

Küresel (Sfero) Dökme Demir

- Döküm öncesinde, dökme demire küçük oranlarda yapılan magnezyum ve/veya seryum elementi ilavesi çok farklı mikroyapılar ile buna bağlı olarak da farklı mekanik özelliklerin elde edilmesine yol açar. Grafit oluşumu bu tür dökme demirlerde de söz konusudur, ancak oluşan grafit lamelli görünüm yerine küresel görünüme sahiptir. Bu şekilde elde edilen malzemeler, **küresel** veya **sfero dökme demir** olarak tanımlanır ve bu malzemenin iç yapısına ait tipik bir görüntü [Şekil 11.3b](#)'de verilmiştir.

[Şekil 11.5](#)

[Tablo 11.5](#)

Beyaz Dökme Demir ve Temper Dökme Demir

- Bileşimlerinde ağırlıkça % 1'den daha az silisyum içeren dökme demirler ve yüksek soğuma hızlarında [Şekil 11.5](#)'te gösterildiği gibi, karbon grafit halinde ayrışamaz ve oluşan sementitin içinde kalır. Bu şekildeki bir iç yapıya sahip dökme demir beyaz renkli kırık yüzeyleri oluşturduğundan, bu malzemelere **beyaz dökme demir** adı verilmiştir. [Şekil 11.3c](#)'de, beyaz dökme demire ait tipik bir mikroyapı fotoğrafı gösterilmiştir.

- Genellikle beyaz dökme demirler diğer bir dökme demir türü olan **temper dökme demirin** elde edilmesinde bir ara ürün olarak kullanılır.

Kompakt Grafitli Dökme Demirler

- Dökme demir ailesine sonradan katılan diğer bir türü de kısaca KGDD şeklinde gösterilen ***kompakt grafitli dökme demirler***dir. Kır, temper ve küresel dökme demirler farklı şekillerde sementitten ayrışmış grafit parçalarını içerir ve bu durum kimyasal bileşimde bulunan silisyum elementinin katkısıyla gerçekleşir. Silisyum elementi dökme demirlerde ağırlıkça % 1,7 ile 3 aralığında, karbon ise % 3,1 ile 4 arasında yer alır. [Tablo 11.5](#)'te iki kompakt grafitli dökme demire ait özellikler verilmiştir.

11.3 DEMİR DIŞI ALAŞIMLAR

- Bazı durumlarda döküm ve yoğruk yapılı alaşımlar arasında bir ayırım yapılır. Gevrek ve normal Őartlarda Őekillendirilebilme özelliğine sahip olmayan alaşımlar *döküm alaşımlar* olarak sınıflandırılır. Diğer taraftan, mekanik olarak Őekillendirilebilme özelliğine sahip olanları ise **yoğruk alaşımlar** olarak isimlendirilir.

Bakır ve Alaşımları

- En önemli bakır alaşımı, bileşiminde baskın alaşım elementi olarak çinkonun yer aldığı **pirinçler**dir.
- **Bronz**lar bakırın kurşun, alüminyum, silisyum veya nikel gibi diğer bazı alaşım elementleriyle yaptığı alaşımlardır. Bu alaşımlar pirinlerden biraz daha yüksek dayanıma sahip olmakla birlikte, korozyon direnci bakımından daha üstün özelliklere sahiptir. [Tablo 11.6](#)'da muhtelif bronz alaşımların kimyasal bileşimleri, özellikleri ve kullanım yerleri verilmiştir.

Tablo 11.6 Sekiz Bakır Alaşımının Kimyasal Bileşimleri, Mekanik Özellikleri ve Tipik Kullanımları

<i>Alaşım İsmi</i>	<i>UNS Numarası</i>	<i>Bileşim (ağ. %)ª</i>	<i>Durumu</i>	<i>Mekanik Özellikler</i>			<i>Örnek Uygulamaları</i>
				<i>Çekme Dayanımı [MPa]</i>	<i>Akma Dayanımı [MPa]</i>	<i>50 mm ölçü boyu için % kopma uzaması cinsinden sürekliliği</i>	
<i>Yoğruk Alaşımlar</i>							
Elektrolitik bakır	C11000	0,04 O	Tavlanmış	220	69	45	Elektrik kabloları, perçinler, maskeleme, contalar, tavalar, çiviler, çatı kaplamaları
Berilyumlu bakır	C17200	1,9 Be, 0,20 Co	Çökelme sertleştirilmiş	1140–1310	690–860	4–10	Yaylar, körükler, ateşleme iğneleri, yataklar, valfler, diyaframlar
Kartuş pirinci	C26000	30 Zn	Tavlanmış Soğuk-şekil verilmiştir (H04 sertliğinde)	300	75	68	Araç radyatörleri, mermi kovanları, avizeler, elfeneri gövdeleri
				525	435	8	
Fosfor bronzu, % 5 A	C51000	5 Sn, 0,2 P	Tavlanmış Soğuk-şekil verilmiştir (H04 sertliğinde)	325	130	64	Körükler, debriyaj balataları, diyaframlar, sigorta yuvaları, yaylar, kaynak elektrodları
				560	515	10	
Bakır–nikel, % 30	C71500	30 Ni	Tavlanmış Soğuk şekil verilmiştir (H02 sertliğinde)	380	125	36	Kondenser ve ısı değiştirici parçaları, tuzlu suda kullanılan borular
				515	485	15	

