

47057



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DÖVME SANAYİİNDE
KALIP ARIZALARI, NEDENLERİ VE
GİDERİLME ÇARELERİNİN ARAŞTIRILMASI

Mak.Müh. Sinan COŞKUN

F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalı İmal Usulleri Programında
hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. M.Emin YURCI

YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
MANİFASTON MERKEZİ

İSTANBUL, 1995

İÇİNDEKİLER

1.Giriş

2.Dövme Kalıplarında Hata Oluşturucu Mekanizmalar

2.1.Yapışma

2.2.Aşınma

2.3.Kalıp Erozyonu

2.4.Korozyon

2.5.Isıl Yorulma (ısıl çatlaklar)

2.6.Mekanik Yorulma

2.7.Isıl Şok

2.8.Plastik Deformasyon

2.9.Büyük Çatlak Oluşumları

3.Dövme İşleminde Ortaya Çıkan Hatalar

3.1.Aşındırıcı Etkiler Sonucu Oluşan Hatalar

3.1.1.Aşınmayı Etkileyen Faktörler

3.1.1.1.Kalıp Malzemesi

3.1.1.2.Kalıp Sertliği

3.1.1.3.İş Parçası Sıcaklığı

3.1.1.4.Yağlama / Kalıp Sıcaklığı

3.2.Isıl Yorulma

3.2.1.Etkileyen Faktörler

3.2.1.1.Kalıp Yüzey Sıcaklığı

3.2.1.2.Yüzey Gerilim ve Gerinim Değerleri

3.2.1.3.Mikro-Yapısal Etkiler

3.3.Mekanik Yorulma

3.4.Plastik Deformasyon / Kalıbın Tam Harabiyeti

3.5.Kalıp Hatalarının Oluşumlarına Örnekler

3.5.1.Kalıp Karakteristikleri

3.5.2.Hata Örnekleri

4.Dövme Kalıplarında Malzemenin Önemi ve Malzeme Seçimi

4.1.Kullanılan Başlıca Malzemeler

4.2.Diğer Malzemeler

4.3.Dövme İçin Kullanılan Kalıp Malzemelerin Karşılaştırılması

4.4.Malzeme Seçimi Ve Göz Önüne Alınması Gereken Faktörler

4.4.1.Üniform Sertleştirilebilme Özelliği

4.4.2.Aşınma Dayanımı

4.4.3.Plastik Deformasyon Dayanımı

4.4.4.Mukavimlik

4.4.5.Isıl Etkilere Bağlı Oluşumlara Karşı Dayanım

4.4.6.Yorulma Dayanımı

5.Kalıplarda Uygulanan Dayanım Arttırıcı İşlemler

- 5.1.Aşındırıcı Etkilere Karşı Dayanım Arttırıcı Metotlar
- 5.2.Isıl Yorulmaya Karşı Dayanım Arttırıcı Metotlar
- 5.3.Mekanik Yorulmaya Karşı Dayanım Arttırıcı Metotlar
- 5.4.Dövme Kalıplarında Dayanım Arttırmak İçin Uygulanan Isıl İşlemler
- 5.5.Kalıp Çeliklerinin Türlerine Bağlı Olarak Uygulanan Isıl İşlemler

5.6.Yüzey Korumucu ve Dayanım Arttırıcı İşlemler

- 5.6.1.Nitrasyon İle Yüzey Sertleştirme
- 5.6.2.Borlama
- 5.6.3.Karbonlama İşlemi
- 5.6.4.İyon İmplantasyonu Yüzey Sertleştirme İşlemi
- 5.6.5.Toyota Difüzyon Prosesi İle Karbür Kaplama İşlemi
- 5.6.6.Metallife İşlemi
- 5.6.7.Seramik Kaplamalar
- 5.6.8.Elektro-Kaplama İşlemi
- 5.6.9.Seri Yüzey Oluşturmak İçin Uygulanan İşlemler
- 5.6.10.Elektro-Kıvılcım Yöntemi
- 5.6.11.Kromlu Çeliklerde Plazma-Over Karbürleme İşlemi

6.Kalıpların Onarımı

6.1.Kalıpların İmalatı

6.2.Isıl İşlemler

6.3.Kalıpların Onarımı

6.3.1.Yenileme İşlemi

6.3.2.Dolgu İşlemi

7.Sonuçlar ve Değerlendirmeler

Teşekkür

Gerek lisans gerekse lisansüstü öğrenimimiz sırasında bu araştırmanın esas konusunu teşkil eden talassız şekil verme usulünün önemini bizlere benimseten hocamız Sayın Prof.M.Emin YURCİ 'ye , Omtaş Otomotiv Transmisyon Aksamı San. ve Tic.A.Ş.' den Sayın Mehmet FERAH 'a ,kalıp kontrol bölümünden Sayın Mustafa AKAR 'a , Parsan Makina Parçaları Sanayii A.Ş. Planlama Müdürü Sayın Haluk ERCEL' e araştırmalarım sırasında yapmış oldukları yardımlardan dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunar, bu çalışmanın tüm öğrenci arkadaşlarım için de faydalı olmasını dilerim.

7 Eylül 1995 / İstanbul

Mak.Müh.Sinan COŞKUN

1.Giriş

Genel İmal Usûlleri arasında önemli bir yer teşkil eden Talassız Şekil Verme günümüzde pek çok değişik uygulama alanları bulan bir yöntemdir. Talassız şekillendirme işlemi sıcak ve soğuk olarak uygulanabilmektedir. Sıcak şekillendirmenin ,şekil değiştirme direnci yüksek ,kalın kesitli , büyük hacimsel deplasmanlar gerektiren , gözeneksiz , sünek ve dinamik zorlamalara dayanıklı , yüksek mekanik özellikler gereken durumlarda uygulandığını görmekteyiz. Soğuk şekillendirme ise ortam sıcaklıklarında plastiklik özelliği iyi olan (Cu, Al v.b.) malzemelere , küçük hacimsel deplasman gerektiren , ince kesitli (tel, ince sac imalatı) parçaların imalatında tercih edilmektedir.

Talassız imalat yöntemlerinden biri olan dövme işlemi serbest dövme ve basma veya kalıpta dövme ve basma olmak üzere iki yöntem ile gerçekleştirilmektedir. Serbest dövme ve basmada, parça , iki basma yüzeyi arasında yığılarak biçimlendirilmektedir. Hacim sabitliği esasına göre, yükseklik doğrultusundaki incelmeye karşılık uzama ve genişlemeler meydana gelmektedir.

Serbest dövme ve basma ile elde edilen dövme parçaların ölçü tamlığı operatörün yetenek ve tecrübesine bağlı kalmaktadır. Ayrıca ,bu yöntemle seri imalat yapılması da mümkün olmadığından , kalıpta dövme ve basma tüm bu güçlükleri yenebilmek için geliştirilmiştir. Böylelikle, düzgün, pürüzsüz yüzeyli, birbirine eşit ve çok sayıdaki parça imalatı ekonomik olarak yapılabilir. İmalat zamanı da düşürülerek işçilik ve maliyetlerde azalma elde edilmektedir.

Kalıpta dövme ve basma işleminde hiç kuşkusuz en önemli görev kalıplara düşmektedir, çünkü yeterli özelliklere sahip bir kalıp ile çalışıldığında, kaliteli parçaların elde edilmesi ve istenilen üretim adetlerine ulaşmak mümkün olmaktadır. Kalıpların ömürlerini belirleyen önemli bir faktör olan hata oluşumlarının incelenmesi bu noktada büyük önem kazanmaktadır.Kalıp hataları , bunları önleme ve hataları giderme yöntemleri tezimin konusunu oluşturmaktadır. Öncelikle hata oluşturuç mekanizmalar incelenmiş , bunlara bağlı olarak oluşmuş hatalar gözden geçirilmiş , kalıplarda hata oluşumunu azaltma ve kalıpların onarım yöntemleri anlatılmıştır. Ayrıca ülkemizde faaliyet gösteren dövme tesislerinde konu ile ilgili yapılmış araştırmalar, elde edilen izlenimler ayrı bir bölüm olarak eklenmiştir.

2.Dövme Kalıplarında Hata Oluşturucu Mekanizmalar

Kalıpların aşınması çok karmaşık bir konu olmakla birlikte başlıca dört ana konu başlığı olarak ifade edilebilir: kalıp, iş parçası, her ikisi arası arasındaki ilişki ve işletme koşulları. Bu dört ana başlığın dışında kalıp dizaynı, kalıp malzemesi, ısıl işlem, yağlama, yüzey işlemleri kaplamalar, ve işletme koşulları da, aşınma açısından ele alınmalıdır.

Kalıp boşluklarının dizaynı kayma hızlarına, sıcaklığa ve yüzey basınçlarına etki etmektedir. Özellikle kalıp boşluklarındaki köşe radyüsleri, aşınma sürtünme açısından çok önemlidir. Kalıp dizaynında da ele alınan ana noktalar; kalıp boşluğunun tüm kalıp kütlesine oranı, soğutma kanalları, boşluk dış yüzeyi ve kalıp hacmindeki ani kesit değişikliği gösteren noktalar dır.

Aşınma için bir diğer önemli hususta kalıp malzemesinin mikro ve makro yapısal özellikleri, bileşimi, malzeme içindeki hatalar ve fiziksel özellikleridir. Bununla beraber kalıp malzemesi ile iş parçası arasında oluşabilecek mekanik ve kimyasal olaylar da, malzemenin bileşimine bağlıdır.

Kalıpların ısıl işlemi de, malzemenin son mikro-yapısına sertliğine ve sünekliliğine etki eden bir faktördür.

Yağlama, sürtünme koşullarını ifade etmesi açısından önemlidir. Buna ek olarak, yağlama temas olayını (ısıl katsayılar) ve ara yüzeydeki oksidasyonu değiştiren bir unsurdur.

Aşınma dayanımı konusunda yüzey işlemleri ve kaplamalar da son yıllarda büyük uygulama alanı bulmuşlardır. Bu konu ile ilgili bazı önemli sonuçlar; kalın kaplama, ısıl ve kimyasal stabilite, yapılaşma dayanımı, pul şeklinde dökülmeye karşı önlem ve maliyettir. Seramik kaplama gibi değişik uygulamalar ise sıcak ekstrüzyon, çekme kalıbı gibi yüksek sıcaklık işlemlerinde kullanılmaktadır.

Mekanik ve termik yükleme, kayma boşlukları ve hızları, kalıp aşınmasında etkili olan başlıca işletme koşullarıdır. Maksimum sıcaklık, kalıp ön ısıtma sıcaklığı gibi unsurlar başarılı bir uygulama için önemli olan durumlardır. Kabul edilebilir kalıp ömrü ancak kontrollü işletme koşullarında sağlanabilir.

Malzemelerde aşınma olayı birçok değişik mekanizma ile gerçekleşir. Bu mekanizmaları ifade etmek için, uygulama sahasına bağlı olarak, aşınma olaylarına değişik adlar verilir. Kalıplarda meydana gelen aşınma ve hatalar şu şekilde belirtilebilir:

- 1-Yapışma aşınması
- 2-Aşındırıcı etkiler ile oluşan kalıp bozulmaları
- 3-Kalıp erozyonu
- 4-Korozyon
- 5-Isıl yorulma
- 6-Mekanik yorulma
- 7-Isıl şok
- 8-Plastik deformasyon
- 9-Geniş ve kalın çatlak oluşumları

Yüksek mertebelere erişen basınçlara karşılık dövme kalıplarının oldukça yüksek mukavemetli, sünek, aşınma ve ısıl şoklara dayanımlı olmaları gerekir. Dövme kalıpları dövülmüş büyük çelik bloklardan veya hadde ürünü, genellikle orta alaşımlı ve ısıl işlem görmüş çelik malzemeden, konstrüksiyon ve modele uygun gravürlerin kalıp çifti (iki yarım kalıp) veya takıma oyulması ile elde edilir. Daha sonra da ısıl işleme tabi tutulurlar. Isıl işlem gerilim giderme tavlı, sulama için ısıtma ve yağda veya havada veya suya daldırılarak sertleştirilmesi olmak üzere ardışık işlemleri içine alır. Daha sonra kalıp içerisinde kalabilecek gerilmeleri ve yüzeydeki talaş kaldırma sırasında oluşabilecek gerilmeleri ortadan kaldırmak için (500-600 °C) arasında ısıl işlem uygulanır. Bazı hallerde çeliğin kalitesinde parça - kalıp geometrisine ve boyutlarına bağlı olarak bu işlem iki defa tekrarlanır.

Bu kalıp eldesinden başka birde çelik döküm kalıplar vardır. Bu metot ile elde edilen kalıpların gravürleri hassas ve temiz döküm kalitesinde olduklarından aynen kullanılırlar ve herhangi bir talaş kaldırma işlemi uygulanmaz. Bu döküm kalıpların döküm için kalıplanmalarında ayrılma hattı ve çalışan yüzeyleri zirkonyum tabakası ile kaplanır.

Yastıklar veya takım noktaları olarak belirlenen veya talaş alma sırasında yerleştirme için kullanılan yüzeyler kalıp ömrünün artması için ayrılma hattından uzakta olmalıdır.

Kalıp oyugundaki koniklik açılan ve dolayısı ile parçadaki çekme dövülen parça sayısı ile artar. Bunun sebebi çapak hattı kalıp yan cidarındaki aşınmanın en büyük ve oyugun dip taraftaki yan cidarda ise en az olmasıdır. Ayrılma hattındaki azami aşınma, oyuga metalin akışa zorlanması sebebi ile oluşur, bundan sonra ikinci derecedeki fazla aşınma ise çapak oyugunda oluşur.

Bir dövme parçadaki derin, dar oyuklar kalıpta yüksek, ince kesitler olarak şekillendirilmelidir. İnce kesitli kalıp ömrü genellikle diğer kalıp kesitlerine göre daha azdır, zira mükerrer kullanımdan sonra yığılabilir. Bazen dövme parça sayısı üzerinde büyük etkisi olur.

Kalıpların aşırı yüklenmesi sebebi ile kırılma olayı nispeten az ise de aşırı yüklenen bir kalıp hızla aşınıp kırılabilir. Aşırı yükleme kalıp çeligi ve sertliğinin dikkatli seçimi ile, doğru metal akışını sağlayacak sağlıklı kalıp konstrüksiyonu ve kalıpların çekiç veya preste tam ve uygun oturtulması ile minimuma indirilebilir. Elverişli olmayan pres ve çekiçten gelen aşırı yükleme iş metalinin aşırı ısıtılması ile telafi edilmemelidir.

Aşındırıcı etki metalin dövme kalıbının oyugundaki akışı ve yayılmasında oluşur. Dövme parça dizaynı karmaşık ve dövmeğe güç gelen diğer hususlarda eğer dövülecek metalin sıcağıdaki mukavemeti yüksek ise veya metal üzerinde tufal oluşumu mevcut ise aşınma özellikle çok yüksektir.

Aşındırma yok edilemez ise de etkileri ,

- İyi kalıp dizaynı ile (bir kalıp gravüründen diğer olana dövme şeklindeki yumuşak geçiş ile ve uygulanabildiği ölçüde de son dövmede minimum iş ile)

- Kalıp bileşiminin ve sertliğinin dikkatli seçilmesi ile ,

- Uygun dövme tekniği ile (doğru ısıtmayı, gerekli tufal almayı ve düzgün kalıp yağlanmasını içine alan) minimum kılınabilir.

Kalıp sıcaklığı arttıkça aşınma direnci azalır. Dövme tekniğinde oluşan ilk kalıp aşınmasının çoğunluğu aşırı ısıtmadan kaynaklanır. Aşırı ısıtma çoğunlukla oyuğa uzatılan kalıp gravürü bölgesinde oluşur. Ayrıca, aşırı ısınma sürekli üretimden dolayı gerçekleşebilir. Eğer, aşırı ısınmayı önleyici dahili bir kalıp soğutma sistemi ekonomik olarak sağlanamıyorsa, aşırı ısınma etkisinde kalan kalıp veya kalıp ısınmaları yüksek ısı mukavemetli çeliklerden yapılmalıdır. Muhtelif metaller için tipik dövme sıcaklıkları şöyledir.

Magnezyum alaşımları.....	371 ° C (700 ° F)
Alüminyum alaşımları	427 ° C (800 ° F)
Bakır alaşımları.....	816 ° C (1500 ° F)
Takım çelikleri.....	1038 ° C (1900 ° F)
Paslanmaz ve ısıya mukavim çelikler.....	1025 ° C (2200 ° F)
Karbon ve alaşımlı çelikler.....	1260 ° C (2300 ° F)

Gerçek sıcaklıklar alaşıma bağlı olarak 50 ° C kadar değişebilir. Alüminyum ve magnezyum alaşımları dövmede, dövme işleminden doğan ısı kaybını asgariye indirmek için kalıp sıcaklığını

metalın dövme sıcaklığına yakın tutmak istenir. Çelik dövmede ince uzantılar ve tapalar (memeler) 430 - 530 ° C kadar erişebilirler, fakat kalıp blogu içerisindeki sıcaklık 150 - 315 ° C (300 - 600 ° F) aralıdır.

"Heat checking" ısı çizgiler başlıca köşelerde veya kalıbın uzantılarında görülür. Kalıp blogunun merkezi nispeten soğuk olduğu halde kalıp yüzeyi aşırı ısındığı zaman oluşur. Soğuma esnasındaki çekme hızlarının farklı oluşu yüzeyin çatlamasına neden olur. Çatlak bir kez oluştuğunda dövme kuvvetleri bunların büyümesine neden olur ve devam ederse kalıp kırılır.

Bu oluşumlar kalıp yağlandığı ve iç soğutma sistemi kullanıldığında azalır. Soğuk kalıplar kırılabilir (gevrek) bir biçimde kırılabilir. Bu sebeple 250 - 300 ° C kadar ön ısıtma tavsiye edilir. Ön ısıtma kalıplar arasına sıcak çelik parçaları yerleştirilerek veya ısıtma teçizatı yerleştirilerek boşta iken kalıpların sıcaklığını muhafaza etmek üzere yapılır. Kalıpların uygun olmayan biçimde ısıtılması kalıp kırılmalarına yol açabilir.

Kalıp Ömürleri

Kalıp ömrü oldukça karmaşık ve hesaplanması pek de kolay olamayan bir konudur. Yukarıda sayılan çok sayıdaki kalıp zorlama faktörü kısmen veya birlikte etki ederek kalıp yüzeyinde, kalıp gövdesinde çatlama, aşındırma ve kırılma biçimindeki hataları oluştururlar.

Kalıp ömrüne etki eden başlıca faktörler şöyle sıralanabilir :

- 1-Kalıp malzemesi ve sertliği
- 2-Kalıba uygulanan ısı işlemleri
- 3-Dövülecek parça geometrisi ve kalıbın dizaynı
- 4-Dövme teçizatının özelliği, durumu
- 5-Kalıba uygulanan işlemler (dövme işlemi öncesi ve işlem sırasında)
- 6-Kalıbın yağlanması - yağlayıcı
- 7-Üretim hızı : saatte imal edilen parça sayısı
- 8-Operatörün dikkati ve tutumu
- 9- Taslak sıcaklığı

Bu faktörler kalıp konstrüktörünün, malzeme ve imal sistemi mevcut makina ve teçizatın, işletmenin, ısı işlemcilerin özetle birkaç ayrı ünite ve grubun çalışma, itina ve performansına bağlıdır. Dolayısı ile pratikte kalıp ömrü tesisten tesise, kullanılan teknoloji birikimine, iş gücünün verimine bağlıdır. Bununla birlikte aşağıda bazı parça ve teçizat açısından kalıp ömürlerinin hangi mertebelerde olduğuna ait bilgiler bulunmaktadır.

Silindirik ve konik kısımları olan kupa biçimli ön yanma odası alaşımlı çelik (0.5 C , 9 Cr , 3,5 Si) parça için yigma makinasında dövmede kalıp ömrünün 5000 olmasına rağmen , bu sayı mekanik preste 2500'e düşmektedir.

4140 çeliğinden H kesitli çift çatal biçiminde bir motor parçası dövmesinde meme varıncapı 5.5 mm den 10 mm ye arttırılınca hem kalıp ömründe artış olmuş hem de katmerlerin azalması ile iskarta oranında düşüşler olmuştur.

İş parçası toleransı da kalıp ömrüne etki eder. Örnek olarak 1000 dövme parça imalatında parça boyutu 0.0254 mm (0.001 inch) arttırılırsa ve toplam tolerans 0.762 mm (0.03 inch) ise kalıp ömrü 30000 den fazla gerçekleşmemektedir. Diğer şartlar aynı kalmak suretiyle boyuttaki tolerans 0.508 mm (0.02 inch) ye indirilirse kalıp ömrü 20000 in altına inmektedir.

Sabit kalıp aşınması esas alınırsa bu hesap dövülen parça sayısı ile kalıp aşınması arasında doğru bir yansıma vermez. Özellikle, karbon ve alaşımlı çeliklerin dövülmesinde, tecrübeler kalıp aşınmasının sabit olmadığını göstermektedir. İlk birkaç yüz parça dövülürken kalıp çok aşınır, sonra orta grupta daha çok sayıda parça dövülünce aynı aşınma görülür. Kalıp ömürlerinin sonlarında az sayıdaki vuruş sonunda büyük miktarda kalıp aşınması olur.

Darbe hızı ve yoğunluğun etkisi : Dövme enerjisini hızla, üniform olarak ve aşırı basınç olmadan verilmesi halinde en iyi kalıp ömrü elde edilmektedir. Bir dövme parçasını elde etmek için gerekli enerjinin tümü bir kerede verilmek istenirse kalıp ikiye ayrılabilir. Eğer vuruşlar yumuşatılırsa basınç dolayısı ile olan kalıp aşınması azalabilir, fakat buna mukabil vuruş sayısı artarsa metal - kalıp temas süresi arttığı için kalıp ömrü yine düşer .

İş parçasının dizaynı ve şekli bazen bütün diğer faktörlerden daha fazla kalıp ömrüne etki eder. Örneğin bir resiste basit yuvarlak parçaların çekişte dövülmesinde 6 G takım çeliği yapılan kalıpların 341 - 375 Brinell sertlikte kullanılması ile kalıp ömrünün 6000 - 10000 arası olduğu kaydedilmiştir. Buna karşılık, diğer bütün şartlar aynı olduğu halde iş parçasının derinliği 2.5 mm olan dar perdesi olması halinde kalıp ömrü 1000 - 2000 olmuştur.

Dövme parçanın ince kesitlerinde metal nispeten soğur. Soğuma sonucunda akışa direnci artar ve kalıpta daha büyük aşınmaya sebep olur. Bu itibarla ince kesitler mümkün olan kısa sürede dövülmelidirler.

Kalıplarda başlıca hata oluşturuıcı mekanizmalar aşağıda belirtilmiştir.

2.1.Yapışma Aşınması

Yüzey bitirme ve sertlik bu tip aşınmada önemli rol oynar. Benzer malzeme çiftinde (kalıp- iş parçası) farklı malzeme çiftine göre daha fazla aşınma olduğu gözlenmiştir.Nitrürleme gibi yüzey işlemleri bu tip uygulamalarda tercih edilmektedir.

2.2.Aşındırıcı Etkiler İle Oluşan Kalıp Bozulmaları

Sıcak dövme işleminde hakim bir aşındırma mekanizmasıdır.Oksit tabakası gibi yüzeyde oluşan filmler deformasyon sırasında kırılarak,aşındırıcı tanecikler durumuna gelir.Bu durum sacların şekillendirilmesinde de mevcuttur. Kayma boşluğu ve hızı,ara yüzlerde oluşan basınç etkileri önemlidir. Sertlik oranı (aşındırıcı sertliği/yüzeyin sertliği) aşınma miktarının oluşmasında çok önemli bir rol oynar.Yüzey kaplamaları aşınma dayanımının artmasında belirgin bir artış sağlar.Bu kaplamalar pullanma olayına bağlı olarak çatlamalar gösterip daha ileri düzeyde aşınma olayına neden olabileceğinden,kullanımlarında dikkatli olunmalıdır.

2.3.Kalıp Erozyonu

Basınçlı döküm gibi katılaşma olayının bulunduğu proseslerde sıkça görülen bir oluşumdur.Ergimiş metal ile kalıp yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı,ergimiş metalin hızı ve sıvı metal püskürtme açısı kalıp erozyonunda önemli unsurlardır.

2.4.Isıl Yorulma

Isıl yorulmaya bağlı olarak ince çatlakların oluşumu en önemli belirtisidir.Bu olay sıcak dövme olayında kalıp ile sıcak metal arasındaki sıcaklık farkından oluşur.Kalıp yüzeyleri ısıtıldığında,malzeme içi soğutuculara bağlı olarak oluşan bası gerilmeleri ortaya çıkar.Bu olay, parçanın üzerinden yük kalkınca ve kalıp yüzeyi soğuyunca,ters olarak gerçekleşir. İmalat sırasında oluşan bası ve çeki gerilmeleri ısıl yorulmayı ortaya çıkarır.Isıl yorulmada en önemli faktör gerininin büyüklüğüdür.Bu da,her bir çevrimdeki sıcaklık değişiminin yönüne ve malzemenin sahip olduğu ısıl özelliklere bağlıdır.Diğer faktörler kalıp malzemesinin bileşimi ve saflığı ile ilgilidir.Malzemenin bileşimi metalurjik faz değişimlerine etki ederki ,bunlarda yukarıda sözü edilen hata oluşumuna neden olan gerinim artışlarına sebep olur.

2.5.Mekanik Yorulma

Yüklerin belli bir yöne yönelmesi,kalıpların yaklaşık sıcaklığı ve kalıpların yüzey durumları ile ilgilidir.Gerilim konsantrasyonunun yoğun olduğu boşluk,köşe vb. bölgelerde yorulma çatlakları görülmeye başlanır.Gerilim konsantrasyonunu azaltacak dizayn değişiklikleri önerilmektedir.Nitrüleme de dahil olmak üzere,iyon implantasyonu ile yüzey işlemleri,yüzey yorulmasından oluşabilecek hataları azaltmaktadır. Fakat kaplama yöntemi ile kırılğan bir yüzey oluşabilmektedir ve bu tabaka çevrimler sonucunda pullanma gösterebilmektedir.

2.6.Isıl Şok

Özellikle kalıp malzemesi ile iş parçası arasındaki sıcaklık farkından ortaya çıkan bir hatadır.

2.7.Plastik Deformasyon

Yeterinden fazla basınç ve kalıbın düşük sıcak kırılğanlık dayanımı ile ortaya çıkmaktadır.İmalat öncesi kalıp boşluğunda yapılacak değişiklikler ve kalıp malzemesinin uygun seçilmesi ile giderilebilir.Kalıbın soğutulması bu etkileri azaltır,ancak faz değişimlerine neden olabilecek sıcaklık çevrimlerine dikkat edilmelidir.

2.8.Geniş ve Kalın Çatlak Oluşumu (Kalıbın Tam Harabiyeti)

Kalıbın tam harabiyetine neden olan bu tip hatalar kalıp ömrü üzerinde bir limit durumu oluşturur.Kalıp malzemesinin yeterince mukavim olmaması veya uygulanan yüksek gerilim değeri sonucunda birkaç çevrim içinde hata oluşur.Mekanik yorulmanın olduğu duruma benzer şekilde yüksek gerilme değerleri uygun olmayan kalıp dizaynından,dövme yükünün ve enerjisinin yetersiz kontrolünden oluşabilmektedir.

2.9.Korozyon

Yukarıda belirtilen diğer mekanizmalar ile beraber oluşur. Kalıp içinde akan malzeme ile kalıp malzemesinin kimyasal ilişkileri en önemli nedenidir. Tane büyüklüğünün ve kalıp malzemesi kompozisyonunun etkisi büyüktür.

3.Dövmeye İşleminde Ortaya Çıkan Hatalar

Dövmeye kalıplarında,kalıp ömrü genellikle kalıp aşınması ile belirlenir bu sebeple,kalıp aşınmasının ve ömrünün aynı anlamda olduğu düşünülür.Fakat aşınma kalıbın kullanılamaz hale gelmesini sağlayan birkaç mekanizmadan başka değildir.Bir diğer mekanizma ise ısı çatlakları olarak da bilinen ve ısı yüklemeye (çevrim) dir.Isıl yorulmaya benzer olarak,çevrim sırasında oluşan yüklemeler ile mekanik yorulma yada çatlak oluşumu meydana gelir.Eğer uygulanan yükler çok fazla ve kalıplar nispeten yumuşak ise,plastik deformasyon oluşur,istenilen parça eldesi mümkün olmaz.Bu mekanizmalardan bazılarının,hata oluşumuna neden olmasına rağmen özellikle aşınma olayının etkileri oldukça önemlidir.

Sıcak iş çelikleri, işlenen ya da biçim verilen iş parçasının oda sıcaklıklarının çok üzerinde sıcaklıklara çıkarılarak uygulanan işlemlerin kalıpları için seçilen çeliklerdir. Bu çelikler genellikle orta karbonlu (%0.3 -0.6 C) ve orta alaşımlı (%5-12) Cr, Mo,W ,V içeren çeliklerdir. Bunların yapımında karşılaşılan çatlama, yarıma ,kırılma ,kopma v.b. ile çabuk aşınma gibi hem kalıpların ömürlerini hem de ekonomik olmalarını etkileyen sorunlara dünyanın her yerinde rastlanmaktadır.

Kalıp yapımında kalıpların bir yandan servis koşullarına dayanıklı olacak düzeyde sert ve aynı zamanda da yapım ya da kullanım sırasında çatlama ve kırılmaya yeterince direnç gösterecek düzeyde sünek olması istenir. Bu aslında ,iki zıt özelliğin birlikte gerektiği çelişkili bir durumdur. Bu nedenle de teknik sorunun çözümünde sertlik ile süneklik özellikleri arasında bir uzlaşma yaratılmaya çalışılır.

Kalıpların hata oluşumuna neden olan ve ömürlerine etkileyen etmenler , genellikle 6 bölüme ayrılırlar. Bunları şöylece sıralayabiliriz:

- 1.Tasarım
- 2.Takım çeliğinin türü
- 3.Mekanik işleme yöntemi
- 4.Isıl işlem
- 5.Taşlama
- 6.Uygulama

Bunları birbirinden tümü ile ayrı değişik etmenler olarak değil, bir zincirin birbirine bağlı halkaları olarak değerlendirmek gerekir. Bu zincirin halkalarından birinin kopması, zincirin işgörmezliğine yol açar. Bu yüzden bu etmenler arasında iyi bir denge yaratılmak zorunludur.

Çatlama, yarıma, kırılma gibi hata durumu doğduğunda bunu bir tek nedene bağlamak olanaksız ve yanlış olur. Örneğin görünürde taşlama çatlakları belirtileri taşıyan bir takım kötü bir taşlama işleminden de hata gösterebilir; yanlış ısı işlem sonucunda zaten yüzeyde çatlak oluşturmadan taşlanması olanaksız bir duruma gelmiş olabilir ya da çelik tamamen yanlış seçilmiş olabilir. Keskin köşeli bir kalıbın tasarımında çatlamanın sadece yanlış tasarımdan kaynaklandığını söylemek güçtür.

Bununla birlikte hatanın ortaya çıkış sebeplerinin sistemli bir şekilde araştırmak gerekir. İleride yardımcı olmak üzere, karşılaşılan her hata durumu incelenip çözülmeye çalışılmalı ve raporlanmalıdır. Teknik olarak yapılan çözümlere ek olarak istatistiksel bilgiler de sorunların çözümlenmesinde büyük yarar sağlayabilir.

3.1.Aşındırıcı Etkiler İle Ortaya Çıkan Hatalar

Aşınmadan dolayı kaynaklanan metal kaybı,basınç ve relatif kayma ile doğru,metal yüzeyinin sertliği ile ters orantılıdır.Çoğu dövme kalıbın geometrisi karmaşıktır.Bu açıdan basınç ve kayma değerleri bölgeden bölgeye değişmektedir.Ancak aşınma miktarının belirlenmesi için basit geometri ile simülasyon testleri uygulanır.

Çoğu aşınma araştırması silindirik parçaların yığılması ile yapılmaktadır. Bu testlerden aşınma miktarı,işlem öncesi ve sonrası direkt olarak yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi ile olmaktadır. Aşınma testlerinin yassı kalıplarda yapılarak yapılması,pekçok örnek parçanın kullanılması açısından oldukça uygundur.Bu testler kalıp aşınma karakteristiklerini belirtmesi açısından bazı durumlarda iyi sonuçlar verebilir,kapalı kalıpta dövme işleminin bazı durumlarında farklılıklar oluşabilir:

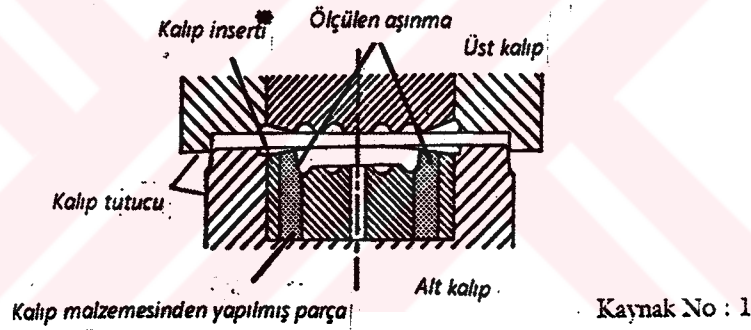
-Yassı bir kalıba yassı tabanlı bir örnek yerleştirildiğinde, örnek parçadan kalıba önemli miktarda ısı geçişi olur.Bu yüzden sınır yüzeyde örnek parça soğuk,kalıp ise daha sıcaktır.

-Silindir şekilli bir parçada metal akışı enine yada ram hareketine dik bir şekilde gerçekleşir.Gerçek bir dövme işleminde metal akışı enine ve uzunlamasına gerçekleşecek ve bazı durumlarda boylamasına akış pres koçunun hızından fazla oluşacaktır.İşte bu durumlarda sınırdaki kayma hızı kalıp aşınması açısından önemli bir faktör oluşturacaktır.

Böylelikle ancak gerçek dövme kalıpları ile yapılacak araştırmaların tatmin edici sonuçlar vereceği ortaya çıkar.

Kalıp aşınması ile ilgili değerlendirmeler basit geometriye sahip kalıplar ile yapılmıştır. Bu araştırmalar Silva, Dean, Doege, Melching ve Kowallick¹ isimli kişilerindir. Daha sonra çalışma yapanlar otomatik başlı bir presle ve ekstrüzyon işlemi uygulanarak (çelik diskleri çanak şekline dönüştürmek) bu araştırmaları sürdürmüştür. Kalıp ısıtıcıları kullanılarak sıcaklık sabit tutulmuştur. 300 parça imalatının ardından aşınmış ve aşınmamış kısımlar arası ölçülerek ortalama mesafe tespit edilmiştir.

Netthöfel¹ isimli araştırmacı tarafından aşınma ile ilgili çok önemli araştırmalar yapılmıştır. Netthöfel¹ bir dizi dilimden oluşmuş asimetrik bir kalıp dizayn etmiş ve test etmiştir. Her bir parça ayrı malzemeden yapılarak bir seri dövme operasyonunda değişik malzemelere ait aşınma incelenebilmiştir. Fakat bu yaklaşım da istenildiği kadar başarılı olamamıştır. Dövme sırasında parçalar ayrılmış ve dövme malzemesi bu boşluklara yada çatlaklara yönelmiştir. Daha sonra incelenmek üzere iğne şeklinde kalıp malzemesinden yapılmış bir insertin kullanılmasına karar verilmiştir. Her iğne 16 mm (0.63 inch) çapında ve yerleştirildiği delikten 0.04 mm (0.0016 inch) büyük olarak hazırlanmıştır. Bu insertler asimetrik kalıbın çeşitli bölgelerine sıkı olarak yerleştirilmiştir. (şekil 3.1)



Şekil 3.1- Kapalı bir dövme deney kalıbının kesiti

Netthöfel¹ çalışmalarında, ilk dövme hızı 0.5 m/s (20 in/s) olan (sürtünmeli) vidalı pres kullanmıştır. Çoğu denemelerinde maksimum sayısı 6000 olan karbon çelikleri kullanmıştır (0.53 % C, 0.26 % Si, 0.7 % Mn, 0.02 % P, 0.02 % S). Deney koşullarını yaklaşık olarak sabit değerlerde tutmak amacı ile kalıplar gaz alevli bir ısıtıcı ile kontrol altında tutulmuştur, alt kalıptan parçalar bir çıkarıcı vasıtası ile dışarıya alınmıştır. Dövme işleminde bir çevrim 13 saniye sürmekteydi. Yuvarlak köşeli kare ingotlar 1200 °C ye kadar ısıtılmış, vidalı preslerde imalata geçilmeden mekanik preslerde şekil 3.1 deki kalıplara uygun şekilde yassılaştırılmıştır. Netthöfel¹ yağlayıcı olarak tahta talaşı kullanmış ve her vuruştan önce alt kalıp ile iş parçasına püskürtülmüştür. Kalıp aşınması, belli adetteki dövme işleminden sonra (şek 3.1) de belirtildiği yerlerden ölçüm yapılarak tespit edilmiştir. İlk deneylerde sadece iğne insertli kalıplar değil tümü malzemeden kalıplar da incelenmiştir. Görülmüştür ki iğne insert kullanılan ve tümü malzemeden imal kalıplarda aşınma, aynı dövme koşullarında çok benzer olmaktadır.

3.1.1. Aşınmaya Etki Eden Faktörler

3.1.1.1. Kalıp Malzemesi

Kalıp aşınmasını etkileyen faktörler arasında en kolay anlaşılabilir olanı kalıp malzemesi ve sertliğidir. Genelde aşınım miktarını ve sertliği artırarak aşınmaya karşı dayanım arttırılmaya çalışılır. Daha önceden belirtildiği üzere 6F2, 6G ve 6H1 gibi düşük alaşımlı çelikler H13 ve H26 gibi çeliklere göre kötü aşınma dayanımına sahiptir (Tablo 3.1). Bunun sebebi çeliklerin mikroyapılarının sadece aşınmaya daha dayanımlı olmaları değil, ayrıca yüksek sıcaklıklarda stabil olmalarıdır.

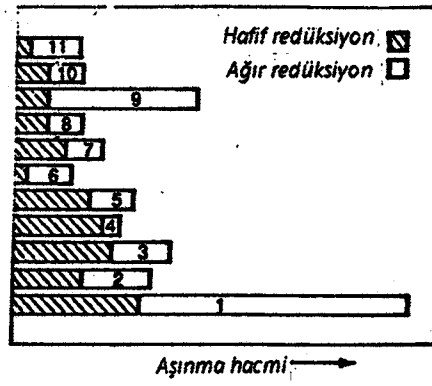
	Dayanım		
	Isıl		Tam
	Aşınmaya	yumuşamaya	harabiyete
	H26	H26	6F2, 6F3 6F5, 6F7
	H23	H24	
	H24, A2	H23	H12
	H19, H14	H19	H11
	H21	H21	H10, H13.
			6F4
	H10, H12,	H14	A9, 6H2.
	H13		6G
	A9, 6H2,	H10	H14
	A8		
	H11, 6F4	6F4	6H1, A8
	6H1, 6F3	H11, H12,	H19, A2
	6F7, 6F3	H13, A8	
	6F2, 6G	A9	H21, H23.
			A6
		6F3, 6F5,	H24
		6F7,	
		6H1,	
		6F2, 6G	
			H26

Kaynak No : 1

Tablo 3.1 - Kalıp çeliklerinin sınıflandırılması

Alaşım elementlerinin aşınma üzerindeki etkileri çeşitli araştırmacılar tarafından ele alınmıştır. Kannappan isimli araştırmacı bazı alaşım elementlerinin etkilerini göz önüne alarak, artan karbon ve karbür yapıcı elementlerinin dayanımı arttırdığını görmüştür. Daha sonra, araştırmacı martenzitik kalıp çeliklerinin içinde karbür oluşturmeyen elementlerin varlığının zarar verici bir durum olduğundan şüphelenmiştir. Karbür oluşturu elementlerin, krom, volfram, molibden ve vanadyuma göre daha yüksek aşınma dayanımı gösterdiği görülmüştür. Aşınmada görülen azalma 250 ve 550 °C sıcaklık arasında 2:5:10:40 oranlarındadır. Thomas¹ isimli araştırmacıda volfram, molibden ve vanadyum arasında 10:20:40 oranında bir sınıflandırma yapmıştır (aşınmayı azaltma açısından).

Aston, Hopkins ve Kirkham¹ kalıp çeliklerinin aşınmasında alaşım elementlerinin etkilerini daha geniş bir içerik ile incelemişlerdir. Bu araştırmaların sonuçları şekil 3.2-tablo 3.2a ve tablo 3.2b de gösterilmiştir. 11 kalıp çeliğinin sertliği yaklaşık olarak aynıdır.



Kaynak No .1

Şekil 3.2 - Deneyler sonucu elde edilmiş aşınma miktarları

Çelik no	Kompozisyon								
	C	Cr	Mo	W	V	Ni	Mn	Nb	Si
1	0.55	0.75	0.25	...	...	1.5	...	...	...
2	0.34	1.4	0.6	3	0.6	5.6	...	...	...
3	0.45	1.25	0.5	...	0.07	1	1	...	...
4	0.2	12	0.9	...	0.3	...	...	...	...
5	0.35	5	1.5	1.5	1.5	...	...	...	...
6	0.2	12	1.5	...	0.3	2.5	...	0.7	...
7	0.4	3.25	1	...	0.25	0.3	...	...	...
8	0.34	13	...	3	0.6	...	...	...	2
9	0.35	5	1.5	...	1	...	...	...	...
10	...	5	2	...	0.4	...	...	...	...
11	0.25	0.5	3	...	...	3	...	...	...

