

METAL YATAKLARI (*)

Doç. Dr.

Vefî AYTEKİN

Orta Doğu Teknik Üniversitesi

ÖZET

Bu yazı, yatak metallerinde aranan metalürjik özellikleri, bu özelliklerin sağlanması için alınması gereken tedbirleri ve çeşitli yatak metallerinin kullanılma yerlerini tesbit etmek ve ayrıca, belli başlı alaşımlardan döküm ve toz metalürji teknikleri ile metal yatakları imal etmek konularında yapılan bir etüdü ihtiva etmektedir.

1. GİRİŞ

Bir makinada en fazla aşınmaya maruz kalan kısımların başında, hiç şüphesiz, metal yataklar gelmektedir. Metal yataklar, hareket halinde bulunan ve yük taşıyan makina kısımlarının oldukça yumuşak parçaları olduklarından, sık sık değiştirilmeleri gerekmektedir. Bu ise, hem malzeme değeri olarak büyük malî külfetler tevhit etmekte ve hem de yatak değiştirme işlemleri esnasında bütün makina ve buna bağlı tesislerle personelin muattal bekletilmesi yüzünden muazzam maddî kayıplara sebebiyet vermektedir.

Bilyalı ve rulmanlı yataklara nisbetle, metal yataklarının çoğunu daha kolaylıkla ve daha mükemmel olarak imal etmek mümkündür. Ancak, bu alanda topluca konuyu metalürjik yönden inceleyen, Türkçe bir yayının mevcut olmayışı, en büyük boşluğu teşkil etmektedir.

Bilindiği veçhile, metal yatakların fonksiyonu, dönme veya kayma suretiyle temas halinde bulunan iki yüzeyin en az sürtünerek hareket etmesini sağlamaktır. Şaft (mil, aks veya muylu kısmı) ekseriyetle müteharrik olup, umumiyetle çelikten imal edilmektedir. Yatağın taşıdığı yük ekseriya şaft eksenine dikey, bazan da paralel yöndedir. Flanjlı yataklarda yük yatağa hem şaft eksenine paralel yönde ve hem de dikey yönde tesir etmektedir.

SYNOPSIS

This article includes a study of metallurgical requirements of metallic bearings, the methods of fulfillment of these requirements and recommendation of the most suitable alloys of typical metallic bearings making use of casting and powder metallurgy techniques.

2. METAL YATAKLARDA ARANAN ÖZELLİKLER

Metal yataklarda aranan başlıca metalürjik özellikler şunlardır:

- 2.1 — Yük taşıma özelliği,
- 2.2 — Geometrik şekil alma - Plâstiklik - özelliği,
- 2.3 — Yorulma dayanımı,
- 2.4 — Sıcaklık dayanımı,
- 2.5 — Mekanik aşınma dayanımı ve
- 2.6 — Korozyon dayanımı.

2.1 — YÜK TAŞIMA ÖZELLİĞİ

Metal yatakların taşıdığı birim yük, genel olarak, yatağa temas eden şaft muylusuna ait en büyük kesit izdüşümünün birim alanına isabet eden değer (Kg./mm^2) ile belirlenmektedir. Bu değer mûsaade edilen üst sınırı :

- a) Yükün yön değiştirip değiştirmediğine,
 - b) Yükün hafif, orta veya ağır oluşuna ve,
 - c) Şaftın dönme hızına,
- göre tesbit edilmektedir.

(*) Bu yazıda "Metal yatak" terimi, metal veya alaşımlardan imal edilmiş olan bilyalı ve rulmanlı yataklardan gayri yatakları ifade etmek için kullanılmıştır.

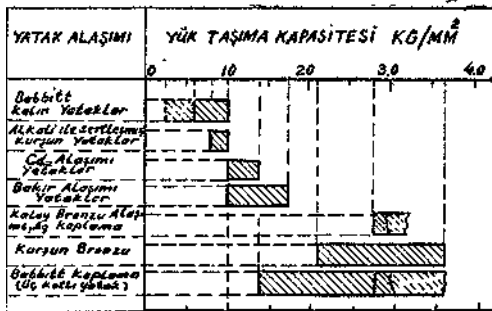
Yatağın yük taşıma kabiliyeti, geometrik konstrüksiyonu ile de ilgilidir. Eski tip kaim yataklara nazaran, ince tabakadan ibaret modern mikro-yataklar (hemen hemen aynı alaşımdan ibaret olsalar bile) çok daha fazla yük taşıyabilirler. Keza, bir kaç tabakadan ibaret yatakların, tek katlı yataklardan daha fazla yük taşıdıkları da tatbikattan bilinmektedir. Şekil: 3 ve Şekil: 7 deki gibi dökme demir tutucu ile desteklenmiş olan 3 - 8 mm. kalınlıktaki bir Babbitt yatakta müsaa-de edilen birim yük 0.2-0.5 kg./mm². mertebesindedir; aynı alaşımdan çelik bant üzerine kaplanarak 0.05-0.15 mm. kalınlığında imal edilen (Mikro-Yatak) ise kamyon ve otomobil motorlarında 1-2 kg./mm². mertebesinde bir yük taşımaktadır.

Babbitt yataklarla 14 kg./mm². sabit yük altında yapılan yorulma deneyi araştırmaları sonucunda:

- Yatak kalınlığı 0,36 mm.den daha kaim olduğundan, yatağın çok kısa bir süre içerisinde yıprandığı,
- Yatak, kalınlığı 0.10-0,36 mm. olduğunda yatağın ömrü 50-150 saat sürdüğü,
- Yatak kalınlığı 0.10 mm. den az olduğunda ise ömrü en uzun olduğu,

anlaşılmıştır. (1)

Yatak alaşımlarının yük taşıma özellikleri bunların çalışma sıcaklıklarına ve muhtelif sıcaklıklardaki sertlikleri ile basma dayanımlarına bağlı bulunduğu şüphesizdir. (Çeşitli yatakların en yüksek çalışma sıcaklıkları Cetvel: 2 de verilmiştir). Şekil: 1 de normal çalışma sıcaklıklarında, çeşitli metal yatakların yük taşıma kapasiteleri takribi olarak verilmiştir (2, 3, 5).



Şekil: 1 ŞEKİL: 1 ÇEŞİTLİ METAL YATAKLARIN YÜK TAŞIMA KAPASİTELERİ

S * . / . / . * * * * * . * * * . ÇBİRÜ MBTAL YATAKLARIN YÜK TAŞIKIM KAPASİTELERİ

Yatak alaşımlarının mekanik dayanımını yükseltmek için ayrıca destek (backing)

kısımlar kullanılmaktadır. Genel olarak yatak alaşımı destek parçasının içerisine dökülür veya kaplanır. İyi dayammlı bir yatakta, yatak alaşımı ile destek kısmın birbirine çok iyi yapışmış, yani kaynak teşkil ederek bağlanmış, olması şarttır. Çeşitli malzemeden yapılan destek parçaları varsa da, en çok kullanılanlar çelikten ve bronzdan imal edilendir, (Az miktarda dökme demirden mamul yatak destekleri de vardır). Bronz destek yatak alaşımları ile daha iyi bağ teşkiline elverişlidir, daha kolay işlenmektedir ve bilhassa, arıza vukuunda-asıl yatak alaşımına ait tabaka aşındığı takdirde - bronz destek kısa bir zaman için yatak vazifesi görecektir özelliktedir ve bu suretle şaftın ve tesisatın hasarlanması ihtimali azalmış olur. Bu üstünlüklerine mukabil, bronz destekler pahalı oldukları için ancak mahdut yerlerde kullanılmaktadırlar.

Çelik desteklerinde yatak alaşımı ile çelik arasındaki bağın kuvvetlendirilmesi için ekseriya ara tabakalar kullanılmaktadır. Aşağıda çelikte çeşitli yatak alaşımlarının bağ dereceleri azalma sırasına göre tertip edilmiştir.

- Bakır + Pb alaşımları,
- Kadmiyum baz alaşımları,
- Kalay baz alaşımları,
- Kurşun baz alaşımları.

Bu sıraya göre çelikte en iyi bağ teşkil eden alaşımlar (Bakır + Pb) alaşımlarıdır; en zayıf bağlananlar ise kurşun baz alaşımlarıdır. Bir çok hallerde çelikte yatak alaşımları arasındaki geçit tabakası, metaller-arası bir bileşik alaşımdan ibarettir. Bu nevi (Metaller-arası bileşik alaşımları) sert ve yüksek dayammlı özelliktedirler.

Yakın zamana kadar Babbitt yataklar sadece kaim silindir şeklinde (takriben 3-8 mm kalınlıkta) olmak üzere, dökme demir desteklerin içerisine dökülmekte idi. (Şekil: 3) Bu nevi yatakların destek parçaya iyice bağlanabilmesi için destekte oyuklar mevcuttur. Halen, düzgün yükte çalışan ve dönme hızı nisbeten düşük olan yerlerde, meselâ, demir çubuk çeken haddhane merdanelerinde bu tip Babbitt yataklar kullanılmaktadır. Demiryolu dingil yatakları da bu tip kaim konstrüksiyonda olmakla beraber bilhassa Birleşik Amerikada beyaz metal yerine (%65-75 Cu, % 4.5-5.5 Su % 15-22 P6, %0-3 Zn) Grubundan bir kurşun bronz alaşımı tercih edilmektedir.

