_z = Kesilen kenar uzunluğu, mm

t = Saç malzeme kalınlığı, mm

Kesme işlemi sırasında malzeme kalıba sıkışabilir veya zımbaya yapışabilir. Bu durumda malzemeyi kalıptan veya zımbadan ayırmak gerekir. Ayırma işlemi için uygulanan kuvvete sıyırma kuvveti denir. Saç malzemenin özellikleri, kesme kenarı şartları, zımbalar arasındaki mesafeler, saç malzemenin kesme payı gibi önemli faktörlerden sıyırma kuvveti etkilenir.

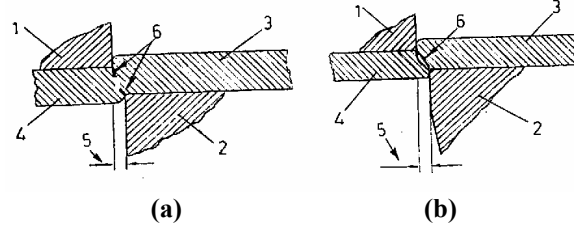
Değişik hallerde sıyırma kuvveti kesme kuvvetinin %5-10 arasında değişir (Bardaklı,1997). Gerçeğe en yakın sıyırma kuvveti değeri,

$$F_s = K \cdot L_z \cdot t \quad (2)$$

ifadesinden bulunur. Burada K(daN/mm²) sıyırma sabiti olup genellikle saç malzeme kalınlığına bağlı olarak 1,5 ile 3,5 arasında değişir.

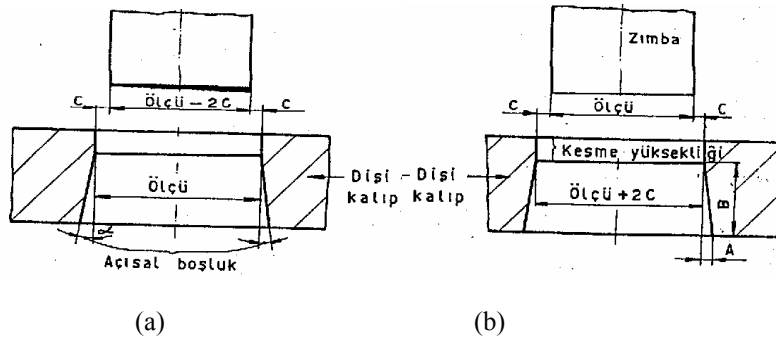
2.3. Kesme Boşluğu

Eğer kalıp ile zımba arasındaki kesme boşluğu doğru verilmiş ise Şekil 4/a daki gibi zımba ile kalıp arasında meydana gelen kırık hattı idealdir. Şekil 4/b de hatların birbirleri ile karşılaşımca kadar ilerlemesi sonucu oluşan kırık gösterilmektedir.



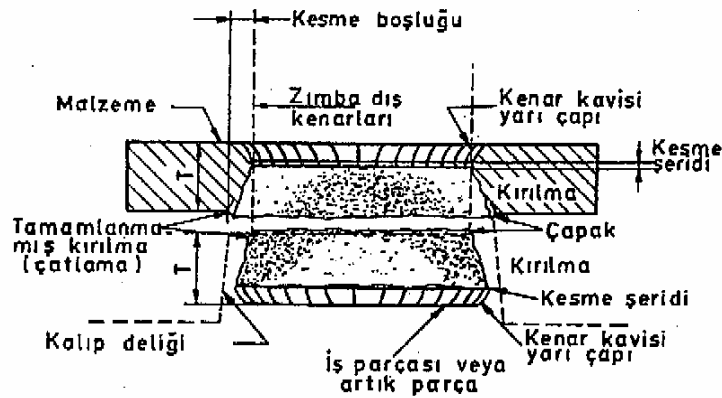
1. Zımba 2. Alt kalıp 3. Malzeme 4. Parça
5. Boşluk 6. Kırıklar