Tablo 3.2a - Çeliklerin kompozisyonu

Çelik no	Sertleştirme sıcaklığı		Sulama ortamı	Sıcaklık		Zaman, min	Sertlik, HV
	°C	°F		°C	°F		
1	830	1525	Yağ	300	930	45	399
2	1000	1830	Yağ	600	1110	45	432
3	860	1580	Yağ	660	1220	40	409
4	1050	1920	Hava	590	1095	60	394
5	1040	1905	Hava	660	1220	30	401
6	1050	1920	Hava	590	1095	100	408
7	910	1670	Yağ	650	1200	60	398
8	1120	2050	Yağ	880	1615	45	427
9	1040	1905	Hava	670	1240	45	408
10	1040	1905	Hava	670	1240	45	406
11	1020	1870	Fırın	550	1020	30	405

Kaynak No .1

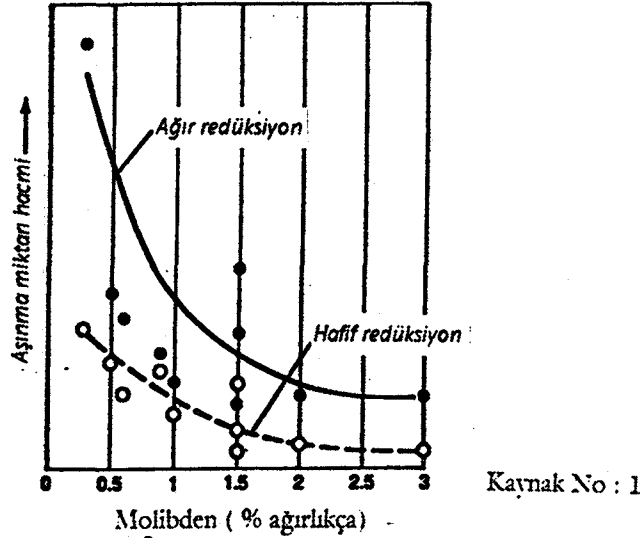
Tablo 3.2b - Çeliklerin ısı işlemleri.

-1 numaralı en düşük alaşım içeren çelik en düşük aşınma dayanımına sahiptir.Öncelikle şahmerdan operasyonlarında düşük maliyet,mukavimlik ve iyi işlenebilme özellikleri nedeni ile kullanılmaktadır.

-Orta dayanıma sahip çelikler (2,3,4,5 ve 9) çok miktarda krom (1.25-12 %) ve molibden (0.5-1.5 %),bir miktarda vanadyum (0.07-1.5 %) içermektedir.

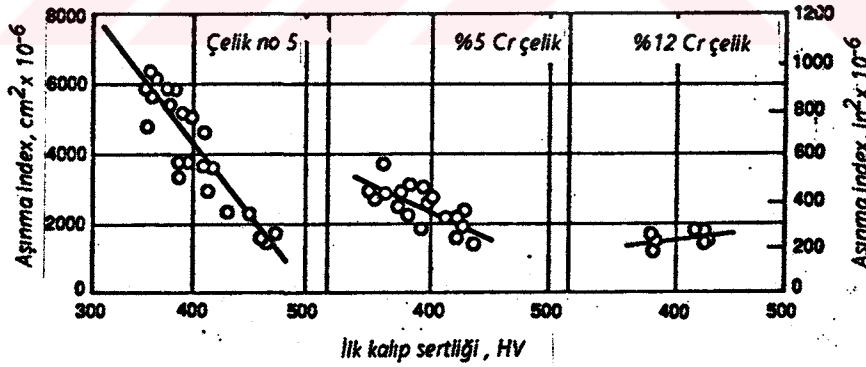
-Yüksek dayanımlı olanlar (6,7,8,10 ve 5) yüksek alaşım miktarına sahiptir.Fakat bunlardan bazıları (7 ve 10) sadece orta miktarda alaşım elementi içermektedirler.

Bu sonuçlara dayanarak, iyi aşınma dayanımının toplam alaşım miktarının % 3 ü geçtiğinde sağlandığı söylenmiştir. Molibdenin özellikle etkisinin çok olduğu ve (şekil 3.3) de görüleceği üzere % 2 den fazla molibdenin gerekli olmadığı belirlenmektedir.



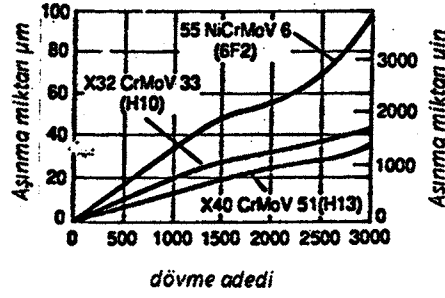
Şekil 3.3 - Molibdenin miktarının aşınma dayanımı üzerindeki etkisi

Thomas'ın¹ araştırmaları alaşım miktarı ile aşınma dayanımı arasında kuvvetli bir ilişki olduğunu göstermiştir (şekil 3.4). Düşük alaşımlı çelik (5 nolu kalıp çeliği, şekil 3.2 ve tablo 3.2 deki 1 numaralı çeliğe eşit) % 5 kromlu sıcak iş çeliği (H12) ve % 12 kromlu çelik ile kıyaslandığında nispeten daha düşük aşınma dayanımı olduğu görülmüştür.



Şekil 3.4 - İlk sertlik değerinin kalıp çeliklerinin aşınması üzerindeki etkisi

Bu sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da incelenmiştir. Doege, Melching, Kowallick, Hecht ve Hiller¹ tarafından düşük alaşımlı çeliklerin sıcak iş kalıp çeliklerine göre dayanımının daha az olduğu dikkatli işlemler sonucunda belirlenmiştir. (şekil 3.5) Alaşımlama yüksek sertlik değerlerinin ve yüksek kalıp sıcaklıklarında dayanımı sağlamaktadır. Netthöfel'in araştırma neticeleri de bu sonuçlara yönelik olmuştur.



Kaynak No : 1

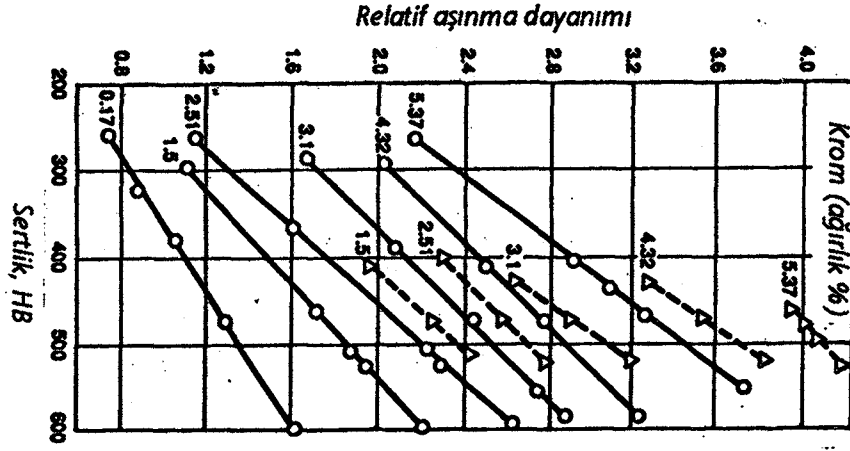
Şekil 3.5 - Sıcak iş çeliklerinde dövme adedinin bir fonksiyonu olarak aşınma miktarı

Buraya kadar alaşımlama konusu kalıp çelikleri üzerinde anlatılmıştır. Bazı araştırmacılar demir-dışı malzemelerin aşınma karakterlerini incelemiştir. Netthöfel'in deneyleri sırasında Nimonic 90 adlı nikel-alaşımın dayanımının, 255 °C kalıp sıcaklığında aşınma dayanımının H12 ile H19 çeliklerinin arasında gerçekleştiği görülmüştür. Bu konumda nikel-bazlı alaşımların çelik alaşımlarına göre maliyetinin yüksek ve işlenebilme özelliğinin kötü (zor) olduğu belirtilmelidir. Netthöfel'in¹ bulguları Ali, Rooks ve Tobias¹ isimli araştırmacılar tarafından yüksek enerjili dövme işleminde belli bir sonuca getirilmiştir. Kalıp aşınması üst yada alt kalıbın incelenmesi ile ortaya çıkmasına rağmen, Nimonic 90 nun H19 a (WEX) benzer bir çelikten yalnızca bir miktar iyi olduğu çıkmıştır. Sonuç olarak nikel-bazlı alaşımlar kalıp çeliklerinin uygun olmadığı sıcak-kalıp ve izotermal dövme imalatı için kullanılmalıdır .

3.1.1.2. Kalıbın Sertliği

Kalıp sertliğide aşınmayı etkileyen önemli bir faktördür. Misra ve Finnie¹ isimli araştırmacılar aşınma ile ilgili geniş çalışmalarda bulunmuş ve sonuç olarak iki basit prosesin varlığını ortaya atmışlardır. Birincisi plastik deformasyona uğramış kanallardır ki bunların metal taşınması ile ilgileri bulunmamaktadır. İkinci ise mikroskopik talaşların kaldırıldığı prosestir. Talaş oluşumu nedeni ile aşınan metal miktarının artan sertlik ile azalması beklenebilir. Bu durum gözlenen olayı ifade etmektedir.

Kannappan ve Thomas'ın¹ sertliğin aşınma üzerindeki etkilerini inceleyen çalışma sonuçlarından önceden bahsedilmiştir. 3.4 numaralı şekil incelendiğinde 6F2 (No 5 kalıp çeliği) gibi düşük alaşımlı çeliklerdeki etkisi çok açıktır. Böyle bir sonuç Kannappan¹ tarafından bir dizi düşük alaşımlı ve sıcak iş çeliklerinde yapılan araştırmalarda da belirlenmiştir. Kannappan, menevislenmiş martenzit yapısından farklı mikro yapıdaki çeliklerin aşınması ile sertliği arasındaki ilişkiyi de incelemiştir. Daha düşük bainit (baynit) oluşumu için uygulanan izotermal ısı işlemler, çeliklerde aşınma dayanımı açısından olumlu sonuçlar vermiştir (şekil 3.6) .



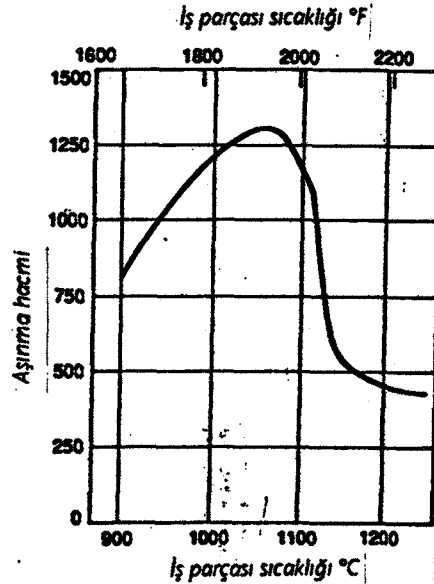
Kaynak No .1

Şekil 3.6 - Seçilen (% 0.55 C lu) Cr lu çeliklerin sertliğe göre gösterdikleri aşınma dayanımı
Sulama ve arkasından menevisleme (düz çizgiler) ile izotermal
işlem / sulama (kesik çizgiler) arasındaki fark dikkat çekicidir.

Bu olay izotermal değişim/sertleştirme işleminin martenzit dönüşümüne göre daha az gerilim ve çatlak (aşınmadan kaynaklanan hataları ortaya çıkartan faktör) oluşumuna neden olmaktadır.

3.1.1.3.İş Parçası Sıcaklığı

Bazı araştırmacılar iş parçası sıcaklığının aşınma üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Thomas araştırmalarında 1100 °C varan ilk ingot sıcaklıkları ile birlikte aşınmanın arttığını ve sonra sıcaklığın daha da yükselmesi ile aşınmanın azaldığını tespit etmiştir (şekil 3.7).Bu ilk artış ingotun soyularak dökülme yapmasının artışı ile açıklanabilir,çünkü bu olay aşındırıcı bir etki oluşturmaktadır.1100 °C üzerinde akma gerilimi hızlı olarak düşmesi dövme sırasında arayüzeyde oluşan basıncın minimuma indirilmesi için yeterlidir ve böylelikle kazıma etkisi azalır.Doege,Melching ve Kowallick¹ araştırmalarında ingot sıcaklığının 800 °C den 1100°C ye yükselmesi ile birlikte kalıp yüzeyinin sıcaklığının arttığını ve aşınma dayanımının azaldığını görmüşlerdir.



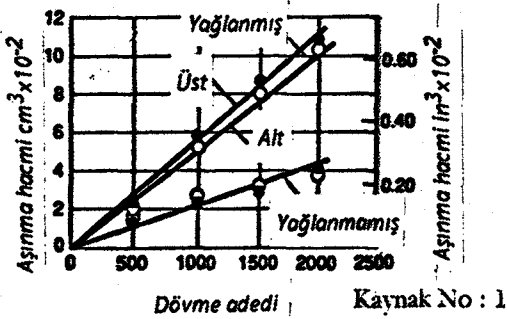
Kaynak No .1

Şekil 3.7 - İş parçası sıcaklığının aşınma üzerindeki etkisi

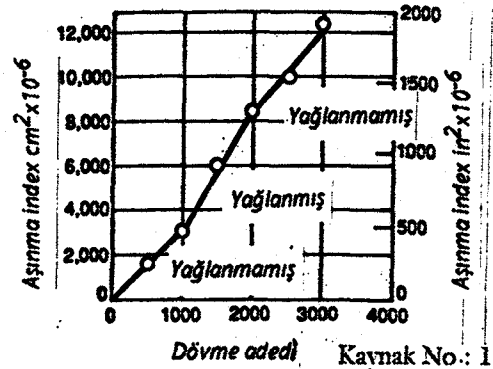
3.1.1.4.Yağlama / Kalıp Sıcaklığı

Literatürlerde yağlama ve kalıp sıcaklığının aşınma üzerindeki etkisi çoğu kez birbirine zıt yönleri ile ele alınmıştır. Bunun nedeni: yağlayıcıların ve kalıp sıcaklığının; yağlanılmayı, dövmede kayma yapan metal miktarını, deformasyon sırasındaki basıncı ve konvansiyonel sıcak dövme de kalıp ile iş parçası arasındaki ısı transfer özelliklerini etkilemesidir. En son madde sadece kalıbın ısı emişi ve buna bağlı olarak ısıl yumuşamaya neden olması açısından önemli değil, ayrıca kalıp ve ingotların yağlayıcıların performansını etkilemesi açısından da dikkate alınmalıdır.

Araştırmalar sonucunda basit yığma işlemlerinde yağlama yapıldığında aşınmanın daha fazla olduğu görülmüştür. Bu etkinin sonuçları Singh, Rooks ve Tobias¹ isimli araştırmacıların HERF (high energy forging, yüksek enerjili dövme) makinelerinde yapılan testler ile ortaya konmuştur (şekil 3.8). Aynı olay Thomas¹ tarafından, 1000 örnek parçanın başarı ile mekanik bir preste, yassı bir kalıpta yığılmak sureti ile gösterilmiştir. Yağlama uygulanan parçalarda aşınmanın daha fazla olduğu görülmüştür (şekil 3.9). Bu bulgular sonucunda yağlamanın aşınmayı artırdığı ve dövme işleminde yağlamanın zararlı olduğu söylenebilir. Ancak Thomas yaptığı ölçümlerde bir noktadan geçen metal için yağlamanın aşınmayı, yağlanmamış yüzeye göre 3 kat azalttığının görmüştür. Ayrıca kapalı kalıpta dövme operasyonunda kayma yapan metalin kalıp ve öndizayn ile keskinleştirildiğini, yağlamanın etkisi olmadığını belirtmiştir. Thomas¹ çapak bölgesindeki akışın (sürtünmenin genelde yüksek olduğu kısım) kullanılan yağlayıcının verimliliğine değil, atılacak çapak miktarına bağlı olduğunu söylemiştir. Yağlama yapılmış ve yapılmamış durumlarda çapak miktarı yaklaşık aynı olacağından, kapalı kalıpta yağlama işlemi çapak ve kalıp boşluğu bölgesindeki aşındırıcı etkileri azaltacaktır.



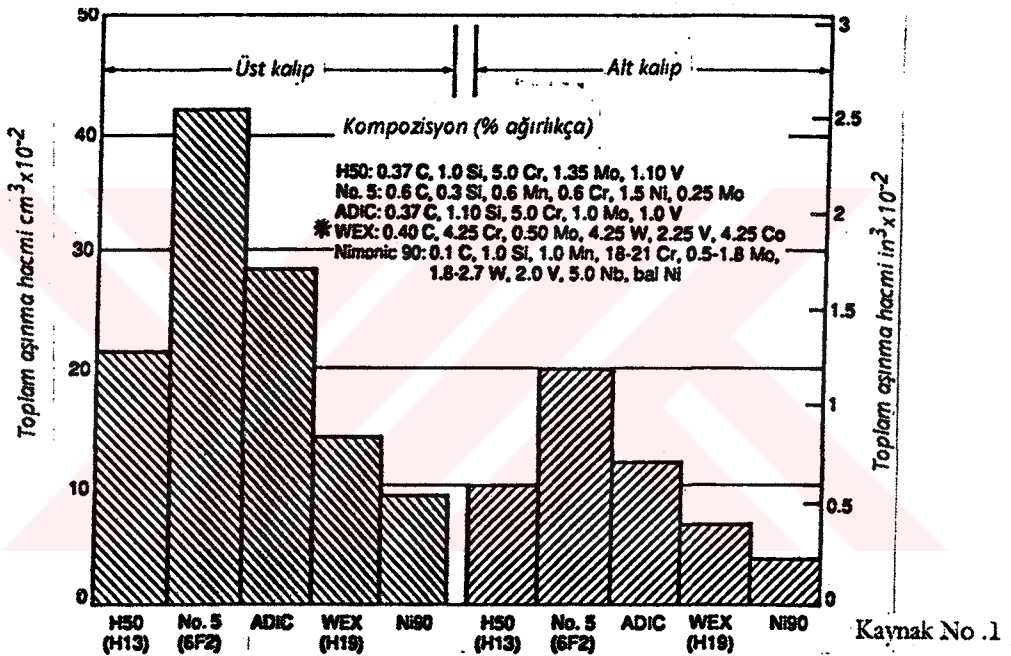
Şekil 3.8 - Yağlamanın aşınmadaki etkisi



Şekil 3.9 - Yağlamanın aşınmadaki etkisi

Yağlama ile kalıp sıcaklığı arasındaki etkiler Rooks¹ tarafından bir HERF makinasında örneklenmiştir. Bu testler çeşitli ingot sıcaklıkları, çevrim süreleri ve temas zamanlarında tatbik edilmiştir. Temas süresi kalıp ve malzemenin düşük bir basınç altında olduğu kısa bir dövme operasyon kısmıdır. Sonuçlar göstermiştir ki 1000 adet parça sonunda artan kalıp sıcaklığına bağlı olarak aşınmada azalmıştır. Bu olay da yüksek sıcaklıkta kayma yapan miktarın, sürtünme katsayısındaki artışa bağlı olarak azalması ile ilgilidir.

Temas ve çevrim sürelerinin aşınma üzerindeki etkileri gene Rooks¹ tarafından incelenmiştir. Temas süresinin artması soğuk sertleşmeyi arttırmaktadır. Sonuç olarak, metal akışı engellenir ve aşınma azalır. Çevrim süresinin artması, temas süresi sonucu oluşan etkilerin tersi şeklinde ortaya çıkar (düşük sürtünme katsayıları ve buna bağlı olarak daha fazla kayma).



Şekil 3.10 - Ortalama 44 HRC sertlikteki kalıp malzemelerinin toplam aşınma hacimleri

Rooks, Ali ve Tobias'ın¹ yaptığı yağlama destekli yığma testlerinde üst kalıp yarısının alta göre daha fazla aşındığı görülmüştür (şekil 3.10). Bu olay sıcak iş parçasının ilk olarak alt yarıya konulduğu ve burada daha fazla soğuk sertleşme oluştuğu ile açıklanabilir. Böylelikle alt kısımda daha fazla sürtünme, daha az kayma ve sonuç olarak üst kalıp yarısına göre daha az aşınma oluşacaktır.

Dövme ile imalatın gerçekleştirildiği bir imalathanede, imalat hızının artırılmasının kalıp ömrünü azaltacağı beklenebilir. Olay artan sıcaklığın bir sonucudur. Dövme imalatı sırasında ardarda iki vuruş için kalıbın yüzey sıcaklığının değişmeden kalıyor gibi görülür. Gerçekte dövme imalatında, kalıp yüzey sıcaklığı maksimum bir noktaya ulaşır ve kalıbın açılıp iş

*Wex, bileşimi verilen malzemenin ticari adıdır.

parçasının alınması ile tekrar düşer. Dövülecek parçanın kalıpların herhangi birisine yapışıp kaldığı durumlarda, sıcaklık daha da artacak ve aşınma oluşacaktır. Bir itici kullanılarak parçanın çıkarılması ve kalıp sıcaklığının artması önlenir. Eğer kalıp ile iş parçası arasında ideal kenetlenme gerçekleşirse, 1200 °C'deki çeliğin yaklaşık 250 °C'deki kalıplarda dövülmesi sırasında yüzey sıcaklığı 750 °C olacaktır. Gerçekte kalıp ile malzeme arasında oluşan oksidasyon ve pullanma nedeni ile, mekanik preslerde üst sıcaklık 500-600 °C ve şahmerdanlarda 650-700 °C olmaktadır. (Şekil 3.11 de) çeliğin mekanik pres ile dövülmesi sırasında oluşan kalıp sıcaklıkları belirtilmiştir. Sıcaklık gradyentinin kalıp/malzeme arayüzünün civarında çok büyük olduğu görülmektedir.

Kalıp aşınmasında kayma etkileri oldukça fazladır. Bitirme basamağında daha fazla sıkıştırma, düşük yan akış ve kayma sağlamak için bu etkiler dizayn sırasında dikkate alınır.

Sıcak dövme işleminde özellikle kapalı kalıpta dövme takım çelikleri arasında en çok istek alan uygulamadır. Bu durumda kullanılan yağlayıcıların çeşitli görevleri vardır:

- Sürtünmeyi azaltarak, daha az güç sarf ederek, hatasız parça eldesi,
- Kalıpları sıcak iş parçasından izole etmek,
- Kalıp ile iş parçası arasında kimyasal bir olayı engellemek,
- Takım çeliği olan kalıbı erozyona karşı korumak,
- Bitmiş iş parçasının kalıptan rahat çıkarılmasını sağlamak.

Aksiyal olmayan baskılar (vıgma) için kuru sürtünme katsayısı alüminyum ve çelik için 0.2 ve bakır ve pirinç için yaklaşık 0.1 dir. Yağlayıcılar bu katsayıları 0.05 ile 0.07 arasında azaltır.

En çok kullanılan yağlayıcılar grafit, gres ve yağdır; bunlar kalıplara serpilerek yada püskürtülerek ilerilir. Püskürtülerek oluşturulmuş bir yüzey tercih edilir. Diğer yağlayıcılar ise şunlardır: tahta talaşı (ilk olarak kullanılan yağlayıcı), klorid tuzları (NaCl , BaCl_2 vb.), katı yağlayıcılar.

Dövme sıcaklığının yağlayıcının seçiminde önemli bir rolü vardır. Çoğu organik esaslı yağlayıcılar yaklaşık 200°C üstünde özelliklerini yitirir. Birçok sıcak dövme işlemi 1000 °C civarında yapılmaktadır. Bu sıcaklıklarda başarılı sonuçlar verebilecek yağlayıcılar ise grafit, cam ve bakır oksit gibi metal oksitlerdir.

3.2. Isıl Yorulma

Çevrim boyunca kalıp yarılarının farklı sıcaklık etkileri altında oluşu en ikinci önemli hata mekanizmasıdır. Isıl yorulma olayı dövme işleminin kesikli yapısından kaynaklanmaktadır.

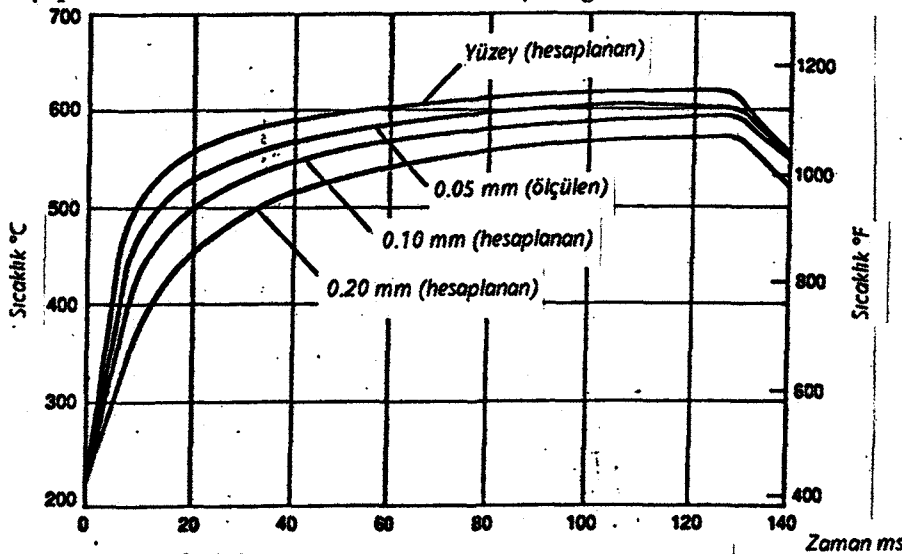
Isıl çatlakların oluşumuna etki eden başlıca faktörler şunlardır:

- Kalıbın yüzey sıcaklığı
- Yüzey gerilim ve gerinim değerleri
- Isıl yorulmada ile hasarın birikmesi
- Yorulma olayının mikro-yapısal etkileri

3.2.1. Isıl Yorulmayı Etkileyen Faktörler

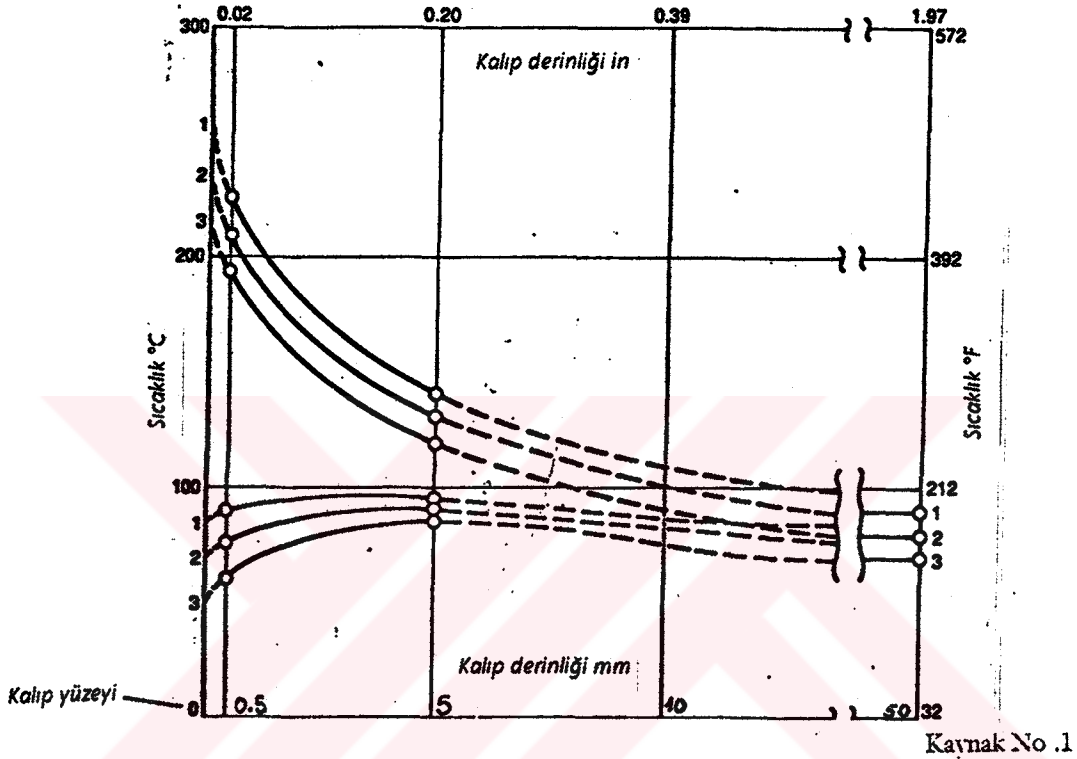
3.2.1.1. Kalıp Yüzey Sıcaklığı

Kalıp yüzey sıcaklığı ile ilgili bilgiler direkt ölçümler yolu ile elde edilir. Yüksekliğinin yığılma oranı %75 olan, yaklaşık 600 °C sıcaklığa ön ısıtılmış olan çelik silindirlerin mekanik preslerde dövülmesi sırasında kullanılan kalıpların yüzey sıcaklığının 600 °C a yaklaşacağı ortaya çıkmıştır (şekil 3.11). Benzer ölçümler, orta - karbon çelik örneklerini yavaş bir hidrolik pres ve bir HERF makinası ile yığılma işlemine tabi tutan Kellow¹ isimli araştırmacı tarafından yapılmıştır. Yüze yerleştirilen termokupller ingotların çap ekseninden 25 mm (1 inch) uzağa yerleştirilmiştir. DeneySEL sonuçlar, iş parçası ile kalıbın ilk temas bölgesi boyunca, yüksek ve düşük hızlı dövme arasında çok büyük sıcaklık farkı oluşmadığını göstermiştir. Ancak, temas bölgesi dışında ingot yüzeyinin deformasyon sırasında uzadığı kısımda, yüksek hızlı dövme işleminin 900 °C düşük hızlı hidrolik pres dövme işlemine göre daha çok sıcaklık oluşturduğu 550 °C görülmüştür. Bu sonuçlar dövme makinası tarafından üretilen enerjiyi yayıcı bir unsur olarak görev yapan ve ısıf farklılıklar oluşturan sürtünmeye bağlıdır.



Şekil 3.11-1040 çeliginin dövülmesinde yüzeyden ve farklı derinliklerden elde edilen sıcaklıklar

Kalıp yüzeyinden uzakta yapılan ölçümler büyük sıcaklık gradyentleri göstermiştir. Bu ölçümler düşük alaşımlı (6F3) ve kromlu sıcak-ış çeliklerinden (H10,H12) ,100 °C a ön ısıtılmış radyal dövme kalıplarını içermektedir(şekil 3.12) Yüzeyden içeride (0.5 mm,0.02 in yüzeyden) ölçümler büyük sıcaklık gradyentleri göstermişlerdir.Pres vuruşları arasında bir karşılaştırma yapıldığında kalıp yüzeylerinin sıcaklık değişimlerinin çok büyük olacağı açıkça görülür. Dolayısı ile sıcaklığa bağlı büyük gerilim ve gerinim değerlerinin oluşması çok tabidir.



Şekil 3.12 - Çevrimler arasında hava - su soğutmasının yapıldığı durumda kalıp sıcaklığı

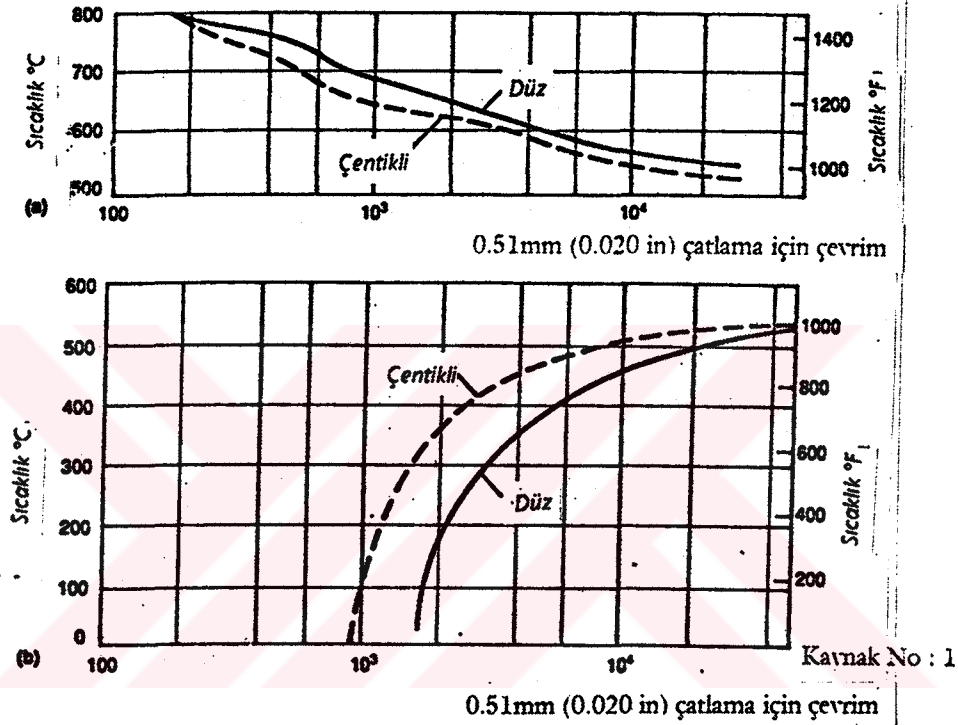
Yüksek ısı iletme kabiliyetinde olan malzemeler,düşük kabiliyette olanlara göre daha az ısıl gradyent oluşturma ve ısıl yorulma nedeni ile hata oluşturma eğilimine sahiptirler.İletkenlik bilgileri değişik metaller için çok az olmasına rağmen,uygun ölçümler göstermiştir ki;örneğin volframlı sıcak iş çelikleri sahip oldukları yüksek ısıl iletkenlik ile kromlu sıcak iş çeliklerine göre daha dayanımlı olmaktadır.

3.2.1.2.Yüzey Gerilim ve Gerinimleri

Gerilim ve gerinimlerin oluşumunda iki önemli etken söz konusudur:1-ısıl genişleme ve büzülme,2-sıcaklık değişimine bağlı olarak gerçekleşen faz değişimleri.Bunlardan birincisinin miktarının tesbit etmek muhtemelen en kolaydır.Bunun nedeni ısıl gerilim ve gerinimlerin maksimum sıcaklık farkı ($T_{max}-T_{min}$) ve kalıp malzemesinin ısıl genişleme katsayısı ile yaklaşık

olarak orantılı olmasıdır.Çoğu kalıp çeliği benzer genleşme katsayısına sahiptir.Bu yüzden kalıbın ısı olarak deforme olması öncelikle T_{max} - T_{min} in büyüklüğü ile kontrol edilir.

T_{max} - T_{min} düşürülerek ısıl bozulmalara karşı hassasiyet azaltılabilir.Bu işlem iki yoldan yapılabilir.Öncelikle, T_{min} yada kalıp sıcaklığı artırılabilir.Ancak böyle bir artış diğer hata oluşumları karşısında değişik etkiler yapabilir.Alternatif bir durum T_{max} arttırımıdır.Bunun en kolay yoluda iş parçası sıcaklığını düşürmek veya daha iyi ısı izole özelliğine sahip yağlayıcı kullanmaktır.



Şekil 3.13 - En 25 çeliğine (a)max (b)min sıcaklığın yorulma ömrü açısından etkisi

(Şekil 3.13 te) T_{min} in arttığı ve T_{max} düştüğü durumlarda yorulma ömrünün üzerindeki etkisi gösterilmektedir.Görülmektedir ki, T_{max} in 100°C azalması, T_{min} un benzer şekilde artışıdan daha olumlu sonuçlar verir.Bu genellikle kalıp çelikleri için doğrudur ve T_{max} düşürülmesi ile gerinim değerinin azaltılması konusunda uygulanır.

Dövme kalıplarındaki faz değişimlerinin etkileri Rooks,Singh ,Tobias,Okell ve Wolstencroft¹ tarafından incelenmiştir.Bu araştırmacılar,kalıp yüzeyinin ısınma ve soğumasının menevişlenmiş martenzitin östenite yada martenzite dönüşümüne neden olacağını tespit etmişlerdir.Östenit ve martenzit farklı yoğunluklara sahip olduklarından,bu şekildeki faz değişimleri değişim halinde olmayan alt tabakalar tarafından yüklenen gerinim ve gerilimlerin ortaya çıkmasına neden olur.

Değişim etkisi ile oluşan gerinimler, kalıp yüzey sıcaklığının Acl sıcaklığı altında tutularak (östenit oluşum sıcaklığı, 800°C) yada minimum kalıp sıcaklığını Ms, martenzit oluşum sıcaklığının (bu sıcaklık genelde alaşım bileşimlerine bağlıdır, tipik sıcaklık örnekleri ise H11 için ,280°C ve H21 için ,380°C), üzerinde tutarak azaltılabilir.

3.2.1.3. Isıl Yorulma Üzerinde Mikro-Yapısal Etkiler

Sünekliğin ısı çevrim sayına bağlı ilk çatlakların oluşumundaki etkisinin büyük olması, mikroyapının ısı çatlak frekansı üzerindeki etkisini ifade eder. En önemli mikroyapı değişkenleri temizlik, tane büyüklüğü ve mikro yapısal üniform düzendir. Kalıp çeliklerinin temiz olması çatlamanın başlamasına karşı dayanımlı olduğunu gösterir, çeşitli eklemeler çatlak başlaması için çekirdek görevini görür. Bu açıdan rafine olmuş, daha pahalı çeliklerin kullanılması, bu artıklardan arınma nedeni ile daha uygun bir durum olacaktır. Tane büyüklüğü çatlak başlaması için önemli bir etkidir ve ısı dayanım etkilenir, tane yapısı düzgün olması ve tane büyüklüğünün gerekenden büyük olmaması daha iyi performans eldesi için gereklidir. Son olarak, kimyasal özellikleri ve mikroyapıları üniform olan (segregasyondan bağımsız) kalıp çelikleri ısı gerilme değerlerine karşı üniform ısı özellikler (ısı genleşme katsayısı) göstereceklerdir.

3.3. Mekanik Yorulma

Isıl yorulmadan farklı olarak mekanik yorulma ile ilgili bilgi daha az ve dağınık durumdadır. Bu hata mekanizması ile ilgili en geniş bilgi belkide Thomas'ın¹ yaptığı bir dizi "üç noktalı bükme" deneyleri ile elde edilebilir. İncelediği değişkenler yük (yorulma davranışının kontrolü için önemli) sertlik, malzeme, kalıp bloğu içindeki pozisyon, gerinim ve sıcaklıktır.

3.4. Kalıbın Tam Harabiyeti / Plastik Deformasyon

Bu hatalardan birincisi olan tam harabiyet mekanik yorulmanın özel bir hali olarak ele alınabilir ve bu durumda kalıp ömrü bir çevrimdir. Gereğinden aşırı dövme gerilimleri, uygun olmayan malzeme/ısı işlem seçimi yada insertin kalıp tutucusu içine uygun olmayan şekilde yerleştirilmesi ile oluşur. Dövme gerilimleri aşırı enerji yada kalıp boşluğunun genel şeklinden yüksek olabilir. Kalıplar birleştiği anda, aşırı dövme enerjisi kalıpların elastik deformasyonu ile dağıtılabilir. Kalıp detaylarındaki açılar ve köşe radyüsleri gerilim konsantrasyonunu etkilerler.

Uygun olmayan malzeme seçimi de tam harabiyeti etkiler. Kalıplarda çalışılması güç olan malzemelerde veya yüksek gerilim konsantrasyonu içeren noktalar için kırılmaya karşı dayanımı

yüksek malzemeler kullanılmalıdır. Bu çelikler düşük alaşımlı (6F3 ve 6F7 gibi) ve bazı kromlu sıcak-ış çelikleri (H11) dir. Daha yüksek alaşımlı çelikler kullanıldığında (H19 veya H21) normalden daha düşük sertliğe menevişlenmelidir.

Plastik deformasyondan kaynaklanan hatalar sıcak dayanım ve kopma dayanımı ile ölçülebilir. Genelde, kopma dayanımları artan sıcaklıkla azalır. Ancak kopma dayanımı ön ısıt işlemlere, kompozisyona ve sertliğe de bağlıdır. İlk sertlik ne kadar fazla ise değişik sıcaklıklarda da kopma dayanımı o kadar yüksek olacaktır. Buna ek olarak, kopma dayanımları alaşım miktarına bağlı olarak değişik çeliklerde farklıdır- volframli sıcak iş çelikleri kromlu sıcak iş çeliklerinden serttir, bunlarda düşük alaşımlılardan serttir. Molibdenli sıcak-ış çelikleri volframlılara göre daha serttir ve sözü edilen kalıp çelikleri içinde plastik deformasyona en dayanımlı olanıdır.

3.5. Kalıp Hatalarının Oluşumlarına Örnekler

3.5.1. Kalıp Karakteristikleri

Kalıpların iki özelliği vardır ki, bunlar kalıpları diğer metallerden ayırır. Birincisi, kalıplar iş parçalarının yapıldığı elemanlardır. Gerçekte kalıplar direkt yada endirekt olarak çoğu metal parçanın üretiminde kullanılmaktadır. Bu yüzden kalıpra meydana gelecek bir hata imalatın durmasını ve maliyet artışına neden olacaktır. İkinci özellik ise, kalıpların yüksek sertlik değerleridir- bu sertlik çoğu kez 60 Rockwell C bazen de daha yüksek olabilmektedir. Bu olay da kalıpların ani hata oluşumlarına diğer imalat parçalarından daha fazla açık olmalarını ortaya çıkarır.

Gerek imalatçı gerekse üretici yeterli sertlik eldesi, yüksek basınç ve sıcaklık durumlarına karşı dayanım vb. konularda problemler ile karşılaşmaktadır.

Uygun bir kalıp ömrü elde etmek ve hata oluşumunu engellemek için aşağıda belirtilen hususlar dikkatlice incelenmelidir:

- Dizayn yapılırken iş parçası malzemesi ve şekillendirme işlemi ,
- Şekillendirme ve dizayna uygun malzeme seçimi,
- Dizayn ve malzemeye uygun ısıt işlem uygulanması,
- Uygulanan ısıt işlemin kontrolü,
- Taşlama ve diğer bitirme işlemlerinin kontrolü,
- Kalıp hazırlama sırasındaki kontrol,
- Kalıp operasyonu-özellikle aşırı yüklemenin önlenmesi.

