

1. GİRİŞ

Araç konforunu artırmak için 90'lı yılların ortalarında hidrolik kumandalar ve çift kütleli volanlar kullanılmaya başlanmıştır. Debriyajda sürücünün konforunu artırmak için çok uzun yıllar çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucu standart amortisör kullanımının ardından radyal progresiviteli ve histerezisli amortisörler de kullanılmaya başlanmıştır. Debriyaj sistemlerinde yapılan yeniliklerin amacı darbe amortisör yelpazesini genişleterek aracın konforunu artırmaktır. Bu yeniliklerden biri de H4 histerezis rondelasının kullanımınıdır. Histerezis rondelaları, histerezis oluşturarak aracın daha konforlu hale gelmesini sağlarlar. Bu nedenle H4 histerezis rondelasın da oluşan hatalar aracın konforunu etkiler. Motorlu araçlarda bu parça ile ilgili problemler; parçanın kulak kısmındaki yırtılmalar ve belli bir kilometreden sonra parçadaki kırılmalarıdır.

Bu çalışmada, H4 Histerezis rondelasında oluşan hasarları gidermek amacıyla yeni bir malzeme seçilmiştir. Ayrıca, malzemenin geometrisi yeniden belirlenmiştir. Bu sebeple, DD11 malzemesine yerine C15E malzemesi kullanılmaya yoluna gidilmiştir. Malzemenin ve parça geometrisinin uygunluğu ANSYS programı ile doğrulanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Debriyaj

Motor ile vites kutusu arasındaki bağlantıyı sağlayan bir aktarma organıdır. Sürücünün isteğiyle, aracın harekete geçirilmesi, hız değiştirilmesi ve durdurulması gibi olayları gerçekleştirir (Anonim 2007).

Debriyajın, güç iletiminin sağlanmasında ki özel görevi, onu çok önemli bir parça durumuna getirmektedir. İçten yanmalı motorlarda, uygun olmayan bir çok özellik vardır. Bunlardan en istenmeyeni vibrasyondur. Debriyaj; bu vibrasyonu engellemek için, bir çok yaylar ve vibrasyon yutucu elemanlarla donatılmıştır (Anonim 2007).

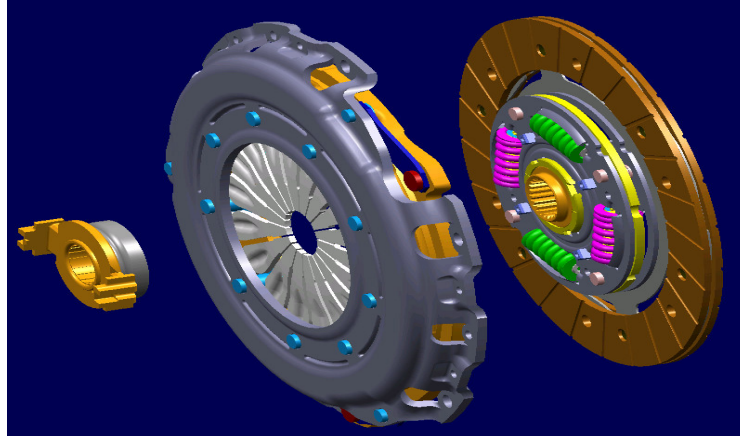
Debriyajın diğer bir özelliği de, değişik vites oranlarına göre, motor torkunun uygulanabilirliğini sağlamaktır. Rahatlıkla vites değiştirebilmek için, motoru vites kutusundan ayırmak gerekir. Bu görevi de debriyaj üstlenir. Ayrıca, farklı hızlarda dönmelerine rağmen, motor ile vites kutusunun yeniden birleşmesini sağlar ve bu işlem sırasında oluşan ısıyı hasara sebep olmayacak şekilde dağıtır (Anonim 2007).

Debriyaj, motor torkunun, vites kutusuna rahat bir şekilde uygulanmasını sağlar. Bu özellik, kolayca vites değiştirmeyi ve konforlu kalkışı getirir (<http://www.valeoclutches.com>, 2008).

Debriyajın başka bir fonksiyonu da, motor ve vites kutusu arasında, bir güvenlik valfi olmasıdır. Yüksek ve ani torkların, vites kutusuna zarar vermesini önleyen bir sigorta görevi görür (Anonim 2007).

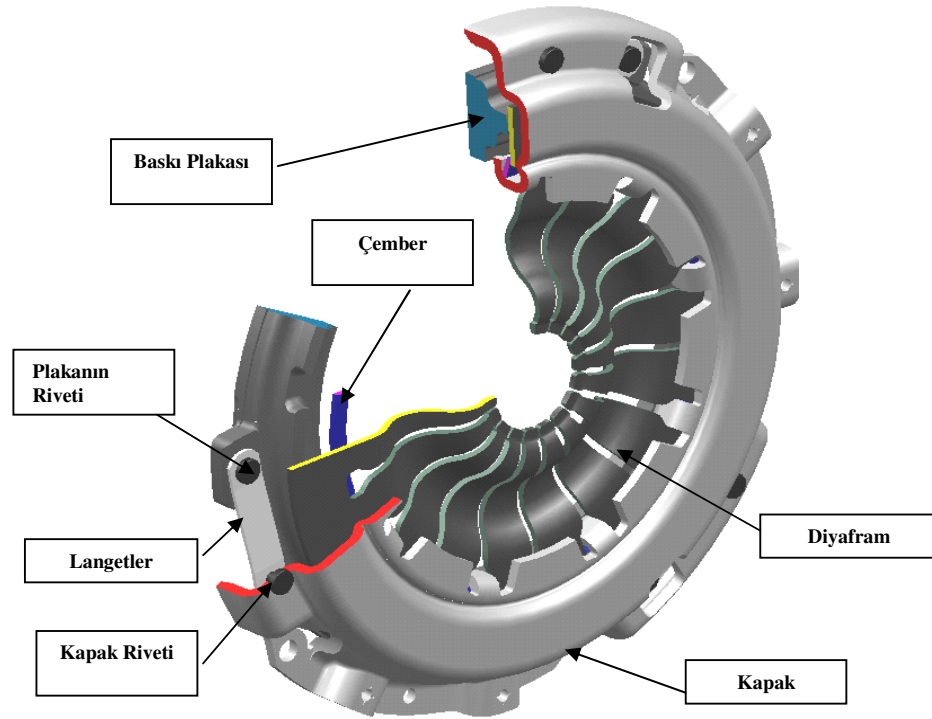
2.1.1 Debriyaj elemanları:

Debriyaj elemanları: Debriyajın üç önemli parçası vardır. Baskı, Disk ve Rulman kompleleri (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Debriyajın üç önemli parçası.

Baskı kompleksi: Motor volanına bağlı pozisyonundadır. Başlıca şu parçalardan oluşur:



Şekil 2.2 Baskı plakasının parçaları

Kapak: Derin çekilmiş sacdan yapılmıştır. Bazı tiplerde döküm olanlarıda vardır.

Baskı Plakası: Dökümdür. Langetlerin yardımıyla, doğrusal hareket yaparak ayrılmayı sağlar (Anonim 2007).

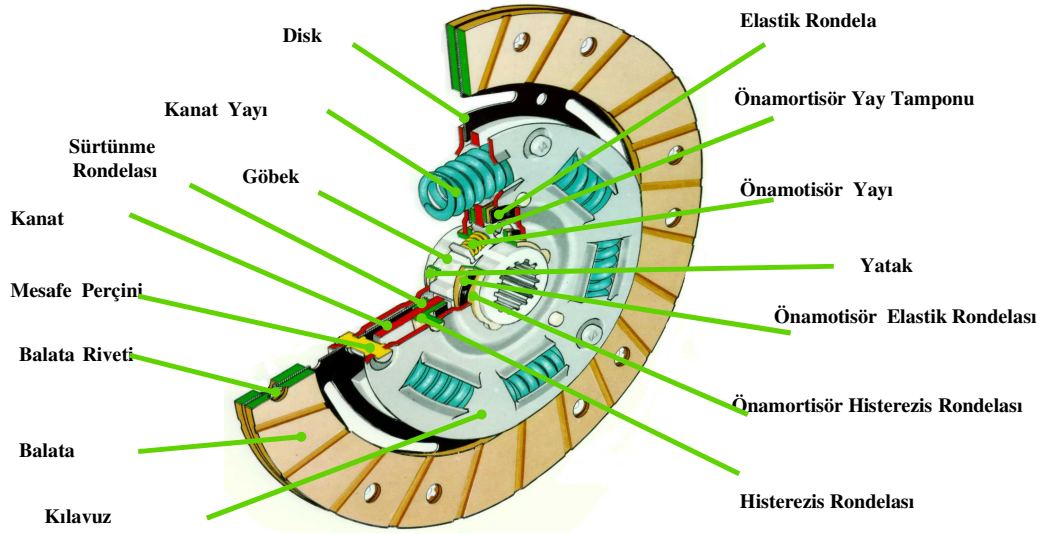
Diyafram: Debriyaj yükünü sağlar. Özel çelikten yapılmıştır. Baskı tiplerine göre, diyaframın kapağa montaj şekilleri değişmektedir.

Baskı 3 fonksiyonu yerine getirir.

- Kavrama Pozisyonunda; Torku tamamen iletebilmek için diyafram yeterli eksenel yük sağlayarak balataya baskı uygular.
- Ayrılma pozisyonunda; motor ile dişli kutusunun ayrılmasına olanak sağlamaktır.
- Ayrılma Pozisyonunda; Baskı plakası aracı çalıştırma ve vites değiştirme esnasında kaybolan termal ısıyı absorbe eder (Anonim 2007).

Baskı plakasının karakteristik eğrisi baskı plakası, rulman yükü ve ayrılma gibi bir çok kritere cevap verecek şekilde tanımlanmıştır.

- Baskı Yükü : Yeni ve de aşınmış haldeki minimum yük tork iletimini garanti eder. Baskı düşürüldüğünde bu eğri kolayca düşebilir. Bu yük uygun değilse araç üzerinde kaçırma problemine sebep olur.
- Rulman Yükü: Yeni ve aşınmış durumdaki maksimum yük kabul edilebilir pedal yükü elde etmeye olanak sağlar; bunun yanında aracı çalıştırma ve vites değişiklikleri esnasında yeterli pedal konforu sağlar. Yüksek rulman yükü araçtaki pedal yükü üzerinde olumsuz etki eder.
- Ayrılma : Minimum değer diskin serbest kalmasını ve değişim kolaylığı sağlar. Düşük ayrılma değerleri vites değişimini zorlaştırır ya da vites değiştirilemez.



Şekil 2.3 Diskin önemli parçaları

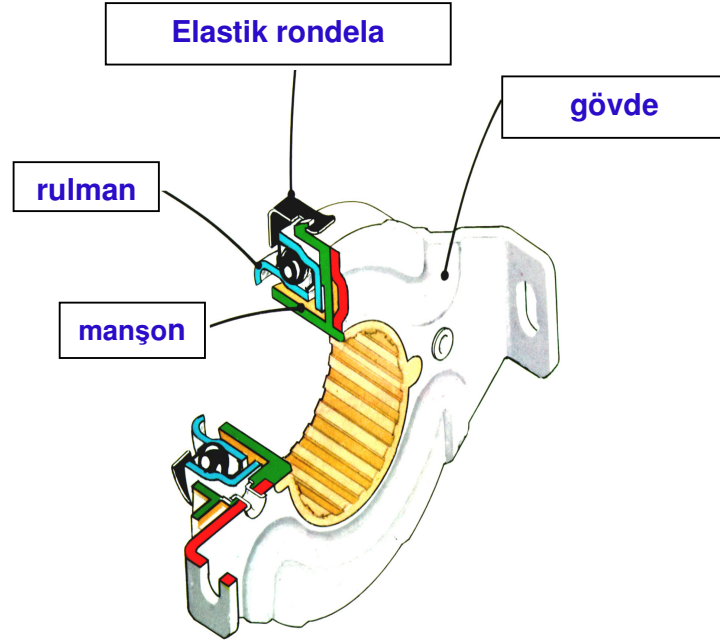
Disk Kompleksi: Vites kutusundan çıkan prizdirek üzerine, serbest geçmiş durumdadır. Baskı plakası ile volan arasındadır. Prizdireke hareket iletir. İki tarafı sürtünme balataları ile donatılmıştır. Çalışma esnasında sesler meydana getirebilecek ve aktarma organlarında, yıpranmaya yol açabilecek bir aktarım titreşimleri sönmüleyecek, çeşitli yaylara sahiptir.

Debriyajın çalışmasında diskin rolü:

- Kavrama noktasında torku iletmek: Diskin rolü (Sürtünme katsayısı ve ortalama çap).
- Motor torkunu progresiviteli olarak ayarlamak: Diskteki progresivitenin rolü (Eksenel Eğim).
- Motorun dönüş esnasında oluşturduğu düzensiz hareketleri filtre etmek: Göbek ve ana şok absorbe edicinin rolü (circumferential stiffness ve histerezis).

Shock absorber: Shock absorber birbirlerine elastik olarak bağlı ve dönme esnasında birbirlerinin hareketlerine uyumlu iki adet hareketli bileşeni kapsar.

- Balata ve kılavuz rondela ile birlikte diskin bir parçası , volan ile bağımlıdır.
- Diğer parça, kanat ve göbek dişli kutusunun mili ile bağımlıdır.



