

766176

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SICAK İŞ SÜBAP KALIPLARININ ÖMÜRLERİNİN  
ETÜDÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**Mak. Müh. Fatih KARCAN**  
**(503021308)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 15 Haziran 2005**  
**Tezin Savunulduğu Tarih : 2 Haziran 2005**

**Tez Danışmanı : Prof.Dr. Barlas ERYÜREK**  
**Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Adnan DİKİCİOĞLU (İTÜ)**  
**Prof.Dr. Nurullah GÜLTEKİN (YTÜ)**

*Handwritten signatures of the supervisors and jury members.*

**HAZİRAN 2005**

## ÖNSÖZ

Günümüzde, üretim sistemlerinin gelişmesi ve ilerlemesiyle birlikte üretim zamanı ve üretim prosesleri rekabetçi ortamda maliyeler açısından çok önemli bir noktaya varmıştır. Üretim zamanlarında veya proseste yapılabilecek gelişmeler verimlilik dolayısıyla maliyetler açısından toplamda büyük faydalar sağlamaktadır. Bu yüksek lisans çalışmasının amacı Borusan Holding e bağlı olan Supsan AŞ. de imalatı yapılmakta olan sübapların kalıplarının ömürlerinin incelenmesidir.

Bu tezi hazırlamamda değerli bilgileri ve desteğiyle bana yol gösteren danışmanım Sayın Prof. Dr. Barlas ERYÜREK' e ve deneysel çalışmalarında firma olanaklarını sağlayan Supsan AŞ' ye teşekkürlerimi sunarım.

HAZİRAN-2005

Fatih KARCAN

## İÇİNDEKİLER

|                                                   |     |
|---------------------------------------------------|-----|
| KISALTMALAR                                       | v   |
| TABLO LİSTESİ                                     | vi  |
| ŞEKİL LİSTESİ                                     | vii |
| SEMBOL LİSTESİ                                    | ix  |
| ÖZET                                              | x   |
| SUMMARY                                           | xii |
| <br>                                              |     |
| 1. GİRİŞ                                          | 1   |
| 1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı                    | 1   |
| 2. SÜBABIN TANIMLANMASI                           | 4   |
| 2.1. Firmanın Tanıtımı                            | 4   |
| 2.2. Sübap Nedir ve Çalışması                     | 5   |
| 2.3. Sübapın Üretim Aşamaları                     | 7   |
| 2.4. Sübap Malzemesi ve Teknik Bilgileri          | 10  |
| 3. DÖVME PROSESİ                                  | 11  |
| 3.1. Dövme Prosesinin Sistemik Olarak Tanıtılması | 11  |
| 4. DÖVME KALIBI                                   | 14  |
| 4.1. Dövme Kalıbı Malzemesi                       | 14  |
| 4.2. Dövme Kalıbının İşlenilmesi                  | 15  |
| 5. DÖVME KALIBININ ISIL İŞLEMİ                    | 16  |
| 5.1. Östenitleme                                  | 16  |
| 5.2. Su Verme                                     | 17  |
| 5.3. Temperleme                                   | 17  |
| 6. YÜZEY SERTLEŞTİRME                             | 22  |
| 6.1. Yüzey Sertleştirme Yöntemleri                | 22  |
| 6.2. Nitrasyon                                    | 23  |
| 6.2.1. Gaz nitrasyonu                             | 23  |
| 6.2.2. Sıvı nitrasyon                             | 24  |
| 6.2.3. İyon nitrasyonu                            | 24  |

|                                                         |           |
|---------------------------------------------------------|-----------|
| 6.2.3.1. Elektriksel boşalma                            | 26        |
| <b>7. DÖVME KALIPLARINDA HASAR OLUŞUMU</b>              | <b>30</b> |
| 7.1. Sürtünme aşınmaları                                | 31        |
| 7.1.1 Yağlama                                           | 31        |
| 7.1.2 Yüzey parlatma                                    | 32        |
| 7.2. Termal yorulma                                     | 34        |
| <b>8. DENEYSEL ÇALIŞMA</b>                              | <b>35</b> |
| 8.1. İyon Nitrasyon Düzeneği                            | 35        |
| 8.2. Deney Kalıplarının Tanımlanması                    | 37        |
| 8.3. Deney Numunelerinin Tanımlanması                   | 38        |
| 8.4. Nitrasyon Deneyinin Yapılması                      | 39        |
| 8.5. Üretim Denemelerinin Yapılması                     | 40        |
| 8.6. Kalıp İncelemeleri                                 | 45        |
| 8.7. Deney Verileri                                     | 46        |
| 8.7.1. Deney Böhler W321 – 2 saat                       | 46        |
| 8.7.2. Deney Böhler W321 – 8 saat                       | 46        |
| 8.7.3. Deney Ramatex 1.2344 - 2 saat                    | 47        |
| 8.7.4. Deney Ramatex 1.2344 - 4 saat                    | 49        |
| 8.7.5. Deney Ramatex 1.2344 - 8 saat                    | 51        |
| 8.7.6. Deney Aroymak 1.2714 – 4 saat                    | 53        |
| 8.7.7 Deney Ramatex 1.2344 - 4 saat – yüzey parlatılmış | 54        |
| <b>9. SONUÇLAR VE TARTIŞMA</b>                          | <b>55</b> |
| <b>KAYNAKLAR</b>                                        | <b>59</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ</b>                                         | <b>61</b> |

## **KISALTMALAR**

|            |                                                         |
|------------|---------------------------------------------------------|
| <b>TÜV</b> | : Technischer Überwachungs-Verein                       |
| <b>ISO</b> | : <i>International Organization for Standardization</i> |
| <b>OEM</b> | : Original Equipment Manufacturer                       |
| <b>HRC</b> | : Hardness Rockwell C                                   |
| <b>HV</b>  | : Hardness Vickers                                      |
| <b>CAD</b> | : Computer Aided Design                                 |
| <b>CAM</b> | : Computer Aided Manufacturing                          |
| <b>CAE</b> | : Computer Aided Engineering                            |
| <b>CNC</b> | : Computer Numeric Control                              |
| <b>TTT</b> | : Time – Temperature - Transformation                   |



## TABLO LİSTESİ

|                                                                                        | <u>Sayfa No</u> |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>Tablo 2.1.</b> Sübap kafa malzemesi.....                                            | 11              |
| <b>Tablo 2.2</b> Sübap sap malzemesi.....                                              | 11              |
| <b>Tablo 2.3</b> Sübap kafa ve sap malzemesi.....                                      | 11              |
| <b>Tablo 4.1</b> Kalıp malzemesi.....                                                  | 14              |
| <b>Tablo 5.1.</b> Kalıbı ısıtıl işlemleri proses açıklaması .....                      | 21              |
| <b>Tablo 8.1.</b> Böhler W321 – 2 saat uygulama sonuçları .....                        | 48              |
| <b>Tablo 8.2.</b> Böhler W321 – 8 saat uygulama sonuçları .....                        | 49              |
| <b>Tablo 8.3.</b> Ramatex 1.2344 - 2 saat uygulama sonuçları.....                      | 49              |
| <b>Tablo 8.4.</b> Ramatex 1.2344 - 2 saatlik numune için sertlik değerleri.....        | 50              |
| <b>Tablo 8.5.</b> Ramatex 1.2344 - 2 saatlik numune için sertlik değerleri.....        | 50              |
| <b>Tablo 8.6.</b> Ramatex 1.2344 - 4 saat uygulama sonuçları.....                      | 51              |
| <b>Tablo 8.7.</b> Ramatex 1.2344 - 4 saatlik numune için sertlik değerleri.....        | 52              |
| <b>Tablo 8.8.</b> Ramatex 1.2344 - 4 saatlik numune için sertlik değerleri.....        | 52              |
| <b>Tablo 8.9.</b> Ramatex 1.2344 - 8 saat uygulama sonuçları.....                      | 53              |
| <b>Tablo 8.10.</b> Ramatex 1.2344 - 8 saatlik numune için sertlik değerleri.....       | 54              |
| <b>Tablo 8.11.</b> Ramatex 1.2344 - 8 saatlik numune için sertlik değerleri.....       | 54              |
| <b>Tablo 8.12.</b> Aroymak 1.2714 – 4 saat uygulama sonuçları.....                     | 55              |
| <b>Tablo 8.13.</b> Ramatex 1.2344 - 4 saat – yüzey parlatılmış uygulama sonuçları..... | 56              |

## ŞEKİL LİSTESİ

|                                                                                                                | <u>Sayfa No</u> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Şekil 1.1 : Kalıp ömrüne etki eden imalat parametreleri.....                                                   | 3               |
| Şekil 2.1 : Supsan sübap örnek resimleri.....                                                                  | 4               |
| Şekil 2.2 : Sübabin çalışması.....                                                                             | 5               |
| Şekil 2.3 : Sübapın motor içindeki kesit görünüşü.....                                                         | 7               |
| Şekil 2.4 : HB Ø7.30 modeli sübap teknik resmi.....                                                            | 10              |
| Şekil 3.1 : Kapalı kalıpta dövme işleminin sistematik olarak gösterilmesi.....                                 | 11              |
| Şekil 3.2 : Sübap dövme işleminin şematik olarak gösterimi.....                                                | 12              |
| Şekil 3.3 : Kafa şişirilmiş parçaların uygunluğunun kontrol kriterleri.....                                    | 13              |
| Şekil 4.1 : Dövme kalıbı teknik resmi.....                                                                     | 15              |
| Şekil 5.1 : Dövme kalıbı için firmanın uyguladığı ısıtma işlemi.....                                           | 19              |
| Şekil 5.2 : H13 sıcak iş takım çeliği ttt diyagramı.....                                                       | 20              |
| Şekil 5.3 : Isıtma işlem sonrası kalıbın mikro yapısı x 400, nitille<br>dağlanmış.....                         | 21              |
| Şekil 6.1 : Yüzey sertleştirme yöntemleri çapa.....                                                            | 24              |
| Şekil 6.2 : Nitratasyona uğramış yapının şematik gösterimi.....                                                | 26              |
| Şekil 6.3 : Demir – azot faz diyagramı.....                                                                    | 28              |
| Şekil 6.4 : Paschen eğrisi-farklı elektriksel boşalma tiplerinin voltaj-akım<br>karakteristiği.....            | 27              |
| Şekil 7.1 : Parlaklık tane boyutuna göre oluşan yüzey görüntüleri (x300)                                       | 33              |
| Şekil 8.1 : Nitratasyon deney düzeneği şematik gösterimi.....                                                  | 36              |
| Şekil 8.2 : Nitratasyon deney düzeneği resmi.....                                                              | 36              |
| Şekil 8.3 : Nitratasyon işlemi sırasında sübap kalıplarının görünüşü.....                                      | 37              |
| Şekil 8.4 : Tel erozyonda kesilmiş kalıp numunesinin görünüşü.....                                             | 38              |
| Şekil 8.5 : Boy kesilmiş sübap malzemesinin kafa şişirme teçhizatında<br>hazırlık aşaması.....                 | 41              |
| Şekil 8.6 : Kafa şişirme işlemi.....                                                                           | 42              |
| Şekil 8.7 : Kafa şişirilmiş malzemenin operatör tarafından kalıba<br>yerleştirilmesi.....                      | 43              |
| Şekil 8.8 : Dövülmüş sübap malzemesinin görünüşü.....                                                          | 43              |
| Şekil 8.9 : İtici tarafından otomatik olarak kalıp dışına itilen sübabin<br>görünüşü.....                      | 44              |
| Şekil 8.10 : Firma dövme prosesi planı.....                                                                    | 45              |
| Şekil 8.11 : Kalıpyüzeyi sertlik dağılımı (kalıp no: 2603 ).....                                               | 48              |
| Şekil 8.12 : Kalıp yüzeyi nitratasyon tabakasının görüntüsü x 200, nitille<br>dağlanmış (kalıp no: 2603 )..... | 49              |
| Şekil 8.13 : kalıp yüzeyi sertlik dağılımı (kalıp no: 3142 ).....                                              | 50              |

|                   |                                                                                                            |    |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 8.14</b> | : Kalıp yüzeyi nitrasyon tabakasının görüntüsü a.x 100, b.x 200<br>nitale dağlanmış (kalıp no : 3142)..... | 51 |
| <b>Şekil 8.15</b> | : Kalıp yüzeyi sertlik dağılımı (kalıp no : 3139).....                                                     | 52 |
| <b>Şekil 8.16</b> | : Kalıp yüzeyi nitrasyon tabakasının görüntüsü x 200 nitale<br>dağlanmış (kalıp no : 3139).....            | 53 |
| <b>Şekil 9.1</b>  | : Farklı nitrasyon işlemi sonucunda kalıp dış yan yüzeyinde<br>oluşan sertlik dağılımı.....                | 56 |
| <b>Şekil 9.2</b>  | : Malzemenin mikro yapısı x 400.....                                                                       | 57 |
| <b>Şekil 9.3</b>  | : Kalıbın boyun bölgesi x 100.....                                                                         | 57 |
| <b>Şekil 9.4</b>  | : Kalıp yüzeyi sertlik dağılımları (kalıp no : 2603).....                                                  | 58 |

## SEMBOL LİSTESİ

|            |                       |
|------------|-----------------------|
| $\gamma'$  | : Fe <sub>4</sub> N   |
| $\epsilon$ | : Fe <sub>2-3</sub> N |



## SICAK İŞ SÜBAP KALIPLARININ ÖMÜRLERİNİN ETÜDÜ

### ÖZET

Bu tez çalışması otomotiv endüstrisinde motorun bir parçası olan, sübap üretimi yapan Supsan A.Ş. bünyesinde yapılmıştır.

Tez çalışmasının ana inceleme konusu, sübap imalatında verimliliği arttırmak ve üretim maliyetlerini azaltmak için imalatındaki prosesin aşamalarından birisi olan dövme adımında kullanılan sübap dövme kalıplarının ömürlerini incelemektir

Bununla ilgili olarak firmanın halihazırda imalatında olan Renault – Megane HB Ø 7.30 kodlu sübap üretimi için kullandığı 40164 fabrika kodlu dövme kalıbı incelemek üzere belirlenmiştir. Bu model sübap martenzitik çelikten; kalıp ise H13 sıcak iş takım çeliğinden imal edilmektedir.

İncelemede seçilen kalıp modeli, firmanın bilgi birikimini de dikkate alarak belirlenmiş ve bu modelin üretiminde diğerlerinden farklı olarak müşterilerin sübapın boyun bölgesindeki lifli yapının bozulmasına sebebiyet verebilecek herhangi bir bitirme operasyonunu istememesi nedeniyle tercih edilmiştir. Bu kalıp modelinde yapılabilecek her türlü olumlu gelişmenin diğer kalıp modellerine de uygulanması düşünülmektedir.

Halihazırda devam eden dövme prosesinde kalıp ömürleri yaklaşık olarak 850 – 940 adette, süre olarak da 2,5 ile 3 saatte bir dövme kalıbın değiştirilmesine ihtiyaç göstermektedir. Bu değiştirme işlemi yaklaşık olarak 30 dakika kadar sürmektedir. Değiştirme işlemi sırasında işçilik kaybı, presin boşa kalması ve imalatta aksamalara ve verimliliğin düşmesine sebep olmaktadır. Sıcak dövme kalıbının maliyeti ve dış yan sanayiciye bağlı olan üretim prosesinin takibi de ek bir yük getirmektedir.

Burada sıcak dövme kalıbı ömrüne etki eden faktörler incelenmiş ve geliştirme olabileceğini düşündüğümüz dövme kalıbı yüzey sertleştirme işlemi ve yüzey bitirme işlemleri üzerinde deneyler yapılmıştır.

Yüzey sertleştirme metodu, firmanın kullandığı sıvı nitrasyon yönteminden farklı olarak iyon nitrasyonu tercih edilmiş ve firmanın kullandığı benzer malzemeler için farklı sürelerde iyon nitrasyonu denemeleri yapılmıştır. Dövme kalıp ömrüne etkileyen bir diğer faktör olan yüzey bitirme işlemi firmada uygulanan dairesel yüzey parlatma yerine, iyon nitrasyonu öncesinde dış yan sanayide dairesel parlatma çizgilerinin oluşmasına sebebiyet vermeyecek şekilde parlattırılmıştır.

Hazırlanan deney numunesi kalıplar, devam eden imalatta ve mevcut dövme kalıpları ile aynı şartlarda fiili olarak üretimde kullanılmasının sağlanmasına özellikle dikkat edilmiş, oluşan ömür değerleri raporlanmış, dövme kalıbı yüzeyinde oluşan nitrasyon yapısı ve sertlik dağılımı incelenmiş ve fotoğraflandırılmıştır.

Yapılan alışmalar sonucunda görülmüştür ki; dövme kalıbı yüzeyindeki nitrasyon tabakası 4 saatlik iyon nitrasyon deneyleri sonucunda en yüksek değerine ulaşmıştır. Ayrıca yüzey parlatma işlemindeki yapılan iyileştirme sonucu dövme baskı adeti yaklaşık olarak firmanın standart kalıplarına göre ortalama 850 - 940 adetten %20-25 iyileşme ile ortalama 1050 ile 1185 adetlerine yükseldiği gözlemlenmiştir. Bu iyileştirmeler, imalatda kullanılmakta olan diğer model dvme kalıplarına da uygulanabilecektir.



## **THE INVESTIGATION OF THE LIFE OF HOT FORGING DIE USED FOR MANUFACTURING OF ENGINE VALVE**

### **SUMMARY**

This thesis study was done in Supsan A.S. that is an engine valve manufacturer in automotive industry.

The major subject of this thesis is the investigating of the life of hot forging dies which is used for the stage of the engine valve manufacturing. The aim of this study is to increase the productivity and decrease the cost in the manufacturing.

For this reason, 40164 manufacturer code the hot forging die made of H13 hot work tool steel was chosen which is already active model in the company that these dies are in using of Renault – Megane HB Ø7.30 model engine valve made of martensitic stainless steel.

The company's experience and customer requests were major factors on this decision. The customer has advised no final operation as different from other type engine valves in the range of the company to avoid damaging on the fiber structure of the neck of this model engine valve. Every positive improvement on the life of this model forging die would be applicable for all types hot forging dies of engine valves.

At the present time, the hot forging dies should be changed in every 850 and 940 pieces that means 2,5 and 3 hours. Every changing operation takes about 30 minutes. These operations cause the loss of the human power, the interruption on the operation machines and process, the reducing the productivity.

The forging die cost and the planning of die manufacturing process depending on the subcontractors are extra charge for company.

In this stage, the effective factors of hot forging die life were described and some experiments were done on the hot forging surface hardening and finishing methods which may be development area.

Ion nitriding which is surface hardening method was chosen as different from liquid nitriding used by company and some ion nitriding experiments were done on similar material else in using in the company and for the different nitriding times. Besides, surface finishing method which is another factor for hot forging die life was changed instead of the company's operation which causes circular polishing line before the ion nitriding operation, the hot forging dies were sent to a subcontractor to be done surface finishing operation not to cause any circular polishing lines.

The completed experiment samples were used in the manufacturing as being careful to provide exactly same operation conditions. The result of the experiments of hot forging

die samples was reported; the hardness dispersion of the nitriding structure on the hot forging die surface was investigated and photographed.

