İNTERMETALİKLERE GİRİŞ

- Çözünen elementin miktarı katı çözünürlük sınırından daha fazla olduğunda, ikinci katı da birinci katı çözeltiden ayrı olarak ortaya çıkar. Oluşan ikinci faz, bir ara fazdır.
- İki ana bileşen (saf metaller) arasındaki ara bileşimde oluşan bir fazdır.
- Ara fazların kristal yapısı, her iki birincil bileşenden farklıdır.
- Bu ara fazlardan bazıları sabit bir bileşime sahiptir ve intermetalik bileşikler olarak adlandırılır.
- Bir metalik bileşik, kendi bileşimi, kristal yapısı ve özellikleri ile yeni bir faz üreten iki veya daha fazla metalik element içerir.
- İntermetaliklerde atomik bağlama metalik-kovalenttir, katı çözelti alaşımlarında ise atomik bağ sadece metaliktir.
- İntermetalik bileşikler, ana atomun birinden daha yüksek erime noktasına sahiptir.
- İntermetalik bileşikler hemen her zaman çok sert ve kırılgandır.
- Intermetallikler veya intermetalik bileşikler, mekanik özelliklerine göre seramik malzemelere benzerler.

İntermetalik Fazlar

- Bir metal atomu diğer bir metal atomuyla yeni bir kafes türü oluşturacak şekilde karışıyorsa ortaya çıkan yeni faz: İntermetalik Kristal
- Sadece belirli oranlarda karışım halinde oluşur. Düzen fazından farklı olarak kafes yapısı değişir.(Düzen fazında değişmez!)
- Düzen fazlarından daha sert ve daha kararlıdırlar.

- Aşağıdaki koşullar intermetalik bir bileşiğin oluşması için yeterli olacaktır:
- En az iki farklı element tarafından oluşturulmalıdır
- Saf bileşenlerde gözlenenlerden farklı bir kristal yapıya sahip olmalıdır.
- Bileşen elemanı, karşıt elektrokimyasal yapıya sahip olmalıdır.

- Genel olarak intermetalik bileşikler, kimyasal özellikleri güçlü metalik olan ve kimyasal özellikleri metalik olarak zayıf özelliklere sahip olduğunda oluşurlar. Örneğin, Magnezyum (Mg) güçlü metaldir, oysa kurşun (Pb) veya Kalay (Sn) zayıf bir metaldir. Farklı kristal yapıları ve karşıt elektrokimyasal yapıya sahiptirler. Böylece bir araya gelerek Mg_2Sn veya Mg_2Pb oluşturabilirler. Diğer metalik bileşiklerin örnekleri Mg_3Sb_2, Fe3C, Al_6Mn… vb.

İntermetalik bileşikler iki şekilde sınıflandırılırlar:

• Stokiyometrik İntermetalik Bileşikler: Sabit bir bileşimi vardır. Faz diyagramında dikey çizgi ile temsil edilir.

Örnekler:

• Au-Pb Sisteminde Au_2Pb

• Çeliklerde Fe_3C

• Mg-Pb sisteminde Mg_2Pb

- Nonstokiyometrik Metalik Bileşikler: Bir dizi bileşime sahiptir ve bazen ara katı çözeltiler olarak adlandırılmaktadır.
- Örnekler:
- • Cu-Al sisteminde $CuAl_2$
- • Al-Mg sisteminde Mg_2Al_3.

UYGULAMALAR

- Ti_3Al ve Ni_3Al gibi intermetallikler, yüksek sıcaklıklarda yüksek mukavemete ve kullanılabilir sünekliğe sahip bağımsız malzemeler olarak mevcut olabilir.
- Platin Silicide, mikroelektronikte kullanılmaktadır.
- Nb_3Sn süperiletken olarak kullanılır.
- Titanyum alüminitler, TiAl ve Ti_3Al, gaz türbini motorları dahil olmak üzere çeşitli uygulamalar için düşünülmüştür.