Devam ediyor...

Tablo 11.6 Sekiz Bakır Alaşımının Kimyasal Bileşimleri, Mekanik Özellikleri ve Tipik Kullanımları

<i>Alaşım İsmi</i>	<i>UNS Numarası</i>	<i>Bileşim (ağ. %)^a</i>	<i>Durumu</i>	<i>Mekanik Özellikler</i>			<i>Örnek Uygulamaları</i>
				<i>Çekme Dayanımı [MPa]</i>	<i>Akma Dayanımı [MPa]</i>	<i>50 mm ölçü boyu için % kopma uzaması cinsinden sürekliliği</i>	
<i>Döküm alaşımlar</i>							
Kurşunlu sarı pirinç	C85400	29 Zn, 3 Pb, 1 Sn	Dökülmüş	234	83	35	Mobilya parçaları, radyatör armatürleri, avizeler, pil kelepçeleri
Kalay bronzu	C90500	10 Sn, 2 Zn	Dökülmüş	310	152	25	Yataklar, burçlar, piston segmanları, dişliler
Alüminyum bronzu	C95400	4 Fe, 11 Al	Dökülmüş	586	241	18	Yataklar, dişliler, vidalar, rakorlar, vana gövdeleri, kancalar, iğneler

^a Bileşimin geri kalanı bakırdır.

Kaynak: *ASM Handbook, Vol. 2, Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials*, 1990. ASM International, Materials Park, OH izni ile basılmıştır.

Alüminyum ve Alaşımları

- Dört haneli gösterim kodundan sonra konan bir tire sonrasında, harf ve sayılarla ifade edilen **temper gösterimleri** yer alır. Temper gösterimleri bir harf ve sonrasında yer alan birden, üçe kadar sayı içerebilen kodlar şeklinde ifade edilir ve alaşımın geçirmiş olduğu termo-mekanik (ısıl işlemler, soğuk deformasyon vb.) işlemler hakkında ipucu verir.

Tablo 11.7 Bazı Alüminyum Alaşımlarının Kimyasal Bileşimleri, Mekanik Özellikleri ve Kullanım Yerlerine ait Örnekler

<i>ABD Alüminyum Birliği Numarası</i>	<i>UNS Numarası</i>	<i>Bileşim (ağ %)^a</i>	<i>Durumu (Temper Şartı)</i>	<i>Mekanik Özellikler</i>			<i>Örnek Uygulamaları ve Özellikleri</i>
				<i>Çekme Dayanımı [MPa]</i>	<i>Akma Dayanımı [MPa]</i>	<i>50 mm Ölçü Boyu İçin % Kopma Uzaması, Cinsinden Sünekliği</i>	
<i>Yoğruk, Isıl İşlem Uygulanamayan Alaşımlar</i>							
1100	A91100	0,12 Cu	Tavlanmış (O)	90	35	35–45	Gıda ve kimyasal madde saklama kapları, ısı, değiştiricileri, ışık yansıtıcıları
3003	A93003	0,12 Cu, 1,2 Mn, 0,1 Zn	Tavlanmış (O)	110	40	30–40	Mutfak eşyaları, basınçlı kaplar, borular
5052	A95052	2,5 Mg, 0,25 Cr	Soğuk şekil verilmiş (H32)	230	195	12–18	Uçaklar için yağ ve yakıt boruları, yakıt tankları, perçinler, teller
<i>Yoğruk, Isıl İşlem Uygulanabilen Alaşımlar</i>							
2024	A92024	4,4 Cu, 1,5 Mg, 0,6 Mn	Doğal yaşlandırılmış (T4)	470	325	20	Uçak gövde parçaları, kamyon jantları, civatalar
6061	A96061	1,0 Mg, 0,6 Si, 0,30 Cu, 0,20 Cr	Doğal yaşlandırılmış (T4)	240	145	22–25	Kamyon şasileri tekneler, raylı taşıt araçları, mobilya parçaları, borular
7075	A97075	5,6 Zn, 2,5 Mg, 1,6 Cu, 0,23 Cr	Yapay yaşlandırılmış (T6)	570	505	11	Uçak gövde parçaları, yüksek gerilme altında çalışan diğer parçalar

Devam ediyor...

