



Ekolojik, Ekonomik ve Sosyal Sürdürülebilirlik İçin

istanbul Gelişim Üniversitesi

www.gelisim.edu.tr

🐦 f gelisimedu @ igugelisim

Uçak Bakım ve Onarım Bölümü



Malzeme

Ferro ve Non-Ferro Malzemeler

6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)



6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

DEMİR CİNSİ UÇAK MALZEMELERİ

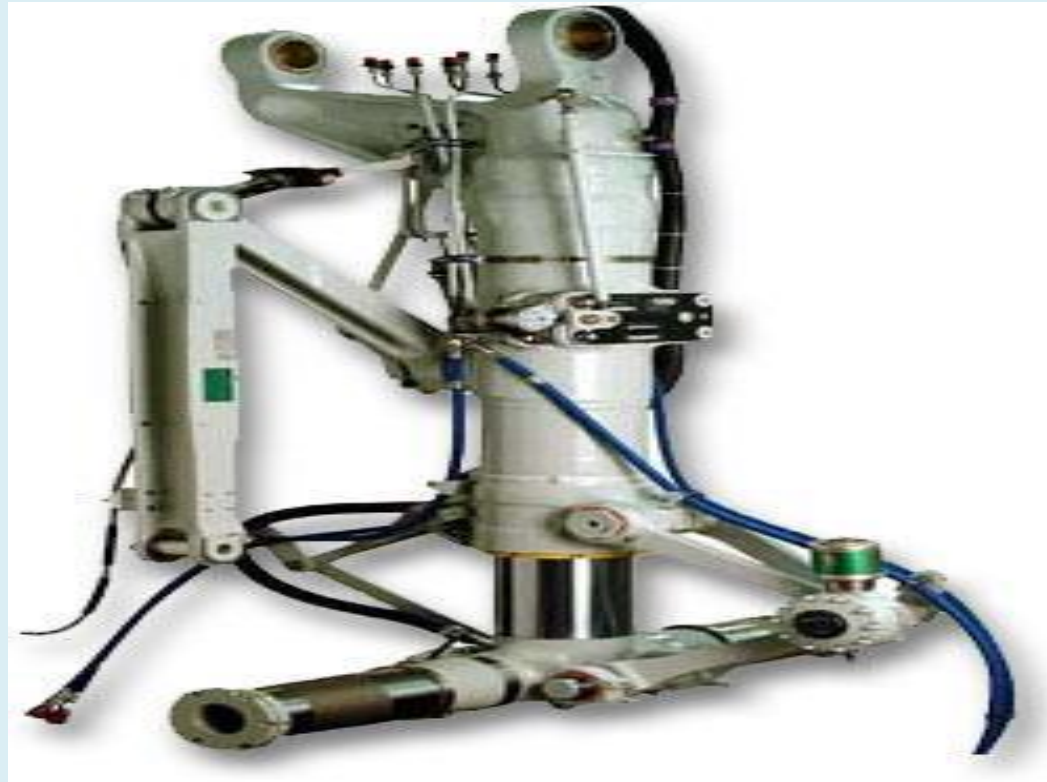
Demir, kimyasal simgesi (Fe), yoğunluğu 7,88 g/cm³ ergime derecesi 1535 C, kaynama noktası 3000 C, 67 Brinell sertlik değeri ile oldukça yumuşak çekme mukavemeti 27 kg/ mm², gri renkli, mıknatıslanabilen, elektrik ve ısıyı iyi iletebilen bir metaldir. Yer kabuğunun yaklaşık %5'ini teşkil eden demir kolay biçimlendirilebilen, çeşitli alaşım türleriyle en fazla kullanılan metal malzemedir.

Demir saf hâliyle çalışma hayatında kullanılmaz çünkü saf demir üretimde kullanılmaya elverişli değildir. Başta karbon olmak üzere krom, nikel, kobalt, manganez, vanadyum, molibden, volfram, kükürt, silisyum, fosfor, azot gibi katkı elemanları katılarak yeni özellikler kazandırmak suretiyle iş parçalarının yapımında kullanılır.

6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

Uçakta Kullanılan Genel Alaşımlı Çeliklerin Nitelikleri, Özellikleri ve Tanımlamaları

İçerisinde % 1,7'ye kadar karbon, % 1'e kadar mangan % 0,5 kadar silisyum bulunan kükürt ve fosfor oranı da % 0,05'ten az olan demir karbon alaşımıdır. Çelik içindeki karbon miktarı çeliğin özelliklerinde önemli ölçüde değişimlere neden olur. Karbon oranı arttıkça sert ve kırılgan olur. Günümüzde modern binaların, köprülerin, otomobillerin, uzay araçlarının makinelerin ve ev araçlarının yapımında çelik kullanılır.



6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

Çeliklerin sınıflandırılması: Üretim metotlarına göre, kullanma alanlarına göre, kaliteye göre ve karbon oranına göre sınıflandırabiliriz.

Düşük karbonlu çelikler: Bu çelikler, % 0,30 oranına kadar karbon içerir ve çok yumuşak ve yumuşak çelikler olmak üzere iki gruba ayrılır. Çok yumuşak çelikler; % 0,07 ile % 0,15 arasında karbon içerir ve soğuk şekillendirmeye elverişlidir. Yumuşak çelikler; % 0,15 ile % 0,30 oranında karbon içerir. Çok yaygın olarak kullanılan alaşımsız çeliklerdir. Çok iyi kaynak edilebilir ancak su verme yöntemiyle iyi sertleştirilemez. Telgenliğe müsait olduğundan emniyet tellerinin yapımında kullanılır.

6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)



Emniyet teli

6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

Orta karbonlu çelikler: Bu çelikler % 0,30 ile % 0,50 oranları arasında karbon içerir. Isıl işlem için çok uygun çeliklerdir yani bu çeliklerin yapı ve özellikleri ısıtma işlemiyle büyük ölçüde değiştirilebilir. Bu çelikler, karbon oranlarına göre genel dövme çelikleri, mil çelikleri ve aşınmaya dayanıklı çelikler olmak üzere üç gruba ayrılır:

- **Genel dövme çelikleri:** % 0,25 ile % 0,35 arasında karbon içerir.
- **Mil çelikleri:** % 0,35 ile % 0,45 oranları arasında karbon içerir. Mil, tel ve dingil yapımında kullanılır.
- **Aşınmaya dayanıklı çelikler:** % 0,45 ile % 0,50 arasında karbon içerir. Ray, ray tekerleği, silindir ve pres kalıplarının yapımında kullanılır.

6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)



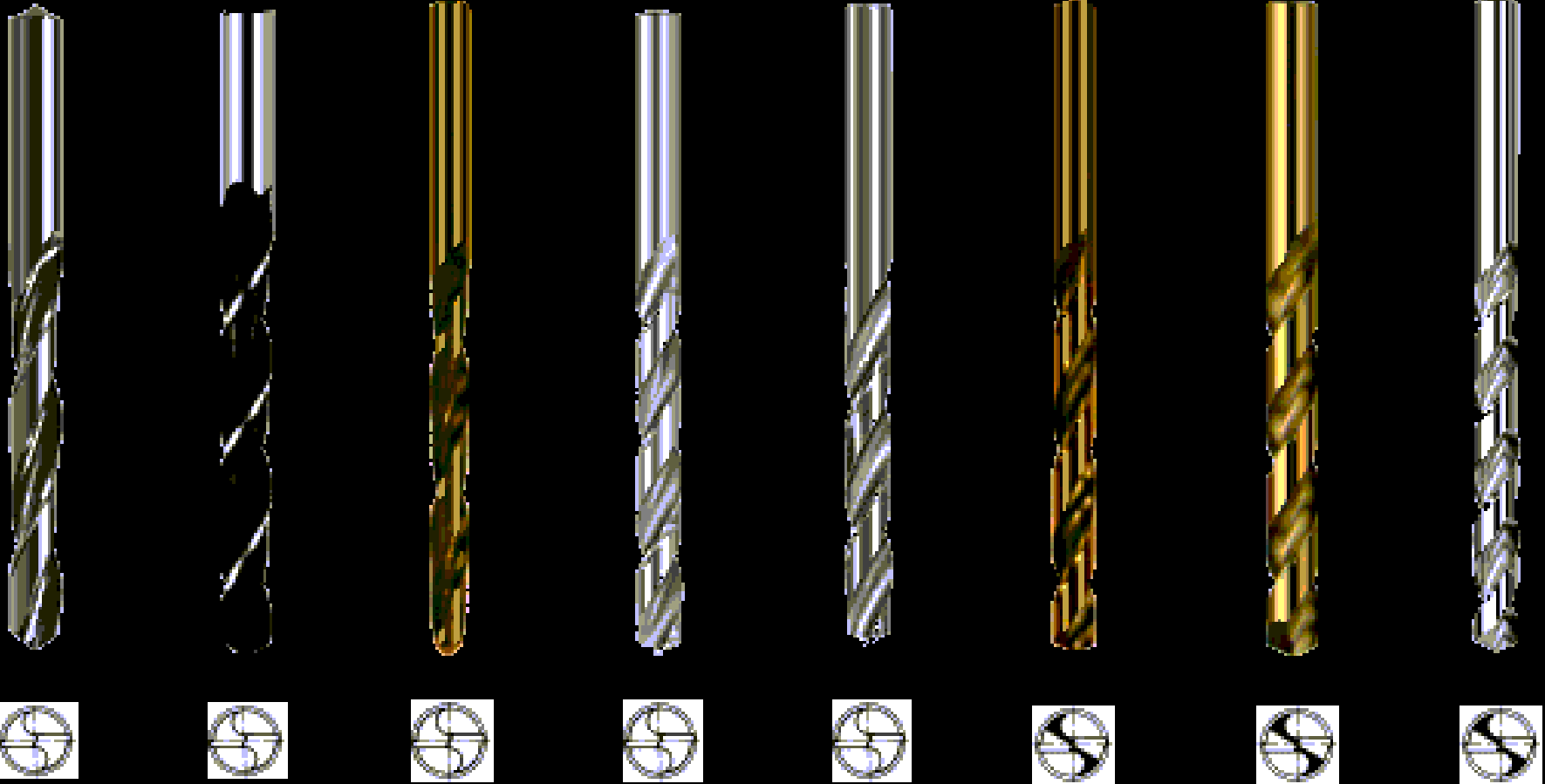
Krank mili orta karbonlu çelikten yapılmış

