

57442

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YARI SÜREKLİ DÖKÜM YÖNTEMİ İLE
ALÜMİNYUM BİLETLERİN ÜRETİMİNDE
DÖKÜM KALIPLARININ YAĞLANMASI**

Met.Müh. Sait Murat ÖZCAN

**F.B.E. Metalurji Mühendisliği Anabilim Dalı
Üretim Metalurjisi Programında
hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Mustafa ÇİĞDEM

İSTANBUL, 1996

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
1.GİRİŞ	1
2.SÜREKLİ DÖKÜM	3
2.1.Düşey Sürekli Döküm Yöntemleri	4
2.1.1.Eğmeli Düşey Sürekli Döküm Tarzı	5
2.1.2.Kalıp ve Döküm Yolu Çember Kavisli Düşey Sürekli Döküm Yöntemi	6
2.1.3.Düz Kalıp ve Çember Yolu Çember Kavisli Düşey Sürekli Döküm Yöntemi	7
2.1.4.Kalıp ve Döküm Yolu Oval Kavisli Düşey Sürekli Döküm Tarzı	7
2.2.Yatay Sürekli Döküm Yöntemi	8
2.3.Alüminyumun Sürekli ve Yarı Sürekli Dökümü	9
2.3.1.Alüminyum Alaşımı Biletlerin Yatay Sürekli Dökümü	11
2.3.2.Alüminyum Alaşımı Biletlerin Dökümünde Kalıp Dizaynı	13
3.YAĞLAMA PRENSİP VE TEORİLERİ	18
3.1.Sürtünme	18
3.1.1.Kuru Sürtünme	19
3.1.2.Sıvı Sürtünme	19
3.2.Yağlayıcıların Görevleri, Özellikleri ve Seçimi	20
3.2.1.Bir Kalıp Yağlayıcısından Beklenen Özellikler	20
3.2.2.Kalıp Yağlayıcılarının Sınıflandırılması	23
3.2.2.1.Gaz Yağlayıcılar	25
3.2.2.2.Sıvı Yağlayıcılar	25
3.2.2.3.Uçmaz Yağlar	25
3.2.2.4.Sentetik Akışkanlar	28
3.2.2.4.1.Silikonlar	28
3.2.2.4.2.Fosfat Esterler	29
3.2.2.5.Gresler	30
3.2.2.6.Katı Yağlayıcılar	33
3.2.2.6.1.Grafit	34
3.2.2.6.2.Molibdendisülfat	35
3.2.2.6.3.Politetrafloretilen	35
3.2.3.Yağlayıcı Uygulama Yöntemleri	36

3.2.3.1.Elle Yağlama	36
3.2.3.2.Şişe Yağlayıcılar	36
3.2.3.3.Damlama ile Yağlama	36
3.2.3.4.Fitilli Yağlama	37
3.2.3.5.Halka, Zincir ve Bilezikli Yağlama	37
3.2.3.6.Banyo Yağlama	37
3.2.3.7.Sıçratma Yöntemi	37
3.2.3.8.Devridaim Yağlama Sistemleri	37
3.2.4.Sürekli Dökümde Yağlayıcı Uygulama Şekilleri	38
3.2.5.Yağlarda Kullanılan Katkı Malzemeleri	40
3.2.5.1.Viskozite Endeksi Geliştiriciler	40
3.2.5.2.Aşınma Önleyici Katıklar	40
3.2.5.3.Köpük Önleyici Katıklar	41
3.2.5.4.Oksidasyon Önleyici Katıklar	41
3.2.5.5.Pas Önleyici Katıklar	41
3.2.5.6.Yapışkanlık Verici Katıklar	41
3.2.5.7.Aşırı Basınç Katıklar	42
4.DENEYSEL ÇALIŞMA	43
4.1.Yağlayıcı Geliştirimi	43
4.1.1.Stearik Asit	43
4.1.2.Oleik Asit	44
4.1.3.Ağır Mineral Yağ	44
4.1.4.Karışımın Hazırlanması	45
4.2.Geliştirilen Yağlayıcının Denenmesi	46
4.3.Biletlerin Makro ve Mikro Yapılarının İncelenmesi	47
5.DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA	49
5.1.Makroskopik Gözlemler	49
5.2.Biletler Üzerinde Yapılan Mikroskopik Gözlemler	54
6.SONUÇ	65
7.KAYNAKLAR	66

SEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Düşey sürekli döküm yöntemi	5
Şekil 2.2. Eğmeli düşey sürekli döküm yöntemi	6
Şekil 2.3. Çember kavisli düşey sürekli döküm yöntemi	6
Şekil 2.4. Düz kalıp ve çember kavisli döküm yolu düşey sürekli döküm yöntemi	7
Şekil 2.5. Kalıp ve döküm yolu oval kavisli düşey sürekli döküm yöntemi	7
Şekil 2.6. Yatay sürekli döküm yöntemi (demir dışı metaller için)	8
Şekil 2.7. Çelik için yatay sürekli döküm yöntemi	9
Şekil 2.8. Junghans sürekli döküm makinası	10
Şekil 2.9. Şematik yatay sürekli döküm yöntemi	12
Şekil 2.10. Yatay sürekli dökümde kalıbın şematik görünüşü	13
Şekil 2.11. Uzun etekli kalıp metodu ile dökülen biletin a) dış ve b) merkezi bölgelerin iç yapısı	16
Şekil 2.12. Sıcak başlık metodu ile dökülen biletin a) yüzey altı ve b) merkezi bölgelerin iç yapısı	16
Şekil 2.13. Etial-60 alüminyum alaşımı biletlerde dendritik hücre boyutunun bilet yüzeyinden itibaren artan mesafe ile değişimi	17
Şekil 3.1. Sürtünme şekilleri	19
Şekil 3.2. Kalıp yağlaması modeli	39
Şekil 5.1. Etial-60 (6063 Ø 120mm) biletlerin yüzey görünümleri; a) adı margarin + katı yağlayıcı kullanılarak dökülen bilet, b) standart yağlayıcı kullanılarak dökülen bilet	50
Şekil 5.2. Etial-60 (6063 Ø 120mm) biletlerin yüzey görünümleri; a) 1 nolu yağlayıcı kullanılarak dökülmüş biletin yüzeyi, b) standart yağlayıcı kullanılarak dökülen bilet	51
Şekil 5.3. 2, 8 ve 4 nolu yağlayıcılarla dökülmüş bilet kesitlerine ait tane yapıları	53
Şekil 5.4. 0 numaralı yağlayıcı ile dökülen biletten alınan numunenin analitik tarama elektron mikroskopuyla çekilmiş mikrografları ve x-ışını difraksiyonu paterni	56

Şekil 5.5. 0 numaralı yağlayıcı ile dökülen bilette dendritler arası kanallardan ters segregasyonla sıvı akışını gösteren ışık mikroskopla çekilmiş mikroyapı resmi	57
Şekil 5.6. 4 numaralı yağlayıcı dökülmüş bilete ait yüzey bölgelerinde ışık mikroskop ile çekilmiş mikrograflar	59
Şekil 5.7. 4 numaralı yağlayıcı dökülmüş bilete ait yüzeyden 10-15 mm içeriden ışık mikroskop ile çekilmiş mikrograflar	60
Şekil 5.8. 2 numaralı yağlayıcı ile dökülmüş bilete ait yüzey bölgelerinde ışık mikroskop ile çekilmiş mikrograflar	61
Şekil 5.9. 8 numaralı yağlayıcı ile dökülmüş bilete ait ışık mikroskop ile çekilmiş mikrograflar	63



TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 3.1. Uçmaz yağların bazı kimyasal bileşenleri ve özellikleri	26
Tablo 3.2. Bazı uçmaz yağların kullanım alanları	27
Tablo 3.3. Sentetik sıvı yağlayıcıların bazı karakteristikleri	28
Tablo 3.4. Nispi gres yoğunluğu-NLGI numarası ve ASTM penetrasyon değeri	31
Tablo 3.5. Greslerin sınıflandırılması ve kullanım alanları	32
Tablo 3.6. Greslerin damlama noktaları	33
Tablo 4.1. Kömür katranı üretim sistemlerinin karşılaştırılması	45
Tablo 5.1. Fabrika ortamında denenene yağlayıcılar üzerindeki gözlemler	49
Tablo 5.2. Tarama Elektron Mikroskobu ile elde edilmiş analiz neticeleri	64



TESEKKÜR

Ülkemizde kullanımı oldukça yüksek miktarları bulan fakat günümüze dek üzerinde pek durulmamış olan; alüminyumun sürekli dökümünde kalıp yağlanması ve uygun yağlayıcının geliştirilmesi konusunda beni yönlendiren ve destekleyen değerli hocam Doç.Dr. Mustafa ÇİĞDEM'e, yapısal incelemeler sırasında yardımlarını esirgemeyen Araş.Gör.Yaman ERASLAN'a, organik kimyayla ilgili konularda yol gösteren Yrd.Doç.Dr. Binnaz YORUÇ'a , fotoğraf çekiminde yardımcı olan Prof.Dr. Müzeyyen MARŞOĞLU ve Öğr.Gör. Ömer AKDOĞAN'a , endüstriyel boyutlu denemeler sırasında yardımlarını esirgemeyen SERAL ALÜMİNYUM A.Ş. ve işletme mühendisi Müslüm AKIŞ'a ve SEM ile gerekli incelemeleri yapmamı sağlayan ARÇELİK A.Ş. AR-GE mühendisi Soner AKKURT'a teşekkürü bir borç bilirim.



ÖZET

Alüminyum alaşımlarının sürekli döküm ingotlarında peryodik bant ve ters segregasyonun oluşum mekanizmaları araştırılmış ve kalıp yağlamasının bunlara etkileri incelenmiştir.

Metalik kalıp sisteminde sıvı ve katı fazların metalbilimsel karakteristikleri arasındaki farklılık neticesi oluşan hava boşluğu katılaşmada süresizliğe neden olarak çözünence zengin sıvının döküm başlığındaki sıvı metalin hidrostatik basıncı ve kapiller etkisiyle dendritler arası kanallardan bilet yüzeyine hareket etmesine ve yüzeyde ve hemen altında aşırı derecede alaşım elementi yığılmasına neden olmaktadır. Oluşan fazların özellikleri ve yığılmanın endüstriyel bir ısıtım işlem operasyonu ile giderilemeyecek kadar çok olması çoğu zaman malzeme kaybına, sırasal fabrikasyon sırasında çalışabilirliğin azalmasına ve sonuç ürünlerin kalitesinin düşmesini neden olur.

Ancak ,döküm kademesinde uygun kalıp dizaynı ve yağlayıcı seçimi ve de soğutma koşullarının sağlanması halinde, hem termal şartlar ve kompozisyonel değişimler kontrol altında tutularak tüm kesit boyunca üniform yapı eldesi mümkün olacağı gibi hem de peryodik bantın asıl sebebi olan kalıp cidarı ile bilet yüzeyi arasındaki temaslılık azaltılabilir.

Bu çalışmada kullanılan kalıp yağlayıcısının; yüzey akıntılarına, ters segregasyona ve segregasyona etkileri incelenmiştir. Hazırlanan veya geliştirilen yağlayıcılar endüstriyel boyutlu AA 6063 alaşımı biletlerin dökümlerinin gerçekleştirildiği sürekli döküm ünitelerinde kullanılarak 7 adet bilet dökülmüş ve takiben bu biletlerin yüzey kalitesi ve yüzey altı metalografik yapılarının kalitesi ışık ve SEM mikroskopisi ile muayene edilerek elde edilen bulgular analiz edilmiştir. Deneyisel gözlemler , kalıp yağlayıcısının, yüzey bantlarının oluşumu ve yüzey tipi ters segregasyonun mertebesi üzerinde önemli derecede etki edebileceğini göstermiştir.

% 0.4 Si , % 0.6 Mg içeren ETİAL 60 veya AA 6063 alaşımı biletlerin gelişigüzel ve sıradan margarin yağların kullanılması halinde yüzeydeki Si ‘un bölgesel olarak zenginleşmesi % 6 lara varabilirken uygun yağlayıcı kullanılması halinde yüzey ve yüzey altında % Si dağılımının normal seyir gösterdiği bulunmuştur.

SUMMARY

In this thesis, formation and mechanism of periodic band and inverse segregation in continuous casting of aluminium billets and effect of mould lubricant on these phenomena have been investigated.

Liquid to solid transformation is accompanied by a solidification shrinkage which results in the occurrence of an air gap between the mould surface and newly formed skin of billet. The air gap conducts almost no heat. As a direct consequence of the formation of an air gap, the linear increase in the thickness of solidified skin stops and this skin remelts and by the capillary effect and hydrostatic pressure of liquid metal in mould head. Solute rich liquid flows between dendritic channels to billet surface and causes alloy element enrichments at the surface and subsurface of the billets. This phenomenon is called as surface bleeding and/or surface type inverse segregation. The properties of these existing phases and abnormally high agglomeration which could not be removed completely by an industrial heat treatment procedure generally causes loss of material, loss of working capacity in sequential fabrication and low quality in final products.

However, by designing a proper mould used for casting, choosing suitable lubricant and providing desirable cooling conditions, both thermal stipulations and compositional changes can be controlled so that uniform structure can be achieved through out the cross - section and the formation of an air gap which is a main reason of periodic band formation between mould surface and billet surface can be eliminated.

In this study, the effects of various used lubricants in D.C.casting process on surface bleeding and inverse segregation have been investigated. By using prepared and/or chosen compounds, 7 different AA 6063 alloy billets poured with industrial application of continuous casting process and then these billets' surface quality and inner regions' metallographic characters have been examined by light and SEM microscopy and the findings have been analysed. The experimental observations show us that the lubricant has an important effect on occurrence of surface bleeding and surface type inverse segregation.

In the case of an ordinary margarine used for casting of an 0.4% Si, 0.6% Mg AA 6063 aluminium alloy billets, local Si agglomeration on the billet surface reaches approximately 6%. However, it has been shown that with choosing suitable lubricant, Si agglomeration has a normal dispersion at the outer and inner regions of the billets.

1.GİRİŞ

Şimdiye dek yapılmış olan araştırmalardaki bulgular, dökülmüş parçaların ilk mikroyapısal özelliklerinin, yarı mamül ürünlerin daha ilerideki imalat dönemlerinde çalışma (proses) kabiliyetlerini ve metalurjik proseslerden miras kalan mikro ve makro yapıları etkilediklerini ve bundan dolayı mamüllerin mekanik özelliklerini ve kalitelerini belirlediklerini göstermiştir.Örneğin alüminyum alaşımı ekstrüzyonlarının yorulma dayanıklılığı, partikül dağılımının parametrelerine (partikül ve/veya ötektik topluluklarının ebadı ve partiküller arası mesafe) bağlıdır(9).Benzer şekilde homojen dağılımlı ve ince partiküllü kütükler, kaba partiküllü kütüklere nazaran daha sünektir ve şekil alma kabiliyetleri daha yüksektir (7).

Uzun eksenleri ekstrüzyon eksenine dik olan, aralıkları demirce zengin ikinci fazlar tarafından işgal edilen, anizotropik özelliklere sahip,derinlikleri/genişlikleri periyodik olarak değişen ve yüzey altı sıvılaşma bantı olarak bilinen, biletleme dış kısımlarındaki kaba ve kolonsal (havuç) kristaller ekstrüzyon kabiliyetini azaltır, başlama basıncını artırır, gerekli toplam enerji gereksinimini yükseltir.Biletin yüzey ve alt kısımları ekstrüzyon esnasında basılırsa, ekstrüde edilmiş profil yüzeyinde arızalı sahalara sebep olurlar ve profiller reddedilir.Bu nedenlerden dolayı, döküm yüzeyi hatasız biletleri üretebilmek ve kesit boyunca yakınsak bir doku eldesi amacıyla yeni döküm prosesleri geliştirilmesi amacıyla gayretler sarfedilmiştir (7).

Yarı sürekli veya sürekli döküm yönteminin her ikisinde de metal ağzı açık kalıp içine dökülür; kalıbın alt ucu, kalıp içi yeterli miktarda sıvı ile dolunca kontrollü ve düşük hızla çekilen bir tıkaç ile tıkanmıştır.Kalıp duvarındaki soğumanın sonucu olarak,hava boşluğu oluşumu görülür ki bunun neticesinde aslında ergiyik olan kalıp içindeki metal yüzeyinde ince bir katı film tabakası teşekkül eder (10).

Yarı sürekli döküm prosesleri ile üretilmiş alüminyum ingotların yapıları (dentritik hücre, partikül ve tane boyutları ve yüzey kalitesi) döküm koşullarına ve prosesin gelişmişliğine bağlıdır.Bu yüzden iyi bir döküm uygulaması, tatminkar aramamül ve mamüllerin üretimini sağlayan kaliteli ingotları üretir.Daha öncede belirtildiği üzere alüminyum alaşımı ingotlar 25 - 30 mm ye kadar uzanan ve kalıpta kristalize olan bir dış kabuk bölgesi ve kalıp altı soğuma ile katılaştıran bir merkezi bölgeden oluşur (4).

Çiğdem(1992), ekstrüzyonla preslenen çeşitli geometrilerdeki profillerin preslenmiş halde ve kimyasal proseslerden sonraki kaliteleri, ingotların yüzey kalitesi ve ters segregasyon zon derinliği

ile doğrudan ilişkili olduğunu göstermiştir. Kötü yüzey görünümüne, katmerlenme ve eksüdasyona neden olur. Çok düşük döküm hızları ya da kalıp içindeki sıvı metal seviyesinin değişimi katmerlenmeye yol açar. Bunların kontrolü oldukça kolaydır. Akıntı bantları ise kalıp içerisindeki kabuğun katılaşmasının direkt sonucudur ve kabuğun bölgesel yırtılmaları ile oluşan aralıklarına sıvı metalin akışı ile oluşmaktadır. Büyük oranda yağlayıcının işlevini yerine getirememesinden kaynaklanır (5).

Çiğdem 'e göre ters segregasyon ingot yüzeyinde ve hemen altında oluşur. Normalde en düşük ergime noktasına sahip fazlar hareket halindeki katı-sıvı arayüzeyinin önünde merkeze doğru hareket ederler. Ancak segregasyon ters yönde oluşur (ingot yüzeyine doğru) ve kaba dentritik hücreler ve alaşım elementlerince fakirleşmiş alanlar ters segregasyon bölgesine birleşik olarak yerleşmişlerdir. Bu yapıların ikiside ekstrüzyon mamüllerinin kalitesini azaltırlar. Alaşım tipine bağlı olarak tek tek ya da birlikte düşük mekanik özelliklere, zayıf yüzey görünümüne, ekstrüzyon sırasında düşük çekme hızlarına, anodizasyon sonrası farklı görünüme sahip ince bantların oluşmasına neden olabilirler (4).

Araştırmalar ingot yüzey kalitesinin ve çeşitli yüzey altı düzensizliklerinin kalıp dizaynı ve yağlamayla ilgili olduğunu kanıtlamıştır. Ingot boyutu, kalıp içerisinde metal dağılımı ve sıvı metal derinliği, metal sıcaklığı ve döküm hızı diğer ikinci dereceden önemli faktörlerdir (4).

Yağlayıcının görevi, yüzey kalitesini artırmak ve sonrasında metal-kalıp ayrılmasını başarılı ve tasarruflu bir şekilde gerçekleştirmektir. Bununla beraber, yağlayıcının varlığına rağmen metal-kalıp yüzeyleri arasındaki sürtünme, ingot kalıp boyunca akarken katılaşmış yüzeyde kırılmalara neden olur. Bu da ergiyik metalin bu kırılmış bölgelerden dışarı akmasına neden olur ki bunu takip eden yeniden katılaşma ile sızıntı bantları ve kürecikleri oluşur ve daha aşırı durumlarda soğutma suyunun erimiş metal ile teması söz konusu olur ki buda patlamalara sebep olabilir. Eğer geliştirilmiş bir yağlayıcı ile sürtünme azaltılabilirse; mamülün yüzeyi ve yüzey altı kalitesi iyileştirilmiş olunur (10).

2.SÜREKLİ DÖKÜM

Çavuşoğlu (1981), en genel tanımı ile sürekli döküm yöntemini, sıvı metalin, dış yüzeyi su ile soğutulan iki ucu açık bir kalıptan geçirilerek, katı hale dönüşmesini sağlayan sistem olarak tanımlamıştır. İşlemin sürekli oluşu veya bir başka deyimle, sıvı metalin kalıba doldurulduğu, katı kabuk oluşumu ve katılaştıran metalin kalıptan çekilerek alınışının sürekli oluşu yönteme sürekli adını kazandırmıştır.(3)

Metal ve alaşımlarının sürekli dökümü uzun yıllar boyunca metalurjistlerin ilgisini çekmiştir. Prosesin avantajları, halen bir takım problemleri olan çelik endüstrisinden daha önce demir dışı metallerin sürekli dökümünde fark edilmiştir. Sonuç olarak çeliğin sürekli dökümündeki gelişmeler demir dışı metal dökümünden daha yavaş olmuştur. Bunun temel nedenleri şunlardır :

- Görece düşük ergime noktasına sahip bir metalin dökümünü kontrol altına almak ve istenilen şekilde yönlendirmek daha kolaydır.
- Günümüzde sürekli döküm sistemleri ile dökülebilecek metal miktarları demir dışı metal ergitme fırınları kapasitelerine daha uygundur.

Sürekli dökümün yakın gelecekteki gelişimi bir kısım problemlerin çözümü ve kristalizasyonun daha iyi anlaşılabilmesine bağlıdır. Bunlar (9) :

- Metal katılaşma sırasında aşağı doğru hareket ederken kalıpta oluşan proseslerin yapısı.
- Ergime sıcaklığına yakın sıcaklıklarda metalin dayanımı.
- Bilet ve kalıp arasındaki ısı transferinin mekanizması, şartları ve döküm hızını sınırlayan temel faktörler (sıcak yırtılma).
- Metalin akışkanlığı.
- Sıvı metal kalitesi.
- Kalıp dizaynının uygunluğu.
- Geleneksel sistemlerde ikinci soğutma zonu için dizayn ve verim şartları.
- Düz bir arayüzey cephesi oluşumu için tüm ısının ingot eksenine paralel olarak iletimi, eksene paralel tüm sıcaklık gradyanlarının sıfır olması ve eksene paralel hafif bir yönlendirilmiş katılaştırma şartlarının sağlanabilmesi (ideal katılaşma koşulları) için soğutma sistemi dizaynları.
- Katılaşmada sürekliliğin sağlanması.
- İngotlardaki iç gerilmelerden oluşan mekanizmaları ve bunların zararlı etkilerini giderme yolları.

Metal sektörünün şu andaki gereksinimi modern, kaliteli ve ekonomik üretimleri gerçekleştirebilecek sistemlerin geliştirilmesidir (9).

Sürekli döküm yönteminde, prensipte birbirinin aynı olan, farklı uygulamalara gidilmiştir. Katılaşmanın gerçekleştiği kalıp sabit konumlu olduğunda, yöntem bu kalıbın duruş şekli ve katılaşan metalin çekiliş yönüne bağlı olarak:

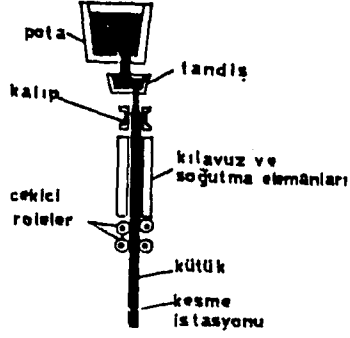
- Düşey sürekli döküm
- Yatay sürekli döküm adlarını almaktadır.

