

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SIVAMA YÖNTEMLERİ VE
SIVAMA MAKİNESİ TASARIMI

Barış GÜN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
TASARIM VE İMALAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

GEBZE

2007

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SIVAMA YÖNTEMLERİ VE
SIVAMA MAKİNESİ TASARIMI

Barış GÜN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
TASARIM VE İMALAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI
Yrd. Doç. Dr. Mehmet Ali ARSLAN

GEBZE
2007

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 22/01/2007 tarih ve 2007/4 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 13/02/2007 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Barış Gün'ün tez çalışması Tasarım ve İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Yrd. Doç. Dr. Mehmet Ali ARSLAN

ÜYE : Doç. Dr. Fehmi Erzincanlı

ÜYE : Doç. Dr. Metin Usta

ONAY

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
tarih ve/..... sayılı kararı.

ÖZET

Günümüzde metal şekillendirme yöntemleri birçok çeşitlilik göstermekle birlikte her ürünün kendi özelliklerine en uygun imalat yöntemi, üreticiler tarafından geliştirilmekte ve kullanılmaktadır. “Sıvama Yöntemleri”, bu kapsam içinde, talaşsız imalat yöntemleri arasında geniş kullanım alanına sahip olup, bu alanlar küresel olarak gelişen ürün yelpazesinde giderek kapsamını artırmaktadır.

Bugün sıvama makinelerinin ve farklı ürünlere ait sıvama proseslerinin başlıca üreticileri Alman ve İspanyol firmaları olmakla birlikte, yapılmış en gelişmiş sıvama makineleri son dönemde, Türkiye’de tasarlanmış ve imal edilmişlerdir.

Bu çalışmada, sac ve boru biçimli metal malzemelerin ana şekillendirme yöntemlerinden birisi olan sıvamanın en genel yaklaşımdan, bilinen en ayrıntılı içeriğine kadar tanıtılması, sıvamanın kullanım alanları ve bu teknolojiyi kullanan bir makine tasarımının yapılmasındaki detayların anlatılması amaçlanmaktadır.

Bu kapsamda, Sıvama Yöntemleri’nin anlaşılması için, öncelikle imalat yöntemleri genel olarak sınıflandırılmış ve bu sınıflandırma içinde farklı sıvama yöntemlerinin konumu ve kullanım alanları sunulmuştur. Buna istinaden, sıvama yöntemlerinin kendi alt yöntemleri, bu yöntemlerin oluşma sebepleri, farkları ve istenen ürüne göre hangi yöntemin uygun olacağı anlatılmıştır. Ek olarak sıvama yöntemleri ile üretilmiş ürünlere detaylı örnekler verilmiştir. Bu bilgiler ışığında, sıvama işi yapacak bir makinenin hangi kriterlere uygun olarak tasarlanacağı anlaşılabacaktır. Ardından örnek bir sıvama makinesinin tasarımı incelenerek, bu tip makinelerin tasarımlarındaki ayrıntılar, kapasiteleri, karşılaşılabilecek problemler ve en önemlisi sıvama prosesi anlatılmıştır.

Verilen bilgilerin ışığında, sıvama makinelerinin teknolojik gelişimleri, gelecekte nasıl bir şekil alacakları ve bu konuda ülkemizde yapılan çalışmalar, sonuçlar bölümünde değerlendirilmiştir.

SUMMARY

Today, metal forming methods are offering broad number of different techniques with many variations to meet the manufacturer's needs. In addition, these methods are considered among the most widely used machining techniques, depending on the type of the products manufactured. Spinning technology has a large application capacity as a method of chipless manufacturing in metal forming methods and its potential is increasing with the rapidly growing global market requirements.

In today's Spinning industry, main developers of Spinning processes and main manufacturers of Spinning Machines are German and Spanish companies. However, in recent years, the most developed CNC Spinning Machines ever made in the world, have been designed and manufactured in Turkey.

This study introduces Spinning technology from concept to the most specific applications and its usage. Furthermore, this study aims at exploring the design details of spinning machines.

In this context, machining methods are first classified and the application area of spinning technology is highlighted. Next, subcategories of spinning technology are introduced. Also, detailed examples are demonstrated on the subcategories of Spinning. The operating criteria of a Spinning Machine design is introduced. Design of a Spinning Machine was demonstrated on an example project where the design details, machine capacities, main design challenges, and especially spinning processes are explained.

Finally, the technological development of Spinning Machines, future's Spinning Machine models and the rank of our country in the future's Spinning industry are summarized in the "Conclusions" section.

TEŞEKKÜR

Bu yüksek lisans tezinin oluşturulmasına görüş ve düşünceleriyle yön veren değerli danışman hocam Sn. Yrd. Doç. Dr. Mehmet Ali ARSLAN 'a,

Gerek yüksek lisans eğitimimde ve tez çalışmalarımda, gerekse diğer sektörel faaliyetlerimde bana her zaman destek olan ve yol gösteren değerli hocam Sn. Doç. Dr. Fehmi ERZİNCANLI 'ya,

Ayrıca, her zaman anlayışları ve destekleri ile bana güç veren sevgili eşime ve aileme burada teşekkürü bir borç bilirim.

Barış GÜN

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
2. SAC VE BORU ŞEKİLLENDİRME YÖNTEMLERİ	5
2.1. Haddeleme	5
2.2. Kesme Yöntemleri	6
2.3. Derin Çekme	6
2.4. Ekstrüzyon	7
2.5. Sac ve Boru Bükme	7
2.6. Genişletme	8
2.7. Basınç İle Şekillendirme	9
2.8. Röleler İle Şekillendirme	9
2.9. İnfilak İle Şekillendirme	10

3. SIVAMANIN TANIMI VE TARİHSEL GELİŞİMİ	11
3.1. Sıvamanın Tanımı	11
3.2 Sıvamanın Tarihsel Gelişimi	12
4. SIVAMA YÖNTEMLERİ	18
4.1. Endüstriyel Sıvama Teknikleri	18
4.1.1. Standart Sıvama	23
4.1.2. Bağımlı-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama	28
4.1.3. Bağımsız-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama	33
4.1.4. Boğaz Sıvama	43
4.1.5. Profil Sıvama	46
4.2. Sıvama İşleminde Etkin Olan Parametreler	52
4.3. Sıvama İşlemlerinde Kullanılan Röleler	53
4.4. Sıvama İşleminde Yüzey Kalitesi	56
5. SIVAMA MAKİNESİ TASARIMI	68
5.1. Tasarımın Temel Parametreleri	69
5.2. Disk Sıvama Makinesinin Bölümleri	71
5.2.1. Fener Mili Grubu	73
5.2.2. Sağ ve Sol Yan Röle Grupları	76
5.2.3. Karşı Baskı Grubu	79
5.2.4. Disk Kalıbı	81
5.2.5. Ana Gövde	83
5.2.6. Hidrolik Silindirler	85
5.2.7. Çıkarıcı Grubu	87
5.2.8. Yükleme Ünitesi	89
6. SONUÇLAR	94
ÖNERİLER	95
KAYNAKLAR DİZİNİ	96
ÖZGEÇMİŞ	98

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

S_0	: Sıvanmamış Düz Malzeme Kesiti Kalınlığı
$S_0^{\prime}$	: Sıvanmamış Konik Malzeme Kesiti Kalınlığı
S_1	: Düz Malzemeden Sıvanmış İş Parçası Kesit Kalınlığı
$S_1^{\prime}$	: Konik Malzemeden Sıvanmış İş Parçası Kesit Kalınlığı
D_0	: Sıvama Öncesinde İş Parçası Dış Çapı
D_1	: Sıvama Sonrasında İş Parçası Dış Çapı
D_s	: Hidrolik Silindirlerde Silindir İç Çapı
d_i	: Boru Biçimli İş Parçası İç Çapı
L_0	: İş parçasının Sıvama Öncesi Uzunluğu
$L_0^{\prime}$	: İş Parçasının Sıvanmayan Kısımının Uzunluğu
L_1	: İş Parçasının Sıvama Sonrası Uzunluğu
t	: Hidrolik Silindirlerde Minimum Et Kalınlığı
t_1	: Adımın, Süpürme Açısı Tarafında Kalan Kısımının Uzunluğu
t_2	: Adımın, Etkin Açısı Tarafında Kalan Kısımının Uzunluğu
t_{min}	: t_1 ve t_2 Değerleri Arasından En Küçük Olanı
r	: Röle Burun Yarıçapı
h	: Röle Adımı
b	: Röle İzi Derinliği
α	: Sıvanmış İş Parçası Koniklik Açısı
β	: Sıvanmamış İş Parçası Koniklik Açısı
θ	: Çok Röleli Sistemlerde Rölelerin Eşdeğer Açısı
γ	: Sıvama Rölesi Etkin Açısı
δ	: Sıvama Rölesi Süpürme Açısı
R_a	: Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü
F_R	: Radyal Kuvvet
F_A	: Eksenel Kuvvet
F_T	: Teğetsel Kuvvet
V	: Rölenin/Rölelerin Eksenel Yönde İlerleme Hızı
$V^{\prime}$	: Rölenin/Rölelerin Eksenel Yönde, İş Parçası Devrine Bağlı İlerleme Hızı
n	: İş Parçası Dönüş Devri
P	: Basınç

σ_{ak} : Akma Mukavemeti

S_{em} : Emniyet Katsayısı

U, G : Formülleri Sadeleştirmek İçin Türetilmiş Sabitler

q_1, q_2 : Çok Röleli Sistemlerde Ara Bölgede Kalan Malzeme Et Kalınlıkları

a_1, a_2 : Çok Röleli Sistemlerde Eksenel Röle Ofsetleri

H.L.A. : Hidrolik Lineer Eksen (Hydraulic Linear Axis)

E.K.D.S. : Et Kalınlığı Değişimli Sıvama

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Haddeleme ve Hadde Tezgâhı.	5
2.2. Derin Çekme.	6
2.3. Ekstrüzyon.	7
2.4. Çeşitli Boru Bükme Tipleri.	7
2.5. Çeşitli Sac Bükme Tipleri.	8
2.6. Genişletme.	8
2.7. Basınç İle Şekillendirme.	9
2.8. Röleler İle Şekillendirme.	10
2.9. İnfilak İle Şekillendirme.	10
3.1. 1-Röle İle Şekillendirme. 2 – Kaşık İle Şekillendirme.	11
3.2. Çeşitli Röle ve Kaşık Geometrileri.	12
3.3. Kopya Plakası ve Kopya Başlığı.	13
3.4. Taklit İşlemi.	13
3.5. Modern Bir CNC Sıvama Makinesi.	14
3.6. Bir Sıvama Makinesinde, 180kW’lık Asenkron Servo-Motor Uygulaması.	15
3.7. Bir Sıvama Makinesinde, 15kW’lık Servo-Motor Uygulaması.	15
3.8. Hidrolik Silindirlerle Çalışan Bir Sıvama Makinesine Ait CNC Kontrol Ünitesi ve H.L.A. Modülleri.	16
3.9. Hassas Vidalı Millerle Çalışan Sıvama Makinesine Ait CNC Kontrol Ünitesi.	16
3.10. Tamamen Hassas Vidalı Miller İle Kontrol Edilen İlk Sıvama Makinesinin İmalatına Ait Bir Görünüm.	17
4.1. Standart Sıvama İşlemine Ait Bir Görünüm.	20
4.2. Bağımlı-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama İşlemine Ait Bir Görünüm.	21
4.3. Bağımsız-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama İşlemine Ait Bir Görünüm.	21
4.4. Boğaz Sıvama İşlemine Ait Bir Görünüm.	22
4.5. Profil Sıvama İşlemine Ait Bir Görünüm.	22
4.6. Standart Sıvama Yönteminin Şematik Gösterimi.	23

4.7. Standart Sıvama Pasoları.	24
4.8. Sıvama Esnasında İş Parçasının Lazer Işını İle Isıtılması.	25
4.9. Standart Sıvama İle Üretilmiş Örnek Parçalar.	26
4.10. Standart Sıvama İle Üretilmiş Büyük Çaplı Parçalar.	26
4.11. Standart Sıvama Esnasında Karşılaşılabilen Bozukluklar.	27
4.12. Çoğunluğu Kalıpsız Yapılan Bir Standart Sıvama Uygulaması.	27
4.13. Bağımlı-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama Yönteminin Şematik Gösterimi.	28
4.14. Bağımlı-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama Geometrilere Örnekler.	29
4.15. Bağımlı-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama İle Yapılmış Örnek Parçalar.	30
4.16. Bağımlı-Et Kalınlığı Değişimli Sıvamada Dış Çapın Korunması.	31
4.17. Bağımlı-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama (a) ve Standart Sıvamanın (b) Beraber Kullanımına Bir Örnek.	31
4.18. Bağımlı-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama ve Bağımsız Et Kalınlığı Değişimli Sıvamanın Beraber Kullanımı.	32
4.19. Bir Alüminyum Jet Motoru Parçasının Sıvanması.	32
4.20. Bağımsız-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama Yönteminin Şematik Gösterimi.	33
4.21. 3 Röle İle Yapılan Bir Bağımsız-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama İşleminde Rölelerin Birbirine Göre Konumu.	35
4.22. Bir Sıvama Makinesinde 120° Açılı 3 Röle Yerleşimi.	36
4.23. 1- Bir Ucu Kısmen Kapalı Geometri, 2- İki Ucu Da Açık Geometri.	37
4.24. 1- İleriye Doğru Bağımsız-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama, 2- Geriye Doğru Bağımsız-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama.	38
4.25. İleriye Doğru Bağımsız-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama İle İşlenmekte Olan Bir Parça.	39
4.26. Geriye Doğru Bağımsız-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama İle İşlenmekte Olan Bir Parça.	40
4.27. Bağımsız-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama İle Üretilmiş Boru Biçimli Gövdeler.	40
4.28. İş Parçalarının Bağımsız-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama Öncesi ve Sıvama Sonrası Görünümlerine Örnekler.	41
4.29. Bağımsız-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama Esnasında İç Yüzeyine Dış Açılmış Örnek Bir Parça.	41

4.30. Bağımsız-Et Kalınlığı Değişimli Sıvamada Karşılaşılan Bazı Sıvama Hataları.	42
4.31. Sıvama İle Üretim Yapılan Bir İmalathane.	42
4.32. Boğaz Sıvama İşlemleri. 1- Kısmen Kapatma, 2- Tamamen Kapatma.	43
4.33. Boğaz Sıvama İşlemine Ait Bir Görünüm.	43
4.34. Boğaz Sıvama İle Basıncılı Gaz Tüpü İmalatı.	44
4.35. Boğaz Sıvama İle İmal Edilmiş Örnek Parçalar.	45
4.36. Örnek Bir Boğaz Sıvama Makinesi.	45
4.37. Yarma İşleminin Şematik Gösterimi.	47
4.38. Yığma İşleminin Şematik Gösterimi.	47
4.39. Bükme İşleminin Şematik Gösterimi.	48
4.40. Düzleştirme İşleminin Şematik Gösterimi.	48
4.41. Ön-Katlama ve Katlama İşlemlerinin Şematik Gösterimi.	49
4.42. Ön-Profil Oluşturma ve Fonksiyonel Profil Oluşturma İşlemlerinin Şematik Gösterimi.	49
4.43. 1- İşlenmemiş Parça, 2- Bükme, 3- Ön-Katlama, 4- Katlama, 5-Fonksiyonel Profil Oluşturma.	50
4.44. 1- İşlenmemiş Parça, 2- Bükme, 3- Yarma, 4-Fonksiyonel Profil Oluşturma, 5- Düzleştirme	50
4.45. 1- İşlenmemiş Parça, 2- Bükme, 3- Bükme ve Ön-Katlama, 4- Katlama ve Ön Profil Oluşturma, 5- Fonksiyonel Profil Oluşturma, 6- Fonksiyonel Profil Oluşturma.	51
4.46. Profil Sıvama İle Adım Adım Parça İmalatı Görüntüleri.	51
4.47. Profil Sıvama İle Üretilmiş Örnek Parçalar.	51
4.48. Yaygın Olarak Kullanılan Bazı Röle Formları.	53
4.49. Sıvama Makinelerine Ait Örnek Röle Yerleşimleri.	54
4.50. Röle Değiştirici Taret.	55
4.51. Sıvama Sonrası Kullanılan Yardımcı Aparatlar.	56
4.52. Sıvama Esnasında Rölenin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi.	57
4.53. Adım Doğrusu Pozisyonları.	58
4.54. $t_{min} \geq h/2$ Durumu.	59
4.55. Adım Doğrusunun Yalnız Bir Ucunun Burun Yayının Dışında Olması Durumu.	60

4.56. Şekil 4.55. 'in Genişletilmiş Geometrik Gösterimi.	61
4.57. $ CE > t_2$ Durumu.	63
4.58. $ CE > t_2$ Durumu İçin Genişletilmiş Geometrik Gösterim.	64
5.1. Referans Disk.	68
5.2. Röle Yerleşimleri.	71
5.3. Disk Sıvama Makinesinin Katı Modeli.	72
5.4. Fener Mili Grubu.	73
5.5. Fener Mili Grubu Katı Model Kesiti.	74
5.6. Asenkron Servo-Motorda Güç-Devir Grafiği.	75
5.7. Sağ ve Sol Yan Röle Grupları.	76
5.8. Yan Röle Grubu Katı Modeli.	77
5.9. Yan Röle Grubu Katı Model Kesiti.	78
5.10. Karşı Bakı Grubunun Katı Modeli.	79
5.11. Karşı Baskı Grubu Katı Model Kesiti.	80
5.12. Disk Kalıbı.	81
5.13. Disk Kalıbının Katı Modeli.	82
5.14. Ana Gövde.	83
5.15. Ana Gövde Katı Modeli.	84
5.16. Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Simüle Edilmiş Eşdeğer Deformasyon.	84
5.17. Hidrolik Silindirlerin İç Yapısı.	85
5.18. Hidrolik Ünitesi.	86
5.19. Çıkarıcı Grubu Katı Model Kesiti.	87
5.20. Çıkarıcı Grubu, Fener Mili Grubu ve Disk Kalıbı Montajına Ait Katı Model Kesiti.	88
5.21. Yükleme Ünitesi Katı Modeli.	89
5.22. Disk Sıvama Makinesinin Katı Modeline Ait Bir Kesit Görünüşü.	90
5.23. Disk Sıvama Makinesinin Genel Montaj Aşamasından Bir Görünüm.	91
5.24. Montajı Tamamlanmış Disk Sıvama Makinesi.	92
5.25. Disk Sıvama Makinesi İle İmal Edilmiş Diskler.	92
5.26. Disk Sıvama Makinesinin Bir Üst Modeli Olan “Jant Sıvama Makinesi”.	93

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge

1.1. Talaşlı İmalat Yöntemleri.	1
4.1. Standart Sıvama, Bağımlı-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama ve Bağımsız-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama Yöntemleri.	19
4.2. Sıvama İşlemlerinde Etkin Olan Parametre Grupları.	52
5.1. Disk Sıvama Makinesine Ait Temel Parametreler.	70

1. GİRİŞ

Sıvama yöntemleri için yapılan tüm tanımlamalarda belirtilen ortak öncelikli unsur talaşsız metal şekillendirme yöntemleri olmalarıdır. Bu durumda, öncelikle talaşsız ve talaşlı imalat yöntemlerinin genel olarak değinilmesi gereklidir.

Metal şekillendirme yöntemleri, uygulama şekline göre; “Talaşlı İmalat Yöntemleri” ve “Talaşsız İmalat Yöntemleri” olarak iki kategoride sınıflandırılabilir [Akkurt, 1997].

Talaşlı imalat yöntemleri, malzemeden talaş kaldırmak suretiyle malzemeye şekil verilen yöntemlerdir. Bu yöntemlerde giren ürün ve çıkan ürün arasında bir kütle kaybı söz konusudur. En genel yaklaşımda, talaşlı imalat yöntemleri; tormalama, frezeleme, delik işleme, kesme, planya-vergelleme ve taşlama olmak üzere altı sınıfa ayrılır [Akkurt, 1997]. Talaşlı imalat yöntemleri, Çizelge 1.1.’de genel olarak gösterilmiştir.

Çizelge 1.1. Talaşlı İmalat Yöntemleri.



Talaşsız imalat yöntemlerinde, (sıvama, dövme, döküm,...) işlenecek malzemeden talaş kaldırılmaz. Bunun yerine genel olarak malzemenin mekanik özelliklerinden yararlanılarak şekil verme işlemi yapılır. Talaşsız imalat yöntemleri işlenecek malzemenin fiziksel durumuna göre; sıcak imalat yöntemleri ve soğuk imalat yöntemleri olarak temelde iki alt kategoriye ayrılabilir. Sıcak imalat yöntemlerinin başlıcalarına; döküm, sıcak dövme, sıcak çekme, sıcak haddeleme, kaynak ve boğaz sıvama örnek olarak verilebilir. Soğuk imalat yöntemlerine ise soğuk haddeleme, sıvama, derin çekme, soğuk dövme, soğuk çekme, çeşitli sac ve

boru şekillendirme metotları örnek olarak verilebilir. Burada sıvama yöntemi hem sıcak şekillendirme hem de soğuk şekillendirme içinde yer alan tekniklere sahiptir.

Bugünün makine endüstrisinde kullanılan ürünlerin birçoğu hammaddeden direkt olarak tek bir imalat yöntemiyle üretilmemektedir. Bunun yerine talaşlı ve/veya talaşsız imalat yöntemlerinin belirli bir sıra ile kullanılması sonucunda ortaya çıkmaktadır. Örneğin; bir çelik jant çemberinin imalatında hammaddeden itibaren; döküm, haddeleme, uç kapatma-kaynak, çapak alma, kalibrasyon presleme, segman yuvası sıvama, sıvama ile uzatma, kulak sıvama, o'ring yuvası-kaynak ve tornalama işlemleri sırasıyla kullanılarak son ürün elde edilmektedir [The Spinning and Flow Forming of Wheels (3rd Edition), 1996]. Bunun yanında asıl olarak tek bir imalat yönteminin kullanılmasıyla elde edilen parçalar da vardır. Örneğin bir vinç kancası asıl olarak dövme yöntemiyle şekillendirilir.

Üreticiler için en uygun yöntem, şüphesiz istenilen özelliklerdeki ürünü en ucuza ve en kısa zamanda imal edebildikleri yöntemdir. Seri imalatla, bunu sağlamak için genel eğilim talaşlı imalat yöntemleri yerine mümkün olduğunca talaşsız imalat yöntemlerini seçmek ve üretim için kullanılan operasyon sayısını azaltmaya çalışmaktır. Örneğin, metrik diş açılacak bir mil, genel olarak tornada işlenirken, seri imalatla; cıvata, saplama, v.b. parçaların üzerindeki dişler genel olarak ovalama ile şekillendirilir.

Çoğu uygulamalar için talaşlı imalat yöntemlerinin önemli dezavantajları şu şekilde sıralanabilir:

- a.** Talaşlı imalat esnasında oluşan talaşla birlikte bir malzeme kaybı söz konusudur. Bu da imalat maliyetini artıran bir faktördür.
- b.** Genelde paso paso veya yavaş ilerlemek gerektiğinden imalat zamanı çoğu uygulama için nispeten uzundur.
- c.** Talaş kaldırmak suretiyle hızlı aşınan takım ucunun belirli aralıklarla değiştirilmesi gerekir ve bu da ek maliyet getirir.

d. Çoğu uygulama için operasyon sayıları talaşsız yöntemlere nispeten fazladır.

e. Bazı geometrik şekillere, talaşlı imalat ile ulaşmak imkânsız veya çok zordur.

Buna karşılık, talaşsız imalat yöntemlerinin de yüksek ilk yatırım maliyeti, teknolojik zorluklar, v.b. gibi dezavantajları ortaya çıkabilir.

Sıvama teknikleri, sac ve boru biçimli metal malzemelerden, talaşlı imalat yöntemleriyle üretilen birçok ürünün talaşsız olarak imal edilmesine imkân sağlamaktadır.

Tanımlamalarda bahsedilen sac biçimli malzemelerden anlaşılması gereken dairesel simetrik sac malzemelerdir. İngilizce literatürde sac malzemeler “Sheet Metal” olarak genelleştirilir ve şekillendirme işlemlerine “Sheet Metal Forming” denir. Benzer şekilde boru malzemeler tanımlamasıyla ifade edilmek istenen ise içi boş silindirik sac, tüp veya daha kalın etli malzemelerdir. Bizim literatürümüzde bunlara tam bir karşılık olmamakla birlikte İngilizce literatürde “Hollow Materials” olarak tanımlanırlar.

Bu noktada, tüm metal şekillendirme yöntemlerine değinilmeyecektir. Zira burada bahsi geçen yöntemlerden farklı birçok yöntem mevcuttur ve bu konu oldukça uzun ve kapsamlıdır. Sıvama tekniklerinin detaylarına girilmeden önce anlaşılması gereken en önemli yöntemler olan sac ve boru şekillendirme yöntemleri, 2.Bölüm’de incelenmiştir..

Sıvama yönteminin, ilk olarak kullanım örnekleri MÖ 3000’li yıllarda mısırdaki yapılan çömleklerde görülür [Palten, 2002]. Günümüzden 75 – 100 yıl önce ise ilk metal sıvama makineleri ortaya çıkmaya başlamıştır. Fakat bu ilk makineler endüstriyel makineler olmaktan ziyade basit tezgâhlardır. Endüstriyel anlamdaki ilk makineler ise 1950’li yıllarda ortaya çıkmaya başlamışlardır. Sıvama yöntemlerinin bu yılları takip eden tarihi gelişimi ve bu yöntemlere ilişkin temel tanımlamalar 3. Bölüm’de anlatılmıştır.

Sıvama yöntemleri, birbiriyle ortak temel özellikleri paylaşan fakat uygulamada birbirinden ayırt edici unsurları bulunan birçok farklı yöntemi içinde barındırmaktadır. Bir malzemenin sıvama yöntemi ile işlenmesi esnasında bu yöntemlerden bir tanesi veya birkaçı bir arada kullanılabilir. 4.Bölüm’de farklı sıvama yöntemlerinin detayları ve bu yöntemlerin birbirlerinden ayırt edici özellikleri açıklanmıştır. Ayrıca bu bölümde, farklı sıvama yöntemleri ile işlenmiş ürünlere detaylı örnekler verilmiş ve çeşitli sıvama yöntemlerinin bir arada kullanımları gösterilmiştir.

Endüstriyel anlamdaki sıvama uygulamaları, sıvama işlemleri için tasarlanmış ve üretilmiş özel makinelerde yapılmaktadır. Bu makinelere genel olarak “Sıvama Makineleri” denilmektedir. 5.Bölüm’de örnek bir sıvama makinesi tasarımı anlatılmıştır. Bu örnek sıvama makinesi, büyük çaplı jantların “disk” bölümlerinin imalatı için tasarlanmış ve üretilmiştir. Aynı zamanda Türkiye’de tasarlanmış ve üretilmiş olan ilk CNC Sıvama Makinesi olma özelliğini taşımaktadır. Bu örnek sıvama makinesi üzerinde, sıvama makinelerinde genel olarak karşılaşılan bölümler ve bu bölümlerin işlevleri ve çalışma prensipleri açıklanmıştır.

Verilen bilgiler ışığında, sıvama yöntemlerinin günümüzdeki durumları ve gelecekte kaydetmeleri beklenen gelişmeler “Sonuçlar” bölümünde özetlenmiştir. Ek olarak, “Öneriler” bölümünde, makina tasarımı ve makina imalatı konularında tavsiyelerde bulunulmuştur.

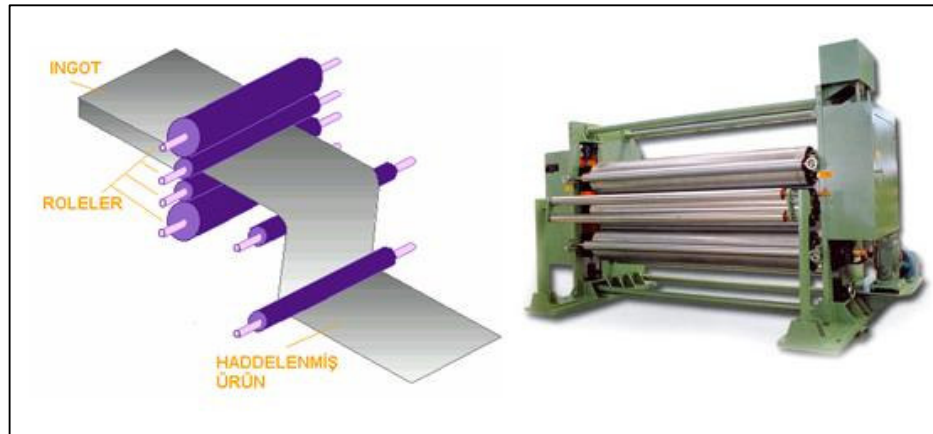
2. SAC VE BORU ŞEKİLLENDİRME YÖNTEMLERİ

Sac ve boru metal şekillendirme yöntemleri, sac biçimli ve boru biçimli metal malzemelerin talaşlı veya talaşsız şekillendirme yöntemlerine verilen genel isimdir. Bu yöntemlerin en genel ve en çok kullanılanları, sıvama, haddeleme, çeşitli kesme yöntemleri, derin çekme, ekstrüzyon, sac ve boru bükme, genişletme, basınç ile şekillendirme, röleler ile şekillendirme ve infilak ile şekillendirilmedir.

2.1. Haddeleme

Hammaddeyi kendi eksenleri etrafında dönen rulolar arasından geçirip ezmek suretiyle şekil, ölçü ve profilin değiştirilmesi işlemine haddeleme denir [Anık, 2000].

