

SAC-METAL KESME KALIPLARININ PARAMETRİK TASARIMINA YÖNELİK BİR YAKLAŞIM

Ömer KARABIYIK*

Özet

Bu çalışmada, sac-metal kesme kalıplarının tasarımı ve hesaplamalarını daha kolay ve hızlı bir şekilde yapılmasını sağlayan bir parametrik tasarım programı hazırlanmıştır. Tasarım programı için AutoLISP ve DCL programlama dilleri kullanılmıştır. Örnek bir uygulama olarak rondela kesme kalıbı seçilmiştir. Geliştirilen parametrik tasarım programı ile kullanıcı tarafından atanan uygun parametrelere göre AutoCAD çizim ortamında kalıp tasarımı gerçekleştirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Parametrik tasarım, Sac-Metal kesme kalıbı, Bilgisayar destekli tasarım.

AN APPROACH TO THE PARAMETRIC DESIGN OF SHEET-METAL CUTTING DIES

Abstract

In this study, a parametric design program has been prepared to more easily and quickly perform design and calculations of sheet-metal cutting dies. AutoLISP and DCL programming languages have been used for the design program. A washer cutting die was selected as the sample application. The design of the sheet-metal cutting die was carried out drawing environment in AutoCAD according to appropriate parameters assigned by the user.

Keywords : Parametric design, Sheet-metal cutting die, Computer aided design.

1. Giriş

Günümüzün makine imalat sektöründe yaygın olarak, bir makine parçasının veya sisteminin üretimine geçilmeden önce, tasarım hızını ve verimliliğini artırmak amacıyla gerekli çizimler ve hesaplamalar bilgisayar ortamında gerçekleştirilmektedir. Eğer imalat, çok yinelenen ve değişkenlere bağlı tasarımları gerektiriyorsa, parametrik tasarım adı verilen bir yaklaşımın, bilgisayar destekli olarak yapılmasını sağlayan, iki veya üç boyutlu parametrik ve etkileşimli çizim ve modelleme yapabilen tasarım programları kullanılmaktadır [1, 2, 3, 4].

Parametrik tasarım, bir bütünü oluşturan elemanların sahip oldukları özelliklere, parametrik tasarım değişkenleri olarak belirlenen değerlere, ihtiyaçlar doğrultusunda yeni değerlerin aktarılması işlemi olarak tanımlanabilir. Parametrik tasarım ile önceden oluşturulan modellerin yeniden boyutlandırılması ve değiştirilmeleri daha kolaydır. Bazı bilgisayar destekli tasarım programlarının bünyesinde çalışan ve özel olarak geliştirilen diller

* Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü, Isparta/Türkiye, E-posta: omerkarabiyik@sdu.edu.tr

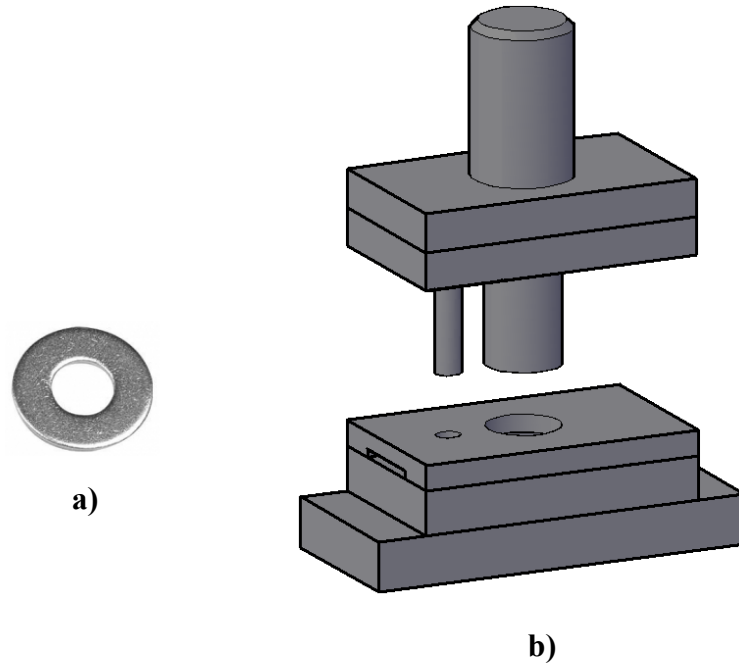
yardımıyla, bilgisayar destekli parametrik tasarım çalışmaları daha verimli hale gelmektedir. AutoCAD yazılımı için geliştirilen AutoLISP programlama dili bunlardan biridir. Ayrıca komut girişlerinde kolaylık ve görsellik sağlayan DCL programlama dili, AutoLISP programlama dili gibi AutoCAD bünyesinde çalışabilmektedir. Bu sayede AutoCAD yazılımı parametrik tasarım için çok elverişli hale gelmektedir [2, 3, 4, 5, 6].

