

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİR ATRİTÖRÜN TASARIMI
VE İMALATI

78658

YÜKSEK LİSANS TEZİ


Adnan Menderes GENÇ

Enstitü Anabilim Dalı : METAL EĞİTİMİ

Bu tez 12/02/1998 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.


Doç. Dr. Behin FİNDİK
Jüri Başkanı


Yrd. Doç. Dr. Erdinc İLHAN
Jüri Üyesi


Yrd. Doç. Dr. Recep KAZAN
Jüri Üyesi

ÖNSÖZ

Teknolojinin hızla ilerlediği şu günlerde toz metalürjisine ilgi oldukça artmaktadır. Bu ilgi teknolojiye ayak uydurarak, bir takım yöntemleri geliştirmekte daha iyi bir yere gelinmesini sağlar.

Son yıllarda malzeme sınırlamalarını ortadan kaldırmak için bir çok yöntem geliştirilmiş ve geliştirilmeye devam edilmektedir. Sıcak şekillendirme ve döküm gibi yöntemlerle üretimi zor veya sınırlı olan ürünlerin toz metalürjisi yöntemleriyle üretimi sahasında önemli gelişmeler olmuştur.

Atritör cihazı toz metalürjisi için keşfedilen önemli bir araç olmuştur. Bu keşif, malzeme kullanımı sınırlarını ortadan kaldırılmasında ve enerji sarfiyatının en aza indirilmesinde önemli katkılar sağlamıştır.

Atritör cihazının dizaynı ve imalatı esnasında azami gayret gösterilmiştir.

Bu çalışmalarında bana yardımlarını esirgemeyen, danışman hocam Doç. Dr. Fehim FINDIK 'a, önerilerinden yararlandığım Arş. Gör. Ziya ASLANOĞLU 'na ve çalışmam esnasında hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan SÜTAK AŞ. Genel Müdürü K. Ahmet TECELLİ 'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

OCAK 1998

Adnan Menderes GENÇ

İÇİNDEKİLER

SİMGELER VE KISALTMALAR.....	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VII
TABLolar LİSTESİ.....	IX
ÖZET.....	X
SUMMARY.....	XI
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. TOZ ÜRETİMİNDE KİMYASAL METODLAR.....	4
2.1. SCM Metal Ürünler.....	4
2.2. Oksidin Redüksiyonu.....	4
2.2.1. İşlem şartları.....	5
2.2.2. İşlem değişkenleri.....	7
2.3. Solüsyon Çökmesi.....	7
2.3.1. İşlem şartları.....	8
2.4. Termal Dekompozisyon.....	10
2.4.1. İşlem şartları.....	11
2.5. Diğer Metotlar.....	11
2.5.1. Tuz solüsyonlarından çökeltme.....	11
2.5.2. Gazdan çökeltme.....	12
2.5.3. Hidrit dekompozisyonu.....	12
2.5.4. Termik reaksiyonlar.....	12
2.5.5. Kermetlerin kimyasal işlemleri.....	13

BÖLÜM 3. TOZLARIN ENDÜSTRİYEL UYGULAMALARI..... 14

3.1. P/M Parçalarının Uygulamaları.....	14
3.1.1. Paslanmaz çelik parçaları.....	14
3.1.2. Fonksiyonel demir parçaları.....	15
3.1.3. Rulman (Yataklar).....	17
3.2. Otomotiv Uygulamaları.....	18
3.2.1. Sıkıştırmış ve çökeltmiş parçalar.....	20
3.2.2. Manyetik olmayan uygulamalar.....	22
3.2.3. Sıcak formulu parçalar.....	22
3.2.4. Uygun olmayan uygulamalar.....	24

BÖLÜM 4. MEKANİK ALAŞIMLAMA..... 27

4.1. Mekanik Alaşımama İşlemlerinin Mekanizması.....	28
4.2. Mekanik Alaşımama Ekipmanı ve İşlem Parametreleri.....	31
4.2.1. MA İşlemlerinde kullanılan hammadde ve boyutları.....	31
4.3. MA İşlemlerinde Kullanılan Öğütücüler.....	32
4.4. MA İşlemlerinde Kullanılan Bilyalar.....	36
4.5. Katkı Maddeleri.....	37

BÖLÜM 5. ATRİTÖRÜN TASARIMI ve İMALATI.....39

5.1. Şaft.....	39
5.2. Mekanik Kısım.....	40
5.3. Motor.....	41
5.4. Tanklar (Kaplar).....	42

BÖLÜM 6. SONUÇLAR..... 48

BÖLÜM 7. TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	49
KAYNAKLAR.....	50
ÖZGEÇMİŞ.....	53



SİMGELER VE KISALTMALAR

P / M	→	Toz Metalürjisi
MPIF	→	Metal Toz Endüstrisi Federasyonu
ASTM	→	Test ve Maddeler İçin Amerikan Topluluğu
H	→	Hidrojen
°C	→	Santigrat derece (sıcaklık)
°F	→	Fahrenhayt derece (sıcaklık)
atm	→	Atmosfer basıncı
g / cm³	→	Yoğunluk
INCO	→	International Nickel Company
ODS	→	Oksit Dağılımı ile Sertleştirilmiş
MA	→	Mekanik Alaşımlama

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Metal oksitlerin fonksiyonunun standart özgür enerjisi.....	6
Şekil 2.2. 1 ve 10^{-3} molar metal solüsyonlarının potansiyeli ve 25°C (75°F)'da Çeşitli pH derecelerinden hidrojen potansiyeli.....	10
Şekil 2.3. Cu-Nh ₃ -H ₂ O sistemi için potansiyel pH diyagramı.....	10
Şekil 3.1. Pompa için Paslanmaz çelik (304L).....	15
Şekil 3.2. %2 bakır, %0.5 grafit içeren demir tozu alaşımından yapılmış Çamaşır makinesi dişlisi.....	16
Şekil 3.3. %89 bakır, %10 tin, %1 grafitten yapılan çamaşır makinesi rulmanı....	18
Şekil 3.4. P/M metodu ile yapılmış çeşitli motor parçaları.....	21
Şekil 3.5. P/M rulman kutusunun tipik Weibull çizimi.....	23
Şekil 3.6. P/M parçalarından sıcak formu piston biyel kolu.....	23
Şekil 3.7. Çökeltilmiş kam şaft kompozitinin üretim işlemleri.....	25
Şekil 3.8. Çökeltilmiş kam şaft kompoziti.....	25
Şekil 3.9. Motor çalıştırıcı.....	26
Şekil 4.1. Mekanik alaşımlama da kullanılan elementel başlangıç tozlarının ve Deformasyon karakteristiklerinin gösterilmesi.....	29
Şekil 4.2. Mekanik alaşımlama esnasında toz karışımının bilya-toz-bilya Çarpışması.....	29
Şekil 4.3. MA Mekanizmasının şematik gösterilmesi.....	30
Şekil 4.4. Mekanik alaşımlama da kullanılan tipik öğütücüler.....	33
Şekil 4.5. Atritör değirmeninde öğütme sırasında oluşan hareketler.....	33
Şekil 4.6. Atritörde toz şarjı ile bilyaların hareketi.....	34
Şekil 4.7. Pima kalkopirit konsantresinin çok ince öğütülmesinde kullanılan Çeşitli öğütücülerin karşılaştırılması.....	35

Şekil 4.8. Atritörde işlem esnasında meydana gelen en büyük aşınma alanları.....	36
Şekil 4.9. Öğütme süresiyle ortalama tane boyutunun azalması.....	36
Şekil 5.1. Atritör şaftı.....	40
Şekil 5.2. Mekanik kısımda kullanılan kasnak.....	40
Şekil 5.3. Motor bağlantıları.....	41
Şekil 5.4. Atritörün iç ve dış tankları.....	42
Şekil 5.5. Öğütücü kısmın kesit resmi.....	43
Şekil 5.6.a. Atritörün hazırlık konumunda önden görünüşü.....	44
Şekil 5.6.b. Atritörün hazırlık konumunda yandan görünüşü.....	45
Şekil 5.6.c. Atritörün çalışma konumunda önden görünüşü.....	46
Şekil 5.6.d Atritörün çalışma konumunda yandan görünüşü.....	47



TABLolar LİSTESİ

Tablo 4.1. Inconel MA 6000'de kullanılan hammaddeler ve boyutları.



ÖZET

Son yıllarda gelişmiş toz metalürji yöntemlerine olan ilgi oldukça artmaktadır. Bu ilgi bir çok uygulamada ortaya çıkan malzeme sınırlamalarını ortadan kaldırmak amacıyla yeni ve gelişmiş malzemelere olan ihtiyaçlardan kaynaklanmaktadır.

Normal ergitme tekniğiyle üretilmesi zor veya olanaksız olan elementlerin yeni alaşım yapılmasında koruyucu kaplama uygulamalarında, süper korozyon dirençli alaşımların geliştirilmesinde, talaşlı imalatı güç olan malzemelerin uygulama alanlarında kullanılması için toz metalürjisinden yararlanılmaktadır.

Atritör cihazının yapılması sonucunda, diğer sistemlere göre malzemede tane boyutunun daha küçülmesi, cihazda uzun kullanım ömrüne sahip olunması, öğütme süresinin kısaltılması ve enerji sarfiyatının azaltılması konusunda üstünlük sağlanmıştır.

THE PLANING AND MANUFACTURING OF ATTRITOR

SUMMARY

KEYWORDS :Attritor, Power Metallurgy, New Alloys

In the recent years, the interest to advanced powder metallurgy techniques methods. Were increased greatly. The reason for this increased interest is to eliminate the materials limitations due to applications and to obtain advanced materials.

In making new alloys that cannot be obtainable coy classical melting techniques in protecting coating applications, development of corrosion resistant alloys and usage of materials that cannot be manufactured by machining the P/M techniques are used.

After the production of attritor device grain size was decreased with respect to other systems, the service life of the device was increased, grinding time was decreased and energy costs were decreased.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Toz metal üreten ve tüketen endüstriler tarihten beri ekonominin ve özellikle otomotiv endüstrisinin genel eğilimlerini izlediler yıllarca, elektronik cihazlarla donatılan büyük arabaların artan üretimiyle ve buna ilaveten Amerikan otomobillerinin lüksten çok bir ihtiyaç olarak görülmeye başlamasıyla geniş alanlarda kullanıldı.

Modern toz metalürji, birçok yönden, varlığını otomotiv endüstrisine ve kendi kendine yağlayan yatakla başlayıp yapısal parçalarla son bulan ilk otomotiv mühendisleri tarafından bu işlemin yararlarını tanınmasına borçludur. Gözenekli kendini yağlayan yataklar sadece P/M işlemleriyle yapılabilirlerdi. Yapısal parçalar kabul edildi çünkü maliyet verimliliği sunuyorlardı. Metali şekillendirme teknikleri üzerinde rekabet avantajları vardı. Otomotiv endüstrisinin P/M tekniklerini kabulü imalatın diğer sektörlerinde P/M işlemlerinin faydalarına yön vermiş oldu.

Bazı P/M uygulamaları ve piyasaları teknolojinin eskimesine dayanamayarak kısa süreli gelip gittiler. Bir zamanlar P/M parçalarının en önemli uygulamalarını temsil eden mekanik hesap makineleri ve kasalar artık elektronik kullanarak yapılıyorlar. Bununla birlikte iş makineleri, büyük çaptaki bilginin işlenmesiyle ve işin iletim hızıyla, P/M parçaları için önemli bir piyasa olarak kahr. Bu uygulamalar aşırı bağımlılıkla yüksek hızlarda işleyen hareketli parçalara ihtiyaç duyar. Bu ihtiyaçlar maliyet, verimlilik ve kalite teminatı ile bütünleşip P/M parçaları için artmakta olan piyasalarda son bulmuştur.

Geri kalmış metal işçiliğinden ve planlanmış eskimeden geçiş bütün endüstride etki yaratmıştır. Bazı parçalar elden çıkarılmak üzere tasarlanmış olmasına rağmen, diğerleri uzun süreli tasarlanmıştır. Aslında, en önemli faktör mümkün olabilen en

düşük maliyetle güvenilir performans gösterecek parçaların üretimine ihtiyaç olunmasıdır. Bu direk olarak P/M endüstrisine kazanç sağlar.

Toplum ekolojii kurtarmak ve çevreyi korumak fikriyle ilgilendiği sırada modern toz metalürjisinin uygulanabilirliği ve önemli ticari onaylar gündeme geldi. P/M işlem duman ve zararlı kimyevi maddeler meydana getirmez. Birçok uluslar, maddelerin özellikle metallerin korunması gerektiğinin bilincine varmaktadır. Metaller gün geçtikçe daha pahalı olup, yeniden meydana getirilmesi imkansız olan kaynaklardır. Toz metaller sık sık hurda metallere tekrar meydana getirilir ve böylece P/M işlemi en az artıkla sonuçlanır. Düzgün şekil veya yalın düzgün şekil teknolojisiyle üretilen parçalar en az hurda kaybıyla sonuçlanır.

Enerji kaynaklarının korunması da başka bir meseleydi. Kömürden olsun, yağdan, gazdan veya elektrikten olsun işi pahalıdır. Toz metalürjisi metale şekil vermede en çok enerji verimliliği sağlayan metottur. Çünkü kati hal erimesi olayı sin terleme ve sıkıştırılmasıdır. Kısmın üretimini sağlayan metal eritilmez.

P/M uygulamalarının 1970'in sonunda limitine ulaştığı görüldü. Örneğin çamaşır makinalarında P/M parçalarına dönüşecek hiç bir ek madde yoktu. Bunlara ek olarak şüpheler toz ile başlayan ve kati ve kuvvetli metal yapısı üreten işlemle bütünleştirildi. Bazı ilk P/M savunucuları üretim metotlarına yabancıydılar ve bazen başarısızlığa yüz tutmuş uygulamalar için P/M parçaları ilerletildi.

Plastikler, daha önceki maddelerin yanında, yüksek sıcaklıklarda işletilmeye daha uygun hale geldi. Diğer modası geçmiş metali işleme metotları rekabete girmeye başladı. Basınç altında yapılan ince duvarlı düzgün sürekli dökümlerin (die castings) gelişimi metal işçiliğinin teknolojisini korudu. Dökümhaneler üretimde gecikmeye devam ettiler fakat otomasyon katkıda bulundu. İşlenmemiş levhalar, gelişen die stamping (kalıpla dökülen veya kesilen parça), bilgisayar yardımıyla işletim. döküm için yatırım ve kapalı kalıp demirciliği bütün bunların hepsi P/M teknolojisiyle rekabete girdiler.

Toz metal üreten ve tüketen endüstriler hızla gelişen tabloyu dikkate alarak çeşitli P/M piyasalarını incelemeye başladılar. Bu piyasa çalışmaları daha iyi koşullara ihtiyaç olduğunu ve daha eğitimli toz metalürjistlere gereksinim olduğunu ortaya koydu. Ayrıca bu çalışmalarla sadece var olan piyasalarda değil fakat yeni alanlarda da saklı bir potansiyelin olduğunu açığa çıkardılar. Kapsamlı kampanya reklamları, ticari fuarlar, bazı filmlerin prodüksiyonları ve dizayn için rehber kitapların basımı ve dağıtımı endüstrinin güç kazanmasında büyük rol oynadılar. Garantili minimum kuvvet değerleriyle yeni standartlar Metal Toz Endüstrileri Federasyonu (MPİF) ve Test ve maddeler için Amerikan Topluluğu (ASTM) tarafından geliştirildi. Bilgisayar yardımlı dizaynlar için özellikli bilgiler meydana getirildi. Var olmakta olan özellik değerleri tekrar doğrulandı ve yeni P/M maddeleri tanıtıldı.

Bu çalışmanın amacı, toz metalürji endüstrisinde yaygın olarak kullanılmakta olan karıştırma yöntemlerinin incelenmesi, mekanik aşınma yönteminde yaygın olarak kullanılan yüksek enerjili değirmen olan atritör (aşındırıcı) tasarım ve imalatıdır.