6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

Yüksek karbonlu çelikler: % 0,50 ile % 1,05 arasında karbon içerir. Yüksek mukavemet ve aşınma direnci gerektiren yerlerde kullanılır. Kullanım alanına örnek olarak pres kalıp blokları gösterilebilir.

Yüksek karbonlu takım çelikleri: Bu çelikler % 1,05 ile % 1,6 oranları arasında karbon içerir. Yüksek aşınma direnci ve yüksek mukavemet gerektiren yerlerde kullanılır. Kullanım yerlerine örnek olarak torna kalemi ve matkap uçları verilebilir.

6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)



6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

Çelik standartları: Üretilen malzemelerin standartlaştırılması, belli kalitede bir malzemeyi aynı isim ve kodlama sistemi altına almak ve böylece ortak bir dil kullanmak ihtiyacından doğmuştur. Bugün bu konuda çok sayıda standart mevcuttur. SAE (Society of Automotive Engineers), AISI (American Iron and Steel Industries), ASTM (American Society of Testing Materials), NE (National Emergency), DIN (Deutsche Industrie Norms), TS (Türk Standartları) yurdumuzda kullanılan ve bilinenleridir.

6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

malzemeleri ayırmada kullanılan bazı terimler

- **Mukavemet:** Bir malzemein kırılmaksızın yüke veya kuvvete dayanma kabiliyetidir. Örneğin, kurşunun mukavemeti düşük olduğu hâlde çeliğin yüksek bir mukavemeti vardır.
- **Sertlik:** malzemein nüfuz, aşınma ve kesme tesirine karşı mukavemet etme kabiliyetidir.
- **Dayanıklılık:** Kolayca kırılmayan veya kesilmeyen, kopmadan uzayabilme kabiliyeti olan bir malzemedir. Örneğin, silindirden geçirilmiş çeliğin dayanıklılığı çok fazladır.
- **Telgenlik:** Kırılmaksızın malzemein yayılma kabiliyetidir. Örneğin, yumuşak demir ve bakır yüksek derecede telgen maddelerdir.
- **Gevreklik:** malzemein kolayca kırılmasına müsaade eden veya sebebiyet veren bir özelliktir. Örneğin dökme demir, dökme alüminyum ve çok sert çelikler gevrek olan malzemelerdir.
- **Dövülgenlik:** malzemei kırılmadan veya çatlamadan uygun şekilde silindirden geçirilmeye, çekiçlemeye veya çekmeye müsaade eden özelliktir. Bakır ve altının yüksek dövülgenlik kabiliyeti vardır.

6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

Uçakta kullanılan çelik alaşımları: Havacılıkta yapısal elemanların imalinde yüksek mukavemet değerleri sayesinde geniş kullanım alanına sahip vazgeçilmez metallerdir. Ağırlık dezavantajına rağmen uçakların ana iskeletinin ve iniş takımı dikmelerinin ana elemanlarıdır ancak tali yapılarda yerini alüminyum alaşımlarına bırakır.

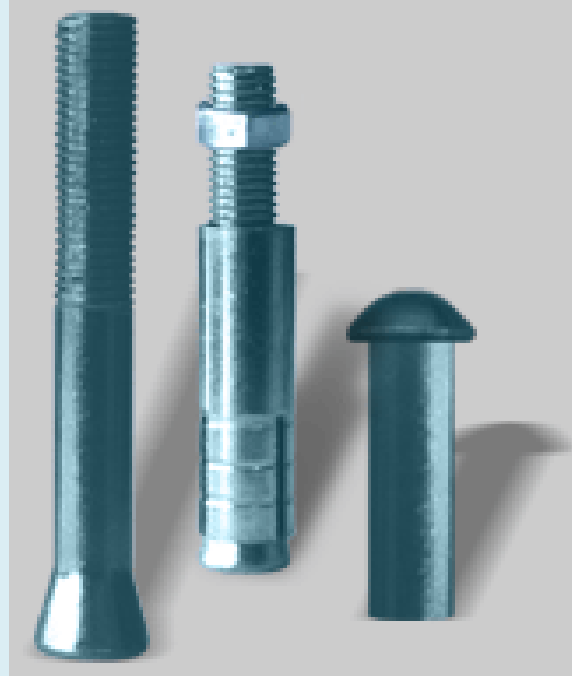
Uçak çeliklerinin tanınması: (The Society of Automotive Engineering) yani kısaca (SAE) standardına göre her (SAE) kodu 4 veya 5 rakamdan oluşur. Bu rakamlardan birincisi çeliğin tipini, ikincisi alaşımı oluşturan malzemelerin yüzde miktarını ve son iki veya üç rakamı alaşımda yüzde karbon miktarını ifade eder. Örneğin, SAE standardında 4150 seri numaralarından 4 rakamı karıştırılan esas malzemein molibden olduğunu, 1 rakamı molibdenin yüzde miktarını ve 50 rakamı da bu çelik alaşımında % 0,50 karbon mevcut olduğunu ifade eder.

6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

Çeliğin Tipi	Sınıflandırılması
Karbon	1000 Serisi
Nikel	2000 Serisi
Nikelli krom	3000 Serisi
Molibden	4000 Serisi
Krom	5000 Serisi
Krom vanadyum	6000 Serisi
Tungsten	7000 Serisi
Silisyum manganez	9000 Serisi

6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

Nikelli çelik alaşımı: Düşük karbonlu çeliğe % 3- 5 miktarında nikel ilave etmekle elde edilir. Nikelli çelik alaşımı, az dövülgen olup yüksek mukavemete sahip olduğundan saplamaların, kamaların ve tandörlerin yapılmasında kullanılır.



Nikelli çelikle yapılan saplama

6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

Krom çelikleri: Yüksek sertlik mukavemete sahip, korozyona karşı direnci yüksektir. Örneğin 51335 çeliği, normal karbon çeliklerine nazaran sıcak şekillendirme işlemi için gerekli yüksek mukavemete sahiptir. Özellikle sürtünmeye karşı dayanıklı bilyelerin yapımında kullanılır.



Çelik bilye

6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

Krom-Molibden çelikleri: Çok az miktarda molibden kullanılır. Havacılıkta çok önemli uygulamaları vardır. Alaşımda % 0,15-0,25 oranında molibden olmasına karşılık krom oranı % 0,80-1,10 arasındadır. Çelikler üzerindeki etkiler bakımından molibden, tungsten'e benzer. Bazı özellikleri değişkenlik göstermekle birlikte %1'in üzerinde alaşımları çok yüksek gerilme mukavemeti ve elastik limit vermesinin yanı sıra süneklikte çok az bir azalmaya da sebep olur. Özellikle kaynak işlemine çok uygun olduğundan kaynakla bağlanan yapısal parçalarda bolca kullanılır. 4130 tipi malzemeden yapılan parçalar uçak ve füze yapısal parçalarında kullanılır. Motor kaputu, cıvata-somun ve dişli yapılarında kullanılır.