Evvelcede bahsedildiği veçhile yüksek devirli ve yön değiştiren ağır basınç altında çalışan mikro-yataklar çelik şerit üzerine dökülmekte veya kaplanmakta ve (çift metal) halinde kullanılmaktadır. Çelik şeride yatak alaşımının iyice bağlanabilmesini sağlamak üzere önce bir ince Elektro-kaplama (takriben 0.025 mm. kalınlıkta) yapılır ve bu kaplama üzerine de asıl yatak alaşımı dökülür. Bu tarzda tabakalardan ibaret şerit, bilâhare, yarım silindir şeklinde sokularak iki yarım parçadan ibaret ince yataklar imal edilmektedir. Şekil: 4 de benzin ve dizel motorlarında kullanılan yataklara ait tipik örnekler gösterilmiştir. Şekilde t ve ti elektro-kaplama tabakalarını göstermektedir. Bunların kalınlığı 0.01-0.03 mm. mertebesindedir. Otomobil ve kamyon yataklarında $t=0.05 - 0.15$ mm. kadar kalay-baz alaşımlarından ibaret (% 2-8 Cu, % 4-8 Sb, % 0.5-2 Pb, bakiye sn) Ağır yükte çalışan yatakların kaplamalı olması tercih edilir, t kaplaması, kalay-baz alaşımından ibaret olup, korozyona karşı dayanıklılığının artması için % 5-15 Cu da ihtiva edebilir. (Şekil: 4) Çok ağır yükte ve nisbeten tozlu atmosfere maruz şartlarda çalışan dizel ve benzin motorlarının flânlı yatakları da (Şekil: 4-6) de gösterildiği tarzda iki temas yüzeyi kaplanarak kullanılmaktadır. (4)

Yukarıdaki misallerde verilen tarzda yön değiştirilmeli yüklere maruz hallerde kullanılan yatak alaşımlarından biri de (SAE 14) alaşımdır. Bu alaşımda % 9.25-10.75 Sn, % 14.0-16.0 Sb, en çok % 76.0 Pb, en çok % 0.5 Cu, en çok % 0.6 As vardır. Bu takdirde yatak kalınlığı şöyledir:

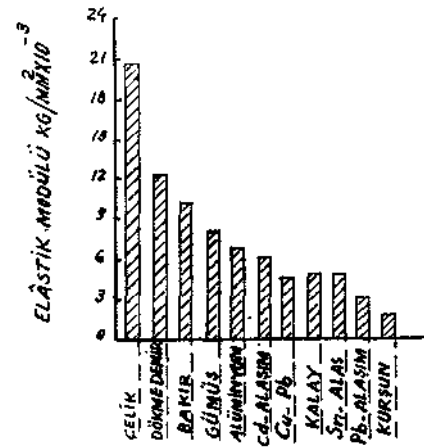
- Hafif yüklerde : 0.05-0.15 mm. Babbitt yatak kalınlığı, (çelik destek kalınlığı ise 0.8-1.5 mm.)
- Ağır yüklerde : 0.02-0.05 mm. Babbitt yatak kalınlığı + (Pb-Cu) kaplamalı çelik destek.
- Çok ağır yüklerde : Çelik şerit destek üzerine gümüş kaplamadan ibaret yatak bazı hallerde ayrıca (Cu-Su) da kaplanmaktadır.

Son yatak çeşiti bilhassa uçak motorlarında kullanılmaktadır. (2)

Bu örneklerden de anlaşılacağı veçhile, kalınlık ve tabaka sayısı yatağın taşıyacağı yük miktarım tayinde mühim rol oynamaktadır.

2.2 — GEOMETRİK ŞEKİL ALMA ÖZELLİĞİ

Metal yatakların, shaftın geometrik durumuna uyacak şekilde az çok plâstiklik özelliğini haiz olması ve bilhassa, yatak kalın olduğu takdirde, metalografik bakımlardan da yatak alaşımının özel bir yapıya sahip bulunması gerekmektedir. Umumiyet itibariyle, bir alaşımın sertliği düştükçe ve elâstik modülü küçüldükçe yapısını teşkil eden kristallerin gömülme (embedability) özelliği artmaktadır. Şekil: 2 de bazı alaşımların elâstik modülü değerleri gösterilmiştir.



ŞEKİL : 2 BAZI YATAK ALAŞIMLARININ ELASTİK MODÜLLERİ

ŞEKİL : 2 BAZI YATAK ALAŞIMLARININ ELASTİK MODÜLLERİ

Plâstiklik özelliği bulunmayan veya yeter derecede plâstik olmayan yataklar yağlamaya karşı aşırı hassas durumdadırlar. Yağ kifayetsizliği, aşırı yüklenme veya bünyelerindeki Pb gibi yumuşak elemanların yağ asitleri tarafından korozyonu neticesinde bu nevi yataklarda (Sıvanma) denilen arıza müşahede edilmektedir. Sıvanma fazla aşınma, ısınarak çatlama, kaynak teşkili gibi sonuçlarla yatağın tahrip olunmasına sebebiyet vermektedir.

Şekil: 2 den de görüleceği gibi, alaşımın elâstik modülü değeri küçüldükçe sıvama tehlikesi azalmaktadır. Ancak, bu takdirde, müteakip bölümde incelenmiş bulunan diğer bir tehlike, yani (yorulma tehlikesi) başgöstermektedir.

Plâstik olan yatak alaşımlarının yük taşıma özelliklerini arttırmak için kullanılan bronz veya çelik destekler bundan önceki bölümde incelenmiştir.

Çok yakın zamana kadar, bir alaşımın yatak imaline elverişli olabilmesi için metal-

lografik yapı bakımından, yumuşak bir ortam içerisinde dağılmış münferit sert kristalleri ihtiva eden bir bünyeye sahip olması gerektiği kabul edilmekte idi. Mikro-Yataklar ve kaplamalı yataklar imal edilip çok daha yüksek yükler altında dahi müsbet sonuçlar alındıktan sonra bu düşünce kısmen değişmiş bulunmaktadır. Ancak, mikro-yataklar grubuna giren ince yataklarda, destek ile yatak alaşımının çok kuvvetli bir bağ ile bağlanmış olması, keza, gerek yatak kalınlığı ve gerekse şaft ile yatak arası toleransların çok hassas olarak kontrol edilmesi zaruridir.

Yatak alaşımı bünyesine dair teori kalın yataklar için hiç şüphesiz hâlâ muteberdir. Bu hususta en tipik örnek olarak Babbitt alaşımları gösterilebilir. Babbitt yatak alaşımlarında metallografik yapının yumuşak dolgu ortamını (Sb+Pb+Sn) ötektiği veya kompleks ötektikler teşkil etmekte, bu ortamın içerisinde Sn Sb küboitleri ve Cu Sn iğne şeklindeki kristalleri ise sert fazı meydana getirmektedir. Alaşımın bileşimine göre, yumuşak dolgu ortamı ile sert kristal çeşitleri değişik olabilir. Sert kristaller şaft yükünü taşımakta ve temas yüzünü asgariye indirmektedir; yumuşak dolgu ortamı ise yatağa plâstiklik özeliği vermekte ve aynı zamanda yağlama kanalları husule getirmek suretiyle yağlamayı kolaylaştırmakta ve sıvanma tehlikesini asgarî hadde indirmektedir.

Bazı tipik yatak alaşımlarında yumuşak dolgu ortamı ile sert kristalleri teşkil eden fazlar, bir fikir vermek üzere, cetvel: 1 de özetlenmiştir.

Şekil: 5 de % 64 Pb, % 20 Sn, % 14 Sb % 2 kadar da Cu ihtiva eden bir Babbitt yatak alaşımının metallografik dokusu gösterilmiştir. Beyaz renkli Sn Sb sert kristallerinin ve benekli (Sb+Pb + Sn) ötektiğinin sertlikleri ayrı ayrı olmak üzere, mikro-sertlik ölçü aleti ile ölçülmüş ve aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur.

(Sb + Pb + Sn) dolgu ortamının Brinnell sertliği = 10. Vickers sertliği.

Su Sb küboitlerinin Brinnell sertliği = 50 Vickers sertliği, yumuşak dolgu ortamı ile SnSb küboitlerinin sertlik farkları, Şekil: 5 te, aynı yükte daldırılan elmas piramidinin husule getirdiği farklı büyüklükteki izlerden de bariz bir şekilde görülmektedir.

2.3 — YORULMA DAYANIMI

Yüksek hızla yön değiştiren ağır yük altında çalıştırılan yatakların yıpranmasında yorulma en büyük rolü oynamaktadır. Bu şartlar altında, mekanik dayanımın yüksek olması aranan birinci özelliktir. Genel olarak yorulmayı önlemek için aranan özellik, sıvanmayı arttırır mahiyettedir. Bu itibarla,

CETVEL: 1, Tipik bazı yatak alaşımlarının yapısını teşkil eden fazlar:

Yatak alaşımının adı	Yumuşak dolgu fazları	Sert ara fazları
A) Babbitt (ASTM. B. 23-49) alaşımları Alaşım No. 1-2	(Sb+Sn) ötektiği (Şekil: 5)	SnSb küboitleri iğne şeklindeki Cu Sn kristalleri (Şekil: 5)
Alaşım No. 4 + 6	Kompleks (Sb+Pb+Sn) ötektiği ve erimemiş Pb fazı	Sn Sb küboitleri ve iğne şeklindeki CuSn kristalleri
Alaşım No. 7 - 19	Kompleks (Sb+Pb+Sn) ötektiği ve erimemiş Pb fazı	SnSb küboitleri
B) SAE. No. 16, Ni - Cd. alaşımları (Ni = %1,5 ve %3)	(Ni+Cd) ötektiği	NiCd7 küboitleri veya iğne şeklindeki kristaller
C) SAE. No. 180, Cd-Ag-Cu alaşımları (%0.5-3 Ag, %0.5-0.8 Cd)	Cd. katı fazı, (Cd+Ag+Cu) ötektiği	Ag Cd ₂ ve Cu Cd ₃ metaller arası bileşimi.
D) (Zn-Cu-Al) alaşımı, (%85-88 Zn, %4-10 Cu, %2-8 Al)	X, B ötektiği	Ara eriyiklerin sert kristalleri
E) % (6.5 Sn, 2.5 Si, 1.0 Cu, 0.5 Ni) li Al - Alaşımı)	X katı eriyiği	Cu-Si sert kristalleri
F) ((Cu-Sn-Pb) bronz alaşımları	(Cu+Sn) katı eriyiği ve erimemiş Pb fazı	Cu ₄ Sn kristalleri
G) Fosforlu bronz yatak Alaşımları (%0.035-0.4 P)	(Cu+Sn) katı eriyiği	Cu ₄ Sn () kristalleri ve Cu ₃ P sert kristalleri.

yağlanma emniyeti, yükün yön değiştirme hızı ve mutlak değeri *nazarı* itibare alınarak hangi özellikten fedakârlık yapılması gerektiği tesbit edilebilir. Bununla beraber yumuşak alaşımlardan, eyice destekli ince yataklar yapmak suretiyle iki mahzurun birden asgarî hadde indirilmesi sağlanmaktadır.