At the end of the study, the nitriding layer reached the maximum level on 4 hours nitriding time. Besides, the better results due to surface finishing operation were obtained from 850 and 940 pieces to 1050 and 1185 pieces by the operation quantity that means %20-25 improvement according to the standard dies which are using in the company. These improvements can be applicable for all other model hot forging dies in the company.



## 1. GİRİŞ

### 1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı

Günümüzde imalat teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte üretimde maliyet, kalite, verimlilik ve zamanında üretim daha da önemli unsurlar olmuştur.

Bu tez çalışması Supsan A.Ş bünyesinde yapılmıştır. Firma ülkemizdeki en büyük ve dünyada sayılı sübap üreticilerinden birisidir. Firmada farklı boyut ve özelliklerde sübap imalatı yapılmaktadır.

Bizim çalışmalarımızda incelediğimiz temel konu, sübap imalatında verimliliği arttırmak ve üretim maliyetlerini azaltmak için imalatındaki prosesin aşamalarından birisi olan dövme adımıyla kullanılan sübap dövme kalıplarının ömürlerini incelemektir.

Bununla ilgili olarak firmanın halihazırda imalatında olan Renault – Megane HB Ø 7.30 modeli imalatında kullanılan 40164 fabrika kodlu H13 sıcak iş kalıp malzemesinden yapılmış olan martenzitik paslanmaz çelikten sübap üretiminde kullanılan dövme kalıbı incelemek üzere belirlenmiştir.

Bu modelin seçilmesindeki temel sebep, bu modele özel olarak, dövme aşamasından sonra işlenen malzemenin en kritik bölgesi olan boyun bölgesinde dövme işleminden dolayı oluşan lifli yapının zarar görmesine neden olabilecek taşlama veya tornalama gibi bir bitirme işleminin müşteri firma tarafından istenilmemesi ve bu sebeple kalıptaki oluşacak her türlü deformasyonun üretim prosesini direkt etkilemesidir. Bu modelde yapılabilecek her türlü gelişme diğer modellerin dövme kalıplarına da uygulanabilecektir.

Sübap dövme kalıplarının ömürlerinin kısalığı; sarfının çok olmasından dolayı ek kalıp maliyeti, imalatın aksamaması için sürekli yedek kalıp bulundurulması, bu kalıpların imalatının sürekli takibinin yapılması gerekliliği oluşturmaktadır.

Dövme kalıplarının imalat aşamalarının; hammadde temini, işlenilmesi, ısıl işlemi, yüzey sertleştirme ve yüzey parlatma olduğunu, bu proseslerden bazılarının dış yan sanayicilerde yaptırıldığını dikkate aldığımızda dövme kalıbı üretimi prosesinin uzun, firma dışı faktörlere de bağlı ve takip gerektiren bir planlama süreci olduğu görülmektedir.

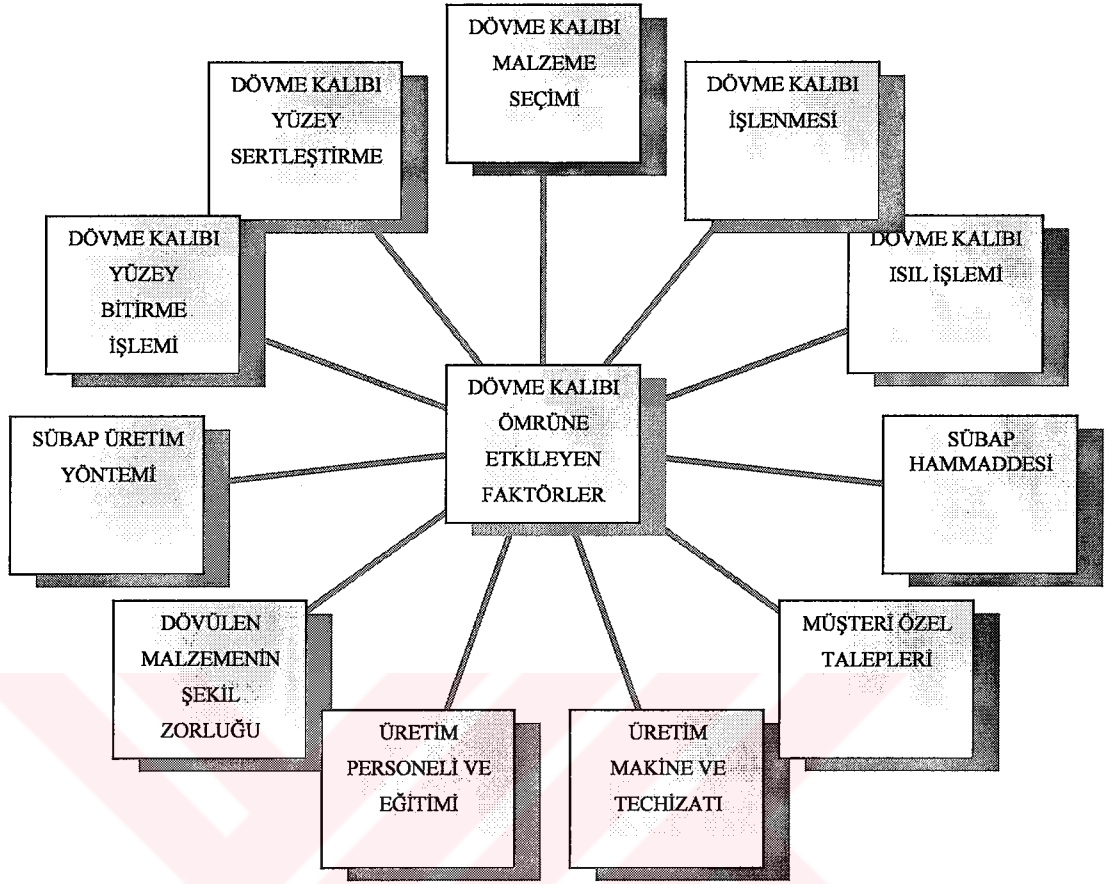
HB Ø7.30 modeli sübap imalatında kullanılan dövme kalıp ömrü halihazırda devam eden imalat sırasında, yaklaşık olarak 2,5 – 3 saatte bir dövme kalıbın değiştirilmesine ihtiyaç göstermekte ve bu değiştirme işlemi yaklaşık 30 dakika sürmektedir.

Değişme işlemi sırasında işçilik kaybı, presin boşa kalması ve üretim prosesindeki kesiklik üretimin aksamasına ve verimliliğin düşmesine sebep olmaktadır. Ayrıca bu işlemler üretim planlamasının daha karmaşık ve bu sebeple hatalara daha açık olmasına sebep olduğundan dövme kalıp ömürlerinin etüt edilmesine gereksinim duymuştur.

İmalat prosesine etki eden temel faktörler ve dövme kalıbıyla olan ilişkileri Tablo 1.1 kalıp ömrüne etki eden imalat parametrelerinde gösterilmektedir.

Firmanın uzun yıllar imalat yapmasından dolayı oluşan bilgi birikimlerini de dikkate alarak, inceleme sonuçlarına göre proseste iyileştirme yapılabileceğini düşündüğümüz dövme kalıbı yüzey sertleştirme ve yüzey bitirme işlemi çalışmalarımızın temelini oluşturmaktadır.

Bu çalışmada yüzey sertleştirme yöntemi olarak iyon nitrasyon işlemi tercih edilmiş olup bu işlemin kalıp ömrü ve yüzey sertliği üzerindeki etkisi araştırılmış ve yüzey parlatma işleminde iyileştirmeler yapılarak kalıp ömrüne etkisi deneylerle de gözlemlenmiştir.



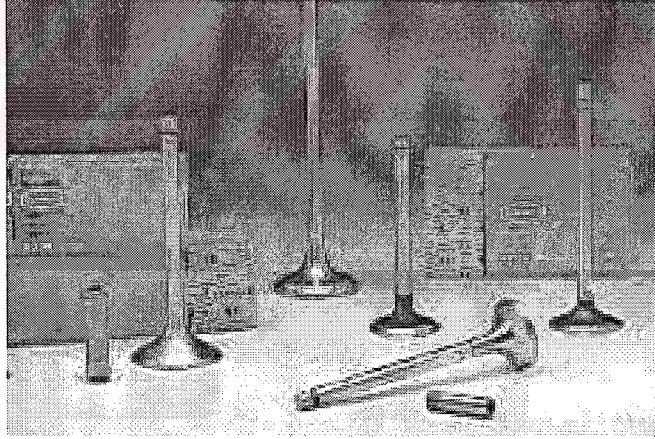
**Şekil 1.1 : Kalıp Ömrüne Etki Eden İmalat Parametreleri**

## 2. SÜBABIN TANIMLANMASI

### 2.1. Firmanın Tanıtımı

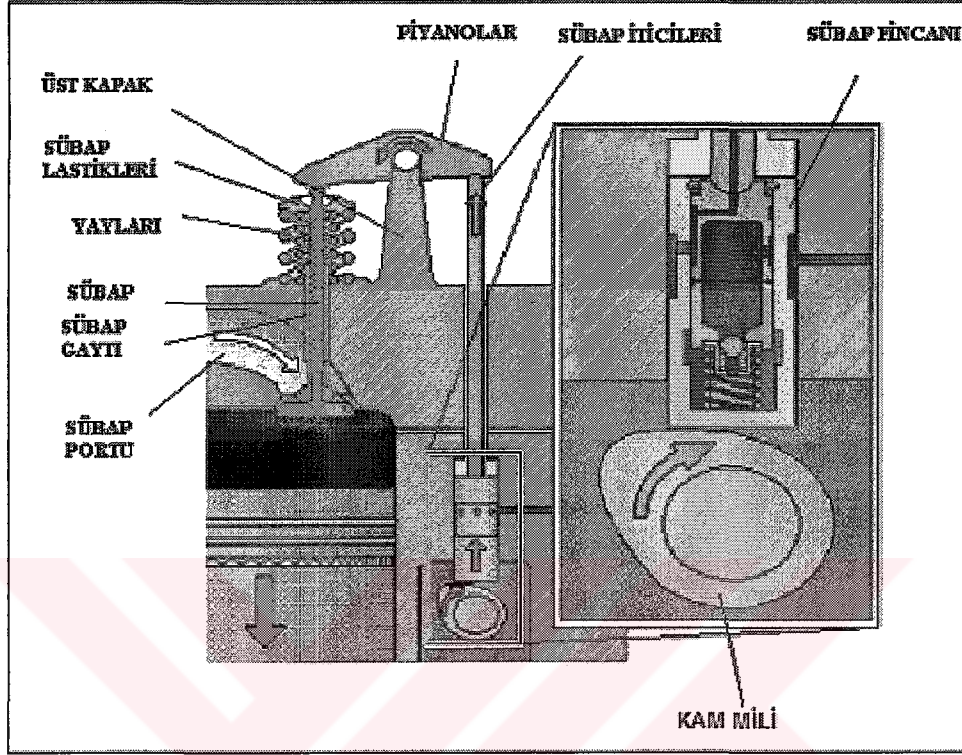
Supsan A.Ş. 1970 yılında Borusan kurulmuş olup Eaton Automotive lisansı ile motor sübapları, sübap gaydı ve turnak imalatı yapmaktadır. Bu üretimlerini TÜV CERT tarafından onaylanmış ISO 9000 üretim yönetimi sistemleri kalite standartlarında devam ettirmektedir [1].

Türkiye'nin en büyük sübap üreticisi olan firmanın iç pazar payı %70' dir.Bu imalatını yurtiçinde Anadolu Isuzu, Otokar, Otosan, Otoyol, Oyak Renault, Tofaş, Tümosan, Türk Traktör, Uzel firmalarına, yurt dışında ise Fiat, Peugeot, Opel, Renault, Ferrari, Nissan, John Deere, Chrysler, Harley Davidson firmalarına oem olarak sunmaktadır. Firma bu imalatları Sefaköy / İstanbul' da ki tesislerinde yapmaktadır [2].



Şekil 2.1 : Supsan Sübap Örnek Resimleri [2]

## 2.2. Sübap Nedir ve Çalışması



Şekil 2.2. Sübapın Çalışması [2]

Krank milinin her iki devrinde bir kez açılıp kapanan sübaplar, motorun enerji vermesi için gerekli hava ve yakıt karışımını yanma odasına alır ve yakıttan çıkan artık gazları dışarıya atar. Sübapların görevi sübap portlarını açıp kapatmak, ve yanma esnasında pistonlarda yanma odasının oluşabilmesi için gerekli sızdırmazlıkları sağlamaktır. Sübaplar doğru zamanda açılıp kapanmak üzere ayarlanmıştır. Biri yakıt ve hava karışımını içeri alır (emme sübabı) ve kapanır. Yakıt patlayıp pistonu aşağıya ittikten sonra, diğer sübap egsozu dışarı atar. Sübaplardan beklenen özellikler, Sübaplar, yüksek ısı altında çalıştığı ve motorun en hareketli parçaları oldukları için motordan daha çabuk yıpranırlar. Bu sebeple, bu şartlara uygun dayanıklı malzemelerden ve hassas ölçülerde üretilmelidirler.

- Yüksek sıcaklıklara dayanım
- Ani sıcaklık değişimlerine dayanım

- c. Korozyona dayanım
- d. Yorulmaya dayanım
- e. Darbelere dayanım
- f. Aşınmaya dayanım [2]

Sübab fincanı sübaplarla egzantrik milinin bağlantısını sağlar. Milin yukarı itmesi ile sübaplar açılır. Fincan gövdesine basınçla gelen motor yağı iç pistonun dibindeki küçük delikten pistonun altına geçer ve yağ itici çubuğa gelinceye kadar pistonu iter. Egzantrik mili sübab fincanını kaldırınca basınç iç pistona uygulanmış olur, bu pistonda yağ küçük delikten içeri itmeye çalışır, fakat küçük bir engelleyici sübab buna izin vermez.

Üst kapak silindir kapağının üzerini örter. Silindir kapağının üzerinde sübab yayları, kollar, sübab kaldırıncılar ve itici çubuklar bulunur. Üst kapak sübab ayarı için sökülebilir. İçinde belli bir basınçla yağ dolaştığı için üst kapak yağ sızdırmazlığı için önlem alınmalıdır. Çünkü motordaki yağ kaçaqlarının çoğu üst kapak kaynaklıdır.

Sübab portları silindir kapağındaki deliklerdir. Emme portlarından yakıt karışımını alırlar egzoz portları da egsozu dışarı atar. Sübaplar sübab gövdesi tarafından dik tutulurlar.

Sübab gövdesi, sübabın uzun ve düz olan tarafıdır. Silindir kapağında sübab gövdeleri için delikler bulunur.

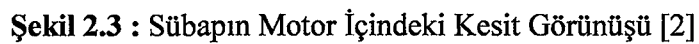
Sübab yayları, sübaplar egzantrik tarafından açılana kadar pozisyonlarını sıkıca korusunlar diye kullanılırlar. Egzantrik döndükten sonra (basıncı serbest bırakır) yaylarda sübapları kapatır.

Sübab lastikleri sübab gövdesinin sonuna doğru bulunur. Görevi fazla yağın sübab gaytları ile sübab gövdesi arasına girmesini engellemektir.

Egzantrik mili, egzantrik zinciri veya triger kayış tarafından hareketlendirilen ve üzerinde tümsekleri bulunan bir şafttır. Direk veya bazı parçalar ile emme (yakıt) ve egzoz sübaplarını açıp kapamaya yarar.

İtici egzantrik milindeki kuvveti sübaplara iletmeye yarar. İtici bulundukları pozisyondan aldıkları kuvveti sübab gövdesinin açılma hareketi için kullanır.

Bu tanımlanan parçaların gerçek numuneler üzerindeki kesit görüntüsü Şekil 2.3’ de gösterilmektedir.



Müşteriye bağlı olan süreçte ise değişkenler; sübabın kafa ve sap malzemelerinin farklı malzemelerden yapılması isteğinin sonucunda yapılması gereken kafa ve sap alın kaynağının yapılması işlemi ve sübab sapının krom kaplanması gibi olabilmektedir.

Sübabın imalat aşamaları;

Mekanik ve Isıl İşlemler

### 1. Dövme İşlemi

- Sübap malzemesinin ana malzemeden boy olarak kesilmesi.
- Boy kesimi yapılmış olan malzemenin kafasının şişirilmesi.
- Kafa şişirilmesi yapılmış malzemenin kalıba takılması.
- Üst kalıbın malzeme üzerine basmasıyla kalıpta sıcak dövülmesi.
- İtcinin dövme işleminden sonra otomatik olarak itilmesi.
- Operatörün dövülen malzemeyi yarı mamul stoğuna alması.

### 2. Isıl İşlemi

- Kafaya; 1165 ile 1185 °C arasında sıcaklıkta çözündürme işlemi uygulanıyor (Bu işlem öncesinde sertlik 29 HRC).
- 760 °C' de 6 saat yaşlandırma işlemi uygulanıyor. Bu çökeltme işlemi sonucunda malzemenin sertliği 30 ile 40 HRC' ye çıkıyor.
- Sap malzemesi 30-32 HRC sertliğe sahipken 1030-1050 °C 30 dakika tutulup daha sonra yağda su veriliyor ve daha sonra da 700 °C' de 2 saat temperlenerek 32-34 HRC sertlik elde ediliyor.
- Yukarıda ısıl işlemleri görmüş olan sap ve kafa sürtünme kaynağı ile birleştiriliyor. Kaynak sonrası sertlik kaynak bölgesinde (sap tarafında) 60 HRC değerine ulaşıyor.
- Kaynaktan 2 ile 7 gün sonra 660 °C' de temperleme işlemi uygulanarak sertlik 40 HRC ye düşüyor. Böylelikle kafa ile sap malzemesi arasında sertlik uyumu sağlanmış oluyor.
- Mekanik doğrultma işlemi yapılıyor. Bu işlem kafa ve sap kaynağının yapılması sırasında eksenel kaçıklık oluşmasından dolayı kaynak edilmiş

malzemenin hadde grubundan geçirilerek doğru hale getirilmesi sağlanıyor.

- 660 °C' de gerilme giderme işlemi uygulanıyor.
- Taşlama işlemi yapılarak parçalar yan sanayiye sıvı nitrasyon işlemine gönderiliyor.
- Nitrasyon işlemi; 570 °C' de tuz banyosunda nitrasyon işlemi uygulanıyor. İşlem sonrası 10 ile 20 mikron derinliğinde HV100g = 600 sertliğinde bir tabaka isteniyor. Nitrasyon işlemi üç kademedede gerçekleşiyor. Yıkama ( Trikloretilen veya alkali ) 20 dakika, fırında ön ısıtma ( 350 °C' de 30 dakika ), nitrasyon tuz banyosudur ( 570 °C' de 30-60 dakika ).
- Sıvı nitrasyon işlemi 570 °C' de sıvı siyanür banyolarında yapılmaktadır. Banyo esas itibariyle sodyum siyanür (  $\text{NaCN}$  ), sodyum karbonat (  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ) ve sodyum klorürden (  $\text{NaCl}$  ) oluşmaktadır.
- Oluşan reaksiyon esnasında azot ile birlikte siyanürün bileşimi içerisinde bulunan karbon elementi az da olsa çelik içerisine yayılır. Banyo saat başı gümüş nitratla analiz edilerek sodyum siyanür ve sodyum siyanat oranları tespit edilmektedir.
- Tuz banyosundan sonra alınan sübaplar oksit banyosunda 350 °C' de 20 dakika tutularak oksitleme işlemi yapılmaktadır. Alkali hidroksit ve alkali nitrat içeren bu banyo parçaların yavaş soğumasını sağladığı gibi yüzeyde siyah bir oksit tabakası oluşturarak parçayı korozyona karşı korumaktadır.