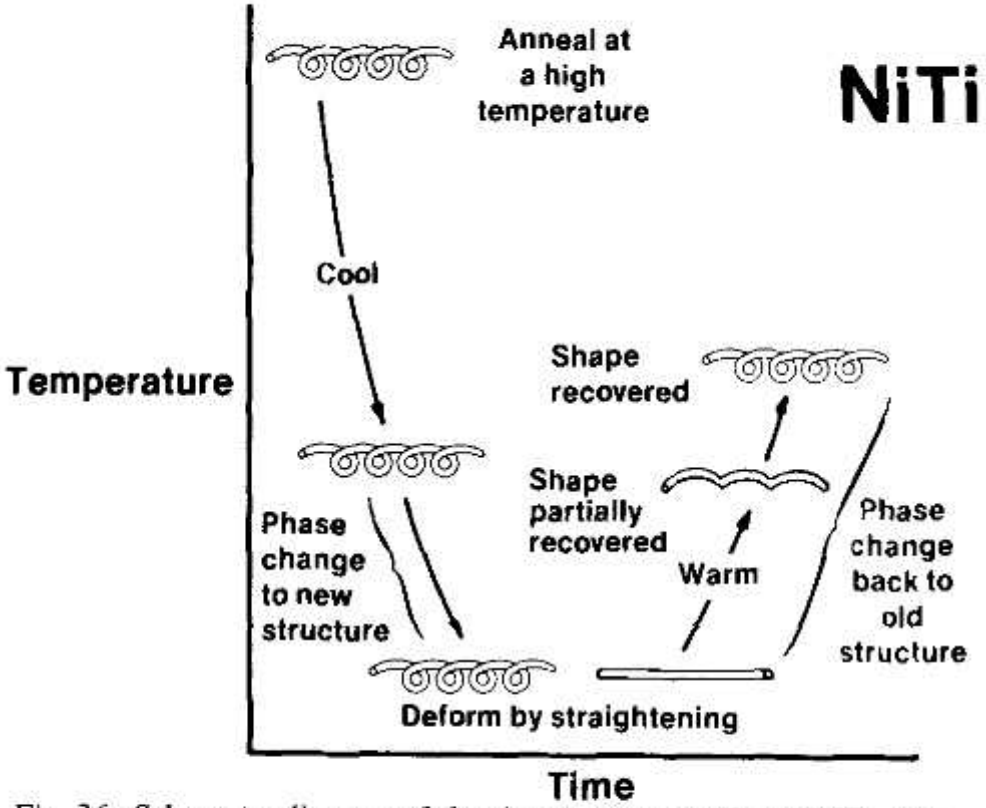


Fig. 36—Schematic diagram of the shape memory effect (SME). Annealing at a high temperature "fixes" the permanent shape. After being deformed at a low temperature to some other shape, the alloy will evert to its permanent shape upon being warmed. After Robinson.[198]

İNTERMETALİK BİLEŞİKLER

- İntermetalik bileşikler, metalurjinin başlangıcından beri kullanılan bir malzemedir. Tarihsel süreç incelendiğinde, geçmişi M.Ö 2500 yıllarına dayanmaktadır. İntermetalikler, yüksek sertlik ve yüksek aşınma direnci gibi üstün mekanik özelliklere bağlı uygulamaların yanı sıra dekoratif uygulamalar için de kullanılmıştır.

Cu-Sb

- Örneğin, metalik parlaklıklarından dolayı Antik Mısır'da bronz kaplamaların yapıldığı bilinmektedir. İntermetalik bileşikler, fiziksel metalurjinin gelişmesiyle son yüzyılda bilimsel araştırma konusu olmuş ve ilk olarak Almanya'da 1939'lu yıllarda Karsten tarafından çalışılmıştır.

- Ancak iç yapı ve mekanik davranışlar açısından detaylı olarak 1960'lı yıllardan itibaren araştırılmaya başlanılmıştır. Tablo 1'de intermetalik bileşiklerin geçmişteki ve günümüzdeki bazı uygulama alanları verilmiştir.