Aşağıdaki alaşımlar yükselen yorulma dayanımı derecesine göre sıralanmıştır:

- Kurşun baz yatak alaşımları,
- Kalay baz yatak alaşımları,
- % 25 Pb lu Cu-Pb alaşımı
- Cadmiyum baz yatak alaşımları,
- % 28 Pb lu Cu-Pb alaşımı
- Pb ile Ag
- % 1 den az Sn ihtiva eden kurşun
- Kalay bronzlar,
- Kurşunsuz alüminyum bronzlar,
- Gümüş,
- % 10 Sn, % 10 Zn, % 10 Pb-bronzu,
- % 88 Cu, % 4 Sn, % 4 Zn, % 4 Pb Bronzu,
- % 25 Pb-Bronzu,
- Alüminyum baz yatak alaşımları.

2.4 — SICAKLIK DAYANIMI

Ergime sıcaklıkları, çeşitli sıcaklıklardaki mekanik dayanım, sertliği ve sıcaklık iletkenliği gibi özellikler yatakların sıcaklık dayanımı hakkında oldukça kat'i bir kanaat elde etmeğe yardım etmektedir.

Tipik yatak alaşımlarının farklı sıcaklıklardaki Brinnell sertlikleri ve çalışma sıcaklıklarının üst sınırları takribi olarak cetvel: 2 de verilmiştir. (2)

Cetvel: 3 te ise Babbitt alaşımlarının, Amerikan Malzeme Muayene Standartları

(ASTM B. 23-49) na göre bölümleri ile bunların farklı sıcaklıklardaki mekanik özellikleri ve ergime sıcaklıkları verilmiştir.

Genel olarak alaşımlarda ergime sabit bir sıcaklıkta başlayıp belirli bir sıcaklık aralığı boyunca devam etmektedir. Ergimenin başladığı sıcaklığı değeri dayanıklılık bakımından daha önemli bir kriteriyumdur. Ergimenin tamamlandığı sıcaklık limiti ise döküm teknolojisi bakımından önem taşımaktadır.

2.5 — MEKANİK AŞINMA DAYANIMI

Yatak alaşımlarının mekanik aşınmaya karşı dayanımlarını ölçmek, daha doğrusu mukayese etmek, üzere çeşitli metodlar mevcut ise de, tatbikattaki yüklenme, yağlama, sıcaklık sürat v.s. şartların yüzde yüz aynen aksettirecek özellikleri havi bir deney metodu bulunamamıştır. En iyi ve itimada şayan sonuçlar hakiki şartlarda yapılan deneylerle elde edilenlerdir.

Bununla beraber, yatak ile şart sertliklerinin mekanik aşınmayı asgarî hadde indirecek şekilde seçilmesi için tatbikattan istihraç edilen değerler mevcut olup, bunlar takribi olarak cetvel- 4 te gösterilmiştir. (2)

Mekanik aşınmayı arttıran en mühim faktörlerden birisi de Atmosferdeki toz zerrecikleridir. Bilhassa ince tabakalı, mikro-yataklar için tozlu atmosfer çok tehlikeli olabilir. Kaim Babbitt ve Bronz yataklarda bu tehlike en azdır.

Mekanik aşınmanın asgarî olabilmesi için shaft ile yatak arasındaki sürtünme katsayısının çok küçük olması ve yağlamanın da çok iyi yerine getirilmesi şarttır.

2.6 — KOROZYON DAYANIMI

Yatak alaşımlarının korozyonu ekseri-

CETVEL: 2, Başlıca yatak alaşımlarının sıcaklık dayanımları:

Yatak alaşımı	BRINNELL SERTLİĞİ		En yüksek Çalışma Sıcaklığı, °C
	Oda sıcaklığında	150°C ta	
Kalay bazlı Babbittler	20 — 30	6 — 12	150
Kurşun bazlı Babbittler	15 — 20	6 — 12	150
Alkali ile sertleşmiş kurşun	22 — 26	11 — 17	260
Cadmiyum bazlı alaşımlar	30 — 40	15	260
Bakır bazlı alaşımlar	20 — 30	20 — 23	180
Kalay bronzu	60 — 80	60 — 70	260
Kurşun bronzu	40 — 80		230 — 260
Alüminyum alaşımları	45 — 50	40 — 45	110 — 150
Gümüş (Keplama)	25	25	260
Babbitt örtülü 3-Kat yataklar	—	—	100 — 150

yetle kullanılan yağlar dolayısıyla husule gelmekte, Atmosfer şartları, korozyon mahsul-leri ve fazla sıcak çalışma gibi faktörlerin menfi tesiri de buna inzıam etmektedir.

Gerek tabii gerekse sentetik yağların özelliklerini ıslâh etmek için bunlara:

- Yağın oksitlenmesini önleyen (S, P, N gibi elemanları haiz önleyici maddeler,
 - Suda eriyen deterjanlar,
 - Paslanmayı önleyici maddeler, ve
 - Aşınmayı azaltıcı maddeler
- ilâve edilmektedir. (2)

Yağların mühim bir kısmı zamanla oksitlenerek yağ asitleri husule getirmekte, bu asitler de kurşun ve kurşun alaşımlarını aşındırmak suretiyle yatağın tahribine sebebiyet verebilmektedir. Bu itibarla, bilhassa Babbitt yataklarının yağlanması için kullanılacak yağların oksitlenmeye karşı önleyici maddeleri muhtevi olması elzemdir.

Yağlara ilâve edilen deterjanlar katı zerrelerin karbon, kurşun teressubattm ve toz-

ların süspensiyon halinde tutulmasına hizmet etmektedir.

Paslanmayı önleyici maddeler ise, çelik shaftm üzerinde koruyucu bir örtü teşkil edebilen zayıf iyon yüklü aktif yüzey bileşimlerinden ibarettirler.

3 — YATAK ALAŞIMLARI VE KULLANIŞ YERLERİ

Yatak alaşımlarının bileşimleri çok çeşitlidir. Son zamanlarda kablama ve toz metalürjisi usulleri ile gelişen yatak imalâtı da nazarı itibare alınırsa bu sahanın ne kadar tenevvü arzettiği anlaşılabilir. Burada ancak, tipik gruplar halinde toplanabilen ve fevkalâde ehemmiyet arzeden bileşimler üzerinde durulmuştur.

3.1 — BABBİTT YATAK ALAŞIMLARI

Beyaz metal yataklar adı ile de anılan Babbitt yataklarının kimyasal ve fiziksel özellikleri (ASTM-B.23-49) Amerikan Malzeme Standartlarında geniş ölçüde verilmiştir. Yatak imali ile ilgili çok faydalı bilgiyi içe-

CETVEL: 3, Babb'tt Alaşımlarının farklı sıcaklıklardaki mekanik özellikleri ve ergime sıcaklıkları (ASTM B 23-49 a göre)

Babbitt Alaşımlarının Sınıfı	Nominal bileşimi %				Akma sınırı Kg/mm ² (*)		Basınç dayanımı Kg/mm ² . <...>		BrineH sertliği (***)		Ergime, °C	
	Sn	Sb	Pb	Cu	20°C	100°C	20°C	100°C	20°C	100°C	Başlar	Biter
1	91	4.5	—	4.5	3.1	1.9	9.0	4.9	17.0	8.0	223	371
2	89	7.5	-	3.5	4.3	2.1	10.0	6.1	24.5	12.0	241	354
3	83.3C	8.33	—	8.33	4.6	2.2	12.3	6.9	27.0	14.5	240	422
4	75	12	10	3	3.9	1.5	11.3	4.8	24.5	12.0	184	306
5	65	15	18	2	3.5	1.5	10.6	4.7	22.5	10.0	181	296
6	20	15	63,5	1.5	2.7	1.4	10.2	5.6	21.0	10.5	181	277
7	10	15	75	-	2.5	1.1	11.0	4.3	22.5	10.5	240	268
8	5	15	80	—	2.4	1.2	11.0	4.3	20.0	9.5	237	272
10	2	15	83	—	2.3	1.3	10.9	4.0	17.5	9.0	242	264
11	—	15	85	—	2.2	1.0	9.0	3.6	15.0	7.0	244	262
12	—	10	90	—	2.0	0.9	9.0	3.6	14.5	6.5	245	259
15	1	15	82.5	0.5	-	-	-	3.6	21.0	16.0	248	281
16	10	12.5		0.5	—	-	—	-	27.5	13.6	244	
19	5	9	86	—	—	—	11.0	4.3	17.7	8.0	239	257

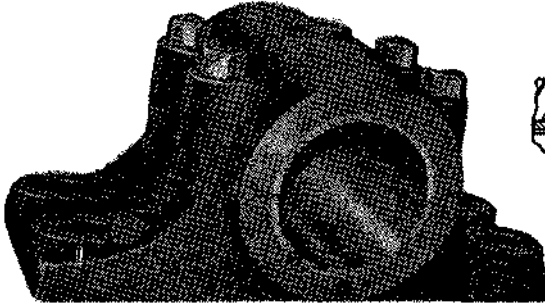
(*) Akma sınırı, basma dayanımı eğrisinde numune boyunun %0.125 kısalmasına tekabül eden basınç olarak alınmıştır.

(**) Basınç dayanımı, numune boyunun %25 deformasyonu için gereken basınç olarak kabul edilmiştir.

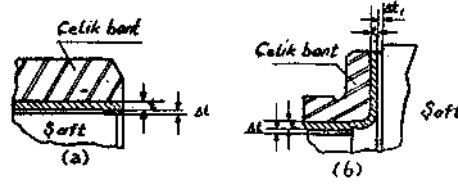
(***) Brinnell sertliği, 10 mm. Bilya, 500 Kg. yük ve 30 saniye yük tatbik etme şartıyla bulunmuştur.