Haddeleme yönteminde ilk amaç haddelenen malzemeyi sıkıştırmak yani daha yoğun hale getirmektir. Bu suretle bunker ve buna benzer boşluklar giderilir veya azaltılır. İkinci amaç malzemeyi daha küçük bir kesit haline getirmektir. Böylece çelikhanede dökülen ham bloklar; haddeler arasından geçirilerek istenilen iç ve dış düzgünlükte ve teknikte kullanılabilir formlarda şekilli kesitler haline getirilir [Ensari, 1990].



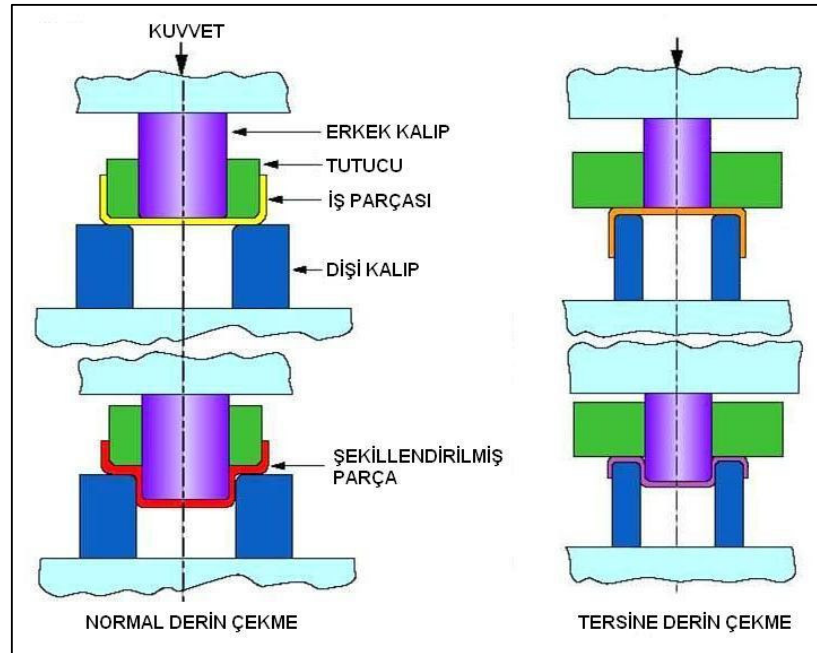
Şekil 2.1. Haddeleme ve Hadde Tezgahı.

2.2. Kesme Yöntemleri

Kesme yöntemleri, bütün malzemeden belirli şekilde parçaların ayrılması olarak tanımlanır. En genel kullanıma sahip kesme yöntemleri, lazer ile kesme, plazma ile kesme, su jeti ile kesme, testere ve benzeri bir takımla kesme ve presleme ile kesme olarak sıralanabilir. Lazer ve plazma kesimde kesilecek bölgenin ısıtılarak eritilmesi sağlanırken, preslerde malzemeye belirli bir kalıp ile kopma mukavemetinin üstünde bir kesme kuvveti uygulanır. Su jeti ve testere ile kesme gibi yöntemlerde ise malzemeden talaş kaldırılarak kesme işlemi gerçekleştirilir. [Hugh, 2001]

2.3. Derin Çekme

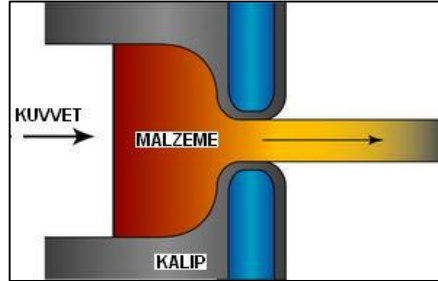
Derin çekme, sac malzemelere çeşitli içbükey ve dışbükey geometriler kazandırmak amacıyla kullanılır. Uygulamada iki kalıp arasına presleme ile sıkıştırılan malzeme, kalıpların arakesit geometrisinin şeklini alır. Normal derin çekme ve tersine derin çekme olmak üzere iki temel tipi vardır [Kampus].



Şekil 2.2. Derin Çekme.

2.4. Ekstrüzyon

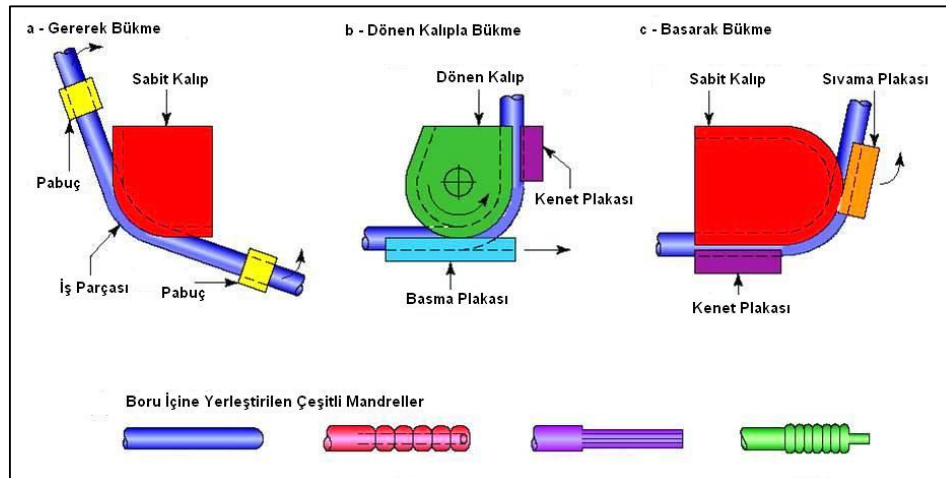
Ekstrüzyonda amaç kalıp içinde bulunan malzemenin, kalıbın istenilen kesit şekline sahip ağzına doğru bastırılarak buradan istenilen kesitteki malzemenin şerit olarak elde edilmesidir. Genellikle uzun şeritler halinde elde edilen son ürün daha sonra istenilen boylarda kesilir [Avitzur].



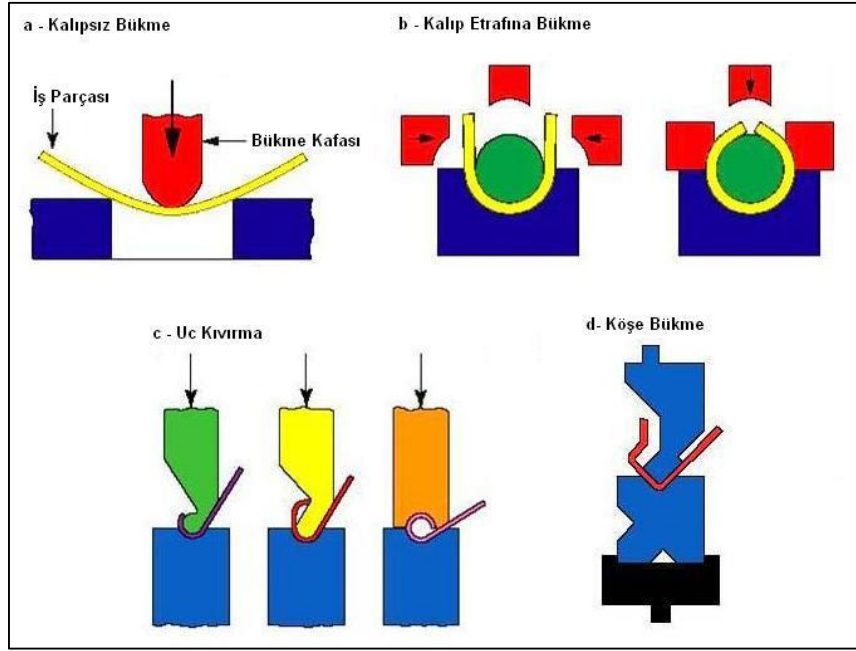
Şekil 2.3. Ekstrüzyon.

2.5. Sac ve Boru Bükme

Bükmede, sac veya boru malzemelere, çeşitli kalıplar ve ek parçalar yardımıyla, malzemenin akma mukavemetinin üstünde eğilme momenti uygulanır. Plastik şekil değiştiren malzemeler istenilen geometride bükülürler. Çok çeşitli bükme yöntemleri ve geometrileri mevcuttur. [Kalpakjian, 2003]



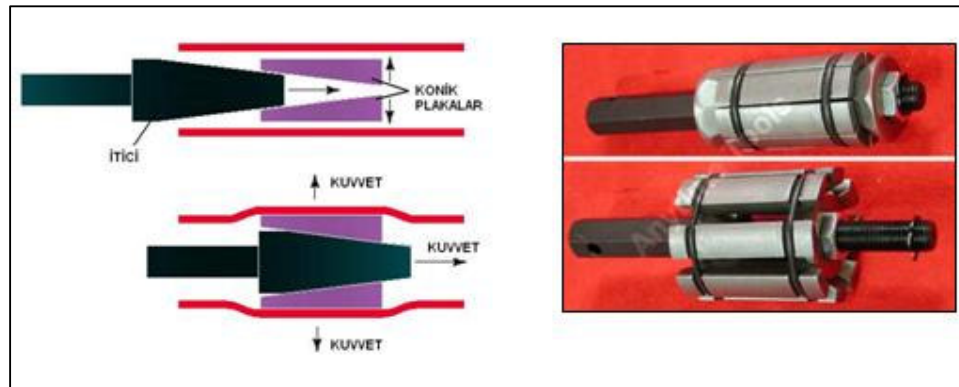
Şekil 2.4. Çeşitli Boru Bükme Tipleri.



Şekil 2.5. Çeşitli Sac Bükme Tipleri.

2.6. Genişletme

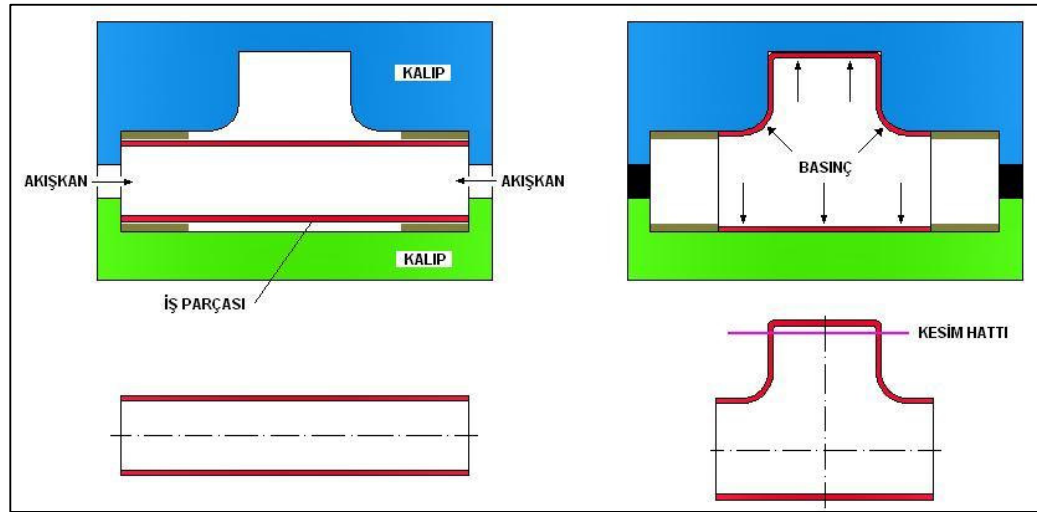
Genişletme işlemi, genellikle boru malzemelere veya egzoz gövdesi gibi sactan bükülüp kaynatılmak suretiyle elde edilmiş profillere uygulanır. Genişletmede iki farklı amaç mevcut olabilir. Boru malzemeler için genellikle boru üstünde farklı çapta bir bölge elde edilmek istenir. Profillerde ise, kaynatılmış profilin istenen şekle tam olarak gelmesi ve kalibrasyonu amacıyla genişletme yapılır. Genel olarak, konik bir parçanın, ona göre işlenmiş kalıp pabuçları arasına girerek pabuçların genişletilmesi prensibiyle uygulanır.



Şekil 2.6. Genişletme.

2.7. Basınç İle Şekillendirme

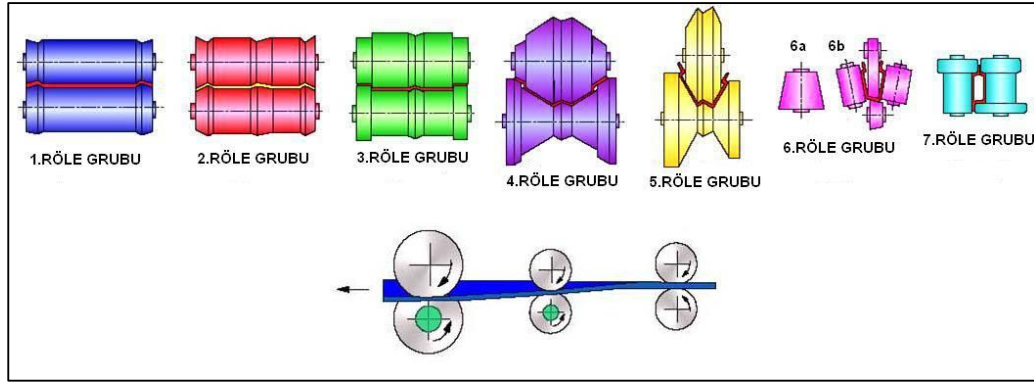
Basınç ile şekillendirme yönteminin temelinde, yüksek basınçta bir akışkanla doldurulan iş parçasının, kalıp çeperlerine doğru itilmesi suretiyle, kalıp ve akışkan arasında sıkıştırılarak kalıbın şeklini alması prensibi vardır. Boru malzemelere ve sacdan imal edilmiş farklı geometrilerdeki profillere uygulanır. Diğer imalat yöntemleriyle üretilmesi nispeten maliyetli veya zor parçalar bu yöntemle çok daha kolay ve ucuza imal edilebilirler. [Singh, 2003]



Şekil 2.7. Basınç İle Şekillendirme.

2.8. Röleler İle Şekillendirme

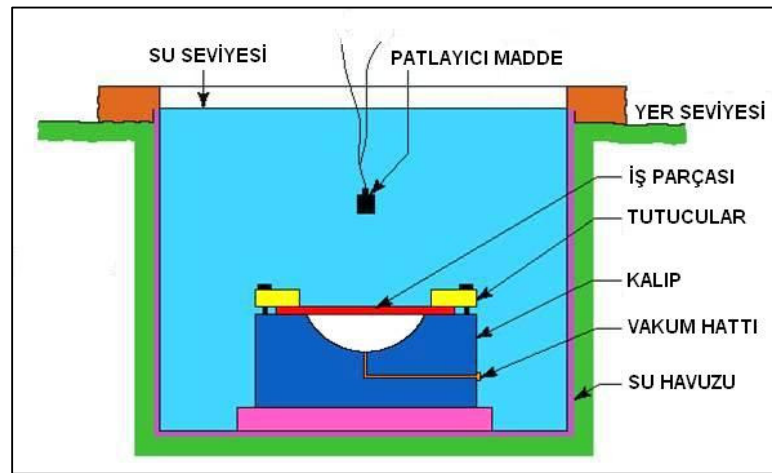
Prensip olarak haddelemeye benzerlik gösteren bu teknikte, iş parçası, birlikte belirli bir geometrik profil oluşturan röleler arasından geçirilerek şekillendirilir. İş parçasının geometrisi, her röle grubundan geçtikçe, son ürüne biraz daha yaklaşır ve geometrik detaylar oluşturulur. Tekniğin haddelemeden farkı, iş parçasının kesit kalınlığında herhangi bir değişme olmaması ve temelde kesit kalınlığını değiştirmek için değil, geometrik bir profil oluşturmak amacıyla yapılmasıdır [Kampus].



Şekil 2.8. Röleler İle Şekillendirme.

2.9. İnfilak İle Şekillendirme

Diğer şekillendirme yöntemlerinden oldukça farklı olan bu yöntemde; iş parçasının yakınında ve doğru konumda infilak eden belirli bir miktar patlayıcı maddenin oluşturduğu şok dalgası iş parçasının şekillendirilmesini sağlar. Genellikle mevcut tezgâhlarda şekillendirilemeyecek kadar büyük bombe biçimli parçaların şekillendirilmesinde kullanılır. İnfilak ile şekillendirme için çevre ortamının yoğunluğunun yüksek ve sıkıştırılabilirliğinin az olması istenir. Bu nedenle işlem çoğunlukla hava yerine su içinde gerçekleştirilir [Kalpakjian, 2003].

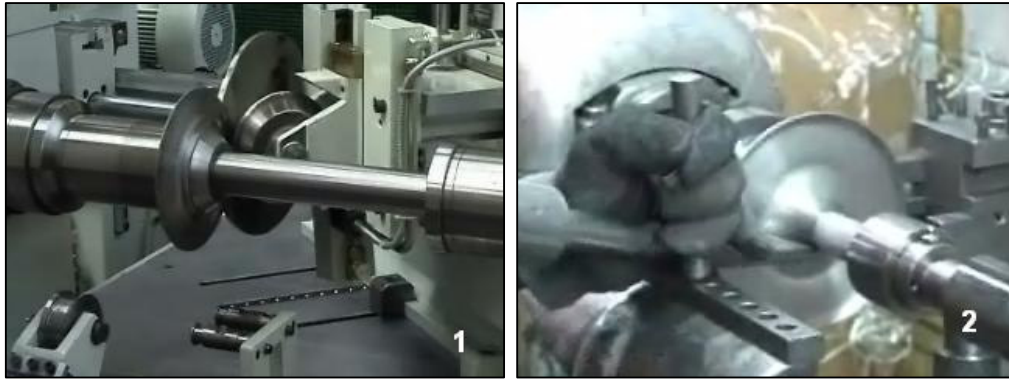


Şekil 2.9. İnfilak İle Şekillendirme.

3. SIVAMANIN TANIMI VE TARİHSEL GELİŞİMİ

3.1. Sıvamanın Tanımı

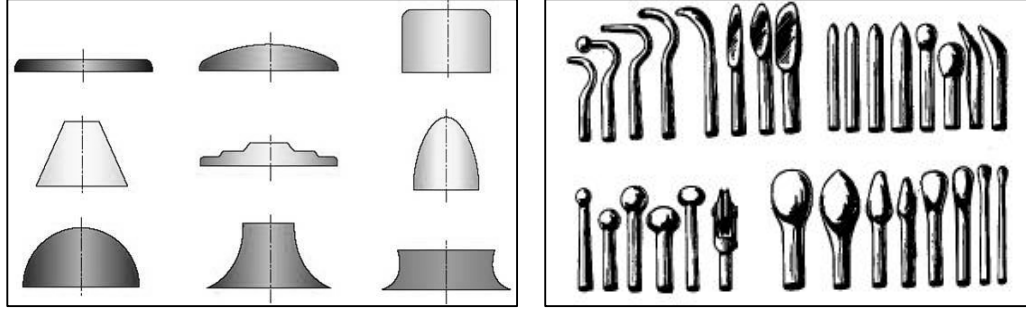
Sıvama, sac veya boru biçimli malzemelerin, kendi eksenleri etrafında döndürülürken, çeşitli takımlar ile uygulanan radyal ve/veya eksenel yönde kuvvetler neticesinde şekillendirilmesidir. Sıvama ile işlenecek parçalar dönme eksenine göre simetrikler; örneğin dairesel kesilmiş plakalar, borular, v.b. gibi geometridirler. Sıvama, bu tanıma uygun olan fakat birbirinden farklı birçok yöntemi kapsar. İşlem esnasında, sıvama tipine göre, malzeme belirli bir kalıbın üzerine sıvanarak şekillendirilebileceği gibi belirli bir kalıp geometrisi olmadan, boşlukta da şekillendirilebilir. Şekillendirme, işlemin gereklerine göre soğuk veya sıcak olarak yapılır. Sıvama ile imalatta, talaş kaldırılmaması ve imalat hızının yüksek olması, sıvamayı cazip kılan temel etmenlerdir.



Şekil 3.1. 1-Röle İle Şekillendirme. 2 – Kaşık İle Şekillendirme.

Şekillendirme için kullanılan takımlar ya iş parçasına temas ile dönen veya hiç dönmeyen sabit şekildedirler. Dönen takımlar endüstride “röle” veya “top” olarak, dönmeyen takımlar ise “kaşık” olarak isimlendirilirler. Röle ile sıvama ve kaşık ile sıvama örnekleri Şekil 3.1.’de gösterilmiştir. Modern sıvama makinelerinde, dönen

takımlar kullanılırken, elle sıvama yapılan makinelerde genellikle kaşık tipi takımlar kullanılırlar.

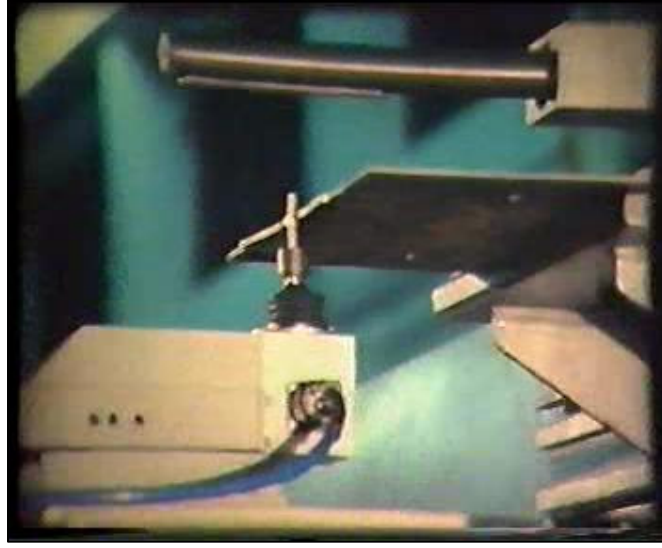


Şekil 3.2. Çeşitli Röle ve Kaşık Geometrileri.

3.2. Sıvamanın Tarihsel Gelişimi

Sıvama teknolojisinin tarihsel gelişim adımlarına bakıldığında, 1950’li yıllara kadar sıvama işlemlerinin elle yapılmakta olduğu görülür. Bu elle yapılan sıvama işlemleri tamamen zanaatkârın yeteneğine ve kas gücüne dayanmakta idi. 1950’li yıllarda ortaya çıkan sıvama makineleri, hidrolik kopya plakaları ile daha endüstriyel ve seri imalata uygun hale gelmeye başladılar [Runge,1993].

Kopya plakasının çalışma prensibi, standart ev anahtarlarının kopyalanmasına benzetilebilir. Bu işlemde hidrolik bir valf grubuna bağlı olan küçük bir kol, bir plaka üzerine işlenmiş profili takip ederken, rölelere bağlı hidrolik silindirler, bu kolun hareketlerine bağlı olarak iş parçasını şekillendirirler. Örnek bir kopya plakası ve kopya başlığı Şekil 3.3. ’de gösterilmiştir. Bir ürünün profili için genel hatlarıyla hazırlanan kopya plakası, ürünün tam şekli hassas olarak elde edilene kadar, denemeler yapılarak tekrar tekrar işlenir ve her kopya plakası bir ürün tipi için kullanılabilir.



Şekil 3.3. Kopya Plakası ve Kopya Başlığı.

Kopya plakaları ile çalışan sıvama makineleri 1970’li yılların sonlarına kadar imal edilmişlerdir. Bugün halen bu makinelerden faal olanlarını görmek mümkündür. Gelişen teknoloji ile birlikte, 1970-1980’li yıllarda elektronik kontrol sistemleri ile çalışan sıvama makineleri ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu ilk elektronik kontrol sistemleri daha çok taklit sistemleri olarak bilinirler.



Şekil 3.4. Taklit İşlemi.

Şekil 3.4. 'de bir örneği görülen taklit işleminde, sıvama konusunda tecrübeli bir operatör, sıvama makinesine elle kumanda ederek, bir prototip parça işler. Bu esnada elektronik kontrol sistemi operatörün makine üzerinde yaptığı hareketleri kaydeder [Runge, 1993]. Bu hareketler aynen defalarca taklit edilerek istenen ürün seri olarak imal edilir.

Kopya plakası ve taklit sistemleri ile çalışan sıvama makinelerinin yerini 1990'lı yıllarda ortaya çıkan NC kontrollü ve daha sonra CNC kontrollü sıvama makineleri almıştır. Günümüzde imal edilen hemen hemen tüm endüstriyel sıvama makineleri CNC kontrollüdür. Bu sayede parça daha işlenmeden rölelerin hareketleri belirlenmekte, G kodları kontrol sistemine tanımlanmakta ve sanal olarak simüle edilebilmektedir. Eldeki veriler kolaylıkla kayıt altına alınmakta, kopyalanmakta ve hatta internet üzerinden uzaktan erişimle makinelerin ayarları ve ürün programları dünyanın herhangi bir yerinden değiştirilebilmektedir [Palten, 2002].



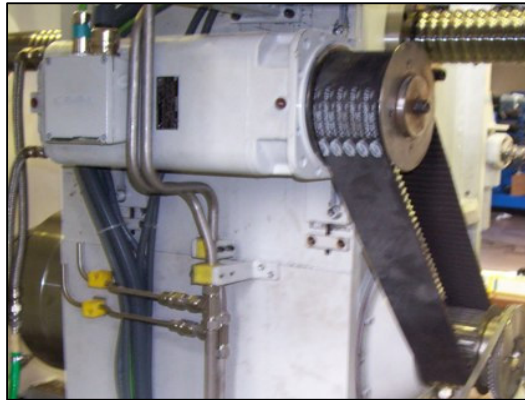
Şekil 3.5. Modern Bir CNC Sıvama Makinesi.

Bu tarihsel gelişim esnasında, sıvama işlemlerinin hassasiyetleri de zamanla artmıştır. Elle yapılan sıvama işlemlerinde oldukça kaba bir tolerans bölgesinde çalışılmakta iken bugün artık bazı makinelerde 0.01mm'nin altında ölçü hassasiyetlerinden söz etmek mümkündür.

Sıvama makinelerinde, iş parçası, büyüklüğü sıvama makinesinin kapasitesine göre değişen bir elektrik motoruyla döndürülür. Hareketin hızını ve üretilen torku ayarlamak için konvansiyonel yöntem; bir dişli kutusu ve vites sistemidir. Fakat bugünün modern makinelerinde artık sabit bir tork değerinde, değişken devir üretebilen servo-motorlar kullanılmaktadır. Bu sayede vites sistemi ortadan kalkmış ve daha hassas ve geniş bir devir aralığı elde edilmiştir.



Şekil 3.6. Bir Sıvama Makinesinde, 180kW 'lık Asenkron Servo-Motor Uygulaması.



Şekil 3.7. Bir Sıvama Makinesinde, 15 kW 'lık Servo-Motor Uygulaması.

Sıvama makinelerinde kullanılan takımların hareket sistemleri de zaman içinde değişmiş ve elle kumanda edilen kaşıkların yerini röleler almış, insan gücü ile yapılan hareketleri de hidrolik silindirler yapmaya başlamıştır. Hidrolik silindirler doğal olarak hidrolik kontrol sistemlerinin bir parçasıdır. Kopya plakalarından, CNC kontrollere uzanan gelişim sürecinde, hidrolik kontrol sistemleri de gelişmiş, valflerin hassasiyetleri yükselmiş, kullanılan basınçlar ve buna bağlı olarak hidrolik silindirler tarafından üretilen kuvvetler de artmıştır.



Şekil 3.8. Hidrolik Silindirlerle Çalışan Bir Sıvama Makinesine Ait CNC Kontrol Ünitesi ve H.L.A. Modülleri.



Şekil 3.9. Hassas Vidalı Millerle Çalışan Sıvama Makinesine Ait CNC Kontrol Ünitesi.

Günümüz sıvama makinelerinde artık hidrolik silindirler CNC ünitelerine bağlı H.L.A. (Hydraulic Linear Axis) modülleri ve servo-valfler tarafından çok hassas biçimde kontrol edilebilmektedir. Hidrolik silindirlerin yanında, 1990 - 2000 yılları arasında, elektrik motorları ile kontrol edilen vidalı miller ve daha sonraları hassas vidalı miller de rölelerin hareketleri için kullanılmaya başlanmışlardır. Bu şekilde hidrolik silindirlerin ve vidalı millerin beraber kullanımı günümüzde halen sürmektedir.

Tamamen hassas vidalı millerle kontrol edilen ilk sıvama makinesi ise 2006 yılında Türkiye’de, Türk mühendisleri tarafından tasarlanmış ve üretilmiştir. Bu makinenin imalatına ait bir fotoğraf Şekil 3.10. ’da görülmektedir.



Şekil 3.10. Tamamen Hassas Vidalı Milller İle Kontrol Edilen İlk Sıvama Makinesinin İmalatına Ait Bir Görünüm.

4. SIVAMA YÖNTEMLERİ

Sıvama yöntemlerinin sınıflandırması yapılmaya çalışıldığında, farklı kaynaklarda, farklı sınıflandırmalarla karşılaşmak mümkündür. Örneğin; iş parçasının et kalınlığının artmasına veya azalmasına göre farklı bir sınıflandırma, sıvamanın bir kalıp kullanılarak veya kullanılmadan havada yapılmasına göre de farklı bir sınıflandırma ortaya çıkabilir. Aynı sıvama makinesinin farklı iki sıvama çeşidini birden yapmasına ve hatta bunları aynı parçaya bir operasyonda yapmasına sıklıkla rastlanılabilir.

Sıvama yöntemleri sınıflandırılırken, endüstride, en genel ve ayırt edici özellik olan, ayrı yöntemlerle işlenmiş parçaların birbirlerinden karakteristik farklılıkları göz önünde bulundurulmuştur.

Burada unutulmaması gereken bir nokta ise, sıvama ile ilgili, Türkçe literatüre girmemiş, birçok İngilizce terimin mevcut olmasıdır. Bu terimler mümkün olduğunca doğru olarak Türkçe 'ye çevrilmeye çalışılmıştır.