Makine endüstrisinde kullanılan; Cıvata, yay, somun, dişli çark, rondela gibi pek çok makine elemanını, parametrik olarak tanımlayabileceğimiz parametrik tasarım yaklaşımına dahil edebiliriz. Aynı şekilde; asansör, elevatör, konveyör, dişli kutusu, bükme ve kesme kalıpları, duvar kalıpları gibi pek çok sistemi de parametrik olarak tanımlayabiliriz. Parametrik olarak tanımlayabildiğimiz tüm eleman ve sistemlerin tasarımlarını, parametrik tasarım programlarıyla gerçekleştirebiliriz [2, 7].

Bu çalışmanın uygulama konusu olan rondela kesme kalıpları parametrik tasarıma elverişli bir yapıya sahiptir. Yapısı itibariyle rondelalar standart makine elemanlarından ve rondelaları tanımlayan birbiriyle bağıntılı parametreleri mevcuttur. Bu elemanların üretiminde kullanılacak kalıpların da, rondela parametrelerine bağlı olarak değişen; zımba ölçüleri, alt ve üst kalıp ölçüleri, kesme kuvvetleri gibi parametreleri mevcuttur. Bu özellikleri dikkate alındığında, kesme kalıplarının tasarım ve hesaplamaları parametrik tasarım programları sayesinde kolay ve hızlı bir şekilde yapılabileceği görülmektedir.

2. Rondela Kesme Kalıbı

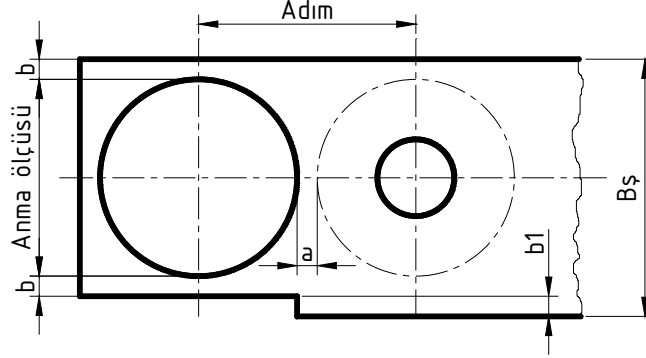
Makine endüstrisinde kullanılan rondelalar saç malzemeden imal edilirler. Rondela geometrisine uygun tasarlanmış zımbaların, sacı kesmesi suretiyle üretilen rondelalara ait kesme kalıplarının tasarımında (Şekil 1), geometrik hesaplamalarının yanında mukavemet hesaplamalarının da yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada pratik uygulamaya yönelik tasarım ve hesapları yapılmıştır.



Şekil 1. a) Rondela, b) Dayamalı iki kademeli rondela kesme kalıbı

2.1. Şerit Malzemenin Hazırlanması

Şerit malzeme hazırlığı, kalıp tasarımında gerçekleştirilecek ilk işlemlerden biridir. Kalıplanacak parçanın biçimi ve boyutları ile tercih edilen kalıplama işlemine uygun olarak hazırlanacak şerit malzemedeki kesme payı miktarları veya artık malzeme yüzdesinin en az seviyede tutulması önemlidir. Bunun için “şerit malzeme yerleşim planı” adı verilen bir planlama yapılır. Şekil 2’te, rondelalar için yapılmış genel bir yerleşim planı gösterilmiştir. Tercih edilecek kalıplama işlemine göre yerleşme planı da değişiklik göstermektedir [9, 10].