- Parçalar 60 °C’ deki sıcak su ile yıkanarak sıvı nitrasyon işlemi yapılmaktadır [1].

#### 2.4. Sübap Malzemesi ve Teknik Bilgileri

Firmanın sübap imalatında kullandığı malzemeleri iki grupta sınıflandırabiliriz;

- Kafa ve sap bölümlerinin dövme işleminden sonra birleştirilmesi durumunda;  
Kafa malzemesi;

**Tablo 2.1:** Sübap Kafa Malzemesi [1].

| EN 10090       | %C   | %Si | % Mn | % Cr |
|----------------|------|-----|------|------|
| X53CrMnNiN21-9 | 0,54 | 0,2 | 9    | 21   |

Sap malzemesi;

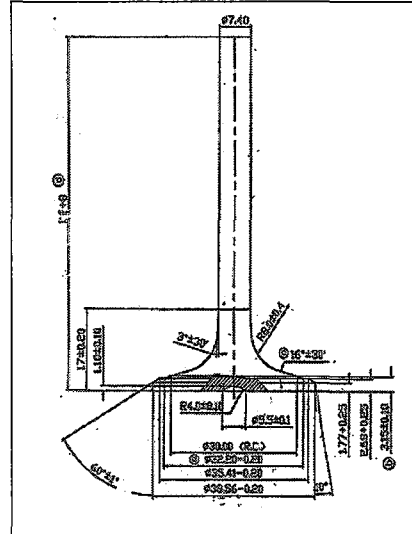
**Tablo 2.2:** Sübap Sap Malzemesi [1].

| EN 10090   | %C   | %Si | % Mn | % Cr |
|------------|------|-----|------|------|
| X45CrSi9-3 | 0,45 | 3   | 0,45 | 9    |

- Kafa ve sap bölümlerinin yekpare olması durumunda;

**Tablo 2.3:** Sübap Kafa ve Sap Malzemesi [1].

| EN 10090   | %C   | %Si | % Mn | % Cr |
|------------|------|-----|------|------|
| X45CrSi9-3 | 0,45 | 3   | 0,45 | 9    |



**Şekil2.4 :** HB Ø7.30 Modeli Sübap Teknik Resmi [1]

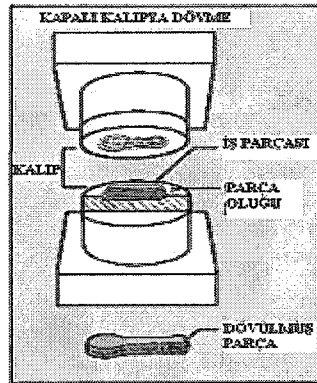
### 3. DÖVME PROSESİ

#### 3.1. Dövme Prosesinin Sistematiik Olarak Tanıtılması

Çok eski bir üretim tarzı olan dövme, büyük adetli eş parçaların üretiminde özellikle otomobil parçaları, havacılık sektörü ve askeri teçhizatlarda kullanılan makine ekipmanlarının imalatında kullanılmaktadır. Bilinen dövme yöntemleri;

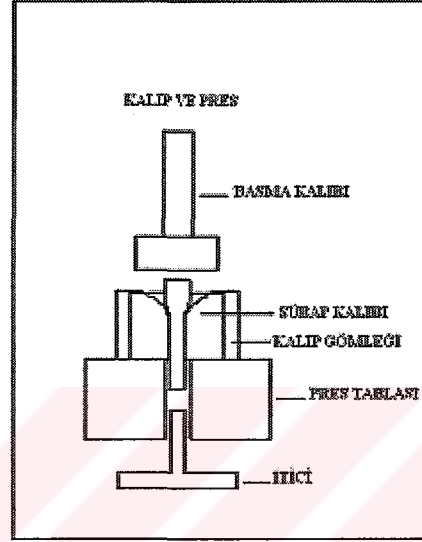
- a. Kapalı kalıpla dövme
- b. Açık kalıpla dövme
- c. Dar kalıplar arasında dövme
- d. Radyal dövme
- e. İzotermal dövme
- f. Yüksek enerjili dövme

Gerçek kapalı kalıpla dövme işlemlerinde iş parçası tamamen kalıplar tarafından çevrelendiği gibi ayrıca çapak da oluşmaz. Böylece metalin ıstampa tarafından uygulanan kuvvetle herhangi bir malzeme kaybı olmadan kalıp boşluğunu doldurması sağlanır. Bu yöntemde hammadde hacmi çok dikkatli bir şekilde kontrol edilmelidir [4].



Şekil 3.1 : Kapalı Kalıpla Dövme İşleminin Sistematiik Olarak Gösterilmesi [5]

Firmada uygulanan işlem gerçek bir kalıpla dövme işlemi değildir. Bu işlem de hammaddenin hacmi üretilmesi istenen parçanın hacminden biraz fazla alındığı için fazla malzeme çapak halinde kalıp boşluğu dışı da birikir ve bu nedenle alt ve üst kalıbın tam olarak kapanması gerçekleşmez. İş parçasını çevreleyen çapak dövme işleminden sonra kesilerek alınır.



**Şekil 3.2 : Sübap Dövme İşleminin Şematik Olarak Gösterimi**

Kafa şişirme işlemi, genellikle dairesel kesitli metal çubukların eksenini doğrultusunda uygulanan basma kuvveti etkisiyle bir ucunun yığılarak şekillendirilmesidir. Özel makinelerde malzemeye bağlı olarak sıcak, yarı sıcak veya soğuk olarak yapılabilir [4].

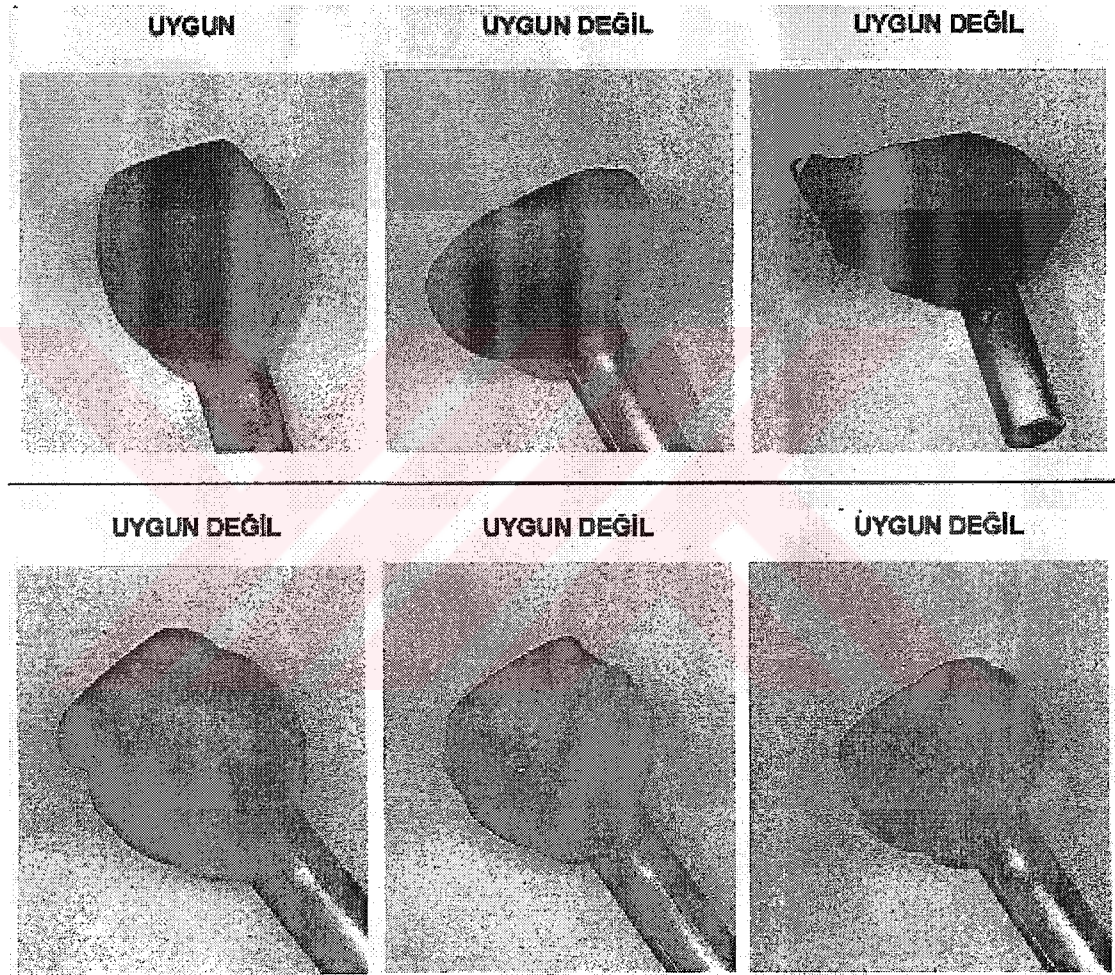
Sübap üretim aşamasında, kafa şişirme işlemi otomasyona bağlı makinelerle yapılmaktadır. İşlem sıcaklığı, otomatik olarak lazer ışınli ölçüm aletleri ile sürekli kontrol altında tutulmakta ve sıcaklığın 1170 ile 1200 °C arasında olması sağlanmaktadır. Kafa şişirme işlemi için 20 bar kuvvet uygulanmakta ve bu işlem yaklaşık olarak 16 ile 20 saniye arasında sürmektedir. Kafa şişirilmiş malzeme konveyör yardımıyla operatöre gelmekte ve göz yordamıyla kontrol edilmektedir.

Yağlama, sürtünme ve aşınmayı dolayısıyla kalıp içinde malzeme akışını etkiler. Aynı zamanda kalıbın dövmeden dolayı aşırı ısınmasına engel olur.

Sübap üretiminde, Shell Fenella Fluid F 601 yağlayıcı madde kullanılmaktadır.

Her bir kalıp basımında, yağlayıcı madde kalıp yüzeyini tamamen kaplayacak şekilde püskürtme yöntemiyle tatbik edilmektedir.

Dövme işleminden önce, kalıplar muhakkak ısıtılmalıdır. Bu ısıtma işlemi, ön ısıtma fırınlarından gerçekleştirilebilir. Sübap üretiminde, öncelikle kalıp gömleği ısıtılmakta ve kalıp gömleğin içine oturtularak yaklaşık 5 dakika beklenmektedir. İşlem sırasında yapılan ölçümlerde kalıbın yüzey sıcaklığının 120 °C olduğu gözlemlenmiştir.



**Şekil 3.3 : Kafa Şişirilmiş Parçaların Uygunluğunun Kontrol Kriterleri [1]**

## 4. DÖVME KALIBI

### 4.1. Dövme Kalıbı Malzemesi

Sıcak dövme işleminde kalıp ömrünü etkileyen faktörlerden en önemlilerinden biri de kalıp malzemesidir. Kalıp malzemelerini şu şekilde sınıflandırabiliriz;

- Düşük alaşımlı takım çelikleri (6G, 6F, 6H)
- Havada sertleştirilen orta alaşımlı takım çelikleri (A2, A7-9)
- Krom bazlı sıcak iş takım çelikleri (H 10-19)
- Tungsten bazlı sıcak iş takım çelikleri (H 20-26)
- Molibden bazlı sıcak iş takım çelikleri (H 41-43) [6]

Dövmede takım malzemesinden beklenen özellikleri aşağıdaki gibi sınıflandırabiliriz;

- Sertleşebilme özelliği
- Aşınma dayanımı
- Sıcak sertliği
- Tokluğu
- Termal yorulmaya karşı dayanımı
- Mekanik yorulmaya karşı dayanımı

Sübab üretiminde kullanılan dövme kalıplarında ise malzeme olarak H13 sıcak iş takım çeliği kullanılmaktadır. Kalıp malzemesinin bileşimi;

**Tablo 4.1:** Kalıp Malzemesi

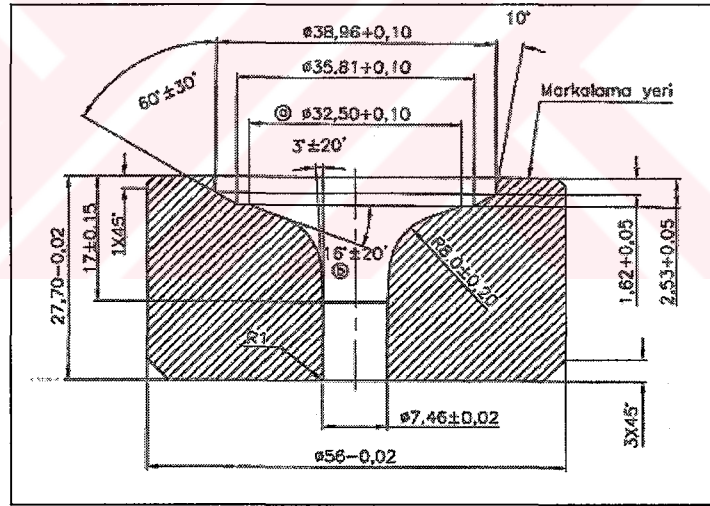
| %C        | %Si         | % Mn      | %P        | %S        | %Cr       | %Mo       | %V        |
|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0,37-0,43 | 0,90 - 1,20 | 0,30-0,50 | max. 0,03 | max. 0,03 | 4,80-5,50 | 1,20-1,50 | 0,90-1,10 |

Bu malzeme yukarıda verilen gruptan krom bazlı olan sıcak iş takım çeliklerindendir. Burada ana alaşım elementi krom olmakla birlikte molibden, tungsten, vanadyum veya kobalt ta bulunabilmektedir. Bunlardan tungsten ve molibden sıcak sertliğe olumlu yönde etki yapar. H13 sıcak iş takım çeliği iyi derecede termal yorulmaya karşı dayanıma sahiptir ve istenildiği takdirde hava da soğutma yapılabilir [7].

#### 4.2. Dövme Kalıbının İşlenilmesi

Kalıpların işlenilmesinde, artan malzeme maliyetleri, enerji ve insan gücü ihtiyacı dövme prosesleri ve takımlarının minimum deneme yanılma ve olabilecek en kısa sürede işlenilmesi gereksinimini duyurmaktadır. Bu yüzden rekabetçi piyasa koşulları, maliyet verimlilikli bilgisayar uygulamaları önem kazanmaktadır [5].

Firma Şekil 4.1' e uygun olarak dövme kalıbı çekirdeğini kendi bünyesindeki CNC tezgahlarında işlemektedir.



Şekil 4.1 : Dövme Kalıbı Teknik Resmi [1]

## 5. DÖVME KALIBININ ISIL İŞLEMİ

Sıcak dövme kalıpları imalat sürecinde basınç ve sıcaklık gibi aşırı zorlayıcı şartlara maruz kalır. Bu kalıpların ısıtılma işlemlerinde temel amaç en iyi süneklik, tokluk ve sertlikle birlikte hem aşınma dayanımını hem de kalıp ömrünü önemli derecede etkileyen termal yorulmaya karşı dayanımı üst seviyelere taşımaktır [6].

Kalıbın ısıtılma işlemi aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır;

- a. Kalıbın imalatından sonra östenit sıcaklığına kadar ısıtılır. Bu sıcaklık değeri sıcak iş takım çelikleri için 1000 ile 1500 °C arasındadır. Bu işlem esnasında yapının ferrit ve perlit olan yapısı östenit haline dönüşür.
- b. Kalıp bu sıcaklık değerinde belli bir zaman aralığında tutulur. Bu aşamada yapı uniform olarak östenit haline dönüşür.
- c. Kalıp bu tutma aşamasından sonra tercih edilen bir soğutma yöntemiyle daha düşük bir sıcaklığa getirilir. Tercih edilen soğutma yöntemi işlem sonrası malzemenin oluşacak mikro yapısını da belirlemede etken olur.
- d. Isıtılma işlemdeki son adım temperleme işlemidir. Bir önceki aşamada su verme sonucunda oluşan yapı martenzitik, sert ve gevrek bir yapıdır. Temperlemede ki amaç daha tok bir yapı elde etmektir. Tokluğu maksimum düzeye ulaştırmak için bu işlem bir veya daha fazla defa uygulanabilir.

### 5.1. Östenitleme

Takım çeliğinin iç yapısının östenit haline çevrilmesini içeren bu işlem iki aşamadan oluşur. Östenitleme sırasında malzemenin yapısında fiziksel ve mekanik özelliklerini aşağıdaki adımlar belirleyecektir;

- a. Uygulama adımı ve hızı

- b. Tutma sıcaklığı veya maksimum östenitleme sıcaklığı
- c. Tutma zamanı
- d. Isıtma ortamı ve atmosferi

Sertleştirmenin ilk adımı olan östenitleme de, östenit ve çözülmemiş karbür olmak üzere iki faz bölgesi vardır. Östenit içerisindeki çözülmemiş karbür miktarını östenitleme sıcaklığı ve tutma sıcaklığı belirlemektedir. Yüksek östenitleme sıcaklığı yapıda daha az birincil karbürün oluşmasıyla sonuçlanır. Çözülmemiş karbür, karbon ve alaşım elementlerindeki düşen birincil karbür miktarıyla östenitik yapıyı güçlendirir. Su verme esnasında bu karbürler tane sınırlarında çökelme yaparak tokluğu düşürürler. Zenginleştirilmiş östenitik yapı daha güçlü karbon martenzit yapı haline döner (6,8).

## 5.2. Su Verme

Kalıplar östenitlendikten ve bu sıcaklıkta tutulduktan sonra istenilen su verme ortamında soğutulurlar. Bu soğutma hızı ve yapının sıcaklığının uniform olması mikro yapı ve mekanik özellikleri üzerinde büyük etki yapmaktadır. Yüzeyden merkeze kalıbın sıcaklığının uniformluğu yapıda çarpımalara neden olduğu deneysel olarak gözlemlenmiştir.

İdeal durum özellikle küçük boyutlardaki takım çelikleri için yapının martenzite dönüştürülmesidir. Martenzit en çok arzu edilen mikro yapıdır. Su verilerek martenzit elde edilmiş yapı daha sonra temperlenerek en iyi tokluğu ve aşınma dayanımına sahip kalıp elde edilebilir.

Su verme esnasında kalıbın merkezinin daha düşük soğuma oranına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu da malzemenin merkezinde martenzitik olmayan yapının oluşmasına neden oluşturmaktadır [8].