Şekil 4. Kesme boşluğu kırık hattının oluşumu



Şekil 5 Kesme kalıplarında kesme boşluğu, açısal boşluk, kesme yüksekliği

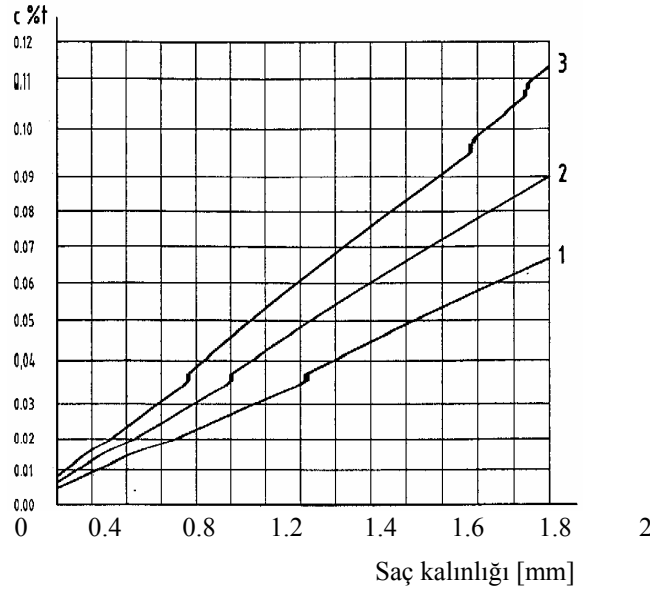
Kesme boşluğu malzemenin cinsine, kalınlığına, dayanımına, üretilecek parça sayısına ve ölçü tamlığına göre düzenlenir. Delme işleminde zımba, kesme işleminde ise alt kalıp ölçüsü sabit yapılır. Zımba ölçüsü ana ölçüden toplam kalıplama boşluğu kadar küçük yapılır (Şekil 5). Şekil 6. da aşırı kesme boşluğu verilen bir parçada oluşan durumlar gösterilmektedir. Malzeme aşırı kesme boşluğuna itildiği ve kırılma meydana geldiği zaman kırılan kenarlarda küçük miktarlarda çapak meydana gelecektir. Aşırı boşluktan dolayı kırılma tamamlanmaz ve çatlaklar meydana gelir.



Şekil 6 Aşırı kalıp boşluğu

Şekil 7' deki Kesme boşluğu diyagramı malzeme cinsine ve kalınlığına göre düzenlenmiştir. Anılan diyagramda üç ayrı guruba ayrılmış olan saç metal malzemelerin cinsleri ve kalınlıklarına göre verilmesi

gereken kalıp boşluğu değerleri bulunmaktadır. Mesela 1.5 mm kalınlığındaki pirinç malzeme için gerekli olan kalıp boşluğu; dikey eksenenden 0.06 mm olarak bulunur.



1. Grup malzemeler : Alüminyum ve alaşımları
 2. Grup malzemeler : Pirinç, bakır ve orta sertlik teki çelikler
 3. Grup malzemeler : Sert ve paslanmaz çelikler
- Şekil 7 Kalıp boşluğu değerleri (Erişkin)

