

**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KOMPOZİT MALZEMELERİN ÜRETİM YÖNTEMLERİ VE ISIL
İŞLEMLE PRESLEME TEKNİĞİNİ KULLANARAK KOMPOZİT
MALZEME ÜRETECEK BİR DÜZENEĞİN TASARIM VE İMALATI**

Mehmet Emin DENİZ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA

2005

Yrd. Doç. Dr. Murat KISA danışmanlığında, Mehmet Emin DENİZ'in hazırladığı "Kompozit Malzemelerin Üretim Yöntemleri ve Isıl İşleme Presleme Tekniğini Kullanarak Kompozit Malzeme Üretecek Bir Düzeneğin Tasarım ve İmalatı" konulu bu çalışma 16/09/2005 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Makina Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Murat KISA

Üye : Doç. Dr. Bülent YEŞİLATA

Üye : Yrd. Doç. Dr. M. Arif GÜREL

Bu Tezin Makina Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Prof. Dr. İbrahim BOLAT
Enstitü Müdürü

Bu çalışma HÜBAK Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: 595

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZ.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	2
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	5
3.1. Genel Bilgiler.....	8
3.2. Metal Matrisli Kompozitlerin Üretim Teknikleri.....	9
3.2.1. Sıvı metal emdirmesi (infiltrasyon) tekniği.....	9
3.2.2. Sıkıştırılmalı veya sıvı dövme döküm tekniği.....	11
3.2.3. Basıncılı ve basınçsız infiltrasyon tekniği.....	12
3.2.4. Sıvı metal karıştırması tekniği.....	14
3.2.5. Hızlı katılaştırma tekniği.....	15
3.2.6. Yarı katı katılaştırma tekniği.....	16
3.2.7. Plazma püskürtme tekniği.....	16
3.2.8. Toz metallurjisi tekniği.....	17
3.2.9. Difüzyon bağlama ve vakumda presleme tekniği.....	19
3.2.10. Sıcak presleme ve sıcak izostatik presleme.....	23
3.3. Polimer Matrisli Kompozitlerin Üretimi.....	24
3.3.1. El yatırma tekniği.....	24
3.3.2. Püskürtme tekniği.....	25
3.3.3. Basma transfer kalıplama tekniği.....	26
3.3.4. Soğuk presleme tekniği.....	27
3.3.5. Helisel sarma tekniği.....	27
3.3.6. Tabakalı birleştirme (torba kalıplama) tekniği.....	28
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	31
4.1. Kompozit Malzemeler.....	31
4.2. Kompozit Malzemelerin Kullanım Alanları.....	31
4.3. Niçin Kompozit Malzemeler.....	32
4.4. Kompozit Malzeme Elemanları.....	35
4.4.1. Matris elemanları.....	36
4.4.2. Takviye elemanları.....	37
4.4.3. Bağ yapma.....	37
4.5. Metal Matrisli Kompozitler.....	39
4.6. Seramik Matrisli Kompozitler.....	41
4.7. Polimer Matrisli Kompozitler.....	42
4.7.1. Termoplastikler.....	43
4.7.2. Termosetler.....	45
4.7.3. Elastomerler.....	47
4.8. Hidrolik Sistemler ve Kompozit Malzeme Üretiminde Kullanılacak Olan Hidrolik Pres Tasarımı.....	48
4.8.1. Hidrolik sistemlerin avantajları.....	49
4.8.2. Hidrolik sistemlerin dezavantajları.....	49
4.8.3. Hidrolik devrelerde güç ünitesi.....	51
4.8.3.1. Hidrolik pompalar.....	51
4.8.3.2. Hidrolik silindirler.....	52
4.8.3.2.1. Silindir gömleği.....	53
4.8.3.2.2. Piston.....	54
4.8.3.2.3. Hidrolik silindir çeşitleri.....	56
4.8.3.3. Hidrolik motorlar.....	57
4.8.3.4. Hidrolik valfler.....	58

4.8.3.5. Yağ deposu.....	59
4.8.3.6. Manometreler.....	60
4.8.3.7. Hidrolik sistemlerde kullanılan sızdırmazlık elemanları.....	61
4.8.3.8. Hidrolik sistemlerde kullanılan bağlantı elemanları.....	61
4.9. Hidrolik Devreler ve Hidrolik Tezgahlar.....	62
4.9.1. Hidrolik pres tezgahları.....	62
4.10. Hidrolik Pres Dizaynı.....	64
4.10.1. Piston çap hesabı.....	64
4.10.2. Piston kesit alanı.....	65
4.10.3. Piston kolu çap hesabı.....	65
4.10.4. Piston kolu kesit alanı.....	67
4.10.5. Silindir et kalınlığı.....	67
4.10.6. Silindir çapı.....	68
4.10.7. Piston hızı hesabı.....	68
4.10.8. Debi hesabı.....	68
4.10.9. Gerekli elektrik motoru seçimi.....	68
4.10.10. Piston geri dönüş hızı hesabı.....	69
4.10.11. Silindire giriş - çıkış yağlarının debi hesabı.....	70
4.11. Isıtma Sistemi Tasarım ve İmalatı.....	72
4.11.1. Isı ve sıcaklık.....	72
4.11.1.1. Isı.....	72
4.11.1.2. Sıcaklık.....	73
4.11.2 Isı hesabı.....	73
4.11.3. Çubuk rezistansların dizaynı.....	73
4.12. Hidrolik Pres Kullanma Talimatı.....	80
4.13. Kompozit Malzeme Üretimi.....	81
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	87
5.1. Sonuçlar.....	87
5.2. Öneriler.....	87
KAYNAKLAR.....	89
ÖZGEÇMİŞ.....	91
EKLER.....	92
ÖZET.....	93
SUMMARY.....	94

ÖZ

Yüksek Lisans Tezi

KOMPOZİT MALZEMELERİN ÜRETİM YÖNTEMLERİ VE ISIL İŞLEMLE PRESLEME TEKNİĞİNİ KULLANARAK KOMPOZİT MALZEME ÜRETECEK BİR DÜZENEĞİN TASARIM VE İMALATI

Mehmet Emin DENİZ

**Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman : Yrd. Doç. Dr. Murat KISA
Yıl: 2005, Sayfa: 94**

Kompozit malzemelerin geleneksel malzemeler karşısında üstün mekanik özellikler sergilemesi son yıllarda bunların üretim teknikleri üzerinde daha yoğun çalışmalar yapılmasına yol açmıştır. Bu çalışmada, önce geniş olarak kompozit malzeme üretim yöntemleri, matris malzemeleri ve takviye elemanları üzerinde durulmuştur. Daha sonra kompozit malzeme üretiminde kullanılacak bir hidrolik pres dizaynı, ayrıca presle birlikte çalışacak olan sıcak kalıbın dizayn ve imalatı gerçekleştirilmiştir. Hidrolik prese ait piston, kumanda ünitesi, güç ünitesi ve bağlantı elemanlarının hesapları yapılmış ve üretilecek olan kompozit malzeme için gerekli olan basınç, basma süresi, kalıp sıcaklığı konuları göz önünde bulundurularak uygun termokupul, termostat, kontaktör ve zaman sayacı cihazları seçilmiştir. İmalatı yapılan ısı düzeneği ile yaklaşık olarak 600 °C sıcaklığa kadar üretimi yapılabilen polimer ve metal matrisli kompozit malzemelerin üretimi yapılmıştır. Dizayn ve üretimi yapılan düzener özellikle eğitim ve araştırma amaçları için etkin olarak kullanılabilir.

ANAHTAR KELİMELEER : kompozit malzemeler, üretim teknikleri, ısıl işlem ve pres.

ABSTRACT

Master Thesis

PRODUCTION TECHNIQUE OF COMPOSITE MATERIALS AND THE DESIGN AND MANUFACTURING OF AN DEVICE CAPABLE OF PRODUCING COMPOSITE MATERIALS BY USING THERMAL PRESS TECHNIQUE

Mehmet Emin DENİZ

**Harran University
Graduate School of Natural and Applied Science
Department of Mechanical Engineering**

**Supervisor : Assist. Prof. Dr. Murat KISA
Year: 2005, Page: 94**

As the mechanical characteristics of composite materials are better than those of standard materials, there have been more studies on the manufacturing techniques of composite materials at recent years. In the current study, at first, the production techniques of composite, matrix and reinforce materials are investigated extensively. In the next step, a hydraulic press appliance, which is used in the manufactured device producing composite materials, is designed. After that, two thermal dies are designed and manufactured. Calculation of piston, control unit, power unit and link members of hydraulic press machine have been carried out and according to the required pressure, pressure time and thermal dies temperature; suitable thermocouple, thermostat, contactor and time counter devices are selected. By means of the manufactured device, polymer and metal matrix composite materials can be produced approximately up to 600 °C temperature. The device can be used especially for the purpose of education and investigation.

KEY WORDS : composite materials, production techniques, thermal process and press.

TEŞEKKÜR

Bu tez alıŐmasının meydana gelmesinde her tŸrlŸ yardımı aldığım, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım değerli danıŐmanım sayın Yrd. Doç. Dr. Murat KISA'ya, değerli fikirlerinden yararlandığım, Pamukkale Ÿniversitesi Makina MŸhendislięi Őđretim Ÿyelerinden Prof. Dr. Muzaffer TOPÇU'ya, Afyon 8. Bakım Merkezi Komutanlığında Kalite GŸvence MŸdŸrŸ Kıdemli Ÿsteęmen Murat ERGŸL'e, ArŐ. GŸr. Mustafa ŐZEN'e, ArŐ. GŸr. Nilay KAYA'ya ve manevi desteğini benden esirgemeyen sevgili eŐime teŐekkŸrlerimi sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 3.1. Rezistansların kalıp üzerine yerleştirilmesi	6
Şekil 3.2. Elektrik panosu.....	7
Şekil 3.3. Elektronik dijital termostat.....	7
Şekil 3.4. Zaman sayacı.....	8
Şekil 3.5. Kontaktör.....	8
Şekil 3.6. FP Alüminyum oksit/Al esaslı kompozitin vakumda sıvı metal emdirilmesi teknığının akış şeması.....	10
Şekil 3.7. Sıkıştırılmalı döküm tekniği.....	11
Şekil 3.8. Düşey makine ile sıkıştırılmalı veya sıvı dövme döküm işleminin basamakları: a) Boşaltma, b) Dökme, c) Sıkıştırma, d) Çıkartma.....	12
Şekil 3.9. Basınçlı infiltrasyon tekniği.....	13
Şekil 3.10. Basıncsız infiltrasyon tekniği.....	13
Şekil 3.11. Presleme ile preform işlemi basamakları: a) Karıştırma, b) Kalıplama, c) Sıkıştırma, d) Kurutma.....	14
Şekil 3.12. Hızlı katılma prosesi ile kompozit üretim tekniği.....	16
Şekil 3.13. Plazma püskürtme aygıtının şematik görünümü.....	17
Şekil 3.14. Toz metalürjisi tekniğinin temel aşamaları.....	18
Şekil 3.15. Toz metalürjisi tekniği ile kompozit üretimi akış şeması.....	19
Şekil 3.16. Vakumda presleme tekniği ile kompozit üretimi akış şeması.....	20
Şekil 3.17. Vakumda presleme kamarası.....	21
Şekil 3.18. B/Al kompozit üretimi.....	22
Şekil 3.19. Folyo matris ile filamentlerin kesit görünümü.....	23
Şekil 3.20. Elyaf yatırma tekniği.....	25
Şekil 3.21. a) Püskürtme tekniği şematik biçimi, b) Püskürtme tabancası.....	26
Şekil 3.22. Basma ve transfer kalıplama.....	27
Şekil 3.23. Elyaf sarma düzeneği ve tekniği.....	28
Şekil 3.24. Torba kalıplama tekniği.....	29
Şekil 4.1. Farklı gruptaki malzemelerin dayanımları.....	34
Şekil 4.2. Farklı gruptaki malzemelerin yoğunlukları.....	34
Şekil 4.3. Kompozit malzemelerde yapı türleri: a) Taneli yapı, b) Lifli yapı, c) Tabakalı yapı.....	35
Şekil 4.4. Matris malzemelerin özellikleri.....	37
Şekil 4.5. Arabirim bağ mukavemetinin ölçülmesi.....	38
Şekil 4.6. Hidrolik pompa çeşitleri.....	52
Şekil 4.7. Hidrolik sistemlerde kullanılan pompalar.....	52
Şekil 4.8. Hidrolik sistemlerde kullanılan piston ve kovan resmi.....	54
Şekil 4.9. Pistonların bağlantı şekillerine göre serbest burkulma boyu grafiği.....	56
Şekil 4.10. Bağlantı şekillerine göre hidrolik silindirler.....	57
Şekil 4.11. Hidrolik motor ile hidrolik pompanın sembolik resimleri.....	57
Şekil 4.12. Hidrolik motor çeşitleri.....	58
Şekil 4.13. Akış ayar ve basınç denetim valflerine ait örnekler.....	58
Şekil 4.14. Emiş filtresine ait bölümler.....	60
Şekil 4.15. Manuel sistemli bir manometre.....	61
Şekil 4.16. Sanayi tipi bir hidrolik pres.....	64
Şekil 4.17. Piston kolunun çalışma durumu ve burkulma olayı.....	66
Şekil 4.18. Silindirin boyuna kesiti.....	67
Şekil 4.19. Prese ait hidrolik sistem şeması.....	71
Şekil 4.20. Kalıp ve rezistanslar.....	72
Şekil 4.21. Kalıp için kullanılan amyant plaka.....	75
Şekil 4.22. Kalıbın monte edilmiş hali.....	76
Şekil 4.23. Isı düzeneğinin pres tezgahına monte edilmiş biçimi.....	77
Şekil 4.24. Isı düzeneğinin pres çenelerine montajı.....	77
Şekil 4.25. Hidrolik kumanda ve güç ünitesine ait elektrik şeması.....	78
Şekil 4.26. Hidrolik prese ait teknik resim.....	79
Şekil 4.27. Kompozit numune alt kalıp saçı.....	82
Şekil 4.28. Polimer granüllerin dizileceği kalıp saçı.....	82

Şekil 4.29. Granüllerin saç kalıplarda dizilişi.....	82
Şekil 4.30. Preslemeye hazır polimer malzeme numunesi.....	82
Şekil 4.31. Kompozit numunenin ısı kalıpları arasına yerleşimi.....	83
Şekil 4.32. Üretimi yapılmış polimer plaka.....	84
Şekil 4.33. Polimer matrisli kompozit malzeme.....	85
Şekil 4.34. Çelik tel ile takviyelendirilmiş kompozit malzeme.....	84
Şekil 4.35. Çelik tel sarma kalıbı.....	85

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 3.1. Bazı kompozitler için sıcak presleme koşulları.....	22
Çizelge 4.1. Matris, takviye elemanı ve kompozit yapı tipleri.....	37
Çizelge 4.2. Bazı metal matrisli kompozitlerin potansiyel uygulama alanları.....	41
Çizelge 4.3. Bazı mühendislik seramiklerin tipik özellikleri.....	42
Çizelge 4.4 Termoplastiklerin tipik özellikleri.....	44
Çizelge 4.5. Seçilen bazı termoplastik malzemenin mekanik ve fiziksel özellikleri.....	45
Çizelge 4.6. Bazı termoset plastik malzemelerin mekanik ve fiziksel özellikleri.....	46
Çizelge 4.7. Hidrolik sistemlerin elektrik ve pnömatik sistemlerle karşılaştırması.....	50
Çizelge 4.8. Presin teknik özellikleri.....	71
Çizelge 4.9. Hidrolik sistemde kullanılan boru ölçüleri.....	92

SİMGELER DİZİNİ

MMK	Metal matrisli kompozit
FP	Alüminyum oksit elyafın iki alotropundan biri olup Du-Pont şirketi tarafından üretilen uzun α -alumina elyaf türü
A	Kesit alanı (mm ²)
$\sigma_{\text{çek}}$	Emniyetli çekme gerilmesi
F	Kuvvet (daN)
P	Çalışma basıncı (bar)
d_1	Piston kolu çapı (mm)
v	Piston hızı (cm / sn)
h	Strok (mm)
Q	Debi (lt / dk)
Q_g	Pompa giriş debisi (lt / dk)
$Q_{\text{ç}}$	Pompa çıkış debisi (lt / dk)
P	Tahrik gücü (kW)
t_s	Sıcaklık (°C)
d_{emme}	Emme hattındaki boru çapı (mm)
d_{basma}	Basma hattındaki boru çapı (mm)
v_{emme}	Emiş hattındaki akışkan hızı (cm / sn)
v_{basma}	Basma hattındaki akışkan hızı (cm / sn)
D_1	Piston çapı
D_2	Silindir çapı
A_1	Piston kesit alanı (mm ²)
A_2	Piston kolu kesit alanı (mm ²)
A_3	Piston geri dönüş kesit alanı (mm ²)
P	Manometreden okunan basınç
L	Piston boyu (mm)
L_k	Burkulma boyu (mm)
I_{min}	Atalet momenti
n	Devir sayısı (dev / dk)
η_v	Hacimsel verim (0.90,....., 0.95)
η_{top}	Toplam verim (0.80,....., 0.85)
S	Malzeme emniyet kat sayısı
F_k	Piston kolunu burkulmaya zorlayan kritik kuvvet (daN)
e	Et kalınlığı (mm)
Q	Isı
m	Kütle
c	Öz ısı
ΔT	Sıcaklık değişimi
P_w	Elektrik gücü
V	Volt
I	Akım
R	Direnç
ρ	Özdirenç
s	Rezistans telinin kesit alanı (mm ²)

1. GİRİŞ

20. yüzyılın ikinci yarısında üretimin hızla gelişmesi, beraberinde sanayinin temel girdisi olan malzeme biliminde de gelişmelerin hızlanmasını sağlamıştır. Çünkü bu dönemde daha ekonomik, daha mukavemetli ve daha hafif malzemelerin üretimi için yapılan çalışmalar yoğunluk göstermiştir. Böylece malzemeyi teşkil eden bileşenlerin, özellikleri farklı olan kombinasyonlarının verdikleri kompozit malzemeler, büyük bir önem kazanmıştır.

İki veya daha fazla malzemenin, en iyi özelliklerini bir araya toplamak ya da ortaya yeni bir özellik çıkarmak için mikro veya makro seviyede heterojen karışımıyla oluşan malzemeye *bileşik* veya *kompozit malzeme* denir. Kompozit malzeme, doğrudan doğruya istenilen maksatla kullanılmayan en az iki ayrı malzemedan belli olan bir özelliği elde edebilmek için bunların belli şartlar altında ve belli bir oranda fiziksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir.

Kompozit malzemelerin geleneksel malzemeler karşısında üstün mekanik özellikler sergilemesi son yıllarda bunların üretim teknikleri üzerinde daha yoğun çalışmalar yapılmasına yol açmıştır. Üretim tekniği; elyafa, matrise, parça şekline, istenilen mekanik ve fiziksel özelliklere göre belirlenmekle beraber bu çalışmada özellikle metal ve polimer esaslı kompozit malzemeleri üretmek için kullanılan farklı teknikler incelenecektir. Bunlar; sıvı metal emdirilmesi, sıkıştırılmalı veya sıvı dövme döküm, basınçlı ve basınçsız infiltrasyon, sıvı metal karıştırması, hızlı katılaştırma, plazma püskürtme, toz metalürjisi, vakumda presleme, helisel sarma, el yatırma, soğuk presleme ve ısı ile işleme presleme teknikleridir.

Kompozit malzemeleri üretmek için aşağıdaki faktörlerin sağlanması gerekir.

- a) Elyafların eşit aralıklı ve homojen bir dağılım göstermesi,
- b) Yüksek dayanımlı elyaflar mekanik temaslara karşı hassas olduğundan elyafların kırılmasının önlenmesi,
- c) Elyaf ve matris arasında kuvvetli bir ara yüzey bağının oluşturulması.

Bu tez çalışmasında, metal ve polimer esaslı kompozit malzemeleri üretmek için kullanılan metotlar, bu metotların karakteristik bazı özellikleri ve bunun yanı sıra ısı ile işleme presleme tekniğinin deney düzeneği ve esasları üzerinde durularak diğer üretim teknikleriyle karşılaştırılarak, tekniğin avantaj ve dezavantajları üzerinde çalışılacaktır.

Isı ile işleme preslenerek üretilen kompozitler şu avantajlara sahiptir;

- a) Yüksek dayanım,
- b) Dayanım / yoğunluk oranının geleneksel malzemelerden 2 - 4 kat daha yüksek olması,
- c) Yüksek sıcaklıklara dayanımının çok iyi olması,
- d) Mükemmel yorulma dayanımı,
- e) Karışımlar kuralına tam uyum göstermesi.

Isı ile işleme presleme tekniğinde malzeme üretimi, uygun sıcaklık, basınç ve zaman aralığında yapılır. Olayın daha iyi anlaşılması açısından şöyle bir örnek verilecek olursa; levha şeklinde metal veya metal alaşımları ile elyaf şeklinde takviye elemanları etkili bir yayılma için kimyasal yüzey muamelesine tabi tutulur. Sonra elyaflar önceden belirlenmiş yönlerde, açılarda ve istenilen aralıklarda metal tabakalar üzerine düzenlenir. Tabaka halinde hazırlanan bu malzemeler üzerine hafif basınç altında uygun bir sıcaklıktan sonra tam basınç belirli bir süre boyunca uygulanır. Daha sonra basınç kaldırılır ve termal uzamalarda uyumsuzluklardan ileri gelen kalıcı gerilmeleri en aza indirmek için parçanın tümü yavaş bir şekilde soğumaya bırakılır.

Sıcak presleme yöntemiyle hem metal matrisli hem de polimer matrisli kompozit malzeme başarıyla üretilebilir. Bu çalışmada metal ve polimer malzemelerin değişik kombinasyonlarıyla birçok kompozit malzeme üretilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kompozit malzemeler, sağladıkları avantajlar ve uygulama alanlarındaki çeşitlilik dolayısı ile bugün imalat sektöründe önemli bir yer işgal etmektedir. Özellikle 20. yüzyılın ikinci yarısında bu malzemeler üzerine önemli çalışmalar yapılmıştır (Kredier, 1974; Jones, 1975). Kompozit malzemelerin dayanımına ve rijitliğine etki eden bileşenler takviye elemanı (elyaf), matris ve ara yüzeydir. Bunların her biri mekaniksel özelliklerine bağlı olarak belirli fonksiyonel gereksinimleri yerine getirmektedir (Kelly, 1965; Taya, 1989). Robert (1977), değişik elyaf takviyeli bazı metal matrisli kompozitlerin karşılaştırılmasını yaparak mekanik özelliklerini incelemiştir.

Kompozit malzeme üretim tekniklerinde, sıvı emdirme tekniği hem kısa elyaf kılcal kristalli hem de sürekli elyaf takviyeli metal matrisli kompozitlerin üretilmesinde kullanılmıştır (Şahin, 1994). Sıkıştırılmalı veya sıvı dövme döküm tekniğinde, takviyeden oluşturulmuş preform veya yatağa sıvı alaşım hidrolik basınç altında emdirilerek yapılır. Preform veya toz yatak içerisine tam sıvı akışını sağlamak için kritik bir basınç gereksinim vardır (Kök, 2002; Şahin, 1994). Plazma püskürtme tekniği, silisyum karbür parçacıklı kompozitlerin üretiminde kullanılır. Toz metalürjisi tekniğinde, toz halindeki metal ve seramik malzemeler birleştirilerek kompozit üretimi yapılır (Şahin, 1991).

Kırılma istatistiğinde bütün elyaflar eşit olarak yüklenmelidir. Ayrıca elyaf çapında değişme mümkün olduğunca üniform olmalıdır. Enine kesit görünümünde bütün elyaflar dairesel olmayabilir. Bu nedenle enine kesit şekli; gerilme dağılımına ve maksimum paketleme yoğunluğuna etki eder (Şahin, 2000).

Kompozit malzeme üretilirken takviye elemanı seçimi, üretim tekniği, üretim esnasındaki elyafların matris tarafından ıslatılabilirliği, yönlendirilebilmeleri ve elyaf içeriği kompozitin mekanik ve fiziksel özelliklerini belirler (Şahin, 1994).

Kompozit malzemeler, normal olarak düşük elastik modül ve nispeten düşük çekme dayanıma sahip matris ile düşük özgül ağırlıkta, yüksek elastik modül ve

dayanıma sahip olan elyaf veya parçacık formunda takviye elemanlarının birleştirilmesiyle oluşmaktadır (Şahin, 1991).

Elyaf doğrultusu ve uygun bir üretim tekniği kompozit malzemenin dayanımı için oldukça önemlidir. Kompozit malzemelerden yapılan tanklar, sütunlar, basınçlı kaplar ve tüp gibi yapı elemanları ve bunların tasarımı, öncelikle elyaf doğrultusuna ve sonrada uygun üretim metoduna bağlıdır (Phillips, 1989).

Kompozit malzemeyi oluşturan matris ve takviye elemanından sonraki üçüncü önemli unsur bunları bir arada tutan bağ kuvvetidir. Bağ kuvveti değeri, kompozitin davranış karakterlerini belirler. Bağın iyi olması kompozitin mukavemetli, zayıf olması kompozitin mukavemet ve katılık yönünden zayıf olduğunu gösterir (Taşgetiren, 1999).

Takviye elemanının matris içindeki yerleşimi kompozitin mukavemetini etkileyen önemli bir unsurdur. Uzun elyafların matris içinde birbirlerine paralel yerleştirilmeleri ile elyaflar doğrultusunda yüksek mukavemet sağlanırken, elyaflara dik doğrultuda düşük mukavemet elde edilmektedir. İki boyutlu yerleştirilmiş elyaf takviyelerle her iki yönde de eşit mukavemet sağlanırken matris yapısında homojen dağılmış kısa elyaflarla izotop bir yapı oluşturulabilmektedir (ASM, 1989).

Kompozit malzemelerin tasarımcı ve mühendislere sağladığı olanak sadece farklı özelliklerdeki malzemelerin bir araya getirilmesi değil, aynı zamanda malzeme özelliklerinin belirli bir yapı içerisinde, hatta bu yapının belirli noktaları ve doğrultuları üzerinde değişebilirliğinin sağlanmasıdır (Fomey, 1986).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Kompozit malzeme, birbirinin zayıf yönünü düzelterek üstün özellikler elde etmek amacı ile bir araya getirilmiş değişik tür malzemelerden veya fazlardan oluşan malzemeler olarak adlandırılır. Kompozit malzemeler; otomotiv, uzay, uçak sanayi, basınçlı tanklar, makine ve tekne gövdeleri gibi bir çok alanda kullanılmaktadır.

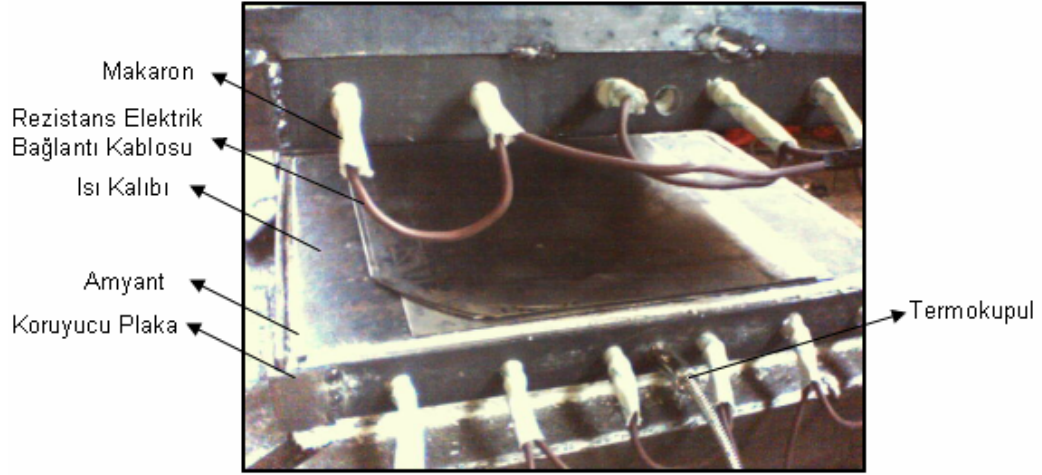
Arzu edilen performansa uygun kompozit malzemelerin üretiminde maliyet unsuru düşünülmesi gereken en önemli parametrelerin başında gelir. Üretim maliyetini; performans, tasarım, malzeme seçimi ve şekil verme yöntemi doğrudan etkilemektedir. Kompozit yapıyı oluşturan bileşenlerin seçimi ve bileşen konfigürasyonu üretim maliyetini önemli ölçüde düşürebilmektedir. Tasarım konsepti ile maliyetin düşürülmesi her zaman için geçerli bir yöntem olup daima göz önüne alınmalıdır. Mukavemet ve tokluk, minimum ağırlık, yüksek sıcaklıklarda kullanılabilirlik, yorulma mukavemeti, düşük bakım masrafı, korozyon dayanımı, hasar toleransları ve tamir kolaylıkları gibi faktörler birlikte düşünülerek, en kolay üretilebilir bir kompozit sistem seçilmelidir.

Mühendisliğin her alanında çok yönlü olarak kullanılan kompozit malzemelerin üretimi de hayli önem arz etmektedir. Bu çalışmada, sıcak presleme tekniği ile özellikle metal ve polimer matrisli kompozit malzeme üretiminde kullanılmak üzere ısı düzeneğinin tasarım ve imalatı yapılmıştır. Mekanik sıkıştırma için bir hidrolik pres tasarımı yapılmış olup üretilmesi yerine Harran Üniversitesi Makine Fabrikası'nda bulunan 200 tonluk hidrolik presin ana gövdesinden istifade edilmiştir.

Düzenek elemanlarının tasarım hesapları ve kompozit malzeme üretiminde kullanılacak olan ısı kalıbının yapım aşamaları belirlenmelidir. Bunun yanı sıra pres devre elemanlarının hesapları ve prese ait teknik özellikler tespit edilecektir.

Bu çalışmada tasarımı yapılacak düzenekte kullanılacak olan hidrolik pres, yağ basıncı ile çalışan ve tek tesirli bir hidrolik pres makinesidir. Pres, 200 ton, 250 bar basınç, 500 mm stroka sahip olup % 85 verimle çalışacak şekilde tasarım hesapları yapılmıştır.

Polimer matrisli kompozit malzemelerin sıcak presleme işlemi için ortalama 160 °C sıcaklığa ihtiyaç duyulmaktadır. Başka kompozit malzemelerin imalatının da yapılabileceği göz önüne alınarak daha yüksek sıcaklıklara ulaşabilen bir kalıp dizayn edilmiştir. Dizayn edilen kalıbın mevcut imkanlarla maksimum 600 °C sıcaklığa ulaşabilmesi sağlanmıştır. Seçmiş olduğumuz sıcaklık değerine ulaşabilmek için alt ve üst kalıba 2 x 3 000 watt değerinde çubuk rezistanslar yerleştirilmiştir. Rezistansların kalıp üzerine monte edilmiş görünüşü Şekil 3.1.'de görülmektedir.