6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

Krom-Vanadyum çelikleri: Yaklaşık % 1,00 Cr+ % 0,18 Va oranı mevcuttur. Isıl işleme tabi tutulmuş alaşımları, aşınma ve yorulmaya karşı yüksek mukavemetli mükemmel malzemelerdir. Levha formdaki özel tipleri soğuk şekillendirilebilir. Orta karbon içeren 6150 tipi yay yapımında kullanılır. Yüksek karbon içeren 6195 tipi ise bilye elemanları (yuvarlak, yassı) yapımında kullanılır.

Tungstenli çelik: Tungstenli çelik alaşımı yüksek sıcaklıklarda sertliğini muhafaza eder. Yüksek ısı dayanımı isteyen egzoz, supaplar ve diğer cihazların yapılmasında kullanılır.

Paslanmaz çelik: Geniş miktarda egzoz boruları, yangın duvarı, manifoldlar ve egzoz kolektör halkaları gibi uçak parçalarının yapımında kullanılır çünkü bu malzeme sıcak gaz veya asitlerin korozyon tesirine karşı dayanıklıdır. Paslanmaz çelik lehimlenebildiği gibi kolaylıkla kaynak da olabilir.

6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

Inconel Nikel-Krom alaşımı (76Ni - 16Cr - 8Fe): Yüksek korozyon direnci, iyi mukavemet ve özellikle yüksek sıcaklıkta oksitlenmeye karşı mükemmel direncin istendiği durumlarda kullanılır. 20 °C'deki yoğunluğu 8,51 g/cm³tür. Sıcak çalışma aralığı 870-1260 °C arasındadır. Tavlama sıcaklığı 870 °C'de 3 saat ve 980 °C'de 7-15 dakika arasındadır.

Hastelloy alaşımı W (62Ni - 24.5Mo - 5Cr - 5.5Fe): 750 °C'nin üzerindeki yapısal uygulamalarda, özellikle yüksek sıcaklıkta kullanılan bir alaşımdır. Ayrıca kısa süreli mukavemet değerleri de ergime sıcaklığının %75-90'ı kadar yüksek sıcaklıklarda iyidir. Kaynak malzemesi olarak farklı metallerin kaynağında çok üstün özelliklere sahiptir. 22 °C'deki yoğunluğu 9,03 g/cm³tür. Tavlama sıcaklığı 1176 °C'dir. Bütün bilinen kaynak yöntemleri ile kaynak yapılabilir. Karbon oluşumu yüzünden oksitli kaynağından kaçınılmalıdır.

6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

Hastelloy Alaşımı X (47Ni-9Mo-22Cr-18Fe): 1200 °C'ye kadar mükemmel mukavemet değerlerine ve oksit direncine sahiptir. Uçakların ark yanma odaları, türbin kanatçık ve vanaları, egzoz çıkış kaplamalarında geniş bir uygulama alanına sahiptir. 22 °C'deki yoğunluğu 8,23 g/cm³tür.

6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

Alaşımlı Çeliklerin Isıl İşlemleri ve Uygulamaları

Isıl işlem, metal malzemeyi belirli bir sıcaklığa ısıtıp bu sıcaklıkta belirli bir süre tuttuktan sonra kontrollü olarak gereken hızda soğutma işlemidir. Malzemeyi oluşturan atomlar, yüksek sıcaklıkta hareketlilik kazanıp yeni konumlara yayıldıklarından ısıl işlemde amaç, atom hareketlerini kontrol altına alarak malzemeye istenen özellikleri veren mikro yapı kazandırmaktır. Isıl işlemlerin hemen hepsi ısıtma, bekletme ve soğuma kademelerinden oluşur.

6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

Bekletme süresinin kısa olması ve bekletme sıcaklığının gerekenden düşük olması mikro yapısal dönüşümlerin tamamlanmamasına; gereğinden uzun olması ise tane büyümesine, enerji ve zaman kaybının yanı sıra oksitlenme ve bileşim farklılaşmasına (dekarbürizasyon) neden olur. Bu nedenle bekletme kademesinde en uygun sıcaklık ve en uygun bekletme süresinde bekletilmelidir. Isıl işlemin son kademesi olan soğutma işleminde, uygun mikro yapıyı elde etmek için uygun ortamda (su, yağ vb.) soğutma yapılır. Özellikle çok farklı kesit farklılığındaki karmaşık şekilli parçalar alaşımlarına da bağlı olarak soğutma esnasında çarpılma ve çatlama riski taşır. Bu nedenle uygun soğutma sıvısı yani soğutma hızı seçilmelidir.

6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

Tavlama

Tavlama, metali yumuşatma amaçlı uygulanan ısıtma işlemlerin geneline verilen addır. Tavlama yapılarak malzemenin işlenebilirliği, sıcak ve soğuk şekillendirme kabiliyeti arttırılır ve işleme, dövme veya kaynak sonrası oluşan iç gerilimler alınır. Tavlama ile mekanik özellikler iyileştirilir, süneklik arttırılır ve kimyasal homojensizlik kaldırılır. Bunun yanında sertleştirme öncesi yapılan tavlama malzemenin iç yapısını sertleştirmeye uygun hâle getirir. Tavlama terimi genellikle östenit fazı içinde ısıtma ve daha sonra yavaş soğutmayı ifade eden “tam tavlama” olarak belirtilir. Tavlama kelimesiyle beraber kullanılan diğer kelimeler tavlama işleminin şeklini gösterir.

6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

Tavlama işleminin amacı: Malzeme sertliğini düşürmek ve sonraki üretim operasyonlarının gelişimini kolaylaştırmaktır. Tavlama çoğunlukla döküm dövme veya haddeleme sonrası malzemelerin yapılarını dikkatle kontrol altında tutarak, yumuşatmak ve kalıcı gerilimleri minimize etmek, işlenebilirliği iyileştirmek, tokluğu arttırmak için kullanılır. Birçok takım ve paslanmaz çelikler gibi bant hâlindeki çeliklerin çoğu tavllanır. Demir-dışı metaller de tavllanır.

Tavlama işleminin yararları: Gerilim giderme, normalizasyon veya tavlama işlemlerinin hepsi metalleri ve alaşımları daha sonraki işlemlere veya amaçlanan kullanım şartlarına hazırlar. Malzemelerin kolaylıkla işlenme kabiliyetini kontrol eder, serviste çarpılmalarını önler, çatlama veya yarıлма olmadan şekillendirilmelerini sağlar. Minimum çarpılmayla sertleşme veya sementasyon sağlar, paslandırıcı ortamlara dayanımını yükseltir.

6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

Normalleştirme

Bazı mühendislik çeliklerine uygulanan normalizasyon işlemi malzemelerin ilk durumuna göre bunları yumuşatır, sertleştirir veya gerilimlerini giderir. İşlemin amacı döküm, dövme veya haddeleme gibi ön işlem etkilerinden kaynaklanan mevcut homojen olmayan yapıyı talaşlı/talaşsız işlenebilirlik için iyileştirmek veya bazı ürünlerde gerekli son mekanik özellikleri karşılaması içindir. Asıl amaçlarından biri de şekillendirme sonrası çeliğin yapısını düzelterek bir sertleştirme işlemine tatmin edici bir tepki vermesini sağlamaktır (örneğin ölçüsel stabilizeye yardımcı olmak vb).

6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

Normalizasyon işlemi uygun bir çeliğin tipik olarak 830-950 °C aralığında ısıtılması, (sertleşebilen çeliklerin sertleştirme sıcaklığı veya üzeri, sementasyon çelikleri için sementasyon sıcaklığı üzeri) ve sonra havada soğutulmasından meydana gelir. Isıtma da genellikle açık atmosferde yapılır. Bu nedenle tufal veya dekarbürüzyon tabakalarını kaldırmak için daha sonra talaşlı işlem veya yüzey tamamlama işlemleri gereklidir. Havada sertleşen çelikler (bazı otomotiv dişli çelikleri) çoğu kez normalizasyon sonrası yapıyı yumuşatmak ve işlenebilirliği arttırmak için menevişlenir (kritik sıcaklık altı tavlama). Birçok uçak sanayi standardı bu işlem kombinasyonunu öngörür.

Genel olarak normalize yapılmayan çelikler, havada soğutma sırasında belirgin olarak sertleşebilen çelikler (takım çelikleri vb.) veya yapısal yarar sağlamayan veya uygun olmayan yapı ve mekanik özelliklerle sonuçlanan çeliklerdir (paslanmaz çelikler vb.).