Tablo 1. İntermetaliklerin geçmişteki ve günümüzdeki bazı uygulama alanları

Takribi Zamanı	Malzeme veya Üretim Prosesi	Faz	Uygulama
M.Ö 2500	Sementasyon	Cu_3As	Bronz Kaplama Aletler (Mısır,Anadolu,İngiltere)
M.Ö 100	Sarı Pirinç	CuZn	Madeni Para,Dekoratif Parçalar (Roma)
0	Yüksek Kalaylı Bronz	$Cu_{31}Sn_8$	Ayna (Çin)
600	Amalgam	Ag_2Hg_3+Sn_6Hg	Diş Sağlığı (Çin)
1500	Amalgam	Cu_4Hg_3	Diş Sağlığı (Almanya)
1505	Amalgam	Sn_8Hg	Ayna Yüzeyi (Venedik)
1540	Metal	SbSn	Basma Kalıbı
1910	Acutal	$(CuMn)_3Al$	Meyve Bıçağı (Almanya)
1921	Permalloy	Ni_3Fe	Yüksek Geçirgenli Manyetik Alaşımlar
1926	Permendur	FeCo(-2V)	Yumuşak Manyetik Alaşımlar
1931	Alnico	NiAl-Fe-Co	Kalıcı Mıknatıs Malzeme
1935	Sendust	$Fe_3(SiAl)$	Manyetik Malzeme
1938	Cu-Zn-Al Cu-Al-Ni	CuZn-Al $(Cu,Ni)_3Al$	Hafıza Şekilli Alaşımları
1950	Alüminit Kaplama	NiAl,CoAl	Ortamdan Koruma İçin Yüzey Kaplaması
1956	Kanthal, Mosilit	$MoSi_2$	Elektriksel Isıtıcı Elementler
1961	A15 Bileşiği	Nb_3Sn	Süper İletkenler
1962	Nitinol	NiTi	Hafıza Şekilli Alaşımları
1967	Co-Sm Mıknatısları	Co_5Sm	Kalıcı Mıknatıslar

- **İntermetalik bileşikler, metaller ile seramikler arasında yer alan genellikle kimyasal açıdan birbirine benzemeyen iki veya daha fazla saf metalin dar kompozisyon aralıklarında ve basit oranlar çerçevesinde oluşturduğu kristal yapılı bileşik veya katı çözeltilerdir.**
- Ancak intermetaliği oluşturan metallerle benzer metalik bağ özelliği göstermezler. İntermetalikleri oluşturan farklı atomlar arasındaki bağ mukavemeti, aynı atomları arasındaki bağ mukavemetinden daha büyüktür ve bu nedenle intermetalikler, farklı atomlarla tercihli olarak çevrilmiş düzenli atom dağılımı ile özel kristal yapıları oluştururlar.
- İntermetalik bileşikler üzerindeki ilk araştırmalar oksitleyici ortamlarda oldukça koruyucu olan ince alüminyum oksit filmi oluşturmak için oldukça yüksek miktarda alüminyum içeren alüminitlere odaklanmıştır. Bunlar içinde nikel, demir ve titanyum alüminitler en çok ilgi çekenlerdir. Nikel, demir ve titanyum alüminitler ile diğer düzenli yapıdaki intermetalik bileşiklerin en büyük dezavantajları ise oda sıcaklığında gevrek kırılma ve düşük süneklik göstermeleridir. Oda sıcaklığındaki düşük kırılma mukavemeti ve şekillendirilebilme kabiliyeti alüminitlerın mühendislik malzemesi olarak kullanımını sınırlandırmaktadır.
- İntermetalik bileşikler, hem kullanım sıcaklığı hem de mekanik özellikler açısından metalik malzemeler ile seramik malzemeler arasındaki boşluğu doldurmaya aday malzemelerdir.

Tablo 2. İntermetalik bileşiklerin seramik ve metallerle özellikleri açısından mukayesesi

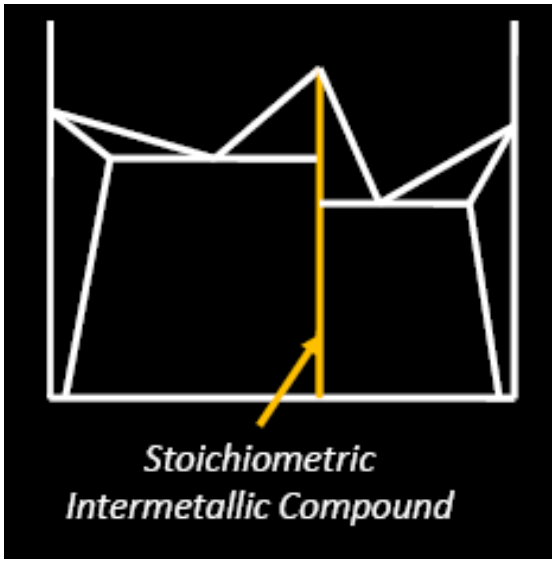
Metaller	İntermetalik Bileşikler	Seramikler
Yüksek yoğunluk	Orta yoğunluk	Düşük yoğunluk
Orta seviyede modül	Oldukça yüksek elastik modül	Yüksek elastik modül
İyi süneklik (oda sıcaklığında)	Düşük süneklik (oda Sıcaklığında)	Süneklik yok (oda sıcaklığında)
Oda sıcaklığında yüksek çekme ve basma mukavemeti	Oda sıcaklığında değişken çekme mukavemeti, oldukça yüksek basma mukavemeti	Oda sıcaklığında değişen çekme mukavemeti, yüksek basma mukavemeti
Oldukça düşük mukavemet (yüksek sıcaklık)	Yüksek mukavemet (yüksek sıcaklıkta)	Yüksek sıcaklıkta çok yüksek mukavemet
Vasat/düşük oksidasyon direnci (yüksek sıcaklıklarda)	Oldukça yüksek oksidasyon direnci (yüksek sıcaklıkta)	Yüksek oksidasyon direnci (yüksek sıcaklıkta)
Yüksek elektriksel iletkenlik	Genel olarak yüksek elektriksel iletkenlik	Çok düşük elektriksel iletkenlik
Oda sıcaklığında yüksek kırılma tokluğu	Oda sıcaklığında düşük kırılma tokluğu	Oda sıcaklığında düşük kırılma tokluğu