Sürekli döküm için en iyi kaliteyi sağlamak amacıyla geliştirilen yöntemlerde özellikle kontrol altında tutulması gereken parametreler; döküm hızı, soğutma şartları, döküm sıcaklığı, metalin akışı ve kalıbın yağlanmasıdır. Sürekli dökümde katılaşma süresince soğutma şartlarının değişmemesi, katılaşma yüzeyinin kalıp içindeki konumu ve şeklinin hep aynı kalmasını sağlar. Dolayısıyla döküm, tüm uzunluğu boyunca hep aynı geometrik şekle sahip bir sıvı-katı arayüzeyi oluşturarak katılaşır. Bu durum, dökülen ingot veya diğer ürünlerde boylamasına özelliklerin (tane boyutu, segregasyon, gözeneklilik, mekanik özellikler, vb.) değişmesini önler. Döküm sırasında oluşan içyapı, malzemenin daha sonraki çeşitli işlemlerde göstereceği davranış açısından önem taşımaktadır; bir başka deyimle son ürün özelliklerin iyi oluşu döküm yapısının kontrol edilmesiyle sıkı bir ilişki içindedir.(3)

2.1.Düşey Sürekli Döküm Yöntemleri

Bu döküm tarzında döküm potasından dağıtıcıya alınan sıvı metal buradan belirli bir debi ile döküm kalıbına akar. Kalıptan çıkarken kısmen katılaşmış olan döküm, makaralarla düşey olarak aşağıya doğru çekilir. Kalıptan çıktıktan sonra üzerine su püskürtülerek hızla katılaşması sağlanır. Sürekli bir çubuk olarak aşağıya doğru ilerleyen döküm alt ucundan belirli uzunlukta kesilerek parçalar halinde uzaklaştırılır.(1)

Döküm parçasının kalıba yapışmasını önlemek amacıyla kalıba düşey yönde bir osilasyon hareketi yaptırılır. Ayrıca kalıp yukarıdan ilave edilen ve yüksek sıcaklıkta bozulmayan bir yağla yağlanır.(1)



Şekil 2.1.Düşey sürekli döküm yöntemi

Bu döküm yönteminin üstün yönleri şöyledir:

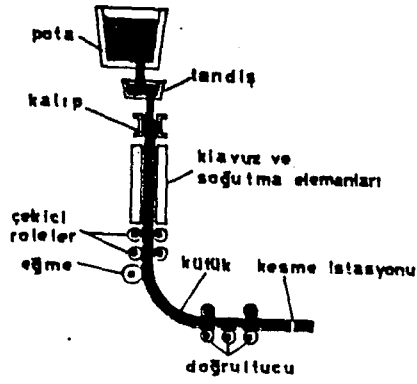
- Sıvı metal kalıba tamamen sıvı olarak girer ve katılaşır,
- Düz kalıbın imalatı kolaydır,
- Basit, düz bir çekme başlığı kullanılır,
- Eğme makaralarına ihtiyaç yoktur,
- Parçayı doğrultmaya gerek kalmaz.

Bu üstün taraflarına rağmen aşağıda belirtilen olumsuz yönleride mevcuttur:

- 30 metreyi aşan yapı yüksekliği ilk tesis masrafını çok artırır,
- Döküm parçalarının maksimum yüksekliği bina yüksekliği ile sınırlıdır,
- Kesme donanımındaki kısa süreli bir arızada bile döküm işlemi durur,
- Kesilen parçaları yana yatırmak için bir donatıma ihtiyaç vardır.(1)

2.1.1.Eğmeli Düşey Sürekli Döküm Tarzı

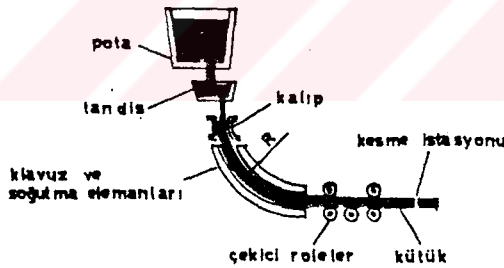
Bu tesisatta aşağıya kadar düşey olarak ilerleyen döküm parçası çekme makaralarını geçtikten sonra eğme makaraları yardımı ile bükülerek yatay konuma getirilir.Böylece istenilen uzunlukta parça dökmek mümkün olur.Ancak bu tesisatta eğme makaralarından başka ayrıca doğrultma makaralarınada ihtiyaç vardır.(1)



Şekil 2.2.Eğmeli düşey sürekli döküm yöntemi

2.1.2.Kalıp ve Döküm Yolu Çember Kavisli Düşey Sürekli Döküm Yöntemi

Burada yapı yüksekliği ilk tesisata göre % 50 daha azdır.Çekme ve doğrultma işlemi tek bir makara grubu tarafından yapılır.Bu sistemde kalıp düz olmayıp kavislidir.Bu yüzden kalıba giren sıvı metal derinlerde kalıp dış yüzeyine yaklaşarak doluşta simetriklik bozulur.Buna karşı alınacak önlem döküm borusu kullanmaktır.Bilhassa slab dökümünde buna ihtiyaç vardır.Bu döküm tarzının diğer bir olumsuz yönüde ilk hareket için gerekli olan hareket başlığı kolunun çember yayına uygun, mesela zincirden hazırlanması zorunludur.Bu güne kadarki pratik tecrübeler çember kavisli döküm tarzının en ekonomik sürekli döküm tarzı olduğunu ortaya koymuştur.(1)

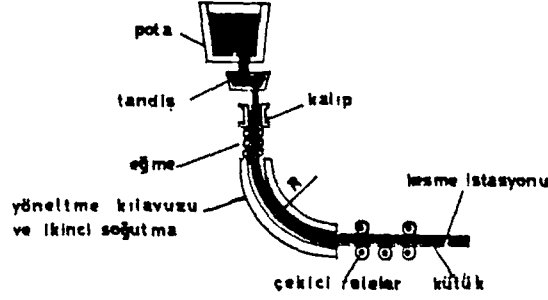


Şekil 2.3.Çember kavisli düşey sürekli döküm tarzı

Tesisatın yüksekliğini belirleyen faktörler; parçanın tamamen katılaşması için geçen süre ile doğrultmada müsaade edilebilir şekil değiştirme derecesidir.Buna göre döküm parçası katılaştıkça katılaşma süresi uzayacağından döküm tesisatı yüksekliğide artacak demektir.(1)

2.1.3.Düz Kalıp ve Döküm Yolu Çember-Kavisli Düşey Sürekli Döküm Tarzı

Burada kalıp düz, döküm yolu ise yine çember kavislidir.Ancak düz kalıptan çıkan malzemeyi kavisli döküm yoluna sokabilmek için parçayı uygun şekilde makaralar ile eğmek gerekir.(1)

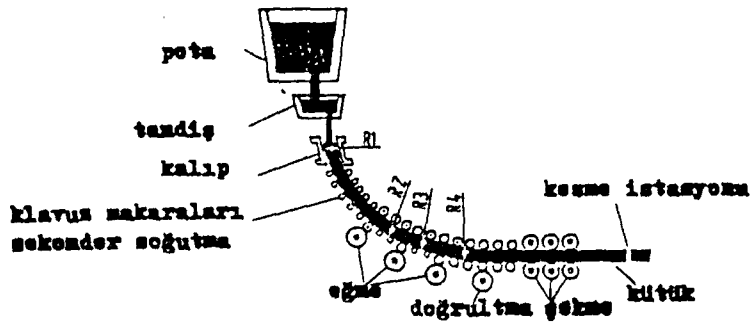


Şekil 2.4.Düz kalıp ve çember kavisli döküm yollu düşey sürekli döküm tarzı

Bu sistemde kalıp düz olduğundan sıvı metalin kalıba girişi simetriktir.Bu olumlu yönüne karşın henüz ince bir kabuk tarafından taşınan parçanın kalıptan hemen sonra makaralarla bükülmesi parça içinde ve üzerinde çatlaklar meydana gelmesine neden olur.(1)

2.1.4.Kalıp ve Döküm Yolu Oval Kavisli Düşey Sürekli Döküm Tarzı

Kalıp kavisli olduğu için sıvı metalin kalıba girişi bu sistemde de asimetriktr.Kalıptan çıkan döküm parçası oval bir yol boyunca dizilmiş makaralar arasından geçirilerek yatay konuma getirilir.Parçanın yatay konuma bükülmesi, doğrultulması ve çekilmesi Şekil 2.5 'de görüldüğü gibi yerleştirilmiş makaralar yardımıyla sağlanır.(1)

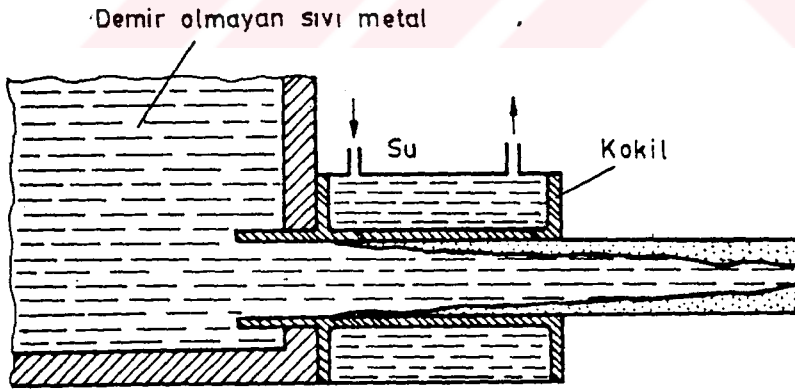


Şekil 2.5.Kalıp ve Döküm Yolu Oval Kavisli Düşey Sürekli Döküm Yöntemi

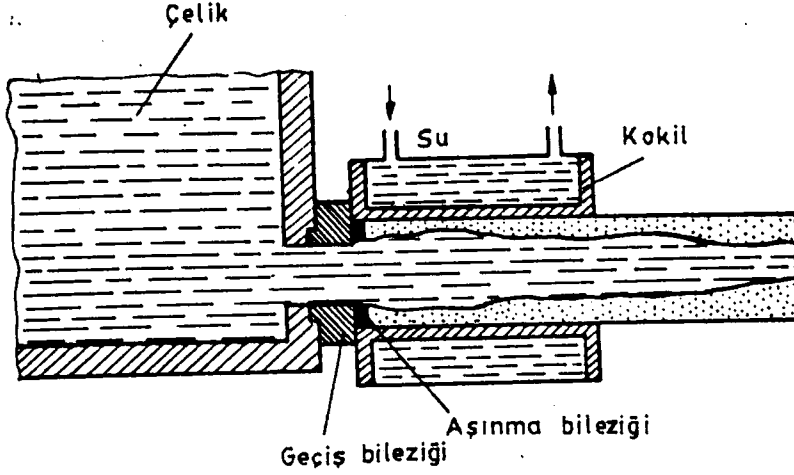
2.2.Yatay Sürekli Döküm Yöntemi

Yatay sürekli döküm yönteminde kalıp Şekil 2.6 'da görüldüğü gibi yatay konumdadır.Bunun bilinen düşey sürekli döküm yöntemlerine göre olan başlıca üstünlükleri Avcı (1993) tarafından şöyle sunulmuştur:

- Tesisatın yüksekliği çok az olması nedeniyle mevcut herhangi bir çatı altında kurulabilir.Böylece ilk tesis masrafları %30 kadar daha düşük olur.
- Ara pota (tandiş) ile kapalı ve birbirine bağlı bir birim oluşturduğundan, normal yöntemlerdeki sıvı metalin ara potadan kalıba geçişteki oksidasyon tehlikesi ve önlemleri söz konusu değildir.Bu yöntem parça boyutları 100 mm'den küçük yuvarlak kütük dökümünde büyük avantaj sağlar.
- Sürekli döküm parçasını, eğme ve yöneltme zorunluluğu olmadığından, düşey yöntemde kalite sorunları yaratan alaşımlar bu yöntemle dökülebilir.
- Herhangi bir döküm yardımcı maddesi kullanılmadığından, düşey sürekli döküme göre ısı iletimi daha fazladır.
- Tesisat yüksekliğinin çok az olması, kullanma ve bakım işlemlerini kolaylaştırır.Pota-dağıtıcı-kalıp, sistemi otomasyonla kontrole çok uygundur.Böylece personel insiyatifine bağımlılık ortadan kalkar.
- İlk tesis masraflarının % 30 kadar daha düşük olması, küçük siparişli parçalarında bu yöntemle ekonomik olarak üretilmesini mümkün kılar.(1)



Şekil 2.6.Yatay sürekli döküm yöntemi (demir-dışı metaller için)



Şekil 2.7.Çelik için yatay sürekli döküm yöntemi

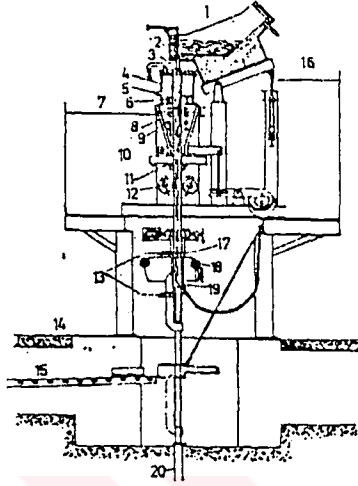
Alüminyum, bakır, pirinç, bronz, dökme demir ve soy metalleri (Au, Ag) sürekli yatay dökümle kolayca biçimlendirmek mümkündür.Çünkü bu malzemelerin dökümünde kalıbı yüksek ergime dereceli bir metalden , örneğin çelikten veya grafitten yapmak mümkündür.Bu kalıbın Şekil 2.6'da görüldüğü gibi sadece arka tarafını soğutmak ön kısmını ise soğutmaya gerek kalmaksızın doğrudan dağıtıcı potadaki metal banyosuna daldırmak mümkündür.Çeliğin sürekli dökümünde ise ergime sıcaklığının yüksek olması böyle bir basit uygulamaya imkan vermez.Çeliğin yatay sürekli dökümünde, bu nedenle, esas problem, dağıtıcı (pota) ile kalıp arasındaki irtibatı kolay ve emniyetli şekilde sağlamaktır.Bu irtibat en basit şekliyle değiştirilebilen aşınma ve sıcaklığa dayanıklı parçalarla sağlanabilir (Şekil 2.7).(1)

2.3.Alüminyumun Sürekli ve Yarı Sürekli Dökümü

Yassı ve yuvarlak alüminyum bilet dökümünü verimli hale sokmak için yapılan çalışmaların gelişimini Çavuşoğlu (1981) aşağıdaki şekliyle sıraya koymuştur:(3)

Alüminyumun dökümü ilk olarak Junghans tarafından 1936 yılında gerçekleştirilmiştir.Yöntemde primer soğutma, kalıp ile yapılmakta ve ilk kabuk teşekkülü sağlandıktan sonra kalıp altına yerleştirilmiş su püskürtücüler ile sekonder soğutma yapılmaktaydı.Katılşan biletin kalıptan ayrılmasını kolaylaştırmak ve işlemi sürekli kılmak için, ilk defa Junghans kalıbı yağlamayı ve kalıba resibrok hareket vermeyi gerçekleştirmiştir.(Bu hareket, kalıbın ingotla birlikte 2.5 cm aşağıya inmesi, sonra aşağı iniş hızının 3 katı kadar fazla bir hızla tekrar eski yerine dönmesidir.)

Junghans sisteminde biri 600 -700 mm uzunluğunda sekonder su soğutmalı uzun kalıp ve 300 - 500 mm uzunluğunda sekonder soğutmasız kısa kalıp olmak üzere iki ayrı kalıp kullanmıştır.(3)



- 1— Bekleme fırını
- 2— Stopper (durdurucu çubuk)
- 4— Kalıp
- 5— Soğutma suyu
- 6— Su çeketi
- 7— Çalışma platformu
- 8— Kalıp taşıyıcısı (maşası)
- 9— Su püskürtücüleri
- 10— Su tutucu diğzen
- 11— Lastik bilezik
- 12— Aşağı çeken roleler
- 13— Gezici testere
- 14— Fabrika yer seviyesi
- 15— Bilet konveyörü
- 16— Döküm platformu
- 17— Testere keser durumunda
- 18— Testere arabası
- 19— Bilet alıcı sepet
- 20— Sepet mekanizması

Şekil 2.8.Junghans sürekli döküm makinesi

Bu yöntem özellikle resiprok hareket nedeniyle Al sürekli dökümünde, çalkantı nedeniyle yüzey kalitesini bozabilmektedir.(3)

Yine 1936' da Almanya' da Leichtmetallwerke firması hafif metaller için kısa kalıplı bir sürekli döküm prosesi geliştirmiştir ki sistemde kalıp boyu 15 - 25 cm arasındadır ve son olarak A.B.D.' inde ALCO' da buna benzer kısa kalıplı ve D.C. (Direct-Chill) olarak adlandırılan yöntem geliştirilmiştir ve bu tarihten itibaren alüminyumun sürekli dökümünde D.C. yöntemi kullanılmış ve gelişmeler bu yöntem üzerinde yapılmıştır.D.C. yönteminin geliştirilmesinden sonra soğutma sistemi üzerinde detaylı çalışmalar yapılmıştır.Bu çalışmalardan amaç:bütün ısının ingot uzunluğu boyunca çevresinden alınmasını ve eksenel katılaşmayı sağlamaktır.Böylece ingot çapı boyunca katılaşma hızı sabit ve aşağı doğru çekme hızına eşit olacaktır, ingotun çapı ve boyu yönünde segregasyon minimuma inecektir, yüzey ile merkez arasında büyük ısı gerilmeleri olmayacaktır; fakat ingot boyunca, sıcaklık değişimi nedeniyle gerilim olabilir.(3)

Katılaşma yüzeyinin kalıp içindeki konumu ve şeklinin değişmezliği tüm sürekli döküm yöntemlerinin karakteristiğidir.Dökümün değişmez yükseklikte bir sıvı gölcüğüne sahip olarak ve

hep aynı geometrik şekilli bir katı - sıvı arayüzeyi oluşturarak katılaşmasıyla, boylamasına özellik ayrılıkları (tane boyutu, segregasyon, gözeneklilik, mekanik özellikler gibi) meydana gelmez.(3)

Enlemesine özellik farklılıklarının az veya çok olması ise, katılaşma yüzeyinin geometrik şekline ve sıvı gölcüğünün yüksekliğine bağlıdır.Yüzey çukurluktan ayrılıp yatıklaştıkça ve sıvı gölcük yüksekliği azaldıkça; dökümün yatay kesiti boyunca katılaşma hızının değişimi ve segregasyon azalacak, çekilme boşluğu gözenekliliği görülmeyecek ve böylece yatay özellik ayrılıkları azalacaktır.(3)

Dökümün yatay kesitindeki farklılıkların tamamen giderildiği yatay bir katılaşma yüzeyi ve en düşük sıvı gölcük derinliği ideal şartlarına, endüstriyel çalışmada ekonomik olarak ulaşmak çok güçtür.Bazı alaşımların dökümü sırasında yüksek gerilmeler ve hatta çatlaklar oluşur.Ayrıca çeşitli alaşımların farklı ısısal iletkenlikleri de ısı yayılım şartlarını etkiler.Böyle ideal şartları sağlayacak döküm hızı, işlemin ekonomik olamayacağı kadar düşük olacaktır.(3)

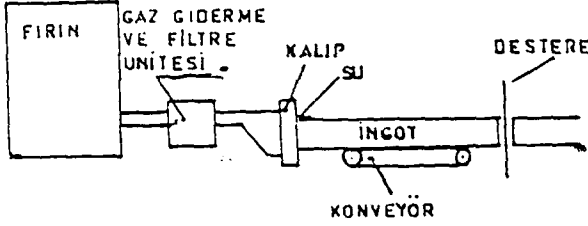
Bu zorlukların üstünden gelebilmek ve döküm hızını arttırabilmek için D.C. dökümünde bazı uygulama farklılıkları geliştirilmiştir.Normal D.C. uygulamasındaki hızlı soğuma, özellikle kompleks yüksek mukavemetli alaşımlarda büyük iç gerilmeler oluşturur.Hem bu termal gerilmeleri azaltmak, hemde döküm hızını arttırmak ve işlemi daha ekonomik yapmak için soğuma şiddetinin azaltılması yoluna gidilmiştir.Kalıbın altına su ve hava borularının yerleştirilme nedeni budur.Hava ile püskürtülen su, döküm çevresinde çok ince bir su filmi tabakası oluşturur; sıvı gölcüğün derinliği artar, katılaşma yüzeyi konikleşir, ortalama katılaşma hızı düşer.Sıvı gölcüğü konik (V) şekilli olduğu için yatay kesit boyunca katılaşma hızı pek değişmez, ancak aynı alaşımdan aynı kesitli bir döküm hızı veya metalin çekilme hızı 3 kat artırılabilir, ancak hatırlanması gereken, büyük gölcük daha fazla segregasyon demektir.(3)

2.3.1.Alüminyum Alaşımı Biletlerin Yatay Sürekli Dökümü

Özellikle alüminyum olmak üzere metal alaşımlardan ingotların yatay sürekli dökümünün; özellikle metal beslemesi, kalıp dizaynı, kalıp yağlaması ve soğutma sistemleri açısından, düşey döküm yöntemlerinden ayrıcalıkları vardır.Yatay ingot dökümünde kalıba sıvı metal beslenmesinde, konveksiyon ve yerçekimi olaylarının dengesinin sağlanması gereklidir.(3)

Yatay dökümün en önemli avantajı; fabrika sahasını büyütmeye, derin döküm çukurları kazmaya, dökümü bu çukurlardan almak için büyük kapasiteli vinç ve kaldırıcı sistemler inşa etmeye gerek

kalmaksızın uzun ingotların dökümüne olanak sağlamasıdır. Sistemin şematik gösterimi Şekil 2.9' da verilmektedir.(3)

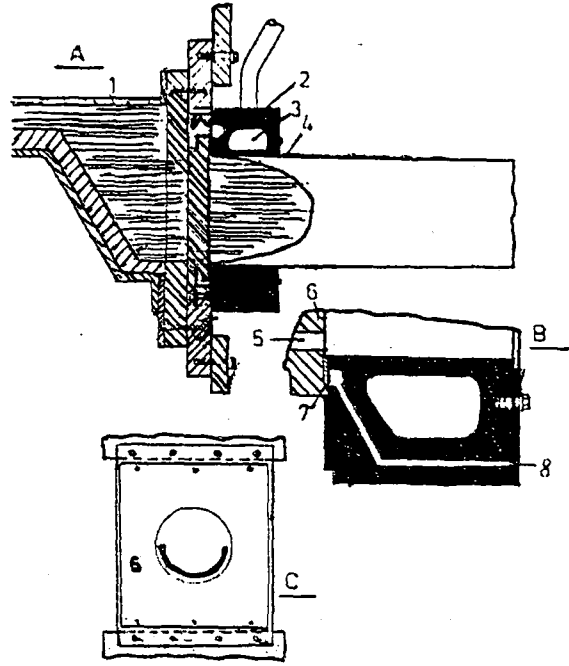


Şekil 2.9. Şematik yatay sürekli döküm sistemi

Ergimiş metal fırın çıkışında, tercihan bir süzme (enklüzyonların alınması için) ve gaz giderme işlemlerinin yapılabilmesi için kurulmuş üniteye alınır. Sıvı metal buradan çıkışta, katı kabuğun olduğu su soğutmalı kalıba alınır. İngot, döküm hızını ayarlayan bir taşıyıcı bant üzerinden, kesici sisteme iletilir. Döküm ünitesine sürekli metal akışını sağlamak için dikkatli planlama ve kontrol gereklidir. Döküm ünitesine gelen ergimiş metalin hızı, döküm hızı ile eş olmalıdır. Aksi takdirde ya iyice hazırlanmamış metal dökülür veya öngörülen üretim yöntemine erişilemez. Bu nedenler, uygun bir metal besleme sisteminin geliştirilmesine yol açmıştır.(3)

Yatay sürekli dökümde kullanılan kalıplar düşey D.C. yönteminden çok daha karmaşıktır. Şekil 2.10' da tipik bir kalıp sistemi görülmektedir. Sıvı metal dökme bölgesine (A) geldikten sonra, ayırma levhası bölgesinden geçerek, doğrudan kalıba gider. Ayırma levhasının görevi kalıp ve dökme bölgesi arasında bir durdurucu olup, sıvı metalin kalıba istenilen dengede girmesini sağlamaktır.(3)

Ayırma levhası ile kalıp arasında, kalıp yağlama sistemine kapak levhası olarak görev yapan ince bir metal halka (yağlama halkası) vardır. Kalıbın yağlanması önemli bir sorundur. Çoğu durumda dökümün yarıda kesilmesi yanlış yağlamaya bağlanabilir. Yağ, kalıp gövdesine içeriden ve dairesel bir kanalla verilir ve küçük bir yiv tertibatıyla kalıp yüzeyine kadar ulaşır ve üniform olarak dağılır. Kalıp yağı artık bırakmamalı, buhar fazlar oluşturmamalı ve kalıp yüzeyinde artık bir cila oluşturmamalıdır. Zira kalıp uzun süre kullanıldığı vakit ince kalıcı bir cila tabakasının bile ısı iletimine zararı olur. Sudan kolaylıkla ayrılabilen yağlar seçilmelidir.(3)



Şekil 2.10. Yatay sürekli dökümde kalıbın şematik görünüşü

- 1.Sıvı metal
- 2.Kalıp
- 3.Soğutma suyu ceketli
- 4.Sekonder soğutma suyu
- 5.Sıvı metal girişi
- 6.Ayrıcı levha
- 7.Yağ kanalı ve bununla temasta olan kapak levhası
- 8.Yağ girişi

Döküm esnasında katı kabuk oluştuğundan sonra ısı akışı ingot tabanı ve tavanında farklıdır.Tabandaki daha yüksek basınç kalıba daha iyi temas etmeyi sağlar ve daha yüksek ısı akışına olanak verir.(3)

2.3.2.Alüminyum Alaşımı Biletlerin Dökümünde Kalıp Dizaynı

Günümüzde alüminyum alaşımlarının sürekli dökümünde ülkemizde çoğunlukla konvensiyonel uzun etekli metalik kalıp teçhizatı kullanılmaktadır. Ancak gelişmiş ülkelerde bilet dökümü Wagstaf sıcak başlık yöntemiyle yapılmaktadır.