BÖLÜM 2. TOZ ÜRETİMİNDE KİMYASAL METODLAR

2.1. SCM Metal Ürünler

Metal toz üretiminin kimyasal ve fizikokimyasal metotları toz özelliklerinde büyük varyasyonlara olanak vermektedirler. Bu geniş çeşitlilik ve üretim parametreleri, parti kül boyut ve şeklinin kapalı kontrolünü mümkün kılmaktadır. Oksidin redüksiyonu ile yapılan tozlar, solüsyon veya gaz çökeltisi, termal ayrışma, kimyasal hassas yapı hidrat ayrışma, ve termit reaksiyonlar bu sınıfa dahildir Bu kategori içerisinde en geniş kullanım alanına sahip işlemler, oksidin redüksiyonu, solüsyon çökeltmesi ve termal ayrışmadır.

2.2. Oksidin Redüksiyonu

Demir, bakır, tungsten ve molibden tozlarının ilgili oksitlerinden üretilmesi iyi hesaplanmış ticari işlemlerdir. Oksidin redüksiyonu ile elde edilen bu tozlar hakkında detaylı bilgi şu başlıklar altında bulunmaktadır; "Demir Tozu Üretimi", "Bakır Tozu Üretimi", "Isıya Dayanıklı Metal ve Kar bit Tozların Üretimi". Küçük miktarda da olsa oksidin redüksiyonu ayrıca kobalt ve nikel tozların üretiminde de kullanılmaktadır.

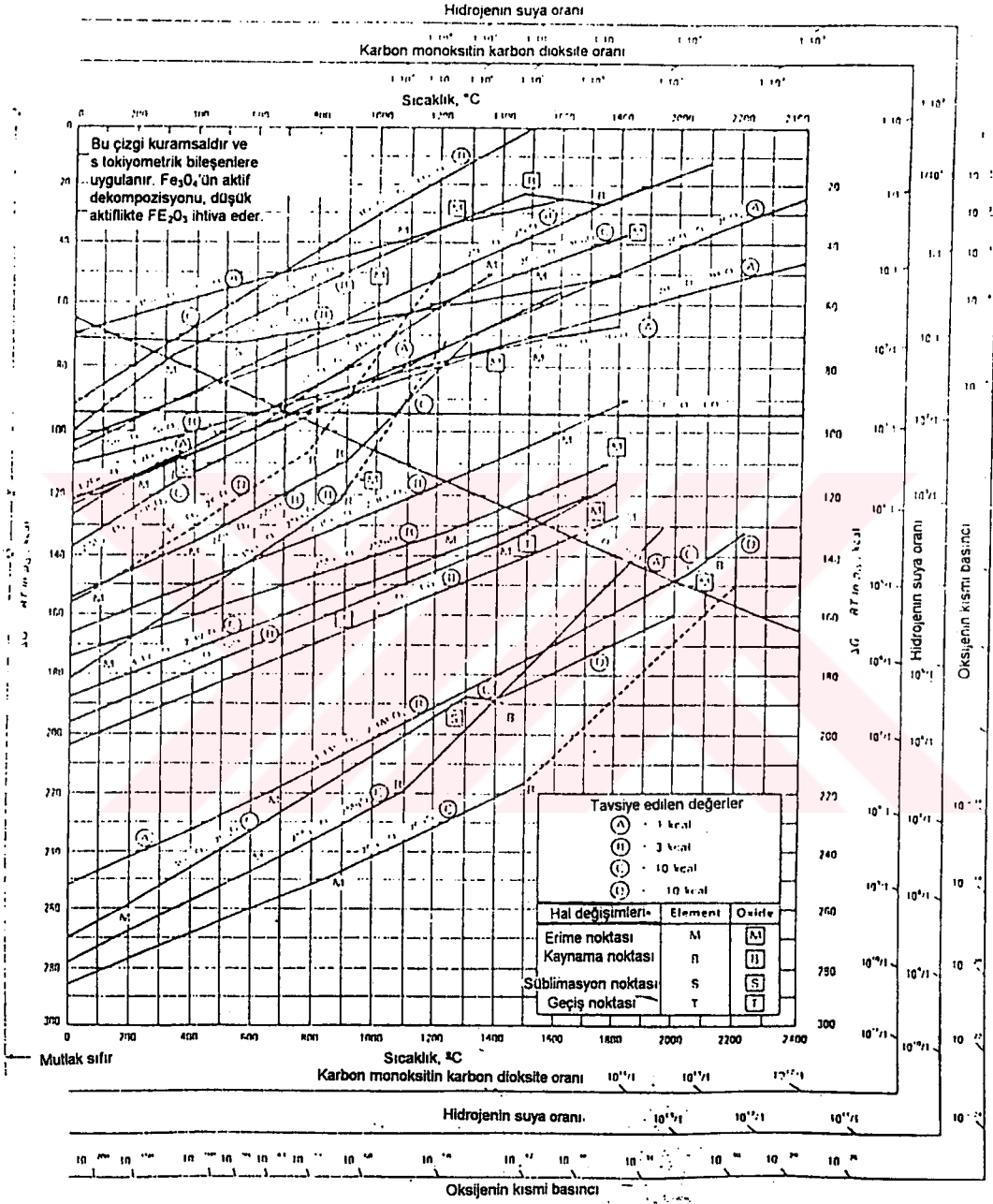
Oksit redüksiyonu ile yapılmış demir ve bakır tozlarının bazı dereceleri diğer işlemlerle yapılan toz dereceleri ile yarışır. Bu tozlar karakteristik olarak her toz partikülünde gözenekli yapılarıyla dikkat çekerler ve dolayısıyla sünger tozlar olarak anılırlar. Bu süngerlilik, gözeneklerin boyut ve miktarlar bağlı olarak değişmekte olup bazı tozlar için iyi derecede sıklık (yüksek hammadde dayanımı) ve sinterlenebilme kabiliyetini etkileyebilmektedir.

2.2.1.İşleme şartları

[1].de detaylı olarak açıklanan oksit redüksiyonu genel olarak bilinen redüksiyon reaksiyonları için hidrojen, karbon monoksit ve karbon kullanarak elde edilen denklem kullanılarak hareket edilir. (Şekil 2.1.) Karbon monoksitin karbon dioksite, hidrojenin suya oranı ve oksijen ile fosforun kısmi basınç, redüksiyon şartları için gereken minimum oranları verilen sıcaklık ve toplam gaz basıncı 1 atm. altında belirlemeye imkan verirler.

Pratikte , redüksiyon sıcaklığı, termodinamikte belirtilen şeklinden genelde daha yüksektir. Partikülün boyutu, gözenekliliği kayıp hidrojen gibi tozun en son haldeki özellikleri (bu özellikler, yoğunluk, toz akışı, sıklık ve sinterleme gibi performans özelliklerine de etki ederler.) İlk olarak başlangıç malzemesinin gözenekliliği ve boyutuna, ayrıca redüksiyon işleminin kinetiğine bağlıdır. Redüksiyon işleminin kinetiği, redüksiyon gazının kompozisyonu ve akış oranına, redüksiyon sıcaklığına, ocaktaki sıcaklık profiline ve eğer redüksiyon işlemi sabit bir sistemde gerçekleşiyorsa, oksidin yatak derinliğine bağlıdır.

Geliştirilmiş redüksiyon oranları, dönen fırınlar veya akışkan yatak reaktörleri içerisinde redüksiyon gazının metal oksit partikülleri üzerine daha iyi ulaşması nedeniyle sabit olmayan redüksiyon sistemleri kullanılarak elde edilebilmektedir. Birçok azaltılabilir oksit için akışkan yatağın sinterlenmesi ve dondurulmasının kontrolü çok zordur. Yapıcı H-demir işlemi (Bu bölümde "Demir Tozu Üretimi" başlığı altında), demir oksidin akışkan yatak içinde redüksiyonu işlemlerinde yatağın donmasını veya kalıplanmasını önlemek için yaklaşık 3,5 Mpa (500psi)'lık yüksek hidrojen basıncı ve yaklaşık 540°C (1000°F)'de düşük redüksiyon sıcaklığı kullanılır. Düşük redüksiyon sıcaklığı gözenekli demir tozunun pirophorik olmasına neden olur.



Şekil 2.1. Metal Oksitlerin formasyonunun standart özgür enerjisi.

2.2.2. İşlem değişkenleri

İşlem parametrelerinin çeşitli kombinasyonları toz üreticileri tarafından patenli alınmış değişik derecelerdeki toz üretimi için kullanılmaktadır. En önemli işlem değişkeni redüksiyon sıcaklığıdır. Düşük işlem sıcaklıkları tozlarda, daha iyi gözenekler, geniş spesifik yüzey alanları ve yüksek hammadde dayanımı gibi özelliklerin elde edilmesini sağlar. Yüksek redüksiyon sıcaklıkları ($>0,6$ TM), yüksek sıkıştırılabilirlik özelliğini veren geni, gözenekler ve küçük spesifik yüzey alanlarına sahip tozların oluşumuna imkan verir.

Buna karşılık düşük redüksiyon sıcaklıkları ($> 0,3$ TM) sayesinde pirophorik toz üretimi yapılabilir. Yüksek sıcaklıklar aşırı sinterlemeye ve yığınlaşmaya neden olup dolayısıyla sinter kalıbının kırılmasına yol açarlar.

Tungsten ve molibdenyum ile birlikte, oksit redüksiyonu kısmen ekonomik nedenlerden dolayıda kullanılmaktadır, çünkü bu metallerin erime noktaları çok yüksektir. Hidrojen kullanılan redüksiyon işlemleri tungsten ve molibdenyum oksitleri için de benzerdir. Molibdenyum trioksit için partikül boyutunun kontrolü için redüksiyon iki safhada gerçekleşir. Molibdenyum trioksitin yüksek buhara sahip olmasından dolayı birinci safhanın sıcaklığı 600'den 700°C (1110'den 1290°F)'ye yükselir.

Oksitlerin partikülün yüzeyinde yer aldığı atomize tozların tersine, oksitlerin redüksiyonu ile elde edilen tozlarda en azından henüz redüksiyona uğramış veya matlığa karşı korunmuş olanlarda kalan oksitler genellikle partikülün içindedir.

2.3. Solüsyon Çökmesi

Hidrometalürjik işlemlerle metal tozlarının üretimi metalin damıtılması veya metal konsantrasyonu işlemleri üzerine kurulmuş olup, damıtılan solüsyondan metalin çökmesi ile devam eder. Her ne kadar 100 yıldan fazla bir zamandır temel çökme reaksiyonlarının bilinmesine rağmen bu işlemin ticari kullanımı, giderek artan ilgi ve daha düşük derecedeki metallerle çalışılması nedeniyle ancak 1950'lerde

gerçekleşmiştir. Solüsyondan metal çökeltilmesi elektrolisis, sementasyon veya kimyasal redüksiyon yöntemleriyle gerçekleştirilebilir. Dolaylı olarak çökeltme ise ilk olarak metalin bir bileşenini çökeltilmek (hidroksit, karbonat gibi, veya oksalit), daha sonra ısıtma dekompozisyon ve redüksiyon uygulamak şeklinde olabilir.

Hidrometalurjiye dayanan yaygın ticari işlemleri ise tuz solüsyonlarından hidrojen ile redüksiyonu yapılmış bakır, nikel ve kobaltın çökeltmesi ve ayrılması ve bakır sementasyonudur. (Sheritt Gordon işlemi) "Bakır Tozu Üretimi", "Nikel ve Nikel Alaşım Tozlarının Üretimi", "Kobalt ve Kobalt Alaşım tozlarının Üretimi" başlıklarıyla bu bölüm içerisinde görebilirsiniz. 1960 ve 1970'lerde birçok hidrometalürjik işlemleri kullanan tesiste (sülfür dioksit ve hidrojen ile redüksiyon) Birleşik Devletlerde yüksek - saflıkta bakır tozu üretimi çalışmaları yapılmıştır.

Basit formda bakır sementasyonu bakırı, asidik damıtılmış solüsyondan, karışık toz çökeltilmesi gibi davranarak korur. Önemli miktardaki demir ve silisit asitin bulunması, düşük yoğunluk ve yüksek hammadde dayanım gibi özellikler bakır tozlarına P/M sürtünme kompozit bileşenlerinde kullanılma imkanı vermiştir.

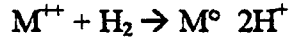
("P/M Sürtünme Malzemeleri" başlığı altında bu bölümde bulunabilir.) Fakat bunlar yetersiz sinterleme özelliğinden dolayı konvansiyonel yapısal bölümlerde kullanılmamaktadırlar.

Günümüzde Nikel tozları direkt olarak kendi metallere çökeltme metodu ile geniş özelliklerde üretilmektedirler. Toz, en az %99,8 saflığa sahip olup, bu yüzdeyi orjinal nikel metalinde bulunan kobalt, demir ve sülfürden oluşan önemli miktardaki kirliliğe rağmen elde etmiştir. Ayrıca bu toz çeşitli boyut dağılımlarında üretebilmektedir. Kobalt içinde bazı teknikler geliştirilmiştir.

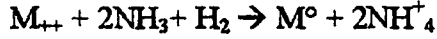
2.3.1. İşleme şartları

Sapma yapan iyonlar için bu işlemler hidrojen kullanılan solüsyonlardan çökeltme anlamı taşımaktadır. Temel konsept ise nikel, bakır veya kobalt gibi metalik

iyonların solüsyon içerisinde gaz (hidrojen) ile aşağıda gösterilen reaksiyona girmesidir.



veya eğer solüsyonda amonyak bulunuyorsa:



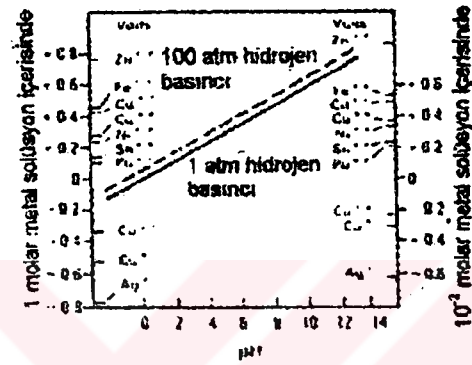
Genel olarak, işlemler metallerin damıtılması, saflaştırma ve redüksiyon öncesi ayrılma safhaları ile başlamaktadır. Redüksiyon potansiyeli, metal iyonlarının elektro kimyasal potansiyeli ile hidrojen iyonlarını solüsyondaki hidrojen ve pH kısmi basınçlarının bir fonksiyonu olarak düşünüp birbirleriyle kıyaslayarak belirlenebilir. Gerçekleşecek olan redüksiyon için hidrojen potansiyeli, metal potansiyelinden daha büyük olmalıdır. Metal konsantrasyonunun, elektro kimyasal potansiyel üzerinde çok küçük bir etkisi vardır. Bu bağlantılar detaylı olarak [2]'de anlatılmış olup, bakırın çok asidik bir solüsyon (düşük pH) içinde azaltılabildiği Şekil 2.2'de gösterilmiştir. Yüksek pH değerleri nikel ve kobalt için gereklidir. Pratik reaksiyon oranlarını sağlamak için işlemi, yükseltilmiş sıcaklık ve basınç değerlerine taşımak gerekir. Tam bir redüksiyon için pH değeri amonyak eklenerek yükseltilir.

Metallerin ayrılması, hidrolize ve oksidize reaksiyonlarındaki kompleks metal iyonlarının (aminlerin) sağlamlıkları arasındaki fark temel alınarak gerçekleşir. Potansiyel -pH diyagramları ile birlikte, oksijen redüksiyonu ve hidrojen oksidasyonunun termodinamiği, verilen bir sistem içerisindeki ayrılma potansiyeli hakkında yeterli bilgiyi öğrenmemizi sağlarlar. Şekil 2.2.'de bakır, amonyak, su sisteminin potansiyel -pH diyagramı gösterilmiştir ve bu konu [3]'te detaylı olarak incelenmiştir.