6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

Normalleştirme işleminin amacı: Malzemenin normal yapıyı (eşit boyda, yuvarlak tanelerden oluşan ince taneli yapı) yeniden kazanmasıdır. Mekanik imalattan sonra ısıtılacak, yüksek hassasiyette ölçü gerektiren, dövülmüş, haddelenmiş, çekilmiş, dökülmüş, iri taneli ve eş yönlenmiş yapılar düzelir ve malzeme her zaman yeniden kazanabileceği özelliklere (çekme mukavemeti, süneklik vb.) geri döner. Bu amaçla parçalar gerekiyorsa bir ön ısıtmayı takiben östenit sıcaklığına kadar ısıtılır, iç ve dış yüzeyler aynı sıcaklığa gelinceye kadar beklenir ve ardından hemen hareketsiz havada soğutulur.

6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

Temperleme

Tüm sertleştirme işlemlerinde, parçalar çok sert ve kırılgandır. İstenilen şekilde kullanılabilmeleri için belirli bir sünekliğe ihtiyaç vardır. Malzeme bu sünekliğe, sertleştirme işlemi sonrasında kavuşamaz.

Temperleme (Menevişleme), çelik çeşidi ve parçanın ısıtılma işleminden sonra hangi gaye ile kullanılacağına bağlı olarak yapılır. Temperleme sıcaklığı, parçanın kimyasal analizine, gördüğü ısıtılma şartlarına, sertliğine ve kullanım yerine bağlı olarak değişir. Gerilim giderme amacıyla kullanılan fırınlar, bu amaç için de kullanılır. Temperleme 150-750 °C arası değişen sıcaklıklara tekrar ısıtılması ve havada soğutma operasyonu ile ulaşılır. Temperleme işlemi, malzemenin sertleştirme işleminden sonra kısa sürede yapılarak çatlama riski ortadan kaldırılmalıdır.

6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

Sertleştirme

Sertleştirme çeliklerin daha önceden belirlenmiş sertleştirme sıcaklıklarına kadar tavlama, bunun ardından soğutulması ve son olarak da sert yapının istenilen düzeyde sünek hâle getirilmesi şeklinde yapılır. Dolayısıyla sertleştirme işlemi üç aşamada yapılır: Tavlama, soğutma, gerginlik giderme.

- **Gerginlik giderme:** Bu işlem malzeme cinsine, parça şekline ve kullanılacağı yere bağlı olarak değişik sıcaklıklarda uygulanır. Amaç var olan iç gerilmeleri en az düzeye indirmektir. Sıcak dövülmüş, dökülmüş malzemelerde ve kaynak yapılmış parçalarda düzensiz soğuma neticesinde meydana gelen iç gerilim farklılıklarının giderilmesi amacıyla 550 - 650 0C' ye yavaş ısıtma ve bekletme, fırında çok yavaş soğutma şeklinde yapılır. Sertleştirme işleminden önce de gerilmeleri almak için gerektiğinde uygulanabilir. Sertleştirilmiş parçalarda gerilim giderme ısıl işlemi, temperleme sıcaklığının minimum 25  C altında yapılmalıdır ki sertlikte düşüş olmasın. Aksi belirtilmedikçe gerilim giderme minimum 2 saat yapılacaktır
- **Sertleştirmede kullanılan soğutma ortamları:** Sertleştirmede kullanılan soğutma ortamları su, yağ, havadır. Yağ, soğuma hızını düşürür. Yağda sertleştirme bütün çeliklerde en yüksek korozyon direnci sağlar. Çeliklerin suda soğuma hızı yüksektir.

6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

Yüzey Sertleştirme

Yüzey sertleştirmede sertleştirilecek parçanın tamamı sertleştirme sıcaklığına yükseltilmeyip yalnız sertleşmesi gereken bölgeler yani parçaların üst yüzeyleri ısıtılır. Yüzey sertleştirme, yüzeyin kimyasal yapısını değiştirmeden ve yüzeyin kimyasal yapısını değiştirerek yapılan yüzey sertleştirme olmak üzere iki türlü yapılabilir.

Yüzeyin kimyasal yapısını değiştirmeden yapılan yüzey sertleştirme: Bu işlem bünyesinde yeteri oranda karbon bulunan çeliklere yapılır. Özellikle iç yapıları yumuşak dış yüzeylerinde sertlik istenilen yerlerde uygulanır. Alevle ve indüksiyon akımıyla olmak üzere iki türlü sertleştirme yapılır.

Yüzeyin kimyasal yapısını değiştirerek yapılan yüzey sertleştirme: Çeliklerin sertleştirilmesi için başta gereken karbon oranıdır. Düşük karbonlu çelikler normal yolla sertleştirilemez. Bu gruptaki çeliklerin karbon oranı 0,20'nin altındadır. Bu çeliklere karbon emdirerek sertleştirme yapılabilir.