Endüstride halen geniş bir kullanıma sahip sürekli direk-çil döküm sisteminde, sıvı metal su soğutmalı sürekli değişen altsız kalıba dökülür ve katılaşmakta olan metal kütle aşağıya doğru

çekilir. Konvansiyonel prosesteki katılaşma olayı iki tip soğutma modu ile sağlanır; kalıbın içerisinde sıcaklık kalıp cidarı boyunca kalıp içi suyuna transfer edilir (birinci soğutma) ve işlem sonucunda kalıbın şekline göre bir kabuk oluşur. Bunun yanı sıra metalik başlığın hemen sona erdiği noktada soğutma suyu doğrudan bilek yüzeyine uygulanır (ikinci soğutma). Diğer bir ifadeyle dış kısımlarda katılaşma doğrudan kalıp duvarı vasıtasıyla sağlanırken iç kısımlarda katılaşma direk su soğutması ile gerçekleştirilir. Şüphesiz yüzeye doğrudan uygulanan soğutma suyunun ısı iletimindeki etkisi daha fazla olup bu farklılık bütün kalıbın yüzey alanı boyunca olan katı-sıvı arayüzey şekli tarafından yansıtılır. Arayüzey şeklinin değişimi aynı zamanda iç yapıdaki mevcut metalurjik karakter farklılığını yansıtır. Örneğin kabuk bölgesinde bulunan alanlar iç kısımlarla karşılaştırılırsa kaba bir dendritik hücresel yapı ve dolayısıyla iri yapılı intermetalikleri ve/veya ötektik kolonilerini içerir ve bu bölge kaba kolonsal kristallerden ibarettir. Ancak bu kaba bölge yüzeye kadar uzanmaz. Yüzeyde sadece birkaç tane boyutu genişliğinde ince çil kristalleri mevcuttur. Kalıpta katılaşan kısmın derinliği periyodik bir halde değişir ve yüzey altı sıvılaşma bantı olarak ifade edilir (9).

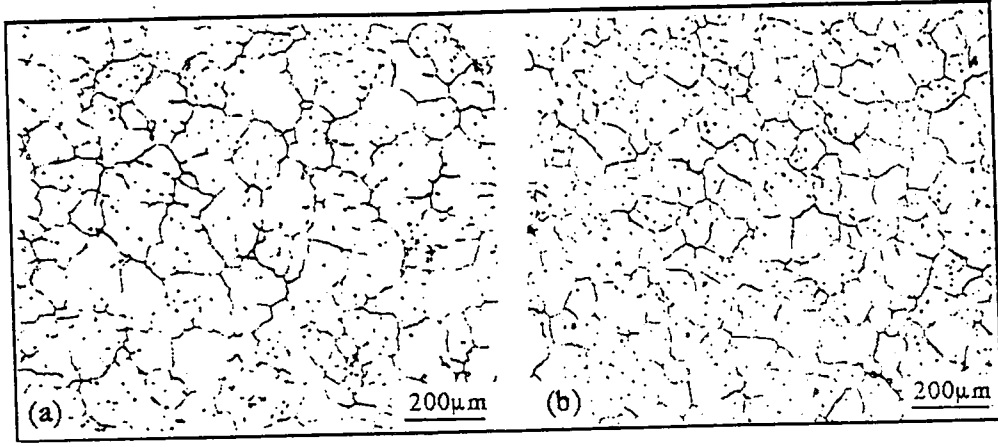
Sıcak kalıp prosesinde kalıp altı su perdesi soğutması tesiri yukarı doğru uzanır ve katılaşma sıvı metalin kalıp ile temas ettiği yerlerde oluşur ve kütle kalıptan geçiş esnasında ısı kalıp duvarı vasıtasıyla uzaklaştırılmaz ve primer katılaşma (soğuma) elimine edilir (diğer bir ifadeyle kalıptaki katılaşma imkan nispetinde kalıp altı su soğutma tesirinin uzandığı noktaya isabet etmesi için uğraşılmıştır.). Sonuç olarak, alışılagelmiş, direkt-çil dökümünün başında, ısı çekilimi ile oluşan kabuk bertaraf edilebilir ve bununla beraber döküm parçasındaki birçok yüzey ve yüzey altı kusurlar, örneğin yüzeyde terleme ve periyodik yüzey altı bantlarının oluşumu önlenir. (7)

Kalıp-kabuk arası boşluğunun doldurulmasını izah eden klasik mekanizmaya göre, ingot kabuğunun katılaşması, düşük ergime noktalı fazlarda işgal edilmiş kanalların oluşumu ile sonuçlanır. Kolonsal kristallerin dentrit cepleri arasında halen sıvının mevcut olduğu bir anda, büzülmeden dolayı kalıp duvarı ile kabuk arasında bir hava boşluğu meydana gelir. Merkezi sıvı kütleyi muhafaza eden ve çevreleyen ve kalınlığı zamanla birlikte doğrusal olarak artan kabuğun yüksek ısı geçiş resistansına sahip hava boşluğunun teşekkülüyle büyümesi yavaşlar ve kısmen ergir. Bu noktada dendritler arasındaki ceplerde bulunan yüksek akışkanlıklı sıvı hem hacimsel çekilmeyi beslemek ve hemde merkezi sıvının hidrostatik basıncı etkisiyle dışarıya doğru hareket eder ve yüzeye kadar ulaşır. Ters segregasyon sürekli olarak gelişim halindedir ve besleme karakteristiklerine bağlıdır. Yüzey ve merkez tipleri arasındaki farklılıklar katılaşma koşulları ile ilişkilidir (9).

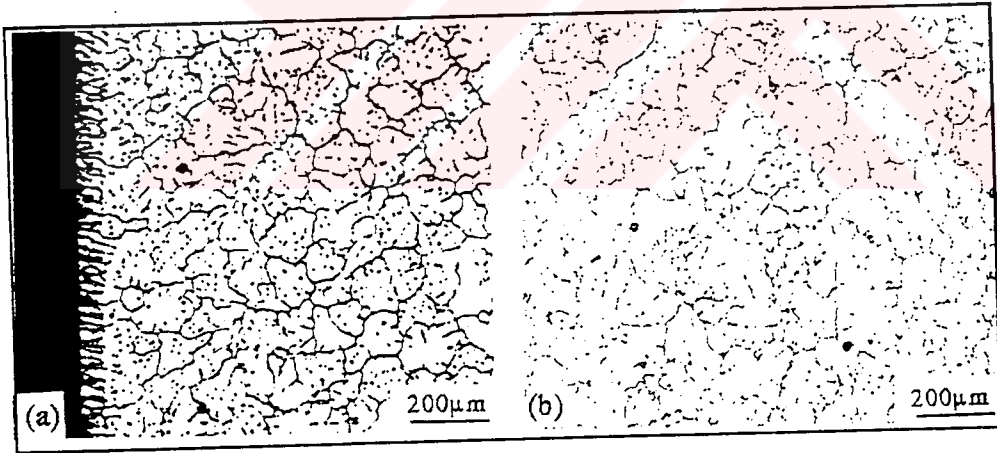
Kötü bilet yüzeyinin başlıca sebepleri sızıntı şeritleri ve soğuk kapak noktalarıdır. Akıntı bantlarının oluşumu, kalıp içerisinde kabuk teşekkülü ile doğrudan bağlantılıdır. Bunlar döküm derisinin mekanik ve ısıl zorlamaların etkisi altında kırılarak iç bölgedeki erimiş metalin sızması sonucu oluşur. Soğuk kapak noktaları bilet kabuğunun katlanmasıdır (katmerlenme) ve ana nedeni düşük döküm hızı ve kalıptaki sıvı metal seviyesindeki değişimlerdir. (14)

Ters ayrışım ve segregasyon katılma sırasında nispeten daha düşük ergime noktasına sahip ve alaşım elemanlarınca zengin fazların daha çok kolonsal formda dış bölgelerde yığılmaları olarak tanımlanabilir. Ters segregasyon biletlerin yüzey ve yüzey altı bölgelerinde oluşur. Normal olarak en son katılacak elementlerce zengin sıvı katılma cephesinin hemen önünde biletin merkezine doğru hareket eder, fakat kalıp içerisindeki sıvı metal kütlesinin hidrostatik basıncı ve kabuğun katılarak büzülmesi ile meydana gelen olaylar söz konusu sıvının ters istikamette sütünsal dendritler arası ceplerden akışına neden olur (14). Kalıp-ingot arayüzeyinde meydana gelen oluşumlar son derece komplekstir ve çeşitli mekanizmalar bu karmaşık işlemlerin nedenleri arasındadır. Ters segregasyonun hafif olduğu hallerde yüzey segregasyonunun ters katılma teorisine bağlı olduğu görülür. Bu varsayıma göre gelişme halinde olan bir kabuk ya da çıkıntı gerçek yüzeyden uzaklaşarak sıvı metal yüzeyine doğru büyür ve alaşım elementi yüzeye doğru kusulur. Ters segregasyon bu yüzden ters katılmadan sonuçlanan normal segregasyon olarak düşünülebilir. Ters segregasyonun derecesi büyük oranda metalik kalıp başlığına, kalıp yağlamasına, döküm hızına ve kalıp içi yüzey şartlarına bağlıdır (9). Dendritik hücreli kaba dokular ve alaşımı teşkil eden elementlerce fakirleşmiş son (yeniden eriyerek yüzeye ulaşan ötektiklerin terkettiği dendritikler arası kanallar arası daha iç kısımlardan gelen taze ve kompozisyonu Co kompozisyonuna eşdeğer sıvı tarafından doldurulur ve bu bölgede makro bölgesel olarak alaşım elementlerinin içerikleri alaşımın ortalama değerlerinin altına düşer) ters segregasyon tabakasının yakınında bulunur. Her iki doku şekli ekstrüzyon parçalarının kalitesini düşürür, birlikte veya ayrı ayrı olarakta düşük mekanik özelliklere, kötü yüzey görünümüne, düşük ekstrüzyon hızlarına ve anodizasyon gibi kimyasal yüzey işlemlerinden sonra çizgi ve renk değişimlerine sebebiyet verebilirler. (7)

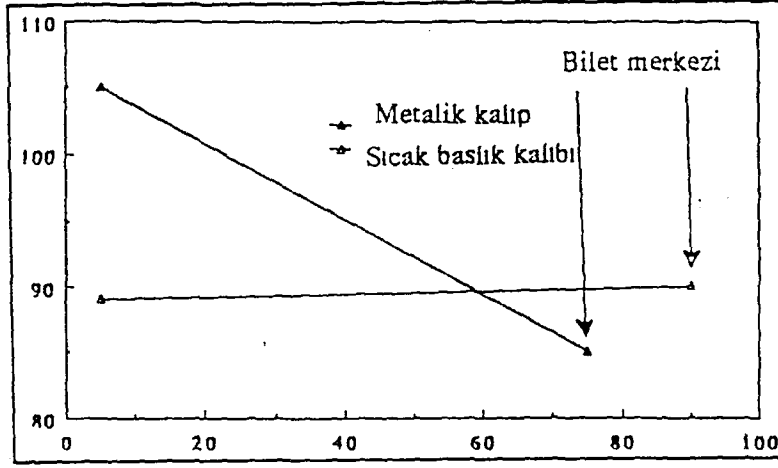
Bunlara ilaveten bu iki tip biletin dış bölgelerinde hücre boyutları arasında farklılıklar vardır (Şekil 2.11a, 2.12a ve 2.13). Merkezi alanlardaki hücre boyutları her iki bilette birbirine yakındır (Şekil 2.11b, 2.12b ve 2.13). Uzun etekli kalıp yöntemi ile dökülen biletin dış bölgesindeki hücre boyutu daha büyüktür, fakat sıcak başlık metodu ile dökülen bilette her iki bölgede hücreler yaklaşık aynı boydadır. (7)



Şekil 2.11.Uzun etekli kalıp metodu ile dökülen biletin a)dış ve b)merkezi bölgelerinin içyapısı



Şekil 2.12.Sıcak başlık metodu ile dökülen biletin a)yüzey altı ve b)merkezi bölgelerinin içyapısı



Şekil 2.13. Etial-60 alüminyum alaşımı biletlerde dendritik hücre boyutunun bilet yüzeyinden itibaren artan mesafe ile değişimi

Biletin tüm kesitinde aynı karakterli bir doku elde etmek için düz bir katılaşma cephesi teşkil etmek ve bütün kesit için eşit soğuma şartlarının oluşturulması gereklidir. Katılaşmanın toplam ısı bilet eksenine paralel olarak emilmeli, yani ısı sahalarının eksene paralel bütün gradyanları birbirine eşit olmalı ve eksene dikey olanlar sıfır olmalıdır. (15)

Sonuç olarak; üniform kolonsal kristalli ve dendritler ve taneler arası gözenek ihtiva etmeyen daha kaliteli yüzey ve hücre yapısı için eşit soğuma şartlarını oluşturan ve düz bir katılaşma cephesi oluşturan sıcak başlık metodu ile üretim yapılmasının daha avantajlı olduğunu söyleyebiliriz.

3.YAĞLAMA PRENSİP VE TEORİLERİ

Yüzeyleri iyi parlatılmış ve düzeltilmiş iki metal elemanın birbirleri üzerinde hareket etmelerini kolaylaştırmak amacıyla aralarına konan her çeşit sıvı ile sevkedilen plastik veya toz halindeki maddelere, kuru hava veya çeşitli gazlara **yağlayıcı** ve yaptıkları işede **yağlama** denilir.(11)

Yağlamada metal yüzeylerinin birbirleriyle olan temasları ortadan kalkar ve elemanlar,yağ filmleri üzerinde hareket ederler.

Langmiur teorisine göre,yağlayıcılar kürecikler halindeki parçacıklardan oluşmuşlardır.Bu parçacıkların bir kısmı, metal yüzeyler ile direkt olarak temastadır ki burada meydana gelen çekmeye adhezyon kuvveti denilir.Parçacıkların bir kısmı ise birbirleri ile temastadır.Bu kürecikleri birarada tutan kuvvetede kohezyon denir.Diğer bir deyimle yağlayıcılar kohezyon ve adhezyon nitelikleri ile yüzeyde bir yağ filmi oluşturup sürtünmeyi azaltarak yağlama görevlerini yaparlar.(11)

3.1.Sürtünme

Sürtünme,hareket halinde olan veya hareket ettirilmek istenilen bir cismin hareket yönüne ters yönde gelişme gösteren bir kuvvet olarak tanımlanabilir.Bir hareket,ancak bu kuvvetin yenilmesi ile mümkün olabilir.Bir cismin hareketine engel olan kuvvete **sürtünme direnci** denir ve sürtünme katsayısı f , hareketi temin eden kuvvetin(F);yükün bu kuvvete dikey komponentine (W_n) oranıdır:

$$f = F / W_n \quad (3.1)$$

Sürtünme kuvveti :

- 1.Yükle doğru orantılıdır,
- 2.Temas yüzeylerinin boyutuna bağlı değildir,
- 3.Metal yüzeylerinin yapısıyla ilgilidir,
- 4.Kayma hızına bağlı değildir.

Bütün cisimler için söz konusu olan sürtünmenin başlıca iki sebebi kohezyon ve adhezyon kuvvetleridirki bu iki kuvvet birbirlerine ters yönlüdür.(11)

Kohezyon, bir maddeyi oluşturan parçacıkları bir arada tutan kuvvettir. Bu kuvvet, katılarda sıvılara göre daha fazladır.

Adhezyon, bir maddenin diğer bir maddeyi çekme kuvvetidir. Bu kuvvet sıvı cisimlerde katı cisimlere nazaran daha fazladır. (11)

3.1.1. Kuru Sürtünme

Bu sürtünmeyi iki kısımda incelemek mümkündür:

a) İki düz yüzeyin birbiri üzerinde hareketi: Bu harekette meydana gelecek sürtünme için iki yüzeyin bütün temas alanları söz konusudur.

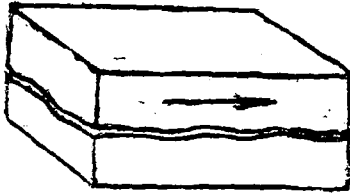
b) İki düz yüzeyin bilya veya yuvarlak yüzeyler üzerindeki hareketi: Bu harekette temas yüzeyi azalır. (11)

3.1.2. Sıvı Sürtünme

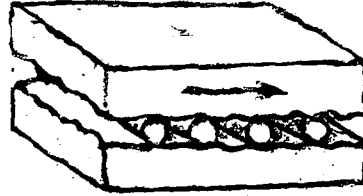
Bu sürtünmeyi de iki bölümde incelemek mümkündür:

a) Kalın film (Hidrodinamik yağlama): Metal elemanlar arasındaki yağ filminin kalınlığı 6000 angstrom'dan fazla ise bu tip yağlamaya, kalın film yağlaması denir. Bu yağlamada elemanlar arasında temas olmayacağı için aşınma söz konusu değildir.

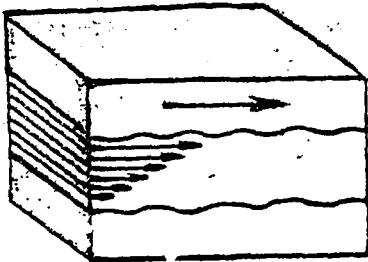
b) İnce film (hidrostatik yağlama): Film kalınlığı 6000 angstrom'dan azdır. Aradaki ince yağ filmi kopabileceğinden metaller, birbiri ile temas edebilir. (11)



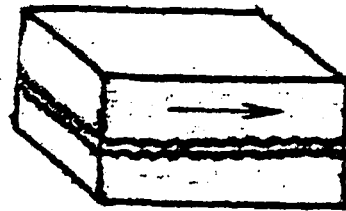
(a) Kayma sürtünmesi



(b) Yuvarlanma sürtünmesi



(a) Kalın film yağlaması



(b) İnce film yağlaması

Şekil 3.1. Sürtünme şekilleri

3.2. Yağlayıcıların Görevleri, Özellikleri ve Seçimi

Genel olarak iki katı cismi birbirinden ayırmak ve sürtünme gücünü minimuma indirerek kolay hareketini sağlamak için kullanılan maddelere yağlayıcı denilmektedir. Yağlar, yağlama görevlerini şu şekilde yaparlar: (8)

- a) Yüzeyleri kayganlaştırarak,
- b) Yüzeylere asılıp kalarak,
- c) Sürtünen yüzeyler arasında film teşkil ederek.

Uygulamalar için uygun bir yağlayıcı yağ seçiminde teknik olarak göz önünde bulundurulması gereken en önemli faktör yağlayıcının ürünü aşındırmaması ve üzerinde leke bırakmamasıdır. (2)

Braithwaite (1967) yağlayıcının seçimi için dikkatin yoğunlaştırılacağı ilk nokta olarak, malzemenin üretimine başlanmasıyla birlikte makina ve malzemede oluşacak gerilme ve germelerin önceden tahmin edilmesi gereğini ortaya koymuştur. Metal çekme ekipmanlarının rasyonel şekilde dizaynı ve çeşitli proseslerin detaylarının anlaşılabilmesi için öncelikle bazı bilgilerin elde edilmesi gerekirken üretim metodları geliştirilebilir. Kısaca problemlerin çözümündeki bu makroscopic yaklaşım işlenecek malzemenin detaylı yapısının bilinmesiyle yapılacak tahminlere dayanmaktadır ve malzemenin özelliklerini temsil edebilecek parametreler iki temel grupta gösterilebilir: Gerilme - zorlama eğrisi ve yağlama şartlarına uygun sürtünme katsayısı. (2)

Metalin işlenmesi süreci sonucunda oluşan ürünün yüzey kalitesi yağlayıcının çalışma şartlarındaki arayüzeyine ve deformasyona uğratılan metalin yapısına bağlıdır ve ayrıca yoğun-filmli yağlama işlemi sonucunda oluşmuş mat yüzeylerin oluşumu malzemenin tane büyüklüğüne bağlıdır. (2)

Metal işlerine uygun bir yağlayıcı tüm arayüzey boyunca elverişli bir kalınlıkta uygulanmalıdır ve malzemeden daha düşük bir yırtılma-akma gerilmesine sahip olmalıdır, ayrıca çalışma şartlarında uygun yumuşaklık ve hareketlilik göstermelidir. (2)

3.2.1. Bir Kalıp Yağlayıcısından Beklenen Özellikler

Alüminyum ve alaşımlarının sürekli dökümü için Rittick'in yaptığı teoriksel hesaplamalardan açığa çıkmış olan aşağıdaki sıcaklıklar pratik uygulamalar için göz önünde bulundurulabilir: (10)

Kalıp iç yüzeyi sıcaklığı (soğuma paneliyle temas halinde).....25°C

Yağlayıcı ile kalıp arayüzeyi arasındaki kalıp sıcaklığı.....109°C

Metal ile temas halindeki yağlayıcının sıcaklığı.....248°C

Belirtilen son değer;kalıp duvarında herhangi bir büzülme meydana gelmeden(hava boşluğu oluşumu) ilk katı yüzeyin metal üzerinde oluştuğu,yağlamanın etkili olduğu değerdir.(10)

Cox ve Parker'ın çalışmaları kullanılan yağlayıcının viskozitesinin artmasıyla birlikte yüzey kusurlarının şiddetinin azaldığını göstermektedir.(10)

Waters 3 ayrı kalıp yağlayıcısı üzerine çalışmalarını yoğunlaştırmıştır:(10)

1)Düşük sıcaklıklarda viskozitesi oldukça yüksekken işlem sıcaklığında viskozitesi düşen silikon gresi.