## 5.3. Temperleme

Su verilmiş yapı genellikle temperlenmemiş martenzit kalmış östenit ve östenitlemeden kalmış karbür birleşiminden oluşur. Temperlemenin amacı su verme sonrasında kalıpta

oluşan gerilmeyi azaltmak ve yapının atomik düzenlemesini yaparak yapının dayanımını ve tokluğunu arttırmaktır. Temperleme aşağıdaki kademelerden oluşmaktadır;

- a. Yapıdaki kalmış östenitin martenzit ve beynite dönüştürülmesi
- b. Karbon atomlarının yayınımları sağlayarak daha güçlü ve tok temperlenmiş martenzit elde etmek

Temperleme işlemindeki en önemli parametreler;

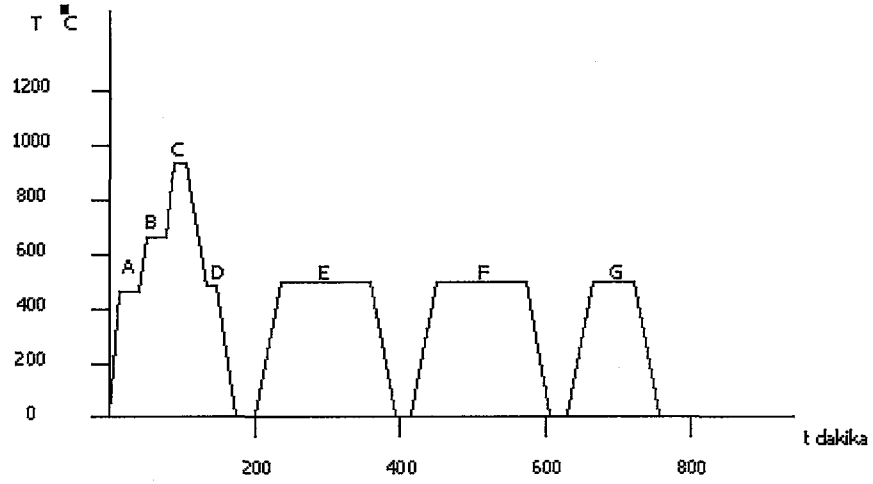
- a. Temperleme sayısı
- b. Temperleme süresi
- c. Temperleme sıcaklığıdır.

Isıl işlemciler yapıdaki kalmış östenitin martenzitik yapıya veya diğer daha kararlı ve tok yapılara dönüşümünü sağlamak için en azından iki kademeli temperleme önermektedirler.

- a. Birinci temperleme kalmış sementit ve ferrit içerisindeki östenitin martenzite dönüşümünü sağlar.
- b. İkinci temperlemede ise ilk aşamada oluşan temperlenmemiş martenzitin temperlenmesi amaçlanmıştır.

Temperleme süresi ve sıcaklığı mikro yapı üzerinde benzer etkilere sahiptir. Genellikle çelik üreticilerinden alınan temperleme eğrileri 1 veya 2 saatlik temperleme sıcaklıklarında farklı sertlik değerlerinin alınmasına olanak sağlamaktadır. Bu eğriler kullanılarak temperleme sonucunda oluşacak yapının sertliği hakkında tahminde bulunabiliriz (6,8).

Bütün bu bilgiler ışığında, firma 40164 ve benzeri dövme kalıplarında, çelik üretici firmanın önerdiği ısıl işlem basamaklarını uygulamaktadır.

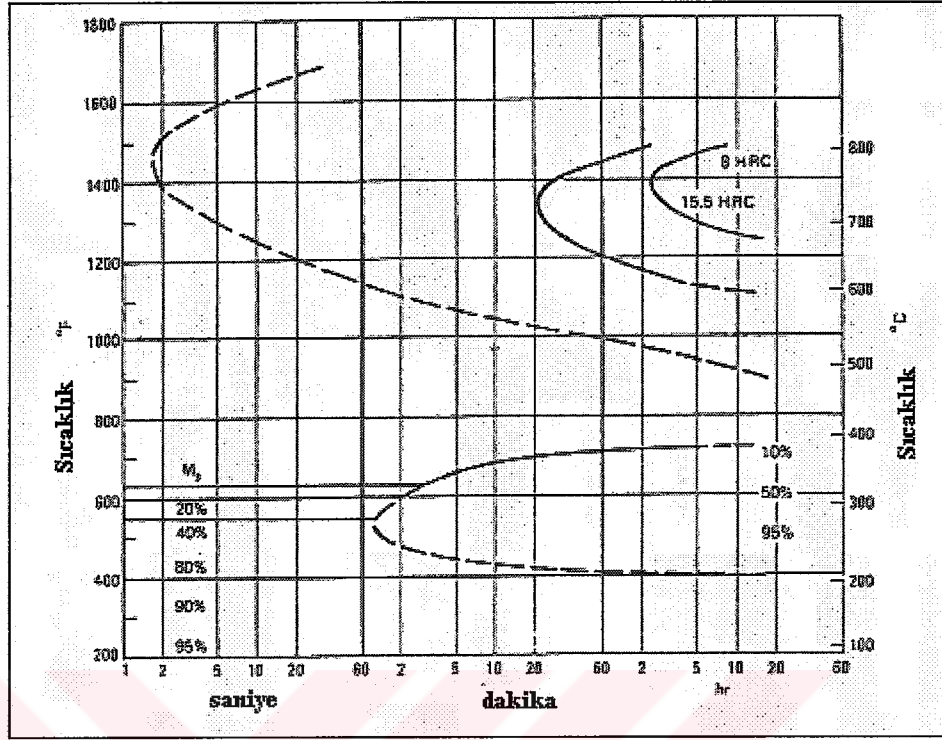


**Şekil 5.1.** Dövme Kalıbı için Firmanın uyguladığı Isıl İşlem Prosesi [1]

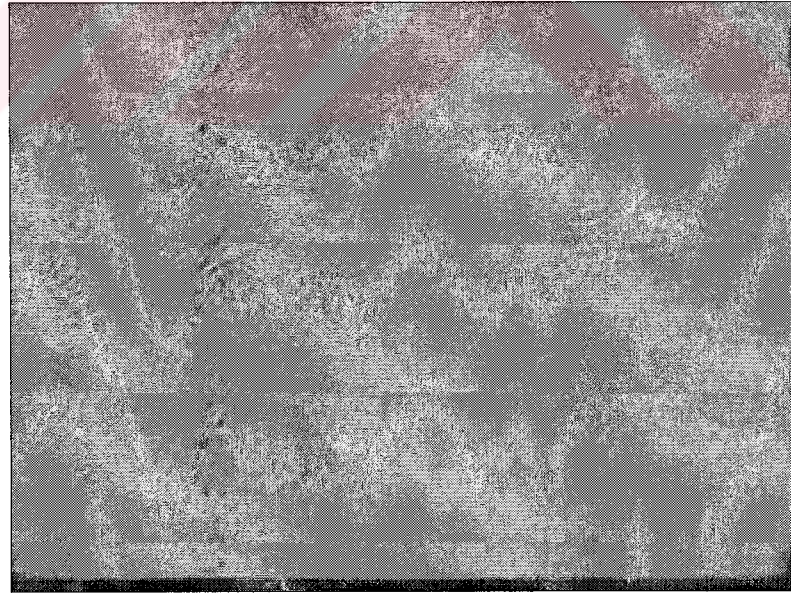
**Tablo 5.1:** Dövme Kalıbı Isıl İşlemi Prosesi Açıklaması

| İşlem Kodu | İşlem          | İşlem Sıcaklığı | İşlem Süresi | Ortam            | Soğutma Ortamı |
|------------|----------------|-----------------|--------------|------------------|----------------|
| A          | Ön Menevişleme | 500             | 30 dak.      | Nötr Tuz Banyosu | -              |
| B          | Menevişleme    | 850             | 35 dak.      | Nötr Tuz Banyosu | -              |
| C          | Östenitleme    | 1050            | 25 dak.      | Nötr Tuz Banyosu | -              |
| D          |                | 520             | 10 dak.      | Sıcak Banyo      | Hava           |
| E          | Temperleme     | 560             | 3 saat       | Nötr Tuz Banyosu | Hava           |
| F          | Temperleme     | 560             | 3 saat       | Nötr Tuz Banyosu | Hava           |
| G          | Sıvı Nitasyon  | 570             | 40 dak.      | Tuz Banyosu      | Yağ            |

Kalıbın ikinci temperleme işlemi sonrasında sıvı nitasyon öncesi yaklaşık olarak 52 ile 56 HRC arasında sertlik elde edilmektedir.



Şekil 5.2 : H13 Sıcak İş Takım Çeliği TTT Diyagramı [7]



Şekil 5.3 : Isıl İşlem Sonrası Kalıbın Mikro Yapısı x 400 Nitale Dağlanmış

Dövme kalıbının yukarıda belirtilen şartlara uygun olarak firmanın yaptığı ısıt işlemler sonucunda elde edilen yapının temperlenmiş martenzit olması beklenmektedir. Kalıbın mikro yapısının incelenmesi sonucunda istenilen temperlenmiş martenzit yapının elde edildiğı aşağıdaki şekilde gösterilmektedir. Östenitleme işleme sonrasında 520 °C' de yapılan 10 dakikalık bekleme işlemi yapıda ani soğuma sonucunda çatlak oluşumunu engellemektedir.

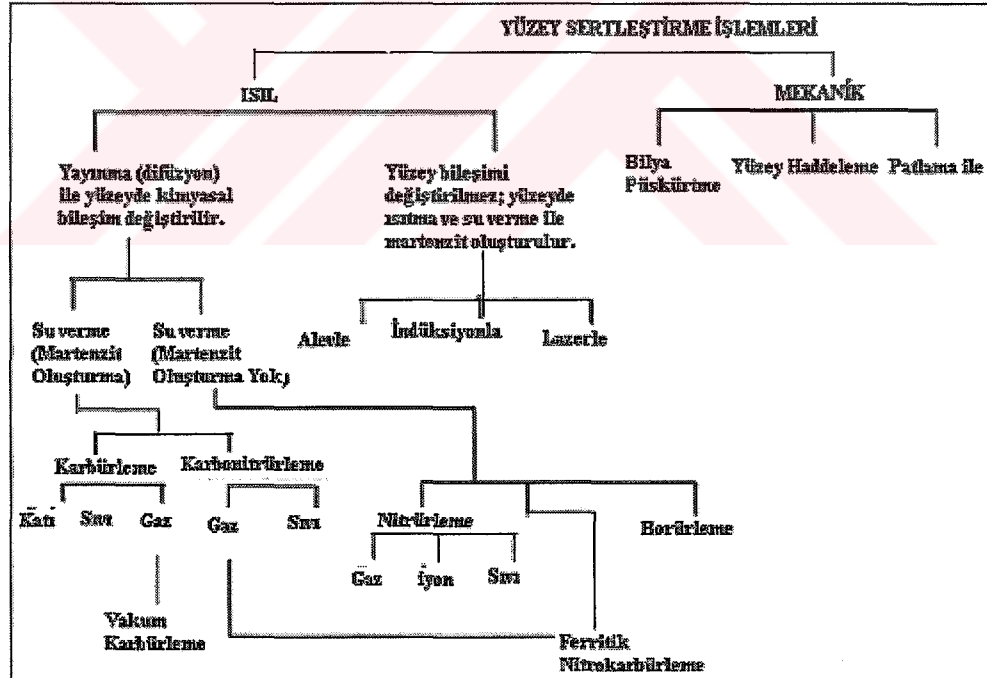


## 6. YÜZEY SERTLEŞTİRME

### 6.1. Yüzey Sertleştirme Yöntemleri

Kalıpların yüzey işleme teknikleri ve prosesleri yüzeyin modifiye edilerek daha fazla aşınma, korozyon ve yorulma dayanımı sağlamaktır. Bu teknikler kalıbın iç kısmının tokluğu veya yumuşaklığını etkilemezler. Kalıp kaplamaları ve yüzey sertleştirmeleri endüstride başlıca kullanılma sebebi kalıbın yüzey sertliğini artırarak abrasiv aşınma dayanımını arttırmaktır [6].

Yüzey sertleştirme yöntemleri, ısı ve mekanik olmak üzere iki ana grupta sınıflandırılabilir. Şekil 6.1 ayrıntılı olarak yüzey sertleştirme yöntemleri gösterilmektedir.



Şekil 6.1 : Yüzey Sertleştirme Yöntemleri [9]

Bu yöntemler içerisinde en çok kullanılan yüzey sertleştirme metodu yayınma bazlı proseslerdir. Bu prosesler yüzeye kimyasal yayınma yapılarak yüzeyin kimyasal yapısını

modifiye etmeyi ve böylece yüzey tabakasının mekanik özelliklerini arttırmaya yöneliktir. Sertleştirilen yüzey tabakasının kalınlığı;

- a. Yayınma prosesinin tipine
- b. Uygulama sıcaklığına
- c. Uygulama zamanına bağlıdır [9].

## **6.2. Nitrasyon**

Nitrasyon prosesi 1900'li yılların başlarında ilk kez uygulanmış olup endüstriyel uygulamalarda çok tercih edilmektedir. Nitrokarbürleme prosesinin türevi olan nitrasyon, genellikle uçak parçalarını, dişlilerin, otomotiv parçalarının ve tekstil makinelerinin imalatlarında kullanılmaktadır [10].

Nitrasyon prosesindeki en temel özellik ferritten östenite yada östenitten martenzite herhangi bir faz değişimi gerektirmiyor olmasıdır. Dahası serbest soğuma ortamında bulunmasından dolayı herhangi bir hızlı soğuma veya su verme gerekmediği için yapıda herhangi bir östenitten martenzite dönüşüm meydana gelmez.

Bunlara ek olarak en önemli faydası da parçada herhangi bir boyutsal değişime neden olmamakta, sadece parça yüzeyinde ince bir nitrasyon yayılmasından dolayı hacimsel değişiklik olacaktır [10].

Malzemelerin nitrasyonun da 3 temel yöntem mevcuttur;

1. Gaz Nitrasyonu
2. Sıvı Nitrasyon
3. İyon Nitrasyonu

### **6.2.1. Gaz nitrasyonu**

Yüzey sertleştirme metotlarından birisi olan gaz nitrasyonu, malzemelerin yüzey katmanlarının azot gazı içeren ortamda tutularak yüzeye azot yayındırma metodudur. Bu genellikle amonyak gazı kullanılarak uygulanır. Çünkü, oldukça gevrek ve azotça zengin

olan beyaz tabaka bu proseste fazlaca üretilir. Bazı durumlarda oluşma bu beyaz tabakanın minimize edilmesi için 2 aşamada uygulanabilir.

Birinci aşamada nitrasyon sıcaklığı 500 °C' de %70 - %85 amonyak içeren ortamda gerçekleştirilir. Bu azotça zengin dış yüzey tabakası oluşturmaktadır. İkinci aşamada nitrasyon sıcaklığı 560 °C' ye çıkartılarak ortamdaki azot miktarı da %15 ile %25 arasına düşürülmektedir. İkinci aşamadaki gaz akışı ve ortamdaki amonyak miktarı çok dikkatli bir şekilde takip edilmelidir (6,10).

Bu işlemin iki kademeli yapılmasının tek sebebi oluşan dış katmanın miktarını azaltmaktır.

#### **6.2.2. Sıvı nitrasyon**

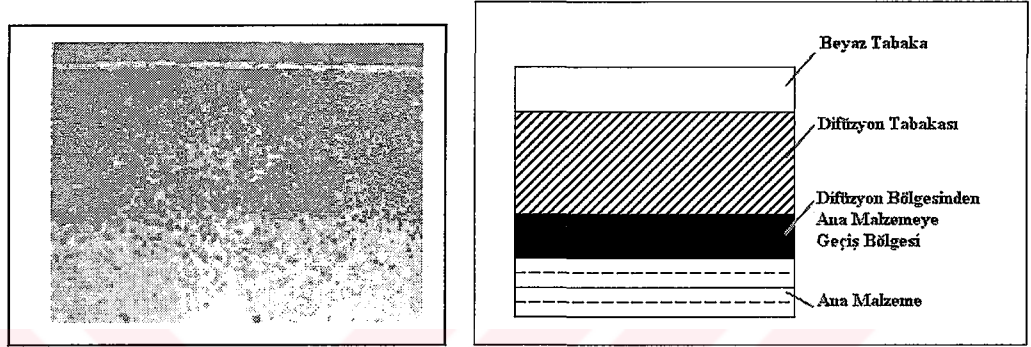
Gaz nitrasyonun geliştirilmesinden kısa bir süre sonra buna alternatif olarak yeni prosesler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden birisi de tuz bazlı azot kaynaklarıdır. Sıvı tuz banyolarında yapılan nitrasyonda gazdakine benzer olarak yaklaşık 500 °C – 570 °C arasında uygulanmaktadır. Tuz banyoları temel olarak sodyum ve potasyum siyanat, sodyum karbonat, potasyum karbonat ve potasyum klorürden oluşur. Bu banyolar hem azot hem karbon karışımlarından meydana gelmiştir [6].

#### **6.2.3. İyon nitrasyonu**

1960' yılların başında uygulama alanı bulan iyon nitrasyonu, diğer yüzey sertleştirme yöntemlerine göre nispeten yeni bir yöntem olmakla birlikte, günümüzde pek çok alanda uygulanmaktadır [11]. Geniş bir alanda hassas olarak ayarlanabilen pek çok parametresiyle iyon nitrasyonu, konvensiyonel nitrasyonla elde edilemeyen yapı ve özellikleri sağlar [12]. İşlem sırasında sadece iş parçasının ısıtılması ve aynı yüzey sertliği için işlem süresinin daha kısa olması nedeniyle enerji tasarrufu yöntemin üstünlükleridir [11].

İyon nitrasyonu işlemi azot – hidrojen gaz karışımında vakum ortamında gerçekleştirilir. Yüksek gerilim altında iyonize olan gaz iletken hale gelir. Pozitif yüklü gaz iyonları katodik iş parçası tarafından çekilirler. İyonların iş parçası yüzeyini bombardıman etmesiyle nitrasyon işlemi gerçekleşir.

Azot yayınımla iş parçası yüzeyinde, metalografik incelemede kolayca ayırt edilebilen iki tabaka oluşur. Yüzeydeki azotça zengin tabaka  $\gamma' - \text{Fe}_4\text{N}$  ve  $\epsilon - \text{Fe}_{2-3}\text{N}$  gibi demir-azot bileşiklerinden oluşur. Sadece birkaç mikrondan oluşan bu tabaka dağlanmadan etkilenmeyip, metalografik incelemede beyaz görüldüğü için beyaz tabaka adını alır. Bileşik tabaka, oldukça kalın olan difüzyon tabakası tarafından desteklenir. Bu tabaka da azot, eriyik olarak veya bazı özel nitrürler halinde bulunur [12].