3. KALIP TASARIM PROGRAMI

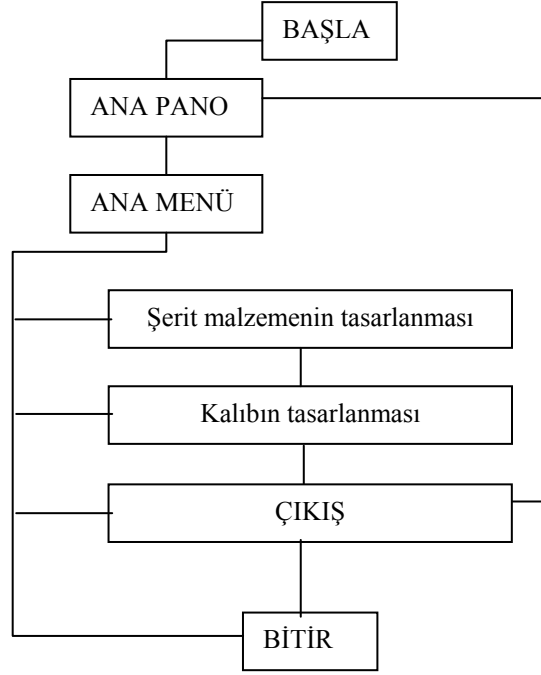
Program QBASIC ile hazırlanmıştır. Saç metal kesme kalıpları programının hazırlanmasında kullanılan bilgisayar donanımının, programlama dilinin ve programı oluşturan alt programların bilinmesi programın anlaşılmasını kolaylaştıracaktır. Anapano.bas, Arkeskal.bas, Bagel.bas, Burçlar.bas, Kaleltas.bas, Kalgeo.bas, Kalset.bas, Kaltas.bas, Kalaspan.bas, Kuvaliz1.bas, Kuvaliz2.bas, sactas.bas, Saplar.bas, Sonuc.bas, Sütünlar.bas, Zımbalar.bas, ana programın çalışmasında kullanılan ve her biri programa ait başka bir fonksiyonunu içeren alt programlardır.

Bu 16 alt program birbiri ile etkileşimli çalışmaktadır. *Anapano.bas* ismi verilen program kütüğü sayesinde diğer bütün alt programların yönetimi sağlanabilmektedir. *Anapano.bas* programının çalıştırılması ile ardışık kalıp tasarımı ana kontrol panosuna ulaşılır (Şekil 9).

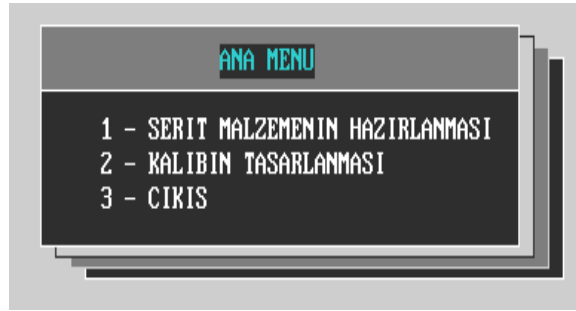
Programın seçenekleri içerisinde

1. Şerit malzemenin hazırlanması
2. Kalıbın tasarlanması
3. Çıkış,

seçenekleri yerleştirilmiştir. Programın başlan-gıcına ait akış şeması Şekil 8 de verilmiştir.

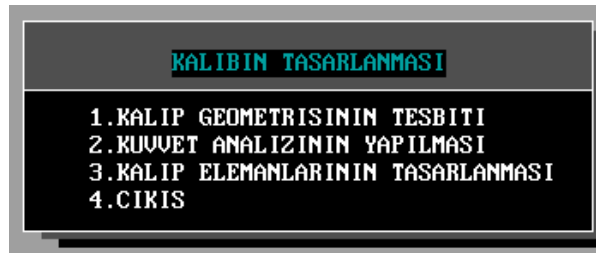


Şekil 8 Program ait ana kontrol akış şeması



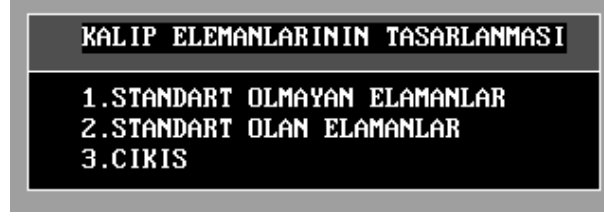
Şekil 9 Program ana kontrol panosu

Ana menü üzerinden kalıbın tasarlanması seçeneğinin numarası yazılıp entere basılması ile kalıp tasarımına başlanılır ve Şekil 10 da ki menü ekrana gelir.