4.1. Endüstriyel Sıvama Teknikleri

Sıvama teknikleri, endüstriyel kullanımına göre şu 5 kategoriye ayrılır [Runge,1993]:

- a.** Standart Sıvama (Standard Spinning)
- b.** Bağımlı-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama (Shear Forming)
- c.** Bağımsız-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama (Flow Forming)
- d.** Boğaz Sıvama (Necking-In)
- e.** Profil Sıvama (Profiling)

Bu beş yöntemden, ilk 3 tanesi, en karakteristik sıvama tipleridir. Diğer iki yöneme ise, yani “Boğaz Sıvama” ve “Profil Sıvama”, bazı yabancı kaynaklarda kendi başlarına ayrı birer konu olarak da rastlanabilir.

“Standart Sıvama”, “Bağımlı-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama” ve “Bağımsız-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama” yöntemlerinin farkı; DIN 8582, DIN 8583 ve DIN 8584 standartlarına göre Çizelge 4.1.’deki gibi gösterilmektedir.

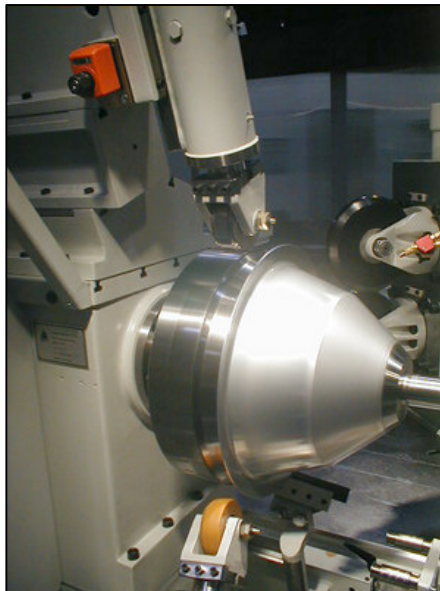
Çizelge 4.1. Standart Sıvama, Bağımlı-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama ve Bağımsız-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama Yöntemleri.

STANDART	YÖNTEM	İŞLENMEMİŞ PARÇA	ET KALINLIĞI
BASMA İLE FORM VERME DIN 8582	STANDART SIVAMA		
ÇEKME İLE FORM VERME DIN 8584, T4			
KALINLIK DEĞİŞİMLİ SIVAMA DIN 8582	BAĞIMLI-ET KALINLIĞI DEĞİŞİMLİ SIVAMA		
	BAĞIMSIZ-ET KALINLIĞI DEĞİŞİMLİ SIVAMA		

DIN 8584 ve DIN 8583 standartlarına göre, standart sıvama ile et kalınlığı değişimli sıvama tipleri arasında mekanik olarak temelde 2 fark vardır:

- a.** Standart sıvamada, malzeme üzerindeki plastik deformasyon çekme ve basma kuvvetlerinin sonucunda ortaya çıkar. Et kalınlığı değişimli sıvama tiplerinde ise deformasyon, sadece basma kuvveti sonucunda ortaya çıkar.
- b.** Standart sıvamada, işlem görmemiş malzeme ve işlem görmüş malzemenin tamamında et kalınlığı hemen hemen sabit iken et kalınlığı değişimli sıvamada farklı noktalarda farklı et kalınlıkları elde edilebilir.

Uygulamada bu beş yöntemin bazılarının beraber kullanıldığı örnekler sıklıkla görülebilir. Bağımlı-et kalınlığı değişimli sıvama genel olarak, konik, silindirik veya küresel kesitlerin oluşturulması için kullanılan bir yöntemdir. Bağımsız-et kalınlığı değişimli sıvamada ise, konik veya silindirik parçaların et kalınlıkları, malzemenin dayanabileceği sınırlara kadar azaltılabilir. Burada dikkat edilecek nokta bağımlı ve bağımsız et kalınlığı değişimli sıvama tiplerinde, çok özel bazı uygulamaların dışında, et kalınlığı arttırılamaz.



şekil 4.1. Standart Sıvama İşlemine Ait Bir Görünüm.

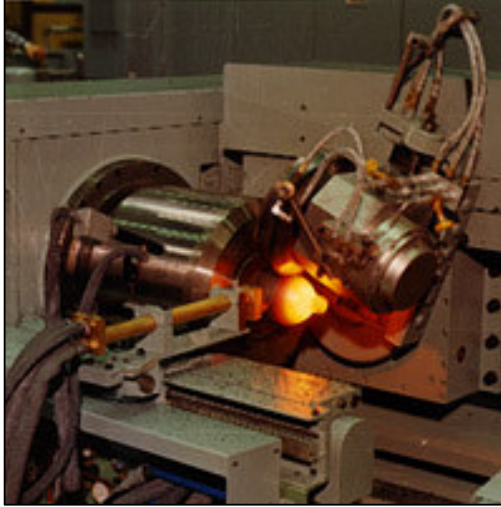


Şekil 4.2. Bağımlı-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama İşlemine Ait Bir Görünüm.



Şekil 4.3. Bağımsız-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama İşlemine Ait Bir Görünüm.

Boğaz sıvama işlemi boru tipi malzemelere uygulanır. Amaç borunun işlem yapılan ucunu tamamen veya kısmen kapatmaktır. Boğaz sıvama işleminde et kalınlığı çoğunlukla artar. Bu işlem, daha çok tüp imalatında kullanılan ve sıcak yapılan bir işlemdir. Et kalınlığının artması, sabit miktardaki malzemenin daha küçük bir hacme sıkıştırılmaya çalışılmasından dolayı ortaya çıkmaktadır. Boğaz sıvama esnasında, karakteristik olarak, malzemenin boyu kısalmır.



Şekil 4.4. Boğaz Sıvama İşlemine Ait Bir Görünüm.

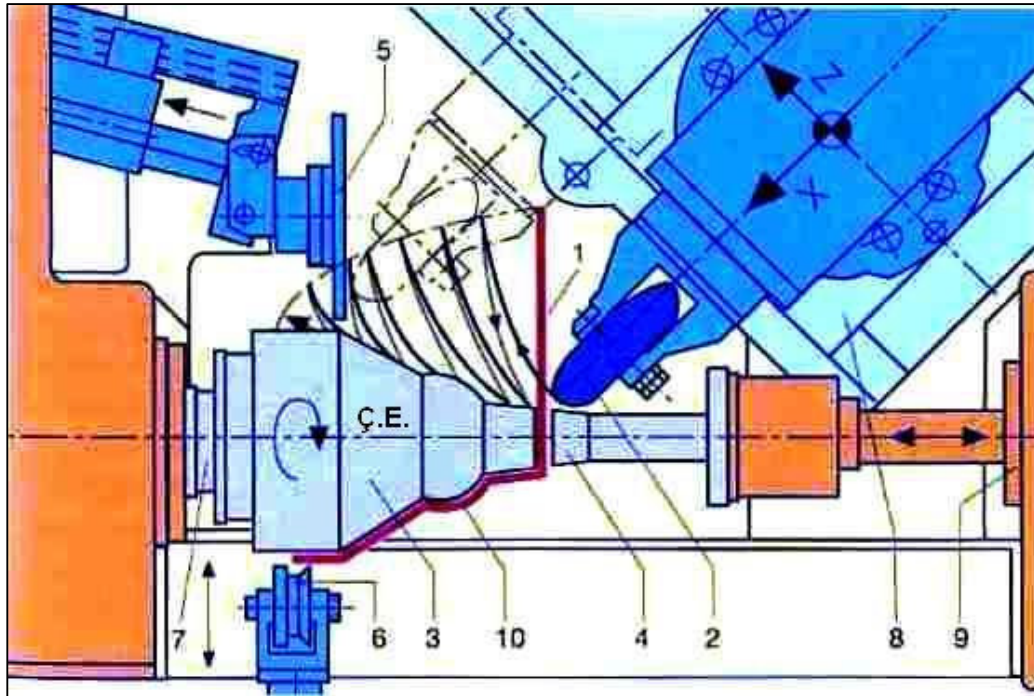
Profil sıvama işlemi ise oldukça karmaşık adımları içerebilir. Bu işlemde amaç, örneğin dişli gibi bir profili malzemenin üzerine talaşsız olarak işlemektir. Profil sıvamada, istenen profilin oluşturulması için diğer sıvama tiplerine benzer işlemler de çeşitli aşamalarda kullanılabilir. Çoğu profil sıvama işleminde et kalınlığının değişiminden net olarak söz edilemez. İşlenmemiş parça ve işlenmiş parça arasında geometrik olarak ciddi farklar ve farklı kesitler ortaya çıkartılabilir.



Şekil 4.5. Profil Sıvama İşlemine Ait Bir Görünüm.

4.1.1. Standart Sıvama

Standart sıvama işlemini, diğer sıvama işlemlerinden ayıran temel özellik, işlem sonunda iş parçasının et kalınlığının hemen hemen sabit kalabilmesidir. Sıvama işleminde rol oynayan parametrelere (Bkz. Bölüm 4.2.) ve bilhassa iş parçasının malzemesine bağlı olarak et kalınlığında küçük de olsa bir miktar azalma gözlenebilir. İş parçasından istenen hassasiyete de bağlı olarak, kaba toleranslara sahip iş parçaları için maksimum %30'luk bir et kalınlığı azalması kabul edilebilir. Et kalınlığının azalma eğilimi iş parçalarının kıvrılmaya karşı mukavemeti ile ters orantılıdır [Runge, 1993].

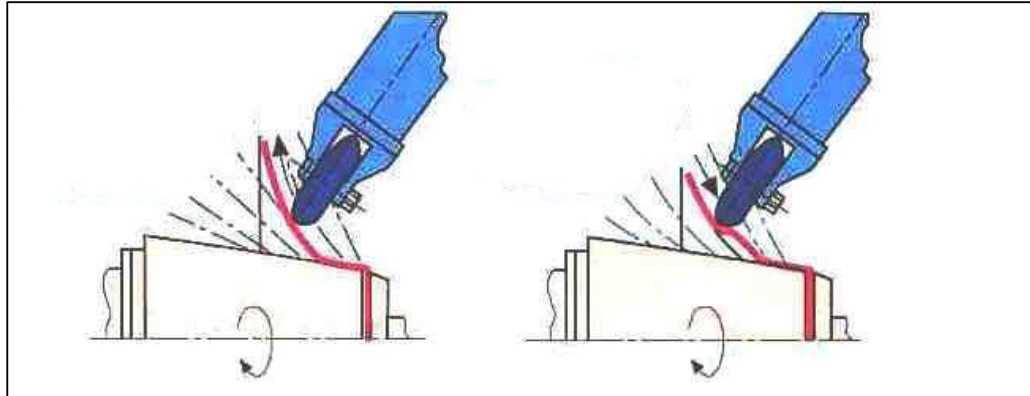


Şekil 4.6. Standart Sıvama Yönteminin Şematik Gösterimi.

- | | |
|-----------------------|------------------------|
| 1 İş Parçası | 6 Kesme Aparatı |
| 2 Sıvama Rölesi | 7 Ana Mil |
| 3 Sıvama Kalıbı | 8 Röle Montaj Grubu |
| 4 Karşı Baskı Elemanı | 9 Karşı Baskı Grubu |
| 5 Destek Plakası | 10 Sıvanmış İş Parçası |

Standart sıvamanın genel çalışma prensibi Şekil 4.6. 'da görülmektedir. Sıvama kalıbı (3), fener mili grubu olarak da tabir edilen bir güç aktarım mekanizmasının ana miline (7) bağlanmıştır. Ana mil dönme eksenini ve karşı baskı grubu (9) dönme eksenini ortak ve bu eksen makinenin çalışma eksenini (Ç.E.) olarak kabul edilir. İş parçasının merkez eksenini de bu çalışma eksenine sabitlemelidir. Burada, örneğin, disk biçiminde kesilmiş veya derin çekme ile imal edilmiş bir iş parçası (1), karşı baskı grubuna (9) bağlı bir baskı elemanı (4) vasıtasıyla sıvama kalıbına (3) bastırılır ve bu iki eleman arasında sabitlenir. Böylece iş parçası makineye bağlanmış/yüklenmiş olur. Daha sonra fener mili grubuna bağlı ana motor dönmeye başlar ve dolayısıyla, sıvama kalıbı, iş parçası ve karşı baskı grubu da dönmeye başlarlar. X ve Z eksenlerinde hareket kabiliyetine sahip şekillendirme rölesi (2) dönmekte olan iş parçasını şekillendirir. Bu esnada röle de iş parçasına temasından dolayı sürtünme kuvveti etkisiyle dönmektedir. Şekillendirme işlemi, iş parçasının kalıba tamamen sıvanmasıyla (10) sona erer [Palten, 2002]. Bu çalışma prensibi tüm sıvama tiplerinde benzerdir ancak rölenin çalışma eksenleri, makine konstrüksiyonu ve röle sayıları gibi özellikler sıvama tipine ve yapılan işleme göre farklılıklar gösterir.

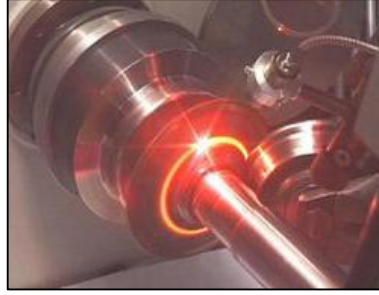
Standart sıvama işlemleri çok pasolu olarak yapılırlar. Sıvama esnasında bir destek plakası (5), iş parçasının aniden kıvrılmasını önlemek için kullanılır. Sıvama işleminden sonra genellikle ek bir aparat (6) kullanılarak, iş parçasının sınırları kesilir ve/veya düzeltilir.



Şekil 4.7. Standart Sıvama Pasoları.

Standart sıvama işlemi esnasında, rölenin iş parçasına temas ettiği noktada, iş parçası üzerinde, plastik bir şekil değiştirme bölgesi ortaya çıkar. Bu bölgede basma ve çekme kuvvetleri birbirine eklenir ve böylece iş parçasının et kalınlığı şekillendirme esnasında sabit kalır [Runge,1993].

Sıvama işlemi ile plastik şekillendirilme kabiliyetine sahip hemen hemen tüm metal malzemeler şekillendirilebilirler. Bazı malzemeler için sıvamadan önce bir ön ısıtma işlemi veya sıvama esnasında bir bölgesel ısıtma işlemi gerekli olabilir. Bölgesel ısıtma amacıyla, üzerinde bir lazer ışın kaynağı bulunan sıvama makinelerine rastlamak mümkündür [leifeldspinning.com].



Şekil 4.8. Sıvama Esnasında İş Parçasının Lazer Işını İle Isıtılması.

Standart sıvama yapılabilen malzemelerin kalınlıkları 0,5mm den 30mm ye kadar değişebilmektedir. Malzeme çapları ise 10mm den 5000mm'ye kadardır. Bazı özel uygulamalarla, bu sınırların dışına da çıkılabilmektedir. İşlenen malzemelerin et kalınlıkları ve/veya çapları arttıkça, işlem sonundaki ölçü toleransları azalmaktadır. Genel olarak kullanılan sıvama makinelerinde tolerans aralığı 500mm çapa kadar olan parçalarda $\pm 0.1\text{mm}$, 500 - 3000mm arasında çapa sahip olan parçalarda $\pm 0.3\text{mm}$ ve 3000 - 5000mm arasında olan parçalarda $\pm 0.5\text{mm}$ 'dir. Savunma sanayisi için üretilmiş hassas sıvama makinelerinde ise bazı iş parçaları için tolerans aralığı $\pm 0.01\text{mm}$ 'ye kadar düşebilmektedir. Boğaz sıvama tezgâhları bu genellemenin dışındadır.



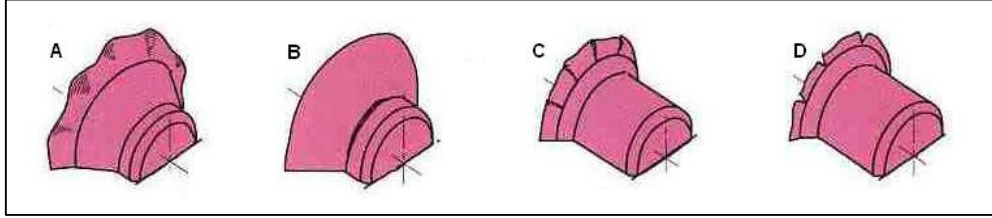
Şekil 4.9. Standart Sıvama İle Üretilmiş Örnek Parçalar.



Şekil 4.10. Standart Sıvama İle Üretilmiş Büyük Çaplı Parçalar.

Standart sıvama işlemi ile sıvanacak bir parça için, işlemin kaç pasoda gerçekleştirileceği, iş parçasının dönme hızı, rölenin iş parçası üzerinde aksel ilerleme hızları, v.b. gibi parametreler için net bir seçim skalası mevcut değildir. Bu durum tüm sıvama tipleri için aynıdır. Bunun nedenleri sıvama parametreleri bölümünde (Bkz. Bölüm 4.2.) anlatılmıştır. Bu durumda işlemin parametrelerini belirlemek, sıvama konusunda tecrübeli tasarım ve proses mühendislerinin görevidir. Sıvama işlemi esnasında karşılaşılan bozukluklar genellikle deneme yanılma metoduyla çözülür. Standart sıvamada, sıvama esnasında genel olarak karşılaşılan bazı bozukluklar Şekil 4.11. 'de görülmektedir. Şekilde, “A”, sıvanmayan bölgede oluşabilen dalgalanmaları; “B”, paso başlangıç düzleminde oluşabilen yırtılmaları;

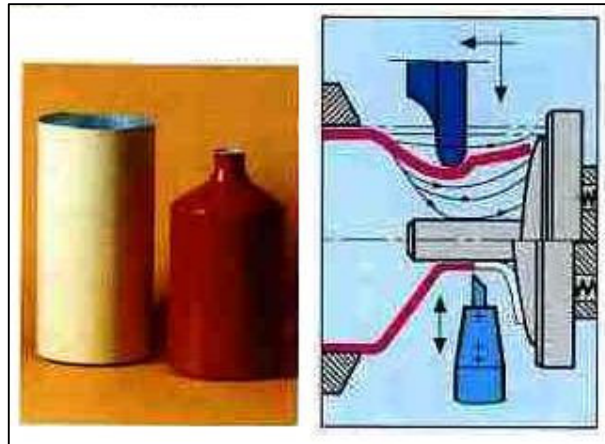
“C”, iş parçasında oluşabilen çatlamları ve “D”, sıvama bölgesinin parçalanmasını göstermektedir.



Şekil 4.11. Standart Sıvama Esnasında Karşılaşılabilen Bozukluklar.

Sıvama işlemlerinde, iş parçası bir kez tam doğru olarak şekillendirildikten sonra, artık eldeki sayısal veriler ile seri imalata geçilebilir. Birbirine geometrik olarak benzeyen veya birbirine göre boyutsal olarak ölçekli parçalar için aynı işleme programları, sayısal verilerde küçük değişiklikler yapılmak suretiyle kullanılabilir.

Değişen parça geometrileri doğrultusunda farklı standart sıvama uygulamalarına rastlamak mümkündür. Örneğin; Şekil 4.12. 'de çoğunluğu kalıpsız olarak yapılan ve iş parçasının merkez eksenine doğru kapatılmasını sağlayan bir standart sıvama işlemi görülmektedir. Bu işlem ileride değinilecek olan boğaz sıvama işlemi ile karıştırılmamalıdır. Zira burada, parçanın sıvanması, rölenin parçayı, lokal olarak bükmesi ile sağlanmaktadır ve iş parçasının et kalınlığı sabit kalmaktadır [Runge,1993] .

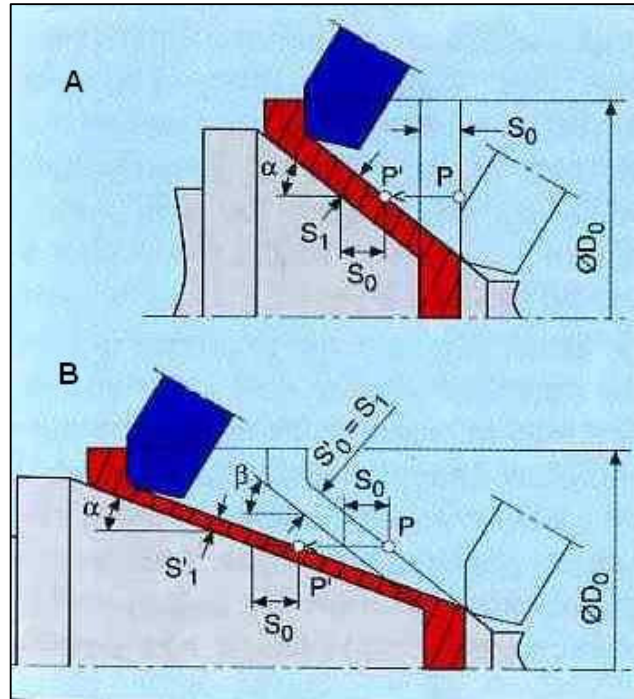


Şekil 4.12. Çoğunluğu Kalıpsız Yapılan Bir Standart Sıvama Uygulaması.

Standart sıvama işleminde, çoğunlukla, asıl sıvama pasoları sonucunda elde edilen yüzey kalitesi ve ölçü toleransları kabul edilemeyecek kadar kötüdür. Bu nedenle yüzey kalitesini iyileştirmek ve parçayı tam ölçü toleranslarına getirmek için son bir/birkaç düzeltme pasosu yapılır. Bu pasoda/pasolarda, röle sıvanmış tüm profili takip ederken, yüzey kalitesini ve geometriyi düzeltir.

4.1.2. Bağımlı – Et Kalınlığı Değişimli Sıvama

Bağımlı-et kalınlığı değişimli sıvama, standart sıvamaya oldukça benzer bir sıvama tekniğidir. İki yöntem arasındaki ayırt edici temel özellik, bağımlı-et kalınlığı değişimli sıvamada iş parçasının et kalınlığının azaltılmasıdır. Ayrıca, standart sıvamadan farklı olarak, bağımlı et kalınlığı değişimli sıvamada işlem tek bir pasoda gerçekleştirilir ve işlenen parçanın dış çapı işlem esnasında ve işlem bittikten sonra da sabit kalır. Uygun röleler kullanılarak, benzer parçalar için her iki yöntem de aynı makinede gerçekleştirilebilir.



Şekil 4.13. Bağımlı-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama Yönteminin Şematik Gösterimi.

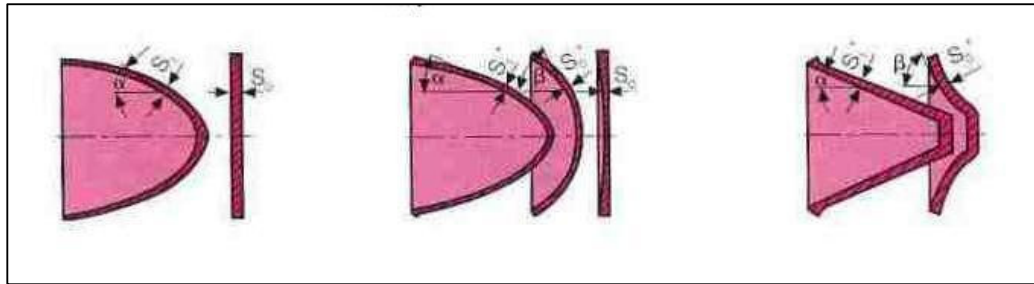
Şekil 4.13. 'de bağımlı-et kalınlığı değişimli sıvama işleminin ana prensibi gösterilmiştir. Bağımlı-et kalınlığı değişimli sıvama, disk şeklinde kesilmiş (A), konik biçimli (B) veya bombe biçimli sac parçalara uygulanır. İşlem esnasında, röle kalıba paralel olarak ve belirli bir uzaklıktan ilerler. Şekilde S_0 , işlenmemiş parçanın et kalınlığını; S_I ve S_I' , işlenmiş parçaların et kalınlıklarını; D_0 , iş parçasının sabit dış çapını; α , kalıbın kesit açısını ve β , işlenmemiş parçanın kesit açısını göstermektedir.

Bağımlı-et kalınlığı değişimli sıvama ile işlenen bir parçada, sıvanan bölgenin et kalınlığı (S_I , S_I'), işlenmemiş parçanın et kalınlığının (S_0), işlenmemiş parçanın kesit açısının (β) ve kalıbın kesit açısının (α) bir fonksiyonudur. İş parçası düz bir disk ise β açısı 90° olacağından, sıvama esnasında elde edilen et kalınlığı, sadece kalıbın kesit açısının (α) ve işlenmemiş parçanın et kalınlığının (S_0) bir fonksiyonu olacaktır [Runge,1993].

$$S_I = S_0 \cdot \sin \alpha \quad (\text{ Şekil 4.13. A }) \quad (4.1.)$$

$$S_I' = S_0 \cdot \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \quad (\text{ Şekil 4.13. B }) \quad (4.2.)$$

Bu matematiksel denklıkların en belirgin sonucu; uygulamada, sıvama ile elde edilecek parçanın et kalınlığının, kalıptan ve işlenmemiş parçadan bağımsız olarak kontrol edilemeyeceğidir. Yani, ne kadar ince bir kesit isteniyorsa, ya ona göre bir işlenmemiş parça kullanılmalı veya kalıbın kesit açısı düşürülmelidir.



Şekil 4.14. Bağımlı-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama Geometrilere Örnekler.

Bu yöntem ile standart sıvamada olduğu gibi, plastik olarak şekillendirilebilen tüm metal malzemeler sıvanabilmektedir. Sıvama sonucunda elde edilecek yüzey kalitesi, iş parçası malzemesi, rölenin işleme hızı, iş parçasının dönme hızı, vb. parametrelere bağlı olarak değişir.

Uygulamada, kalıbın kesit açısı (α) için bir üst sınır ve bir alt sınır mevcuttur. Üst sınır, işlenecek malzemeye bağlı olarak $80^\circ - 85^\circ$ arasındadır. Bu üst sınırdan daha büyük açılarda yapılan sıvamada, malzemenin elastik davranışından dolayı istenilen geometri oluşturulamamaktadır. İşlem için alt sınır ise yine işlenecek malzemeye bağlı olarak $12^\circ - 18^\circ$ arasındadır [Palten, 2002]. Daha küçük α açılarında röle/röleler malzemeye batmakta ve sıvama prosesi bağımlı-et kalınlığı değişimli sıvama yerine bağımsız-et kalınlığı değişimli sıvama haline gelmektedir. Aynı olay rölenin olması gerekenden daha yüksek hızda ilerlemesi sonucunda da görülür.

Savunma ve uzay sanayilerinde bu yöntemin kullanımına sıklıkla rastlanır. İşlenmiş parça toleransları 0.01mm'nin altına inebilmektedir. Roketlere ait çeşitli parçalar, zırh delici "H.E.A.T." mermilerine ait konik başlıklar ve büyük çaplı jantlara ait diskler bu yöntemle imal edilebilmektedirler.



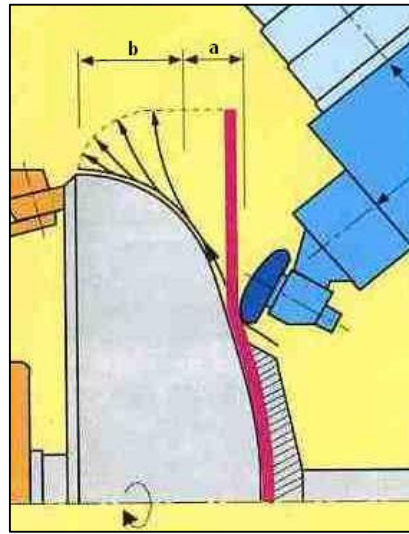
Şekil 4.15. Bağımlı-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama İle Yapılmış Örnek Parçalar.

Bağımlı-et kalınlığı değişimli sıvamada, dış çapın değişmemesinin sağladığı avantajı gösteren bir uygulama örneği Şekil 4.16. 'da görülmektedir.

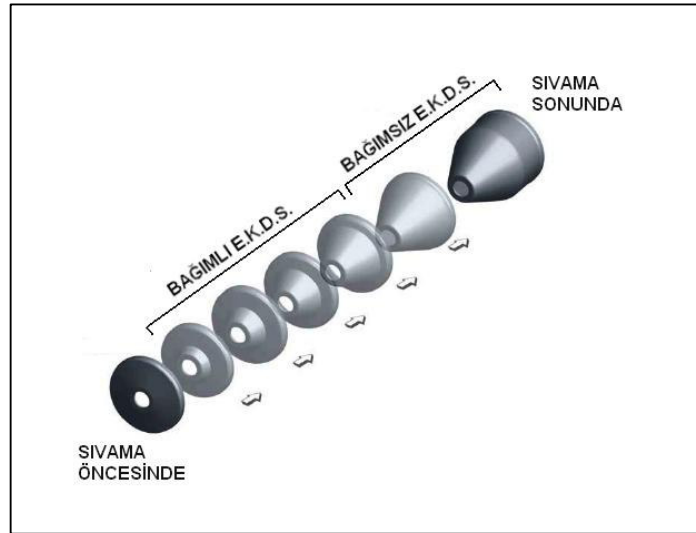


Şekil 4.16. Bağımlı-Et Kalınlığı Değişimli Sıvamada Dış Çapın Korunması.

Endüstriyel uygulamalarda, sıvama tiplerinin beraber kullanıldığı işlemlere sıklıkla rastlanır. Bağımlı-et kalınlığı değişimli sıvama ve standart sıvama yöntemlerinin beraber kullanıldığı bir iş parçası Şekil 4.17. 'de görülmektedir. Şekil 4.18. 'de ise bağımlı-et kalınlığı değişimli ve bağımsız-et kalınlığı değişimli sıvamanın beraber kullanımına bir örnek görülmektedir [Understanding Flow Forming].