**Şekil 6.2 : Nitrasyona Uğramış Yapının Şematik Gösterimi [10]**

Gaz nitrasyonun da amonyak gazı kullanılmaktadır. Amonyak gazının formülasyonu;



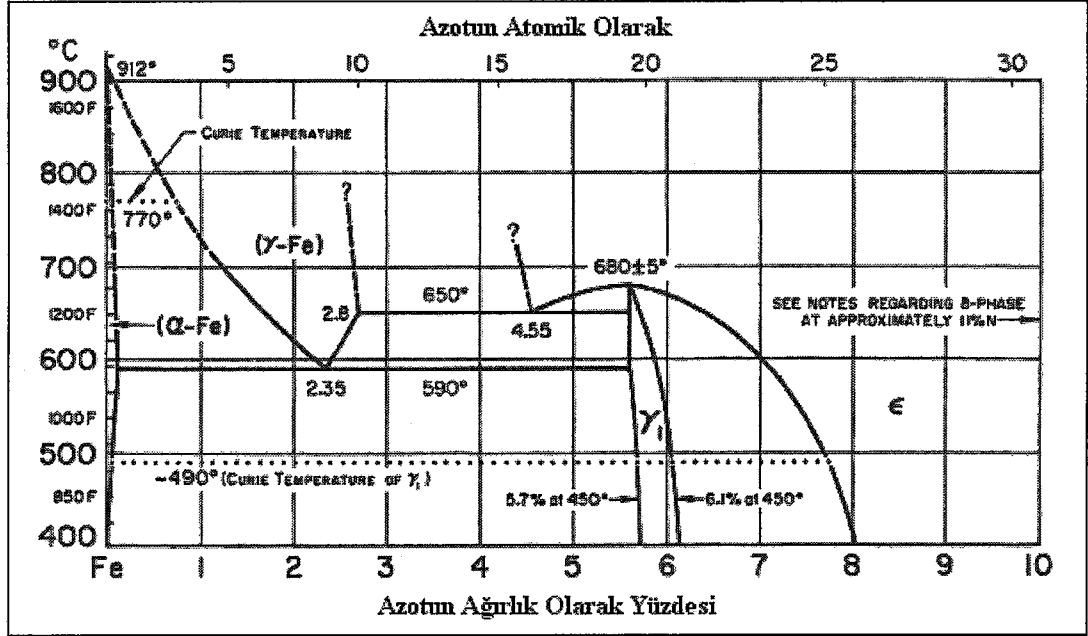
Ayrışma sonucunda onun elementleri olan hidrojen ve azot ortaya çıkar. İyon nitrasyonun da ise bundan farklı olarak azot ve hidrojen birbirinden ayrı olarak verilir.



Burada hidrojen ve azot oranı ayarlanarak elde edilen beyaz tabaka kalınlığı kontrol edilebilir. Azot gazı nitrasyon kabına verildiği zaman gaz iyonize olur;



Nitrasyon işleminde, yayınma işlemi azotun demir içinde çözünebilirliğine bağlıdır. Şekil 6.3' de demir ve azot diyagramı gösterilmektedir [10].



Şekil 6.3 : Demir ve Azot Diyagramı [10]

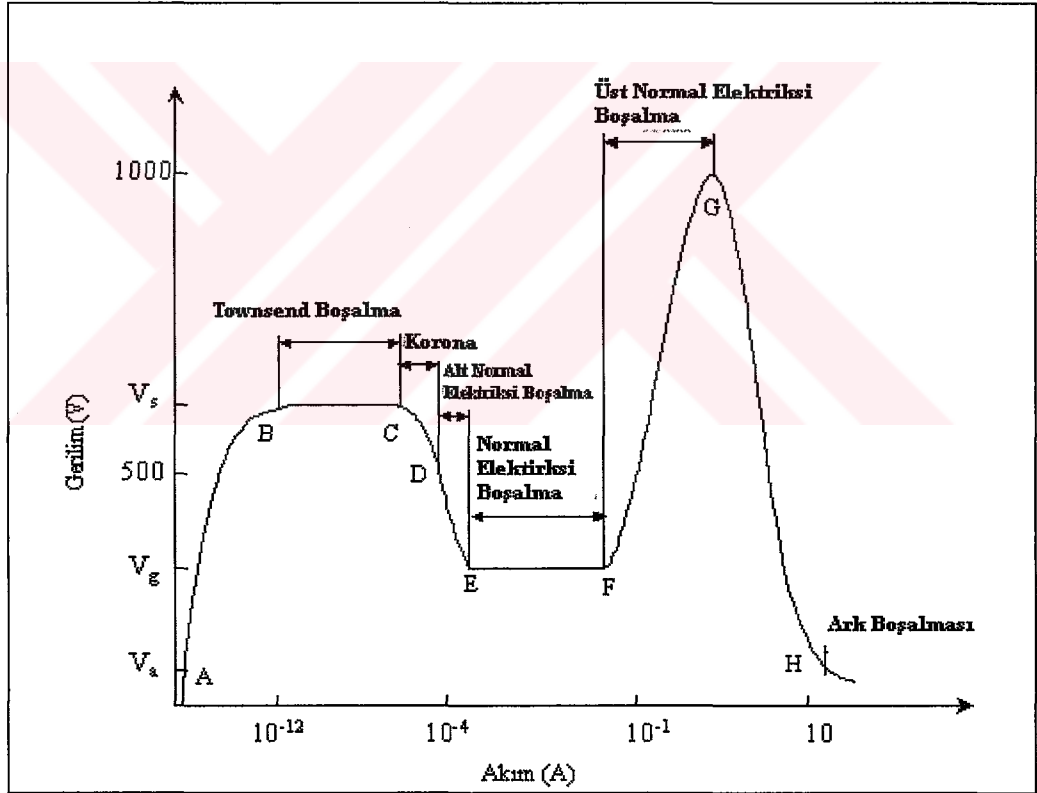
Azotun demir içindeki çözünübilirliği sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Alaşımlı malzemedeki artan karbon miktarı direkt olarak  $\epsilon$  fazının oluşumuna etki eder. Artan sıcaklıkla birlikte  $490^{\circ}\text{C}$   $\gamma'$  fazına geçiş olur. Yaklaşık olarak  $680^{\circ}\text{C}$  de çözünme özelliği düşmeye başlar [10].

#### 6.2.3.1. Elektriksel boşalma

Genel olarak termokimyasal işlemler katı, sıvı veya gaz ortamında gerçekleştirilir. Son yıllardaki gelişmelerle, bu işlemlerin çoğu için elektriki boşalma (glow discharge) ortamı kullanılmaya başlanılmıştır.

Maddenin katı, sıvı, gaz ve plazma olmak üzere 4 hali vardır. Bu haller arasındaki asıl fark sahip oldukları enerjidir. Yani maddenin konumunun değiştirilmesi, verilecek enerji ile ilgilidir. Örneğin katı haldeki bir maddeye, enerji vererek sıvı, sıvı hale enerji vererek gaz, ve gaz durumundaki maddeye de belirli bir enerji vererek plazma haline geçirmek mümkündür. Bu işlemin terside yapılarak yani verilen bu enerjileri geri alarak tekrar plazma halinden gaz, sıvı ve katı hale geçirmek mümkündür.

Plazma, içerisinde iyon, elektron, uyarılmış atom, foton ve nötral atom veya molekül içeren bir karışımdır. Pratikte plazma, ısı enerjisi verilerek, ışınla veya elektriksel boşalma ile elde edilir. Plazma elde etme yöntemlerinin en önemlisi ve en yaygın olarak kullanılanı elektriki boşalmadır. Elektriki boşalma mekanizması, bir elektrik gerilim kaynağı gaz içinde bulunan iki iletken plaka arasına bağlanırsa belirli şartlar gerçekleştiği takdirde, tatbik edilen gerilim plakalar arasındaki gazın delinme geriliminin üzerinde ise, bu iki plaka arasında bir elektrik boşalması olur ve bu iki iletken plaka arasında bir elektrik akımı akışı olarak gerçekleşir. Akan akımın büyüklüğüne göre ortaya çıkan elektrik boşalma sistemleri sınıflandırılabilir. Şekil 6.4’de gaz boşalma bölgeleri ve elektrik arkı boşalma bölgeleri ve tiplerinin voltaj-akım karakteristiği gösterilmiştir [13].



**Şekil 6.4.** Paschen Eğrisi-Farklı Elektriki Boşalma Tiplerinin Voltaj-Akım Karakteristiği [13]

- a. Townsend boşalması, bu bölgede artan gaz iyonizasyonu ile birlikte daha fazla elektron ortaya çıkar. Bu bölge zincir reaksiyonu olarak da düşünülebilir.

- b. Korona, akım yoğunluğu artırıldığında buna bağlı olarak gerilim de düşme olacaktır.
- c. Alt normal elektriki boşalma, bu bölgede elektriksel boşalma tutuşmaya başlar ve belirsiz akkor ışık görülür.
- d. Normal elektriksel boşalma, bu bölgede akkor ışık tüm iş parçasını kaplar. Bunun kalınlığını nitrasyon kabındaki basınç ve uygulanan gerilim belirlemektedir.
- e. Üst normal elektriksel boşalma, bu bölgede uniform olarak akkor ışık parça yüzeyini tamamen kaplar.
- f. Ark boşalması, uygulanan gerilimin daha da artırılması durumunda gerilimde düşmede artacaktır. Buda parça yüzeyinde bir güç yoğunluğu artışına neden olacaktır. Bu kabul edilebilir sıcaklık değerlerinin üstüne çıkması durumunda parçanın mikro yapısında değişimler olacaktır [13].

İyon nitrasyonunun en büyük avantajlarından biri de düşük sıcaklıklarda uygulanmasıdır. Parçanın istenilen işlem sıcaklığına gelmesi iyon bombardımanı ile meydana gelir. Parçanın istenilen sıcaklığa ulaşması için yüksek elektrik gerilimine ihtiyacı vardır. Bu yüzden istenilen işlem sıcaklığının parçaya zarar vermeksizin elde edilebilmesi için puls tekniği kullanılmaktadır. Bura da elektrik enerjisi belli frekanslarda kesilerek ark boşalmasının engellenmesi sağlanır. Puls doğru akımın aşağıdaki işlem kıstaslarını sağlaması gerekmektedir;

- a. Güç sinüs eğrisi şeklinde olmamalı yani güç hiçbir zaman tamamen kapanmamalı, sadece azalmalı. Böylece kare formda sıfır gerilimden izin verilen üst normal elektriksel boşalma bölgesine geçilir.
- b. Puls un uzunluğu arkın oluşması için gereken zamandan daha kısa olmalıdır. Bu yaklaşık olarak 100  $\mu$ s' dir.

Her bir puls sonrası bekleme zamanı yaklaşık olarak 5 ile 100  $\mu$ s arasındadır [10].

Nitrasyon prosesi ilk olarak otomotiv endüstrisinde kullanılmaya başlanmıştır. Daha sonra da genişleyerek bir çok uygulama alanı bulmuştur. Bunda işlemin avantajları neden olmuştur. Bunlar;

- a. Çevreye zararsız olması
- b. Kısa işlem süreleri
- c. Düşük işlem maliyeti
- d. Minimum operatör etkisi
- e. Düşük gaz tüketimi
- f. Tekrarlanabilir işlem parametreleri
- g. Sistemin bakım maliyetlerinin düşük olması olarak sıralanabilir [14].



## 7. DÖVME KALIPLARINDA HASAR OLUŞUMU

Dövme işleminde önemli enerji ve zaman kayıplarına neden olan etkenler takımlar ile iş parçası arasında meydana gelen aşınmalardır. Sıcak dövme kalıplarında yüzeylerde meydana gelen aşınma temel olarak sürtünmeden dolayı meydana gelen abresiv ve adhesiv aşınma ile termal yorulma olarak sınıflandırılabilir. Sıcak dövmenin kötü bir dezavantajı olan yüksek termal ısı ve mekanik gerilmelerdir. Bu gerilmeler kalıbın termal mekanik yorulmasına neden olur. Kalıp belli bir kullanımdan sonra değiştirilmek zorunda kalacaktır. Bu da maliyet, takım değiştirme zamanı ve imalat gecikmeler olarak üretim prosesine yansımaktadır (6,17).

Dövme için kullanılan sıcak iş takım çelikleri yüksek termal ve mekanik gerilmelerden dolayı temperleme etkisine maruz kalacaktır. Bu temperleme etkisi de aşınmaya karşı daha dayanıksız bir yapının oluşmasına neden olacaktır.

Genel olarak dövme sıcaklığının  $1000^{\circ}\text{C}$ 'nin üzerinde olmasından dolayı bu temperleme etkisi ister istemez kalıp yüzeyinde oluşacaktır. Bu durumda kalıbın setliği düşecek ve dövme esnasında uygulanan mekanik kuvvetler sonucunda kalıp plastik deformasyona uğrayacak ve aynı zamanda kalıbın yüzeyinde aşınma meydana gelecektir.

Gerçekte her üretim operasyonunda kalıp yüzeyindeki ısı değişimi iş parçası ile takım arasındaki ısı transferinden dolayı yavaş veya hızlı bir şekilde meydana gelecektir. Sıcak iş parçasının kalıpla teması sonrasında kalıp hızla soğutulacak ve ardından kalıp içerisinde bir termal gradyan oluşacaktır. Bu termal etki yüzeyde çatlak başlangıcına neden olabilecektir [6].

Bunun yanı sıra dövülen malzeme ile dövme kalıbı arasında meydana gelen sürtünme de dövme kalıbının ömrünü etkileyecektir.

### 7.1. Sürtünme Aşınmaları

Dövme kalıp yüzeyinde meydana gelebilen malzeme kaybı kalıbın ve malzemenin yüzeylerinin karşılıklı sürtünmeleri sonucunda kayma mekanizmalarının meydana gelmesi sonucunda oluşur. Bu kayma aşınma mekanizmasının iki temel şekli vardır;

- a. Abresiv Aşınma
- b. Adhesiv aşınma

Abresiv aşınma sert ve pürüzlü bir yüzeyin daha yumuşak bir yüzey üzerinde sürtünmesi sonucunda meydana gelir. Abresiv aşınma malzemenin kalıp yüzeyinden ayrılması ile meydana gelir.

Adhesiv aşınmada ise iki metalin teması esnasında yüzeylerdeki atomlarının aralarında çekim kuvveti oluşması esasına dayanır. Uygulamada iki parça sürtünürken yüzeydeki pürüzlülüklerden dolayı iki malzeme arasında oluşacak birleşme etkisinden dolayı malzeme yüzeyinden eksilme meydana gelecektir. Buna kaynaktan dolayı aşınma adı da verilmektedir.

Dövme kalıplarında kalıp ile dövülen malzeme arasındaki oluşan sürtünmeleri azaltmanın iki etkin yolu mevcuttur. Bunlardan birincisi yağlama olup sürtünmeyi azaltmanın yanı sıra kalıp üzerinde oluşabilecek ısı yükü de azaltıcı etki gösterecektir. İkincisi ise yüzey parlatma işlemi olup, dövülecek malzemeye herhangi bir parlatma işlemi yapılamadığı için dövme kalıp yüzeyinin parlatılarak burada pürüzlülüklerden dolayı oluşabilecek çentik faktörünü azaltmasına yardımcı olacaktır [6].

#### 7.1.1 Yağlama

Bu proses dövülen malzeme ile dövme kalıbının arasında oluşan sürtünmenin tercih edilen bir yağlayıcı kullanılarak sürtünme katsayısının düşürülmesi esasına dayanarak kuru sürtünme veya onun yerini alabilecek diğer sürtünmelerin engellenmesi esasına dayanır.

En çok kullanılan yağlayıcılar sıvı yağlar olmakla birlikte aynı zamanda gazlar ve daha yoğun sıvılar yağlayıcı olarak kullanılabilir. Bunun sebebi yüksek yükleme şartları ve sürtünme koşullarında bu yağlayıcıların sıvı gibi davranmasıdır [15].

### 7.1.2 Yüzey parlatma

Yüzey sertleştirme işlemi öncesinde yapılan yüzey parlatma işleminin amacı daha düz ve parlak bir yüzey elde edilmek istenilmesidir. Üretim aşamasında dövme kalıbının farklı yöntemlerle üretilmesi olanaklıdır. Bu yöntemin seçilmesine etki eden bir çok faktör mevcuttur;

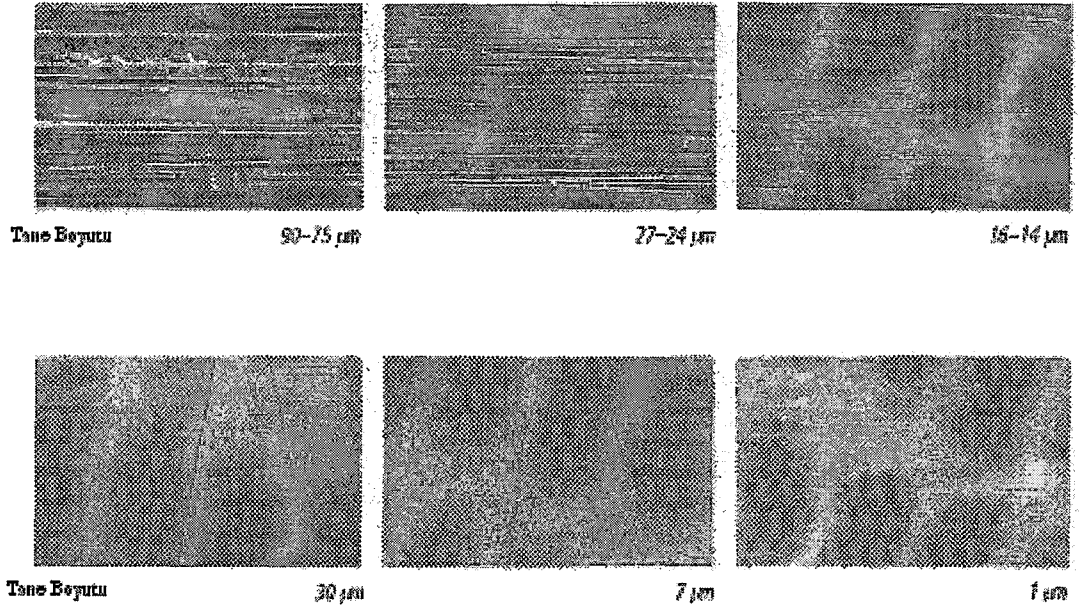
- a. Firma Makine ve Ekipmanları
- b. Teknoloji
- c. Dövme Kalıbı Üretim Prosesi
- d. Seçilen Malzemenin İşlenebilirliği
- e. Parlatma ve Operasyon Operatörleri
- f. İşlenilecek Parçadan Beklenen Tolerans aralıklarıdır [16]

Parlatma prosesi temel olarak iki aşamadan meydana gelmektedir. Birinci aşamada, tane boyutu belirli olan aşındırıcı ile birinci parlatma işlemi tamamlanır. Bir sonraki aşamada daha düşük tane boyutuna sahip parlaticı kullanılarak parlatma işlemi tamamlanır. İstenildiği takdirde aradaki kademeler daha da arttırılabilir.

Uygulamada önerilen işlem sırası aşağıda listelenmiştir;

- a. Sert bir parlatma aracı ve büyük taneli parlaticı ile başlamak
- b. Daha yumuşak bir parlaticı takımla aynı parlaticıyı kullanarak parlatma
- c. Orta sertlikteki parlaticıyla daha küçük tane boyutu parlaticı ile parlatma
- d. Daha da yumuşak bir parlaticı takımla aynı parlaticıyı kullanarak parlatma
- e. Son olarak yumuşak bir parlaticı takımla olabildiğince küçük taneli parlaticı ile parlatmayı neticelendirmektir [16].

Şekil 7.1' de bu aşamalar sonucunda farklı tane büyüklüklerinin yüzey parlatması üzerinde parlatma işlemi sonucunda oluşan etkisi gösterilmiştir.