2)Oda sıcaklığında viskoz iken işlem sıcaklığında sıvı hale gelen vazelin.

3)Bir parlaticı görevi gören koloidal grafit.

Yağlayıcılar ve yağlayıcıların farklı viskozite değerleri; etkili yağlamanın viskoziteye olan bağlılığını gösteren en önemli kanıttır.Grafit yağlayıcılar işlem düzensizliklerini doldurarak kalıp yüzeyini iyileştirebilir,fakat bunun sadece bir etkisidir.Ayrıca yüzeyi sonradan taşlanacak yüzeyler için yağlanmamış kalıplarda da işlem yapılabilir.(10)

Waters düşük döküm hızları için, geniş yüzey alanına sahip ingotlar için ve yüksek ergime noktalı metaller için söz konusu dökümlerde metalin büzülmesi istenen ölçüde kalıp/ingot aralığı sağladığından yağlamanın önemli olmadığını belirtmiştir.Nispeten düşük yüzey alanına sahip, erime noktaları düşük ve yüksek döküm hızları için ise yağlama özellikle alaşım geniş donma aralığına sahip olabileceğinden dolayı oluşabilecek kırılmaları önlemek için önemlidir.Bunun gibi yağlama uygulamaları için işlem sıcaklığındaki viskozite değeri önemlidir ve ticari uygulamalarda uygun ve sürekli şekilde yağlayıcının sağlanması için gözenekli(sinterlenmiş) bir aparat gereklidir.

Yağlayıcıların yüzey kusurları üzerine olan etkileri Nielsen ve Kondic tarafındanda çalışılmıştır.Bu çalışmalar yüzeyde oluşan sekronizasyon,çizgi teşekkülü ve curufların yağlayıcı - hassaslığı kusurları olduğunu göstermiştir ve ticari saflıktaki alüminyum için bu kusurların azaltılmaları silikon gresi ve duralüminyum tipi alaşımlar için iç yağı içinde grafit dağılımı ile sağlanmıştır.(10)

Yukarıda şu ana kadar bahsedilen tüm çalışmalar yağlayıcının işlem sıcaklığında çabucak kırılmaması gerektiğini ve kalıp yüzeyinde daimi olarak yeterli miktarda kalabilmesi için gerekli viskozite değerine sahip olması gerektiğini göstermektedir. Yağlayıcının kalıp yüzeyini tamamen ıslatabilmeside önemli bir gereksinimdir fakat buda bazı durumlarda, çeşitli organik greslerin kullanımında bazı zorluklar doğurabilmektedir.(10)

Yağlayıcı her şeyden önce, ingot yüzeyinde yapışkan bir film tabakası oluşturmalıdır veya giderilmesi güç sert bir kok çökmesi oluşturmamalıdır. İşlem sıcaklığında uygun film mukavemeti ve kalıptaki yağlayıcı miktarını tahmin edebilmek için etkili bir renkte olması gerekli karakteristiklerdir. Düşük fiyat, toksik maddelerden arılık, korozyif etkilerden uzak olmak orjinal yağlayıcı veya türevleri için önemlidir.(10)

Gunther(1971) sürtünmeyi azaltan herhangi bir maddeyi yağlayıcı olarak anmakla birlikte pratik uygulamalar için doğal yağlayıcı karakteristiğine sahip ve ekonomik uygulamalara uygun maddelerin seçimini arzulamaktadır.(8)

Gunther'e göre çalışma şartlarına göre yağlayıcıların önemli gereksinimleri aşağıdaki gibidir:

- 1)Çalışma şartları altında uygun akıcılık ve plastiklik,
- 2)Yükle orantılı film mukavemeti,
- 3)Kimyasal kararlılık,
- 4)Çalışma faktörlerinin gerektirdiği derecede, kayganlık veya yağlılık,
- 5)Yatak yüzeyine yapışabilirlik,
- 6)Safılık, özellikle yağlayıcının etkenliğini azaltabilecek kirleticilerden arı olmak,
- 7)Korozyona sebebiyet vermeyen karakteristikler,
- 8)Pas önleme kapasitesi,
- 9)Suyla yıkanmaya karşı direnç,
- 10)Köpüklenmeye karşı direnç,
- 11)İyi sızdırmazlık özellikleri,
- 12)Düzensiz sıcaklık değişimlerinde, akıcılık değişiminde düşük oran,
- 13)Yanma direnci,
- 14)Minimum uçuculuk veya gaz çıkışı,
- 15)Nükleer radyasyon etkisine karşı direnç,
- 16)Uygulamalarda kabul edilebilir bir maliyet oranı ile kullanabilirlik,
- 17)İyi emülsiyon kalitesi.

Doğal bir yağlayıcıda bunların sadece birkaçı bulunabilirken ilave özellikler gerekli katkıları ile sağlanabilir.(8)

3.2.2.Kalıp Yağlayıcılarının Sınıflandırılması

Yağlayıcılar; gaz,sıvı,plastik veya katı olabilirler.Katı yağlayıcılarda sıralanan ilaveler kendi başlarına yağlayıcı özellikler taşımakla birlikte yağlama ilavelerinde önemli yağlama özelliklerini karışıma kazandırır.(8)

-Gaz Yağlayıcılar

hava,helyum,CO₂ ve diğerleri

-Uçmaz Yağlayıcılar

-Mineral Yağlar

- .saf, safiyatı bozulmamış
- .durağan yağlarla veya türevleriyle bileşik halinde
- .özel ilavelerle bileşik halinde
- .durağan yağlarla veya türevleriyle ,kimyasal maddeler ilavesiyle,örneğin polimerler veya metal sabunları ile bileşik halinde

-Sabit Yağlar

- .hayvansal (asitsiz iç yağ, domuz yağı, v.b.)
- .bitkisel (hint yağı, kolza yağı, hurma yağı, v.b.)
- .balıksal (ispermeçet yağı, domuzbalığı çene yağı, v.b.)

-Sentetik Akışkanlar

- .silikonlar
- .silikat esterler
- .fosfat esterler
- .poliglikoller
- .dibasik asit esterler
- .kloroflorokarbon esterler
- .floro bileşikler (floro esterler)
- .neopentil polyol esterler
- .polifenil esterler

-Katılaşabilir Yağlar ve Bileşikleri

- .mineral yağ bileşenleri (emülsiyon yapıcılarla)

.sentetik akışkan bileşenleri (emülsiyon yapıcılarla)

-Sıvı Metaller

-Plastik Yağlayıcılar

.Sabunla yoğunlaştırılmış sentetik akışkanlar

.Sentetik Gresler (silikonlar)

-Gresler

.sabunla yoğunlaştırılmış mineral yağlar

.sabunla yoğunlaştırılmış ve özel ilaveler yapılmış mineral yağlar

.akışkan greslerle doyurulmuş pamuk/yün fiberler

.yarı akışkan gresler

.sabun olmayan katılaştırıcılarla yoğunlaştırılmış mineral yağlar

.blok gresler (oda sıcaklığında akıcı olmayan)

-Katı Yağlayıcılar

.grafit

.MoS₂

.molibden diselenide

.mika

.talk

.vermikulit

.polimer filmler

.yumuşak metal filmler

.bor nitrit

.boraks

.gümüş sülfat

.balmumu

.kadminyum iyodit

.kurşun iyodit

.tungsten disülfat

.titanyum disülfat

.niobyum sülfat

.niobyum selenit

.tantalyum sülfat

.renyum sülfat

.renyum selenit

.kurşun karbonat

.kurşunmonoksit

-İlaveler

.metalik fosfatlar (çinko fosfat)

.metalik oleidler (kurşun oleit)

.metalik kloritler

.metalik sülfatlar

.metalik stearatler (kurşun stearate)

.metalik oksitler

3.2.2.1. Gaz Yağlayıcılar

Hava, helyum, nitrojen ve hidrojenide içeren gazlar yağlayıcı olarak kullanılmaktadır.

Gazların viskoziteleri sıcaklık değişimlerinden etkilenmediği için oldukça geniş bir uygulama alanında etkili bir şekilde kullanılabilmesi en büyük avantajlarıdır. Atmosferik şartlar altında havanın viskozitesi 0.018 cP (centistoks; kinematik viskozite) dir. Gazlar radyasyondan etkilenmediklerinden dolayı, nükleer çevreler için ideal hidrostatik yağlayıcılardır. Gazları yağlayıcı olarak kullanmanın sağladığı diğer avantajları düşük sürtünme, kirlilikten arı olma ve sızdırmazlık özellikleri (yağ ve greslerle mukayese edildiği vakit) olarak sıralayabiliriz.(8)

Gaz yağlayıcılar sızdırmazlık özellikleri ve kirlilik yaratmaması sebebiyle özellikle gıda, tekstil ve kimya endüstrilerinde kullanılırlar.(8)

3.2.2.2. Sıvı Yağlayıcılar

Sıvı yağların önemli bir kısmını oluşturan mineral yağlar hampetrolün distilasyonu ve bir seri rafinasyon işlemleri ile üretilirler. Hampetrol karbon ve hidrojenin kompleks bir bileşeni olarak meydana gelmiştir ve hidrokarbonlar olarak adlandırılırlar. Bunlar ağırlıkça %83'ten %87'ye kadar karbon ve %11'den %14'e kadar hidrojen bileşenleridir. Ayrıca az miktarda sülfür, nitrojen ve oksijende içerirler ve bunların miktarı hampetrolün kaynağına göre farklılık göstermektedirler.

Rafine edilmemiş mamüller üstün hidrokarbonlarına göre sınıflandırılırlar: **parafinik** (C_nH_{2n+2}) , **naftanik** (C_nH_{2n}) , **alifatikler** (C_nH_{2n+1}) ve **aromatikler** (C_nH_n). Parafin ve naftanikler temsil ettikleri geniş hidrokarbon sınıfları ve yüksek kimyasal kararlılık karakteristikleri nedeniyle yağlama yağları için çok önemlidirler. Ham mamüller iki temel hidrokarbonun -parafinikler ve naftanikler- nisbi kaynama noktalarına göre tanımlanırlar. İlk sınıftaki hidrokarbonlar düşük damıtım özelliklidirler; kaynama noktaları 75.99 mm.Hg basıncında 83,3°C ile 275°C arasında değişmektedir. İkinci sınıftaki hidrokarbonlar ise daha yüksek damıtım özelliklidirler ve 140 mm.Hg basıncında kaynama noktaları 275°C ile 300°C arasındadır.(8)

3.2.2.3. Uçmaz Yağlar

Hayvanlardan, bitkilerden ve çeşitli balıklardan sağlanmış yağlardır. Ayrışma olmadan uçmadıklarından dolayı uçmaz yağlar olarak adlandırılırlar. Etkili bir soğutma sağlandığı takdirde katılaşırlar. Katılaşma sıcaklıkları yağın cinsine göre değişiklik gösterir.(8)

Uçmaz yağlar havadaki oksijenle birleşince zamksı bir hal almaktadır.Bu proses kuruma olarak bilinir.Bazı uçmaz yağlar kolayca kururken diğerleri oksijenle daha düşük oranlarda birleşirler.

Uçmaz yağların kurumaya karşı yönelmeleri yağın iyot sayısı ile tanımlanır.İyot sayısı kontrol altındaki test şartlarında ölçülmüş yağ tarafından absorbe edilmiş iyot miktarıdır (yüzdesidir).

Yağın iyot numarası yükseldikçe kurutma kaliteside yükselir.Sabunlaşma numarası ise 1 gram yağdan alınmış potasyum hidroksitin miligram olarak miktarıdır.Sabunlaşma numarası arttıkça yağ içindeki temel sarfiyat bileşeninin miktarıda artar.(8)

Tablo 3.1.Uçmaz Yağların Bazı Kimyasal Bileşenleri ve Özellikleri(8)

Uçmaz Yağ	15.5°C'de Gravite	37.7°C'de Saybolt Viskozitesi	Sabunlaşma Sayısı	İyot Sayısı	Temel Yağ Asitleri
Hindistancevizi	0.960	-	-	-	Asitik ($C_6H_{12}O_2$ 'den $C_{14}H_{28}O_2$ 'ye)
Hint yağı	0.964	1370	180	85	Risinoleik, stearik
Pamuk tohumu	0.921	-	19.5	110	Linoleik,oleik, palmitik
Mısır yağı	-	180	187	115	Oleik, linoleik, stearik
Domuz yağı	0.915	100-210	194	70	Oleik
Keten tohumu	0.935	130	150	180	Linoleik
Mineral	Çeşitli	Çeşitli	-	12	Genelde serbest
Paça yağı	0.916	220	197	70	Oleik
Zeytinyağı	0.915	190	192	85	Oleik, palmitik, linoleik
Palmiye	0.923	-	20	55	Palmitik
Hurma yağı	0.978	-	25	14	-
Yerfıstığı yağı	-	330	191	101	Oleik, linoleik
Kolza tohumu	0.915	260	174	95	Erukik
İspermeçet yağı	0.880	105	130	80	Sıvı balmumu
İç yağı	0.950	225	194	65	Stearik
Domuzbalığı yağı	-	-	25	49	Sovalerik
Doymamış domuzbalığı yağı	0.926	-	14.4	77	-

Tablo 3.2.Bazı Uçmaz Yağların Kullanım Alanları (8)

Uçmaz Yağ	Kullanım Alanları
Asitsiz İçyağı	Buhar sistemleri yağları için emülsiyon yapıcı
Domuz Yağı	Mineral yağlarıyla karışım halinde metal kesme yağı
Hint Yağı	Mineral yağlarıyla karışım halinde makina yağı
Kolza Yağı	Mineral yağlarla karışım halinde denizsel uygulamalarda emülsiyon yapıcı olarak yağlayıcı yapımında
Zeytin Yağı	İplik ve tekstil makinaları yağlayıcısı olarak
Yerfıstığı Yağı	Dizel motor yakıtı injeksiyon pompalarının pompalanmasında kullanılan silindirlerin yağlanmasında ve katılaşma olarak
İspermeçet Yağı	Metal kesme, kalıplama ve çekme işlemlerinde kullanılmak üzere mükemmel bir yağdır.Sülfürüze edilmiş ispermeçet yağı aşınmaya karşı çok iyi yağlama yağdır
Domuzbalığı Yağı	Yüksek yağlanabilirlik özelliği ile kararlı bir yapı gösterip; saatler, kontrol ve kayıt cihazlarında kullanılırlar.

Hint yağı, domuz yağı, iç yağı, kolza yağı ve ispermeçet yağı uçmaz yağlar içinde yağlayıcı olarak önemli bir yer tutarlar.Bunlar nadiren tek başlarına kullanılırlar fakat yoğun olarak mineral yağların yağlılığının ve emülsiyonunun artırılması amacıyla ilave madde olarak kullanılırlar.Domuz yağı, asitsiz iç yağı ve lanolin prensip olarak buhar kazanı yağlarında kullanılırlar ki,emülsiyon ve ısı-direnç kalitesini artırır.İç yağı greslerin üretiminde kullanılır.Domuz ve ispermeçet yağları mineral yağlarıyla karıştırılarak metal-kesme işlemi yağlarının üretilmesinde kullanılırlar.Hurma yağı mükemmel bir metal çekme ve haddeme yağdır.Mısır yağı MoS_2 için mükemmel bir temeldir ve metal yüzeye çok iyi bir yapışma sağlar. Hint yağıda diğer tüm uçmaz yağların olduğu gibi mükemmel bir yağlayıcı katkısıdır.

Uçmaz yağlardan sağlananlar, örneğin oleik asit, yüksek yağlayabilirlik özellikleri ve film mukavemeti karakteristiklerini sağlar.Oleik asit, mineral yağlarının yağlama özelliklerinin iyileştirilmesi yüzey yağlamasında kullanılan yağlar içerisinde iyi bir ilave maddesi olarak kullanılır.Yaklaşık %1 oleik asit mineral yağlarla karıştırılmış şekilde maksimum performansı sağlar.(8)

3.2.2.4.Sentetik Akışkanlar

Arzu edilen kalitede özellikleri sağlamak amacıyla sentezle birleştirilmiş bileşenler içeren sentetik akışkanlar termal kararlılıkları ve ateşe karşı olan dirençleriyle bilinirler.Sentetik akışkanlar; çeşitli asitler, glikoller, esterler ve silikonlar içeren polimer ve esterleri ihtiva ederler.(Tablo 3.3)(8)

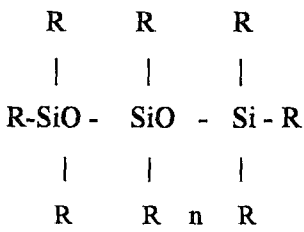
3.2.2.4.1.Silikonlar

Silikonlar belirli unsurların ve organik grupların sentezle sentezle birleştirilmesiyle oluşturulmuş bileşiklerdir bu bileşikler daha sonra akışkan yağlayıcılar, reçineler ve silikon kauçukların (elastomerler) üretimi için polimerizasyon işlemine tabi tutulurlar.(8)

Tablo 3.3.Sentetik Sıvı Yağlayıcıların Bazı Karakteristikleri

Tip	Yağlama Kapasitesi	Oksidasyon Direnci	Termal Kararlılık	Viskozite İndeksi
Silikonlar	Zayıf	232.2°C'ye dek iyi	Çok iyi	180+
Poliglikol esterler	İyi	Zayıf	Orta	150'ye kadar
Diesterler	İyi	Orta	Çok iyi	170'e kadar
Florokarbonlar	İyi	Mükemmel	Mükemmel	Düşük

Kimyasal bileşenlerin ilişkileri genel yapısı ile aşağıdaki gibi gösterilebilir:



Burada temel elementler olan silikon ve oksijen inorganik yapıda iken R organik grubu temsil eder ve bunlar silikon atomlarına bağlıdır.Organik gruplar genellikle metil ya da fenil veya her ikisinin çeşitli kombinasyonları şeklindedir.

Silikon ailesinden olan yağlayıcı akışkanlar sahip oldukları yeniden kullanılabilirlik özelliklerinden dolayı yağlayıcı ve hidrolik akışkan olarak özellikle yüksek hızda kesme uygulamalarında, örneğin

tork konvertörlerinde yoğun olarak kullanılırlar. Silikonların viskozite değerleri 1.000.000 cSt'in üzerine çıkmaktadır fakat kullanımda ekonomik sebepler göz önüne alındığında sadece sınırlı sayıda silikon akışkan yağlayıcı, uygun viskozite değerlerinde üretilmektedir. Uçuculuk değerleri nispeten düşüktür. Alev alma sıcaklıkları uçuculuk değerlerine (polimer hacmine) bağlıdır ve fenil-metil oranı 315.5°C'da 1.30'a dek çıkmaktadır. Termal kararlılıkları mükemmel denebilecek düzeydedir. Silikonlar yüksek sıcaklık uygulamalarında uzun süreli olarak kullanılabilirler, başka bir deyişle oksidasyon ve ısıya karşı oldukça dirençlidirler. Yapısal bozulma eşik sıcaklıkları silikonun tipine göre değişmektedir, örneğin dimetil akışkanlar için 315.5°C iken oksitleyici olmayan koşullar altında fenil-metiller için 371.1°C dir. Çalışma sıcaklıkları ise dimetil silikonlar için 148.8°C, fenil akışkanlar için ise 204.4°C'yi geçmemelidir. Silikonların hidrolik kararlılıkları iyidir. Dimetil silikonlar yüksek gerilmeli çalışma şartları altında dahi viskozitelerinde çok düşük değişimler gösterirler. Ayrıca bu bağlamda mineral yağların yoğunlaştırılmasında çok yararlıdırlar. (8)

Viskozite-sıcaklık katsayısı (VSK) aşağıdaki formülle tanımlanabilir: (8)

$$VSK = 1 - \frac{98.8^{\circ}\text{C'deki viskozite}}{37.7^{\circ}\text{C'deki viskozite}} \quad (3.2)$$

Silikonların VSK değerleri oldukça düşüktür; dimetil akışkanlar için 0.60 iken fenil-metil (oran 1:3:1) silikon akışkanlar için yaklaşık 0.90'dır. Dimetil ve düşük fenil-metil (oran 0.05:1) akışkanların VSK oranı 0.57 ile 0.62 arasında değişmektedir ve silikonlar içinde en iyi viskozite-sıcaklık ilişkisine sahiptirler. Kaynama noktaları viskozite değerlerine bağlı olmakla birlikte basınç uygulanmadan 25°C'de 50cSt'in üzerinde viskoziteye sahip silikonlarda kaynama görülmez.

3.2.2.4.2. Fosfat Esterler

Ester bir alkol kökü ile asit bileşenidir. Aynı elementlerden değişik oranlarda içeren asit sınıfı *ortho*-tipi bir asittir, örneğin orthofosforikasit (H_3PO_4).

3 değerli fosfat esterleri mükemmel bir aşınma önleyicisidir ve sentetik yağlayıcılar için temel karışım maddesidir. Oldukça yoğun bir şekilde ateşe dayanıklı hidrolik akışkanların

uygulamalarında kullanılırlar. Trikrezilfosfat 37.7 °C'daki 38 cSt viskozite değeriyle, önemli bir yağlayıcı katkı maddesidir. Fosfat esterlerinin alev alma sıcaklıkları 521.1°C ile 648.8°C arasında değişir. Alkali tip esterlerin VSK değerli petrol esaslı yağlarıinkiyle eşitken, triaryl esterlerin VSK değerleri daha düşüktür. Bazı trifenil esterler 482.2°C'nin üzerinde termal ayrışma eğilimlidirler fakat ticari sistemlerde katalizörlerin ve diğer karıştırıcı etkilerden dolayı 482.2°C değeri pratik uygulamalar için pek geçerli olmayabilir. (8)

Fosfor bileşenlerinin kutupsal karakteristikleri aşınmaya karşı direnç için gereken yağlayıcı film gelişimine yardım eder. Primer ve sekonder fosfat esterleri mükemmel birer aşınma katışkılarıdır. Uçuculukları düşüktür. Fosfat esterleri diğer maddeler ile kolayca karışabilirler ve sentetik akışkanlar, petrol esaslı yağlar, gresler ve sentetik plastik yağlayıcılar için mükemmel bir katkı maddesi halini alırlar Bunlar trikrezil, trifenil ve tribütil fosfat esterleridir.