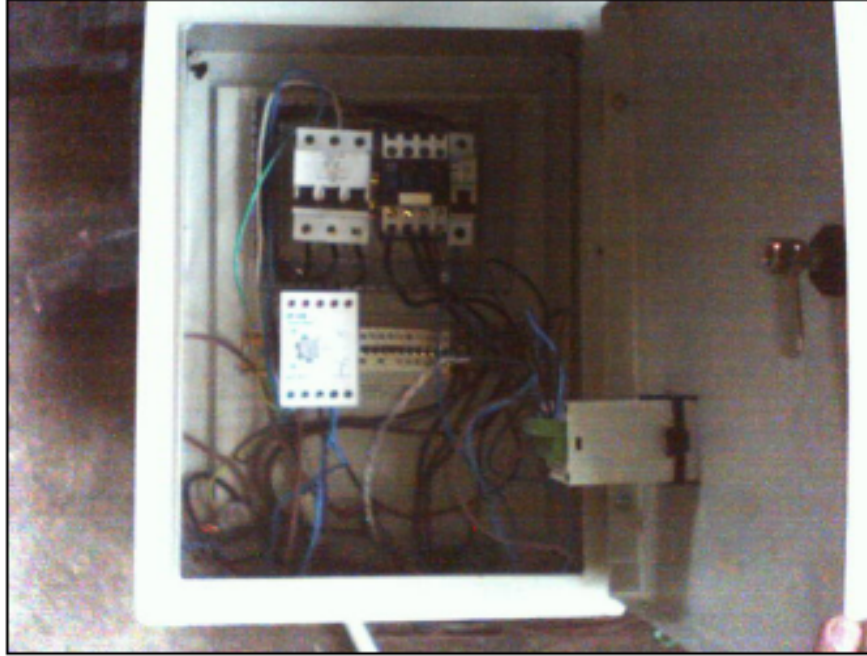
Şekil 3.1. Rezistansların kalıp üzerine yerleştirilmesi

Kalıpların ısıtılmasından dolayı pres ana gövdesinin ısınmaması, ısı kaybının minimize edilmesi ve özellikle piston grubunun zarar görmemesi için ısı kalıbının izolasyonunda, ısıya ve basınca dayanıklı amyant malzemesi kullanılmıştır.

Kalıbın dikdörtgen şeklinde çelik malzemeden olması ve 600 °C'ye kadar ısıtılacak olması nedeniyle, numune basma esnasında amyant malzemenin deformasyona uğrayabileceği düşünüldüğünden alt ve üst kalıba 2 mm'lik metal plaka monte edilmiştir. Ayrıca presleme anında basıncın 250 bar değerine çıkması durumunda amyant plakanın parçalanmaması için dört yanına düz lama ile ceket yapılarak genişlemesi önlenmiştir.

Isıtıcı kalıp uygun bir şekilde pres çenelerine bağlandıktan sonra kalıbın sıcaklığını ölçebilmek için hazırlanan termokupul kalıp üzerine yerleştirilmiştir. Şekil 3.2.'deki elektrik panosuna Şekil 3.3.'te görülen bir adet elektronik dijital

termostat, Şekil 3.4.'te verilen 60 dakikalık bir adet zaman sayacı ve Şekil 3.5.'te gösterilen bir adet kontaktör gurubu yerleştirilmiştir.



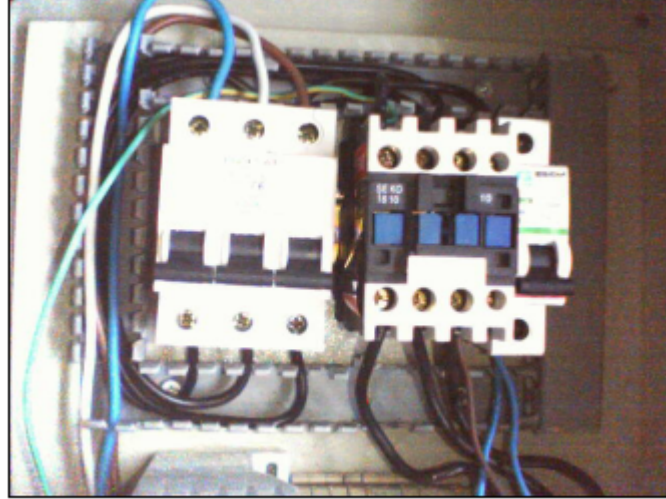
Şekil 3.2. Elektrik panosu



Şekil 3.3. Elektronik dijital termostat



Şekil 3.4. Zaman sayacı



Şekil 3.5. Kontaktör

3.1. Genel Bilgiler

Kompozit malzemelerin geleneksel malzemeler karşısında üstün mekanik özellikler sergilemesi son yıllarda bunların üretim teknikleri üzerinde daha yoğun çalışmalar yapılmasına yol açmıştır. Kompozit malzemelerin üretim maliyetleri hala yüksek ve problemler oluşturmaktadır. Bu nedenle yüksek teknolojilere ulaşabilmek ancak çok özel kabiliyetleri olan malzemelerin bulunması ve üretilmesiyle mümkündür. Genellikle metal matris kompozit malzemelerin üretiminde Alüminyum (Al), Magnezyum (Mg), Çinko (Zn), Bakır (Cu) ve Nikel (Ni) gibi malzemeler matris olarak kullanılır. Bunun yanı sıra Silisyum Karbür (SiC), Boron (B), Grafit,

Alüminyum Oksit (Al_2O_3), Tungsten (W) ve Molibden (Mo) gibi değişik sürekli kılcal kristalli veya parçacıklı elyaflar takviye elemanı olarak kullanılır. Ancak bir kompozit üretimi için uygulamada istenilen teknik özelliklere göre takviye elemanı ve matris seçiminin yanında üretim tekniği ve konsolidasyon parametreleri de çok önemlidir (Şahin, 2000). Üretim tekniği elyafa, matrise, parça şekline ve istenilen mekanik ile fiziksel özelliklere göre belirlenmekle beraber bu bölümde metal ve polimer esaslı kompozit malzemeleri üretmek için kullanılan farklı teknikler incelenmiştir. Bunlar;

- a) Sıvı hal üretim teknikleri,
- b) Katı hal üretim teknikleri olarak çok genel şekilde sınıflandırılabilir.

Bu bölümde, metal ve polimer esaslı kompozit malzemeleri üretmek için kullanılan metotlar, bu metotların karakteristik özellikleri, birbirine göre avantaj ve dezavantajları, üretimde kullanılan deney düzeneği ve esasları üzerinde durulacaktır (Şahin, 1996).

Kompozit malzemeleri üretmek için şu üç önemli faktörün göz önünde bulundurulması gerekir;

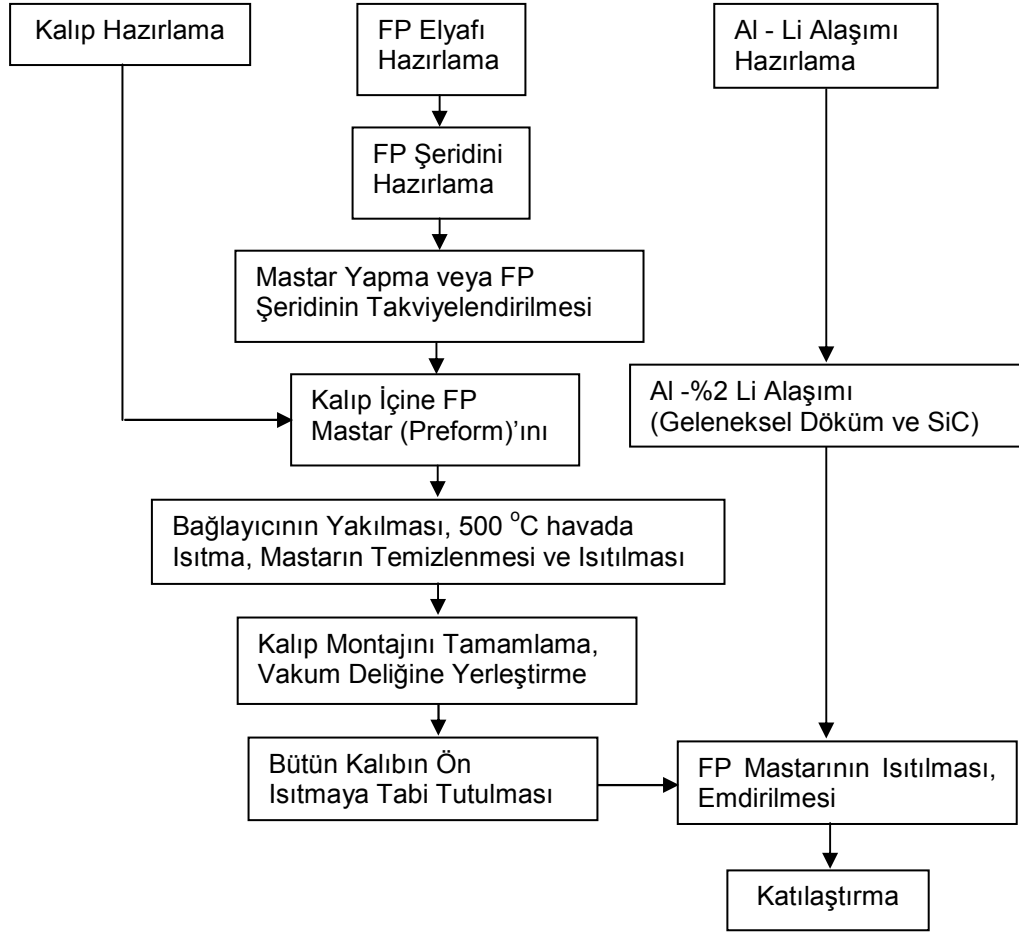
- Üretim esnasında elyaflar, eşit dağılımlı ve homojen bir şekilde yerleştirilmelidir.
- Dayanımlı elyafların mekanik temasları esnasında kırılmamalarına dikkat edilmelidir.
- Matris ve elyaf arasında kuvvetli bir ara yüzey bağı oluşturulmalıdır.

3.2. Metal Matrisli Kompozitlerin Üretim Teknikleri

3.2.1. Sıvı metal emdirmesi (infiltrasyon) tekniği

Bu teknik hem kısa elyaf, kılcal kristalli hem de sürekli elyaf takviyelendirilmiş metal matrisli kompozit malzemelerin (MMK) üretilmesinde kullanılır. Teknikte önce uygun bağlayıcı kullanılarak master (preform = ön şekil) hazırlanır. Kompozitte tasarlanan elyaf hacim içeriği ve doğrultuları bu aşamada belirlenir. Hazırlanan bu model kalıp içerisine yerleştirilir ve eritilmiş metal enjekte edilir. Bu sırada organik bağlar yanar ve katılaşmaya bırakılır. Emdirme işlemi basınçla yapılmaktadır. Böylece elyafların arasına matrisin girmesi ile açığa çıkan atıl gazların dışarı atılması sağlanır.

Emdirme tekniğinin şematik akış diyagramı Şekil 3.6.'da gösterilmiştir (Şahin, 2000).

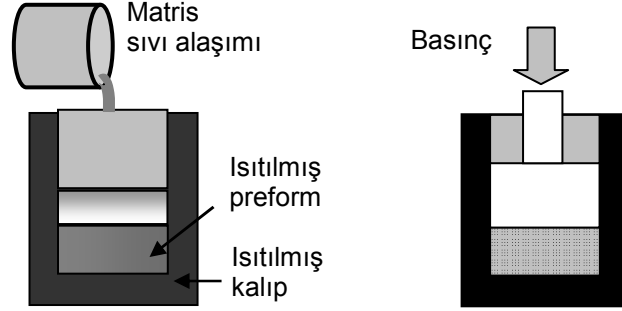


Şekil 3.6. FP Alüminyum oksit/Al esaslı kompozitin vakumda sıvı metal emdirilmesi tekniğinin akış şeması

Al_2O_3 / Al , B / Mg gibi kompozitler bu metotla üretilirler. Bu metodun en önemli dezavantajı ıslanabilirliğin her zaman göz önünde bulundurulması ve oluşan yapısal kusurlardır. Çünkü sıvı matris elyafı iyi ıslatamadığından elyaf/matris ara yüzeyinde kuvvetli bir bağ oluşmamaktadır. Dolayısıyla elyaf başka bir malzeme ile kaplanmalıdır. Örneğin, Boron elyafı SiC ile kaplanmaktadır. Bu teknikte kullanılan matris malzemeleri düşük ergime sıcaklığına sahip olup bunlar Al, Mg, Ag ve Cu'dur.

3.2.2. Sıkıştırılmalı veya sıvı dövme döküm tekniği

Bu teknik, takviye elemanından yapılmış kalıba Şekil 3.7.'de gösterildiği gibi sıvı alaşımın hidrolik basınç altında emdirilmesidir. Matris sıvısını soğutma etkisinden korumak için kalıp ve preform ön ısıtmaya tabi tutulmaktadır.



Şekil 3.7. Sıkıştırılmalı döküm tekniği

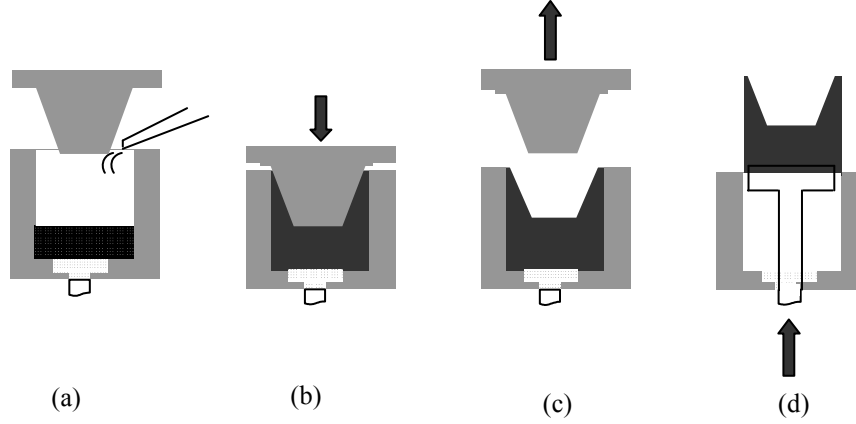
Silisyum karbür, grafit, alüminyum oksit ve paslanmaz çelik gibi takviye elemanları, ergimiş metal içerisinde istenilen şekilde ıslanmaz. Bu sebeple sıkıştırılmalı döküm tekniği ergitilmiş metalin elyaf demeti içerisinde (preform) basınçla emdirilmesi ile mikro boşluklar önlenmektedir ve dolayısıyla preform içerisinde atıl gazlar dışarı atılarak gözeneksiz bir yapı elde edilmektedir. Şekil 3.8.'de tekniğin şematik resmi ve üretim aşamaları gösterilmiştir.

Bu teknikte sıvı metale genellikle 70 - 100 MPa basınç uygulanmakta ve katılaşma zamanı kısa tutulmaktadır. Böylece elyaf ile matris arasında herhangi bir reaksiyon oluşmamaktadır. Bu teknik kullanılarak yüksek verim, iyi ara yüzey bağı, düşük maliyette parça üretimi yapılabilmektedir.

Bu teknik kullanılarak iyi bir kompozit malzemenin üretimi için dikkat edilmesi gereken hususlar;

- a) Preform ve matris sıcaklığı,
- b) Uygulanan basınç,
- c) Zaman periyodu,
- d) Kalıp ön ısıtma sıcaklığı,
- e) Matrisin ergime sıcaklığı.

Preform veya toz yatak içerisinde tam sıvı akışını sağlamak için kritik bir basınca ihtiyaç vardır (Şahin, 2000).



Şekil 3.8. Düşey makine ile sıkıştırılmalı veya sıvı dövme döküm işleminin basamakları:
a) Boşaltma, b) Dökme, c) Sıkıştırma, d) Çıkartma

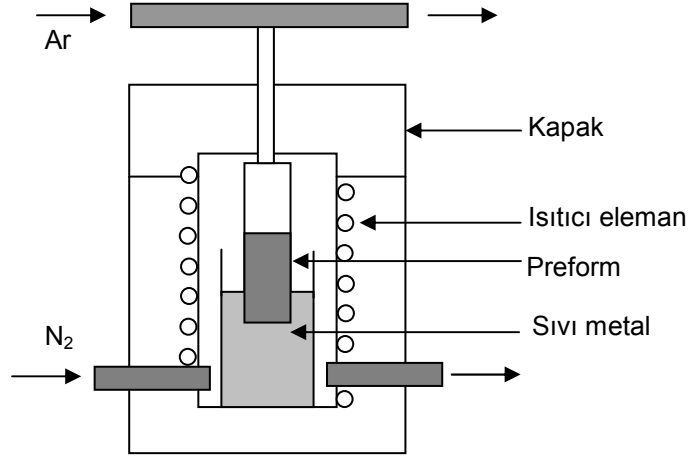
3.2.3. Basıncılı ve basıncısız infiltrasyon tekniği

Bu teknik Şekil 3.9.'da görüldüğü gibi sıvının, preform veya yatak içerisinde basınçlı soy gaz ile itilmesidir. Bir ucu basınç ünitesi içerisinde yerleştirilmiş pota içerisindeki sıvı metale daldırılmıştır. Diğer ucu normal atmosfer veya vakuma bağlanmış ve içerisinde takviye malzeme bulunan bir silindirden meydana gelmiştir. Silindir içerisindeki bu parçacıklar sıvı metale daldırılarak veya başka bir yerde ön ısıtmaya tabi tutulur. Bu teknikte işlem değişkenleri şunlardır;

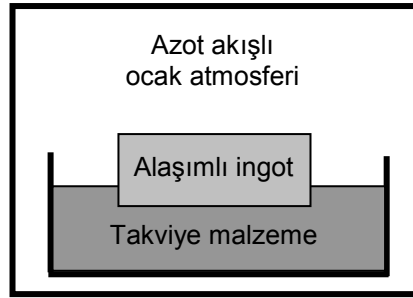
- Kalıp ön ısıtma sıcaklığı,
- İnfiltrasyon sıcaklığı,
- Sıkıştırılmış takviye yoğunluğu,
- Takviye parçacık boyutu,
- İnfiltrasyon hızı,
- Sıvı metal sıcaklığı gösterilebilir.

Kapasitans tekniği kullanılarak gerçekleştirilen basınçlı infiltrasyon yönteminde; toz numune içeren kuvartz tüp içerisinde metal elektrot arasında bir potansiyel farkı uygulanmıştır. Sıvı metal elektrot seviyesini geçecek şekilde preform içerisine girdiği zaman silindirik bir kapasitör oluşmaktadır. Bu durumda kuvartz tüp di - elektrik olarak sıvı metal ise ikinci elektrot olarak görev yapmaktadır.

Bu teknikte yaklaşık % 50 hacimsel yoğunluğa sahip SiC preformun kalay ile infiltrasyonu sağlanabilmektedir (Gül, 1999a).



Şekil 3.9. Basınçlı infiltrasyon tekniği



Şekil 3.10. Basınsız infiltrasyon tekniği

Basınsız infiltrasyon tekniğinde, sıvı metalin takviye parçacık içerisine kendi kendine infiltrasyonunu sağlayan bu teknikte paketlenmiş seramik toz yatak azot atmosferinde basınç uygulanmaksızın Al - Mg alaşımının infiltrasyonu sağlanabilir. (Denklem 3.1 ve Denklem 3.2). Alaşım-seramik sistemi 800 – 1 000 °C'ye kadar ısıtılmaktadır. Şekil 3.10.'da basınsız infiltrasyon olarak adlandırılan sıvı oksidasyon tekniği gösterilmiştir.

İnfiltrasyon işlemini sağlayan reaksiyon denklemi,



İnfiltrasyon sırasındaki reaksiyon denklemi,



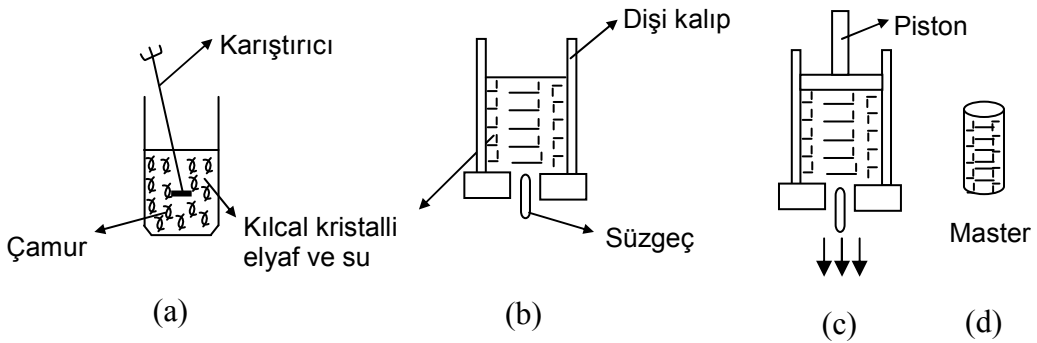
şeklinde yazılabilir. İnfiltrasyon sıcaklığına ısıtma sırasında magnezyum buharlaşır. Takviye yüzeyini kaplayan Magnezyum Nitrit (Mg_3N_2) oluşturmak üzere azot atmosferi ile reaksiyona girer. Mg_3N_2 basınç veya vakum uygulanmaksızın alaşımın takviye faza infiltrasyonuna imkan sağlayan bir bileşiktir.

3.2.4. Sıvı metal karıştırması tekniği

Kılcal kristalli ve kırılmış elyafla takviyeli kompozitlerin üretiminde kullanılan bu metot en uygun ve en ucuz olanıdır. Alüminyum alaşımları ile SiC, B_4C ve Al_2O_3 10 - 15 mikron boyutta partiküller geleneksel metotla üretilmektedir. Şekil 3.11.'de master elyaf fabrikasyon işlemi ve sıvı metal karıştırma ünitesi şematik olarak gösterilmektedir. Bu işlem Şekil 3.11.'de de gösterildiği gibi karıştırma, kalıplama, sıkıştırma ve kurutma basamaklarından oluşmaktadır. Bu karıştırma ünitesi indüksiyon ocağı (50 kW, 3 000 Hz) mekanik pompalar ile birleştirilen suyla soğutulan vakum bölümü yanında pota ve kompozit karıştırma işlemi için kullanılan bir karıştırıcıdan oluşmaktadır (Şahin, 2000). Bu tekniğin şu avantajları vardır.

- Klasik döküm işlemleriyle daha düşük sıcaklıkta gerçekleştirilir. Islanmayan malzemelerin karıştırma hareketi ile ıslanabilirliği artar.
- Yarı katı durumunda daha düşük basınçla kusursuz parçalar üretilebilmekte ve katı alaşım partiküllerin varlığıyla çökelti, yüzme ve yığılma önlenmektedir.
- Büyük boyutlu çubuklar üretilebilir.

Elyaf matris çifti uygun seçilirse tekrar eritilerek döküm elde edilebilmektedir.



Şekil 3.11. Presleme ile preform işlemi basamakları: a) Karıştırma, b) Kalıplama, c) Sıkıştırma, d) Kurutma

Bu tekniğin dezavantajları ise şöyledir;

- a) Elyafar arasındaki boşluklar tamamen yok edilmeyebilir.
- b) Sıvı ve parçacık takviye arasındaki temas zamanı uzun olursa birbirini etkileyebilir.
- c) Aşırı ara yüzey reaksiyonu oluşabilir.
- d) Mekanik hareketlilik sırasında seramik parçacıkların kırılması gibi çeşitli zorlukları olabilir.

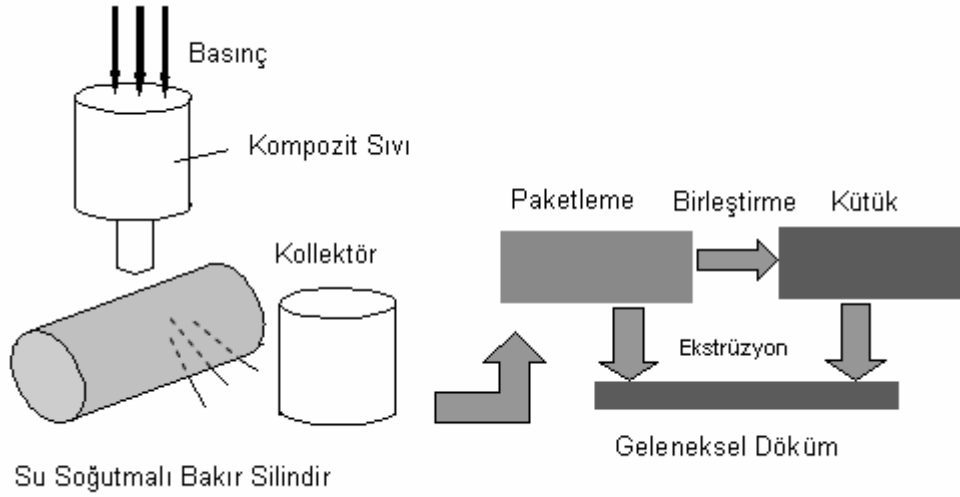
Bu teknikle belirli bir kompozit hazırlama ünitesi için;

- a) Karıştırıcının hızı ve karıştırıcının uç boyutları,
- b) Karıştırıcı ucun sıvı içerisindeki konumu,
- c) Takviye fazının boyutu ve takviye hacim oranı,
- d) Sıvıyı karıştırma süresi,
- e) Sıvı alaşımın bileşimi ve sıcaklığı.

Yukarıda belirtilen tüm bu faktörler alaşım ve takviye elemanı sistemine göre değişiklik gösterebilmektedir.

3.2.5. Hızlı katılaştırma tekniği

Bu yöntem Şekil 3.12.'de görüldüğü gibi basınç altında suyla soğutulan bakır disk üzerine sıvı jeti halinde verilerek 40 - 60 μm kalınlığında, 6 - 8 μm uzunluğunda ve 0.5 – 0.7 μm genişliğinde lamelsi tozlar elde edilir. Bunlar bir araya getirilerek değişik ikincil işlemlere tabi tutulur. İki kritik proses parametresi ise diskin soğuma hızı ve disk üzerine verilen malzeme miktarıdır. Şayet disk çok hızlı dönecek olursa sıvı, toz üretmek için yeteri kadar diske temas etmeyecektir. Çok yavaş dönmesi durumunda ise, ikincil işlem için kabul edilebilir olmayan kalın lameller elde edilecektir (Gül, 1999b).



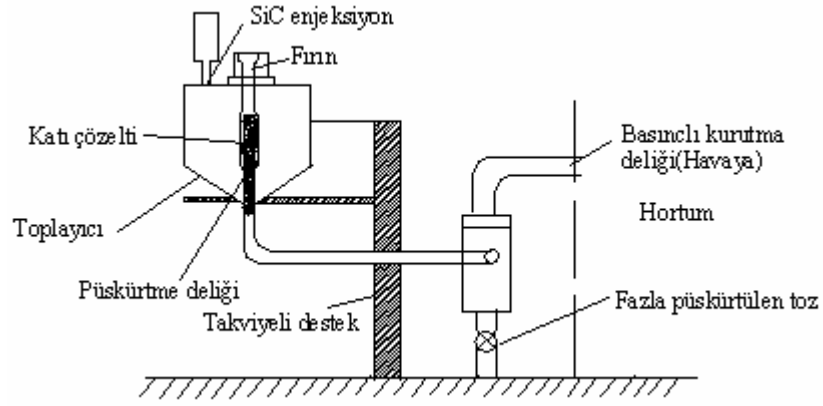
Şekil 3.12. Hızlı katılaşma prosesi ile kompozit üretim tekniği

3.2.6. Yarı - katı katılaştırma tekniği

Bu yöntemde katı ile sıvı arasındaki sıcaklığa sahip yarı katı karıştırmak amacıyla yapılan takviye ilave tekniğidir. Alaşımın sıcaklığı sıvı sıcaklığının 30 - 50 °C üzerine çıkarılıp şiddetli şekilde karıştırılarak yarı - katı aralığa kadar soğumasına müsaade edilir. Devam eden bu hareketlilik katılaşılan dendritleri kırarak ince küresel parçacıklara dönüştürmekte ve yarı akışkan viskozitesindeki yükselmeye de engel olmaktadır. Karıştırma devam ederken takviye ilavesi gerçekleştirilmelidir.

3.2.7. Plazma püskürtme tekniği

Silisyum karbür parçacıklı kompozitleri üretmek için kullanılan bu teknik ilk defa ALCAN şirketi tarafından kullanılmıştır. Şekil 3.13.'te işlemin şeması verilmektedir. Bu teknikte, püskürtülecek alaşım, indüksiyon fırınında ergitilir ve potaya basınç uygulanır. Ergimiş alaşım püskürtülürken aynı zamanda parçacıklı elyaflar atomize edilmiş sıvı içerisine enjekte edilerek önceden ısıtılmış alt katman üzerine çökeltilir ve toplayıcı üzerinde katı bir çökelti oluşur. Soğuduktan sonra kaplanmış çökelmiş çubuk haddelenmesi için göbekten çıkartılır. Bu metot genellikle alüminyum gibi ergime noktası düşük olan metallere uygulanmalıdır.



Şekil 3.13. Plazma püskürtme aygıtının şematik görünümü

Tipik olarak metalin akış miktarı yaklaşık 5 kg/dk ve %95 yoğunlukta çubuk üretilmektedir. Bu metodun faydası;

- Ergimiş metal zerrecikleri ile elyaf arasında temas zamanı çok kısa olduğundan reaksiyon en aza indirilebilmektedir.
- Katılma oranı oldukça hızlı gerçekleştiğinden düzgün mikro yapı elde edilebilmektedir. Ayrıca parçacıklar arası mesafenin kontrol edilebilmesi ve parçacıkların daha kolay yönlendirilebilmeleri diğer bir üstünlüğüdür (Şahin, 2000).