Genelde hata oluşumları sözü geçen kontrol mekanizmalarının biri yada birkaçının eksikliğinin sonucu olarak ortaya çıkmaktadır.

3.5.2.Hata Örnekleri

(a) - Hata Oluşumunda Dizaynın Etkisi Ve Dizayna Bağlı Hatalar

Kalıp hatalarının önemli bir bölümü uygun olmayan kalıp dizaynının etkisi ile ortaya çıkmaktadır.Daha sonra uygulanacak olan ısı işlem yada bitirme işlemi,yanlış dizayn nedeni ile uyum gösterememektedir.

Dizayn hataları keskin köşeleri,çok ufak radyüslü birleştirmeleri,yanlış yerleştirilmiş kanal ve noktaları,kesitte ani değişimleri,çok ince kesitleri ve uygun olmayan boşlukları içerir.

Dizayn açısından önemli bir hususta gereğinden daha sert kalıp malzemelerinin dizayn hatalarına daha duyarlı olmasıdır.

Dizayn faktörleri,a)ısı işlemler ile ilgili olanlar b)işletme koşulları ile ilgili olanlar şeklinde ikiye ayrılabilir. Birinci konu çelik tipi,ısı işlem metodu,uygun ekipman vb. konuları , diğer konu ise işlem sırasındaki parametreleri içermektedir.

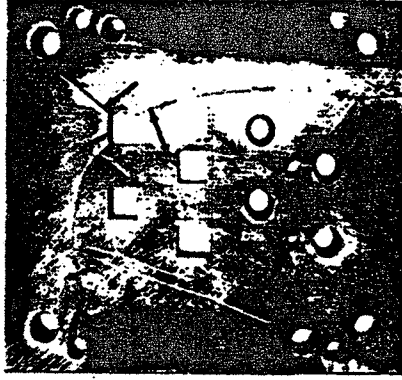
Özellikle soğuk işlem kalıplarının dizaynı problemlidir çünkü gerilim değerleri genellikle tam olarak hesaplanamamaktadır. Birçok faktörün olması nedeni ile dizayn çoğu kez tecrübeye dayanmaktadır.

Isıl işlem sırasında hata oluşturan dizayn problemleri keskin köşe,damga izlerini ve kör delik oluşumlarını içerir.Diğer hatalar ise yetersiz bitirme işlemi,aşırı ince kesitleri ve kalınlıklar arasındaki aşırı farklardan meydana gelmektedir.

Tüm potansiyel hatalar gerek kalıp imalatı gerekse dövme işlemi esnasında mevcut olan gerilimlerden ortaya çıkar.

Birçok hata basit dizayn kurallarının yerine getirilmemesi ile oluşmaktadır.(Şekil 3.14) deki kalıp ısı işlem sırasında çatlama göstermiş manganlı yağda sertleştirilmiş bir çeliği göstermektedir.Keskin köşelerinin kalıp açılımlarına çok yakın olduğu görülmektedir.Eğer keskin köşeler bulunan kalıp söz konusu ise havada sertleştirilmiş kalıp malzemesi kullanmak

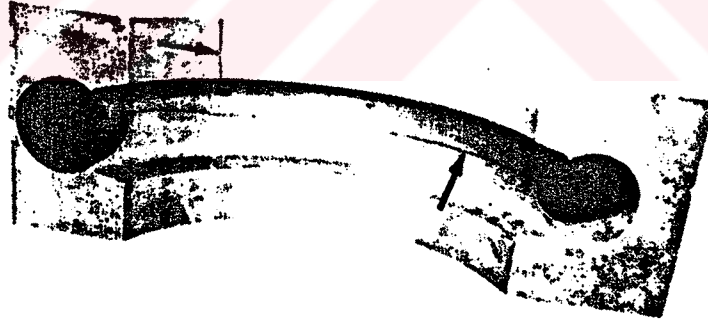
daha uygun olacaktır. O1 çeliğinin yüksek sertleşebilme özelliğine bağlı olarak, kalıp çatlamasını önleyecek bir ısıtma işlemine tabi tutulmalıdır.



Kaynak No : 12

Şekil 3.14 - O1 çeliğinden yapılmış kalıp keskin köşelerden çatlama göstermiştir.

(Şekil 3.15) de görülen S7 malzemesinden yapılmış kalıp boyutları nedeni ile (152.4 x 203.2 x 508 mm) (6 x 8 x 20 in.) yağda sulanmalıdır. Geniş boyut, kör delik ve ince köşe oluşumlarının beraber bir sonucu olarak sülama sırasında çatlama gerçekleşmiştir. Tekrar dizayn edilerek kesit kalınlığının daha iyi ayarlanması tavsiye edilebilir. Ancak ısıtma işlemi ile ilgili yapılabilecek bir değişiklik de sonucu etkileyecektir. Eğer bu kalıp 535 °C hemen altına kadar sülanıp, sonrada menevişleme öncesi 60 °C sıcaklığa kadar havada soğutulursa çatlama olasılığı azaltılabilir ve yaklaşık olarak istenen sertlik değeri de elde edilmiş olur.



Kaynak No : 12

Şekil 3.15 - S7 çeliğinden yağda sülama sırasında çatlamış bir kalıp

Sac şekillendirme kalıpları ise genellikle W2 çeliklerden yapılmaktadır. Başlıca sebep ise bu tip kalıpların imalatının kaynak yolu ile yapılmasıdır.

Pek çok kalıp dizaynı malzemelerin suda veya yağda soğutulmasına elverişli olmamaktadır. Kalıplar birbirlerine çok yakın deliklere, keski köşelere ve derin gravürlere sahip olabilirler. Tüm adı geçen konular birer dezavantaj oluşturur. Çatlak oluşumunu önlemek için

mutlaka yeterli ısıtma işlemi bilgisi gerekmektedir. Amaç ise soğuma etkisini azaltmaktır. Bu işlem de tuzlu su ortamında soğutma ve yağda bitirme işlemi ile uygulanabilir.



Kaynak No : 12

Şekil 3.16 - D2 çeliğinden yapılmış bir kalıp

Örnekte (Şekil 3.16) gösterilen kalıp ise D2 takım çeliğinden imal edilmiştir. Çalışma esnasında çatlak oluşumu meydana gelmiş ve imalattan alınmıştır. Hata oluşumuna başlıca sebepler ise ince duvar kesitleri ve birbirlerine çok yakın yerleştirilmiş deliklerdir. Ayrıca kötü taşlama işlemi ve uygun olmayan elektroerozyon işlemi de hata oluşumunu hızlandırıcı etki yapmıştır.

Malzemenin D2 hava çeliği olması sebebi ile çelik değişimi ile çatlak oluşumu engellenemeyecektir. Kesit kalınlıklarının ayarlanması bu tip problemler için en iyi çözüm olacaktır.

Çoğu takımın tasarımı ampirik olarak yapılır. Bunun iki nedeni vardır :

1. Takım çeliklerinin çalışma sertlikleri çok yüksek olduğundan, bunlara güvenilir ve yinelenabilir sonuçlar verecek deneyler uygulanması zordur. Bu nedenle de çoğu takım çeliğinin çekme deneyi değerleri- çekme, akma, çarpma dayanımları ile % uzama ve alan daralması- evrensel kabul görmüş olarak yayınlanamaz.

2. Çoğu takımın oluşan gerilmeler keskinlikle ölçülüp belirlenememektedir. Ayrıca, gerek kalıplar gerekse mekanik deney numuneleri ısıtma işleminden ya da mekanik işlemlerden kaynaklanan içgerilmeler içerirler. Bunlar bazen çekme dayanımının % 30-90 düzeyine çıkabilirler. Bu da mekanik deney sonuçlarının güvenilirlik ve yinelenebilirlik durumunu etkilemektedir. Bu nedenlerden dolayı, çoğu kalıp tasarımı önceki uygulamalarda edinilmiş deneyimlere dayandırılır.

Takım ve kalıpların tasarımında kullanılan bir dizi ampirik kurallar vardır. Ancak hiç bir kalıp tasarımı yalnızca kalıp boyutları göz önüne alınarak yapılmamalıdır: Kullanılacak çeliğin

türtü, kalıbın hangi su verme ortamında sertleşebileceği gibi etmenler de tasarım işinin önemli yanlarını oluşturmaktadır.

İyi ve başarılı bir tasarım uzun ömürlü bir kalıp yaratacağı gibi ekonomiklik özelliğininde beraber getirir. Kötü tasarlanmış bir kalıp ya ısıtma işlemi, taşlama ya da uygulama sırasında çatlama, kırılma gibi işgörmelik durumuna girecektir. Özellikle ısıtma işlemi sırasında çatlama gösteren kalıpların nedeni kötü tasarımıdır.

Isıtma işlemi sırasında çatlamalara yol açan en önemli tasarım yanlışlıkları şunlardır :

- 1.Keskin iç ve dış köşeler
- 2.Kesit alanında büyük farklar

Keskin köşeler bir çok kalıpta gereklidir. Ancak, zorunlu olmadığı durumlarda mutlak bir yarıçap ya da kıvrım kullanılmalıdır. Kullanılan kıvrımın yarıçapı olabildiğince büyük olmalıdır. Bu yalnızca ısıtma işlemi sırasında çatlama olasılığını azaltmak hata çatlamayı önlemekle kalmayacak aynı zamanda metal yorulmasına karşı da takımın ömrünü arttıracaktır.

Keskin köşelerden vazgeçilemeyen durumlarda hava çeliği kullanımı en akıllı çözümdür. Havada sertleşen çelikler keskin köşeli de olsalar çatlama olasılıkları çok düşüktür.

Suda ya da yağda sertleşen çeliklerin kullanım zorluğu varsa bu durumda , ayrıca , keskin köşelerden de vazgeçilmiyorsa ısıtma işlemi girecek parçalar da köşeleri dolgu bırakıp keskin köşeleri sonradan taşlama ile oluşturmak akıllıca bir yol olarak önerilebilir. Ancak, suda sertleşen çelikler sığ sertleşen çelikler olduğundan taşlama derinliği bunların yüksek sertliğini yok edebilir.

Kalıplarda ani ve büyük kesit değişimleri de ısıtma işlemi sırasında, sorunlar yaratabilir : İnce ya da küçük kesitler , özellikle sıvı ortamdaki sertleştirmelerde, çok daha hızlı soğuyacağından ara kesitlerde su verme eğilimi yaratılır ve buda parçayı çatlatır. Bu tür bir sorunun çözümü ya kesitler arasında tedrici bir geçiş yaratarak ya da kalıbı iki parçalı bir düzenek olarak tasarlayarak sağlanabilir. Tek parçada ısrar edilirse mutlak havada sertleşen bir çelik kullanılmalıdır.

Zaman zaman kalıpların ve özellikle de zımbalama işleminde kullanılanların çatlamalarını tasarımla yükleme arasındaki büyük farklardan doğduğu görülmüştür. Bir zımba kafasının zımbaları arasındaki uzaklık ne kadar fazla ise , genellikle uygulama yükü o kadar yükseltilebilir ya da belirli bir yükte çok daha uzun ömürlü olarak çalışabilir.

Ağır yüklemekten ötürü doğan işgörmezlik durumunun ortadan kaldırılması, kalıp tasarımının uygulama gerilimlerini azaltıcı yönde yeniden ele alınması ile olmaktadır. Bu yaklaşımda kalıp tasarımcısı makina mühendisi ile uygulayıcı teknisyenin birlikte çalışması kuramsal bilgi ile uygulama deneyimini birleştirmeleri gerekir.

Bu tür uygulamalarda delik içeren kalıpların özel bir önemi vardır : Delik içeren parçalarda her bir deliğin konumu ve bunların yüzey alanında dağılımları çok iyi konumlanmalıdır. Ayrıca deliklerin içyüzeyleri, özellikle, gerekli sertlikleri bakımından uygulamaya uygun düzeyde geliştirmelidir.

Eğer deliklerin içyüzeylerinin sertleştirilmeleri gerekiyorsa özellikle sıvı ortam sertleştirilmelerinde ortamın karışımı çok iyi sağlanmalı; zorunlu ise yüzeye fişkırtma ile sertleştirme yaratılmalıdır. Aksi durumda ise sertleşmeden korunmak için yüzey alçı, asbest v.b. ile korunmalıdır.

Sıcak için genel konstrüksiyon esasları şöyle ifade edilebilir;

1 - Son dövme kademesinden önceki dövme kademesi mümkün mertebe son dövme kademesine yakın olmalıdır.

2 - Asimetrik veya simetrik parçalar mümkün ise bir kalıpta çift olarak dizayn edilmelidir.

3 - Çapak kesme ve delme işleminde mümkünse kombine (bir defada) işlem gerçekleştirilmelidir.

4 - Son kademeye en az kademe sayısında ve genel dövme prensiplerine uygun bir başlangıç malzeme boyutu ve dizayn serisi üzerinde dikkat edilmelidir.

5 - Uzunluk, genişlik, kaçıklık ve toleranslara dikkat edilmelidir.

6 - Dövme kademeleri, parçanın o esnada haiz olacağı sıcaklık derecesi ve mukavemet değerlerini dikkate alarak dizayn edilmelidir.

7 - Açı, radyüs ve kalınlıklar için çeşitli tablolardan faydalanılmalıdır.

8 - Çapak hattı tayin prensiplerine uyulmalıdır.

9 - Gayri muntazam parçaların ağırlık merkezi koordinatların planimetre yardımı ile grafik olarak bulunması faydalı olacaktır.

10 - Kalıp işleme imkanlarını dikkate alarak kalıp imal sürelerinin azaltan dizayna yönelmek gerekmektedir.

11 - Gravür derinlik ve genişliklerinden dövme kalıbı boyutlarını bulmak için tablolara bakılmalıdır.

12 - Çapak kesme kalıp dizaynında çeşitli tablolardan faydalanılmalıdır.

13 - Sık sık örneklere ve tatbikatı iyi sonuçlanmış dizaynlara göz atılmalıdır.

14 - Çapak kesmede çapak düzlemi parçanın bir yüzeyi ile aynı düzlemde olmalı ve en az 1.5 - 2 mm aşağıda olmalıdır .(Böylelikle sıvırma ve sıvama ile parça üzerinde herhangi bir taşma olmaz.)

15 - Küçük parçalarda erkek (zımba) ile makas arası boşluk 2 x 0.2 mm ye kadar inebilir.

16 - Kalıp dizyanında malzeme akış özelliklerine dikkat etmelidir. Bu husus yığma yayma yükseltme ile daha kolaylıkla elde edilebilir.

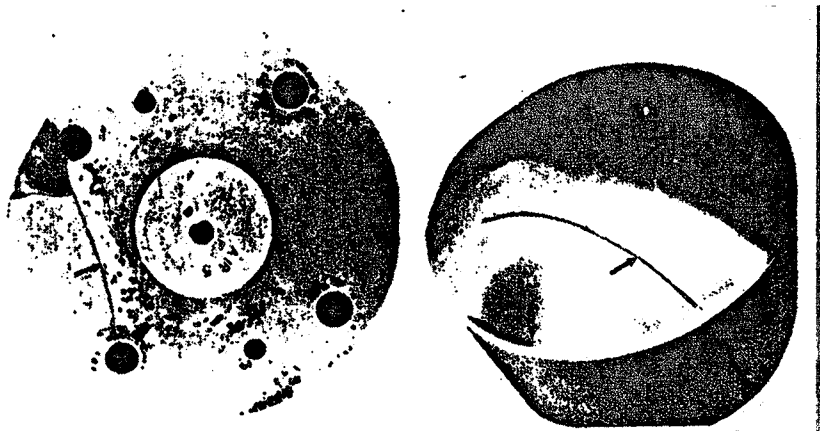
(b) - Yetersiz Isıl İşlem Nedeni İle Ortaya Çıkan Hatalar

Kalıp hataları ile ilgili yapılan bir araştırma sonucunda, hataların % 70 nin ısıl işlem sırasında ortaya çıkan düzensizlikler nedeni ile oluştuğu görülmüştür. Bunların % 40 oranında çeliğin yüzey bileşim kontrollerinde, % 20 si düşük sıcaklıklara kadar soğutma ve yetersiz menevişlemeden, %10 ise sulama işleminin östenit sıcaklığının çok üzerinde yapılmasından ortaya çıkmaktadır. % 30 oranında hata ise kötü kalıp dizaynından, uygun olmayan taşlama, çalışma hataları, uygun olmayan kalıp çeliği seçiminden meydana çıkmaktadır.

Dikkat edildiğinde oluşan hataların büyük kısmının yüzey bileşim kontrolünden ortaya çıktığı görülmür. Bu gibi durumlarda nötr atmosfer ortamında kalıp sertleştirilmesi yapılır. Böylelikle yüzeye karbon ilavesi yada yüzeyden karbon eksilmesi meydana gelmeyecektir. Arzu edilen çalışma sürelerindeki sertliği elde etmek için karbon oranı korunmalı ve kontrol edilmelidir.

Yüzey bileşiminin kontrolü çeşitli yollardan yapılabilir. Bunlar arasında pakette sertleştirme, kontrollü atmosfer ortama sahip fırınlarda işlemler, ergimiş tuz ve kurşun banyoları bulunur.

Bazı durumlarda yüzeyde meydana gelen bir bileşim değişimi derhal hasara yol açabilmektedir . Çalışma ortamına geçildiğinde bu malzemelerin ömürleri çok kısa olmaktadır.



Kaynak No : 12

Şekil 3.17 - Hata oluşumu göstermiş olan A2 takım çeliği

(Şekil 3.17) de imalata geçildikten kısa bir süre sonra çatlak oluşumu gerçekleşmiş bir kalıp görülmektedir. Bu kalıp A2 takım çeliğinden yapılmıştır. Östenitleştirme işlemi atmosfer kontrolü mevcut bir fırında yapılmıştır. Tuz içinde 204 °C ta menevişlenmiş, oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra iki kere 204 °C menevişlenmiştir. Elde edilen sertlik değeri ise 60-62 HRC olmuştur.

İnceleme sonucunda kalıbın yan kısmından başlayıp ,kalıp yüzeyinden geçen ve arka taraftaki vida yuvalarına ulaşan bir çatlak oluşumu tesbit edilmiştir.Ayrıca vida yuvalarının birinde bir miktar kalıp parçasının kırıldığı tesbit edilmiştir.Delik kenarlarında ise ufak çatlaklar görülmüştür.

Yüzey,kenar ve kalıp iç sertliği 56-58.5 HRC ölçülmüş ancak kalıbın arka tarafında sertlik değeri 59-62 HRC olarak saptanmıştır.

Kalıbın arka ve ön yüzeylerinden örnekler alınarak sertlik değerleri ölçülmüştür. Ön yüz numunesinin sertliği 56-58 HRC arka yüz numunesinin sertliği 61-62 HRC olarak bulunmuştur. Bu sertlik artışının sebebi ise incelenen bölgedeki arta kalmış östenit oluşumudur.

Arka yüzeydeki mikro yapı incelendiğinde 1.524 mm (0.06 in.) kalınlığında bir karbür tabakası görülmüştür. Bu tabakanın çok miktarda karbür içeren menevişlenmiş martenzit ve arık östenitten oluştuğu görülmüştür.Bu tabaka altındaki içyapı çoğunlukla menevişlenmiş martenzit içermektedir. Ön yüzde ve kenarlarda karbürleşmiş tabakaya rastlanmamıştır.

Elde edilen genel sonuçlar şöyle ifade edilmektedir:

Çatlak, arka yüzeyde bulunan karbür tabakasının ortaya çıkardığı gevrek kırılma sonucu meydana gelmiştir.Gerilim ,deliklerde ve arka yüzeydeki kenar kısımlarda yoğunlaşmıştır ve karbür tabakasının sebebi, kalıp ısıtma işlemi gördüğü sırada (östenitleştirme sırasında) yetersiz atmosfer kontrolüdür. Isıtma işlemi sonucunda uygulanan bitirme işlemleri ile kalıp kenarlarındaki ve yüzeydeki karbür tabakası uzaklaştırılmıştır. Fakat arka taraftakiler işlem dışı kalmıştır.

Bu tip durumları önlemek için şunlar önerilmektedir:

Her şeyden önce fırın içi atmosferi ısıtma işlemleri sırasında sıhhatli bir şekilde kontrol edilmelidir. Diğer bir alternatif ise ısıtma işlemi sonrasında uygun bir işleme ile arka yüzdeki gevrek karbür tabakasının uzaklaştırılmasıdır.



Kaynak No .12

Şekil 3.18 - Değerli madenlerin dövülmesinde kullanılan bir kalıpta oluşan hata

Uygulamalarda karşılaşılan diğer bir örnek (şekil 3.18) de verilmiştir. Dövme kalıbı kısa bir çalışma süresinden sonra çatlamıştır. Kalıp S7 takım çeliğinden imal edilmiştir. 57 HRC sertliğine ulaşmak için ısıtma işlemi uygulanmış ve bu işlem sırasında 954 °C ta östenitleştirme, yağ içinde soğutma ve 204 °C ta temperlemedir.

Şekilden de görüleceği üzere kalıp, gerilmelerin yoğun bulunduğu oluk ,kanallar ve köşelerden çatlamıştır. Çatlaklar incelenmeleri açısından açılmıştır. Amaç menevişlemeden doğan rengin araştırılmasıdır. Çatlak yüzeylerinde meneviş rengine rastlanmamıştır.

Diğer verilen örneklerde de olduğu gibi burada da kalıptan örnek alınmıştır. Bu ölçümler daha önce olduğu gibi yapılmış ve sonuçta şu değerler elde edilmiştir:

İç kısım sertliği 56-57 HRC olarak belirlenmiştir. Fakat yüzey sertliği , sıvı azotla soğutulmadan önce 50-55 HRC olmasına rağmen soğutma sonrası 62-65 HRC yükselmiştir. Bu da yüzeyde önemli miktarda artık östenit bulunduğunu gösterir.

Kimyasal analize göre karbon yüzdesi yüzeyden içeri doğru gidildikçe azalmaktadır. Bunun değerleri de % 0.79 ile % 0.53 arasında değişmektedir. Karbürasyon derinliği ise 0.508 mm (0.02 in.) dir.

Elde edilen sonuçlar:

Gerilim çatlakları karbür oluşumu gösteren yüzeylerde başlamıştır. Bu yüzeylerde bilindiği gibi ısıtma işlemi sonrası artık östenit içeren tabakalardır. Gerilim birikimleri kanal ve oyuklarda

ayrıca köşelerde yoğunlaşmıştır. Buralarda kırık başlama noktaları olarak rol oynamıştır. Karbür oluşumu östenitleştirmenin yapıldığı fırının yetersiz kontrolü sonucudur.

Hatayı önlemek için ısıtma işlemi öncesi kalıp gravürü işlenmeli ve atmosfer kontrollü östenitleştirme yapılmalıdır.

Östenitleştirme Sıcaklığının Etkisi

Kalıp çelikleri östenitleştirme sırasında aşırı ısınmaya karşı çok hassastırlar. Aşırı Isıtma tane büyümesine, kaba martenzit ve çok fazla artuk östenit oluşumuna neden olur.



Kaynak No .12

Şekil 3.19

(Şekil 3.19) de gösterilen zımba ile ilgili iki adet örnek verilmiştir. Sadece biri gösterilmiştir, resimde bulunmayan diğer zımba daha ufak olmasına rağmen çatlak daha geniş oluşmuştur.

Her iki zımbadaki çatlaklar incelenmek üzere açılmış ve meneviş renginin olup olmadığı kontrol edilmiştir. Her iki parçada da aranan renk bulunamamıştır. Aranan rengin olmaması östenitleştirme den soğutma esnasında çatlak oluşmadığını göstermiştir.

Sertlik ölçümleri zımbaların dış yüzeylerinde ve iç kısımdan alınan numuneler üzerinde yapılmıştır. Soğutma işleminden sonra sertlik ölçümleri tekrar yapılmıştır. Alınan sonuçlarda her iki zımbada da sertlik artışları görülmektedir. Bu olay da artık östenit bulunduğuna bir kanıttır. Her iki zımbanın mikro yapılarında kaba martenzit, karbür parçaları ve artık östenit bulunmuştur.

Ufak zımba daha kaba bir yapı ve daha fazla miktarda artık östenit içermektedir. Buradan çıkarılacak sonuca göre her iki zımba beraber ısıtılma işlemine tabi tutulmuş ve östenitleştirme sırasında aşırı ısınma meydana gelmiştir. Ufak kesite sahip olan daha büyük metalurjik hasara uğramıştır. Deneysel menevişlemegöstermiştir ki zımbalar 149 °C üzerinde 204 °C altında menevişlenmiştir.

Zımbalarda ısıt işlemin östenitleştirme sırasında aşırı ısıtmalar nedeni ile çatlaklar oluşmuştur. Aşırı ısıtma da kaba taneli yapının oluşmasına neden olmuştur. Tüm bunların sonucu olarak aşırı gevreklik meydana gelmiştir. Artık östenitlerin oluşturduğu yumuşak noktalar ise çalışma gerilimleri etkisi altında biçimlerini bozarak çatlak oluşumuna katkıda bulunmuşlardır.

Isıl işlem esnasında uygun östenitleştirme sıcaklığının uygulanması böyle bir hatanın önlenmesinde yeterli olacaktır.

Menevişleme ve Kalıp Hataları İle İlgisi

Kalıpların menevişleme işlemi, soğutma işleminden hemen sonra yapılmalıdır. Fakat dikkat edilecek nokta işlem sıcaklığına erişmeden bu olayın gerçekleşmesidir. Parçalar soğutulmadan sonra düzgün olarak 52-65 °C ulaştıklarında menevişleme fırınına yerleştirilmelidirler. Önemli nokta tüm kalıbın bu sıcaklığa ulaşmış olmasıdır. Ancak bu şartlar yerine getirildikten sonra menevişleme yapılabilir.

Bazı kalıplar menevişlemeden hemen sonra çatlarlar. Bunun nedeni kalıpların muntazam olarak bu sıcaklığa ulaşmasına imkan verilmemiş olmasıdır. Bu sırada bazı değişimler olmaktadır.

Menevişlemenin amacı , kalıp malzemesinin gerilme direncine yakın olan kalıntı gerilmeleri ortadan kaldırmaktır. Kalıplar uygun menevişleme işlemine tabi tutulmadan çalışma ortamına alındığında büyük bir olasılıkla kalıp hataları çok önceden ortaya çıkacaktır.

Yüksek alaşımlı takım çeliklerinden yapılan kalıpların tekrardan menevişlenmesi (iki kere yada bazen üç kez) erken ortaya çıkabilecek hatalara karşı bir güvence katkısı olarak gerekmektedir.

D,M,T türü çelikler önemli miktarda östenit oluşumu içerir. Burada adı geçen östenit ilk menevişleme sonrasındaki soğutma sırasında martenzite dönüşür. Bu neden ile en az bir menevişleme işlemi gerekir. Böylelikle ilk menevişleme sonucunda meydana gelen değişimler ve gerilimler minimuma indirilir.

Taşlama ve EDM prosesi sonrası da menevişleme işlemi uygun yada gerekli olabilir.

Takım çeliklerinin ısıt işlemleri tüm çelikler arasında en önemlileri ve en çok özen gösterilmesi gerekenlerdir. Aşağıda bunlara ilişkin temel işlemler özetlenmiştir.

1. Gerilim Giderme : Sertleştirme işleminden önce kalıp çeliklerine uygulanan bir işlemdir. Özellikle, daha önceden ağır mekanik işlemlere girip çıkmış parçalar için bu çok önemlidir. Isıl işlem uygulanmaz ise parçada çatlamlar oluşabilir.

Gerilim giderme tavi boyutsal değişimler getirebilir. Bu değişim büyük boyutlarda ise parça tav işlemi sonunda çıkarılıp yavaşça soğutulur. Değişim fazla değil ise bir ön ısıtma olarak uygulanır ve parça buradan doğrudan östenitleme fırınına alınır.

2. Ön Isıtma : Bu işlem gerçekte zorunlu bir ısıl işlem değildir; ancak çatlama olasılığını azaltıcı bir önlemdir. Ön ısıtma ile parçanın,

- a - Sıcaklık dağılımı eşitlenir,
- b - Isıl gerilimler ve çarpılma olasılığı azalır,
- c - Yüksek sıcaklıkta kalma süresi azaltılmış olur ve böylece karbonsuzlaşma olasılığı azalır.

Ağır mekanik işlemler uygulanmış parçalar, kesitleri büyük farklılık gösteren parçalar ve 850 °C tan yüksek östenitleştirme sıcaklığı olan parçalara bu işlem uygulanmalıdır.

3. Östenitleme : Bu işlemin amacı döküm yapısında bulunan alaşım karbürlerini östenit yapıda çözündürmek ve sonrada hızlıca soğutarak martenzit dönüşümünü gerçekleştirmektir.

Östenitleme sıcaklıkları yüksek olduğundan parçaları karbonsuzlaşma ve oksitlenmeye karşı korumak amacı ile denetimli atmosferli fırınların kullanımı çok yerinde olur.

Östenitleme sıcaklıkları parçaların büyüklük, biçim ve çelik türleri ile fırınların büyüklük ve türlerine göre değişiklik gösterebilir. Fakat genel bir kural olarak her 25 mm için en az 1 saat tutmak uygun olacaktır.

Östenitleme sonrası soğutma yağda veya havada yapılır. Havada sertleştirilen parçalar 75 - 100 °C sıcaklığa dek soğutulmalı ve hemen menevişleme işlemine geçilmelidir.

4. Menevişleme : Bu işlem, sü verme sertleşmesinin hemen sonrasında uygulanmalıdır. Martenzit oluşumu, az da olsa Ms sıcaklığı altında, değişmez sıcaklıkta gerçekleştiğinden, olağan martenzit oluşumunun yarattığı içgerilimleri daha da artırıp parçanın çatlamasına neden olabilir. Bunu engellemek amacı ile sertleştirilmiş çelikler derhal menevişlenmelidir. Bu yapılmıyorsa, sertleştirilmiş parça 100 - 200 °C fırında bekletilmelidir.

Menevişleme sıcaklığı çoğu uygulama için ikincil sertleştirilme sıcaklıklarıdır. Bu sıcaklıklarda çökelen alaşım karbürlerinin sertliğe etkisi en yüksektir. Diğer bazı uygulamalarda ise düşük sıcaklıklar ($< 200\text{ }^{\circ}\text{C}$) tercih edilir.

Eğer çeliğin iç yapısında dönüşmemiş östenit kalmışsa menevişleme sonrası soğutmalar yeniden martenzit dönüşümü yaratabilir. Bu ise parçayı kırılgan yapar. Bu nedenle birçok uygulamada çift hatta üçlü menevişleme gerekebilir. Menevişleme işlemi öncesi sıfırlı işlemi uygulanırsa tek menevişleme yeterlidir.

Isıl işlemlerde çatlamalara yol açan nedenleri ortadan kaldırmak için aşağıda özetlenen noktalara dikkat etmek gerekir :

-Su verme işlemi ile sertleştirilen parçalar ister yağda isterse havada soğutulsun $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklığa düşer düşmez hemen menevişleme işlemine geçilmelidir.

-Östenitleme sıcaklığı gereğinden yüksek tutulursa, tane büyümesi oluşacağından, sertleştirme sonucu çelikte gevrekleşme görülür. Ayrıca, yüksek sıcaklık farkından da çatlama olasılığı artar. Aşırı östenitleme sıcaklıklarının en tehlikeli yanı ise bölgesel erimelere yol açmasıdır.

-Aşırı düşük uygulanan östenitleme sıcaklıklarında özellikle kalıp çeliklerinde çatlamlar yaratabilir. Burada asıl neden, östenitlenmenin eşdağılımlı olmasından doğan farklı genleşmelerdir.

-Sertleştirilen parçalarda kesit farklılıklarının çok fazla olmamasına özen gösterilmelidir. Kesit farkları olan bölgeler çatlama en yatkın bölgelerdir.

-Delikli parçalar sertleştirilirken deliklerin iç yüzeylerinin de homojen olarak sertleştirilmesi gerekir. Delikler çok büyük ise sorun yaratmayabilir. Ancak küçük deliklerin iç yüzeyi mutlaka püskürtme yöntemi ile sertleştirilmelidir. Eğer homojen sertleştirilme sağlanamıyor ise yada sertleştirilmeleri gerekmiyor ise delikler seramik malzeme ile sıvanarak kapatılmalıdır. Bu amaçla kil, asbest, v.b. de kullanılabilir.

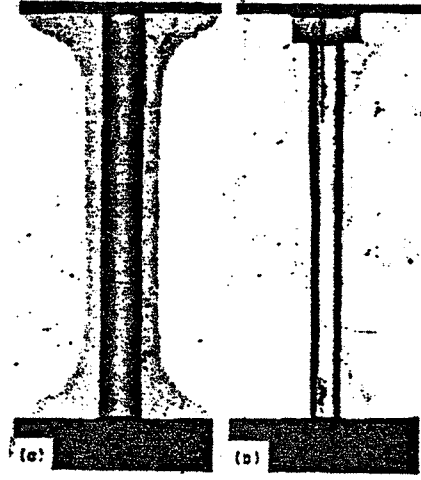
-İkili , gerekiyor ise üçlü menevişleme her zaman için yararlıdır.

-Menevişleme öncesi sıfırlı işlemi uygulanabiliyor ise tekli menevişleme yeterlidir.

-Karbonsuzlaşmış katman gidermeden uygulanan ısıl işlemler hep çatlamalara yol açarlar.

(c) - Sulama ve Kalıp Hataları

Sulama ortamı ve uygulamaları çelik cinsi,sertleşebilme kabiliyeti , kesit aralıkları,kesit kalınlığı ve kalıp dizaynı göz önünde tutularak seçilmelidir.



Kaynak No .12

Şekil 3.20

(Şekil 3.20) de iki adet aşınmış kalıp örneği görülmektedir. Kalıplar W1 takım çeliğinden yapılmışlardır.Burada sulama işlemi kanallar içinden su geçirerek yapılmaktadır.

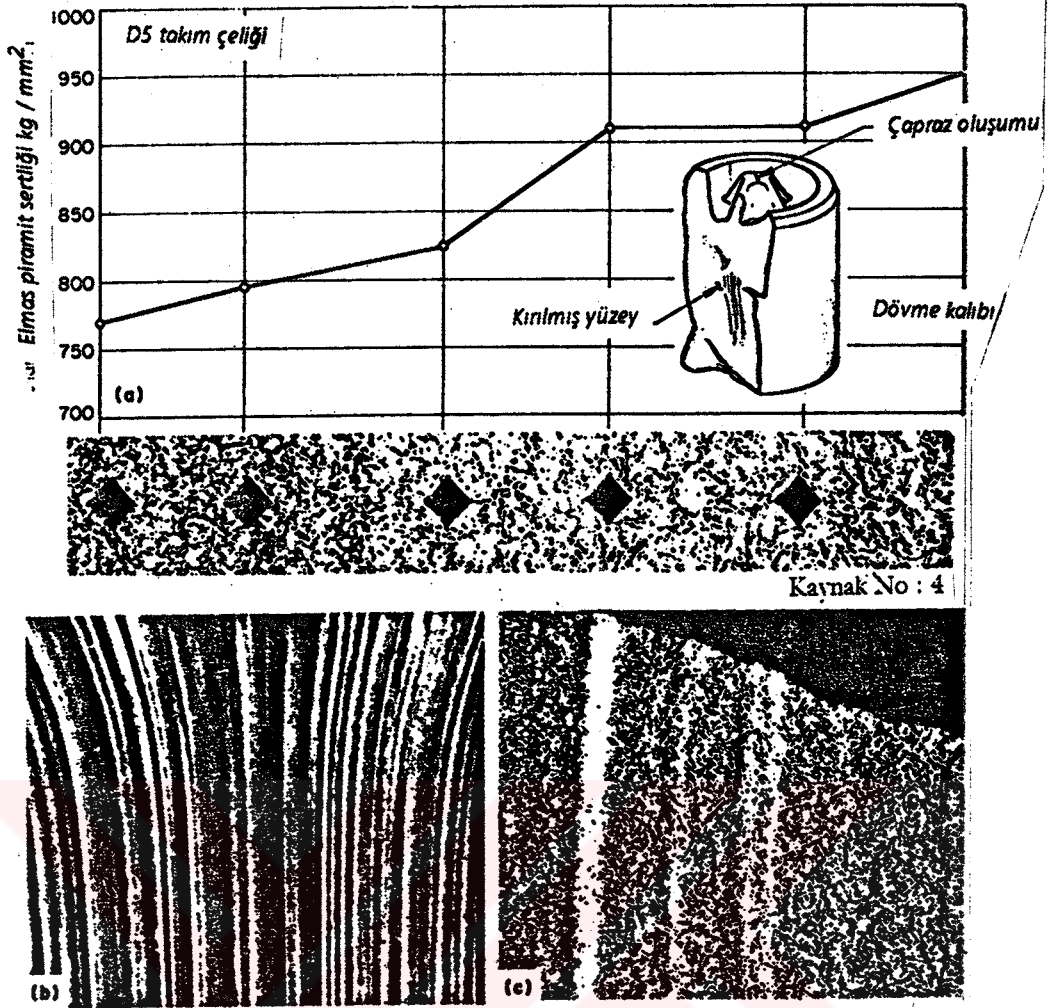
Şekilde sol tarafta gösterilen kalıbın ömrü daha uzun olmuştur.Sağda gösterilen kesitte kalıp aşırı derecede aşınmış ve kırık oluşmasına kadar giden bir hasara sebep olmuştur.

Solda görülen kalıp kanal boyunca ve sonuna kadar uygun sertleşmiş bölgeye sahiptir. Diğer kalıpta ise bu sertleşme bölgesinin düzgün olmadığı görülmektedir. Muntazam olmayan sertleşme hatalara imkan vermektedir.

(d) - Segregasyonların Sebep Olduğu Hatalar

(Şekil 3.21) de gösterilen D5 malzemesinden yapılmış kalıpta hata oluşmuş ve ayrılmıştır. Çalışılan malzemeye bağlı olarak kalıp yüzeyi yüksek basınç etkileri ile makaslama ve germe gerilmelerine maruz kalmıştır.

Kalıp yüzeyinden hatanın bir kolunda içinde bulunduğu uzunlamasına bir kesit alınmıştır.Örnek parça parlatılmış, asit ile dağlanmadan incelenmiştir.



Şekil 3.21 - Segregasyon nedeni ile hata göstermiş bir kalıp

- a- Kalıbın mikroyapısı ve sertliği
- b - Çapraz oluşumunun bir kolunun üzerinden alınan , birkaç kez segregasyona uğramış bölge kesiti
- c - Segregasyona uğramış bölgenin mikro filmi

Parlatılan örnek daha sonra % 5 lik nital ile dağlanmışır. Makroskopik olarak çizgili bir yüzey görülmüştür. Mikroskopik incelemede bu yüzeyin kimyasal segregasyon ile oluştuğu belirlenmiştir.

Yüzeyin ayrılmış ve ayrılmamış noktalarında sertlik ölçümleri yapılmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki segregasyon etkisi altındaki bölgede sertlik daha fazla olmuştur. Bunun nedeni ise segregasyona uğramış bölgedeki karbon oranının artmış olmasıdır.

Yüksek sertlikteki malzemeler mikro çatlaklara maruz kalırlar, mikroçatlaklar yorulma çatlaklarının oluşumunda çekirdek görevi görmektedirler. Hata oluşumunun olduğu bölgenin incelenmesinde mikro ve makro boyutta herhangi bir yorulma izine rastlanmamıştır.

Sonuç olarak kalıpta oluşan hatanın,normalden yüksek sertlik değerine sahip bölgede kırık oluşumundan meydana geldiği ortaya çıkmıştır. Yorulma izine rastlanmamış olmasına rağmen kırık tek bir çevrim sonunda oluşmamış ve birkaç çevrim sonucunda ortaya çıkmıştır. Bu tür bir hata da düşük-çevrim sayılı yorulma olarak ifade edilebilir.

(e) - Isıl İşlem Sonrası Operasyonlarının Sebep Olduğu Hatalar

Isıl işlem sonrası yaygın olarak kullanılan bazı işlemler de kalıp hatalarına neden olabilir. Hiç değilse hata meydana gelme olasılığına katkıda bulunurlar. Bazı durumlarda kalıp kimliklerinin belirtilmesinde kullanılan soğuk damgalama ve kazıma yöntemi ile yazı yazma gerilim artırarak hata oluşumuna yardım ederler.

(f) - Taşlama İşlemi Ve Hatalar

Taşlama işlemi bölgesel ısınmalara ve kalıp içinde çatlaklara sebebiyet verecek yüksek yüzey gerilimi meydana getirirler. Yaygın taşlama hataları şunlardır:

- a-Metalin çok hızlı aşındırılması nedeni ile oluşan taşlama yanıkları,
- b-Kör yada yağlı taş ile taşlama,
- c-İşlem için gereğinden çok ince yapılı taş kullanılması,
- d-Taşlama ile ortaya çıkan ısının yetersiz şekilde ortamdan atılması.

Kötü bir taşlama nedeni ile ortaya çıkan hatalar kendilerini şu şekilde belli ederler:

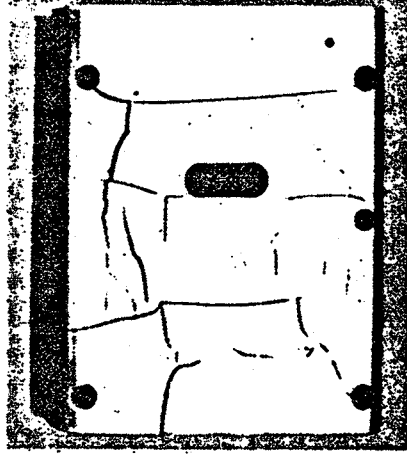
- a-Yüzeyin renk değiştirmesi,
- b-Derin olmayan çatlaklar(Genellikle 0.1016 mm-0.004 in. den daha az derinlikleri vardır.)
- c-(Şekil 3.22) de gösterilen tür çatlaklar .