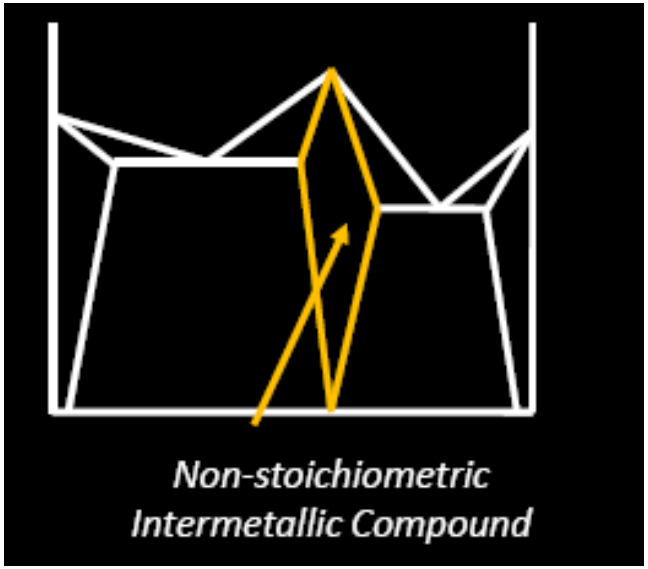
- Mukavemet ve tokluğun güzel bir kombinasyonunu oluşturan süper alaşımlar ancak 1100°C'nin altında kullanılabilmektedir. Modern mühendislik seramikleri ise daha yüksek sıcaklıklarda kullanılabilmekte, fakat kovalent bağlanma nedeni ile kırılgan olmakta bu da kullanımını sınırlamaktadır. İntermetalikler ise atomlar arası kuvvetli bağlar nedeni ile süper alaşımlardan daha yüksek mukavemet gösterirken, bağlanmanın hala metalik karakterde olmasından dolayı seramiklere göre daha az kırılgandırlar.

- İntermetalik bileşikler, grup olarak belirli kullanımlar için çok çekici hale gelen bazı özelliklere sahiptir. Örneğin, saf metallerden daha güçlü bağ mukavemeti eğilimi ve düzenli yapıları sayesinde daha düşük kendi kendine yayılma özelliğine sahiptir. Bu iki özellik, birçok Al ve Si içerikli bileşik ile birleştirildiğinde iyi oksidasyon direncine ve düşük yoğunluğa sahip yapıları meydana getirir ve sahip olduğu üstün özelliklerle intermetalik malzemeler, seramiklerden daha güvenilir ve geleneksel alaşımlardan daha iyi özelliklere sahip olduğundan yüksek sıcaklık uygulamaları için aday malzemeler haline gelmektedir.