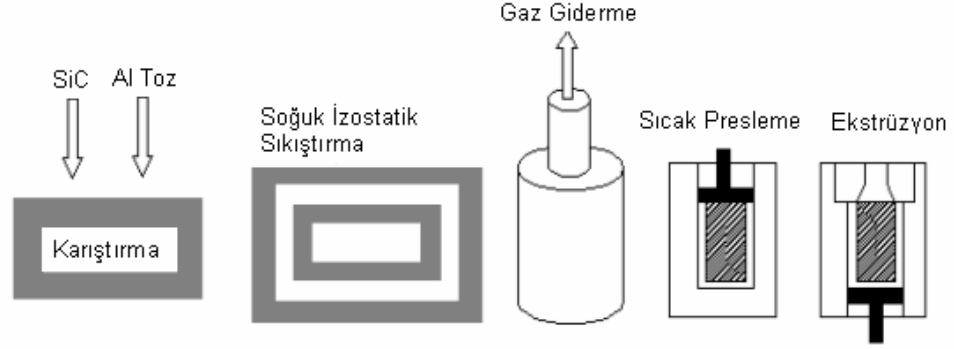
3.2.8. Toz metallurjisi tekniği

Bu teknikte, toz halindeki metalik ve seramik malzemeler birleştirilebilir. Genellikle takviye elemanı partikülleri olarak silisyum karbür, grafit, nikel, titanyum ve molibden ile matris malzemesi olarak ta metalik bakır, nikel, alüminyum, kobalt ve titanyum esaslı alaşımlar ve çelikler kullanılmaktadır. Bu metotta, tozlar istenilen şekli oluşturmak için tasarlanan hacim oranlarında karıştırılıp kalıp içerisine konularak preslenir. Presleme işlemi soğuk yada sıcak olarak yapılabilen fakat ara yüzey bağını iyileştirmek ve partikül kırılmasını azaltmak için sıcak preslemeden daha iyi netice alınmaktadır. Elyafların yığılmadan homojen bir dağılım sağlaması için metal toz ve seramik partikül boyutu önemli olmaktadır. Örneğin Alüminyum / Silisyum Karbür kompozit 0.7:1 ve 0.24:1 oranlarında üretilmiş ve kompozitin tokluğunda ilerlemeler olduğu gözlenmiştir.

Seramik parçacıkların sıvı metal tarafından ıslatılmasındaki güçlük nedeniyle toz metallurjisi (TM) ile kompozit malzeme üretimi ilk geliştirilmiş metotlardan

biridir. Toz metallurjisinin şematik aşamaları Şekil 3.14.'te verilmiştir. Bunları kısaca şöyle özetlenir.

- Hızlı katılaşmış metal veya alaşım tozlarının elenmesi,
- Takviye fazı ile metal tozlarının karıştırılması,
- Yaklaşık % 75 yoğunlukta sıkıştırılması,
- Gaz giderme, ekstrüzyon, dövme, haddeleme ve diğer sıcak işlemlerdir.

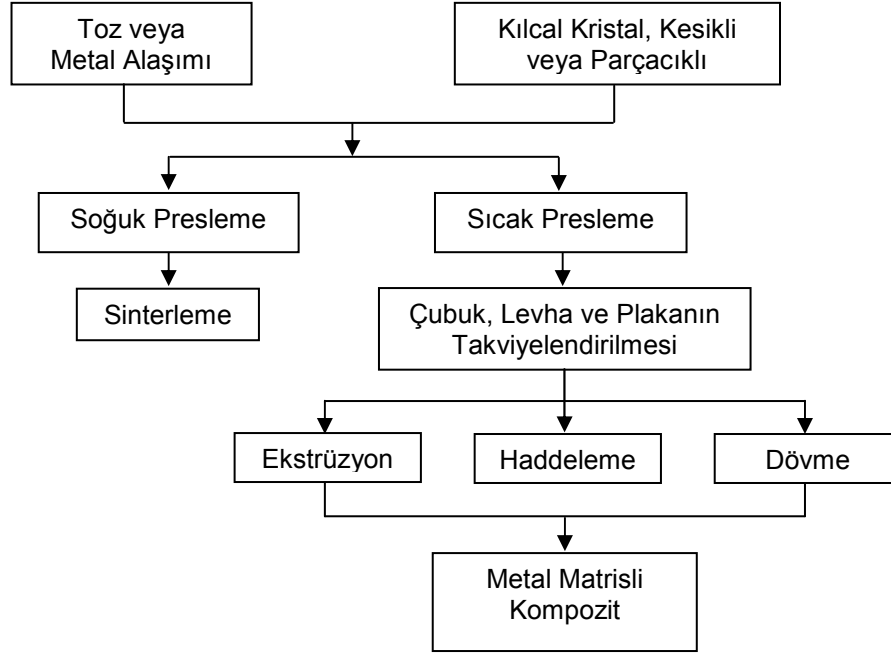


Şekil 3.14. Toz metallurjisi tekniğinin temel aşamaları

Toz metallurjisi tekniği ile kompozit üretimi akış şeması Şekil 3.15.'de verilmiştir. Bu teknikte ilk önce seramik takviye parçacıkları ve matris tozları karıştırılarak kalıp içerisine yerleştirilir. Katı hal difüzyonu için ergime sıcaklığı altındaki bir sıcaklıkta ısıtılarak basınç altında sinterleme sağlanır. Bu tekniğin bazı özellikleri şöyle sıralanır;

- Kırılmış seramik elyaf ve kılcal kristalli elyafların (whiskers) hazırlanması ve TM harmanlama tekniğinin döküm tekniğinden daha kolay olması,
- TM esaslı kompozitlerin hazırlanması daha düşük sıcaklıklarda gerçekleştiğinden elyaf - matris arasında daha az etkileşim olması dolayısıyla ara yüzeyde reaksiyonlar en aza indirilerek üstün mekanik özellikler gerçekleştirebilmesi,
- Parçacık takviye elemanı sürekli takviye elemanlarından daha düşük maliyette olduğundan ve bu metotta ergime gerekmediğinden daha ekonomik olması,
- Kılcal kristalli seramikler (SiC) katı alüminyum ile oldukça iyi uyum gösterirken sıvı alüminyum ile daha az uyumluluk göstermesi,

- e) Yüksek takviye hacim oranlarında olması bundan dolayı da kompozitin modülü daha yüksek değere sahip olurken ısıl genleşme katsayısı en aza indirilebilmektedir (Şahin, 2000).



Şekil 3.15. Toz metallurjisi tekniği ile kompozit üretimi akış şeması

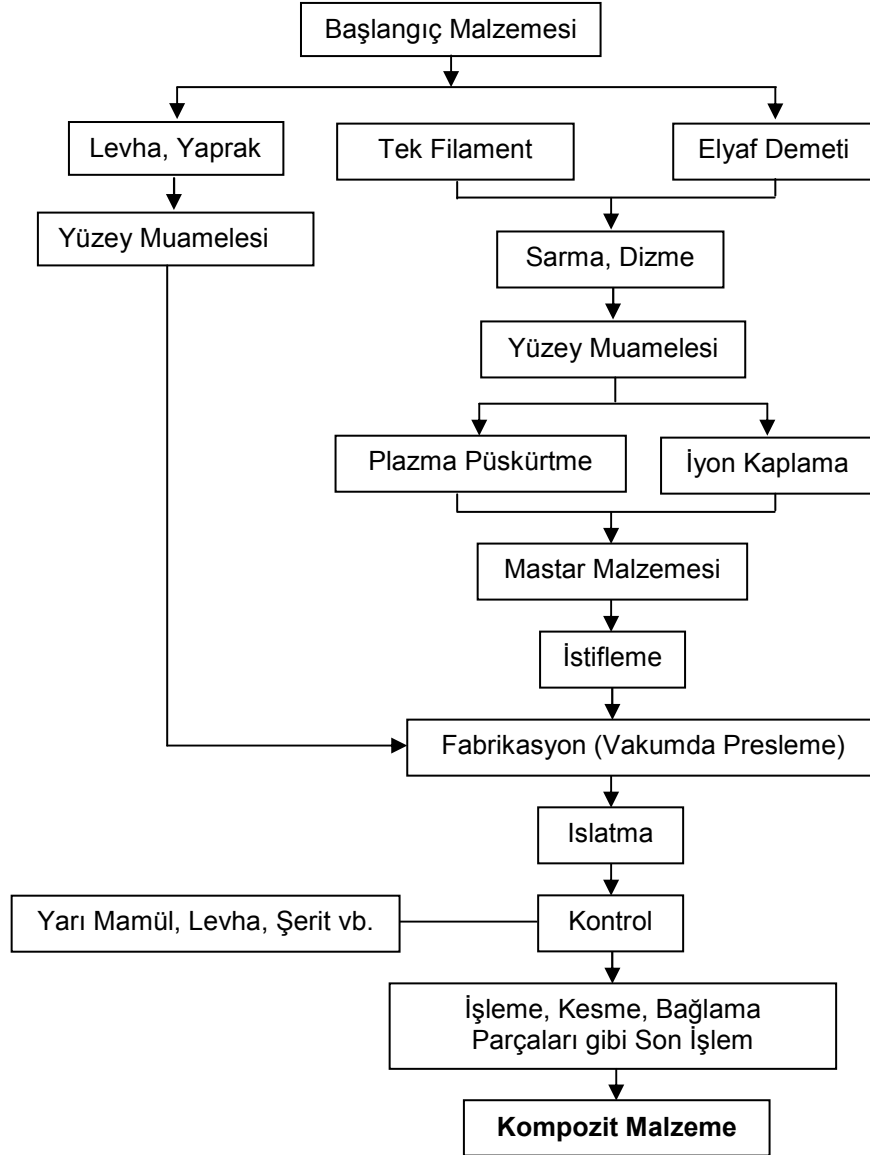
3.2.9. Difüzyon bağlama ve vakumda presleme tekniği

Bu teknikte birleştirme, yüksek basınç ve sıcaklıkta yapılır. Boron, silisyum karbür, alüminyum oksit, karbon gibi tek filamentli elyaf yada elyaf demetleri ile alüminyum ve titanyum gibi matris malzemeleri tabakalar halinde kullanılarak takviyeli kompozit malzemeler üretilir. Şekil 3.16.'da bu tekniğin üretim basamakları verilmiştir.

Gerekli yüzey işlemlerinden sonra, lifler istenilen aralıklarda ve yönlerde metal saçların üzerinde düzenlenir. Tabakalar halinde hazırlanan bu malzemeler bir metal kaba yerleştirilir, sızdırmazlık sağlanır ve vakuma alınır. Sonra tümü ısıtılarak birleştirmenin sağlanması için preslenir.

Daha sonra belirli sıcaklıkta genelde ergime sıcaklığına yakın bir sıcaklıkta ısıtılarak difüzyon ile birleştirmenin gerçekleşmesi için preslenir veya haddelenir. Ancak bu işlemde metal levhalar ile elyaf yüzeylerin çok temiz ve oksitsiz olması gerekir. Yoksa ara yüzeyde istenilen şekilde bir difüzyon bağı oluşamaz. Çünkü

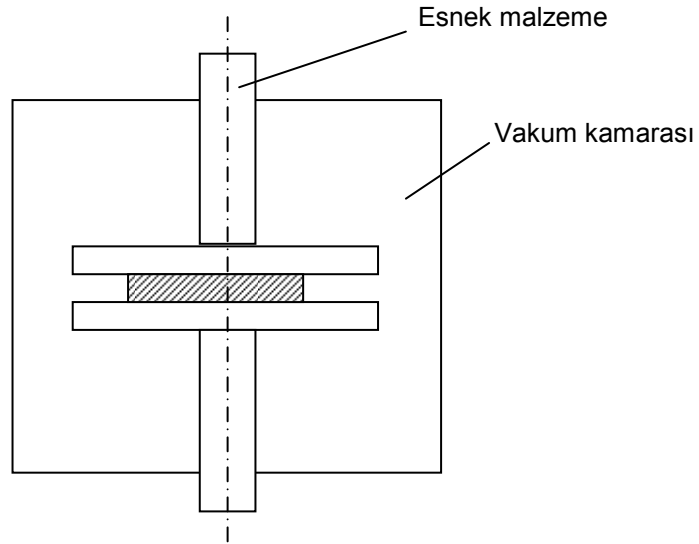
kompozitin dayanımı bu oluşan difüzyon bağına bağlıdır. Aynı işlem silindirik parçalar için termal iletkenliği ile iyi olan metal tambur seçilerek üzerine değişik elyaflar sarılabilir. Bu matris veya elyaf üzerine plazma püskürtme veya diğer kaplama yöntemi uygulanır. Daha sonra ya sıcak izostatik veya soğuk izostatik preslemeye uygun sıcaklık veya basınçta birleştirme yapılır. Birleştirmeden sonra kesme yapılır. Bu tekniğin dezavantajı pahalı oluşudur.



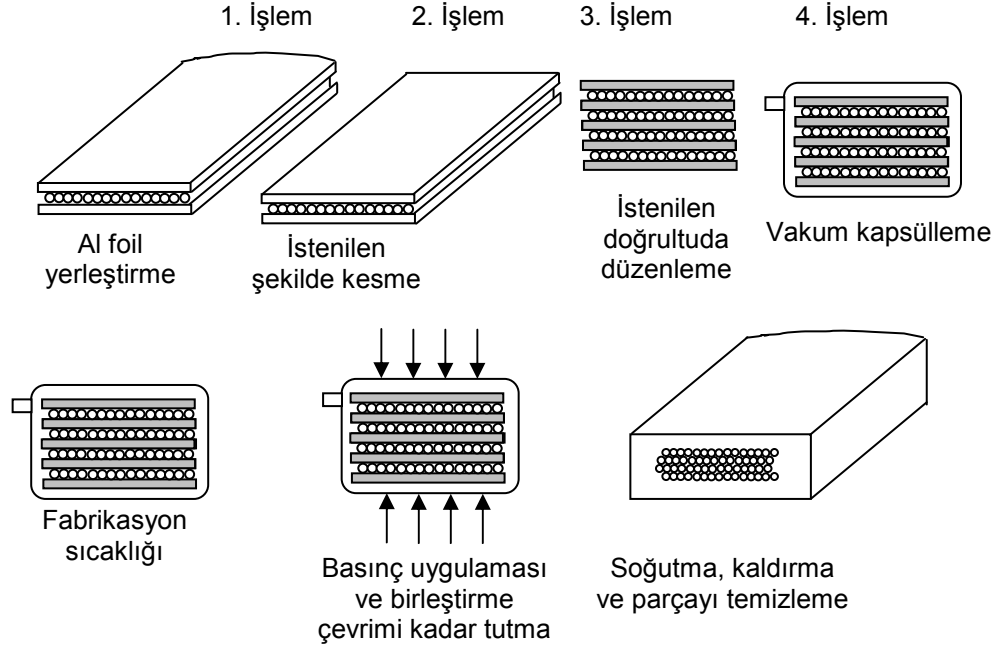
Şekil 3.16. Vakumda presleme tekniği ile kompozit üretimi akış şeması

B/Al kompoziti tabakalar biçiminde üretmek için bor filamentler ve özel olarak formülize edilmiş reçine ile Al folyoya bağlanmış (preform) boron elyaf

tabakasından oluşur. Bundan sonraki difüzyon işleminde tutulabilirliği iyileştirmek, özellikle pervane için preform haddelenmeli ve A1 folyoleri hafifçe deforme edilmeli, reçine ve bağa ilaveten mekanik bir kilitleme sağlanmalıdır. Bu, bundan sonraki işlemler için yani, kesme, şekil verme ve difüzyon bağı oluşturma sırasında filamentleri yerinde tutar. Bu işlem SiC ve B₄C elyafları için de uygundur. Ön ısıtma çevrimi esnasında özel hazırlanmış reçine tam olarak buharlaşmaktadır. B / A1 kompoziti için tipik bir fabrikasyon işlem şeması Şekil 3.18.'de verilmiştir. Tabaka ölçüleri 0.9 - 3 m' ye kadar tek katlı veya 50 - 100 katmandan oluşan tabakalar şeklinde üretilebilmektedir. Bu şekilde son kompozit kalınlığı oluşuncaya kadar yönlenmiş elyaflar ve matris folyo tabakaları hazırlanır. Şekil 3.17.'de uygun ısı, basınç ve vakum zamanı seçilerek elyaflar etrafında matris akması sağlanarak bitişik matris tabakasına bağ yapar ve takviye elemanını kavrar. Bu işlemde uygulanan birleştirme parametreleri genellikle 480 - 540 °C sıcaklık, 0.133 - 0.0133 Pa vakum altında 14 - 70 MPa basınç ve 1 - 2 saat tutma zamanı altında yapılır (Şahin, 2000). Birçok MMK parçalar vakumsuz da difüzyon bağı oluşturabilmektedir.



Şekil 3.17. Vakumda presleme kamarası



Şekil 3.18. B/Al kompozit üretimi

Bazı kompozit malzemeler için sıcak presleme parametreleri Çizelge 3.1.'de verilmiştir (Demirkesen, 1991).

Çizelge 3.1. Bazı kompozitler için sıcak presleme koşulları

Fiber	Matris	Ön şekilli malzeme	Atmosfer	Sıcaklık (°C)	Basınç (kgf/cm ²)	Süre (saat)
Paslanmaz çelik	Al	Folye	-----	525	250	0.5
Çelik	Polietilen	-----	Hava	160	15	0.2
Bor	Al	Plazma püskürtme	-----	560	357	0.33
Bor	Al	Folye	Vakum	500-530	306	0.25
B/SiC	Ti	Folye	Vakum	780-920	408-612	0.25-0.50
Bor	Mg	Folye	Hava	580	510	0.33

3.2.10. Sıcak presleme ve sıcak izostatik presleme

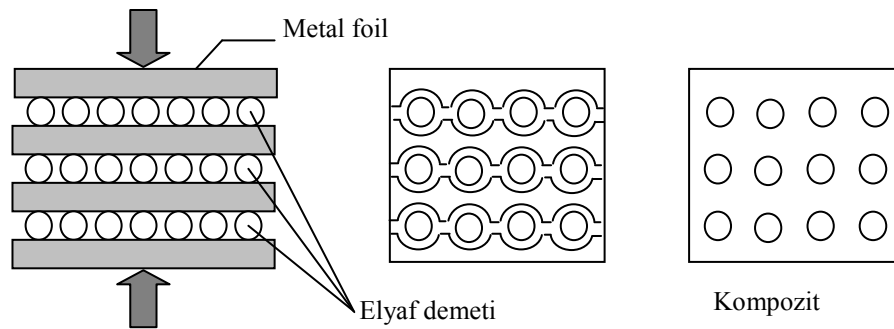
Bu yöntemde lifler alüminyum, magnezyum ve titanyum gibi metal matrisler arasına yerleştirilerek yüzeye püskürtülen ve presleme sırasında yanacak olan bir bağlayıcı ile konumlarından kaymamaları sağlanır. Daha sonra preform kompozit tamburdan çıkarılır, istenilen ölçüde kesilir ve sıcak pres kalıp içine istiflenir.

İstiflenmiş kütle üstüne hafif basınç uygulanır ve bağlama sıcaklığına ulaşıldığında gerekli zaman için Şekil 3.19.'da görüldüğü gibi tam bağ basıncı uygulanır. Daha sonra basınç kaldırılır ve termal uzamalardan ileri gelen kalıcı gerilmeleri en aza indirmek için komple parça yavaş şekilde soğumaya bırakılır.

Sıcak presleme ile üretilen kompozitlerden şu avantajlar beklenir;

- Yüksek dayanım,
- Dayanım/yoğunluk oranı geleneksel malzemelerden 2 - 4 kat daha yüksek olması,
- Yüksek sıcaklıklarda dayanımı muhafaza etmesinin mükemmel olması,
- Yorulma dayanımının iyi olması,
- Karışımlar kuralına tam uyum göstermesi.

Bu yöntemde, kaplama malzemesi fiber yüzeylerini korurken aynı zamanda matris metalini de oluşturur. Kaplama tabakasının kalınlığı doğrudan doğruya fiberler arası mesafeyi kontrol eder. Sıcak izostatik presleme tekniğinde uygulanan sıcaklıklar, soğuk preslemeden sonra yapılan sinterleme sıcaklığından ve sıcak preslemede kullanılan sıcaklıklardan daha düşüktür. Bor ve grafit takviyeli metaller bu tekniğin uygulamalarına örnek olarak gösterilebilir. Titanyum alaşımları bor fiberleriyle pekiştirilirken bileşenler arasında 870 °C'de reaksiyonlar görülür. 870 °C'nin altında yapılan izostatik preslemede ara yüzeyde boşluk bırakmadan ve önemli bir fiber hasarı meydana gelmeksizin Ti/B kompozitleri üretilmektedir. Grafit fiberler nikel veya kobalt ile kaplandıktan sonra sıcak izostatik presleme ile şekillendirilirler (Şahin 2000).



Şekil 3.19. Folyo matris ile filamentlerin kesit görünümü

3.3. Polimer Matrisli Kompozitlerin Üretimi

Polimer malzemeler son 35 - 40 yıl içerisinde önemli gelişmeler göstererek günlük yaşantımızda ve endüstrinin hemen her dalında kullanılan malzemeler haline gelmiştir. Tercih edilmelerinin birkaç tipik özelliği şöyledir;

- a) Yoğunluğu düşük hafif malzemelerdir.
- b) Üretim teknikleri ile kolay, hızlı ve ekonomik olarak üretilebilirler.
- c) Atmosferik korozyona ve kimyasal maddelerin pek çoğuna karşı iyi bir direnç gösterirler.
- d) Moleküler yapıları değiştirilerek ve katkı maddeleri kullanarak özelliklerinin geliştirilmeleri mümkündür.
- e) Boyar maddeler kullanarak çok değişik renklerde üretilebilirler.
- f) Nispeten ucuz malzemelerdir.

Yukarıdaki özelliklerin yanı sıra kullanımlarını sınırlayan bazı özellikleri de vardır. Bunlar;

- a) Mekanik özellikleri zayıf, düşük mukavemetli malzemelerdir. Düşük gerilmeler altında kolayca deforme olur (termoplastikler) veya gevrek bir kırılma gösterirler (termoset plastikler). Bundan dolayı yük taşıyıcı sistemlerde kullanılmazlar.
- b) Ergime sıcaklıkları, ısıl dirençleri ve kararlılıkları düşüktür.

Kompozit malzeme tasarımının genel prensipleri ve amaçları çerçevesinde, polimerlerin yararlı özelliklerini geliştirmek için diğer yapı bileşenleri ile birleştirilerek kullanımları günümüz teknolojisinin hedefi olmuştur.

Polimer matrisli kompozit malzemeleri üretmek için birçok teknik geliştirilmekle beraber kullanılan matris malzemelerine göre ya termoset reçineli yada termoplastik reçineli olarak üretilmektedir.

3.3.1. El yatırma tekniği

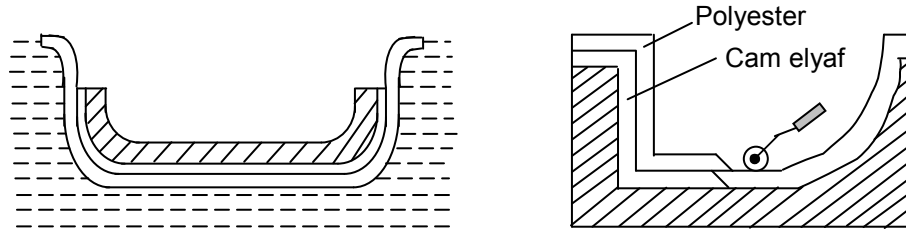
Düşük ve orta hacimli temas kalıplama olup, kayık teknesi, tanklar, bina panelleri ve sandık gibi büyük boyutlu yapısal parçaları için yaygın olarak kullanılan en basit tekniktir. Bu teknikte, genellikle keçe veya dokuma biçimindeki elyaf, hazırlanan bir kalıp üzerine veya içine yerleştirilir ve elyafı ıslatması sağlanır. İstenilen kalınlık elde edilene kadar bu işleme devam edilerek çok tabakalı bir

malzeme oluşturulur. Reçine içinde kalan hava bir rulo yardımı ile çıkartılır. Sertleştirici oda sıcaklığında reçineyi sertleştirir. El yatırma tekniğinde polyester ve epoksi en çok kullanılan reçine çeşitleridir.

Kalıp üretiminde balmumu, kil, tahta, metal, kağıt ve plastik gibi değişik malzemeler; kalıptan ayrılmayı sağlamak için ise polivinil alkol, silikon ve madeni yağlar kullanılır. Bu yöntemle üretilebilecek en yüksek elyaf hacim oranı % 30' dur.

Şekil 3.20.'de şematik olarak verilen el yatırma yönteminde, hazırlanan kalıp içine viskozitesi yüksek olan reçine fırçayla sürülür. Daha sonra elyaf demeti hazırlanarak dolgu maddeli reçine elyaflar üzerine emdirilir. Bu şekilde istenilen yön, doğrultuda ve hacim oranlarında arzulanan kalınlığa ulaşıncaya kadar işleme devam edilir.

Ayrıca bu tekniğin yanı sıra yüzeyi iyileştirmek için vakumda torbalama, basınçlı torbalama vb. metotlar uygulanabilir.



Şekil 3.20. Elyaf yatırma tekniği

Kalıptan çıkarılan son ürün belli bir sertliğe sahip olmalıdır. Sertleşme polimerizasyon süresinin sonuçlanmasına bağlıdır.

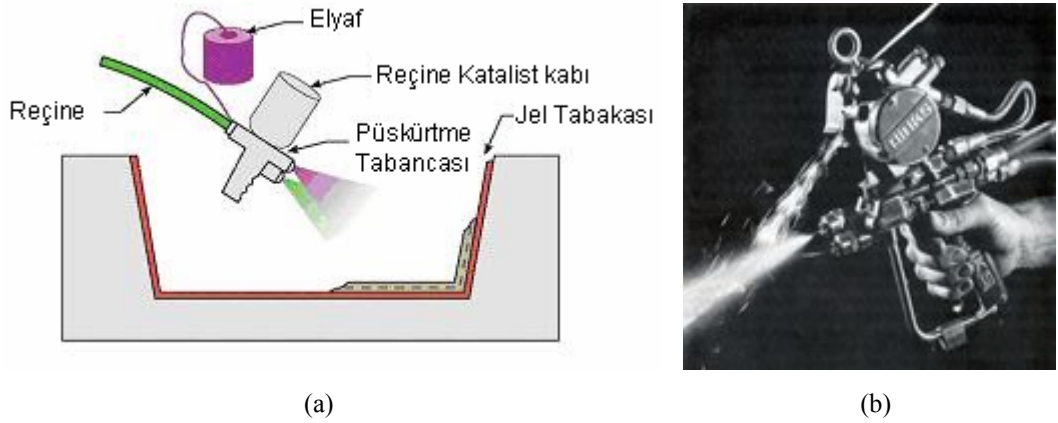
Jelleşme: Katalizör ve hızlandırıcı katılan reçinenin pıhtılaşması olayıdır. Jelleşme süresi 5 - 10 dakikadır.

Sertleşme: Reçinenin pıhtılaştıktan sonra kalıptan çıkarılarak 3 - 4 saatlik sürede meydana gelen olaydır.

Olgunlaşma: Üretilen kompozit malzemenin maksimum ulaşabileceği sertliktir. Kullanılan katkı maddelerine, katalizör ve hızlandırıcıya bağlı olarak birkaç saatten birkaç haftaya kadar değişen süreler olabilir. Olgunlaşma süresini kısaltmak için özel fırınlar da kullanılabilir. 20 °C'de iki hafta, 80 °C'de 2 saat olgunlaşma süresi olur.

3.3.2. Püskürtme tekniği

Püskürtme tekniği, elle yatırma tekniğinin aletli şekli olarak kabul edilebilir. Teknikte, düşük ve orta hacimdeki tekneler ve kayıklar, tanklar, duş ünitesi ve daha büyük karmaşık şekilli ise bu teknikle el yatırmadan daha iyidir. Teknikte, kırılmış elyaflar kalıp yüzeyine, içine sertleştirici katılmış reçine ile birlikte özel bir tabanca ile püskürtülür. Elyafların kırılma işlemi tabanca üzerinde bulunan ve bağımsız çalışan bir kırpıcı sayesinde yapılır. Reçine içinde kalan havayı çıkarmak ve yüzeyi düzleştirilmek için rulo lama uygulanır. Tekniğin şematik biçimi Şekil 3.21.'de verilmiştir (Endüstriyel Tasarım Dergisi).



Şekil 3.21. a) Püskürtme tekniği şematik biçimi, b) Püskürtme tabancası

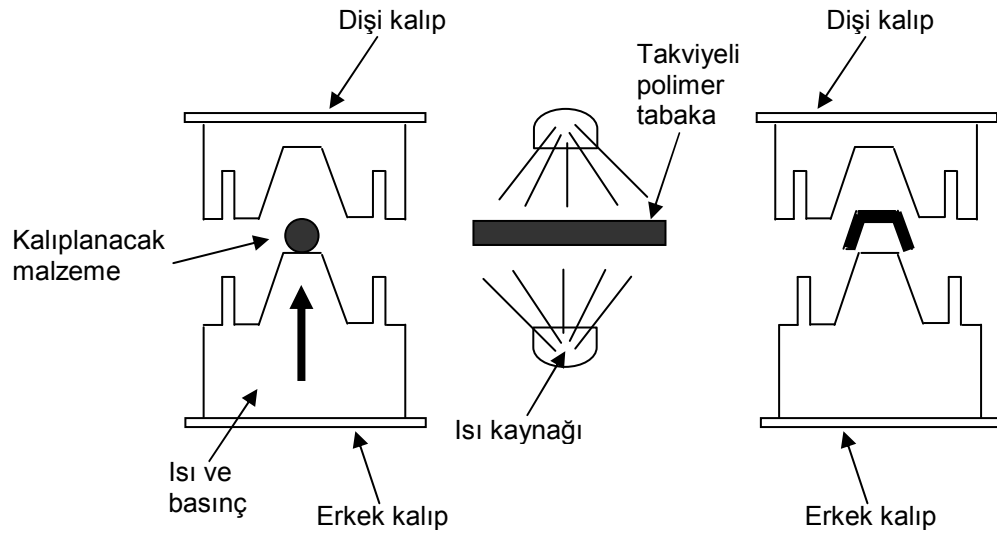
Ürününün katılaştırılması genellikle oda sıcaklığında veya ısı kullanılarak yapılır. Ana malzemeyi püskürtmeden önce kalıp içerisine silikon sürülür daha iyi yüzey elde edilir. Reçine olarak polyesterler kullanılır. Bu metot parça karışıklığı fazla ise faydalıdır. Bu tekniğin avantajı ise basit, maliyeti düşük olması, taşınabilir teçhizat ve parça boyutu sınırlaması olmamasıdır.

3.3.3. Basma transfer kalıplama tekniği

Yüksek hacim ve yüksek basınç altında karmaşık ve yüksek dayanımlı cam elyaf takviyeli plastiklerin üretimi için uygun bir metottur. Elyaf olarak genellikle cam, grafit ve asbest kullanılır. Polyester, epoksi ve fenolikler ise reçine olarak kullanılır.