6.2 Hava Aracı Materyalleri — Non-Ferro (Demir)

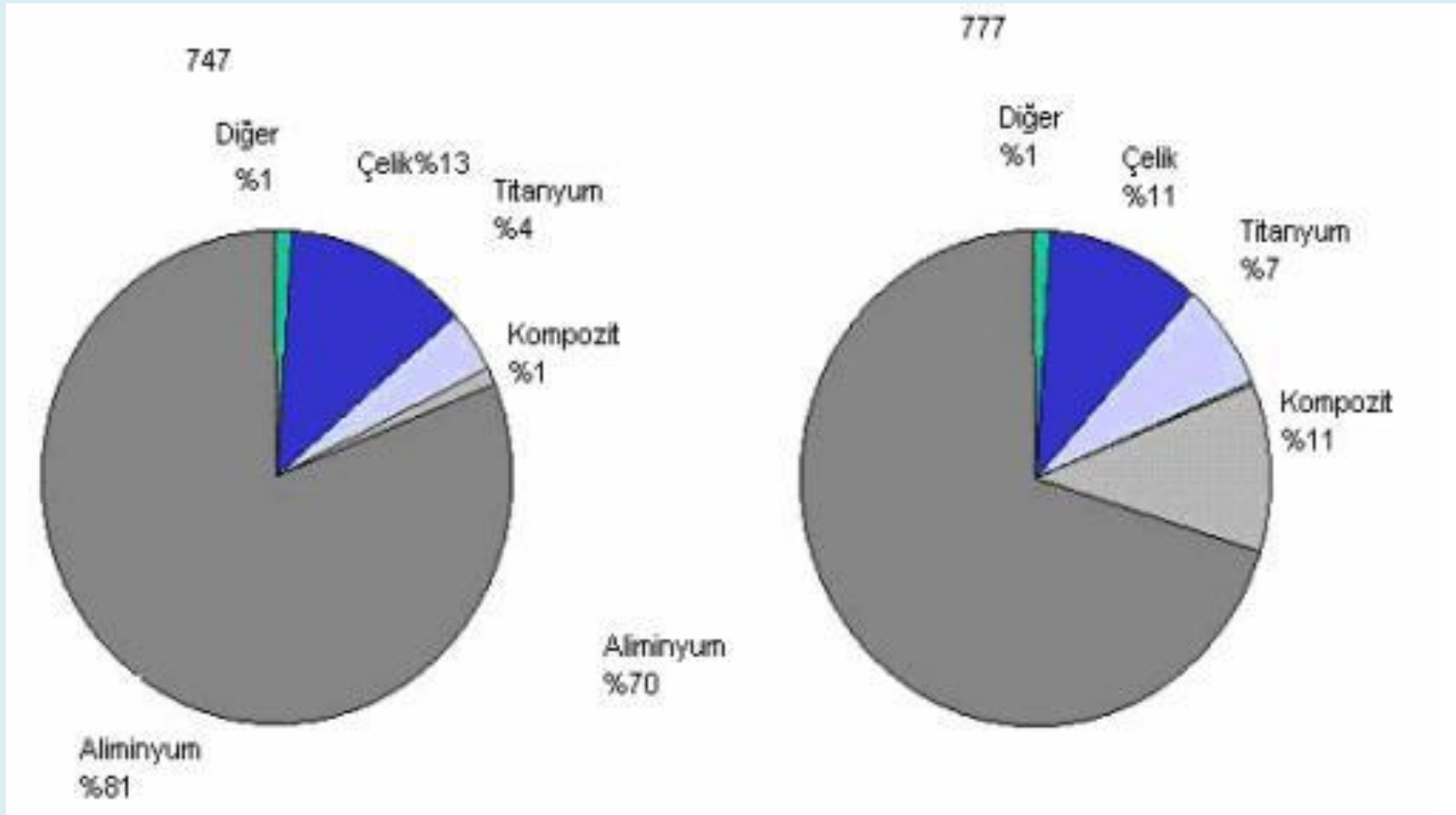


6.2 Hava Aracı Materyalleri -Non-Ferro (Demir Dışı)

DEMİR CİNSİ OLMAYAN UÇAK MALZEMELERİ

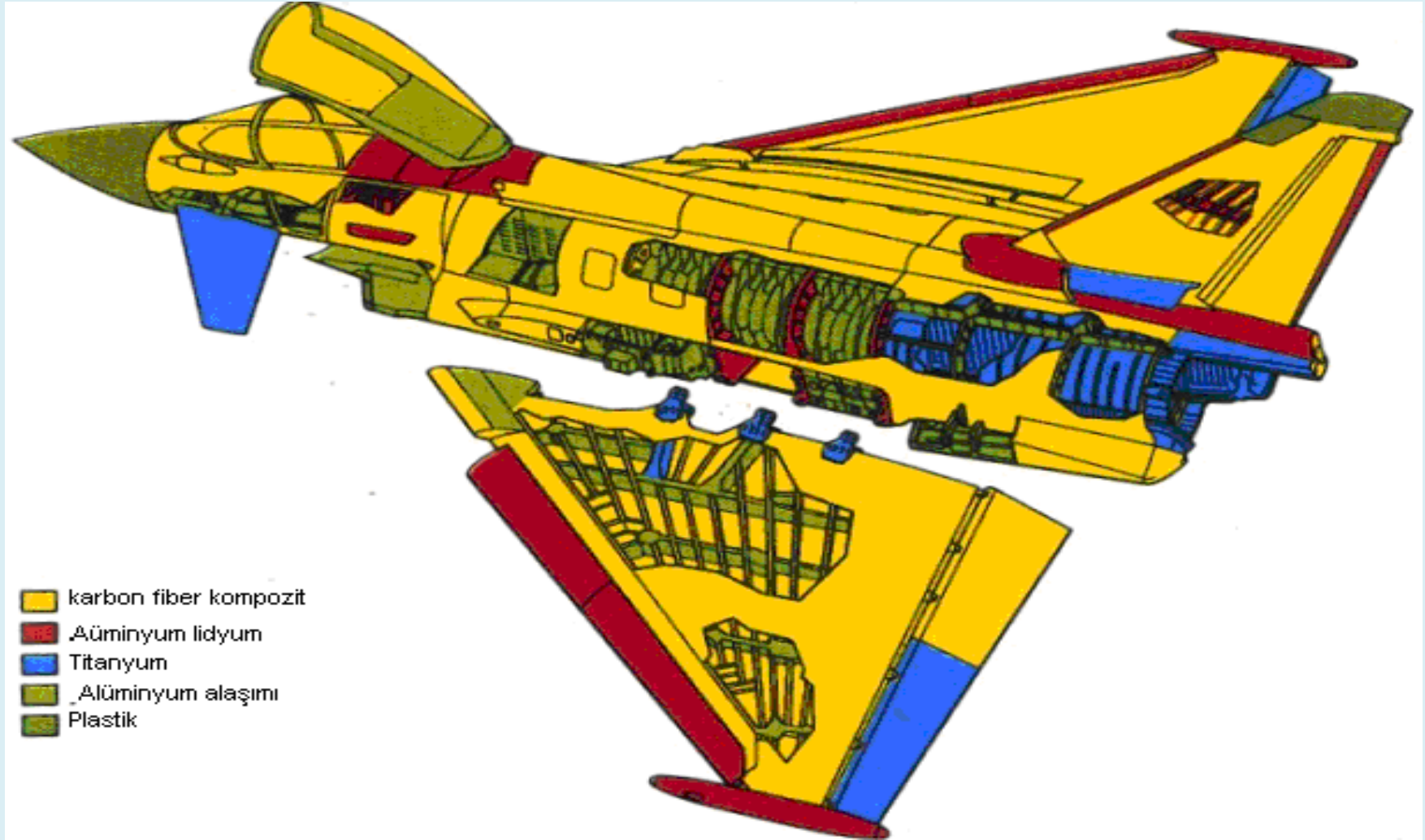
Uçaklarda en çok kullanılan demir cinsi olmayan malzemeler daha çok alüminyum ve alaşımlarıdır. Diğerleri ise titanyum ve alaşımları, Bakır ve alaşımları, kurşun ve alaşımları, Magnezyum ve alaşımları, kompozit malzemeler olarak sayabiliriz.

6.2 Hava Aracı Materyalleri -Non-Ferro (Demir Dışı)



Boing 747 ve 777'de kullanılan malzemeler ve oranı

6.2 Hava Aracı Materyalleri -Non-Ferro (Demir Dışı)



6.2 Hava Aracı Materyalleri -Non-Ferro (Demir Dışı)

Alüminyum

Alüminyum ve alaşımlarının uçak sanayinde yaygın olarak kullanılmaya başlanması, alüminyum metalürjisinin gelişmesi ve uçak yapılarının “yük taşıyan kaplama” yani monokok ve yarı-monokok olarak şekillendirilmesinin sonucudur. 1930 senelerinden önce yapılan uçaklarda ağaç malzeme gerekli mukavemeti sağlamakta iken 1940 senelerine doğru hızların ve kanat yüklemelerinin artması ile yerini çeliklere bırakmaya başlamıştı. Ancak çelik malzeme ile hafif, aynı zamanda yüksek hızlar için gereken aerodinamik verimliliği olan kanat, gövde ve kuyruk elemanlarının imalat zorluğu alüminyum alaşımlarının çok kısa bir zamanda esas uçak malzemesi olarak kabul edilmesine yol açmıştır. Günümüzde uçak ana elemanlarının büyük bir kısmında alüminyum alaşımların yerine, üzerinde yoğun araştırma ve geliştirme çalışmaları yapılan kompozit malzemeler almaya başlamıştır.

6.2 Hava Aracı Materyalleri -Non-Ferro (Demir Dışı)

Alüminyum, oksijene karşı olan yüksek kimyasal reaksiyon sebebi ile tabiatta saf olarak bulunmaz. En çok rastlanan bileşiği boksit adıyla tanınan Al_2O_3 alaşımıdır ve topraklarda, kilde ve kayalarda bulunmaktadır. En zengin yataklar Güney Fransa, Macaristan, Rusya, USA, Hindistan, Siyam, Brezilya ve Batı Afrika'da bulunmaktadır. Memleketimizde de Güney ve Batı Anadolu'da zengin boksit yatakları mevcut olup alüminyum üretimi için gerekli tesisler kurulmuştur. Alüminyumun iktisadi olarak elde edilebilmesi için boksitin en az % 55 Al_2O_3 bulunması zorunludur. Genel olarak boksitin yapısı; % 55 – 65 Al_2O_3 (kil), % 12 – 30 (kristal suyu), % 28 Fe_2O_3 (demir oksit), % 8 SiO_2 (silisyum dioksit)' ten meydana gelmektedir.

6.2 Hava Aracı Materyalleri -Non-Ferro (Demir Dışı)

Kullanılış şekilleri

Uçak elemanlarının yapımında kullanılan alüminyum alaşımları döküm veya haddeleme yolu ile şekillendirilir.

- **Döküm Alaşımları:** Dökme alüminyumun 20 °C' de yoğunluğu 2,65-2,69 g/cm³tür. Ergime noktası 658 °C kaynama noktası 800 °C'dir. Uçak ana yapı elemanlarının dışında diğer yardımcı sistemlerin parçalarının yapımında örneğin motorlarda, iniş takımlarında, kumanda düzeninde, basınçlandırma sisteminde ve hidrolik donanımda döküm yolu ile şekillendirilen alüminyum alaşımlara uygulanır. Uçak ana elemanlarının fazla yük taşımayan kısımlarında birleştirme parçaları ve takviye yapılarında sert kalıplara basınçlı olarak dökümü yapılan (pres döküm) alaşımlar kullanılabilir. Bu parçalara örnek olarak kapı ve kapak menteşeleri, yapıda açılan deliklerin kenarına yerleştirilen takviye parçaları, teçhizat ve sistem elemanlarının uçak yapısına bağlanmasını sağlayan parçalar gösterilebilir.