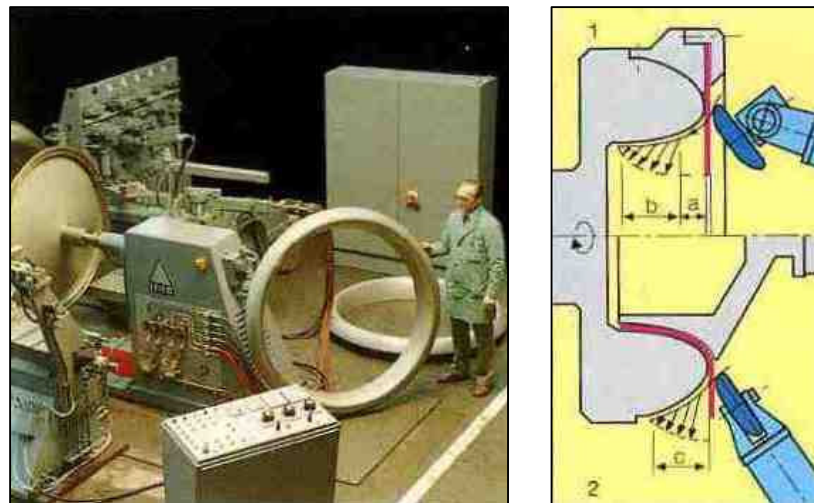


Şekil 4.17. Bağımlı-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama (a) ve Standart Sıvamanın (b) Beraber Kullanımına Bir Örnek.



Şekil 4.18. Bağımlı-Et Kalınlığı Değişimli Sivama ve Bağımsız Et Kalınlığı Değişimli Sivamanın Beraber Kullanımı.

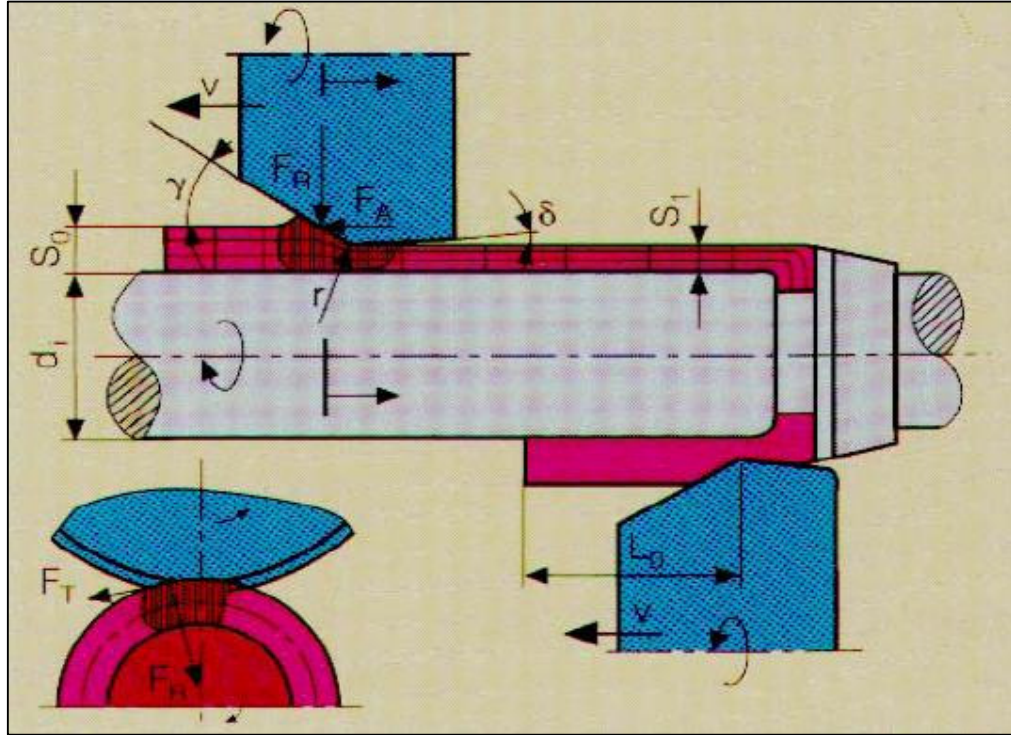
Tüm sivama yöntemleri için geçerli olan bir husus ise, sivamanın sadece iş parçasının dış hattı üzerinde değil, iç geometrisini şekillendirmek için de yapılabileceğidir. Standart sivama ve bağımlı-et kalınlığı değişimli sivama işlemlerinin beraber yapıldığı ve hem içten hem de dıştan şekillendirilen bir alüminyum jet motoru parçasının işleme operasyonları Şekil 4.19. 'da görülmektedir. Bu parçada, 1.operasyonun "a" bölgesinde bağımlı-et kalınlığı değişimli sivama, 1. operasyonun "b" bölgesinde ve 2. operasyonun "c" bölgesinde ise standart sivama yapılmaktadır.



Şekil 4.19. Bir Alüminyum Jet Motoru Parçasının Sıvanması.

4.1.3. Bağımsız – Et Kalınlığı Değişimli Sıvama

Bağımsız et kalınlığı değişimli sıvama yöntemi çoğunlukla boru biçimli silindirik malzemelerin şekillendirilmesi için kullanılan bir yöntemdir. Yöntemin en önemli özelliği, iş parçasının et kalınlığının, parça malzemesine bağlı olarak %90'lara varan oranlarda düşürülebilmesi ve malzeme üzerinde farklı noktalarda farklı et kalınlıklarının elde edilebilmesidir. Bunun sonucu olarak malzemenin boyunda ciddi bir artış sağlanabilir. Bu yöntem boru biçimli malzemeler dışında, konik biçimli malzemeler üzerinde de uygulanır.



Şekil 4.20. Bağımsız-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama Yönteminin Şematik Gösterimi.

Bağımsız et kalınlığı değişimli sıvama yönteminin prensibi Şekil 4.20.'de görülmektedir. Şekilde; d_i , sıvama kalıbının çapını; L_0 , sıvamaya başlanacak noktadan itibaren sıvanmamış iş parçasının uzunluğunu; S_0 , sıvanmamış bölgenin et kalınlığını; S_1 , sıvanmış bölgenin et kalınlığını, F_R , röle tarafından malzemeye

uygulanan radyal kuvveti, F_A , röle tarafından malzemeye uygulanan eksenel kuvveti; F_T , sürtünme sonucu ortaya çıkan teğetsel kuvveti; V , rölenin eksenel ilerleme hızını; γ , rölenin etkin açısını; δ , rölenin süpürme açısını ve r , rölenin burun yarıçapını ifade etmektedir.

İşlemden önce, öncelikle, uygun biçimde imal edilmiş bir iş parçası, kalıba itilerek yerleştirilir ve sabitlenir. Ana mil ve kalıp vasıtasıyla döndürülen iş parçasına röleler ile radyal (F_R) ve eksenel yönde (F_A) kuvvet uygulanır. Aynı zamanda röleler fener mili grubuna doğru eksenel yönde V hızıyla ilerler. Sıvama işlemi, röleler ile parçanın birbirine temas ettikleri noktanın altında oluşan bir basınç bölgesinde malzemenin plastik şekil değiştirmesi ile sağlanır. Bu bölgede malzeme incelir ve akar. Bu esnada, inceltile bölgedeki malzemenin hacmi ile doğru orantılı olarak iş parçasının uzunluğu (L_0) artar. Bağımsız-et kalınlığı değişimli sıvamada karakteristik olarak, rölelerin önünde bir malzeme dalgası oluşur ve röleler ile birlikte ilerler. Bu dalganın geometrisi ve büyüklüğü proses mühendisleri açısından işlemin doğruluğu ile ilgili önemli birer parametredir.

Ayrıca röle ile malzemenin temas ettiği noktada, iş parçası üzerinde teğetsel bir malzeme akışı da oluşur. Bu teğetsel malzeme akışının minimum olması istenir; zira bu malzeme akışı iş parçasının iç çapının artmasına sebep olan bir etkidir.

İdeal şartlar altında ve iş parçası boyunca sabit bir et kalınlığı elde edilecek şekilde yapılan bir sıvama işleminde, malzemenin hacminin değişmemesi gerektiği de göz önünde bulundurularak, iş parçasının sıvama sonundaki uzunluğu aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanabilir [Runge,1993]:

$$L_1 = L_0 \cdot \frac{S_0 \cdot (d_i + S_0)}{S_1 \cdot (d_i + S_1)} + L_0' \quad (4.3.)$$

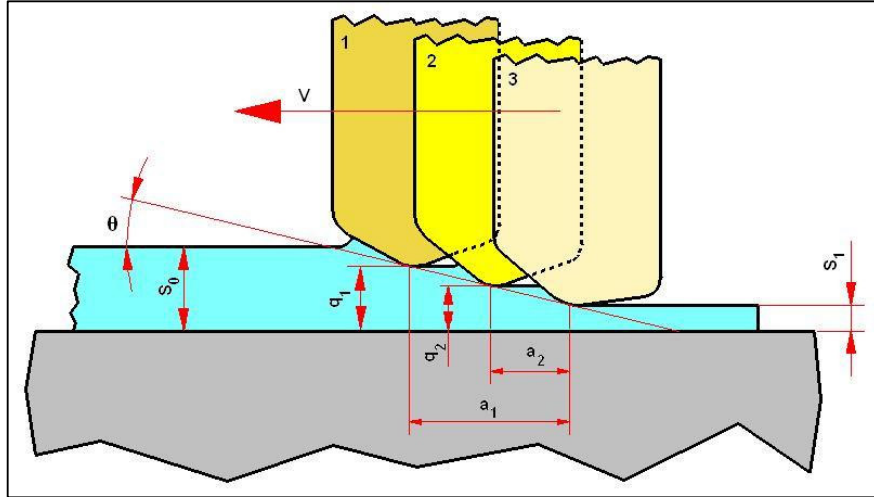
Formülde;

- L_1 : Sıvama sonunda elde edilen parça uzunluğu,
- L_0 : Sıvamaya başlanacak noktadan itibaren iş parçasının uzunluğunu,
- L_0' : Sıvanmayan kısmın uzunluğunu,

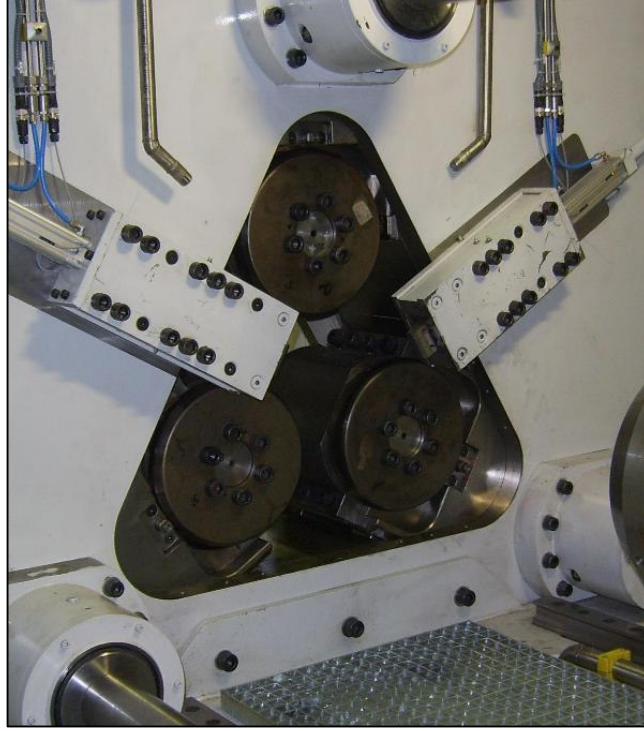
- S_0 : İş parçasının başlangıç et kalınlığını,
 S_1 : İş parçasının işlem sonrası et kalınlığını,
 d_i : İş parçasının iç çapını

ifade etmektedir.

Bağımsız-et kalınlığı değişimli sıvama makineleri, çoğunlukla 3 röleli olarak imal edilirler. Sıvama mesafesinin nispeten uzun olduğu makinelerde 120° açıyla yerleştirilmiş 3 röle kullanılır. Röleler aksel yönde beraber hareket ederlerken, radyal yönde bağımsızdırlar. Yeni yapılan bazı uygulamalarda, aksel yönde, röleler yerine iş parçası da hareket ettirilmektedir. Aynı gruba bağlı röleler arasında grup içinde konuşlanmış bir mekanizma ile aksel yönde sabit bir ofset ayarlanır. Röleler, sıvama esnasında, sıvanacak malzeme miktarını belirli oranlarda paylaşırlar. Şekil 4.21 'de, 3 röleli bir bağımsız-et kalınlığı değişimli sıvama tezgâhında, rölelerin aynı düzlemde gösterimiyle elde edilmiş bir işlem anı görülmektedir. Şekilde; a_1 ve a_2 rölelerin birbirine göre ofset değerlerini, q_1 ve q_2 ara bölgede kalan malzeme et kalınlıklarını; θ ise rölelerin eşdeğer sıvama açısını ifade etmektedir.



Şekil 4.21. 3 Röle İle Yapılan Bir Bağımsız-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama İşleminde Rölelerin Birbirine Göre Konumu.



Şekil 4.22. Bir Sıvama Tezgahında 120° Açılı 3 Röle Yerleşimi.

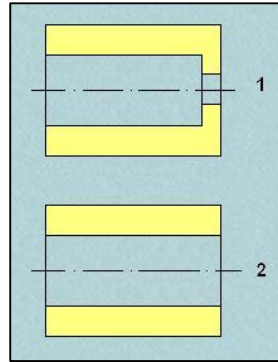
Bağımsız-et kalınlığı değişimli sıvama esnasında, rölelerin temas noktalarının altındaki bölgede basınç çok yüksek değerlere çıkar. Bu nedenle, iş parçası bir anlamda lokal olarak kalıba preslenir. İş parçasının iç yüzey kalitesi işlem sonrasında kalıbın yüzey kalitesine eşdeğer olur. Kalıbın yüzey kalitesinin çok iyi olması durumunda, örneğin hassas olarak taşlanmış bir kalıpta, sıvama sonrasında; iş parçasının iç yüzeyi de honlama kalitesinde elde edilir. Bunun yanında, kalıp malzemesinin kalitesine ve kalıbın işleme toleranslarına bağlı olarak; çok uzun parçalarda çok iyi ölçü toleransları elde edilebilir. Örneğin; 5000mm uzunluğunda bir parçada iç çap, parça boyunca ortalama ± 0.05 ölçü hassasiyeti değerinin altında işlenebilir.

Bağımsız et kalınlığı değişimli sıvamanın 2 temel tipi mevcuttur. Bunlar:

a. İleriye Doğru Bağımsız-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama (Forward Flow Forming) ve

b. Geriye Doğru Bağımsız-Et Kalınlığı Değişimli Sıvamadır (Reverse Flow Forming).

Bu iki yöntemin ortaya çıkma sebebi aslında iş parçalarının geometrileri ve bunun sonucu olarak makineye bağlanma/yüklenme şekilleridir. Bağımsız et kalınlığı değişimli sıvama yapılacak bir parçanın geometrisi 2 temel şekle benzer olabilir. Bunlardan birincisi bir ucu tam kapalı veya kısmen kapalı olan boru biçimli, ikincisi ise iki ucu da açık boru biçimli geometrilerdir. Bu geometriler Şekil 4.23. 'de görülmektedir.

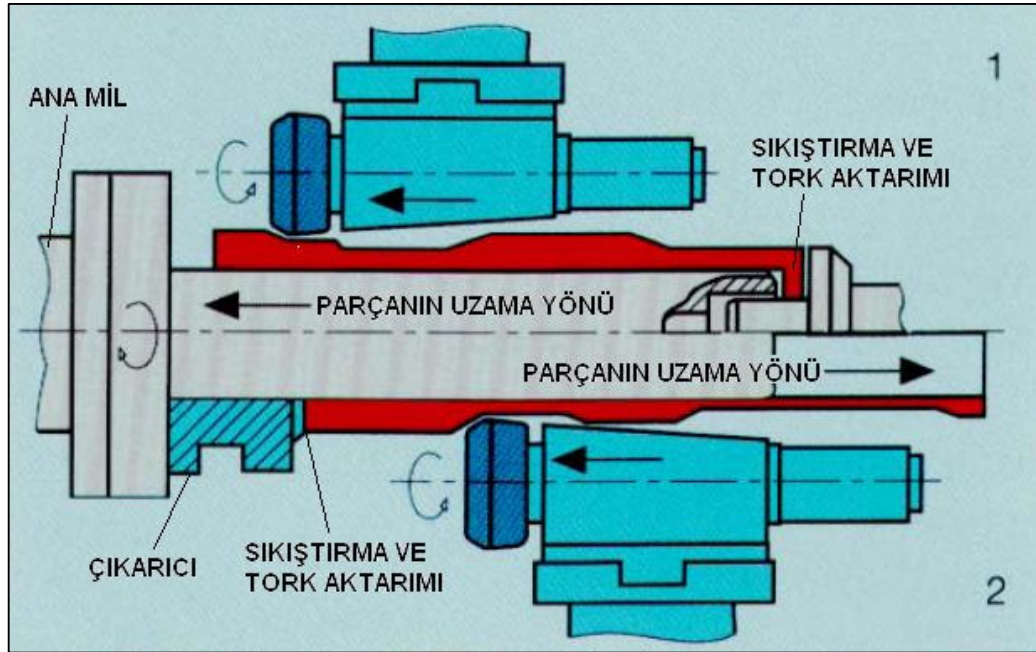


Şekil 4.23. 1- Bir Ucu Kısmen Kapalı Geometri,
2- İki Ucu Da Açık Geometri.

Sıvamanın ileri tipte veya geri tipte olarak isimlendirilmesi rölelerin hareket yönünden dolayı değil, iş parçasının uzama yönünden dolayıdır. Zira röleler her şekilde fener miline doğru hareket ederler. Parça ise eğer fener miline doğru uzuyorsa ileri doğru, fener milinin tersi yönde uzuyorsa geriye doğru uzuyor denir.

Bir ucu kısmen kapalı boru biçimli parçalar, bir karşı baskı elemanı ile kalıba sıkıştırılmaya uygundurlar. Bu nedenle fener mili tarafındaki ucu boşta kalan parça fener miline doğru uzar, yani ileriye doğru uzar. İki ucu açık boru biçimli bir parça

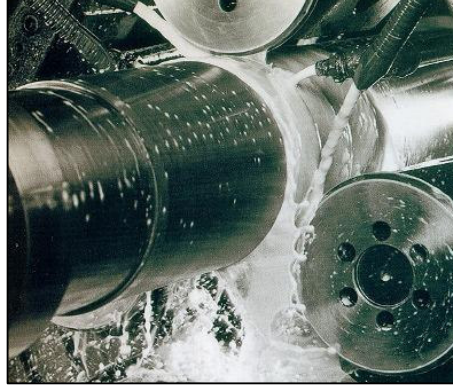
ise ancak üzerinde dişler olan bir plakaya bastırılarak sabitlenebilir ve bu dişlerin parçaya batması vasıtasıyla döndürülebilir. Bu nedenle iş parçası, kalıp üzerinde bulunan bir tork aktarım plakasına kadar itilir ve sıkıştırılır. Bu plakalar genellikle çıkarıcı görevi de görürler. Fakat yeni yapılan uygulamalarda, parçayı kalıptan çıkarma sorunu farklı yollarla çözülmeye başlanmıştır. Bu şekilde makineye bağlanan parça ancak ana milin tersi yönünde uzayabilir, yani geriye doğru uzar [Runge,1993].



Şekil 4.24. 1- İleriye Doğru Bağımsız-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama,
2- Geriye Doğru Bağımsız-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama.

Bu iki yöntemin pratikte çok önemli bir farkı vardır. Eğer imal edilmek istenen parça, örneğin; büyük bir roket gövdesi veya bir ağır vasıta şaft mili benzeri, uzun bir parça ise ileriye doğru sıvamada, işlenmiş parçanın boyundan daha uzun bir kalıp gereklidir. Geriye doğru sıvamada ise işlenmemiş parçanın boyundan daha kısa bir kalıp bile kullanılabilir. Elbette, geriye doğru sıvamada, eğer kalıp çok kısa olursa, işlendikçe uzayan parça kalıptan uzaklaşır ve içinde herhangi bir destek olmamasından dolayı salınımlı olarak dönmeye başlar ve titreşim üretir. Böyle bir durum hem iş parçasının kalitesine hem de makineye zarar verebilir. Bu tür

uygulamalarda karşı baskı grubuna bağlı bir eleman iş parçasına destek olarak kullanılabilir.



Şekil 4.25. İleriye Doğru Bağımsız-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama İle İşlenmekte Olan Bir Parça.



Şekil 4.26. Geriye Doğru Bağımsız-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama İle İşlenmekte Olan Bir Parça.

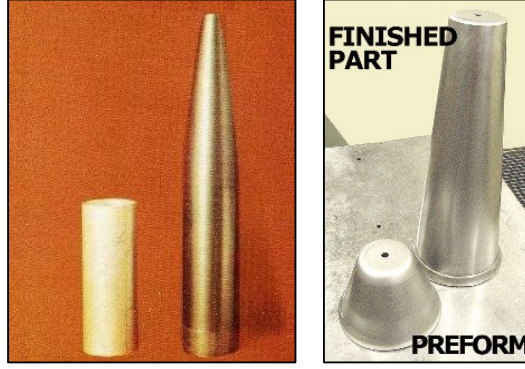
Uygulamada, bağımsız et kalınlığı değişimli sıvama operasyonları, işlenen parçaya bağlı olarak yüksek soğutma emülsiyonu ihtiyacı gösterebilir. Örneğin, bir uygulamada 12mm et kalınlığından 5mm et kalınlığına düşürülmek istenen ST 44 malzeme için geriye doğru bağımsız et kalınlığı değişimli sıvama yapılırken 600 lt/dk soğutma emülsiyonu kullanılmaktadır. Bu değer bazı uygulamalarda 1000lt/dk'yı geçebilmektedir. Geriye doğru bağımsız et kalınlığı değişimli sıvama

işlemlerinin nispeten daha büyük güçler gerektirdiği ve daha fazla soğutma emülsiyonuna ihtiyaç duyduğu da unutulmamalıdır.

Bağımsız et kalınlığı değişimli sıvama işlemleri, çok uzun malzemelerde, çok iyi ölçü toleransları sağlamalarından; işlenen parçaların yüzey kalitelerinin iyi olmasından, çoğu iş parçası için soğuk olarak uygulanabilmelerinden, işlenen malzemelerin işlem öncesine göre daha mukavemetli olmalarından ve diğer imalat yöntemlerine nispeten hızlı ve ucuz üretim imkânı doğurmalarından dolayı endüstride geniş bir kullanım alanına sahiptirler. Savunma ve uzay sanayilerinde; roket gövde ve parçalarının imalatları, nükleer uygulamalarda kullanılan hassas toleranslı boru biçimli elemanların imalatları ve otomotiv sektöründe kullanılan şaft mili ve benzeri parçaların imalatları bunlara örnek olarak verilebilir.



Şekil 4.27. Bağımsız-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama İle Üretilmiş Boru Biçimli Gövdeler.



Şekil 4.28. İş Parçalarının Bağımsız-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama Öncesi ve Sıvama Sonrası Görünümlerine Örnekler.



Şekil 4.29. Bağımsız-Et Kalınlığı Değişimli Sıvama Esnasında İç Yüzeyine Diş Açılmış Örnek Bir Parça.

Bağımsız-et kalınlığı değişimli sıvamada, malzemenin özelliklerine bağlı olarak et kalınlığı %75 - %90 oranlarına kadar düşürülebilir. Bazı durumlarda, makinenin gücü bir seferde düşürülmek istenen et kalınlığı oranını karşılayamayabilir. Böyle durumlarda ikinci bir paso sıvama işlemi yapılabilir. Fakat unutulmaması gereken bir nokta, sıvama yapılmış bir iş parçasının mukavemet özelliklerinin, parça malzemesine bağlı olarak, gelişmiş olacaktır. Uygulamada, malzemenin et kalınlığının %20'den daha az düşürülmesi ise istenmeyen bir durumdur [Runge,1993]. Bunun nedeni, röle ile malzeme arasında oluşan basınç bölgesinin, kalıp yüzeyine kadar ulaşmaması yani malzemenin et kalınlığının tamamının bu basınca maruz kalmamasıdır. Bu ve buna benzer parametre hatalarından kaynaklanan bozuk sıvama örnekleri Şekil 4.30. 'da görülmektedir.



Şekil 4.30. Bağımsız-Et Kalınlığı Değişimli Sıvamada Karşılaşılan Bazı Sıvama Hataları.

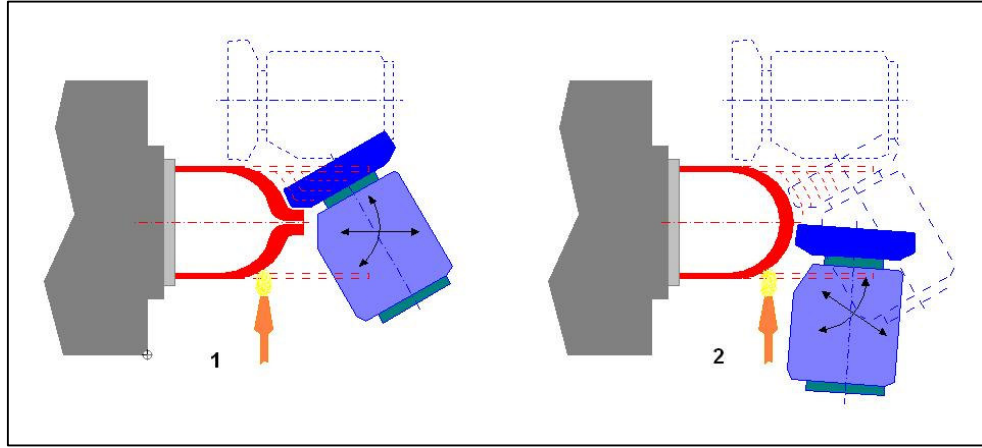
Bağımsız-et kalınlığı değişimli bir sıvama makinesinin motor gücü, ilerleme hızı, röle kuvvetleri gibi parametreleri belirlemek ve makineyi tasarlamak tamamen tasarım mühendislerinin yetenek, tecrübe ve bilgi birikimine dayanmaktadır. Örneğin 20mm et kalınlığında yüksek alaşımlı bir çelik malzemeyi 10mm et kalınlığına düşürmek amacıyla tasarlanmış üç röleli bir makinede; 132kW motor gücü, her bir röle için 500kN radyal röle kuvveti ve 490kN eksenel kuvvet kullanılmıştır. Başka bir örnekte ise 10mm et kalınlığında, imalat çeliğinden üretilmiş bir malzemeyi 5mm et kalınlığına düşürmek için 60kW motor gücü, her bir röle için 300kN radyal röle kuvveti ve 400kN eksenel kuvvet kullanılmıştır. Elbette ulaşılmak istenen imalat zamanları da bu parametreler üzerinde direkt olarak etkilidir.



Şekil 4.31. Sıvama İle Üretim Yapılan Bir İmalathane.

4.1.4. Boğaz Sıvama

Boğaz sıvama işlemi çoğunlukla boru biçimli silindirik malzemelerin uçlarını tamamen kapatmak veya kısmen kapatmak için kullanılan bir yöntemdir [Heavy-Duty Necking-In Machines]. Şekil 4.32.'de, boğaz sıvama ile kısmen kapatma ve tamamen kapatma işlemleri görülmektedir. Boğaz sıvama, kendine özgü makinelerde ve bu işleme özel geometrilere sahip röleler ile yapılır. İş parçası çoğunlukla sıcak olarak şekillendirilir. Boğaz sıvama işleminin en çok kullanıldığı endüstri alanı, dikişsiz basınçlı gaz tüpü imalatıdır.

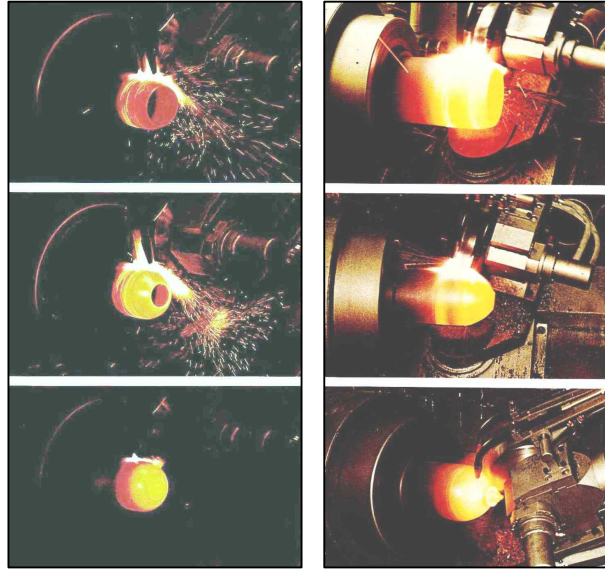


Şekil 4.32. Boğaz Sıvama İşlemleri. 1- Kısmen Kapatma, 2- Tamamen Kapatma.



Şekil 4.33. Boğaz Sıvama İşlemine Ait Bir Görünüm.

İşlem yapılacak parçaların işlenecek bölgeleri, öncelikle, makineye akupile edilmiş durumda veya ayrı durumda olabilen bir fırın veya indüksiyon bobini ile ısıtılır. Çelik malzemeler için, malzeme tipine bağlı olarak işlem sıcaklığı 900 °C – 1000 °C arasındadır. Alüminyum alaşımı malzemelerde ise bu sıcaklık 350 °C civarındadır [Production Of High Pressure Gas Cylinders]. Bazı tip alüminyum malzemeler ve benzeri yumuşak metaller ısıtılmadan da boğaz sıvama yapılabilirler.