Kalıplar erkek (pozitif) ve dişi (negatif) olmak üzere iki parçalı olup genellikle elektrikle ısıtılırlar. Levha veya döküm kalıplama bileşimi miktarı veya reçine

eklenmiş preform veya matkap ile preste açık kalıba yerleştirilir (Şekil 3.22.). Presleme sıcaklığı ve hidrolik sistemle sağlanan presleme basıncı reçine sistemine ve parça kalınlığına bağlıdır. Basınç 1 - 14 MPa arasında değişebilir. Isıl işlem sıcaklığı polyester için 115 - 140 °C, epoksi reçineler için 125 - 175 °C, fenolik ve silikon reçinelerinde ise 150 °C'nin üzerindedir. Kalınlık, ölçü ve parça şekline göre ısıl işlem çevrimi 1 - 5 dakika yapılır ve kalıp açılarak bitmiş parça dışarı alınır. Otomobil ön tamponları, ev aygıtları ve elektrik parçaları tipik üretilen parçalardır (Demirkesen, 1991).



Şekil 3.22. Basma ve transfer kalıplama

3.3.4. Soğuk presleme tekniği

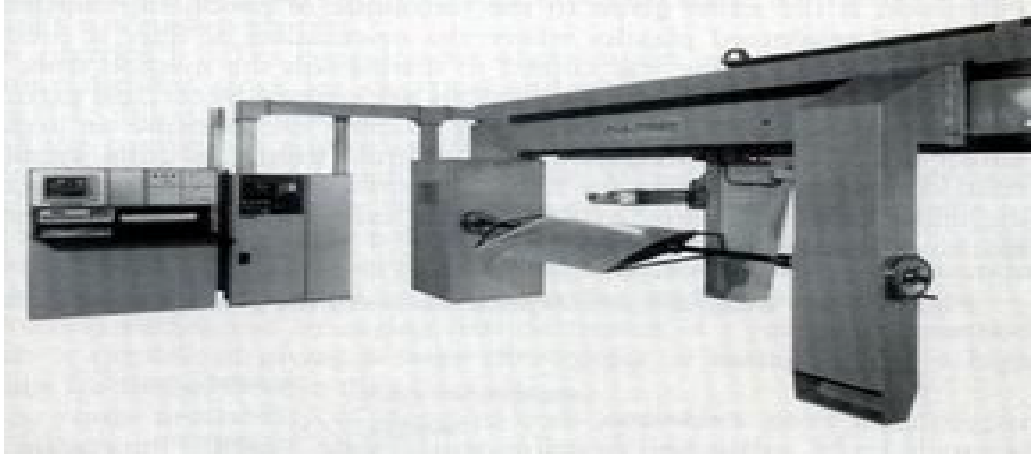
Bu işlem, düşük basınç, oda sıcaklığında ve ucuz kalıplar ile küçük parçaların üretilmesinde kullanılır. Cam elyaflar ve termoset reçine ile kalıplar içerisine bırakılır ve 130 - 340 kPa basınca maruz bırakılır. Kalıp olarak metal, alçı ve cam elyaf takviyeli plastiklerden yapılır.

3.3.5. Helisel sarma tekniği

Bu teknikle şaftlar, uzun pervaneler, basınçlı kaplar, roket gövdesi ve boru gibi silindirik şekilli parçalar üretilir. Sarma işlemi ıslak veya kuru yapılabilir. Islak sarmada elyaf sarılmadan önce reçineye daldırılır. Kuru sarmada ise pregreg sarılır. Sarma sırasında elyafa bir gergi kuvveti uygulanır. Helisel sarma işleminde mandrel

döner, elyafın beslediği araba ise ileri geri hareket ederek lif helisel bir eğri boyunca sarılır. Helisel sarmada lifler birbiri üzerinden geçer iki ucu kapalı parçalarda ise kalıplar daha sonra içeriden çıkarılabilecek malzemelerden (örneğin sonradan çözdürülen sert tuz) yapılır. Sarma işlemi, beklenen işletme yüklerini karşılamak, elyafları uygun doğrultuda tutmak için tasarlanır. Şekil 3.23.'te elyaf sarma düzeneği ve yöntemi gösterilmiştir.

İşlemde en çok kullanılan reçineler; polyester ve epoksidir. Elyaf ise camdır. Diğer yöntemlere göre elyaf hacim oranı daha yüksektir (Endüstriyel Tasarım Dergisi).



Şekil 3.23. Elyaf sarma düzeneği ve tekniği

3.3.6. Tabakalı birleştirme (torba kalıplama) tekniği

Torba kalıplama tekniği, Şekil 3.24.'te görüldüğü gibi kalıp üzerine istiflenmiş termoset reçine ve elyaf esnek bir diyaframla (torba) örtüldükten sonra basınç ve sıcaklığın etkisiyle sistemin sertleşmesi sağlanır.

Torbalı kalıplama üç şekilde yapılabilir;

- a) Basınçlı torba kalıplama,
- b) Vakumlu torba kalıplama,
- c) Otoklavda torba kalıplama.

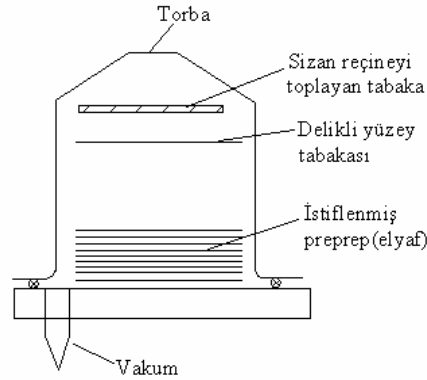
Bu teknikler arasında en çok kullanılan vakumlu torba kalıplaması ve otoklavda torba kalıplaması olup uygulanan işlemler her ikisinde de benzerdir.

Basınçlı Torba Kalıplama: Bu yöntem en ekonomik yöntemdir. Tabakalama işlemi elle kalıplama tekniğine benzer şekilde yapılır. Tabakalama istenilen kalınlığa

ulaşınca kadar sürdürülür. Daha sonra üst tabaka yüzeyi selefona örtülüp kalıp kapağı kapatılır. Kapağa bağlı olan lastik torba hava veya buhar basıncı ile şişirilerek tabakalara basınç uygulanır. Bu basıncın etkisiyle tabakalar arasına sıkışan hava ve fazla reçine dışarı atılır, tabakaların bir biri ile teması ve reçinenin sertleşmesi sağlanır.

Vakumlu Torba Kalıplama: Elle kalıplamanın gelişmiş bir şeklidir. Elyaf tabakalar üzerine termoset reçine sürüldükten sonra reçinenin tabakaları iyice ısıtması için 15 dakika beklenir. İstenilen kalınlığa ulaştıktan sonra üst yüzey polinivil alkolden yapılmış torba ile örtülür ve kenarları kapatılarak vakum sistemine bağlanır. Kalıplanmış parça daha sonra sertleşme işlemi için bir fırına nakledilir. Kullanılan standart fırınlar 2.4 m yüksekliğinde, 3.7 m genişliğinde ve 9 m uzunluğundadır. Kalıplanan parçalar ana vakum sistemine bağlandıktan sonra fırın sıcaklığı reçinenin sertleşme sıcaklığına ayarlanır ve belirli bir süre fırında tutulur. Uygulanan vakum, tabakalar üzerinde bir basınç etkisi doğurur, tabakalar arasındaki havanın ve fazla reçinenin dışarı çıkması sağlanır.

Otoklavda Torba Kalıplama: Vakumlu torba kalıplamasından tek farkı sertleşme işleminin fırın yerine otoklavda yapılmasıdır. Otoklavlar silindirik şekilli basınçlı kaplardır. Tipik boyutları 3.7 m çapında ve 17 m uzunluğundadır. Otoklav sıcaklığı 175 °C'ye kadar çıkabilir. Basınç hava ve/veya CO₂ gazı ile sağlanır. Otoklav kalıplamada tabakalar arasında sıkışan havayı ve diğer uçucuları dışarı çıkarmak için vakum uygulanır. Otoklav basıncı, sıcaklığı ve sertleşme süresi başlıca üretim değişkenleri olup reçine sistemine, kalıplanan parça kalınlığına bağlı olarak değişir.



Şekil 3.24. Torba kalıplama tekniği

Kompozit malzemelerin üretimi konusunda bugüne kadar birçok çalışma yapılmasına rağmen hala yeterli seviyede değildir. Teknolojik gelişmeler devam ettiği sürece özellikle seri üretim konusunda bir çok engel aşılmış olacaktır. İhtiyaçların her geçen gün çığ gibi büyüdüğü, fakat buna rağmen imalatın da çok pahalıya mal olduğu bu konuda uzun yıllar çalışmalar devam edecektir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Kompozit Malzemeler

İki veya daha fazla sayıdaki aynı veya farklı gruptaki malzemelerin, en iyi özelliklerini bir araya toplamak yada ortaya yeni bir özellik çıkarmak amacıyla, bu malzemelerin makro seviyede birleştirilmesiyle oluşan malzemelere “*Kompozit Malzeme*” denir. Başka bir deyişle birbirlerinin zayıf yönünü düzelterek üstün özellikler elde etmek amacı ile bir araya getirilmiş değişik tür malzemelerden veya fazlardan oluşan malzemeler olarak da adlandırılabilir (Şahin, 2000).

4.2. Kompozit Malzemelerin Kullanım Alanları

Kompozit malzemelerin kullanım alanlarını başlıca şöyle sıralayabiliriz;

- a) Otomobil, kamyon, otobüs kaporta parçaları, tampon, ön ve arka far yuvaları, çeşitli motor aksamı, şaft, rüzgarlık, gösterge panelleri, izole tanklar, treyler panelleri, dorse parçaları gibi otomotiv sektöründe,
- b) Balistik başlık, balistik yelek, araçlar için balistik koruyucu parçalar, roket gövdeleri, fırlatma tüpleri, roket motor korumaları, burun konileri, cihaz gövdeleri, taşıma sandıkları, mühimmat parçaları gibi savunma sektöründe,
- c) Kimyasal yakıt tankları, basınçlı tanklar, borular, depolama tankları, pompa ve valf parçaları, atık ve taşıma boruları, temizleme kuleleri, asit banyoları gibi kimya sektöründe,
- d) Panolar, dış cephe giydirme elemanları, döşeme elemanları, beton kaplama elemanları, direkler, ses perdeleri, kapı pencere elemanları, yer döşemeleri, mutfak ve banyo malzemeleri, çatı kaplama malzemeleri, prefabrik birimler, mobilyalar, mimari parçalar, bahçe birimleri, karayolu işaretlemeleri gibi inşaat sektöründe,
- e) Tekne gövdeleri, yakıt tankları, su elemanları mobilyalar, motor kapakları, arıtma tankları, basınçlı tanklar, iskele elemanları gibi denizcilik sektöründe,

- f) Golf, hokey sopaları, kar ve su kayakları, baretler, el mobilyaları, oyun bahçesi ve park elemanları gibi diğer sektörlerde kullanılırlar.

4.3. Niçin Kompozit Malzemeler

Herhangi bir malzemenin bir değerine tercih edilmesi için bazı konularda daha avantajlı olması doğaldır. Kompozit malzemelerin ise bu konuda kullanım amacı ve yerine göre pek çok avantajı vardır. Bunları şu şekilde sıralayabiliriz:

Ucuz maliyet : Kompozit ürünler değişik üretim teknikleriyle diğer malzemelere oranla daha düşük üretim maliyetine sahiptir. Özellikle fiyat/fayda açısından değerlendirildiğinde bu fark çok daha belirgin olarak ortaya çıkmaktadır.

Mukavemet / ağırlık oranı : İlk bakışta plastikler genellikle metallere daha düşük mekanik mukavemete sahip olmakla birlikte, ürünün içine yerleştirilecek takviye elemanlarının dikkatli bir şekilde seçilmesi ile istenen mukavemet değerlerini elde etmek mümkündür. Bu sayede aynı mekanik mukavemete sahip ancak benzerlerinden çok daha hafif malzemeler elde etmek mümkündür.

Kolay üretim : Basit kalıplama teknikleri ile özellikle numune parçalar çok kısa sürelerde ve düşük maliyetlerle üretilmektedir.

Tasarım esnekliği : Kompozit malzemeler kullanım yerine ve amacına, kullanıcıların beklentilerine ve tasarımcının isteklerine göre, büyük, küçük, esnek, karmaşık, basit şekilli olarak üretilmektedir.

Diğer malzemelerle bağdaşma özelliği : Kompozit malzemeler istenildiği takdirde başka malzemelerle birlikte de kullanılabilir (Metal insörtler, takviye amaçlı köpük kullanımı gibi).

Korozyona karşı dayanım : Kompozit malzemeler çok sayıda kimyasal maddeye karşı da suda olduğu gibi dayanıklıdır. Bu özelliğinden dolayı, korozyonun problem olduğu alanlarda özellikle metallere yerini almışlardır.

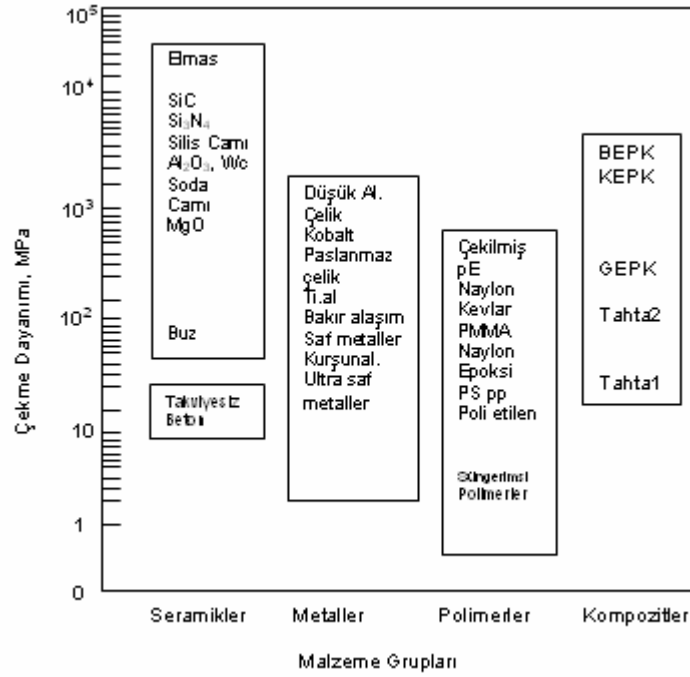
Hava koşullarına ve UV ışınlarına karşı dayanım : Kompozit malzemeler uygun malzeme kullanıldığında su ve kimyasal maddelerde olduğu gibi iklim şartlarından ve UV ışınlarından da etkilenmezler.

Çok iyi elektrik ve termik yalıtım özelliği : Rakipsiz elektrik ve termik yalıtım özelliğine sahip kompozit malzemeler, özellikle enerji nakil sistemlerinde ve bu özelliklerin gerekli olduğu alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

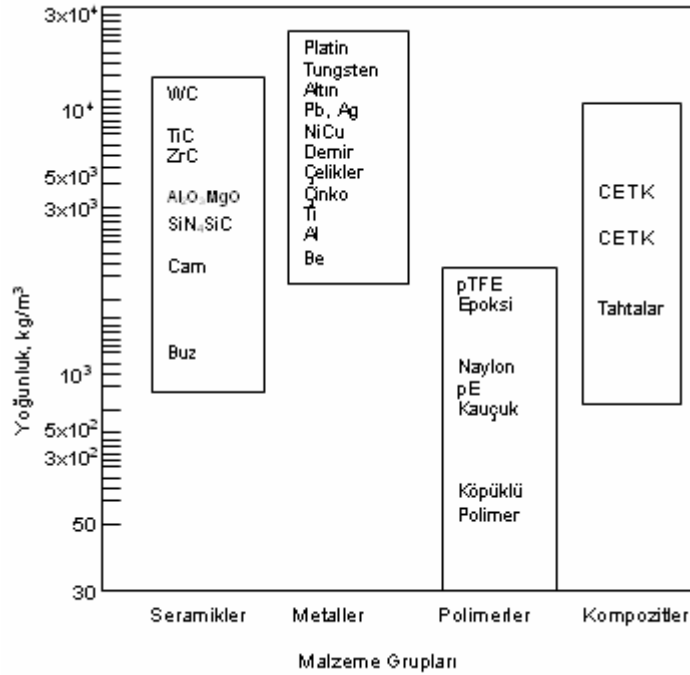
Elektromanyetik dalgalara karşı saydamlık : Elektromanyetik dalgalara karşı saydam olan kompozit malzemeler, özellikle enerji nakil sistemlerinde ve bu özelliklerin gerekli olduğu alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Parça konsolidasyonu : Uygun kalıplama yöntemi ile başka malzemeler kullanılarak birkaç parçadan oluşan mamuller tek kalıplama ile üretilebilmektedir. İşlem miktarını, işçiliği, stoklama maliyetlerini düşüren bu özellik, kompozit malzemelerin öncelikle otomotiv sektöründe tercih edilme sebeplerinden biri olmuştur.

Malzeme teknolojisindeki hızlı gelişmeler sonucunda, 1970’li yılların sonlarından itibaren değişik özelliklere sahip yeni malzemeler mühendislik uygulamalarında ve yeni sistemlerin dizaynında yoğun olarak kullanıma sunulmuştur. “Geleceğin malzemeleri” olarak tanımlanan kompozit malzemeler, havacılık ve otomotiv endüstrilerinde yoğun olarak kullanılmaktadır. Mühendislikte yaygın olarak; metaller, plastikler ve seramikler olmak üzere 3 grup malzeme kullanılmaktadır. Teknolojik ihtiyaçlar doğrultusunda yeni malzeme geliştirme arayışları içine girilmiştir. Bunlar da kompozit malzemeler olarak dördüncü grubu teşkil etmektedir (Şahin, 2000). Bu malzeme grupları ve türlerinin, dayanımları Şekil 4.1.’de, yoğunlukları ise Şekil 4.2.’de gösterilmiştir.



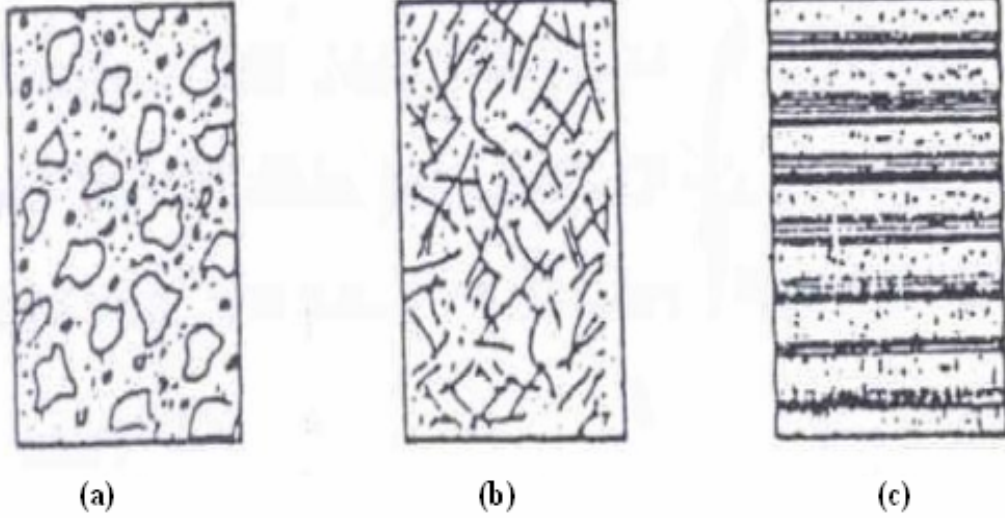
Şekil 4.1. Farklı gruptaki malzemelerin dayanımları



Şekil 4.2. Farklı gruptaki malzemelerin yoğunlukları

Kompozit malzemelere *donatılı yapı* veya *pekiştirilmiş malzemeler* de denilmekte olup pekiştirici bileşenin türüne ve düzenleme biçimine göre üç gruba ayrılabilir. Şekil 4.3.'te bu üç grup görülmektedir.

- a) Taneli kompozitler,
- b) Lifli kompozitler,
- c) Tabakalı kompozitler.



Şekil 4.3. Kompozit malzemelerde yapı türleri : a) Taneli yapı, b) Lifli yapı, c) Tabakalı yapı

4.4. Kompozit Malzeme Elemanları

Kompozit malzemeler, şekil ve kimyasal bileşimleri farklı, iki veya daha fazla değişik malzemenin kombinasyonu olarak tanımlanmakta olup genellikle, matris adı verilen ana malzeme ile takviyelendirici olarak adlandırılan fiber malzemedan, meydana gelirler. Matris malzemesinin türüne göre, metalik kompozitler, polimerik kompozitler, seramik kompozitler vb. yapı bileşeninin şekline göre de; fiberli, tane katkılı, tabakalı kompozitler vb. şeklinde sınıflandırılabilir. Takviyelendirici olarak fiberler, partiküller vb. malzemeler kullanılmaktadır. Partikül takviyelendiricilerin önemli bir kısmı sert ve aşınmaya dayanıklı malzemelerdir.

Kompozit malzemedde, matris malzeme ile takviye elemanının birbiriyle iyi bir arabirim oluşturacak şekilde bir araya gelmesi için uygun bir ortamının oluşturulması gereklidir. Bu ortam içinde, uygun süre ve sıcaklıklar seçilmelidir (Taşgetiren, 1999).

4.4.1. Matris elemanları

Kompozit malzeme, genellikle takviye elemanı ve matris olmak üzere, en az iki malzemeden oluşur. Matris, kompozit malzemelerin birinci ana bileşenidir. Fiberin istenen başarıyı göstermesi uygun matris seçimine bağlıdır. Matrisin başlıca görevleri;

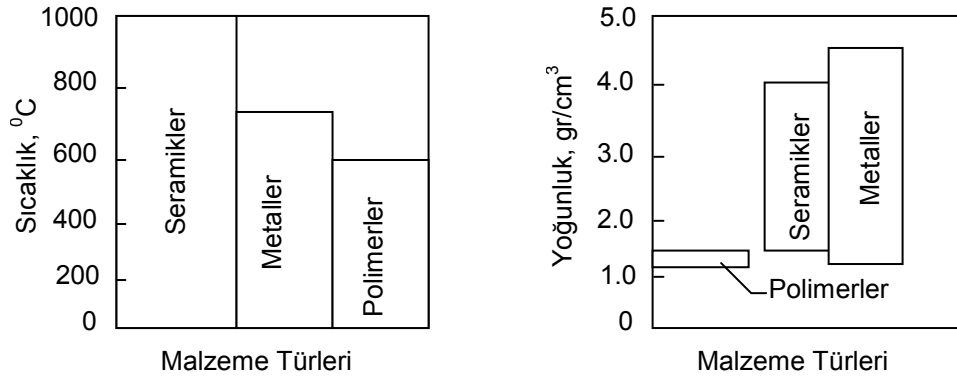
- a) Kuvvetleri fiberlere iletmek,
- b) Fiberleri, korozyon ve oksidasyon gibi, ortamın etkisi ve darbelerden korumak,
- c) Bittiğinde istenen özelliklere uygun olması,
- d) Maliyet.

Matris, seçiminde malzemenin nem ve su alma özelliklerinin de göz önünde bulundurulması gereklidir. Kayma sertliği, boyuna olan basınç mukavemeti, uzama, kopma, yorulma ve darbe özellikleri de çok önemlidir. Matrisin yüksek bir kayma modülüne sahip olması istenir. Böylece kompozitten elde edilen kayma katılığı sağlanır. Kayma gerilmesi ve kayma modülü, matris için mukavemetten daha önemli bir unsurdur. Matrislerin çoğu sıvı halde kullanıldığı için viskozite önemlidir. Erime noktası, sıcaklık gibi fiziksel özellikler de matrislerin diğer önemli noktalarıdır.

Matris malzemeler üç ana grupta toplanırlar;

- a) Polimer matrisler,
- b) Metalik matrisler,
- c) Seramik matrisler.

Kompozit malzemeyi oluşturan elemanlar, kullanılan ortamlar, ortamların özellikleri ile ilgili olarak sürekli yeni çalışmalar yapılmaktadır. Matrisler, bağlayıcı eleman olmakla beraber asıl görevleri, takviye elemanlarını bir arada tutmak ve işlem sırasında malzeme yüzeyini mekanik hasarlardan korumaktır. Bunlar aynı zamanda, takviye elemanlarına gelen yükü transfer eder ve dağıtırlar. Böylece takviyeler, matris ve takviye elemanı arasındaki birleşmeye bağlı olarak, yükün büyük bir kısmını taşırlar. Şekil 4.4.'te matris malzemelerin özellikleri Çizelge 4.1.'de matris ve takviye elemanı tipleri ile oluşan kompozit yapının türleri görülmektedir (Şahin 2000).



Şekil 4.4. Matris malzemelerin özellikleri

Çizelge 4.1. Matris, takviye elemanı ve kompozit yapı tipleri (Endüstriyel Tasarım Dergisi)

Matris Malzemeleri	Takviye Elemanları	Kompozit Yapının Şekli
Polimerler	Lifler	Tabakalar
Metaller	Whiskers (kıl-kristal)	Film-Folye
Seramikler	Pudra	Petek yapısı
	Yonga	Filament Sarılmış Yapılar
	Granül	Kaplamalar

4.4.2. Takviye elemanları

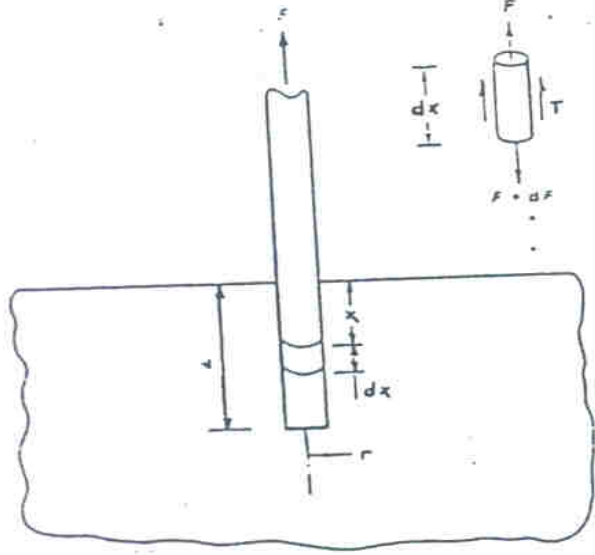
Takviye elemanları, kompozit malzemenin ikinci ana bileşenidir. Kompozit yapıda takviye elemanı seçiminde önemli unsurları şöyle sıralayabiliriz;

- Hafiflik (özlük ağırlık),
- Mukavemet ve modül (çekme ve basma),
- Kimyasal uyumluluk,
- Üretim kolaylığı,
- Elektrik ve ısı iletkenliği,
- Ekonomiklik.

4.4.3. Bağ yapma

Kompozit yapıda bağ oluşumu denildiğinde ortaya arabirim kavramı çıkmaktadır. Arabirim, kompozitin özelliklerini oluşturan matris ve takviye elemanından sonraki üçüncü önemli unsurdur. Arabirimin sahip olduğu bağ kuvveti değeri, kompozitin davranış karakterlerini belirler. Arabirimdeki bağın yada yapışmanın iyi olması kompozitin mukavemetli, zayıf olması kompozitin mukavemet

ve katılık yönünden zayıf olduğunu gösterir. Bu anlamda, çekme-sıyrılma testinde kendini kopma yada sıyrılma şeklinde gösterir. Şekil 4.5.'te arabirim bağ mukavemetinin ölçülmesi görülmektedir (Taşgetiren, 1999).



Şekil 4.5. Arabirim bağ mukavemetinin ölçülmesi

Arabirimde fiziksel, kimyasal ve mekaniksel bağların ve takviye elemanının geometrisinin çok önemi vardır. Arabirimdeki yapışma;

- Yüzeylerin şekillerine,
- Arabirimi meydana getiren malzemelerin yapılarına,
- Temas basınçlarına,
- Yüzeylerde kalan elementlere,
- Yüzeylerdeki fonksiyonel gruplara,
- Çalışma sıcaklığına bağlıdır.

Reçine maddesi, takviye elemanını çok iyi sarabilmeli ve ıslatabilmelidir. Islanma iyi olmazsa, zayıf bir arabirim meydana gelir. Islatılabilirlik şarttır ancak, iyi bir arabirim için yeter şart değildir. Reçinenin ani dökülmesi, takviye elemanının yüzeyinde hava kabarcıkları oluşmasına, zayıf ara bağlara ve zamanla çatlakların oluşumuna neden olur.

Arabirimi kuvvetlendirmekte kullanılan en geçerli yöntem birleştirme maddeleri kullanmaktır. Kimyasal ajan olarak adlandırılan bu maddeler matris ve takviye elemanına uygun olarak seçilmelidir.

4.5. Metal Matrisli Kompozitler

Günümüzde, geçen otuz yılı aşan bir süre içerisinde, metal matrisli kompozitlere büyük bir ilgi oluşmuştur. Bunun başlıca sebeplerinden biri, ekonomik ve yüksek kaliteye sahip malzeme üretim yöntemlerinin geliştirilmesine olan ilgi ve gereksinimdir. Metalik kompozitler üzerinde yapılan çalışmalarda, özellikle yüksek sıcaklıklarda kullanılacak dayanımı yüksek, rijit malzemelerin geliştirilmesi yönünde yoğunlaşmaktadır.

Metal matrisli kompozit malzemelerin üretilmesinde matris malzemesi olarak (genellikle bir metal alaşımı) tüm mühendislik malzemeleri kullanılabilen ve matris malzemesine ilave edilecek takviye malzemesi ise (genellikle bir metallerarası bileşik, oksit, karbür veya nitrat) denenerek ve araştırılarak bulunmaktadır. Al, Ti, Mg, Cu, Fe, Co, Mo ve Ni gibi yeterli mukavemet ve yüksek süneklik özelliğine sahip metaller ve alaşımları en çok kullanılan matris malzemeleridir. Metal matrisli kompozitlerde yaygın olarak kullanılan başlıca takviye elemanları ise elyaf, parçacık, plakalı, lifli yapıda olabilen; Al_2O_3 , SiC, Gr, Br, TiB_2 , TiC, WC, W ve C gibi seramik malzemelerdir. Bu malzemelerden beklenen özellikler; düşük yoğunluk, yüksek elastiklik modülü, yüksek çekme mukavemeti, yüksek ergime sıcaklığı, ekonomiklik ve en önemlisi de matris malzemesi ile uyumluluktur.

Metal matrisli kompozitlerde matris malzemesi olarak, yoğunluğunun düşük oluşu, ucuz olması, kolay bulunuşu, çeşitli alaşım formlarında bulunabilmesi ve oldukça iyi mekanik özellik kombinasyonlarına sahip olmasından dolayı en çok alüminyum kullanılır. Takviye elemanı metal matrisli kompozitin temel özelliklerini ve uygulanması gerektiği alanların belirlenmesinde önemli bir faktördür. Bu nedenle takviye elemanının seçimi özenle yapılmalıdır. Takviye malzemesi olarak günümüzde yaygın olarak bor elyafı, grafit elyafı, SiC ve Al_2O_3 kullanılmaktadır.