CETVEL: 4, Yatak alaşımları ile şaft malzemesinin sertlikleri:

Yatak alaşımının adı	Yatak alaşımının Brinnell sertliği	şaftın asgari Brinnell Sertliği
Kalay bazlı Babbitt alaşımları	20 - 30	150 veya daha az
Kurşun bazlı Babbitt alaşımları	15 - 20	150 veya daha az
Alkali ile sertlenmiş kurşun	22 - 26	200 - 250
Kadmiyum bazlı alaşımlar	30 - 40	200 - 250
Bakır bazlı alaşımlar	20 - 30	300
Kalay bronzu	60 - 80	300 - 400
Kurşun bronzu	40 - 60	300
Aluminyum alaşımları	45 - 50	300
Gümüş (Kaplama)	25 -	300



şekil: 3. Dökme demir destek içerisine Babbitt alaşımından dökülmüş bir yatak



şEKİL: 4 METAL MİKRO-YATAKLAR. δ_1 VE δ_2 ELEKTRİ KAPLAMA KALINLIKLARI 0.01-0.03 mm. MERTEBESİNDEDİR. (B) OTOMOBİL VE KAMYON MOTORU YATAKLARINI GÖSTERMEKTEDİR. $\delta = 0.05 - 0.15$ mm. OLUP EKSERİYA ELEKTRO-KAPLAMA YAPILMAMAKTADIR. (B) İSE ÇOK AĞIR YÜKTE ÇALIşAN DİZEL VE BENZİN MOTORU FLANJLI YATAKLARINI GÖSTERMEKTEDİR. BU TAKDİRDE YİNE EKSERİYA ELEKTRO KAPLAMA YOKTUR. $\delta = \delta_1 = 0.05-0.15$ mm. KALINLIĞINDADIR. (4)

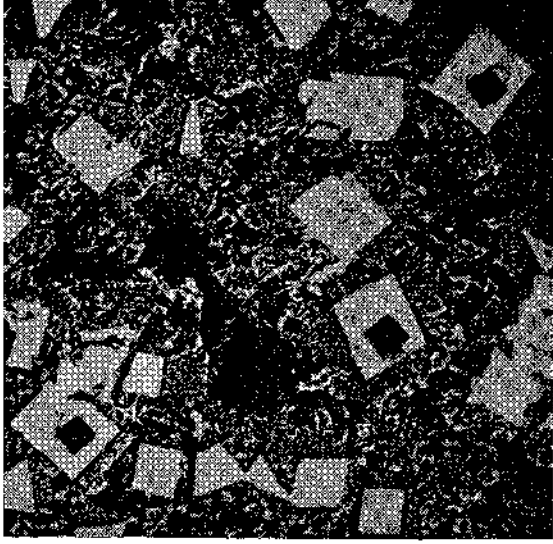
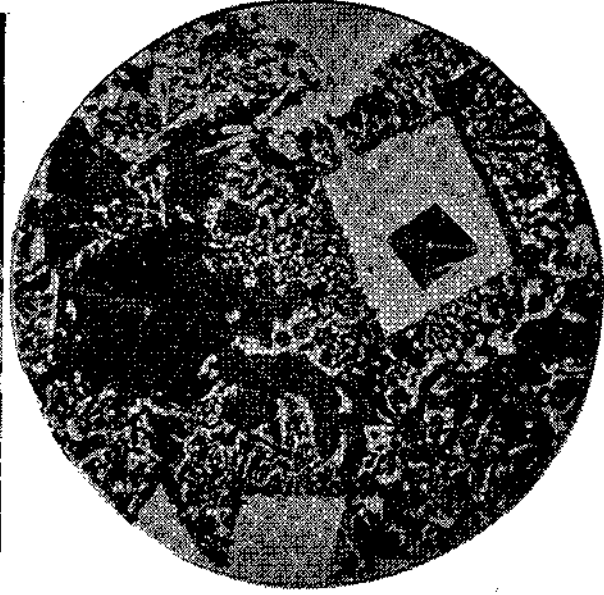
risinde toplanan bu standardın bir kısmı, Bölüm 24 Cetvel : 3 te gösterilmiştir. şekil : 6 da ise Babbitt alaşımlarının (Pb - Sn - Sb) üçlü denge diyagramı içerisindeki mevkileri (Cu ihmal edilmek suretiyle) işaretlenmiştir. Diyagramın tetkikinden de anlaşılacağı veçhile 1, 2, 3, 4, 5, No.lu Babbitt alaşımları kalay bazlı alaşımlardır; No. 1 den No. 5 e doğru gidildikçe kalay azalmaktadır. 6,-7,-8,-10,-11,12-15-19 No.lu Babbitt alaşımları ise Kurşun bakımından zengin yani kurşun-bazlı alaşımlardır. şekil: 6 da alaşımların metallografik dokusu hakkında da bilgi mevcuttur. Bir misal olmak üzere (% 65 Sn, % 15 Sb, % 18 Pb ve % 2 Cu) ihtiva eden 5 No.lu alaşım incelenecek olursa:

Bu alaşım takriben 296 °C ta donmağa başlar; ilk donan B küboitlerinin bileşimi % 40 dan fazla Sb ihtiva ettikleri için geriye kalan sıvı-eriyik bileşimi Pb-Sn üçgen kenarına doğru yaklaşacak şekilde (Pb ve Sn bakımından zenginleştiğinden) değişir. Bu esnada 245° - 190°C arasında fazla donarak teşekkül etmeğe başlar, bu suretle de fazla Sn sıvıdan ayrıldığı için sıvı bileşimi sür'atle Pb köşesine doğru kayar. Son olarak 180°C ta kurşun bakımından zengin olan sıvı donarak kompleks ötektik teşkil eder. Oda sıcaklığında alaşım, B-Küboitleri ile kompleks ötektiğinden ibarettir. (Burada Cu ihmal edilmiş-

tir, hakikatte böyle bir alaşımda donma, iğne şeklindeki Cu Sn kristallerinin bir örümcek ağı tarzında teşekkülü ile başlar. Ve ancak, ondan sonra yukarıda bahsedildiği gibi SbSn (B-Küboitleri) husule gelir. Çünkü, CuSn kristallerinin donma sıcaklığı çok yüksektir. Tatbikatta Babbitt alaşımlarına Cu ilave edilmesinin sebebi de bu özelliğten faydalanarak erken donan Sb Sn küboitlerinin döküm üst sathına yüzmesine = yani segregasyonuna-mani olmak içindir. O halde Cu ihtiva eden Babbitt alaşımlarının metallografik yapısı daha homojendir.

Kalay-Bazlı Babbitt alaşımlarında Sb yüzdeki % 2 den itibaren yükseldikçe alaşımın sertliği, dayanımı ve akma sınırı artmaktadır. (1) Keza aynı alaşımlarda Cu yüzdesi % 0.5 ten % 8 e kadar yükseldikçe alaşımın sertliği, dayanımı ve akma sınırı artmaktadır. O halde, % 8 Cu ve % 10 Sb ihtiva eden alaşımın mekanik özellikleri diğerlerine nazaran en yüksek sınırlardadır. (SAE) Amerikan otomatik Mühendislik Cemiyeti Standartlarına göre tasnif edilen kalay-bazlı tipik Babbitt alaşımları aşağıda verilmiştir:

Kurşun-bazlı Babbitt alaşımları, 6 numaralı hariç olmak üzere, bakır ihtiva etme-

(a) Büyültme: $\times 50$.(b) Büyültme: $\times 100$.

Şekil: 5. Tipik bir Babbitt yatak alaşımının metallografik dokusu, Mikro-sertlik cihazının aynı kuvvetle daldırılan ucu, beyaz sert SnSb. küboitlerinde küçük izler, nispeten yumuşak olan benekli ötektik ortamında ise büyük izler husule getirdiği görülmektedir.

mektedir. (En çok Cu % 0.50 tir.) Bu alaşımlarda kalay azalarak bunun yerini Pb artmaktadır. (SAE) Standartlarına göre kurşun-bazlı Babbittler aşağıda verilmiştir.

Babbitt alaşımları biyel ve şaft yataklarında, otomobil ve kamyon ana yataklarında geniş çapta kullanılmaktadır. Toprak-İş makinelerinde ve daha kalın olarak ta çabuk

Alaşım	% Sn	% Sb	% Cu (En çok)	% Pb
Yatak (SAE 10.)	90.0	4.0—5.0	4.0—5.0	Kalanı
Yatak (SAE 11.)	86.0	6.0—7.5	5.0—6.5	Kalanı
Yatak (SAE 110)	87.75	6.0—8.5	2.25—3.75	Kalanı

haddelleyen merdane yataklarında bu nevi alaşımlar tercih edilmektedir. Malzeme fiyatının ucuzluğu dolayısıyla, sıvanma tehlikesi-

nin çok olduğu hallerde yavaş çalışan ve fazla ısınmayan ağır yüklü yataklar bu alaşımlardan imal edilmektedir. Mikro-Yatak ha-