Şekil 4.34. Boğaz Sıvama İle Basınçlı Gaz Tüpü İmalatı.

Sıcak durumda olan malzeme genellikle otomatik olarak fırından alınır ve makine ana mili üzerindeki yuvaya sokulur. Malzemenin yüksek sıcaklıkta olan kısmı yuvanın dışında kalır. Yuva içindeki pabuçlar ile sıkılan malzeme, ana mile sabitlenir. Fener mili grubu ve sıkıştırma pabuçları vasıtasıyla iş parçası döndürülür. İş parçasının dönme hızı uygulamaya bağlı olarak 1200dev/dak'ya kadar çıkabilmektedir. Bu esnada yuvanın dışında kalan sıcak ve yumuşamış kısım ise rölenin yaptığı pasolar ile şekillendirilir. Boğaz sıvama röleleri çoğunlukla dairesel bir yörüngede ve bu dairesel yörüngenin merkezine doğru radyal yönde nümerik kontrollü olarak hareket imkânına sahiptirler. Şekillendirme esnasında iş parçasının içinde herhangi bir kalıp, dolayısıyla da destek yoktur. Boşlukta sıvanan malzeme kalınlaşarak merkeze doğru dairesel bir geometride eğilir. Bu tipte sıvamaya

“Havada Sıvama” denilmektedir [Palten, 2002]. İşlem esnasında, yüksek sıcaklıktaki iş parçası, sıcaklığının radyasyon etkisi ile düşmemesi için, makine üzerindeki torç/torçlar tarafından sürekli olarak ısıtılır. Sıvama işlemi biten parça, makineden yine otomatik olarak uzaklaştırılır.



Şekil 4.35. Boğaz Sıvama İle İmal Edilmiş Örnek Parçalar.

Boğaz sıvama işleminde, iş parçasının çapı ile et kalınlığı arasındaki oranın yüksek olması işlemin kararlılığını artırır. Basıncı gaz tüpleri gibi iş parçalarında bu oran işlem için oldukça uygundur. Boğaz sıvama, çoğunlukla sıcak yapılan bir işlem olmasından dolayı, diğer sıvama yöntemlerinde elde edilen hassas iş parçası ölçü toleranslarına bu yöntemde ulaşılamaz.

Şekil 4.36. 'da, arkasında bütünleşik fırını bulunan ve otomatik yükleme boşaltma yapabilen örnek bir boğaz sıvama makinesi görülmektedir. Makine, maksimum 325mm çapa ve 18mm et kalınlığına sahip tüp imalatında kullanılan çelik malzemeleri işleyebilmektedir. Ana motor gücü 132kW, ana milin maksimum devri 900dev/dak, dairesel yörüngeli röle hareketini sağlayan hidrolik motordan alınan maksimum tork 33kNm, rölenin dairesel yörüngeli hareketinde süpürebileceği maksimum açı 100° ve rölenin dairesel yörüngesinin merkezine doğru uygulayabildiği lineer kuvvet ise 170kN 'dur [Heavy-Duty Necking-In Machines].



Şekil 4.36. Örnek Bir Boğaz Sıvama Makinesi.

4.1.5. Profil Sıvama

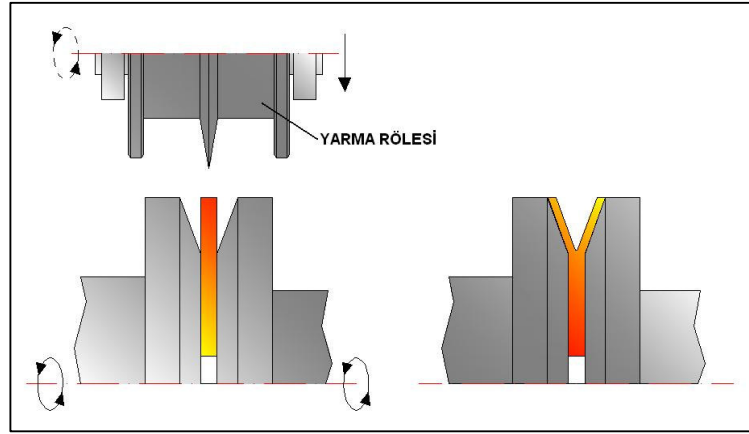
Profil sıvama işlemi, sac veya boru biçimli iş parçalarını yeniden şekillendirmek ve iş parçası üzerinde fonksiyonel profiller oluşturmak için kullanılan bir soğuk şekillendirme metodudur. Bahsi geçen fonksiyonel profiller özel uygulamalar dışında çoğunlukla, v-kayış kasnağı profili, dişli kayış kasnağı profili ve dişli profilidir. Profil sıvama işlemi, elde edilmek istenen geometriye ve işleme girecek iş parçasının sıvama öncesi geometrisine bağlı olarak tek operasyondan veya belirli bir sırayla yapılan çeşitli alt operasyonlardan oluşabilir.

Profil sıvama, seri imalat açısından oldukça verimli ve hızlı bir metottur. Diğer imalat yöntemleriyle üretilmeleri saatler alabilecek parçalar bu yöntem ile saniyeler içinde üretilebilirler. Fakat, ilk defa üretilecek bir parça için üretim adımlarına ve kullanılacak parametrelere karar vermek, profil sıvama konusunda ciddi bir tecrübe gerektirir. Tecrübe ve bilgi birikiminin yanında, çoğunlukla deneme yanılmalarla sonuca ulaşılır.

En genel uygulamaya sahip profil sıvama alt operasyonları şunlardır [The Profiling of Pulleys and Multi-functional Components (2nd Edition)]:

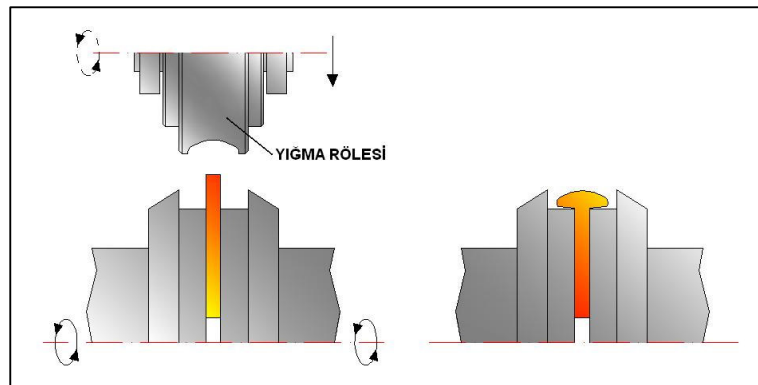
- a.** Yarma (Splitting)
- b.** Yığma (Upsetting)
- c.** Bükme (Curling)
- d.** Düzleştirme (Flattening)
- e.** Ön-Katlama, Katlama (Pre-Folding, Folding)
- f.** Ön-Profil Oluşturma, Fonksiyonel Profil Oluşturma (Pre-Profiling,Profiling)

Yarma işlemi, en basit manada, bir yarma rölesinin radyal yönde iş parçasına dalması ve daldığı bölgede iş parçasını ikiye ayırmasıdır. Bu yöntem tek kayış ile çalışacak v-kasnakların imalatında büyük kolaylık sağlar. Yarma işlemini açıklayan bir örnek Şekil 4.37. 'de görülmektedir.



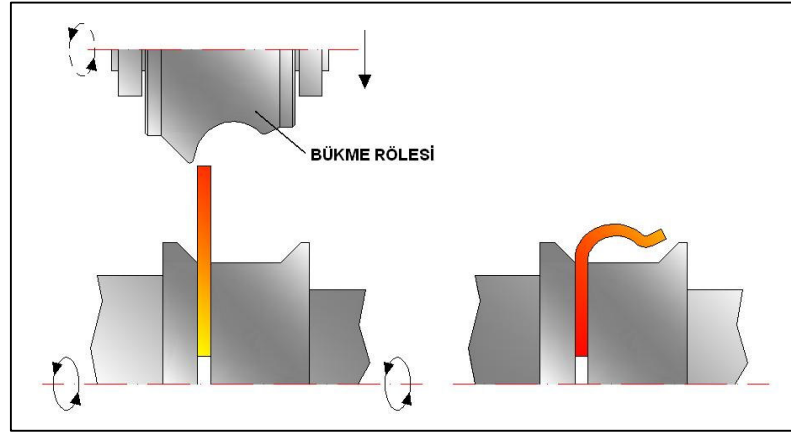
Şekil 4.37. Yarma İşleminin Şematik Gösterimi.

Yığma işleminde, malzeme, yığma rölesi tarafından akıtılarak, iş parçası üzerinde bir bölgede toplanır. Yığma işlemi ile çoğunlukla Şekil 4.38. 'de görüldüğü gibi, malzemenin dış yüzeyini genişletmek amaçlanır. Genişleyen dış yüzey daha sonra profil oluşturmak için kullanılır. Malzemenin toplandığı kesitte et kalınlığının artması, boğaz sıvama işlemindekine benzer biçimde hacmin sabit kalması prensibinden kaynaklanır.



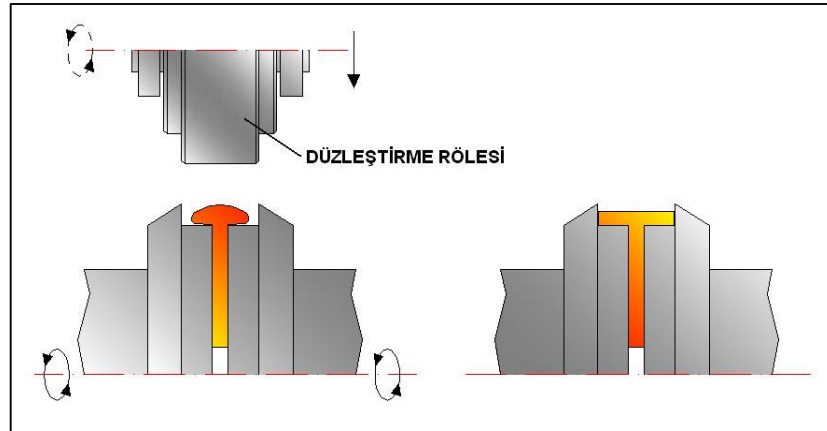
Şekil 4.38. Yığma İşleminin Şematik Gösterimi.

Bükme işlemi, iş parçasının, bükme rölesi ile eğilmesidir. Şekil 4.39. 'da görülen bükme işlemi örneğinde, dikkat çekici bir husus rölenin iş parçasına radyal yönde bastırmasıyla birlikte malzemenin yığılma eğilimi göstermek yerine bükülmesidir. Bunun sebebi malzemenin her zaman en kolay yolu seçmesi prensibidir. Burada, oldukça basit görünen bu olay kimi uygulamalarda beklenmeyen, şaşırtıcı sonuçlar doğurabilmektedir.



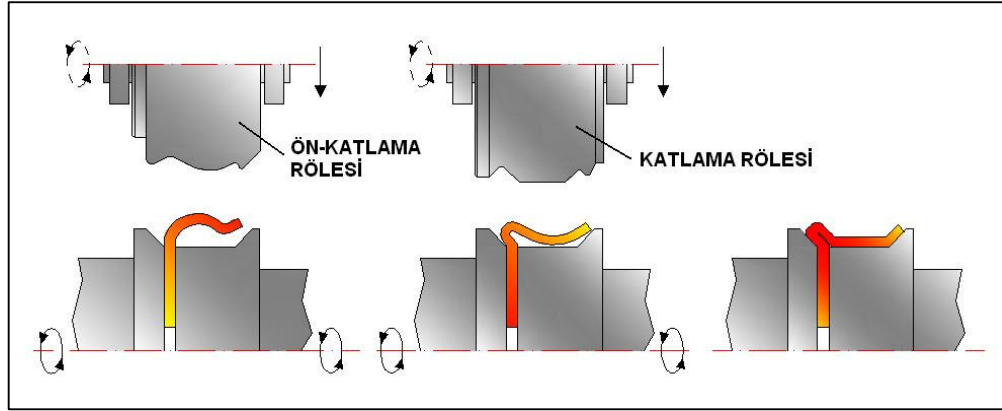
Şekil 4.39. Bükme İşleminin Şematik Gösterimi.

Düzleştirme işlemi, çoğunlukla düz, silindirik olarak işlenmiş bir röle ile iş parçası üzerinde silindirik bölgeler yaratmak ve/veya yüzeyi düzeltmek için kullanılır.



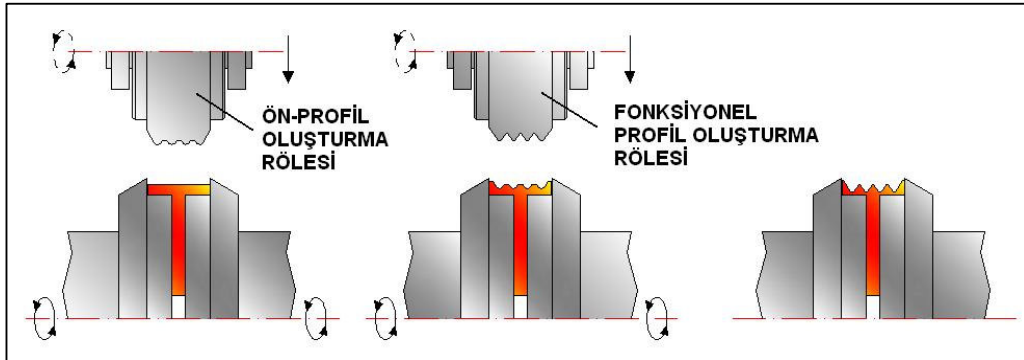
Şekil 4.40. Düzleştirme İşleminin Şematik Gösterimi.

Katlama işlemi, iş parçasının, belirli bir bölgede, iç içe kıvrılıp basılarak üst üste katlanmasıdır. Bazı durumlarda, katlanmak istenen iş parçasının geometrisine göre, ön-katlama yapılması gereklidir.



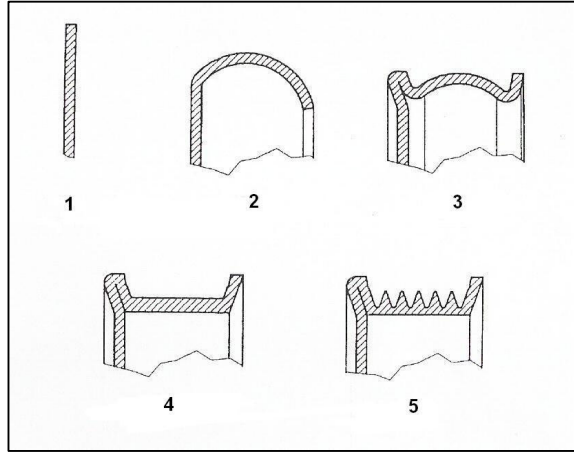
Şekil 4.41. Ön-Katlama ve Katlama İşlemlerinin Şematik Gösterimi.

Profil oluşturma işlemlerinde röle üzerine işlenmiş bir profil, röle tarafından aynen iş parçası üstüne sıvanır. Oluşturulan profiller çoğunlukla hassas toleranslara sahip işlevsel profillerdir. Bu nedenle, profiller, genellikle, tek röle ile değil, adım adım ilerlenerek birkaç röle ile sıvanır. Bu sayede hem işlenen parçanın istenen toleranslarda elde edilmesi sağlanır, hem de röle ve iş parçasının aşırı zorlanması ve rölenin hızla aşınmasının önüne geçilmiş olur.

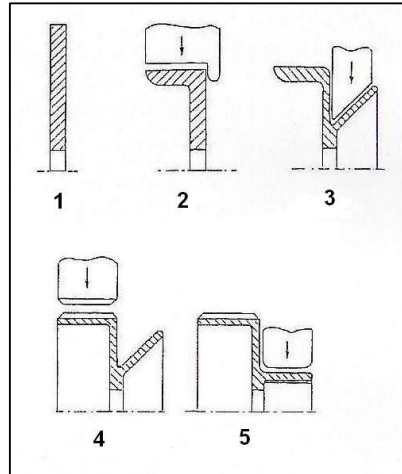


Şekil 4.42. Ön-Profil Oluşturma ve Fonksiyonel Profil Oluşturma İşlemlerinin Şematik Gösterimi.

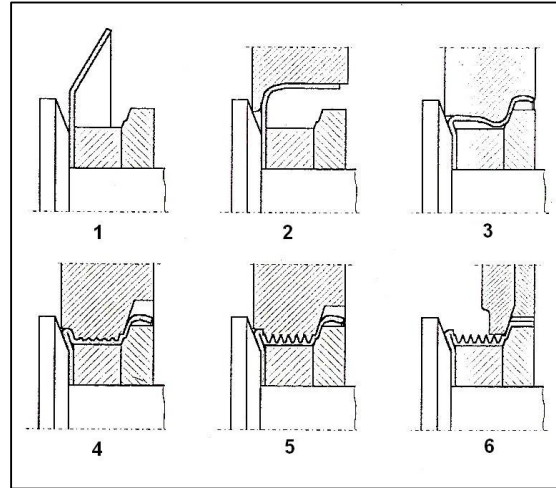
Profil sıvama ile hemen hemen tüm plastik şekillendirmeye uygun malzemeler sıvanabilir. Fakat elde edilmek istenen profilin de malzemeye uygun olması gereklidir. Şekil 4.43, Şekil 4.44., Şekil 4.45. ve Şekil 4.46.'da, bazı iş parçası geometrilerinin, profil sıvama ile nasıl üretildiklerine dair örnekler gösterilmiştir [The Profiling of Pulleys and Multi-functional Components (2nd Edition)].



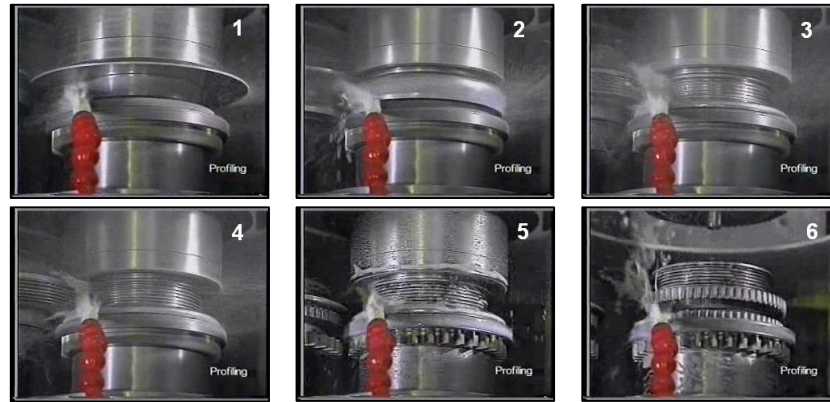
Şekil 4.43. 1- İşlenmemiş Parça, 2- Bükme, 3- Ön-Katlama, 4- Katlama, 5-Fonksiyonel Profil Oluşturma.



Şekil 4.44. 1- İşlenmemiş Parça, 2- Bükme, 3- Yarma, 4-Fonksiyonel Profil Oluşturma, 5- Düzleştirme.



Şekil 4.45. 1- İşlenmemiş Parça, 2- Bükme, 3- Bükme ve Ön-Katlama, 4- Katlama ve Ön Profil Oluşturma, 5- Fonksiyonel Profil Oluşturma, 6- Fonksiyonel Profil Oluşturma.



Şekil 4.46. Profil Sıvama İle Adım Adım Parça İmalatı Görüntüleri.



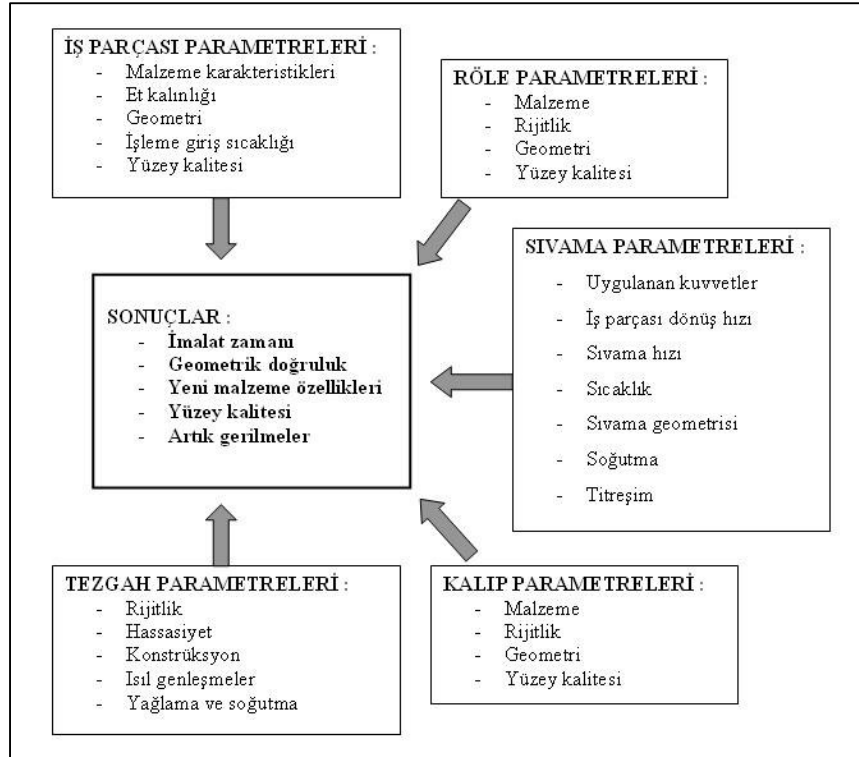
Şekil 4.47. Profil Sıvama İle Üretilmiş Örnek Parçalar.

4.2. Sıvama İşleminde Etkin Olan Parametreler

Sıvama işlemleri, gerek en basiti olsun gerekse en karmaşık olanı; muhteviyatında olayı etkileyen birçok parametreyi barındırmaktadır. Ve bu parametrelerin büyük çoğunluğunun değeri sıvama işlemi esnasında her an değişmektedir. Bu sebepten dolayı bugün için dünyada, herhangi bir sıvama işlemini tam olarak tanımlayabilen bir matematiksel ifade bulunmamaktadır. Sıvama işleminde etkin olan parametreler Çizelge 4.2. 'de gruplandırılmıştır [Runge,1993].

Buna benzer, hesaplanması zor fiziksel olaylar için “ Sonlu Elemanlar Yöntemi ” geniş kullanım olanakları sunmaktadır. Elbette, sıvama işlemleri üzerinde de sonlu elemanlar analizleri yapılmaktadır. Ancak sonlu elemanlar analizinin sağladığı imkânlarla rağmen, sıvama işlemi üzerinde etkisi olan tüm parametreleri modellemek henüz mümkün değildir. Bu nedenle yapılan analizler çoğunlukla, işlem esnasında iş parçası üzerinde oluşacak ısı gibi lokal parametreler konusunda fikir vermekten ileriye gitmemektedir.

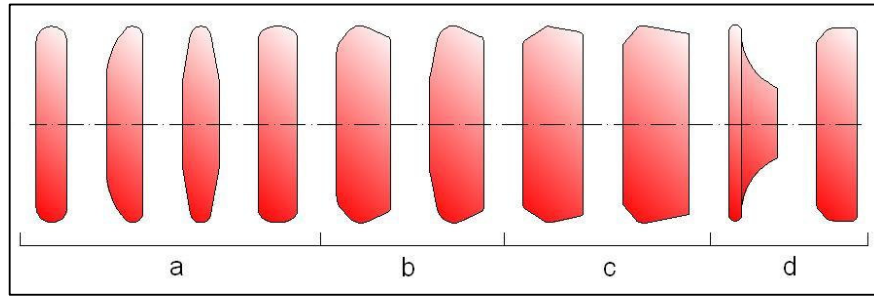
Çizelge 4.2. Sıvama İşlemlerinde Etkin Olan Parametre Grupları



4.3. Sıvama İşlemlerinde Kullanılan Röleler

Endüstriyel sıvama makineleri, kendi eksenini etrafında dönen röleler ile şekillendirme yapmaktadırlar. Bir sıvama makinesinde rölenin veya rölelerin dönmesi, iş parçasının dönmesi sayesinde gerçekleşir. İş parçasına bastırılan röle, iş parçası ile arasında oluşan sürtünme kuvveti vasıtasıyla, iş parçası tarafından döndürülür.

Sıvama makinelerinde kullanılan röleler; sıvamanın tipine, işlenmesi istenen profile, iş parçası büyüklüğüne, iş parçası kalınlığına, işlenen malzemeye ve istenen yüzey kalitesine bağlı olarak birçok tipte imal edilmektedirler. Klasikleşmiş bazı röle formları Şekil 4.48. 'de görülmektedir. Şekilde “a” grubunda bulunan röleler standart sıvamada, “b” grubunda bulunan röleler bağımlı-et kalınlığı değişimli sıvamada, “c” grubunda bulunan röleler bağımsız-et kalınlığı değişimli sıvamada ve “d” grubunda bulunan röleler boğaz sıvamada yaygın olarak kullanılan röle geometrilerini göstermektedir.



Şekil 4.48. Yaygın Olarak Kullanılan Bazı Röle Formları.

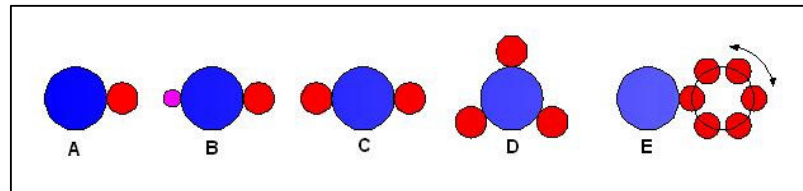
Rölelerin imalatında en yaygın kullanılan malzemeler; plastik, çelik ve seramiktir. Plastik röleler, ucuz fakat düşük mukavemetlidirler. Bu nedenle; maksimum 3mm kalınlığa kadar olan; saf alüminyum, kalay ve kurşun gibi yumuşak metallerin şekillendirilmesinde kullanılırlar. Ömürleri çelik rölelerden kısadır ve uygulamaya göre 1000 – 5000 parça arasında aşınmadan dolayı bozulan röle profilinin yeniden işlenmesi gerekir [Runge,1993].

En genel kullanıma sahip röle malzemesi çeliktir. Çelik sıvama röleleri, soğuk sıvama için; ortalama %12 Krom alaşımlı, sıcak sıvama için ise ortalama %5 Krom alaşımlı takım çeliklerinden imal edilirler. En yaygın kullanıma sahip çelik alaşımları, soğuk sıvama işlemleri için 1.2379 ve sıcak sıvama işlemleri için 1.2344'dür. Kullanılacak çelik röleler, çekirdeğe kadar 60-62 HRC sertliğine çıkartılırlar. Bu sertliği elde etmek için genellikle vakum sertleştirmeye tabi tutulurlar. Rölelerin en az 500 °C - 600 °C arasındaki sıcaklıklara kadar sertliklerini korumaları istenir. Çelik röleler de uygulamaya göre 1000-10000 parça işledikten sonra aşınmadan dolayı, sökülerek yeniden işlenirler [Runge,1993].

Seramik rölelerin ömürleri diğer malzemelere göre daha fazladır fakat maliyetleri oldukça yüksektir. Genellikle özel uygulamalarda kullanılırlar.

Plastik, çelik ve seramik malzemelerin dışında, günümüzde toz metalürjisi ile elde edilmiş kompozit yapıda röleler de kullanılmaya başlanılmıştır.

Sıvama makineleri genellikle tek röleli, çift röleli, üç röleli veya çok röleli olarak imal edilirler. Şekil 4.49 'da bu yerleşimler görülmektedir.



Şekil 4.49. Sıvama Makinelerine Ait Örnek Röle Yerleşimleri.

Röle sayısı ve yerleşimi, makinenin yapacağı sıvama işleminin gerektirdiği kuvvetlere ve istenen hassasiyete göre değişiklik gösterir. Standart sıvamada, genellikle Şekil 4.49 'da görülen A ve B (tek röle + destek rölesi) tipi yerleşim, bağımlı-et kalınlığı değişimli sıvamada ve bağımsız-et kalınlığı değişimli sıvamada ise genellikle C ve D tipi yerleşimler kullanılır. Çok adımlı profil sıvama tezgahlarında ise E tipi yerleşim kullanılır. E tipi röle yerleşiminde, dönebilen bir

taret mekanizması, işlemini bitiren röleyi değiştirir [utmachinery.com]. Bu mekanizmaya bir örnek Şekil 4.50. 'de görülmektedir.



Şekil 4.50. Röle Değiştirici Taret.

Boğaz sıvamada kullanılan makinelerde sıvama işlemi tek röle ile yapılır fakat rölenin yerleşimi ve hareket eksenleri diğer sıvama makinelerinden farklıdır. Bu yerleşim Bölüm 4.1.4. 'de gösterilmiştir.

Bazı yüksek güçlü makinelerde, rölelere bağlı hidrolik veya elektrikli motorlar görülür. Bunların amacı rölenin iş parçasına temas etmeden önce dönmeye başlamasını sağlamaktır. Bu sayede, dönmeyen rölenin, iş parçasına teması esnasında aniden dönmeye başlaması ve bunun sonucunda hızla aşınması ve aynı zamanda röleye bağlı rulmanların aşırı ivmelenmeden dolayı kısa zamanda ömrünü tamamlaması önlenmeye çalışılır. Bu motorlar, iş parçasının röleyi döndürmeye başlamasıyla birlikte devre dışı kalırlar veya bir tork sınırlayıcı mekanizma vasıtasıyla boştta döndürülürler. Pratikte, bu yöntem çoğu uygulamada çok az fayda sağlamasına karşı bazı uygulamalar için gereklidir.

Küçük ve orta güçteki sıvama makinelerinin bazılarında, iş yapan rölelere ek olarak operasyon sonrası işlem yapan yardımcı aparatlar bulunur. Bu aparatlar üzerinde de röleler görmek mümkündür. Şekil 4.51. 'de iki örneği görülen bu yardımcı aparatlar, işlenmesi biten parçanın ucunu kesmekte ve/veya düzeltmekte kullanılırlar.