**Şekil 7.1 : Parlaticı Tane Boyutuna Göre Oluşan Yüzey Görüntüleri (x300) [16]**

Firma, sübap dövme kalıbı üretiminde ürünün özelliklerinden dolayı istenilen tolerans aralıklarını yakalayabilmek amacıyla CNC tezgahlarında dövme kalıbı işlemi aşamasını gerçekleştirmektedir. Daha sonra kalıplar tornaya bağlanarak 1200'lük zımpara ile 10 ile 15 saniye arasında, zımparanın boyun bölgesine sürülmesi yöntemiyle parlatma yeterli görülmektedir.

Bu yapılan işlem sonucunda dövme kalıbı üzerinde daha sonra üretimde malzeme dövme aşamasında malzeme akışına dik olacak şekilde kalıp yüzeyinde dairesel parlatma çizgileri oluşturmaktadır.

Deney aşamasında, kalıplar farklı bir yan sanayicide parlattırılmıştır. Parlatma işlemi yapılırken, ilk etapta 1200' lük zımpara kullanılmış fakat burada firmadaki prosten farklı olarak dairesel parlatma çizgilerinden kaçınabilmek için kalıp yuvasına doğru dikine parlatma yapılmıştır.

Son aşama olarak 1 mikronluk alümina kullanılarak son parlatma yapılmıştır.

## 7.2. Termal Yorulma

Dövme kalıplarında hasara neden olan mekanizmaların başında termal yorulmalar gelmektedir. Sıcak dövme kalıpları sürekli döngü halinde ısıtma ve soğutmaya maruz kalmaktadır. Kalıp yüzeyinde meydana gelen ısınma malzemede genleşmelere neden olmaktadır. Daha sonra yağlama ve iş parçasının kalıp üzerinden alınması sebebiyle kalıp yüzeyindeki sıcaklık azalır. Fakat işlem esnasında kalıp bloğunun sıcaklığı ile kalıp yüzeyinin sıcaklığı, yani kafa şişirilerek yüksek sıcaklıkla kalıbın temas eden bölgesinin sıcaklığı farklı genleşmelere tabi olmaktadır. Bu da bir basma gerilmesine neden olur. Bir sonraki adım ise dövülmüş parçanın kalıptan uzaklaştırılması ve yağlama işlemidir. Bu soğutma ve yağlama işlemi sırasında proses tersine dönerek yapıda bir çekme gerilmesi oluşmaktadır. Yapıdaki bu dinamik yükleme hali proses gereği her bir dövme çevriminde kalıbın dinamik olarak yüklenmesine sebebiyet vererek yorulmaya neden olmaktadır [6].

Termal yorulmayı kontrol eden ana faktörler;

- a. Dövme sıcaklığı,
- b. Soğutma oranı
- c. Zaman sıcaklık geçmişi
- d. Kalıp malzemesinin ısıl dayanımı
- e. Dövme :kalıbı malzemesinin tokluğu
- f. Kalıbın sertliği
- g. Kalıp çeliğinin homojenliği
- h. Dövme kalıbının ısıl işlemi [17].

Sıcaklık termal yorulmanın kontrolünde en önemli parametredir. Sıcaklığın termal yorulmayı etkilemesinde farklı yollar mevcuttur. Sıcaklık artışı sadece genleşme ve bunun sonucunda gerilim oluşmasına neden olmaz. Aynı zamanda metalurjik yapının değişmesine neden olarak malzeme dayanımının düşmesine neden olur. Yüksek sıcaklık sıcak akma dayanımını düşürür ve temperleme etkisi göstererek malzemenin yumuşamasına neden olur.

## **8. DENEYSEL ÇALIŞMA**

Bu çalışmada yapılan deneyler üç aşamada gerçekleştirilmiştir;

- a. Dövme kalıplarının iyon nitrasyonu
- b. Nitrasyonlu kalıpların firmada üretimde denenmesi
- c. Denenmiş kalıpların incelenmesi

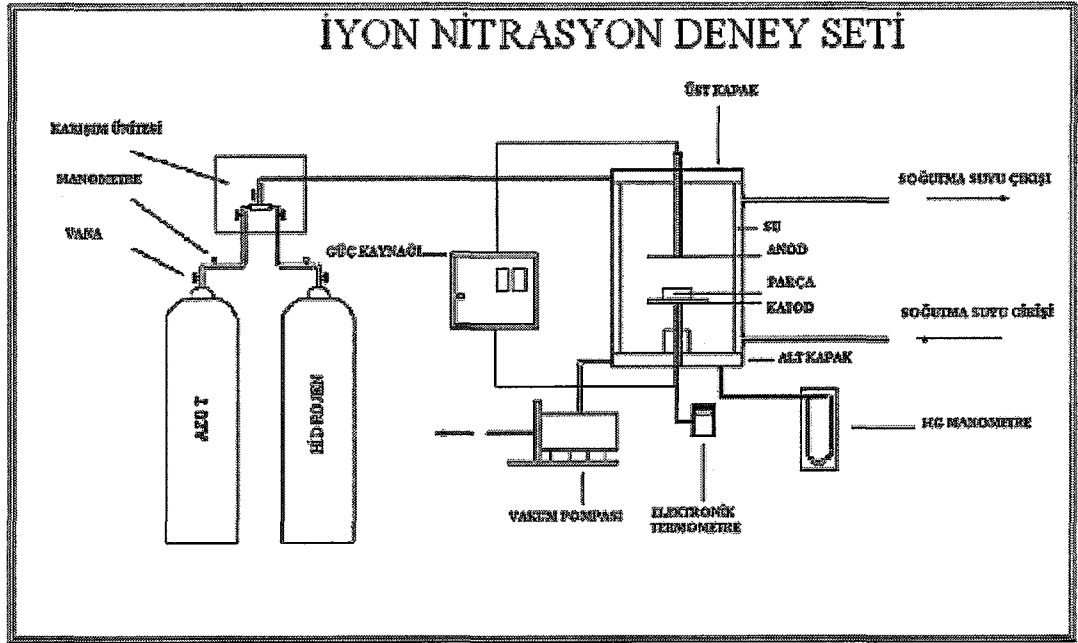
### **8.1. İyon Nitrasyon Düzeneği**

Tez çalışmasında iyon nitrasyon düzeneği olarak İTÜ Makine Fakültesi Makine Fakültesi Malzeme ve İmalat Ana Bilim Dalı Laboratuvarı'nda geliştirilen Şekil 8.1' de gösterilen nitrasyon deney düzeneği kullanılmıştır.

Deney aşamasında istenen işlem parametreleri manuel olarak gerçekleştirilmiştir.

Deney seti ana bileşenleri;

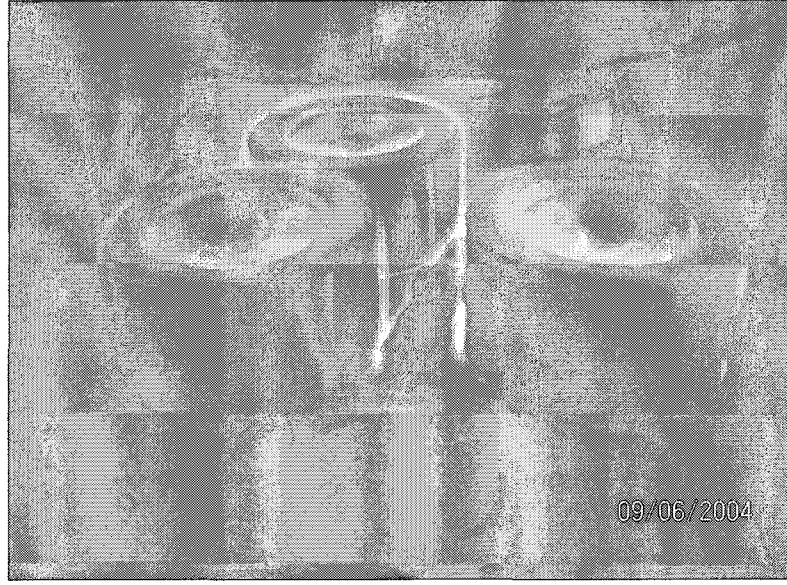
- a. Enerji kaynağı
- b. Gazlar
- c. Vakum ortamı
- d. Vakum pompası
- e. Ölçüm aletleri
- f. Olarak listelenebilir.



**Şekil 8.1 : Nitrasyon Deney Düzeneği Şematik Gösterimi**



**Şekil 8.2 : Nitrasyon Deney Düzeneği Resmi**



**Şekil 8.3 : Nitasyon İşlemi Sırasında Sübap Kalıplarının Görünüşü**

## **8.2. Deney Kalıplarının Tanımlanması**

Deneylere başlanma aşamasında firma, Böhler W321 numaralı sıcak iş takım çeliği kullanmaktaydı. Bu takım çeliğinden imal edilmiş olan 40164 numaralı dövme kalıpları 3'erli gruplar halinde 2 saatlik ve 8 saatlik nitasyon deneylerine tabii tutulmuştur. Daha sonra firmada nitasyon yapılmış kalıplar bir fiil üretimde kullanılmış ve ömür değerleri elde edilmiştir.

Daha önce de bahsedildiği gibi iyon nitasyon süresinin etkisini araştırmak için, 4 saatlik nitasyon deneyinin de yapılmasına karar verilmiştir.

Firmanın deneyler sırasında kalıp malzeme seçiminde Ramatex 1.2344 H13 sıcak iş takım çeliği kullanmaya başlamasıyla birlikte nitasyon deneyleri 3'erli gruplar halinde 2saat – 4 saat ve 8 saatlik zaman dilimleri için tekrarlanmış ve yine kalıplar üretimde denenmiştir.

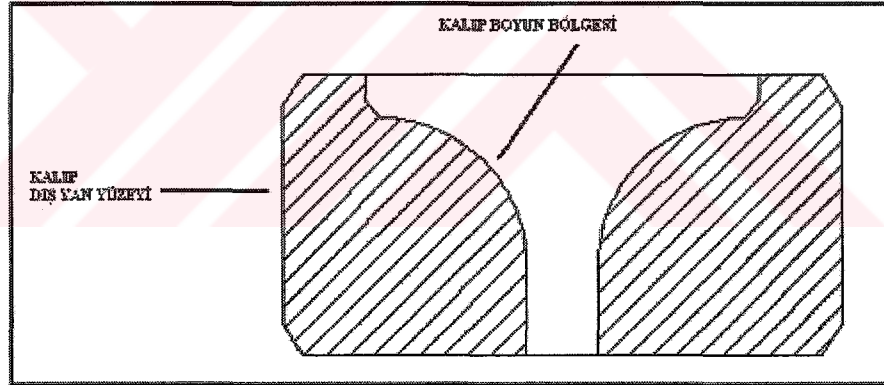
Kullanılan kalıplardan alınan numuneler incelenerek nitasyon sonrası oluşan yapı belirlenmiştir.

Ayrıca firmanın geçmişteki kalıp malzemesi denemelerine ek olarak aroymak 1.2714 H13 ısıt işlemleri üretici firma tarafından yapılmış olarak ithal edilmiş malzeme başka bir ısıt işlemleri yapılmaksızın 4 saatlik nitrasyon denemesine tabii tutulmuştur.

Son olarak firmanın yüzey parlatma işleminin yetersizliği göz önüne alınarak Ramatex malzemedен yapılmış dövme kalıpları dış yan sanayide yüzey parlatma işlemleri tabii tutulmuş ve kalıpların ömür sürelerine etkileri gözlemlenmiştir.

### 8.3. Deney Numunelerinin Tanımlanması

Yukarıda bahsedildiği gibi, 3'erli gruplar halinde nitrasyon yapılmış Ramatex 1.2344 numaralı dövme kalıplarından; 2 saatlik nitrasyon yapılmış olanlarından 2603 sıra numaralı dövme kalıbı, 4 saatlik nitrasyon yapılmış olan 3142 sıra numaralı dövme kalıbı ve 8 saatlik nitrasyon yapılmış olan 3139 sıra numaralı kalıplardan tel erozyonda tezgahında numune kalıplarının kesilmesi ile Şekil 8.4' deki gibi deney numuneleri hazırlanmıştır.



**Şekil 8.4 : Tel Erozyonda Kesilmiş Kalıp Numunesinin Görünüşü**

Alınan numuneler parçanın sertlik ölçümü ve mikro yapılarının incelenmesini kolaylaştırmak amacıyla plastik kalıba alınmıştır. Kalıplanmış malzemeler istenilen incelemelerin yapılmasını sağlamak amacıyla aşağıdaki prosedürlere tabii tutulmuştur;

- a. Numunelerin zımparalanması; numuneler sırasıyla 200, 600, 800 ve 1200 zımpara ile sırasıyla zımparalanmıştır.

- b. Parlatılması; numuneler çuhadar üzerinde 1 mikrometre' lik alümina kullanılarak parlatma makinesinde parlatılmıştır.
- c. Dağlanması; dağlayıcı sıvı olarak daha önceki yapılan çalışmalarda incelenerek ve deneme yapılarak nital 2'nin dağlayıcı olarak kullanılmasına karar verilmiş ve laboratuarda hazırlanmıştır.
- d. Sertlik ölçümü; dağlanan malzemeler 100 gram kuvvet uygulanarak sertlik değerleri belirlenmiştir. Ölçülen sertlik değerleri kalıbın üretim esnasında iş görmeyen dış yan yüzeyinden ve kalıbın hasara uğradığı boyun bölgesinden yapılmıştır.
- e. Mikro yapının incelenmesi; sertliği ölçülen parçaların bu noktaları da kapsayacak şekilde farklı bölgelerinden nitrasyon tabakası belirlenmiş ve incelenmiştir.

Hazırlanan numunelerin çeşitleri aşağıda listelenmiştir;

- 1. Böhler W321 – 2 saat
- 2. Böhler W321 – 8 saat
- 3. Ramatex 1.2344 - 2 saat
- 4. Ramatex 1.2344 - 4 saat
- 5. Ramatex 1.2344 - 8 saat
- 6. Aroymak 1.2714 – 4 saat
- 7. Ramatex 1.2344 - 4 saat – yüzey parlatılmış

#### **8.4. Nitrasyon Deneyinin Yapılması**

Firmanın sertleştirme işlemlerini tamamlamış olduğu dövme kalıbı numuneleri alınarak yukarıda belirtilen deney setinde nitrasyon işlemine tabii tutuldu.

Nitrasyon işleminin adımları;

- a. Parça yüzeyleri trikloretilen kullanılarak nitrasyon öncesi temizlenmiştir.
- b. Parçalar deney setinin içerisindeki tabla üzerine yerleştirilmiştir.

- c. Azot ve hidrojen gazı oranları %80 Hidrojen ve %20 Azot manuel olarak ayarlanmıştır. Bu değerler her malzemeden kalıp numunelerinde aynı olması sağlanmıştır.
- d. Vakum pompası çalıştırılarak sistem vakum altına alınmıştır.
- e. Hidrojen gazıyla birlikte 0,8 ile 1 A ve 500 ile 550 V DC elektrik enerjisi birlikte uygulanmıştır. İşlem süresi yaklaşık olarak 30 dak. sürmektedir. İşlem sonunda parçanın sıcaklığı 480 °C' ye ulaştırılmış ve sadece Hidrojen gazı uygulanarak yüzeyin temizlenmesi sağlanmıştır.
- f. Parça sıcaklığı 480 °C' ye ulaştığında azot gazı da açılarak nitrasyon işlemine başlanılmıştır. Azot gazının verilmesiyle Şekil 8.3' de nitrasyon işlemi sırasında parçaların görünüşünde gösterilen yoğun bir mor tabaka ile kaplanmıştır.
- g. İstenilen nitrasyon süresi tamamlandığında sistemin elektrik enerjisi ve gazlar aynı anda kapatılarak sistem vakum altında kendi halinde soğumaya bırakılmıştır.
- h. Sistem sıcaklığı 50 °C' nin altına düştüğünde parçalar deney düzeneğinden alınmıştır.

#### 8.5. Üretim Denemelerinin Yapılması

Nitrasyonu tamamlanmış parçalar firmanın imalat programlarını da dikkate alınarak reel üretimde fiilen kullanılmış ve sonuçları raporlanmıştır.

Üretim denemeleri sırasında, firmanın sürekli imalatında kullandığı kriterlerin ve üretim şartlarının numune kalıplara da uygulanması için gerekli titizlik gösterilmiştir.

Dövme prosesinin ekipmanları 4 temel parçadan oluşmaktadır;

- a. Dövme ön hazırlık prosesi, malzeme boy kesme
- b. Dövme ön hazırlık prosesi, kafa şişirme otomasyonu
- c. Dövme kalıbı gömleği
- d. Dövme kalıbı

e. Eksantrik presi (250 ton)

Dövme işlemi öncesinde malzeme boy kesme işlemi yapılmış sübap yarı mamulleri kafa şişirme teçhizatlarının ön stok kaplarına yerleştirilerek dövme prosesi başlatılmaktadır.

Dövme prosesinin ikinci adımı olan kafa şişirme işlemi otomatik olarak bu işlem için geliştirilmiş otomasyonda gerçekleştirilmektedir. Operatörün operasyon hızına göre çalışan sistemde 3 tane kafa şişirici teçhizat mevcuttur.



**Şekil 8.5 : Boy Kesilmiş Sübap Malzemesinin Kafa Şişirme Teçhizatında Hazırlık Aşaması**

Kafa şişirme işlemi sırasında sıcaklık endüksiyonla ısıtma sistemiyle yapılmaktadır. Boy kesilmiş malzeme otomatik olarak ön stokundan alınıp çeneler yardımıyla sıkıştırılmakta ve üst tablanın uyguladığı kuvvet ve sıcaklık etkisiyle kafa şişirme işlemi Şekil 8.5' de gösterildiği şekilde yapılmaktadır. Daha öncede bahsedildiği firmanın literatüründe

bulunan uygun kafa şişirme resimleri dövme prosesi aşamasında bilinmekte ve kafa şişirmesi yapılmış malzemenin bu kriterlere uygun olmaması durumunda sistem durdurulmakta ve kafa şişirme üst tablosu ya kullanılmamış olan başka bir bölgesine kaydırılmakta ya da ömrünü tamamlaması durumunda yenisi ile değiştirilmektedir. Bunu kontrolü operatör tarafından gözle yapılmaktadır.

Kafa şişirme işlemi esnasında 20 bar kuvvet uygulanmakta ve sıcaklık sürekli olarak lazerle kontrol edilmektedir. İstenilen sıcaklık 1170 °C ile 1200 °C arasındadır. Kafa şişirme süresi periyodu 16 ile 18 saniye arasında sürmektedir. İşlem sırasında kafa şişirilmiş malzemenin görünüşü Şekil 8.5.' de gösterilmektedir.



**Şekil 8.6 : Kafa Şişirme İşlemi**

Dövme işlemi öncesinde dövme kalıbı gömleği uygun dövme kalıbına göre seçilerek gömlek ısıtma işlemine tabii tutulmaktadır. Bu işlemden sonra kalıp gömleğin içerisine sıkı çakılarak yerleştirilmektedir. Birleştirilen kalıp ve gömlek prese yerleştirilmekte ve dövme prosesi kalıp aşamasına getirilmektedir.

Kafa şişirme işleminden çıkan malzemeler konveyör yardımıyla operatörün önüne gelmekte ve operatör bir maşa yardımıyla gelen malzemeyi dövme kalıbına Şekil 8.6' da gösterildiği gibi yerleştirmektedir.