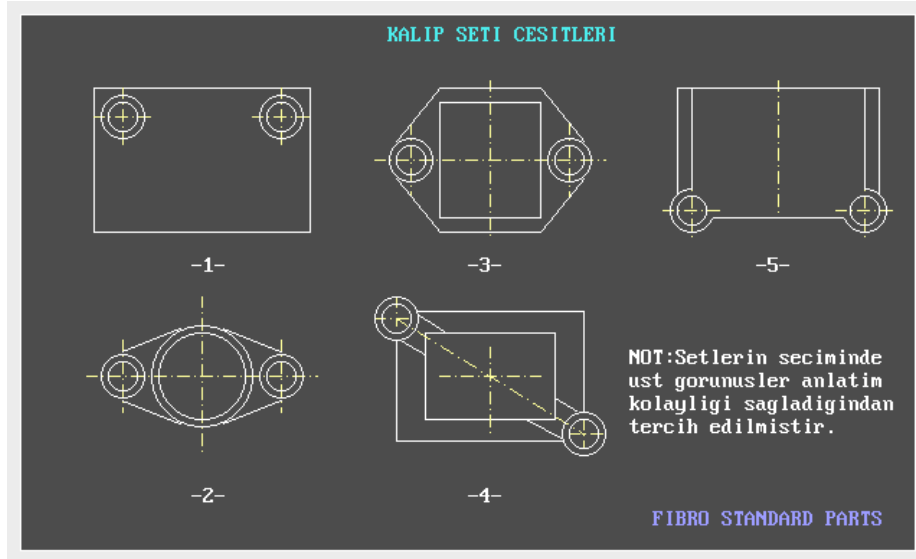
Şekil 10 Kalıbın tasarlanması menüsü

Kalıbın tasarlanması menüsünde Şekil 10' da görülen kalıp tasarımına değerlerin hesabı ve tasarımı yapılabilmektedir. Örneğin bu menüden kalıp elemanlarının tasarlanması için 3 numaralı seçenek seçilirse Şekil 11 da ki iletişim menüsü monitörde görüntülenir.



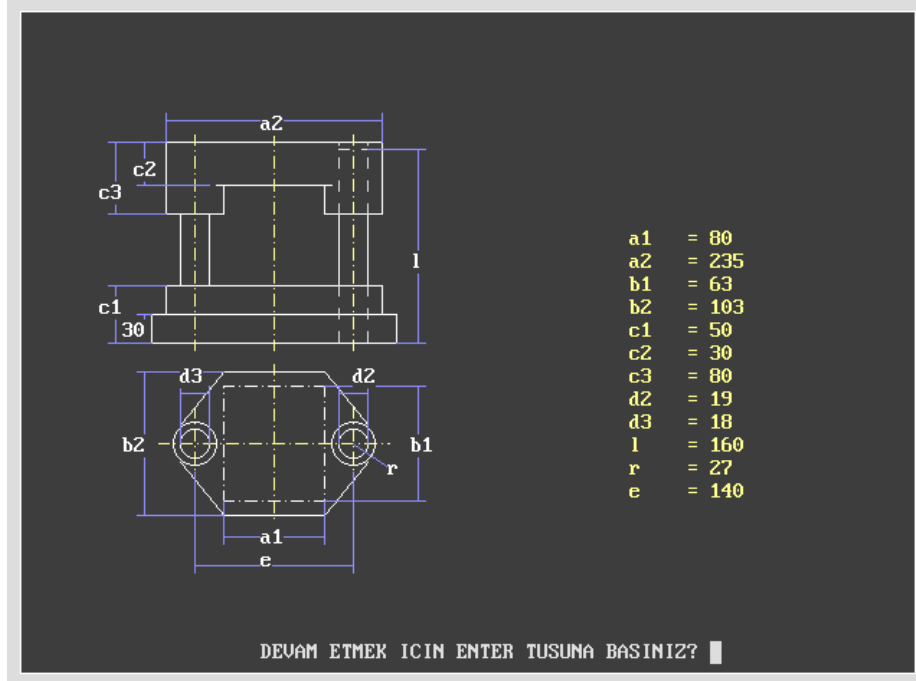
Şekil 11 Kalıp elemanlarının tasarlanması

Bu menüde bir ardışık kalıbı oluşturan bütün standart ve standart olmayan elemanlarının seçimi kalıbın tasarlanması için yapılır.