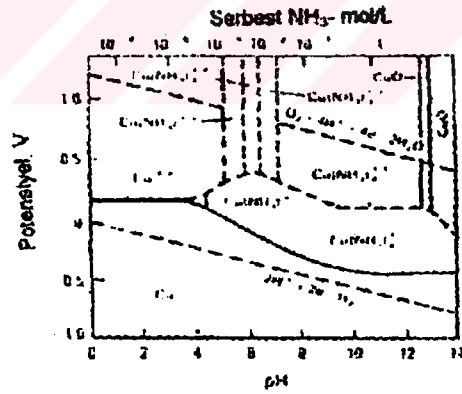
Katkıların kullanımı ve nükleasyon, partikül büyümesi ve partikül yığılmasının kontrolü toz üretiminin partikül boyutu, yoğunluğu ve şekli gibi özelliklerin çok

geniş bir yelpaze içerisinde, spesifik yüzel alanları 1 m² /g'a kadar olmasına olanak vermektedir.,

Solüsyonda, değişik metallere ait birbiri ardına gelen çökelmeler, kompozit tozların üretimine olanak verir. Sprey kurutma bu işlemin çeşitli kombinasyonlarının oluşmasını sağlar. Daha detaylı bilgi bu bölümde, "Kompozit Tozların Üretimi" ve "Metal Tozlarının Sprey Kurutması" başlıkları altında sunulmaktadır.



Şekil 2.2. 1 ve 10⁻³ molar metal solüsyonlarının potansiyeli ve 25°C (75°F)da çeşitli pH derecelerinde hidrojen potansiyeli.



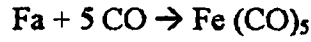
Şekil 2.3. Cu-NH₃ - H₂O sistemi için potansiyel pH diyagramı,

2.4. Termal Dekompozisyon

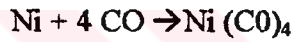
Termal dekompozisyonla üretilen tozların en önemlisi karbonillerdir. Demir ve nikel, karbonillerin dekompozisyonu ile üretilmişlerdir.

2.4.1. İşleme şartları

Karboniller, karbon ,monoksitin sünger yapıdaki metal üzerinden belli sıcaklık ve basınçlarda geçirilmesi ile elde edilirler. Demir pentakarbonil, Fe (CO)₅, oda sıcaklığında sıvı halde olup 103°C (217°F) 'de kaynarlar. Nikel tetrakarbonil, Ni (CO)₄, 43°C (109°F)'de kaynar. Basınç 1 atm'e düşürülüp, sıcaklık uygun şekilde arttırılırsa, her iki karbonilde dekompoze olarak metali ve karbon monoksiti yeniden oluştururlar. Çevrimin devamında daha fazla karbonil oluşturulur ve işlem tamamlanır. Bu reaksiyonlar şu şekilde gösterilmiştir.



←



←

Toz, karbonilin atmosferik basınçta ısıtılan kaplar içerisinde kaynatılması ile üretilmekte olup konteynırın kenarlarında olmayan ısıtılan boşluğun buhar ile dekompoze olması şartı aranır. Bu toz toplanabilir, elenebilir ve işlenebilir. Tozların kimyasal saflığı çok yüksek (% 99,5'un üzerinde), olabilmekle birlikte, kirli kısımlar karbon, hidrojen ve oksijenden meydana gelir. Partikül boyutu çok hassas bir şekilde kontrol edilebilir. Demir karbonil tozu genellikle küresel şekildedir 10²m'den az) ve incedir. Nikel tozu ise genellikle biraz bozuk şekilli, gözenekli ve incedir. Demir ve nikel karbonil işlemleri daha detaylı olarak bu bölüm içerisinde "Nikel ve Nikel Alaşım Tozlarının Üretimi" ve "Demir Tozu Üretimi" başlıklarıyla sunulmuştur.

2.5. Diğer Metotlar

2.5.1. Tuz solüsyonlarında çökelme

Bir çok metal tozu, kendi çözülebilir tuzlarının çökmesiyle oluşmuştur. Örnek olarak çözülemeyen hidroksit, karbonat veya oksitleri verebiliriz. Isıtma ile birlikte, bu bileşenler kendi metal veya metal oksitlerinin ve gaz ürünlerinin içerisinde

dekompoze olurlar. Örnek olarak uranyum dioksit, platinyum, selenyum, teleryum, gümüş, nikel ve gümüş kadmiyum oksit bileşenlerinin üretimini söyleyebiliriz. Toryum dioksit yayılma - dayanımlı nikel, kısaca TD nikel, kollodyal toryum dioksit ihtiva eden nikel tuz solüsyonundaki kimyasal çökelme sonucu elde edilmiştir.

2.5.2. Gazdan çökelme

Bu metot titanyum ve zirkonyum gibi gerçek reaktif metaller için kullanılır. Gazsal metal kloridler, sıvı sodyum veya magnezyum (Kroll işlemi) ile azaltılırlar. Reaksiyon ürünü, sodyum klorit ve / veya magnezyum kloridi uzaklaştırmak için sulu hidrojen klorit ile damıtılır. Sonuç, sonradan toz haline getirilecek olan metalik sünger yapıdaki malzemedir.

2.5.3. Hidrit dekompozisyonu

Hidrit hidrit işlemi olarak da anılan bu proses titanyum ve zirkonyum içinde toz yapımında kullanılabilir. Metaller hidrojen içerisinde küçük kıvrıntılar şeklinde ısıtılırlar Hassas yapıdaki hidritler, toz içerisinde işlendikten sonra yüksek sıcaklıkta vakum altında dehidrize edilirler. Elde edilen sinter kalıbı toz içerisinde işlenir.

Kimyasal açıdan hassas işlemler, demirin karbürizasyonu, 2-81 perma alaşımının sülfürizasyonu ve paslanmaz çeliğin (karbon ile) sensitizasyonudur. [4] Bu reaksiyonlar sonucu oluşan tane sınırları çökelerek malzemenin toz içerisinde daha iyi çözünmesini ve işlenmesini kolaylaştırır. Bu işlemlerin hiçbirinin bugün için ticari önemi bulunmamaktadır.

2.5.4. Termit reaksiyonlar

Bazı redüksiyonu zor malzemelerin üretimi ya termit reaksiyonlarla (Oksidin metalik toz ile redüksiyonunda oksit formasyonunun çok yüksek negatif serbest enerjisi bulunmaktadırlar.) ya da metal hidritlerin redüksiyonu ile yapılır. Termit reaksiyonlar, krom trioksitin magnezyum ile redüksiyonu ve uranyum dioksitin kalsiyum veya magnezyum ile redüksiyonu işlemlerini içerir. Kalsiyum hidrit yani

filizlenen hidrojeni ile yüksek sıcaklıkla dekompozisyon yoluyla krom trioksitin ve diğer redüksiyonu zor oksitlerin redüksiyonunu sağlayabilir. Günümüzde bu metotlardan hiçbiri P / M endüstrisi için önem taşımamaktadır.

2.5.5. Kermetlerin kimyasal işlemleri

Her ne kadar kermet tozları (karbitler, nitritler, boritler veya silikitler) bu bölümün biraz dışında da olsa, P/M endüstrisindeki kullanımları dolayısıyla birkaç refraktör karbit tozuna verilmiştir. (Bu bölümde "Refraktör Metal ve karbit Tozlarının Üretimi" başlığıyla bulabilirsiniz.) Bu işlemler, metal veya metal oksitlerinin karbon ile yüksek sıcaklıklarda reaksiyona girmesi esasına dayanır.



BÖLÜM 3. TOZLARIN ENDÜSTRİYEL UYGULAMALARI

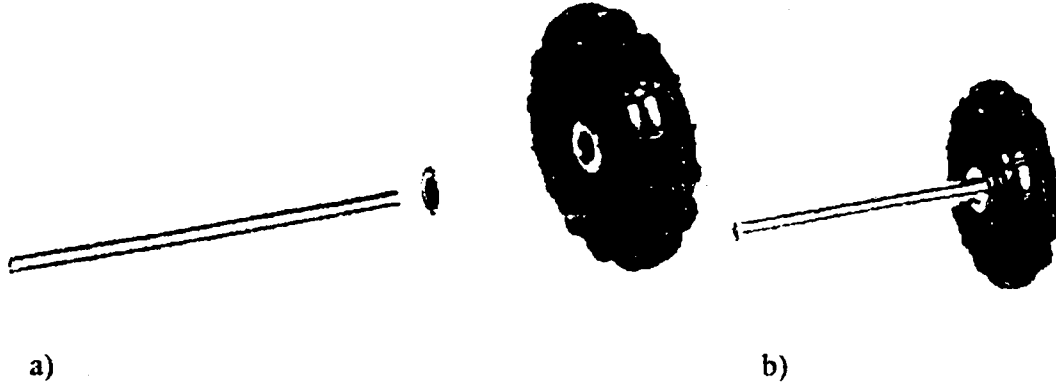
3.1. P/M Parçalarının Uygulamaları

Toz metalürji parçaları ev uygulamalarında geniş olarak kullanılmakta, özellikle bulaşık makineleri ve kurulayıcılar, değişik parçaların servis garantisini artırmakta masrafları düşürmektedir. Bu parçaların dayanıklılığı yıpranması ve korozyon problemleri üç genel kategoride çözülmüştür. Paslanmaz çelikten yapısal parçalar, demir- bakır-grafit yapısal parçalar ve bakır-kalay işlemdeki basamakları adım adım tanımlıyor, uygulamalar ve bazı parçalar için P/M teknolojisine değiştirme sebepleri.

3.1.1. Paslanmaz çelik parçaları

Fonksiyonel paslanmaz çelik parçalar aşınmadan bir yüzey conta ve bozucu etkilere karşı olarak sık sık kullanılır. Conta yüzeyi, geçmeli conta yüzeylerine karşı sızdırmayı ve yıpranmayı en aza indirmek için yüksek yoğunluklu materyaller olma 304L veya 316L paslanmaz çelik tipleri genellikle kullanılır ama 430 ve 434 tipide ayrıca tatmin edici şekilde kullanılır. Vakum ve hidrojenle çökeltme, nitrojen katılaştırılmasını önlediği için pratik olarak tercih edilir.

Bilhassa şekil verme operasyonları için gerekirse ve maksimum bozulmaya karşı dayanıklılık göstermek. Şekil 3.1. bir su pompası kompresör çarkı için tekerlek göbeği 100 304L paslanmaz çelik tozu yapışkanı eklendi. Bu parça self-tip kalıbı içerisinde sıkıştırıldı. Acrawax C metalikten daha fazla basınçlı yağlama olarak kullanılır, çünkü vakum fırınında çok az bir tortu bırakıyor. Çökmemiş (yeşil) kompakt 540°C (1000°F) kadar fırın sıcaklığı pek az olarak düşürülecek şekilde ısıtılır. Bu vakum fırın çökeltme işleminden bağımsızdır. Yağlı buhar basıncını ilk çökeltme işleminde yakıp temizleyerek bu işlemi bitirir.



Şekil 3.1. Pompa için paslanmaz çelik (304L)

Parçalar bir bölüm fırın içinde vakumlanmış çökelti 1175°C sıcaklıkta 50 dakika kadar ısıtılır ve 50 Hg vakum nitrojen kullanılır. Toplam çökeltme döngüsü 2.5 saat alır. Çabuk söndürme için mikrosrükürde olan krom nitrütlerin formasyonunu önlemek gerekmektedir. Söndürme işlemini yaymak için, parçalar, nitrojen söndürücü gazın sirkülasyonu ile büyük ekran üzerine yapılması sağlanır.

Tekerlek göbeği, uzunluk ve kalınlık ölçüleri içinde, yoğunluk ve flanş dayanıklılığı bakımından boyutların iyileştirilir. Bir su çözücü wax yağlayıcı boyutu olarak kullanılır. Flanş yüzeyi bir makineyle son haline getirilmek için son işlem yapılır Bu servis yapılırken bir conta yüzeyi vazifesini görür. Kauçuk kompresör çarkı tekerlek göbeği dışında biçimlendirilir ve sen paslanmaz çelik shaftı 0.050 mm (0.002 inç) le basınçla delinir.

Bu parça eldeki çubuk stoklarından makinelerle işlenerek pirinç olarak üretilmiştir P/M teknikleri kullanılarak dayanıklılığı ve korozyon koruyucusu iyileştirilerek bu parçanın üretilmesi için tasarlanmıştır. Flanş tasarımı iyileştirilmiş materyallerin kullanılmasını olanaklı hale getiriyor.

3.1.2. Fonksiyonel demir parçaları

Aletlerde kullanılan birçok demir tozlu metal parçalar demir grafit veya demir bakır grafit kompozisyonundan yapılırlar. Materyal ve yoğunluğunun seçimi parçanın dayanıklılığına, fiziksel ve parçalar üzerindeki etkisine bağlıdır. Diğer faktörler,

mesela makineyle işleme, basıncılı işlemler ve maliyet gibi şeyler bunu düşünülür bir hale getirmektedir. Metal tozu endüstrileri federasyonu MPIF 35 standardı yararlı materyallerin seçilmesinde yardımcı olmaktadır.

Parçalar, sıkıştırılır, sinterlenir ve bazanda boyutları ayarlanır. Eğer bir parça yüksek baskıya maruz kalırsa, materyal tozları sıkıştırılabilir, önceden çöktülebilir, boyutlar ayarlanabilir ve yüksek yoğunluk üretilmesi için tamamı çöktülebilir. Düşük alaşımli parçaların tozları yüksek dayanıklılığa ulaşabilmeleri için ısıtılırlar.

Bazı aletlerin parçaları yüksek düzeydeki değişen baskılara maruz kalırlar. Gözenekli olması, metal parçalardaki yoğunluk artışını indirir, yorgunluk başlaması gösterir. Bundan dolayı yüksek yoğunluk karakteristikleri yapan parçalar çok düşük parçalardan daha az yorgunluk hali gösterirler. Bakırla doldurulmuş delikli parçaların sızdırması, gözenekli olmasını gerçekten ortadan kaldırır ve bundan sonra yorgunluk gibi problemlerin oluşmasını en aza indiriyor.



Şekil 3.2. % 2 Bakır ve % 0.5 grafit içeren demir tozu alaşımından yapılmış çamaşır Makinası eksantrik dişlisi.

Şekil 3.2. bulaşık makinesi için bir eksantrik çarkını gösteriyor. Bu % 2 oranında bakır %0.5 oranında grafit ve artan demirin karıştırılmasından elde edilir. Bu sıkıştırılır, çöktülür boyutları ayarlanır ve makineyle işlenir. Bir orta düzeydeki grafit çöktürülmüş parça olarak üretilmesi için seçildi ve bu parça doğru çark profili elde etmek için kolaylıkla boyutlandırılabilir. Çok düşük karbon da makineleştirmeyi iyi yönde etkiler Bu parçanın yoğunluğu 6.5 g/cm³ 'tür.

Bu dişli, optimum sıkışmayı elde etmek için atomize edilmiş tozlardan yapılır. Çünkü bu dişli iki aşamalı bir parçadır. Yeşil kuvvet tekerlek göbeğinin birleşme yerindeki kritik olan kırılmaları ortadan kaldırır. Baskılı hareket ve alet tasarımı kritik tekerlek göbeği kırılmalarını da önlerler.

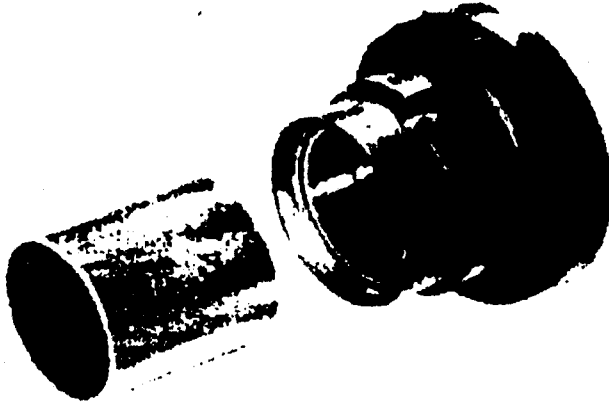
Çökelme 1105°C de (2025°F) ısıtılan bir ortamda 30 dakika kadar yapılır. Çiğ noktası, yüzey tabakalarının karbonlanmasını önlemek için izlenir. Böylece boyutları ve makinenin çalışmasını etiketlemesi önlenir. Çökelme işleminden sonra, parça, orta çelikte boyutlaştırmayı kolaylaştırmak için çapak alınır. İlk boyutlandırma da, parça çözünür boyutlandırma waxında sokulup çıkartılır. Bu uzun süreli depolamayı ve orta seviyede paslanmasını önüyor.