Metal matrisli kompozit alaşımlarında matrisler Ti, Al ve Mg gibi hafif alaşımlı malzemeler, takviyeler ise yapı itibariyle lifli, yönlü fiber, fiber ve taneli olabilir. Fiberler belli bir düzende dizilirler ve tek yönde dizilen fiberler birbirlerini takip ederler. Fiber takviyeli metal matrisli kompozit malzemelerin anizotropik özellikleri yüksektir; birleştirme, şekil verme, kesme gibi imalat yöntemlerinde problemlerle karşılaşılabilir. Tane takviyeli malzemeler oldukça izotropiktir, imali

kolay ve aynı zamanda ucuzdur. Bu yüzden tane takviyeli kompozit malzemeler sanayide kullanıma daha çok elverişlilerdir.

Bir çok izotropik fiber veya whiskers takviyeli malzemeler çapraz katmanlar şeklinde kullanılarak çok çeşitli malzemeler üretilir. Sürekli fiber takviyeli malzemeler; belli bir sıcaklık aralığında izotropiktir, döküm yöntemiyle elde edilen lif takviyeli malzemelerin ise imal yöntemi çok daha kolaydır. Tane takviyeli malzemeler de son on beş yılda kullanım yönünden dikkat çekmektedir. Al ve alaşımları gibi bir çok matrislerin içerisine Ti ve Mg ilave edilerek özellikleri geliştirilmiştir. Bütün bu matrisler için SiC takviyeleri tercih edilmektedir. Alüminyum alaşımlarında ise Al_2O_3 , B_4C , TiC ve B fiberleri takviye elemanı olarak kullanılmaktadır.

Metal matrisli kompozitler, kompozit malzeme grubu içinde önemli bir yere sahiptirler. Bunun en önemli nedeni bu malzemelerin sahip oldukları dayanım, süneklik, tokluk ve elastisite modülü gibi temel özelliklerinin yanı sıra diğer mühendislik malzemeleri ile kıyaslandığında daha iyi olmasından kaynaklanmaktadır. Metal matrisli kompozitler dayanım/ağırlık oranı en düşük malzemelerden birisidir ve bu özellik ağırlıktan kaçınılan uygulamalarda örneğin otomotiv endüstrisinde çok büyük bir avantaj sağlamaktadır. Ayrıca metal matrisli kompozitler havacılık ve nükleer endüstrilerde de kullanılmaktadırlar.

Son yıllarda metal matrisli kompozit malzemelerin üretilmesinde ve daha pratik olarak uygulamaya aktarılmasında süreksiz olarak takviye edilmiş malzemeler tercih edilmektedir. Bunun ana nedeni de takviye malzemelerinin kolay üretilmelerini ve kolay tamir edilebilmeleridir. Bir diğer neden ise süreksiz takviyelerle üretilen metal matrisli kompozitlerin dövme, haddeleme ve ekstrüzyon gibi standart metallurjik proseslerle şekillendirilebilir olmaları da sayılmaktadır. Süreksiz olarak takviye edilmiş metal matrisli kompozitlerin kolay üretilir olmalarından dolayı son yıllarda çok değişik alanlarda bu malzemelerin kullanıldıkları tespit edilmiştir.

Metal matrisli kompozitler bazı dezavantajlarına rağmen hala yüksek sıcaklık malzemesi olarak seramik matris kompozit malzemelerden daha fazla ve güvenilir olarak kullanılmaktadır. Bunun en önemli sebebi de metal bilimi ve teknolojisinin seramiklerden çok daha ileride olmasıdır. Otomobil ve uzay araçlarının çeşitli motor

parçalarında metal matrisli kompozitlerin kullanımı, seramik matrisli malzemelerden daha güvenilir olmaktadır. Metal matrisli kompozit olarak fiber takviyeli süper alaşımların ve bazı diğer malzemelerin 1990 ve ileriki yıllarda jet motorlarında türbin kanadı ve otomobillerde motor elemanı olarak kullanılmıştır (Taşgetiren, 1999). Çizelge 4.2.'de bazı metal matrisli kompozitlerin potansiyel uygulama alanları görülmektedir (Şahin, 2000).

Çizelge 4.2. Bazı metal matrisli kompozitlerin potansiyel uygulama alanları

Kompozit Türü	Uygulama Alanları	Bazı Ayırt Edici Özellikleri
Alüminyum - grafit	Yataklar	Daha ucuz, daha hafif, kendi kendine yağlama, Cu, Pb, Sn, Zn tasarrufu
Alüminyum - grafit, alüminyum - α - Al_2O_3 , alüminyum - SiC/Al_2O_3 ,	Otomobil pistonları, silindir gömlekleri, biyel kolları	Aşınma direnci,soğuk çalıştırma, daha hafif, yakıt tasarrufu, gelişmiş etkinlik
Bakır - grafit	Kaymalı elektriksel kontaklar	Mükemmel iletkenlik, yapışmama özelliği
Alüminyum - SiC	Turboşarj pervaneleri	Yüksek sıcaklık kullanımı
Alüminyum - cam veya karbon mikro balonları	Turboşarj pervaneleri	Ultra hafif malzemeler
Magnezyum - karbon fiber	Uzay yapıları için boru şeklindeki kompozitler	Sıfır ısıl genleşme, yüksek sıcaklık mukavemeti, iyi özgül mukavemet ve modül
Alüminyum - zirkon, alüminyum - SiC , alüminyum - silika	Kesici takımlar, makine örtüleri, pervaneler	Sert, abrasive aşınma dirençli malzemeler
Alüminyum - kömür, alüminyum - kil	Düşük maliyetli ve düşük enerjili malzemeler	Sert, abrasive aşınma dirençli malzemeler

4.6. Seramik Matrisli Kompozitler

Seramikler, metal ve metal olmayan elamanlardan meydana gelen inorganik bileşikler olup doğada kayaların dış etkilere karşı parçalanması sonucu oluşan kaolen, kil vb. maddelerin yüksek sıcaklıkta pişirilmesi ile elde edilen malzemelerdir. Bunlar farklı şekilde silikatlar, alüminatlar ile birlikte metal oksitlerinden oluşurlar. Genelde bunlar ya iyonik yada iyonik + kovalent bağ karışımına sahip oldukları için çok kararlıdırlar. Bu nedenle de çok sert, gevrek ve yüksek sıcaklığa dayanıklıdırlar. Seramik malzemeler endüstriyel fırınlar tuğla, betondan elektronik ve optik araçlarda kullanılan yeni malzemelere kadar geniş kullanım alanı kapsarlar. Son seramik grubu ince seramik malzemeler olarak adlandırılır. Camlar kimyasal olarak çok taraflı fakat

cam geçiş sıcaklığından geçerken dayanımını kaybederler ve kırılğan hale gelirler. Bunun anlamı küçük yüzey hataların varlığının kopma gerilimini hızlı bir şekilde azaltmasıdır. Aynı zamanda termal direnci düşük ve iyi bir yalıtıcıdır. Seramikler gevrek olduklarından mikro yapı kusurları çentikler ve mikro çatlaklar gerilme yığılmasına yol açtıklarından çekme dayanımı düşüktür. Basma dayanımları ise çok yüksektir. Ancak mikro yapısal kusurları azaltacak şekilde çok ince çaplı elyaflar üretilerek daha dayanıklı kompozit üretmek mümkün olmaktadır. Bu malzemelerde kayma direnci çok yüksek olduğundan plastik şekil verme olmaksızın gevrek tarzda kırılırlar.

Seramik malzemelerin yüksek sıcaklığa dayanımları iyidir. Kompozit yapmak için seramik malzemeler takviye elmanı olarak kırılğanlığı azaltmak için kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan seramik mühendislik malzemeleri olarak silisyum karbür (SiC), silisyum nitrür (Si₃N₄) ve alüminyum oksit (Al₂O₃) gösterilebilir. Seramik ile kompozit malzeme oluşturulduğunda yaklaşık 1 200 °C'ye kadar kullanılabilir. Karbon matris içine gömülen karbon elyaflardan oluşan kompozit malzemeler ise yüksek sıcaklıklarda yaklaşık 3 000 °C'de olağanüstü özelliklere sahiptirler. Bu malzemelerin oda sıcaklığı, yüksek sıcaklık karşısındaki davranışı, eğilme dayanımı, kırılma tokluğu, ve ısıl şok direnci vb. gibi önemli bazı özellikleri Çizelge 4.3.'te gösterilmiştir. Bu da seramikleri birbirleri ile karşılaştırma imkanı sağlamakta ve seçimi konusunda uygulamada yardımcı olabilmektedir (Şahin, 2000).

Çizelge 4.3. Bazı mühendislik seramiklerin tipik özellikleri

Malzeme türü	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	Si ₃ N ₄	SiC
Eğilme dayanımı (MPa)	440	1020	880	500
Oda sıcak. dayanım (°C)	500	1200	1000	1100
1200 °C de dayanım	300	350	350	480
Kırılma tokluğu	4	9	6	4
Termal şok direnci(Suda)	200	350	900	370

4.7. Polimer Matrisli Kompozitler

Polimer malzemeler son 25 - 30 yıl içerisinde önemli gelişmeler göstererek günlük yaşantımızda ve endüstrinin hemen her dalında kullanılan malzemeler haline

gelmişlerdir. Çoğu uygulamalarda tercih edilmelerine neden olan tipik özellikleri şunlardır;

- a) Yoğunluğu düşük malzemeler oluşu,
- b) Kitle üretim teknikleri ile kolay, hızlı ve ekonomik olarak üretilebilmeleri,
- c) Atmosferik korozyona ve kimyasal maddelerin pek çoğuna karşı iyi bir direnç göstermeleri,
- d) Moleküler yapıları değiştirilerek ve katkı maddeleri kullanılarak özelliklerinin geliştirilebilmesi,
- e) Boyar maddeler kullanılarak çok değişik renklerde üretilebilmeleri,
- f) Nispeten ucuz malzeme oluşları.

Polimere önemli avantajlar kazandıran ve pek çok uygulamalar için ilgi çekici hale getiren bu özelliklerinin yanısıra, mühendislik malzemesi olarak kullanımlarını sınırlayan özellikleri ise,

- a) Mekaniksel özellikleri zayıf, düşük mukavemetli malzemelerdir. Düşük gerilme altında kolayca deforme olur (termoplastikler) veya gevrek bir kırılma gösterirler (termoset plastikler). Bu nedenle yük taşıyıcı sistemlerde kullanılmazlar.
- b) Ergime sıcaklıkları, ısı dirençleri ve kararlılıkları düşüktür.
- c) Kompozit malzeme tasarımının genel prensipleri ve amaçları çerçevesinde, plastiklerin yararlı özelliklerini geliştirmek için diğer yapı bileşenleri ile birleştirilerek kullanılmaları günümüz malzeme teknolojisinin hedeflerinden birini oluşturmaktadır.

Kompozit malzemelerde matris olarak kullanılan genelde üç tip plastikler mevcut olup bunlar termosetler, termoplastikler ve elastomerlerdir.

4.7.1. Termoplastikler

Termoplastikler, oda sıcaklığında katı malzeme olarak adlandırılırlar. Bu malzemelerde çizgisel molekül zincirleri birbirine zayıf metalik bağ olan Van der Walls bağları ile bağlıdır. Rijit bir yapıya sahip değildirler, ısıtıldığında yumuşar ve sıcaklık artırdıkça viskoziteleri düşer. Bu özellikler termoplastiklerden yapılan ürünleri daha ekonomik yapar ve kolaylıkla şekillenmesini sağlar. Tekrar soğutulduğunda yeniden sertleşirler. Sıvı halde bulunduğu sıcaklıklarda viskoziteleri

yüksektir. Bu nedenle ara yüzey bağı termosete göre daha zordur. Ancak şekillendirme kapasitesi iyi olduğundan bunların kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu polimerler kristal veya şekilsiz (amorf) olabilirler. Kristal şekilli olanlarda moleküller büyük uzaklıklarda oldukça düzenli şekil oluştururlar. Amorf polimerler de ise uzun zincirler birçok noktada birbirine dolaşmıştır. Bunlar polimerleri daha büyük sıcaklıklarda rijit yapar. Kısa elyafla küçük hacim ortamında hamur veya levha kalıplama yöntemi ile kullanılmaktadır. Kimyasal etkilere karşı hassastırlar. Ancak poliamid veya PEEK / karbon elyaflı kompozit 95 °C'de suya karşı dayanımında azalma olmamaktadır. Tutuşma direnci daha iyidir.

Seçilen termoplastiklerin bazı özellikleri Çizelge 4.4.'te, mekanik ve fiziksel özellikleri Çizelge 4.5.'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4 Termoplastiklerin tipik özellikleri

ÖZELLİKLERİ	AKRİLİK	ABS	PTFE	PA
Elastik modülü (MPa)	2800	2100	425	700
Çekme dayanımı(MPa)	55	50	20	70
Uzama miktarı (%)	5	10-30	100-300	300
Özgül ağırlığı (gr/cm ³)	1.2	1.6	2.2	1.14
Ergime derecesi(°C)	200	--	327	260

Termoplastiklerin özelliklerini şöyle özetlemek mümkündür:

- Çok düşük rijitlik,
- Çok düşük çekme dayanımı ve düşük sertliğe sahip olduklarından aynı zorlama için daha büyük hacimler gerektiğinden dolayı her zaman tercih edilmezler.
- Daha büyük süneklik, yaklaşık % 1 ile 500 arasında değişir.
- Kuvvet etkisinde oda sıcaklığında bile sünme ve zamana bağlı şekil değiştirmeler oluşur.

Fiziksel özellikleri de şöyle özetlenebilir:

- Metaller ve seramiklerden daha düşük yoğunluğa sahiptirler. Polimerlerin tipik özgül ağırlıkları 1.2 gr/cm^3 iken seramiklerin yoğunlukları 2.5 gr/cm^3 ve metallerin yoğunlukları ise 7 gr/cm^3 civarındadır.
- Çok yüksek termal uzama katsayılarına sahiptir. Genel olarak metallerin yaklaşık 5 katı seramiklerin yaklaşık 10 katı civarındadır.
- Düşük ergime sıcaklıklarına sahiptir.
- Özgül ısıları metallerin 2 katı kadar olup seramiklerin 4 katı kadardır.
- Termal iletkenlikleri metallerden yaklaşık 3 kat daha düşüktür.
- Yalıtıcı elektriksel özelliklere sahiptir.

Çizelge 4.5. Seçilen bazı termoplastik malzemenin mekanik ve fiziksel özellikleri

Malzeme Özellikleri	Polietilen	Politetrafen	PA 6.6	Polipropilen
Yoğunluk (gr/cm^3)	0.95	0.92	1.14	0.90
Elastik modülü (Mpa)	1 000	22	700	1400
Çekme dayanımı (Mpa)	30	14 - 34	70	35
Kopma uzaması (%)	10 - 1200	100 - 650	300	10 - 500
Termal iletkenlik	0.48	0.33	0.25	0.12
Isıl genişleme katsayısı	60 - 110	100 - 220	70 - 120	80 - 100
Ergime sıcaklığı($^{\circ}\text{C}$)	---	----	260	175

Termoplastikler, üretilen bütün sentetik polimerlerin yaklaşık % 70'ini meydana getirir ve üç tipten ticari olarak en önemlisidir. Termosetler ve elastomerler ise yaklaşık % 30'unu oluşturur. Tipik olarak kullanılan termoplastikler Acetal, Acrylonitrile – Butadiene - Steryn (ABS), Selüloz, Poli – terra – flor – etilene = Fluoropolmers (PTFE), Poli amids (PA), Polikarbonat (PC), Polietilen (PE), Polyester (PET), Polivinil klorür (PVC), Naylon 6.6, Polistreyne (PS) ve Polipropilen (PP)'dir. Termoplastikler olan belli polimerlerden termosetler de yapılabilir (Şahin, 2000).

4.7.2. Termosetler

Termosetler, polimerizasyonla iki kademede elde edilir. Birincisi malzemeyi ihtiva eden monomerler lineer zincirlerin bir araya getirdiği reaktörde başlarken ikinci polimerizasyon işlemi kalıplama işlemi esnasında sıcaklık ve basınçla

reaksiyona girmeyen kısımlar sıvılaşılarak molekül zincirleri üç boyutlu yapıya sahip olur ve rijitleşirler. Bunlar tekrar ısıtılarak yumuşatılmaz. Epoksi ve polyesterler elyaf takviyeli kompozitlerde yaygın olarak kullanılan matris malzemeleridir. Bunların fiziksel ve mekaniksel özellikleri, moleküllerin büyüklüğüne, yoğunluğuna, ve çapraz bağın uzunluğuna bağlıdır. Bunların sakıncası ise sertleşme sırasında % 10 kadar çekme (büzülmesi) göstermesidir. Bu büzülme ise liflerin basma gerilmeleri altında burkulmasına neden olur. Suyu emebilir fakat sürtünme direnci daha iyidir. Termosetlerin dayanımı termoplastiklere göre yüksektir. Termoplastiklerin özelliklerinde farklar termal olarak kararlı oluşan yapı, çapraz bağ, moleküller içindeki yapının kovalent bağlı olmasından kaynaklanmaktadır.

Çapraz bağ 3 yolla elde edilir. Bunlar:

- Sıcaklık aktive edilmiş sistem,
- Katalitik aktive edilmiş sistem,
- Karıştırma ile aktive edilmiş sistemden sağlanmış olabilir.

Ancak bunların dezavantajları ise; yüksek sıcaklıklarda nispeten düşük dirence sahip olması, kısa ömür ve düşük mekanik özellikler göstermesi, düşük ısıl genleşme ve elektrik iletkenliğine sahip olmasıdır. Çizelge 4.6.'da bazı termoset plastik malzemelerin mekanik ve fiziksel özellikleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. Bazı termoset plastik malzemelerin mekanik ve fiziksel özellikleri

Malzemenin Cinsi	Epoksi	Polyester	Fenolik
Yoğunluk (gr / cm ³)	1.11	1.04 - 1.46	1.24 - 1.32
Elastik modülü (Mpa)	7000	3400	4800
Çekme dayanımı (Mpa)	70	41 - 90	34 - 62
Kopma uzaması (%)	3 - 6	42	1.5 - 2.0
Isıl iletkenlik (k)	0.19	0.19	0.15
Isıl genleşme katsayısı (1/°C)	45 - 65	55 - 100	68

Günümüzde en çok kullanılan termosetler; Epoksi, Fenolik, Polyester, Silikons, Amino reçineler ve katkı maddeleridirler (Şahin, 2000).

4.7.3. Elastomerler

Elastomerler, termoset polimerler gibi çapraz bağı olan uzun zincir moleküllerinden oluşur. Bunlar; çok düşük gerilmelere maruz kaldığı zaman büyük elastik deformasyon yapma yeteneği olan polimerlerdir. Bazı polimerler % 500 ve daha fazla uzama yaparlar ve tekrar orijinal şekline dönerler. Çok meşhur olan polimerler ise kauçuktur. Kauçuk iki kategoriye ayrılabilir.

Doğal kauçuk : Belli biyolojik bitkilerden çıkartılan kauçuktur.

Sentetik polimerler : Termoset ve termoplastik polimerler için kullanılır ve benzer polimerizasyon işlemleri ile üretilir.

Daha fazla çapraz bağlanma sağlanması halinde elastomerler daha rijit olur ve elastik modülü daha lineerdir (Şahin, 2000).

4.8. Hidrolik Sistemler ve Kompozit Malzeme Üretiminde Kullanılacak Olan Hidrolik Pres Tasarımı

Endüstride insanların işlerine yarayan, üretimde kullanılan makine, takım, araç ve gereçlerin hepsinin bir sistemi, yapısı, çalışma şekli vardır. Sıkıştırılmış akışkanın enerjisinden faydalanarak iş yapmaya yarayan ünitelerin hepsini de hidrolik sistemler olarak adlandırabiliriz. Sıkıştırılmış akışkanlardaki iş yapabilme kabiliyetine hidrolik enerji denir. Hidrolik enerji, hidrolik akışlardaki potansiyel enerji, hidrostatik enerji ve hidrodinamik enerjiden meydana gelir.

Hidrolik sistemin deposunda bulunan hidrolik akışkan pompa tarafından emilerek sisteme gönderilir. Hidrolik sistemde bulunan hidrolik devre elemanları tarafından kontrol ve yönlendirilmesi yapılan akışkan devresini tamamlayarak tekrar depoya (tanka) döner. Bu arada hidrolik sistem de istenilen fonksiyonu yerine getirmiş olur. Hidrolik sistemlerin hepsi de hidrolik enerjiyi harekete dönüştürürler. Çeşitli hidrolik devre elemanları ile bir hidrolik sistemden;

- a) Doğrusal hareket,
- b) Dairesel hareket,
- c) Açısal hareket elde edilir.

Hidrolik sistemlerden doğrusal hareket elde etmek için tek ve çift etkili hidrolik silindirler kullanılır. Dairesel hareket elde etmek için hidrolik motorlar, açısal hareket elde etmek için de salınımlı motorlar kullanılır. Bir hidrolik sistemi üç ana grupta ele alınıp değerlendirilebilir.

- a) Hidrolik enerji üretim gurubu : Hidrolik tankı, elektrik motoru, hidrolik pompa, emniyet valfi, emiş borusu, dönüş borusu, manometre ve basınç hattından oluşur.
- b) Kontrol elemanları gurubu : Hidrolik akışkana yön veren, hız debisinin ayarlandığı elemanların bulunduğu kısımdır.
- c) Hidrolik alıcılar gurubu : Hidrolik enerjinin mekanik enerjiye dönüştürüldüğü kısımdır. Genellikle doğrusal hareket üreten tek veya çift etkili silindir, daireysel hareket üreten hidrolik motor ve hidrolik alıcılar gurubunu oluşturur.

4.8.1. Hidrolik sistemlerin avantajları

Hidrolik sistemlerin, elektrikli ve pnömatik sistemlerle karşılaştırılması Çizelge 4.7.'de görülmektedir. Hidrolik sistemlerin diğer sistemlerden avantajlı olan taraflarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- a) Hidrolik enerjinin sağlanması, kontrolü ve denetimi diğer sistemlere nazaran daha kolaydır.
- b) Hidrolik devrelerdeki elemanlar aynı işi yapabilen diğer sistemlerin devre elemanlarına göre daha sessiz, gürültüsüz ve titreşimsiz çalışırlar. Ani yüklenmelere karşı sistem kendi kendini korur veya otomatik olarak durur sonra normal çalışmasına devam eder.
- c) Hız ve basınç kontrolü kolaydır, hiçbir mekanik sistemin sağlayamadığı hız ve devir ayarları hidrolik sistemlerde sağlanabilir.
- d) Mekanik sistemlere göre daha az yer işgal ederler ve istenilen yere taşınabilmesi kolaydır.
- e) Hidrolik sistemler sayesinde çok büyük güçler elde edilebilir.

4.8.2. Hidrolik sistemlerin dezavantajları

- a) Hidrolik sistemlerde meydana gelen yüksek basınçlardan dolayı sistemde yağ kaçaqları meydana gelebilir, bu durum sistemin verimini azaltır.
- b) Sistemdeki hidrolik akışkan içinde meydana gelen hava kabarcıkları sistemin veriminin düşmesine neden olur ve kontrolü zorlaştırır.
- c) Sistemde meydana gelen fazla ısı bazı devre elemanlarının istikrarlı çalışmasını bozar, ömrünü azaltır ve yağ içinde kabarcıklar meydana getirir.
- d) Sistemdeki hidrolik akışkan iyi seçilmemiş ise veya iyi temizlenmemiş ise bazı hassas devre elemanlarının bozulmasına yol açar.
- e) Hidrolik sistemde kullanılan devre elemanları sayısı arttıkça ve borulardaki kıvrım ve bükülmeler çoğaldıkça sistemin verimi azalır (Demirtaş, 1998).

Çizelge 4.7. Hidrolik sistemlerin elektrik ve pnömatik sistemlerle karşılaştırması (Merkle ve ark., 1991).

	ELEKTRİK	HİDROLİK	PNÖMATİK
Kaçaklar		Kirlilik	Sadece enerji kaybı
Çevreden etkilenme	Belirli çevrelerde patlama tehlikesi, sıcaklığa karşı duyarlı	Sıcaklık değişimine karşı duyarlı, kaçak varsa yangın tehlikesi	Patlamaya karşı emniyetli, sıcaklığa karşı duyarlı
Enerji depolama	Zor, pil veya akü ile sadece az miktarda	Sınırlı, gaz yardımıyla	Kolay
Enerji iletimi	Sınırsız, enerji kaybı	100 m kadar, akışkan hızı $v = 2 - 6$ m/s Sinyal hızı 1 000 m/s	1 000 m kadar, akışkan hızı $v = 20 - 40$ m/s Sinyal hızı 20 - 40 m/s
Çalışma hızı		$V = 0.5$ m/s	$V = 1.5$ m/s
Enerji besleme maliyeti	Düşük	Yüksek	Çok yüksek
Doğrusal hareket	Zor ve pahalı, kuvvetler küçük, hız ayarı oldukça masraflı	Silindire oldukça basit kuvvetler büyük, hız ayarı kolay	Silindire oldukça basit Kuvvetler sınırlı, hız yüke bağımlı
Döner hareket	Basit ve güçlü	Basit, yüksek dönme momenti, düşük devir	Silindire oldukça basit, kuvvetler sınırlı, hız yüke bağımlı
Konumlama hassasiyeti	Hassasiyet kolayca elde edilebilir.	Yapılan masrafla hassasiyet elde edilir.	Yük değişimi olmaksızın 1/10 mm kadar mümkün
Rijitlik	Mekanik ara elemanlar vasıtasıyla çok iyi değerler elde edilebilir.	İyi, zira hidrolik sıvının sıkıştırılabilirliği ihmal edilebilecek kadar az ve basınç pnömatiğe göre daha yüksek	Kötü, zira hava sıkıştırılabilir.
Kuvvetler	Aşırı yüklenemez, çıkış tarafına bağlanan mekanik elemanlarla verim kötüleşir, büyük kuvvetler elde edilebilir.	Aşırı yüke karşı emniyetli, sistem basıncının yükseltilmesi ile (600 bar kadar) çok yüksek kuvvetler elde edilebilir. $F < 300$ kN	Aşırı yüke karşı emniyetli, hava basıncına ve silindir çapına bağlı olarak kuvvetler sınırlı, $F < 30$ kN, basınç 6 bar kadar.

4.8.3. Hidrolik devrelerde güç ünitesi

Hidrolik sistemler için gerekli olan basınçlı akışkanı istenilen debi ve basınç değerinde hazırlayarak sisteme gönderen hidrolik devre elemanları grubuna *güç ünitesi (servis ünitesi)* denir. Bir hidrolik güç ünitesinde aşağıdaki elemanlar bulunur.

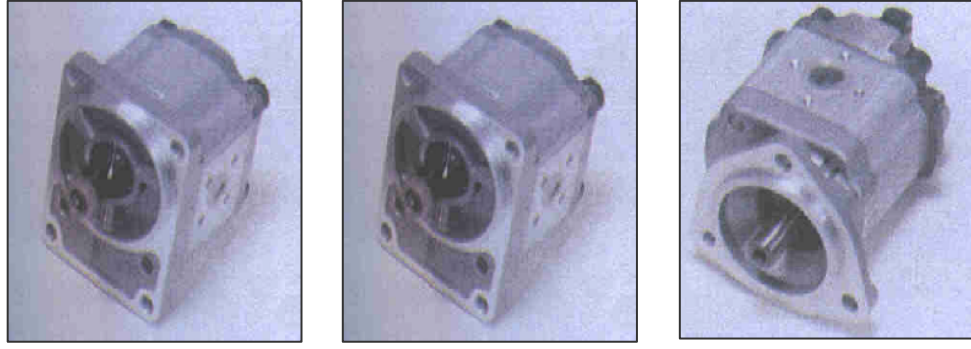
- 1) Hidrolik pompalar,
- 2) Hidrolik silindirler,
- 3) Hidrolik motorlar,
- 4) Hidrolik valfler,
- 5) Yağ deposu,
- 6) Manometre,
- 7) Sızdırmazlık elemanları,
- 8) Emiş hattı filtresi,
- 9) Isıtıcılar,
- 10) Hidrolik yağ seviye göstergesi,
- 11) Basınç elemanları.

Küçük kapasiteli hidrolik sistemler için değişik tip ve kapasitede güç üniteleri mevcuttur. Güç ünitesi alınırken sistem için gerekli olan akışkan basıncı ve debisi, pompa gücü, yağ deposu büyüklüğü dikkate alınarak uygun servis ünitesi seçilir.

4.8.3.1. Hidrolik pompalar

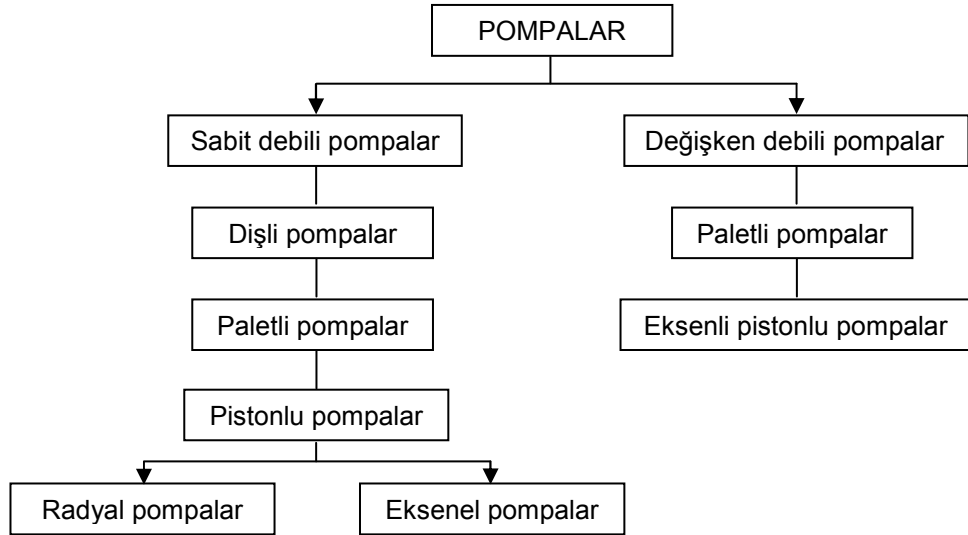
Hidrolik pompalar kendilerini tahrik eden elektrik motoru tarafından iletilen mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye çeviren hidrolik devre elemanlarıdır. Pompalama hareketini yapan elemanlar tüm pompalar için aynıdır. Şekil 4.6.'da hidrolik pompa çeşitleri görülmektedir.