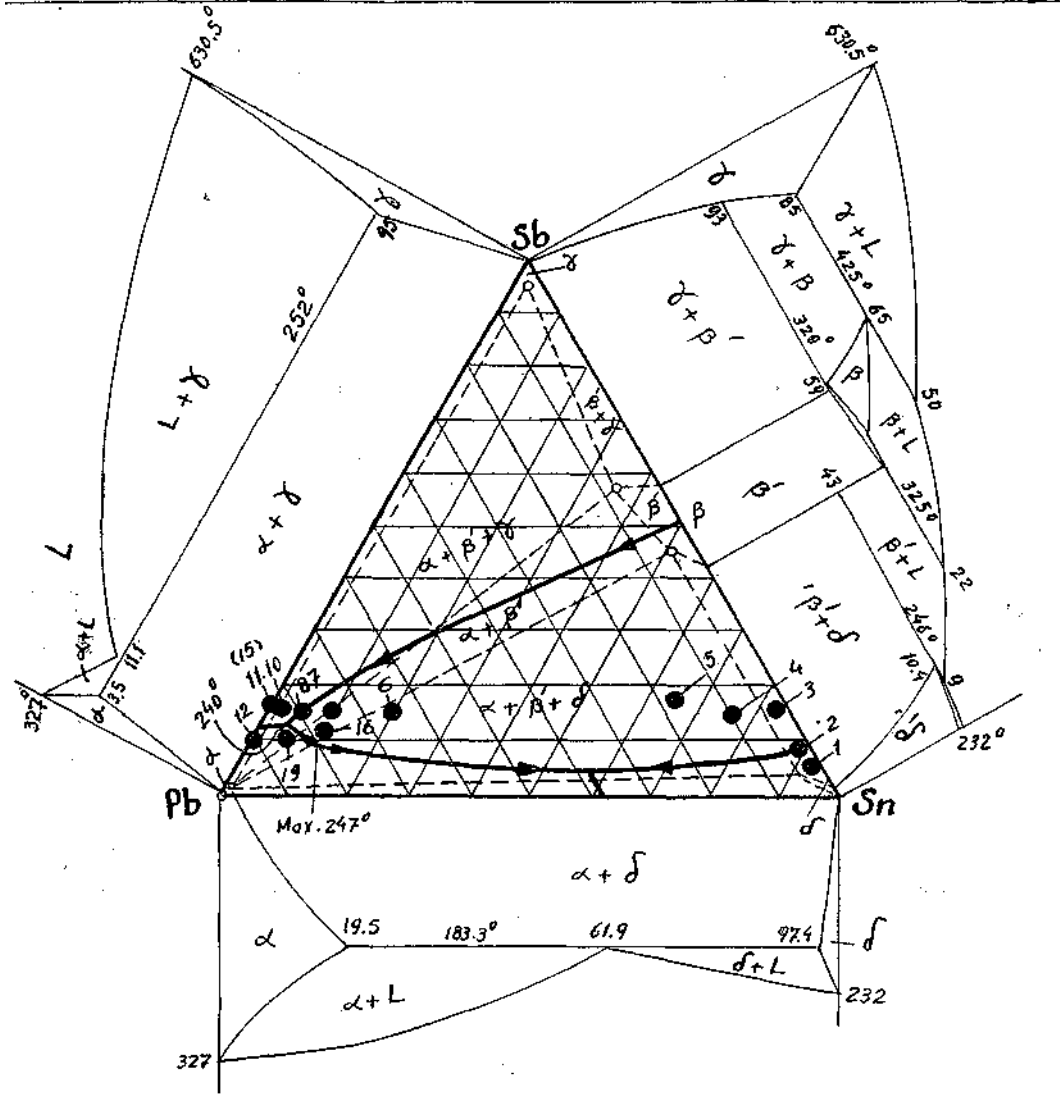
Alaşım	% Sn	% Sb	% Pb	% Cu	% AS
Yatak (SAE 13)	4.5—5.5	9.25—10.75	86.0 (en çok)	0.50 (en çok)	0.60 (en çok)
Yatak (SAE 14)	9.25—10.75	14.0—16.0	76.0 (en çok)	0.50 (en çok)	0.60 (en çok)
Külçe (SAE 15)	0.9—1.25	14.50—15.50	Kalanı	0.60 (en çok)	0.80—1.10

ünde dizel ve benzin motorlarının yataklarında da ekseriyetle Babbitt kullanılmaktadır.

3.2 — BRONZ YATAKLAR

Bronz yataklar baz olarak bakır ile %5-20

oranında kalay (veya kurşun) ve cüz'i miktarda fosfor ihtiva etmektedir. Çinko kullanıldığı takdirde deoksidasyon için ayrıca fosfor kullanılmaz. Mutad olan %2-6 Zn yu muhtevi bronzlara (top madeni) adı da verilmektedir.



ŞEKİL : 6 (Pb-Sn-Sb) ÜÇLÜ DENGE DİYAGRAMI VE BABBİTT ALAŞIMLARININ MEVKİLERİ. ÜÇKENİN İÇERİSİNDE LİKİDÜS YÜZEYİNİN İZDÜŞÜMÜ KALIN EĞRİLERLE, ODA SICAKLIĞINDAKİ YATAY KESİT İSE NOKTALI ÇİZGİLERLE GÖSTERİLMİŞTİR. BABBİTT ALAŞIMLARI, (ASTM. B. 23-49) AMERİKAN MALZEME MUAYENE STANDARTLARI İŞARETERİ KULLANARAK 1-19 RAKAMLARI İLE BELİRTİLMİŞTİR.

Kurşunlu bakır yatak alaşımlarından tipik örnekler aşağıda verilmiştir.

Gerek Pb ve gerekse Ag katı halde (ve adı sıcaklıkta) ancak ihmal edilebilecek mertebede az olarak bakırda eriyebildiklerinden, bilhassa Pb ayrı bir faz olarak alaşımının

dokusuna girmektedir. Kalay bronzlarının kimyasal bileşimleri, (ASTM.B.22-46.T.) mucibince aşağıdaki sınırlardadır:

Cu-Sn denge diyagramının tetkikinden de anlaşılacağı cevhile, bronz içerisindeki Sn yüzdesi (D sınıfından A sınıfına doğru) yük-

Eleman	SAE.48 Alaşımları	SAE.480 Alaşımları
% Cu	67.0—74.0	60.0—70.0
% Pb	25.0—32.0	30.0—40.0
% Ag	1.5 (en çok)	—
% Zn	0.1 (en çok)	—
% P	0.025 (en çok)	—
% Fe	0.35 (en çok)	0.35 (en çok)
% Sn	—	0.05 (en çok)
Diğerler	0.15 (en çok)	0.3 (en çok)

Eleman	A—Sınıfı	B—Sınıfı	D—Sınıfı
% Cu	79 — 82	82 — 85	86 — 89
% Sn	18 — 20	15 — 17	9 — 11
% Zn	0.25 (En çok)	0.25 (En çok)	1.0 — 3.0
% Pb	0.25 (En çok)	0.25 (En çok)	0.30 (en çok)
% Ni	—	—	1.0 (en çok)
% Fe	0.25 (En çok)	0.25 (En çok)	0.15 (en çok)
% P	1.0 (En çok)	1.0 (En çok)	0.05 (en çok)

seldikçe sert fazın miktarı da fazlaşmakta, yani malzemenin sertlik ve dayanımı artmaktadır. Keza, fosfor da aynı istikamette tesir icra etmektedir. D-sınıfına giren (% 88 Cu, % 10 Sn, % 2 Zn) ihtiva eden (Top madeni) alaşımı bilhassa yavaş ve ağır yük altında çalışan yataklarda, meselâ pompa yataklarında, kullanılmaya çok elverişlidir.

Kurşunlu kalay bronzlarında bulunan Pb miktarı ise genel olarak % 3.5-4.5, % 9.0-11.0, % 7.0-9.0 ve % 21.0-25.0 arasındadır. Bu nevi bronzların tipik bileşimleri şöyledir.

(ASTM.B144T) ve (ASTM.B67-52) ile işaretlenen (Cu-Sn-Pb) yatak alaşımlarının sayısı birkaç yüzü tecavüz etmektedir. (ASTM.

Eleman	SAE.791	SAE.792	SAE.793	SAE.794
% Cu	Kalanı	Kalanı	83.0 (en az)	69.5—75.5
% Sn	3.5—4.5	9.0—11.0	3.5—4.5	3.0—4.0
% Pb	3.5—4.5	0.0—11.0	7.0—9.0	21.0—25.0
% Zn	1.5—4.0	0.5 (en çok)	4.0 (en çok)	3.0 (en çok)
% Sb	—	0.5 (en çok)	—	—
% Ni	—	0.5 (en çok)	—	—
% Fe	0.1 (en çok)	0.35 (en çok)	0.35 (en çok)	0.35 (en çok)
% Diğerleri	0.2 (en çok)	0.4 (en çok)	0.3 (en çok)	0.4 (en çok)

B67-52) standardına giren yukarıdaki SAE. 791-794 alaşımları bilhassa demiryolu lokomotif tenderlerinde, yolcu ve yük vagonları yataklarında kullanılmaktadır.

3.3 — ALÜMİNYUM YATAKLAR

Son zamanlarda, az miktarda alaşım elemanı ihtiva eden Alüminyum yataklar, geliştirilmiştir. Bunlara ait tipik örnekler aşağıda verilmiştir:

Eleman	730	XA.750	XB.750	XB.80.5	Al.Cd.Si
% Sn	6.5	6.5	6.5	6.5	—
% Cu	1.0	1.0	2.0	1.0	—
% Ni	1.0	0.5	1.2	0.5	—
% Si	—	2.5	—	1.5	4.0
% Mg	—	—	0.8	—	—
% Cd	—	—	—	—	1.2

Ağır yük altında çalışan motor yataklarında bu nevi alaşımların kullanıldığı zikredilmektedir. (1)

3.4 — KADMİYUM YATAKLARI

Bilhassa çalışma sıcaklığının yüksek oluşu Cd. yataklarının kıymetini arttırmaktadır. Çelik destekle kuvvetli bağ teşkil etmektedir. Aşağıda tipik örnekleri verilmiştir:

Ergime sıcaklığı ve yorulma dayanımları yüksektir. Bu itibarla, çok ağır yük altında çalışan düz sürtünmeli yataklarda kullanılmaktadır.

Eleman	SAE.18	SAE.180	
% Cd.	98.4 (en az)	98.25 (en az)	97.0
% Ni	1.0—1.6	—	3
% Ag	0.01 (en çok)	0.5—1.6	
% Cu	0.20 (en çok)	0.4—0.75	
% Sn	0.02 (en çok)	0.01 (en çok)	
% Pb	0.05 (en çok)	0.02 (en çok)	
% Zn	0.05—0.15	0.02 (en çok)	

olup, darbeye dayanımları azdır. Sıvanma tehlikesine de müsait özelliklerdedirler.

3.6 — GÜMÜŞ YATAKLAR

% 3-5 Pb ihtiva eden gümüş yatakları çelik destek üzerine kuvvetli bağ ile kaplanmak suretiyle veya takriben 0.05-0.15 mm. kalınlıkta elektro-depozisyon halinde kullanılmaktadır. Bu alaşımın yüzeyi bazan indiyum ile de kaplanmaktadır. Gayet ince tabaka halinde olan bu yatakların ergime sıcaklıkları da yüksek olduğundan, bilhassa uçak motorlarında kullanılmaktadırlar.