Şekil 4.51. Sıvama Sonrası Kullanılan
Yardımcı Aparatlar.

4.4. SIVAMA İŞLEMİNDE YÜZEY KALİTESİ

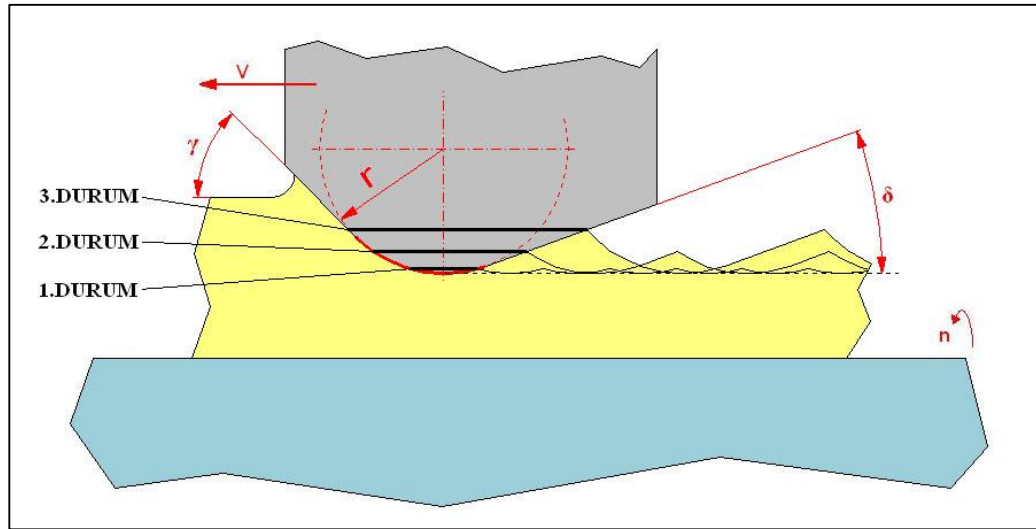
Sıvama işlemi sonucunda iş parçası üzerinde elde edilecek yüzey kalitesi, iş parçasının iç yüzeyinin kalitesi ve iş parçasının dış yüzeyinin kalitesi olmak üzere iki şekildedir. İş parçasının iç yüzey kalitesi, genellikle sıvama kalıbının yüzey kalitesine eşdeğerdir. Eğer sıvama işlemi kalıpsız yapılmışsa, sıvama işlemi sonunda, iç yüzey kalitesi, sıvama öncesindeki durumunda kalır. İş parçasının dış yüzey kalitesi ise, sıvama yapan rölenin/rölelerin yüzey kalitesine ve geometrilerine, iş parçasının mekanik özelliklerine ve işlemde kullanılan sıvama parametrelerine bağlıdır.

İş parçasının dış yüzey kalitesi için, yüzey pürüzlülüğünü etkileyen tüm parametreleri göz önünde bulundurarak net bir değer hesaplamak henüz olanaklı değildir. Ancak belirli bir sıvama işlemi için bazı kabuller yapılarak, teorik bir yüzey pürüzlülük değeri bulunabilir.

Örneğin bağımsız-et kalınlığı değişimli bir sıvama işleminde, iş parçasının tam plastik bir malzemeden yapıldığı, rölenin yüzeyinin pürüzsüz olduğu, iş parçası dışındaki tüm makine elemanlarının rijit olduğu, sıvama esnasında hiçbir parçada ısı genleşme olmadığı ve işlemin titreşimsiz yapıldığı varsayılırsa; iş parçasının teorik yüzey kalitesi hesapla bulunabilir. Böyle bir sıvama işlemi için çizilmiş geometri Şekil 4.52. 'de gösterilmiştir.

kalınlığı değişimli sıvama işlemleri için V hızı çoğunlukla 1 mm/dev değerinde veya bu değerin altında seçilir.

Şekil 4.53 'de görülen formda, yani r yarıçapında bir burun yayına sahip ve bu burun yayına teğet, γ etkin açısıyla ve δ süpürme açısıyla yerleşmiş konik yüzeyleri olan bir röle için; adımın başlangıç ve/veya bitiş noktası 3 durumda bulunabilir. Birinci durumda adım doğrusunun iki ucu da burun yayının içinde bulunmaktadır. İkinci durumda, adım doğrusunun bir ucu burun yayının içinde, diğer ucu ise yayın dışındadır. Üçüncü durumda ise, adım doğrusunun iki ucu da burun yayının dışında, konik yüzeylerin üzerinde bulunmaktadır. Yüzey pürüzlülüğü için referans olan " b " çukur derinliği değeri, bu üç ihtimale bağlı olarak üç farklı şekilde hesaplanır.



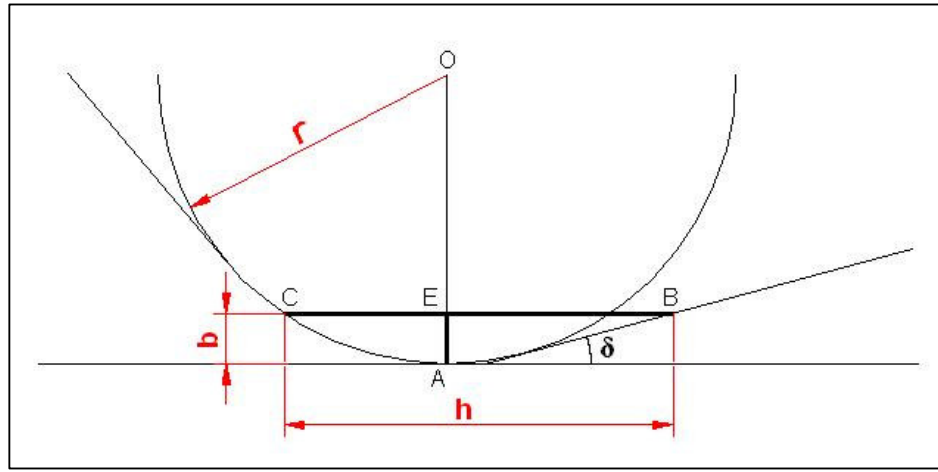
Şekil 4.53. Adım Doğrusu Pozisyonları.

b değerini hesaplamak için öncelikle, adım doğrusunun hangi pozisyonda olduğunu tespit etmek gereklidir. Şekil 4.54.'de görülen t_1 ve t_2 değerleri;

$$t_1 = r \cdot \sin \delta \quad (4.6)$$

$$t_2 = r \cdot \sin \gamma \quad (4.7)$$

Eğer, t_{min} değeri adımın yarısından daha küçükse, bu durumda; b , yüzey pürüzlülük referans değerini bulmak biraz daha karmaşık bir hal alır. Adım doğrusunun bir ucu burun yayının dışında olabileceği gibi her iki ucu da burun yayının dışında olabilir. Eldeki veriler ışığında, hangi ihtimalin doğru olduğunun bulunması için öncelikle adım doğrusunun yalnız bir ucunun, burun yayı dışında olduğu kabulü yapılarak yola çıkılmalıdır. Yani sistem Şekil 4.53. 'de gösterilen 2.durumda kabul edilmelidir. Şekil 4.55. 'de bu durumun daha ayrıntılı geometrik ifadesi görülmektedir.



Şekil 4.55. Adım Doğrusunun Yalnız Bir Ucunun Burun Yayının Dışında Olması Durumu.

Eğer adım doğrusunun sadece bir ucu burun yayının dışında ise, bu uç; etkin açısı ve süpürme açısı arasından, hangisi küçük ise o açının bulunduğu tarafta olmak zorundadır. Et kalınlığı değişimli sıvama yapan rölelerde çoğunlukla etkin açısı süpürme açısından daha büyüktür. Bu nedenle hesaplamalarda, adım doğrusunun süpürme açısının bulunduğu taraftaki ucunun, burun yayının dışında olduğu kabul edilmiştir. Ters bir durum için de ileride yapılan hesaplamalara benzer şekilde sonuca ulaşılabilir.

Şekil 4.55 'de görülen geometri, b değerinin bulunması için, Şekil 4.56. 'da genişletilerek çizilmiştir.

$$|NC| = \sqrt{r^2 - |CE|^2} \quad (4.16)$$

bulunur. (ZNM) üçgeninin |ZN| ve |ZM| kenarları için;

$$|NM| = |NZ| \cdot \tan \delta \quad (4.17)$$

olduğundan; formüller 4.14, 4.15 ve 4.16 kullanılarak;

$$\sqrt{r^2 - |CE|^2} + h \cdot \tan \delta = \left(\frac{r}{\sin \delta} + |CE| \right) \cdot \tan \delta \quad (4.18)$$

ifadesi bulunur. Formül 4.18 üzerinde gerekli işlemler yapılarak;

$$|CE|^2 + 2 \cdot U \cdot \sin \delta \cdot |CE| + G = 0 \quad (4.19)$$

denklemini elde edilir. Denkleminde bulunan U ve G sabitleri, denklemin çok uzun ve karışık bir hal almaması için türetilmişlerdir. Bu sabitler;

$$U = r - h \cdot \sin \delta \quad (4.20)$$

$$G = U^2 - r^2 \cdot \cos^2 \delta \quad (4.21)$$

şeklindedir.

Formül 4.19 karakteristik ikinci dereceden bir denklemdir. Denklemin çözümü sonucunda;

$$|CE| = \frac{\sqrt{4 \cdot U^2 \cdot \sin^2 \delta - 4 \cdot G - 2 \cdot U \cdot \sin \delta}}{2} \quad (4.22)$$

bulunur.

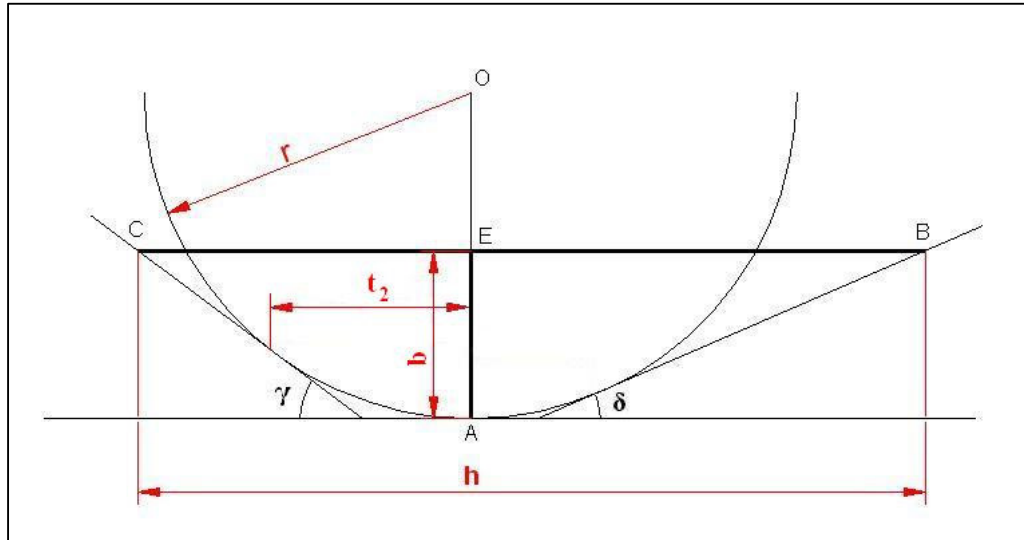
Bulunan $|CE|$ değeri, formül 4.7 'de ifade edilen t_2 değerinden küçük veya eşit ise; adım doğrusunun yalnız süpürme açısı tarafında bulunan ucu burun yayı dışındadır. Böylece başlangıçta yapılan kabul doğru olur. Bu durumda b değeri formül 4.10 'dan ve (OCE) üçgeninden faydalanılarak;

$$b = r - \sqrt{r^2 - |CE|^2} \quad (4.23)$$

şeklinde bulunur.

Formül 4.22 ve formül 4.23 'den anlaşılacağı üzere, sıvama esnasında, adım doğrusunun, rölenin etkin açılı yüzeyi tarafında bulunan ucu, burun yayı içinde kalıyor ise, “ γ ” etkin açısının teorik olarak iş parçasının yüzey pürüzlülüğüne etkisi yoktur.

Eğer formül 4.22 ile bulunan $|CE|$ değeri, formül 4.7 ile bulunan t_2 değerinden büyük ise, adım doğrusunun her iki ucu da burun yayının dışındadır. Yani uçlardan birisi süpürme yüzeyi kesiti üzerinde, diğeri ise etkin yüzey kesiti üzerindedir.



Şekil 4.57. $|CE| > t_2$ Durumu.

$$|CE|=h-|EB| \quad (4.28)$$

$$|EP|=|OP|-|OE| \quad (4.29)$$

$$b=r-|OE| \quad (4.30)$$

olur. (OSZ) üçgeninden ;

$$|OZ| = \frac{r}{\cos \gamma} \quad (4.31)$$

formülü elde edilir. Formül 4.27 ve formül 4.28 dikkate alınarak, (CEZ) üçgeninden;

$$|OZ| - |OE| = (h - |EB|) \cdot \tan \gamma \quad (4.32)$$

bulunur. Formülde, $|OZ|$ yerine formül 4.31 'de bulunan değer konulursa;

$$\frac{r}{\cos \gamma} - |OE| = (h - |EB|) \cdot \tan \gamma \quad (4.33)$$

şeklini alır. Gerekli işlemler yapıp formül sadeleştirildiğinde;

$$|EB| = h - \frac{r - |OE| \cdot \cos \gamma}{\sin \gamma} \quad (4.34)$$

eşitliği bulunur. Formül 4.31 'e benzer şekilde, (OTP) üçgeninden;

$$|OP| = \frac{r}{\cos \delta} \quad (4.35)$$

formülü elde edilebilir. Formül 4.29 dikkate alınarak, (BEP) üçgeninden;

$$|OP| - |OE| = |EB| \cdot \tan \delta \quad (4.36)$$

olduğu bulunur. Formülde, $|OP|$ yerine formül 4.35 'de bulunan değer konulursa;

$$\frac{r}{\cos \delta} - |OE| = |EB| \cdot \tan \delta \quad (4.37)$$

eşitliği elde edilir. Gerekli işlemler yapıp formül sadeleştirildiğinde;

$$|EB| = \frac{r - |OE| \cdot \cos \delta}{\sin \delta} \quad (4.38)$$

formülü bulunur. Formül 4.34 'ün ve formül 4.38 'in her ikisi de $|EB|$ uzunluğunu ifade ettiğinden;

$$h - \frac{r - |OE| \cdot \cos \gamma}{\sin \gamma} = \frac{r - |OE| \cdot \cos \delta}{\sin \delta} \quad (4.39)$$

eşitliği yazılabilir. Bu eşitlikten hareketle,

$$|OE| = \frac{r \cdot (\sin \gamma + \sin \delta) - h \cdot \sin \gamma \cdot \sin \delta}{\sin \gamma \cdot \cos \delta + \sin \delta \cdot \cos \gamma} \quad (4.40)$$

olduğu bulunur. Formül 4.40 ve formül 4.30 kullanılarak, b değeri için;

$$b = r - \frac{r \cdot (\sin \gamma + \sin \delta) - h \cdot \sin \gamma \cdot \sin \delta}{\sin \gamma \cdot \cos \delta + \sin \delta \cdot \cos \gamma} \quad (4.41)$$

eşitliği bulunur.

Bir malzeme için yüzey pürüzlülüğü değerlendirilirken, malzemenin teorik ortalama çizgisine göre numune uzunluğu boyunca tüm pürüzlülüklerin aritmetik ortalaması olan R_a değeri referans olarak kullanılabilir [Akkurt, 1990]. Bu durumda, anlatılan örnekte, yüzey boyunca tüm pürüzlülük değerleri b kadar olacağından; yüzey pürüzlülük değerlerinin ortalaması da b olur. Böylece, R_a değerinin de b 'ye eşit olduğu görülür.

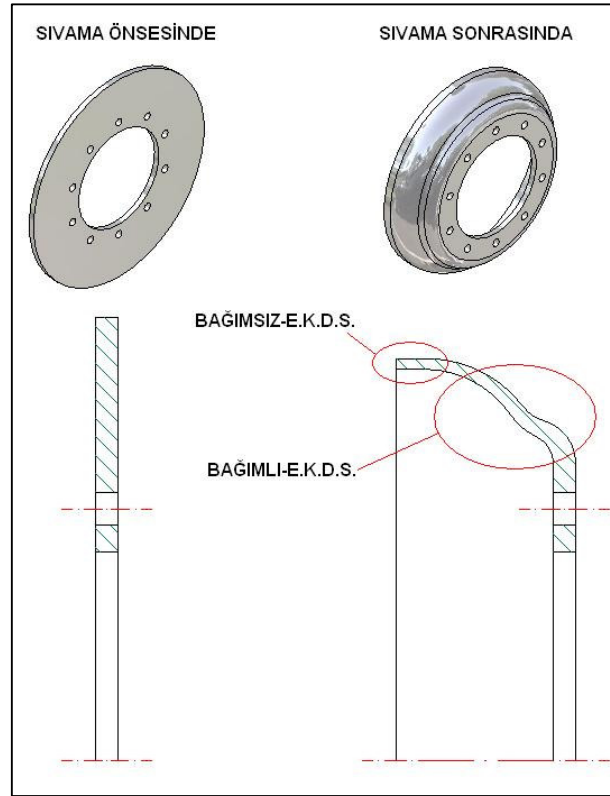
Örneğin, 3 röleli bir bağımsız-et kalınlığı değişimli sıvama işleminde, iş parçası dönme devri 400 dev/dak, rölelerin eksenel hızı 1mm/s, eksenel yönde fener mili grubuna göre, en geriden sıvama yapan rölenin, burun yarıçapı 8mm, etkin açısı 20° ve süpürme açısı 5° olursa; bu durumda, formüller; 4.4 , 4.5, 4.6 ve 4.7 kullanılarak $h/2 < t_{min}$ olduğu bulunur. Buradan b değeri, formül 4.9 kullanılarak; 0.00035mm bulunur. Bu da söz konusu parçanın $\sim 0.35 \mu\text{m}$ yüzey kalitesinde olacağını gösterir.

Eğer, aynı sıvama işleminde, rölelerin eksenel hızı 6,6 mm/s ($V' \approx 1\text{mm/dev}$) ve rölenin burun yarıçapı 5mm olursa; bu durumda $h/2 > t_{min}$ olduğu bulunur. O halde, rölenin adım doğrusunun ($h \approx 1\text{mm}$) bir ucu veya her iki ucu da burun yayının dışındadır. Bunu belirlemek için; formüller 4.20, 4.21 ve 4.22'den yararlanılarak; $|CE|$ değeri 0.49777mm olarak bulunur. $|CE|$ değeri t_2 değeriyle karşılaştırılırsa, $|CE| < t_2$ olduğu görülür. Böylece, adım doğrusunun yalnız süpürme açısı tarafında bulunan ucunun burun yayının dışında olduğu bulunur. Yani adım doğrusunun bir ucu süpürme yüzeyi kesitinin üstünde diğer ucu ise burun yayı üstündedir. Bu durum için türetilmiş olan formül 4.23 kullanılarak b değeri 0.02483mm bulunur. Bu da söz konusu parçanın, sıvama işlemi sonunda, $\sim 25 \mu\text{m}$ yüzey kalitesinde olacağını gösterir.

5. SIVAMA MAKİNESİ TASARIMI

Bu bölümde, sıvama makinelerinin daha iyi tanıtılması ve anlaşılması amacıyla, Türkiye’de tasarlanmış ve üretilmiş olan ilk CNC sıvama makinesinin tasarım esasları, ana bölümleri ve bu bölümlerin işlevleri anlatılacaktır.

Tasarlanan sıvama makinesi, bağımlı-et kalınlığı değişimli sıvama ve bağımsız-et kalınlığı değişimli sıvama işlemlerinin çoğunlukla beraber kullanıldığı büyük çaplı jantların “disk” bölümlerinin imalatı amacıyla üretilmiştir. Konunun devamında, karışıklık yaratmaması amacıyla, bu makineye “disk sıvama makinesi” olarak hitap edilecektir. Disk sıvama makinesi ile ayrıca standart sıvama uygulamaları da yapılabilir. Referans bir disk için sıvama öncesi ve sıvama sonrası geometrileri Şekil 5.1.’de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Referans Disk.

5.1. Tasarımın Temel Parametreleri

Bir sıvama makinesinin tasarlanmasında ilk adım, bu makine ile işlenecek parçaların özelliklerine ve yapılacak sıvama işleminden beklenen sonuçlara bağlı olarak, makine parametrelerinin belirlenmesidir. Çizelge 5.1. 'de disk sıvama makinesine ve iş parçalarına ait temel parametrik özellikler verilmiştir.

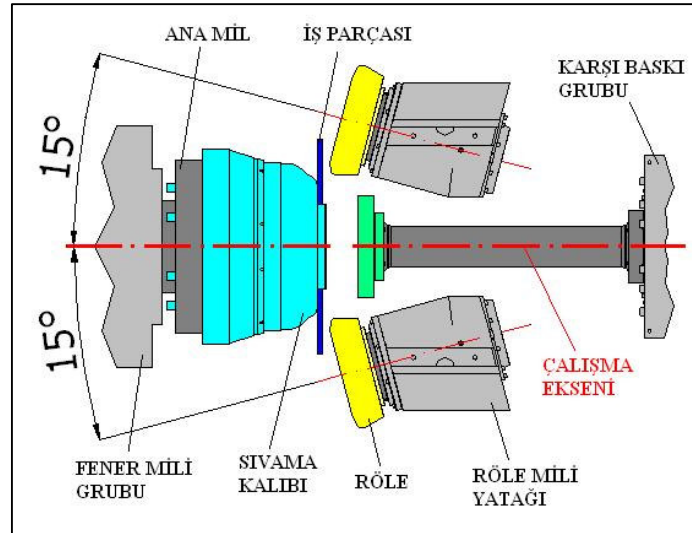
Bu temel parametrik değerler doğrultusunda yapılan tasarımda, iş parçasının dönme hareketi, bir asenkron servo-motor ile ve rölelerin eksenel ve radyal hareketleri ise hidrolik silindirler ile sağlanmaktadır. İş parçasını, kalıba sabitlemek için kullanılan karşı baskı grubu ve sıvanan iş parçasını kalıptan çıkartmak için kullanılan çıkarıcı grubu da yine hidrolik silindirler ile kontrol edilmektedir. Ana motor, CNC ünitesine bağlanmış bir sürücü ile kontrol edilmektedir. Hidrolik silindirler ise yine CNC ünitesine akupile HLA modülleri ile nümerik olarak kontrol edilmektedirler. Tasarım üzerinde, rölelerin birbirinden bağımsız radyal ve eksenel hareketleri, karşı baskı eksenel hareketi ve çıkarıcı eksenel hareketi olmak üzere; 6 nümerik kontrollü lineer eksen bulunmaktadır. Temel mekanik tasarıma ek olarak, hidrolik silindirlere güç sağlayan bir hidrolik ünitesi ve iş parçalarının makineye hızlı biçimde yerleştirilmesini sağlayan bir yükleme ünitesi de makineye bağlı durumdadır. Bunların dışında, işlem esnasında soğutma emülsiyonunun devir-daimini ve filtrelenmesini sağlayan bir emülsiyon ünitesi ve elektrik-elektronik elemanları içeren kabinler de bulunmaktadır.

Tasarımın temel parametrelerine, referans iş parçasının özellikleri ve ulaşılmak istenen işlem zamanları göz önünde bulundurularak ve bu konuda daha önce yapılmış makinelerden elde edilmiş veriler incelenerek karar verilmiştir. Tasarımdan istenilen temel özelliklerden birisi, referans bir disk modelinden, saatte 80 adet işleyebilmesidir. Bu da 45 saniyede bir adet diskin bitirilmesi anlamına gelmektedir. Tasarımın yapılması esnasında, emniyetli olması için bu süre 40 saniye kabul edilmiştir. Makinenin imalatı tamamlandıktan ve eksenlerin hareketleri referans parça için optimize edildikten sonra, işlem zamanı 42 saniye olarak elde edilmiştir. Referans disk dışında, farklı bir disk modeli için ise 20 saniyede imalat yapılabilmektedir.

Çizelge 5.1. Disk Sıvama Makinesine Ait Temel Parametreler.

İŞ PARÇASI ÖZELLİKLERİ	
Minimum Sıvanmamış İş Parçası Çapı	425mm
Maksimum Sıvanmamış İş parçası Çapı	730mm
Minimum Sıvanmış Disk Çapı	405mm
Maksimum Sıvanmış Disk Çapı	720mm
Maksimum Sıvanmış Disk Genişliği	160mm
Maksimum Et Kalınlığı (ST 52 için)	15mm
MAKİNEİN HAREKET ÖZELLİKLERİ	
Maksimum Ana Mil Devri	500dev/dak
Her Bir Röle İçin Maksimum Eksenel Strok	400mm
Her Bir Röle İçin Maksimum Radyal Strok	285mm
Maksimum Karşı Baskı Stroğu	540mm
Maksimum Çıkarıcı Stroğu	120mm
MAKİNEİN GÜÇ ÖZELLİKLERİ	
Ana Motor Gücü	180kW
Her Bir Röle İçin Maksimum Eksenel Kuvvet	300kN
Her Bir Röle İçin Maksimum Radyal Kuvvet	300kN
Maksimum Karşı Baskı Kuvveti	450kN
Maksimum Çıkarıcı Kuvveti	150kN

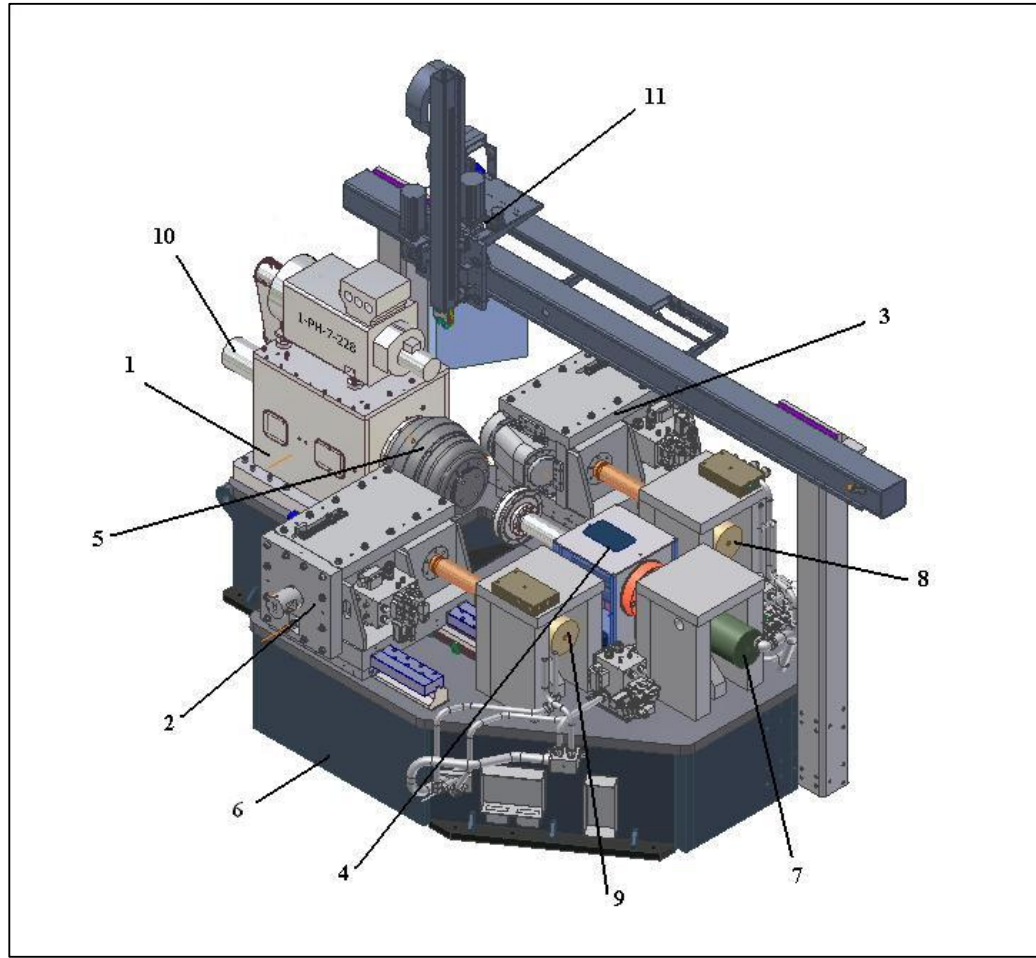
Tasarımda, röleler, çalışma ekseninin iki yanına birbirine göre 180° açıyla ve çalışma eksenine göre 15° 'lik açılar ile yerleştirilmişlerdir. Şekil 5.2.'de çizilmiş olan üst görünüş, bu yerleşimi açıklamaktadır. Çalışma eksenine göre 15° yerleşimin sebebi, hem bağımlı-et kalınlığı değişimli sıvama ve bağımsız-et kalınlığı değişimli sıvama hem de gerektiğinde standart sıvama yapabilme kabiliyetini makineye kazandırmaktır. Açı değeri büyüdükçe, 45° açiya kadar, makinenin, bağımlı-et kalınlığı değişimli sıvama ve standart sıvama yapabilme kabiliyetleri artar fakat bağımsız-et kalınlığı değişimli sıvama yapabilme kabiliyeti düşer. Sadece bağımsız-et kalınlığı değişimli sıvama için üretilmiş makinelerde, bu açı çoğunlukla 0° 'dir. Ayrıca, açı değeri büyüdükçe, konstrüksiyonu zorlaştıran etkenler ortaya çıkmaya başlar.



Şekil 5.2. Röle Yerleşimleri.