Yeni geliştirilmiş petrol esaslı yağlara benzer şekilde fosfat esterlerin atıkları yüzeyleri boyunca çöküntüleri gevşetme ve sistemin iç yüzeyini temizleme eğilimlidirler ki buda yıkıntıların malzeme besleme ve çıkma ağzlarının tıkanmasına yol açabilir. (8)

3.2.2.5. Gresler

Gresler geniş kullanım alanlarıyla en çok kullanılan yağlayıcılardır. Özellikle kullanım yerinin diğer yağların kullanımına olanak vermediği yerlerde; özellikle de sızdırmazlık amacıyla kullanılırlar. (8). Gresler genellikle bir metalin bir yağlı madde ile, örneğin iç yağı sabunlaştırılması ve sabuna yağ ilavesiyle elde edilirler. İşlem kontrollü sıcaklık şartları altında bir basınçlı kap içinde yapılır. Temel yapı kalsiyum, sodyum, alüminyum, lityum ve kurşun içerir. Ayrıca baryum ve stronyumda kullanılır. Çeşitli metaller kullanılarak üretilmiş yağlayıcılar; kalsiyum(kireç)-sabunu, soda-sabunu, lityum-sabunu, alüminyum-sabunu, v.b. gresi olarak isimlendirilirler. Birkaç sabunun özelliklerine birarada sahip olmak için çeşitli sabunlarla karıştırılıp kullanılabilirler. Farklı viskozitelerdeki yağlar servis şartlarına bağlı olarak gres üretiminde kullanılırlar. Yağ viskoziteleri 37.7°C'da 60 - 1000cSt arasında değişir. Gresler yapı içinde bağlayıcı olarak hareket eden çeşitli miktarlarda su muhteva eden mineral yağlardan meydana gelir. Greslerin su içeriği çok az miktardan yaklaşık %3'e kadar değişmektedir (keski gresleri hariç); ayrıca kireç, reçine ve mineral yağ içeren bir karışımın su muhteviyası yaklaşık %8'dir. (8)

Gresler çeşitli özel amaçlar için çeşitli özel katışkılarla karıştırılabilirler. Oksidasyon inhibitörleri aynen mineral yağlarında olduğu gibi gresinde kullanım ömrünü uzatır. Katı haldeki bazı

katışkılar, örneğin grafit, molibdendisülfat, talk, mika ve diğer pürüzlü yüzeyler altında çalışan gres filmlerinin yüzeylerinin sürtünmeye karşı dirençli olmalarını sağlar ve düşük sürtünme katsayıları sağlar. Yüksek basınç gresleri, film mukavemeti artırıcı karakteristikleri kurşun ve çinko sabunlarının kombinasyonlarının kireç-sabununun yoğunlaştırıcı özelliğinden faydalanılarak geliştirilmişlerdir.

Greslerin yoğunluğu, yarı akışkan greslerden sert blok hallerdekine göre farklılıklar gösterirler. Yarı akışkan gresler daha çok pompalanabilirlik özelliklerinden faydalanabilmek için üretilirler. Greslerin katılığı kullanılacağı yere göre değişik üretilir; katılık (peklilik) özellikle sızdırmazlık ve yük taşıma kapasitesini artırmak amacıyla istenir. Sert gresler blok gres olarak isimlendirilir. Greslerin nispi yoğunluk değerlerini Ulusal Yağlama Gresleri Enstitüsü (NLGI) tarafından tespit edilmiş numaralar ile tanımlayabiliriz. Sistemde 0 en yumuşak (yarı akışkan) gresi temsil ederken 6 en sert gresi temsil eder. (8)

Tablo 3.4. Nispi Gres Yoğunluğu-NLGI Numarası ve ASTM Penetrasyon Değeri

NLGI	Nispi	25°C'daki Penetrasyon
<u>Numarası</u>	<u>Yoğunluk</u>	<u>Değeri</u>
000	Çok Akışkan	445 - 475
00	Akışkan	400 - 430
0	Yarı Akışkan	355 - 385
1	Çok Yumuşak	310 - 340
2	Yumuşak	265 - 295
3	Yarı Katı	220 - 250
4	Katı	175 - 205
5	Çok Katı	130 - 160
6	Sert	85 - 115

Tablo 3.5.Greslerin Sınıflandırılması ve Kullanım Alanları(8)

Sabun	Sıc.(°C) Limiti	Suda Çözünürlük	Kullanım Alanları ve Tanımlama
Kalsiyumlu	79.44	Çözünmez	Kıvamlı gres.Basit yataklarda.Orta sıcaklık ve hızdaki çalışmalardaki sürtünmeye karşı.Su tutucu.
Sodyumlu(Soda)	93.3-176.6	Çözünabilir	Yüksek ve orta hızlarda sürtünmeyi azaltır.Suyla emülsiyona girer.Genellikle kuru çalışma şartları altında kullanılır.Kireç sabunlu greslere göre daha yüksek hızlı çalışma şartları altında kullanılabilirler.Stabilazör olarak suya ihtiyaç duymazlar.Yapı içinde pürüzsüz,lifli ve süngerimsi olabilirler.
Alüminyumlu	82.2-87.7	Çözünmez	Kohesif ve adhesiflerdir.Su tutuculardır.
Lityumlu	-87.7-148.8	Az Çözünabilir	Su tutucu.Yüksek viskoziteli yağlarda çok yüksek sıcaklıklara dek kullanılabilirler.Genel amaçlı uygulamalara uygundur.
Kalsiyum kompleksli	148.8	Çözünmez	Su tutucu.Yüksek sıcaklık yağlayıcısı.İyi pompalanabilirlik.Bazı özel katışkıların ilavesiyle yüksek film mukavemeti kazanırlar.Yüksek kararlılık.Genel amaçlı.
Kireç-Kurşunlu	93.3	Çözünmez	Su tutucu.Yüksek basınç uygulamaları.Uzun besleme hatları için iyi pompalanabilirlik özelliklerinden dolayı kullanım.Pürüzsüz yapı.
Kireç-Lityumlu	121.1	Az Çözünabilir	Yağ bileşenlerine bağlı olarak yüksek ve düşük sıcaklık uygulamaları için sürtünmeye karşı direnç.
Grafit Gresli	79.4	Çözünmez	Su tutucu. Genellikle ~ % 20 koloidal ve toz grafit karıştırılmış kireç-sabunu gresi.İslak işlem koşulları için Koloidal grafit kullanılmadıkça yüksek sıcaklık uygulamaları veya sürtünmeye karşı uygulamalarda kullanılır.
Kireç Reçineli	82.2	Çözünmez	Su tutucu.Akslarda,yüzeyleri pürüzlü makina aksamında
Yanmış Sodyumlu	232.2	Çözünabilir	Sert ve parlak. Dönmeli - kaymalı yataklarda yüksek sıcaklık uygulamaları için.Yüksek sıcaklık karakteristiklerini artırmak için bazı ilave sabunlarda içerebilirler.Aşınmayı kontrol edebilmek için yatağa uygulanmadan önce bir kağıda sarılırlar.Suyla birlikte bazen arzu edilir bir emülsiyon oluştururlar.
Sabunsuz	121.1-260	Çözünmez	Yüksek sıcaklık uygulamaları.Hem soğuk hem de sıcak su da çözünmez.Asit dirençli.Pasa karşı inhibit.

Greslerin damlama noktasından anlatılmak istenilen, greslerin ısıtılan herhangi bir sıcaklıktan daralan bir uçtan ilk damladığı andır.Gresin yoğunluğu yeterli bir şekilde azaltıldığı vakit, gres aşağıya doğru etkili bir şekilde akar.Damlama noktasından kastedilen kesinlikle sürekli çalışma sıcaklığı değildir.(8)

Gres katışkıları hepsi birer silikat olan talk, mika ve asbest parlatıcı bileşenlerdir. Parlatıcı katışkıların bir dezavantajı parlatma işlevlerine aşınma noktalarından sonrada devam etmeleridir. Diğer taraftan grafit bir absorbant malzemesidir ve greslere özellikle ince film şartları altındaki çalışma koşullarında yük taşıma kapasitesini artırmak amacıyla kullanılır. Grafit, gres içine yeterli miktarlarda ,%10'dan fazla-ilave edildiği vakit yoğunlaştırıcı özellik kazandırır. Kireç-sabunu gresine katılan grafit aşınmayı azaltır. Genellikle grafit greslerin grafit oranları %8 ile %10 arasındadır ve NLGI no 1 ve 2'dir.(8)

Yanmış karbon ilave edilmiş kireç-sabunu gresi metal çekme işlemleri için uygundur. Asbest geniş yatakların aşınma sırasında temizlenmesine yardımcı olması için yapıya katılır. Talk, kayganlaştırıcı özelliklerinin iyi olmasından ötürü metal çekme işlemleri için uygundur. Metal oksitleri, sülfatları, sülfidleri ve karbonatlarında gresler içinde çeşitli amaçlarla kullanılan inorganik katışkılardır. Silikon akışkanlar ile yoğunlaştırılmış Li-sabunu ile yapılmış gresler, iyi termal ve mekanik kararlılıkları ve 204.4°C' ye kadarki dayanımları nedeniyle tercih edilirler. Bir kireç-kurşun karışımı gres yüksek sıcaklık dayanımı, iyi suyla ıslanma direnci ve yüksek yük taşıma kapasiteleri nedeniyle tercih edilirler.(8)

Tablo 3.6.Greslerin Damlama Noktaları

<u>Gres Temeli</u>	<u>Damlama Sıc.(°C)</u>
Kalsiyum	93.3
Alüminyum	93.3
Sodyum	176.6 - 204.4
Lityum	176.6 - 204.4
Kalsiyum EP kompleks	260
İnorganik Silika ve Kil	260
Organik Temelli (Sabunsuz)	260
Polialkalin Glikol (Li-sabunu yoğunlaştırıcı)	187.7
Diesterler(Li-sabunu yoğunlaştırıcı)	193.3

3.2.2.6.Katı Yağlayıcılar

Katı yağlayıcıların belirgin kullanım alanları, özellikle ticari yağların ve greslerin arzu edilen ölçüde performans gösteremediği, yüksek/düşük sıcaklık, vakum veya yük altındaki çalışmalar ve

nükleer radyasyonun söz konusu olduğu durumlardır. Sinterlenmiş metal ve plastiklere, kendiliğinden yağlamalı parçalarda kullanılabilir. (8)

Grafit ve molibdendisülfat gibi bazı katı yağlayıcılar bazen kuru halde kullanılabilmeyle birlikte genellikle yağ ve greslerde bir katışkı maddesi veya bunları hedef yüzey üzerinde bağlayıcı ve taşıyıcı amacıyla kullanılırlar. Kuru katı yağlayıcılar genellikle gres ve yağların kullanımının pratik olmadığı yüksek sıcaklıkta çalışan yatak yüzeylerinde kullanılır. (8)

Molibdendisülfat, greslere çok amaçlı yağlamayı sağlamak üzere %10' lara varan oranlarda ilave edilir. Özellikle kapalı devrelerdeki aşınmayı azaltmak amacıyla yavaş hızda hareket eden yüzeylerde mükemmel bir performansla kullanılırlar. MoS_2 ve grafit yüksek sıcaklık uygulamalarında başarıyla uygulanır. Sürtünmeli yüzeyler üzerinde ovalanarak ve spreylenecek ve greslerle karıştırılarak kullanılırlar. (8)

Katı yağlayıcılar orjinlerine göre sınıflandırılabilirler: 1) **organik** (grafit, MoS_2), 2) **inorganik** 3) **metalik** (kurşun, indiyum, altın, gümüş, baryum) ve 4) **kombinasyon** (MoS_2 - grafit - molibden/sodyum silikat, v.b.). Katı yağlayıcılar yüzey filmi oksitler olan gres veya akışkanlar içinde dağılmış toz (kolloidal) formda veya fenollere, epoksiye, polimit reçinelere, erimiş seramiklere v.b. bağlı ya da bilyalı yatak kafeslerinde tutucu formunda olabilirler. Bağlı katı yağlayıcılar spreyle, fırçalama veya daldırma yöntemiyle uygulanabilir. Diğer metodlar plazma spreylemesi ve elektrophoretik çökelmedir. (8)

Grafit, MoS_2 ve PTFE atmosferik basınç altındaki yüksek sıcaklıklarda diğer yağlayıcılardan daha iyi işlem görmektedirler. MoS_2 yaklaşık 398.8°C ' da okside olur ve PTFE hafif yükler ve sıcaklıklar ile -315.5°C - kullanımı ile sınırlıdır. MoS_2 , tungsten diselenit de dahil olmak üzere diğer katı yağlayıcı maddeler ile karıştırıldığı vakit önemsiz yapışma kayması ve düşük kinetik sürtünme kuvveti gösterirler. Bir katı yağlayıcıya ait Gunther (1971) tarafından ölçülmüş en düşük kinetik sürtünme katsayısı $284,4 \times 10^3 \text{ kg/mm}^2$ lik basınçta 0,009' luk değerle TaS_2 (tantaldisülfat)' a aittir. Başarılı bir şekilde işlem görebilmesi için bir nem filmini absorblayan grafitin tersine MoS_2 nemin varlığı durumunda kinetik sürtünmede bir artış meydana getirir. (8)

3.2.2.6.1. Grafit

Grafit, karbonun kristalin formudur, kok veya sert kömürün bir ürünüdür. Yağlayıcı olarak toz veya kolloidal formda olabilir. Tek başlarına kullanılabilecekleri gibi ; yağlarla, greslerle veya

diğer taşıyıcılarla birlikte kullanılabilirler. Yüksek sıcaklıklarda kimyasal kararlılıkları çok iyidir ve suda çözünmezler. Özellikle ıslak uygulamalar için kireç-sabunu gresleri ile değişik oranlarda (2~20 %) karıştırılmış grafit gresleri mükemmel birer yağlayıcılardır. Grafitin, yağlama işlemindeki başarısını yüzeyde absorbe etmiş nem filmi tabakası tayin eder. Yüzeyde absorbe edilmiş bir nem filmi tabakası yoksa grafit yüzeyde aşındırıcı gibi hareket eder. Yüksek sıcaklık ve basınçlara karşı olan dayanımları nedeniyle grafit çok çeşitli uygulama koşulları altında kullanılabilir. Grafitin sürtünme katsayısı düşüktür ve laminar yapıdadır. (8)

3.2.2.6.2. Molibdendisülfat

Grafitte benzer şekilde laminar yapıdadır ve molibden elementinin saflaştırılması ile elde edilir. MoS_2 ; temiz metal yüzeylerinde toz formunda kuru yağlayıcı olarak veya yağlar, gresler veya diğerleriyle birlikte örneğin silikon veya polialkalin glikol ile kullanılır. MoS_2 düşük ve yüksek sıcaklık (- 73.3 ~ 398.8°C) uygulamalarında mükemmel yağlayıcı özellikler sağlar. Atmosfere karşı herhangi bir koruma tedbiri alınmadığı uygulamalarda 398.8°C' in üzerinde okside olur. Alışılmış sıcaklıklarda Mo aktif değildir. Bazı testlerin gösterdiği üzere MoS_2 ve mısır yağı karışımı mükemmel bir yağlayıcı film tabakası oluşturur. Bu oluşan film tabakası ısıya, soğuğa, suya ve kimyasal maddelere karşı dayanıklıdır. Korozyon değildir, yüksek film mukavemetine, düşük yırtılma direncine ve metal yüzeylerine karşı afiniteleri vardır. Ağır çalışma basıncının veya silmenin hidrodinamik filmleri bozduğu uygulamalara karşı korumanın sağlanması amacıyla yağlarda katışı olarak kullanılır. Özellikle ağır yük altındaki çalışmalarda yağ filminin kırılmasıyla oluşabilecek kaynaklanmayı önlemek için bir antifraks gibi davranır. MoS_2 1185°C' lık bir erime sıcaklığına sahiptirler, renkleri mavi-griden siyaha değişir, molekül ağırlığı 160.08, özgül ağırlığı 4.8-5.0 g/cm³ arasında değişir. Sürtünme katsayısı 0.032 dir. (8)

3.2.2.6.3. Politetrafloretlen (PTFE)

PTFE, Teflon ticari ismiyle tanınır ve $(\text{CF}_2)_n$ formülüne sahiptir. Halojen bileşiği kloroflorometanın ısıtılarak gaz tetrafloretlene indirgenmesi ile çevrilir. Ardından gaz molekülleri polimerizasyon ile birleşerek PTFE 'e dönüşür. (8)

PTFE yapışmazlık ve yüksek sıcaklık dayanımları ile tanınırlar. Ayrıca kimyasal olarak kararlıdır, aşınmaya karşı dirençlidir ve sürtünme katsayıları düşüktür. PTFE, tüm yağlayıcılar için gerekli olan düşük sürtünme katsayısını sağlamak için yüzeye uygulanan ince filmlere katılırlar. İnce filmler formundaki PTFE 71,2x10³ kg/mm² ye kadar olan basınçlara

dayanabilirlerken, kütle PTFE in akma noktası daha düşüktür. İyi ısınma direnci ile tanınan PTFE, kendinden yağlamalı yüzey kaplaması uygulamalarında 315.5°C 'a kadar dayanabilir. PTFE 'in sürtünme katsayısı yaklaşık olarak 0.04 'tür. PTFE bir termoplastik malzemedir, değişim sıcaklığı 327°C 'e ısıtılıp tozlarının sinterlenmesiyle elde edilir. PTFE aşınmaya karşı direnç kazandırabilmek için mutlaka bir poroz malzeme ile karıştırılmalıdır, örneğin fiberlerle birlikte örülebilir. (8)

3.2.3. Yağlayıcı Uygulama Yöntemleri

Yağlamada esas, ölçülü miktarlarda, arzu edilen herhangi bir zamanda birçok noktalara yağ verebilmektir. Yağlama sistemleri ne olursa olsun (elle yağlama hariç) hepsi bellibaşlı şu aksamardan oluşur: Yağı bir basınç altında verebilecek pompa, rekorlar, kordonlar, kontrol valfi , v.b. Ayarlı bir pompa ile yağın verileceği zaman tespit edilir ve bu anda tam bir basma ile belirli bir miktar yağ valften dışarı verilir. (12)

Sürtünme ve aşınmayı azaltmada yağların uygulama biçimleri önemli bir rol oynamaktadır. Başlıca yağlama usulleri ve özellikleri şöyledir: (12)

3.2.3.1. Elle Yağlama

Yetersiz bir uygulamadır. Fazla miktarda yağ uygulanabilir. Fazla miktarda yağ sıçrama ve akma yolu ile yağlanacak yerden ayrılacağı için sistemin yağsız kalmasına sebep olabilir.

3.2.3.2. Şişe Yağlayıcılar

Düşük devirli, az miktarda yağlamaya ihtiyaç gösteren, hafif yüklerde çalışan yataklarda tatbik edilen bu yöntemde, çok iyi bağlanmış ve tersine kapatılmış yağ kabı görevi gören bir şişeden iğ yardımıyla yağlama sağlanmaktadır. İğ, yatak üzerinde durmakta ve sıcaklık değişmesi veya şaft üzerindeki iğnin hareketi ile yağ akışı sağlanabilir.

3.2.3.3. Damlama İle Yağlama

Yağın akışı bir iğne yardımıyla kontrol edilir. Çok iyi bir yağlama sağlar.

3.2.3.4.Fitilli Yağlama

Bu sistemde yağ fitili, pamuk, keçe, yün ve bu gibi maddelerin birbiriyle karıştırılmasıyla yapılan bir fitilin bir ucunun yağ banyosu içinde, diğer ucunun ise yağlanacak olan yüzey üzerine gelmesi ile yağlama sağlanır.Sürekli bir yağlama sağlar, sistem dursa bile yağlama sürer.Yağlamanın durdurulması ancak fitillerin çıkarılması ile mümkün olur.

3.2.3.5.Halka, Zincir ve Bilezikli Yağlama

Yatay çalışma durumundaki yataklarda kullanılır.Halka yağlamalı yatakların üzerinde büyük çapta bir çember döner ve alttaki yağ kabı içinden yağın alınarak yatağa taşınması suretiyle yağlamayı sağlar.Bilezikli ve zincir yağlamalı yataklar, yüzük yağlamalı yataklarla aynı prensibte olup, fark sadece zincir yağlamada bir çember yerine zincir kullanılmış olmasıdır.Bilezikli yağlayıcılarda ise shaft üzerine madeni bir bilezik geçirilmiştir.Bu bilezik yağın içine batır ve yağlanması gereken kısımlara yağın atılmasını sağlar.

3.2.3.6.Banyo Yağlama

Bu yöntem sürtünen yüzeylerin bir yağ banyosuna tamamen batırılmasının mümkün olduğu yerlerde kullanılır.Genelde dik yataklara uygulanır.

3.2.3.7.Sıçratma Yağlama

Bu sistemde yağlama, bir yağ banyosu içindeki yağı bir çeşit çarpma ile yağlanması istenen parçanın üzerine devamlı sıçratmakla mümkündür.

3.2.3.8.Devridaim Yağlama Sistemleri

Yağlanması gereken yataklar ve diğer aksama sabit akışlı bir yağ temin etmekte ve yağlamadan sonra yağ bir tanka alınıp temizlenerek tekrar kullanılmak üzere pompalanabilmektedir.