Yatak No.	% Cu	% Grafit	% Sn	% Fe	% Pb	% Zn
1 — Grafitli bronz	89	10	1.5 (en çok)	—	—	
2 — Grafitli bronz	67—94	0.5—10	1 (takriben)	—	0—27	0—9.5
3 — Demir toz yatak	—	—	—	99	—	
4 — Demir toz yatak	7	—	—	93	—	
5 — (Cu-Fe) yatak	5—25	—	—	Kalınu	—	

Toz yatakların destekleri çok rijit olması gerekmektedir. Yukarıda bileşimleri verilmiş olan toz yatakların mekanik özellikleri takriben şöyledir:

Toz metal yatakların taşıyabilecekleri yükler hakkında bir fikir vermek üzere aşağıdaki doneler zikredilebilir: (5)

Şaft Dönme hızı V = Sm./San.	Müsaade edilen azami yük	
	P = Kg./mm ²	
	Yatak No. 1	Yatak No. 4
Fasillalı yavaş dönme	2.8	5.6
10	1.4	2.1
25 — 50	0.35	0.49
50 — 75	0.21	0.28
75 — 100	0.17	0.21
100 den yukarı hızlar için kullanılan formül	PV = 17.5	PV = 21.0

3.5 — ÇİNKO YATAKLARI

Takriben (% 85-88 Zn, % 4-10 Cu ve % 2-8 Al) ihtiva eden bu nevi yataklar çok sert

3.7 — TOZ METAL YATAKLAR

İmalât tekniği bakımından tamamen farklı olan toz metal yataklar içerisinde tazyikle yağ zerkedildiğinden (yağlanmaksızım) kullanılabılırler. Bu itibarla, bilhassa yağlamak için ulaşılmaması imkânsız veya demontajı güç olan yataklar, meselâ, saat yatakları, traş makinası yatakları, derin kuyu pompası yatakları ve bazı elektrik motoru yatakları bu nevidendir. Bu yataklar, yağlama özelliği olan grafit ve kurşun gibi elemanlar da ihtiva etmektedirler. Tipik bileşimleri aşağıda verilmiştir (1,5):

4 — YATAKLARIN İMALI

Çeşitleri gayet fazla olan metal yatakların imalinde dikkat edilecek hususlar, hiç şüphesiz yatak alaşımının nevine ve yatağın konstrüksiyonuna göre değişmektedir. Bu etüd ancak mühim bazı yatak gruplarının imalâtını istihsal etmiştir. Bunlar da Babbitt yataklar, bronz yataklar ve toz-metal yataklar olmak üzere üç grupta toplanmıştır.

4.1 — BABBİTT YATAKLARIN İMALI

Babbitt yataklar, adı döküm, tazyikli döküm, santrüfuj döküm, çelik şerit üzerine

Yatak No.	Brinnell Sertliği	% Kopma Uzaması	Kopma dayanımı Kg./mm ²
1	25—40	2	7.7—11.2
3	60	0.5	19.6
4	60—90	1—2	19.6—24.5
5	40	1	11.4

kaplama püskürtme usulları ile imal edilebilirler, (1,6,7). Ergime sıcaklıkları cetvel 3 te verilmiş olan Babbitt alaşımlarının döküm sıcaklıkları aşağıda gösterilmiştir:

Döküm sıcaklığının çok hassas olarak kontrol edilmesi lâzımdır. Bu suretle kristal iriliği, gaz ve çekilme boşlukları en uygun hadlere indirilmiştir.

Kullanılacak malzemenin evvelce kullanılmaması tercih edilmelidir. Bu da za-

Babbitt Alaışımının sınıfı	Döküm Sıcaklığı, °C
1	441
2	424
3	491
4	377
5	366
6	346
7	338
8	341
10	332
11	332
12	329
15	350
16	327
19	327

rarlı oksitleri asgarî sınırdaki muhafaza etmeyi sağlar. Her ergitmede bir miktar Pb ve diğer

elemanlar yanarak zayı olduğu için tekrar tekrar kullanılan yataklar ergitilince banyo bileşimini tayin etmek ve ayarlamak gerekir. Normal olarak önce kalay ergitilir (Eğer Pb-bazlı alaşım ise o takdirde de kurşun ergitilir). Sıvı metal üzeri bir miktar donyağı ile veya temiz kömür tozu ile örtülerek oksitlenmeye karşı korunur. Bilâhare diğer maddeler ve bakır ilâve olunur. An bakımı ergime sıcaklığı, alaşımınkine nazaran çok yüksek olduğundan bakır ilâvesi % 10-20 bakırlı kalay alaşımı halinde yapılır. Böylece bakırın alaşımında kolayca ergimesi sağlanmış olur. (An bakır 1083°C ta, % 10-20 bakırlı kalay ise takriben 420°C tâ eriyebilir). Dökülecek kalıbın iyice kuru olması icabeder. Ayrıca kalıbın birazda ısıtılmış olması şayanı tavsiyedir. Döküm esnasında yüzeydeki oksitli örtünün kalıba kaçmamasına itinâ edilmelidir.

Babbitt yataklarının imali ile ilgili araştırmalar yapmak üzere (ASTM. No. 6 alaşımından dökülmüş bir merdane yatağından, Şekil: 7 de gösterildiği veçhile, alman deney parçaları incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Yatak işareti : 1 (Kullanılmamış Babbitt yatak; Şekil: 7).

Yatak bileşimi: %62.73 Pb, %23.79 Sn, %12.81 Sb, %0.60 Cu, %0.03 As, Eser Zn, (Fe) yok. (Bu yatağın ASTM No.6 ya göre %63.5 Pb, %20 Sn, %15 Sb ve %1.5 Cu ihtiva etmesi gerekiyordu).

Sertlik deneyi: Ortalama brinnell sertliği = 23, (6.5 Kg. Yük, 5 mm. Bilya çapı ve 6 saniye yük tatbik süresi) Sert küboitlerin sertliği — 50 Vickers. Sertliği, yumuşak dolgu ortamı sertliği = 10 Vickers. Sertliği.

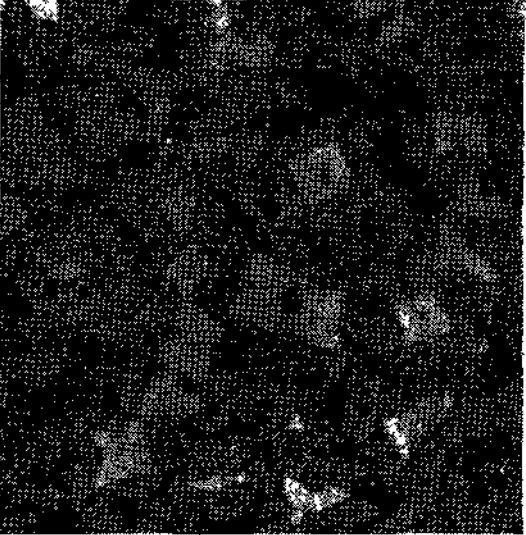
Kopma deneyi: Kopma dayanımı = 6.2 Kg/mm². Kopma uzaması = 0., (Nümuhe çapı 3/3 inç, ölçülen boyu 1 1/2 inçtir).

Metallografik doku

(Numuneler ferrik klorür-eriyiği ile dağlanmıştı). Beyaz Sb Sn küboitleri benekli Sb + Pb + Sn Kompleks öteklik dolgu ortamı ve az miktarda da beyaz iğne şeklindeki CuSn kristallerinden ibarettir. (Şekil: 8, 9 ve 10). İncelenen mikro-strüktürlere göre kurşun fazının homojen dağılmayıp dökümün alt yüzeyine toplandığı, buna mukabil SbSn küboitlerinin üst yüzeyde sayı itibarıyla fazla bulunduğu tesbit edilmiştir. Bu nevi segregasyonun giderilmesi için Cu miktarını esas şartnamedeki seviyeye yükseltmek gerektiği aşikârdır. (Bölüm 3.1.e bakınız). Esasen aynı sebepten dolayı bu malzemenin kopma dayanımı da çok düşük bulunmuştur.



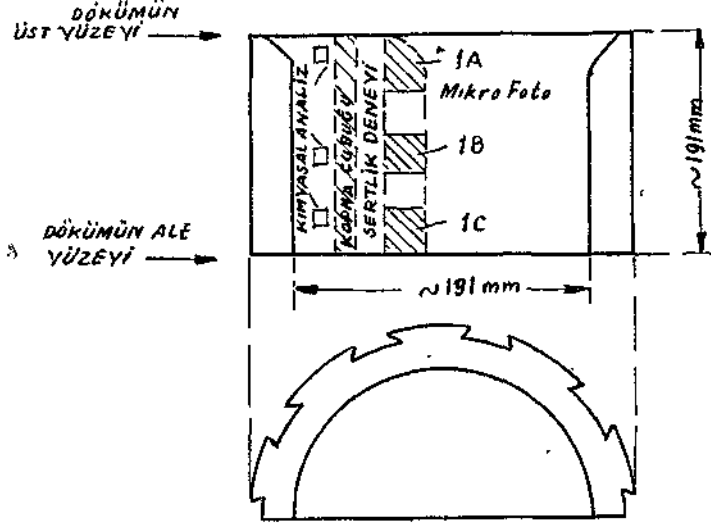
Şekil: 8. Dökülen yatağın üst yüzeyi yakınından alınan (IA) işaretli deney parçasının dokusu. (Şekil: 7 ye bakınız). Beyaz küboitler, benekli komp'eks ötektik, az miktarda beyaz iğne şeklindeki SnSn kristalleri Ve az miktarda erimemiş siyah Pb fazlarından ibarettir. Büyültme: x 100.



Şekil: 9. Dökümün ortasından alınan (IB) işaretli deney parçasının dokusu, (Şekil: 7). Yine şekil: 8 deki fazlar mevcuttur; yalnız Pb fazlacadır. Büyültme: x 100.



Şekil: 10. Dökümün tabana yakın kısmından alınan (IC) işaretli parçanın dokusu, (Şekil: 7). Fazlar Şekil: 8 ve 9 daki gibidir; ancak Pb miktar itibariyle en fazladır. Büyültme: X 100.