Şekil 2.4 Rulmanın önemli parçaları

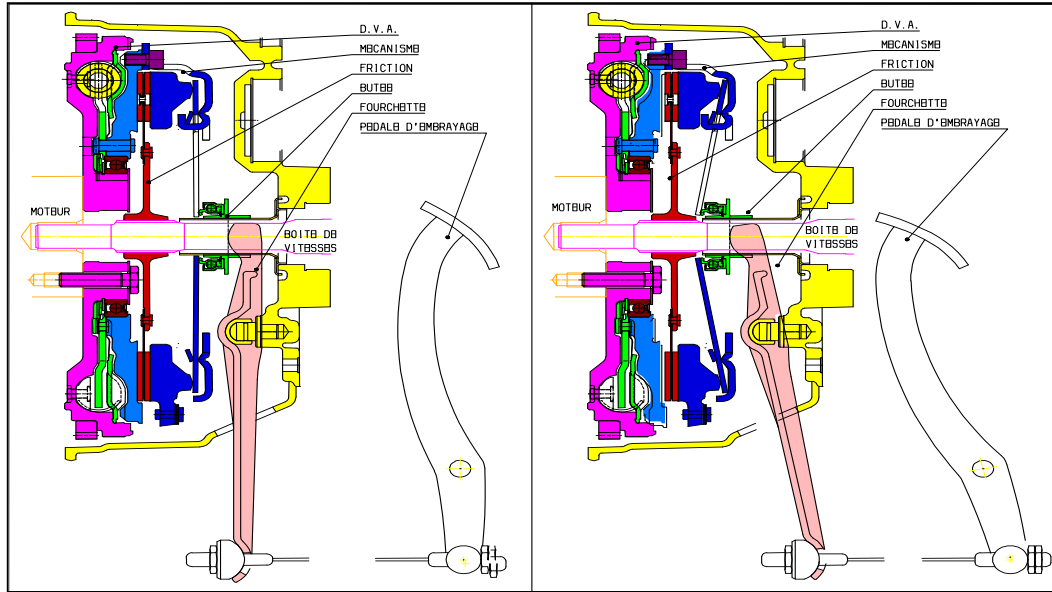
Rulman Komitesi: Otomatik merkezlemeli ve temelde, bir manşon ile bilyalı bir rulmandan oluşur. Vites kutusuna sabitleştirilmiş prizdirek muhafazası üzerinde bulunur. Çatal yardım ile hareket eder (Anonim 2007).

Otomatik merkezleme sistemi ile de, volan ve prizdirek eksenlerinin çakışmaması durumunda, aksenal kaçıklığı tolere ederek, yıpranmaları önler.

2.1.2. Debriyajın çalışması:

Debriyaj pedalına basıldığında hareket kablolu veya hidrolik sistemle debriyaj çatalına iletilir (Kablolu sistem daha çok kullanılır. Aşınmaları telafi edebilmesi nedeniyle, debriyaj pedalını hep aynı yükseklikte tutar. Bu özelliği nedeniyle tercih edilmektedir).

Debriyaj çatalının hareketiyle, rulman diyaframa baskı yaparak hareket etmesini sağlar. Bu kurs esnasında diyafram kaldıraç gibi çalışır. Çevresi, vites kutusu tarafına doğru hareket eder. Yay görevi gördürmek amacıyla, kurulu pozisyonda duran langetler, diyafram engeli kalktığı için, baskı plakasını vites kutusu tarafına çeker. Bu hareketle plakalar üzerinden yük kalkar ve disk kompleksi boşta kalır. Böylece rahat vites değiştirmeye olanak sağlanır.

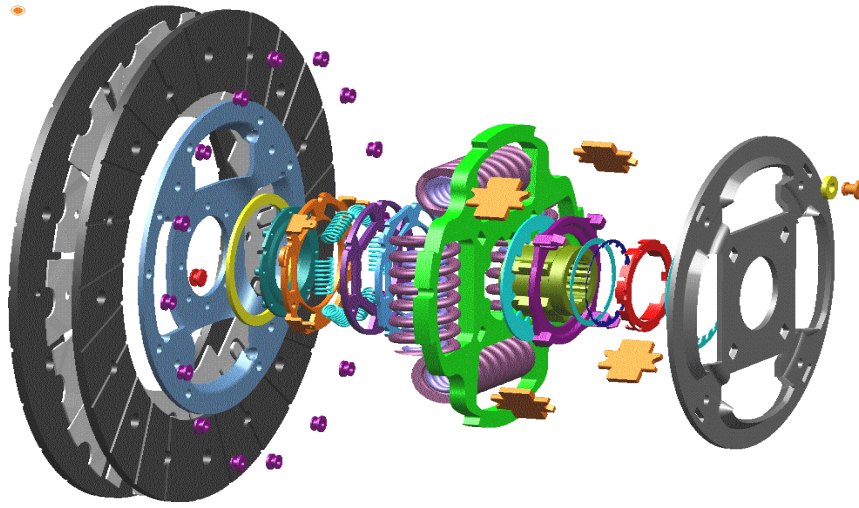


Şekil 2.5 Debriyajın çalışması

2.1.3. H4 histerezis rondelası:

Debriyajın çalışması sırasında iç komponentlerin birbirine göre göreceli hareketleri vardır. Bu hareketler sonucu sürtünme kuvveti oluşur. Bu sürtünme kuvvetlerinin oluşturduğu etkiye histerezis denir. Histerezis sürtünme ile kontrol edilir. Histerezisin

rondelalarının görevi dişli kutusundan gelen titreşimleri almaktır. Debriyajın bir görevinde motordan gelen düzensizlikleri filtre etmektir. Bu düzensizliklerden biride vibrasyondur. Debriyaj bu vibrasyonu zararsız hale getirebilmek için birçok yaylar ve vibrasyon yutucu histerezis rondelaları gibi komponentlerle donatılmıştır. Böylece bir yastık görevi görmektedir.



Şekil 2.6 Histerezis oluşturan parçalar

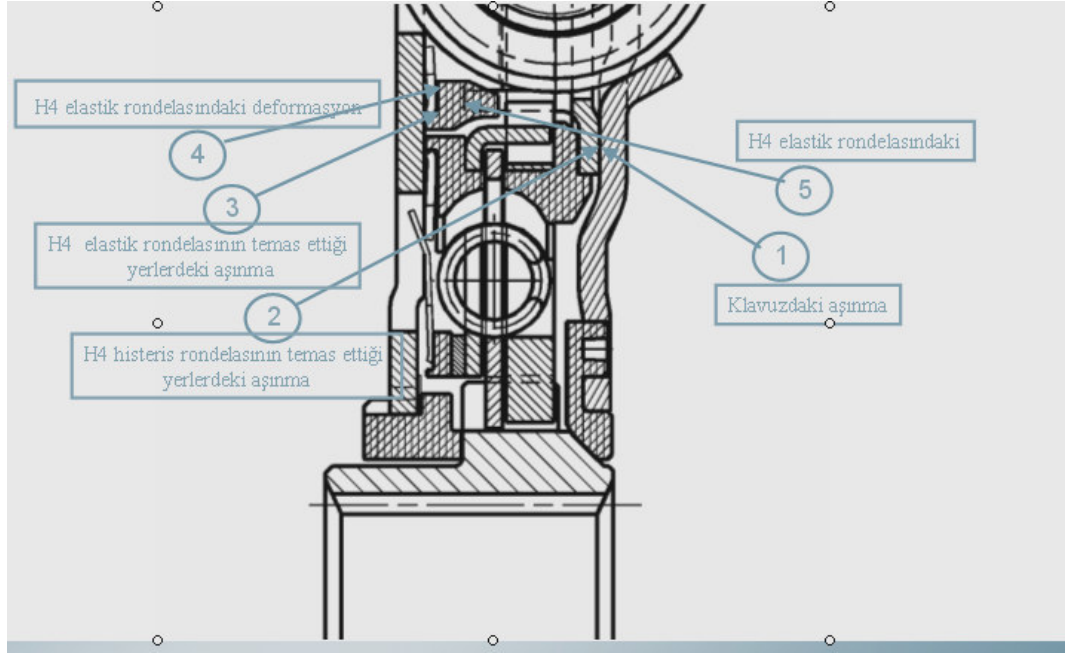
Debriyajda birbirine göre göreceli hareket eden komponentlerin malzemelerini, çaplarını ve bunlara etki eden dikey kuvvetleri kontrol ederek histerezis istenilen seviyede ayarlayabilir (Anonim 2007).

Motordan gelen düzensizlikleri debriyajda ortadan kaldırma görevi iki şekilde sağlanır.

1. Stiffness: Aracın konforunu olumsuz yönde etkiler. Stiffness değeri arttıkça aracın ayrılması zorlaşır. Kolay vites değiştiremez.
2. Histerezis: Debriyajda, motordan gelen düzensizlikleri filtre etmek için oluşturulan sürtünme kuvvetlerinin oluşturduğu etkiye histerezis denir. Histerezisin aracın konforunu artırmakta olumlu etkisi vardır (Anonim 2007.)

Stiffnessı debriyajdaki yaylar ve yayları kuran komponentler sağlar.

H4 histerezis rondelası, çalışırken (tam torkda) metal metale sürtünmeyi sağlamak için yaylar ile kanat arasında çalışır ve kılavuz rondelaya sürtünür.



Şekil 2.7 H4 histerezis bölgesini oluşturan yüzeylerdeki aşınmalar.

H4 rondelasının görevi sürtünme yüzeyi oluşturarak histerezis oluşturmaktır. Şekil 2.7'de görüldüğü gibi bu parçanın mekanik ve korozyon dayanımının iyi olması gerekmektedir. Bunu ayarlamak için parçanın tasarımın, üretim yönteminin ve en önemlisi malzemesinin uygun seçilmesi gerekmektedir (Anonim 2007).

2.2. Kesme Kalıpları

Kesme, pres kalıpcılığında en çok kullanılanıdır. Kesme kalıplarının bölümleri, kesmenin tanımı ile belirlenebilir. O halde kesme, levha halindeki metal veya metaldışı yarı mamülün bir hat boyunca veya planlanan biçimde birbirinden ayırma işlemine kesme denir. Kalıp imalatçısının iyi bir kalıp planı yapabilmesi için kesme esnasında meydana gelen olayları gayet iyi bilmesi gerekir (Ataşimşek,1977).

2.2.1. Kesme

Kesme olayı; iş parçasının ebatları, şekli ve kalitesi ile ilgilidir. Kesme işlemi iki yöntemle, değişik tarzda yapılmış düzeneklerle yapılır. Bu yöntemler;

- Uç kesme
- Kapalı (klasik) kesmedir.

Uç kesme ve yöntemleri:

Levha halindeki metal veya metal dışı yarı mamül, ayarlanan boyda ve biçimde, fire vermeyecek şekilde kesilirse bu tür kesmeye uç kesme denir. Bu uygulama makaslarla yapılabilir. Ayrıca bu kesme yöntemi kalıplarda, birbirini tamamlayan simetrik parçaların üretilmesinde dilme, ayırma, çentik açma veya yarma şeklinde uygulanabilir.

Dilme şeklindeki uç kesme, band veya levha halindeki yarı mamülden fire vermeden belirli şekillerde kesilebilir. Kesme hattı düz, kırık veya eğrisel olabilir. Fire bazı hallerde band veya malzeme şeridinin iki ucunda olur.

Ayırma şeklindeki uç kesme de, dilme işlemine benzer. Ancak ard arda kesilen iki üretilen parçayı ayıran kenarlar, birbirine ters simetrik konumunda ise veya uyum göstermezse; uç kesme zımbası uyumlaştırarak kesme işlemi ayırma zımbası ile sonuçlandırılır. Uyum için oluşturulan ufak parça fire olarak atılır.

Çentik açma şeklindeki uç kesme, üretilecek parçaların çevre şekillenmesini sağlayan uç kesmedir.

Eğer fire vermeden kesme işlemi yapılır ve parçanın daha sonraki şekillendirme işlemine hazırlanması sağlanırsa, bu kesme, çentik açma şeklindeki yarma kesme ismini alır. Bu işlem çentik açma zımbası ile yapılır.

Kapalı kesme ve yöntemleri

Levha halindeki metal veya metal dışı yarımamül üzerinde, değişik biçimlerde; boşluklar oluşturarak üretim sağlanıyorsa, bu tür kesmeye kapalı kesme veya klasik yöntemle kesme, bu işlevi yerine getiren düzeneklere ise kapalı kesme kalıpları denir.

Gerek uç kesme yöntemi, gerek kapalı (klasik) yönteme göre üretilecek parça malzeme şeridine (bandına), değişik konumlarda kağıt üzerine yerleştirilerek verim hesabı yapılır. Böylece hangi kesme yöntemine göre kalıbın yapımı saptanır.

2.2.2. Kesme olayı ve adımları

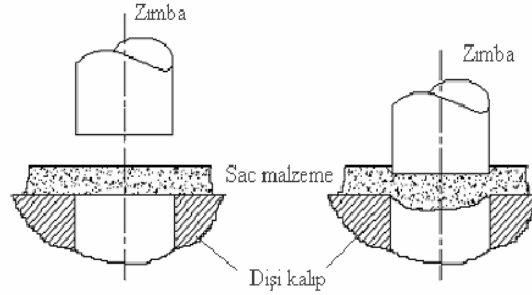
Kesme olayı: Kesme kalıplarında zımba ile matris arasında kalan malzeme şeridine kuvvet uygulanması sonucunda kesme olayı oluşur. Bu olay üretilecek olan parçanın boyutsal ölçüleriyle şekline bağlıdır. Kesmenin gerçekleşebilmesi için basma ve çekme gerilmelerinin belirli bir seviyeye ulaşması gerekir (Kurt 1999).

Ayrıca, kesme olayında üç kritik safha vardır.

- Plastik deformasyon
- Batma
- Kopma.

Plastik deformasyon(Kalıcı şekil değiştirme)

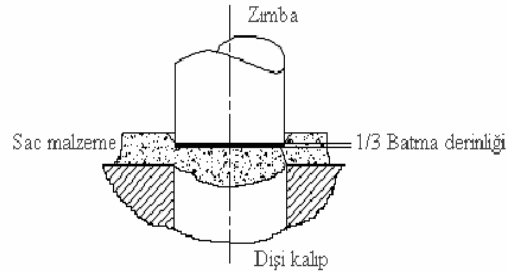
Plastik deformasyon; zımba kesilecek malzemeye temas eder. Bu etki malzemenin esneklik sınırını aşarsa plastik (kalıcı) şekil değişimi olur. Eğer zımbanın etkisi malzemenin elastik sınırı içerisinde kalır ise şekil değişimi gerçekleşmez. Zımbanın etkisi devam eder ve elastik sınırı aşar ise, malzemede plastik deformasyon oluşur. Kesme işleminin bu safhasına plastik deformasyon veya kesme başlangıcı denir. Kesme sırasında meydana gelen plastik deformasyon Şekil 2.8 'da gösterilmektedir.



Şekil 2.8 Kesme kalıplarında plastik deformasyon olayı (Kurt, 1999).