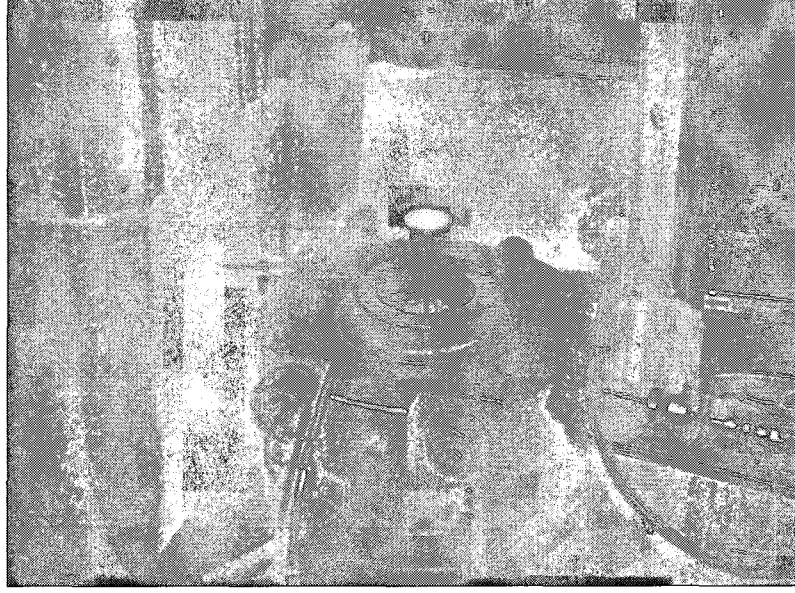
**Şekil 8.7 : Kafa Şişirilmiş Malzemenin Operatör Tarafından Kalıba Yerleştirilmesi**

Kalıp içerisindeki malzemeler manuel olarak operatörün kumanda ettiği presle kapalı dövme işlemine tabi tutulmaktadır.



**Şekil 8.8 : Dövülmüş Sübap Malzemesinin Görünüşü**

Dövülen malzeme gömleğin altına bulunan prese akuple otomatik itici tarafından dövme kalıbı dışına itilmekte ve yine operatör tarafından maşa yardımıyla yarı mamul stoğuna alınmaktadır.



**Şekil 8.9 : İtici Tarafından Otomatik Olarak Kalıp Dışına İtilen Sübabın Görünüşü**

Dövme prosesi esnasında kalıbın ömrünü tamamlaması kararı operatör tarafından şu iki kriter dikkate alınarak verilmektedir;

1. Operatör kalıp ömrü daha önceki firma bilgi birikimlerine de dayanarak yaklaşık olarak 500 dövme işleminden sonra dövme esnasındaki parçalardan herhangi birinin her 100 baskıda bir prosesten alınıp ışık altında boyun bölgesinin gözle incelenmesi ile yapılmaktadır.
2. Yine aynı şekilde firma tarafından bu iş için özel olarak geliştirilen komparatör aparatı yardımıyla aynı adetlerde boyun bölgesinin istenilen toleranslar arasında olup olmadığı ön kontrolü yapılmaktadır.



gramlık yük kullanılmıştır. Yüzeyden merkeze doğru sertlik değişimi gözlemlenmiştir.

b. Numuneler mikroskop altında incelenerek nitrasyon tabakası görüntülenmiştir.

Nitrasyon süresinin nitrasyon tabakasına etkisini inceleyebilmek için ve firmanın bundan sonraki dövme kalıbı malzemesi olarak Ramatex H13 sıcak iş takım çeliği kullanacağı dikkate alınarak incelemeler bu hammadde üzerinde yoğunlaştırılmıştır.

## 8.7. Deney Verileri

### 8.7.1. Deney Böhler W321 – 2 saat

Deney teknik bilgileri :

|                        |                                      |
|------------------------|--------------------------------------|
| Gaz karışım değerleri  | : %80 Hidrojen, %20 Azot             |
| İşlem uygulama basıncı | : 10 Torr                            |
| Uygulanan gerilim      | : DC 500 Volt, 0,8-1 Amper           |
| Nitrasyon sıcaklığı    | : 480 °C                             |
| Nitrasyon süreleri     | : 2 saat                             |
| Kullanılan malzeme     | : Böhler W321 Sıcak iş kalıp çeliği. |

**Tablo 8.1: Böhler W321 – 2 Saat Uygulama Sonuçları**

| Kalıp Sıra No | Kalıp No | Dövülen Parça Adedi |
|---------------|----------|---------------------|
| 1             | NE 907   | 900                 |
| 2             | NE 908   | 900                 |
| 3             | NE 911   | 1100                |

### 8.7.2. Deney Böhler W321 – 8 saat

Deney teknik bilgileri :

|                        |                          |
|------------------------|--------------------------|
| Gaz karışım değerleri  | : %80 Hidrojen, %20 Azot |
| İşlem uygulama basıncı | : 10 Torr                |

Uygulanan gerilim : DC 500 Volt, 0,8-1 Amper  
Nitrasyon sıcaklığı : 480 °C  
Nitrasyon süreleri : 8 saat  
Kullanılan malzeme : Böhler W321 Sıcak iş kalıp çeliği

**Tablo 8.2: Böhler W321 – 8 Saat Uygulama Sonuçları**

| Kalıp Sıra No | Kalıp No | Dövülen Parça Adedi |
|---------------|----------|---------------------|
| 1             | NE 1142  | 950                 |
| 2             | NE 1144  | 900                 |
| 3             | NE 1145  | 930                 |

### 8.7.3. Deney Ramatex 1.2344 - 2 saat

Deney teknik bilgileri

Gaz karışım değerleri : %80 Hidrojen, %20 Azot

İşlem uygulama basıncı : 10 Torr

Uygulanan gerilim : DC 500 Volt, 0,8-1 Amper

Nitrasyon sıcaklığı : 480 °C

Nitrasyon süreleri : 2 saat

Kullanılan malzeme : Ramatex 1.2344-esr Sıcak iş kalıp çeliği.

**Tablo 8.3: Ramatex 1.2344 - 2 Saat Uygulama Sonuçları**

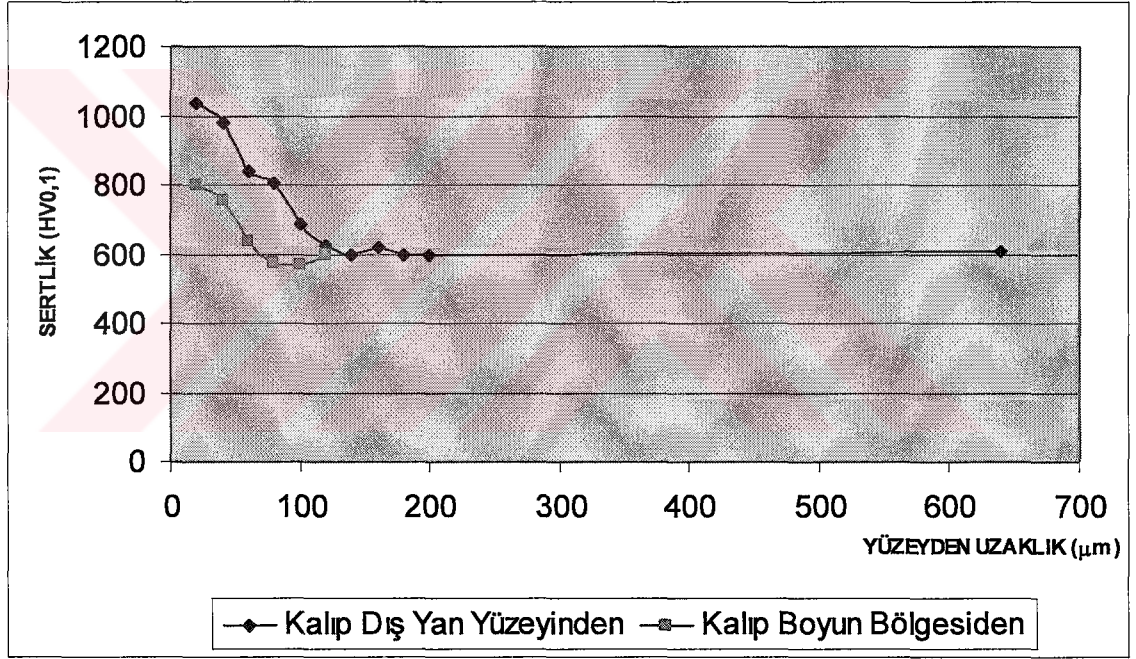
| Kalıp Sıra No | Kalıp No | Dövülen Parça Adedi |
|---------------|----------|---------------------|
| 1             | NE 2600  | 850                 |
| 2             | NE 2603  | 800                 |
| 3             | NE 2615  | 900                 |

**Tablo 8.4:** Ramatex 1.2344 - 2 Saat' lik Numune İçin Sertlik Değerleri

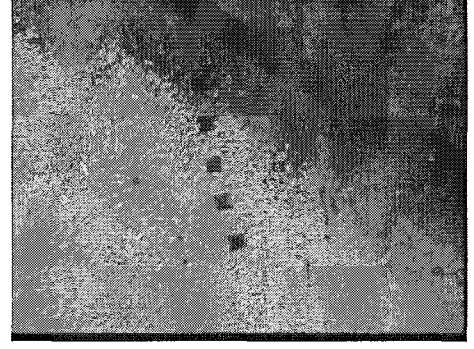
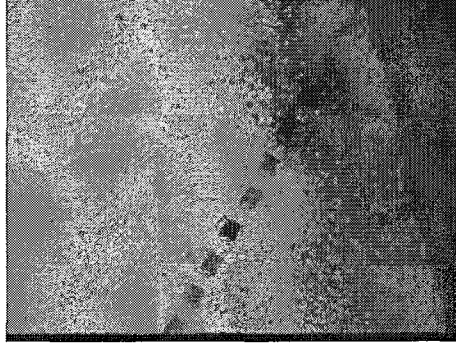
| Kalıp dış yan yüzeyi sertlik dağılımı (2 saat nitrasyon kalıp no:2603) |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------------------------------------------------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Yüzeyden Uzaklık $\mu\text{m}$                                         | 20   | 40  | 60  | 80  | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 640 |
| Sertlik $\text{HV}_{0,1}$                                              | 1034 | 982 | 839 | 803 | 686 | 625 | 597 | 622 | 597 | 597 | 608 |

**Tablo 8.5:** Ramatex 1.2344 - 2 Saat' lik Numune İçin Sertlik Değerleri

| Kalıp boyun bölgesi sertlik dağılımı (2 saat nitrasyon kalıp no:2603) |      |     |     |     |     |     |
|-----------------------------------------------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Yüzeyden Uzaklık $\mu\text{m}$                                        | 20   | 40  | 60  | 80  | 100 | 120 |
| Sertlik $\text{HV}_{0,1}$                                             | 1034 | 982 | 839 | 803 | 686 | 625 |



**Şekil 8.11 :** Kalıp Yüzeyi Sertlik Dağılımı ( Kalıp No: 2603 )



**Şekil 8.12 :** Kalıp Yüzeyi Nitrasyon Tabakasının Görüntüsü x 200, Nitale Dağlanmış  
(Kalıp No: 2603 ) a. Kalıp Dış Yan Yüzeyi b. Kalıp Boyun Bölgesi

#### 8.7.4. Deney Ramatex 1.2344 - 4 saat

Deney teknik bilgileri

|                        |                                             |
|------------------------|---------------------------------------------|
| Gaz karışım değerleri  | : %80 Hidrojen, %20 Azot                    |
| İşlem uygulama basıncı | : 10 Torr                                   |
| Uygulanan gerilim      | : DC 500 Volt, 0,8-1 Amper                  |
| Nitrasyon sıcaklığı    | : 480 °C                                    |
| Nitrasyon süreleri     | : 4 saat                                    |
| Kullanılan malzeme     | : Ramatex 1.2344-ESR Sıcak iş kalıp çeliği. |

**Tablo 8.6:** Ramatex 1.2344 - 4 Saat Uygulama Sonuçları

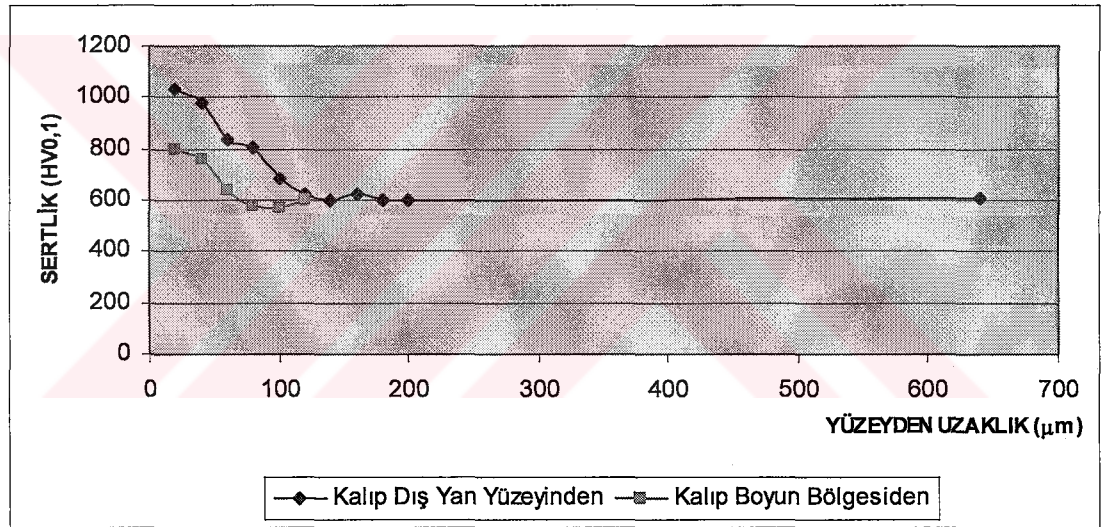
| Kalıp Sıra | Dövülen Parça |       |
|------------|---------------|-------|
| No         | Kalıp No      | Adedi |
| 1          | NE 3218       | 800   |
| 2          | NE 3142       | 780   |
| 3          | NE 3149       | 700   |

**Tablo 8.7:** Ramatex 1.2344 - 4 Saat' lik Numune İçin Sertlik Değerleri

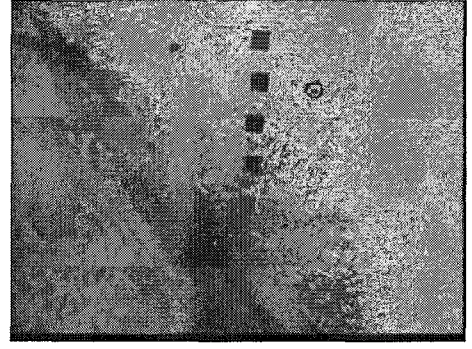
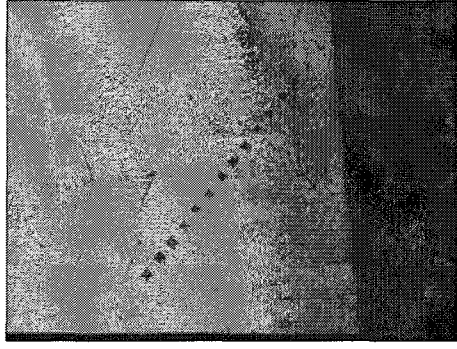
| Dış yüzey sertlik dağılımı (4 saat nitrasyon kalıp no:3142) |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------------------------------------------------------------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Yüzeyden Uzaklık $\mu\text{m}$                              | 20   | 40   | 60   | 80  | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 680 |
| Sertlik HV <sub>0,1</sub>                                   | 1145 | 1127 | 1091 | 933 | 801 | 796 | 716 | 685 | 802 | 766 | 670 | 606 | 649 | 580 |

**Tablo 8.8:** Ramatex 1.2344 - 4 Saat' lik Numune İçin Sertlik Değerleri

| Kalıp boyun bölgesi sertlik dağılımı (4 saat nitrasyon kalıp no:3142) |     |     |     |     |     |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Yüzeyden Uzaklık $\mu\text{m}$                                        | 20  | 40  | 60  | 80  | 100 | 120 |
| Sertlik HV <sub>0,1</sub>                                             | 740 | 660 | 583 | 557 | 525 | 553 |



**Şekil 8.13 :** Kalıp Yüzeyi Sertlik Dağılımı ( Kalıp No: 3142 )



**Şekil 8.14.** Kalıp Yüzeyi Nitrasyon Tabakasının Görüntüsü a.x 100, b.x200 Nitale Dağlanmış (Kalıp No: 3142 ) a. Kalıp Dış Yan Yüzeyi b. Kalıp Boyun Bölgesi

#### 8.7.5. Deney Ramatex 1.2344 - 8 saat

Deney teknik bilgileri

|                        |                                             |
|------------------------|---------------------------------------------|
| Gaz karışım değerleri  | : %80 Hidrojen, %20 Azot                    |
| İşlem uygulama basıncı | : 10 Torr                                   |
| Uygulanan gerilim      | : DC 500 Volt, 0,8-1 Amper                  |
| Nitrasyon sıcaklığı    | : 480 °C                                    |
| Nitrasyon süreleri     | : 8 saat                                    |
| Kullanılan malzeme     | : Ramatex 1.2344-ESR Sıcak iş kalıp çeliği. |

**Tablo 8.9:** Ramatex 1.2344 - 8 Saat Uygulama Sonuçları

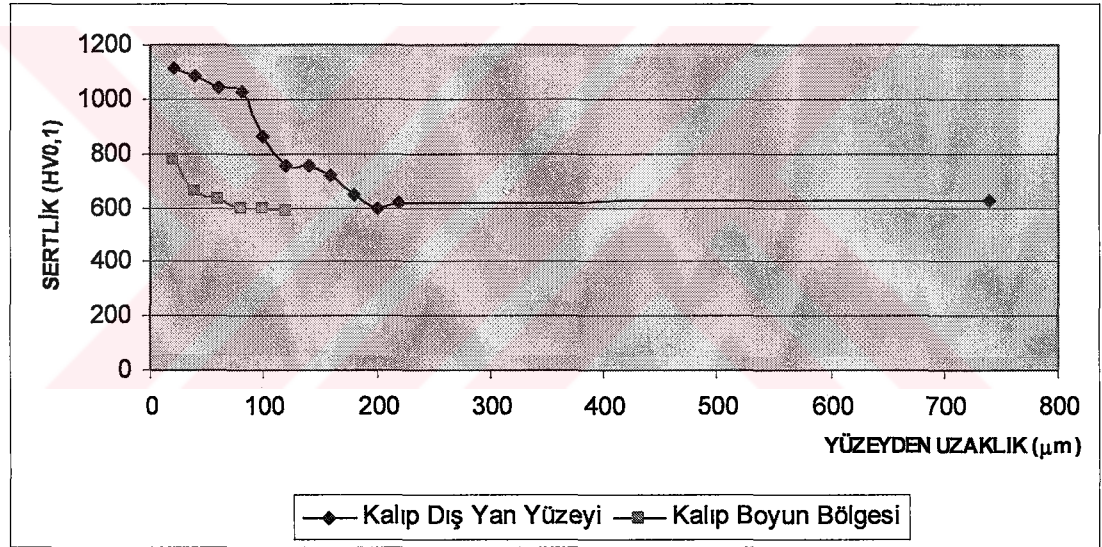
| Kalıp Sıra No | Dövülen Parça |       |
|---------------|---------------|-------|
|               | Kalıp No      | Adedi |
| 1             | NE 3137       | 800   |
| 2             | NE 3139       | 820   |
| 3             | NE 3140       | 850   |