Tablo 11.7 Bazı Alüminyum Alaşımlarının Kimyasal Bileşimleri, Mekanik Özellikleri ve Kullanım Yerlerine ait Örnekler

<i>ABD Alüminyum Birliği Numarası</i>	<i>UNS Numarası</i>	<i>Bileşim (ağ %)^a</i>	<i>Durumu (Temper Şartı)</i>	<i>Mekanik Özellikler</i>			<i>Örnek Uygulamaları ve Özellikleri</i>
				<i>Çekme Dayanımı [MPa]</i>	<i>Akma Dayanımı [MPa]</i>	<i>50 mm Ölçü Boyu İçin % Kopma Uzunluğu Cinsinden Sünekliği</i>	
<i>Döküm, Isıl İşlem Uygulanabilen Alaşımlar</i>							
295.0	A02950	4,5 Cu, 1,1 Si	Doğal yaşlandırılmış (T4)	221	110	8,5	Çarklar, dingil kutuları otobüs ve uçak jantları, karterler
356.0	A03560	7,0 Si, 0,3 Mg	Yapay yaşlandırılmış (T6)	228	164	3,5	Uçak pompa parçaları, araç aktarma organları, su soğutmalı motor silindirleri
<i>Alüminyum-Lityum Alaşımları</i>							
2090	—	2,7 Cu, 0,25 Mg, 2,25 Li, 0,12 Zr	Soğuk şekil verilmiş, yatay yaşlandırılmış (T83)	455	455	5	Uçak parçaları, soğuk madde saklama kapları
8090	—	1,3 Cu, 0,95 Mg, 2,0 Li, 0,1 Zr	Yapay yaşlandırılmış, soğuk şekillendirilmiş (T651)	465	360	—	Hasara toleranslı uçak parçaları

^a Bileşimin geri kalanı alüminyumdur.

Kaynak: *ASM Handbook, Vol. 2, Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials*, 1990. ASM International, Materials Park, OH izni ile basılmıştır.

- Alüminyum ile magnezyum ve titanyum gibi düşük yoğunluğa sahip diğer metallerin özellikle düşük yakıt tüketimi sağlaması nedeniyle, taşıtların ve bunların parçalarının üretiminde yaygın olarak kullanıldığı dikkati çekmektedir. Bu tür malzemelerin özelliklerini ifade etmede, çekme dayanımının özgül ağırlığa oranı olarak tanımlanan **özgül dayanım** değerlerinden yararlanır.

Magnezyum ve Alaşımları

Tablo 11.8 Uygulamalarda Yaygın Olarak Kullanılan Altı Magnezyum Alaşımının Kimyasal Bileşimleri, Mekanik Özellikleri ve Kullanım Yerlerine Ait Örnekler

ASTM Numarası	UNS Numarası	Bileşim (ağ %) ^a	Durumu	Mekanik Özellikler			Örnek Uygulamalar
				Çekme Dayanımı [MPa]	Akma Dayanımı [MPa]	50 mm Ölçü Boyu İçin % Kopma Uzaması Cinsinden Sünekliği	
Yoğruk Alaşımlar							
AZ31B	M11311	3,0 Al, 1,0 Zn, 0,2 Mn	Ekstrüsyon yapılmış	262	200	15	Boru ve profiller, katodik koruma
HK31A	M13310	3,0 Th, 0,6 Zr	Soğuk şekillendirilmiş, kısmen tavlannmış	255	200	9	315°C'ye kadar yüksek dayanım
ZK60A	M16600	5,5 Zn, 0,45 Zr	Yapay yaşlandırılmış	350	285	11	Yüksek dayanımlı dövme uçak parçaları
Döküm							
AZ91D	M11916	9,0 Al, 0,15 Mn, 0,7 Zn	Dökülmüş halde	230	150	3	Araçlar için basınçlı döküm parçalar, bagaj ve elektronik aletler
AM60A	M10600	6,0 Al, 0,13 Mn	Dökülmüş halde	220	130	6	Otomobil jantları
AS41A	M10410	4,3 Al, 1,0 Si, 0,35 Mn	Dökülmüş halde	210	140	6	Yüksek sürünme dayanımı gerektiren basınçlı döküm parçaları

^a Bileşimin geri kalanı magnezyumdur.