Batma

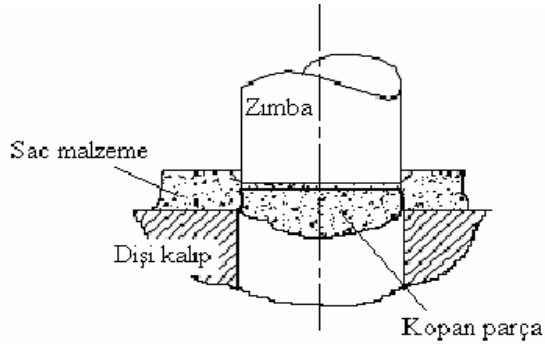
Zımba kesilen malzeme kalınlığının 1/3'ü kadar şerit malzemeye batar ve kesilen parçanın matrise aynı oranda girmesi sağlandığında kısa bir parlak kesilme şeridi oluşur. Parlak kesilme şeridinin kalınlığı malzemeye göre değişmekle beraber sac kalınlığının 1/3 'ü kadardır. Şekil 2.9'da batma olayının nasıl gerçekleştiği gösterilmektedir.



Şekil 2.9 Kesme kalıplarında batma olayı (Kurt,1999).

Kopma

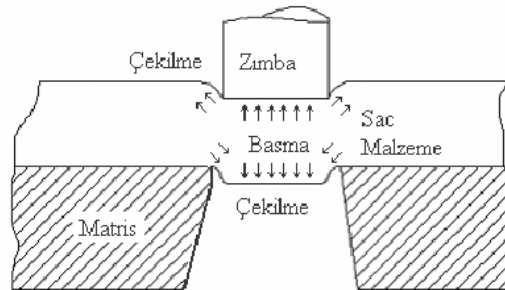
Batma safhası sonrasında zımbanın baskı kuvveti devam eder ise, zımbanın ve matrisin (dişi kalıp) biçimine göre, parça şerit malzemeden ayrılır. Bu adımda pürüzlü konik bir kopma yüzeyi oluşur ve kesme işlemi tamamlanır (Şekil 2.10).



Şekil 2.10 Kesme kalıplarında kopma olayı (Kurt 1999).

2.2.3 Kesme işleminde oluşan gerilmeler

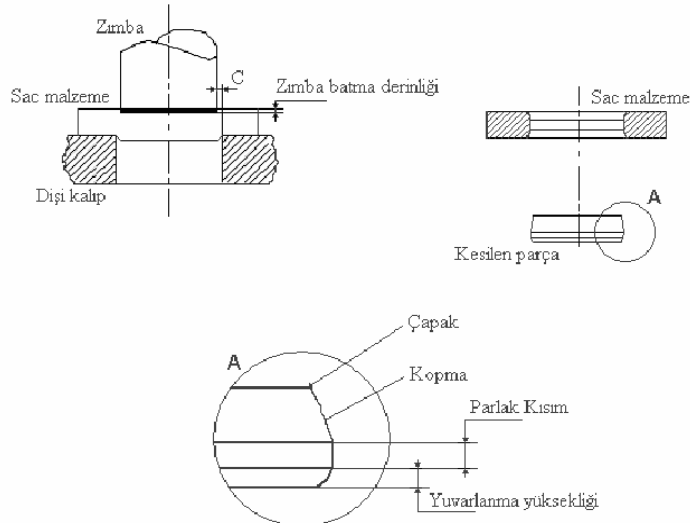
Kesme sırasında sac malzeme çekme ve basma gerilimlerine maruz kalmaktadır. Sac malzemenin maruz kaldığı kuvvetlerin yönü Şekil 2.11 'de gösterilmektedir.



Şekil 2.11 Malzemede oluşan gerilmelerin yönü (Hazar 2001).

- Şerit malzemenin kalınlığına,
- Zımbanın geometrisine ve ölçüsüne,
- Kalıbın hassasiyetine bağlı olarak belirlenerek istenilen kesme boşluğu elde edilmelidir (Erişkin 1986).

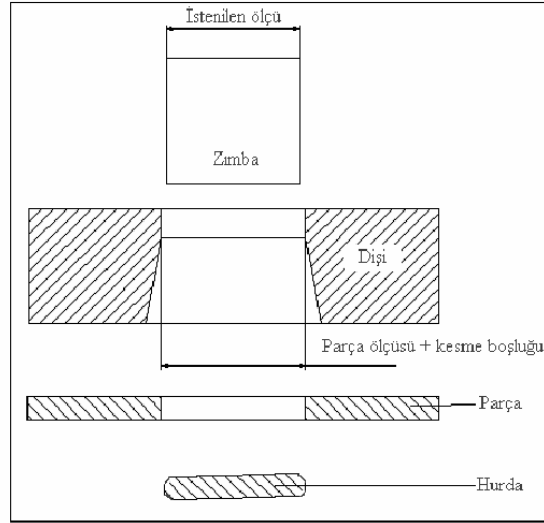
14



Şekil 2.13 Kesme boşluğunun ve zımbanın gösterilmesi (Hazar 2001).

Kesme boşluğunun kalıba verilmesi

Eğer malzeme üzerinde belirli çaplarda delikler açılacaksa, kesme boşluğunu diş kalıba vermemiz gerekir, yani diş kalıp, esas ölçüden kesme boşluğu kadar büyük yapılır. Burada esas kesmeyi zımba yapar, dolayısı ile parçanın ölçüsünü zımbanın ölçüsü belirler (Şekil 2.14) (Ataşımşek 1977).



Şekil 2.14 Kesme boşluğunun dişi kalıba verilmesi

Kesme boşluğunun zımbaya verilmesi

Eğer malzemeden belirli ölçülerde parçalar üretilecek ise kesme boşluğu zımbaya verilir, yani zımba kesme boşluğu kadar küçük yapılır. Burada esas kesmeyi dişi kalıp yapar, dolayısı ile dişi kalıbın ölçüsü parçanın ölçüsünü belirler (Ataşımşek 1977).

Kesme boşluğunun belirlenmesinde gözönüne alınması gereken faktörler

Yıllardır sac metal kalıplığında elde edilen deneyimlerden çıkartılmış olan kesme boşluğunun tespiti ile ilgili kriterler aşağıda sıralanmıştır (Ataşımşek 1977).

- Çoğunlukla temiz kesme yüzeyinin gerekmediği genel kesme uygulamalarında normal kesme boşluğu kullanılmaktadır.
- Temiz ve parlak kesilme yüzeyleri için kesme boşluğu küçük seçilmektedir. Küçük kesme boşluğunda, zımbalar normalinden daha büyük zorlanmalara ve tabi olarak aşınmalara maruz kalmaktadır.
- Kalın parçaların kalıplanmasında kesilen yüzeyin pürüzlü olması kullanıma engel değil ise imkanlar ölçüsünde büyük kesme boşluğu tercih edilmelidir.

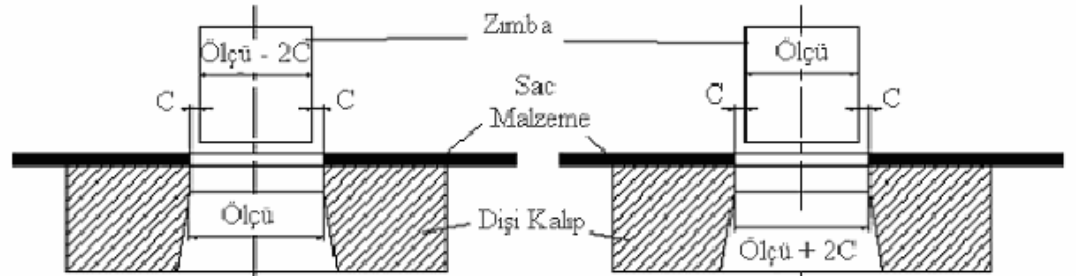
Büyük kesme boşluğu kesmeyi rahatlatmasına karşın parçada çapak oluşumuna ve ölçü büyümesine yol açmaktadır.

- Kalın parçalardan kesilecek küçük parçaların kesme yüzeylerinin parlak ve temiz olması gerektiğinde, küçük kesme boşluğu ve kavislendirilmiş kesici kenarlar kullanılmaktadır.
- Yumuşak malzemelerden yapılacak kesmelerde yırtılmalar pek görülmeyeceğinden küçük kesme boşluğu kullanılmaktadır.
- Parça kalınlığına oranla küçük çaplı delme işlerinde, büyük kesme boşluğu seçilmektedir.
- Hızlı çalışan preslerde (200kurs/dakika) takım dayanımı açısından büyük kesme boşluğu tercih edilmektedir.
- Hassas kalıplarda kesme boşluğu ilk önce en az tutulmakta, denemelerden sonra gerekirse arttırılmaktadır.
- İnce kesitli zımbalarda, zorlanmayı azaltmak için biraz daha büyük kesme boşluğu verilebilmektedir.
- Yuvarlak kesitli zımbalarda daha az kesme boşluğu verilebilmektedir.

2.2.6. Kesme çapağı

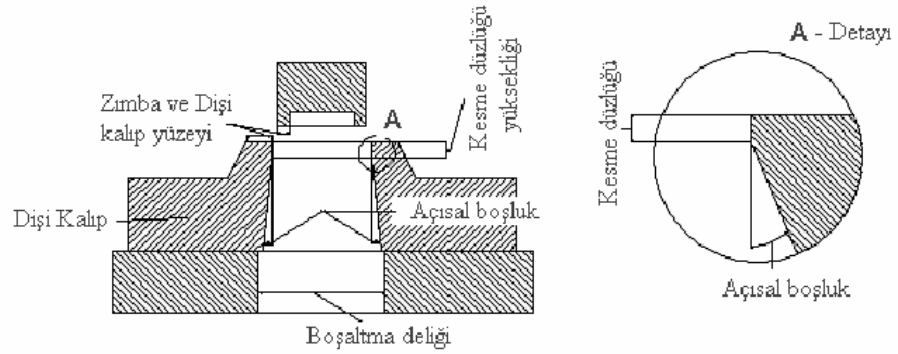
Kesme boşluğu uygun değerde alınarak zımba ve dişi kalıbın, kesme ağızları iyi bilenirse kesme işlemi sonunda çapak oluşumunun meydana gelmemesi gerekmektedir. Ama gerek pres tezgahının ve kalıbının durumu, gerekse bir takım kuvvetlerin etkisi ile kesilen veya delinen parçalarda çok azda olsa çapağın mevcut olabileceği kabul edilmektedir. Normal çalışmaya başlayan bir kalıpta, bir süre sonra çapağın normalinden çok olması kalıbın bilenmesi gerektiğini göstermektedir. Kesilen bir parçanın çapağı, daima zımbaya yönelik olmaktadır. Zımba ile açılmış olan bir deliğin çapağı ise, daima dişi kalıbın boşluğuna yönelik oluşmaktadır (Hazar 2001).

Açısal boşluk



Şekil 2.15 Tek taraflı kesme boşluğunun verilmesi (Uzun ve Erişkin 1983).

Delme ve kesme kalıplarında, kesme düzlüğü bitiminden şekil 2.16 'de gösterildiği gibi bir miktar açısal boşluk verilir. Açısal boşluk, delme sonucu şerit malzemeden ayrılan artık parçanın veya kesilen parçanın kalıp deliğinden kolayca düşmesini sağlar. Ayrıca kalıplanan parçaların kalıp deliği içerisinde kalarak dişi kalıbın çatlamasını ve pres kuvvetinin artmasını önler (Uzun ve Erişkin1983).



Şekil 2.16 Dişi kalıba verilen kesme düzlüğü yüksekliği ve açısal boşluk (Uzun ve Erişkin 1983).

Tek taraflı açısal boşluk genellikle $0,25^\circ$ ve $0,75^\circ$ arasında tavsiye edilmektedir. Kesme düzlüğünden itibaren tek taraflı maksimum açısal boşluk $\alpha=2^\circ$ olarak tavsiye edilir (Uzun ve Erişkin 1983).

2.2.7. Kesme düzlüğü

Delme ve kesme kalıplarında, dişi kalıp yüzeyi ile açısal boşluğun başlangıcı arasındaki düz banda, kesme düzlüğü yüksekliği denir.

Genellikle 3 mm kalınlığa kadar olan parçaların kalıplanmasında kullanılan dişi kalıbın kesme düzlüğü yüksekliği 3 mm alınır. Kalınlığı 3 mm 'den fazla olan parçaların kalıplanmasında, dişi kalıp kesme düzlüğü yüksekliği sac kalınlığına eşit alınır (Uzun ve Erişkin 1983).

2.2.8. Kesme kuvveti

Üretilmesi istenen parça için gerekli pres tezgahını seçebilmek ve kalıbın bazı kısımlarının ebatlarını tayin etmek gayesi ile kesme kuvvetinin hesaplanması gerekir. Kesme kuvveti: Parçanın kesilmesi için gereken kuvvette denir (Ataşımşek 1977).

Kesme kuvveti şunlara bağlıdır (Ataşımşek 1977):

1. Kesilecek malzemenin cinsine,
2. Kesilecek malzemenin toplam uzunluğuna,
3. Kesilecek malzemenin kalınlığına,

2.3. Bükme Kalıpları

Bükme kalıpları, özelliklerine ve parçaların kullanım ve çalışma amaçlarına göre çeşitli bükme işlemleri yapılmaktadır. Genel olarak bükme çeşitleri, parçaya istenilen şekli vermek için, kenar bükme, katlama ve kenet bükme, kıvrırma bükme, oluklama bükme, kabartma bükme gibi bükme işlemleri yapılmaktadır (Şişman 2001).

Bükme kalıpları, sac veya şerit malzemelere şekli vermede kullanılırlar. Bükme işlemi sırasında parça plastik şekil değişimine uğrar. Parçanın bükme alanında üç boyutta da gerilmeler meydana gelir. Tarafsız düzlemde gerilmeler sıfırdır. Tarafsız düzlemin içinde basılma, dışında çekilme oluşur. Bu nedenle, parça genişliği (w), tarafsız eksene göre içte artarken dışta azalır, tarafsız düzlemde ise sabit kalır. Bükme işleminde kalıcı plastik şekil değişimini sağlayabilmek için parça üzerindeki basma ve çekilme gerilmeleri giderilmelidir (Erişkin 2002).

Bükme, malzemenin sıcak veya soğuk olarak, talaş kaldırmaksızın, tarafsız eksen etrafında, kuvvet etkisi ile, yüzey doğrultularının yön değiştirme işlemine diyoruz. Bükme, malzemenin elastik deformasyondan, plastik deformasyona geçiş şeklinde de ifade edilebilir.