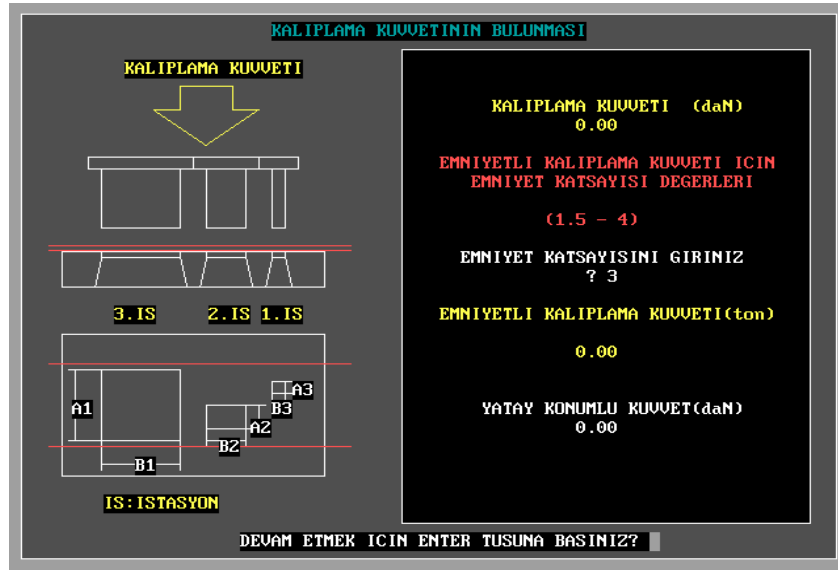


Şekil 12 Kalıp setinin belirlenmesi

Şekil 12, Şekil 13 ve Şekil 14 de kalıp tasarımı aşamasında bilgisayar ile kullanıcı arasındaki iletişimi sağlayan değişik menüler görülmektedir.

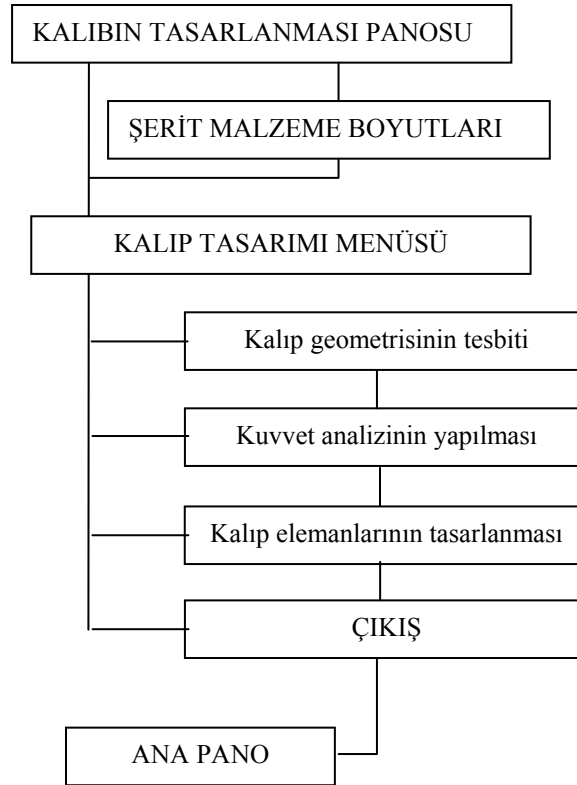


Şekil 13 Seçilen örnek bir kalıp setinin standart boyutlar ölçüleri



Şekil 14 Kalıp baskı kuvvetinin bulunması

Yukarıda resimleri verilen menülerin kullanımına ait bilgisayar akış şeması şekil 15’de gösterilmektedir. Burada alt programların birbiri ile olan ilişkisi görülebilmektedir.