Boyutlandırma, diş formunu ve zift kalınlığının toleransını genişletiyor. Boyutlandırma dan sonra, orta delik merkezin oluşması için delinir ve tekerlek göbeğinin dışı, doğru şekilde oval olması için makineyle işlenir. Bu parça 30 cins demir dökmeden çıkartılır. Bu pürüzlü boş alandan makineyle yapılmıştır.

3.1.3. Rulmanlar (Yataklar)

Ev aletleri için metal tozu rulmanları birkaç kompozisyondan biri olabilir, özellikle 90 Cu-10 Sn bronz olabilir. %60 kadar demirle seyreltilmiş olabilir, veya materyal, bakır demir karışımı veya doğrudan doğruya demir olabilir. Seçim, ekonomik bir kombinasyona, yüklemeye, dayanıklılığa ve korozyona bağlı olarak yapılır. %18 den %20 ye gözeneklilik oranı, bu parçalar, uzun süreli servisi temin etmek için oksidasyon dengeleyici içeren yüksek seviyelerdeki yağ sirkülasyonu ile iyice emdirilmelidir.

Bulaşık makineleri teknesinin dönen rulmanları Şekil 3 de gösterilmektedir. İyi akışlar, çökelme esnasında düşük karıştırıcı içinde karıştırılır, %10 tin ve %1 iri taneli grafit. yağ basıncı olarak ek olarak çinko Tipik tin ilavesi yarar, büyük, yarı iyi tını kapsamaktadır. Ama çökelme sırasında gerektiği kadar mesafeli gelişmenin kontrol edilmesi ayarlanabilir.



Şekil 3.3. %89 bakır,%10 tin, %1 grafitten yapılan çamaşır makinesi rulmanı

Parça, makine için uygun mikrostrüktür elde etmek ve iyi rulman elemanları elde etmek için 845°C (1550°F) yüksek sıcaklık derecesinde çökeltilir. Bir endotermik veya düşük çığ noktası artılan ekzoterm gazın, çökeltme işlemi sırasında kullanılır. Yüksel çökeltme sıcaklıklarında, bükülme serttir ve sonuçlar, en son mesafeler için tüm parçanın boyutu için önceden boyutlandırma işleminde yuvarlatılmalıdır. Yağlayanın emdirilmesi, bu işlemler için yağlayan boyutu olarak kullanılır.

Parça, sonra kauçuk içine sıkıştırılır ve son mesafeler için delinir. Bakım, açıkta kalan yüzey gözenek yapısı için alınmalıdır. Örneğin, bir alet gözenekliliğın kesilmesiyle kör bir hale gelir. Bu tasarım bir rulman uygulamasıyla yerinden çıkartılır.

3.2. Otomotiv Uygulamaları

Metalürji toz ürünlerinin otomobildeki uygulamaları 1920'lerin ortasında kendi kendini yağlayan rulmanların geliştirilmesiyle başladı. O zamanlar gözenekli yapıdaydılar. O zamandan bu yana, otomotiv endüstrisinde %50'nin üzerinde demir tozu tüketen ana tüketicilerden bir Amerika'dır. Benzer oranlar Avrupa ve Japonya'daki otomotiv endüstrisinde de kullanılmaktadır. II. Dünya savaşından sonra bile toz üreticileri marketlerini, ev aletlerine doğru genişlettikleri zaman, iş makineleri ve çiftçi makineleri, P/M parçaların otomotiv endüstrisindeki kullanımını yeni uygulamaların tanıtımı ile birlikte pazara hakim olmaya devam etti.

Modern otomobillerdeki P/M uygulamalarının çok geniş aralıkta olduğunu tanımlıyor. Çünkü üreticiler arasında parça çeşitliliğinin kullanımı fazladır. Ortalama olarak otomobilde ne kadar P/M parçalarının kullanıldığını tahmin etmek çok zordur. Bir tek üretici tarafından üretilen farklı motorlarda toz metalürji parçaları üç veya dört etkenden bire çeşitlenebilir. Bazı manuel transmisyonlar ağırlıklarına göre gerçekte P/M materyalleri içermezler. 1 kg üzerindeki demir tozlarından diğerleri yararlanır. Bu kuruluş ekonomik üreticiler tarafından, değişmezlik ve maliyet bakımından bildirilmiştir.

Otomatik transmisyondaki metalürji toz parçaları, 2'ye 1 oranında bir üretici tarafından yapıldı, transmisyon büyüklüğüne ve kullanılan toplam parça sayısına bağlıdır. Araçların, güç dümenleri, frenleri ve otomatik transmisyonları, motorları var. P/M değerindeki materyalleri içerebilirler. Böylece, otomobillerdeki tahmin edilemeyen P/M ağırlığı 2 kg (4.41b) den 78 kg'a kadar olabilir. (154-176 lb).P/M bağlantı rotları ve kam milinin kabuğuyla birlikte, Amerikan otomobillerindeki P/M ağırlığı 1987'ye kadar, yaklaşık 16 kg (35lb) artmış olmalıdır.

Değişik tipteki transmisyonlar arasındaki P/M parçalarının birbirine benzer uygulamaları ve otomobillerde, motorlar en büyük P/M materyallerinin gelişmesini temsil eder. Diğer uygulamalardaki fark edilen gelişme, parçalardadır. Bunlar sıcak şekillendirilmiş parçalar, yüksek sıcaklıkta çökertilirler ve yumuşak magnetik parçalar düşük-karbon demir yeniden baskılandırılmış yüksek yoğunlukta yapılırlar.

Otomotiv sektöründe çok fazla P/M uygulamaları vardır. Otomobil sektörü dışında da aynı paralellikte olmaktadır. Bu uygulamalar, makalelerde "Çiftçiler için P/M parçaları çim ve bahçe malzemeleri olarak çevrilmiştir ve bu yazıda P/M rulmanları olarak yer almaktadır. Üstelik işlemdeki materyal ve P/M parçalarının askeri araçlar için olan uygulamalarını bu yazıda bulabilirsiniz. Bu yazı şimdi kullanılan P/M parçalarının uygulamalarını anlatıyor. Bunlar otomotiv endüstrisi için tektir.

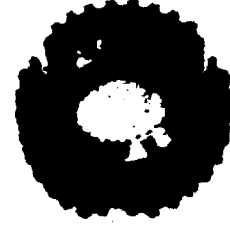
3.2.1.Sıkıştırılmış ve çökertilmiş parçalar

Demirli uygulamalar otomobillerde metalürji tozu kullanımında, demir tabanlı toz alaşımları hakimdir. Öncelikli kullanım, önemlilik sırasına göre, otomobil transmisyonlarda, motorlarda, dümen çarklarında şasi parçalarında. Otomobil uygulamaları için bazı demirli P/M parçaları ısıtılır, çökeltme durumunda kullanılan çökeltmeden sonra basılırlar. P/M parçaları üzerine uygulanan "ikincil işlemler ve ürünleri" ve "Üretim baskılar, ve aletleri" adlı yazıyı ısıtma ve baskı bilgilerini ek bilgilerle bu sayıda görebilirsiniz.

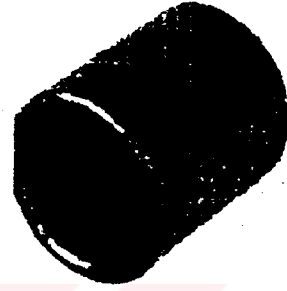
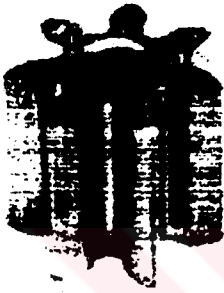
Alaşım kompozisyonları, yoğunluk, çökeltme uygulamaları ve ikincil işlemler üreticiler arasında çok büyük çeşitliliktedir. 2 ve 3'ncü referanslar detaylı olarak bu parçaların uygulamalarını anlatıyor. Birçok P/M parçaları yaklaşık 414 ile 483 Mpa (30 dan 35 tsi) de preslenirler ve yaklaşık 1120°C (2050°F) sıcaklığındaki bir fırında çökeltirler.

Vites kutusu, yağ pompası dişliler, türbine motoru ve sürtünme reaksiyon basıncı plakası gibi otomatik transmisyon parçaları yıllardır P/M teknolojisi tarafından üretilmektedir. Bu parçaların uzun ömürlülüğü sağlamlığının yeniden üretilebilirliğinin ispatıdır.

Otomotiv motorları da hemen hemen P/M yağ pompası dişlilerini kullandılar. (Şekil 3.4.d). Fakat diğer uygulamalar imalatçı ve motora göre değişir. Kronik şaft ve kam şaft dişlileri ferros metal tozlarından yapılır. (Şekil 3.4.d) Toz tabanlı rulmanlar bir şekilde kullanılır. Özellikle demir tozundan üretilen alüminyum silindir kafalarındaki valf gaydaları gibi yaygın bir kullanıma sahiptir Özel P/M demir alaşımlarından valf siti oturtmaları bazı yabancı imalatçılar tarafından yapılır. Dümen yağı pompalarını, çoğu imalatçılar P/M parçasını mükemmel örneğini teşkil eder.



a) Otomatik transmisyon sabitleme reaksiyon tabağı. b) Motor rekerinin pivot bilyesi. c) Manuel transmisyon senkronize dişi ve anahtarı.



d) Dişli tarafından sũrũlen motor yağ pompası. e) Gũç-dũmen basınç tabağı. f) Clutch seviye yatağı.



g) Motor kam şaft sproket dişlisi. h) Kontrol kolu bilyası bağlantı rulmanı. i) Sıcak formulu otomatik transmisyon tekerleği.

şekil 3.4. P/M metodu ile yapılmış çeşitli motor parçaları.

çok absorbe pistonları, piston rot gaydaları ve şekil 3.4.a gũsterilen kontrol kolu rulman bağlantı bilyesi gibi parçalar 1980'nin sonlarından beri P/M malzemelerinden yapılmaktadır. Bu zamandan beri mũkemmelen bir sağlamlık ve uzun ũmũrlũlũk gũstermiřtir. Yakın zamanda bũtũn otomotiv ũreticileri bu parçaları kullanılıyor.

Manuel transmisyonlar otomotive oranla daha az P/M parçaları içerir. En yaygın olan senkronize dişlileri ve anahtarları bakır karışımı temas tozlarından yapılırlar.

3.2.2. Manyetik olmayan uygulamalar

Daha fazla miktarda manyetik olmayan P/M parçaları otomobillerde kullanılır fakat nominal ağırlığını temsil eder ve genelde otomotiv uygulamaları dışında kullanılan parçalara benzerdir.

Bakır metal tozunun kabul edilebilir hacimde geçmişte jurnal yatak matris malzemesi olarak kullanılmıştır.

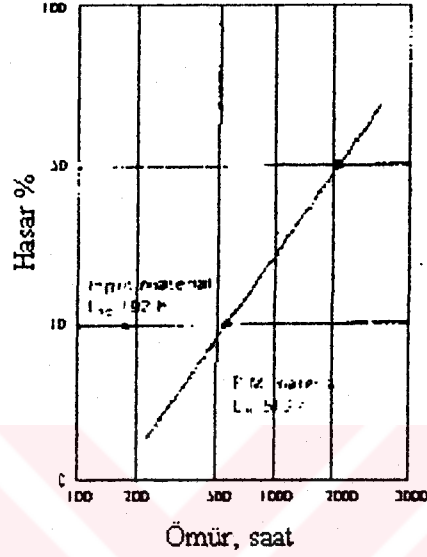
Alüminyum P/M parçaları otomobil endüstrisinde bilinen ilgiyi arttırdı. Fakat bu zamanda sınırlı uygulamalarda bulunabilmektedir Alüminyum P/M teknolojisi.

3.2.3. Sıcak formu parçalar

70'lerin başlarında su püskürmeli yüksek sertlik tozlarının bulunması, diferansiyel yön pimlerin ve otomatik transmisyon iç ring dişlerinin karbon çeliklerinden daha iyi veya ona eşit sağlamlıkta üretilmesi imkanını doğurmuştur. Bu uygulamalar, bununla birlikte ekonomikliğini ispat edemediler ve parçalar toz metalürjisiyle daha fazla üretilmiyorlar. Ful yoğunluklu otomatik transmisyon tek yön roller clutch race, sıcak formu P/M hala üretimde olan sıcak formu P/M parçasına bir örnektir.

Hertz basıncı, rezistans yorgunluğuna teması ile mükemmel olmasıyla son derece dayanıklıdır. Toz üretimi tekniklerinin ve yeni alaşım kompozisyonlarının yoğun, araştırmalarla geliştirilmesi, tozların temizliğinde ve çok büyük metal olmayanların serbestçe dahil edilmesi çok iyi iyileştirmelerin yapılmasına sebep olmaktadır. Ek olarak, sonuçta tek yönlü yakalayıcılar geliştirildi, birkaç ekonomik çökertme yöntemi kullanılıyor, bu yöntem karbonlaşmayla çökertmeyi birleştiriyor. Üstelik, merdaneyi kaldıran harici şeyler geliştirildi.

Değişik logaritmik oranların kullanımı, Weibull taslağı, taşıyıcı yüzdeliğini gösteriyor (Şekil 3.5.) Bunların herhangi bir kısmı zamanda yapılmaması beklenmektedir. Birkaç yabancı otomobilde motor bağlantı çubukları sıcak P/M şekillendiricileri tarafından üretilirler. (Şekil 3.6.) İyileştirilmiş yorgunluk zamanı ve makineleştirilerek elde edilen kazanç [7] ve [8] de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. P/M rulman kutusunun tipik Weibull çizimi



Şekil 3.6. P/M parçasından sıcak formu piston biyel kolu

Sıcak şekillendirme teknolojisi sürekli değişmez parçaların üretilmesiyle çok iyi geliştirilmiştir. Şimdi P/M sıcak şekillendirme parçalarının fiyatı, soğuk ve ılık şekillendirilmiş çelik parçaların net bir şekil elde edilmesiyle rekabet edemez. Buna rağmen, sıcak şekillendirme, çok sık olarak dövme demirciliğe göre bir rekabet durumundadır. Bu, dövme işlemi sırasında üretilen yakma miktarına bağlıdır. Sonraki makineleşme miktarı gereklidir ve de parçaların hacimsel üretimi. Bazı

durumlarda, P/M sıcak şekillendirilmiş parçaların girişi, yüksek fiyatı ana ekipmanların uygunluğunun, ekonomik olduğunu haklı çıkarmaz.

3.2.4. Uygun olmayan uygulamalar

Toz metalürjideki bir uygulama boru şeklinde medyum-karbon şaft içeren kompozit kamlı milin montajının preslenmiş P/M çökeltilmiş kamlar (dirsekli makara), yakıt pompası, eksantrik kamları ve ılık dövülmüş çelik çarkın mil yatağı kullanımudur. [9] P/M kamları. Demir tabanlı yüksek krom alaşımlarından yapılmaktadır. Bunlar, düzenli olarak kati ve yıpranmaya karşı gelecek şekilde dağıtılmıştır. Kamların üretiminde kullanılan kimyasal kompozisyonu oluşturan tozlar;

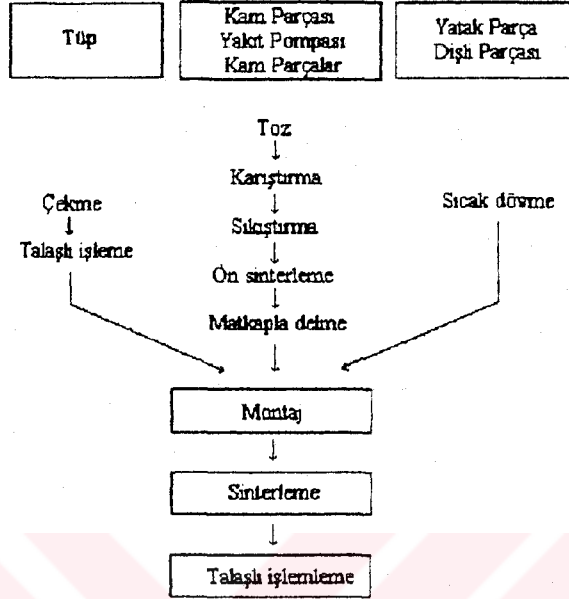
<u>Element</u>	<u>Wt%</u>
Krom	5
Molibden	1
Fosfor	0.5
Bakır	2
Karbon	2.5
Demir	rem
Diğerleri	2'den küçük

Demirin suya batırılıp soğutulmasıyla mukayese edildiğinde yıpranmaya karşı mükemmel dayanıklılığından dolayı bu alaşım seçildi.