Eğer üzerine etkiyen kuvvete rağmen, kuvvet üzerinden kalktığı halde, malzeme eski durumuna geliyorsa, malzeme bükme olayı meydana gelmiyor demektir. Bu durum, etkiyen kuvvetin yetersizliğini gösterir.

Bükme olayında bükülen malzemenin bükme bölgesinde parça ölçülerine, bükme kavisi ve ölçülerine bağlı olarak çeşitli şekil değişiklikleri olmaktadır.

Malzeme dayanımının sınırlı olması bu şekil değişimlerini belirli sınırlar içinde tutma zorunluluğunu doğurur. Bükme işleminde gaye; mekanik konstrüksiyonun gerektirdiği şekile uygun, parça elde etmektir. Bunun için de önceden hazırlanmış, parçanın ölçülü resmine uygun, parça üretebilecek kalıp yapımını gerçekleştirmektir.

Bükme operasyonunda malzemenin bükülen kesitinde, gerilmelerden dolayı, bazı değişimler oluşur. Bükülen yerin iç yüzeyinde, basılma nedeniyle yığılma, büzülme; dış yüzeyinde ise çekilme sonucu, açılma, uzama meydana gelir. Bu durum, (α) bükme açısı büyüdükçe, daha belirgin hal alır. $\alpha=180^\circ$ olması halinde, malzemenin (E) elastikiyet dayanım sınırına bağlı olarak, malzemenin bükülen iç yüzeyinde aşırı yığılma ve büzülme; dış yüzeyinde ise aşırı açılma, çatlama, hatta kırılma meydana gelir. Bu nedenle büyük açılı bükmelerde, malzeme cinsinin uygun seçilmesi önemlidir.

Bükme esnasında, malzemede meydana gelen iyi veya kötü değişimler; şunlara bağlıdır:

1. Bükülecek malzemenin cinsi (uygunluğu)
2. Bükme radyüsü (R')
3. Bükme açısı (α)
4. Malzemenin kalınlığı (t)
5. Bükme kuvveti (P_b)

Bükmede uygulanacak (P_b) bükme kuvveti çok önemlidir. Bükme işleminde kuvvet ayarı, presin hareketli çekicinin, yani üst kalıbın iniş mesafesinin, uygun ayar edilmesi ile mümkündür. Bükme kuvvetinin değerine göre, uygun tonajlı presin seçilmesi önemlidir.

Bükülecek sacın bükme eksenini, hadde eksenine paralel, başka bir deyişle, sacın doku lif istikametinin, hadde yatay eksenine dik olması gerekir. Bu durumdaki sacların bükülmesinde (R') bükme radyüsü, hesapta bulunan en küçük değerde de olsa, bükülme şansı vardır. Sacın lif hattı yönünde dik bükmelerde, bükülen yerde gerilmeler nispeten az olur. Eğer bükme işlemi, sacın lif hattı yönü, bükme eksenine paralel olacak şekilde yapılacak olursa, malzemedeki gerilmeler, aşırı derecede büyüyerek ortaya çıkar; hatta malzemede hızlı bir şekilde çatlama ve kırılmalar meydana gelir.

Malzeme kalınlığı bükme bölgesinde azalmakta, bükmeden önce prizmatik şekilde olan parça kesiti iç bükey trapez şeklini almaktadır. Malzeme eni, bükme kavisi tarafından genişlemekte, dış taraftan daralmaktadır.

Bükme bölgesinde meydana gelen şekil değişimleri bükülen malzemenin cinsine ve bükmede uygulanan boyutların birbirine olan oranlarına bağlıdır. Şekil değişiminde bükme kavisi ve açısı önemli bir rol oynamaktadır. Bükme kavisinin kalınlık azalmasına etkisi' de görülmektedir.

Bükme bölgesindeki kalınlık azalmasına parça genişliğinin fazla önemi olmamakla beraber, bükme kavisi kalınlık oranının önemli olduğu görülmektedir. Bükme sonrası parça genişliğinde de değişim olmamaktadır. Bükülen parçanın eni ne kadar geniş ise bükme yönündeki direnci o derece büyük olur. Enine gerilime gösterilen direnç parça genişliğinin fazla değişimine engel olur. Bu bakımdan parça, kalınlığına oranla yeteri kadar geniş ise ($b > 3s$) enine doğrultudaki bozulma sıfır kabul edilebilir.

2.3.1. Bükme kavisi

Bükmede kalıcı şekil değişikliği söz konusudur. Malzeme üzerinde kalıcı şekil değişikliği meydana getirmek çeşitli gerilmelerin ortaya çıkmasına neden olur. Bükmenin sağlıklı olabilmesi, meydana gelecek gerilmeleri belirli sınırlar içinde tutmayı zorunlu kılar. Bükme kavisi, şekil değişimi üzerinde büyük oranda etkili olduğundan uygulanacak bükme kavisinin sac kalınlığına oranını belirlemek bükme boyutlarının ortaya çıkmasında çok önemlidir. Belirlenecek bükme kavisi parçanın dış yüzeyinde yırtılmalar meydana getirecek kadar uzamalara neden olmamalı, aynı zamanda kalıcı bozulma sağlayacak kadar uzama meydana getirmelidir. Başka bir deyişle malzemenin elastik sınırı aşılmamalı fakat kopma noktasına yaklaşmamalıdır.

Bükme açısı büyüdükçe dış tabakadaki uzamalarda artacağından yırtılma olasılığı artar. Bu bakımdan uygulanacak en küçük bükme kavisinin belirlenmesinde bükme açısında dikkate alınması gerekir. Bükme açısı büyüdükçe daha büyük bükme kavisleri kullanılmalıdır.

Metal levha ve şeridinin hadde yönü, bükme ve şekillendirme işlemlerinde dikkate alınması gereken bir faktördür. Verilen bir metal parçanın bükülebileceği veya şekillendirilebileceği kabul edilirse bükme eksenine dik olduğu zaman en

çok arzu edilen durum elde edilir. Belli bir cins malzeme için pratik olarak mümkün olan en keskin bükmeler bu yönde yapılabilir. Aksi durumda, bükme eksenini doku yönüne paralel olduğu zaman en az arzu edilen durum meydana gelir.

Saçların haddeleme doğrultusunda uzamaları daha büyüktür. Bükme eksenini sac haddeleme yönünde dikey konumda yapıldığında malzemenin daha küçük kavislerle bükülmesi mümkündür. Bu bakımdan bükülecek parçanın bükme eksenini ile malzeme hadde yönü konumunun bükme kavisinin dikkate alınması gerekir.

Bükülecek parça üst yüzey ve kenar düzgünlüğünün bükme kavisine etkisi gözden tutulmalıdır. Parçanın dışındaki kenar pürüzlülüğü bükme dış kenarının daha az uzamalarda bile etkili olabilir. Bükülecek parça bükme öncesi makasla veya kalıpla kesilmiş ise çapaklı kenar tarafından bükme esnasında basma gerilmelerinin doğduğu tarafına yani zımba tarafına gelmesine küçük yarıçaplı bükmelerde dikkat edilmelidir. Bu yüzden kesme kalıbından çıkan parçaların bükme kalıbına konmasında kesme zımbası tarafındaki yüzünün bükme zımbasına bakması dış kenardaki yırtılmaları büyük ölçüde engelleyeceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Boru ve profillerin bükmelerinde uygulanacak en küçük bükme kavisleri parçaların profil şekillerinde, uygulanacak bükme yöntemine ve parçanın bükme esnasında çarpılmaya karşı göstereceği direnç özelliklerine bağlıdır. Özel bükme düzeneklerinin kullanılması, bükme öncesi profil doldurulması veya bu maksat için düşünülmüş katı veya hareketli maçaların profil içine uygulanması parçaların daha küçük kavislerde ve daha düzgün şekilde bükülmelerine olanak verir. Dikişli veya ekli parçaların, boru veya profillerin bükülmelerinde ek kısımların bükme esnasında en az şekil değiştiren bölgede bulunmasına dikkat edilmelidir. Ek kısımların "tarafsız eksen" bölgesine getirilmesi unutulmamalıdır.

En küçük bükme radyüsünün hesabı (R')

En küçük bükme radyüsün, oluşumunu etkileyen faktörler :

1. Malzemenin bükmeye elverişliliği.
2. Malzemenin bükmeye karşı direnci (σ_b)
3. Bükme açısı (α)
4. Malzeme kalınlığı (t)

(R') bükülen yerin, iç yüzey radyüs değerini veren formül :

$$R' = (t.R.E) / [(E.t) + (3.R. \sigma_b)] . 1,075]$$

t= Malzeme kalınlığı.

R=Bükülmüş parça iç yüzey radyüsü.

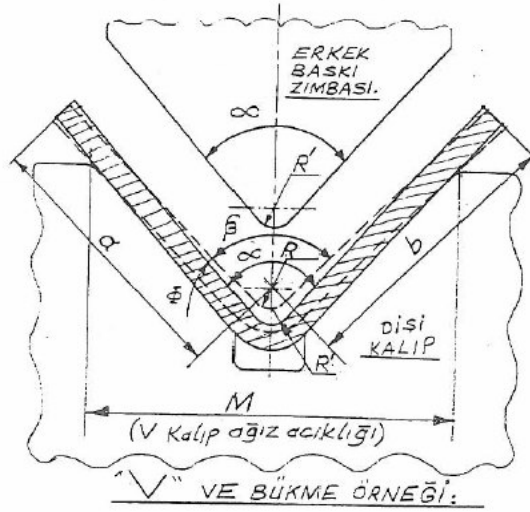
σ_b =Çekme gerilmesi

E=Elastiklik mukavemet sınır değeri.

2.3.2. Bükme çeşitleri :

V bükme : V bükmelerde (R') bükme radyüsü, (α) bükme açısı ve (L) parça boyu hesabının doğru yapılması gerekir.

Kalıpta bükme işlemi yapılırken, parça üzerinden baskı kuvveti kalktığında, parça büküldüğü gibi kalmaz. Yani, malzeme tam plastik defarmasyona uğramaz. Bükülme sonunda, küçük değerde de olsa, parça üzerinde elastikiyet kalır. Baskı kuvveti kalktığında, kalan bu elastikiyetlik kuvveti sayesinde, parça (ϕ) açısı kadar geri açılır. İşte bu geri açılma olayına bükmede "Geri Yaylanma" diyoruz (Şekil 2.17).



Şekil 2.17 V Bükme örneği.

U bükme :

U bükme, V bükmeye nazaran daha büyük kuvveti gerektiren bir işlemdir. U bükmede (P_b) bükme kuvvetinin, dişi kalıp yan yüzeylerdeki sürtünme direncini, itici düzen karşı kuvvetini de yenmesi gerekir. Bükme kuvveti hesabı yaparken bu faktörleri de gözönünde bulundurarak, toplam bükme kuvveti bulmak ve üzerine bükme kalıbı bağlanacak presi, buna göre seçmek lazımdır.

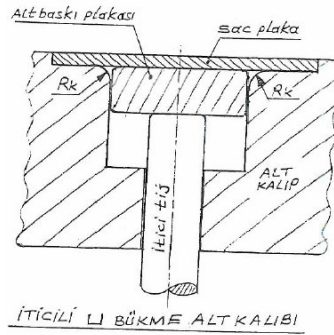
U formundaki bükmelerde, alt baskı düzeni bulunmayan bükme kalıplarında, bükülen parçanın tabanında deformasyon (kamburlaşma) meydana gelir. Bükme işleminde kamburlaşmayı önlemek için, alt kalıpta, mekanik (yaylı) veya hidrolik, itici düzenin olması şarttır. Bu düzenin başka bir görevi de, alt kalıp içerisinde sıkışıp kalan parçayı iterek yukarı çıkartmaktır.

U bükme kalıpların kenar radyüslerinin, yeterli ölçüde ve pürüzsüz, parlak bir yüzeye sahip olması gerekir. Bükme esnasında, radyüslü yüzeylerin hafifçe yağlanması uygun olur.

Bükme kalıbını yaparken, bükülen parça erkek zımba üzerinde kalabileceği göz önünde bulundurarak itici düzeni önceden yapmak gerekir. Kalıpla seri üretim yaparken çalışmayı engelleyeceği bir sebep olan kalıpta sıkışma olayı üzerinde durulması gereken bir konudur. Bu problemi ortadan kaldırmanın yolu kalıbı, kalıp yapım şartlarına uygun yapmak, basit ve ucuz kalıp yapma ve yaptırma zihniyetinden uzaklaşmaktır.

U bükme kalıplarında bükülen parçalarda geri esneyebilir. Bu parçalar esnemesine rağmen, parçada istenilen bükme açısını elde edebilmek için ;

1. Erkek zımbaya geri esneme açısı kadar önden geriye doğru koniklik verilmeli ;
2. Dişi kalıp, dip radyüs değeri büyütülmeli ;
3. Alt kalıpta itici parçanın üst yüzeyi uygun bir yarıçap ölçüsünde bombeli yapılmalı ;
4. Bükme köşelerinde topuklu bastırıcı yaylı bir düzen yaparak istenen açıda bükme gerçekleştirilir (Şekil 2.18).



Şekil 2.18 İtici U bükme alt kalıbı

2.4. Kam Mekanizmalı Bileşik Kalıplar

Sac metal kalıpcılığında kullanılan presler genel olarak dikey hareket etmektedirler. Bu tip preslerde düşey hareketin, yatay harekete çevrilmesi; kam mekanizmaları yardımıyla sağlanır. Yalnız bu tip kalıplar çoğu kez diğer kalıplardan biraz daha karmaşıktır. Kam mekanizmalı kalıplar kesme, delme, biçimlendirme işlemlerinde ve adımlı kalıplarda kullanılmaktadır. Bu tip kalıplarda kurs miktarı, kamların eğim açıları ve düşey hareketleri ile orantılıdır. Bundan dolayı, kamların eğimleri hesaplanırken bu durum göz önünde bulundurulmalıdır. Genellikle kamlar 30° - 60° arasında yapılırlar. Kam mekanizmalı kalıplarda işlem bittikten sonra kızakların geri hareketleri, ya yaylar yardımıyla yada kamlara verilen özel eğimli şekil/yüzey vasıtasıyla sağlanabilir (Ataşımşek 1980).

Kamlı çalışan kalıplarda kızakların geri hareketi yay vasıtasıyla sağlanmaktadır. Kızağın geri hareketi yay yerine yine kam ve kızaklara verilen eğim vasıtasıyla yapılmaktadır. Dolayısıyla delme işleminden sonra kızağı geri çekme işlemini itici kam gerçekleştirmektedir.