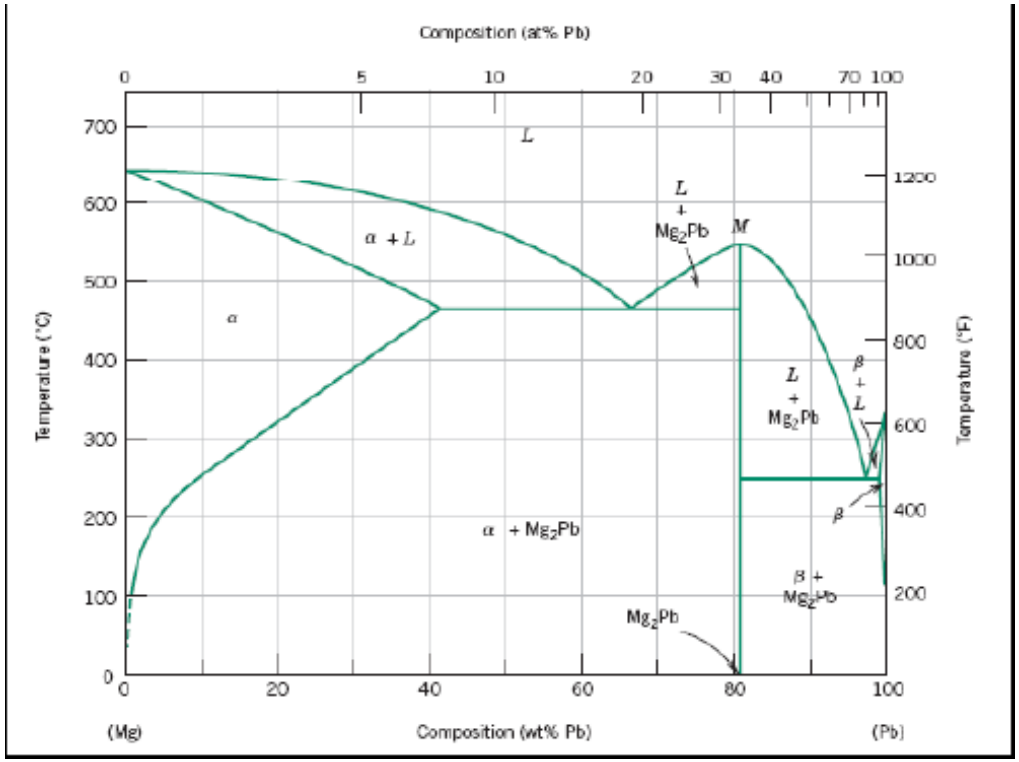
- Birbirlerine güçlü affiniteleri olan 2 veya daha fazla elementin birleşmesiyle oluşmaktadır.
- İntermetalik bileşikler faz diyagramında iki farklı şekil veya bölge olarak bulunabilmektedir;

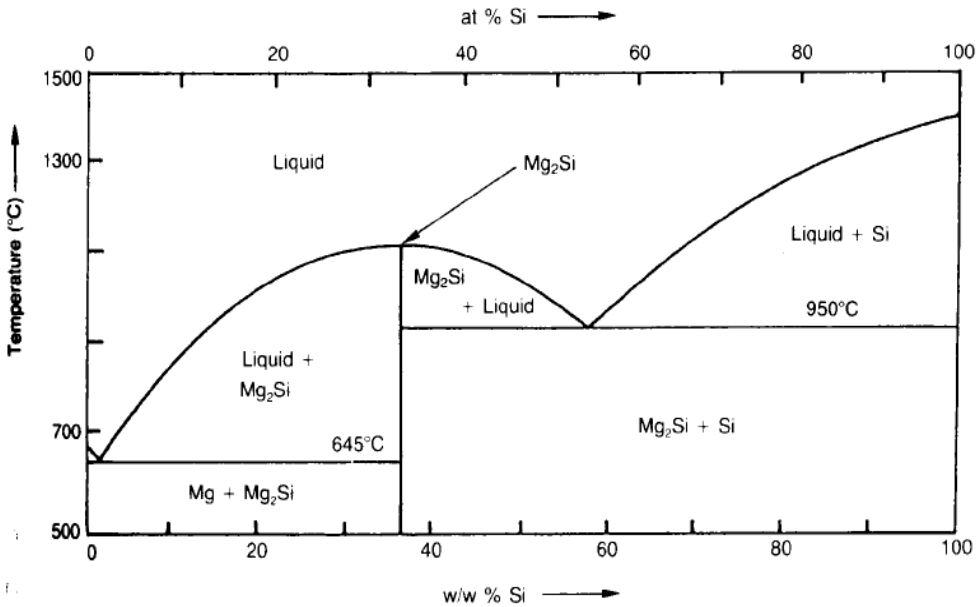
  * Stokiyometrik intermetalik bileşikler
  * Stokiyometrik olmayan intermetalik bileşikler