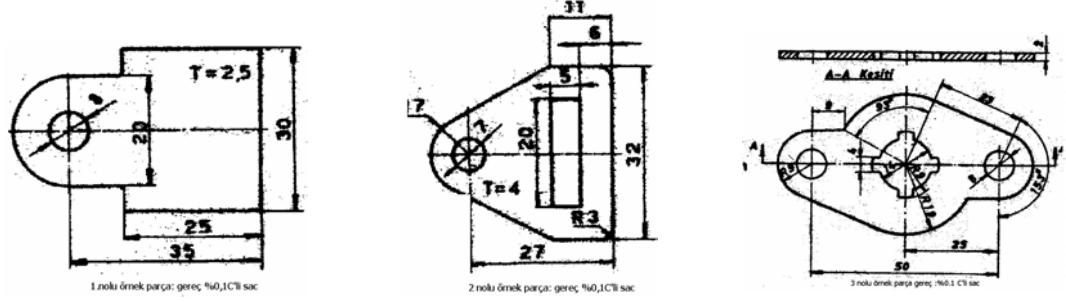
Şekil 15 Kalıbın tasarlanmasına ait akış şeması

4.TASARIM SÜRESİ ETÜDÜ

Bilgisayar destekli kalıp tasarımının önemini daha iyi vurgulamak amacıyla çalışmanın bu bölümünde, tasarım süreçlerinin zaman etüdü yapılmıştır. Üç ayrı örnek parça üzerinde yapılan çalışmada, bu parçaların üretimi için gerekli olan kalıp elemanlarının klasik ve bilgisayar destekli tasarım yöntemleriyle ayrı, ayrı

tasarımları yapılarak , bu süreç için harcanan toplam süreler saptanmış ve iki ayrı tasarım arasındaki fark grafiklerle yorumlanmıştır.

Tasarım aşamasında yapılan belli başlı işlemler genel olarak; Malzeme cinsine göre kalıp boşluğunu belirlenmesi-yan çakı ve dayama yerinin tespiti –zımba kesitlerinin belirlenmesi- kalıplama kuvvetinin hesaplanması-Ağırlık merkezinin bulunması-Dişi kalıp yerleşim planının tespiti-zımba boylarını hesaplanması-sıyırıcı-plaka seçimi-kalıp seti seçimi-kılavuz burç seçimi-bağlantı elemanlarının seçimi (civata)- şeklinde özetlenebilir. Şekil 15.'de görülen 3 ayrı parça üzerinde, konuyu bilen 10 öğrenci önce klasik ve daha sonra da bilgisayar destekli tasarım çalışmaları yapmış ve bu öğrencilerin her parça için harcadıkları süre tespit edilip ortalamaları alınarak tablo 1.'de sunulmuştur.



Şekil 15. Tasarım çalışması için seçilen örnek parçalar

Tablo 1. Klasik ve bilgisayar destekli tasarım süreleri

Parça no	Klasik tasarım süresi (t) dk	Bilgisayar des.tas.süresi(t) dk	Tasarımın yeniden güncelleştirilmesi (t) dk	
			Klasik tasarım	Bil.des.tas.
1	74	5,5	45	3
2	77	6	46	3
3	79	6	46	3

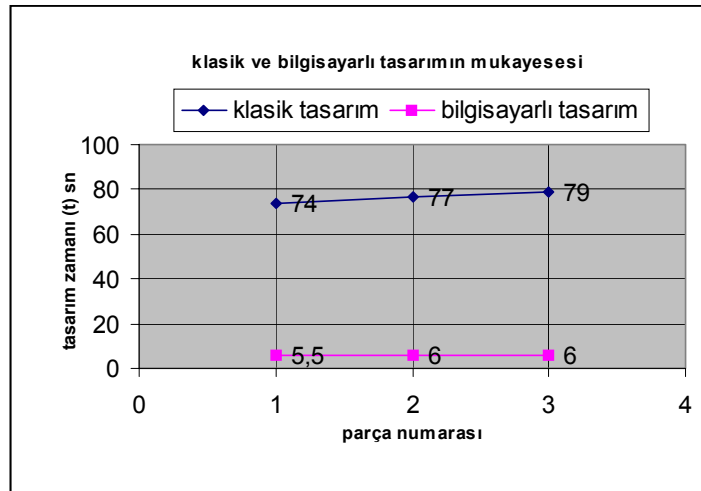
Tablo1'deki tasarım süreleri irdelendiğinde, 1 nolu parçanın kalıp elemanlarının klasik yöntemle tasarımında harcanan ortalama süre 74 dakikayı bulurken aynı parçanın kalıp tasarımında bu süre sadece 5,5 dakikadır. Bu sayıları birbirine oranlarsak, $74 : 5,5 = 13,45$ gibi bir sabit çıkar. Bunun anlamı bilgisayar sayesinde tasarım süresi söz konusu parça için yaklaşık 14 kat azalmaktadır. İkinci parçanın kalıp elemanı tasarımında bu sabit $77:6=12,83$, üç nolu parçanın kalıp tasarımının da ise, $79:6= 13,16$ 'dır.