Yanık bölgeler ve sığ çatlaklar göz ile görülmezler. Çeşitli metotlar ile belirlenebilirler. Derin çatlaklar ise göz ile yapılan muayenelerde görülebilir.

Kalıp parçalarının iyi bir çalışma performansına sahip olması için uygun bitirme işlemlerinin yapılmış olması gerekir. Düzgün kalıp yüzeyleri taşlama sonucunda ortaya çıkmaktadır. Kalıp üzerinde oluşacak taşlama izleri de kalıp ömrüne etki edecektir.

Uygulanan taşlama işlemi de her zaman taşlama çatlaklarının oluşum sebebi değildir. Bazı ısı işlemler taşlama çatlakları oluşumunda etkili olurlar. Böyle bir durumda taşlama işleminin ne kadar dikkatli yapıldığı önemli değildir. Bu ısı işlemler sırasında oluşabilecek olaylar:

- a-Soğumadan hemen sonra kalıbın menevişlenmemesi
- b-Kalıbın aşırı yüksek bir sıcaklıktan itibaren soğutulması,
- c-Yüksek miktarda karbür oluşumu,
- d-Menevişleme işleminin uygun olmayışı.



Kaynak No .12

Şekil 3.22 - Taşlamadan kaynaklanan hata örneği

Az karbonlu ve düşük alaşımlı kalıp çelikleri nadiren normal taşlama işlemlerinde sorun yaratırlar.

(g) - Elektroerozyon İşlemi Ve Hatalar

Kalıp yapımında elektroerozyon ile talaş kaldırma en son metal işleme metodu olarak kullanılmalıdır. Elektroerozyonla işlemede sert metaller kolaylıkla işlenebilmektedir. Bu metaller genellikle diğer klasik usullerle işlenememektedir.

Elektroerozyonla işlemede özellikle sertleştirilmiş çeliklerde, martenzitin oluşturduğu beyaz tabaka ortaya çıkmaktadır. Bu tabaka mikro çatlaklara sahiptir ve kalıpta çalışma durumuna alındığında önemli çatlaklar ortaya çıkar.

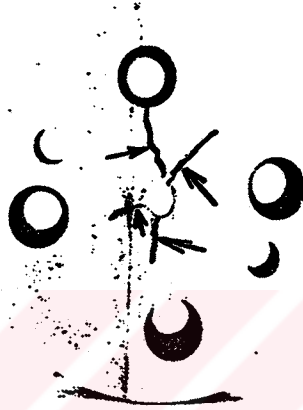
Sertleştirilmiş çeliklerde elektroerozyon işleminin kullanılması daha önceden arta kalmış gerilimlere yeni yüzey gerilimlerinin eklenmesine yol açar. Bu nokta oldukça önemlidir. Bu neden ile kalıplar tekrardan menevişlenmelidir. Sıcaklık ısıl işlemden kullanılan maksimum menevişleme sıcaklığının altında olmalıdır.

Elektroerozyon işleminde dikkat edilecek hususlar:

a-Eğer kalıp işlenmesinde düşük frekanslı elektroerozyon işlemi kullanıldıysa, bitirme işleminde beyaz tabakanın kalınlığı minimize etmek için yüksek frekanslı bitirme işlemi kullanılmalıdır.

b-Beyaz tabaka ince bir taşlama ile ortadan kaldırılabilir. Bundan sonra kalıp tekrardan menevişlenmelidir.

(Şekil 3.23) de görülen kalıp elektroerozyonla işlenmiştir. Bu kalıp 20000 parça imal edildikten sonra çatlaklar meydana gelmiştir.



Şekil 3.23

İncelemeler sonucu dört adet çatlakın kalıp gravürü çevresinde olduğu görülmektedir. Ayrıca diğer incelemelerde kalıpta esas olarak üç tabaka olduğu ortaya çıkmıştır.

En üst tabakada döküm yapısı, daha sonra tavlınmış martenzit, bununda altında koyu renkli olan fazla menevişlenmiş martenzit tabakası ki bu bölge elektroerozyon işlemi sırasında östenitleştirme sıcaklığının altında ısıya tabi kalmıştır. Kalıbın iç kısmı normal yapıyı teşkil eden menevişlenmiş martenzit ve karbür parçacıklarından oluşmaktadır.

Çeşitli bölgelerdeki sertlik değerleri ölçülmüştür. Bunlar, kaba döküm yapısı 58 HRC, martenzit tabakası 60 HRC, fazla tavlınmış bölge 55.5 HRC, kalıbın iç kısım sertliği ise 60-61 HRC olarak tespit edilmiştir.

Kırılma mekanizması, kırılma gevrekliği ile gerçekleşir. Kırılma elektroerozyon işlemi sırasında fazla ısınma nedeni ile ortaya çıkmaktadır. Döküm yapısındaki ve diğer yapılarda

ortaya çıkan kırılğan yapı, elektroerozyon sonrası yapılacak tavlama işlemi ile ortadan kaldırılabilmektedir.

(h) - Kaynak İşleminin Hata Oluşumundaki Etkisi

Kaynak işlemi genellikle kalıpların tamiri için kullanılmaktadır. Çoğu takım çeliği tavlandıkları zaman kolaylıkla kaynak edilebilmektedirler. Kaynak işlemi sırasında ortaya çıkabilecek hata nedenleri aşağıdaki faktörlere bağlıdır :

- a-Esas metal bileşiminin elde edilememesi,
- b-Kaynak bölgesinin uygun hazırlanmaması,
- c-Kaynak işleminden önce ve sonra uygulanması gereken ısı işlemlerin uygun yapılmaması, hataların ortaya çıkmasına büyük ölçüde sebep olmaktadır.

Sertleştirilmiş kalıpların kaynağı zor olmakla beraber birçok risk içeren faktöre bağlıdır. Özellikle kaynağın yapılışı ve dikkat edilecek hususlar kalıpların tamiri konusunda detaylı şekilde anlatılacaktır.

(i) - Çelikten Kaynaklanan Hatalar

Modern çelik üretimi Temiz Çelik kavramını da birlikte getirmiştir. Temiz çelik Kalıntılar (enklüzyon), katışıklar(empürite) ve kılcal çatlaklar açısından temiz olan çeliği belirler. Bununla birlikte çeliğin mekanik üretim aşamalarından doğan kusurları da vardır. Kalıp çelikleri çok pahalı çelikler olduğundan pahalı bir dizi işlemlerin sonunda kusurlu bir çelik, doğal olarak büyük emek ve para kaybına neden olacaktır. Bu bakımdan kabaca rastlanan kusurları tanıma ve önlem açısından şöylece sıralamak olasıdır :

a - Boşluklar : Bunlar, genellikle , çeliğin ingot kalıbındaki katılaşma aşamasında oluşan ve ingotun yatay kesit merkezinde görülen çekme boşluklarıdır. Bu tür boşlukların, yüzeyleri oksitlendiği için, dövme yada haddeleme işlemleri ile giderilmesi kapanması söz konusu değildir. Çekme boşluklarının azaltılması ve kesilip alınması üreticisinin görevidir.

b - İnce uzun lekelenmeler : Bunlar genellikle haddeleme yönünde görülen ve karbon ya da diğer elementlerin , kalıntı ve katışıkların bölgesel birikiminden doğarlar.

c - Dilcikler : Bunlar, haddeleme v.b. mekanik işlemler sırasında oluşan çıkıntıların yüzeye yatmış oluşumlarıdır.

d - Yırtıklar : Bunlar, ya kalıptaki katılaşmalar sırasındaki dengesizliklerden yatay olarak beliren çatlaklar; ya da sülfür kalıntıları ile bakır, kalay gibi düşük erime sıcaklıklı katışıklardan sıcak biçimlemeler sırasında yol açtıkları Sıcak Gevreklik sonucu oluşan çatlaklardır.

e - Kılcal Çatlaklar : Bunlar hemen her durumda hidrojenin oluşturduğu çatlaklardır. Büyük çoğunlukla çelik kütesinin merkez ve iç bölgelerinde görülürler ; yüzeyde rastlanmazlar. Bunları engellemenin en etkin yolu sıvı çeliğe Gaz Giderme işlemi uygulamaktır. Bu işlem vakum altında yapılırsa sıvı çelikteki hidrojen 1.5 ppm düzeylerine düşürülebilir. Vakum bulunmayan işletmelerde argon üfleme yapılmalıdır.

Diğer yandan bu işlemlerin uygulanmadığı durumlarda, hidrojenin katı çelikten yayınma yolu ile çıkabilmesi için uzun süreli yavaş soğutmalar uygulanmalıdır.

f - Yüzey Çatlakları : Bunlar genellikle hava çeliklerinin dövme ve haddeleme sonrası hızlı soğutulanlarında görülür ve yüzeyde izlenir.

Modern çelik üretimi teknolojisinde gerek ses üstü yöntemleri ve gerekse mıknatıslı belirleme yöntemleri ile saptanması ve kusurlu çeliklerin ayıklanması mümkün olmaktadır. Bu bakımdan, kalıp yapımına bu tür kusurlar pek yansımamaktadır; onlara ulaşan bu tür hatalı çelik oranı ise % 1-3 arasında olmaktadır. Bununla birlikte çelik tüketici, sanayici kusurlu çeliklerin devreye girmemesi için her türlü önlemi kendi çıkarı için almalıdır.

Tüm bunların üstünde çelik teknik şartnamaları hazırlanırken çelik üretiminde gaz giderme , kalıntı biçim denetimi, hidrojen ölçümü, bileşim aralıkları gibi konulara yer verildiği gibi kalıntı sayımı, tane büyüklüğü belirlenmesi, birikim durumu, sertleşebilirlik deneyi gibi modern uygulamalar da mutlak katılmalıdır.

Çeliğe ilişkin ve sorun yaratabilen diğer hususlar şöylece özetlenebilir:

a - Karbonsuzlaşma : Östenitleştirme sıcaklıklarına çıkarılmış orta ve yüksek karbonlu çelikler, korumalı atmosfer veya vakum altında değiller ise yüzeylerinden karbon yitirirler. Bu nedenle karbonsuzlaşmaya uğramış kalıp çeliklerinin karbonsuzluğa uğramış katman, çelik üreticisinden geldiğinde mekanik işlemler ile mutlak giderilmek zorundadır. Kullanılan çapa göre yüzeyden alınması gereken derinlikler çizelgelerde verilmiştir.

Çeliklerin yüzeylerinin temizlenmiş ve karbonsuzlaşmış olması, yüzey çatlakları ile yumuşak yüzey oluşumunu engeller.

Özellikle yüksek karbon içeren kalıp çeliklerinin dövme işlemleri yeterince yapılmamış ise bunların birincil karbürlerinin dağılımı eşitsizlik gösterebilir. Hele belli bölgelerde yığılmalar var ise beklenmedik kırılmalar olabilir. Bu tip tehlike içeren durumlarda alınacak önlem, daha küçük kesitli kütük yada çubuklardan dövme diskleri çıkarıp dövmek ve karbür dağılımını iyileştirmeye çalışmaktır. Dövme diskleri, elde edilmek istenen son kalınlığın 2 katı kalınlıkta olmalı ve genellikle inceltme oranı 3/1 ile 1.5/1 oranları dışına taşmamalıdır.

Özellikle uzunlamasına yorulma eğilimi taşıyan kalıplar çapraz dövülmüş parçalardan yapılırsa çatlama olasılıkları azalır.

Tüm bu anılan konulardan daha da önemlisi belirli uygulamalar için en uygun hız çeliğinin seçilmiş olmasıdır. Çarpmalı uygulamalar için hız çeliği, hızlı kesme işlemleri için sıcak iş takım çelikleri kullanımı erken hata oluşumunu meydana getirir.

Her kalıp seçiminde aşınma direnci ile tokluk arasında bir denge kurmak zorunludur. Seçim işi genellikle bu ikisinden hangisinin uygulama için daha önemli olduğunun belirlenmesinde yatar.

(j) - Kötü Mekanik İşlemeden Kaynaklanan İşgörmezlikler

Takım ve kalıp yapımında tavllanmış çelik çubuklar kullanılmaktadır. Genelde izlenen üç yol bulunmaktadır.

1.Takım ve kalıpların çoğu , standart hız çeliğinden yapılmış ya da karbür uçlu kesme takımları ile işlenirler. Mekanik işlemeden sonra bunların bazılarının belirli yanlarını istenen boyutlara getirmek ve yüzeylerini düzgünleştirmek için taşlanırlar. Ancak çoğu kez kalıplar ısıtılma işleminden geçmeden taşlanmazlar.

2.Takımların çok azı, soğuk biçimleme işlemleri ile biçimlenirler.

3.Modern yöntemler ile üretilen kalıplara ise "Elektroerozyon" yöntemi uygulanır. Özellikle karmaşık biçimli kalıpların yapımında bu yöntem büyük üstünlük sağlar.

Mekanik işlemler, gereğince yapılmıyorsa bu beklenmedik çatlamalara ve işgörmezlik durumlarına yol açabilir. Bu nedenle, bunların tanınıp saptanmalarında yararlar vardır. Dikkat edilmesi ve gözönüne alınması gereken hususlar şöylece özetlenebilir :

a - Kesit farklılıklarının bulunduğu bölgelerin mekanik işlemlerinde, özensiz bir işleme yüzeylerde gereksiz köşeler ya da köşeli çıkıntılar yaratabilir.

b - Kaba mekanik işlemler yüzeyde her zaman kılcal çatlaklar ve keskin köşeli izler bırakır. Üstelik, yüzeyin ince bir katmanı soğuk deformasyon gördüğünden iç gerilimleri yüksektir.

Ayrıca, aşırı sürtünmenin yarattığı ısı, yüzeyde bölgesel olarak ısınma ve ani soğumalar ile martenzit oluşturarak sertleşmeye yol açabilir.

Mekanik işlemden sonra ısı işleme giren parçalar tüm bu yüzey kusurlarını da taşımaktadırlar. Isıl işlemden sonra çoğu kalıbın iş gören yüzeyleri taşındığından kalıplar servise girdiğinde bu kusurları da taşıyor olurlar.

Ayrıca, karbonsuzlaşmış yüzeyleri tümü ile giderilmediği takdirde birçok soruna yol açabilir. Bunlar arasında düzensiz yüzey sertleşmesi, ısı işlem sırasında çarpılma ya da çatlama ya da kullanım sırasında çatlama ve kırılmalar sayılabilir.

Kalıplarda mekanik işleme aşamasından kullanım aşamasına dek karşılaşılan çatlamlar çoğunlukla mekanik işlemler sırasında yaratılan soğuk deformasyon ile ortaya çıkan içgerilimlere dayandırılabilir. Bu tür sorunları önleyebilmek için ısı işlem öncesi genel bir gerilim giderme tavı uygulanması gereklidir. Bazen, gerilim giderme tavı mekanik işlemlerden doğan çatlakları daha belirginleştirir; ancak bunlar çok küçük ise daha sonraki ısı işlemler sırasında bunların büyümelerini de engellemiş olur.

Elektro - erozyon yöntemi ile biçimlendirme işlemi yukarıda anılan sakıncaları önleyebilir. Fakat bu yöntemin de kendine özgü sakıncalarının olduğu unutulmamalıdır. Çünkü elektro - erozyon makinasında her bir kıvılcım çakışında metal yüzeyi erimekte sonra katılaşmaktadır. Bu bakımdan, kaynaklanmış parçaların iç yapılarına benzer biçimde bir oluşum gözlenir. Ayrıca ısıdan etkilenmiş bölgelerde martenzit oluşumuna da rastlanır. Ters etkili ya da olumsuzluk yaratan bu katmanın derinliği yaklaşık olarak 0.05-0.75 mm'ye ulaşabilir.

Elektro - erozyon ile işlenmiş yüzeylere ilişkin bilinmesi gereken, fakat yaygın olarak bilinmeyen bir sakınca da şudur : Bu işlemin uygulandığı yüzeylerin karbonu iç katmanlardan daha yüksek olmakta ve bunun bir sonucu olarak sertlikleri artmaktadır.

Bundan daha da önemlisi sertleştirilmiş (HRC 55 / 68) kalıplar elektro - erozyon ile işlendiğinde yüzeylerinde bir dizi kılcal çatlaklar oluşur. Bunlar birçok uygulama için pek önemli değildir; ancak çekme, çarpma ya da çevrimsel gerilimler altında çalışacak parçalarda erken hata oluşumu meydana gelebilir.

Bu tür sorunlara karşı önlemler şöyle ifade edilebilir :

a - Tavlı durumdaki çeliğe elektro - erozyon uygulanmalı ve sonra yaklaşık 650 ° C sıcaklıkta ayrıca gerilim giderme tavlı uygulanmalıdır. Daha sonra, erozyonlanmış yüzey yaklaşık 0.05 mm derinliğe dek taşlanmalı ya da kaplanmalıdır. En sonunda da su verilip menevişlenmelidir.

b - Eğer sertleştirilmiş çeliğe elektro - erozyon uygulanacak ise bu uygulamadan sonra menevişleme, mümkün olan en yüksek sıcaklıkta yapılmalıdır. Elektro - erozyon sonrası 0.02-0.1 mm derinliğe dek taşlama çatlama olasılığını azaltır.

c - Elektro erozyon uygulanan yüzeye elektro -kimyasal dağlama ya da parlatma uygulanabilirse kılcal çatlak oluşumu çok azalır.



4.Dövme Kalıplarında Malzemenin Önemi Ve Malzeme Seçimi

4.1.Kullanılan Başlıca Malzemeler

Sıcak dövme kalıpları için malzeme seçimi dövme operasyonundaki zorlama cinsi ve işlem sırasında kalıbın maruz kalacağı olası sıcaklık düşünülerek yapılır.Bunlar bilindikten sonra kalıp malzemesi için belli bir grup arasından seçim yapmak kolaylaşır.Seçme olayındaki önemli faktörler ve birbirleri ile arasındaki ilişkiler şekilde gösterilmiştir.Önemli dövme operasyonu değişkenleri aşağıda belirtilmiştir.

- Kullanılacak dövme ekipmanları (uygulanacak maximum yükün belirtilmesi için)
- İşparçası malzemesi ve ön ısıtma sıcaklığı(kalıp basıncını ve sıcaklığını etkilemesinden dolayı)
- Parçanın biçimi ve ebadı(yükleme durumu ile ilgili olarak)
- Yağlama biçimi ve kalıbın ısıtma/soğutma sistemi(ısı ve yüzey aşınması ile ilgili olarak)
- İmalat adedi(yükleme sayısı ve ısı çevrimlerin tesbiti)
- İmalat hızı

Bu arada,kalıp malzemesinin önemli özellikleri de; sertleşebilirlik, işlenebilirlik , aşınma dayanımı,sıcakta dayanımı,ısıl etkilere dayanımı ,ısı ve mekanik yorulma dayanımı,imalat sırasında korumalı bir atmosfer gerekliliği malzeme maliyeti olmaktadır. Aşağıda başlıca kalıp malzemeleri hakkında bilgiler verilmiştir.

a - Alaşımli Çelikler

Sıcak ve oda sıcaklığındaki operasyonlar için geniş bir çelik grubu kullanılabilir.Bu çeliklerin farklı sıcaklık dayanımları, mukavemet ve yorulma dayanımları vardır.Belirli çelikleri kıyaslamadan önce değişik bileşim ve özellikler içerenleri incelemek uygun olacaktır.

i - Düşük Alaşımli Takım Çelikleri (6F,6G,6H)*

Bu çelikler nikel,molibden ve krom bunun yanında az miktarda vanadyum ve silisyum içerirler.Bu kalitedeki sertleştirilmiş çeliklerde yeterli talaş kaldırmayı sağlamak amacı ile alaşım miktarı belli bir oranda tutulur.Yüksek mukavemet ve bazı durumlarda iyi ısıl dayanım belirgin karakteristikleridir.Bu çeliklerin sertleşebilme özelliği de oldukça iyidir.İyi olan mukavemet özeliğine rağmen,genellikle düşük değerlere kadar sertleştirme uygulanır.Düşük olan sertlik değerleri nedeni ile aşınma dayanımları orta seviyededir.Bunlar ani yüklemelere, kalıbın tamamı ile bozulması gibi durumlara karşı iyi bir dayanıma sahiptirler.Bu çelikler öncelikle şahmerdan

*Malzemelerin bileşimleri ve diğer standartlardaki karşılıkları Ek.1 de verilmiştir.

operasyonlarında,kalıplara ısı transfer zamanı az olan durumlarda kullanılır.Preslerde , sıcak iş kalıp çeliklerinden yapılmış (H kalitesinde) kalıp bloğu olarak kullanılabilir.Bu duruma uygunluk göstermeyen tek düşük alaşımlı çelik 6F4 tür.Yüksek nikel ve molibden içermesi sertlik ve sertleşebilirliğini artmasına imkan kılar.Preslerde kullanıldığında,ısı transferi ile setleşme buna bağlı olarak aşındırıcı etkilere karşı dayanım artar.

ii - Orta Alaşımlı Havada Sertleştirilmiş Takım Çelikleri (A2,A7,A8,A9)*

Bu grup takım çeliklerinin ana alaşım elementleri mangan,krom,molibden ve vanadyumdur.Bu çelikler yüksek dayanıma sahiptirler,aşınma dayanımları iyidir ve sahip oldukları yüksek karbon oranından dolayı ısıl yumuşamaya karşı orta dayanıma sahiptirler.Hem sıcak hem de soğuk dövme için kullanışlıdır.

iii - Kromlu Sıcak İş Çelikleri (H10 dan H19 a kadar)*

Molibden,volfram,vanadyum ve kobalt katkılarının yanında ana alaşım elementi olarak krom içerir.İsil yumuşamaya karşı dayanımları iyi,40 ile 55 Rockwell-C çalışma sertliğinde orta derecede mukavemet gösterirler.Bunlara ek olarak molibden ve volfram sıcakta iyi dayanım özelliği sağlarlar. Bu çeliklerin karbon ve alaşım miktarı azdır ve suda çatlama göstermeden sertleştirilebilir,böylelikle servis ömürleri de yükselmiş olur.Ayrıca yüksek sertleşebilme özelliklerinden dolayı,ısıl işlemden sonra distorsiyon oluşumunu minimuma indiren havada sertleştirme işlemine tabi tutulabilirler (Östenit oluşumu veya menevişlemeden sonra havada soğutma).

Bu gruptan H10 ısıl yumuşamaya karşı yüksek dayanıma sahiptir.H11 de aynı özelliğe sahip olup,H10 dan daha gelişmiş bir mukavemeti bulunmaktadır.H11 çeliğinin yüksek sıcaklıklarda menevişlenmesi kalıntı gerilmelerden kurtulma imkanı sağlar, böylelikle dayanım ve mukavemet artırılması için bir ortam sağlanabilir.H12 kalite çeliklerde volfram katılarak sıcak dayanım,mukavemet özellikleri H11 e göre artırılabilir.Ancak volfram eklenmesi ısıl şoklara karşı dayanımı düşürür ve suda soğutma tavsiye edilmemektedir.H13 te vanadyum miktarının yüksek olması ısıya karşı (650°C den düşük,1200 °F) dayanımı ve aşındırıcı etkilere karşı dayanımı artırır.H13 çeliğinin ısıl şok dayanımı iyi olduğundan suda soğutulabilir.H19 çeliğinde fazla volfram ve kobalt ile orta düzeyde vanadyum eklenmesi ile mükemmel sıcak dayanım ve aşındırıcı etkilere dayanım sağlanır.Volfram varlığı ısıl şok dayanımını azalttığından H12 ve H19 çelikleri suda soğutulmamalıdır.

*Malzemelerin bileşimleri ve diğer standartlardaki karşılıkları Ek.1 de verilmiştir.

Maliyetinin yüksek olması ve sadece orta derecedeki mukavemet özelliği nedeni ile H19 yalnız kalıp inserti olarak kullanılır.

iv - Volframlı Sıcak İş Çelikleri (H20 den H26 ya kadar)*

Ana alaşım elementi volframdır.Bu gruba ait çeşitli çeliklerde krom ve vanadyum ilaveleri bulunur.Standart kromlu sıcak takım çeliklerinden daha fazla oluşturulacak alaşım oranları,bu çeliklerin ısıl yumuşamaya ve aşındırıcı etkiye dayanımlı olmasını sağlar,fakat normal çalışma sertliklerinde(45-55 Rockwell C) orta düzeyden düşük değerlere doğru azalan mukavemet değerlerinin oluşmasını sağlar.Yüksek alaşım miktarları malzemeleri ısıl şoklara karşı hassaslaştırır,bu yüzden suda soğutulmamalıdır.Eğer bu çelikler imalat sıcaklığına önceden ısıtılırsa,dövme kalıbı olarak kullanılabilirler.

v - Molibdenli Sıcak İş Çelikleri (H41-H43)*

Molibden ana alaşım elementi olmakla birlikte,çeşitli miktarlarda krom,vanadyum ve volfram içerirler.Karakteristik özellikleri volframlı sıcak-iş çeliklerine benzer,en önemli farkı düşük maliyettir.Bu çeliklere göre bir diğer avantajı ise ısı dayanımlarının daha iyi oluşudur,fakat tüm yüksek molibden içeren çelikler gibi dekarbürizasyonu engellemek için dikkatli şekilde ısıl işleminden geçirilmelidirler.

4.2.Dövme İçin Diğer Kalıp Malzemeleri

Bahsedilen malzemeler dışında da kalıp imalatı için uygun bazı malzemeler bulunmaktadır. Bunlar özel operasyonlar için geliştirilmiştir. Demir-dışı malzemeler (süper alaşımlar),TZM molibden ve sementite olmuş karbürler de bazı işlemlerde kullanılmaktadır.Tablo 4.1 dövme işlemindeki çeşitli malzemelerin servis sıcaklığını ifade etmektedir.

Takım malzemesi	Tavsiye edilen Sıcaklık aralığı	
	°C	°F
Düşük alaşımli, havada sertleştirilmiş şok dayanımlı çelikler	205-480	400-900
Kromlu, volframli ve molibdenli, marjçalanabilir çelikler ve volfram karbür	370-620 620-925	700-1150 1150-1700
Super alaşımlar TZM molibden	925-1205	1700-2200

Kaynak No : 1

Tablo 4.1 - Kalıp malzemeleri servis sıcaklıkları

*Malzemelerin bileşimleri ve diğer standartlardaki karşılıkları Ek.1 de verilmiştir.

a - Şok Dayanımlı Takım Çelikleri (AISI S serisi)*

Ana alaşım elementleri silisyum,mangan,krom,volfram ve bazı hallerde molibden ve nikeldir. Bu elementler yüksek dayanım, mukavimlik ve orta düzeyde aşınma dayanımı sağlarlar.Şahmerdanlardaki birincil uygulama alanları ise sıcaklığın 540 °C (1000 °F) yi geçmediği durumlardır.

b - Mar Yaşlanabilir Çelikler

Konvansiyonel çeliklerden farklı şekillerde ısıtılma işlemi görmüş çeliklerdir.Bunlar sulanmış ve menevişlenmiş çeliklerdir. Bu çelikler östenit oluşumundan sonra havada soğurken nispeten daha yumuşak martenzit oluştururlar.Nominal olarak % 18Ni % 8 ile 12 Co ,az miktarda titanyum ve molibden içerirler.Daha sonra 480 ile 510 °C(900 ile 950 °F) arasında yaşlandırma işlemleri yolu ile sertleştirme uygulanır.Konvansiyonel sıcak iş çeliklerine nazaran bu çelikleri çekici konuma getiren özellikleri oldukça yüksek kopma dayanımları(oda sıcaklığında dayanım 1380-2410 MPa yada 200-350 ksi alaşıma göre) ve mukavimlikleridir.Aynı sertlikte kromlu sıcak-iş takım çeliklerine göre bu çeliklerin mukavimlikleri 2 yada 2.5 kat daha fazla olur,böylelikle şahmerdanlar için çok kullanışlı hale gelirler.İstikrarlı etkilere,ısıtılma yumuşamaya karşı,aynı sertlikteki sıcak iş kalıp çelikleri kadar yada onlardan daha iyi dayanım gösterirler.Bu özellikleri yanında iyi işlenebilme kabiliyetleri bu çelikleri alüminyum alaşımlarının,paslanmaz çeliklerin,alaşımli çeliklerin ve nikel bazlı alaşımların dövülmesinde kullanılmasına sebep olmuştur.Tek mahsurları düşük aşınma dayanımlarıdır,ancak bu da nitritleme gibi yüzey işlemleri ile giderilebilmektedir.

c - Dökme Çelikler

Buraya kadar dövme kalıp çeliklerinin kullanılması ve seçiminden bahsedilmiştir.Görülmektedirki döküm kalıp ve insertlerin kullanımı tekrar gündeme gelmektedir.Önceleri bu malzemeler ile yapılan başarısız tecrübeler düşünüldüğünde,bu gelişme şaşırtıcıdır.Bu ilerleme daha çok seramik ve refrakter özellikli döküm malzemelerin kullanılması ile gerçekleşmiştir.Bu malzemelerin kullanımı ile döküm çok yavaş soğur,yüzey soğuması olmaz.Gaz kabarcıkları döküm içinde saklı kalmaz ve konvansiyonel döküm malzemelerinden daha iyi bir kimyasal homojenlik sağlar.

Döküm takım çelikleri,dövülerek imal edilmiş eş değerleri malzemelerle kıyaslandığında,sıcakta sertliklerinin ve aşınma dayanımının daha iyi olduğu görülür;bu malzemelerde pres ve şahmerdanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.Döküm olarak kullanılan çelik kaliteleri H12,H13,H19,H21,H26 ve H42 dir. Ayrıca döküm kalıp malzemelerinin ısıtılma

etkilere karşı dayanımının gelişmiş olduğu ve mukavimliklerinin iyi olduğu görülür. Günümüzde model ve kalıp masrafları oldukça yüksektir, bu yüzden ancak bir kalıptan üç döküm elde edilebilen kalıplar ekonomik sayılabilmektedir. İmalat uygulamaları göstermiştir ki dövme çelik kalıplara göre takım ömrünü % 50'ye varan oranlarda arttıran döküm kalıplar bazı hallerde kullanılma imkanı bulmaktadır.

d - Süper Alaşımlar

Titanyum ve nikel bazlı alaşımların konvansiyonel metotlarla dövülmesi, bu alaşımların veya diğer alaşımların izotermal, sıcak olarak dövülmesi için kalıp ve kalıp malzemesinden bazı beklentiler vardır. Bu yüzden konvansiyonel sıcak iş çeliklerinden başka malzemeler kullanılmalıdır.

Dövme kalıplarında kullanılan nikel bazlı malzemeler döküm ve dövme halinde kullanılır. Döküm halindeki malzemeler daha az mukavim olmalarına rağmen titanyum alaşımlarının izotermal dövülmesi işlemleri vb. kullanılır.

Nikel-bazlı alaşımların genellikle mekanik özellikleri iyidir. Dövme malzemelerin süneklikleri ve ani yüklere karşı dayanımları döküm malzemelerden daha iyidir. Bu fark 540-870°C (1200-1600°F) arasında belirginleşir ki, süper alaşımlar kalıp malzemesi olarak bu sıcaklık aralığında geniş kullanım alanı bulabilmektedir.

Kobalt bazlı süper alaşımların ana kullanım sahası titanyum ve nikel bazlı malzemelerin dövme operasyonlarıdır. Pahalı olmaları nikel ve demir esaslı malzemelerden daha az kullanılmalarında en önemli nedendir.

e - TZM Molibden

Nikel esaslı süper alaşımların dövülmesi kalıp malzemesi seçiminde önemli yer tutar. Genellikle bu malzemelerin izotermal olarak 1095 °C (2000 °F) yaklaşan ve geçen sıcaklıklarda dövülmesi gerekmektedir. Bu durumlarda refrakter özellikli metal alaşımları yada seramikler kalıp malzemesi olarak kullanılmalıdır. Bu tip işlemler için en çok kullanılan malzeme belkide TZM molibdendir. Önemli özelliği ise 1095 °C (2000 °F) civarında kolaylıkla okside olmasıdır, bu malzemeden yapılan takımlar içi boşaltılmış bir özel oda içinde bulundurulmalıdır. Pahalı olmasına rağmen, çalışılması en zor malzemelerin işlenebilmesi bu malzemeyi tercih edilir duruma getirir.

f - Semente Karbürler.Toz metalurjisinin kullanılması ile volfram karbür,titanyum karbür gibi malzemeler kalıp malzemesi olarak kullanılmaya başlanmıştır.Daha çok soğuk dövmede,belirli bir miktarda oda sıcaklığında ve sıcak dövme proseslerinde kullanılmaktadır.Mükemmel şok ve aşınma dayanımlarına rağmen,ısıl problemlere yol açan ısıl özellikleri vardır.Titanyum karbürün 540 °C(1000°F) sıcaklığının üzerinde kullanılması daha uygundur.Titanyum karbürlerin kullanım alanı hakkında çok geniş bilgi olmamasına rağmen yaygın olarak kalıp-inserti olarak kullanılmaktadır.

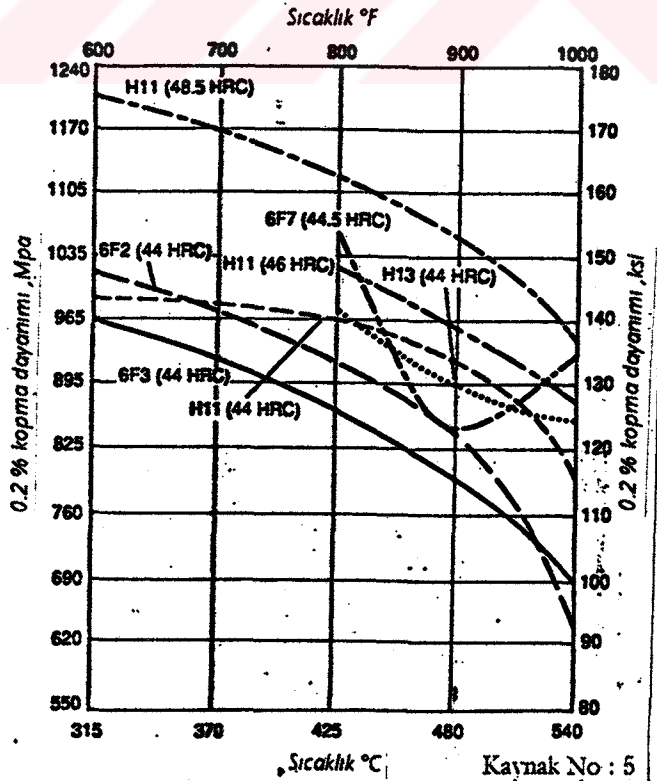
4.3.Dövme İçin Kullanılan Kalıp Malzemelerinin Karşılaştırılması

İşlem için malzeme seçimi,metalurjik özelliklerin yanı sıra mekanik ve ısıl özelliklerine de bağlıdır.Metalurjik olanlar sertleştirilebilme ve işlenebilmeyi içerir.Mekanik özellikler ise aşağıdakileri içerir:

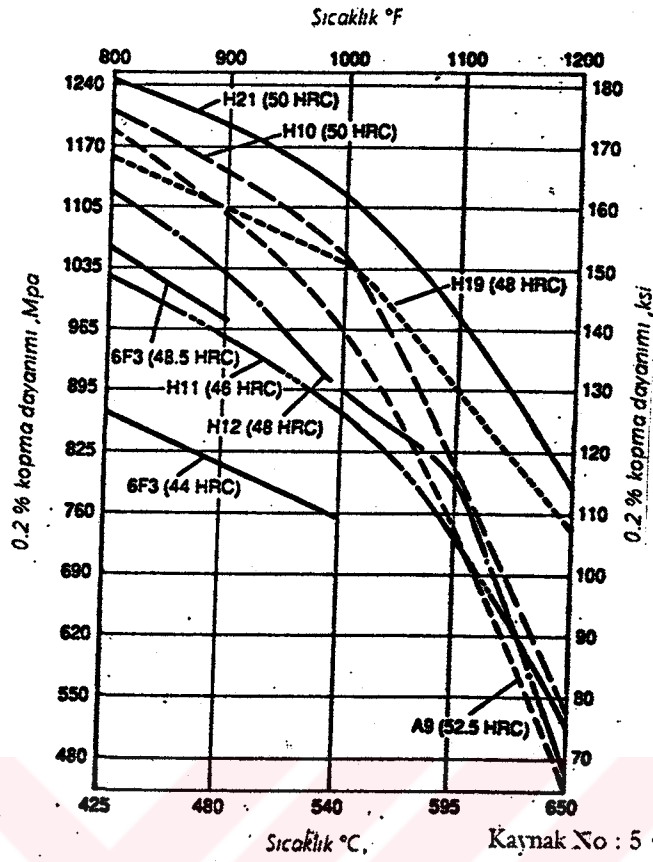
-Aşınma Dayanımı:Dövme işlemi sırasında kalıbın üzerinden kaymak sureti ile geçen iş parçası malzemesinin aşındırıcı etkisine karşı dayanımdır.Bu özellik, kalıp malzemesinin sıcak sertliğinden ve ısıl yumuşamaya dayanımından etkilenir.

-Isıl Yumuşamaya Dayanım:Kalıp malzemesinin yumuşamaya ve uzun vadede aşırı sıcaklığın açığa çıkması durumuna karşı dayanımdır.

-Plastik Deformasyona Dayanım:Dövme işlemi sırasında oluşan yüklemelere ve tahmini servis sıcaklıklarına dayanımdır.



Şekil 4.1 - Belirli sıcaklıklarda kalıp çeliklerinin plastik deformasyona dayanımı



Şekil 4.2 - Belirli sıcaklıklarda kalıp çeliklerinin plastik deformasyona dayanımı

-Gevrek Kırılma Dayanımı: Komple hatanın oluşmasına karşı dayanımdır. Alaşımın mukavemeti ile belirtilmektedir.

-Şok yüklemelere Dayanım

-Isıya Dayanım: Uniform olmayan kalıp ısınmasına (kalıbın yüzeyinin sıcak iç kısımların soğuk olmasına bağlı olarak yüzey çatlaklarına karşı dayanımdır.

Kalıp malzemeleri aşınma oranlarına, yüksek sıcaklık dayanımlarına vb. başlıklara göre sınıflandırılabilir. Böylelikle malzeme seçiminde imalatçılara büyük kolaylıklar sağlanmış olur. (Bkz. Tablo 3.1)

Isı dağılım kabiliyeti, ilgili bilgilerin uygun olmaması açısından belirtilmemiştir. Burada karşılaştırmanın rastgele yapıldığı göz önünde tutulmalıdır. Tablonun böyle oluşturulmasının sebebi ise diğer faktörlerin varlığıdır. Kalıp bloğunun sertliği ve etkisi altında kaldığı maksimum

sıcaklık karşılaştırmayı etkilemektedir.Örneğin;H19 dan daha yüksek bir orana sertleştirilen H21 ,H19 dan daha iyi bir aşınma dayanımı gösterebilir,aynı şekilde kalıp sıcaklığının 370 °C (700 °F) yi geçmediği durumda 6F2 malzemesi H11 ile benzer bir aşınma dayanımı gösterebilir.Bundan ötürü mekanik özellikler arasında bir karşılaştırma yapılarak,uygun kalıp malzemesi seçimi yapılmalıdır.

H26,H9,H21 ve H14 gibi yüksek alaşımlı çelikler mükemmel aşınma ve ısıl dayanıma sahip olmasına rağmen mukavimlik özelliği çok düşüktür.Sözü geçen malzemeler kalıp-inserti olarak kullanılabilir ve kalıp tarafından rijit şekilde tutulurlar.

Şahmerdanlarda bu çelikler genellikle kalıp bloğu olarak kullanılır.6G,6F2 ve 6F3 tam zıt özellikler gösterirler.Bu çeliklerin aşınma ve ısıya dayanımı sınırlı olmasına karşılık mukavemet özellikleri iyidir.Ani yüklemelere ve düşük malzeme maliyetleri nedeni ile şahmerdan kalıpları için çok cazip hale gelirler.Orta alaşımlı çelikler (H11,H12 ve H13) iki aşırı grup arasında yer alırlar ; mukavemet özellikleri ve ısıl yumuşamaya karşı dayanımları ile presler için uygunluk gösterirler.Orta alaşımlı çelikler aşınma dayanımının ekonomik bir hale geldiği,adedin çok fazla olduğu şahmerdan operasyonlarında kullanılırlar.

Aşınma dayanımının çok yüksek olması gereken ve mukavimlik özelliğinin bir miktar azalacağı durumlarda,H10 ve H13 kalitesindeki çeliklerin modifikasyonu olan çelikler ,standart çelikler dışında kullanılabilir. Sertleşebilmenin ve blok boyunca dayanımın olması durumlarında 6F5,6F7 uygundur.Dolayısı ile dövme operasyonunun özelliklerini bağlı olarak,mechanik özellikleri baz alıp bir seçim yapmak mümkün olacaktır.

İş Parçasının ve Operasyon Parametrelerinin Etkisi

Yukarıda da belirtildiği üzere kalıp malzemesi seçiminde,kalıbın etkisi altında kalacağı yüklemeler ve sıcaklıklar düşünülerek,işparçası malzemesi ve işlem parametreleri göz önünde tutulmaktadır.Aşağıda işparçası ve parametrelerin etkileri hakkında geniş bilgi verilecektir.