Kaynak: ASM Handbook, Vol. 2, Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials, 1990. ASM International, Materials Park, OH izni ile basılmıştır.

Titanyum ve Alaşımları

Tablo 11.9 Yaygın Olarak Kullanılan Bazı Titanyum Alaşımlarının Kimyasal Bileşimleri, Mekanik Özellikleri ve Kullanım Yerlerine Ait Örnekler

Alaşım Türü	Bilinen Gösterimi (UNS Numarası)	Bileşimi (ağ %)	Durumu	Ortalama Mekanik Özellikler			Örnek Uygulamaları
				Çekme Dayanımı [MPa]	Akma Dayanımı [MPa]	50 mm ölçü boyunda kopma uzaması cinsinden sürekliliği	
Ticari saflıkta Ti	Alaşımsız (R50500)	99,5 Ti	Tavlanmış	484	414	25	Jet motor çerçeveleri, uçak gövde ve kanat yüzeyleri, denizcilik ve kimyasal işlemlerde kullanılan korozyona dayanıklı parçalar
α	Ti-5Al-2,5Sn (R54520)	5 Al, 2,5 Sn, kalan Ti	Tavlanmış	826	784	16	Gaz türbin çerçeveleri, kimyasal işlem donanımları, 480°C'ye kadar dayanım gerektiren uygulamalar
Neredeyse α	Ti-8Al-1Mo- 1V (R54810)	8 Al, 1 Mo, 1 V, kalan Ti	Tavlanmış (dupleks)	950	890	15	Dövme jet motoru parçaları (kompresör diskleri, plakalar, miller)
$\alpha+\beta$	Ti-6Al-4V (R56400)	6 Al, 4 V, kalan Ti	Tavlanmış	947	877	14	Yüksek dayanımlı protez implantlar, kimyasal işlem donanımları, uçak yapısal parçaları
$\alpha+\beta$	Ti-6Al-6V-2Sn (R56620)	6 Al, 2 Sn, 6 V, 0,75 Cu, kalan Ti	Tavlanmış	1050	985	14	Roket motor gövdesi, yüksek dayanımlı uçak parçaları
β	Ti-10V-2Fe-3Al	10 V, 2 Fe, 3 Al, kalan Ti	Yaşlandırılmış	1223	1150	10	Ticari titanyum alaşımlarının en iyi dayanım/tokluk kombinasyonuna sahip uçak gövde ve parçaları

Kaynak: ASM Handbook, Vol. 2, Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials, 1990. ASM International, Materials Park, OH izni ile basılmıştır.

Refrakter Metaller

- Ergime sıcaklıkları çok yüksek olan metaller, **refrakter metal** grubunda değerlendirilir. Niyobyum (Nb), molibden (Mo), tungsten (veya volfram) (W) ve tantal (Ta) bu sınıf metallere dendir. Bu gruba ait metallerin ergime sıcaklıkları, en düşük Nb için 2468°C ile en yüksek W için 3410°C arasındadır. Bu metallerin atomlararası bağları çok kuvvetli olduğu için, ergime sıcaklıkları da buna bağlı olarak yüksektir.

Süperalaşımalar

Tablo 11.10 Bazı Süperalaşımaların Kimyasal Bileşimleri

<i>Alaşım</i>	<i>Bileşim (ağ %)</i>									
	<i>Ni</i>	<i>Fe</i>	<i>Co</i>	<i>Cr</i>	<i>Mo</i>	<i>W</i>	<i>Ti</i>	<i>Al</i>	<i>C</i>	<i>Diğer</i>
						<i>Demir–Nikel Esaslı (yoğruk)</i>				
A-286	26	55,2	—	15	1,25	—	2,0	0,2	0,04	0,005 B, 0,3 V
Incoloy 925	44	29	—	20,5	2,8	—	2,1	0,2	0,01	1,8 Cu
						<i>Nikel Esaslı (Yoğruk)</i>				
Inconel-718	52,5	18,5	—	19	3,0	—	0,9	0,5	0,08	5,1 Nb, 0,15 maks Cu
Waspaloy	57,0	2,0 maks	13,5	19,5	4,3	—	3,0	1,4	0,07	0,006 B, 0,09 Zr
						<i>Nikel Esaslı (Döküm)</i>				
Rene 80	60	—	9,5	14	4	4	5	3	0,17	0,015 B, 0,03 Zr
Mar-M-247	59	0,5	10	8,25	0,7	10	1	5,5	0,15	0,015 B, 3 Ta, 0,05 Zr, 1,5 Hf
						<i>Kobalt Esaslı (Yoğruk)</i>				
Haynes 25 (L-605)	10	1	54	20	—	15	—	—	0,1	
						<i>Kobalt Esaslı (Döküm)</i>				
X-40	10	1,5	57,5	22	—	7,5	—	—	0,50	0,5 Mn, 0,5 Si