Şekil 2. Rondela yerleşim planı

Yerleşim planıyla ilgili olarak hesaplanması gereken büyüklükler için aşağıdaki eşitlikler kullanılır [8]. Üç farklı kalıplama işlemine göre şerit malzeme genişliği de farklı hesaplanır. Şekil 2’deki parametrelere göre;

a-Dayamalı kalıplama işlemine göre şerit genişliği: $B_s = \text{Anma ölçüsü} + 2 \cdot b$ (mm)

b-Tek yan-çakılı kalıplama işlemine göre şerit genişliği: $B_s = \text{Anma ölçüsü} + 2 \cdot b + b_1$ (mm)

c-Çift yan-çakılı kalıplama işlemine göre şerit genişliği: $B_s = \text{Anma ölçüsü} + 2 \cdot b + 2 \cdot b_1$ (mm)

Bu çalışmada konu edilen rondela kesme kalıbı için tasarımcının, yukarıda “a” şıkında belirtilen dayamalı kalıplama işlemine tercih ettiği varsayılarak, yerleşim planı için yapılan hesaplamalar ve çizimler buna göre yapılmıştır.

“n” bir adımda üretilen parça sayısı olmak üzere, tek parça için sarf edilen şerit malzeme yüzey alanı;

$$S = \frac{\text{Adım} \cdot B_s}{n} \quad (\text{mm}^2)$$

“S1” üretilen (kalıplanacak) parçanın yüzey alanı ise, yerleşim planı yapılan şerit malzemenin

“% üretim” ve “% kesme payı” miktarları aşağıdaki gibi bulunur.

$$\% \text{ Üretim} = \frac{S_1}{S} \cdot 100$$

$$\% \text{ Kesme payı} = \frac{S - S_1}{S} \cdot 100$$

Tasarımda, muhtemel yerleşim planları içinden % üretim oranı yüksek olan tercih edilir.

2.2. Rondela Kesme Kalıbı İçin Mukavemet Hesaplamaları

Kalıp elemanlarının tasarımında şerit malzeme hazırlığının ardından yapılması gereken bir diğer işlem, kalıpta kullanılan fonksiyonel bazı elemanların mukavemet hesaplamalarının yapılmasıdır. Önce, toplam kalıplama kuvvetinin hesaplanması gereklidir. Bunun için, kesilen parçanın çevre uzunluğu “ L_T ”, şerit saç malzeme kalınlığı “ T ” ve kesme direncinin “ τ_d ” önceden bilinmesi gerekmektedir. Ayrıca pres emniyet katsayısı EKS 'nin de göz önünde bulundurulması gerekir. Genellikle pres emniyet katsayısı $EKS=1.5...4$ arasında tavsiye edilir. Toplam kalıplama kuvveti “ P ” ve emniyetli kalıplama kuvveti “ $P_{(em)}$ ” aşağıdaki formülle hesaplanır [8].

$$P = L_T \cdot T \cdot \tau_d \quad (\text{kg})$$

$$P_{(em)} = P \cdot EKS \quad (\text{kg})$$

Kalıplama için gerekli iş “ A ” aynı zamanda pres volanı tarafından üretilmesi gereken iş miktarıdır [12].

$$A = \frac{(1 - \%ZBO) \cdot T \cdot P}{1000} \quad (\text{kg} \cdot \text{mm})$$

Kesme kalıplarında kullanılan zımbalar flambaja uğrarlar, o nedenle zımbaların flambaj boyunun *Euler* denkleminde göre hesaplanması gerekir. Çoklu zımbaların bulunduğu kalıplarda, hesaplama yapılırken kesit alanı en küçük olanı alınır ve flambaj boyu hesaplanır. Flambaj boyu hesabı için aşağıdaki eşitlikler kullanılır.