Dövme Teçhizatının Özellikleri

Dövme işleminde kullanılan teçhizatların başında;hidrolik presler,mechanik presler,yığma makinaları,vidalı presler ve şahmerdanlar gelir.Hidrolik preste,pres koçu uzun temas süreleri nedeni ile kalıp aşırı ısınmasına neden olur.Bu yüzden kalıpların yüksek ısıl dayanıma sahip olmaları ve ısıl yumuşama,aşınma olayına karşı hassas olmamaları gerekir.Mukavimlik ve ani yük dayanımı,önemi daha az olan noktalardır.Bu sebeplerden dolayı,kromlu sıcak-ış

Çelikleri(H10 dan H16 ya) kullanılır.Alternatif olarak 6F4 eligi,servis suresinde sertleştiği için efektif olarak kullanılabilir.

Mekanik presler ve yığma makinaları yüksek yükleme oranları ve uzun temas süreleri nedeni ile hidrolik preslere benzerler.Kalıp eliklerinin sıcak dayanımın ve ısıl yumuşama,aşınmaya dayanımının yüksek olması istenir.Genellikle kromlu sıcak-iş çelikleri veya yaşlandırma ile sertleştirilmeye uygun 6F4 gibi bir alaşım kullanılır.Vidalı pres hızları mekanik pres hızları ile karşılaştırılabilir,fakat mekanik pres malzemelerine göre daha yüksek ani yükleme dayanımı olan malzemeler seçilir.Avrupa’da bu tür makinalarda en çok kullanılan kalıp malzemesi H10 dur.

şahmerdanlarda kullanılacak olan kalıp çelikleri presler yada yığma makinalarında kullanılanlara göre değişiklik gösterir. Çok hızlı yükleme oranları ve kısa temas zamanları,mukavim ve ısıl yumuşamaya orta dayanımı olan çeliklerin kullanımını gerektirir.6F2 gibi dşok alaşımlı çelikler kalıp bloğu,kromlu sıcak iş ,6F2 veya 6F3 kalıp inserti olarak kullanılır.

Dvilecek Parça Sayısı

İmalati yapılacak parti 100 yada 100,000 adet olsun,dövme işleminde kalıpların oluşacak basına ve ısı dayanımına sahip olması gerekir.İmalatı yapılacak parça adedi az ise yada kalıp dizaynının modifikasyonu söz konusu ise kalıp malzemesi seçiminde kalıp mri belirleyici bir faktör oluşurmaz.Az sayıdaki partilerin imalatında en ucuz ve önceden sertleştirilmiş çeliklerin seçilmesi mantıklı olacaktır.Pahalı yüksek alaşımlı çelikler çok sayılı partilerde,işleme ve kalıp değiştirme olayını azalttıkları için kullanılırlar.

Kalıp Boyutları

Ufak dövme kalıplarında,kalıp maliyeti tüm dövme maliyetinin küçük bir bölümünü oluşturur ancak kalıp boyutları arttıa dövme maliyetindeki takım çelikleri maliyeti de artar.Bu yüzden ufak kalıplarda maliyeti yüksek olan yüksek dayanım çeliklerinin kullanılması uygun olur.

Büyük dövme kalıplarında ek olarak,üniform özellikler için sertleşebilme ve mukavimlik beklenir.Yüksek nikel içeren (6F5,6F7) bu tip durumlarda tercih edilir.

Diger İmalat Parametreleri

Dövme hızı,kalıp sıcaklığı,kalıp yağlaması,soğutma sistemleri imalat hızı,ham madde büyüklüğü ve şekli,parçanın son şekli ve büyüklüğü ,kalıbın yüklenmesine etki eden diğer faktörlerdir.Bu parametreler maksimum kalıp yüküne ve sıcaklığa etki ederler.Yağlama,soğutma sistemi ile birlikte kalıbı soğutulacağı minimum sıcaklığı belirler.Maksimum ve minimum sıcaklıklar çevrim sırasında kalıbın maruz kalacağı ısı şok aralığını ifade eder.

İmalat hızı maksimum kalıp sıcaklığına etki eder.Yüksek imalat hızlarında,artan sıcaklığa bağlı olarak kalıp ömrü azalır.

İş Parçası Özellikleri

İş parçasının malzemesi kalıba uygulanan basıncın belirlenmesinde önemli rol oynar.Bilhassa preslerde ve yigma makinalarında ,iş parçası malzemesi sıcaklığı etkiler.

Karbon çeliklerinin dövülmesi kolaydır ve pahalı olmayan kalıp malzemesi kullanılabilir.Düşük alaşımlı takım çelikleri yeterlidir. Aşınmada dayanımının, mukavimlikten daha önemli olduğundan ,kalıplar preslerde şahmerdanlara nazaran daha yüksek değerlere sertleştirilir.Bazı hallerde kalıpların ortalama sıcaklığın üzerindeki kısımlarında yüksek alaşımlı hatta kromlu sıcak kalıp çeliklerinin,kalıp inserti olarak kullanılması önerilmektedir.

Düşük alaşımlı ve paslanmaz çeliklerin dövülmesinde kalıpların ve malzemelerin üzerinde dikkatlice durulmalıdır.Şahmerdanlarda düşük alaşımlı çelikler kalıp bloklarında kullanılabilir (Tablo 4.2).Ancak,küçük kalıplar ve insertler sıcak iş kalıp çeliklerinden yapılmalıdır.Bu alaşımların preslerde dövülmesinde,kalıplar ve insertler her ikisi için kromlu sıcak iş çelikleri sıkça kullanılmaktadır (insertler kalıplara göre bir miktar fazla sertleştirilmektedir).

Alüminyum alaşımları için kalıp malzemeleri karbon çelikleri için kullanılanlara benzemektedir.Sertleştirilmiş düşük alaşımlı çelikler kullanılır.Alüminyum alaşımlarında daha az sertleştirme yeterli olmaktadır.Karbon çelikleri işlenirken,şahmerdan ve pres kalıplarının hassas bölgelerinde yüksek değerlere kadar sertleştirilmiş kromlu sıcak-ış çeliklerinden yapılmış insertlerin kullanılması avantajlı olmaktadır.

Titanyum alaşımları için kalıp malzemeleri,paslanmaz çeliklere benzer şekilde kromlu sıcak iş çeliklerinden yapılır (Tablo 4.2).Geniş kalıplarda,kalıp gravitri bu çeliklerden biri ile yapılır,6G veya 6F kalitesindeki kalıp bloğu içine yerleştirilir.Şahmerdan kalıplarının mukavimliği sahip oldukları orta düzey sertlik nedeni ile belli bir miktardadır.Diger yandan pres kalıpları,bu kalıplardan genellikle daha serttir (yaklaşık 3 Rockwell C birimi).

Malzeme	Çekite dövme kalıp çelîği/sertlik HRC	Presle dövme Kalıçelîği/sertlik HRC
Karbon çelîği	6G, 6F2/37-46 (Die blocks) 6F3, H12/40-48 (Inserts)	6F3, H12/40-46 (Die blocks) H12/42-46 (Inserts)
Alaşım ve paslanmazçelik	6G, 6F2/37-46, H11, H12, H13/40-47 (Die blocks) H11, H12, H13, H26/40-47 (Inserts)	H11, H12, H13/ 47-55 (Die blocks, inserts)
Alüminyum alaşımları	6G, 6F2/32-40 (Die blocks) H11, H12/44-48 (Inserts)	6G, 6F2, 6F3/ 37-44, H12/ 47-50 (Die blocks) H12/46-48 (Inserts)
Titanyum alaşımları	6G, 6F2/37-40 (Die blocks) H11, H12/44-52 (Inserts)	6G, 6F2/37-40 (Die blocks) H11, H12/47-55 (Inserts)
Isıya dayanıklı, nikel bazlı alaşımlar	H11, H12, H13/ 47-50 (Die blocks, inserts)	H11, H13, H26/ 50-56 Inconel 713C, René 41 (Die blocks, inserts)

Kaynak No 1

Tablo 4.2 - Değişik alaşımlar için kalıp çelikleri

Isıya dayanımlı ve nikel bazlı süper alaşımların dövülmesinde kalıp malzemesinden beklenen özellikler çok önem kazanmaktadır. Bu kalıpların yüksek sıcaklıkta dayanımlarının iyi olması gerekmektedir. Kalıp ve insertler için ilk tercih kromlu sıcak iş çelikleridir. Diğer alaşımların dövülmesinde, bu çelikler pres kalıpları için şahmerdan kalıplarından daha fazla sertleştirilir. Genelde kalıpların sertlikleri, imalat sırasında ortaya çıkacak kalıp basınca bağlı aşınmaya karşı, yüksek tutulmaktadır. Bu tip servis durumlarında volframlı sıcak iş çelikleri (H126 gibi), nikel bazlı alaşımlar (713LC veya IN-100 gibi); malzeme ve maliyetine karşı kalıp ömrü için çeşitli avantajlar sunabilir.

4.4. Kalıp Malzemesi Seçimi Ve Göz Öntüne Alınması Gereken Faktörler

Dövme kalıpları çok yüksek mekanik ve ısıl gerilmelere maruz kalırlar:

a-Şekil değiştirme kuvvetleri 0-800 N/mm² (116-145 ksi), bazı durumlarda bu değerler daha da artabilir.

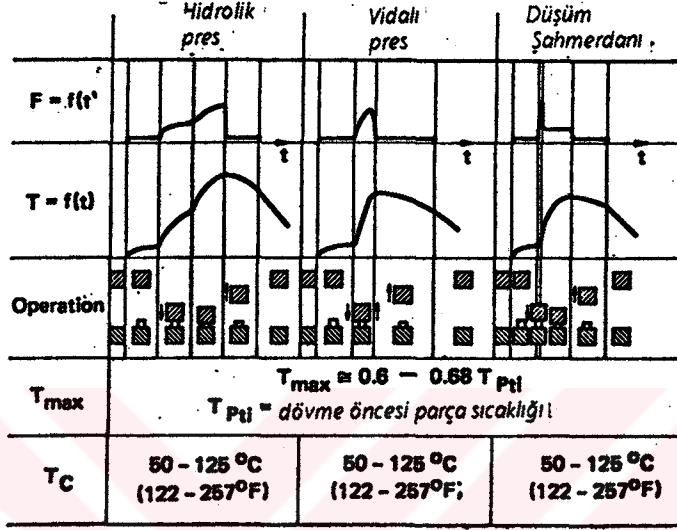
b-Kalıp yüzeyinde 50 m/s (167 ft/s) varan hızlarda kayma hareketi yapan parçaların sürtünme etkisi.

c-Kayma ve yapışma arasında yüzey tabakasında oluşan makaslama gerilmesi (bu olay da makaslama etkilenen çatlak oluşumuna nedendir).

d-Kalıp boşluğunun basınç altındaki iş malzemesinin etkisi ile hızla ısınması; kalıp sıcaklığının 100-200 °C (212-392 °F) den (kalıbın dövme sırasındaki ortalama sıcaklığı) 650-700 °C (1202-1292 °F) maksimum sıcaklığa ulaşması.

e-Pres kalıplarında 330 °C(626 °F) dan 580 °C(1076 °F) kadar değişkenlik gösteren ısının kalıbın içine doğru ilerlemesi.

f-Dövme parçalarının yüzeyde yapışma yapması nedeni ile menevişlenmiş kalıp malzemesinde bölgesel tavlama olayının gerçekleşmesi.



Kaynak No : 3

Şekil 4.3 - Farklı makinalar ile operasyon sırasında kalıp yüzeyindeki kuvvet ve sıcaklık

Böylesine etkiler altında çalışmak zorunda olan kalıp malzemelerinin seçimi başlı başına bir sorun teşkil eder. Uygun kalıp malzemesinin seçilmemesi gerek kalıbın imalatı gerekse dövme işleminde çeşitli problemler çıkaracaktır. Böylelikle zaman kaybı ve maliyet artışı gerçekleşecektir.

Yanlış malzeme seçiminin önemi açısından aşağıdaki faktörlerin göz önünde tutulması faydalı olacaktır:

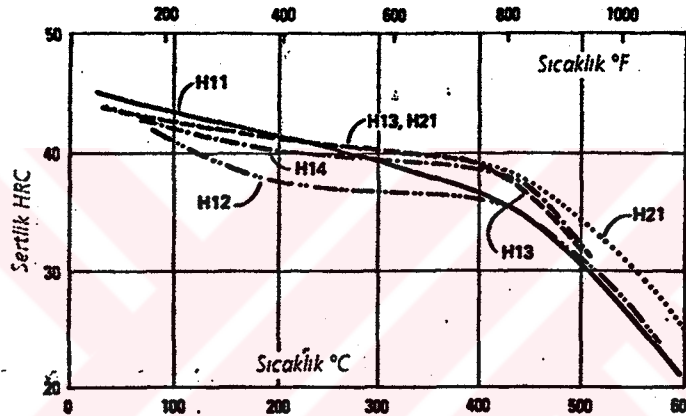
- Üniform olarak sertleşebilme kabiliyeti
- Aşınma dayanımı(dövme sırasındaki sıcak metalin hareketine bağlı olarak aşındırma etkisi ortaya çıkması)
- Plastik deformasyona karşı dayanım
- Mukavimlik
- Isıl etkilere ve ısıl yorulmaya karşı dayanım
- Mekanik yorulmaya karşı dayanım

4.4.1.Üniform Olarak Sertleşebilme Özelliği

Sertleşebilme kabiliyeti yüksek malzemelerde daha derin sert tabakalar oluşturulabilir.Sertleşebilirlik takım çeliğinin bileşimine bağlıdır.Genelde alarım miktarının artması,sertleştirilebilme özelliğini artırır.

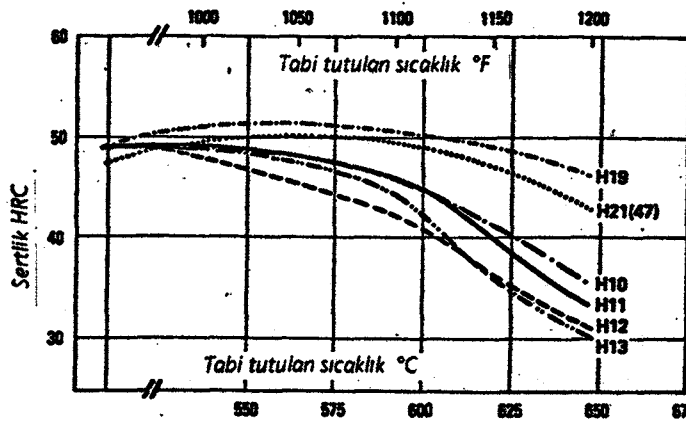
4.4.2.Aşınma Dayanımı

Aşınma olayı korozyon,parça ayrılması ve diğer etkiler ile esas ölçülerden ve şekilden farklılaşma olayıdır.Sürtünmeden kaynaklanan aşınma en önemli hata oluşturuu mekanizmadır.Yüzey dayanımı ve sertliği yüksek olan malzemelerin,aşınma dayanımı da fazla olmaktadır.



Kaynak No : 5

Şekil 4.4 - AISI sıcak iş çeliklerinin sıcak sertliği

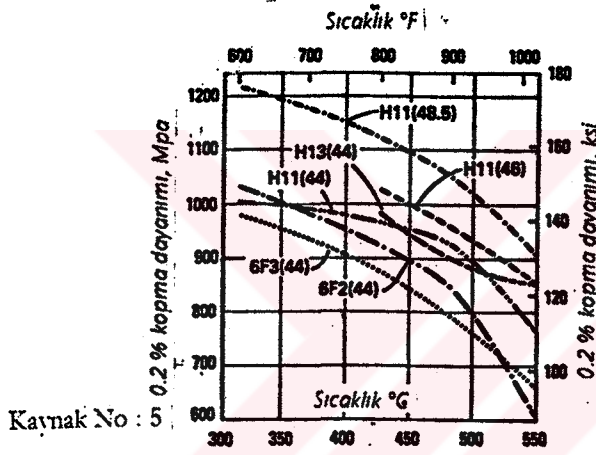


Kaynak No : 5

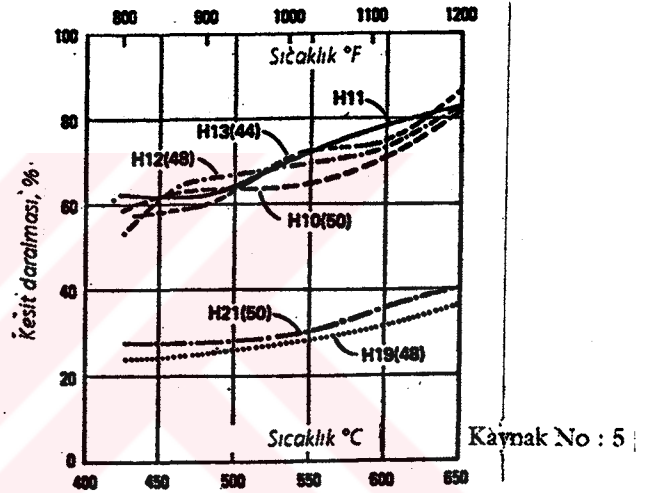
Şekil 4.5 - AISI sıcak iş çeliklerinin 10 saat ısıtılma periyodu sırasında yumuşamaya dayanımları

(Şekil 4.4) de beş sıcak iş çeliğinin çeşitli sıcaklıklardaki sıcak sertlikleri gösterilmiştir. İlk sertleştirme ile elde edilen sertlikler, bu çeliklerde yaklaşık aynıdır. Sertlik ölçümleri örnek parçaların test sıcaklığında 30 dakika tutulması sonrasında yapılmıştır. H12 dışındaki çelikler 315 °C (600 °F) sıcaklığının altında yaklaşık aynı sertlik değerlerine sahip olmuşlardır. Sıcak sertlikteki farklılaşmalar 480 °C (900 °F) üzerinde ortaya çıkmıştır.

(Şekil 4.5) ise bazı sıcak iş çeliklerinin 10 saat süre ile yüksek sıcaklıklarda yumuşamaya karşı göstermiş olduğu dayanımı göstermektedir. Isıl işlemten sonra sertlikleri yaklaşık olarak aynıdır. Sözü edilen çeliklerde 540 °C (1000 °F) altında yumuşamaya karşı dayanımında değişiklik olmamaktadır. Ancak daha yüksek sıcaklıklarda uzun süre bekletilen yüksek alaşımlı çelikler, H19, H21 ve H10 gibi, orta alaşım içeren çeliklere göre, H11 gibi, sertliklerini daha iyi korumaktadırlar.



Şekil 4.6 - Kalıp çeliklerinin plastik deformasyona dayanımı



Şekil 4.7 - Farklı malzemelerin süneklilikleri

4.4.3. Plastik Deformasyona Karşı Dayanım

(Şekil 4.6) da görüleceği gibi çeliklerin kopma dayanımı artan sıcaklıkla birlikte düşmektedir. Ancak kopma dayanımı malzemenin ilk olarak gördüğü ısıl işleme, bileşimine ve sertliğine de bağlıdır. Sertliğin yüksek olması, değişken yüksek sıcaklıklarda yüksek kopma dayanımının sağlanmasına neden olur. İmalat şartlarında sertlik derecesi gerekli mukavimlik özellikleri ile belirlenir; daha yüksek sertlik daha düşük mukavim çelik anlamına gelecektir. Bu yüzden metallere şekil verilirken kalıp bloğu çatlamayı önleyecek mukavemete sahip oluncaya kadar sertleştirilir.

4.4.4.Mukavimlik

Mukavimlik kırılma olmaksızın enerji absorbe edilmesi olarak tariflenebilir. Kırılmadan önceki enerji dayanım ve sünekliğin birleşimidir.

(Şekil 4.7) çeşitli sıcak iş çeliklerinin kırılma öncesi yüzde kesit azalması olarak dövülebilirliklerini göstermektedir.Görüleceği üzere H19 ve H21 gibi yüksek alaşımlı çelikler,H11 gibi orta alaşımlı çeliklere göre daha az dövülebilirlik özelliğine sahiptir.

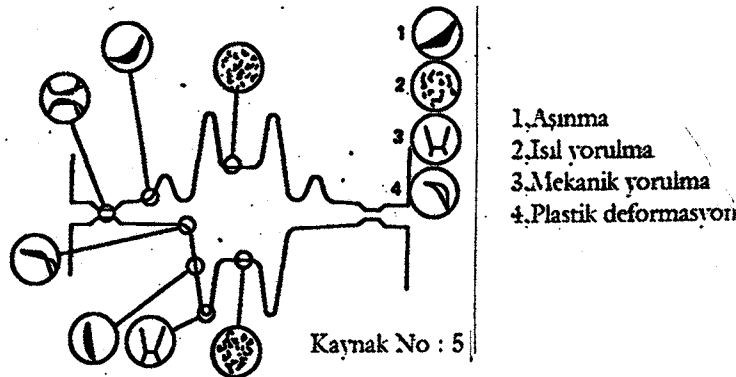
H11,H12 ve H13 gibi orta alaşım içeren çelikler,H14,H19 ve H21 gibi yüksek alaşım içeren çeliklere göre kırılma hatalarına karşı daha dayanıklıdır.Çeliğin sertliğinin artması ani yük etkisi altındaki dayanımını azaltır.Diğer yandan da,aşınma dayanımı ve sıcakta dayanım azalan sertlik ile azalır. Bu açıdan kalıplar maksimum sertlik değerlerine yakın bir noktaya kadar menevişlenir ,böylelikle yüklemelere karşı yeterli dayanım da elde edilmiş olur.

4.4.5.Isıl Etkilere Bağlı Oluşumlara Karşı Dayanım

Kalıp yüzeyi ile iç kısımlar arasında oluşan sıcaklık gradyentleri bu oluşumların ortaya çıkmasında ana faktördür.Bu yüzden ısı iletme kabiliyeti yüksek olan çelikler ısıyı kalıp yüzeyinden süratle uzaklaştırarak büyük sıcaklık farklarının ve genleşme/büzülmeyle bağlı gerilimlerin oluşmasını önler.Üniform olmayan genleşme ve sıcaklık gradyentleri nedenleri ile oluşan ısıl gerilimlerin büyüklükleri çeliğin ısıl genleşme katsayılarına da bağlıdır;bu katsayının daha da yüksek olması daha fazla gerilim oluşmasına neden olacaktır.

4.4.6.Yorulma Dayanımı

Dövme kalıplarındaki mekanik yorulma;uygulanan yüklerinin büyüklüklerinden, ortalama kalıp sıcaklığından ve kalıp yüzeyinin durumundan etkilenir.Yorulmadan kaynaklanan çatlaklar genellikle yüksek gerilim oluşturan keskin köşe ve benzeri noktalarda başlarlar.Diğer bölgeler ise çeşitli delikler,dövme malzemesinin kimliğini belirten derin baskı bölümleridir.



Şekil 4.8 - Dövmede başlıca hata mekanizmaları

Yorulmadan kaynaklanan çatlakların engellenmesi için en iyi yöntem tekrar dizayn yapılarak gerilimlerin azaltılmasıdır. Tekrar dizayn kalıp gravitirinde yada çapak bölgesinde yapılacak değişiklikleri kapsar. Çeşitli yüzey işlemlerinin uygulanması yorulma problemlerinin çözülmesi açısından faydalıdır. Nitritleme, mekanik parlama yüzeyde oluşan artık gerilmeleri veya nokta etkilerini azaltacaktır.



5. Kalıplarda Uygulanan Dayanım Arttırıcı İşlemler

5.1. Aşındırıcı Etkilere Karşı Dayanım Arttırıcı Metotlar

Yukarıda sözü edilen faktörler göz önüne alınarak, kalıp performansının bu hata yapıcı mekanizmaların kontrolü ile artırılabilceği düşünülebilir. En bilindik metot kalıp çeligi olarak aşınmaya daha dayanıklı, bir başka deyiş ile daha sert ve bu sertliğini, yüksek çalışma sıcaklıklarında koruyabilen bir malzeme seçmektir. Bunun anlamı düşük alaşımli çelikten kromlu sıcak-ış çelicine geçmek olabilir. Böyle bir değişiklik yapılırken yeni çeligin imalata uygunluğu, kalıp ömründeki olası artışa bağlı olarak malzeme ve işleme maliyetlerinin durumu dikkatle incelenmiştir.

Dövme kalıplarında dayanımı arttırmak için kaplama, yüzey sertleştirme ve yüzey işlemleri de başarı ile uygulanmaktadır. Bu metotlar ile ilgili geniş bilgiler, uygulamalar ileriki bölümde ele alınacaktır. Kalıp ömrünü arttıran pek çok uygulamadan söz edilebilir. Bunlardan bazıları; krom ve kobalt-bazlı kaplamaların kullanılması, düşük alaşımli çelik üzerine kaynak işlemi ile yüksek alaşımli bölge oluşturulması, kalıp çeliklerine kobalt-yüzey sertleştirme uygulanması, seramik kaplamalar ve yüzey nitritleme işlemidir.

Bir diğer uygulamada; iş parçası ve kalıp arasındaki kayma sırasında pullanma etkisinin aşınma yaratacağından dolayı ısıtılmış ingotların pullanma olayından arındırılmasıdır. Thomas¹ pullanma etkisinin kötü kontrolünün kalıp ömrünü %200 düşürdüğünü ifade etmiştir. Bu metotlar şu şekilde açıklanabilir;

- Bu etkileri azaltacak bir inert gaz yada fırının bulunacağı atmosfer oluşturulması,
- İngotun kaplanarak oksidasyonun önlenmesi,
- Fırın sıcaklığındaki zamanın minimum yapılması yada indüksiyon ısıtma yapılması.

Önemli bir konuda tekrar dizayn yapılarak aşınmayı azaltmaktır. Bu çok önemli bir konudur çünkü aşınma büyük ölçüde kalıp yüzeyindeki kayma olayı ile ilgilidir. Böylelikle tekrar dizayn ile kayma olayını azaltmak buna da bağlı olarak aşınmayı azaltmak mümkün olabilir.

5.2. Isıl Yorulmaya Karşı Geliştirilen Dayanım Metotları

Dayanım malzeme seçimi, maksimum kalıp sıcaklığının düşürülmesi ve yüzey işlemleri ile artırılabilir.

a - Daha Yüksek Dayanımlı Çelik Kullanılması

Isıl yorulmadan oluşan çatlaklar plastik gerinim değerlerinin büyüklüğü ile kontrol edildiği için, yüksek kopma değerine ve buna bağlı olarak yüksek elastik limitine sahip malzemeler verilen bir dizi imalat koşulunda daha dayanımlı olurlar.

b - Maksimum Kalıp Sıcaklığının Düşürülmesi

Isıl gerilim ve gerinim değerleri kalıp yüzeyindeki sıcaklık değişimleri ile ilgili olduğundan, maksimum sıcaklığın düşürülmesi faydalı olacaktır. Bu olay iş parçası sıcaklığını düşürerek yada ısıl izolator görevi yapan yağlayıcıların kullanımı ile sağlanabilir. Sıcaklığı düşürmek, ısıl gerinim ile bağlantılı ve ısıl yorulma problemlerine yol açabilecek problemlerin önlenmesi için uygun olacaktır.

c - Kalıp Sıcaklığının Arttırılması

Isıl çatlak oluşumuna hassasiyet, gerilim ve gerinim oluşumu ; kalıpların işlem öncesi yüksek sıcaklıklara ısıtılması ile azaltılabilir. Bu teknik iyi sıcak sertlik değeri bulunan çelikler ile (örneğin molibdenli sıcak iş çelikleri H41-43) sınırlandırılmalıdır.

d - Yüksek Kaliteli Kalıp Çeliklerinin Kullanılması

Yapısı temiz, tane boyutu uygun ve mikroyapısı homojen bir özellik gösteren çelikler, ısıl ve mekanik etkiler ile ortaya çıkan çatlak oluşumuna dayanım gösterirler.

e - Yüzey Bitirme ve İşlemlerinin Uygulanması

Gerilim konsantrasyonu olarak görev yapan talaşlı işleme izlerinin kaldırılması ile yorulma nedenli çatlak oluşumları bazı hallerde önlenabilir hatta ortadan kaldırılabilir. Nitrürleme ve çekiçe dövme gibi işlemleri ile ısıl (ve mekanik) yorulma problemleri giderilebilir.

5.3. Mekanik Yorulmaya Karşı Dayanım Arttırıcı Metotlar

Mekanik yorulmadan oluşan hatalara karşı alınacak önlemler iki kategoride incelenebilir. İlk olarak kalıp dizaynı ve yükleme gelmektedir. Bu bölümde, kalıpların tekrar dizaynı (çapak dizaynı) yada kalıp gerilimlerini azaltacak ön işlemler mekanik yorulma problemlerini tamamen

ortadan kaldırabilir. Bununla beraber yorulma-hata arasındaki logaritmik ilişki nedeni ile uygulanan yüklemde yapılan en küçük bir azalma yorulma ömrünü belirgin şekilde arttıracaktır. Böyle bir azalma şahmerdanlarda daha iyi enerji kontrolü ve kalıp dizaynında çapak olayının düzenlenmesi ile elde edilebilir.

İkinci kategori ise malzeme modifikasyonu adı altında incelenebilir. Modifikasyonlar çekiçleme gibi işlemleri içerip kalıp yüzeylerinin baskı altında bulundurur. Diğer bir alternatif ise daha yüksek mukavemette bir malzemenin kullanılmasıdır. Böyle bir malzeme kalıbın tam harabiyetinden önce ,çatlak oluşumuna daha fazla dayanım gösterir.

Kalıpların,çeşitli nedenler ile azalan ömürleri bazı yüzey işlemleri ve kaplama yöntemleri kullanılarak artırılabilir. En çok bilinen kaplamalar arasında,kalıp yüzeyine metalik bağ ile yapışan krom ve kobaltlı alaşımlar ve metalurjik bağlanma yapan kaynak operasyonlarıdır.En son bahsedilen yöntem ile aşınmış kalıpların tamiri de yapılmaktadır.Son yıllarda kimyasal buhar biriktirme (CVD-chemical vapour deposition) gibi kimyasal prosesler ile seramik kaplamalar (örneğin,karbür ve nitrür kaplamalar) gündeme gelmiştir.

Nitrüleme gaz,sıvı ve plazma ortamında uygulanabilen,en bilindik yüzey işlemidir.Plazma tekniği (iyon nitrüleme),kırılgan beyaz tabakalar karşısında çok iyi sonuç verdiğinden gayet geniş kullanım alanı bulmuştur.Borlama da nitrülemeye benzer olarak kalıp ömrünü arttırmak amacı ile yaygın şekilde kullanılmaktadır.

Kaplamalar aşınma ve sürtünmenin azaltılması için uygulanmaktadır.Kaplama iş parçasına yada kalıba yapılabilir.İş parçasına uygulandığında,kaplamalar iyi yapışma,kayganlık ve düşük makaslama dayanımına sahip malzemelerden yapılır.

Eğer malzeme/iş parçası çifti kimyasal olarak stabil,kaplama iyi bağlanmış ve kalıp malzemesi ile mekanik açıdan uyum içinde ise,sert bir yüzey ile buna göre daha yumuşak bir iş parçası arasındaki sürtünme kuvveti ve aşınma oranı azalacaktır.Sert yüzey sürtünmeyi azaltmalıdır. Esas hata oluşturuvcu mekanizmanın aşındırıcı etkiler olduğunda,sert yüzey kaplamaları kullanılır.

Tipik sert yüzey malzemeleri oksitler,karbürler,nitrürler ve bor oluşumlarıdır. Malzeme seçimi yapılırken kalıp ile kaplama arasındaki bağ oluşturma özellikleri göz önüne alınmalıdır. Bağ oluşumu kimyasal, mekanik yada her ikisini içerir şekilde olabilmektedir.Kimyasal bağ oluşumu,katı bir karışım meydana getirmek için kalıp malzemesi ile kaplama arasında atomların bir reaksiyonu veya difüzyonu ile ortaya çıkmaktadır.

Şekillendirme yapılan kalıpların aşınmaya karşı ömürleri çoğu kez azot ,karbon ve bor gibi elementlerin kullanılması ile, arttırılmaktadır.Çeliklere uygulanan diğer yüzey sertleştirme metotları daha çok sac şekillendirme kalıplarında kullanıldığı için,kısa olarak sözü edilecektir.

5.4.Dövme Kalıplarında Dayanım Arttırmak İçin Uygulanan Isıl İşlemler

Dövme kalıplarında kullanılan malzemeler ve bunlara uygulanan ısı işlemler Ek.2 de belirtilmiştir.Aşağıda bu ısı işlemler hakkında kısa bilgiler verilecektir.

a - Normalleştirme

Bu tür çelikler kısmen yada tamamen havada sertleştirildikleri için yüksek nikel içeren 6F7 haricinde normalleştirme tavsiye edilmez.Dövmeden sonra ve tekrar ısıtılma işleminden önce 6F7 845-870 °C (1550-1600 °F) sıcaklığına ısıtılarak, kontrol altındaki bir atmosferde normalize edilir ve durgun bir havada soğutulur.

b - Tavlama

Tavsiye edilen tavlama sıcaklıkları,soğutma yöntemleri ve elde edilecek sertlik değerleri (Ek.2) de verilmiştir.Özellikle sertleştirilmiş çelikler tavlınırken,çatlak oluşumunu önlemek için çok yavaş ve üniform şekilde uygulanmalıdır. Fırındaki ısı kayıpları genel olarak soğutma oranını belirler, fazla yüklü fırınlar daha az yükteki fırınlara göre düşük oranda soğuyacaktır. Çoğu çelikler için saatte 22 ° C (40 ° F max) sıcaklıkta 425 ° C (800 ° F) fırın sıcaklığında soğutma ve daha sonra havada soğutma uygun olacaktır.

6F2,6F3 ve 6H1 gibi çeliklerden imal edilen ufak takımlara izotermal tavlama uygulanabilir,ancak konvansiyonel izotermal tavlama işleminin geniş kalıp bloklarına uygulanması avantaj sağlamamaktadır.Dekarbürizasyon ve pullanmayı azaltmak için büyük,ağır kalıp blokları genellikle kontrollü bir atmosferde tavlama yapabilen fırınlar kullanılmaktadır.

Pullanma ve dekarbürizasyon etkisini azaltmak için ufak parçalarda genellikle kutu tavlama yöntemi kullanılmaktadır, geniş ve ağır kalıp blokları için kontrollü atmosfer ortamına sahip fırınlar kullanılmaktadır.

Kutu yönteminde kullanılacak malzeme, gaz ve nem çıkışı sağlamak amacı ile yarı kapalı bir ortamda bulunacak ve 1205 ° C(2200 ° F) kadar ısıtılmış, dökme demir çapakları, kok veya petro-koktur. Kireç ,kum ve mika da zaman zaman kullanılmaktadır ancak bu malzemelerin

kömür ile karışması durumunda ,çelik dekarbürize olabilir. Kutu yönteminde kullanılacak malzemeler kuru ve tüm oksitleyici malzemelerden arınmış olmalı, tüm metal yüzeylerini ayırmalı ve konteynırı doldurmalıdır. Tavlama sıcaklığında tutma her inch (25.4 mm) için 1 saattir. H tipi çelikler hem karbürizasyona hem de dekarbürizasyona karşı hassastır.

Kontrollü-atmosfer fırınlarında iş parçasının fırın tabanına dokunmaması için desteklenir.Bu işlem üniform bir ısınma ve iş parçası etrafında serbest bir şekilde hava dolaşımı sağlamaktadır. İş parçaları kendi ağırlıkları ile eğilmemeleri ve distorsiyona uğramamaları için de destekleme yapılmaktadır.

6F4 ve 6F7 düşük sıcaklıklarda tavlandıklarından, eğer pullanma çok önemli değil ise kutu yöntemi ya da kontrollü atmosfer ortamı kullanılabilir.

c - Gerilim Giderme

Bazı hallerde kaba talaş kaldırma işleminden sonra, bitirme işleminden önce sıcak iş takım çeliklerini 650-730 ° C (1200-1350 ° F) sıcaklıkta ısıtarak gerilimden arındırmak avantajlı olur. Bu işlem sertleştirme sırasında oluşan distorsiyonu minimum kılar (özellikle derin boşluklarda ve konfigürasyonunda değişikliğe uğrayan kalıp ve takımlarda). Kaba talaş kaldırmadan sonra sertleştirme ve temperleme ile daha iyi bir boyutsal kontrol elde edilir.

d - Ön Isıtma

6G,6F2,6F3 ve 6F5 çelikleri dışında hemen her zaman östenitleştirme öncesi uygulanır.Bu çeliklere iş parçasının özelliklerine bağlı olarak,ön ısıtma yapılır yada yapılmaz.Tavsiye edilen sıcaklıklar (Ek.2 de) verilmiştir.

Kalıp blokları açık fırın uygulamaları için sıcaklığı 260 °C (500 °F) fırınlara yerleştirilir. Konteynerler içinde paketlenmiş parçalar 370-540°C(700-1000° F) arasındaki fırınlara rahatça yerleştirilebilir.İş parçaları fırın sıcaklığına ulaştıktan sonra, yavaş ve üniform olarak saatte 65-110°C(150-200°F) ön ısıtma sıcaklığına getirilirler. Her inch (25.4 mm)kalınlık için 1 saat bu şekilde tutulurlar. Termokupler konteyner içindeki parçalara eş şekilde yerleştirilirler.Kontrollü atmosfer ortamları ve diğer koruyucu ortamlar dekarbürizasyonu ve pullanmayı azaltmak için uygulanır ve 650 °C (1200 °F) sıcaklığında uygulanır.

e - Östenitleştirme

Sıcak iş çeliklerinin sertleştirilmesi için tavsiye edilen sıcaklıklar (Ek.2 de) verilmiştir. Ön ısıtma sıcaklığından östenit sıcaklığına ani ısıtma H16 dan H43 e kadar ve 6F4 tipi çelikleri için tercih edilir.

H10 dan H14 çeliklerine kadar ise tüm iş parçası yetecek kadar ,gerekli sıcaklıkta tutulmalıdır.İşlem için kullanılacak ekipmanlar iş parçasının büyüklüğü ve ağırlığı ile belirlenir.230 kg (500 lb) den hafif parçalar için herhangi bir yöntem ve ekipman kullanılabilir.Ancak daha büyük kalıpların işleme tabi tutulmasında tuz banyoları ve kutu yöntemi kullanılabilir.Östenit sıcaklığına ısıtılma sırasında karbürizasyon ve dekarbürizasyon engellenmelidir.Karbürize olmuş yüzeyler ısıl çatlak oluşumuna açık olmaktadır. Dekarbürizasyon dayanımı düşürür,yorulma kaynaklı hataların meydana gelmesini sağlar.En zararlı etkiside kalıp sertliğine olumsuz etkisidir.Dekarbürize edilmiş yüzeylerin istenilen sertliğin elde edilmesi için kalıp çok düşük sıcaklıklara menevişlenir.Kalıp daha sonra aşırı iç sertliklerde operasyona girmekte ve ilk uygulanan yükte kırılmaktadır.

Bir gaz jeneratörü ile oluşturulan endotermik atmosfer,belkide en çok kullanılan koruyucu ortamdır. Çeliğin karbon oranına ve işletme sıcaklığına bağlı olarak , fırın içinde 2-7 ° C (35-45 ° F) arasında tutulur. H11 ve H13 gibi çoğu çelikte östenitleştirme sıcaklığı 1010 ° C (1850 ° F) olduğundan, 3-4 ° C (38-40°F) idealdir.Ufak işletmelerde bir kutu için artık kok kullanımı , östenitleştirme için geniş olarak kullanılmıştır.

f - Sulama

Sıcak iş takım çeliklerinin sertleşebilme kabiliyeti yüksek ile çok yüksek değerler arasında değişmektedir.Çoğu havada sertleşebileceği gibi,çok büyük kalıpların bazı bölgelerinde yeterli olmayan sertlik değerleri elde edilebilir.Böyle durumlarda hava akımının olduğu bir ortam yada yağda sulama tam sertleşme için gerekir.Sıcak iş çelikleri asla suda sertleştirilmemelidirler. Tavsiye edilen ortamlar (Ek.2 de) verilmiştir.

Eğer hareketli hava üfleme yöntemi uygulanacak ise,hava sertleştirilecek yüzeye üniform olarak gönderilmeli ve hava kuru olmalıdır.Hava ile sertleştirme esnasında kalıplar kesinlikle beton zemine konulmamalı ve su buharı bulunan ortamlardan uzak tutulmalıdır.

Bazı sıcak iş çelikleri (özellikle volfram ve molibdenli) oda sıcaklığına getirilirken pullanma yapabilir.Kısa süre sonra durdurulan sulama işlemi uzun temas süresini ortadan kaldırarak pullanmayı azaltır fakat aynı zamanda distorsiyonu artırır. Bu işlem en iyi östenit sıcaklığından

sulama yapılırken parçayı 595-650 °C (1100-1200 °F) arasındaki tuz banyosunda tutarak parçanın bu sıcaklığa ulaşmasını sağlamak ve havada soğumasını beklemek ile gerçekleşir.

Diğer bir alternatif olarak yağda oda sıcaklığında sulama işlemidir. Burada karar, parçanın 595-650 °C geldiği açık kırmızı renge ulaşınca verilir. Daha sonra parça çıkarılır ve oda sıcaklığında soğumaya bırakılır. Soğuma sırasında parçalar raflara yerleştirilmeli ve birbirlerine değmemeleri için önlemler alınmalıdır.

H23 daha değişik bir sulama gerektirir, çünkü 595 ° C (1100 °F) sıcaklıkta ferrit ani çökme yapmaktadır ve M_s sıcaklığı oda sıcaklığının altındadır. Bu çelik sulama ile sertleşmeyeceğinden, menevişleme esnasında ikinci bir sertleştirilme uygulanır.

Yağda sulanan parçalar tamamı ile yağa daldırılmalı, banyo sıcaklığına ulaşmaya dek tutulmalı ve derhal menevişleme fırınına sevk edilmelidir. Yağ banyosu sıcaklıkları 55-150 °C(130-300 °F) arasında değişir, fakat her zaman yağın alev alma noktasının altında olmalıdır. Banyolar sürekli sirkülasyona tabi tutulmalı ve sudan korunmalıdır.

g - Menevişleme

Sulamadan sonra, çatlama hassasiyetinin çeşitli tip çeliklerde değişiklik göstermesine rağmen, derhal menevişleme yapılmalıdır.