Hidrolik pompalar hidrostatik prensiplere göre çalışırlar. Bir sistem için gerekli olan pompa basabileceği en fazla yağ basıncı ve debisi ile belirtilir. Bütün hidrolik pompaların teknik özelliklerinde sisteme gönderebileceği en fazla yağ basıncı ve debisi belirtilir.



Şekil 4.6. Hidrolik pompa çeşitleri

Hidrolik sistemlerde kullanılan pompaları çalışma prensipleri ve yapılış şekline göre Şekil 4.7.'de gösterildiği gibi gruplandırabiliriz (Özcan, 1982).



Şekil 4.7. Hidrolik sistemlerde kullanılan pompalar

4.8.3.2. Hidrolik silindirler

Hidrolik enerjiyi doğrusal olarak mekanik enerjiye dönüştüren hidrolik devre elemanlarına *hidrolik silindir* denir. Bir hidrolik silindiri, iki tarafı kapatılmış daire kesitli bir boru içinde sıkıştırılmış yağın etkisi ile hareket edebilen bir piston ile pistonu monte edilmiş bir milden meydana gelen bir hidrolik devre elemanı olarak da tanımlayabiliriz. Bir hidrolik silindir; istenilen itme kuvveti, kurs uzunluğu, silindir iç hacmi ve silindire girip çıkan akışkanın bağlanış biçimlerine göre değişik tipte,

boyda ve özelliklerde yapılabilir. Ayrıca silindir gömleği et kalınlıkları, iletecekleri kuvvetlere ve dayanabilecekleri en fazla basınçlara göre iyi hesaplanmalıdır.

Hidrolik silindirde genel olarak;

- a) Silindir gömleği,
- b) Piston,
- c) Piston kolu,
- d) Sızdırmazlık elemanları (keçeler),
- e) Yağ giriş ve çıkış delikleri,
- f) Kapaklar,
- g) Sabitleştirme elemanları,
- h) Geri dönüş yayı (tek etkili silindirlerde) gibi parçalar bulunur.

Hidrolik silindirlerin en önemli elemanları silindir gömleği, piston ve piston koludur.

4.8.3.2.1. Silindir gömleği

Silindir gömlekleri kullanılacakları yerlere göre, alaşımlı çelik, dökme çelik, dökme demir, çelik boru gibi malzemelerden yapılırlar. Son zamanlarda sert plastik türlerinden silindir gömleği üretme çalışmaları da devam etmektedir. Tek parçanın içi boşaltılmak suretiyle de üretildikleri gibi, boru şeklindeki parçaların iç yüzeylerinin işlenmesi suretiyle yapılırlar. Silindir gömleğinin iç yüzeyi çok iyi işlenmiş olmalıdır. Bu nedenle silindir gömleklerinin iç yüzeyi, taşlanır ve honlanır. Çünkü iç kısımda hareket eden piston ile silindir gömleği arasındaki sürtünme kuvveti en az olmalıdır. Gömlek iç yüzeyi ile piston arasından sıkıştırılmış hidrolik yağ sızmamalıdır ve kesit tam bir daire olmalıdır. Hidrolik silindirde gömlek et kalınlığı hesabı silindir içinde meydana gelebilecek en yüksek çalışma basıncına dayanıklı olabilecek şekilde yapılır.

Boruların et kalınlığı hesabı, enine kesitine ve boyuna kesitine göre olmak üzere iki şekilde hesaplanır. Boyuna kesite göre hesaplanarak bulunan et kalınlığı, enine kesite göre hesaplanarak bulunan et kalınlığı ölçüsüne göre daha dayanıklıdır. Bu nedenle boyuna kesite göre hesaplanan et kalınlığına göre yapılan silindir gömlekleri daha dayanıklı ve garantilidir.

4.8.3.2.2. Piston

Silindirin iç kısmında piston koluna monte edilmiş daire kesitli bir elemandır. Genellikle alüminyum alaşımları, pirinç ve bronzdan yapılırlar. Dökme demir veya çelikten yapılmış olanlar da vardır. Piston çevresine yerleştirilen ve çeşitli profil ve biçimde olan sızdırmazlık elemanları pistonun silindir içinde daha kolay hareket etmesini sağlar.

Şekil 4.8.'de hidrolik sistemlerde kullanılan piston ve kovan resmi görülmektedir.



Şekil 4.8. Hidrolik sistemlerde kullanılan piston ve kovan resmi

Pistonlar silindir içinde meydana gelebilecek iç basınca dayanıklı olmalıdır. Pistonlarda meydana gelecek itme kuvveti sayesinde piston kolu doğrusal hareket edebilir. Piston kolu, pistonun bir tarafında veya her iki tarafında da olabilir. Bu durumda meydana gelecek itme kuvvetleri değişir. Eğer piston kolu tek taraflı ise silindir içinde pistonun bir tarafı ile diğer tarafı arasında hacim farklılığı meydana gelir. Bu da sıkıştırılmış yağın basıncını etkiler ve dolayısıyla pistonun iki ayrı yöne hareketi esnasında üreteceği itme kuvveti farklı olur.

Bir hidrolik sistemde kullanılan pistonunun hızı akışkanın debisine bağlıdır. Hidrolik sistemde kullanılan silindirin kesiti değiştirilemeyeceği için silindire birim zamanda giren akışkan miktarını ayarlamak suretiyle piston hızı ayarlanabilir. Akışkanın debisini ayarlamak için (azaltıp – çoğaltmak) akış kontrol valfleri kullanılır.

Pistonun silindirin içinde birim zamandaki ilerleme miktarına piston hızı denir. Piston hızı cm/sn, m/sn, m/dk ile ifade edilebilir.

Piston kolu; piston tarafından üretilen kuvveti ve doğrusal hareketi ileten çelikten yapılmış silindirik çubuktur. Piston kolu burkulma kuvvetlerine dayanıklı alaşımlı çeliklerden yapılırlar. Piston kolu dış yüzeyi taşlanmış olarak işlenmelidir. Piston kolunun hareketi esnasında yataklı durumda bulunduğu kapaklar ile piston kolu arasında sürtünme kuvveti meydana gelir. Bu durum hidrolik silindirin verimini düşürür. Bu sebeple uygulanan (F) kuvvetine bağlı olarak malzeme emniyet katsayısı (S) ve burkulma kuvveti (F_{kr}) dikkate alınmalıdır. Piston kollarının çapı (d) ve boyu (L) burkulmaya zorlanan makine elemanlarının boy ve çap hesaplarına göre yapılır (Özcan,1982).

Burada piston kolunun çapı (d);

$$d = 4\sqrt{\frac{L^2 \times F \times S}{10^6}} \text{ (cm)} \quad (4.1)$$

Pistonu burkulmaya zorlayan kuvvet (F_{kr});

$$F = \frac{F_{kr}}{S} \quad (4.2)$$

Piston kolunun boyu (L);

$$L = 10^3 \sqrt{\frac{d^4}{F \times S}} \text{ (cm)} \quad (4.3)$$

formülleriyle bulunur.

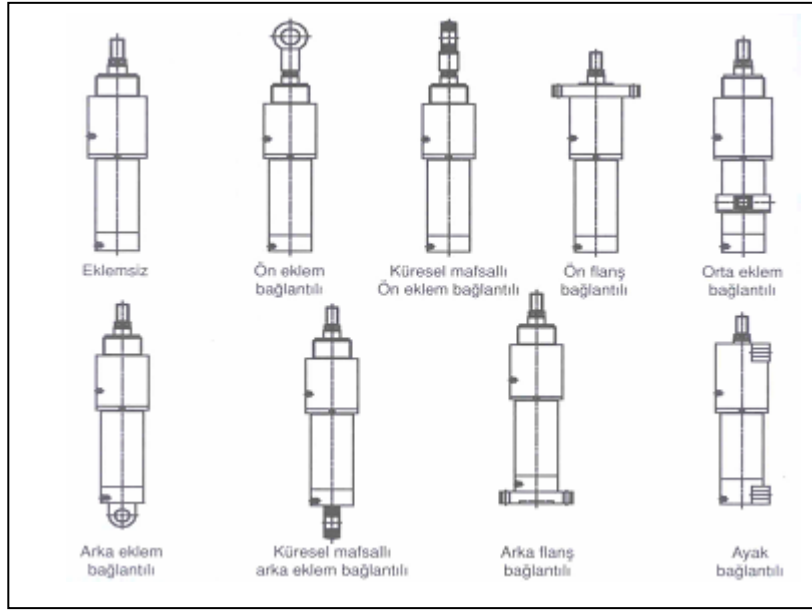
Serbest burkulma boyu belirtilen yük ve bağlantı şekillerine göre çeşitlilik arz eder. Şekil 4.9.'da pistonların bağlantı şekillerine göre serbest burkulma boyu grafiği görülmektedir (Özcan,1982).

Euler yük Durumları	Durum 1	Durum 2	Durum 3	Durum 4
Burkulma şekli				
Serbest burkulma boyu	$s_k = 2l$	$s_k = l$	$s_k = l \cdot 0,7$	$s_k = \frac{l}{2}$
Hidrolik allindir bağlantı şekli				
Öneriler			Yükün dikkatle itilmediği durumlarda gerilmeler olabilir.	Uygun değil, gerilmeler olabilir.

Şekil 4.9. Pistonların bağlantı şekillerine göre serbest burkulma boyu grafiği

4.8.3.2.3. Hidrolik silindir çeşitleri

Hidrolik pompanın devreye verdiği basınç enerjisi, silindir ve hidrolik motor tarafından mekanik enerjiye dönüştürülür. Silindire doğrusal motor adı da verilir. Pistona uygulanan basınçla oluşan kuvvet piston kolu tarafından itme ya da çekme kuvveti halinde kullanılabilir. Hidrolik silindirler çalışma şartlarına göre değişik tip ve özelliklere sahiptirler ve bunlara ait resimler Şekil 4.10.'da görülmektedir.



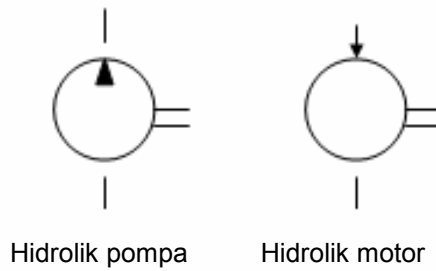
Şekil 4.10. Bağlantı şekillerine göre hidrolik silindirler

Bugün endüstride kullanılan hidrolik silindirleri şöyle sıralayabiliriz;

- Tek etkili hidrolik silindirler,
- Çift etkili hidrolik silindirler,
- Teleskopik silindirler,
- Yastıklı silindirler,
- Tandem silindirler (Özcan, 1982).

4.8.3.3. Hidrolik motorlar

Hidrolik sistemlerde kullanılan ve dairesel hareket üreten alıcılara *hidrolik motorlar* denir. Hidrolik pompalar ile aynı prensibe göre çalışırlar. Çeşitleri ve yapılış biçimleri aynıdır. Hidrolik motor ile hidrolik pompanın sembolik resimleri Şekil 4.11.'de, hidrolik motor çeşitleri ise Şekil 4.12.'de görülmektedir.



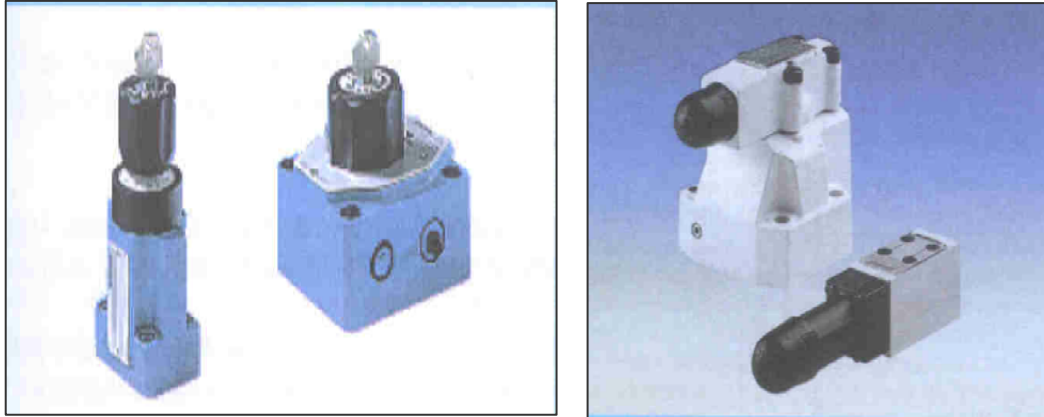
Şekil 4.11. Hidrolik motor ile hidrolik pompanın sembolik resimleri



Şekil 4.12. Hidrolik motor çeşitleri

4.8.3.4. Hidrolik valfler

Hidrolik sistemlerde akışkanın önünü açmaya ve kapatmaya, akışkanın basıncını, yönünü ve akışını kontrol etmeye yarayan hidrolik devre elemanına valf denir. Şekil 4.13.'te akış ayar ve basınç denetim valfi örnekleri görülmektedir.



Şekil 4.13. Akış ayar ve basınç denetim valflerine ait örnekler

Valfler, hidrolik sistemde kullanılan akışkanı istenilen özellik ve nitelikte hidrolik alıcılara gönderirler. Bu da hidrolik enerjinin mekanik enerjiye istenilen şekilde dönüşmesini sağlar. Ayrıca valfler elde edilen hareket ve kuvvetin şeklini ve miktarını ayarlamaya yararlar.

Hidrolik sistemlerde kullanılan valflerin görevlerini kısaca şöyle özetleyebiliriz.

- Hidrolik akışkanın basıncını kontrol etmek,
- Hidrolik akışkanın akışını (hızını) kontrol etmek,

- c) Hidrolik akışkanın yönünü kontrol etmek,
- d) Görevini bitiren akışkanı depoya göndermek,
- e) Sisteme gitmesi istenmeyen akışkanı bekletmek (depoya göndermek),
- f) Hidrolik alıcıların hızını kontrol etmek,
- g) Hidrolik akışkanın yolunu açıp – kapatmak.

Hidrolik sistemlerde kullanılan valfleri yaptıkları işe göre şöyle gruplandırabiliriz;

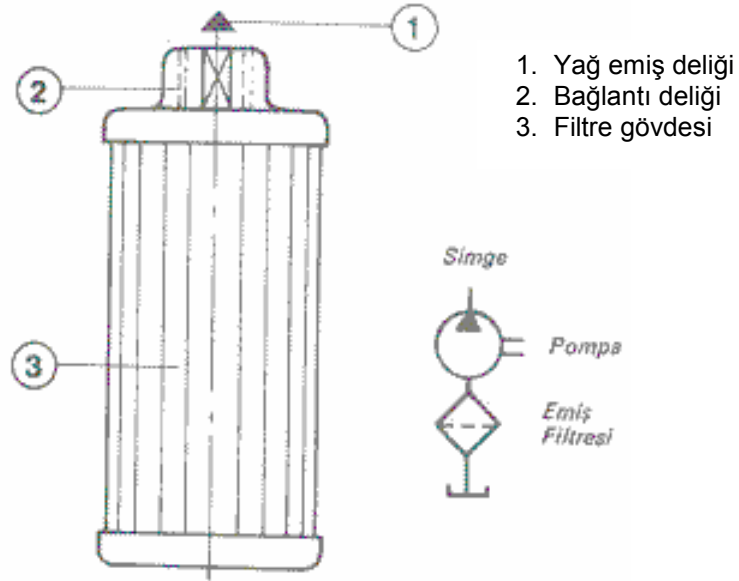
- Çek valfler,
- Yön kontrol valfleri,
- Basınç kontrol valfleri,
- Akış (hız) kontrol valfleridir.

4.8.3.5. Yağ deposu

Hidrolik sistemde kullanılması gereken yağın depo edilmesi, ısınan yağın soğutulması ve temizlenmesi için kullanılan depoya *yağ deposu* veya *yağ tankı* denir. Bir hidrolik sistem için uygun yağ deposu seçilemez ise sistemden istenilen verim alınamaz. Hidrolik sistemde dolaşan yağ kısa zamanda ısınır, kirlenir ve görev yapamaz. Yağ deposunun görevlerini sıralamak mümkündür.

Hidrolik yağ deposu (tank) seçilirken kapasitesi hidrolik pompa kapasitesinin 5 katı kadar büyük seçilir. Hidrolik yağ deposu 1.5 – 3 mm kalınlığındaki korozyona ve asitli bileşiklere dayanıklı çelik saçlardan yapılır. Deponun tabanı yatayla 5° – 10° meyilli olmalıdır. Çünkü hidrolik sistemden dönüş yapan hidrolik yağda bulunan pislikler yağ deposunun alt kısmında toplanır ve oradan dışarı atılması gerekir. Emiş boruları ve geri dönüş boruları yağ deposunun tabanından 1 - 20 cm yukarıda olmalıdır. Yağ deposuna konulan yağ seviyesi ara plaka seviyesinden daima üstte olmalıdır. Böylece hidrolik sistemden depoya dönen ılık yağ, plakanın üstünden aşarak emiş hattı tarafına geçerken soğur. Aynı zamanda yukarıya doğru hareket eden yağ içindeki pislikler tabana doğru çökerek hidrolik yağın temizlenmesi sağlanır. Plakanın diğer bir faydası da depoya dönen yağ ile pompaya giden yağ arasında meydana gelecek olan türbülans olayını önler. Eğer türbülans olayı önlenmezse yağ içinde meydana gelen hava kabarcıkları emiş hattı yoluyla doğrudan sisteme gider. Bu da hidrolik sistemlerde hiç istenmeyen bir durumdur.

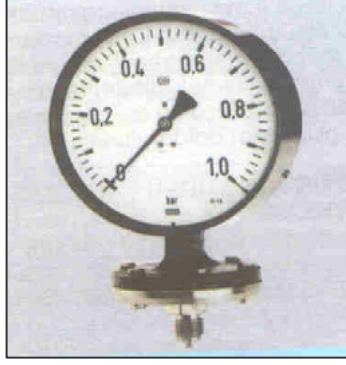
Yağ deposunun üzerinde bir hava deliği ve giren havanın temizlenmesi için bir hava filtresi bulunur. Emiş borusu ağzında sisteme giden yağı temizlemek için bir filtre vardır. Şekil 4.14.'te emiş filtresine ait bölümler görülmektedir. Yağ deposundaki yağ seviyesini kontrol etmek için deponun yanında camdan yapılmış bir yağ seviye göstergesi vardır. Ayrıca yağ deposunda biriken pislikleri almak ve gerektiği zaman depodaki yağı değiştirmek için deponun en alt kısmında bir boşaltma musluğu bulunur.



Şekil 4.14. Emiş filtresine ait bölümler

4.8.3.6. Manometreler

Hidrolik sistemlerde akışkanın basıncını ölçmek için kullanılan devre elemanına *manometre* denir. Manometreler, hidrolik devrelerde genellikle basınç hattına takılabildiği gibi devrede istenilen yere de takılabilir. Endüstride kullanılan çok değişik tipte manometreler vardır. Hepsinin de çalışma sistemi aynıdır. Işıklı ve sesli uyarı sinyalleri veren manometreler de mevcuttur. Şekil 4.15.'te manuel sistemli bir manometre resmi görülmektedir.



Şekil 4.15. Manuel sistemli bir manometre

4.8.3.7. Hidrolik sistemlerde kullanılan sızdırmazlık elemanları

Hidrolik sistemlerde kullanılan devre elemanları yüksek basınçlar altında çalışırlar. Hidrolik devreler ise elemanların birleştirilmesinden elde edilir. Birbiri ile birleştirilen devre elemanlarının birleştirme yüzeylerinde yağ kaçaıklarını önlemek ve sızdırmazlığı sağlamak için sızdırmazlık elemanları kullanılır. Ayrıca hareketli hidrolik devre elemanlarının hareket eden yüzeyleri arasında sızdırmazlığı sağlamak ve hareketi kolaylaştırmak için de sızdırmazlık elemanları kullanılır. Bu elemanlara “keçe” denir. Keçeler, değişik malzemelerden yapılabilir. Endüstride kullanılan keçeler genellikle aşağıda belirtilen malzemelerden yapılırlar.

- a) Bezli malzemelerden,
- b) Esnek malzemelerden,
- c) Termoplastik malzemelerden.

4.8.3.8. Hidrolik sistemlerde kullanılan bağlantı elemanları

Hidrolik sistemlerde hidrolik depodaki akışkanın hidrolik alıcılara ulaştırılması ve hidrolik enerjinin mekanik enerjiye dönüştürülmesi için çeşitli devre elemanları kullanılır. Bu hidrolik devre elemanlarının birbiriyle bağlantısının sağlanması ve akışkanın alıcılara kadar ulaşmasını sağlayan elemanlara *bağlantı elemanları* denir. Bunlar; borular, rekorlar, contalar, klapeler gibi elemanlardır. Hidrolik sistemlerde kullanılan bağlantı elemanlarının sistemin verimliliği, emniyet ve güvenliği ve çalışma şartlarının daha iyi ve temiz olması bakımından çok önemi vardır. Bağlantı elemanlarının çalışma basıncına 3 – 4 kat dayanıklı olması, sızdırmaz olması, kolay bağlantı ve sökölme özelliğine sahip olması gerekir.

4.9. Hidrolik Devreler ve Hidrolik Tezgahlar

Hidrolik sistemlerin büyük güç ve basınç iletebilmesi endüstride yaygın halde kullanılmalarını sağlamıştır. Hidroliğin getirdiği bazı avantajlar nedeniyle uzun yıllardan beri takım tezgahlarının konstrüksiyonlarında hidrolikten çok yararlanılmıştır. Güçlü, güvenilir hareket, kademesiz hız ayarı, istenildiğinde yön değiştirebilmesi, emniyetli ve küçük hacimli olması gibi özelliklerinden dolayı hidrolik sistemler tercih edilirler. Hidrolik vinçler, dozerler ve kepçeler yıllardan beri kullanılan basit hidrolik sistemlerle çalıştırılan makinalardır (Karacan, 1987).

Günümüzde hidrolik sistemlerin kontrol edilebilir ve programlanabilir sistemlerle birlikte kullanılabilmesi otomatik bazı makinaların yapılmasını sağlamıştır. Nümerik kontrollü ve programlanabilir nümerik kontrollü üretim tezgahlarının hemen hepsi de kısmen veya tamamen hidrolik sistemlerle çalışmaktadır. Ayrıca uçaklarda geniş uygulama ve kullanma alanı bulan hidrolik sistemler diğer sistemlere göre daha ucuz ve güvenlidir. Bugün üretim sanayisinde kullanılan ve büyük yükler altında çalışan robotların hemen hemen hepsi de hidrolik sistemler ile çalışmaktadır. Talaşlı üretim sanayinde kullanılan üretim tezgahlarının büyük bir bölümü hidrolik sistemlerle çalışmaktadır. Kısacası doğrusal ve dairesel hareketlerin elde edilmesi 20. yüzyılın başlarında mekanik sistemler sayesinde sağlanmaktaydı. Şimdi ve gelecekte mekanik sistemlerin yerini hidrolik ve pnömatik sistemler almıştır ve almaya da devam edecektir.

Hidrolik devreleri aşağıdaki gibi gruplara ayırabiliriz;

- a) Açık hidrolik devreler
- b) Kapalı hidrolik devreler
- c) Yarı kapalı hidrolik devreler.

4.9.1. Hidrolik pres tezgahları

Hidrolik sistemlerin ilk defa uygulanmaya başlandıkları üretim makinelerinden birisi preslerdir. Büyük basınçların gerektiği (500 – 1 000 ton) preslerden en küçük kapasite ile çalışan preslere kadar hepsinde hidrolik sistemler kullanılmıştır. Hız kontrolünün istenildiği gibi yapılabilmesi, sistemin basit, kontrol edilmesinin çok kolay olması, çok büyük güçler üretebilir olması ve uzaktan kumanda edilebilmesi hidrolik sistemlerin pres tezgahlarında kullanılmasını sağlamıştır. Çelik

endüstrisinde, sıcak metal işçiliklerinde, otomobil endüstrisinde kullanılan yüksek sıcaklıkta ve büyük yükler altında çok önemli faydalar sağlayan hidrolik sistemler her çeşit presleme işlemlerinde kullanılmaktadır. Önceleri basma, bükme, şişirme, çekme, kıvrırma ve plastik pres sanayinde hidrolik presler kullanılmıştır. Darbeli olarak çalışmanın gerektiği kesme kalıplarda da hidrolik preslerin kullanılması ve mekanik preslerden daha iyi sonuçlar vermesi hidrolik sistemlerin pres sanayinin hemen her dalında kullanılır hale gelmesini sağlamıştır (Demirtaş, 1998).

Pres sanayinde kullanılan otomatik ilerletme sistemleri robotların hidrolik sistemlerle çalışması özellikle presle birlikte aynı hidrolik sistemle çalışması hidrolik sistemlerin sanayide önemini iyice artırmıştır. Ayrıca günümüzde programlanabilir kontrol sistemlerin hidrolik sistemlere uygulandığı en yaygın alan olan pres sanayinde çok az insan gücü ile üretim yapılır hale gelmiştir. Otomotiv endüstrisinde bu durum açıkça görülmektedir. İşlerin üzerindeki işlem sıralarına göre dizayn edilen üretim sistemlerinin de günümüzde pahalı ve uzun süreli üretim sistemi olması bütün işlemlerin aynı anda veya bir grup işlemin aynı anda yapıldığı üretim sistemlerini gerektirmiştir. Böyle üretim sistemleri de hidrolik ve pnömatik sistemlerle ve robotlar sayesinde yapılmaktadır.

Bugün pres sanayinin her kolunda hidrolik presler kullanılmaktadır. Özellikle son zamanlarda üretilen programlanabilir kumanda sistemli hidrolik preslerde, pres kalıplarının dahi otomatik olarak değiştirilmesi ve takılıp sökülmesi, bir kişi ile pres atölyesinin çalıştırılmasını ortaya çıkarmıştır. Bu da hidrolik sistemlerin pres sanayisindeki yerini ve önemini göstermektedir.

Çoğunlukla presler soğuk işler ve bazı sıcak çalışma süreçleri için kullanılan makinalardır. Bu makine bir yatağı ve koçu destekleyen aksam, güç kaynağı ve koçun düzgün bir hatta doğru açıyla yatak hareketini sağlayan mekanizmayı içerir (Amstead ve ark., 1977). Şekil 4.16.'da sanayi tipi bir hidrolik prese ait resim görülmektedir.

Hidrolik presler daha uzun vuruşlara sahiptir ve tüm vuruşta tam güç oluşturabilirler. Ancak bu preslerin kapasiteleri sınırlıdır ve sadece bu üretilen gücün belli bir oranı kullanılabilir. Ayrıca vuruş kolunun uzunluğu gerektiği şekilde ayarlanabilir. Bu tip presler genellikle sahip oldukları yavaş ve düzenli hareketlerden dolayı derin çekme işlemlerinde kullanılırlar. Ayrıca çok fazla güce gereksinim

duyulan diğ er işlemlerde de hidrolik presler kullanılır. Örneğ in toz metallerin briketlenmesinde, lamine şek il vermede, plastik kalıplamada ve pres dövme işlemlerinde kullanılırlar. Bu presler ağır düzleme işlemleri ve punç işlemlerinde kullanılmazlar. Çünkü kırma - yarma işlemleri presler için zararlıdır (Amstead ve ark., 1977).



Şekil 4.16. Sanayi tipi bir hidrolik pres

4.10. Hidrolik Pres Dizaynı

Malzeme teknolojisindeki hızlı gelişmeler sonucunda, son otuz yılda değ iş ik özelliklere sahip yeni malzemeler mühendislik uygulamalarında ve yeni sistemlerin dizaynında kullanıma sunulmuştur. Geleceğ in malzemesi olarak da görülen bu malzemelere kompozit malzemeler denir. Bu kadar yoğun bir şekilde mühendisliğ in her alanında kullanılan kompozit malzemelerin imalatı da bu bakımdan çok önemlidir.

Bu çalışmada, kompozit malzeme üretiminde kullanılacak sıcak kalıpla basma yapabilen bir hidrolik pres dizaynı yapılmıştır. Dizaynı yapılan hidrolik pres ile yaklaşık olarak 250 bar basınca çıkılabilir. İleriki bölümlerde adım adım hidrolik pres dizaynı gerçekleştirilmektedir.

4.10.1. Pistonun ç ap hesabı

Hidrolik pres dizaynı yapılırken öncelikle ihtiyaç duyulan kuvvete göre piston ç apının belirlenmesi gerekir. Kompozit malzeme üretiminde kullanılacak 40 x 30 cm ebatlarındaki ısı kalıbı için gerekli ortalama basınç 250 bar'dır.

Dolayısıyla 1 200 cm²'lik hazırlanacak kalıp için gerekli olan piston çapının hesaplanması gerekmektedir (Karacan, 1987).

$$A = \pi \times D^2 / 4 \quad (4.4)$$

Piston çapı Denklem 4.4. yardımıyla bulunabilir. Denklemde, A₁ piston kesit alanını, D₁ piston çapını ifade etmektedir.

$$1200 = 3.14 \times D_1^2 / 4 \Rightarrow D_1 = 39.882 \text{ cm} \quad (4.5)$$

piston çapı 39.882 cm olarak bulunur.

4.10.2. Piston kesit alanı

Sistemin emniyetli çalışabilmesi açısından Denklem 4.5. yardımıyla bulunan piston çapını D₁ = 40 cm olarak seçebiliriz.

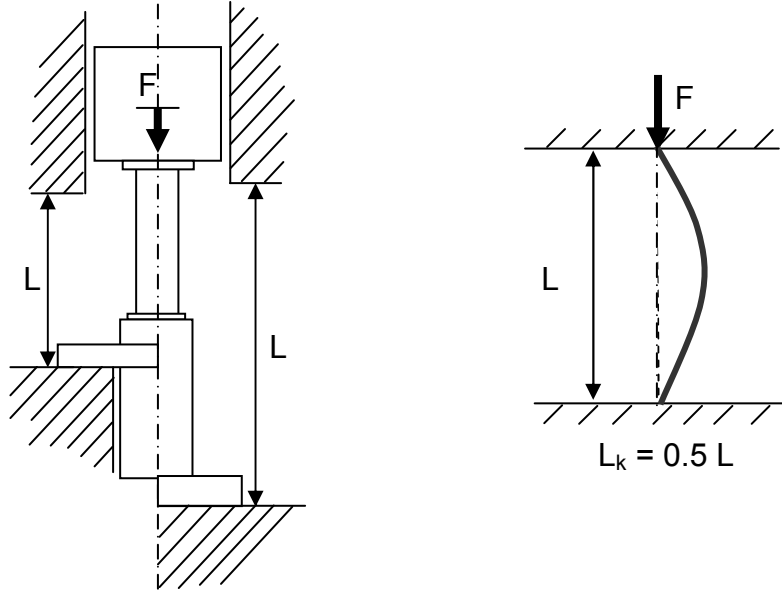
$$A_1 = \pi \times D_1^2 / 4 \Rightarrow A_1 = \pi \times (40)^2 / 4 \Rightarrow A_1 = 1256.637 \text{ cm}^2 \quad (4.6)$$

pistonun yeni alanı Denklem 4.6. ile 1 256.637 cm² olarak bulunur.