Yükleme kuvveti :

$$P_r = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2} \quad (\text{kg})$$

Zımba kesme kuvveti :

$$P_z = L_z \cdot T \cdot \tau_d \quad (\text{kg})$$

Bu iki ifade birbirine eşitlenirse,

$$\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2} = L_z \cdot T \cdot \tau_d$$

Zımba flambaj boyu:

$$L = \pi \sqrt{\frac{E \cdot I}{L_z \cdot T \cdot \tau_d}} \quad (\text{mm})$$

Daire kesitli zımbalar için atalet momenti:

$$I = \frac{\pi \cdot D^4}{64} \quad (\text{mm}^4)$$

Dişi kalıp ölçülerinin belirlenmesinde bazı hazır çizelgeler kullanılır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Dişi kalıp ölçüleri

Sac kalınlığı “ T ”, [mm]	Dişi kalıp kalınlığı “ B ”, [mm]	KALIP DELİĞİNDEN KALIP KENARINA OLAN “ A ” UZAKLIĞI		
		1	2	3
		Yuvarlak kenarlı kalıp deliği	Düzgün kenarlı kalıp deliği	Keskin kenarlı kalıp deliği
0 - 1.5	24	27	35	46
1.5 - 3.0	28	32	38	62
3.0 - 4.5	35	38	52	70
4.5 - 6.0	40	46	62	86
6.0 -	48	52	72	90
Pratik olarak		$A=1.25 \times B$	$A=1.5 \times B$	$A=2 \times B$

Zimba plakasının kalıp üst plakasına montajında kullanılan cıvata çapı ve sayısının hesaplanması kalıp tasarımının bir parçasıdır. Çünkü zimba plakasının montajında kullanılan cıvatalar dişi kalıbın montajında kullanılan cıvatalardan daha fazla zorlanırlar. Bu nedenle tüm kalıp için kullanılacak olan cıvata çapı ve sayısının hesaplanmasında, kalıp üst plakası ile zimba plakasını birleştiren cıvataların hesabı referans alınabilir. Hesaplama öncelikle kesme kalıplarında yatay konumlu kuvvet olan “ F_x ” in bulunması gerekir. Bunun için aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$$F_x = \frac{P \cdot C}{(1 - \%ZBO) \cdot T} \quad (\text{kg})$$

Cıvata ile birbirine bağlanılacak olan kalıp üst plakası ile zimba plakası arasındaki sürtünme kuvveti, maksimum cıvata çapı ve sayısının bulunmasında öncelikli olarak hesaplanır. Bunun için sürtünme katsayısı formülünden yararlanır [8].

$$\text{Sürtünme katsayısı :} \quad \mu = \frac{\text{Yatay konumlu kuvvet } (F_x)}{\text{Sürtünme kuvveti } (F_s)}$$

$$\text{Sürtünme kuvveti :} \quad F_s = \frac{P \cdot C}{(1 - \%ZBO) \cdot T \cdot \mu} \quad (\text{kg})$$

Minimum cıvata çapı ve sayısının hesaplamasında sürtünme kuvveti, cıvatanın kesme kuvvetine eşitlenir.

$$\text{Cıvata kesme kuvveti :} \quad P_c = F_s = \frac{\pi \cdot d_c^2 \cdot \tau_{dc}}{4} \cdot n \quad (\text{kg})$$

$$\text{Buradan cıvata diş dibi çapı :} \quad d_c(\text{min}) = \sqrt{\frac{4 \cdot F_s}{\pi \cdot \tau_{dc} \cdot n}} \quad (\text{mm})$$

$$\text{Cıvata sayısı :} \quad n(\text{min}) = \frac{4 \cdot F_s}{\pi \cdot \tau_{dc} \cdot d_c^2} \quad (\text{adet})$$

Kesme kalıplarında kesme işleminin düzgün gerçekleşebilmesi için kesme boşluğu adı verilen bir boşluk verilmelidir [12.13]. Boşluk değerleri hazır tablolardan seçilebileceği gibi hesaplama yoluyla da belirlenebilir. Kesilecek sac kalınlığına göre kesme boşluğu aşağıdaki eşitliklerle hesaplanır.

$$T \leq 3 \text{ mm den ince saclar için tek taraflı kesme boşluğu : } C = x \cdot T \cdot \sqrt{T} \quad (\text{mm})$$

Burada “ x ” katsayısı 0,005 ile 0,035 arasında bir değerdir.