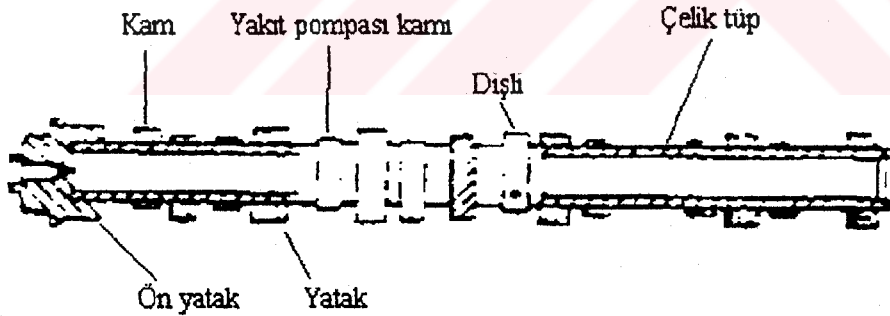
Kam için kullanılan alaşımın çökeltme yoğunluğu 7.6 g/cm³ ve sertliği 550HV'dir. 1110°C (2030°F) da çökeltilmesinden sonraki yapısıdır.

Son montaj için kamlar ve yahut eksantrik kam pompası çökeltme işleminden önce, yerleşimini ve geçici olarak pozisyonunu almıştır. Ilık dövme 4140 çelikten milin yataklara oturan kısım P/M parçaları çökeltilirken tüpe lehimlenir.

Yeni tasarımdan %26 oranında bir ağırlık azalması olur. Çökeltilmiş kompozit kamlı milin ard arda geldiği işlem Şekil 3.7'te gösterilmektedir. Kamlı mil ve oluşturan parçalar Şekil 3.8'de gösterilmektedir.



Şekil 3.7. Çökeltmiş kam şaft kompozitinin üretim işlemleri



Şekil 3.8. Çökeltmiş kam şaft kompoziti

Çalıştırıcı motorda ve entegral kutup parçasında kullanılan demir tozları [10] da tanımlanmaktadır. Şekil 3.9. Gerekli olan elektriksel malzemeler uygun die dizaynıyla tek bir sıkıştırma operasyonunda, yüksek yoğunluklu malzemenin yaratılmasıyla elde edilir. Tozlar özel olarak, elektriksel ve hafif manyetik uygulamalarda yüksek yoğunluk ve maksimum elektriksel geçirgenliği sürekli büyütmek için tasarlandı.



Şekil 3.9. Motor çalıştırıcı.

Sonraki uygulamalar bir dizel otomotiv yakıt enjeksiyon pompası için parçaları sarıyor. Pompa için çok derece çok fazla basınç uygulanan segmen M2 çelik tozunun teorik olarak %98 minimum yoğunlukta çökeltilecek ve sıkıştırılarak yapılmaktadır.

Daha küçük hale getirmek için öğütme işlemleri, sertleştirilmeden ve parçanın serleştirilmesinden önce yapılır. Dizel motor üretimindeki büyüme ve bu parçaların başarısı için potansiyel, metalürjideki tozların kullanımına ışık tutmaktadır.

BÖLÜM 4. MEKANİK ALAŞIMLAMA

Son yıllarda gelişmiş toz metalürji yöntemlerine olan ilgi oldukça artmaktadır. Bu ilgi, bir çok uygulamada ortaya çıkan malzeme sınırlamalarını ortadan kaldırmak amacıyla yeni ve gelişmiş malzemelere olan ihtiyaçlardan kaynaklanmaktadır. Bu nedenle günümüzde bir çok yöntem geliştirilmiştir ve geliştirilmeye de devam edilmektedir. Döküm ve sıcak şekillendirme gibi geleneksel yöntemlerle üretimi zor ve/veya sınırlı olan ürünlerin, toz metalürji yöntemleriyle üretimi sahasında da önemli gelişmeler olmaktadır. Bu yeni yöntemlerden birisi de Mekanik alaşımlama (MA) yöntemidir.

Mekanik Alaşımlama yöntemi ilk olarak 1960'lı yılların sonlarında International Nickel Company (INCO) şirketinde çalışan Benjamin ve çalışma arkadaşları [6] tarafından geliştirilmiştir. Başlangıçta bu çalışma, oksit dağılımı ile sertleşmiş (ODS) karışık alaşımların üretimi amacına taşınmaktaydı. İlerleyen çalışmalar ticari olarak uygulama sahasına sahip olan Fe, Ni, Al esaslı ODS süper alaşımları üzerine yoğunlaşmıştır. Daha sonraki çalışmalarda MA yöntemiyle çeşitli ODS alaşımlar [7,8,9], amorf malzemeler [10,11] ve intermetalik bileşiklerin [12] geliştirilmesine yönelik çalışmalar son yıllarda tuzla artmıştır. Ayrıca yapısal olmayan reaktif metaller [13] gibi uygulamalarda da MA yönteminin kullanımı artmaktadır.

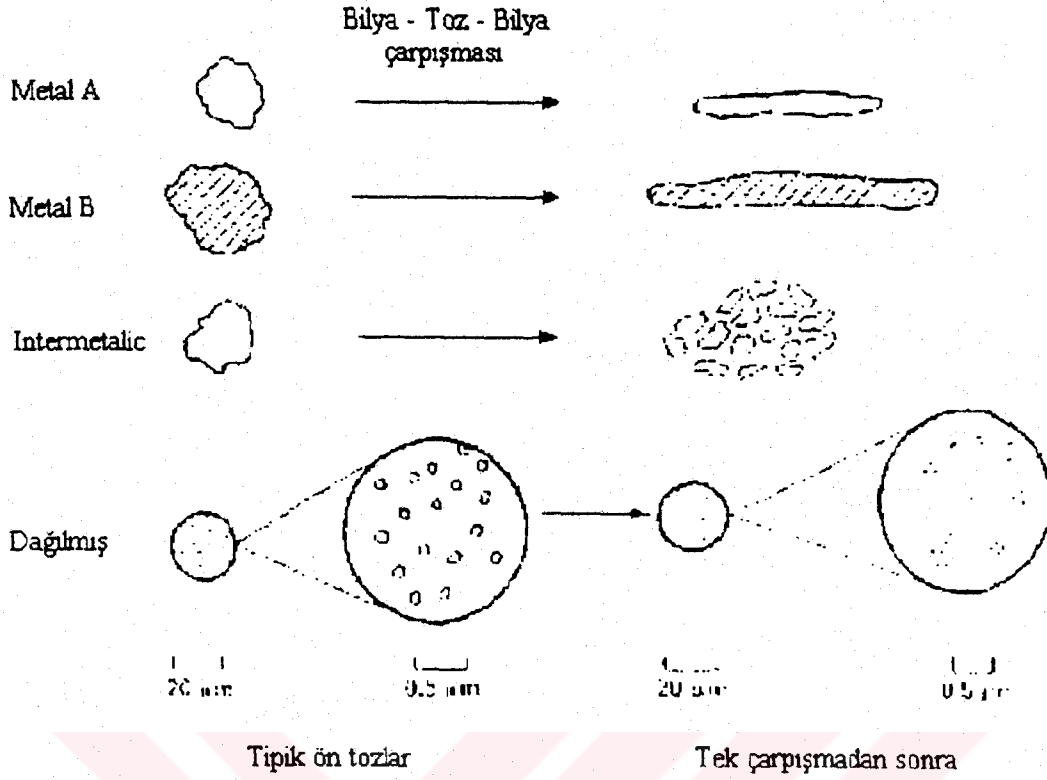
Günümüzde MA yöntemi deneysel ve üretim süreçleri olarak tüm ikili ve üçlü sistemlere kolaylıkla uygulanabilmektedir ve bu yüzden MA üretim süreçleri birçok üretim ve ticari avantaj sunmaktadır. Bu avantajlar şu şekilde sıralanabilir;

- a) Normal ergitme teknikleriyle üretilmesi zor ve/veya olanaksız olan elementlerin, örneğin (WC-Co) alaşım geliştirilmesinde,
- b) Birbiri içinde sıvı fazda, örneğin (Cu-Pb), veya katı fazda, örneğin (Cu-Fe), çözünmeyen elementlerin alaşımlaşması,

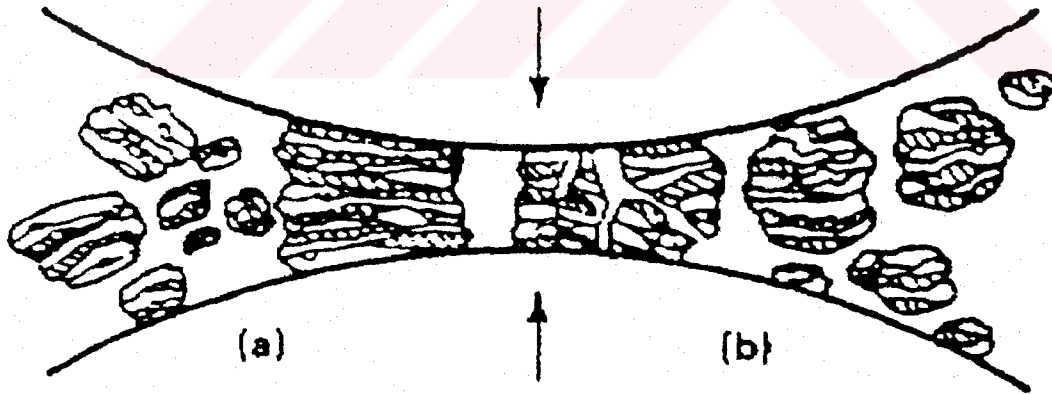
- c) İkinci bir faz ile dağılım sertleşmesi yapımı (örneğin Ni-OD5, Al-OD5),
- d) Koruyucu kaplama uygulamaları,
- e) Süper korozyon dirençli alaşımların (örneğin Al-Mg, Al-Mg-Li) geliştirilmesi,
- f) Oldukça farklı ergime noktasına sahip malzemelerden intermetalikler oluşturulması
(örneğin süper korozyon dirençli Nb-Sn intermetalizi).

4.1. Mekanik Alaşımlama İşlemlerinin Mekanizması

Çoğunlukla katı hal alaşımlaması olarak da isimlendirilen mekanik alaşımlama yöntemi, kontrollü mikro yapıya sahip ve tane boyutu oldukça ince tozlardan oluşan kompozit metal alaşım. Tozları üretiminde kullanılan kuru ve yüksek enerjili bir öğütme işlemidir [14]. Genel olarak metallerin karışımı, alaşım elementleri ve metal olmayan elementlerin (katışıklar) istenen alaşımı oluşturacak şekilde hesaplanan miktarlarda uygun bir yüksek enerjili bilyalı değirmene şarj edilerek öğütülmesi esasına dayanır. Mekanik olarak alaşımlanacak başlangıç tozları ve onların deformasyon karakteristikleri şematik olarak şekil 4.1'de gösterilmiştir. Öğütme işlemi sırasında bilyaların birbirleriyle çarpışması esnasında bilyaların merkezi doğrultusunda yakalanan tozlar darbe etkisiyle plastik deformasyona maruz kalırlar. Soğuk kaynak olarak adlandırılan bu olay neticesinde tozlarda bir sıkışma olur ve tozlar katlanarak lameler bir biçime bürünürler. Bu durum Şekil 4.2.'de gösterilmiştir. Her çarpışmada bilyalar arasında sıkışan 0,2 mg'lık toz karışında yaklaşık olarak 1000 tanecik vardır [15].



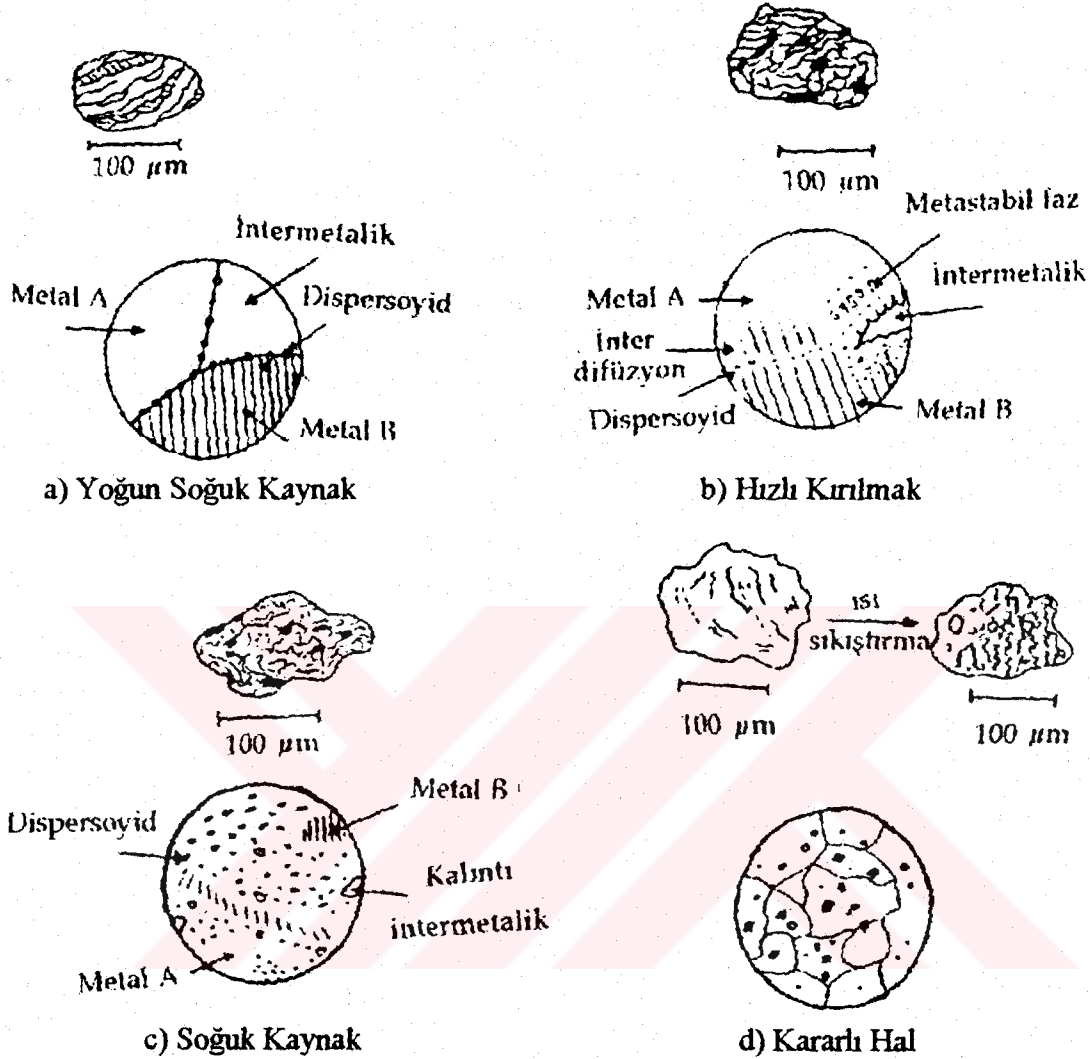
Şekil 4.1. Mekanik alaşımlama da kullanılan elementel başlangıç tozlarının ve deformasyon karakteristiklerinin gösterimi.



Şekil 4.2. Mekanik alaşımlama esnasında toz karışımının bilya-toz-bilya çarpışması

Soğuk kaynak esnasında oluşan plastik deformasyon yoluyla, tozlarda yüzey-hacim oranının artması ve soğurulan katışıklardan oluşan yüzey filmlerinin yırtılması meydana gelir. Öğütücü bilyaların çarpışması esnasında açığa çıkan enerjiyi taşıyarak metalin plastik olarak deformasyonuna yol açması için geçen süre 10^{-4} saniye mertebesindedir.