4.10.3. Piston kolu çap hesabı

Hidrolik silindirlere bulunan piston kolları, çalışma sırasında burkulmaya zorlanırlar. Bu nedenle piston kolunun çapının ve boyunun iletebileceği kuvvet ve malzeme cinsi dikkate alınarak hesaplanması gerekir. Bu konu ile ilgili geniş bilgi ‘‘Mukavemet’’ kitaplarında bulunabilir.

Hesapları yaparken, emniyet katsayısı ve piston kolunun çalışma pozisyonu dikkate alınır (Şekil 4.17.). Piston kolunu iki ucu sabit bağlantılı L boyundaki bir giriş elmanı olarak düşünecek olursak, burkulma boyu L_k = L/2 olur (Karacan, 1987).



Şekil 4.17. Piston kolunun çalışma durumu ve burkulma olayı

Piston S355JR çelik malzemesi olup elastisite modülü ($E = 2.1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$), burkulma boyu yani strok boyu ($L = 500 \text{ mm}$), emniyet katsayısı ($2.5 \dots 3.5$) ve pres tonajı ise $2 \times 10^6 \text{ N}$ için hesapları aşağıda verilen denklemler yardımıyla yapacak olursak;

$$F_k = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_k^2} \quad (4.7)$$

$$L_k = (0.5) \times L \quad (4.8)$$

$$F_{kr} = F \times S \quad (4.9)$$

$$\pi^2 \cong 10, I_{\min} = \frac{\pi \times d^4}{64} \text{ cm}^4 \quad (4.10)$$

$$F_k = \frac{\pi^2 \times E \times I_{\min}}{L_k^2} \quad (4.11)$$

$$2 \times 10^6 \times (3) \text{ N} = \frac{\pi^2 \times (2.1 \times 10^5) \text{ N/mm}^2 \times I_{\min}}{((0.5) \times 500)^2 \text{ mm}^2} \Rightarrow I_{\min} = 1 \, 78571.43 \text{ mm}^4$$

$$I_{\min} = \frac{\pi \times d_1^4}{64} \text{ mm}^4 \Rightarrow 178571.43 \text{ mm}^4 = \frac{\pi \times d_1^4}{64} \Rightarrow d_1 \cong 45 \text{ mm} \quad (4.12)$$

Piston kolunun çapı 4.5 cm olarak bulunur.

4.10.4. Piston kolu kesit alanı

Seçmiş olduğumuz piston çapına göre hidrolik pres dizaynında kullanılacak piston kolu mil çapı $d_1 = 4.5$ cm, pistonun tam boyu $L = 500$ mm. Yani stroku $h = 500$ mm'dir. A_2 piston kolu kesit alanı;

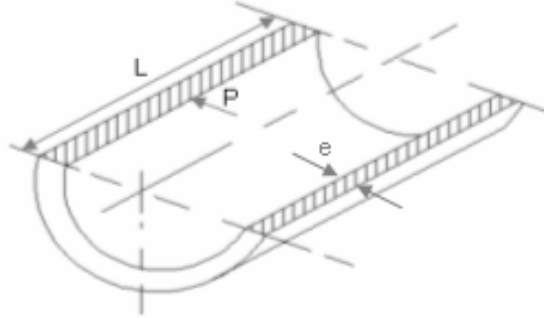
$$A_2 = \pi \times d_1^2 / 4 \Rightarrow A_2 = \pi \times (4.5)^2 / 4 \Rightarrow A_2 = 15.904 \text{ cm}^2 \quad (4.13)$$

Pistonun $P = 250$ bar basınç altında uygulayacağı kuvvet (F) Denklem 4.14. ile bulunabilir;

$$F = P \times A_1 \Rightarrow F = 250 \times (1\ 256.637) \Rightarrow F = 3\ 14159.265 \text{ kgf} \quad (4.14)$$

4.10.5. Silindir et kalınlığı

Burada ince cidarlı kazan formülünden yararlanarak et kalınlığı hesaplanmıştır. Şekil 4.18.'de görülen S355JR çelik malzemesi $\sigma_{\phi, emn} = 355 \text{ N/mm}^2$ kullanılarak, presleme basıncı $P = 250 \text{ bar} \cong 25 \text{ N/mm}^2$ olup verimli çalışması ve korozyon sebepleri göz önünde bulundurularak emniyet katsayısı (1.5....2) alınırsa "e" et kalınlığını Denklem 4.15. ile bulabiliriz;



Şekil 4.18. Silindirin boyuna kesiti

$$e = \frac{P \times D \times S}{2 \times \sigma_{\phi, emn}} \quad (4.15)$$

$$e = \frac{D_1 \times P \times S}{2 \times \sigma_{\phi, emn}} \Rightarrow e = \frac{400 \times 25 \times 1.8}{2 \times 355}$$

$$e = 25.35 \text{ mm} \Rightarrow e \cong 26 \text{ mm}$$

4.10.6. Silindir çapı

Dizaynı yapılacak olan hidrolik pres için gerekli olan silindir çapı Denklem 4.16. ile bulunur.

$$D_2 = D_1 + 2 \times e \Rightarrow D_2 = 400 + 2 \times 26 \Rightarrow D_2 \cong 452 \text{ mm} \quad (4.16)$$

4.10.7. Piston hızı hesabı

Pistonun strokunu 40 saniyede tamamlayabileceğini kabul ederek piston hızını Denklem 4.17. ile bulunabilir.

$$V = h/t \quad (4.17)$$

$$V = 50/40 \Rightarrow V = 1.25 \text{ cm/s}$$

4.10.8. Debi hesabı

$$Q = A \times V \quad (4.18)$$

$$Q = A_1 \times V \Rightarrow Q = \frac{1257 \text{ cm}^2 \times 1.25 \text{ cm} \times 60 \text{ sn} \times 1 \text{ lt}}{\text{sn} \times 1 \text{ dk} \times 1000 \text{ cm}^3} \quad (4.19)$$

$$Q = \frac{3 \times 1257 \times 1.25}{50} \Rightarrow Q = 94.275 \text{ lt/dk}$$

olarak bulunur.

Sistemin emniyetli bir şekilde çalışabilmesi için $Q = 95 \text{ lt/dk}$ 'lık hidrolik pompa seçilmiştir.

4.10.9. Gerekli elektrik motoru seçimi

Pres için gerekli elektrik motorunun % 85 verimle çalışacağını daha önce belirtmiştik. $1 \text{ W} = 1 \text{ N} \times \text{m/sn}$, $1 \text{ bar} = 10 \text{ N/cm}^2$, $1 \text{ lt} = 1000 \text{ cm}^3$, $1 \text{ dk} = 60 \text{ sn}$ ve $1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$ olarak gerekli birim çevirmeler yapıldıktan sonra elektrik motoru gücü hesaplanabilir (Karacan, 1987).

$$P_w = \frac{P \times Q}{\eta_{\text{top}}} \Rightarrow P_w = \frac{250 \times 95}{0.85} \Rightarrow P_w = 46.567 \text{ kW} \quad (4.20)$$

olarak elektrik motorunun gücü bulunur. Elektrik motorunun bir devirde 20 cm^3 ($V = 20 \text{ cm}^3/\text{dev}$) akışkanı sisteme gönderebileceğini varsayarak ve hacimsel verim $\eta_v = 0.90 - 0.95$ için pompanın devri Denklem 4.21. yardımıyla bulunur.

$$n_p = \frac{Q}{V \times \eta_v} \Rightarrow n_p = \frac{95 \text{ lt} \times 1000 \text{ cm}^3 \times \text{dev}}{20 \text{ cm}^3 \times (0.92) \times \text{dk} \times 1 \text{ lt}} \Rightarrow n_p \cong 5200 \text{ dev/dk} \quad (4.21)$$

olarak bulunur.

Boru çapı seçimi yapılarak pompanın debisine göre emme ve basma hattındaki boru kesit çaplarının ve akış hızlarının bulunması gerekmektedir.

$$Q = A \times v \quad (4.22)$$

$$v_{\text{emme}} = 1 - 1.5 \text{ m/s}$$

$$v_{\text{basma}} = 4 - 6 \text{ m/s}$$

$$Q = \frac{\pi \times d_{\text{emme}}^2}{4} \times v_{\text{emme}} \quad (4.23)$$

$$Q = \frac{\pi \times d_{\text{emme}}^2}{4} \times v_{\text{emme}} \Rightarrow \frac{95 \text{ lt} \times 1000 \text{ cm}^3 \times 1 \text{ dk}}{\text{dk} \times 1 \text{ lt} \times 60 \text{ sn}} = \frac{\pi \times d_{\text{emme}}^2}{4} \times \frac{1.25 \text{ m} \times 100 \text{ cm}}{\text{sn} \times 1 \text{ m}}$$

$$\Rightarrow d_{\text{emme}} = 40.16 \text{ mm} \Rightarrow d_{\text{emme}} = 41 \text{ mm}$$

olarak bulunmuştur.

$$Q = \frac{\pi \times d_{\text{basma}}^2}{4} \times v_{\text{basma}} \quad (4.24)$$

$$Q = \frac{\pi \times d_{\text{basma}}^2}{4} \times v_{\text{basma}} \Rightarrow \frac{95 \text{ lt} \times 1000 \text{ cm}^3 \times 1 \text{ dk}}{\text{dk} \times 1 \text{ lt} \times 60 \text{ sn}} = \frac{\pi \times d_{\text{basma}}^2}{4} \times \frac{5 \text{ m} \times 100 \text{ cm}}{\text{sn} \times 1 \text{ m}}$$

$$\Rightarrow d_{\text{basma}} = 22.45 \text{ mm} \Rightarrow d_{\text{basma}} = 23 \text{ mm}$$

olarak bulunur. Burada, d_e emme hattındaki boru çapını, d_b ise basma hattındaki boru çapını ifade etmektedir (Karacan, 1989).

4.10.10. Piston geri dönüş hızı hesabı

$A_3 \rightarrow$ Piston geri dönüş kesiti

$$(A_3 = A_1 - A_2 \Rightarrow A_3 = 1257 - 15.904 \Rightarrow A_3 = 1241.096 \text{ cm}^2)$$

$$Q = A_3 \times V \quad (4.25)$$

$$V = \frac{95 \text{ lt} \times 1000 \text{ cm}^3 \times 1 \text{ dk}}{1241 \text{ cm}^2 \times \text{dk} \times 1 \text{ lt} \times 60 \text{ sn}} \Rightarrow V \cong 1.28 \text{ cm/sn}$$

4.10.11. Silindire giriş - çıkış yağlarının debi hesabı

Burada “x” bir katsayı, Q_g pompamızın giriş debisi ve Q_ζ çıkış debisini ifade etmektedir.

$$x = \frac{D_1^2}{D_1^2 - d_1^2} \quad (4.26)$$

$$x = \frac{40^2}{40^2 - (4.5)^2} \Rightarrow x = 1.0128$$

$$Q_\zeta = \frac{Q_g}{x} \quad (4.27)$$

$$Q_\zeta = \frac{95}{1.0128} \Rightarrow Q_\zeta = 93.798 \text{ lt/dk}$$

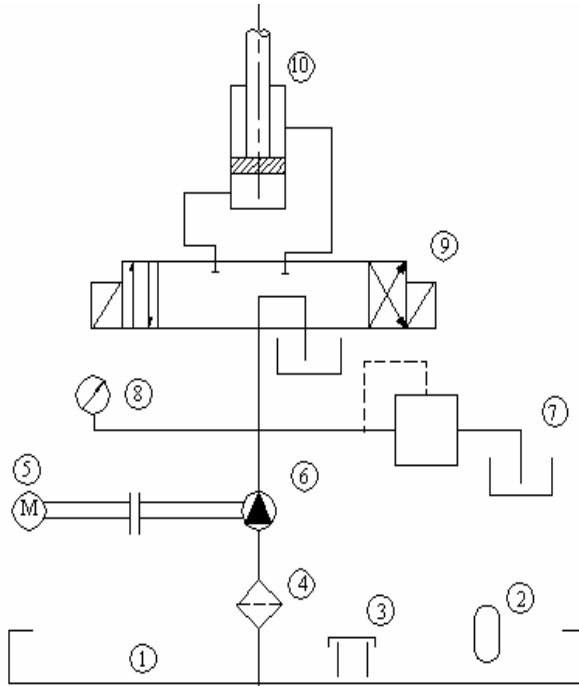
Tasarımı yapılan hidrolik pres sıcak kalıpta presleme yapacağından kalıpta herhangi bir deformasyonun olmaması için piston hızının düşük olması tercih edilmiştir.

Çizelge 4.9.’da hidrolik boru özelliklerine göre $Q = 95 \text{ lt/dk}$. için 250 bar’da borudaki akış hızı 5.9 m/s, her metredeki basınç kaybı 0.33 kg/cm^2 ’dir. Boruların bağlantı şekli DIN 2533 standardına göre M33x2 withworth boru dişlisine göre R 1” olarak bulunur (Özcan, 1982). Hidrolik pres için bulunan değerler Çizelge 4.8.’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Presin teknik özellikleri

Presin Basıncı	250 bar
Motor Gücü	46.567 kW
Piston Çapı	40 cm
Silindir Et Kalınlığı	2.6 cm
Silindir Çapı	45.2 cm
Piston Kolu Çapı	4.5 cm
Debi	95 l/dk
Piston Geri Dönüş Hızı	1.28 cm/s
Silindire Giriş-Çıkış Yağları Debisi	93.798 l/dk
Emme ve Basma Boru Çapları	$d_e = 41$ mm, $d_b = 23$ mm
Piston Stroku	500 mm

Prese ait hidrolik şema Şekil 4.19.'da gösterilmiştir.



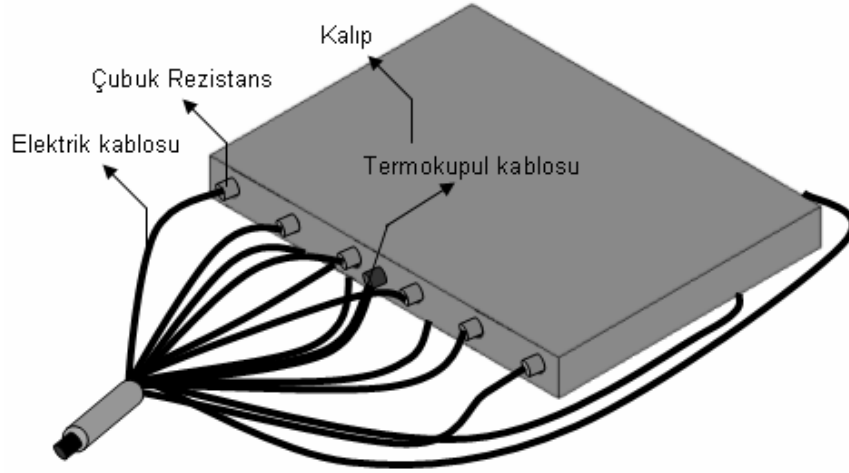
Sistemin devre elemanları:

1. Yağ Tankı
2. Depo Kapağı
3. Isı ve Seviye Göstergesi
4. Emiş Filtresi
5. Elektrik Motoru
6. Değişken Debili Pompa
7. Emniyet Valfi
8. Manometre
9. Elektro Valf
10. Tek Etkili Hidrolik Silindir

Şekil 4.19. Prese ait hidrolik sistem şeması

4.11. Isıtma Sistemi Tasarım ve İmalatı

Polimer ve metal matrisli kompozit malzeme üretimi için pres tezgahının alt ve üst çenelerine yerleştirmek üzere sıcak kalıplara ihtiyaç duyulmaktadır. Kalıp malzemesi olarak enerji kaybını en aza indirgeyen, çok kısa sürede ısınabilen, yüksek basınca dayanıklı çelik malzemesi seçilmiştir. Kalıp ölçüleri 30 x 40 x 4 cm'dir. Kalıba ait resim Şekil 4.20.'de görülmektedir.



Şekil 4.20. Kalıp ve rezistanslar

4.11.1. Isı ve sıcaklık

Isı ve sıcaklık günlük yaşantımızda sık sık kullandığımız terimlerdir. Peki ama bunlar ne anlama gelir?

Sıcak bir ortama bırakılan buz parçası belli bir müddet sonra erimeye başlar ve tamamen su haline dönüşür. Yanmakta olan ocağın üstünde bulunan su gittikçe ısınır ve sonunda kaynamaya başlar. Yazın ısınan elektrik tellerinin boyu uzar ve teller sarkık bir hal alırlar. Kışın soğuyan tellerin boyu kısalır ve gergin durur. Kısacası ısı, maddelerin halinde ve sıcaklığında bir değişmeye neden olur.

4.11.1.1. Isı

Bir maddenin bütün moleküllerinin sahip olduğu çekim potansiyel enerjileri ile kinetik enerjilerinin toplamına ısı denir. Isı bir enerji türüdür, diğer enerjilere dönüşebilir. Denklem 4.28. yardımıyla genel ısı hesabı yapılır.

$$Q = m \times c \times \Delta T \quad (4.28)$$

4.11.1.2. Sıcaklık

Bir maddenin moleküllerinin ortalama kinetik enerjilerinin bir ölçüsüdür. Enerji değildir. Isı ile sıcaklık arasındaki ilişki, potansiyel enerji ile yükseklik arasındaki ilişkiye benzetilebilir. Nasıl ki $E_p = mgh$ bağıntısındaki h enerji değilse; $Q = m \times c \times \Delta T$ bağıntısındaki sıcaklığı ifade eden ΔT de enerji değildir. Isı kalorimetre kabı, sıcaklık termometre ile ölçülür. Sıcaklık birimi günlük hayatta °C, teknikte °K'dir.

4.11.2 Isı hesabı

Presin üst ve alt çenelerine bağlanacak ısı kalıbının malzemesi yüksek ısıya ve basınca dayanıklı olması itibarıyla çelik seçilmiştir. Isıtılacak her bir kalıbın ağırlığı 35 kg olup 30 x 40 x 4 cm boyutlarındadır. Çelik malzemesi için özgül ısı değeri $c = 0.111$ kcal/kg°C'dir. Dizayn edilecek sıcak kalıp ile 600 °C sıcaklığa ulaşılmaktadır. Bu verilerden yola çıkarak düzenekten elde edeceğimiz "Q" ısı miktarını Denklem 4.29. kullanılarak bulunabilir.

$$Q = m \times c \times (T_2 - T_1) \Rightarrow Q = 35 \times (0.111) \times (600 - 20) \quad (4.29)$$

$$Q = 2253.3 \text{ kcal}$$

Gerekli birim dönüştürmeleri için 1 kW = 860 kcal alınabilir. Dolayısıyla $Q = 2253.3 \text{ kcal} \Rightarrow Q = 2.62 \text{ kW}$ olarak bulunur. Kayıplar dikkate alındığında ısı kalıplarının $\eta = 0.95$ verimle çalışacağını varsayarsak yeni "Q_v" ısı değeri Denklem 4.30. kullanılarak bulunur.

$$Q_v = \frac{Q}{\eta} = \frac{2.62 \text{ kW}}{0.95} = 2.758 \text{ kW} \quad (4.30)$$

Kalıp ısıtmasında kullandığımız çubuk rezistans için ısıtma teli malzemesi *krom - nikel* ve rezistans teli muhafaza malzemesi *bakır* kullanılmıştır.

4.11.3. Çubuk rezistansların dizaynı

Polimer matrisli kompozit malzemelerin sıcak pres ile basma işlemi için ortalama 160 °C sıcaklığa ihtiyaç duyulmaktadır. Başka kompozit malzemelerin üretiminin de yapılabileceği göz önüne alınarak daha yüksek sıcaklıklara ulaşabilen bir kalıp dizayn edilmiştir. Dizayn edilen kalıbın mevcut imkanlarla maksimum 600 °C sıcaklığa ulaşabilmesi sağlanmıştır. Seçmiş olduğumuz sıcaklık değerine ulaşabilmek için alt ve üst kalıba 2 x 3 000 Watt değerinde çubuk rezistanslar yerleştirilmiştir.

Elektrik ısıtıcı elemanları yassı veya yuvarlak kesitli genellikle krom - nikel telden hazırlanırlar. Krom - nikel telin seçiliş nedeni; Özdirencinin büyük oluşu,

Hava içindeki oksijenden diğer metal veya alaşımlara göre daha az etkilenmesidir.

Bakırın özdirenci $0.0178 \Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$ iken krom - nikelin özdirenci ise $1.1 \Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$ olduğunu dikkate alırsak, krom - nikelin rezistans yapımına ne kadar elverişli olduğunu anlarız. Krom - nikel tel yukarıda belirttiğimiz gibi kullanılacağı yere göre yuvarlak veya yassı (dikdörtgen) kesitli olarak seçilir.

Rezistansların sarımında bilinmeyen üç önemli nokta vardır. Bunlar;

- Krom - nikel tele verilecek şekil,
- Krom - nikel telin çapı,
- Krom - nikel telin uzunluğu.

Rezistans yapılacak krom-nikel tele verilecek şekil kullanılacağı yere bağlıdır. Standartlardan telin çapını 0.3 mm seçebiliriz. Dolayısıyla telin kesiti $s = 0.0707 \text{ mm}^2$ olur. Telin uzunluğu ise (Denklem 4.33.) ile bulunabilmektedir. Isı kalıbın her biri 500 Watt gücünde olan 12 tane çubuk elemanı kullanılmıştır.

Bir çubuk elemanı için gereken akım değeri (Denklem 4.31.) bulunabilir.

$$P = U \times I \Rightarrow 500 = 220 \times I \Rightarrow I = 2.2727 \text{ Amper} \quad (4.31)$$

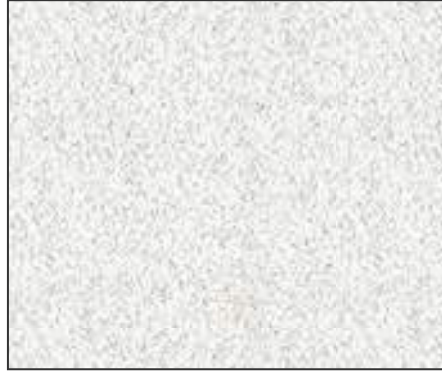
Bulduğumuz bu akım değerini (Denklem 4.32.)’de yerleştirilirse,

$$P = I^2 \times R \Rightarrow 500 = I^2 \times R \Rightarrow R = 96.8 \ \Omega \quad (4.32)$$

Bulunan bu direnç değeri için rezistans uzunluğu (Denklem 4.33.) ile bulunabilir.

$$R = \frac{\rho \times L}{s} \Rightarrow 96.8 = \frac{1.1 \times L}{0.0707} \Rightarrow L = 6.22 \text{ m} \quad (4.33)$$

Kalıpların ısıtılmasından dolayı pres ana gövdesinin ve ısı kaybını önlemek için alt kalıbın altına ve üst kalıbın üstüne ısıya ve basınca dayanıklı 16 mm kalınlığında amyant plaka yerleştirilmiştir. Şekil 4.21.’de bu amyant plakaya ait resim görülmektedir.



Şekil 4.21. Kalıp için kullanılan amyant plaka

Kalıbın dikdörtgen şeklinde çelik malzemeden olması ve 600 °C’ye kadar ısıtılacak olması nedeniyle numune basma esnasında şekil olarak deformasyona uğrayabileceği düşünüldüğünden alt ve üst kalıba 2 mm’lik metal plaka monte edilmiştir. Metal plaka, yalıtım malzemesi (amyant) ve çelik kalıbın montaj yapılmış hali Şekil 4.22.’de görülmektedir. Ayrıca presleme anında basıncın 250 - 300 bar değerine çıkması durumunda amyant plakanın parçalanmaması için dört yanına düz lama ile ceket yapılarak genişlemesi önlenmiştir.



Şekil 4.22. Kalıbın monte edilmiş hali

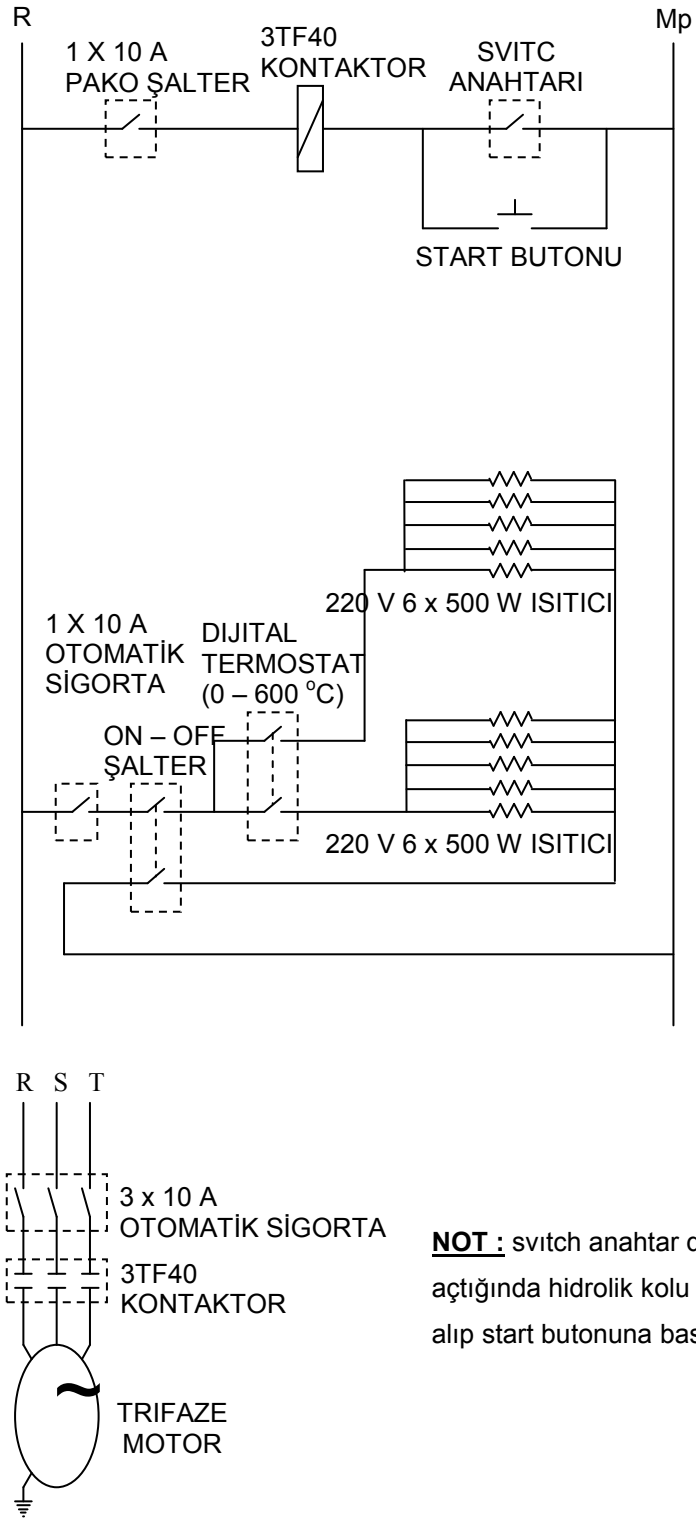
Isı kalıbı uygun bir şekilde presin alt ve üst çenelerine bağlandıktan sonra kalıbın sıcaklığını ölçebilmek için hazırlanan termokupul kalıp üzerine yerleştirilmiştir. Elektrik panosuna bir adet dijital termostat, zaman sayacı ve kontaktör yerleştirilmiştir. Sisteme ait elektrik devresi Şekil 4.25.'de görülmektedir. Dizaynı ve imalatı yapılan ısı düzeneğinin pres çenelerine monte edilmiş biçimi Şekil 4.23. ve Şekil 4.24.'te görülmektedir. Dizaynı yapılan prese ait resim Şekil 4.26.'da görülmektedir.



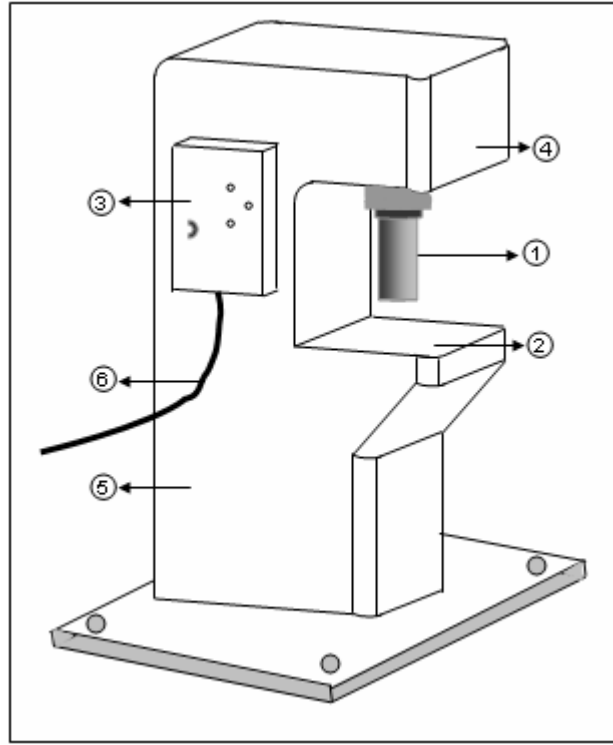
Şekil 4.23. Isı düzeneğinin pres tezgahına monte edilmiş biçimi



Şekil 4.24. Isı düzeneğinin pres çenelerine montajı



Şekil 4.25. Hidrolik kumanda ve güç ünitesine ait elektrik şeması



Şekil 4.26. Hidrolik prese ait teknik resim

1. Piston
2. Alt Tabla
3. Elektrik Panosu
4. Üst Tabla
5. Ana Gövde
6. Elektrik Güç Kablosu

Hidrolik pres tezgahı, yüksek basınç altında çalıştığından ve kalıpların 600 °C'ye kadar ısınmasından dolayı gerekli emniyet ve güvenlik tedbirleri alınmadan kullanılmamalıdır. Hidrolik pres tezgahı ile kompozit malzeme üretimi basma işlemi esnasında dikkat edilecek hususları şöyle sıralayabiliriz:

- a) Hidrolik pres tezgahının kumanda sistemleri hakkında gerekli eğitim alınmadan tezgah kullanılmamalıdır.
- b) Kalıpta basımı yapılacak malzeme piston eksenine gelecek şekilde açık kalıp arasına güvenli bir şekilde yerleştirilmelidir. Aksi takdirde pistonun

- burkulmasına, kalıbın deforme olmasına, kalıp içerisindeki rezistansların patlamasına ve gövdede elektrik kaçağı oluşmasına sebep olacaktır.
- c) Pres tezgahının elektrik hattına mutlaka topraklama yapılmalıdır.
 - d) Hidrolik pres monte edildiği alanda rahat çalışma ortamı sağlanmalıdır.
 - e) Kumanda panosu devrede iken kalıp arasına kesinlikle el sokulmamalı, gerekirse çekme aparatı kullanılmalıdır.
 - f) Isı kalıpları ile ilgili çalışmalarda koruyucu gereç olarak ısıya dayanıklı eldiven kullanılmalıdır.
 - g) Çalışma işlemi sonlandığında tezgahın elektrik şalteri kapatılmalıdır.