ŞEKİL : 7 İNCELENMİŞ OLAN BEYAZ METAL YATAKTAN ALINAN DENEY PARÇALARININ YERLERİ (YATAK 300mm. LİK SICAK ÇUBUK HADDESİNE AİTTİR)

4.2 — BRONZ YATAKLARIN İMALİ

ASTM. B.144 T., ASTM. B67-52, SAE. 481, ve SAE 482 Standartlarının ihata ettiği kurşunlu bronz alaşımları çeşit itibariyle 200 den fazladır. Genel olarak adı döküm ve işleme usulü ile imal edilmektedirler. Bileşimindeki Pb talaş olmayı kolaylaştırmaktadır. Bronz dökümleri gaz ve çekilme boşlukları ihtiva ederler. (8). Bronz sıvı iken fazla miktarda H_2 , N_2 gibi gazları içerisinde erittiğinden, katılaşma esnasında bünyesinden çıkmak isteyen bu gazlar gaz boşluklarını husule getirmektedirler. Ergime esnasında rutubet H_2O yakıtlar ve benzeri H_2 gazı doğuran maddelerle teması olan bronzlar, çok gazlı bir döküm verir. Bu tehlikeyi bertaraf etmek için, ergitme işlemini, fazla oksitleyici cüruf altında yapmak veya dökümün içerisine MnO_2 gibi oksijen verici maddeler koymak şeklindeki tedbirlere baş vurulur, (MnO_2 veya Mn kendisi dökümde erimez). Ancak, ergime tamamlandıktan sonra oksitleyici cüruf ayrılmalı ve Sn, Zn, Pb gibi metaller ondan sonra ilâve edilmelidir. Bu suretle Sn, Zn ve Pb ile P zayıfı asgarî hadde indirilmiş olur. Oksitleyici cüruf teşkili için kullanılan tipik bir karışım (8, 9):

- 3 Kısım boraks
- 3 Kısım ince temiz kum ve

1 Kısım CuO (veya iki kısım Na_2SiO_4 + 1 Kısım CuO) ten ibarettir. Cüruf ayrıldıktan sonra, fosfor ilâvesi yapılır. (Fosfor Cu - P alaşımı halinde ilâve edilmektedir.) Fosforun bir kısmı Sn, Pb ilâvesinden önce, bir kısmı da sonra karıştırılır. Bileşiminde Zn ihtiva eden alaşımlarda fosfor ilâvesine lüzum olmayabilir. Zira Zn kendisi kuvvetli bir deoksidant'tır. Kurşunlu bronzlarda kullanılan P miktarı, % 0.05 - 0.10 P deoksidant olarak ve bakiyesi bileşimde kalacak şekilde hesaplanabilir. Bu işlemler esnasında takriben: yanarak zayı olmaktadır.-

% 0.05—0.10 P,

, % 0,25 kadar Sn ve

% 1 kadar Pb

Bronz alaşımlarının likidüs ile solidüs sıcaklıkları arasındaki fasıla çok geniş olduğundan (takriben % 100-250 °C katılaşma esnasında, uzunca bir zaman, alaşım bir nevi hamurlaşma devresi geçirir. Böyle akışkanlığı az olan bir sıvı ise çekilme boşluklarının içerisini kolayca dolduramadığından bronzlarda çekilme boşluğu husule getirme temayülü yüksektir. Keza, bronzlar katılaşma esnasında, % -5-7 nisbetinde büzülme arzederler. Bu itibarla da çekilme boşlukları fazlasıyla

meydana gelebilirler. Bu sebeplerden dolayı, sıvı alaşımın akışkanlığını azaltan oksitler ve yabancı maddelerin dökümden önce bertaraf edilmesi şarttır. Boşlukların iyice beslenebilmesi için döküm sıcaklığının yüksek olması arzu edilmekte ise de; fazla sıcaklık • in kristallerin teşekkülüne ve Pb gibi geç katılan fazın ayrılmasına sebebiyet verir. (Pb

geç katüaştığı için dendritler arasındaki çekilme boşlukların doldurma bakımından faydalıdır. Ancak Pb fazının düzgün dağılması, boşlukların düzgün dağılmasını sağlayacağı bediidir). Bütün bu mülahazalar döküm sıcaklığının ne kadar önemli olduğunu ifade etmektedir. Bazı tipik bronzların döküm sıcaklıkları aşağıda verilmiştir:

Alaşım	Döküm sıcaklığı, °C
%88 Cu, %8 Sn %4 Zn (Top madeni)	1100 — 1200
%86 Cu, %7 Sn, %5 Zn, %2 Pb alaşımı	1100 — 1200
(En çok %10 Sn ve %0.3 P) lu Bronz	1130 — 1180
(%4-6 Pb, %9 il 11 Sn) Bronzu	1150 —

ince kesinti dökümlerde, döküm sıcaklığının yukarı sınırına, kaim kesitlilerde (me sejâ 15 mm den kalınlarda) ise alt sınırına yakın sıcaklıklar tercih olunur. Kum kalıplara dökülen bronz yataklarda çekilme boşlukları, kokile dökülenlere nisbetle, daha fazladır; çünkü, bu takdirde, donma yüzeyine dikey olan uzun kristaller teşekkül etmekte ve ortada iyice beslenemeyen geniş bir hamurlaşma sahası meydana gelmektedir.

Bronz dökülecek kum kalıpların 200°C a kadar ısıtılarak iyice kurutulması lâzımdır.

Şekil itibariyle, bronz dökümlerde husule gelen gaz boşlukları küresel, çekilme boşlukları ise - dendritlerin ara boşluklarına uygun olarak - köşeli yüzeylidirler.

Bronz yatakların en uygun imalât şartlarını tesbit maksadiyle yapılan bir araştırma neticeleri aşağıda verilmiştir:

Yatağın kullanış yeri : 700 mm. çapında sıcak blok haddesi mardane yatağı (Şekil: 11).
Yatak işaretleri : No: 3 — kullanılarak erken aşınmış bir yan yatak.
 No: 4 — genişirken çatlamış bir alt yatak
 No: 5 — Henüz kullanılmamış olan bir yan yatak.

Yatakların bileşimleri (%)	No. 3	No. 4	No. 5	Normal bileşim
Pb	3.23	2.43	3.16	4 — 6
Sn	9.54	10.19	9.55	9 — 11
Cu	86.82	87.02	86.92	Kalanı
Sb	0.12	0.11	0.12	—
P	0.12	0.08	0.10	En çok 0.3
Ni	0.10	0.06	0.08	—
Fe	Yak	Yak	Yak	—
Zn	Yak	Yak	Yak	—

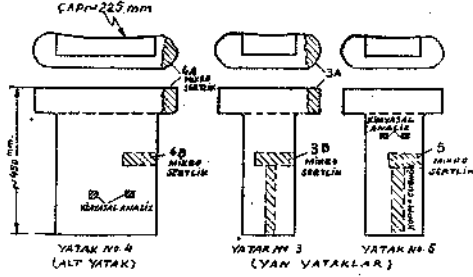
Sertlik deneyi : 250 Kg. yük, 10 mm. biliya ve 30 saniye yük tatbik etme süresi kullanılarak aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur. (Şekil: 11)

Yatak No.	3	4	5	Normal
Brinnell sertliği ortada	36—38	67	36	en az 70
Kenarda	54—57	74	58	en az 70

Kopma deneyi : (Nümunne çapı 0.5 inç. boyu 2 inçtir).

Yatak No.	3	4	5	Normal
Kopma dayanımı				
m) Kg./mm ²	15—17	24—27	21—28	en az 18
Kopma uzaması %	8—9	20—36	16—37	en az 15

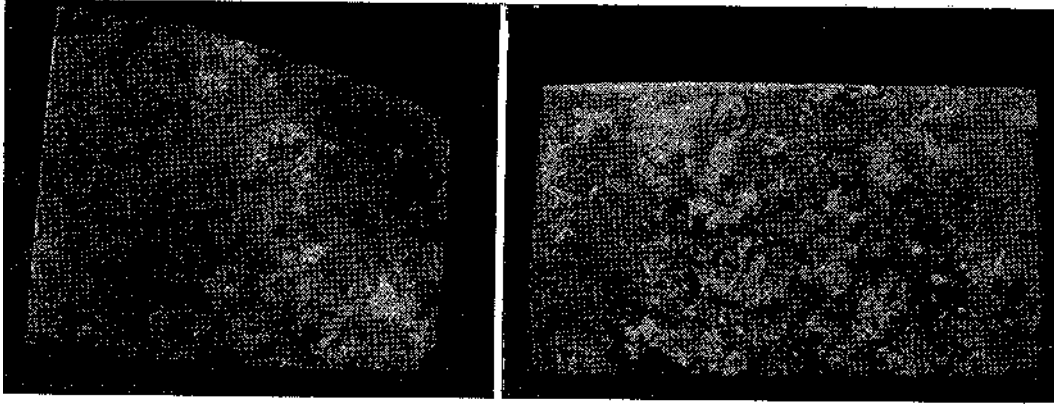
Metallografik doku : Makro ve mikro-yapı bakımlarından incelenen yataklar genel olarak - heterojen bileşimli fazı içerisine dağılmış beyaz (Cu₃P) sert ötekliği ile erimemiş Pb danelerinden ibaret bulunmaktadır. Ayrıca, bütün yatakların bünyesi gaz boşlukları ve çekilme boşlukları ihtiva etmektedir. (Şekil: 12 - 17). (Deney parçaları ferrik klorür eriyiği ile dağlanmıştır).



ŞEKİL 11 İNCELENİŞ OLAN Pb-BRONZ YATAKLARINDAN ALINAN DENEY PARÇALARININ YERLERİ (YATAKLAR 700 mm LİF BLOK MADDESİNE AİTTİR)

Bütün bu neticeler gösteriyor ki yıpran-

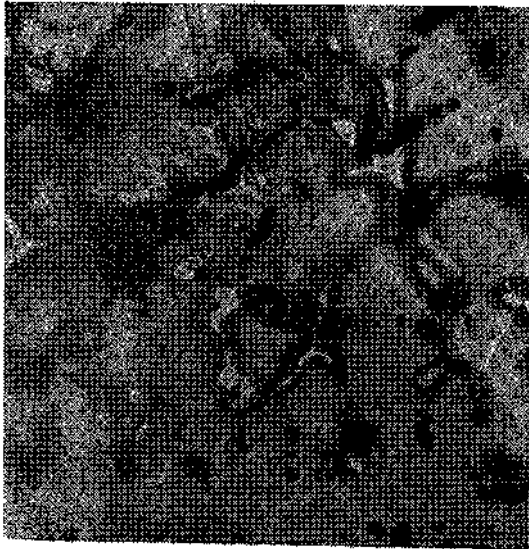
ma ve çatlama sebepleri tetkik edilen bu yatak alaşımlarının bileşimlerindeki Pb yüzdesi düşüktür; fazla miktarda gaz ve çekilme boşlukları mevcuttur, kristaller fazla iridir ve dökülen parçaların Özellikleri her taraflarında aynı olmayıp parçaların ortaları yumuşak kenarları ise nisbeten daha serttir. Yani genel olarak, malzeme akışkanlığını azaltan ve boşlukları arttıran oksitler temizlenmemiş, en iyi şekilde fosfor ilavesine riayet edilmemiştir. Muhtemelen kum kalıp ve maçalar da lâyıkiyle kurutulmamıştır. Döküm sıcaklığı çok yüksek tutulmuştur.