6.2 Hava Aracı Materyalleri -Non-Ferro (Demir Dışı)

142 Alaşımı: (%4 Cu - %2 Ni - %1,5 Mg) Çok yüksek sıcaklık mukavemeti istenen yerlerde kullanılır. Uçak jeneratör yuvalarında, pistonlarında, hava soğutmalı silindir kafalarında kullanılır. 20 °C'deki yoğunluğu 2.81 g/cm³tür. Kum döküm tipleri 345 °C'de tavlanır. Döküm sıcaklığı kum dökümde 677-788 °C arasındadır. Sürekli dökümde de bu sıcaklık aralığında döküm yapılır.142 alaşımından parçalar, 2117-T4, 2017-T4 dövme alüminyum alaşımlarından yapılma perçinlerle birbirlerine bağlanabilir. Metal ark kaynağı 4043 alaşımıyla, karbon ark kaynağı da 4043 alaşımıyla, argon koruyucu gaz atmosferinde tig kaynağı yapılabilir. Kaynak tozu gerekmez.

195 Alaşımı: (% 4,5 Cu) Yüksek çekme özelliklerinin ve iyi işlenebilirliğin bir kombinasyonunun gerekli olduğu durumlarda uygulama alanı vardır. Uçak tekerleğinde bağlantılarında kullanılır. 20 °C'deki yoğunluğu 2,81 g/cm³'tür. 345 °C'de tavlanır. Bu sıcaklıkta 2-4 saat beklenir. 2117-T4 ve 2017-T4 alaşımlarıyla perçin bağlantısı yapılabilir. 4043 alaşımıyla atomik-hidrojen kaynağı, metal ark kaynağı, karbon ark kaynağı ve argon atmosferi altında tig kaynağı yapılabilir.

6.2 Hava Aracı Materyalleri -Non-Ferro (Demir Dışı)

Titanyum

Nispeten hafif bir metal olan titanyum hayli pahalı olmasına rağmen yüksek dayanımı nedeniyle uçak ve uzay sanayinden alüminyum alaşımlarıyla rekabet edebilmektedir. Titanyum, üstün yenim direnci nedeniyle klor ve inorganik klorür çözeltileri gibi birçok kimyasal ortamda başarıyla kullanılmaktadır Titanyum metalinin pahalı olmasının nedeni bileşiklerinden saf hâlde elde edilmesinin güçlüğüdür.

Titanyum yüksek sıcaklıklarda oksijen, azot, hidrojen, karbon ve demirle birleştiğinden dökümü ve talaşsız işlenmesi için özel teknikler gerekmektedir (En önemli şekillendirme tekniği, vakumda arkla eritilen yenir elektrodun doldurulduğu su soğutmalı bakır potadan özel kalıplara yine vakum altında döküm yapmaktır.)

6.2 Hava Aracı Materyalleri -Non-Ferro (Demir Dışı)

Uçak sanayisinde en yaygın olarak kullanılan titanyum alaşımları ve bunların özellikleri

99,0 Ti: İyi işlenebilirlik ve orta düzeyde mukavemet özelliklerine sahiptir. Uçaklarda yanma duvarları, kompresör kaplamaları, egzoz çıkış kaplamaları, gövde bölme duvarlarında geniş çapta kullanılır. 20 °C'deki yoğunluğu 4,54 g/cm³tür.Tavlama sıcaklığı 590-732 °C'dir. Gerekğinde gerilme giderme tavlaması yapılır. Bu işlem 537 °C'de 15-20 dakikadır. Buna sonra havada soğutma uygulanır. Gazaltı koruyuculu ark kaynağı, direnç kaynağı ve nokta kaynağı uygulanır. Resim 3.6'da görülen uçak motorundaki kompresör kapakçıklarında Ti-6Al-4V alfa beta tipi alaşım kullanılır.



6.2 Hava Aracı Materyalleri -Non-Ferro (Demir Dışı)

Ti - 6Al - 4V alfa-beta tipi alaşım: 315 °C'ye ya da biraz daha yukarı sıcaklıklara kadar yüksek mukavemete sahiptir. Uçakların gaz türbin kompresör kapakçıklarında ve disklerinde, dövme uçak bağlantılarında, preslenmiş uçak çatısı yüzeylerinde, metal levha hâlindeki çatı parçalarında kullanılır.

Ti - 5Al - 2.5Sn alfa tipi alaşımı: Uçak egzoz bağlantılarında ve diğer dövme levha komponentlerinde 480 °C'ye kadar çalışır. Roket yakıt tanklarında, uçak gaz türbini kompresörlerinin yataklarında, kaynaklı stator bağlantılarında ve içi boş kompresör kanatçıklarında, kaynaklı borularda geniş çapta kullanılır. 20 °C'deki yoğunluğu 4,46 g/cm³tür. Tavlama, 830 °C'de 30 dakika ya da 880 °C'de 10 dakikadır. 537 ya da 560 °C'de 1-2 saat tavlamadan sonra gerilme giderme işlemi yapılmalıdır. Ticari saf titanyuma uygulanan kaynak işlemleri bu alaşıma da yapılabilir.

Ti - 8Mn alaşımı: 93-315 °C arasında çalışan uçak kaplama ve birincil yapı elemanlarında kullanılır. Tam tavlama 680-700 °C'de 1 saattir. Sonra havada soğutulur. Ergitme kaynağı uygulanamaz. Ancak nokta kaynağı dikkatlice yapılmış konstrüksiyonlarda kullanılabilir.

6.2 Hava Aracı Materyalleri -Non-Ferro (Demir Dışı)

Bakır ve Alaşımları

Bakır gerek alaşımsız gerekse de diğer elementler katılarak alaşımlı durumda geniş bir kullanım alanına sahip bir mühendislik malzemesidir. Bakırın en önemli özellikleri elektrik ile ısıyı çok iyi iletmesi ve korozyona dayanıklı olmasıdır. Soğuk şekil vermeye çok elverişlidir. Ayrıca 650 °C üzerinde kolaylıkla sıcak şekil verilebilir. Süneklik ve tokluğunu alçak sıcaklıklarda kaybetmez. Talaş kaldırarak işlenmesi güçtür. Döküm kabiliyeti iyi değildir.

En saf hâli %99,9 bakır, %0,1 diğer elementler şeklindedir. En yaygın kullanım şekli çinko ile birleşerek oluşturduğu pirinç, kalay ile birleşerek oluşturduğu bronz alaşımlarıdır.

Uçaklarda Kullanılan Washer ve Bushing Parçalar



6.2 Hava Aracı Materyalleri -Non-Ferro (Demir Dışı)

Kurşun ve Alaşımları

Kurşunun en önemli özellikleri yüksek özgül ağırlık, alçak erime noktası, çok düşük sertlik ($BS = 4 \text{ kgf} / \text{mm}^2$) meydana gelen koruyucu tabakadan dolayı deniz suyuna ve birçok kimyasal maddelere (özellikle sülfürik aside) dayanıklıdır. Çekme dayanımı $1\text{-}2 \text{ kgf} / \text{mm}^2$ düzeyindedir. Soğuk şekil verme ile sertleştirilemez. X- ve γ - ışınlarından korumada çok önemli bir malzemedir.