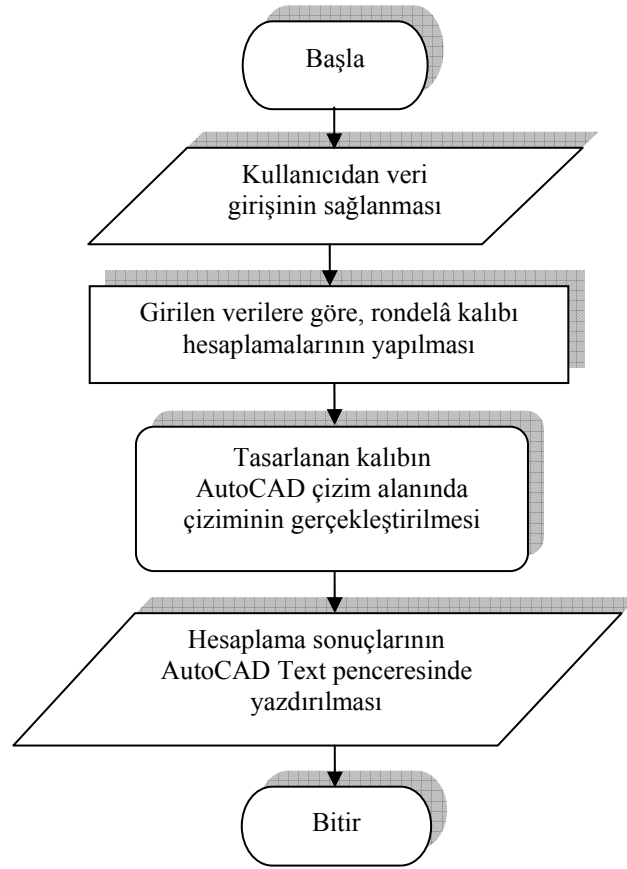
- Hassas kesmelerde temiz yüzeyler için $x = 0,005$
- Yüzey önemli değilse $x = 0,035-0,04$
- Genel amaçlı kalıplarda $x = 0,01$ alınır.

$$T > 3 \text{ mm'den kalın saclar için tek taraflı kesme boşluğu: } C = [(1,5 \cdot x \cdot T - 0,015) \cdot \sqrt{T}] \quad (\text{mm})$$

Delme işleminde kesme boşluğunu dişiye vermemiz gerekir [13], yani dişi delik çapı, anma ölçüsünden kesme boşluğunun iki katı kadar (+ 2.C) büyük yapılır. Burada kesmeyi zimba yapar dolayısıyla parçanın ölçüsünü zimbanın ölçüsü tayin eder [8].

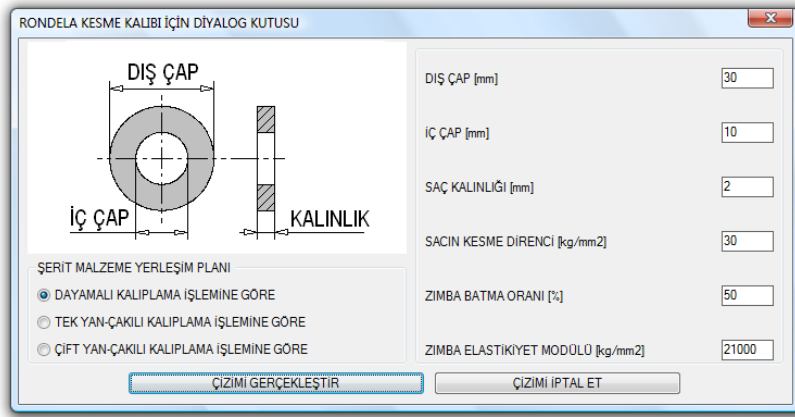
3. Geliştirilen Parametrik Tasarım Programı

Bilgisayar destekli tasarım programları tasarımcıya; tasarımların kısa sürede tamamlanması, hataların en aza indirilmesi, tasarım kalitesinin artırılması gibi önemli üstünlükler sağlamaktadır [11]. Kalıp tasarımı süreçleri dikkate alındığında, birbiriyle çalışan parçaların sorunsuz bir şekilde görevini yerine getirebilmesi için, öncelikle gerekli hesaplamaların hatasız yapılmasından sonra, bulunan ölçü ve boyutların eksiksiz ve tam olarak çizime aktarılması gerekir. Bu amaçla, rondela kesme kalıbı tasarımı ve çizimi için bir parametrik tasarım programı hazırlanmıştır. Program AutoLISP programlama dilinde yazılmıştır. Programa ait akış şeması Şekil 3'te gösterilmiştir. Program alt modüllerden oluşmakta ve modüllere veri girişi DCL (Dialog Control Language) ile hazırlanan diyalog kutuları ve "Command" satırı yardımıyla yapılmaktadır.