**Tablo 8.10:** Ramatex 1.2344 - 8 Saat' lik Numune İçin Sertlik Değerleri

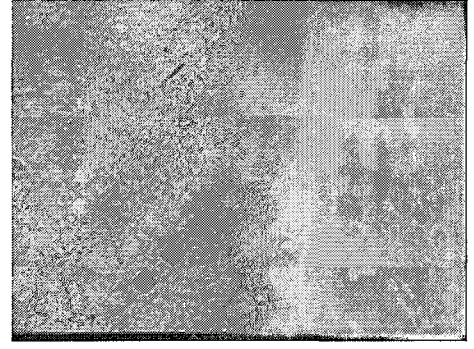
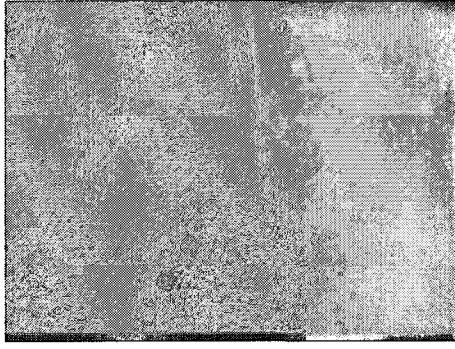
| Dış yüzey sertlik dağılımı (8 saat nitrasyon kalıp no:3139) |      |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------------------------------------------------------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Yüzeyden Uzaklık $\mu\text{m}$                              | 20   | 40   | 60   | 80   | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 740 |
| Sertlik $\text{HV}_{0,1}$                                   | 1111 | 1085 | 1042 | 1027 | 861 | 755 | 754 | 721 | 650 | 598 | 621 | 626 |

**Tablo 8.11:** Ramatex 1.2344 - 8 Saat' lik Numune İçin Sertlik Değerleri

| Boyun sertlik dağılımı (8 saat nitrasyon kalıp no:3139) |     |     |     |     |     |     |
|---------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Yüzeyden Uzaklık $\mu\text{m}$                          | 20  | 40  | 60  | 80  | 100 | 120 |
| Sertlik $\text{HV}_{0,1}$                               | 777 | 664 | 634 | 593 | 599 | 591 |



**Şekil 8.15 :** Kalıp Yüzeyi Sertlik Dağılımı ( Kalıp No: 3139 )



**Şekil 8.16.** Kalıp Yüzeyi Nitrasyon Tabakasının Görüntüsü x 200, Nitalle Dağlanmış  
(Kalıp No: 3139 ) a. Kalıp Dış Yan Yüzeyi b. Kalıp Boyun Bölgesi

#### 8.7.6. Deney Aroymak 1.2714 – 4 saat

Deney teknik bilgileri

|                        |                                              |
|------------------------|----------------------------------------------|
| Gaz karışım değerleri  | : %80 Hidrojen, %20 Azot                     |
| İşlem uygulama basıncı | : 10 Torr                                    |
| Uygulanan gerilim      | : DC 500 Volt, 0,8-1 Amper                   |
| Nitrasyon sıcaklığı    | : 480 °C                                     |
| Nitrasyon süreleri     | : 4 saat                                     |
| Kullanılan malzeme     | : 1.2714 ıslah edilmiş sıcak iş kalıp çeliği |

**Tablo 8.12:** Aroymak 1.2714 – 4 Saat Uygulama Sonuçları

| Kalıp Sıra No | Kalıp No | Dövülen Parça Adedi |                      |
|---------------|----------|---------------------|----------------------|
| 1             | NE 4     | 415                 | Nitrasyon Yapılmış   |
| 2             | NE 1     | 80                  | Nitrasyon Yapılmamış |

### 8.7.7 Deney Ramatex 1.2344 - 4 saat – yüzey parlatılmış

Deney teknik bilgileri

Gaz karışım değerleri : %80 Hidrojen, %20 Azot

İşlem uygulama basıncı : 10 Torr

Uygulanan gerilim : DC 500 Volt, 0,8-1 Amper

Nitrasyon sıcaklığı : 480 °C

Nitrasyon süreleri : 4 saat

Kullanılan malzeme : Ramatex 1.2344-ESR Sıcak iş kalıp çeliği.

**Tablo 8.13:** Ramatex 1.2344 - 4 Saat – Yüzey Parlatılmış Uygulama Sonuçları

| Kalıp Sıra<br>No | Dövülen Parça |       |
|------------------|---------------|-------|
|                  | Kalıp No      | Adedi |
| 1                | NE 2259       | 1185  |
| 2                | NE 2272       | 1050  |

## 9. SONUÇ ve TARTIŞMA

İnceleme çalışmalarının başlangıcında fabrikanın halihazırda devam eden imalatında, bizim incelemek üzere belirlediğimiz HB Ø 7.30 modeli sübap imalatında kullanılan 40164 fabrika kodlu H13 sıcak iş kalıp malzemesinden yapılmış martenzitik paslanmaz çelikten dövme kalıbının firmadaki prosesi;

- a. CNC tezgahlarında işlenilmesi
- b. Dairesel hareketlerle yüzey parlatılması
- c. Isıl işlemi
- d. Sıvı nitrasyon

aşamalarından oluşmaktadır.

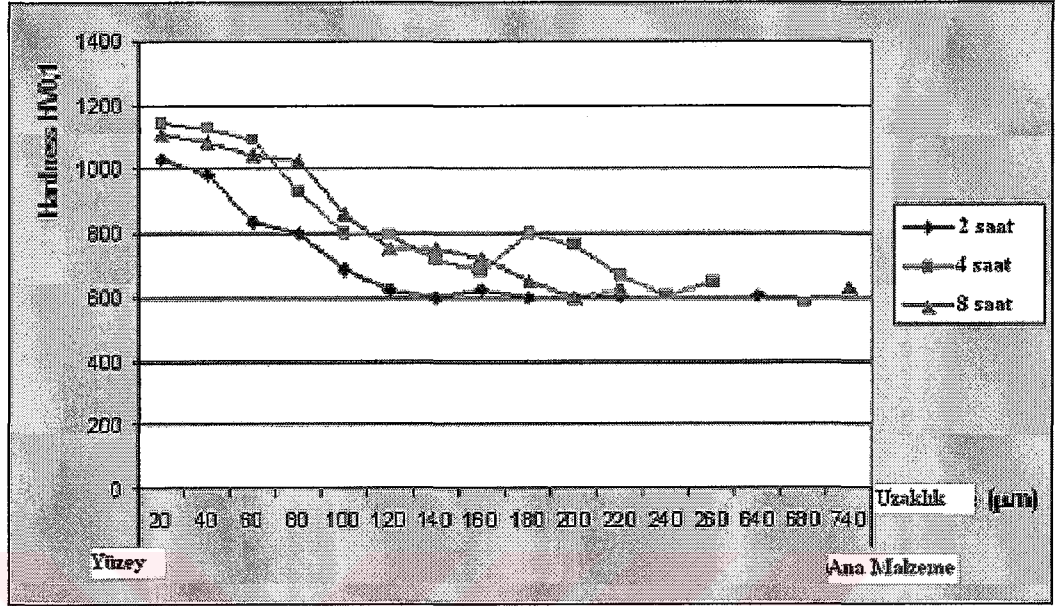
Deneylerde ise yüzey sertleştirme işlemi olarak iyon nitrasyonu uygulanmış, yüzey parlatma ise bir yan sanayicide yaptırılarak dairesel parlatma çizgilerinden kaçınabilmek için kalıp yuvasına doğru dikine parlatma yaptırılmıştır. Oluşan yeni proses;

- a. CNC tezgahlarında işlenilmesi
- b. Isıl işlemi
- c. Dairesel parlatma çizgisi oluşmasına izin vermeyecek şekilde yüzey parlatma
- d. İyon nitrasyonu

işlem sırasıyla uygulanmıştır.

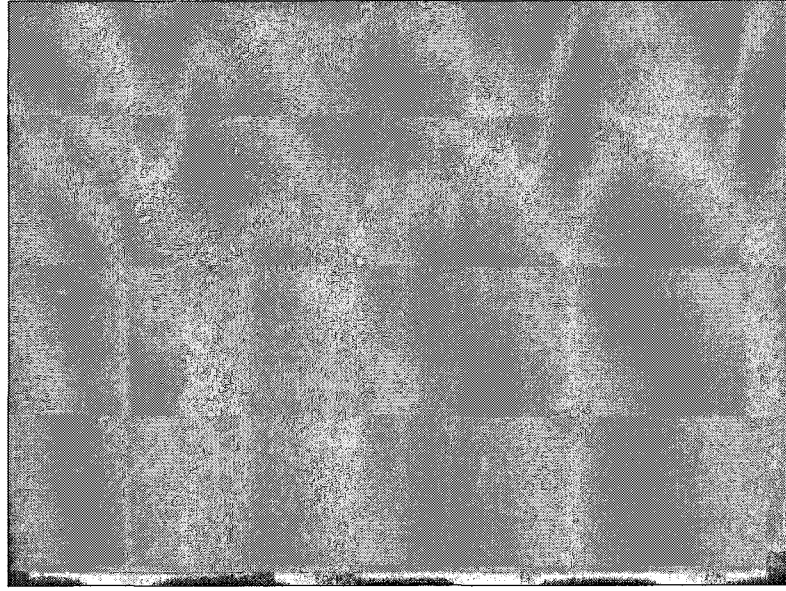
Hazırlanan deney numunelerinin fiili imalatta kullanılmasından sonra nitrasyon tabakası incelenmiş, farklı sürelerdeki nitrasyon işlemleri ile alternatif denemeler yapılarak aynı işlemler tekrarlanmış ve raporlanmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda görülmüştür ki; dövme kalıbı yüzeyindeki nitrasyon tabakası 4 saatlik nitrasyon deneyleri sonucunda

1145 HV<sub>0,1</sub> olarak en yüksek değerine ulaşmıştır. Bu aşamadan sonra gerçekleştirilen deneyler 4 saatlik nitrasyon sürelerinde gerçekleştirilmiştir.

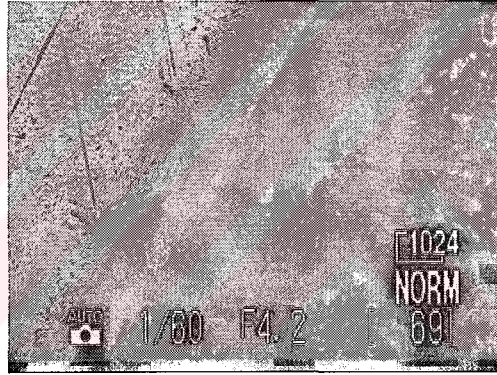


**Şekil 9.1 : Farklı Nitrasyon işlemi sonucunda Kalıp Dış Yan Yüzeyinde Oluşan Sertlik Dağılımı**

Ayrıca farklı sürelerde nitrasyon işlemi uygulandıktan sonra fabrika da kullanılan kalıpların numunesi incelendiğinde malzemenin iç kısmıyla aşınmanın gerçekleştiği boyun bölgesinin iç yapısı arasında bir farka rastlanmamıştır. Yani üretim esnasında bu bölgede oluşan ısı malzemenin iç yapısını değiştirmemiştir.

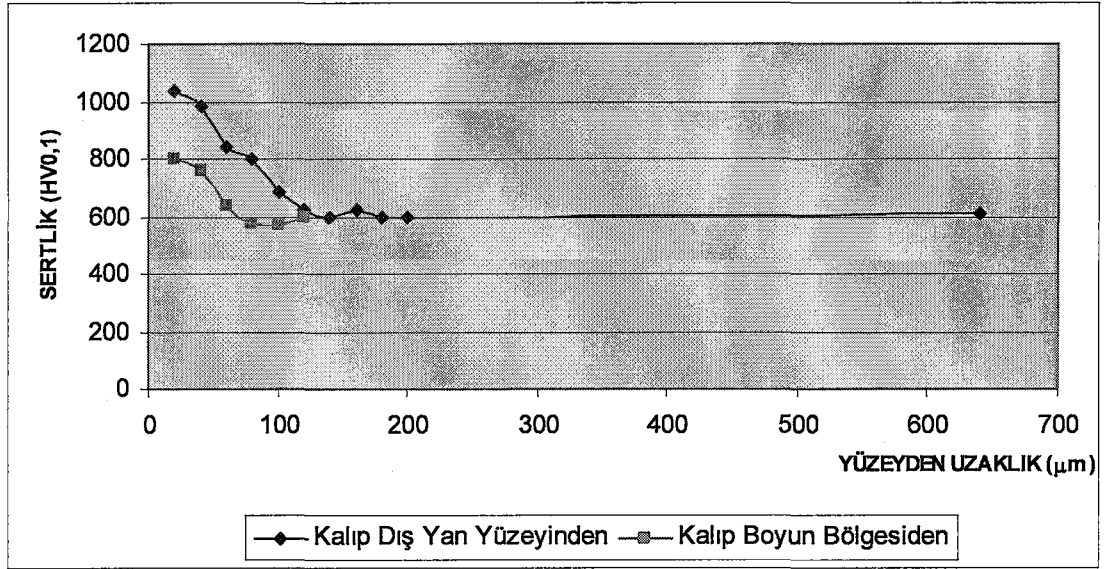


**Şekil 9.2 : Malzemenin Mikro Yapısı x 400**



**Şekil 9.3. Kalıbın boyun bölgesi x 100**

Şekil 9.3’ de 2 saatlik nitrasyon sonrası imalatta kullanıldıktan sonraki kalıbın boyun bölgesindeki yapı gösterilmektedir. Kalıbın dış yan yüzey ve boyun bölgesinden alınan sonuçlara göre gözlenmiştir ki; kalıbın boyun bölgesinde aşınmadan dolayı sert nitrasyon tabakasının bir kısmı aşınmış ve bunun sonun da dış yan yüzeydekine göre boyun bölgesindeki sertlik değerleri % 40 – 45 oranında azalmıştır. Şekil 9.4’ de kalıbın imalat aşamasında iş görmeyen dış yan yüzey ve aşınan kısmı olan boyun bölgesindeki sertlik dağılımları gösterilmektedir. Ayrıca Şekil 9.3’ de görüldüğü gibi boyun bölgesinde iki noktadan çatlak oluşumu gözlemlenmiştir.



**Şekil 9.4 : Kalıp Yüzeyi Sertlik Dağılımları (Kalıp No: 2603)**

Denemelerinin başlangıcında firmada Böhler W321 sıcak iş takım çeliği kullanmakta iken daha sonra firma Ramatex marka 1.2344 sıcak iş takım çeliği kullanmaya başlamıştır. Alternatif olarak da Aroymak marka 1.2744 sıcak iş takım çeliği denemesi yapılmıştır. Birbirine yakın kalitedeki bu ürünler arasında fiyat farkı ve tedarik kolaylığı nedeniyle firma Ramatex marka malzemeyi kullanmaya devam etmeye karar vermiştir.

İmalat sürecinde, dövme kalıbının ömrünü tamamladığı kararı firma literatürleri dikkate alınarak verilmektedir. Bu karar verilirken dövme prosesinden çıkan yarı mamulleri firmanın bu iş için kullandığı komparatör aparatıyla kontrol edilmekte ve sübabın boyun bölgesine ışık altında gözle bakarak inceleme yapılmaktadır. Kontrol sıklığı firmanın bilgi birikimleriyle oluşturulan imalat literatürlerinde belirlenmiştir.

Bu kriterler neticesinde, bire bir somut adetler belirlemenin kesin sonuç veremeyeceği düşünülmektedir. Ancak deney aşamasında da görüleceği üzere %20-25 arasında dövme kalıbı baskı adeti artışı sağlamaktadır. Bu değişim doğal olarak dövme kalıbı üretim maliyeti ve planlaması, üretimdeki kayıplar ve dolayısıyla verimlilik üzerinde olumlu yönde etkilidir. Bu değişiklikler diğer modellere de olumlu olarak yansıtılabilecektir.

## KAYNAKLAR

- [1] **Supsan A.Ş.**, 2005, Firma Literatürü.
- [2] **www.supsan.com.tr.**
- [3] **www.korfez.net.**
- [4] **Çapan L.**, 1999, Metallere Plastik Şekil Verme, Çağlayan Kitabevi, İstanbul.
- [5] **www.forging.org.**
- [6] **Babu S. and Ribeiro D. And Shivpuri R.**, 1999, Material and Surface Engineering for Precision Forging Dies, Precision Forging Consortium Ohio Aerospace Institute and National Center for Manufacturing Sciences, US.
- [7] **Davis J.R. and Davis&Associates**, 1995, Tool Materials, ASM International, US.
- [8] **Prahudev H.**, 1988, Heat Treatment of Steels, Tata McGraw – Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
- [9] **Çapa M. Ve Güleç Ş.**, 1995, Metallerin Yüzey İşlemleri ve Özel İmalat Yöntemleri, İ.T.Ü Makine Fakültesi Ofset Matbaası, İstanbul.
- [10] **Pye D.**, 2003, Practical Nitriding and Ferritic Nitrocarburizing, ASM International, Ohio, US.
- [11] **Özdemir U., Erten M., Gülmez T.**, 2004, İyon Nitrürlemenin Sert Metal Plaket Takımların Serbest Yüzey Aşınmalarına Etkisi, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, 4 (7-18), İstanbul.

- [12] **Karaoğlu S., Karadeniz S., Karaoğlu Ç.**, 2001,Plazma Nitrülenmiş Az Alaşımli Bir Çeliğin Aşınma Davranışının İncelenmesi, Fen ve Mühendislik Dergisi, 3 sh.85-92, İzmir.
- [13] **Çelik A., Alsaran A., Karakan M.**, 2002, Plazma ile Termokimyasal Yüzey İşlemleri, Mühendis ve Makine, **510**.
- [14] **Ostwald F. And Munoz J.**, 1996, Manufacturing Processes and Systems, University of Colorado, US.
- [15] **Burakowski T. And Wierzchon T.**,1998, Surface Enginneering Metals, CRC Press, US.
- [16] **Uddeholm**, 2004, Het treatment of Tool Steel, Germany.
- [17] **Waterhouse R.B. and Niku-Lari A.**, 1988, Metal Treatments Against Wear, Corrosion, Fretting and Fatigue, Pergamon Press, Great Britain.

## ÖZGEÇMİŞ

01.05.1980 yılında İstanbul’da doğan Fatih KARCAN, sırasıyla İstanbul Ticaret Odası Kanarya İlk Okulu, K.Çekmece İlköğretim okulu ve 1997 yılında Kadırga Endüstri Meslek Lisesi Elektrik Bölümünü bitirmiştir. Aynı sene Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliğine başlamıştır. 1999 yılında ise Endüstri Mühendisliği bölümünde çift lisans öğretime hak kazanmıştır. 2001 yılında Makine Mühendisliğini, 2002 yılında ise Endüstri Mühendisliğini tamamlamıştır. Halihazırda İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği, Malzeme ve İmalat programında yüksek lisans eğitimini sürdürmektedir.