4.12. Hidrolik Pres Kullanma Talimatı

- 1) Fişi prize tak.
- 2) Şalteri açarak elektrik motorunu çalıştır.
- 3) Pres kumanda panosundan aşağı yön büttonunu basılı tut.
- 4) Isı kalıplarının birbirlerine basınçsız temasını sağla.
- 5) Pres kumanda panosundan aşağı yön büttonunu serbest bırak.
- 6) Presin şalterini kapat.
- 7) Kalıpları ısıtan şalteri aç.
- 8) Termostatı istenilen sıcaklığa ayarla.
- 9) Isıtıcı rezistansların şalterini aç.
- 10) Alt ve üst kalıpları istenilen sıcaklığa kadar ısınmasını sağla.
- 11) Daha sonra presin şalterini aç.
- 12) Pres kumanda panosundan yukarı yön büttonunu basılı tut.
- 13) Isı kaplarının 7 – 8 cm kadar açılmasını sağla.
- 14) Pres kumanda panosundan yukarı yön büttonunu serbest bırak.
- 15) Presin şalterini kapat.
- 16) Preste üretimi yapılacak kompozit parçayı ısı kalıplarının merkezine yerleştir.
- 17) Şalteri açarak elektrik motorunu çalıştır.
- 18) Pres kumanda panosundan aşağı yön büttonunu basılı tut.
- 19) Pres basınç değeri manometreden 2.5 MPa oluncaya kadar basınç uygula.
- 20) İstenilen basınç değeri elde edildiğinde aşağı yön büttonunu serbest bırak.
- 21) Presin şalterini kapat.

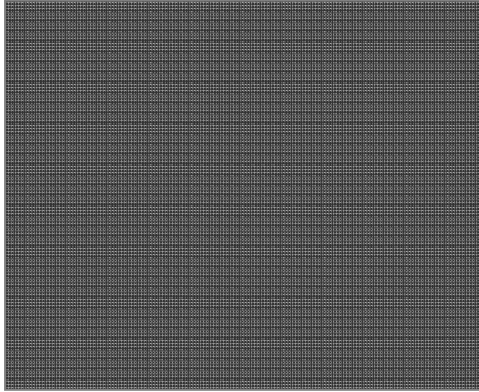
- 22) Malzemenin cinsine göre zaman sayacını istenilen değere ayarla.
- 23) Süre dolduğunda ısıtıcı şalterini kapat ve presin şalterini açarak yukarı yön bütönunu basılı tut.
- 24) Isı kaplarını 7 – 8 cm kadar açılmasını sağla.
- 25) Pres kumanda panosundan yukarı yön bütönunu serbest bırak.
- 26) Presin şalterini kapat.
- 27) Kompozit malzeme numunesini al.
- 28) Presin şalterini açarak elektrik motorunu çalıştır.
- 29) Pres kumanda panosundan aşağı yön bütönunu basılı tut.
- 30) Isı kalıplarının birbirlerine basınçsız temasını sağla.
- 31) Presin şalterini kapat.

4.13. Kompozit Malzeme Üretimi

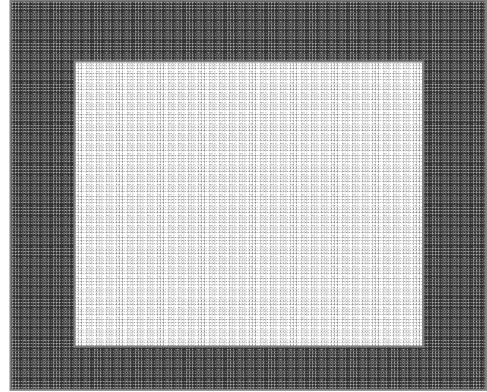
Bu yüksek lisans tezinde kompozit malzeme üretiminde kullanılacak bir düzeneğin tasarımı ve imalatı üzerinde durulmuştur. Yapılan hesaplamalar neticesinde 400 x 300 x 40 mm ebatlarında özellikle polimer ve metal matrisli kompozit malzemelerin üretimini yapan 250 bar ve 200 ton kapasiteli bir hidrolik presin tasarımı yapılmıştır. Pres tasarımı için ihtiyaç duyulan kuvvet, basınç, sıcaklık ve güç kaynağı gibi kriterler üzerinde durulmuştur. Yapılan hesaplamalar neticesinde gerekli olan piston çapı, piston boyu, pistonu tahrik edecek elektrik motorunun gücü, gerekli basıncı sağlayacak kapasitede hidrolik pompa, sistemi yeteri kadar besleyebilecek kapasitede yağ tankı, basma işlemi için piston hızına doğrudan etki eden emme ve basma borularının çapları hesaplar neticesinde belirlenmiştir. Daha sonra tasarımı yapılan presin alt ve üst çenelerine bu çalışmanın en önemli kısmı olan ısı kalıpları yerleştirilmiştir. Isı kalıplarının malzemesi çelik olup 400 x 300 x 40 mm ebatlarındadır. Isı kalıplarını maksimum 600 °C'ye kadar ısıtacak her biri 500 Watt olan 12 tane çubuk rezistans kullanılmıştır. Bunun yanı sıra kalıplarının ısınısını takip etmek için termokupul, dijital termostat ve kontaktör kullanılmıştır. Çubuk rezistans için kullanılan rezistans teli krom - nikel olup yalıtımı seramik ile sağlanmıştır. Seramiğin ısınması esnasında dağılmasını önlemek için koruyucu olarak bakır kullanılmıştır. 400 x 300 x 40 mm ebatlarındaki iki çelik malzemeye 8 mm çapında 6'şar delik açılarak çubuk rezistansların bu deliklere yerleştirilmesi sağlanmıştır.

Daha sonra çubuk rezistansların elektrik bağlantısı yapılmıştır. Kalıpların ısını kontrol altında tutmak için bir adet ısı hissedici yani termokupul bağlanmıştır. Bunun yanı sıra elektrik panosuna termostat, zaman sayacı ve kontaktör uygun bir şekilde bağlandıktan sonra düzenek kompozit malzeme üretimine hazır hale getirilmiştir.

Kompozit malzeme üretimi esnasında ilk önce Şekil 4.27.'de görülen 30 x 25 cm boyutlarında ve 2 mm kalınlığındaki dikdörtgen saç üzerine bir tabaka jelatin serilir. Daha sonra Şekil 4.28.'de görülen 1 mm kalınlığındaki saçın içinden 25 x 20 cm boyutlarında dikdörtgen bir saç parçası çıkarılmıştır. Elde edilen saç parçasının iç kısmına 1.5 mm ebadında polimer granüller tek sıra biçiminde serilir (Şekil 4.29). Burada dikkat edilmesi gereken tek nokta granüller arasında mümkün mertebe boşluk bırakılmamasıdır. Sonra tekrar bir tabaka jelatin serilir. Daha sonra da Şekil 4.27.'de gösterilen bir dikdörtgen saç ile granüllerin üzeri kapatılarak ısı kalıpların merkezine bırakılarak belirli basınç, sıcaklık ve zamanda preslenir (Şekil 4.30).



Şekil 4.27. Kompozit numune alt kalıp saçı



Şekil 4.28. Polimer granüllerin dizileceği kalıp saç



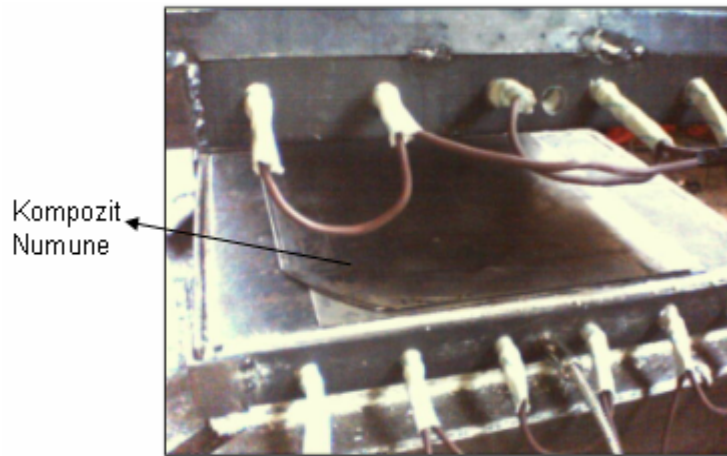
Şekil 4.29. Granüllerin saç kalıplarda dizilişi



Şekil 4.30. Preslemeye hazır polimer malzeme numunesi

Tez çalışmasının bu aşamasında, polimer ve metal matrisli kompozit malzemelerin üretim aşamalarından bahsedilecektir.

- 1) Polimer tabakaların üretim aşaması şöyledir:
- 2) Hidrolik presle çalışılacağı için gerekli olan emniyet tedbirleri gözden geçirilmelidir.
- 3) Temel parametreler olan basınç, sıcaklık, basma süresi, gerekli ise ön ısıtma parametreleri gözden geçirilmelidir.
- 4) Pres çalıştırılarak kumanda panosundan aşağı yön butonu basılı tutulur. Böylece kalıpların birbiri ile basınçsız ortamda temas etmeleriyle ısınması sağlanmalıdır.
- 5) Pres kumanda panosundan aşağı yön butonu serbest bırakılır. Daha sonra presin şalteri kapatılır.
- 6) Kalıpları ısıtan elektrik şalteri açılır. Daha sonra termostat 160 °C sıcaklığa ayarlanır.
- 7) Alt ve üst kalıpların ayarlanan sıcaklığa kadar ısınması sağlanır.
- 8) Daha sonra presin şalterini açılarak pres kumanda panosundan yukarı yön butonu basılı tutularak, ısı kapların 7 – 8 cm kadar açılması sağlanır.
- 9) Pres kumanda panosundan yukarı yön butonu serbest bırakılarak presin şalteri kapatılır.
- 10) Preste üretimi yapılacak Şekil 4.28.'de görülen polimer plaka numunesi ısı kalıplarının merkezine yerleştirilir (Şekil 4.31).



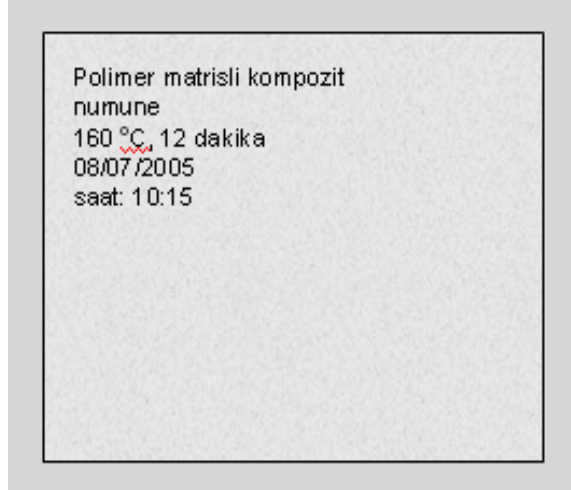
Şekil 4.31. Kompozit numunenin ısı kalıpları arasına yerleşimi

- 11) Presin şalteri açılarak elektrik motoru çalıştırılır.
- 12) Pres kumanda panosundan aşağı yön butonu basılı tutulur.
- 13) Pres basınç değeri manometreden 1 MPa oluncaya kadar basınç uygulanır.
- 14) İstenilen basınç değeri elde edildiğinde aşağı yön butonu serbest bırakılarak presin şalteri kapatılır.
- 15) Zaman sayacı 6 dakikaya ayarlanır. Böylece kalıpların 160 °C sıcaklıkta 6 dakika ısınması sağlanmış olur.
- 16) Daha sonra presin şalteri açılarak elektrik motoru çalıştırılır.
- 17) Pres kumanda panosundan yukarı yön butonu basılı tutularak iki kalıp arasının 7 - 8 cm kadar açılması sağlanır.
- 18) Presin şalteri kapatılarak kalıplar arasından numune alınarak kendiliğinden soğuması sağlanır. Böylece 1 mm kalınlığında bir polimer tabaka üretilmiş olur (Şekil 4.32).



Şekil 4.32. Üretimi yapılmış polimer plaka

Yukarıdaki aşamalar tekrarlanarak ikinci bir polimer tabaka daha oluşturulmalıdır. Hazırlanmış bu iki polimer tabaka arasına 2 x 2 mm boyutunda kare şeklinde işlenmiş elek teli yerleştirilerek yukarıdaki aşamalar tekrarlanırsa Şekil 4.33.'te görülen polimer matrisli kompozit malzeme elde edilmiş olur.

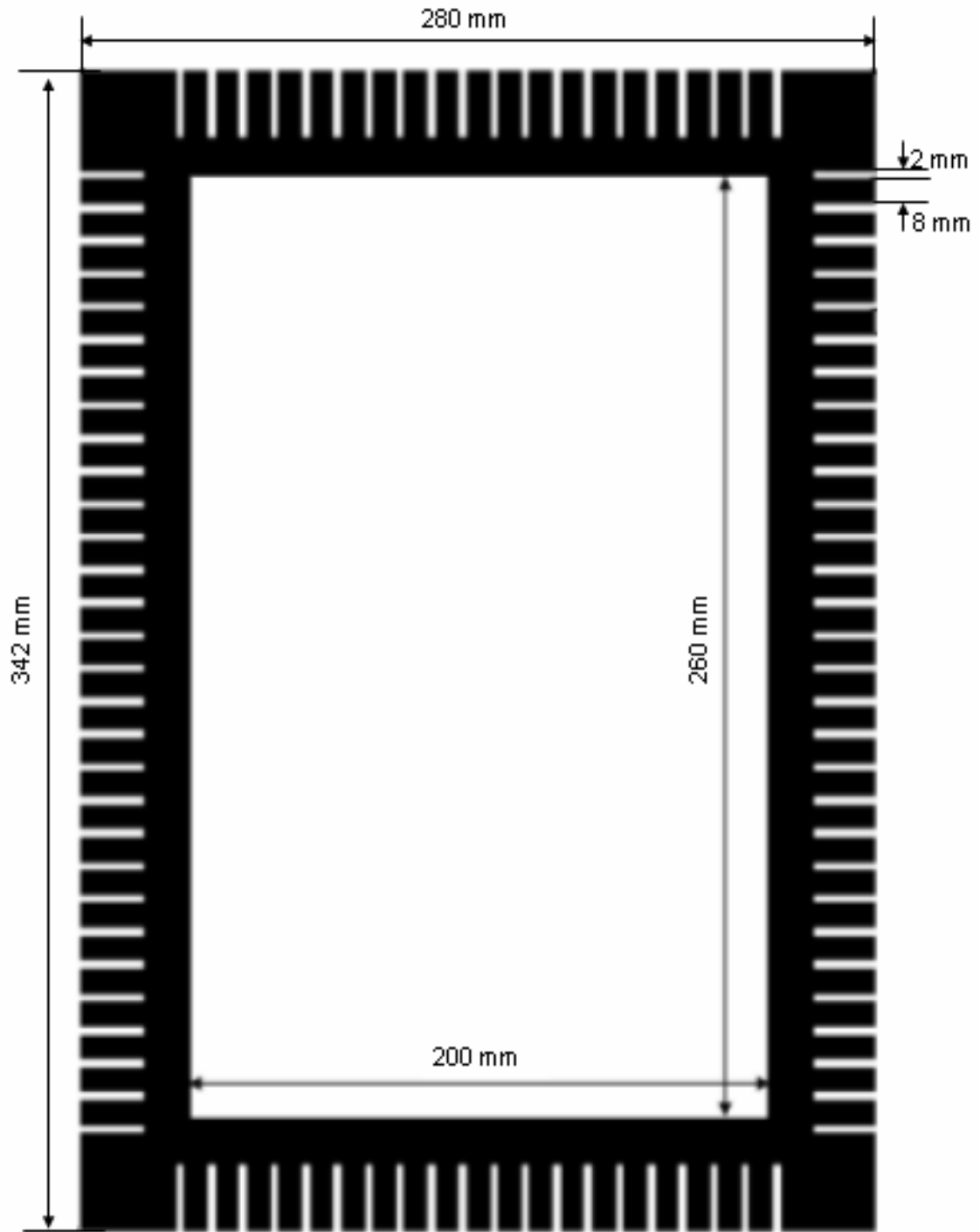


Şekil 4.33. Polimer matrisli kompozit malzeme

Tez çalışmasının önceki bölümlerinde bahsedildiği gibi değişik takviye elemanları ile güçlendirilmiş polimer matrisli kompozit malzeme üretmek mümkündür. Yukarıda verilmiş aşamalar tekrarlanarak 0.4 mm çapındaki çelik telle güçlendirilmiş kompozit malzeme üretilecektir. Çelik tel Şekil 4.35.'te verilen 1 mm kalınlığındaki kalıp üzerine 45 derecelik açı ile yerleştirilmiştir. Daha sonra iki polimer plaka arasına bırakılarak ısı ile işlem ile preslenerek Şekil 4.34.'te verilen kompozit malzeme üretilmiştir.



Şekil 4.34. Çelik tel ile takviyelendirilmiş kompozit malzeme



Şekil 4.35. Çelik tel sarma kalıbı

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu yüksek lisans tezinde, kompozit malzeme üretiminde kullanılacak bir düzeneğin tasarımı ve imalatı üzerinde durulmuştur. Yapılan hesaplamalar neticesinde 400 x 300 x 40 mm ebatlarında özellikle polimer ve metal matrisli kompozit malzemelerin üretimini yapan 250 bar kapasiteli bir hidrolik presin dizaynı yapılmıştır. Pres dizaynı için ihtiyaç duyulan kuvvet, basınç, sıcaklık ve güç kaynağı gibi kriterler üzerinde durulmuştur. Yapılan hesaplamalar neticesinde gerekli olan piston çapı, piston boyu, pistonu tahrik edecek elektrik motorunun gücü, gerekli basıncı sağlayacak kapasitede hidrolik pompa, sistemi yeteri kadar besleyebilecek kapasitede yağ tankı, basma işlemi için piston hızına doğrudan etki eden emme ve basma borularının çapları hesaplar neticesinde belirlenmiştir. Daha sonra tasarımı yapılan presin alt ve üst çenelerine yerleştirilecek ve bu çalışmanın en önemli kısmı olan ısı kalıpları dizaynı ve üretimi yapılmıştır. Dizayn edilen kalıbın mevcut imkanlarla maksimum 600 °C sıcaklığa ulaşabilmesi sağlanmıştır. Seçmiş olduğumuz sıcaklık değerine ulaşabilmek için alt ve üst kalıba 2 x 3 000 Watt değerinde çubuk rezistanslar yerleştirilmiştir. Isıtıcı kalıp uygun bir şekilde pres çenelerine bağlandıktan sonra kalıbın sıcaklığını ölçebilmek için hazırlanan termokupul kalıp üzerine yerleştirilmiştir. Elektrik panosuna bir adet dijital termostat, bir adet zaman sayacı ve bir adet kontaktör gurubu yerleştirilmiştir.

Dizaynı ve imalatı yapılan ısı düzeneği yardımıyla değişik metal ve polimer matrisli kompozitler üretilmiştir.

5.2. Öneriler

1. Dizaynı yapılan presin imalatı kolaylıkla gerçekleştirilebilir.
2. Farklı kalıplar yapılarak değişik geometrilere sahip malzemeler üretilebilir.

3. Düzenek kullanılarak değişik kombinasyonlarda kompozit malzemeler üretilerek mekanik özellikleri ve davranışları deneysel ve nümerik olarak tespit edilebilir.
4. Üretilen kompozit malzemelerde çatlak gibi yapısal kusurlar oluşturularak titreşim ve burkulma gibi günümüzde karşılaşılan önemli problemler incelenebilir.

KAYNAKLAR

- AMSTEAD, B. H., BEGEMAN, M. L., and OSTWALD P. F., 1977. Manufacturing Processes. Wiley, 439, USA.
- ASM I., 1989. ASME Engineered Materials Reference Book. Metals Park, 44073, Ohio.
- DEMİRKESEN, E., 1991. Kompozit Malzemeler. İTÜ Yayını, 85, İstanbul.
- DEMİRTAŞ, F., 1999. Teknik ve Endüstri Meslek Liseleri İçin Hidrolik ve Pnömatik. Bilim Yayınevi, 269, Ankara.
- ENDÜSTRİYEL TASARIM DERGİSİ, <http://atlas.cc.itu.edu.tr/~ensicia/designophy/elkitabi/kompozit.php>
- FOMEY, R. C., 1986. Kompozit Malzemeler Çağı. Teknik ve Uygulama Dergisi, (11): 3 - 4.
- GÜL, F., 1999a. Döküm Yoluyla Alüminyum Temelli Parçacık Takviyeli Kompozit Geliştirme, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 179, İstanbul.
- GÜL, F., 1999b. Seramik Parçacık Takviyeli Kompozitlerin Üretim Yöntemleri ve Özellikleri. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, (15): 101-113.
- JONES, M. R., 1975. Mechanics of Composite Materials, Scripta Book Company, 394, USA.
- KARACAN, İ., 1987. Endüstriyel Hidrolik, Bizim Basımevi, 448, Ankara.
- KARACAN, İ., 1989. Hidrolik + Pnömatik, Bizim Basımevi, 313, Ankara.
- KELLY, A., and DAVIES, G. J., 1965. The Principles of The Fibre Reinforced Metals. Metallurgical Reviews, 77, İngiltere.
- KÖK, M., 2002. Metal Matriksli Kompozit Malzemelerin İşlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğüne Takım ve Malzeme Özelliklerinin Etkisi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 15 (1): 37 – 47.
- KREDIER, G. K., 1974. Metal Matriks Composites. Academic Press, (32): 172 - 178 New York.
- MERKLE, D., SCHRADER, B., and THOMAS, M., 1991. Hidrolik, Ürün Yayıncılık, 233, İstanbul.
- ÖZCAN, F., 1982. Hidrolik Akışkan Gücü, Mert Teknik A. Ş. Eğitim Yayınları, 179, İstanbul.
- PHILLIPS, N. L., 1989. Design with advanced composite materials, The Design Council, London.
- ROBERT, M. BRICK, G. A., and PENSE, W., 1977. Structure and Property of Engineering Materials, Materials Science and Engineering Series, 4th Edition, Mcgraw - Hill Company, USA.
- ŞAHİN, Y., 1991. A Materials Aspect of Fibre Reinforced Metal Composites. Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Dergisi, (101): 3-2.
- ŞAHİN, Y., 1994. Metal Matrisli Kompozitlerin Fabrikasyon Teknikleri Üzerine Bir İnceleme, 2. Makine Tasarım ve İmalat Kongresi, ODTÜ, Makine Mühendisliği Bölümü, UMTİK, Ankara.
- ŞAHİN, Y., 2000. Kompozit Malzemelere Giriş, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yayını, 327, Ankara.
- TAŞGETİREN, S., 1999. Kompozit Malzemelere Giriş Ders Notları. Afyon Kocatepe Üniversitesi Yayını, 120, Afyon.

TAYA, M., and ARSENAULT, R. J., 1989. Metal Matrix Composites
Thermomechanical Behavior, (6): 32 - 35, Pergamon Press.

ÖZGEÇMİŞ

Siirt ilinin Kurtalan ilçesinde 21.07.1981 yılında doğdu. İlk ve ortaokulu Batman Yavuz Selim İlköğretim Okulu'nda ve lise öğrenimini Batman Fatih Lisesi'nde tamamladı. 1998 yılında Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği bölümünü kazandı. 2002 yılı Bahar döneminde mezun oldu. 2002 Eylül ayında Araştırma Görevliliği sınavını kazanarak 33/d maddesine göre Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. Bunun yanı sıra aynı ay içerisinde Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans yapmaya hak kazandı. Evli ve bir çocuk babasıdır.

Ek 1:

Çizelge 4.9. Hidrolik sistemde kullanılan boru ölçüleri (Özcan, 1982).

Debi Q lt/dk	Boru Ölçüleri						Bağlantı Dişi		Akış Değerleri									
	Dış Çap (mm)	Et Kalınlığı (mm)					Metrik Vida	Witworth Vida	Akış Hızı (m/s)					Her Metredeki Basınç Kaybı (kg/cm ²)				
		Çalışma Basıncı kg/cm ²							Çalışma Basıncı kg/cm ²					Çalışma Basıncı kg/cm ²				
		63	100	160	250	400			63	100	160	250	400	63	100	160	250	400
0.63	6	1	1	1	1	1.5	M10x1	R 1/8"	0.84	0.84	0.84	0.84	1.5	0.51	0.51	0.51	0.51	1.6
2.5	8	1	1	1	1.5	1.5	M14X1.5	R 1/4"	1.5	1.5	1.5	2.1	2.1	0.41	0.41	0.41	0.82	0.82
6.3	10	1	1	1	1.5	2	M14X1.5	R 1/4"	2.1	2.1	2.1	2.7	3.7	0.32	0.32	0.32	0.54	1.0
16	12	1	1	1.5	2	2.5	M18X1.5	R 3/8"	3.4	3.4	4.2	5.3	6.9	0.33	0.33	0.51	0.81	1.4
40	16	1.5	1.5	1.5	2	3	M22X1.5	R 1/2"	5	5	5	5.9	8.5	0.40	0.40	4.0	0.59	1.06
40	20	-	-	-	-	4	M27X2	R 3/4"	-	-	-	-	5.9	-	-	-	-	0.59
63	20	1.5	1.5	2	2.5	-	M27X2	R 3/4"	4.6	4.6	5.2	5.9	-	0.25	2.25	0.33	0.45	-
63	25	-	-	-	-	5	M33X2	R 1"	-	-	-	-	5.9	-	-	-	-	0.45
95	25	2	2	3	3	-	M33X2	R 1"	4.8	8.4	5.9	5.9	-	0.21	0.21	0.33	0.33	-
100	30	-	-	-	-	6	M42X2	R1 1/4"	-	-	-	-	6.6	-	-	-	-	0.44
160	30	2	2	3	4	-	M42X2	R1 1/4"	5	5	5.9	7	-	0.17	0.17	0.25	0.38	-
160	38	-	-	-	-	7	M48X2	R1 1/2"	-	-	-	-	5.9	-	-	-	-	0.25
250	38	3	3	4	5	-	M48X2	R1 1/2"	5.2	5.2	5.9	6.8	-	0.14	0.14	0.19	0.26	-
250	50	-	-	-	-	9	M60X2	R 2"	-	-	-	-	5.2	-	-	-	-	0.14
400	50	3	3	6	6	-	M60X2	R 2"	4.4	4.4	5.9	5.9	-	0.07	0.07	0.14	0.14	-

ÖZET

20. yüzyılın ikinci yarısında üretimin hızla gelişmesi, beraberinde sanayinin temel girdisi olan malzeme biliminde de gelişmelerin hızlanmasını sağlamıştır. Kompozit malzemeler, sağladıkları avantajlar ve uygulama alanlarındaki çeşitlilik dolayısı ile bugün imalat sektöründe önemli bir yer işgal etmektedir. Mühendisliğin her alanında çok yönlü olarak kullanılan kompozit malzemelerin üretimi hayli önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, metal ve polimer esaslı kompozit malzemelerin üretim metotları, bu metotların karakteristik bazı özellikleri, avantaj ve dezavantajları araştırılmış olup polimer ve metal matrisli kompozit malzeme üretimi yapabilecek olan bir düzeneğin tasarım ve imalatı gerçekleştirilmiştir. İlk olarak yağ basıncı ile çalışan, tek tesirli, 500 mm stroka sahip % 85 verimle çalışacak olan 250 bar ve 200 ton kapasiteli bir hidrolik presin tasarımı yapılmıştır. Pres tasarımı için ihtiyaç duyulan kuvvet, basınç ve güç kaynağı gibi kriterler tespit edilerek, gerekli olan piston çapı, piston boyu, elektrik motorunun ve hidrolik pompanın gücü, yağ tankının kapasitesi, emme ve basma borularının çapları hesaplar neticesinde belirlenmiştir. Daha sonra tasarımı yapılan presin alt ve üst çenelerine, dizayn ve imalatı gerçekleştirilen ve bu çalışmanın en önemli kısmını oluşturan ısı kalıpları yerleştirilmiştir. İzolasyonu için ısıya ve basınca dayanıklı olan amyant malzemesi kullanılan ısı kalıplarının malzemesi çelik olup 400 x 300 x 40 mm ebatlarındadır. Isı kalıplarını maksimum 600 °C kadar ısıtacak her biri 500 Watt gücünde olan 12 tane krom - nikel çubuk rezistans kullanılmıştır. Bunun yanı sıra kalıplarının sıcaklığını kontrol edecek olan termokupul, dijital termostat ve kontaktör kullanılmıştır.

Üretimi yapılan düzeneğe ile metal ve polimer malzemelerin değişik kombinasyonlarında oluşan kompozit malzemeler başarıyla üretilmiştir.

SUMMARY

Rapid advances in the production techniques in the second half of 20 Century, speed up the development of the science material which is the main parameter of industry. Today composite materials have an important place in manufacture sector because of their advantage and variety of application fields. The production of composite materials that used in all engineering districts is very important.

In this study, the characteristic properties, advantages and disadvantages of production techniques of polymer and metal matrix composites are explored and then a device capable of producing polymer and metal matrix composite materials is designed and manufactured. At first, the hydraulic press working with oil pressure with % 85 productivity, single effective with 500 mm stroke, having 250 bar and 200 tone capacity, is designed. By obtaining the necessary force, pressure and power supply for the hydraulic press; the required piston diameter and length, power of engine and hydraulic pump, capacity of oil tank, diameter of intake and press pipes have been determined. Afterwards, the thermal dies which are the most important part of this study attached to the lower and upper jaws of the hydraulic press device. For isolation, asbestos materials durable to the heat and pressure, are used, thermal dies have a dimension of 300 x 400 x 40 mm. 12 pieces chrome - nickel resistant wire each has 500 Watt power are used to warm up thermal dies up to 600 °C. Besides a thermocouple, a digital thermostat and contactor are used to control the temperature of the device.

By means of this appliance, polymer and metal matrix composites have been produced in the different combinations with a great success.