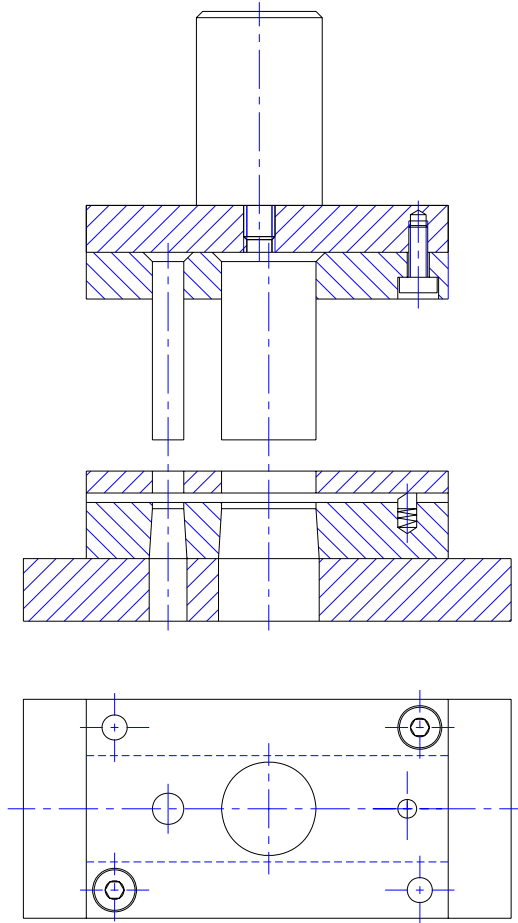
Şekil 3. Program akış şeması

AutoCAD programı çalıştırıldıktan sonra açılan boş bir standart çizim sayfasında, "rondela.lsp" isimli AutoLISP uygulaması yüklenerek, uygulamayı başlatacak komut adı girilmesi durumunda Şekil 4'te gösterilen diyalog kutusu ekrana gelir. Diyalog kutusu üzerinde kullanıcı tarafından girilmesi istenen veri girişi için text kutuları mevcuttur. Bu text kutularına başlangıçta güncel değerler verilmiş olup, kullanıcı isterse bunları değiştirerek kendi isteğine uygun kalıp tasarımını gerçekleştirebilmektedir.



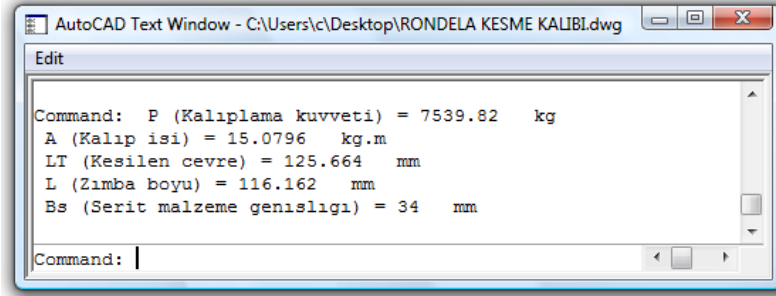
Şekil 4. Diyalog kutusu

Bu diyalog kutusu üzerinde, tasarımı yapılacak kesme kalıbına ait parametrelerin girilmesinin ardından “ÇİZİMİ GERÇEKLEŞTİR” butonuna basılmasıyla diyalog kutusu ekrandan kaybolur ve program bir sonraki işlem olarak kullanıcıdan AutoCAD çizim ekranı üzerinde çizimin başlatılacağı bir noktanın belirlenmesini ister. Girilen parametrelere göre programın arka planında saniyeler içerisinde gerekli hesaplamalar yapılarak çizim için gerekli büyüklükler belirlenir ve AutoCAD çizim komutları kullanılarak ve başlangıç noktası referans alınarak kesme kalıbı çizimi gerçekleştirilir (Şekil 5).