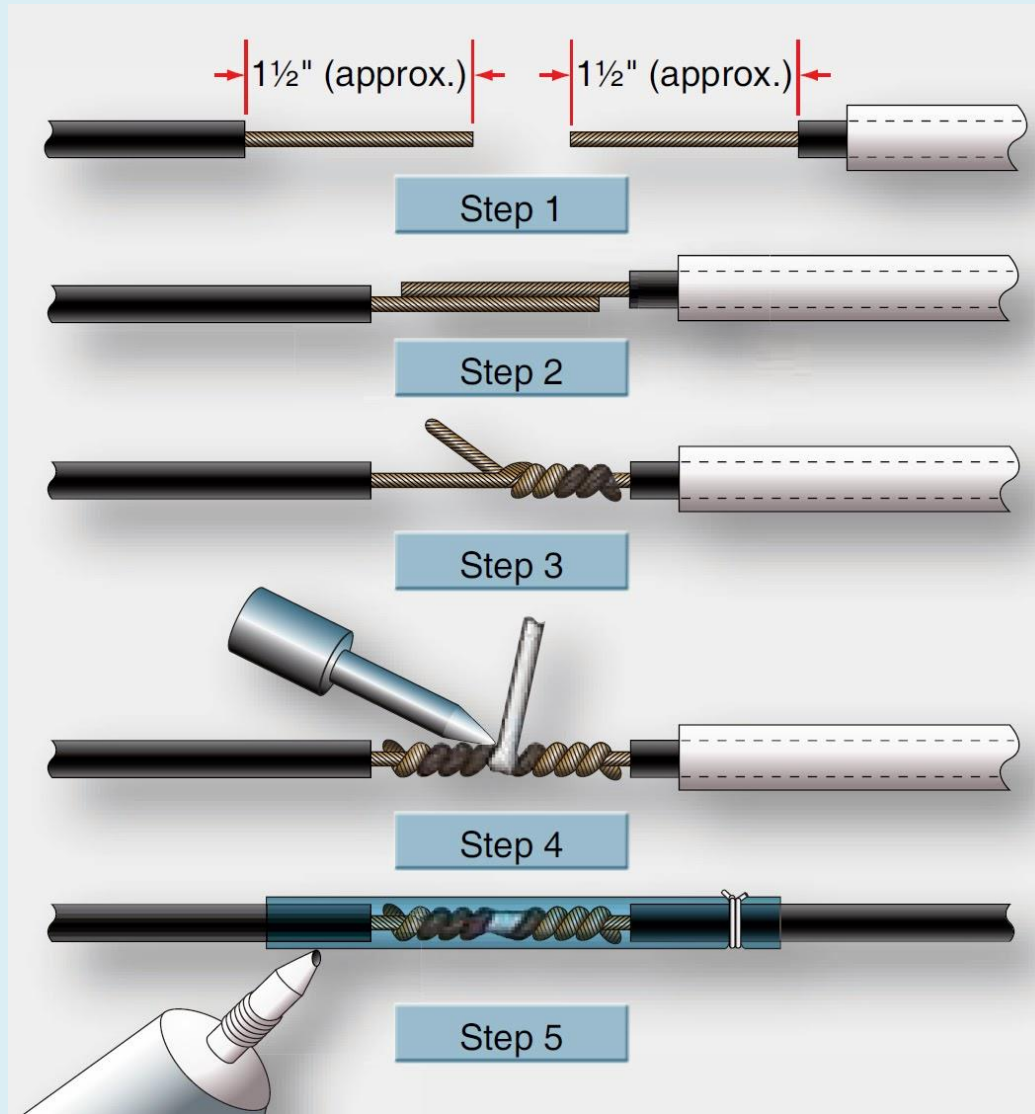
Boya ve optik cam imalinde, Pb 99 ve Pb Sb 5 kimya endüstrisindeki cihazların kaplamasında, borularda ve kablo kılıflarında kullanılır Pb Sb 9 alaşımından örneğin akümülatör levhaları, basınçlı döküm alaşımlarından da matbaa harfleri yapımında yararlanır.

6.2 Hava Aracı Materyalleri -Non-Ferro (Demir Dışı)

Lehimler

Yumuşak lehimler, alçak erime noktalı ($<400\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de) düşük mukavemetlidir. Lehim bağlantılarının mukavemetini arttırmak amacıyla sert lehimler (pirinç ve gümüş lehimleri) kullanılabilir. Ancak seçilen lehimin çalışma sıcaklığının birleştirilecek metallerin erime sıcaklıklarının altında olması gerekir. Örneğin çinkoya yalnız yumuşak lehimleme uygulanabilir. Pirinç lehimleri gümüş lehimlerine göre daha yüksek sıcaklıkta erirler. Genellikle demir, bakır, nikel ve alaşımları için kullanılan yumuşak, sert lehimler dışında alüminyum ve alaşımlarının birleştirilmesinde yararlanılan Al lehimleri de vardır. Lehimlenecek parçaların yüzeylerinin oksitlerden temizlenmesi için yumuşak lehimlemede çinko klorürün sulu çözeltisi veya kolofon, donyağı, nişadır karışımı; sert lehimlemede boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$); alüminyum lehimlemesinde de Na, K, Li, Ca oksit ve klorürlerinden oluşan maddeler kullanılır.

Uçaklarda Kullanılan Lehimleme Teknikleri



6.2 Hava Aracı Materyalleri -Non-Ferro (Demir Dışı)

Magnezyum ve Alaşımları

Magnezyum alaşımları, döküm,dövme, ekstrude çubuklar, dolu çubuk, boru, levha şekilde üretilebilir. Değişken gerilmeli ve gerilmesiz uygulamalar için çok uygundur. En başta gelen avantajları mukavemeti, düşük yoğunluğu, şok ve titreşim absorblayıcı özelliğidir. Alüminyuma göre 2/3, çeliklere göre 1/5 ağırlık avantajına sahiptir.

Bu tip alaşımları tanımlamada iki harf veya üç rakam kullanılır. 1. harf ve 1. rakam ilk elementin adını ve tam sayı olarak yüzdesini 2. harf ve 2. rakam diğer elementin adını ve tam sayı olarak yüzdesini belirtir. Özel bir durum olarak X harfi (sonda) çok az miktarda karışım (saf olmayan) olduğunu belirtir.

A Alüminyum

E Nadir toprak elementleri

H Toryum

K Zirkonyum

M Manganez

Z Çinko

Magnezyum alaşımları yanıcı olmasının yanı sıra toryum alaşımları ile özellikle az miktarda radyoaktiftir.

6.2 Hava Aracı Materyalleri -Non-Ferro (Demir Dışı)

Kompozitler

Genel bir tanımı yoktur. Değişik tanımlamalar yapılabilir. Sözlük anlamı, değişik parça ve elementlerden oluşan maddelerdir.

6.2 Hava Aracı Materyalleri -Non-Ferro (Demir Dışı)

Demir Olmayan Malzemelerin Isıl İşlemleri ve Uygulamaları

Isıl işlem, genel olarak mekanik ve fiziksel özellikleri değiştirmek amacıyla malzemelere uygulanan ısıtma ve soğutma işlemlerini kapsar.

Alüminyum Alaşımlarının Isıl İşlemi

Alüminyum alaşımlarının özelliklerini geliştirmek veya değiştirmek için uygulanan işlemler çeşitlidir. Buna göre esas işlemler tavlama, soğuk işlem, çözeltiye alma ve yaşlanmadır. Bu nedenle alüminyum alaşımlarının ısıl işlemi özel bir anlam taşır ve ağırlıklı olarak yaşlanma işlemini kapsar. Tablo 3.1’de, yaşlanabilen alüminyum alaşımları görülmektedir. Yaşlanabilir alüminyum alaşımlarından 2xxx, 7xxx serisi alaşımlar ve bunlara son yıllarda eklenen Al-Li alaşımları özellikle havacılık endüstrisinde kullanıldığından bu alaşımların ısıl işlemi teknolojik açıdan önem taşır. Bu alaşımların kullanımında mukavemet, tokluk, yorulma gibi mekanik özelliklerin yanı sıra gerilmeli korozyon direnci gibi özellikler ön plana çıkmaktadır. Yaşlanma sadece alüminyum alaşımlarının mekanik özelliklerini etkilemez aynı zamanda korozyon ve iletkenlik özelliklerine de etki eder.

Tablo 3.1 Yaşlanabilen Alüminyum Alaşımları

ALAŞIM ELEMENTLERİNİN ALÜMİNYUM ALAŞIMLARINA ETKİLERİ

İşlem Alüminyum Alaşımları

- 1xxx Ticari saflıkta Al (>%99Al) – Yaşlandırılmaz
- 2xxx Al – Cu alaşımları – Yaşlandırılabilir
- 3xxx Al – Mn alaşımları – Yaşlandırılmaz
- 4xxx Al – Si alaşımları – Eğer magnezyum varsa yaşlanabilir
- 5xxx Al – Mg alaşımları – Yaşlandırılmaz
- 6xxx Al – Mg – Si alaşımları – Yaşlanabilir
- 7xxx Al – Mg – Zn alaşımları – Yaşlanabilir

6.2 Hava Aracı Materyalleri -Non-Ferro (Demir Dışı)

Tavlama

Soğuk işlem yapılmış parçalarda gerilim (deformasyon) sertleşmesini yumuşatmak veya ısıtıl işlem yapılmış parçalarda gerilimi almak, özellik ve boyutları kararlı (stabil) hâle getirmek için yapılır. Döküm veya dövme ve çoğu ısıtıl işlem yapılan Al-alaşımları belirtilen değerlerde tavlандıklarında, müteakip şekillendirme operasyonunu sağlayacak kadar yumuşar.

6.2 Hava Aracı Materyalleri -Non-Ferro (Demir Dışı)

Solüsyona Alma Isıl İşlemi

Alüminyum alaşımı bünyesindeki alaşım elemanlarını katı çözeltiye almak için malzemenin 520 0C veya üzerinde belirli bir süre tutulup ani olarak soğutulmasıdır. Bu işlemde amaç ergime veya arzu edilmeyen rekristalizasyon olmaksızın alaşım elementlerini tam olarak katı hâlde çözeltiye almaktır. Bu belirli bir sıcaklıktan çok hızlı soğutularak elde edilir.