Sıcak iş çelikleri genellikle havanın kullanıldığı fırınlarda menevişlenir. Ufak parçalar için tuz banyoları kullanılabilir, ancak büyük kompleks parçalar için ısı problemlere bağlı olarak çatlak oluşumları meydana gelebilir. Menevişleme sıcaklıkları (Ek.2 de) verilmiştir.

Birkaç menevişleme işlemi ile ilk menevişlemeden sonra arta kalmış östenitin martenzite dönüşmesi engellenir. Ayrıca sertleştirmeden kaynaklanan çatlak oluşumlarını engeller.

Arka arkaya uygulanan menevişleme işlemleri çatlak oluşumunu minimum kılar (sertleştirmeden kaynaklanan). Ayrıca bu tip işlemler geniş yada keskin kenarlı ve birinci menevişleme operasyonundan önce oda sıcaklığına ulaşması engellenen kalıp bloklarında çeşitli avantajlar sağlamaktadır.

5.5.Kalıp Çeliklerinin Türlerine Bağlı Olarak Uygulanan Isıl İşlemler

a - W-tipi Suda Sertleştirilen Kalıp Çeliklerine Uygulanan Isıl İşlemler

Bu tip çelikler karbon çelikleri ya da vanadyum ile alaşımlandırılmış çelikler olarak adlandırılırlar. Bu tip çeliklerin karbon içerikleri % 0.80 ile 1.20 arasında değişmektedir.

Bu çeliklerde ,karbürlerin çözünmeleri çok hızlı olduğundan, sertleştirme sıcaklığında tutma süreleri çok kısadır.

Çok az miktarda vanadyum içeren W2 tipi kalıp çeliği ince taneli yapısı ve ısıtılma işlemi karşı hassasiyeti iyidir. Bu gruptaki kalıp çeliklerine iyi bir şekilde yüzey sertleştirilme işlemi de uygulanabilir. Böylece sert bir yüzey tabakasına, yumuşak bir iç kesite sahip olurlar.

Bu tip çeliklerin sertleştirme için tavlama hızı yavaş, sertleştirilme sıcaklıkları 780 - 815 °C arasındadır. Bunları, sertleştirme sıcaklığında tutma süresi yaklaşık olarak 15 dakika ve soğutma ortamı da tuzlu ya da normal sudur.

Menevişleme sıcaklıkları ise 165 - 285 °C arasında olup, sertleşme derinliği yüzeysel olmaktadır. Menevişleme sonu elde edilen sertlik değeri 60 -64 RSDC arasında olmaktadır.

Bu çelikler yüzeysel sertleştirme özelliklerinden dolayı iyi bir dayanıma sahiptir. Bu özellik, kalıbın çok küçük kesitli bazı bölgelerinde tam bir sertleşme olması ile daha da artırılabilir. Zımba, kesme kalıbı gibi küçük kalıplar çok yüksek darbelere maruz kaldıkları için böyle bir özelliğe sahip olmaları dezavantaj sayılmaz. Bu gruptakilerin bazı temel özellikleri ise şu şekilde özetlenebilir; dayanıklılığı iyi, ısı etkisi ile sertliğindeki düşüş zayıf olup, ısıtılma işleminden önce işlenebilme kabiliyeti en iyi olan çeliklerden biridir.

b - O-tipi Yağda Sertleştirilen Kalıp Çeliklerine Uygulanan Isıl İşlemler

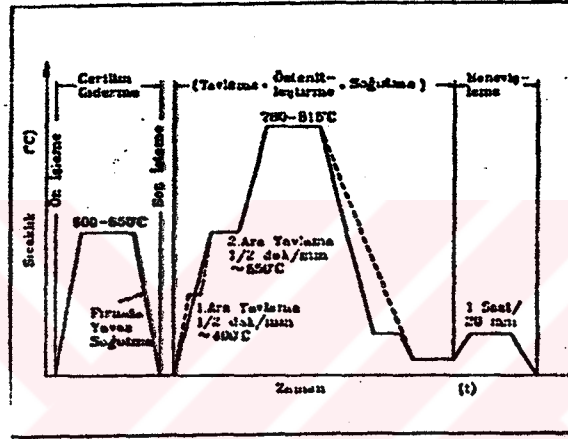
Bunlar, düşük alaşımlı soğuk iş kalıp çelikleri olarak da adlandırılır. Özellikle 01 ve 02 çelikleri, kalıp endüstrisinin büyük yükünü kaldıran çelik tipleridir. Bu grupta standartlaştırılan çelikler, yağda sertleştirilen mangan çelikleri olarak da bilinirler. Bu tip çeliklerin, sertleştirme esnasında soğuma hızları, W tipi çeliklere nazaran daha düşüktür. Daha yavaş soğutulmalarına rağmen , W tipi çeliklere eş tokluğa sahiptirler.

Bu çelikler, sertleştirilme işlemi uygulanmadan önce 650 °C lık ön tavlama işlemine alınır. Sertleştirme için tavlama hızı yavaş olan çelikler, 780 - 815 °C olan sertleştirme sıcaklığında

tavlandıktan sonra yaklaşık 15 dakika bu sıcaklıkta tutulur. Daha sonra yağda sertleştirilir. Menevişleme işlemi 162 - 260 °C arasında uygulanır. Sertleşme derinlikleri W tipi çeliklere göre daha derin olup, menevişleme sonunda elde edilen sertlik değerleri 62 - 63 RSDC arasındadır. Bu çeliklerin deformasyona karşı dirençleri W tipi çeliklere nazaran daha iyidir. Dayanıklılıkları ve işlenebilirlik kabiliyetleri de iyidir.

Bu çeliklerden özellikle 01 çeliği, sertleşme sıcaklığından ötürü, diğerlerine oranla daha yüksek boyutsal kararlılık gösterir. Sahip olduğu bu özellik onu, yüksek derecede boyutsal kararlılığın istendiği kesme kalıpları için ilk akla gelen seçenek yapmaktadır.

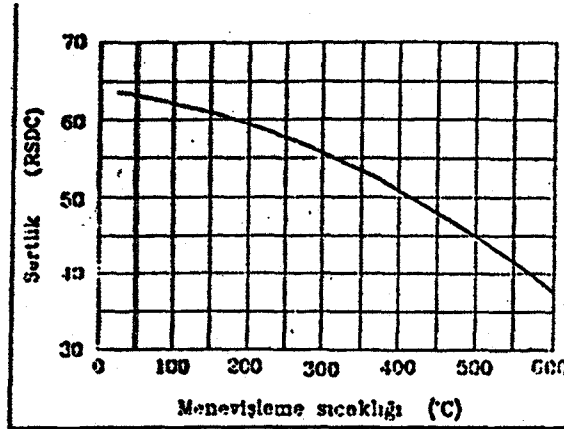
(Şekil 5.1) de O tipi yağda sertleştirilen çeliklerin ısıtma prensibi görülmektedir.



Kaynak No : 16

Şekil 5.1 - O tipi çeliklerin ısıtma prensibi

Bu gruptan örnek olarak alınan 01 tipi çeliğin menevişleme sıcaklığına bağlı olarak sertliğindeki değişimler (şekil 5.2) de görülmektedir.



Kaynak No : 16

Şekil 5.2 - O tipi çeliğin, menevişleme sıcaklığı ile sertliğinin değişimi

c - S-tipi Darbelere Dayanıklı Kalıp Çeliklerine Uygulanan Isıl İşlemler

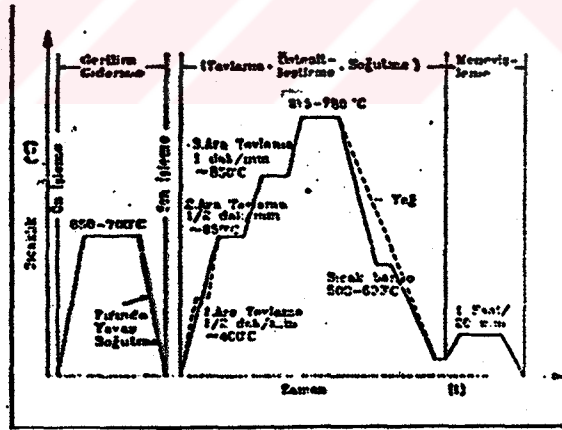
Az karbon içeren bu çelikler yüksek dayanıma sahiptir. Alasım elementlerinin miktarları göz önüne alınırsa S tipi çelikleride az alasımlı soğuk iş çelikleri grubuna dahil edebiliriz.

Bu çelikler, önemli kesme veya şekillendirme işlemlerinin uygulanacağı kalıp yapımlarında kullanılır.

S grubu çelikler, ısıl işlemden ilk olarak 650 - 700 °C arasında bir ön tavlama yapılır. Bu tip çelikler sertleşme sıcaklığına kadar düşük bir hızda tavllanır. Sertleşme sıcaklıkları yüksek olduğundan, dengeli bir ısı dağılımı elde edebilmek için, sertleşme sıcaklığına kadar olan tavlama, basamaklar halinde uygulanmaktadır. Sertleşme sıcaklıkları 875 - 980 °C aralığında, yüksek değerlerdedir.

S grubu çeliklerinin, sertleştirme sıcaklığında bekletilme süreleri, 10 ile 20 dakikadır. Bu değişen zaman faktörüne de bağlı olarak da; sertleştirme ortamı, yağ, normal su ve tuzlu su gibi farklıklar göstermektedir. Menevişleme sıcaklıkları ise 175 - 370 °C arasındadır.

Sertleştirme derinlikleri orta seviyede olup, meneviş sonu sertlik değerleri 58 - 60 RSDC dir. (Şekil 5.3) te ısıl işlem örneği verilmiştir.



Kaynak No : 16 |

Şekil 5.3 - S tipi çeliklerin ısıl işlem prensibi |

Bu gruptaki çeliklerin deformasyona karşı dirençleri ve işlenebilme kabiliyetleri orta seviyede, aşınmaya karşı dirençleri ise zayıftır. Kalıp çelikleri içinde dayanımları en iyi olan çeliklerdir.

d - A-tipi Havada Sertleştirilen Çeliklerine Uygulanan Isıl İşlemler

Bu çelikler yüksek alaslımlı takım çelikleri grubuna girmektedir. Sertleştirme işlemi çok düşük hızlarda uygulanır. Bunlar östenit fazında yeterli sürede tutulduktan sonra, hareketsiz, havada soğumaya bırakılır.

Bu çelikler yağda sertleştirilen çeliklere göre daha büyük aşınma ve yüksek tokluğa sahiptirler. Ancak A grubu çelikler, manganlı (O tipi) çeliklerden daha yüksek sertleştirme sıcaklığı dezavantajına sahiptirler.

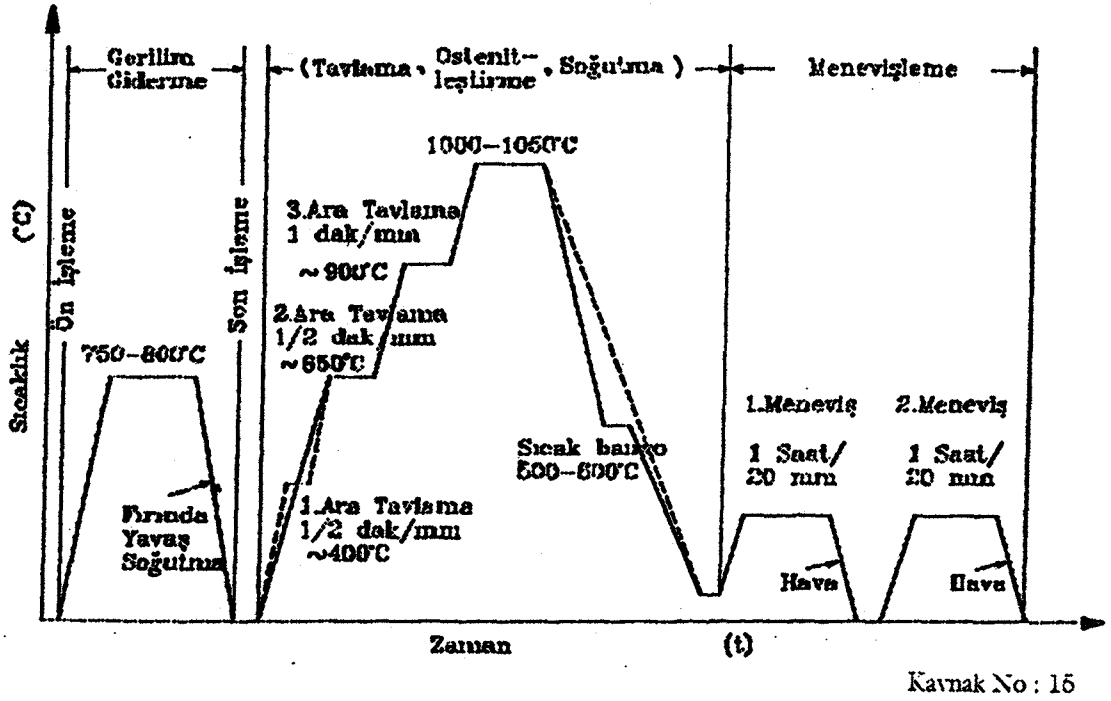
A tipi çelikler sertleştirilmeden önce 650 - 700 °C arasında ön tavlama işlemine alınır. Sertleştirme sıcaklıkları arasında tutma süresi 20 ile 30 dakikadır. Daha sonra havada soğutmaya bırakılır.

Menevişleme sıcaklıkları 150 - 290 °C arasındadır. Sertleştirme derinlikleri fazla olup meneviş sonu sertlikleri 62-67 RSDC dir. Deformasyona karşı dayanıklıdır. İşlenebilme kabiliyetleri oldukça düşüktür.

e - D-tipi Yüksek Karbon ve Yüksek Kromlu Soğuk İş Kalıp Çeliklerine Uygulanan Isıl İşlemler

D grubu çelikler de A grubu çelikler gibi alaslımlı soğuk iş çelikleri grubuna dahil olup, D3 tipi çeliğin haricinde tümü havada sertleştirirler. Yüksek darbeli pres işlerinde kullanılırlar.

Sertleştirme öncesi 790 °C civarında ön tavlama işlemi yapılır. Tavlama hızı (yüksek karbon ve yüksek krom içerdiklerinden) çok düşük olmaktadır. Sertleştirme sıcaklıkları 954 - 1093 °C olmaktadır. Tavlama çeliği bu sıcaklıklar arasında tutma süresi en az 45 dakikadır. D3 çelikleri yağda diğerleri ise havada sertleştirilir. Sertleşme derinliği fazladır. Meneviş sonu sertlikleri ise 62 - 67 RSDC arasında değişmektedir. Meneviş sıcaklıkları 210 - 510 °C arasındadır. Deformasyona karşı dirençleri oldukça iyi, işlenebilme kabiliyetleri ise oldukça zayıftır. Bunlar, karbonca zengin olduklarından, sertleşebilirlikleri, tavlama sıcaklığı ile kontrol edilebilir. Yüksek sertleştirme sıcaklıklarına çıktığında, tane büyümesi ve sertleşmiş yapıdaki kalıntı östenit miktarında artışlar söz konusudur. Çok büyük boyutlarda olmamaları ve normal sertleştirme sıcaklıklarında sertleştirilmeleri koşulu ile 64 - 67 RSDC sertliğine sahip olurlar. Meneviş sıcaklıkları arttıkça sertlikleri düşer.



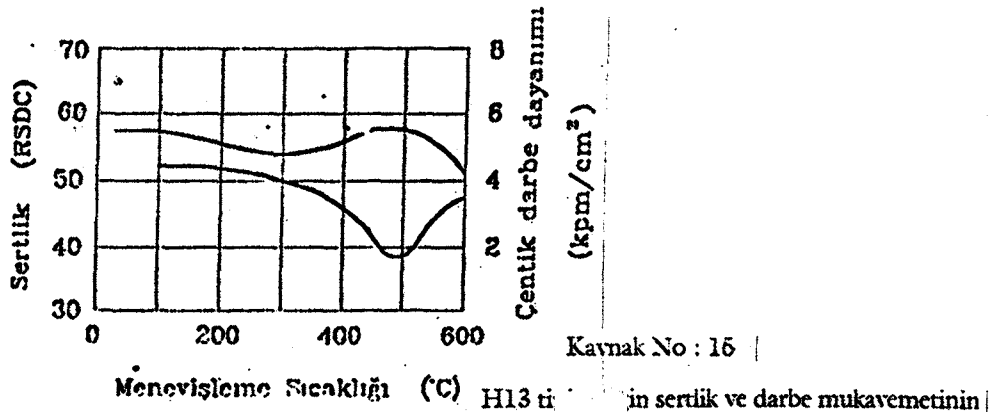
Şekil 5.4 - D tipi çeliklerin ısıtım işlem prensibi

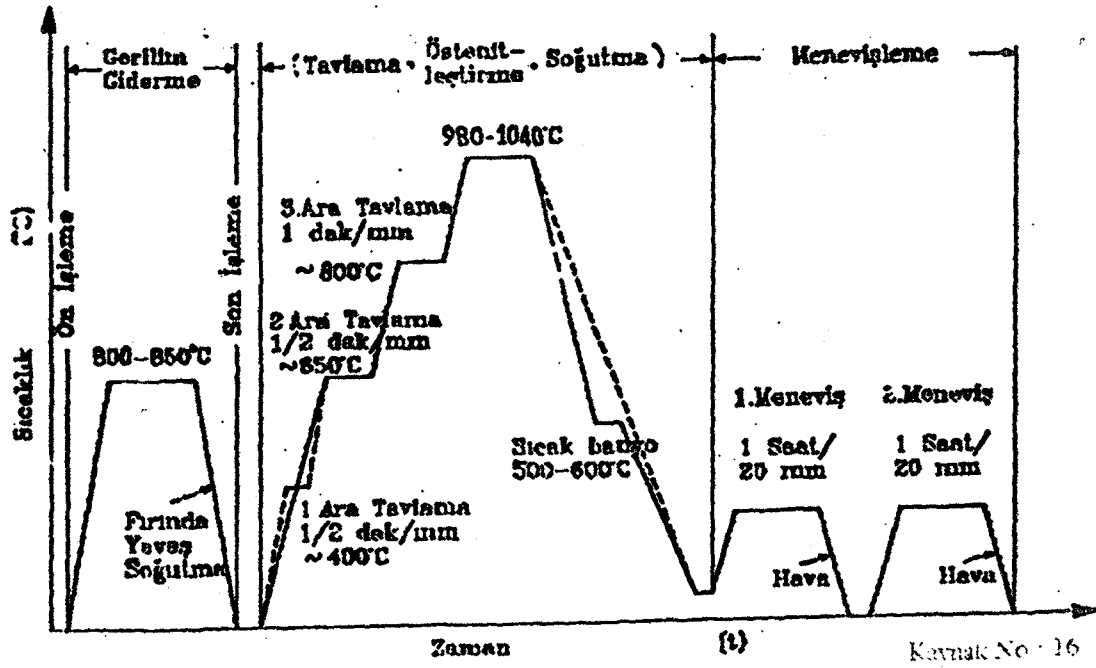
f - H-tipi Sıcak İş Kalıp Çeliklerine Uygulanan Isıl İşlemler

Bu gruptaki çelikler sıcak dövme ile imalat için kullanılan en önemli kalıp çelikleridir. Bunlar çok iyi tanınmalarına rağmen, ısıtım işlemlerindeki yanlış uygulamalardan dolayı, kalıplarda kırılmalar olabilir. Sertleştirme sıcaklıkları 980 - 1040 °C arasındadır. 500 °C menevişlenmesi halinde ikinci bir sertleştirme oluşmaktadır.

H tipi çeliklerin yüksek sıcaklıklardaki mukavemeti, sertleştirme sıcaklığı yükseldikçe artar. Bu artışla birlikte toklukta azalma görülür. Keza bu tip çeliklerde, ısıtım işlem uygulanmadan önce kalıp bloğundaki gerilmelerin giderilmesi için, 790 - 845 °C arasında ön tavlama yapılmalıdır. Sertleştirme, çeliğe bağlı olarak havada, yağda veya tuzlu suda yapılabilir. Bunlarda menevişleme işlemi sonucu elde edilen sertlik 43 - 51 RSDC dir.

Bu gruptan ele alınan bir çeliğin, sertlik ve darbe mukavemetinin, meneviş sıcaklığına bağlı olarak değişimi şekil de verilmiştir.



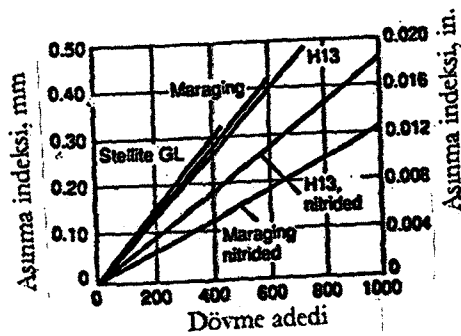


Şekil 5.6 - H tipi çeliklerin ısı işleme prensibi

5.6. Yüzey İşlemleri

5.6.1. Nitrasyon İle Yüzey Sertleştirme

Nitrasyon belkide dövme kalıplarının yüzeylerinin sertleştirilmesi için en çok kullanılan yöntemdir. Sıcaklığın 565-595°C (1050-1100°F) geçmediği durumlarda çok kullanışlıdır. Diğer işlemler ile birlikte nitritleme en geniş uygulama alanını sac şekillendirme kalıplarında bulur ki, bu kalıplarda mukavimlikten daha çok dayanım ve aşınma direnci önemlidir. Ayrıca, şahmerdanlardaki ani yüklemelere karşı kullanılmalarında başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Nitritleme ile aşınma oranları % 50 azaltılabilmektedir.



Kaynak No : 1

Şekil 5.7 - Nitritlenmiş ve nitritlenmemiş takım çeliklerinin aşınma oranları

Nitrasyon prosesleri 495 ve 565 °C(925 ve 1050°F) arasında uygulanmaktadır. Kalıp yüzeyinin özellik kombinasyonunun optimize edilmesi açısından menevişlemenin nitrasyon sıcaklığı üstünde bir sıcaklıkta yapılması gereklidir.Düşük nitrasyon sıcaklıkları sebebi ile,bu ısıtma işlemi küçük bir distorsiyon oluşumu söz konusudur.

Her ne kadar oluşturulacak yüzeyin derinliği ve sertliği nitrasyon zamanına bağlı ise de,bu özellikler (özellikle sertlik) çeliğin bileşimine de mutlaka bağlıdır.Güçlü nitrid yapıcı elementler (krom,vanadyum ve molibden) içeren kalıp çelikleri yeterince derin olmayan,çok sert yüzeylerin oluşumuna neden olurlar.Diğer yandan da(6G ve 6F2) gibi düşük alaşımlı krom içeren kalıp çelikleri daha derin mukavim fakat sert olmayan yüzey oluştururlar.

Alaşımsız ve düşük alaşımlı çeliklerde 590 ° C'nin altındaki difüzyon sıcaklıklarında ,yüksek sertlik değerlerine ulaşılır. Hatta,530 °C'nin altındaki sıcaklıklar daha uygundur. Düşük nitrasyon sıcaklıklarında , difüzyonun çok yavaş gerçekleşmesi problemi vardır.Diğer taraftan ,düşük sıcaklıkta nitridlerin çökmesi çok ince olur.Sert tabakadaki ince çökelmeler,nitrasyon tabakasına yüksek sertlik verir.Difüzyon sıcaklığının düşüklüğü,çökelen nitridlerle azot difüzyonunun zorlaşması nedenlerinden dolayı,eğer sementasyonda ulaşılan sertleşme derinliklerine ulaşmak istenirse ,çok uzun nitrasyon süreleri gerekir.

a - Gaz Nitrasyon

Gaz nitrasyonda çok sert nitrid tabakasına ulaşmak mümkündür.Çok sert nitridler alüminyum,titan molibden,vanadyum ve kromla ,çok yüksek olmayan sıcaklıklarda elde edilir.Gaz nitrasyonda, azot içeren gaz olarak genellikle amonyak (NH_3) kullanılır.Parçalar,kontrol atmosferli gaz sızdırmaz fırın içerisinde 500-520 ° C'ye kadar yavaş olarak ısıtılır.Gereken işlem süresi sonunda ,tekrar yavaş olarak soğutulur.

b - Banyo Nitrasyon

Banyo nitrasyon, yüksek miktarda siyanat içeren siyanürlü tuz banyolarında yapılır.Burada, yüksek sıcaklıklarda siyanürden (CN) karbon ayrışmasına benzer olarak ,düşük sıcaklıkta azot ayrıştırılarak çeliğe verilir.Banyo nitrasyonun gaz nitrasyona nazaran üstün tarafı,500 ° C gibi düşük sıcaklıklarda daha yüksek sertliğe ulaşılabilmesi ve küçük nüfuziyet derinliklerinde, eşit derinliğe daha kısa sürede ulaşılabilmesidir.Ancak hızlı ısınmanın daha çok deformasyon oluşturma tehlikesi vardır. Daha çok yüksek aşınma dayanımlı yüzey elde edilmek istenirse tercih edilir.

c - Plazma Nitrasyon

Çeliklerin yüzeyine azot verilerek uygulanan nitrasyon işleminde uygulama süresinin çok uzun olması araştırmacıları mesgul etmiştir. 1960 'lı yıllardan beri kullanılmaktadır. İşlem, metal yüzeyinde ve yüzeve çok yakın bölgelerde azot difüzyonu ile gerçekleşir. Genellikle gaz olarak azot ya da amonyak kullanılmaktadır.

5.6.2. Borlama

Borlama işleminde çelik yüzeyinde bor zenginleştirilmesi yapılır. Borlama için ,bugüne kadar partikte sıvı ve katı borlama maddeleri kullanılmıştır. Sıvı borlama maddesi olarak kullanılan eritilmiş boraks yada ilaveler içeren diğer tuzlardan , genellikle borkarbür meydana getirilir. Daha çok boraks ve diğer katkıları içeren katı borlama maddeleri ile de, öncelikle borkarbür oluşumu hedeflenir. Bor difüzyonunun gaz fazında, örneğin klor kullanımı ile yapılması da mümkündür.

Proses ve malzemeye bağlı olarak, bor yüzey tabakalarına 900-1100 °C(1650-2010 °F) arasında gaz, erimiş tuz ortamında bir difüzyon işlemi ile tatbik edilir. Borlama süresi 1 ile 6 saattir ve 1 saatlik borlama süresinde, yaklaşık olarak 0,1 mm tabaka derinliğine ulaşılır. Ana metalin bor içeren yapılar oluşturarak, düşük sürtünme katsayılarına sahip yüzeyler meydana getirilir. Proses sulama işlemi gerektirmemektedir. Borlanmış tabakalarda sulamadan kaynaklanacak gerilimler nedeni ile pullanma ve buna bağlı dökülme olabilmesi ihtimaline karşı, ana metalin ısıtılma işlemi tabi tutulması gerekiyorsa bu işlem borlamadan sonra büyük bir dikkat ile yapılmalıdır.

Burgreev ve Dobnar¹ isimli araştırmacılar şahmerdan kalıplarında borlama uygulandığında büyük ömür artışları tespit etmişlerdir.

Çeliklerin borlama işlemi elektrolitik yoldan da yapılmaktadır. Bor atomları içinde Li, Na, K ve B flouridleri de bulunan erimiş tuz banyosu yardımı ile metal üzerine biriktirilirler.

Kalıplar 800-900 °C (1470-1650 °F) sıcaklık aralığında ve argon yada azot-hidrojen karışımı gaz ortamında borlama işlemine tabi tutulur. Oluşan tabaka kalınlığı 0.013 ile 0.05 mm (0.0005-0.002 in.) arasında işlem 15 dakika ile 5 saat arasında gerçekleşebilmektedir.

● Borlama işleminde sıcak iş çeliklerinin (H serisi) elementler ile alaşım oluşturularak, istenilmeyen yumuşak bir tabaka oluşturma ihtimali de vardır. Çeliklerde gözenekli, süngerimsi bir yapı oluşarak borlama işlemi sonrası bir ısıtılma işlemi gerektirmektedir. Bu yüzden bu şekilde alaşım oluşturabilen durumlar için borlama işlemi kısıtlanması uygun

olacaktır.Örneğin,A6 çeliği borlama sıcaklığından soğutularak havada sertleştirilebilir,sadece menevişleme gerekir.Bu çelik,bu yüzden,güvenlik içinde borlama işlemine tabi tutulabilir.

5.6.3.Karbonlama İşlemi

Sıcak-ış çeliklerinde karbonlama iki sebepten dolayı pek kullanılmamaktadır. Yüksek sıcaklık gereksinimi kalıpların soğuması esnasında distorsiyona neden olabilir (815-1095 °C yada 1500-2000 °F).Diğer nedende,yüksek oranda karbon içeren yüzeylerin sertliği arttırmasına rağmen kalıp mukavemetini çok fazla azaltmasıdır.

5.6.4.İyon İmplantasyonu Yüzey Sertleştirme İşlemi

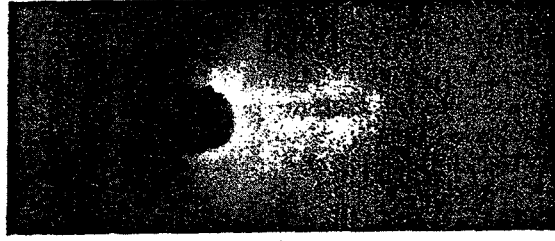
Yüzey mühendisliği bilimi son yıllarda, yalnızca malzemenin yüzey değişimi değil, aynı zamanda sonuçta elde edilen iç yapının kompozisyonu ile de ilgilenmeye başlamıştır. Günümüzde yaygın olarak uygulanan yüzey sertleştirme işlemleri vardır, bunlar kaplama, nitritleme, borlama, karbürleme, sementasyon ve implantasyon gibi işlemlerdir. Ancak ısı zorluk, özel parça ve uygulamalar için hangi işlemin seçileceğidir. Bahsedilen yüzey işlemlerinin çoğunluğu katı, sıvı ve gaz ortamında oluşabilirler. Yakın zamanlardaki gelişmeler bu işlemlerin plazma ortamında da meydana gelebileceğini göstermiştir. Gerçektende bu teknik termo-kimyasal ısı işlemler ve kaplama işlemlerinde uygulanmıştır.

İyon nitrasyon (Glow discharge) ileri ülkelerde oldukça geniş uygulama alanları olan ancak ülkemizde henüz deneme çalışmaları yapılan bir yüzey sertleştirme işlemidir. Bu metot ile yaygın olarak nitritlenebilen tüm ve nitritlenemeyen birçok çelik iş parçasının nitritlenmesi mümkün olmaktadır. Çok üstün aşınma, yorulma dayanımının ve sertlik derinliğinin hassas kontrolünün istendiği yerlerde özellikle tercih edilmekte, ayrıca bu yöntemde yüzeyde oluşan istenmeyen sert ve gevrek olan beyaz tabakanın kalınlığı kontrol altında tutulabilmektedir.

a - İyon Nitrasyon

Metal parçalarının yüzeylerinin sertleştirilmesi ve aşınmaya, yorulmaya karşı olan dirençlerini arttırılması, yabancı atomları bu yüzey üzerine etki ettirerek ince bir tabaka oluşturulması ile sağlanabilir. Sabit kalınlıkta sert bir yüzey tabakası elde etmek için, yüzeyin iyonlar ile düzenli olarak bombardıman edilmesi gerekir. Yüzey mühendisliği uygulamalarında iyon nitrasyon bir doğru akım kaynağından veya radyo frekans kaynağı yardımı ile oluşturulmaktadır. Her ne kadar ikiside kullanılıyorsa da, yüzey sertleştirme işlemlerinde doğru akım yaygın olarak kullanılmaktadır. Bir iyon nitrasyon plazması, iki elektrot arasında birkaç yüz voltluk potansiyel fark uygulanması ile 1-10 mbar basınç aralığında gaz atmosferinde meydana

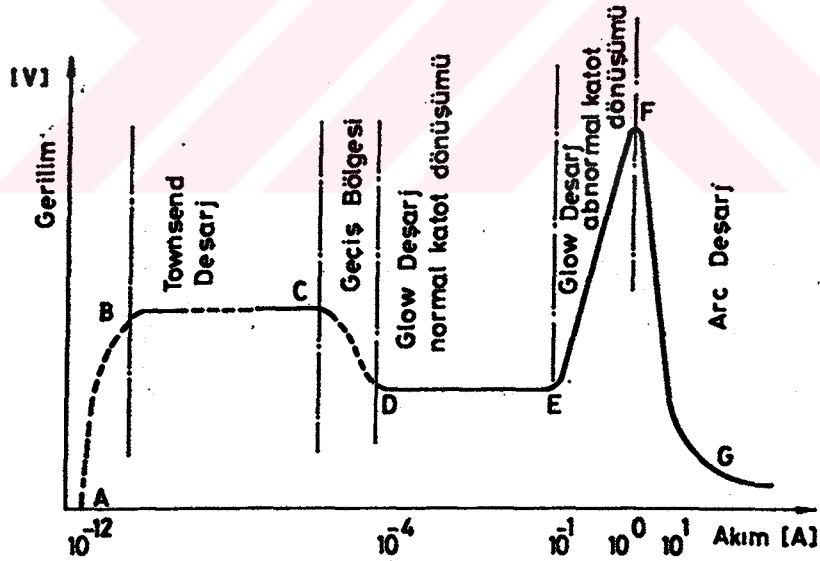
gelmektedir. İlave edilen gaz azot veya azot+hidrojen karışımı, meydana gelen elektrik alanı içerisinde iyonlaşır ve iyon nitrasyon ile beraber bir parlama görülür. (şekil 5.8)



Kaynak No : 15

Şekil 5.8 - İyon nitrasyon işleminin görünüşü

Doğru akım da oluşan çeşitli elektrik boşalmalarındaki akım ve gerilim arasındaki bağıntı (şekil 5.9 da) gösterilmiştir. A-B bölgesi Geiger sayacının kullanım alanını, B-C bölgesi ise Townsend boşalmasının meydana geldiği alanı göstermektedir. Bu bölgede çok küçük akımlar söz konusudur. Endüstride kullanılan normal iyon nitrasyon işlemleri (iyon lambaları, fluorescent tüpleri vs.) nisbeten düşük enerji ve zayıf akımlarda gerçekleştirilir. Kararlı ve düşük akımlı bu iyon nitrasyon alanı, şekilde D-E bölgesi ile gösterilmektedir. C-D ile gösterilen kısım ise geçiş bölgesidir.



Kaynak No : 15

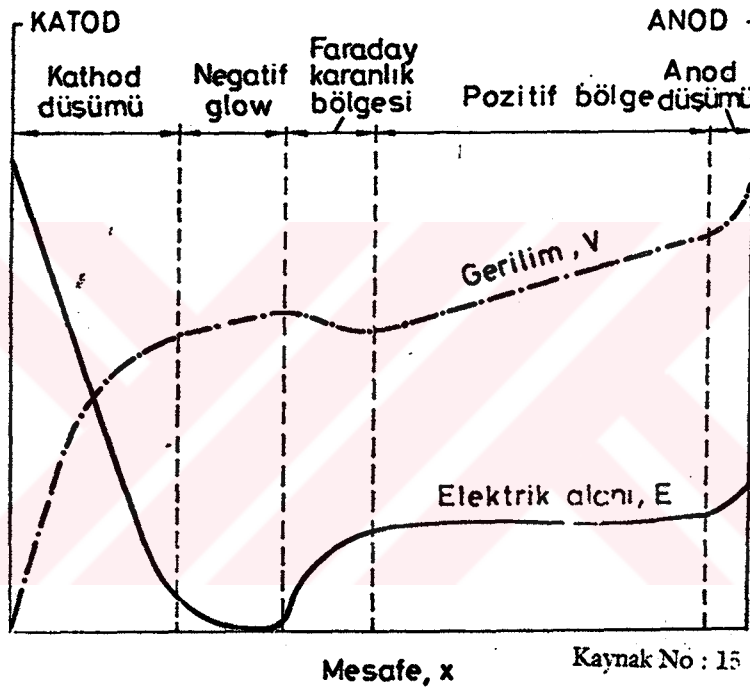
Şekil 5.9 - Doğru akım boşalmaları için akım-gerilim ilişkisi

İyon nitrasyon işlemi yüksek akım ve güç yoğunluğu gerektiren iyon nitrasyonu, kararsız E-F bölgesinde gerçekleştirilir. Bu bölge, iyon nitrasyon elektrik boşalması olarak adlandırılır ve yüzey sertleştirilme işleminde kullanılır. Katodun birim yüzeyinin ısıtılma miktarı akım yoğunluğuna bağlıdır. Yeterince ısıldığı zaman, katod elektron yaymaya başlar ve bu andan

tribaren daha düşük bir gerilim, boşalmanın devam etmesi için yeterlidir. Bu maksimum nokta F ile gösterilmektedir. Bu bölgede çalışırken akım yoğunluğunda meydana gelebilecek ani ve az bir artış iyon nitrasyon konsantrasyonunda hızlı yükselmeye neden olabilir. Bu ise ani ark oluşması ile nitrasyona tabi tutulan malzeme yüzeyinin bozulmasına sebep olabilir. Bu nedenle kararsız iyon nitrasyon bölgesinde çalışırken işlemin kontrol altında tutulması çok önemlidir.

b - Enerji Ve Kütle Transfer Mekanizmaları

Plazma kendine has özelliği olan birçok bölgeden meydana gelmektedir. Bunlardan en önemlisi katod bölgesi gerilim düşümü veya katot karanlık bölgesi olarak adlandırılan bölgedir.

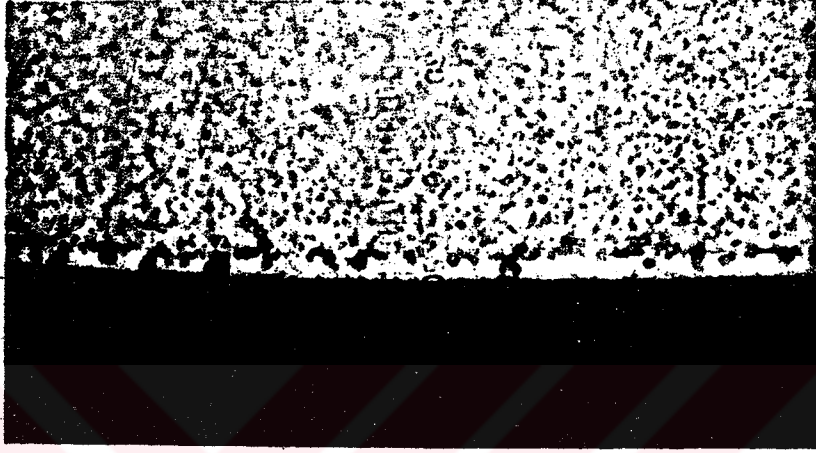


Şekil 5.10 - İyon nitrasyon bölgesi

İyonizasyonun tamamına yakın bölümü yüksek gerilim alanı bölgesindeki elektron/gaz etkileşimi sonucunda (çarpışma iyonizasyonu) meydana gelir. İyonların çoğunluğu katoda çarparak nötr hale gelmektedir. Partikül bombardımanı katodu ısıtır ve parça yüzeyinden elektron çıkarmayı oluşturur, bu sayede glow deşarjın sönmesine engel olan yeterli elektron sağlanmış olur. Diğer önemli bir etki de saçınma ile metal yüzeyinden çıkarılan partiküller ile ilgilidir. Bu olay işlem sırasına devam eder ve katot yüzeyinin temiz ve aktif olmasını sağlar. Katoda doğru oluşan kütle transferi aşağıdaki mekanizmaların biri veya birkaçını içerir.

- 1-Saçınma reaksiyonu,
- 2-Azotun malzemeye girişi,
- 3-Birikme,
- 4-İmplantasyon

Malzemede yukarıda bahsedilen reaksiyonlar nedeni ile iki farklı bölge oluşur. (Şekil 5.11) de görüldüğü üzere en dış kısımda beyaz tabaka ve bunu takiben difüzyon tabakası mevcuttur.



Kaynak No : 15

Şekil 5.11 - İyon nitrasyon sonucu oluşan iç yapının görüntüsü

En üstteki beyaz tabaka $\text{Fe}_4\text{N}(\text{g})$ veya $\text{Fe}_{2-3}(\text{c})$ fazlarından birisi veya ikisinin karışımında ibarettir. İş parçasının içerdiği alaşım durumuna göre ve işlem parametreleri değiştirilerek beyaz tabakanın kalınlığı 0 ile 0.05 mm arasında değiştirilebilir. İyon nitrasyon işleminde bu tabakanın kalınlığı işlem parametreleri olan zaman, sıcaklık ve gaz kompozisyonuna bağlı olarak çok hassas kontrol edilebilir. Diğer nitrasyon yöntemlerinde elde edilen beyaz tabaka, düşük sünekliliğe sahip olması, yüksek kalıcı gerilimli, daha kalın ve karışık fazlı olarak oluşmaktadır. Beyaz tabakanın altındaki difüzyon tabakası, arayer atomu olarak çok sık dağılmış azot atomları ve alaşım elementleri ile azottan meydana gelen sert nitrürlerden oluşmuştur. Difüzyon tabakası malzeme cinsine ve işlem parametrelerine bağlı olarak çeşitli derinliklerde elde edilebilir.

c - Endüstriyel Uygulamalar

Ülkemizde henüz uygulama alanı olmayan iyon nitrasyon ile yüzey sertleştirme işlemi gelişmiş ülkelerde oldukça geniş olarak kullanılmaktadır. Bunun en önemli sebebi diğer yüzey sertleştirme işlemlerine göre bu yöntemin aşağıdaki avantajlara sahip olmasıdır.