Mekanik alaşımlama işlemleri başlıca dört basamaktan oluşmaktadır (Şekil 4.3.)



Şekil 4.3. MA Mekanizmasının şematik gösterilmesi

Başlangıç olarak, yoğun soğuk kaynak süreci de denilen bu ilk basamak (a) esnasında tabakalı başlangıç kompozit tozlarının oluşumu gözlenmektedir. Diğer bir deyişle bu basamak esnasında metal tozlarının bilyalar tarafından yakalanarak darbeye maruz kalması yeni temiz yüzeylerin oluşmasına ve daha sonra tekrar soğuk kaynaklanması neticesinde başlangıç tozlarının çeşitli birleşmeleriyle bir kompozit yapının meydana gelmesine yol açar. Daha sonra ikinci basamakta (b), hızlı kırılma ve soğuk kaynak çok ince taneciklerin oluşmasına yol açar. Bu basamakta, katı eriyik oluşumu ve geri çözünmenin başlamasıyla taneler içindeki bükülmüş, lameller yapı görülebilir. Üçüncü (c) basamağı, normal soğuk kaynak

sürecidir. Bu aşamada lameller oldukça incelikte birbirine girer ve tanelerin bileşimi bir öğütme kompozisyonuna dönüşür. Son basamak (d) ise kararlı hal aralığıdır. Bu basamaktan sonra işlem tamamlanır ve taneler oldukça deforme olmuş kararlı bir yapıya sahip olan dispersoidleri içerirler .

4.2. Mekanik Alaşımlama Ekipmanı ve İşlem Parametreleri

4.2.1. MA İşleminde kullanılan hammadde ve boyutları

MA işleminde kullanılan malzemeler, parçacık boyutu yaklaşık olarak 1 μm ile 200 μm arasında değişen bir dağılım aralığına sahip saf tozlar veya ön alaşımlanmış tozlardan oluşmaktadır. Kullanılan tozların türü çok geniş bir alanda yer almaktadır. Örneğin Tablo 4.1.'de büyük bir ticari potansiyele sahip Inconel MA 6000'de kullanılan hammaddeler ve tane boyutları gösterilmiştir [16].

Tablo 4.1. Inconel MA 6000' de kullanılan hammaddeler ve boyutları.

Toz	Tane boyutu, μm
123 Inco Ni	4-7
Cr	-150+75
Mo	-45
W	-11
Ta	-45
Ni-Al-Ti ana alaşım	-150
Ni-Al ana alaşım	-150
Ni-B ana alaşım	-150
Ni-Zr ana alaşım	-150
Y ₂ O ₃	21-40.10 ⁻³

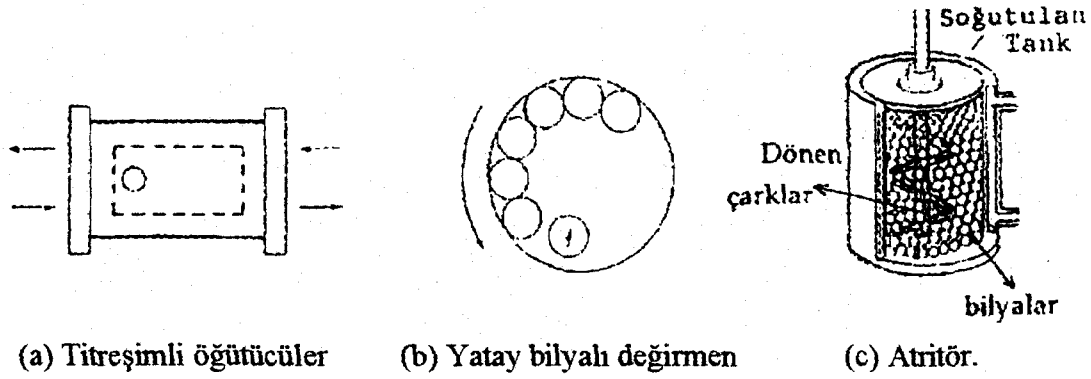
Mekanik alaşımlanmış malzemelerin üretilmesinde dispersoid olarak sadece Y₂O₃, Al₂O₃ ve ThO₂ gibi kararlı oksitlerin yanında çok farklı refrakter malzemeler de yaygın olarak kullanılmaktadır [17].

MA işlemini sınırlayan belki de tek faktör başlangıç toz tane boyutudur. Kullanılacak başlangıç tozların nispeten ince olması son alaşım açısından önemlidir, çünkü kaba tozlarla yapılan işlemlerde yeterli bir tane incelmesi sağlanamadığı için MA işlemi verimli bir şekilde gerçekleşmemektedir. Ayrıca başlangıç tane boyutu kullanılacak değirmenin cinsine de bağlıdır. Bunun yanında önceleri bir gevrek malzeme ile beraber saf metalleri veya metali bünyesinde tutabilecek bir de sünek malzemenin kullanılması gerekmiştir. Günümüzde ise gevrek sünek malzeme karışımının kullanılması gibi malzeme sınırlamaları artık ortadan kalkmıştır ve gevrek-gevrek malzemelerin de MA çalışmaları başarıyla yapılmaktadır. Bunun yanında reaktif malzemelerle de çalışmalar devam etmektedir [18].

4.3. MA İşlemlerinde Kullanılan Öğütücüler

Toz metalürji endüstrisinde hammadde ve çeşitli girdi malzemelerinin öğütülmesi sürecin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Tane boyutunu azaltma, karıştırma veya harmanlama ve tane şeklinin değişmesi gibi aşamalar öğütme işleminin önemli basamaklarıdır. Bu aşamalarda kullanılan öğütücülerin cinsi de çok önemlidir. Mekanik alaşımlama işleminde çok çeşitli öğütücüler (değirmenler) kullanılmaktadır. Fakat bunlardan en yaygın olanları Şekil 2.3'te gösterildiği gibi titreşimli değirmen, yatay bilyalı değirmen ve atritördür.

Şekil 4.4. (a) 'da gösterilen titreşimli değirmen Spex™ sarsma değirmeni olarak da adlandırılır. Bu değirmen 1 saat veya daha az gibi nispeten kısa sürelerde öğütme kapasitesine sahiptir. Bu sistemde öğütücü bilye ile alaşım elementlerinden oluşan harman ve şarj, dik yönde hareketini kapsayan karmaşık bir çevrimle yüksek titreşimlerde karışım sağlayan bir kap içerisine yerleştirilerek MA işlemi gerçekleştirilir.



Şekil 4.4. Mekanik alaşımlama da kullanılan tipik öğütücüler.

MA için kullanılan diğer bir değirmen ise Şekil 2.4. (b) de gösterilmiştir. Bu değirmen geleneksel tipteki yatay bilyalı değirmendir. Bu tip değirmenlerde toz ve bilyeden (bazen uzun çubuklar) oluşan şarj çapı 1 metreden büyük olan geniş bir tambura yerleştirilir. Bu tambur kritik hızın altındaki bir hızda yatay merkez etrafında döndürülür. Bilyalar tamburun iç cidarında dönerler ve bu esnada oluşan bilye-tozu bilye gibi çarpışmalar neticesinde tane incelmeleriyle beraber katı halde alaşımlama gerçekleşir. Bu tür öğütücülerde öğütme süreleri çok uzundur. Öğütme işlemi bir kaç gün veya daha da uzun sürebilir.

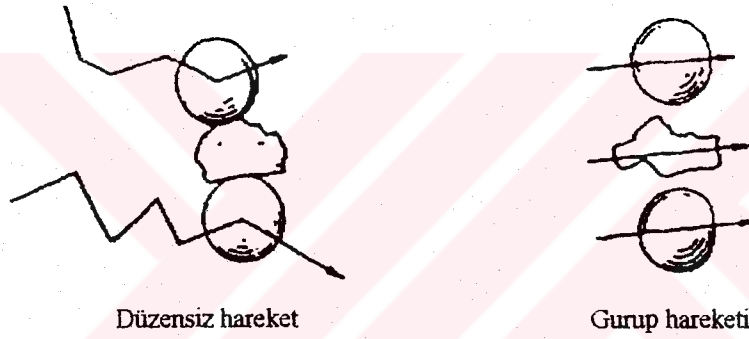


Şekil 4.5. Atritör değirmeninde öğütme sırasında oluşan hareketler

Atritör değirmeniyle MA işleminde (Şekil 4.4.c), uygun bir toz şarjı (elementel veya ön alaşımlanmış) uygun öğütücü bilyalarla birlikte yüksek enerjili değirmene yerleştirilir ve toz şarjı döner bir merkezi şaft kolu ile aşındırılır. Darbe ve kesme kuvvetlerinin hepsi tane boyutu azaltma ve tank duvarları üzerine küçük bir etki ile beraber homojen bir tane dağılımı yapar. Etkili bir ince öğütme için, hem darbe etkisi hemde kesme kuvveti bir arada olmalıdır. Atritörde öğütme bilyalarının rasgele hareketleri nedeniyle değişik yörüngelere sıçarlar, bu yüzden birbirine yakın tozlara

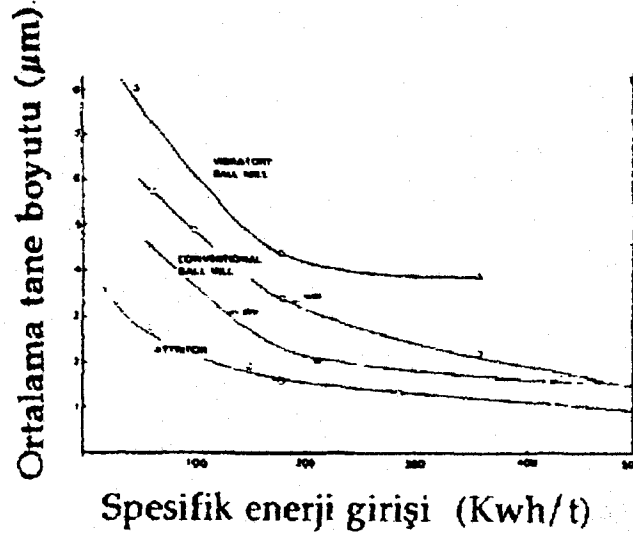
kesme kuvveti uygulanır ve bilyaların birbirine çarpmasıyla da darbe etkisi oluşur [19]. Bu darbe ve kesme kuvvetlerinin etkisi Şekil 4.5 'de gösterilmiştir.

Etkili bir ince öğütme için darbe etkisi ile kesme kuvvetinin aynı anda bulunması gerekir. Atritörde mevcut olan aşındırıcı kollar vasıtasıyla öğütücü bilyaların düzensiz hareketi sayesinde darbe etkileri oluşur. Kesme etkisi ise gelişigüzel hareket eden bilyaların farklı dönme hareketlerine yayılmasıyla oluşur. Atritörün etkili olmasının sebebi ise bir kaç yatay kola sahip merkezi döner bir kol sayesinde öğütücü bilyalara toz şarjının beraber hareketinin (grup hareketi) bozulması ve böylece tank hacmi boyunca düzensiz hareketlerin ve çarpışmaların artmasından kaynaklanmaktadır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Atritörde toz şarjı ile bilyaların hareketi

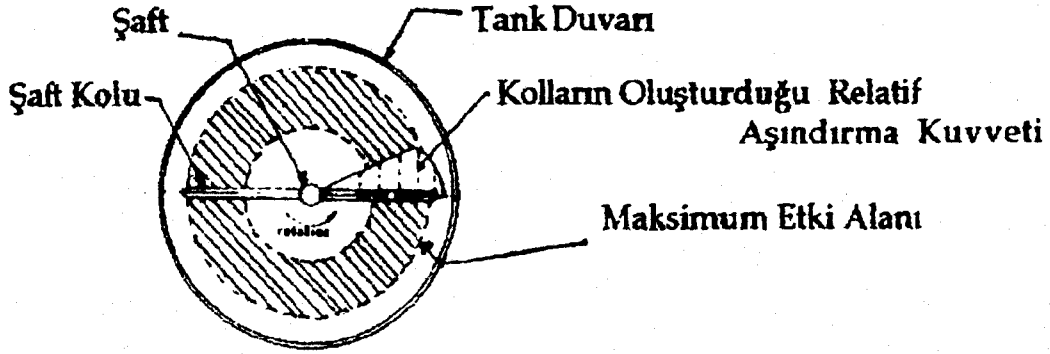
Atritör değirmeninde de genel prensip aynı olmakla beraber tane inceltmesi veya mekanik alaşımlama işlemi şarj kabının hareketi ile değil Şekil 4.4.c de görüldüğü gibi bir shaft kolu (öğütücü kol) yardımıyla gerçekleşmektedir. Bu sayede, bilya-toz-bilya veya bilye-toz-shaft kolu gibi çarpışma sayılarının artmasıyla daha kısa sürede ve daha etkili bir şekilde mekanik alaşımlama gerçekleşir. Ayrıca bu şekilde giren enerji bilye şarjına ilave olarak ağır kabın döndürülmesi ve/veya titreşimlendirilmesi için kullanılmaz ve doğrudan öğütücü kollar vasıtasıyla bilyalara iletilir ve bu şekilde daha az enerji ile öğütme işlemi gerçekleşir. Atritörün bu etkisini diğer öğütücülerle kıyaslayarak daha açık bir şekilde göstermek amacıyla Pima kalkopirit konsantresini öğütülmesi örnek olarak seçilmiştir [20]. Bu konsantrenin farklı öğütücülerdeki davranışı şekil 4.7'de açık olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Pima kalkopirit konsantresinin çok ince öğütülmesinde kullanılan çeşitli Öğütücülerin karşılaştırılması

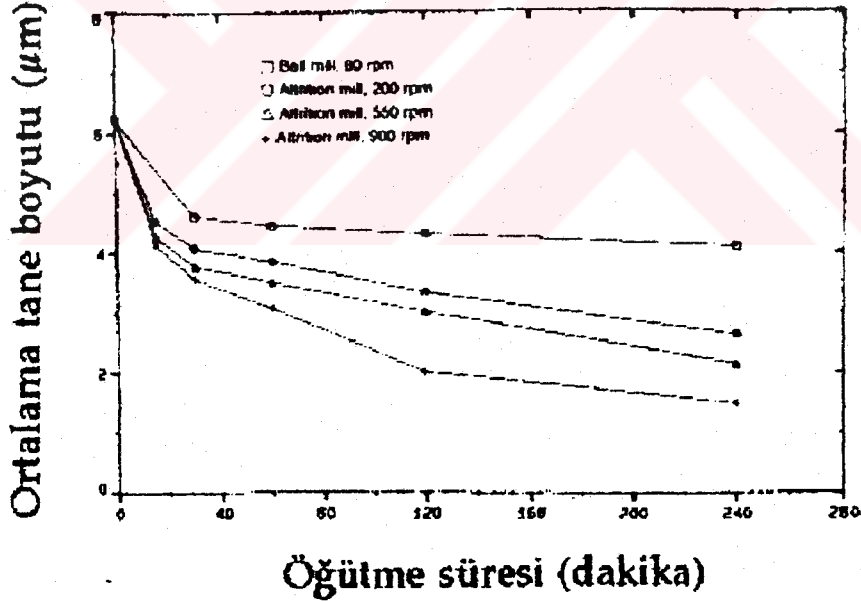
Şekil 4.7 'de Pima kalkopirit konsantresinin çok ince öğütülmesinde kullanılan geleneksel bilyalı değirmen ve titreşimli değirmenin, atritör ile randıman açısından karşılaştırılması görülmektedir. Titreşimli bilyalı değirmen en üstte, geleneksel bilyalı değirmen ortada ve atritör ise en altta gösterilmiştir. Yukarıdaki şekilden görüldüğü gibi yaklaşık 100 kW/tonluk bir spesifik enerji girişinde atritör kullanılarak elde edilen ortalama tane boyutu geleneksel bilyalı değirmenlere göre yaklaşık olarak %50 ve titreşimli bilyalı değirmenlere göre ise %33 daha küçüktür. Spesifik enerji girişi 200 kW/ton olduğunda diğer bilyalı değirmenler tane boyutunu mikron altına düşüremezken atritör mikron altına düşürmeye devam eder. Bu yüzden atritör ile mikron altına öğütme için gerekli süre daha kısadır.