Kamla çalışan kalıplarda hareket miktarının bulunması.

Kamla çalışan kalıplarda, kam mekanizmalarının hareket miktarı kam ve zımba taşıyıcı kızak üzerinde hareket ileten yüzeyler arasındaki açığa bağlıdır (Huang et Al, 1999).

$$T=h \cdot \tan \alpha \text{ eğer kam } \alpha= 45^\circ \text{ ise } t=h \text{ olur.}$$

Kam mekanizmaların, presin düşey hareketini yatay harekete dönüştürülmesi sonucu oluşacak yatay kuvvet $\tan \alpha= p / p_{ya}$ ve dolayısı ile $p_{ya}=p/ \tan \alpha$.

Burada mekanizmalar arası sürtünme açısı, (δ), ($\sim 5^\circ$) dikkate alındığında ;

$$P_{ya}= p/(\tan \alpha+2\delta).$$

Kamların özel olarak şekillendirilme işlemleri

Bileşik kalıp tasarımında, kam mekanizmalarının şekillendirilmeleri, kamların hareketi ve ürünün şekillendirilme geometrileri dikkate alınarak özel tasarım yapılır. Buna göre kamların özel olarak şekillendirilebilmeleri, kızakların hem ileri hem de geri hareketleri kam ile sağlanması söz konusu olduğunda yapılır. Bunun nedeni yer darlığından dolayı geri getirme yaylarının yerleştirilme zorluğu vardır. Ayrıca büyük kuvvetlerde sıkışma yapabilmektedir (Ataşımşek 1977).

Kam mekanizmaları için malzeme seçimi

Tasarım işlemi sırasında, kalıbın her bir elemanı gibi, kam mekanizmaları için de malzeme seçimi önemli rol oynar. Malzeme seçimi tasarımcı için en zor konulardan biri olup, geniş tecrübe ve bilgiye dayanır. Uygun olmayan malzeme seçimi, tasarlanan kalıpta kırılma ve bozulmalara sebep olabileceği gibi, hatalı üretime de neden olabilir. Bu yüzden, kam mekanizmaları için tavsiye edilen malzemeler Çizelge 2.1 'de görüldüğü gibi genel olarak sementayon çeliği seçilir. Bunun dışında soğuk iş takım çelikleri de kamlar için tavsiye edilmektedir (Ataşımşek 2002).

Çizelge 2.1 Kamlar için malzemeler ve sertlik değerleri (Ataşımşek 2002)

M.K.E	DIN	W. Nr	Açıklama
Ç 5120	~15 Cr 3	~1,7015	Sementasyon Sertliği RC 60±2 Sementasyon Derinliği 0.5-1.5mm
Ç 3115	15 Cr Ni 6	1,5919	
-	20 Mn Cr 5	1,7147	
Ç 1390	90 Mn V8	1,2842	Sementasyon Sertliği RC 60±2 Menevişten sonraki sertlik
-	X 210 Cr 12	1,2080	

2.5.Yağlama

Yağlamanın önemi ve yağlama yöntemleri

Genelde temas durumundaki yüzeyler arasında sürtünme kuvvetini ve aşınma miktarını azaltmak için yağlayanlar kullanılır. Sürtünen yüzeyler arasında bir yağlayan kullanılmasının amacı aşağıdaki işlevlerden bir veya birden fazlasını sağlamaktır.

1. Yüzeyler arasındaki kuvveti yağlayıcı bir tabaka ile iletmek. Böylelikle, yüzeylerin pürüzleri arasında kuvvet iletimini daha geniş bir yağlayıcı tabakaya yayarak yüzey gerilmelerini azaltmaktır.
2. Yağlayıcı tabaka ile yüzeylerin pürüzlerinin birbirine sürtünmesini engelleyerek sürtünme katsayısı ve aşınma miktarını azaltmaktır.
3. Yağlama ile sürtünme katsayısını azaltarak sürtünme nedeni ile oluşacak ısı üretimini azaltmak. Sürtünme ile oluşacak ısıyı taşımak ve böylelikle de yüzey sıcaklığını istenilen değerde tutmaktır.
4. Ağır çevre koşullarında çalışan yüzeyler üzerinde bir tabaka oluşturularak malzeme ile korozif ortam arasındaki ilişkiyi kesmek ve korozyondan korumaktır.
5. Sürtünen yüzeyler arasına yabancı sert parçaların girmesini önlemek ve yüzeylerden uzak tutmaktır.
6. Yüzeyler arasında aşınma veya çevre koşulları nedeni ile oluşabilecek küçük ve sert parçaları kayma hareketi ile veya dışarıdan sağlanacak yağ akımı ile sürükleyerek temizlemektir.
7. Makinanın diğer parçalarından iletilen titreşim ve şokun temas halindeki yüzeye iletimini sönmölemek. Yağ tabakasının sönmöleme özelliği ile makinalarda titreşim seviyelerinin azalmasını sağlamaktır (Cerit 1994).

Kalıp ve biçimlendirilen sac gibi iki metal,basınç altında kayarak temas ettiklerinde, büyük bir ihtimalle takım ve işlem yapılan metal birbirlerine basınç kaynağı olabilecektir. Bükme kuvveti arttığında ve iş parçasının çevresine uygun bir şekilde

dağıtılmadığında yüksek oranda basınç, temas eden metallerin kaynak olmasını dahi sağlayabilir.

Yukarıda belirtilen sebeplerden dolayı yağlayıcı ve yağlama oldukça önemlidir. Biçimlendirme sırasındaki sürtünme ve aşınmanın azaltılması yüzeylerin birbirlerinden ayrı yada uzak tutulmaları ile yapılır. Bu yağlayıcılar ; katı, yarı-katı ve sıvı şekilde olabilir. Metal işleme yağlayıcılarının, sıvı veya katı, sadece vizkozite gibi fiziksel özellikleri değil, aynı zamanda kalıp, iş parçası ve takımların yüzeyleri ile olan kimyasal aktiflikleri gibi özellikleride önemlidir (Kalpakjian 1992).

Yağlar; metal yüzeyinde yüksek film dayanımına sahiptirler. Sürtünme ve aşınmayı azaltmada çok etkilidirler. Aynı zamanda ; düşük ısı iletkenliğine ve özel ısıya sahiptirler.

Gresler; katı yada yarı-katı yağlayıcılar olup, genellikle sabunlar, mineral yağlar ve çeşitli ilavelerden meydana gelirler. Yüksek vizkoziteye sahiptirler, metal yüzeyine iyi yapışırlar. Ancak üretimde kullanımları sınırlıdır (Kalpakjian 1992).

Yağlayıcı kullanımı aşağıdaki avantajlar sağlar;

- Kalıp ile metalin temasını azaltır veya yok eder. Bu nedenle aşınma azalır.
- Sürtünmenin kontrolünü sağlar.
- Gerilim dağılımı çok düzgün oluşur ve bu nedenle deforme edilebilme seviyesini yükseltir.
- Isınmayı azaltır.

2.6. Yüzey İşlemleri:

Yüzey sertliği, aşınma direnci ve yorulma dayanımını artırmak amacıyla kullanılan yüzey işlemleri, mikroyapısal, kimyasal difüzyon ve iyon implantasyon olmak üzere üç grupta incelenebilir. İlk iki işlem çoğunlukla demir esaslı malzemelere uygulanır. Birinci kategoride, malzeme yüzeyinin mikroyapısı değişirken, malzemenin iç kısımlarında herhangi bir değişim olmamaktadır. İkinci kategoride, hem yüzeyin mikroyapısı hem de kompozisyonu değişmektedir. Üçüncü grup, ana malzeme ile alaşım oluşturan iyonik parçaların implantasyonu ile malzemenin üst yüzeyini (0,1 µm üzerinde) değiştiren implantasyon işlemini içerir. Mikroyapısal işlemler, kimyasal yayılım işlemleri gibi ucuz ve özel malzeme gerektirmez. Fakat kimyasal difüzyon işlemi ile sertleştirme derinliği daha iyi kontrol edilerek yüksek sertlik ve malzemede daha az çarpılma elde edilir (Bushan ve Gupta 1991).

2.6.1. Plazma ile termokimyasal yüzey işlemleri

Yüzey işlemlerinde plazma ortamının kullanılması yaygınlaşarak devam etmektedir. Bu yöntemin temelleri yaklaşık 70 yıl önce Bernhard Berghaus (Berghaus 1939) tarafından atılmış ve günümüzde endüstri için vazgeçilmez bir unsur olmuştur. Plazma destekli yayılım işlemlerinde amaç, karbon veya azot gibi ara yer atomlarını parça yüzeyine göndermektir. Bu atomlar malzeme içerisinde bulunan alaşım elementleriyle birleşerek aşınma ve korozyona dayanıklı bir yapı oluşturur. Bu yöntemler temelde alaşımlı çeliklere uygulanmaktadır.

Plazma ile nitrokarbürleme

Temelde nitrokarbürleme, katı, sıvı ve gaz ya da elektriksel boşalma şartlarında gerçekleştirilir. Günümüzde bu işlem hem sıvı hem de gaz atmosferinde çok sık olarak yapılmaktadır. Burada amaç istenen şartlara uygun tek fazlı ε-nitrür tabakasının oluşturulmasıdır. Ancak bu işlem yapılırken istenen şartların oluşmasında birçok zorluklar ortaya çıkmaktadır. Bu büyük çoğunlukla, işlem esnasında yüzeyden saçılan karbonun etkisi ile ilgilidir. Çünkü saçılan karbon, nitrürleme için seçilen gaz

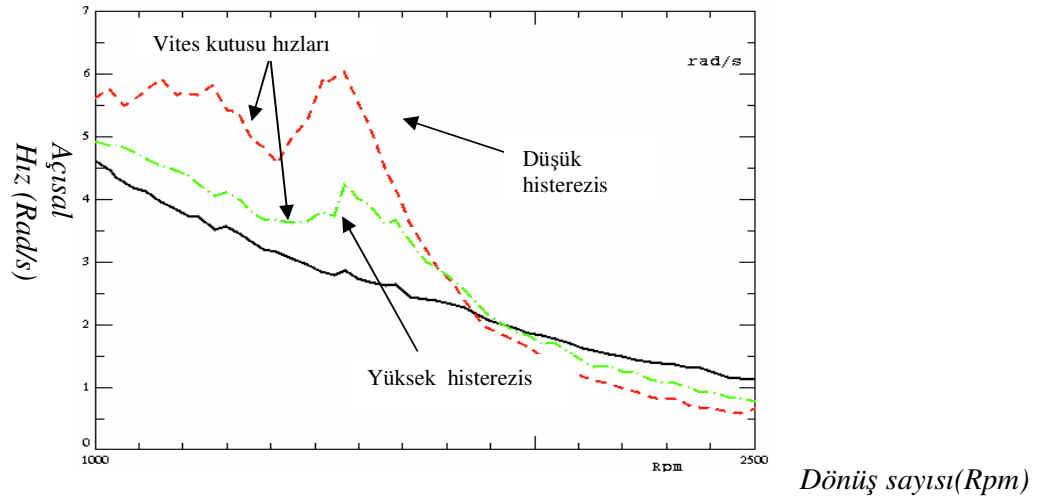
karışımına katılabilir. Çok fazla miktarda karbon bu gaz karışımına katıldığı takdirde beyaz tabaka (ϵ)'nin içerisinde (Fe_3C) sementiti oluşturabilir. Bu durum ise bu tabakanın işlevini tam olarak görmesini engelleyebilir (Staines 1985).

Plazma nitrokarbürleme işlemi 450-580 °C sıcaklıklar arasında, demir esaslı malzemelerin yüzeyine azot ve karbonun yayınmasını içeren termokimyasal işlemdir. Yüzeyde γ -demir nitür ile beraber ϵ -nitür tabakası, onun altında da difüzyon tabakası oluşur. Plazma ile nitürleme işleminin tersine bu işlemde kullanılan gazlar azot-hidrojen-metan veya azot-hidrojen-karbondioksit'tir (Hadfield 1986, Rie 1984). İlk yapılan plazma ile nitrokarbürleme işleminde, işlem gazı olarak CH_4 kullanılmıştır. Fakat çok küçük miktarda CH_4 kullanımında bile kırılğan sementit ve ϵ -nitürün olduğu görülmüş ve daha sonraki araştırmalarda ortama CO_2 gazı verilerek bu sorun giderilmiştir. Bu işlemin amacı, düşük karbonlu ve düşük alaşımlı çeliklerin yüzeyinde ϵ -nitür tabakası oluşturularak korozyon ve aşınma dayanımını artırmaktır (Edenhofer 1974). Bu işlem çoğunlukla sade karbonlu çelikler ve düşük alaşımlı çelikler gibi piyasada daha ucuz olan malzemelerin yüzeyini iyileştirmekte kullanılır. İşlem değişkenleri ile ilişkili olarak yorulma ve akma mukavemeti ve belirli hallerde korozyon direnci artırılır. Aşınma ve korozyon direncindeki artış, yüzeyde oluşan tek fazlı beyaz tabaka (ϵ -nitür) sayesinde gerçekleşir.

Plazma şartlarında gerçekleştirilen nitrokarbürleme, işlemin çevreyle dost olması, uygun işlem değişkenleri ile tek fazlı ϵ -nitür fazının elde etmenin kolay olması ve gaz ve enerji tüketiminin az olması nedeniyle tercih edilmektedir.

3. MATERYAL VE METHOD

H4 histerezis rondelası çalışırken (tam torkda) metal metale sürtünmeyi sağlamak için yaylar ile kanat arasında çalışır ve kılavuz rondelaya sürtünür. Debriyajda vites kutusunun hızı motorun hızına ne kadar yakınsa aracın vibrasyonu o kadar azalır ve aracın konforu artar. Histerezisin filtrelemeye etkisine bakıldığında Şekil 3.1’de görüldüğü gibi yüksek histerezislerde daha iyi bir filtreleme vardır.



Şekil 3.1 Histerezisin Filtrelemeye Etkisi (Anonim 2007)

H4 histerezis rondelası ile ilgili problemler, üretim esnasında parçanın kulak kısmındaki yırtılmalar, belli bir kilometreden sonra kırılmalar yada çatlamlar ve H4 histeresindeki ani düşmelerdir (Şekil 3.2). Bu problemleri çözmek için malzeme seçimi, üretim yöntemi belirlenmesi ve ürün tasarımının gözden geçirilmesi şeklinde bir yol izlenmiştir.