Şekil 5. AutoCAD çizim ekranına çizdirilen kesme kalıbı

En son olarak AutoCAD "Text" penceresinden görülebilecek olan hesaplama sonuçlarının yazdırılmasıyla programın çalışması sonlanır (Şekil 6).



Şekil 6. Hesaplama sonuçlarının AutoCAD'e ait Text penceresinde yazdırılması

4. Sonuç

Rondela, makine endüstrisinde çok sık kullanılan standart makine elemanlarından biridir. Bununla beraber standart ölçülerde olmayan özel amaçlı rondelalar kullanıldığı da görülmektedir. Bu çalışma ile ister standart isterse özel ölçülere sahip rondelalar için kesme kalıbı tasarımı pratik olarak gerçekleştirebilen bir parametrik tasarım programı hazırlanmıştır. Bu sayede normalde bir rondela kesme kalıbı için, hesaplamalarından çizimine kadar harcanacak sürede, binlerce kalıbın hesaplama ve çizimini yapabilecek bir AutoLISP ve DCL programı yazılmıştır. Programın gelecekteki ihtiyaçlara göre geliştirilebilir özelliğinin olması ayrı bir avantaj sağlamaktadır. Programın diyalog kutuları sayesinde görselliğinin artırılmış olması, kalıp tasarımı hakkında derin bilgiye sahip olmayanların bile rahatlıkla kullanabilmesine olanak sağlamaktadır. Hazırlanan program mevcut haliyle iki boyutlu rondela kalıbına ait çizimleri gerçekleştirebilmektedir. Mevcut programın, ileride yapılacak geliştirmelerle, pratik iki boyutlu (2D) çizimlerin yanında daha detaylı hesaplamalarla birlikte üç boyutlu (3D) çizimleri de yapabilir hale getirilmesi mümkündür. Bu sayede programa, daha etkin bir rondela tasarım programı özelliği kazandırılabilir.

5. Kaynakça

- [1]. Kondo, K., "PIGMOD: Parametric and interactive geometric modeller for mechanical design", Computer Aided Parametric Design, 22, 10, 633-644, 1990.
- [2]. Başak, H. ve Gülesin M. "Prizmatik parçalar için unsur tabanlı parametrik tasarım programı", Teknoloji, 4, 2000.
- [3]. Başak, H., "VisualLISP ve AutoCAD Uygulamaları", Pusula Yayıncılık, 2003.
- [4]. Çıkış, E., "AutoLISP" Beta Yayınları. 1993.
- [5]. Başak, H. ve Gülesin M. "Prizmatik parçalarda parametrik tasarım uygulaması", Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 4, Sayı 2, 31-42, 2000.
- [6]. Özdemir, U., "Dişli kutusunun parametrik tasarımında; dönme yönü, güç ve helis açısı değişiminin millerdeki eğilme momentine etkisinin istatistiksel analizi", Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, cilt 2, sayı 2, (15-25), 2005.
- [7]. Arslan, M., Durmuş, G., "Betonarme duvar kalıpların üç boyutlu parametrik tasarımı", Gazi Üniv. Müh. Mim. Fakültesi Dergisi, Cilt 22, No 2, 287-294, 2007.

- [8]. Erişkin, Y., “Uygulamalı Saç Metal Kalıp Konstrüksiyonu”, Gazi Üniversitesi Basın-Yayın Yüksekokulu Matbaası”, Ankara, 1986.
- [9]. Suchy, I., “Handbook of DIE Design”, McGraw-Hill, 1997.
- [10]. Paquin, J., R., Crowley, R., E., “Die Design Fundamentals” Industrial Press Inc., 1986.
- [11]. Demirel, M., “Perçin Sistemlerinin Parametrik Tasarımı”, <http://www.femmuhendislik.com/makalelerimiz/percin-sistemlerinin-parametrik-tasarimi.html>, Son erişim: 15.02.2011.
- [12]. Turhan, G. A., “Pres İşleri Tekniği Bölüm I”, MMO yayınları, Yayın no 129, 1989.
- [13]. Baeumler, F., “Keeping pace with today's punching requirements” <http://www.thefabricator.com/article/punching/keeping-pace-with-todays-punching-requirements#>, Son erişim: 15.02.2011.