5.2. Disk Sıvama Makinesinin Bölümleri

Disk sıvama makinesine ait mekanik tasarım katı modeli Şekil 5.3. 'de görülmektedir. Makinenin ana bölümleri birbirinden bağımsız olarak monte edilen ve daha sonra bir araya getirilip makinenin bütünü oluşturarak bölümlerdir. Disk sıvama makinesi bu bağlamda 11 ana bölümden meydana gelmektedir. Burada makineye ek olarak bağlanan hidrolik ünite ve emülsiyon ünitesine yer verilmemiştir.



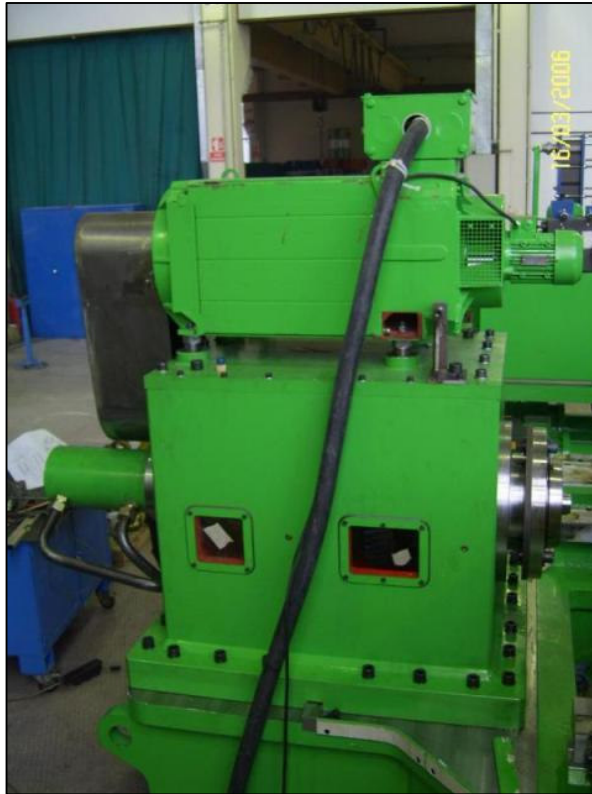
Şekil 5.3. Disk Sıvama Makinesinin Katı Modeli.

- | | |
|----------------------|------------------------------------|
| 1 Fener Mili Grubu | 7 Karşı Baskı Hidrolik Silindiri |
| 2 Sol Yan Röle Grubu | 8 Sağ Yan Röle Grubu Dış Hid. Sil. |
| 3 Sağ Yan Röle Grubu | 9 Sol Yan Röle Grubu Dış Hid. Sil. |
| 4 Karşı Baskı Grubu | 10 Çıkarıcı Grubu |
| 5 Disk Kalıbı | 11 Yükleme Ünitesi |
| 6 Ana Gövde | |

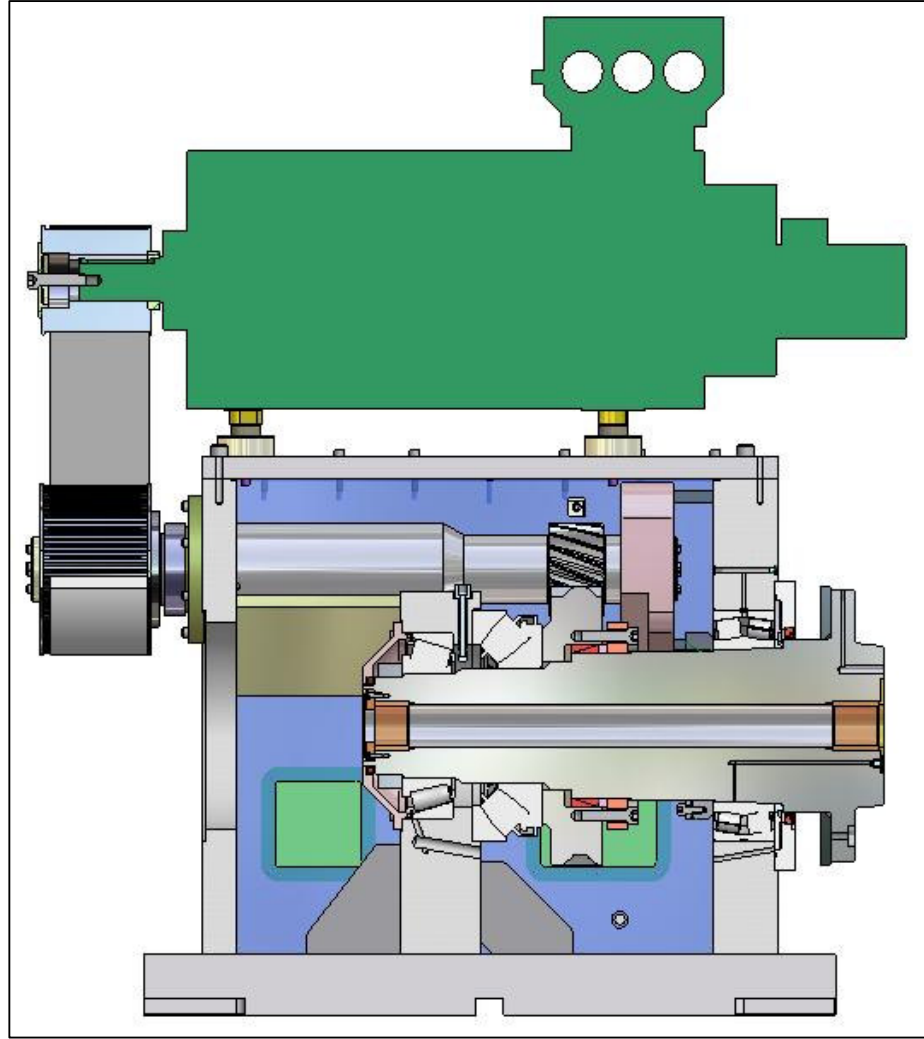
5.2.1. Fener Mili Grubu

Fener mili grubunun 3 temel görevi vardır. Bu görevler;

- a. Üzerinde montajlı olan ana motor, kayış-kasnak ve içinde bulunan dişli mekanizması ile sıvama kalıbını ve iş parçasını döndürmek ve sıvama işlemi için gerekli olan torku sağlamak.
- b. İş parçasına uygulanan eksenel ve radyal kuvvetleri içinde bulunan rulmanlar vasıtası ile taşımak ve bu kuvvetleri cıvata bağlantıları ile ana gövdeye iletmek.
- c. Çıkarıcı mekanizmayı taşımak ve ana milin içinden geçen çıkarıcı mekanizma kolunu, burçlar vasıtası ile yataklamak.



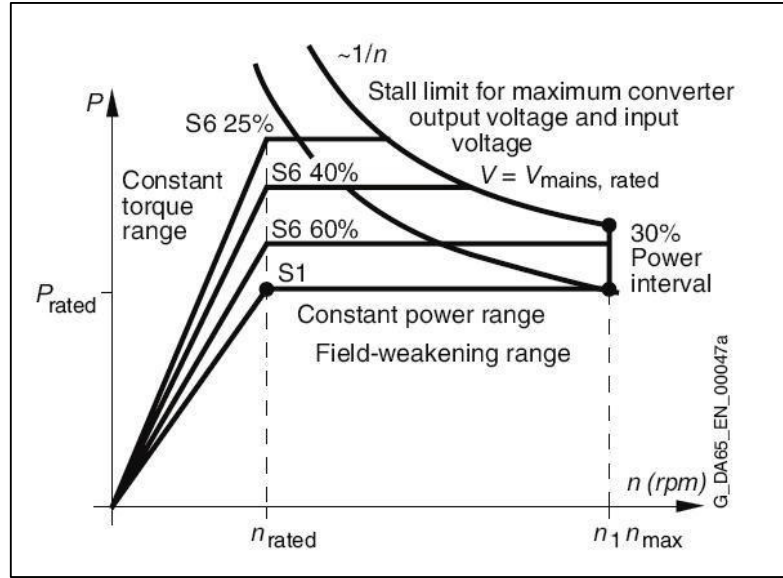
Şekil 5.4. Fener Mili Grubu.



Şekil 5.5. Fener Mili Grubu Katı Model Kesiti.

Fener mili grubunun katı model kesiti Şekil 5.5. 'de görülmektedir. Fener mili grubunda, grubun üzerine bağlı olan ana motor, bir kayış kasnak mekanizması yardımıyla tahrik milini döndürür. Bu esnada devir bir miktar düşürülür ve motordan alınan tork artırılır. Tahrik mili ise üzerine bağlı pinyon helis dişlisi ile ana mil üzerindeki çark helis dişlisini döndürür. Bu esnada da tork artırılırken devir düşürülür. Bu şekilde, ana milin torku ve dönüş devri iki adımda ayarlanmış olur. İki adımlı bir ayarlamaya gidilmesi tamamen konstrüktif sebeplerden dolayıdır. Kayış-kasnak grubu aktarım oranının ve dişli grubu aktarım oranının sabit olması torkun ve ana mil dönüş devrinin sabit olduğu anlamına gelmez. Çünkü, daha önce de değinildiği gibi, asenkron servo-motorların, belirli bir devir aralığında sabit nominal

tork değeri ile çalıştırılması mümkündür. Bu konudaki Siemens firmasına ait orijinal grafik Şekil 5.6. 'da gösterilmiştir. [Siemens Catalog DA 65.3 – 2004] Bu nedenle, tork değeri sabit tutulurken, ana milin devri belirli bir aralıkta artırılıp azaltılabilir.



Şekil 5.6. Asenkron Servo-Motorda Güç-Devir Grafiği.

Sıvama işlemi esnasında iş parçasına uygulanan radyal ve eksenel kuvvetler ana mil üzerinden fener mili grubuna iletilir. Grup içinde bulunan eksenel rulman, eksenel kuvvetleri taşıırken, çift sıra oynak makaralı rulman ve konik makaralı rulman ise radyal kuvvetleri taşırlar. Fener mili grubunun içindeki tüm rulmanlar ve dişliler bir sirkülasyonlu yağlama sistemi ile sürekli yağlanırlar.

Fener mili grubunun altında bulunan kama yuvaları ise, iki fonksiyonu yerine getirirler. Kama yuvalarına yerleştirilen kamalar, fener mili grubunun gövde üzerinde tam konumlanmasını sağlarken aynı zamanda fener mili grubuna etkiyen kuvvetlerin ana gövdeye aktarılması esnasında bağlantı cıvatalarına kesme kuvveti gelmesini engellerler.

5.2.2. Sağ ve Sol Yan Röle Grupları

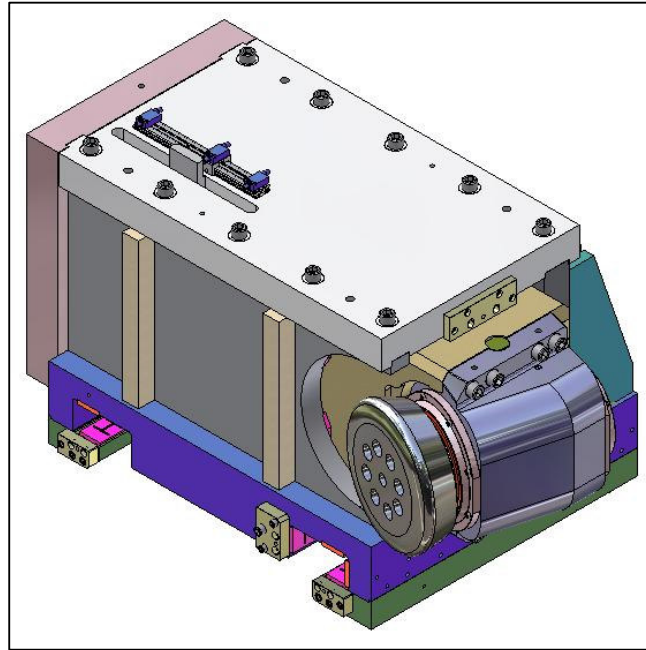
Sağ ve sol yan röle gruplarının her biri şu ana fonksiyonları yerine getirir :

- a. İ lerinde bulunan hidrolik silindirler vasıtası ile rölelerin radyal yöndeki hareketini sağlarlar ve radyal yönde uygulanan kuvveti oluştururlar.
- b. Altlarında bulunan yataklar vasıtası ile ana gövde üzerinde eksenel yönde hareket edebiliriler. Bu sayede rölelerin eksenel hareketini sağlarlar.
- c. Rölelerin bağlı olduğu röle mili yataklarını taşırlar. Röle mili yatakları, i lerinde rölelerin dönmesini sağlayan rulmanlar bulundururlar. Bu rulmanlar aynı zamanda rölelere gelen kuvvetlerin yan röle grubuna aktarılmasını sağlarlar.
- d. Rölelerin iş parçasına uyguladığı radyal ve eksenel kuvvetler sonucu oluşan tepki kuvvetlerini taşırlar ve alt yataklamaları vasıtası ile bu kuvvetleri ana gövdeye bağlı kızaklara aktarırlar.



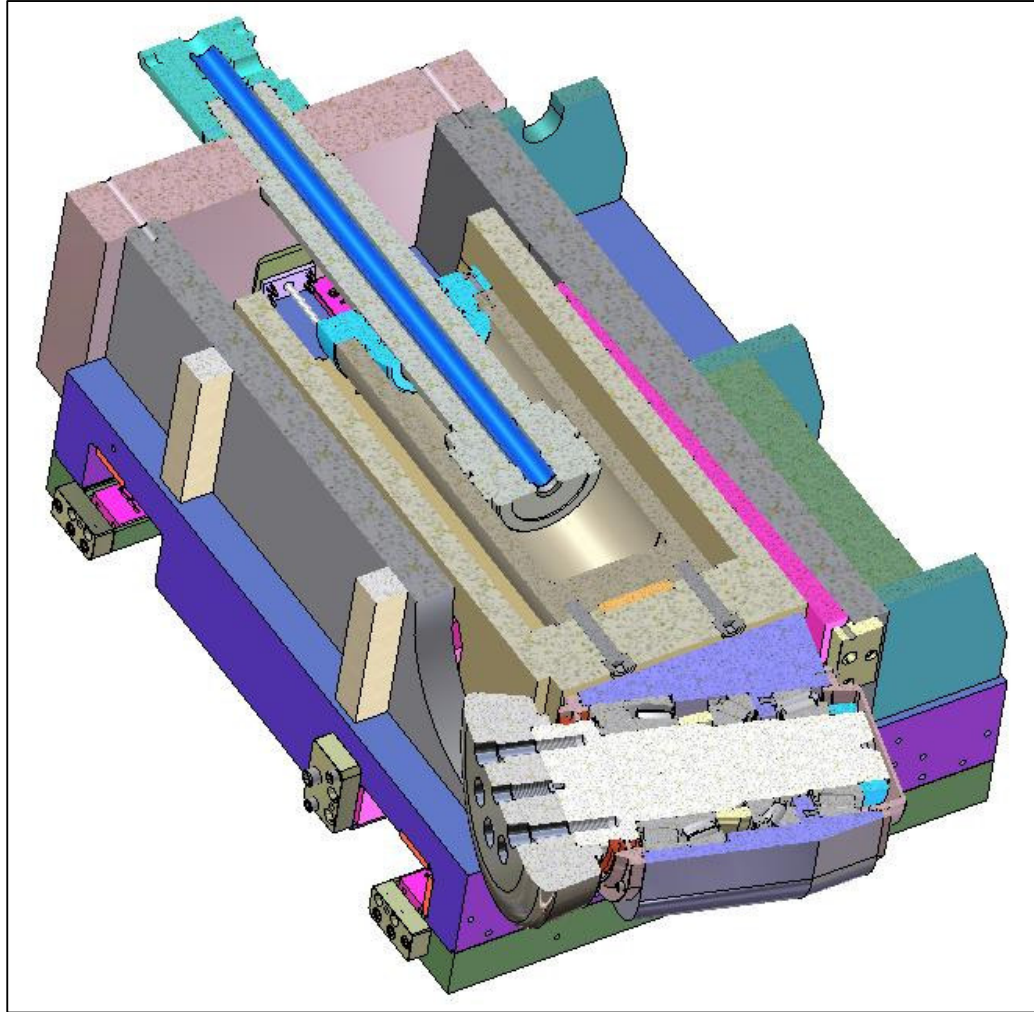
şekil 5.7. Sağ ve Sol Yan Röle Grupları.

Yan röle grupları, ana gövdeye bağlı olan kızaklar üzerinde yataklanmışlardır. Bu sayede ana gövde üzerinde aksel yönde hareket edebilmeleri mümkün olmaktadır. Kızak malzemesi olarak “Ampco 18” bronz alaşımı kullanılmıştır. Rölelerin aksel yönde hareket etmesini ve iş parçasına kuvvet uygulamasını sağlayan dış hidrolik silindirlerin piston kolları, yan röle gruplarına bağlı bulunmaktadır. Yan röle gruplarından birinin katı modeli Şekil 5.8.’de görülmektedir.



Şekil 5.8. Yan Röle Grubu Katı Modeli.

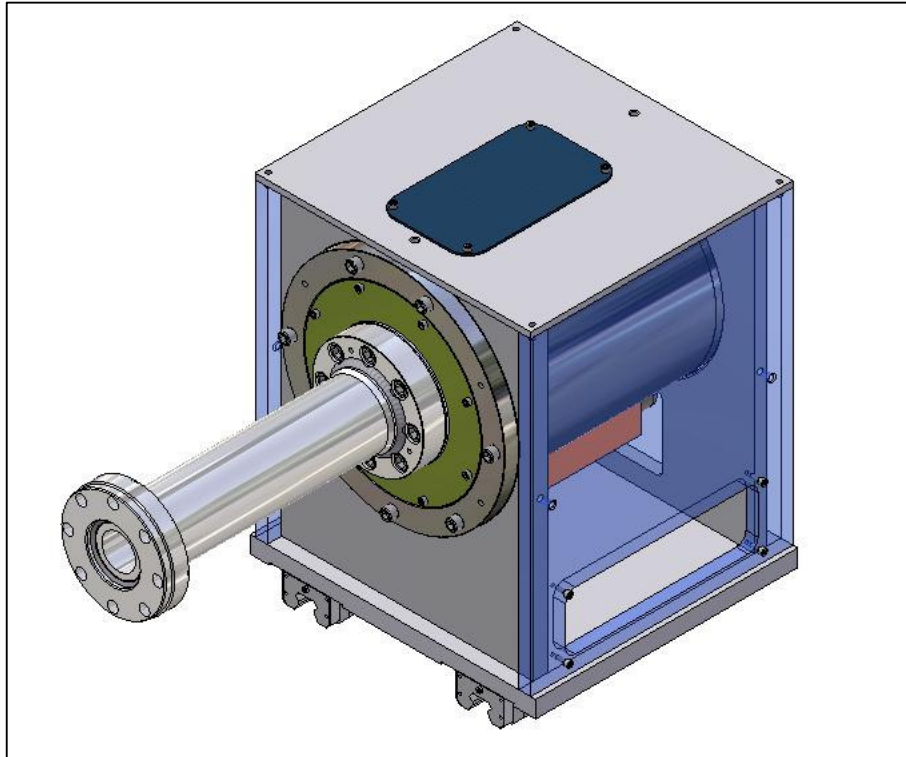
Yan röle gruplarının her birinin içine sabitlenmiş birer tane hidrolik silindir bulunmaktadır. Bu hidrolik silindirler, rölelerin bağlı olduğu röle mili yataklarını radyal yönde hareket ettirirler. Röle mili yataklarının içinde, fener mili grubuna benzer şekilde bir rulman konfigürasyonu mevcuttur. Bu sayede, sıvama esnasında, iş parçasının etkisi ile dönen röle yataklanmış olur. Bu rulmanlar, fener mili grubundaki sistemden farklı olarak çırpmalı tipte yağlanırlar. Röleler, röle millerine cıvata bağlantıları ile sabitlenirler. Bu sayede rölelerin kolay sökülüp takılabilmeleri sağlanır. Yan röle gruplarından birinin katı model kesiti Şekil 5.9. ’da görülmektedir.



Şekil 5.9. Yan Röle Grubu Katı Model Kesiti.

5.2.3. Karşı Baskı Grubu

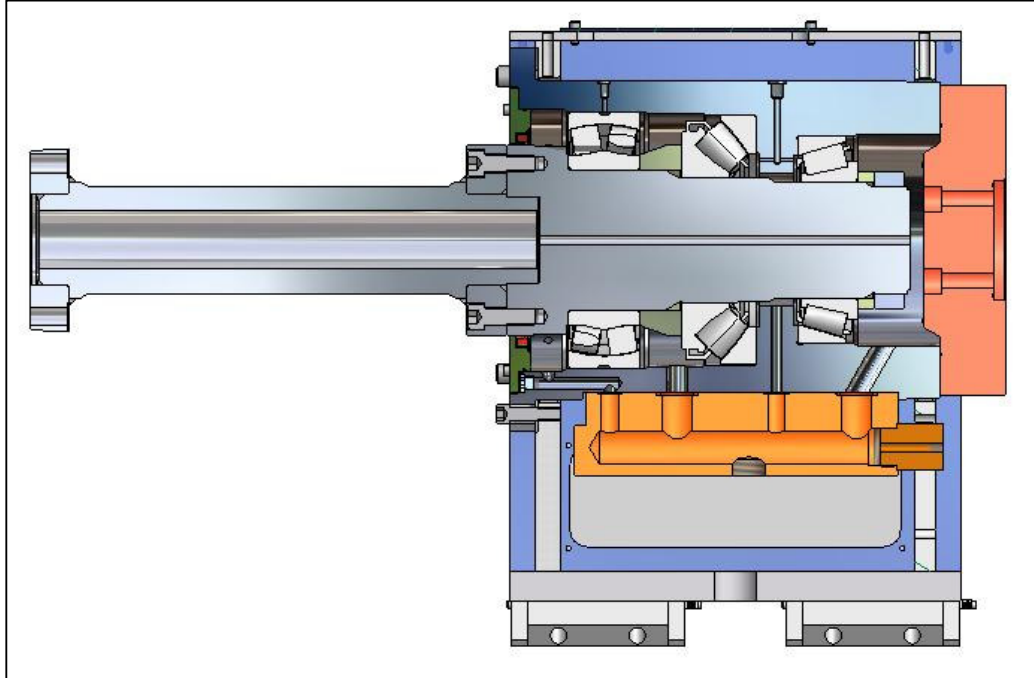
Karşı baskı grubunun görevi, iş parçasını kalıba sıkıştırmaktır. Bu sayede, ana mil vasıtası ile iş parçasına tork aktarılmasına imkân sağlanır. Karşı baskı grubunun ucunda bir karşı baskı mili bulunur. Bu mile, işlenecek olan parçanın tipine göre bir karşı baskı plakası takılır. İş parçası sıvanırken oluşan kuvvetler, doğal olarak iş parçasının dönüşünü durdurmaya çalışacak şekildedir. Karşı baskı kuvvetinin yeterli gelmediği bir durumda iş parçası kalıptan daha yavaş dönebilir veya hiç dönmeyebilir. Bu durumda iş parçası kalıbı sıyrır ve işlenen malzemeye bağlı olarak kalıba sarabilir. Çok yüksek bir baskı kuvveti ise, karşı baskı grubu rulmanlarına, ana mile ve buna bağlı olan fener mili grubu rulmanlarına, gerekmediği halde, fazla yüklenilmesi anlamına gelir. Karşı baskı grubunun katı modeli Şekil 5.10. 'da görülmektedir.



Şekil 5.10. Karşı Baskı Grubunun Katı Modeli.

Karşı baskı grubunun bir tarafında karşı baskı mili montajlı iken diğer tarafı karşı baskı hidrolik silindirinin piston koluna bağlıdır. Bu silindirin hareketi karşı baskının da ana gövdeye bağlı kızaklar üzerinde, hassas bilyeli yataklar vasıtası ile aksel yölnde hareket etmesini sağlar. İş parçasına uygulanan karşı baskı kuvvetini üreten, karşı baskı hidrolik silindiridir. Fakat hidrolik silindir içindeki keçelerin ve yataklama bantlarının zarar görmemesi için, piston kolunun dönmemesi gerekir. Grup içindeki rulmanlar sayesinde karşı baskı mili dönerken, piston kolu dönmmez.

İş parçasına uygulanan karşı baskı kuvvetine bağılı olarak, aksel yölnde bir tepki kuvveti ortaya çıkar. Bu tepki kuvveti, karşı baskı miline bağılı olan aksel rulman vasıtası ile rulman yatağına, buradan da karşı baskı hidrolik silindiri üzerinden ana gövdeye aktarılır. Böylece çalışma akseni üzerinde kuvvet dengelenmiş olur; yani teorik olarak karşı baskı grubunun hassas bilyeli yataklarına, grubun kendi ağırlığı dışında bir kuvvet etki etmez. Karşı baskı grubunun katı modelinden alınmış bir kesit Şekil 5.11. 'de görölmektedir.



Şekil 5.11. Karşı Baskı Grubu Katı Model Kesiti.

5.2.4. Disk Kalıbı

Disk kalıbının temelde 4 görevi bulunmaktadır.

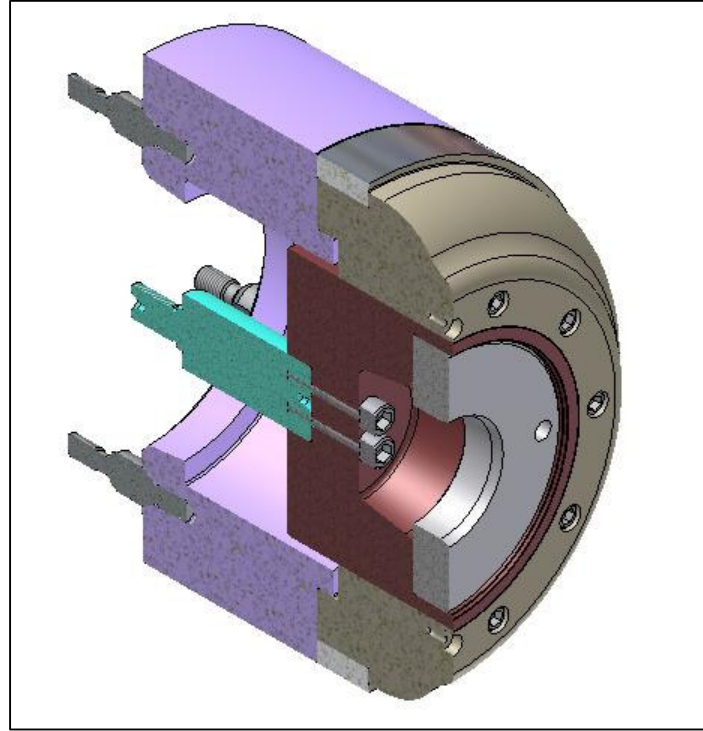
- a. Disk kalıbı, sıvama esnasında, iş parçasını destekler ve doğru geometride sıvanmasına yardımcı olur.
- b. İş parçasını ve karşı baskı milini yataklayarak, bunların sıvama işlemi esnasında tam çalışma ekseninde dönmelerini sağlar.
- c. Disk kalıbı içinde bulunan basit bir mekanizma, sıvanmış olan iş parçasının kalıptan çıkartılmasını sağlar.
- d. İş parçası üzerine etkiyen kuvvetleri, bağlı olduğu ana mile aktarır.



Şekil 5.12. Disk Kalıbı.

Disk kalıbı, iş parçasının, üzerine sıvandığı ve sıvama esnasında iş parçasının doğru şekli almasına yardımcı olan makine bölümüdür. Gövdesinde bulunan özel saplamalar vasıtası ile ana mile bağlanır. Bu saplamalar aynı zamanda iş parçasına gerekli olan torku, ana milden disk kalıbına aktarırlar. Kalıbın ön kısmı, sıvama sonucunda elde edilmek istenen geometriye göre işlenmiştir. Sıvanmak istenen iş parçası modeli değiştiğinde, kalıbın tamamının veya sadece bu ön kısmının değiştirilmesi gereklidir.

Disk kalıbı içerisinde bulunan bir kol, ana mil içinden geçen çıkarıcı grubu miline bağlanır. Bu sayede çıkarıcı milinin hareketi kalıba aktarılır ve kalıp, sıvama işlemi bitiminde, kendi üzerine sıvanmış olan iş parçasını dışarı atar.



Şekil 5.13. Disk Kalıbı Katı Modeli.

5.2.5. Ana Gövde

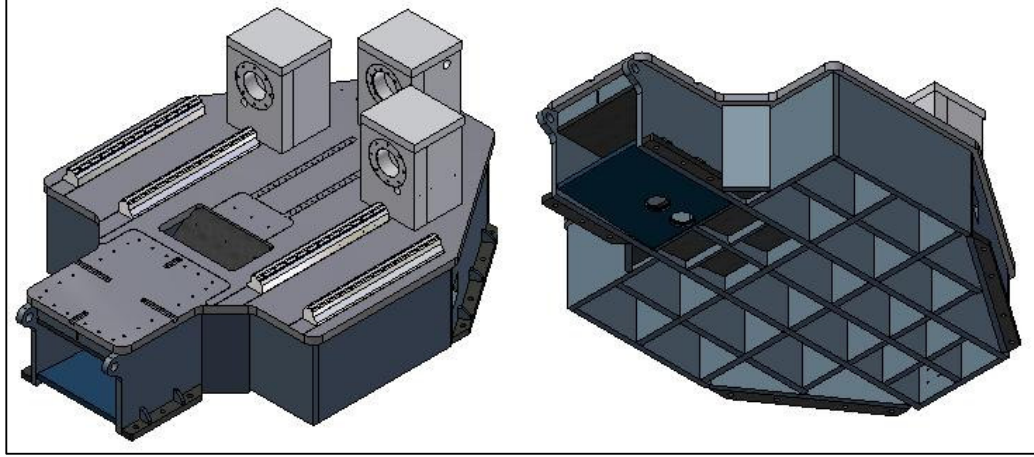
Ana gövde, disk sıvama makinesi üzerindeki tüm parçaları ve tüm kuvvetleri taşıyan bölümdür. Tamamen kaynak konstrüksiyon olarak tasarlanmıştır. Konstrksiyonda, ST37 ve ST52 malzemeden imal edilmiş saclar kullanılmıştır. Makinenin yere sabitlenmesi, bu bölüme kaynaklı ayaklar vasıtasıyla sağlanır.