Kaynak: ASM International izni ile basılmış olup tüm hakları korunmuştur.®

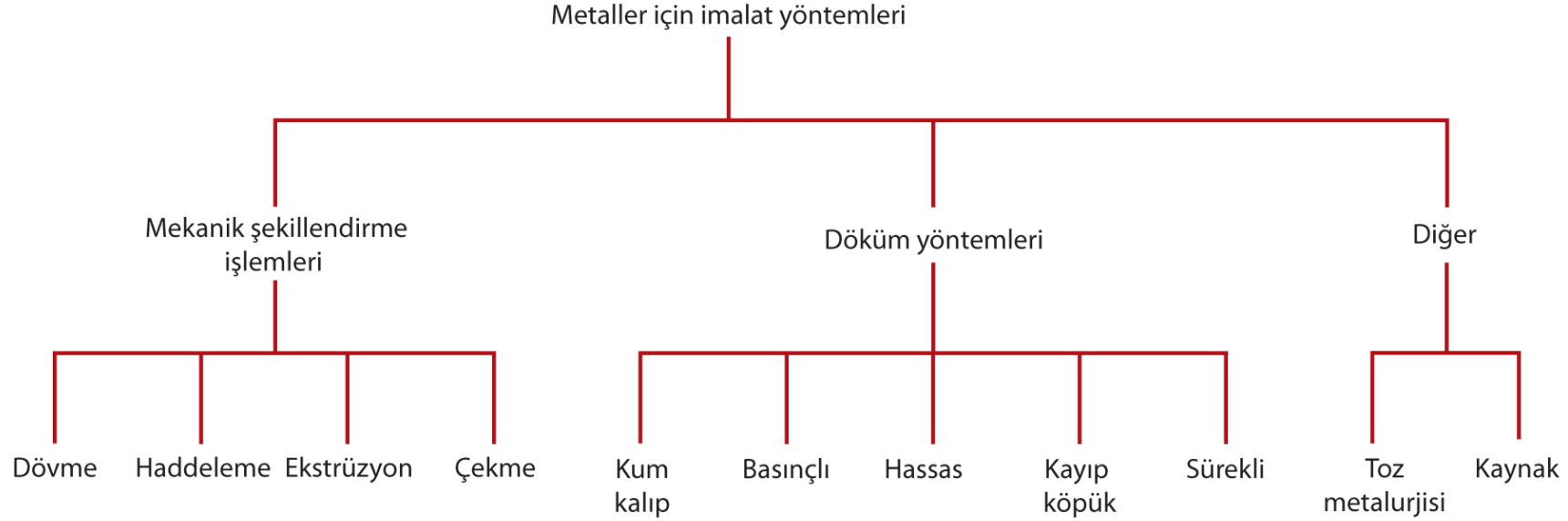
Soy (İnert) Metaller

- **Soy veya değerli metaller** bazı fiziksel özellikleri ortak olan sekiz metalin oluşturduğu malzeme grubudur. Bunlar pahalı metaller olup yumuşaklık, süneklik ve oksitlenme direnci gibi dikkate değer bazı özelliklere sahiptir. Bu grupta gümüş, altın platin, paladyum, rodyum, rutenyum, iridyum ve osmiyum gibi metaller yer alır ve bunların ilk üçü mücevher ve takı sektöründe çok yaygın olarak kullanılır.

Demir-Dışı Diğer Metaller

- Nikel ve alaşımları, özellikle alkali (bazik) çözeltilere karşı çok üstün korozyon direncine sahiptir.
- Bazı mühendislik uygulamalarında kurşun, kalay ve bunların alaşımlarından yararlanır. Her iki metal de mekanik açıdan yumuşak ve zayıf özellikler gösterir.
- Alaşımlandırılmamış çinko da nispeten yumuşak bir metal olup oda sıcaklığından daha düşük seviyelerde yeniden kristalleşme sıcaklığına sahiptir.
- Zirkonyum ve alaşımları sünek olup diğer mekanik özellikleri paslanmaz çelikler ve titanyum alaşımları ile benzerlik gösterir.

Metallere Uygulanan İmalat Yöntemleri



Şekil 11.7 Bu bölümde açıklanan, metallere uygulanan imalat yöntemlerinin şematik olarak sınıflandırması