3.2.4.Sürekli Dökümde Yağlayıcı Uygulama Şekilleri

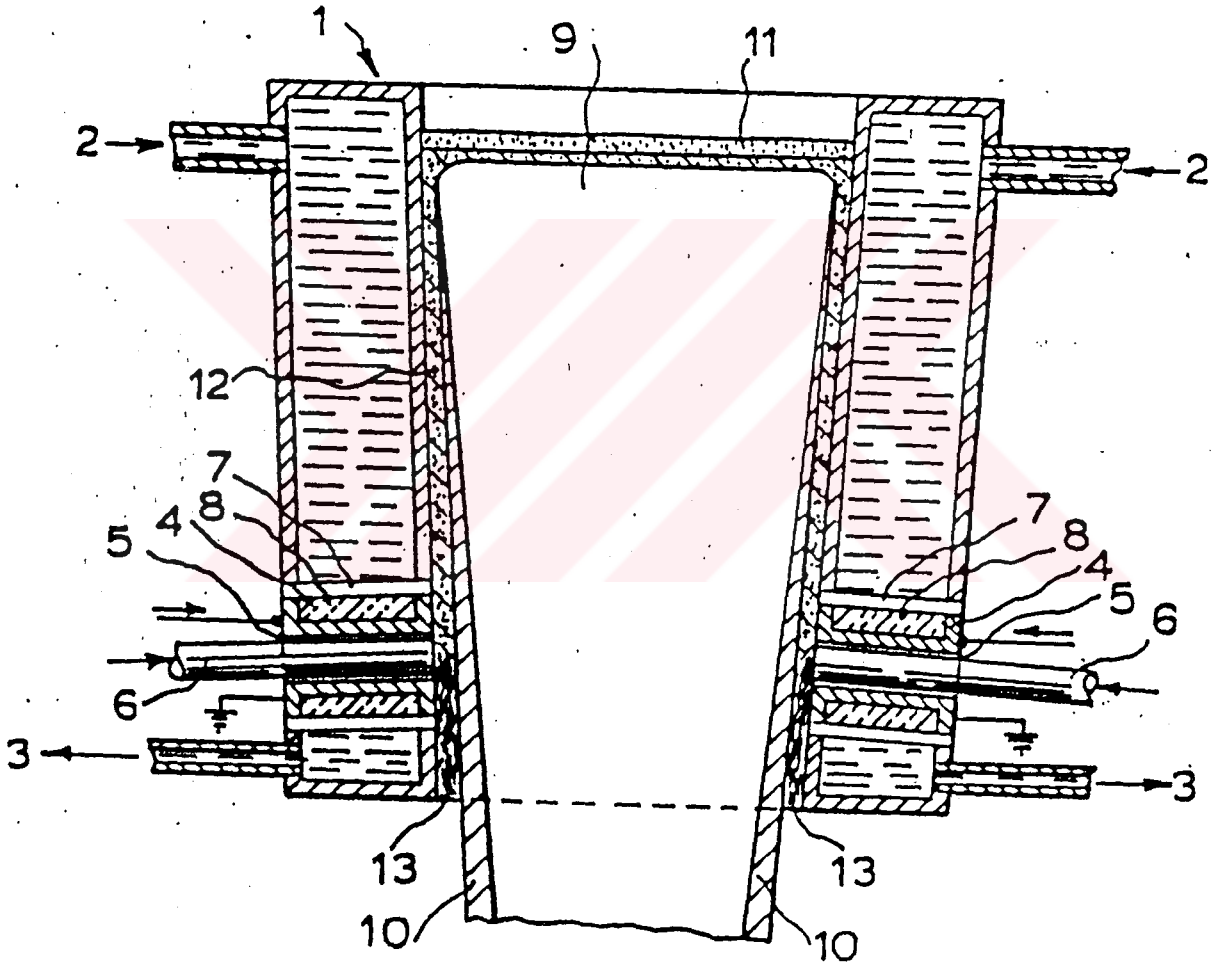
Kalıp yağlarının uygulanabilmesi için uygun yöntem ve metotlarla bağlantılı birçok sayıda patent vardır.Yağlayıcının sağlanması , kalıp merkezindeki bir depodan beslemenin yapılması veya metal seviyesinin biraz üzerinde kalıp duvarları boyunca açılmış borularca yapılabilir.Yağlayıcının viskozitesi kalıp boyunca yayılabilecek ve kalıp duvarı ile katılaştıran metaller arasındaki yüzeyi kaplayabilecek ölçüde olmalıdır.Benzer bir patentte gözenekli grafit kalıplar (yaklaşık %20 gözeneklilik) yardımıyla yağlayıcının metal ile kalıp arayüzüne taşınması esasına dayanır.(10)

Gaz veya sıvı haldeki karbonlu bir malzemenin yanmayı tam sağlamayacak ölçüde bir yetersizlikle kalıp boyunca yayılmasında karbon çökelmelerine sebebiyet verebilir.Bu manada basınç altında nötr veya indirgenmiş gaz veya bir sıvı, basınç ve akma kontrolleri ile tanımlanabilirki böylece metalin kalıba temasından sakınılmış olunur.Kalıba komşu bir besleyiciden sağlanan katı blok veya pasta veya toz şeklindeki bir yağlayıcı kaplama boyunca yağlayıcının boşluklara akmasını sağlar.(10)

Economopoulos ve D'Haeyer (1990) tarafından geliştirilen Şekil 3.2'deki gibi bir sürekli döküm kalıbı yağlama metodunda, sıvı metal genellikle vibrasyonla olmak üzere dipsiz ve çeperleri sürekli olarak soğutulan bir kalıp içine dökülür.Sürekli ve kuvvetli soğumanın sonucunda dökme metalin yüzeyi hemen katılaşıp ve katılaştıran metal, geri çekme merdaneleri yardımıyla sürekli bir katılma gerçekleştirerek kalıp içinden çekilir.(13)

Geliştirilen metotta; kalıp etrafı, soğutma suyu devresi (1) ile çevrilidir ve devreye su girişi (2) ve çıkışı (3) boruları bağlanmıştır.Su içi boş duvarlar boyunca hareket eder.Her iki tarafa yerleştirilmiş fırınlardan (4) silindirik ağızlı borular (5) yardımıyla yağlayıcı kalıp çeperine gönderilirler.Fırınlara joule-etkisi ısıtma sistemine sahiptirler ve elektrik akımıyla çalışırlar.Bunlar soğutma sıvılarından sızdırmazlık bantlarıyla (7) ayrılmışlardır ve soğutma suyundan dolayı vaktinden önce olabilecek ısınmaları önlemek için ısı yalıtımcı malzemeler ile sarılmışlardır (8).Sıvı metal kalıp içine döküldüğü vakit katılaştıran yüzey (10), döküm malzemesinin (9) yüzeyinde oluşur ve dökümün ilerlemesiyle katılaştıran tabakanın kalınlığı artar. Sıvı metalin

tepesine çökelmiş tozlar(11) kalıptaki vibrasyon nedeniyle kalıp duvarının iç yüzeyi (1) ve katılaştıran tabaka (10) arasında akar.Erimiş tozlar tarafından oluşturulmuş film (12) kalıbın en alt kısmında ısıtılmış ve erimiş yağları taşıyan çubuklar (6) devreye girerek yağlama işlemini yapar.(9)



Şekil 3.2.Kalıp Yağlaması Modeli

3.2.5.Yağlarda Kullanılan Katkı Malzemeleri

Ham yağlar her türlü gereksinimin ihtiyaç duyduğu özellikleri taşıyamazlar.Bir yönden uygun bir yağ diğer bir yönden yetersiz kalabilir.En kaliteli baz yağlar bile ağır çalışma koşullarında tam yağlama ve koruma görevini gerçekleştiremezler.Bu nedenle bazı kimyasal malzemeler karıştırılarak, yağlar güçlendirilmekte ve özel nitelikler kazandırılmaktadır.Kısaca, başlangıçta yağda bulunmayan veya belirli bir miktarda bulunan özellikleri yağa kazandırmak, mevcut özellikleri iyileştirmek, istenmeyen bazı özellikleri en aza indirmek veya yok etmek amacıyla yağa ilave edilen maddelere katkı denir. (20)

3.2.5.1.Viskozite Endeksi Geliştiriciler

Isı değişiminin yağ viskozitesi üzerindeki tesirini azaltan katıklardır.Normal olarak yağlar ısınınca viskoziteleri azalır ve sıcak halde yağlama yapabilmesi için yüksek viskoziteli yağlar kullanmak gerekir(12).Bir yağın viskozitesi ile sıcaklığı arasındaki ilişkiyi viskozite endeksi verir.Bu endeks -18°C ile $+100^{\circ}\text{C}$ arasındaki ölçümlere göre belirlenir.Yüksek viskozite endeksine sahip yağlar, sıcaklık değişimleri karşısında başlangıç viskozitelerini, düşük viskozite endeksli yağlara oranla daha iyi korurlar.İşte bu yüzden sıcaklığın viskozite üzerindeki etkisini azaltmak amacıyla yağa viskozite endeksini geliştirici, çoğu zaman polimerlerin solisyonu olan katıklar verilir(20).

3.2.5.2.Aşınma Önleyici Katıklar

Katıksız yağlar, çalışma şartlarında oluşan sürtünmeyi önleyemeyebilir.Bu nedenle yağlara aşınma önleyici katıklar konulur.Bu cins katıklar mikroskopik filmler meydana getirerek aşınmayı önlerler (20) ve yağın normal olarak taşıyabileceği yükün iki üç misli yük taşıyabilmelerini sağlarlar: metal yüzeyini lekelemez ve pas yapmazlar (12).

3.2.5.3.Köpük Önleyici Katıklar

Çoğu zaman silikon polimer bazlı olan bu katıklar,yağın havadan kolayca ayrılması ve köpürmemesi için kullanılır(20).Köpük halindeki yağ yük taşıyamaz.Bu hal özellikle hidrolik sistem ve dişli kutularında sakınca oluşturacağından böyle yerlerde kullanılacak olan yağa katılan katık köpük baloncuklarının birbiri ile birleşerek büyüüp patlamasını sağlar(12).

3.2.5.4.Oksidasyon Önleyici Katıklar

Yağlar kullanıldıkları yerlerde hava ile temas ederler.Bunun sonucu, yağ oksitlenir.Yağın oksitlenmesi sonucunda da viskozitesi artar, asit artıklar ve karbonlu maddeler oluşur.İşte bu tür zararlı oluşumları önlemek için yağa, oksidasyon önleyici katıklar konur.Bu katıklar yağın ömrünü uzatır ve metal yüzeyler üzerinde tortu birikimini azaltır(20).

3.2.5.5.Pas Önleyici Katıklar

Aksam içine sızan rutubet ve suyun pas yapmasını önlemek amacıyla yağa ilave edilirler.Bu katıklar, metal yüzeyler üzerinde bir film tabakası oluşturarak bunların su ve hava ile temasını keserler(20).Bunlar polar organik bileşikler olup metal yüzey ile kimyasal reaksiyona girmeden yükümlülüklerini yerine getirirler(12).

3.2.5.6.Yapışkanlık Verici Katıklar

Bu katıklar yağın metal yüzeye yapışmasını sağlarlar.Bu katıkların konulduğu yağların aşınmayı önleme kabiliyetleri yüksektir.Ayrıca normal kapasitelerinin iki üç misli yük taşımayıda sağlar(20).

3.2.5.7.Aşırı Basınç Katkıları

Metalin metale teması ile kaynama, kesilme, çizilme, yapının tamamen tahrip olması gibi olaylar meydana gelir.Bu tip olaylara engel olmak için yağa aşırı basınç (EP) katkıları ilave edilir.Bu katıklar yağ moleküllerinin film mukavemetini ve yük taşıma kapasitesini artırır(20).Bunların içerisinde kükürt, flor, fosfor bileşikleri bulunur (12).



4.DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu tezdeki deneysel çalışmalar 3 kademeye ayrılmaktadır:

- 1) Uygun yağlayıcı yapımı/seçimi
- 2) Geliştirilen yağlayıcıların endüstriyel boyutlu döküm sistemlerinde denenmesi
- 3) Geliştirilen yağlayıcılar ile dökülen biletlerin yüzey yapıları ve makro-mikro yapısal özelliklerinin optik ve elektron mikroskopisi ile incelenmesi

4.1.Yağlayıcı Geliştirimi

Bu tezde 3. bölümde verilen bilgilerin ve tecrübelerin ışığı altında uygun ve ekonomik yağlayıcı yapımı amacıyla yola çıkılmıştır.Öncelikli olarak bulunabilirliği olan ve ekonomik şartları müsait yağlayıcı katışıkları tespit edilmiştir.Daha sonra çeşitli oranlarda karıştırılarak işleme hazır duruma getirilmişlerdir.Yağlayıcı yağ yapımı amacıyla karışıma katılan temel katışıkları aşağıdaki gibidir:

- Stearik Asit
- Oleik Asit
- MoS₂
- Grafit
- Molibden Sabunlu Gres
- Ağır Mineral Yağ
- Mısır Özü Yağı

4.1.1.Stearik Asit

Doğal hayvansal ve bitkisel yağlarda en yaygın olarak bulunan yağ asitidir.En çok kullanılan ticari stearik asit %45 palmitik asit, %50 stearik asit ve %5 oleik asit içerir, fakat daha saf sınıfların ticari uygulamalarıda vardır.Renksiz, balmumu kıvamında katı, kokulu bir maddedir.Üretimi iç yağının yıkanması, Twitchell veya benzer bir katalizör yardımıyla hidrolizi, kaynatılması,distilasyonu ve soğutulup preslenmesi ile yapılır.Alkol, eter, kloroform, karbondisülfat, karbontetraklorit içinde çözünebilirken, suda çözünmez.

80/4° C' de özel yoğunluğu0.8390 g/cm³

Erime Sıcaklığı.....69.6°C

Kaynama Sıcaklığı.....361.1°C

Alev Alma Sıcaklığı.....196.0°C (16)

4.1.2.Oleik Asit

Çalışmalar sırasında yerfıstığı yağı oleik asit kaynağı olarak kullanılmıştır. Oleik asit sarı renkli ve kristal yapılıdır. Benzen ve kloroform içinde çözünürken; su, alkol ve aseton içinde çözünmez. Ayrışma sıcaklığı 140°C 'dir (11). Yüksek yağlı asitlerin kolestrolünü içerirler (16). Yüzey gerilimini düşürür. Suyu tutma kabiliyetini diğer bir deyişle su/yağ tipi emülsiyon oluşturma özelliğini veren maddelerin başlıcaları yerfıstığı yağı ve yerfıstığı yağından elde edilmiş alkoller ve bunların esterleridir. Suda erimez, organik çözücülerde erir, erime derecesi $34 - 40^{\circ}\text{C}$ 'dir. Yağlara ilave edilince bu maddelere su tutma yeteneği ve kaydırıcılık özelliği verirler (17). Ayrıca gresin viskozitesini artırmak ve emülsiyon yapıcı olarakta kullanılırlar (11).

4.1.3.Ağır Mineral Yağ

Kömür katranının $230 - 330^{\circ}\text{C}$ arasında distilasyonu ile elde edilmiş yağ (11). Kömür madeni havayla herhangi bir temas olmaksızın rafine edildiği vakit; katı, sıvı ve gaz formlarında ürünler oluştururlar. Elde edilen ürünün miktarı ve doğası erime sırasında kullanılan sıcaklığı ve kömürün cinsine bağlıdır.

Kömür katranı büyük çoğunluğu aromatikler olan çeşitli kimyasal bileşiklerin karışımıdır; kömürün distilasyonu veya ısıtılarak eritilmesiyle elde edilmiş bir yan üründür. Distilasyondan amaç maksimum akma ve minimum serbest karbon değerlerine sahip ürün elde etmektir. Kömür madeni ezilip 20 mesh'e öğütülür, kurutulur ve aromatik bir yağ içinde % 0.5 katalizör ilavesi ile çözülür. % 25-40 kömür içeren solisyon yüksek basınç altında hidrojenatörlerle pompalanır. Ön ısıtmadan önce, miktarının % 300 - 400 fazlası hidrojen ile karıştırılıp konvertör beslenir. Çelik konvertörün işlem dataları, $450 - 540^{\circ}\text{C}$ sıcaklık, $2.81-4.21 \text{ kg/mm}^2$ basınç, 3-4.5 dakika işlem süresidir ve reaksiyonun cinsi ekzotermiktir (18).

Kömür katranının tipik analizi şöyledir (18) :

Benzel ve Toluol.....	%1
Diğer hafif yağlar.....	%0.7
Fenol.....	%0.3
Krezollar.....	%0.3
Naftalin.....	%4.3
Kreozat yağı.....	%28.3
Antrasen.....	%0.3
Zift.....	%64.8

Kansorejen etkisi vardır (11).

Tablo 4.1.Kömür Katranı Üretim Sistemlerinin Karşılaştırılması

<u>Sistem</u>	<u>Sıc.(°C)</u>	<u>% Zift</u>	<u>% Yağ</u>	<u>% Serbest C</u>
Atmosferik	413	57.8	40.1	40.7
Vakum	330	42.5	56.6	28.8
Buhar Distilasyonu	340	47.5	50.6	28.8

Deneyde kullanılan diğer yağlayıcı malzemeler 3.bölümde ayrıntılı olarak verilmiştir.

4.1.4.Karışımın Hazırlanması

Gerek kıvamları gerekse mevcut kullanım alanları açısından stearik asit ve oleik asit hazırlanacak yağlayıcılarda temel teşkil edecek şekilde miktarlandırılmışlar ve diğer katışkılar bunların içine farklı oranlarda karıştırılarak, kalıbı yağlamaya uygun viskozite ve maliyette yağlayıcı yapımı yoluna gidilmiştir. Üretim esnasında denenen, geliştirilmiş yağlayıcılar aşağıdaki gibidir:

0) Kalitesi belirsiz margarin ve katı yağlayıcı karışımı yağlayıcı

1) % 47 Stearik Asit + % 47 Oleik Asit + % 6 MoS₂

2) % 95 Stearik Asit + % 5 MoS₂

3) % 95 Oleik Asit + % 5 MoS₂

4) Standart yağlayıcı

5) % 95 Stearik Asit + % 5 Mo-gresli özel yağ

6) % 98 Stearik Asit + % 2 Grafit

7) %88.5 Stearik Asit + %4.91 Ağır Mineral Yağ + %4.91 Mo-gresli özel yağ + %1.67 Mısır özü yağı

8) % 64 Ağır Mineral Yağ+ %24 Oleik Asit+ %4 Grafit + %4 Mısır özü yağı + %4Mo-gresli özel yağ

Yağlayıcı içinde grafit ve molibdenli gresin her ikisinde kalıp yüzeyindeki boşlukları doldurup iyi yüzey görünümü sağlamaktadır ki bu nedenden ötürü her ikisinde ayrı ayrı kullanılmıştır. Molibdenli gres yarı akışkan iken grafit toz halinde kullanılmıştır.Kullanım sırasında grafit tozlarının bilet yüzeyini çizmemesi için öğütme ve eleme işlemi yapılarak tanecik boyutu 45- μ m'nin altına indirilmiştir.

Deneyleerde kullanılan stearik asit iki ayrı formunda da kullanılmıştır. İlk form özel yöntemlerle üretilmiş ve sanayi için özel olarak işlenmiş stearik asit; diğer form ise iç yağının laboratuvarında ezilip, preslenmesiyle tarafımızca elde edilmiş yağıdır; fakat bu formdaki iç yağı kullanım sırasında istenilen viskoziteyi verememiş ve uygulamayı zorlaştırmıştır.

4.2. Geliştirilen Yağlayıcının Denenmesi

Deneme işlemi GEBZE 'de kurulu SERAL ALÜMİNYUM A.Ş. tesislerinde yapılmıştır. Buradaki üretim sistemi yarı-kontinü düşey döküm yöntemidir ve işlem parametreleri şu şekildedir:

Döküm Sıcaklığı.....	720°C
Döküm Hızı.....	18 cm/dak
Bilet Çapı.....	Ø 120mm
Döküm Alaşımı.....	AA 6063
Kimyasal Kompozisyon.....	<u>Element</u> <u>%Ağırlık</u>
	Al 97.7-98.9
	Cu 0.10
	Fe 0.30
	Si 0.3-0.7
	Zn 0.10
	Mn 0.20
	Mg 0.4-0.9
	Ti 0.10
	Cr 0.05

Tesis, yağlayıcı yağ olarak İtalya'dan ithal edilen ve ülkemizdeki hemen hemen tüm alüminyum sürekli ve yarı-sürekli dökümcülerin yağlayıcı olarak kullandıkları mamülü kullanmaktaydı.

Geliştirilmiş yağlar ve normal olarak kullanılan yağlayıcı elle bir sünger yardımıyla kalıp yüzeylerine uygulanmışlardır. Ardından olabilecek muhtemel patlamalarında önlenbilmesi amacıyla döküm yavaş yavaş alınmaya başlanılmış ve bir süre sonra normal döküm hızına ulaşılmıştır.

Biletler sürekli olarak gözlenmiş ve kalıbın bileti bırakmasındaki davranışları tespit edilmiştir. Geliştirilen ve ithal edilen yağlar arasında kalıbın bileti bırakması açısından gözle yapılan tespitler sonucu hiçbir fark olmadığı ve tüm yağların aynı şekilde akışı sağladığı görülmüştür. Fakat yapısında mısır özü yağı kullanılmış yağlayıcılarda dökümün başında bir buhar çıkışı görülmüştür ki bunun sebebinin mısır özü yağının yüksek sıcaklık dayanımı olmadığı şeklinde yorumlanmıştır.

Döküm sonunda yüzeyleri incelenen biletlerde görünüm açısından pek bir farklılık olmadığı görülmüştür. Buda bu tezde hedeflenen ilk amaç olan iyi yüzey görünümünün sağlandığını göstermiştir ki sıra artık makro ve mikro yapısal incelemelere gelmiştir.

4.3. Biletlerin Makro ve Mikro Yapılarının İncelenmesi

Yüzey görünümleri açısından pek bir farklılık olmayan yedi adet geliştirilmiş yağlayıcı ve bir adette ithal yağlayıcı kullanılarak dökülmüş biletlerden 1'er cm kalınlığında 5 adet $\varnothing$ 120mm numune yapılarını oluşturan faz, tane, enklüzyonlar, vb. nesnelerin, tür, büyüklük, biçim ve dağılımlarını tanıyıp ölçerek, belirlemek amacıyla soğuk testereyle kesildi. Kesilen numuneler makro dağlama için $\varnothing$ 120mm iken mikro dağlama için daha küçük boyutlu olarak hazırlanmıştır.

Numuneler önce bir motorlu dönen zımpara kuşağı ile kaba olarak düzlendi. Her aşındırma (düzleme) işlemi bir bozunum katmanını giderecek bir aşındırıcı büyüklüğü seçildi. Yaş zımparalama (düzleme) işlemi uygulanarak, numune yüzeyinden aşınıp kopan parçacıklar, ortamdan uzaklaştırıldı (aksi taktirde bu parçacıklar düzlenen yüzeye gömülüp kalabilir ve kalıntı görünümü alarak yanlış yorumlara yol açabilir). Zımparalamanın her aşaması bir önceki aşamada oluşan bozunmuş metal katmanını aşındırarak tümünden giderir. Deneyler sırasında sırasıyla 120-180-220-320-400 ve 600 mesh'lik zımparalar kullanılmıştır.

Zımparalama işleminden sonra mikro dağlama yapılacak numuneler olabildiğince düzgün, çiziksiz ve ayna görünümünde bir yüzey oluşturmak amacıyla parlatma işlemine tabi tutuldu. Parlatma işleminde yüzeyde herhangi bir çizik kalmaması amacıyla sırasıyla Al_2O_3 ve Cr_2O_3 oksit tanecikleri sulu çözelti şeklinde kullanıldı. Parlatma işlemi sırasında; çuha sürekli olarak hafif nemli tutuldu ve tek bir yönde çalışıldı.

Zımparalama ve parlatma işlemleri bittikten sonra sıra dağlama işlemine geldi. Dağlama ile numunelerin mikro yapıları görünür hale getirilip alaşımın yapısal karakteristikleri ortaya konulur ve kullanılan yağlayıcılarda metal anodik olarak çözünür (19).

Makro dağlama için Ø120mm'lik numuneler 15'er dakika % 13'lük NaOH çözeltisi içinde dağlanmışlar ve ardından % 25'lik HNO₃ ile yüzeyler nötrale edilip 25 g.FeCl₃ + 50ml.HCl + 250ml.H₂O çözeltisiyle dağlanıp; akar su altında yıkanp hava ile kurutulmuşlardır.

Diğer numuneler ise elektrolitik dağlamaya tabi tutulmuşlardır.Elektrolitik dağlamada, dağlama ayıracı olarak % 70 metanol ve % 30 HNO₃ içeren çözelti kullanılmıştır ve numune anot olarak bağlanmışır.

Daha sonra OLYMPUS IŞIK MİKROSKOBUNDA 100x'den 500x'e dek büyötmelerle yapı muayene edilmiştir.Ayrıca ARÇELİK A.Ş. Çayırova Tesisleri AR-GE Labarotuvârında NORAN INSTRUMENTS JEOL JSM-6400 SEM; Tarama Elektron Mikroskobunda yapıların Si ve Mg haritaları çıkarılmışır.