Yapılan tasarımda, sıvanan iş parçalarının makineden çıkartılması, başka hiçbir sıvama makinesinde uygulanmamış bir ana gövde konstrüksiyonu yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Bu konstrüksiyonda, kalıptan atılan iş parçası, ana gövde içinde bulunan bir kanala düşer ve bu kanaldan kendi ağırlığı vasıtasıyla kayarak, ana gövde içine kadar uzanabilen taşıma konveyörüne aktarılır. Bu sayede sıvama işlemi biten disklerin makineden uzaklaştırılması oldukça kolaylaşmış ve hızlanmıştır.

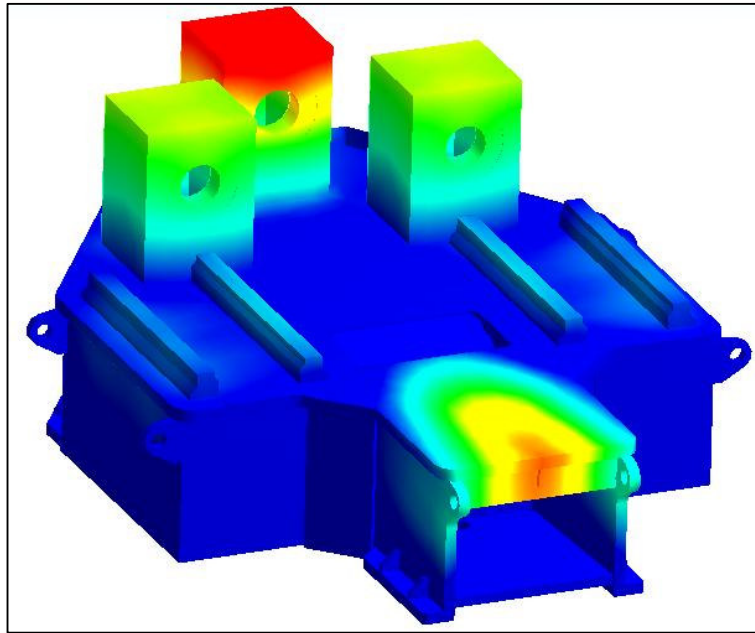


şekil 5.14. Ana Gövde.

Ana gövdenin katı modeli Şekil 5.15. 'de görülmektedir. Disk sıvama makinesinin tasarımı esnasında, birçok makine elemanı ve montaj grubu için sonlu elemanlar yöntemiyle yapılan analizlerden faydalanılmıştır. Ana gövdenin tasarımı için, sonlu elemanlar yöntemi ile yapılmış bir şekil değiştirme analizi sonucunda elde edilmiş eşdeğer deformasyon durumu Şekil 5.16. 'da gösterilmiştir.



Şekil 5.15. Ana Gövde Katı Modeli.

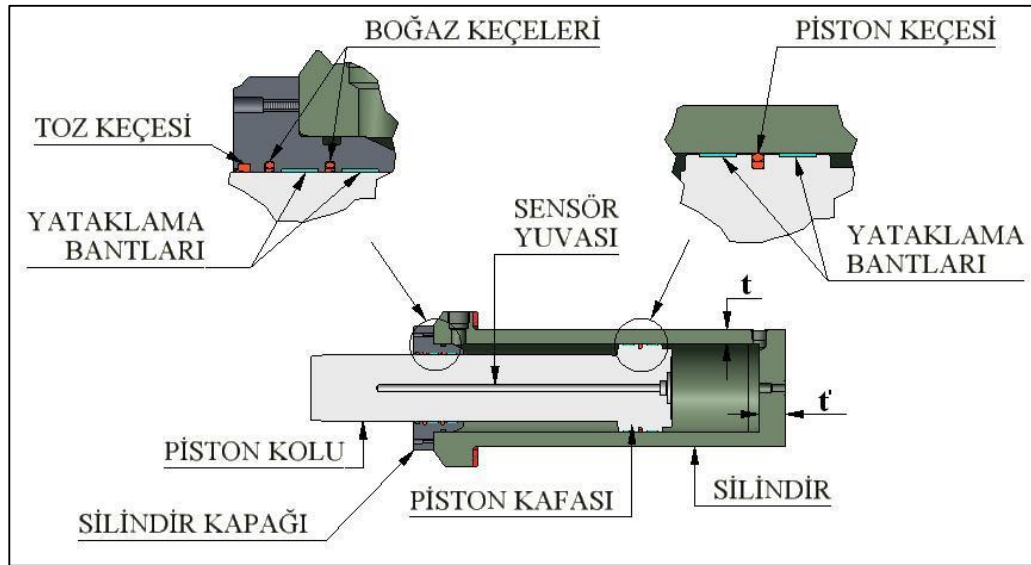


Şekil 5.16. Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Simüle Edilmiş Eşdeğer Deformasyon.

5.2.6. Hidrolik Silindirler

Disk sıvama makinesi üzerinde, 2 adet yan röle dış eksenel silindiri, 2 adet yan röle radyal silindiri, 1 adet karşı baskı silindiri ve 1 adet çıkarıcı silindiri olmak üzere 6 adet hidrolik silindir bulunmaktadır. Bu silindirlerin her biri makine üzerindeki bir eksen hareketini kontrol etmektedir. Her bir silindir kendine ait servo-valf bloğu ile CNC kontrol ünitesine bağlı HLA modülleri tarafından nümerik olarak kontrol edilmektedir. Silindirlerin içlerine yerleştirilmiş lineer konum algılayıcılar, CNC ünitesine silindirlerin konumu ile ilgili geri besleme yapmaktadırlar.

Hidrolik silindirler; röleler, karşı baskı grubu ve çıkarıcı grubu için gerekli olan hareketi ve kuvveti üretirler. Bu kuvvetler sonucunda, sıvama esnasında oluşan tepki kuvvetleri yine silindirler üzerinden ana gövdeye doğru aktarılır. Silindir tasarımlarının tamamında, hareket strokları ve elde edilen kuvvetler farklı olmasına karşın benzer yapılandırma kullanılmıştır. Bu yapıyı gösteren karşı baskı hidrolik silindiri kesiti Şekil 5.17.'de görülmektedir.



Şekil 5.17. Hidrolik Silindirlerin İç Yapısı.

Hidrolik silindirlerin tasarımında en önemli noktalardan birisi, silindir üzerindeki en küçük et kalınlığına sahip olan kesitin emniyetli et kalınlığı değerini bulmaktır. Şekil 5.17. 'de bu kesitin et kalınlığı “ t ” ile gösterilmiştir. “ t ” değeri aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanabilir [Karacan,1988];

$$t = \frac{D_s \cdot P \cdot S_{em}}{20 \cdot \sigma_{ak}} \quad (5.1)$$

Formülde; D_s [mm], silindirin iç çapını; P [bar], yağ basıncını; S_{em} , emniyet katsayısını ve σ_{ak} [MPa], silindir malzemesinin akma mukavemetini belirtmektedir. Sonuç olarak t değeri “mm” biriminde bulunur. Silindirin en fazla zorlanan bölümü arka alanıdır. Bu arka alana ait et kalınlığı değeri Şekil 5.17’de t ile gösterilmiştir. t , değeri genellikle 1,5.t veya daha büyük alınır.

Hidrolik silindirlerin çok hassas kontrol edilebilmesi için, servo-valfler, silindirlere mümkün olduğunca yakın konumlandırılmışlardır. Bu sayede, servo-valf ile silindir arasındaki hidrolik bağlantılarda oluşacak kayıplar minimuma indirilmeye çalışılmıştır.

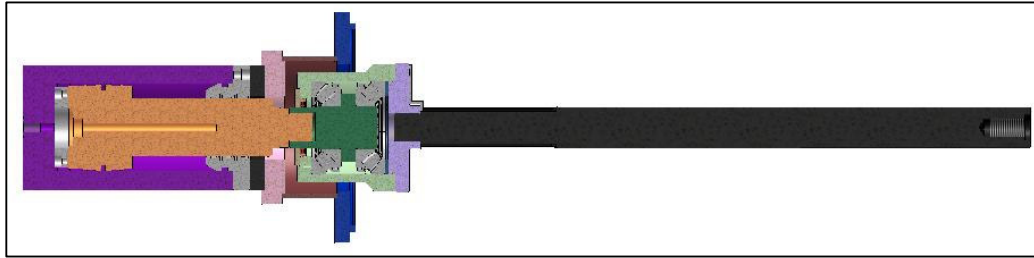
Hidrolik silindirlerin hareket etmesi ve kuvvet uygulaması için gerekli olan yağ debisi ve basıncı, makineden ayrı durumda bulunan bir hidrolik ünitesi tarafından karşılanmaktadır. Hidrolik ünitesi Şekil 5.18. 'de görülmektedir.



Şekil 5.18. Hidrolik Ünitesi.

5.2.7. Çıkarıcı Grubu

Çıkarıcı grubunun fonksiyonu, sıvanmış iş parçasını kalıptan çıkartmak amacıyla, disk kalıbı içerisindeki itme mekanizmasına hareket vermektir. Parçanın kalıptan çıkartılması için gerekli olan kuvvet çıkarıcı grubuna bağlı olan çıkarıcı hidrolik silindiri tarafından sağlanır. Çıkarıcı grubunun katı model kesiti Şekil 5.19.'da görülmektedir.

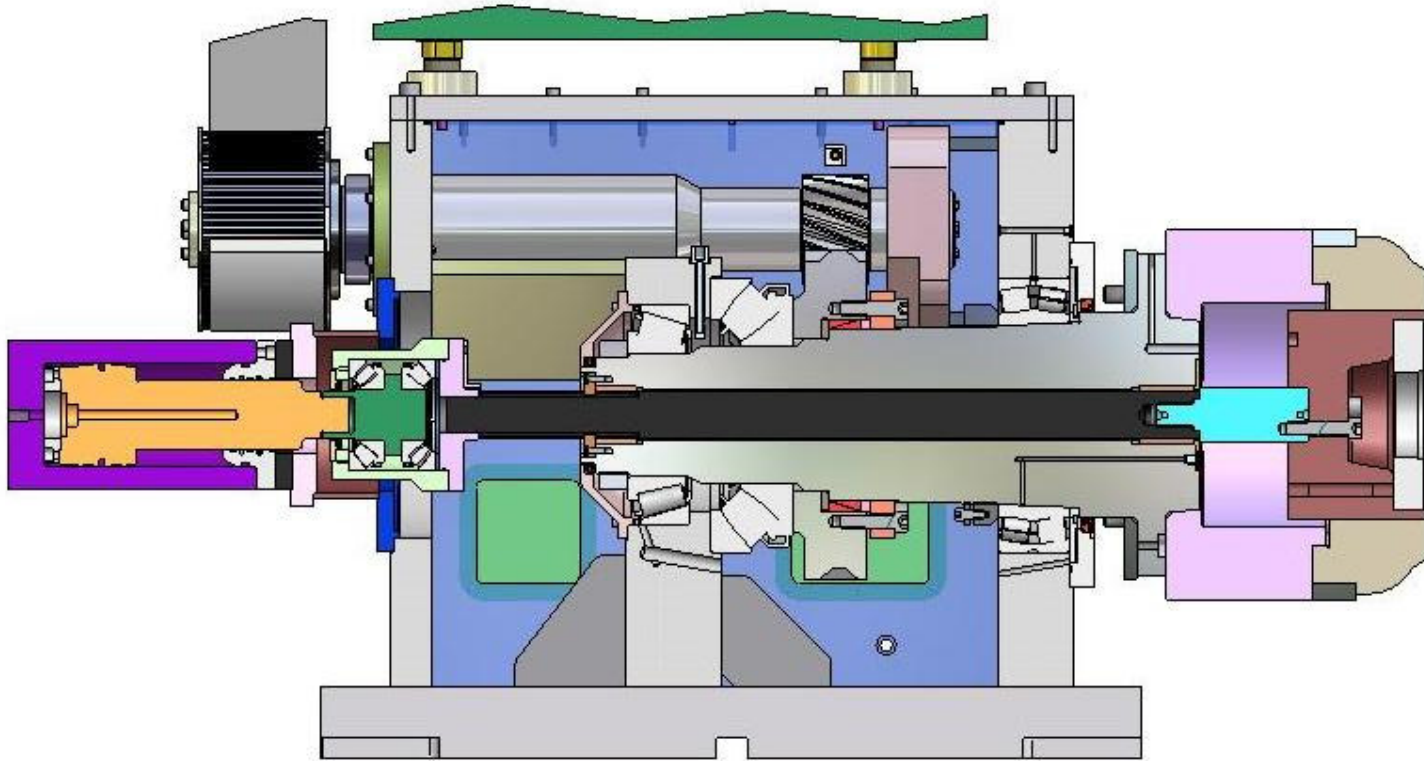


Şekil 5.19. Çıkarıcı Grubu Katı Model Kesiti.

Çıkarıcı grubunda bulunan hidrolik silindir, bir rulman yatağına bağlıdır. Rulman yatağının diğer ucunda ise çıkarıcı mili yer almaktadır. Çıkarıcı mili ana mil ile birlikte dönerken, rulman yatağı sayesinde, hidrolik silindirin piston kolu dönmez. Rulman yatağı aynı zamanda, iş parçasını kalıptan çıkartmak için uygulanan kuvvet sonucunda çıkarıcı milinde oluşan tepki kuvvetini, hidrolik silindirin piston koluna aktarır. Rulman yatağında 2 adet konik makaralı rulman bulunmaktadır.

Çıkarıcı mili ana milin merkezindeki yuvada bronz burçlar ile yataklanmış durumdadır. Sıvama işlemi bitiminde, harekete geçen çıkarıcı hidrolik silindiri rulman yatağını ve çıkarıcı mili eksenel yönde iter. Çıkarıcı mile bağlı olan kalıp mekanizması ise bu sayede iş parçasını kalıptan dışarıya atar.

Çıkarıcı grubu, fener mili grubu ve disk kalıbının komple montajı Şekil 5.20.'de görülmektedir.



Şekil 5.20. Çıkarıcı Grubu, Fener Mili Grubu ve Disk Kalıbı Montajına Ait Katı Model Kesiti.

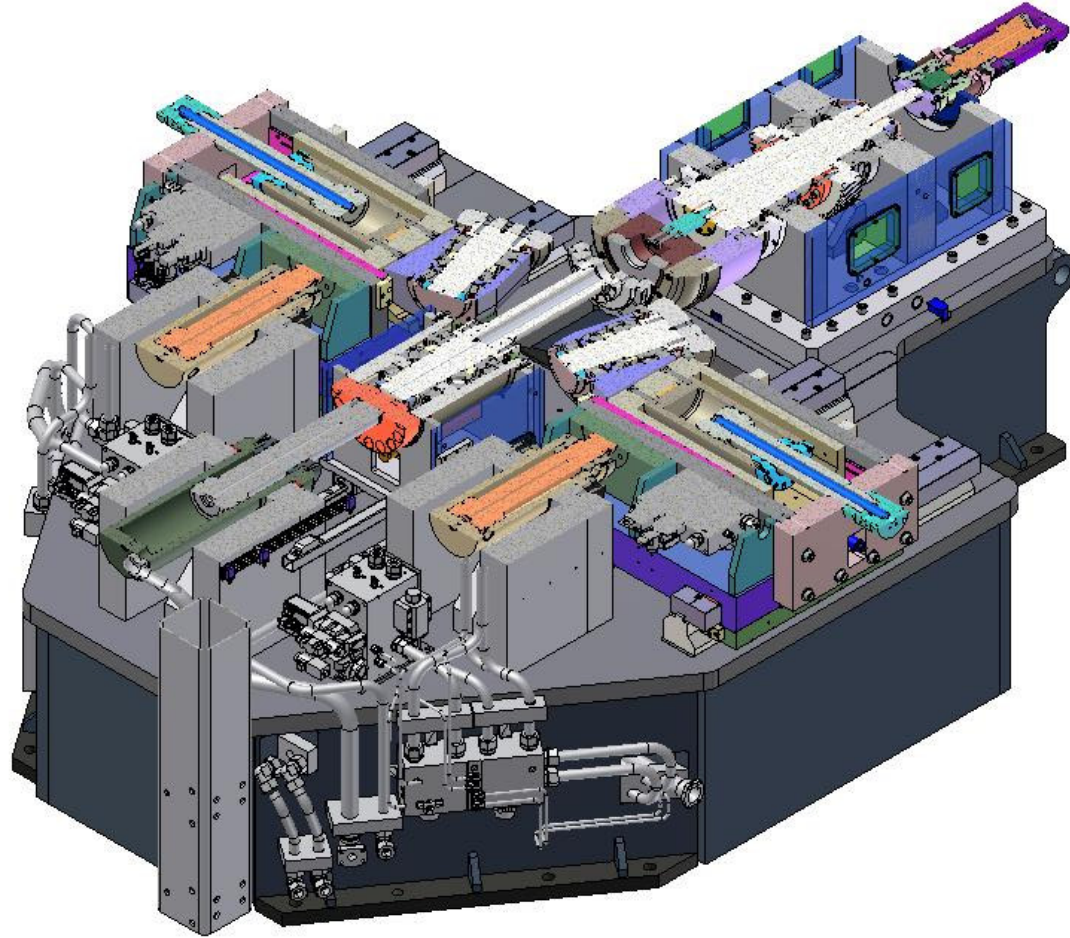
5.2.8. Yükleme Ünitesi

Yükleme ünitesi, disk sıvama makinesinden ayrı bir makine tarafından yerden yükseltelen sıvanmamış iş parçasını bulunduğu noktadan alarak makineye yükleneceği konuma getirmekle görevlidir. Yükleme ünitesi üzerinde bulunan 2 adet servo-motor, yükleme esnasında iş parçasının aksel hareketini ve yukarı-aşağı hareketlerini kontrol eder. Bu servo-motorlar, CNC ünitesi tarafından kontrol edilirler. Yükleme ünitesinin katı modeli Şekil 5.21. 'de görülmektedir.



Şekil 5.21. Yükleme Ünitesi Katı Modeli.

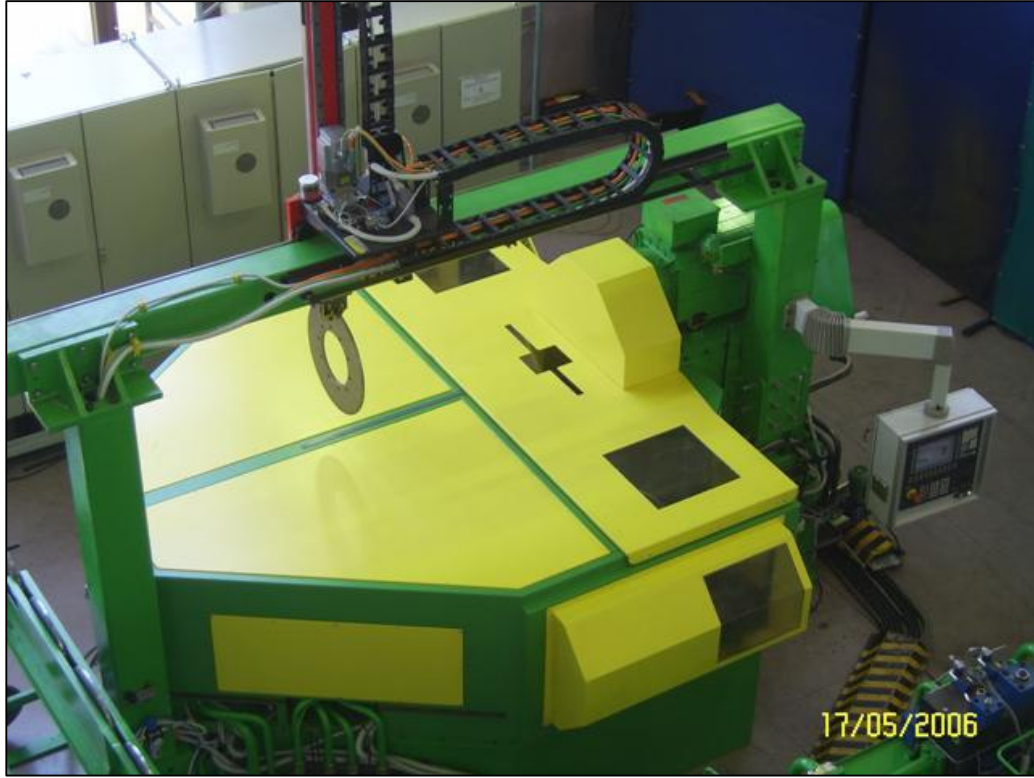
Yükleme ünitesi, uzun bir kiriş, kiriş üzerinde aksel yönde hareket edebilen bir motor grubu ve bu motor grubuna bağlı olarak aşağı-yukarı hareket edebilen uzun bir kolondan meydana gelmektedir. Motor grubu üzerindeki iki motordan birincisi, motor grubunun kiriş üzerindeki aksel yönlü hareketini, diğeri ise kolonun motor grubu üzerindeki aşağı-yukarı hareketini kontrol etmektedir. Her iki hareket mekanizması da kremayer sistemi ile çalışmaktadır. Aşağı-yukarı hareket edebilen kolonun ucunda özel olarak tasarlanmış bir disk tutucu bulunmaktadır. Bu tutucu pnömatik olarak kapanmakta ve açılmaktadır. Herhangi bir hava kesintisinde ise otomatik olarak kapalı kalmaktadır.



Şekil 5.22. Disk Sıvama Makinesinin Katı Modeline Ait Bir Kesit Görünüşü.



Şekil 5.23. Disk Sıvama Makinesinin Genel Montaj Aşamasından Bir Görünüm.



Şekil 5.24. Montajı Tamamlanmış Disk Sıvama Makinesi.



Şekil 5.25. Disk Sıvama Makinesi İle İmal Edilmiş Diskler.



Şekil 5.26. Disk Sıvama Makinesinin Bir Üst Modeli Olan “Jant Makinesi”.

6. SONUÇLAR

Seri imalat koşullarında, sac ve boru şekilli metallere yola çıkılarak yapılan iş parçalarının üretiminde, sıvama yöntemlerinin kullanılmasının, talaşlı imalat yöntemlerinin kullanılmasına nispeten çeşitli avantajlar sunmakta olduğu görülmektedir.

Endüstrinin sürekli olarak artan beklentilerini karşılamak için, sıvama makinelerinin de gelecekte; daha hızlı, daha hassas ve daha ucuz olması gereklidir. Üretim hızını etkileyen en önemli faktörlerden birisi de üretim için kullanılan makinelerin sorunsuz olarak çalışmasıdır. Sıvama makinelerinde hassas vidalı millerin kullanımı, hidrolik sistemlerin kullanımına kıyasla çeşitli avantajlar sunmaktadır. Bu nedenle, gelecekte üretilecek sıvama makinelerinde, hassas vidalı millerin kullanımının artacağını ve hidrolik sistemlerin kullanımının azalacağını söylemek yanlış olmaz. Fakat bugün için, yüksek güçler gerektiren uygulamalarda, hassas vidalı miller yerine hidrolik sistemler tercih edilmektedir. Bunun nedeni, hassas vidalı mil sistemlerinin, hidrolik sistemlerin çıkabildiği kuvvet değerlerine çıkamaması veya çıksa bile maliyetlerinin çok yüksek olmasıdır.

Sıvama yönteminin günümüze kadar olan gelişimi incelendiğinde, sürekli olarak karşılaşılan en önemli zorluğun, yeni bir ürünün sıvama ile imalatı için gerekli olan, kuvvetlerin, ilerleme hızlarının, röle geometrilerinin, v.b. gibi sayısal verilerin doğru belirlenmesi olduğu açıklanmıştır.

Bir sıvama makinesi, diğer birçok endüstriyel imalat makinesinde olduğu gibi, çeşitli bölümlerin bir araya gelmesiyle oluşturulur. Bu bölümler, farklı sıvama yöntemleri kullanan makinelerde, birbirinden farklı özellikler gösterebilir. Tüm endüstriyel sıvama makinelerinde ortak olan temel noktalar ise, dönen iş parçasının röleler ile şekillendirilmesi ve şekillendirmenin talaşsız olarak yapılmasıdır.

Ülkemizde sıvama yöntemleri ve sıvama makinaları konusundaki tecrübe ve bilgi birikimi giderek artmaktadır. Bu kapsamda Türkiye gelecekte bu sektörde adından daha fazla söz ettirecektir.

ÖNERİLER

Bir sıvama makinesinin tasarımında, üretilmesi planlanan iş parçalarına ve makine ile yapılabilmesi istenen sıvama işlemlerine göre makinenin konstrüksiyonu çok dikkatli boyutlandırılmalı ve gerektiği kadar emniyetli olmaktan kaçınılmamalıdır. Maliyeti yükselteceği gerekçesiyle yapılmayan çeşitli işlemlerin, kullanılmayan sistemlerin, v.b. gibi faktörlerin ileride çok daha büyük ekonomik kayıplara sebep olduklarına sıklıkla rastlanmaktadır.

Sıvama makineleri gibi, imalat makinelerinin üretimlerini yapan büyük ve köklü Avrupa şirketlerinin, günümüzde, üretim maliyetleri ve ihracat kısıtlamaları gibi sebeplerden dolayı zor durumda oldukları, bazılarının yok olduğu, bazılarının ise ülkelerinden taşındıkları bilinmektedir. Türkiye’de ise üretim maliyetleri Avrupa’dan daha düşük, üretim kalitesi ise Çin ve Hindistan’dan daha yüksektir. Söz konusu bu durum iyi değerlendirilmelidir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

1. M. Akkurt, İ.T.Ü. Makine Fakültesi, Makine Bilgisi, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1997.
2. M. Akkurt, İ.T.Ü. Makine Fakültesi, Makine Elemanları, Birsen Yayınevi, İstanbul 1990.
3. C.Ensari, E.S.Kayalı, Metallere Plastik Şekil Verme İlke Ve Uygulamaları, İ.T.Ü. Kimya-Metalürji Fakültesi Ofset Baskı Atölyesi, İstanbul, 1990.
4. S.Ank, A.Dikicioğlu, M.Vural, İmal Usulleri, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2000.
5. İ.Karacan, Endüstriyel Hidrolik, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Matbaası, Ankara, 1987.
6. Metal Mesleğinde Tablolar, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, 2003.
7. Metal Meslek Bilgisi, Ajans-Türk Matbaacılık Sanayi A.Ş., Ankara, 1995.
8. M. Runge, Spinning and Flow Forming, Verlag Moderne Industrie, Lech, 1993.
9. The Spinning and Flow Forming of Wheels (3rd Edition), Leico GmbH & Co., Ahlen, 1996.
10. The Profiling of Pulleys and Multi-functional Components (2nd Edition), Leico GmbH & Co. , Ahlen, 1997.
11. Heavy-Duty Necking-In Machines, Leico GmbH & Co..
12. Production Of High Pressure Gas Cylinders, Leico GmbH & Co..
13. Understanding Flow Forming, PMF Industries, Pennsylvania.
14. T. Gutowski, Introduction To Manufacturing Processes, 2002.
15. H. Palten, D.Palten, Metal Spinning From Ancient Art To High Tech Industrie, Metalforming Magazine, 2002.
16. Metal Spinning, P. R. Fletter, 1995.
17. B. Avitzur, Metal Forming, Leigh University.
18. J. Hugh, Engineer On a Disk, 2001.
19. J. Hugh, Implementation Products, Robotics and Other Useful Things, 2006.
20. S.Kalpajian, Manufacturing Processes for Engineering Materials (4th Edition), Prentice Hall, 2003.
21. H. Singh, Fundamentals Of Hydroforming, Society Of Manufacturing Engineers, Michigan, 2003.
22. Z. Kampus, Introduction to Sheet Metal Forming.

23. Stahlschlüssel, Verlag Stahlschlüssel Wegst GMBH, Marbach, 1995.
24. SKF General Catalogue.
25. Siemens Catalog DA 65.3 - 2004
26. <http://www.leifeldspinning.com>
27. <http://www.franjometal.com>
28. <http://flowform.com>
29. <http://www.wf-maschinenbau.com>
30. <http://www.utmachinery.com>
31. <http://www.wikipedia.com>

ÖZGEÇMİŞ

20 Mart 1980 tarihinde Manisa'nın Salihli ilçesinde doğdu. Salihli Sekine Evren Anadolu Lisesi'ni bitirdikten sonra 1997 – 2002 yılları arasında Atatürk Üniversitesi'nde Makine Mühendisliği eğitimi aldı. Üniversite eğitiminin ardından Kasım 2002 – Kasım 2003 tarihleri arasında Yedek Subay olarak askerlik görevini yaptı. 2004 yılında Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Tasarım ve İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitime başladı. Yüksek Lisans eğitimi devam ederken, 2005 yılında özel tasarım makineler yapan bir firmada tasarım mühendisi olarak çalışmaya başladı. 2005 ve 2006 yıllarında, Türkiye'de yapılan ilk CNC Sıvama Makineleri'nin Tasarım Mühendisliği ve Sorumlu Mühendisliği görevlerini yürüttü. 2006 Kasım'ında görevinden istifa etti. 2007 Şubat'ında bir arkadaşıyla birlikte Macdor Makine Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi'ni kurdu. Halen bu şirkette Genel Müdür'lük görevini yürütmektedir.