Şekil 3.2 H4 Histerezis Rondelasındaki Yırtılma

Uygun malzemenin belirlenmesi

H4 histerezis rondelası için kullanılacak malzemeden beklenen özellikler;

- Yüksek mekanik dayanım (Sürtünmeye karşı dayanım);
- Yüksek yorulma ömrü;
- Yüksek sertlik;
- Yüksek gerilme dayanımı;
- Isıl işleme uygunluk;
- Yüksek boyutsal kararlılık.
- Yüksek korozyon dayanımı şeklindedir.

Yukarıdaki belirtilen mekanik ve fiziksel özellikleri, H4 Histerezis rondela üretiminde kullanılan DD11 (EN 10111) malzemesi sağlayamadığı için bu malzemeye alternatif olarak C15E (EN 10084) seçilmiştir. Bu iki malzemenin kimyasal bileşimleri ve mekanik özellikleri Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2’de görülmektedir.

Çizelge 3.1 Optik emisyon spektrometresi ile kimyasal bileşimlerin karşılaştırılması

Elementler	DD11 (EN 10111)	C15E (EN 10084)
% C	0,05	0,12
% Mn	0,27	0,35
% P	0,010	0,018
% S	0,07	0,005
% Si	0,01	0,22
%Cr	0,02	0,02
%Ni	0,03	0,01
%Cu	0,03	0,01
%Sn	0,03	0,001
%Pb	0,0	0,018
%Ti	0,0007	0,009
%Nb	0,0003	0,0005
%As	0,0062	0,0013
%Sb	0,0011	0,0003
%Co	0,007	0,002
%W	0,01	0,002
%Ta	0,02	0,002
%Zn	0,02	0,001
% Al	0,051	0,001

Çizelge 3.2 Mekanik özelliklerin karşılaştırılması

Test	DD11 (EN 10111)	C15E (EN 10084)
Sertlik (Rockwell B)	58,9-58,7 HRB	73,45-72,77 HRB
Çekme Mukavemeti (Rm) (Avrupa normu EN 10002-1 göre ölçülmüştür)	395 N/mm ² *	647 N/mm ² *
Akma Mukavemeti (Rp) (Avrupa normu EN 10002-1 göre ölçülmüştür).	275 N/mm ² *	457 N/mm ² *
Yüzde Uzama Miktarı (A) (Avrupa normu EN 10002-1 göre ölçülmüştür).	0,3mm<e<3mm A% =24*	0,3mm<e<3mm A% =35*

*Ürtetici firmanın tahahüt ettiği katalog değerleridir.

Yapılan araştırmalar sonucu seçilen ve tedarik edilebilen C15E ve DD11 malzemeleri mekanik özelliklerine göre karşılaştırılmıştır. Bu iki malzemedan C15E malzemesinin mekanik özellikleri açısından, H4 histerezis rondelasında kullanılmasının daha uygun olduğu görülmüştür. Bu malzeme seçiminin uygun olup olmadığı ANSYS paket programı kullanılarak incelenmiştir.

C15E malzemesinin uygunluğunun ANSYS paket programı ile incelenmiştir

ANSYS programındaki adımlar:

- 1.Adım:** Analiz Tipi seçmek: Multiphysics seçilmiştir.
- 2.Adım:** Kullanılan eleman tipi: Solid 92.
- 3.Adım:** Geometri oluşturma: Simetriden yararlanılmıştır.
- 4.Adım:** Malzeme özellikleri: Elastisite Modülü: 205000MPa,
Poisson oranı: 0.33
- 5.Adım:** Uygulanan mesh tipi: Tetramesh

6.Adım: Sınır şartları: Sürtünme yüzeylerine uygulanan yük: 390N

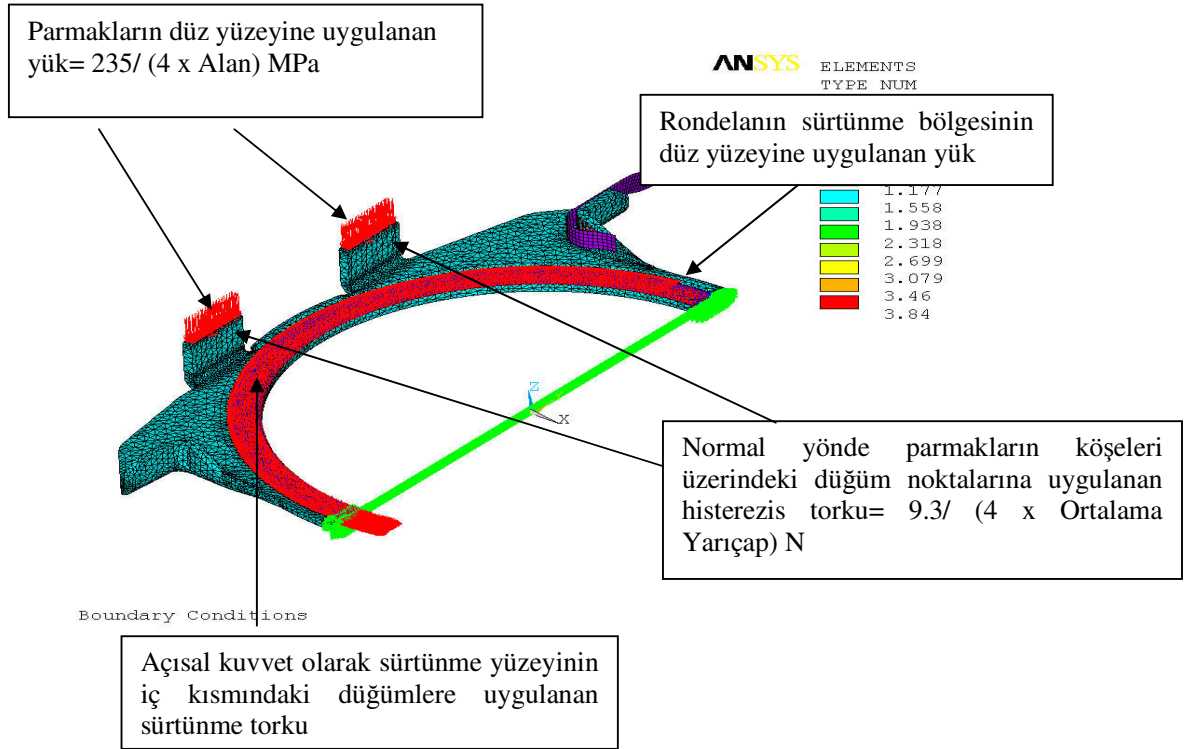
Sürtünme yüzeyine uygulanan tork: 25Nm

Parmaklara uygulanan yük: 235N

Parmaklara uygulanan tork: 9.3N

Dayanabileceği max gerilim: 430 MPa

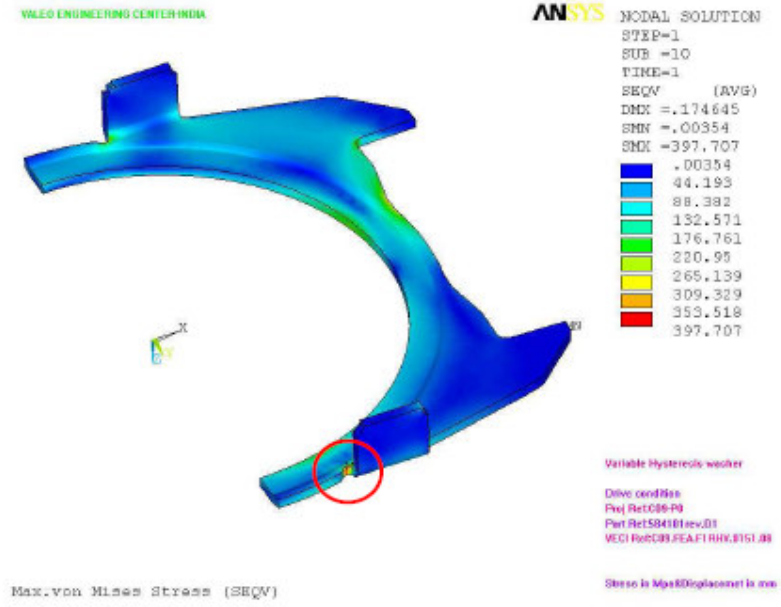
8. **Adım:** Çözüm: Sınır şartlarının tatbik edilmesinden sonra problem çözüme hazırdır. Program, denklem takımlarını sınır şartlarına göre düzenler ve eş zamanlı çözer. Çözüm
9. neticesinde yer değiştirmeleri ve gerilim dağılımları hesaplanmaktadır (Şekil 3.3).



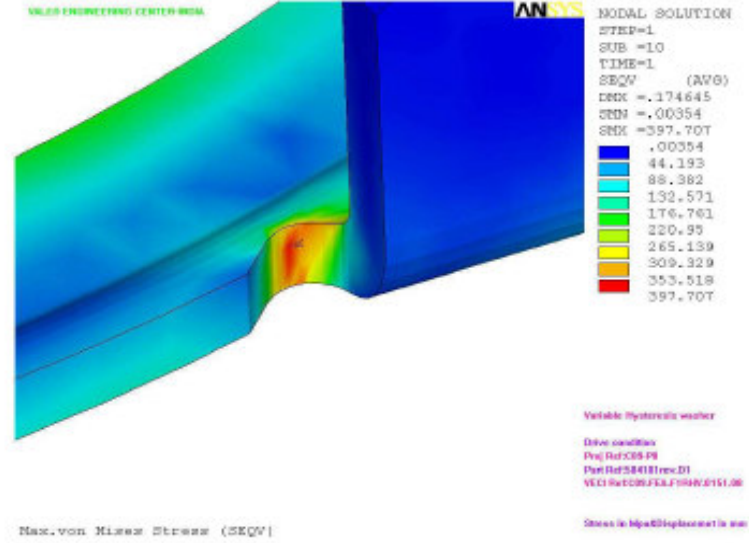
Şekil 3.3 Sınır Koşulları

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

ANSYS programı kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu H4 rondelası üzerine gelen maksimum gerilme 397.707 MPa olmaktadır (Şekil 4.1 ve 4.2). Emniyet gerilmesi olarak 430 MPa seçilmesinden dolayı C15E malzemesi ile üretilen H4 rondelasının problemsiz çalışacağı anlaşılmıştır.

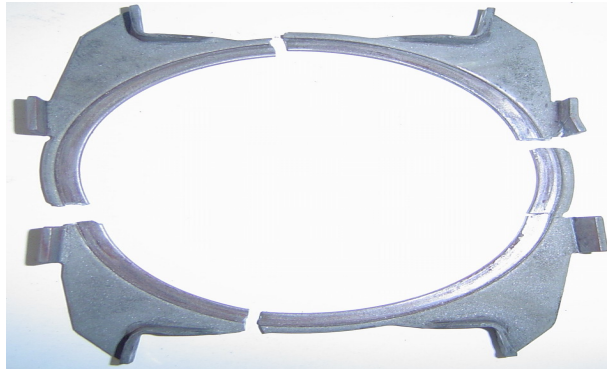


Şekil 4.1 Parça üzerine gelen gerilmelerin dağılımı.

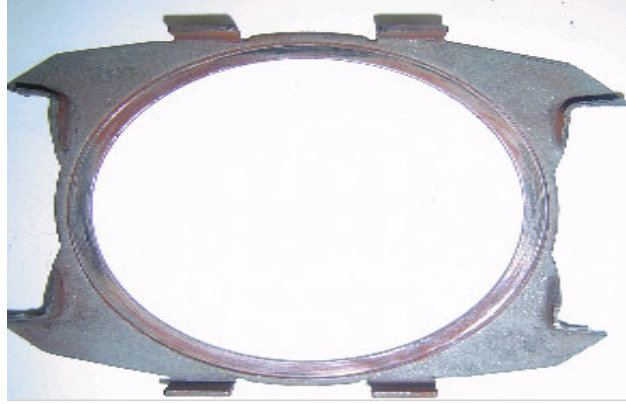


Şekil 4.2 Maksimum gerilim bölgesi.

Farklı iki malzemedan üretilmiş H4 histerezis rondelaların araç üzerinde maruz kalacakları torkun 2.5 katı tork uygulayarak debriyaj kitinin yorulma davranışları incelenmiştir. Bu testi geçme kriteri, parçanın en az 2 milyon çevrimi tamamlaması ve parçalar üzerinde herhangi bir çatlak veya kırık oluşmamasıdır. Parçada 2 milyon çevrimde çatlak ve kırık oluşmaz ise parça kırılıncaya kadar veya çatlak oluşuncaya kadar teste devam edilir. DD11 malzemesinden yapılan H4 histerezis rondelası bu test kriterlerini tamamlamadan yaklaşık 1 milyon çevrimde parçada kırılmalar oluşmuştur (Şekil 4.3). C15E malzemesinden üretilen H4 histerezis rondelası bu test kriterlerini tamamlamış ve 4 milyon çevrime kadar parçada bir kırılma gözlenmemiştir.

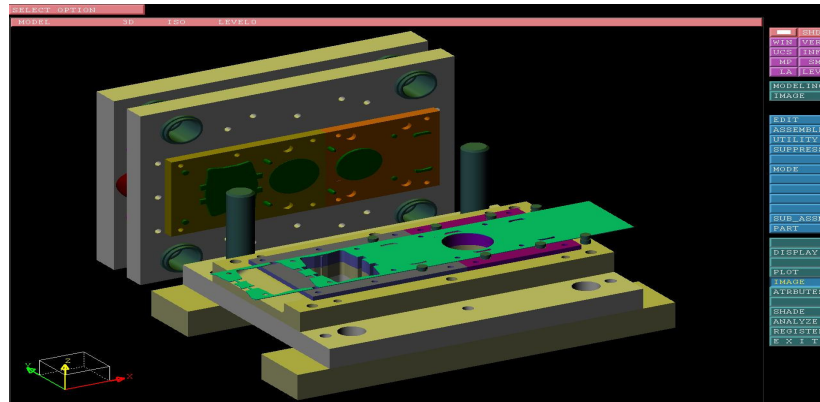


Şekil 4.3 Yorulma Testi Sonrası DD11 Malzemesinden Yapılan H4 Histerezis Rondelası (1 milyon devir).