5.DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu araştırmalardan elde edilen sonuçlar iki başlık altında sunulmuştur:

- i) Standart dışı, standart (halen döküm uygulamalarında kullanılan) ve bu çalışmada yapılan (deneme) yağlayıcıların kullanıldığı endüstriyel boyutlu yarı-sürekli düşey döküm yöntemi ile 6063 alüminyum alaşımı bilet dökümündeki makroskopik (gözle) gözlemler ve
- ii) Standart dışı, standart ve deneme yağlayıcıların kullanımlarıyla dökülen 6063 alaşımı biletlerin yüzey ve yüzey altı mikroyapılarının optik ve analitik tarayıcı elektron mikroskopisi ile muayenesi.

5.1.Makroskopik Gözlemler

Çeşitli yağlayıcıların kullanımı ile gerçekleştirilen bilet dökümlerinde yapılan gözle muayene sonuçları Tablo 5.1.'de sunulmuştur.

Tablo 5.1.Fabrika ortamında denenen yağlayıcılar üzerindeki gözlemler

Yağlayıcı (*)	Tipi (**)	Dökülen Alaşımın Tipi	Standart Yağlayıcı ile Kıyaslama	Gözlem ve Yorumlar
0	N	Etial-60	Kötü	Şiddetli derecede ekstüde bant oluşumu
1	N+L	Etial-60	Eşit Kalite	Kalıp yüzeyine uygulamada zorluk
2	N+L	Etial-60	Eşit Kalite	İyi yüzey ve uygulama kolaylığı
3	N+L	Etial-60	Düşük	Yüzeyde katmerlenme
4	Standart	Etial-60	Standart	Standart
5	N+L	Etial-60	Düşük	Uygulama zorluğu
6	N+L	Etial-60	Düşük	Uygulama zorluğu
7	N+M+L	Etial-60	Düşük	Uygulama zorluğu
8	N+M+L+G	Etial-60	Eşit kalite	İyi yüzey ve uygulama kolaylığı fakat döküm başlangıcında aşırı derecede yanma reaksiyonu sonucu gaz çıkışı meydana gelmiştir.

(*) : Bölüm 4.1.4., sayfa 45

(**) : N, Doğal hayvansal ve bitkisel yağ

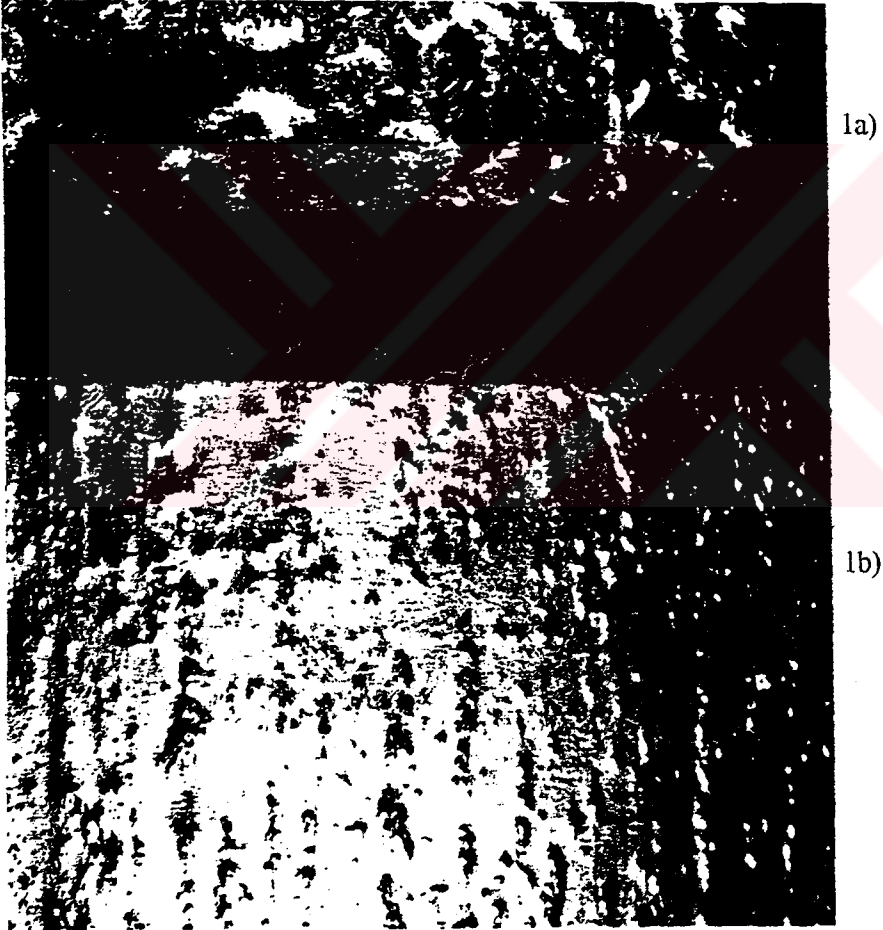
L, Katı yağlayıcılar

G, Mineral gres

M, Mineral yağlar

0 numaralı yağlayıcı ile dökülen iki bilete ait yüzey yapıları Şekil 5.1a' da (10) sunulmuştur. Bu resimlerde rahatlıkla görülebileceği gibi bilek yüzeyinde belirli bölgelerde yığılmış eksüde (ötektikçe zengin ergiyeğin dendritler arası kanallardan akarak bilek yüzeyine çıkması ve orada katılaşması) bantlar görülmektedir. Bu tip eksüdasyon oluşumu aynı zamanda dış tip ters segregasyon olarak adlandırılmaktadır. Bu hatanın oluşumundaki en büyük paya kullanılan 0 numaralı yağın işlevini yerine getirmemesi neden olmaktadır. Yüzey bantlarının aşırı derecede oluşması halinde endüstride kanama olarak adlandırılan bilek kabuğunda aşırı yapışma neticesi kırılma ve büyük miktarlarda sıvı akışı meydana gelir.

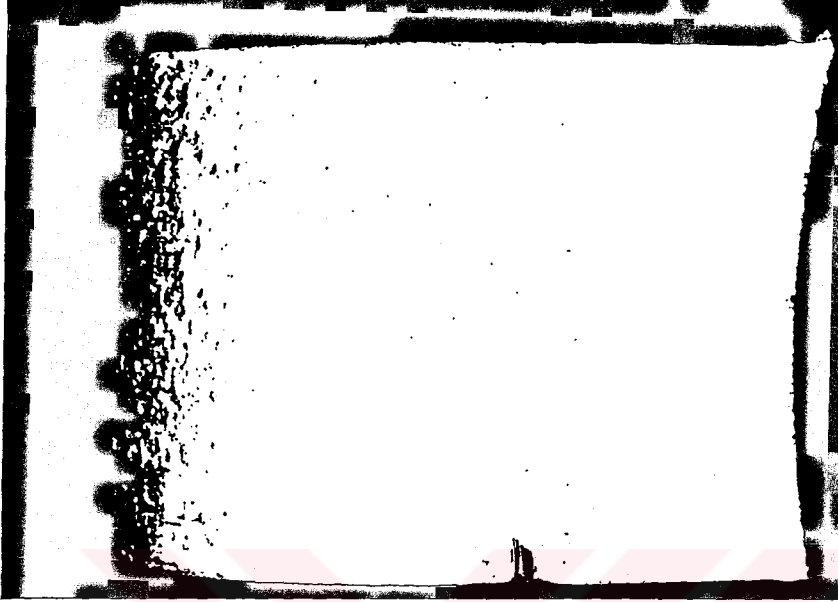
Şekil 5.1b' de (10) standart yağlayıcı ile yapılan bilete ait yapı sergilenmiştir. Burada düşey döküm çizgileri mevcut olup bu hataların ana nedeni kalıp dizaynı ile ilişkilidir ve yağlayıcılarında belirli etkisi vardır ancak Şekil 5.1a' daki bilete göre daha iyidir.



Şekil 5.1. Etial-60 (6063 Ø120 mm) bileklerin yüzey görünimleri (gerçek büyütme)

- a) Adi margarin + katı yağlayıcı kullanılarak dökülen bilek
- b) Standart yağlayıcı kullanılarak dökülen bilek

Şekil 5.2a ve 2b' de sırasıyla 1 nolu ve 4 nolu yağlayıcılarla dökülen biletlerin yüzey yapıları gösterilmiştir. Şekil 2a, Şekil 2b ve Şekil 1a, 1b ile karşılaştırılsa bu biletin yüzey kalitesinin daha yüksek olacağı görülecektir.



2a)



2b)

Şekil 5.2.Etial-60 (6063 Ø 120 mm) biletlerin yüzey görünümleri (gerçek büyütme)

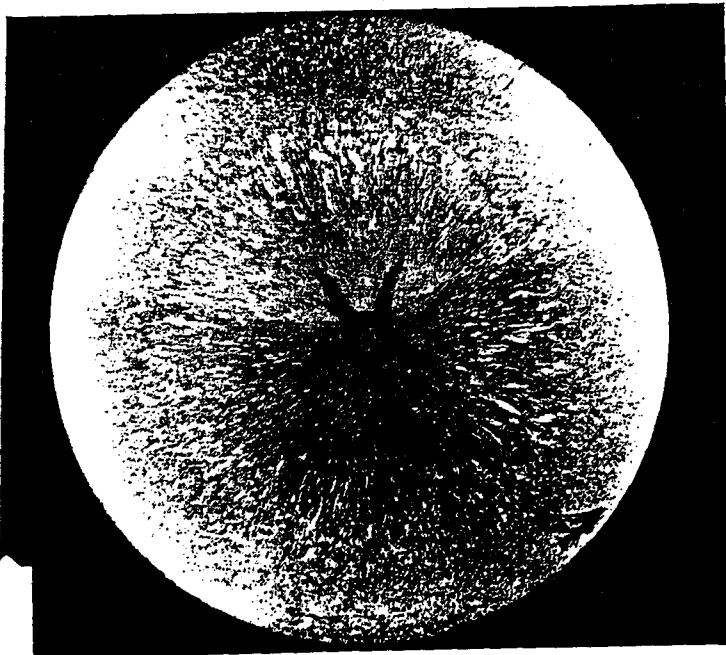
- a)1 nolu yağlayıcı (Tablo 5.1.) kullanılarak dökülmüş biletin yüzeyi
- b)Standart yağlayıcı kullanılarak dökülmüş biletin yüzeyi

Uzun etekli metalik kalıplar/başlıklarla yapılan sürekli dökümde yağlayıcının başlıca iki fonksiyonu vardır:

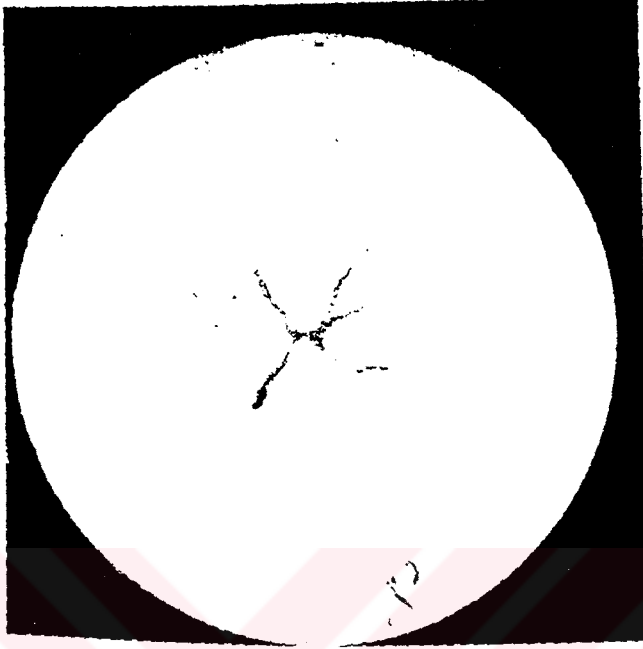
- 1) Su soğutmalı kalıp duvarı boyunca ısı transferi ile katılaşan ve teşekkül eden ve merkezi sıvı metal ile dolu bilek kabuğu ve kalıp iç yüzeyi arasında sürtünmeyi azaltarak aşınmayı önlemesi ve bunun neticesinde aşağıya doğru hareket eden bilek kabuğunda kuvvet etkisiyle plastik deformasyonun önlenmesi ve eksüdasyon ile kanamanın önlenmesi.
- 2) Yağlayıcıların metal başlık kullanılan döküm yöntemlerinde diğer bir fonksiyonu ısı transferini azaltarak kabuğun büyümesini yavaşlatma ve dolayısıyla ingot yüzeyi ile kalıp yüzeyi arasında katılaşma düzenlemesi neticesi oluşan hava boşluğunun oluşumunu geciktirme ve dolayısıyla hava boşluğunun neden olduğu yüzey segregasyonu ve kötü yüzey kalitesi gibi problemleri azaltma.

Makroskopik gözlemler 1 ve 2 karışımlarının standart yağlayıcılarla eşdeğer kalitede bilek yüzeyi sağlayabileceğini göstermektedir.

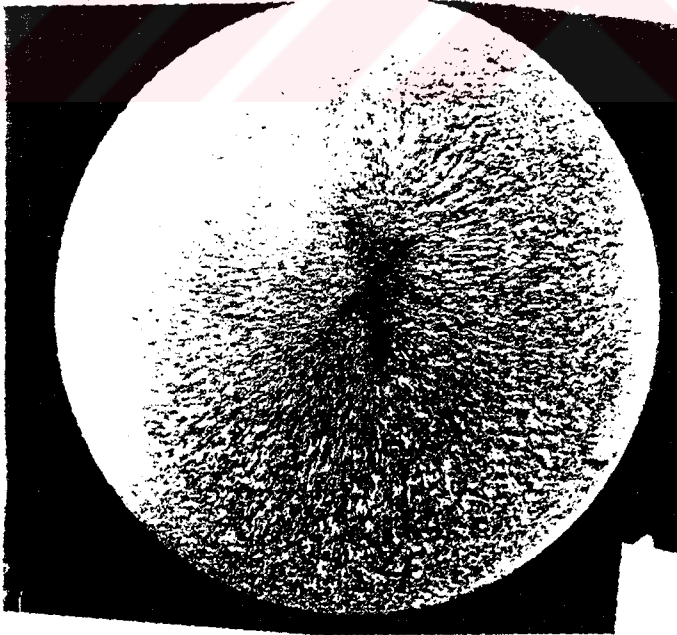
Şekil 5.3a, 3b ve 3c' de 2, 8 ve 4 numaralı yağlayıcılarla dökülen bileklerin 2/3 oranında büyütülmüş kesit alanlarının makro yapıları sergilenmiştir. Merkezi bölgedeki çatlaklar sıcak yırtılma çatlamlarıdır ve ana nedeni tane rafinasyonu işlemini yapan Al-Ti-B 'un kullanılmamasıdır. Bu yapıların incelenmesi kalıp dizaynının uygun olmadığını ve katılaşmanın büyük oranda kalıp altı su uygulaması yerine kalıp duvarı boyunca oluşan ısı transferince gerçekleştirildiğini ortaya koymaktadır. Sump olarak adlandırılan, kalıp içindeki sıvı metal yüksekliği ölçümleri bu görüşü doğrulamaktadır. Sıvı metal yüksekliği 100 mm çaplı bileklerde 70-100 mm civarındadır. Bu değer kullanılan bu yöntemin oldukça eski bir metod olduğunu göstermektedir.



3a)



3b)

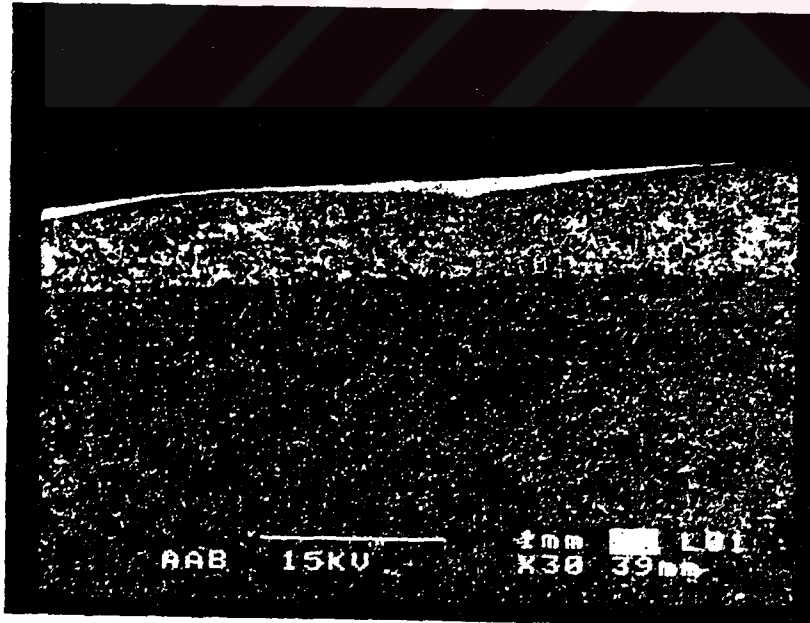


3c)

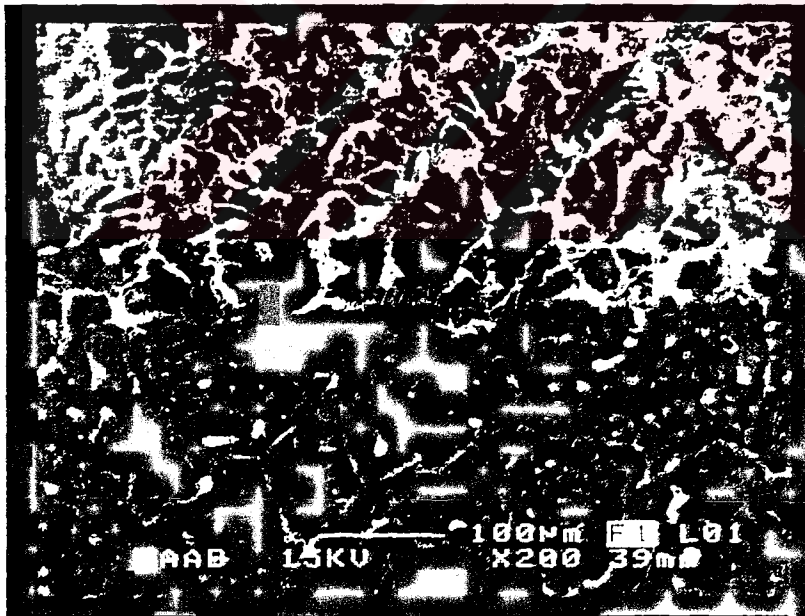
Şekil 5.3. 2 (3a), 8 (3b) ve 4 (3c) nolu yağlayıcılarla dökülmüş bilek kesitlerine ait tane yapıları
(Makro Dağlama)

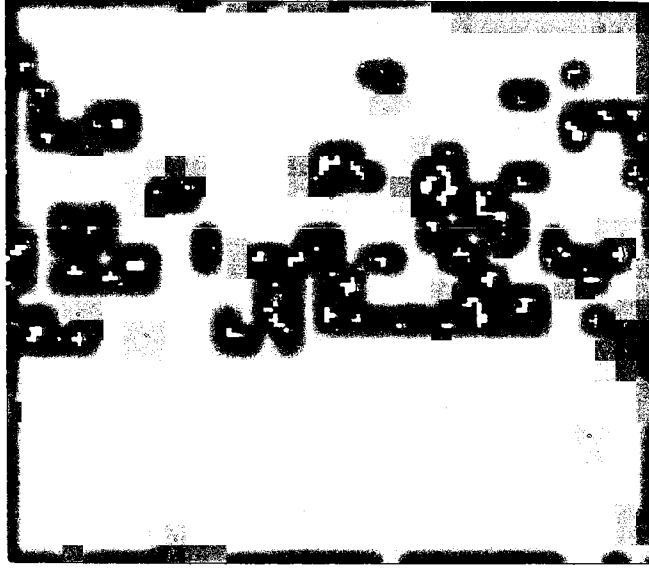
5.2.Biletler Üzerinde Yapılan Mikroskopik Gözlemler

Şekil 5.4a, 4b, 4c ve 4d 'de 0 numaralı yağlayıcı ile dökülen (10) biletlerden alınan numunelerden analitik tarayıcı elektron mikroskopu ile çekilen mikrograflar sunulmuştur. Şekil 5.4a, 4b ve 4c'de farklı büyütmelemlerde çekilmiş eksüdasyon zonları ve biletin normal yüzeyini göstermektedir. Bu resimlerde yüzey bantı ve ingotun normal kırımı açıkça görülmektedir. Arayüzeyde toplanan alaşım elementlerince zengin ötektik sıvı ters segregasyon sonucu yüzeye akarak hava boşluğunu doldurmuş ve ısı transferini normale döndürmüştür. Yüzey ters segregasyonu zonunda ikinci fazların (ötektiğin) hacim oranı % 4 - 5 'den % 50' ye çıkmıştır. Şekil 5.4d yüzey (eksüde) banttaki Si dağılımını göstermektedir ve bu harita Şekil 5.4b' ye eşdeğerdir. Eksüde bantta ve yüzey altında yapılan SEM, EDAX (elektron difraksiyonu x-ışını analizi) analizlerine göre yüzey altında % 1 olan Si oranı eksüde bantta % 6.12 'ye yükselmiştir. 6063 alaşımı % 0.4-0.6 arasında Si içerir. EDAX analizleri yüzeyde aşırı derecede alaşım elementi yığılması oluştuğunu göstermektedir. Yüzey altında da önemli miktarda ters segregasyon etkisi mevcuttur. Şekil 5.4e de eksüde bölgeden alınan X-ışını difraksiyon paterni görülmektedir. Şekil 5.4d' deki difraksiyon paterni bu bölgede Si, Mg ve Fe zenginleşmesinin mertebesini açıkça sergilemektedir (%0.4 Si, %0.6 Mg ve %0.3 Fe içeren bir malzemede x-ışını difraksiyonu ile bu elementlerin varlığının tayini olanaksızdır).