1. Su verme

Solüsyona alma işlemini takiben parçaların mümkün olan en kısa sürede aşırı doymuş katı eriyik fazında istenmeyen kısmi çökelmeler meydana gelmeden fırından alınıp su verme tankına taşınmalıdır. Bu nedenle bu işleme su verme denilmektedir. Su verme alaşım elementlerinin kontrolsüz olarak çökmesini önler veya geciktirir. Böylece alaşım elementlerinin katı eriyikte kalması sağlanır. Kontrolsüz çökelmeler meydana gelirse mekanik özellikler ve korozyon direnci ters etkilenir.

6.2 Hava Aracı Materyalleri -Non-Ferro (Demir Dışı)

2. Doğal yaşlandırma işlemi

Alüminyum alaşımının oda sıcaklığında bekletilmesiyle katı çözelti içindeki alaşım elemanlarının katı çözültiden ayrılıp çökelerek "çökelme sertleşmesi" mekanizması ile malzemenin sertliğinin artmasıdır. Isıl işlem yapılabilen Al-alaşımları, su verme işleminden sonra oda sıcaklığında son derece kararsızdır ve sertleşmeyi sağlayan fazların çökmesi derhal başlayabilir. Doğal yaşlanmadan önce alaşımın mekanik özellikleri çok düşüktür ve sünekliği tavllanmış durumla karşılaştırılabilecek değerlerdedir.

Doğal yaşlanma da sıcaklığa bağlıdır ve alaşım düşük sıcaklıklarda soğutularak geciktirilebilir. Doğal yaşlanmanın hızı çok geniş bir aralıkta değişebilir ve alaşıma önemli oranda bağlıdır. 2000 serisi Al-Cu alaşımları oda sıcaklığında hızla sertleşir ve tam sertleşme yaklaşık dört günde tamamlanır.

6.2 Hava Aracı Materyalleri -Non-Ferro (Demir Dışı)

3. Suni yaşlandırma işlemi

Doğal yaşlandırma ile elde edilemeyecek kadar yüksek sertlik değerlerinin bir ısı işlem fırınında belirli sıcaklık ve sürede yapılmasıdır.

Suni yaşlandırma ısı işlemi ile homojenizasyon ve onu takip eden su verme işlemleri sonucu aşırı doymuş katı eriyik içersinde dağılmış olan partiküllerinin tercihen tane sınırlarından başlayarak arzu edilen şekilde çökelmeleri sağlanır. Bu ise sünekliği azaltıp mukavemeti arttırmaktadır. Çökelme ilerledikçe alaşımın mukavemeti artar ve maksimum bir tepe noktaya ulaşır. Daha fazla yaşlandırmaya devam edilirse mukavemet kararlı hâle ulaşıncaya kadar tedrici olarak azalır.

Isıl işleme tabi tutulan parça için yaşlandırma sıcaklığı ve süresi malzeme özelliklerinin kontrolü için kullanılabilecek iki değişkendir. Daha yüksek sıcaklıkların ve daha kısa sürelerin kullanılması daha yüksek akma mukavemeti ve daha düşük % uzama sağlar. Hâlbuki daha düşük sıcaklıklar daha büyük % uzama ve hafifçe daha düşük akma mukavemeti sağlar. Yaşlandırma süresinin başlangıcı yük içerisindeki en düşük sıcaklık, ayarlanan sıcaklığa 6 oC kadar yaklaşıncaya başlayacaktır.

6.2 Hava Aracı Materyalleri -Non-Ferro (Demir Dışı)

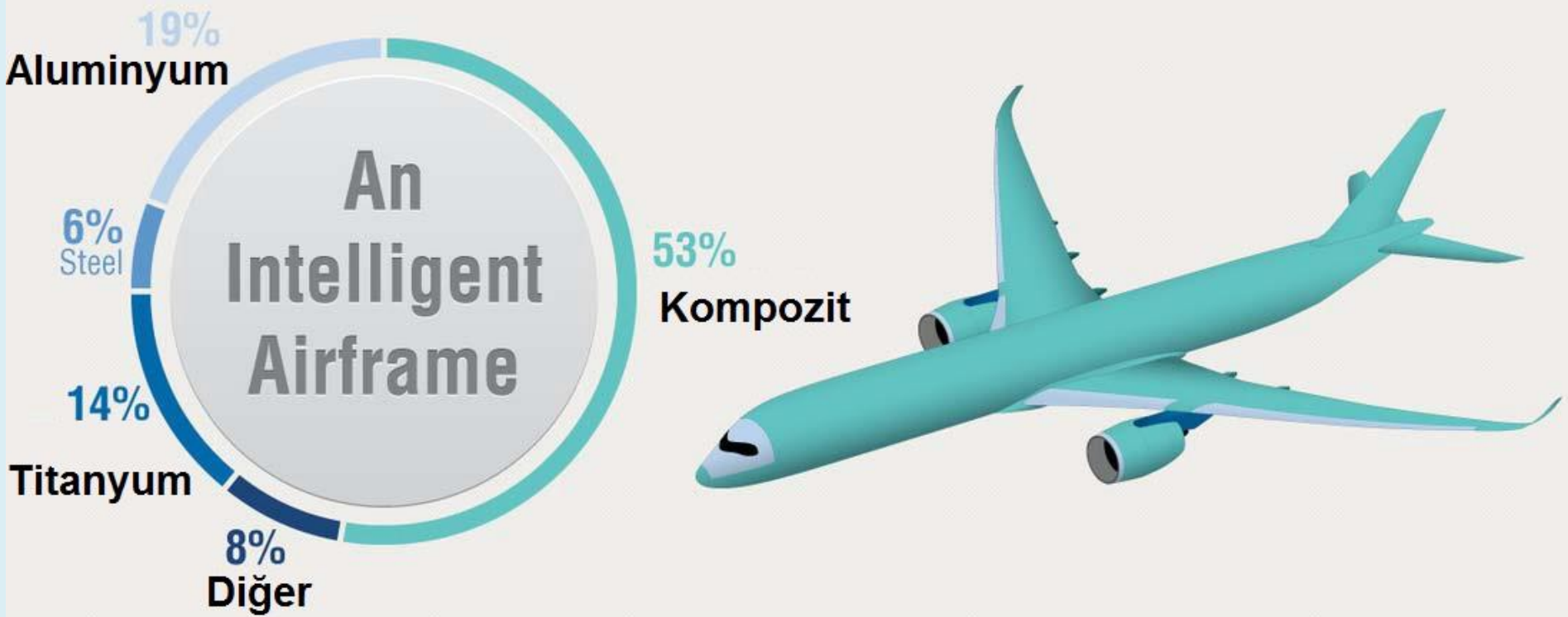
Titanyum Alaşımlarının Isıl İşlemi

Titanyum ve alaşımlarına uygulanan ısıt işlemler gerilme giderme veya sertlik ve mukavemet gibi özellikleri geliştirme amaçlıdır. Saf titanyumda 385 °C'nin üzerindeki hacim merkezi kübik kristal kafesine sahip beta-titanyum tipinden itibaren yapılan soğumada hegzagonal kristal kafesli alfa-titanyum tipine dönüşme, soğuma hızı ile sertleştirme mümkündür. Bu amaçla 800 °C'den itibaren hızlı soğutma ve ardından alfa/beta dönüşme hattının 150 °C yukarısına kadar ısıtma gerekir.

Çeliklerde uygulanan ısıt işleme tane boyutunu küçültme yöntemleri titanyum için geçersizdir. Bu nedenle de sıcaklık değerleri iyi seçilmelidir.

Yüzey sertleştirmede ise 800 °C'de iki saat tuz banyosu içerisinde yapılan beklemede azot, oksijen ve karbon difüzyon yoluyla yüzeye nüfuz ettirilir ve böylece 40-60 mikron kalınlığında 750-850 HV sertliğinde tabakalar elde edilir.

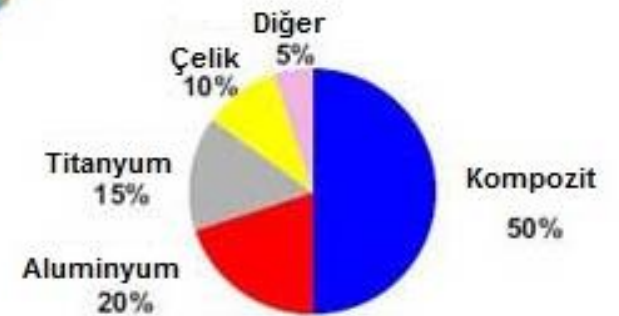
Airbus A350



Boeing 787 Dreamliner



- Karbon Lamine
- Karbon Sandviç
- Fiberglass
- Alüminyum
- Alüminyum/çelik/titanyum paylonlar



dr.tamer@tamersaracyakupoglu.com.tr
tsaracyakupoglu@gelisim.edu.tr