İşlem zamanının kısa olması, maskeleme metodlarının kolayca uygulanabilmesi, ihmal edilebilir derecede çarpılma, işlemden sonra ek bir ısı işlem gerektirmemesi, kirlilik probleminin olmaması, ek güvenlik sistemine ihtiyaç göstermemesi, düşük gaz ve elektrik sarfiyatı, iç yapıda meydana gelen tabakaların kontrolünün sağlanabilmesi, beyaz tabakanın çok ince olması, difüzyon tabakasının kalınlığının 1 mm'ye çıkarılabilmesi, ekonomik olması, işlem sıcaklığının malzeme özelliklerine bağlı olarak 350 °C'a kadar düşürülebilmesi, değişik geometrik şekillere sahip parçalarının nitrasyonunda hiçbir problem olmaması olarak verilebilir.

Bu yöntem ile çok büyük parçalar ve küçük parçalar seri olarak işleme tabi tutulabilir. Örneğin 14 ton ağırlığındaki yaklaşık 2 m uzunluğunda ve 1.5 m çapında dövme parça nitrürlenebilmektedir. Hatta 0.5 mm derinliğinde difüzyon tabakası elde edilebilmektedir. Tahmini olarak ülkelere göre kurulmuş nitrasyon ünitelerinin dağılımı şöyledir : Çin-400, Japonya-300, A.B.D.-70, Kanada-5, Diğer ülkeler-50.

Bu işlem ile kullanabileceğimiz başlıca malzemeler ise yapı çelikleri, karbonlu çelikler, dökme demirler, ıslah çelikleri, nitrür çelikleri, sıcak iş çelikleri, soğuk iş çelikleri, yüksek hız çelikleri, mar yaşalanabilir çelikler, paslanmaz çelikler, bakır ve titanyumdur.

5.6.5.Toyota Difüzyon Prosesi İle Karbür Kaplanması

VC,NbC ve Cr_7C_3 gibi karbürlerin kalıp çeliklerinin üzerinde gayet sağlam bir şekilde bağ kurarak,ivi bir yüzey oluşumunu sağlayan ve Toyota General Research and Development Laboratory Inc. Japonya tarafından geliştirilmiştir.

Toyota Difüzyon (TD) prosesinde,metal kalıplar yağlarından arındırılır,karbür tuz banyosuna spesifik bir süre için daldırılır,sulamaya tabi tutulur,menevişlenir ve kalıntı tuzların giderilmesi için sıcak suda yıkanır.Boraks tuz banyosu karbür oluşturuvcu V,Nb ve Cr gibi elementlerle birlikte bileşimler (genellikle ferroalaşım) içerir.Banyo sıcaklığı sertleştirme sıcaklığına uygun olacak şekilde seçilir.Örneğin,H13 çeliği için boraks banyo sıcaklığı 1000 ile 1050 °C (1830 ile1920 °F) olmalıdır.

Kalıp yüzeyindeki karbür oluşumu bir kimyasal reaksiyon ile oluşturulur.Karbür tabakası,difüzyon yapan karbon atomlar ve karbür yapıcı elementler arasındaki reaksiyona bağlı olarak kalınlaşır.

Karbür tabakasının kalınlığı banyo sıcaklığı ve banyoda tutma süresine bağlı olarak değişecektir. H13 çeliğinde gerekli olan (5 ile 10 μ m) karbür tabakası kalınlığı için 4 ile 8 saat arasında banyoda tutma gereklidir.Daha sonra kalıplar banyodan çıkarılır ,sertleştirme ve

menevişleme için yağ ve tuz yada havada soğutulur. Tuz banyosu, fırın, çelik bir pota ve ısıtma cihazları içerir, koruyucu atmosfer ortamı gerekmemektedir.

Proses çoğu çeliklere ve demir dışı metallere uygulanabilmektedir. Sıkça kullanılan H12 ve H13 kalıp çeliklerinde tatmin edici sonuçlar alınmıştır. Bu şekilde kaplanmış çelikler yüksek sertlikleri ve aşınma, korozyon, oksidasyona karşı mükemmel dayanımları belirgin özellikleridir. Ek olarak çatlama, pullanma ve ısıl etkilere karşı dayanımlarının da iyi olduğu belirtilmektedir. Kaplamanın sertliği yüzey kompozisyonuna bağlıdır; bu değer vanadyum karbür için 3500 HV, niyobyum karbür için 2800 HV ve krom karbür için de 1700 HV'dir.

5.6.6. Metallife İşlemi

Kalıplar için çok yeni bir işlemdir. Metallife kontrollü mikroçekişleme etkisinden faydalanılarak, kalıp yüzeylerinde kaba yapı ve yararlı baskı gerilimleri oluşturmak amaçındadır.

Yüzeylerin "shotpeeing" işlemine tabi tutulması yeni bir konu değildir, fakat konvansiyonel metodun kalıplarda karıncalanma ve gerilim artırıcı etkilere neden olacağı için çok uygun olmamaktadır. Ufak patlama gücü olan ekipmanın kontrolsüz kullanımı eroziv ve aşındırıcı etki yapmaktadır. Kontrol gerektiren değişkenler kullanılan her işlemin temas süresi, hızı, çarpma açısı gibi özelliklerdir. Bazı durumlarda birkaç işlemin tekrar edilmesi gerekmektedir.

5.6.7. Seramik Kaplamalar

Metal parçalarda ömürlerini arttırmak için kullanılan bir dizi seramik kaplama vardır; bu seramik malzemeler elektriksel açıdan iletken değildir, metallerin aşınmasına göre 20 kata varan dayanımları vardır ve 2480 °C (4500 °F) varan sıcaklıklara dayanım gösterebilirler. Aşınma dayanımlı seramik malzemeler arasında en uygun kaplamalar titanyum karbür, titanyum nitrat ve krom karbürdür. Bu malzemeler, kromlu sıcak-ış çeliklerine ve havada sertleştirilen takım çeliklerine CVD yöntemi ile uygulanır. Bu proseste kaplanacak parça, gaz halindeki kaplama malzemesinin bulunduğu ve ısıtılarak reaksiyonun gerçekleştirildiği özel bir reaksiyon kabına konmaktadır. Uygun kaplama ve metal seçilirken ısıl genişleme açısından da olaya bakılmalıdır. Isıl genişleme katsayıları arasında çok büyük fark bulunursa, oda sıcaklığına soğutulurken çatlamalar görülebilir. Isıl özelliklerin dikkate alınması ile ısıl çatlaklar önlebilir, istenilen aşınmaya ve kırılmaya dayanımlı yüzeylerin oluşumu sağlanır. Sert olmalarına rağmen, bu kaplamaların yağlanabilirlikleri iyidir. Ancak oksidasyon problemleri sebebi ile 650 °C (1200 °F) altında kullanılmalıdır. CVD kaplama yöntemi dövme kalıplarında sadece belirli bir miktarda kullanılabilmektedir. Bir uygulamada, TiN kaplama pres kalıplarına tatbik

edilmiştir.H26 kalıbı kaplanmamış durumda 18,000 iken 51,000 parça imali söz konusu olmuştur;krom kaplı bir kalıp ömrü ise 36,000 parça ile sınırlı kalmıştır.Seramik kaplamaların aşındırıcı etkiler ile azalan kalıp ömürlerinin arttırılmasında, ileride daha da faydalı olacağı süphesizdir.

Seramik kaplamaların dövme kalıplarının ömürlerini uzatığı H12 çeliği üzerinde yapılan bir çalışma ile ortaya konmuştur. Bu uygulamalarda kalıp ömrünün %10 artışı görülmüştür.

Seramik kaplama işleminde aşağıda belirtilen sıra izlenir:

- Temizleme
- Pürüzlendirme
- Alt Kaplama
- Kaplama
- Bitirme

Seramik kaplama işleminde hazırlık süresi (temizleme,pürüzlendirme ve alt kaplama) başarılı bir imalat için en kritik basamaktır. Kaplamanın yapışma ve dayanımında mekanik,metalurjik-kimyasal ve fiziksel bağlar önemli rol oynar.

Kaplama işlemi şu yöntemler ile de yapılabilir (yukarıda söz edilen CVD yöntemine ek olarak):

- Oksijen asetilen tozu yöntemi,
- Oksijen asetilen çubuğu (kaynak) yöntemi,
- Plazma püskürtme (torch) yöntemi,
- Patlama yöntemi.

Oksijen-asetilen yönteminde 2760 °C (5000 °F) sıcaklığındaki aleve iletilen toz,uygulanacak yüzeye basınç altındaki bir gaz yardımı ile püskürtülür.Elde edilen yüzey düşük yapışma nedeni ile süngerimsidir.İşlem maliyeti çok yüksek değildir.

Oksijen asetilen çubuğu metodunda,erimiş seramik malzeme içeren çubuk 260 °C (500 °F) sıcaklığındaki oksiasetilen torçuna yaklaştırılır.Eriyik duruma geçen seramik basınçlı gaz ile 170 m/s (550 ft/s) varan bir hızla hedefine püskürtülür.Yüksek yapışma özellikli bir bağ oluşumu elde edilir.

Plazma püskürtülmesinde,seramik tozu sıcaklığı 16.650 °C (30.000 °F) olan bir plazma kaynağına (iyonize olmuş gaz) yaklaştırılır.Yüksek basınçlı gaz erimiş partikülleri hedeflerine gönderir.Bu metot yüksek yoğunlukta,iyi bağ özellikleri olan ancak maliyeti çok yüksek bir yapı oluşmasını sağlar.

Çok yoğun tabakaların oluşması patlama yöntemi ile gerçekleştirilir.Bu proses volfram-karbür kaplamanın kullanılacağı durumlarda tercih edilir.Oksijen ve aseülen gazları ile oluşan bir patlama 3315 °C (6000 °F) lık bir sıcaklık meydana getirir,eriyen seramik 760 m/s (2500 ft/s) varan hız ile hedefe çarpar.

5.6.8.Elektrokaplama

a - Krom Kaplanması

Krom metal parçalarına,içinde biraz sülfat yada florid ve krom-asit içeren elektrokaplama banyoları ile kaplanır.Banyo sıcaklıkları 45 ve 64 °C (110 ve 145 °F) arasındadır.Dövme kalıpları için sert krom kaplama adı kullanılır ve 25 ile 500 µm (1 ile 20 mils) kalınlığında bir tabaka oluşturulur. İşlem sonunda kalıp boşluğu ölçüsüne getirilir.

Krom kaplama dövme kalıplarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Kalıp derinliği fazla,keskin köşeler içeren yada ısı ve mekanik yorulmaya bağlı olarak çatlak oluşturabilecek çıkıntılı kalıplar krom kaplanmamalıdır. Bu olay ,çevrim sırasında sert krom kaplamanın içinde olabilecek mikro çatlakların açılma ihtimalini arttırabilir. Diğer yandan,aşınma dolayısı ile ıskartaya çıkarılmış kalıplar (özellikle çapak bölgesinde),krom kaplama için çok uygundur.

b - Kobalt Kaplama

Krom gibi pek çok kobalt alaşımı aşınmadan dolayı azalan kalıp ömrünü arttırmak amacı ile sıcak dövme kalıplarına uygulanmaktadır.Kobalt-volfram yada kobalt-molibden alaşımları(elektrokaplama brush) adı da verilen elektro kaplama yöntemi ile belirlenen bir bölgeye yada küçük bir bölüme uygulanabilmektedir.Aşınma dayanımını arttırması yanında,düşük sürtünme katsayıları ile bazı durumlarda iş parçasının yapışıp sebep olabileceği problemleri de çözebilmektedir.Bunlar hakkında en çok düşük yapışma,şok yüklemelerde düşük dayanıma bağlı pullanma konularında eleştiriler bulunmaktadır.Bu açıdan sözü geçen kaplama malzemelerinin pres kalıplarında kullanılması ile kalıp ömründe % 100 artış olmasının çok bilinmeyen bir durum olmaması gayet normaldir.Bu ilerlemelerin sağlandığı parçalar çok çeşilidir ve hareket kolu,türbin kanadı yada araba süspansiyon parçalarını içerir.

5.6.9.Sert Yüzey Oluşturmak İçin Uygulanan İşlemler

Bu işlem bir kaynak-erime prosesi olup,karşı metal ile metalurjik bağ oluşturulur.Bu metot ilk önceleri sadece tamirat ve bakım işlemlerinde kullanılmaktaydı.Günümüzde ise artan bir şekilde kalıplarda istenilen bölgelerde aşınma dayanımlı bölge oluşumu için kullanılmaktadır.

Kalıplar için aşağıdaki uygulamalar mevcuttur:

- Aynı malzeme kullanılarak gerekli tamiratın yapılması,
- Düşük alaşımli kalıp çeliklerinin üzerine yüksek alaşımli çelikler (örneğin;kromlu sıcak-ış çelikleri) uygulayarak kalıpların servis ömrünü iyileştirmek,
- Düşük alaşımli ve sıcak-ış çeliklerinin üzerine,sert ve yüksek sıcaklık malzemeleri uygulayarak servis ömrünü arttırmak.

a - Sert Yüzey Oluşturma Prosesleri

Herhangi bir operasyon öncesi yapılacak ilk iş kalıp bloğunun tavllanmasıdır.Bu işlem artık gerilmelerin giderilmesi ve yüzeyde kaynak işlemi sırasında çatlak oluşumunun engellenmesi açısından gereklidir.Tavlama sonrası kalıp tekrar 325-650 °C (600-1200 °F) ısıtılarak,kaynak sırasında iç kısımla dış yüzey arasında oluşan sıcaklık gradyentine bağlı çatlak oluşumu minimize edilmiş olur.Bu tip yüzey oluşturma bir dizi kaynak prosesinden biri ile yapılabilir:

- 1-Gaz torç kaynağı (yanıcı gaz kaynağı)
- 2-El ile ark kaynağı
- 3-Sualtı kaynağı
- 4-TIG yada MIG kaynağı
- 5-Açık ark kaynağı
- 6-Isıl püskürtme
- 7-Füzyon işlemi
- 8-Plazma püskürtme(plazma ark kaynağı)
- 9-Transfer ark plazma
- 10-Alev ile kaplama
- 11-Biriktirme prosesi(elektrocuruf kaynağı)

Katılaşma koşulları ile birlikte ana metal ergimesi ve ana metalin eriyik hale geçmesi aşınma özellikleri açısından önemlidir.Bu tip yüzey oluşturma işlemleri birbirlerinden farklılık göstermekte ve toz püskürtme metotları ile mukayese edilebilmektedirler.

Yanıcı gaz ile yapılan kaynakta düzgün,yüksek kalitede yüzeyler elde edilir.Bu işlem karbürleyici etkisi olan alevin terleme yapması yada rahatça yayılabilen ince bir tabakanın kaynağı ile yapılır.Tamirat işlemleri için koruyucu metal ark metodu tercih edilir.Yüksek produktivite ve az ısı vermesi sebebi ile kalıp boşluğunda minimum distorsiyon oluşturma özellikleri vardır.

Kaynaktan sonra kalıp bloğu oda sıcaklığına soğutulmalıdır,böylelikle kaynağın çatlaması önlenir.Daha sonra kalıp boşluğu işlenir,taşlanır ve temizlenir.Kalıp bloğuna uygulanacak ısı işlemler (östenitleştirme, sulama, tavlama)en son yapılır.

b - Sert Yüzey Oluşturma Alaşımları

Sert yüzey oluşumları için kaynak alaşımları genellikle demir,kobalt yada nikel bazlıdır.Sert fazlar, karbon (demirin içine) yada bor (nikelin içine) katılarak elde edilir.Kaynak içinde bu sert oluşumun hacmi aşınma açısından oldukça önemlidir.Çoğu kez herhangi bir oran söz konusu değildir ve en iyi aşınma dayanımı en yüksek sert-faz konsantrasyonu ile sağlanmaz.

Çelik kalıpları onarmak ve aşınmaya,ısıl etkilere dayanımlı hale getirmek için çeşitli demir alaşımları kullanılır.Bu alaşımlar bileşim açısından düşük alaşımlı ve sıcak iş takım çeliklerine benzerler.Östenitik ve östenitik-ferritik malzemeler ağır yüklemelerde aşınma dayanımı için tercih edilir.

Nikel ve kobalt bazlı alaşımların kullanıldığı kalıplarda maliyet açısından belirgin tasarruflar elde edilir.Tipik bir sert yüzey oluşturma prosesinde her bir 0.25 ile 1.25 mm (0.010 ile 0.050 in.) kalınlığında olan tabakalardan bir yada iki tabaka kalıp yüzeyinde oluşturulur.Eğer çok fazla miktarda kaplama yapılacaksa ilk önce paslanmaz çelik yada düşük alaşımlı metal kullanılarak,pahalı olan nikel ve kobalt esaslı kaplama tabakaların defalarca kullanılması engellenir.

5.6.10.Elektro Kırılcam Yöntemi (ESD)

Bu yöntem sert yüzey oluşturma yönteminin değişik bir türü olup,Avrupa'da yaygın şekilde kullanılmaktadır.WC,TiC,Cr₃C₂ elektrot malzemelerinin 316 türü paslanmaz çeliklerin ve diğer malzemelerin üstünde biriktirilmesi ile gerçekleşir.

5.6.11. Kromlu Çeliklerde Plazma Over-Karbürleme İşlemi

Plazma ile ilgili yüzey işlemleri malzemeler açısından yeni bir saha oluşturmıştır. Plazma karbürasyonu ile pek çok yayınlar çıkmıştır ancak bunlar genellikle karbon zenginleştirilmesi ile ilgilenmiştir. Değişik derinliklerde optimal özellikler için martenzit sulamasından sonra yüzeyde yeterli karbon seviyesi oluşturmak için (karbon miktarı %8 eşit veya küçük) düşük karbonlu çeliklere uygulanmıştır.

Uygulamalar

Bu konu ile ilgili olarak pratikte bazı uygulamalar yapılmıştır. Amaçlar şöyle özetlenmiştir;

- 1 - Sıcak ve yarı sıcak dövme kalıplarının ömürlerinin arttırılması,
- 2 - Yüksek aşınmaya maruz kalan parçaların ömürlerinin arttırılması,

Sıcak dövmede, aşınma şu etkenlere bağlı olarak gerçekleşmektedir;

- 1 - Sert oksit partiküllerinin aşındırıcı etkisi,
- 2 - Dövülen parçanın kalıp ve diğer takımlara yapışması,
- 3 - Dövülen malzemenin kalıp üzerinde ilerlemesi sırasında sürtünmeden oluşan aşınma.

Genellikle dövme kalıpları sulanır, menevişlenir, nitrülenir ve bazen krom ile kaplanır. Plazma over-karbürleme, nitrürleme dövme kalıplarına uygulanarak yapışma, sürtünme ve aşınma sonuçlarını azaltmaktadır. Paslanmaz çeliğin, titanyum alaşımlarının ve orta kalite çeliklerin dövülmesinde çok iyi sonuçlar elde edilmiştir. Ömürde kazanılan (2-3 kat) miktar çok önemlidir.

Over-karbürleme işlemi için plazma ekipmanlı, vakumlu ısıtma fırını imal edilmiştir. H 11 çeliği üzerinde karbür tabakası elde etmek için gerekli olan optimal karbon miktarı % 1.4 tür. Ancak, karbon zenginleştirilmesinde bir sınır vardır aksi durumlarda karbürler sertleşebilme özelliğini azaltabilirler.

Over-karbürleme sıcaklığı 1000 ± 10 °C ta tutulmalıdır. Menevişleme sıcaklığı son işleme adapte edilmelidir (500 - 600 °C). Nitritleme sıcaklığı 500 °C altında olmalı ve işlem 10 saat uygulanmalıdır.



6. Kalıpların Onarımı

Parsan, Ortaş ülkemizde dövme sanayiinde faaliyet gösteren konularında lider firmalar olup, basta otomotiv sektörü olmak üzere değişik alanlarda hizmet vermektedir. Yapılan çalışmalarda özellikle kalıp imalatı ve kalıp onarımı ile ilgili araştırmalar yapılmıştır.

6.1. Kalıpların İmalatı

Adı geçen dövme tesislerinde kalıp imalatının her safhası bilgisayar destekli sistemler ile gerçekleştirilmektedir. İlk defa gelen sipariş teknik elemanlar tarafından analiz edilir, daha önceden yapılmış imalat tecrübelerinden faydalanarak ön çalışma hazırlanır. Daha sonra bir CAM sistemi olan SURFCAM kullanılarak kalıp gravitüründen çıkacak parça ile ilgili çalışmalar yapılır ve arzu edilen parça dizaynı elde edilir. Elde edilen bilgiler bir disket yardımı ile tezgahlara taşınır. CNC tezgahlarda bu bilgiler yardımı ile arzu edilen parça şeklinde, karbon malzeme işlenir. Bu karbon malzemeler erozyon tezgahlarında elektrot olarak kullanılmaktadır. Daha önceden kaba talaş kaldırma işlemleri gerçekleştirilmiş kalıp yarıları erozyon tezgahlarında bu elektrotlar yardımı ile oluşturulur. Kalıp imalatında kullanılan malzemeler genellikle 1.2714 ve 1.2344 olmaktadır.

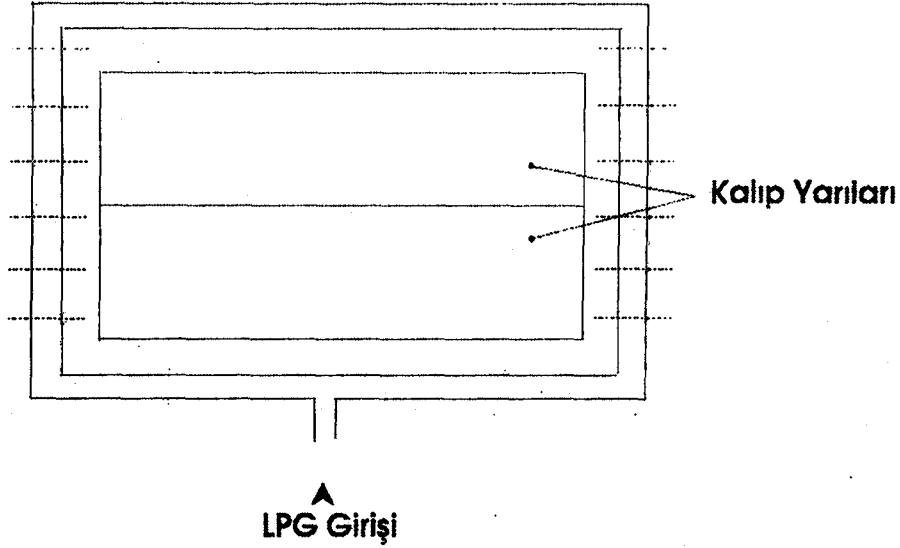
6.2. Isıl İşlemler

Kalıp blokları, malzemeler göz önüne alınarak kademeli olarak 850 - 900 °C sıcaklığa çıkarılmaktadırlar. Bu işlemin amacın gerekli östenit oluşumunun sağlanmasıdır. İşlem derin kuyular şeklinde düzenlenmiş fırınlarda ve dekarbürizasyonu engellemek amacı ile Argon gazı ortamında gerçekleştirilmektedir. Bu fırınların bir diğer özelliği de programlanabilir (PLC kontrollü) olmalarıdır. İstenilen sıcaklığa yükselme işleminin süresi ve ısıtma periyotları bu fırınlara önceden verilir. Bu procesten hemen sonra yağ banyosuna daldırılan kalıplar önceden belirlenen miktarda banyoda tutulduktan sonra çıkarılır ve meneviş işlemine geçilir. Bu şekilde arzu edilen sertlik ve süneklik değeri elde edilmiş olur. Bazı malzemelerde tek meneviş işleminden sonra istenilen özellikler sağlanırken, bazılarında ise iki meneviş işlemi uygulanarak istenilen değerlere ulaşılır.

a - Ön ısıtma

Dövme işleminde oldukça önemi olan ön ısıtma işlemi, LPG (likit petrol gazı) kullanan ısıtıcıların kalıp çevresine konulması ve bunların belirli süreler (tecrübelere dayanarak tespit edilen) için burada tutulması olayı ile gerçekleşir. Ancak bu metot ile kalıpların üniform ısıtılması mümkün olamamaktadır. Dövme sanayileri daha gelişmiş ülkelerde ise yaygın olarak

ısıtma odaları kullanılması söz konusudur. Bu özel odalarda kalıplar istenilen sıcaklıkta tutulabilmekte ve üniform bir ısıtma sağlanabilmektedir. Doğal olarak maliyeti oldukça artırıcı bir unsur olduğundan, şu an için ülkemizde kalıp ısıtma odalarının kullanılmamaktadır.



Şekil 6.1 - Kalıp ısıtma aparatı

6.3. Kalıpların Onarımı

Dövme işleminde kalıplar aşağıdaki nedenler ile onarım gerektirmektedir:

- a - Çatlak oluşmu,
- b - Kalıbın açma yapması,
- c - Operatörün bağlama hatası,

Bu sebeplerden birinci ve ikincisi belli imalat adedinden sonra çıkan problemler olup kalıpların ömürlerine bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak sonuncu madde konusunda imalat öncesi bazı tedbirler almamız mümkün olabilmektedir.

Bu fabrikalarda onarım için gelen kalıplara uygulanan işlemler şöyle olmaktadır. Kalıplar teknik elemanlarca öncelikle göz kontrolünden geçirilerek, aşınma, çatlama, kırılma, parça kopması gibi durumlar belirlenir. Göz ile görülemeyen ancak hata oluşturma ihtimali yüksek olan kısımlarda ise penetran sıvılar yardımı ile kılcal çatlaklar tespit edilir ve hata oluşumu belirlenir. Dövme kalıplardan alçı örnekler alınır, markalanır ve meydana gelmiş olan ölçü değişiklikleri tespit edilir.

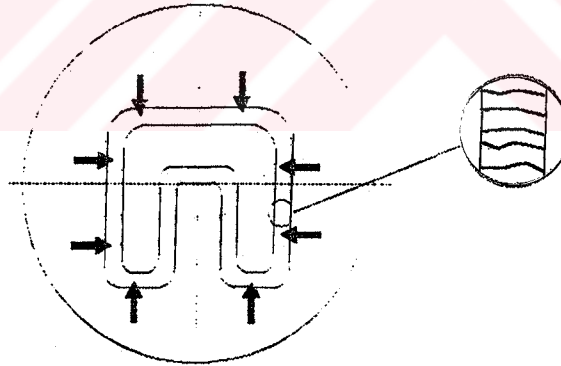
Bu andan sonra izlenebilecek iki yol mevcuttur;

- 1 - Kalıbın silinip tekrardan yenilenmesi,
- 2 - Dolgu İşlemi

6.3.1.Yenileleme İşlemi

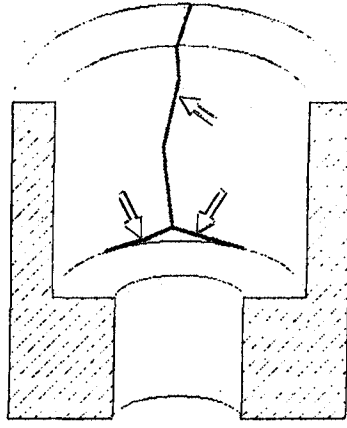
Bu gibi durumlarda eğer kalıp üzerinde pek çok aşınma ve hasar oluşmuş ise ve bunların teker teker onarımı yenileştirme işleminden daha uğraştırıcı ve zaman alıcı olacaksa derhal kalıbın yenilenmesi kararı verilir. Duruma göre freze ya da elektro-erozyon tezgahı kullanılarak kalıp gravitirine yeniden şekil verilir. Bu işlem sırasında kalıp boyu ve çapak kalınlığı dikkate alınır. Yenilenen kalıp preslere ya da çekicilere yerleştirilirken gerekli strok uzunluğunun değişmemesi için alt kısma gerekli kalınlıkta parçalar konur. Aynı kalıp tekrar yenileştirme işlemine tabi tutulduğunda alt kısma konulan parça yüksekliği de artırılır. Aynı dövme kalıbına böylelikle birkaç kez yenileme işlemi uygulanabilmektedir. Bu işlem kalıp kalınlıklarında belli sınırlara inilene kadar yapılabilmekte daha sonra bu kalıp imalattan alınmaktadır.

Kalıp yenileme işlemi gravürleri çok derin olmayan parçalarda birkaç kez tekrarlanmasına karşın, derin gravürlü kalıplarda bu işlemin birkaç kez tekrarlanması yukarıda anlatılan sebeplerden dolayı mümkün olamamaktadır.



Şekil 6.2

Şekil 6.2 de görülen kalıbın özellikle çapak yüzeyinde sıcak malzemenin akışı ile gelişmiş kazıma biçiminde hatalar ortaya çıkmıştır. Tüm çapak hattında bulunduğu gözlenen bu kazımaların teker teker temizlenip doldurulması uygun görülmediği için bu kalıba yenileme işlemi uygulanmıştır. İşlem tamamlandıktan sonra tekrar alçı yardımı ile ölçüleri alınarak son kontrolleri yapılmıştır. İmalatın gerçekleştirildiği tezgahın strok ayarı yapılarak imalata geçilmiştir.



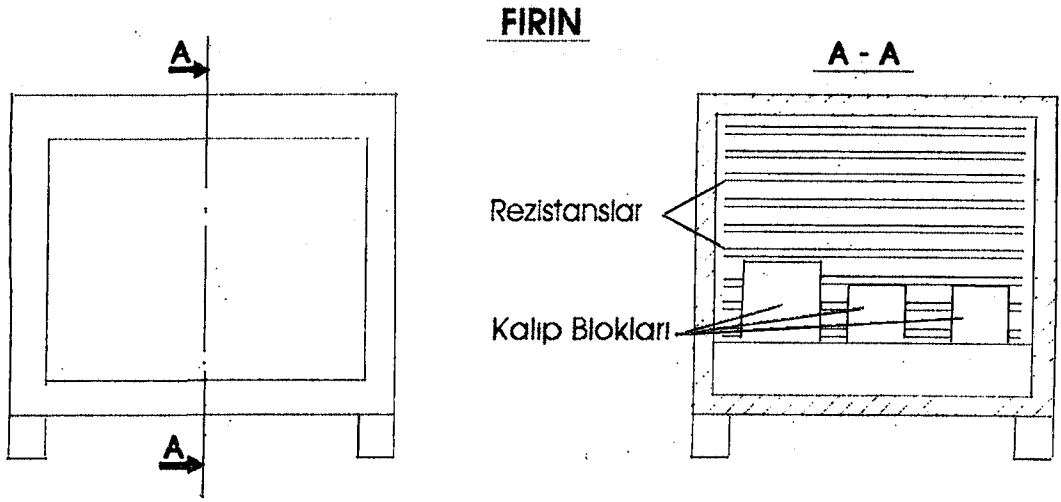
Şekil 6.3

Şekil 6.3 te görülen kalıpta ise önemli bir konstrüksiyon hatası sonucunda onarım gerektiren bir durum oluşmuştur. Şekilde kesit görüntüsü bulunan kalıba ait iç parça istenilen toleransların oldukça dışında işlenmiş ve imalata alınmıştır. Daha bir kaç çevrim bitmiş olmasına rağmen her iki kalıp yüzeyinde aşırı bir sürtünme ve basınç oluşması söz konusu olmuştur. Malzeme içinde görülen kısımdaki ancak penetran sıvılar yardımı ile görülebilecek kılcal çatlak oluşumu , böylesine bir çatlama meydana gelmesine sebep olmuştur. Yapılan incelemede çatlağın ,kalıbı iskartaya atacak kadar derin olmadığı anlaşılmıştır .Kalıp silinip tekrardan işlenmiş , kalıp ile çalışacak iç parçada toleransları içinde işlenmiş ve imalata alınmıştır.

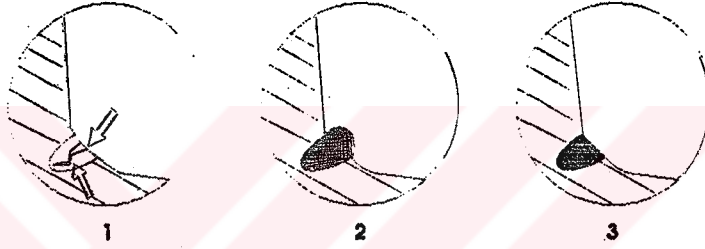
6.3.2.Dolgu İşlemi

Kalıp onarımında kullanılan ikinci metot ise kaynak işlemi ağırlıklıdır. Bu operasyonda da ilk adım kalıp hatalarının tespiti olmaktadır. Göz kontrolü ve penetran sıvılar ile yapılan kontrol ile kalıp üzerinde hatalar belirlenir. Bilinen klasik tesviye takımları kullanılmadan (eğeler, zımparalar vb.), elde çalışan ufak spiral motorlar ve özel aşındırıcı uçlar kullanılarak çatlaklar ilk oluşum noktalarına kadar boşaltılırlar. Parça üzerinde tüm hata oluşumları (özellikle çatlaklar) giderilinceye kadar bu işlem tatbik edilir (şekil 6.5). Artık kalıp yarıları kaynak işlemine hazır hale gelmiş olur.

Elektrot olarak Oerlikon firması tarafından üretilen OE - N 123, 124,E 106, E 717 Co kullanılmaktadır. Bu elektrotlar içinde çok sık olarak kullanılan OE - N 123 numaralı elektrot bazik tipli bir elektrot olup krom - karbür ve molibden karbür içermektedir. Yüksek sıcaklığa dayanımlı kazan ve boru çeliklerinin birleştirme kaynağında ve aşınmaya dayanıklı sert dolgu için kullanılmaktadır. Elektrotlar kullanılmadan önce kurutulmaktadır. Aşağıda kaynak öncesi kullanılan fırın şematik olarak gösterilmiştir.(Şekil 6.4)



Şekil 6.4 - Kaynak öncesi kullanıma hazır tav fırını

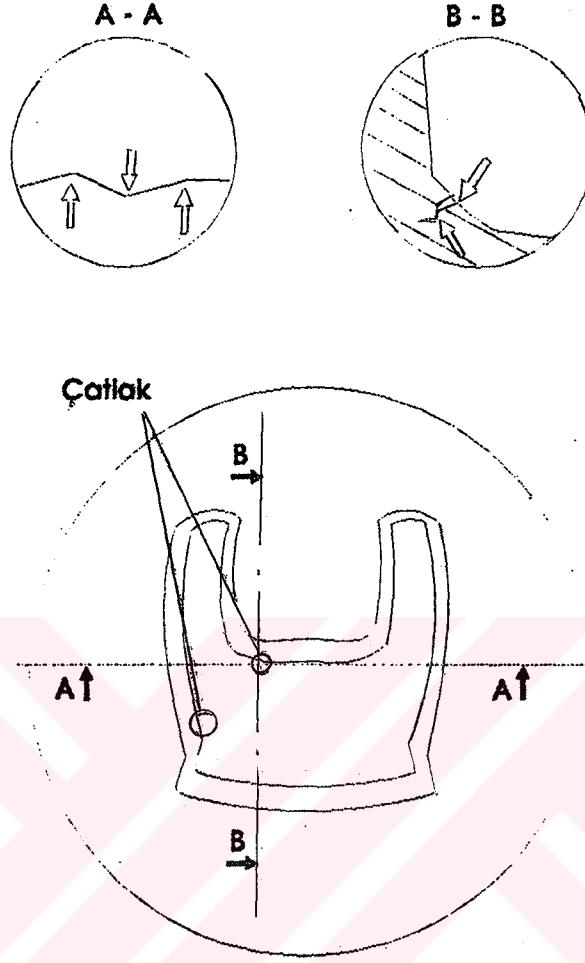


Şekil 6.5 - Kalıba uygulanan dolgu işlemi sırası

Kaynak işleminde meydana gelecek bölgesel ısınma ve buna bağlı olarak kalıplarda görülebilecek muhtemel çarpılma olayına karşı, kalıp yanları 350-450 °C sıcaklığa kadar ısıtılırlar. Isıtma işlemi yaklaşık boyutları 2.5 m x 2.5 m x 2 m olan, içinin üç tarafı rezistanslar ile çevrilmiş ve ön tarafından yükleme yapılan özel fırınlarda yapılmaktadır. Tecrübeler ile belirlenmiş ısıtma işleminden sonra kalıplar kaynak işlemine hazır hale gelmiş olur. Bir süre beklendikten sonra ve malzemeye uygun elektrot seçilerek kaynak işlemi gerçekleştirilir. Kaynak işleminde kullanılan metot el ile ark kaynağıdır. Kaynak işlemi gayet yavaş bir şekilde, elektrota belli bir salınım hareketi yaptırılarak oluşturulur. Böylelikle gayet iyi bir kaynak dikişi elde etmek mümkün olmaktadır. Kaynak sırasında açığa çıkan gazlar özel bir sistem ile atmosfere verilmektedir.

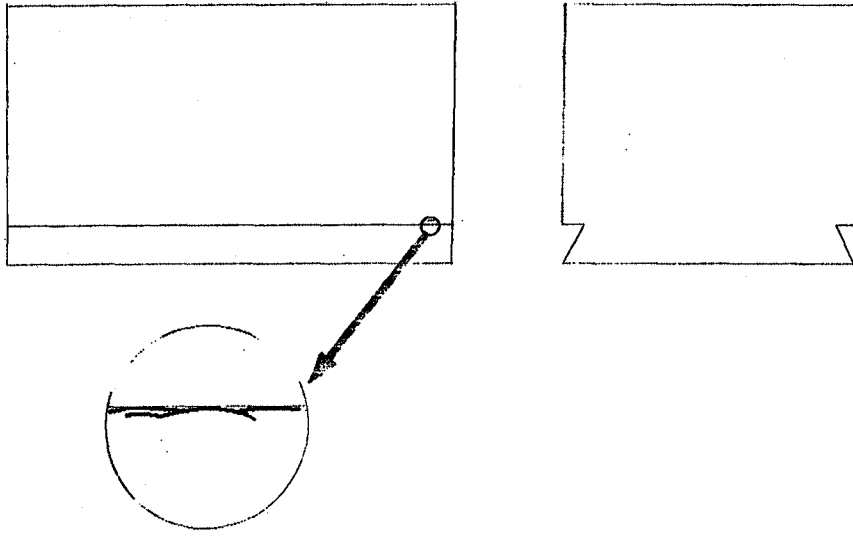
Kaynak işleminin bitmesinden sonra curuf tabakası kaldırılır. Parça iyice soğuduktan sonra yukarıda bahsedilen özel spiral taşlar ile kalıba eski şekli verilir. Gerekçiyorsa erozyon tezgahında son bir işlemden geçirilen kalıplar tekrar hizmet vermeye hazır hale getirilmiş olurlar. Kalıplar imalata sokulmadan önce alçıdan birer örnek alınır ve gerekli teknik resimlerden kontrolleri yapılır. Doğal olarak kalıpların tezgahlara bağlanması çok kolay bir işlem olmadığından ve sürekli aynı kalıplar ile çalışmayan fabrikalarda kalıp bağlama süresinin oldukça fazla zaman

tutacağı göz önüne alındığında, alçıdan birer örnek alınarak son kontrolün yapılmasının önemi daha rahat anlaşılabilir.



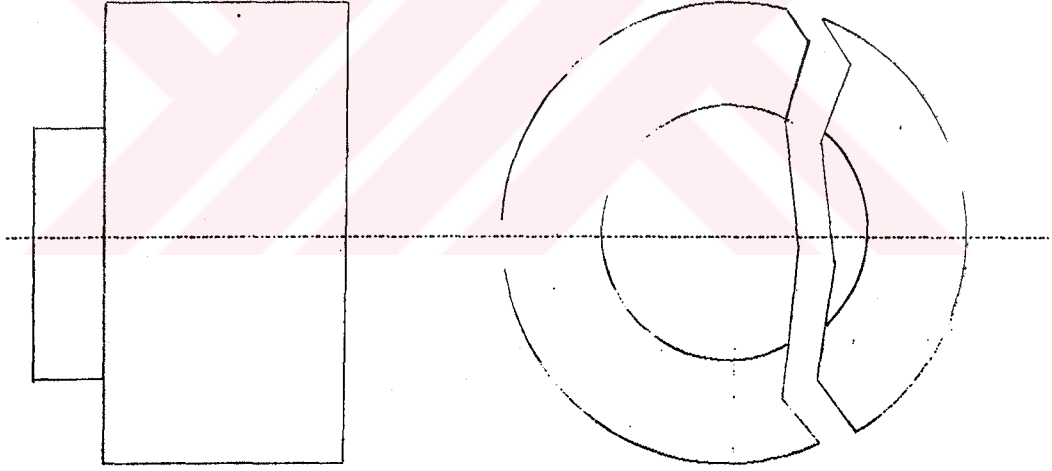
Şekil 6.6

Şekil 6.6 de görülen kalıpta özellikle daire içine alınmış noktalarda çatlamlar görülmüştür. Bu noktalar gereken noktalarından oyularak kaynak için hazırlanmış ve fırında belli bir süre bekletilmiştir. Daha sonra kaynak işlemi tatbik edilen bu kalıp elektro erozyon tezgahına alınarak , sadece kaynak bölgesindeki fazlalıklar alınıncaya dek düzeltilmiştir. Tüm bu işlemler bittikten sonra kalıp imalata alınmıştır.



Şekil 6.7

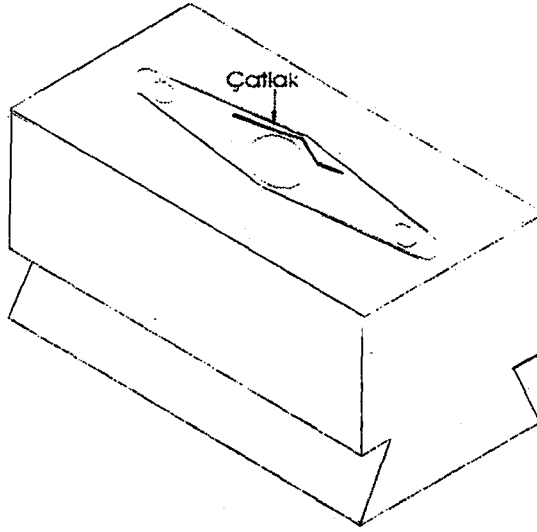
Şekil 6.7 de görülen kalıp bloğunda kırılma kuyruk bitiminde ufak çatlaklar meydana geldiği görülmüştür. Bu tip hatada özellikle bağlamada yapılan dikkatsizliklerin ön plana çıktığı görülmüştür. Kalıp şu karıda anlatıldığı gibi kaynak yapılarak tekrar imalata alınmıştır.