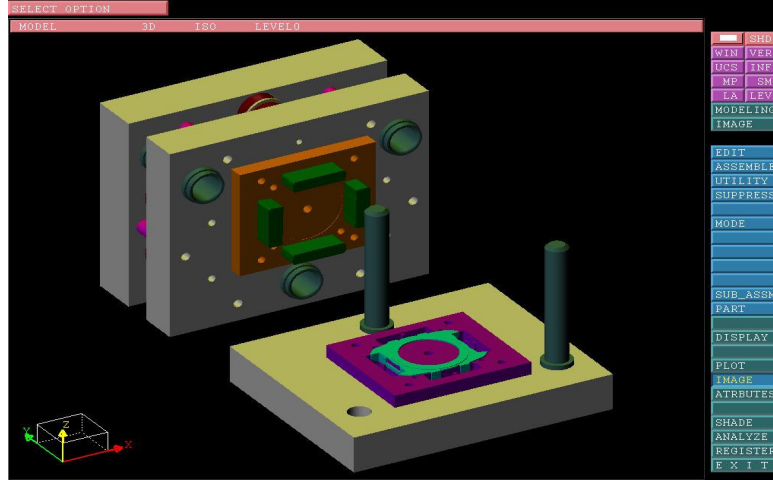


Şekil 4.4 Yorulma testi sonrası C15E malzemesinden yapılan H4 histerezis rondelası (2milyon devir).

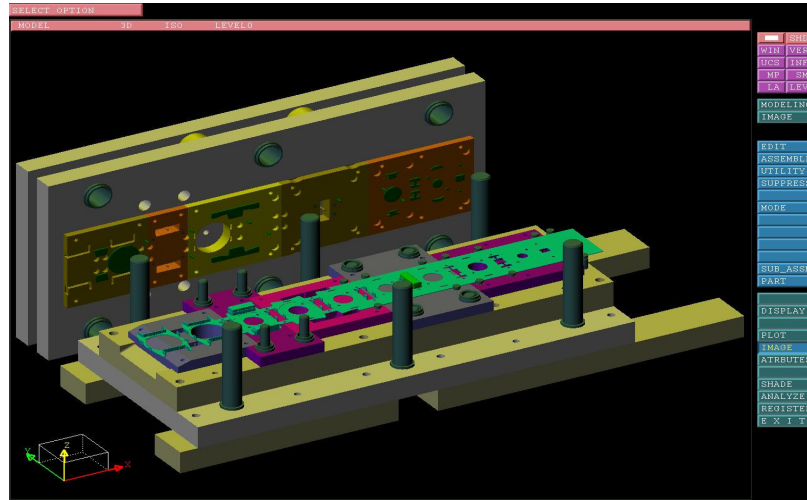
H4 histeresiz rondelasının üretim maliyetleri kesme (Şekil 4.5) ve bükme kalıbı (Şekil 4.6) ve de bileşik (progresif) kalıp (Şekil 4.7) kullanılarak karşılaştırılmıştır. İki ayrı kalıpla üretim yapmanın maliyeti artıracığı ve zaman kaybına yol açacağı bilinmektedir (Gürün ve Nalbant, 2005; Ataşımşek, 2002). Bileşik kalıpların üretim maliyetleri daha fazla olmasına rağmen ürün üretim adedinin fazla olması ayrıca zaman tasarrufu ve işçi gücündeki azalma sağlaması nedeniyle bileşik kalıp tercih edilmektedir. Bileşik kalıp kullanımı ile yıllık en az %10' luk bir iyileşme getirmesi beklenmektedir.



Şekil 4.5 Kesme kalıbı



Şekil 4.6 Bükme kalıbı.



Şekil 4.7 Bileşik kalıp

İki farklı kalıpla üretim oldukça büyük bir maliyet getirmekte ve zaman kaybına yol açmaktadır (Gürün ve Nalbant 2004). Bu çalışmada hızlı ve seri H4 rondelası üretmek için iki farklı kalıpla üretim yapmak yerine tek bir bileşik kalıpla üretim yapma yoluna gidilmiştir.

Bileşik kalıp ve iki ayrı kalıpla üretim zaman açısından karşılaştırılmıştır. Herbir üretim aşaması için tespit edilen ortalama zaman miktarları üretim sırasında yapılan ölçümler sonucunda elde edilmiştir. İki ayrı kalıpla üretim için harcanacak ortalama üretim zamanı Çizelge 4.1’de verilmiştir. Bileşik kalıpta üretim için de harcanan

ortalama üretim zamanı Çizelge 4.2’de görülmektedir. Bileşik kalıp maliyeti diğer kalıplara göre daha fazla olmasına rağmen yapılan analiz göstermiştir ki bileşik kalıpla sağlanan zaman tasarufu ve işçilik maliyetindeki azalma kalıp maliyetini gidermekte ve çok kısa sürede daha hızlı ve seri H4 histerezis rondelası üretmeyi sağlamaktadır.

Çizelge 4.1 İki ayrı kalıpla H4 rondelası üretim zaman çizelgesi

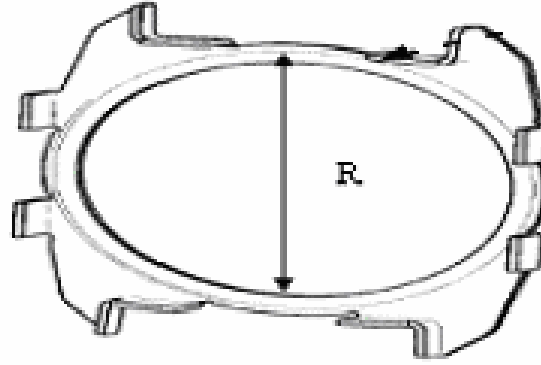
Üretim İşlemi	Gerekli Kuvvet (kg)	Gerekli Ekipman	Gerekli İnsan Gücü	Zaman (sn.)
Kesme	6870	Kesme Kalıbı	Var	25
U bükme	730	U Bükme Kalıbı	Var	25
Toplam	7600	2 adet kalıp	2 işçi	50

Çizelge 4.2 Bileşik kalıpla H4 rondelası üretim zaman çizelgesi

Üretim İşlemi	Gerekli Kuvvet (kg)	Gerekli Ekipman	Gerekli İnsan Gücü	Zaman (sn.)
Kesme	6870	Bileşik Kalıp	Var	10
U bükme	730	-	Yok	10
Toplam	7600	-	1 işçi	20

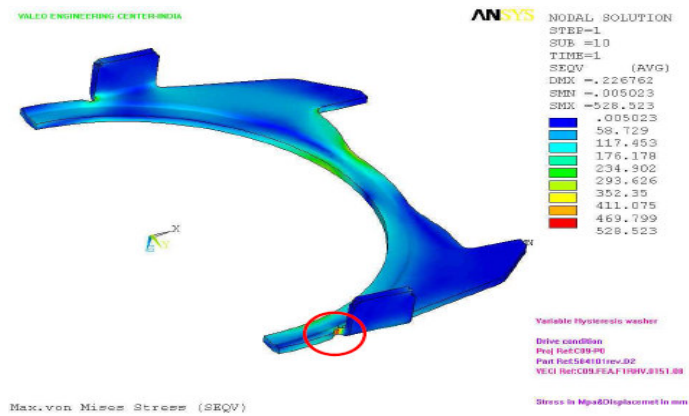
Bu tablolarda da görüldüğü gibi bileşik kalıpla yapılan üretimin hem zaman tasarufu hem de maliyetleri düşürme bakımından daha faydalı bir üretim şekli olduğuna karar verilmiştir (Ataşimşek 2002).

H4 Histerezis rondelasında karşılaşılan problemler genellikle rondelanın kırılması ve kulaklardaki yırtılmalardır. C15E malzemesi ile üretim yapılmaya karar verildikten sonra H4 histerezis rondelasının geometrisi yeniden belirlenmiştir. Buradan hareketle parçanın iç çapının azaltılması yoluna gidilmiştir (Şekil 4.5). Böylelikle sac kalınlığı artırılmış ve birim yüzeye gelen gerilim miktarı azaltılmıştır.

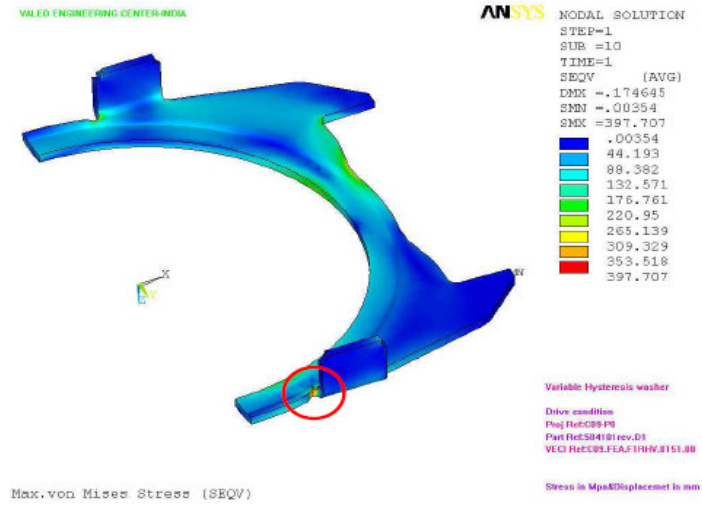


Şekil 4.8 H4 histerezis rondelasının şematik görünümü

ANSYS programı ile gerilme analizi yapılarak iki durum için maruz kalınan gerilme miktarları hesaplanmıştır. ANSYS ile karşılaştırma yapılırken kalınlık farkı göze alınarak işlem yapılmıştır. Kalınlığın artması, oluşacak gerilmeyi %24.75 oranında azaltmıştır. Bu malzemenin emniyet gerilme değeri 430 Mpa'dır. Çap 73 için bu parçanın maruz kaldığı gerilim değeri 528.523 MPa olduğu ANSYS programı ile saptanmıştır. İç çapın küçültülmesi ($D=71$) ile gerilimin uygulandığı alan büyütülmüş olup, birim yüzeye gelen maksimum gerilim değeri 397.707 MPa olarak saptanmıştır (Şekil 4.9 ve Şekil 4.10)

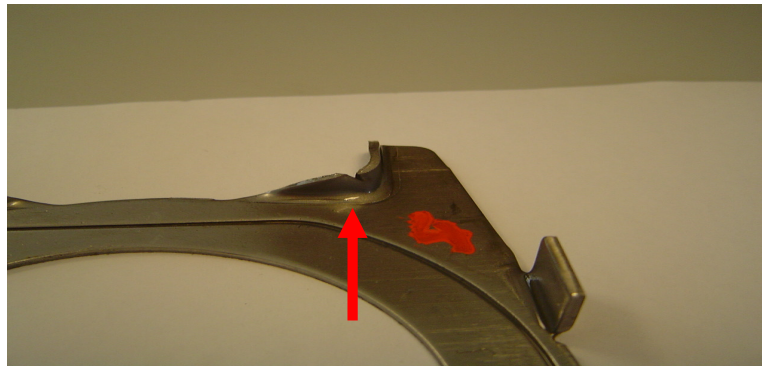


Şekil 4.9 İlk çap değeri ile gerilim dağılımları

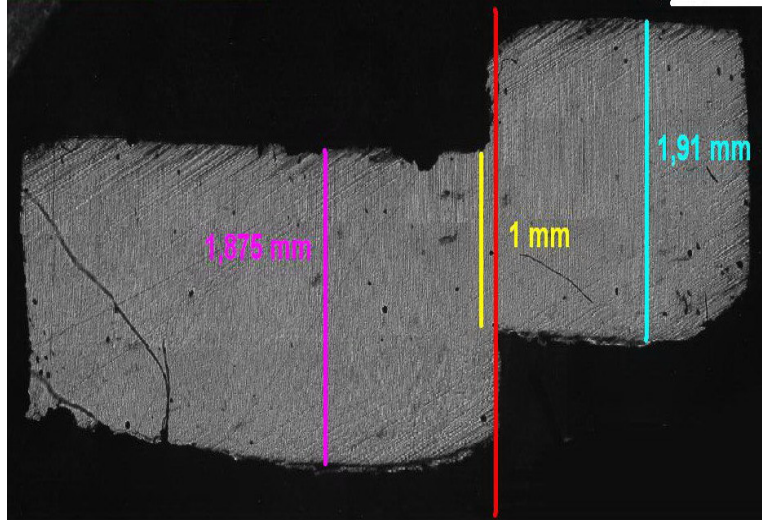


Şekil 4.10 Değiştirilmiş çap değeri ile gerilim dağılımları

H4 histerezis rondelasının üretiminde karşılaşılan diğer bir problem de rondelanın kulak bölgesinde oluşan yırtılmalarıdır (Şekil 4.11). Pek çok uygulamada olduğu gibi H4 rondelasında da görülen yorulma çatlaklarının ve yırtılmalarının bir çoğunun sebebi yüzey durumudur (Şekil 4.12 ve Şekil 4.13). Bu nedenle yorulma, özellikle yüzeydeki çentik, girinti, çıkıntı, keskin köşe vb. gibi tasarımdan kaynaklanan kusurlara karşı duyarlıdır. Yüzeylerdeki çentik ve keskin köşelerin yorulma özelliklerini olumsuz yönde etkilemesinin nedeni bu bölgelerin yüksek çekme gerilimine maruz kalmalarındandır. Bu yüzden yorulma kırılmalarının çoğu bu bölgelerden başlar (Hertzberg, 1976).