(A)

(B)

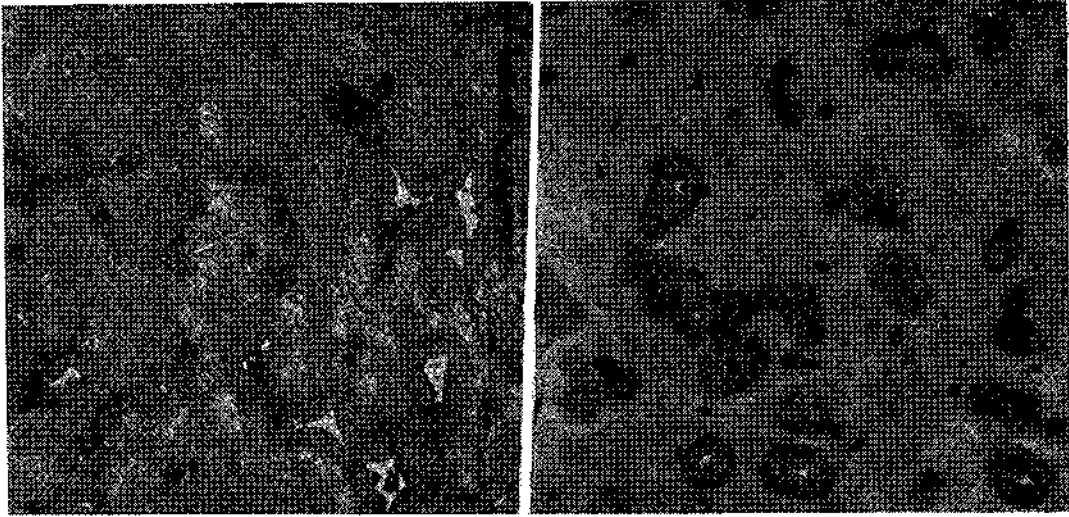
Şekil 12. Vaktmdan erken aşınmış olan yatak No 3; (A) yatağın flanş kısmım, (B) ise orta kısmım göstermektedir. Dentrit şeklindeki kristaller ve boşluklar ihtiva etmektedirler. Normal parça resimde iki misline büyütülmüştür.



Şekil: 13. Yatak No. 3.ün mikro-yapısı. Asıl dolgu ortamı olan heterojen a - eriyiği ile küçük beyaz (a + 5 + Cu₃P) sahaları, siyah Pb daneleri, gaz ve çekilme boşlukları ihtiva etmektedir. Büyültme: x 100.



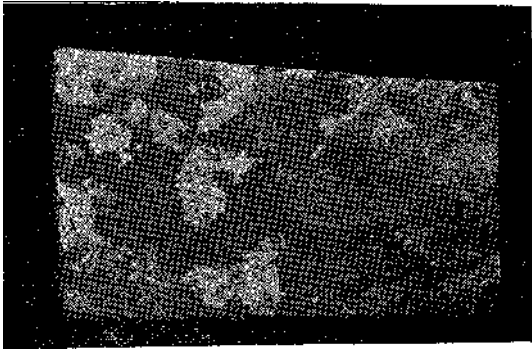
Şekil: 14. Çalışırken çatlamış olan yatak No. 4; (A) yatağın flanj kısmını, (B) ise orta kısmını göstermektedir. (Şekil: II). Dentritik kristaller çok iridir. Gaz boşlukları, ŞekU: 12 ve 16 ya nazaran, daha azdır. Parça resimde iki misline büyütülmüştür.



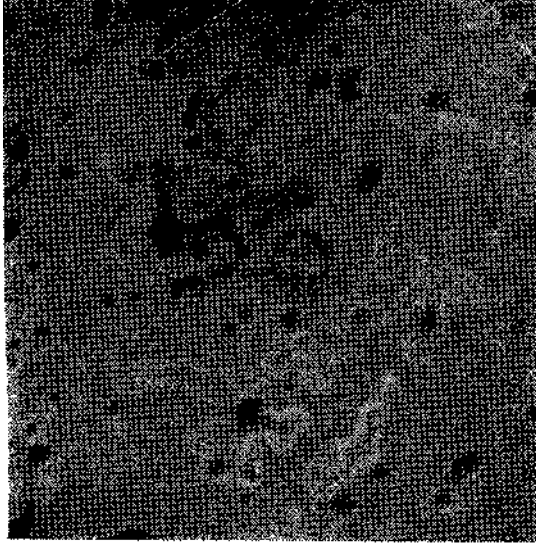
(A)

(B)

Şekil: 15. Şekil: 14 (A) ve (B) deki parçaların mikro-yapıları. Doku Şekil: 13 e benzer; yalnız beyaz kristaller ve boşluklar daha azdır. Büyütlme: X 100,



Şekil: 16. Henüz kullanılmamış olan yatak No. 5, orta kısmı. Farklı boyda dendrik kristallerden ibarettir. Boşluklar azdır. Resimde parça iki misline büyütülmüştür.



Şekil: 17. Şekil: 16 daki yatağın mikro-yapısı. Şekil: 15 e benzer; yalnız boşluklar daha fazladır. Büyültme: X 100.

4.3 — TOZ METAL YATAKLARIN İMALİ

Toz metallürji tekniğinden istifade edilerek, ergime sıcaklığı yüksek olan yatak alaşımları içerisinde Pb, grafit, yağ gibi çok yumuşak olan ve normal döküm usulleri ile ithal edilemeyen maddeleri ilâve etmek mümkün olmaktadır.

Ayrıca bu metotla, malzeme ve işçilikten tasarruf sağlanmakta, kullanımında yağlanmaya ihtiyaç göstermeyen özellikte yataklar imal edilebilmektedir. Bu faydalarına mukabil, toz metal yatakların mahzurlu tarafları da mevcuttur. Tozun çok yüksek basınç altında sıkıştırılmasına ve dolayısıyla pahalı pres makinasına ve kalıp yapma tekniğine ihtiyaç göstermektedir. Tozun kalıpta homojen, akış kabiliyeti olmadığından malzemenin özellikleri pek düzgün olmayabilir. Bu usul ancak, belirli boyutta ve düzgün şekilde olan yatakların imaline elverişlidir. Derinliği kalınlığının dört mislinden fazla olan yatakların preslenmesi güçleşmektedir. Yatağın mekanik dayanımı da diğer benzeri yataklarına nazaran düşüktür.

Toz metaller özel metotlarla hazırlanıp toz iriliklerine nazaran tasnife tabi tutulduktan sonra en uygun boyutta olan tozlar karışımında istenilen oranlarda karıştırılır. Toz halindeki metaller öğütmek, atomize etmek, redüklemek, elektrolitik veya yağ metotları kullanmak suretiyle istihsal edilmektedir. Gayet saf olmaları, oksitten arı bulunmaları, kesafetleri ile parça boyutlarının belirli sı-

mlarda bulunmaları gerekmektedir. Toz metallerin fiziksel özellikleri ile ilgili standartlar (ASTM.B 330-58T, ASTM.B 212-48, ASTM.B 328 58T, ASTM.B 329-58T, ASTM.B 21548, ASTM.B 331-58T, ASTM.B 213-48, ASTM.B 312-58T) de verilmiştir.

Belirli bileşimdeki toz eyice karıştırıldıktan sonra, kalıba konarak, 15-75 Kg/mm² basınçla sıkıştırılmaktadır. Kalıp özel bir sıvı ile önceden yağlanmaktadır (Bu sıvı, 1 litre metil-Kloroform içerisinde çinko - stearat karıştırılarak hazırlanmaktadır). Bu şekilde preslenen toprak kısmî bir ergimeye maruz kalacak sıcaklıkta sinterlenir (Cu + Sn + grafit toprağı için 820°C tavsiye olunur). Sinterleme işlemi asal bir gaz içerisinde veya H₂li atmosferde yapılır. Sinterlenmiş parça, gerekirse nihai şekle işlendikten sonra, içerisine yağ zikredilir ve bu suretle, yağlanmadan çalışabilen yani, kendinde yağ ihtiva eden, yataklar imal edilmiş olur.

Toz metal yataklara yağ zerki için iki metod tavsiye edilebilir.:

a) Oda sıcaklığında yağın içerisine yatak daldırılır ve sistemin üzerindeki basınç takriben 0.06 atmosfere indirilip enaz 30 dakika bu tarzda muhafaza edilir; yatak yağın içerisinden çıkarılmaksızın basınç tekrar bir atmosfere yükseltilir, 10 dakika muhafaza edildikten sonra yatak alınır, veya

b) Viskositesi 100°F ta 200 saniye Saybolt Universal birimine eşit olan yağın içerisine yatak daldırılır ve 4 saat 10°F sıcaklıkta muhafaza olunduktan sonra aynı özellikte bir soğuk yağ içerisine daldırılmak suretiyle yatak soğutulür.

B İ B L İ O G R A F Y A

1. "Metals Handbook", 1948, American Society for Metals, U.S.A.
2. Donald F. Wilcak and E. Richard Booker, "Bearing Design and Application" 1957, Mcgraw - Hill Book Company, Inc., U.S.A.
4. Bonn Metallurgical Standards, Bohn Aluminun Brass Corporation, U.S.A.
3. Carl, H. Samans, "Engineering Metals and Alloys" 1957, the Mac Millan Company.
5. Douglas F. Miner, John B. Seastone, "Handbook of Engineering Materials," 1955, John Wiley and Sons, Inc., U.Ş.A
6. L. R. Underwood, "Roll Neck Bearings" Part I, 1948, Iron and Steel Industrial Research Council, London.
7. J. M. Borland, Journal of Iron and Steel Institute, April 1947, P. 594., London.
8. W. T. Pell-Walpole, Journal of the Institute of Metals, 1944, P. 127., London.
9. W. T. Pell-Walpole, V. Kondlc; Journal of the Institute of Metals, 1944, P. 175., London.