Atritörde aşındırıcı kuvvetlerin dağılımı, tank etrafında sabit bir hareket kuvveti ile sonuçlanır. Bilye aşındırmasının en çok olduğu alan Şekil 4.8'de gösterilen merkezdeki shaftın 2/3'ü kadar yer kaplayan alandır. Aşınmanın tank duvarlarında yer almaması duvarlarda çok az aşınmaya neden olur. Bu yüzden tank duvarının kalın yapılması gibi fazladan maliyet gerektirmemektedir ve bu nedenle daha uzun kullanım ömrüne sahip olmakla beraber ısı transferi ve büyük ısı kontrolü de sağlar.



Şekil 4.8. Atritörde işlem esnasında meydana gelen en büyük aşınma alanı.

Öğütme süresiyle ortalama toz boyutu arasındaki değişim Şekil 4.9 'da verilmiştir. Bilyalı değirmende öğütülen tozlar başlangıçta hızlı bir boyut küçültme göstermiş ancak artan öğütme süresiyle bu hız azalmıştır. Atritörde ise bu öğütme hızı daha yüksektir ve zamanla da artmaktadır. Ayrıca atriörde artan şaft hızıyla da tane boyutundaki azalma artmaktadır [21].



Şekil 4.9. Öğütme süresiyle ortalama tane boyutunun azalması

4.4. MA İşlemlerinde Kullanılan Bilyalar

Mekanik alaşımlama işleminde kullanılan değirmenlerde çok farklı çapta ve çeşitte bilyalar kullanılmaktadır. kullanılan bilya cinsi öğütme özelliklerini önemli ölçüde

etkilemektedir. Öğütme süresi ile bilya çapı ve aşındırma hızı arasında aşağıdaki gibi bir ilişki vardır.

$$T = KD / \sqrt{N}$$

T: Öğütme süresi (dakika)

K: Malzeme, bilya ve kullanılan atritör modeline bağlı olan bir sabit,

D: Bilya çapı (mm),

N: Şaftın dönüş hızı (dev/dak).

Bu eşitlik artan bilya çapı ile öğütme süresinin artışı fakat azalan bilye çapının öğütme süresini de azalttığını gösterir.

Atritör öğütmesinde kullanılan bilya boyutları genellikle 3.125 mm ila 4.68 mm arasında değişmektedir. Küçük çaplı bilyalar genellikle hızlı tane küçültmesine yol açar çünkü verilen bir hacim için, daha çok darbe ve yüzey etkisi sağlarlar. Bilya çapı 3.125 mm den daha da küçük olduğunda kütlesi de önemli ölçüde azalır, uzun öğütme sürelerinde daha az darbe (çarpışma) ile sonuçlanır. Son derece ince tozlar gerektiğinde ise büyük çaplı ve yoğun bilyaların kullanılması daha etkili olur çünkü bu tür bilyaların kütlesi daha büyüktür.

Mekanik alaşımlama işlemini bilya çapının yani sıra kullanılacak bilyanın cinsi de etkilemektedir. Endüstride farklı uygulamalar için farklı bilyalar kullanılmaktadır çünkü mekanik alaşımlama esnasında şarjın bilyalar tarafından kirletilme tehlikesi vardır. Bu amaçla alaşım sistemine uygun bilya seçilmektedir. Karbon çeliği, paslanmaz çelik, krom çeliği, volfram karbür, seramik malzemeler, camlar ve zımpara taşları gibi malzemelerden imal edilmiş bilyalar günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır.

4.5. Katkı Maddeleri

Mekanik alaşımlama esnasında tane boyutunu inceltmek veya kontrol edebilmek amacıyla çeşitli katkı maddeleri kullanılmaktadır. Yüzey aktif katkıları olarakta

adlandırılan bu çok ince metal olmayan (organik) maddelerin ilavesi öğütme davranışını önemli derecede etkiler. Bu gibi malzemeler tanelerin yüzeylerinde kalarak soğuk kaynak olayını engelleyerek tane büyümesini ve artıklardan topakların oluşumunu önlerler. Yüzey aktif katışıkları olarak çeşitli yağlar, bal mumları, alkoller (polivinil alkol vs.) ve asitler (stearik asit) yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.



BÖLÜM 5. ATRİTÖR TASARIMI VE İMALATI

Atritör imalatı için araştırmalar yapılarak, mekanik alaşıma ve homojen karışımı elde etmek amacıyla aşağıdaki parçaların dizaynı gerçekteşirilmifitir.

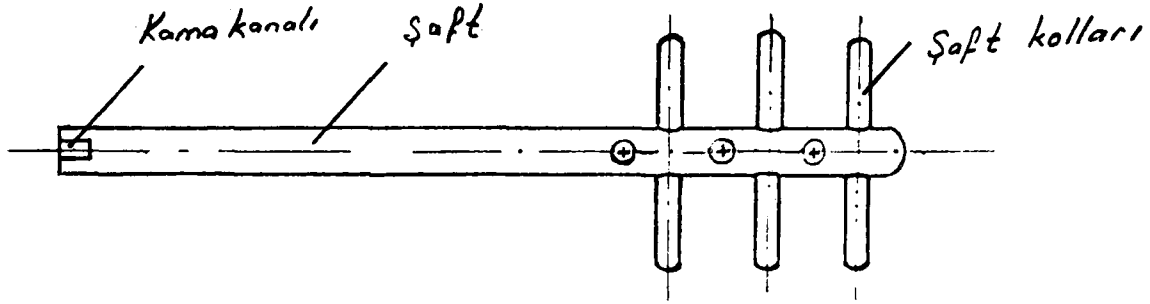
Atritör imalatı, şaft, mekanik kısım, motor ve tanklar olmak üzere dört ana kısımdan meydana gelmektedir. Bu dört kısmı sırasıyla inceleyelim;

5.1. şaft

Atritörün öğütücü kısmıdır. Motordan aldığı hareketi bilyalara iletmek suretiyle görevini yapmaktadır. Öğütücü kolları yardımı ile bilyalara iletilen hareket sayesinde daha az enerji ile öğütme işlemin gerçekteşir. Gereç olarak paslanmaz çelik kullanılmıştır.

Özellikle % 18 Krom ve % 8 Nikel oranında oluşan paslanmaz çelik; yüksek sıcaklıklara, atmosfer etkilerine, korozyona ve aşınmaya karşı çok dayanıklıdır. Paslanmaz çelik bu üstün vasıfları yanında kolay temin edilmesi ve ekonomik olması vesilesiyle tercih edilmiştir.

şaft kolları şaftın gövdesine sıkı geçme yapılarak kaynak ile birleştirilmiştir. Aşınmadan dolayı kaynağın kopacağı düşünülerek bu tedbir alınmıştır. Temel bir şaftın yapısı Şekil 5.1. 'de görülmektedir.

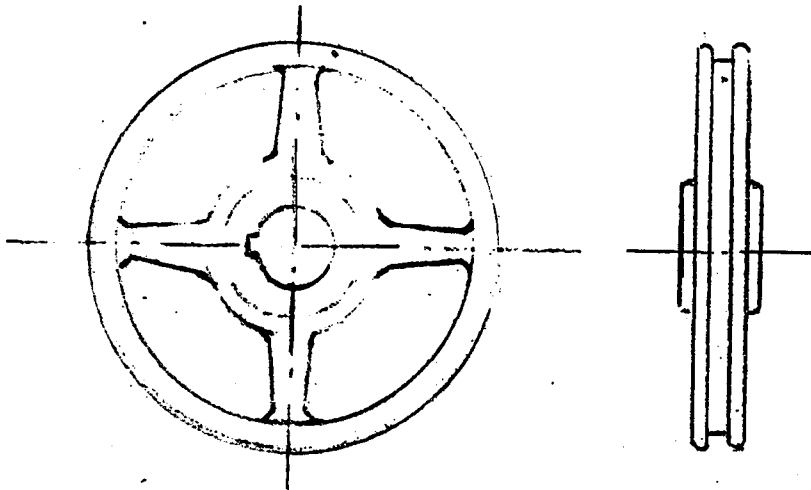


Şekil 5.1. Atritör şaftı.

5.2. Mekanik Kısım

Motordan alınan hareketi şafta iletmek için kayış kasnak düzeneğinden yararlanılmıştır. Motordan gelen hareket yüksek devirde olduğu için hızı düşürülmek amacı ile 1/6 oranında kasnaklar kullanılmıştır. Motor milinden hareket alan kasnak 48 cm çapında (Şekil 5.2.) şafta bağlı kasnak ise 8 cm çapında olup kayışla şafta hareket iletilmektedir. Motordan gelen 900 dev/dak. maksimum hız, 150 dev/dak. minimum hıza kadar indirilmektedir.

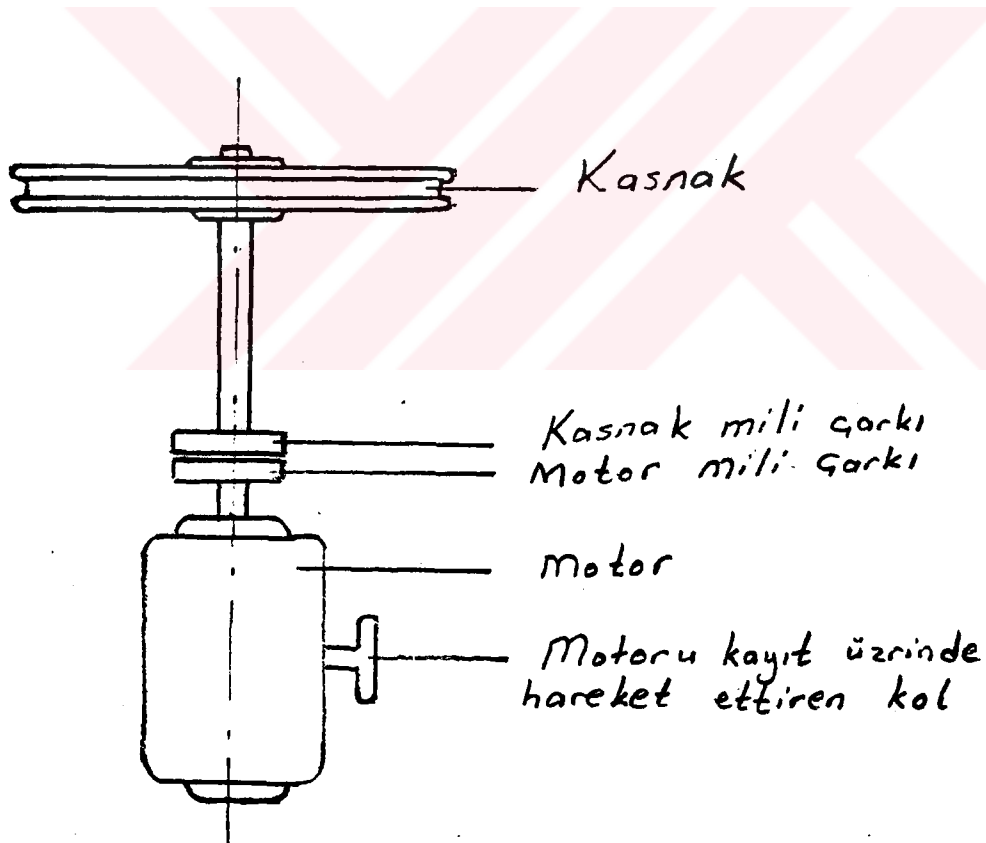
Kayış kasnak düzeneği sayesinde istenilen hız sağlanmaktadır. Hızı arttırmak veya düşürmek için kasnak çapı oranlarını değiştirmek yeterli olacaktır.



Şekil 5.2. Mekanik kısımda kullanılan kasnak.

5.3. Motor

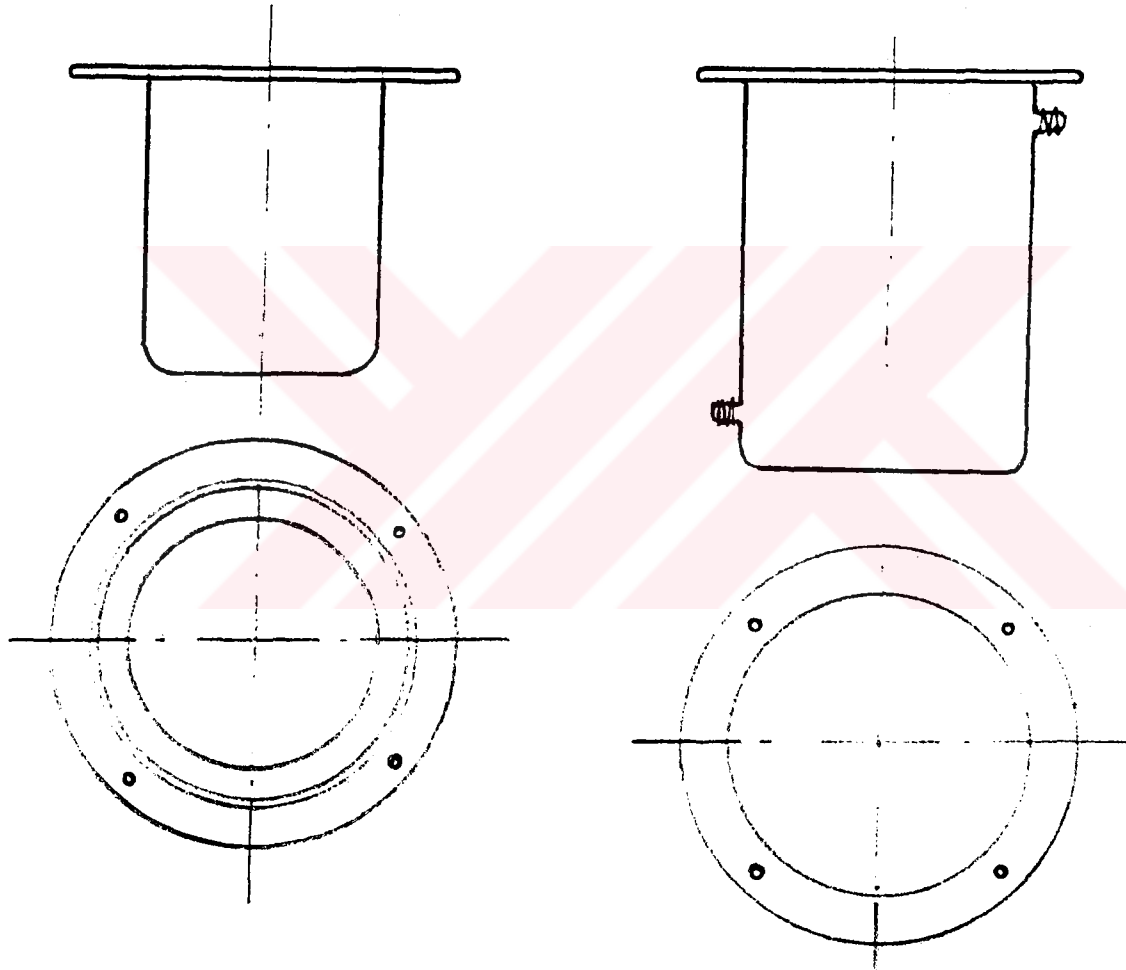
1,5 Beygir gücünde maksimum hızı 1800 dev/dak, minimum hızı 900 dev/dak olan ve sürtünen çarklar prensibine göre hareket ileten bir motor kullanılmıştır. Motor miline bağlı olan çark sürtünen çarklar prensibine göre kasnak miline bağlı olan çarka hareket iletmektedir. Çark çapları eşit kullanılmıştır. Motor mili çarkı, kasnak mili çarkı üzerinde sürtünerek hareket etmektedir. Çarklar alın altına aynı ekseninde sürtündüğünde hareket bire bir olarak iletilir. Motor mili çarkı, kasnak mili çarkının merkezine iletildikçe hızın düştüğü ve tam merkezde motor maksimum hızının yarısına düştüğü tespit edilir. Şekil 5.3. de motor mili çarkının, kasnak mili çarkına verdiği hareket görülmektedir.