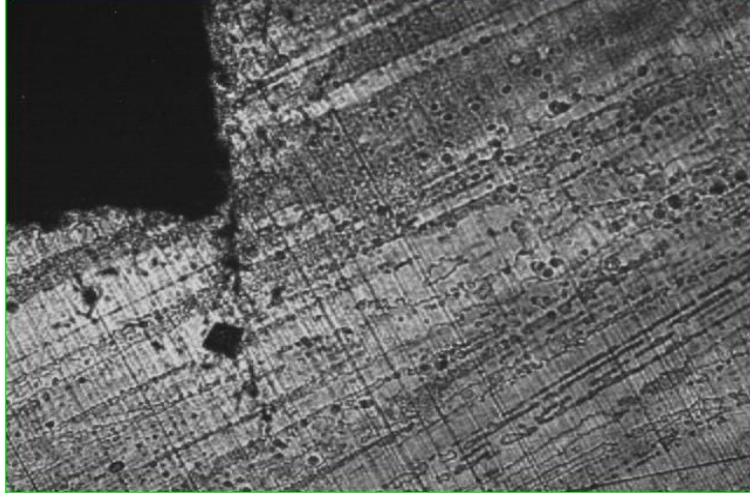


Şekil 4.11 H4 histerezis rondelasının kulak bölgesindeki yırtılmalar



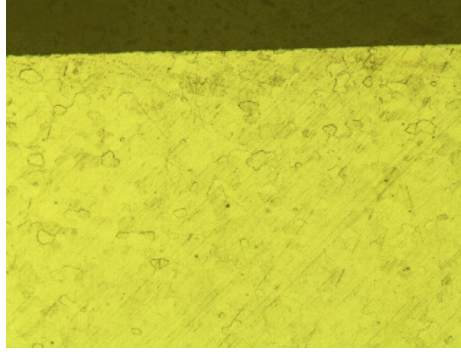
Şekil 4.12 H4 histerezis rondelası kulak bölgesi

Sürtünme gerilimine maruz kalan H4 histerezis rondelasında aşınmanın meydana gelmesi kaçınılmazdır. Bu yüzden H4 histerezis rondelasına yüzey işlemi uygulanarak sertliği artırılmıştır. Yorulma dayanımını artıracak en etkili yöntemlerden biri yüzey sertleştirme işlemidir. H4 histerezis rondelasına plazma yöntemiyle karbonitürleme işlemi uygulanmıştır. Karbonitürleme işlemi, mühendislik malzemelerinin aşınma direnci, yorulma mukavemeti ve korozyon mukavemetini iyileştirmekte kullanılan en önemli termokimyasal işlemlerden biridir. Plazma karbonitürleme işlemi, demir esaslı malzemelerin yüzeyine azot ve karbonun yayınmasını içeren termokimyasal işlemdir. Yüzeyde tek fazlı (ϵ -nitür) tabakası onun altında da difüzyon tabakası oluşur (Alsaran ve diğ., 2004).

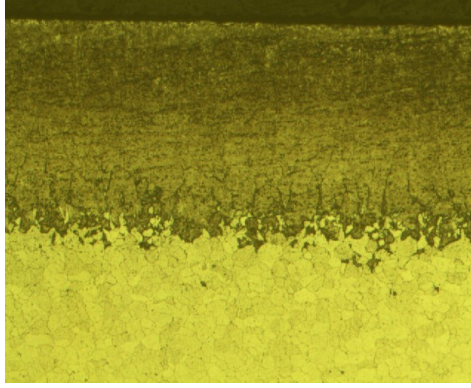


Şekil 4.13 H4 histerezis rondelası kulak bölgesindeki çatlaklar

En dış yüzeyde oluşan ve beyaz tabaka olarak adlandırılan faz, çentik ve çizilmeye karşı yüksek mukavemete sahip olan hegzagonal sıkı paket (hsp) kafes yapısına sahip $Fe_2(N, C)$ 'dir (Hoffman ve Mayr 1997). Beyaz tabakanın altında oluşan ve difüzyon tabakası olarak adlandırılan yapı, azot ile α -Fe fazının doymasıyla ve çelik bünyesinde bulunan alaşım elementleriyle azotun birleşerek metal nitrür çökeltilerini içermesiyle meydana gelir (Haruman and Sun, 1992). Oluşan difüzyon tabakası bası gerilmeleri içerir ve bu da malzemenin yorulma dayanımını artırır. Yorulma çatlağının oluşmasını ve ilerlemesini geciktirir (Şekil 4.14 ve Şekil 4.15) (Manory ve Hensler, 1995).



Şekil 4.14 Karbonitrüleme işlemi uygulamadan önceki mikroyapı



Şekil 4.15 Karbonitrüleme işlemi uygulanmış mikroyapı

Plazma şartlarında gerçekleştirilen karbonitrüleme işleminin bilinen yöntemlere göre işletim maliyetinin düşük olması, bir çok işlem parametresinin (zaman, sıcaklık, basınç, gaz karışımı, akım yoğunluğu) hassas kontrolünün mümkün olması işlem sonrası daha üstün teknik özelliklere sahip yapıların elde edilebilirliği gibi bir çok avantajlarının olması nedeniyle H4 histersiz rondelasının üretiminde kullanılmaktadır. H4 histerezis rondelasının karbonitrüleme derinliği 0.2-0.3 mm arasındadır. Yapılan ölçümlere göre sertlik değerleri Çizelge 4.3’de görülmektedir.

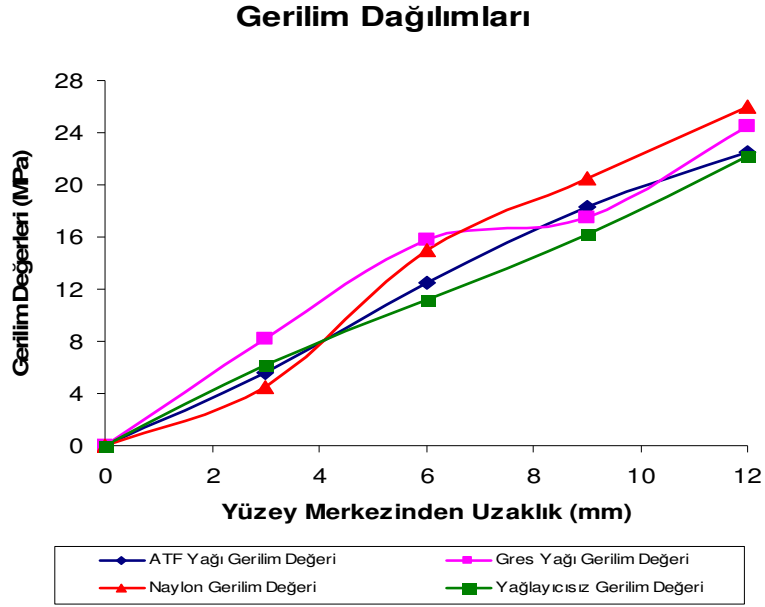
Çizelge 4.3 C15E Malzemesinin Karbonitrüleme Sonucu Sertlik Dağılımı

Test	HV1
0.2 mm de ölçülen yüzey sertliği	772
0.3 mm de ölçülen yüzey sertliği	467
Çekirdek sertliği	162

Ayrıca rondelada sürtünme sonucu aşınmaları azaltmak için yağlayıcı kullanılmaktadır (Cerit,1994). Bu nedenle ATF yağı, gres ve naylon yağlayıcıları seçilmiştir. Yağlayıcıları değerlendirmek için gerilim dağılımlarına bakılmıştır. Gerilim dağılımları Hecker testi ile belirlenmiştir. Bu testte, kare şeklinde kesilen numuneler hidrolik preste sac metal yırtılana kadar zımba ile baskı uygulanmış ve gerilim dağılımları elde edilmiştir. Gerilim dağılım metoduna göre yağlayıcısız ve üç tip yağlayıcı kullanılan numunelerin, kap üzerinde oluşan gerilim dağılımı sonuçları Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4 Farklı yağlayıcı tiplerinin gerilim dağılımı üzerine etkisi

Yüzey merkezinden uzaklık (mm)	ATF yağı Büyük gerilim e1 %	Gres Büyük gerilim e1 %	Naylon Büyük gerilim e1 %	Yağlayıcısız Büyük gerilim e1 %
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3,00	5,60	8,25	4,50	6,25
6,00	12,50	15,80	15,00	11,25
9,00	18,30	17,50	20,50	16,25
12,00	22,50	24,50	26,00	22,25



Şekil 4.16 Kullanılan yağların gerilim dağılımları

Sürtünmeyi azaltmak için kullanılan yağlayıcı ne kadar düzgün bir gerilim dağılımı gösterirse parça üzerindeki gerilim o kadar düşer (Anonim, 2007). Bu nedenle yağ seçimi yaparken gerilim dağılımı doğrusal olan yağlar seçilmelidir. Gerilim dağılımlarına bakıldığında ATF yağlayıcı kullanılan numunelerin nispeten doğrusal bir değişim gösterdiği görülmektedir. Yüzey merkezinden uzaklaştıkça gerilim değişimi doğrusal olarak artmaktadır. Nylon (Polyamid 6) yağlayıcı kullanılan numunelerde kap merkezinden uzaklaştıkça gerilim değişimi artmakta fakat doğrusal bir artış görülmemektedir, düzensiz bir artış vardır. Gres yağlayıcı kullanıldığında, kapın merkezinden 6mm uzaklığa kadar doğrusal bir artış varken, 6 mm ile 9 mm arasında doğrusal gerilim değişmesi olmamaktadır. 9 mm ile 12 mm arasında ise tekrar doğrusal bir gerilim artışı görülmektedir. Gres ise düzenli bir dağılım göstermemektedir. Nylon (Polyamid 6) katı yağlayıcı olduğu için gerilim değişmesi doğrusal olmamıştır.

Sürtünmeyi azaltmak ve şekillendirme sırasında orantılı ve düzgün gerilim dağılımı elde etmek için yağlama gereklidir. Bu çalışma sonunda gerilim dağılımlarına bakarak ATF yağının en uygun yağlayıcı olduğu görülmüştür.

5. SONUÇ

- C15E (EN 10084) malzemesinin H4 histerezis rondelası üretmek için uygun bir malzeme olduğu görülmüştür.
- H4 histerezis rondelasının mekanik dayanımını artırmak için iç çap küçültülmüş ve yüzeye gelen gerilim miktarı % 24.75 oranında düşürülmüştür.
- Plazma yöntemiyle uygulanan karbonitrüleme yüzey işleminin parçanın sertliğini artırmıştır.
- Sürtünmeyi azaltmak için uygun yağlayıcının ATF yağı olduğu anlaşılmıştır.
- Bileşik kalıpla üretimin hem zaman tasarufu hemde maliyetleri düşürme bakımından faydalı bir üretim şekli olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- ALSARAN, A., KARAKAN, M., ÇELİK, A., YETİM, A., 2004. Plazma Nitrokarbürleme, Makina Teknolojileri Dergisi, Bileşim Yayıncılık
- ANONİM. 2007. Technical Documentation of Valeo A.Ş
- ATAŞİMŞEK, S. 1977. Sac Kalıpları, Bursa
- ATAŞİMŞEK, S. 2002. Plastik ve Metal Kalıplılık Teknikleri, İstanbul
- BHUSHAN, B. GUPTA, K. B.,1991. Handbook of Tribology, McGraw-Hill, U.S.A
- BERGHAUS, B. 1939. German Patent DRP 851, p.540
- CERİT, A. M. 1994. Üretim ve Tasarım, Makine Mühendisliği El Kitabı
- EDENHOFER, B. 1974. Physical and Metallurgical Aspect of Ionitriding. Heat Treat. Of Metals, V2, p23
- ERİŞKİN, Y. 1986. Uygulamalı Sac Metal Kalıp Konstrüksiyonu, Yüksek Lisans Tezi (yayınlanmamış), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s.91-110, Ankara
- GÜRÜN, H., NALBANT, M. 2005. Bilgisayar Destekli Ardışık Delme-Kesme Kalıbı Tasarımı, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 20, No 2
- HADFIELD, J. 1986, MSc Thesis, University of Birmingham
- HARUMAN, E., SUN, Y., 1992. Compound layer characteristics resulting from plasma nitrocarburizing in atmospheres containing carbon dioxide gas additions, Surface Engineering, 8, 275-282
- HAZAR, V. 2001. Kesme Kalıplarında Kesme Boşluğunun Kesme Kuvvetine Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi (yayınlanmamış), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s.1-163, Ankara
- HERTZBERG, R. W. 1976. Deformation and Fracture Mechanics of Engineering Material, John-Wiley-Sons, Second Edition, Inc. New York, USA
- HOFFMAN, F., MAYR, P. 1997. Nitriding and Nitrocarburizing , ASM Handbook, 6, Ohio, p.878-883
- <http://www.valeoclutches.com>, Erişim tarihi: 30.08.2007. Konu: Valeo, Clutch
- KURT, H., 1999. Kalıplılık Tekniği ve Tasarım Kesme Kalıpları. Birsen Yayınevi, s.10-52

MANORY, R. R., HENSLER, J. H. 1995. Compound layer growth and compound layer porosity of austenite plasma nitrocarburised non-alloyed steel, Surface and Coatings Technology, 71, p.112-120

STAINES, A. M., 1985. Thermochemical Treatments in a Glow Discharge Environment. Surface Eng, p.739

ŞİŞMAN, A., 2002. Bilgisayar Destekli Kesme Kalıbı Tasarımı, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

UZUN, I., ERİŞKİN, Y., 1983. Sac Metal Kalıpcılığı, Milli Eğitim Basımevi, s.80-125

YELBEY, İ. 2002. Kalıp Konstrüksiyonu ve Kalıp Tasarımı, s.1-214

ÖZGEÇMİŞ

Seren SAYACA 1980 yılında Eskişehir’de doğmuştur. 1998 yılında Eskişehir Kılıçoğlu Anadolu Lisesi’nden mezun olmuştur. Aynı yıl Anadolu Üniversitesi Malzeme Bilimi ve Mühendisliği bölümünde öğrenim görmeye başlamıştır. 2003 yılında Malzeme Mühendisi ünvanını almıştır. 2005 yılında da Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde yüksek lisans öğrenimine başlamış ve öğrenimini sürdürmektedir. 2006 yılından beri Valeo Debriyaj Sistemleri A.Ş firmasında AR-GE mühendisi olarak çalışmaktadır.

TEŐEKKÜR

Bu çalıőmamda bana her tűrlű desteęi sunan, yűksek lisans tez danıőmanım, deęerli hocam sayın Prof. Dr. Ali BAYRAM'a en içten teőekkűrlerimi ve saygılarımı sunarım.

Çalıőmanın gerçekleőmesindeki katkılarından dolayı, deęerli bilgisinden ve tecrűbesinden istifade ettięim Műdűrűm Semra ERDOęAN'a, Őefim Emre GURAN'a ve çalıőmalarım esnasında emeęi geçen dięer arkadaőlarıma teőekkűr ederim.

Ayrıca, bana her zaman destek olan ve hep yanımda olduklarını hissettięim eőim, annem, babam ve kardeőim'e en derin teőekkűrlerimi ve Őűkranlarımı sunarım.