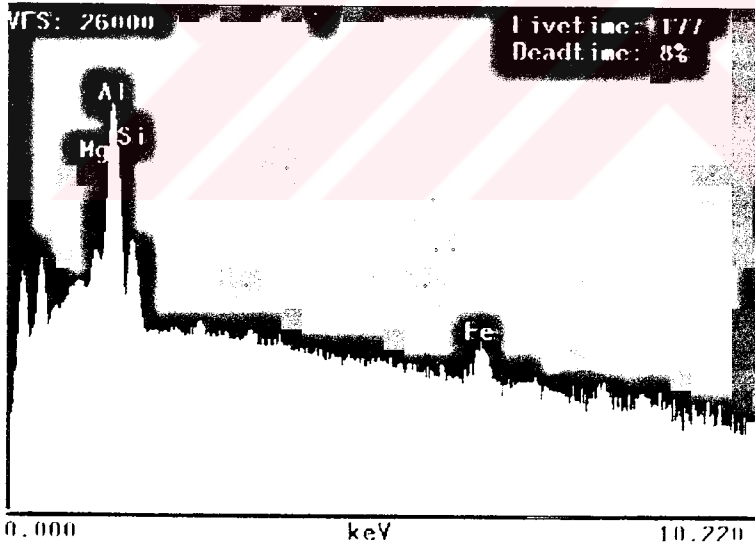


4a)





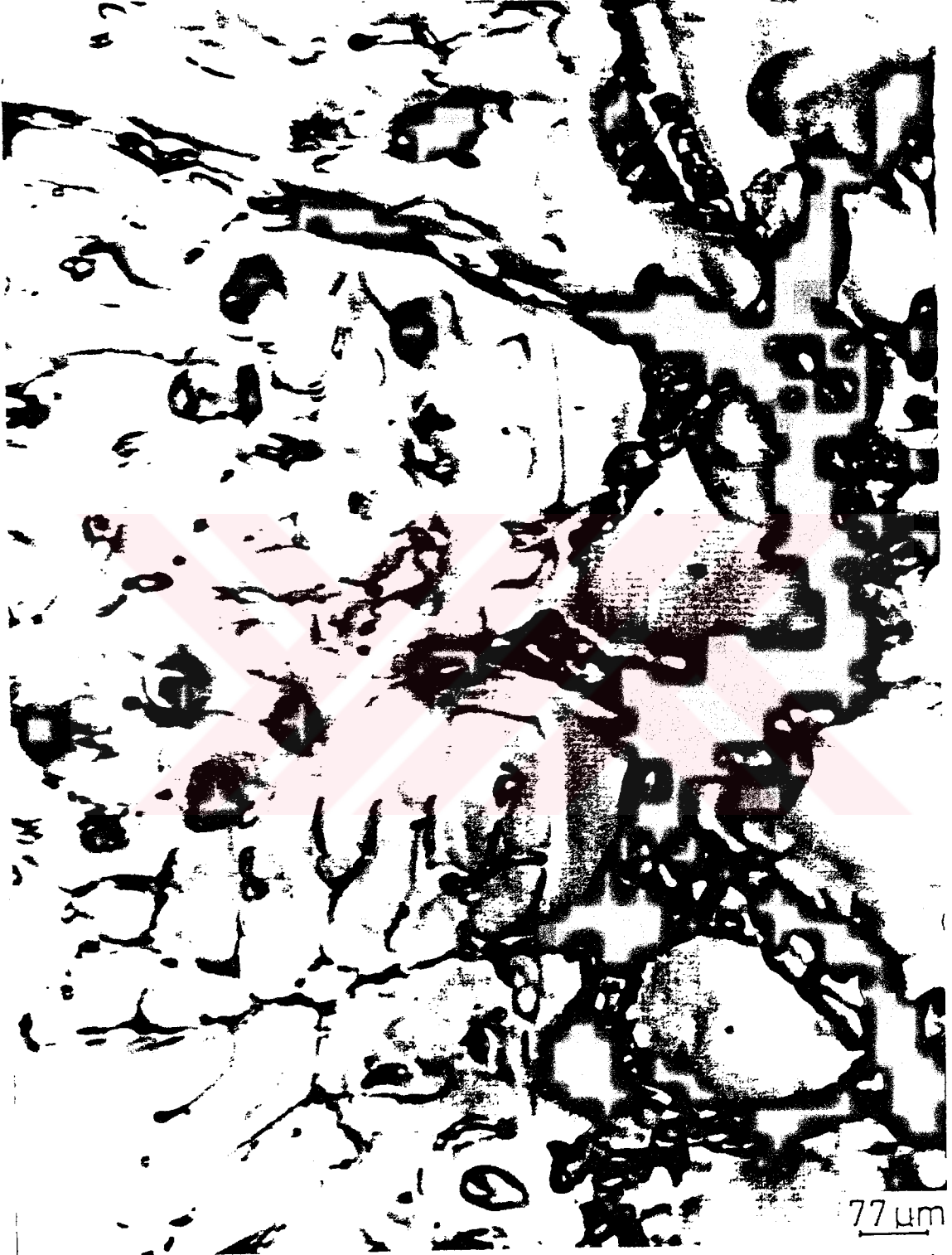
4d)



4e)

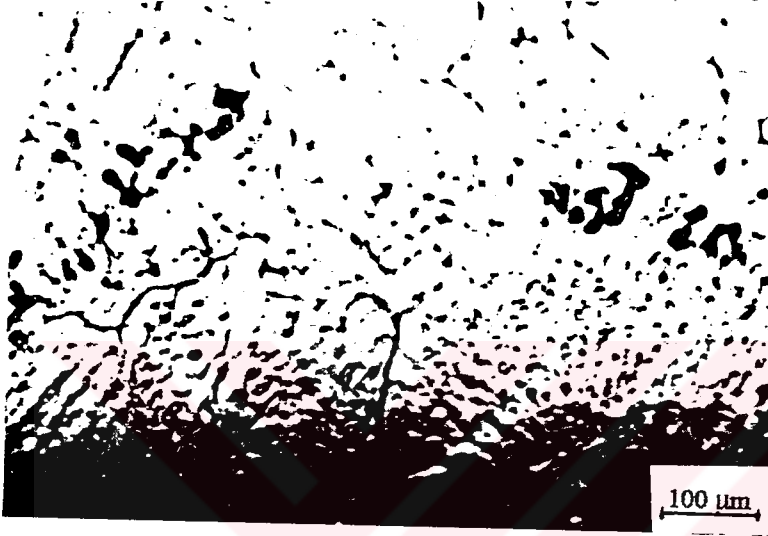
Şekil 5.4. 0 numaralı yağlayıcı ile dökülen bileten alınan numunenin analitik tarama elektron mikroskopuyla çekilmiş mikrografları ve x-ışını difraksiyon patemi (10)

Şekil 5.5 'de ise yüzey bantlarının oluşumuna neden olan ve dendritik hücreler arası kanallardan sıvı akışı ile gerçekleşen ters ingot segregasyonu açıkça sergilenmektedir.

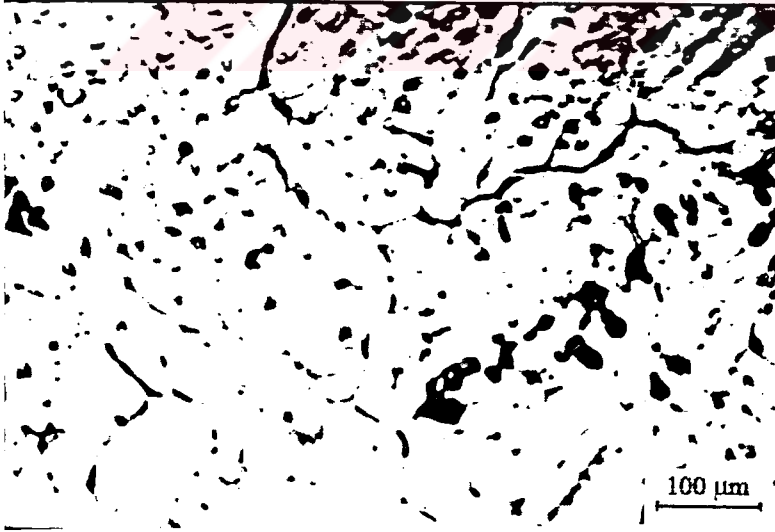


Şekil 5.5. 0 numaralı yağlayıcı ile dökülen bilette dendritler arası kanallardan ters segregasyonla sıvı akışını gösteren ışık mikroskopuyla çekilmiş mikroyapı resmi (10)

Şekil 5.6a, 6b, 6c ve 6d'de 4 nolu yağlayıcı (standart) kullanılarak dökülen Ø120 mm çaplı biletin yüzey bölgelerinin mikro yapıları gösterilmektedir. Şekil 5.6a 'da sunulan mikrografta yüzeyde belirgin bir element yığılması görülmemektedir. Ancak dendritik katılaşma neticesi önemli oranda büzülme porozitesi vardır. Bunun nedeni şamandıra ile sıvı metal dağılımının iyi yapılmamasından kaynaklanmaktadır. Şekil 5.6b 'de porozite sergilenmektedir. Şekil 5.6c ve 5.6d 'de ise diğer bölgeler sergilenmiştir.



6a)



6b)



Şekil 5.6. 4 numaralı yağlayıcıyla dökülmüş bilete ait yüzey bölgelerinde ışık mikroskobu ile çekilmiş mikrograflar

Şekil 5.7a ve 7b’de ise 4 numaralı yağlayıcı ile dökülen biletin yüzeye 10-15 mm mesafedeki bölgelerine ait ışık mikroskobu ile çekilmiş mikro resimler sunulmuştur. Bu resimlerde biletin iç kısımlarında da önemli oranda büzülme porozitesinin varlığını göstermektedir.



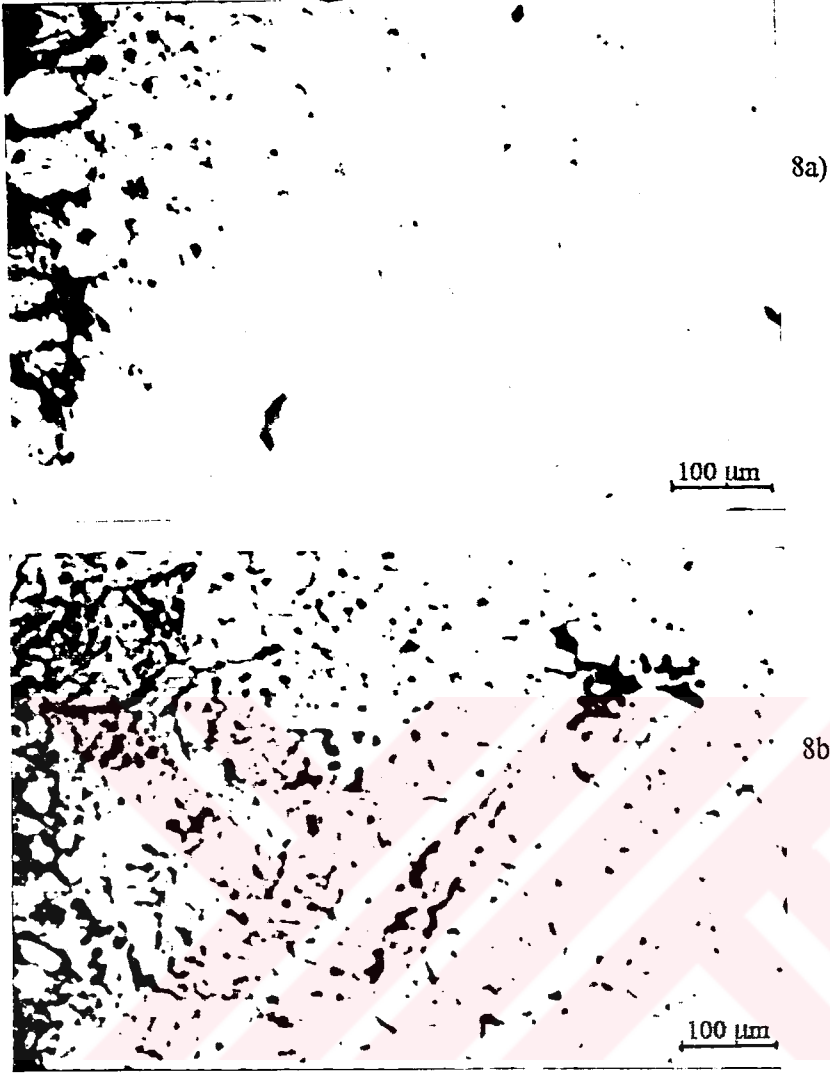
7a)



7b)

Şekil 5.7. 4 numaralı yağlayıcıyla dökülmüş bilete ait numuneden yüzeyden 10-15 mm içeriden ışık mikroskobu ile çekilmiş mikrograflar

Şekil 5.8a ve 8b’de 2 numaralı yağlayıcı ile dökülen bilete ait yapılar sunulmuştur. Bu resimler bilet yüzeyinde kolonsal hücre teşekkülünü (100-150 μm uzunluğunda bir sahada) göstermektedir. Bu tip yapılar sıcak başlıkla üretilen biletlere ait yapılarla benzerlik göstermektedir. Şekil 5.8a ve 8b ile Şekil 5.7a’ daki yapılar büyük oranda benzerlik göstermektedir. Yağlayıcı ısı transferini yavaşlatarak kalıp içi katılaşma hızını azaltarak yüzeyin hemen altında kolonsal hücrelerin teşekkülünü sağlamıştır.



Şekil 5.8. 2 numaralı yağlayıcı ile dökülmüş bilete ait yüzey bölgelerinden ışık mikroskobu ile çekilmiş mikrograflar

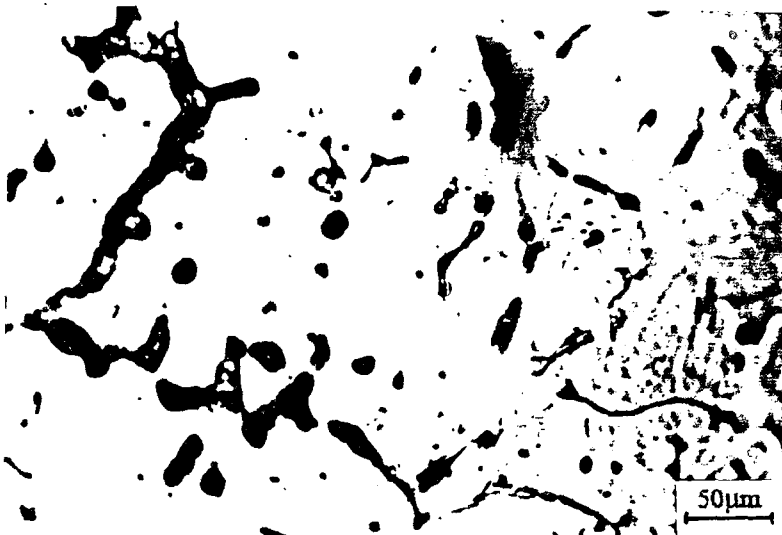
Şekil 5.9a, 9b, 9c, 9d ve 9e’de 8 numaralı yağlayıcı ile dökülen bilete ait yüzey ve yüzeye 10 mm mesafedeki bölgelerin yapısı sergilenmektedir. Şekil 5.9a, 9b ve 9c’deki mikrograflar bu biletin yüzeyinde yüzey tipi ters segregasyonun oluşmadığını gösterirken Şekil 5.9d’deki resim bu biletin çok küçük bir bölgesinde yüzey tipi segregasyon ve porozitenin oluşumunu sergilemektedir. Şekil 5.9c’deki resim ise bu biletin 10 mm derinlikteki bölgesine ait yapıyı göstermektedir.



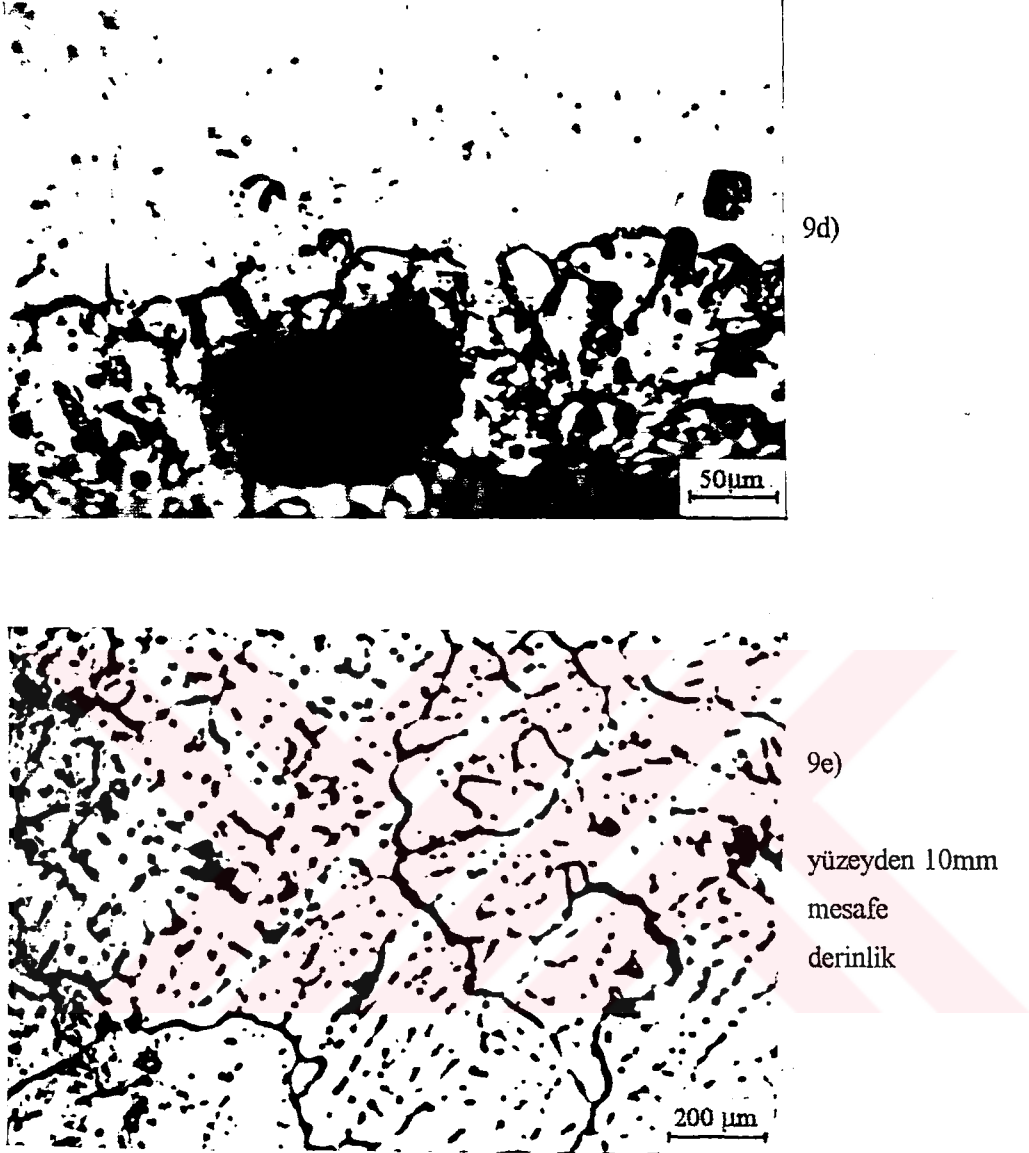
9a)



9b)



9c)



Şekil 5.9. 8 numaralı yağlayıcıyla dökülmüş bilete ait ışık mikroskobu ile çekilmiş mikrograflar

2, 4 ve 8 numaralı yağlayıcılarla üretilen biletlere ait numuneler üzerinde yapılan SEM-EDAX analizleri neticeleri Tablo 5.2' de verilmiştir. Bu numunelerde yüzeyden itibaren 20 µm, 40 µm, 60 µm ve 80 µm derinliklerde Si ve Mg analizleri yapılmıştır. Tablo 5.2' deki sonuçlara göre 8 numaralı numunede yüzey altında belirli bir oranda normal yüzey altı ters segregasyonu gözlenirken 2 ve 4 numaralı numunelerde herhangi bir ters segregasyon belirtisi gözlenmemiştir.

Tablo 5.2. Tarama Elektron Mikroskobu ile Elde Edilmiş Analiz Neticeleri

		Yüzeyden itibaren artan mesafe ile %değişim			
No	Element	20 μm	40 μm	60 μm	80 μm
2	Si	0.27	0.77	0.25	0.63
	Mg	0.11	0.37	0.16	0.22
4	Si	0.50	0.59	0.63	0.46
	Mg	0.23	0.31	0.34	0.23
8	Si	1.00	0.87	0.98	0.46
	Mg	0.27	0.19	0.36	0.23

6.SONUÇ

Yağlayıcının görevi, yüzey kalitesini artırmak , yüzey altı düzensizliklerini iyileştirilmek ve sonrasında metal-kalıp ayrılmasını başarılı ve tasarruflu bir şekilde gerçekleştirmektir; eğer geliştirilmiş bir yağlayıcı ile sürtünme azaltılabilirse, mamülün yüzeyi ve yüzey altı kalitesi iyileştirilmiş olur.

Bu tezde , üniform kolonsal kristalli ve dendritler ve taneler arası gözenek ihtiva etmeyen daha kaliteli yüzey ve hücre yapısı için yağlayıcının önemi , eşzamanlı ve eş parametrelili döküm sırasında farklı yağlayıcılarla farklı sonuçlar alınarak elde edilmiştir.



7.KAYNAKLAR

- 1) Avcı,A.Ulvi,1993,"Metallerin Sürekli Dökümü", Y.T.Ü.Yayınları Yayın No:278
- 2) Braithwarte, Eric R.,1967, "Lubrication and Lubricants", Climax Molybdenum Company
- 3) Çavuşoğlu, Ergün, 1981, "Döküm Teknolojisi I", İ.T.Ü.Yayınları
- 4) Çiğdem, Mustafa and Bennett, G.H.J., 1991, "Cast Metals", 3.4,214
- 5) Çiğdem, Mustafa , 1992 , "Metallographic study on the microstructure of extrusion billets in etial-60 aluminium alloy produced by various semi-continuous casting processes", Practical Metallography, 3, 118
- 6) Çiğdem, Mustafa and Bennett G.H.J.,1992, "Materials Science and Technology", 7, 835
- 7) Çiğdem, Mustafa ve Eraslan,Yaman, 1993, "Değişik yarı kontinü döküm metodları ile imal edilen etial-60 aliminyum alaşımı ekstrüzyon biletlerinin mikroyapılarının metalografik etüdü", Metal Dünyası, 2, 1,54-56
- 8) Gunther, Raymond C., 1971, "Lubrication", Bailey Brothers and Swin Fen Ltd.
- 9) Çiğdem, Mustafa ve Hatman, Aziz, "Sürekli döküm ingotlarında periyodik bantın ve yüzey segregasyonunun oluşumu", Yayınlanmamış Makale
- 10) Çiğdem, Mustafa and Eraslan, Yaman, "The occurrence of exudation (surface bleeding) and surface type inverse segregation in Etial-60 aluminium alloy billets " to be published in P.Metallography
- 11) Lewis, Richard J., 1993, "Hawley's Condensed Chemical Dictionary",25. Edition
- 12) Petrol Ofisi Madeniyag Şube Müdürlüğü Teknik Komite, "Yakıtlar ve Yağlar"
- 13) United States Patent, Patent number,4,917,171
- 14) Schneider, W and Lossach E., 1987, "Proceedings of the technical sessions sponsored by the TMS Light Metam Committee at the 116 th.annual meeting", Denver, USA, 763
- 15) Waystaff, F.E. and Ekenes J.M., 1987, "Proceedings of the technical sessions sponsored by the TMS Light Metam Committee at the 116 th.annual meeting", Denver, USA, 785
- 16) Swern, Daniel, 1984, "Bailey's Industrial Oil and Fat Products", Volume 1, 4 th.edition
- 17) İzgü, Enver, 1984, "Farmasötik Teknoloji", Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayını
- 18) Shreve, R.Norris, 1956, "The Chemical Process Industries",2nd edition
- 19) Marşoğlu, Müzeyyen, 1991, "Metalografi Ders Notları", Y.Ü.Müh.Fak.Metalurji Müh.Bl.m.
- 20) Turcas Petrolcülük A.Ş. Castrol Ürün Kataloğu

ÖZGEÇMİŞ

DOĞUM TARİHİ :11.MART.1970
DOĞUM YERİ :KARABÜK
ÜNİVERSİTE :YILDIZ ÜNİVERSİTESİ, MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
METALURJİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, 1992
LİSE :İSKENDERUN DEMİR-ÇELİK LİSESİ, 1987
ORTAOKUL :İSKENDERUN DEMİR-ÇELİK ORTAOKULU, 1983
İLKOKUL :İSKENDERUN DEMİR-ÇELİK İLKOKULU, 1981
ÇALIŞTIĞI KURUM :PİRİMER DIŞ TİCARET, ŞUBAT 1993- EKİM 1995 ARASI