Şekil 5.3. Motor bağlantıları.

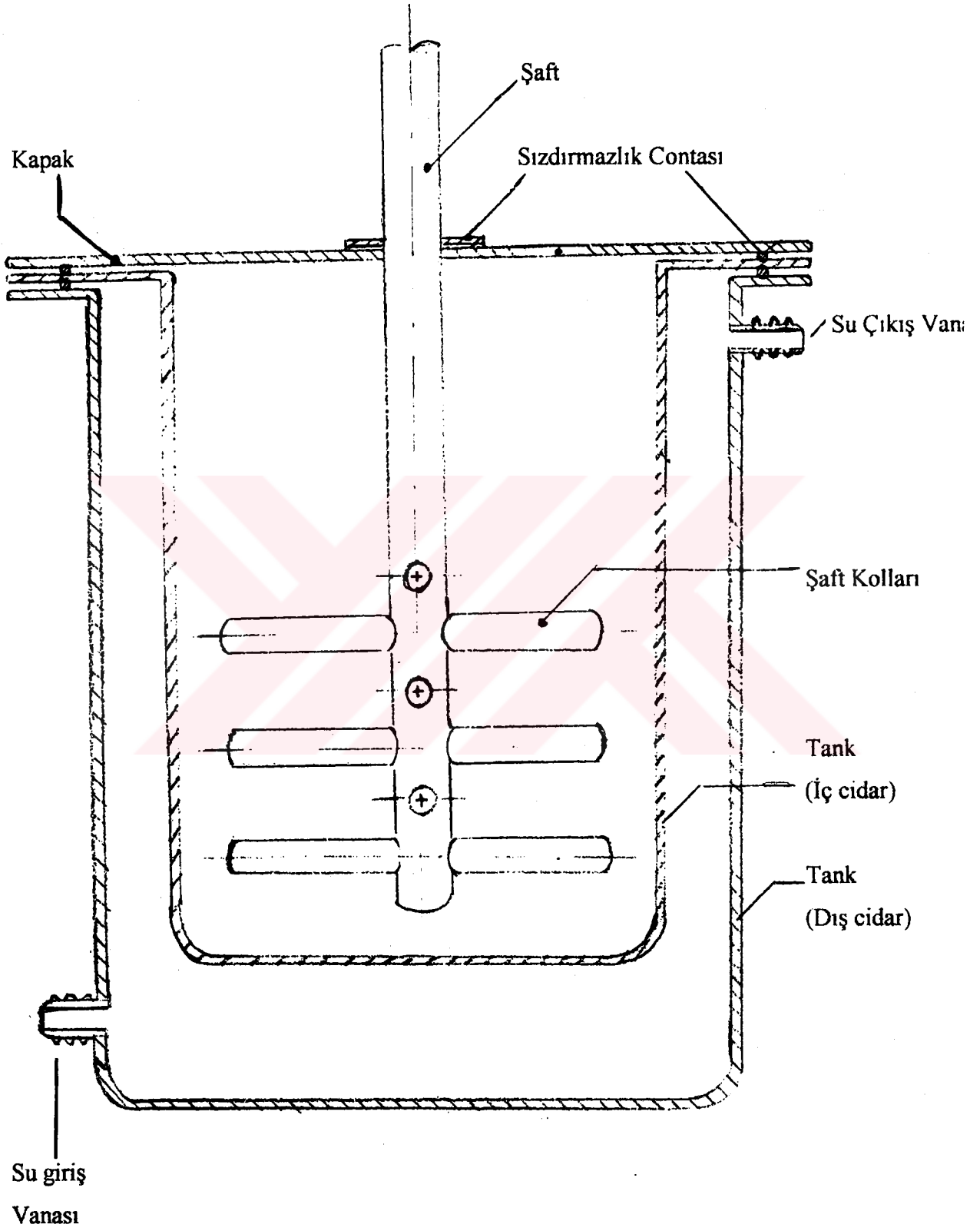
5.4. Tanklar (Kaplar)

İç cidar ve dış cidar olmak üzere iki adet tank kullanılmaktadır. Şekil 5.4. de dış cidar olarak kullanılan atritörün çalışması esnasında öğütme yapılırken, iç cidarda meydana gelecek ısınmayı önlemek için soğutma sistemi yapılmıştır. Soğutma sisteminde dış cidarla iç cidar arasında soğutma sıvısı dolaştırılmıştır. Soğutucu sıvı olarak su kullanılmaktadır. Dış cidar, iç cidar ve kapak arasında sızdırmazlığı sağlamak için contalar kullanılmaktadır. Kapların yapısında paslanmaz çelik malzeme kullanılmıştır. İç tankın kapasitesi 2 kg toz alacak şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 5.4. Atritörün iç ve dış tankları.

Parçalarını incelediğimiz bir atritörün montajı bitmiş hali Şekil 5.5.a,b,c,d de verilmiştir. Burada atritörün hazırlanırken ki ve çalışma konumundaki hali önden ve yandan görülmektedir.



Şekil 5.4. Öğütücü kısmın kesit resmi.



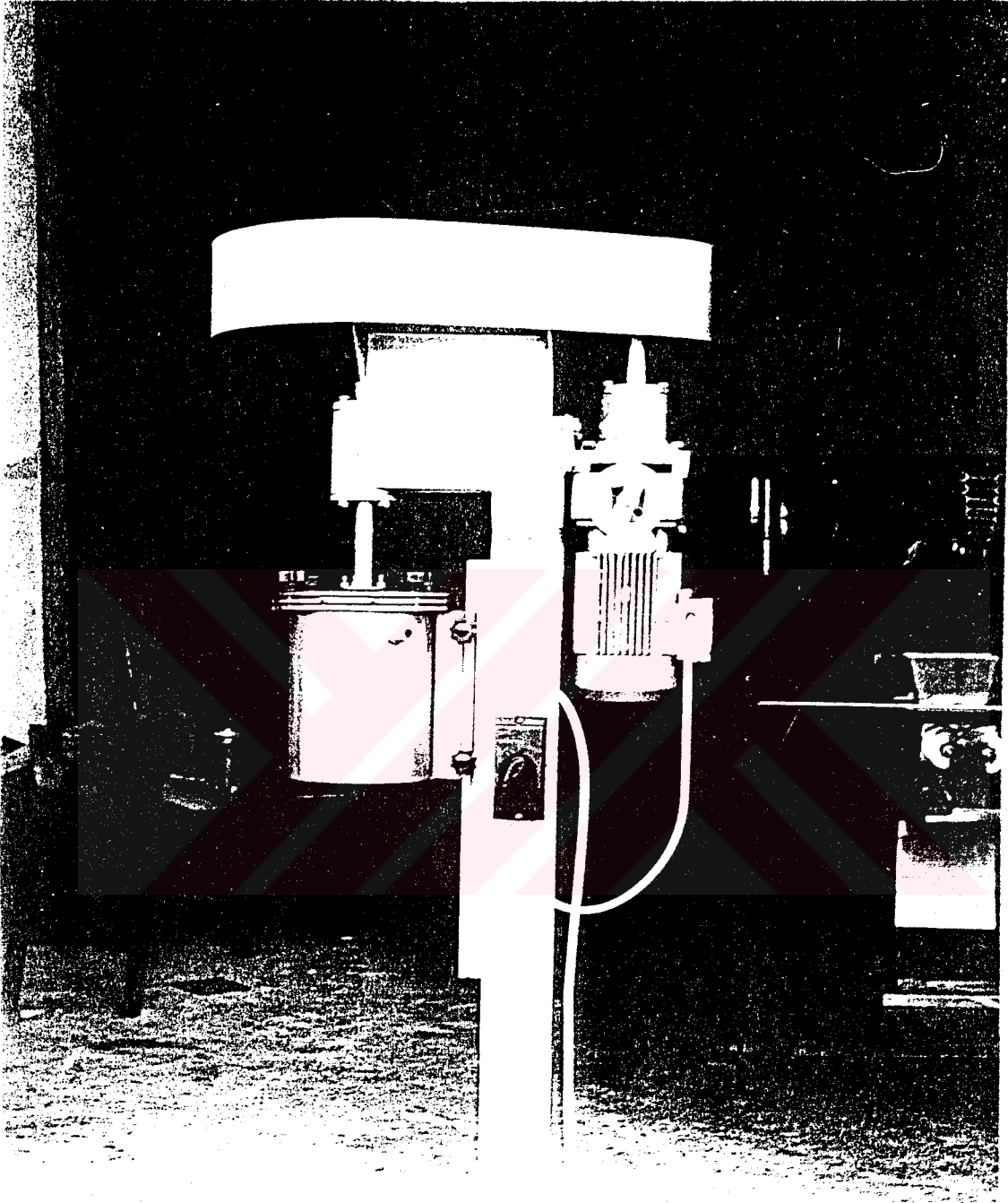
Şekil 5.5.b. Atritörün hazırlık konumunda yandan görünüşü.



Şekil 5.5.a Atritörün hazırlık konumunda önden görünüşü



Şekil 5.5.c. Atritörün çalışma konumunda önden görünüşü



Şekil 5.5.d. Atritörün çalışma konumunda yandan görünüşü.

BÖLÜM 6. SONUÇLAR

Test esnasında herhangi bir olumsuz durumla karşılaşılmaştır. Makine istenilen devri vermektedir. İç cidara konan karıştırıcı bilyalar görevlerini yapmaktadırlar. Bilyalar cidar içine konan malzemeyi şaft kolları yardımıyla rahatlıkla karıştırmaktadır. Isınan iç cidar, soğutucu su ile soğutulmaktadır. Sızdırmazlığı sağlayan keçeler sayesinde dış ortamla temas kesilmiştir. Her hangi bir zorlama, sıkışma esnasında motora koyulan otomatik emniyetli şalter sayesinde enerjinin kesilmesi sağlanmıştır. Herhangi bir arızada veya parça değişiminde makine kolayca dağıtılabilir ve monte edilebilecek şekilde yapılmıştır.

BÖLÜM 7. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Atritör imalatı için İTÜ de bulunan makine incelenmiştir. Gerekli bilgiler alınmıştır. Araştırmalar sonucunda, aynı işi görecekt makine daha ekonomik olarak imal edilmiştir. Makineyi yaparken her parçası, orijinal parçalarından daha değişik ve daha basit olarak düşünülmüştür. Aynı görevi yapacak şekilde tasarlanmıştır. Ekonomik güçlükler sanayi ile işbirliğine girilerek ve çok çalışarak engellenmiştir.

Makineyi satın almak için 10.000.00 \$ USA gibi oldukça yüksek bir maliyet gerekmektedir. Makine imalatında istenilen düzeye gelinmiştir. İlave olarak yapılabilecek olan gazlı ortam sızdırmazlık sağlamak için tedbirler alınmıştır. Laboratuvar amaçlı olarak yapılan makine için değişik ölçülerde tanklar yapılabilir. Tankların iç yüzeyleri dayanıklı olması için nitrürasyon işlemine tabi tutulabilir.

Sanayi ile işbirliğine gidilerek en ekonomik maliyette iyi bir atritör elde edilmesi hedeflenerek 250.000.000 TL. gibi bir masraf ile bu makine Sakarya Üniversitesine kazandırılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] ROLL, K.H., History of Powder Metallurgy, Metals Handbook, Ninth Edition, Vol.7, ASM, Metals Park, Ohio 55073, sf. 14-19, 1984
- [2] LEE, P.W., Powder Metallurgy, Applications, Advantages and Limitations, Ed. By E. Klar, ASM, Metals Park, Ohio, sf. 55, 1983
- [3] NASU, T., NAGAOKA, K., ITOH, N. and SUZUKI, K., State Amortization of Fe-C Alloy by Mechanical Alloying, J. Non-Crystalline Solids, Vol. 122, sf. 216-218, 1990
- [4] SUNDARASEN, R. And FROES, F.H., Mechanical Alloying, J. of Metals, sf. 22-25, August 1987
- [5] KOCH, C.C., Materials Synthesis by Mechanical Alloying, Annu. Rev. Material Sci. Vol. 19, sf. 121-143, 1989
- [6] BENJAMIN, J.S., Dispersion Strengthened Superalloys by Mechanical Alloying, Met. Transaction, Vol. 1, sf. 2943-2951, 1988
- [7] HEDRICH, H.D., Properties and Applications of Iron-Base-ODS Alloys New Materials by Mechanical Techniques, sf. 217-230 , 1988
- [8] BENJAMIN, J.S., and BOMFORD, M.J., Dispersion Sternghened Aluminum Made by MA, Met. Trans, Vol. 8A, sf. 1301-1305, 1977

- [9] BENJAMIN, J.S., and SCHELLENG, R.D., Dispersion Strengthened Aluminum-4 Pct Magnesium Alloy Made by MA, Met. Trans, Vol. 12, sf. 1827-1832, 1981
- [10] KOBAYASHI, K.F. TACHIBANA, N. and SHINGU, P.H., Formation of Amorphous Al-Cr Alloys by Mechanical Alloying, J. of Material Sci., Vol. 25, sf. 3149-3154, 1990
- [11] COCH, C.C., CALVIN, O.B., Mc KAMEY, C.G. and SCABROUGH, J.O., Preparation of Amorphous Ni₆₀B₄₀ by ma, Appl.Phys.Letters, Vol.43, sf. 1017-1019, 1983
- [12] ASLANOĞLU, Z., Fe-C Sisteminin Mekanik Alaşımlama Görevleri İncelenmesi ve Karakteristikleri, İTÜ, F.B.Enstitüsü, Y.Lisans Tezi, 1995
- [13] SURYANARAYANA, C., SUNDARASEN, R. and FROES, F.H., MA of Reactive and Refractory Metals, Advanced in P / M, sf. 1-14, 1989.
- [14] SCHELLENG, R.D. and DONACHIE, S.J., Mechanical Alloyed Aluminum, Metal powder Report, Vol.38, sf. 357-359, 1983
- [15] GILMAN, P.S., and BENJAMIN, J.S., Nickel and Iron Based Dispersion Strengthened Alloys, Metals Handbook, Ninth Edition, Vol. 7, ASM, Metals Park, Ohio 55073, sf. 723-725, 1984
- [16] HACK, G.A., Developments in the Production of Oxide Dispersion Strengthened Superalloys, Powder Met., Vol. 27, sf. 73-79, 1984
- [17] KNIBLOE, J.R., WRIGHT, W.K. and SIKKA, W.K., Elevated Temperature Behaviour of Fe₃Al with Chromium Additions, Mat. Sci. and Eng. Vol. A153, sf. 382-386, 1992

[18] DAVIS, R.M., McDERMOTT, B. and KOCH, C.C., MA of Brittle Materials, Met. Trans., Vol. 19A, sf. 382-386, 1988

[19] PADDEN, S.A. and REED, J.S., Grindings Kinetics and Wear during Attrition Milling, Am.Cer.Soc.Bull., Vol. 77, sf. 101-103, 1993

[20] BECKER, G.E., Attrition Mill Fine Grinding of Advanced Ceramic Powders, Conference of Advanced Ceramics, Ohio, Feb. 1986

[21] KERR, M.C. and REED, J.S., Comparative Grinding Kinetics and Grinding Energy During Ball Milling and Attrition Milling, Am.Cer.Soc.Bull., Vol. 71, sf. 1809-1816, 1992



ÖZGEÇMİŞ

1963 yılı Sapanca doğumludur, ilk ve orta öğretimini Sapanca'da, lise öğrenimini İzmit'te yapmıştır. 1982 yılında Teknik Eğitim Fakültesine başlamıştır. 1986 yılında Teknik Eğitim Fakültesi Metal İşleri bölümünden mezun olmuştur. Askerliğini yedek subay olarak yaptıktan sonra, 1989 yılında Bandırma Endüstri Meslek Lisesinde Metal İşleri öğretmeni olarak göreve başlamıştır. Daha sonra Sakarya Fatih Endüstri Meslek Lisesi Metal İşleri öğretmeni olarak tayin edilmiştir.

Halen Sakarya Fatih Endüstri Meslek Lisesinde müdür yardımcısı olarak görev yapmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.