Tasarım sürelerinin saptanmasında olabilecek beşeri hatalar dikkate alınır, tablodaki değerler için $\pm 0,05$ 'lik bir tolerans her zaman düşünülmelidir. Şekil 16'da klasik ve bilgisayar destekli kalıp elemanları tasarımının grafik yoluyla mukayesesi verilmiştir.

5. SONUÇ

Bu program sac metal kesme kalıpları tasarımında kazanç sağlamak, hata yapma olasılığını en aza indirmek, tasarımcıyı fazla yormamak, pratik ve hassas olarak tasarım yapmak , tasarım süresini en aza indirmek için hazırlanmıştır.Tasarımcı zihninde şekillendirdiği kalıp geometrisini menüler yardımı ile sayısal olarak programa girebilir. Programa girilen kalıp geometrisi değerlerine göre kuvvet analizi yapılır. Kuvvet analizine bağlı olarak standart olmayan alt kalıp, zımba, sıyırıcı plaka gibi parçalar tasarlanabilir. Standart olmayan kalıp elemanlarının boyutlarına göre, kalıp setleri gibi standart olan elemanlar, oluşturulan veri tabanından seçilir.

Program küçük ve orta ölçekli işletmelerin ağırlıkta bulunduğu ülkemiz sanayiine hitap edebilmektedir. İşletmelerde kullanılan kişisel bilgisayarlar ile kullanıma uygundur. Bu programın diğer bir amacı ise sac metal kesme kalıpları konusunda eğitim veren kurum ve kuruluşlarda kullanılmak üzere hazırlanmış olmasıdır.



Şekil 16. Tasarım süresinin grafikte ifadesi

Bu çalışma ile kalıp tasarımı süresi, geleneksel yöntemlere göre oldukça kısaltılmıştır. Ayrıca kalıp üzerinde herhangi bir tasarım değişikliği çok kısa bir sürede yapılabilmektedir. Bu olgu kalıp maliyetini olumlu yönde etkileyecektir.

6.KAYNAKLAR

1. A.S.M. American society for metals handbook committee, 1988, Metals Handbook, ninty edition, volume 14, Forming and forging, 1-68,Ohio.
2. Bardaklı, H., 1997, Ardışık kesme kalıplarının bilgisayar yardımı ile tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniv. 10-60, ANKARA.
3. Büyükbaş, H., 1987, Computer aided strip layout and die design for sheet metal press cutting operations: A masters thesis in Mechanical Eng. METU, 23-66, ANKARA.
4. Donaldson, C., Le Cain, Goold, V., 1973, Tool Design: Mc Graw Hill Book Company, third edition, 632-722,İllinois.
5. Erişkin, Y., 1986, Uygulamalı sac metal konst.: Gazi Üniv. Teknik Eğt. Fak. Yayını, 11-110, ANKARA
6. Kafkasyalı, İ., 1990, Computer aided design of progressive press dies for cutting operations: A masters thesis in Mechanical Eng., METU, 1-76, ANKARA.
7. Nalbant, M., 1997, Bilgisayarla Bütünleşik Tasarım ve İmalat, İsatnbul
8. Ostergaard, D., 1963, Basic Diemaking: Mc Graw Hill Book Company, 1-38, İllinois.
9. Pollack, H., 1988, Tool Design: Prentice Hall, inc., second edition, 414-461, New Jersey.
10. Society of Manufacturing Engineers, 1984, Fundamentals of tool design: second edition, 293-364, Dearbon, Michigan