Şekil 6.8

Şekil 6.8 da görülen kalıpta ise komple kırılmanın olduğu yerde çatlak oluşumu tesbit edilmiştir. Onarım ile ilgili görevliler böylesine bir durumda eğer çatlak başlangıcında kalıba müdahale edilip zamanında gereken işlemlerin yapılması durumunda kalıbın kurtarabileceğini ifade etmişlerdir.

Şekil 6.9 de görülen kalıp 280 adet parça dövdükten sonra çatlamış (yarılarak) ve açılan kalıbın ön incelenmesi yapılmıştır.



şekil 6.9

Yarılmanın şekli, kalıbın yeni olması, sertlik kontrol sonuçları, yarılmanın yeri şekildeki respitler malzemede doku ve diğer özelliklerinde yetersizlikler olduğunu düşündürmektedir.

Ön kontrol sonuçları :

Kalıp Malzemesi : 1.2714 , Ebad : 750 x 550 x 2170

Mekanik test sonuçları :

Bu sonuçlar oda sıcaklığında yapılmış mekanik test sonuçlarıdır.

Numunenin	(çatlağa dik)	(çatlağa paralel)	
alındığı bölge	Çatlama	Çatlama	Kenar
	bölgesi	bölgesi	
Akma (N/mm^2)	863	846	1180
Kopma (N/mm^2)	1080	1093	1284
Uzama (%)	9.3	10.7	11.7
Kesit			
Daralması (%)	21.2	24.9	34.6
Çarpma			
Enerjisi (J)	4.0	8.8	24.5
Sertlik (HRC)	37	37	42

b - Metalografik inceleme sonucu :

Şekil 6.10 de görüleceği gibi çelik menevişlenmiş martenzit bir mikroyapıdadır. Ayrıca mikroyapıda şekil 6.11 de görülebileceği gibi kalıntılar tespit edilmiştir. Kalıbın çatlama gösteren kısmı köşe kısma göre daha fazla kalıntı içermektedir.

Sonuç :

Mekanik deney sonuçlarına göre kalıbın köşeleri çatlama yapan bölgeye göre daha sert ve mukavimdir. Kalıbın değişik köşelerinde farklı mekanik özellikler, mikroyapının homojen olmaması ve dolayısı ile malzemenin termomekanik geçmişine bağlıdır. Kesitte üniform olmayan deformasyon ve / veya sıcaklık dağılımı son mikroyapının homojen olmamasından sorumlu faktörlerdir.

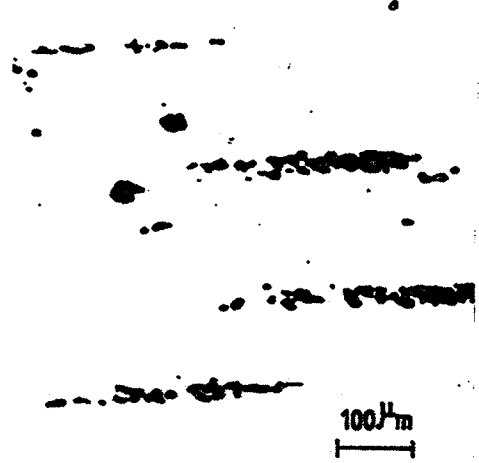
Çok iyi bilinmektedirki mukavimlik özelliği ,genellikle metal malzemelerin sertliği ile ters orantılıdır. Ancak, çatlama bölgesinde kaba bir mikroyapı sebebi ile daha düşük sertlik değerleri elde edilmiştir. Bu bölgedeki düşük mukavemet büyük boyutta ve miktardaki metal-dışı kalıntılardan ,kaynaklanmaktadır.

Son olarak düşük mukavemet ve sertlik değerlerinin elde edilmiş olması ,kalıbı orta kısmının köşelere göre kırılmalık özelliğini belirtir. Bu özellikte çok miktardaki kalıntı ve bozuk mikroyapı ile açıklanabilir.

Yapılan bu inceleme ile türlü uğraşılardan sonra elde edilmiş bu kalıbın kullanılmasının mümkün görünmeyeceği görülmüş ve yeniden kalıp imaline gidilmiştir.



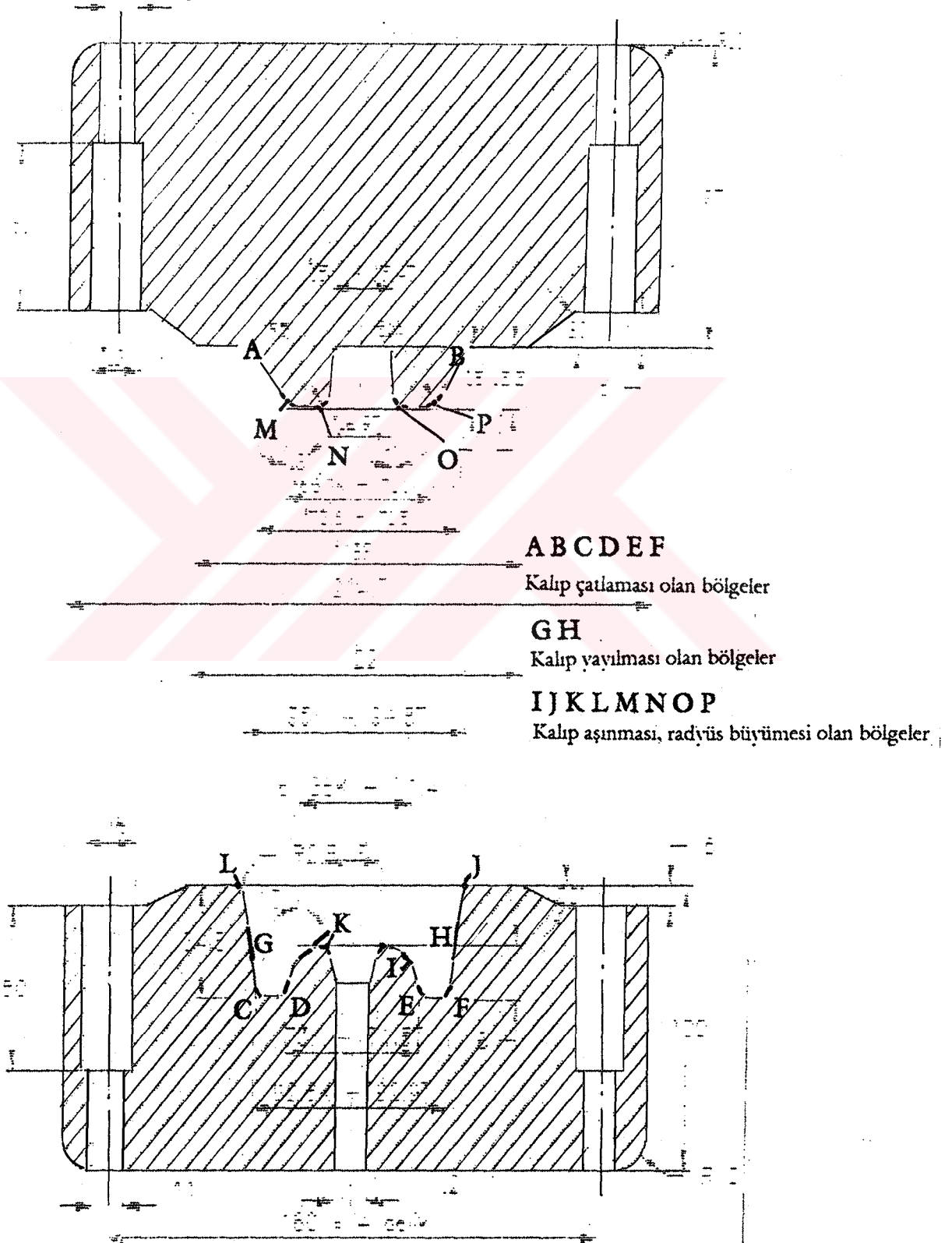
Şekil 6.10 - Hata oluşmuş kalıbın mikro - yapısı



Şekil 6.11 - Hata oluşmuş kalıp malzemesi içindeki kalıntılar

Şekil 6.12 te görülen kalıp farklı hatalar göstermiştir. Bunların teker teker temizlenip doldurulması yerine kalıp silinip tekrardan işleme alınmıştır. Özellikle sıcak malzemenin kalıp tizerinde yarattığı stirtinme , yetersiz yağlama ve kaplama yapılmamış olması hatanın daha çabuk kendini göstermesini sağlamıştır.

Şekil - 6.12



7.Sonuçlar ve Değerlendirmeler

Dövme işlemi ,yüksek mekanik özellikler elde edilmesi, karmaşık şekilli parçaların imaline imkan vermesi açısından günümüzde daha fazla tercih edilen bir imalat yöntemi haline gelmiştir. Bu imalat yönteminin en önemli elemanı ,doğal olarak şekil verme işleminin gerçekleştirildiği dövme kalıplarıdır. Çalışma sırasında kalıpların ne gibi etkiler altında kaldığı, nasıl hata oluşturabileceği hakkında bilgiler verilmeye çalışılmıştır. Ayrıca onarım işlemleri sırasında takip edilen yol, örnekler ile belirtilmiştir.

Dövme kalıplarda ortaya çıkan hatalar özet olarak iki bölümde izah edilebilmektedir :

1 - İmalat öncesi yapılması gereken işlemlerin yapılmaması veya yetersiz yapılmasından kaynaklanan hatalar,

Burada belirtilen hatalar kalıp imalata alınmadan yapılması gereken işlemlerin yapılmaması yada yetersiz yapılması ile ortaya çıkabilmektedir. Bu tip işlemlerin bazıları ise ; yanlış kalıp malzemesi seçimi, yetersiz / yanlış ısıtma işlemi, kaplama yapılmaması, konstrüksiyon, kötü mekanik işlemdir. Bu tip yetersizlikler nedeni ile kalıplarda büyük problemlerin çıkması kaçınılmaz olmaktadır.

Ülkemizin belli başlı dövme tesislerinde yapılan araştırmalar sırasında özel kaplama işlemlerinin kullanılmadığı belirlenmiştir. Kalıp imalatının tüm safhaları gayet modern , gelişmiş metotlar ile yapılırken, kalıbın ömrünü birkaç kez arttırıcı bir faktör olan kaplama işlemleri uygulanmamaktadır. Diğer ülkelerde ise başta nitrüleme olmak üzere borlama, krom yada kobalt kaplama, kaynak ile sert yüzey oluşturma ve pek çok yeni metot (iyon implantasyonu vb.) ile kaplama işlemleri gerçekleştirilmektedir. Ülkemizde kaplama sisteminin yaygın olmamasının sebebi araştırıldığında üreticilerin kaplama işlemlerini maliyet arttırıcı bir unsur olarak gördükleri ve imalat adetlerinin çoğu kez düşük olduğu için bu işlemi kullanmadıkları belirlenmiştir. Durum incelendiğinde gerçekte imalat adetleri düşük üretim partilerinde, kaplamalı kalıpların kullanılmasının pek cazip olmadığı görülmüştür. Ancak imalat adetlerinin fazla olması, kalıbın tezgahta uzun süre kullanılması durumunda ,kaplamalı kalıpların kullanımı avantajlı olmaktadır. Böylesine etkiler altında kalıplarda çatlama, yarıma hatta kırılma (kalıbın tamamı ile harabiyeti) oluşabilmektedir. Kaplama işleminin önemi burada belirginleşmektedir. 4000 adet dövme çevrimi gerçekleştirebilen kalıp, kaplama yapıldığında bu çevrim adedini bir ile iki kez arttırabilmektedir.

Bir başka konu ise malzemenin seçimi ve dövme işlemine hazır hale getirilmesidir. Mevcut olan kalıp malzemelerinden hangisinin seçileceği, bence en önemli konu olmaktadır. İşlem için yeterince dayanım gösterebilecek, ısıl etkilere dayanacak bir malzemenin seçimi pek çok sorunun oluşumunu engelleyecektir. Ayrıca malzeme seçildikten sonra mikroyapı kontrolü yapılarak yapısının uygun olup,olmadığının incelenmesi de büyük önem taşımaktadır. Malzeme yapısına uygun ısıl işleminden ve talaslı işleminden geçirilmelidir. Özellikle talaslı işleme sırasında yanmış bölgelerin (taşlama sırasında) oluşmamasına dikkat edilmelidir. Ülkemizde dövme kalıplarında kullanılacak malzemenin büyük bir kısmı ithal edilmektedir. Daha önce tecrübeler ile denenmiş çelikler kullanılmaktadır. Bu malzemeler tesisler içinde bulunan bilgisayar (PLC) kontrollü ısıl işlem fırınlarında kullanılır hale getirilmektedir. Nadir olarak , dışarıdan kalıp ithali söz konusu olmaktadır. Yukarıda söz edildiği gibi dövme operasyonlarında genellikle 1.2714 (L6) , (1.2344) (H13) ve bunlara benzer birkaç çelik kullanılmaktadır. Bu çelikler aşınmaya ve ısıl etkilere karşı gösterdikleri dayanıma bağlı olarak kullanılmaktadır. Doğal olarak bu malzemelerden daha iyi sonuç verebilecek malzemelerde bulunmaktadır ancak imalatla malzeme değişikliği kapsamlı bir iş olduğu için ve üretim kalitesi, adedi yeterli görüldüğü için tercih edilmemektedir.

2 - İmalat sırasında oluşması mümkün hatalar.

Sürtünmenin ve aşınmanın bulunduğu her yerde olduğu gibi kalıplarda da alınacak tüm önlemlere karşı aşınmalar, çatlamlar , yayılmalar ve radyüs büyümeleri olacaktır. Bütün bunlara dövme çevrimlerinin yüksek sıcaklıklar da yapılması da eklenince kalıplarda arıza olmamasının mümkün olamayacağı görülmektedir. Özellikle sıcak malzemenin kalıp yüzeylerinden basınç altında akması ve büyük şekillendirme kuvvetlerinin uygulanması kalıpların ömürlerini etkileyen en önemli unsurdur. Malzeme içinde mevcut ince çatlaklar, kalıntılar vb. de çatlamları oluşturabilen faktörlerdir. Bu tip hatalar oluştuğunda kullanılan yöntem ise kalıpların silinip tekrar imali yada gerekli yerlere,elle ark kaynağı yöntemi ile kaynak dolgusu yaparak kalıbın imalata alınmasıdır. Bu işlemler için özel elektrotlar kullanılmakta ve malzemenin yapısına uygun olarak seçilmektedir.

Kalıpların imali ,büyük dikkat ve özen gerektiren bir konu olup , tüm faktörler göz önüne alınıp gerçekleştirilmelidir. Kalıbın tezgahlara bağlanıp sökülmesi oldukça zor ve zahmetli olmaktadır .Arıza oluşması ,zaman kayıplarına ve üretim miktarının azalmasına neden olacağı için , kalıp kullanımı, imali ve onarımı kalifiye kişiler tarafından yapılmalıdır. Yapmış olduğum araştırma sırasında ülkemizin dövme sanayisinin kapasite, kalite ve çeşitlilik konularında iyi bir noktaya gelmiş olduğunu görmüş bulunmaktayım. Başta otomotiv sanayisine hizmet veren bu tesislerimizin, yurtiçi üretimleri dışında ihracatları da artış göstermektedir. Çoğunlukla demir esaslı malzemelerin dövüldüğü ülkemizde, ihracata dönük bir çalışma olarak demir dışı

malzemelerin de (alüminyum alaşımları, titanyum alaşımları v.b.) dövülmesi için çalışmaların çok yakında başlayacak olması ise önemli bir gelişmedir. Ürün yelpazesinin gelişmesi hiç kuskusuz sanayisi gelişmiş ülkeler seviyesine gelmemizde ve rekabet gücümüzü arttırmamızda faydalı olacaktır.



FAYDALANILAN KAYNAKLAR

- 1.ASM Handbook,Department of Industrial Engineering Ohio State University ,Friction and Wear of Dies and Die Metals, Metals Park Ohio - 1992, Vol 18 -Sayfa 621-635 , 635 - 648
- 2.Open Die Forging Manual , 3rd Edition ,Forging Industry Association , Cleveland ,Ohio 1982, Sayfa 111 - 120
3. LANGE Kurt, Professor University of Stuttgart , Handbook of Metal Forming , McGraw - Hill Book Company , 1985 ,Bölüm 11.7 - 11.7.2
- 4.Failure Analysis & Prevention , Metals Handbook Vol 11 , 9th Edition , Sayfa 324 - 326
- 5.Forming and Forging , Metals Handbook ,Vol 14 , 9th Edition , Sayfa 45 - 47
- 6.Friction, Lubrication & Wear Technology , 1st Edition , Vol 18 . Friction and Wear of Tool Steels , 1992,Sayfa 734 - 739
- 7.Heat Treating - ASM Handbook , 1st Edition , Heat Treating of Hot Work Tool Steels , 1991, Sayfa 742 - 749
- 8.Forging Industry Handbook , Forging Industry Association ,Cleveland , Ohio 1970 Sayfa 142 - 160 , 166 - 175
- 9.Kohopaa,J - Hakonen,H - Kivivuori,S ,Wear Resistance of Hot Forging Tools Surfaced by Welding, Wear , Vol 130 . N 1 , 1 Mart 1989, Sayfa 103 -112
- 10.Sıcak İş Çeliklerinin İşgörmeliği , Ömür Etkileyici Etmenler, Omtaş Notları
- 11.Kalıplarda Karşılaşılan Sorunlar , Omtaş Notları
- 12.Failure Of Dies , Metals Handbook , Ohio 1974, Sayfa 500 - 507
- 13.Plasma Overcarburizing of Chromium Steels for Hot Working and Wear Applications ,Materials Science and Engineering ,A140 ,1991 , Sayfa 454 - 460

14.Prof.Nurullah GÜNTEKİN, Kaynak Teknigi , İstanbul 1991

15.Mühendis ve Makina , Mayıs 1994 , Sayı : 412 , Sayfa 28 - 31

16.Metal - Makina , Ocak 1993 , Sayfa 35 - 40

17.Prof.M.Ali TOPBAŞ , Isıl İşlemler ,Yıldız , İstanbul , 1993 ,Sayfa 245 - 308

18.Parsan Notları - Kalıp Hataları

19.Prof.M.Emin YURCİ ,Talaşsız Şekil Verme ,YTÜ , İstanbul 1992

20.Prof.M.Emin YURCİ ,Kalıp İmal Teknigi ,YTÜ , İstanbul 1992

21.Wegst C.W., Stahlschlüssel , 10th Edition ,1974 , West Germany ,207-209 , 314-317



Ek.1 - Başlıca takım çeliklerinin kompozisyonları ve DIN normu eşdeğerleri

Kompozisyon %

Standartlar

AISI	SAE	UNS	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	W	V	Co
Molibdenli yüksek hız çelikleri											
M1	M1	T11301	0.78-0.88	0.15-0.40	0.20-0.50	3.50-4.00	0.30 max	8.20-9.20	1.40-2.10	1.00-1.35	...
M2	M2	T11302	0.78-0.88; 0.95-1.05	0.15-0.40	0.20-0.45	3.75-4.50	0.30 max	4.50-5.50	5.50-6.75	1.75-2.20	...
M3 class 1	M3	T11313	1.00-1.10	0.15-0.40	0.20-0.45	3.75-4.50	0.30 max	4.75-6.50	5.00-6.75	2.25-2.75	...
M3 class 2	M3	T11323	1.15-1.25	0.15-0.40	0.20-0.45	3.75-4.50	0.30 max	4.75-6.50	5.00-6.75	2.75-3.75	...
M4	M4	T11304	1.25-1.40	0.15-0.40	0.20-0.45	3.75-4.75	0.30 max	4.25-5.50	5.25-6.50	3.75-4.50	...
M6	...	T11306	0.75-0.85	0.15-0.40	0.20-0.45	3.75-4.50	0.30 max	4.50-5.50	3.75-4.75	1.30-1.70	11.00-13.00
M7	...	T11307	0.97-1.05	0.15-0.40	0.20-0.55	3.50-4.00	0.30 max	8.20-9.20	1.40-2.10	1.75-2.25	...
M10	...	T11310	0.84-0.94; 0.95-1.05	0.10-0.40	0.20-0.45	3.75-4.50	0.30 max	7.75-8.50	...	1.80-2.20	...
M30	...	T11330	0.75-0.85	0.15-0.40	0.20-0.45	3.50-4.25	0.30 max	7.75-9.00	1.30-2.30	1.00-1.40	4.50-5.50
M33	...	T11333	0.85-0.92	0.15-0.40	0.15-0.50	3.50-4.00	0.30 max	9.00-10.00	1.30-2.10	1.00-1.35	7.75-8.75
M34	...	T11334	0.85-0.92	0.15-0.40	0.20-0.45	3.50-4.00	0.30 max	7.75-9.20	1.40-2.10	1.90-2.30	7.75-8.75
M36	...	T11336	0.80-0.90	0.15-0.40	0.20-0.45	3.75-4.50	0.30 max	4.50-5.50	5.50-6.50	1.75-2.25	7.75-8.75
M41	...	T11341	1.05-1.15	0.20-0.60	0.15-0.50	3.75-4.50	0.30 max	3.25-4.25	6.25-7.00	1.75-2.25	4.75-5.75
M42	...	T11342	1.05-1.15	0.15-0.40	0.15-0.65	3.50-4.25	0.30 max	9.00-10.00	1.15-1.85	0.95-1.35	7.75-8.75
M43	...	T11343	1.15-1.25	0.20-0.40	0.15-0.65	3.50-4.25	0.30 max	7.50-8.50	2.25-3.00	1.50-1.75	7.75-8.75
M44	...	T11344	1.10-1.20	0.20-0.40	0.30-0.55	4.00-4.75	0.30 max	6.00-7.00	5.00-5.75	1.85-2.20	11.00-12.25
M46	...	T11346	1.22-1.30	0.20-0.40	0.40-0.65	3.70-4.20	0.30 max	8.00-8.50	1.90-2.20	3.00-3.30	7.80-8.80
M47	...	T11347	1.05-1.15	0.15-0.40	0.20-0.45	3.50-4.00	0.30 max	9.25-10.00	1.30-1.80	1.15-1.35	4.75-5.25
Volframli yüksek hız çelikleri											
T1	T1	T12001	0.65-0.80	0.10-0.40	0.20-0.40	3.75-4.00	0.30 max	...	17.25-18.75	0.90-1.30	...
T2	T2	T12002	0.80-0.90	0.20-0.40	0.20-0.40	3.75-4.50	0.30 max	1.00 max	17.50-19.00	1.80-2.40	...
T4	T4	T12004	0.70-0.80	0.10-0.40	0.20-0.40	3.75-4.50	0.30 max	0.40-1.00	17.50-19.00	0.80-1.20	4.25-5.75
T5	T5	T12005	0.75-0.85	0.20-0.40	0.20-0.40	3.75-5.00	0.30 max	0.50-1.25	17.50-19.00	1.80-2.40	7.00-9.50
T6	T6	T12006	0.75-0.85	0.20-0.40	0.20-0.40	4.00-4.75	0.30 max	0.40-1.00	18.50-21.00	1.50-2.10	11.00-13.00
T8	T8	T12008	0.75-0.85	0.20-0.40	0.20-0.40	3.75-4.50	0.30 max	0.40-1.00	13.25-14.75	1.80-2.40	4.25-5.75
T15	...	T12015	1.50-1.60	0.15-0.40	0.15-0.40	3.75-5.00	0.30 max	1.00 max	11.75-13.00	4.50-5.25	4.75-5.25
Kromlu sıcak iş çelikleri											
H10	...	T20810	0.35-0.45	0.25-0.70	0.80-1.20	3.00-3.75	0.30 max	2.00-3.00	...	0.25-0.75	...
H11	H11	T20811	0.33-0.43	0.20-0.50	0.80-1.20	4.75-5.50	0.30 max	1.10-1.60	...	0.30-0.60	...
H12	H12	T20812	0.30-0.40	0.20-0.50	0.80-1.20	4.75-5.50	0.30 max	1.25-1.75	1.00-1.70	0.50 max	...
H13	H13	T20813	0.32-0.45	0.20-0.50	0.80-1.20	4.75-5.50	0.30 max	1.10-1.75	...	0.80-1.20	...
H14	...	T20814	0.35-0.45	0.20-0.50	0.80-1.20	4.75-5.50	0.30 max	...	4.00-5.25	...	...
H19	...	T20819	0.32-0.45	0.20-0.50	0.20-0.50	4.00-4.75	0.30 max	0.30-0.55	3.75-4.50	1.75-2.20	4.00-4.50
Volframli sıcak iş çelikleri											
H21	H21	T20821	0.26-0.36	0.15-0.40	0.15-0.50	3.00-3.75	0.30 max	...	8.50-10.00	0.30-0.60	...
H22	...	T20822	0.30-0.40	0.15-0.40	0.15-0.40	1.75-3.75	0.30 max	...	10.00-11.75	0.25-0.50	...
H23	...	T20823	0.25-0.35	0.15-0.40	0.15-0.60	11.00-12.75	0.30 max	...	11.00-12.75	0.75-1.25	...
H24	...	T20824	0.42-0.53	0.15-0.40	0.15-0.40	2.50-3.50	0.30 max	...	14.00-16.00	0.40-0.60	...
H25	...	T20825	0.22-0.32	0.15-0.40	0.15-0.40	3.75-4.50	0.30 max	...	14.00-16.00	0.40-0.60	...
H26	...	T20826	0.45-0.55	0.15-0.40	0.15-0.40	3.75-4.50	0.30 max	...	17.25-19.00	0.75-1.25	...
Molibdenli sıcak iş çelikleri											
H42	...	T20842	0.55-0.70	0.15-0.40	...	3.75-4.50	0.30 max	4.50-5.50	5.50-6.75	1.75-2.20	...
Havada sertleşen orta alaşımli soğuk iş çelikleri											
A2	A2	T30102	0.95-1.05	1.00 max	0.50 max	4.75-5.50	0.30 max	0.90-1.40	...	0.15-0.50	...
A3	...	T30103	1.20-1.30	0.40-0.60	0.50 max	4.75-5.50	0.30 max	0.90-1.40	...	0.80-1.40	...
A4	...	T30104	0.95-1.05	1.80-2.20	0.50 max	0.90-1.20	0.30 max	0.90-1.40	...	...	...
A6	...	T30106	0.65-0.75	1.80-2.50	0.50 max	0.90-1.20	0.30 max	0.90-1.40	...	...	...
A7	...	T30107	2.00-2.85	0.80 max	0.50 max	5.00-5.75	0.30 max	0.90-1.40	0.50-1.50	3.90-5.15	...
A8	...	T30108	0.50-0.60	0.50 max	0.75-1.10	4.75-5.50	0.30 max	1.15-1.65	1.00-1.50	...	...
A9	...	T30109	0.45-0.55	0.50 max	0.95-1.15	4.75-5.50	0.30 max	1.30-1.80	...	0.80-1.40	...
A10	...	T30110	1.25-1.50	1.60-2.10	1.00-1.50	...	1.55-2.05	1.25-1.75	...	...	...

Ek.1 - Devam

ANSI	SAE	UNS	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	W	V	Cu
Yüksek karbonlu yüksek kromlu soğuk iş çelikleri											
D7	D2	T30402	1.40-1.60	0.60 max	0.60 max	11.00-13.00	0.30 max	0.70-1.20	...	1.10 max	1.00 max
D3	D3	T30403	2.00-2.35	0.60 max	0.60 max	11.00-13.50	0.30 max	...	1.00 max	1.00 max	...
D4	...	T30404	2.05-2.40	0.60 max	0.60 max	11.00-13.00	0.30 max	0.70-1.20	...	1.00 max	...
D5	D5	T30405	1.40-1.60	0.60 max	0.60 max	11.00-13.00	0.30 max	0.70-1.20	...	1.00 max	2.50-3.50
D6	D6	T30406	2.15-2.50	0.60 max	0.60 max	11.50-13.50	0.30 max	0.70-1.20	...	3.80-4.40	...
Yağda sertleşen soğuk iş çelikleri											
O1	O1	T31501	0.85-1.00	1.00-1.40	0.50 max	0.40-0.60	0.30 max	...	0.40-0.60	0.30 max	...
O2	O2	T31502	0.85-0.95	1.40-1.80	0.50 max	0.35 max	0.30 max	0.30 max	...	0.30 max	...
O6	O6	T31506	1.25-1.55	0.30-1.10	0.55-1.50	0.30 max	0.30 max	0.20-0.30	...	...	...
O7	...	T31507	1.10-1.30	1.00 max	0.60 max	0.35-0.85	0.30 max	0.30 max	1.00-2.00	0.40 max	...
Şok dayanımlı çelikler											
S1	S1	T41901	0.40-0.55	0.10-0.40	0.15-1.20	1.00-1.80	0.30 max	0.50 max	1.50-3.00	0.15-0.30	...
S2	S2	T41902	0.40-0.55	0.30-0.50	0.90-1.20	...	0.30 max	0.30-0.60	...	0.50 max	...
S3	S3	T41903	0.50-0.65	0.60-1.00	1.75-2.25	0.35 max	...	0.20-1.35	...	0.35 max	...
S4	S4	T41904	0.40-0.50	1.20-1.50	2.00-2.50	1.20-1.50	...	0.30-0.50	...	0.20-0.40	...
S7	S7	T41907	0.45-0.55	0.20-0.80	0.20-1.00	3.00-3.50	...	1.30-1.80	...	0.20-0.30	...
Düşük alaşumlu özel amaç takım çelikleri											
L2	...	T61202	0.45-1.00	0.10-0.90	0.50 max	0.70-1.20	...	0.25 max	...	0.10-0.30	...
L6	L6	T61206	0.65-0.75	0.25-0.80	0.50 max	0.60-1.20	1.25-2.00	0.50 max	...	0.20-0.30	...
Düşük karbonlu çelikler											
P2	...	T51602	0.10 max	0.10-0.40	0.10-0.40	0.75-1.25	0.10-0.50	0.15-0.40	...	...	...
P3	...	T51603	0.10 max	0.20-0.60	0.40 max	0.40-0.75	1.00-1.50	...	...	...	...
P4	...	T51604	0.12 max	0.20-0.60	0.10-0.40	4.00-5.25	...	0.40-1.00	...	...	...
P5	...	T51605	0.10 max	0.20-0.60	0.40 max	2.00-2.50	0.35 max	...	...	...	...
P6	...	T51606	0.05-0.15	0.35-0.70	0.10-0.40	1.25-1.75	3.25-3.75	...	...	...	...
P20	...	T51620	0.28-0.40	0.60-1.00	0.20-0.80	1.40-2.00	...	0.30-0.55	...	...	...
P21	...	T51621	0.18-0.22	0.20-0.40	0.20-0.40	0.20-0.30	3.90-4.25	...	...	0.15-0.25	1.05-1.25
Suda sertleşen takım çelikleri											
W1	W108, W109, W110, W112	T72301	0.70-1.50	0.10-0.40	0.10-0.40	0.15 max	0.20 max	0.10 max	0.15 max	0.10 max	...
W2	W209, W210	T72302	0.85-1.50	0.10-0.40	0.10-0.40	0.15 max	0.20 max	0.10 max	0.15 max	0.15-0.35	...
W3	...	T72305	1.05-1.15	0.10-0.40	0.10-0.40	0.40-0.60	0.20 max	0.10 max	0.15 max	0.10 max	...

Ek.1 - Devam

Çeliklerin DIN normlarında eşdeğerleri

A2.....	1.2363 (X 100 CrMoV 51)	O1.....	1.2510 (100 MnCrW 4)
A3.....	—	O2.....	1.2842 (90 MnV 8)
A4.....	—	O6.....	—
A5.....	—	O7.....	1.2608 (110 WCrV Mo 1 2 1)
A6.....	—	S1.....	1.2542 (45 W CrV 7)
A7.....	—	S2.....	—
A8.....	1.2606 (X 37 CrMoW 5 1)	S5.....	—
A9.....	—	S6.....	—
A10.....	—	S7.....	—
D2.....	1.2379 (X 155 CrV Mo 1 2 1)	T1.....	1.3355 (S 18 - 0 - 1)
D3.....	—	T2.....	1.3357 (S 18 - 0 - 2)
D4.....	—	T4.....	1.3255 (S 18 - 1 - 2 - 5)
D5.....	1.2898	T5.....	1.3265 (S 18 - 1 - 2 - 10)
D7.....	—	T6.....	—
H10.....	1.2365 (X 32 CrMoV 3 3)	T8.....	1.3251 (S 12 - 1 - 2 - 5)
H11.....	1.2343 (X 38 CrMoV 5 1)	T15.....	1.3202 (S 12 - 1 - 4 - 5)
H12.....	1.2606 (X 37 CrMoW 5 1)	L2.....	1.2235 (80 CrV 2)
H13.....	1.2344 (X 40 CrMoV 5 1)	L6.....	1.2714 (56 NiCrMoV 7)
H14.....	—	P2.....	—
H19.....	—	P3.....	1.2712 (15 CrNi 6)
H21.....	1.2581 (X 30 WCrV 9 3)	P4.....	1.2341 (X 6 CrMo 4)
H22.....	—	P5.....	—
H23.....	1.2625 (X 33 WCrV Mo 12 12)	P6.....	1.2735 (15 NiCr 14)
H24.....	—	P20.....	1.2330 (35 CrMo 4)
H25.....	—	P21.....	—
H26.....	1.2587 (X 60 WCrV 18 4 1)	W1.....	—
H42.....	—	W2.....	—
M1.....	1.3346 (S 2 - 9 - 1)	W5.....	1.2025 (110 Cr 2)
M2.....	1.3343 (S 6 - 5 - 2)	6G.....	—
M3.....	—	6F2.....	1.2713 (55 Ni CrMoV 6)
M4.....	—	6F3.....	1.2714 (56 NiCrMo V 7)
M6.....	—	6F4.....	—
M7.....	1.3348 (S 2 - 9 - 2)	6F5.....	—
M10.....	1.3345 (S 0 - 8 - 2)	6F6.....	—
M30.....	1.3249 (S 2 - 9 - 2 - 8)		
M33.....	1.3249 (S 2 - 9 - 2 - 8)		
M34.....	—		
M36.....	—		
M41.....	—		
M42.....	—		
M43.....	—		
M44.....	—		
M46.....	—		
M47.....	—		

Ek.2 - Kalıp çeliklerinin alarım oranları ve bazı ısıtım özellikleri

AISI Çelik Tipi	Z C	Z Mn	Z Si	Z P	Z S	Z V	Z Nb	Z Ti	En istenilen sıcaklığı (°C)	Sertleşme hızı (mm/s)	Sertleşme sıcaklığı (°C)	Sertleşme en az bekletme süresi (dak.)	Soyutma ortamı (°)	İstisna sıcaklığı (°C)	Isıya karşı dayanıklılık	Isıya karşı direnç	Ağır yapıya karşı direnç	İşlenilebilirlik
M1	0.70-1.10	...	...	...	...	...	...	...	...	Yavaş	780-815	15	T. veya H. su	142-287	iyi	Kötü	Orta	Çok iyi
M2	0.85-1.10	...	...	...	...	...	...	...	...	Yavaş	780-815	15	T. veya H. su	142-287	Çok iyi	Kötü	Orta	Çok iyi
O1	0.85-0.95	1.00-1.30	0.20-0.40	0.40-0.60	...	0.20	0.40-0.60	...	650	Yavaş	780-815	15	Yağ	142-280	iyi	Kötü	Orta	iyi
O2	0.85-0.95	1.40-1.80	0.20-0.40	0.30-0.40	...	0.20	0.30-0.40	...	650	Yavaş	780-815	15	Yağ	142-280	iyi	Kötü	Orta	iyi
O6	1.25-1.55	0.30-1.00	0.80-1.20	...	...	...	0.20-0.30	...	650	Yavaş	780-815	30	Yağ	140-315	iyi	Kötü	Orta	Çok iyi
S1	0.45-0.55	0.20-0.40	0.25-0.45	1.25-1.75	0.40	0.15-0.30	1.00-3.00	...	675	Yavaş	875-960	20	Yağ	240-340	Çok iyi	iyi	Orta	Orta
S2	0.45-0.55	0.30-0.50	0.80-1.20	...	0.40-0.60	0.25	...	...	675	Yavaş	875-960	10	T. veya H. su	175-370	Orta	iyi	Kötü	Orta
S4	0.50-0.60	0.70-0.90	1.80-2.10	...	...	...	...	...	675	Yavaş	875-960	10	T. veya H. su	175-370	Orta	iyi	Kötü	Orta
S5	0.50-0.60	0.60-0.90	1.80-2.20	0.30	0.30-0.50	0.25	...	...	675	Yavaş	875-960	10	Yağ	175-370	Orta	iyi	Kötü	Orta
S7	0.45-0.55	...	...	3.00-3.50	1.30-1.50	...	...	...	675	Yavaş	875-960	20	Hava veya Yağ	205-350	Orta	iyi	iyi	Orta
A2	0.75-1.05	0.45-0.75	0.20-0.40	4.75-5.50	0.90-1.40	0.40	...	...	675	Yavaş	940-960	30	Hava	175-510	Orta	Orta	iyi	Orta
A4	0.75-1.05	1.90-2.10	...	0.90-1.10	0.90-1.40	...	...	...	675	Yavaş	815-870	20	Hava	142-420	Orta	Orta	iyi	Orta
A6	0.15-0.75	1.90-2.10	...	0.90-1.10	0.90-1.40	...	...	...	675	Yavaş	815-870	20	Hava	142-420	Orta	Orta	iyi	Orta
A7	2.00-2.50	...	...	5.00-5.50	0.90-1.40	4.50-5.00	...	...	675	Yavaş	925-965	30	Hava	142-530	Kötü	Orta	Çok iyi	Çok kötü
A8	0.50-0.60	...	...	4.75-5.50	0.90-1.40	...	1.20-1.30	...	675	Yavaş	935-1010	30	Hava	142-510	Çok kötü	iyi	Çok iyi	Orta
A10	1.30-1.40	1.70-1.90	1.20-1.30	...	1.40-1.60	...	...	...	...	Yavaş	735-815	45	Hava	140-315	Orta	Orta	iyi	iyi
D2	1.40-1.60	0.30-0.50	0.30-0.50	11.0-13.0	0.70-1.20	0.80	...	...	785	Çok yavaş	1000-1050	45	Hava	210-510	Kötü	Orta	iyi	Kötü
D3	2.00-2.35	0.25-0.45	0.25-0.45	11.0-13.0	0.80	0.80	0.75	...	785	Çok yavaş	1000-1050	45	Yağ	210-510	Kötü	Orta	Çok iyi	Kötü
D4	2.00-2.35	0.30-0.50	...	11.0-13.0	0.70-1.20	...	...	...	785	Çok yavaş	1000-1050	45	Hava	210-510	Kötü	Orta	Çok iyi	Kötü
D5	1.40-1.60	0.30-0.50	0.30-0.50	11.0-13.0	0.70-1.20	0.80	...	...	785	Çok yavaş	1000-1050	45	Hava	210-510	Kötü	Orta	Çok iyi	Kötü
D7	2.15-2.50	0.30-0.50	0.30-0.50	11.0-13.0	0.70-1.20	5.80-6.40	...	...	785	Çok yavaş	940-980	45	Hava	140-330	Kötü	Orta	Çok iyi	Çok kötü
H11	0.30-0.40	0.20-0.40	0.80-1.20	4.75-5.50	1.25-1.75	0.30-0.50	...	...	800	Yavaş	980-1020	35	H.Y. veya T. su	510-590	Çok iyi	Orta	iyi	iyi
H12	0.30-0.40	0.20-0.40	0.80-1.20	4.75-5.50	1.25-1.75	0.10-0.50	1.00-1.70	...	800	Yavaş	980-1020	35	H.Y. veya T. su	530-580	Çok iyi	Orta	iyi	iyi
H13	0.30-0.40	0.20-0.40	0.80-1.20	4.75-5.50	1.25-1.75	0.80-1.20	...	...	800	Yavaş	995-1025	35	H.Y. veya T. su	510-590	Çok iyi	Orta	iyi	iyi
H21	0.30-0.40	0.30-0.40	0.15-0.30	3.00-3.75	...	0.30-0.50	8.75-10.0	...	800	Yavaş	1000-1040	35	H.Y. veya T. su	510-590	Çok iyi	Orta	iyi	iyi

H: Hava, Y: Yağ, T: Tuzlu Su, N: Normal Su

Özgeçmiş

Kişisel Bilgiler

Adı , Soyadı.....Sinan COŞKUN

Doğum Tarihi.....29.08.1970

Doğum Yeri.....İstanbul

Eğitim

Yüksek Lisans.....Yıldız Teknik Üniversitesi - Fen Bilimleri Enstitüsü
Makina Mühendisliği Bilim Dalı
Makina Malzemesi Ve İmalat Teknolojisi Ana Bilim Dalı (1993 -)

Lisans.....Yıldız Teknik Üniversitesi - Makina Mühendisliği
Konstrüksiyon Ve İmalat Ana Bilim Dalı (1988 - 1992)

Orta Eğitim.....Kadıköy Anadolu Lisesi Lise Kısmı (1985 - 1988)
Kadıköy Anadolu Lisesi Orta Kısmı (1981 - 1985)

Yabancı Dil.....İngilizce

YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
TANTASYON BÜYÜK