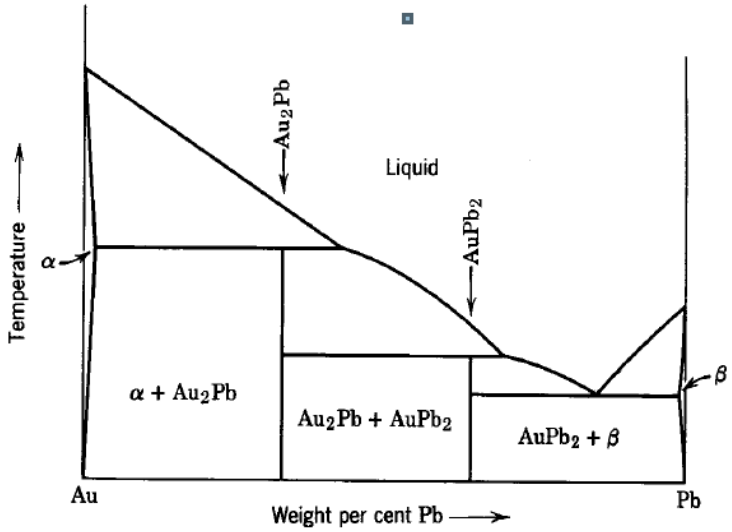


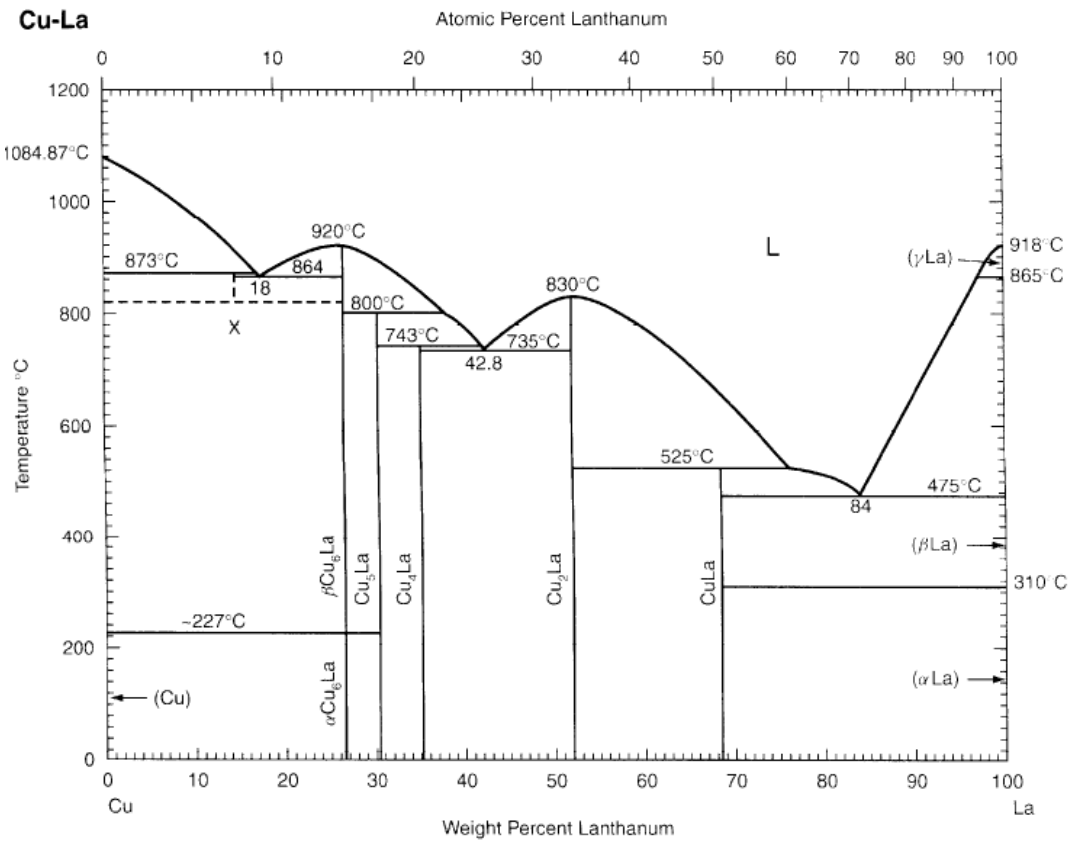


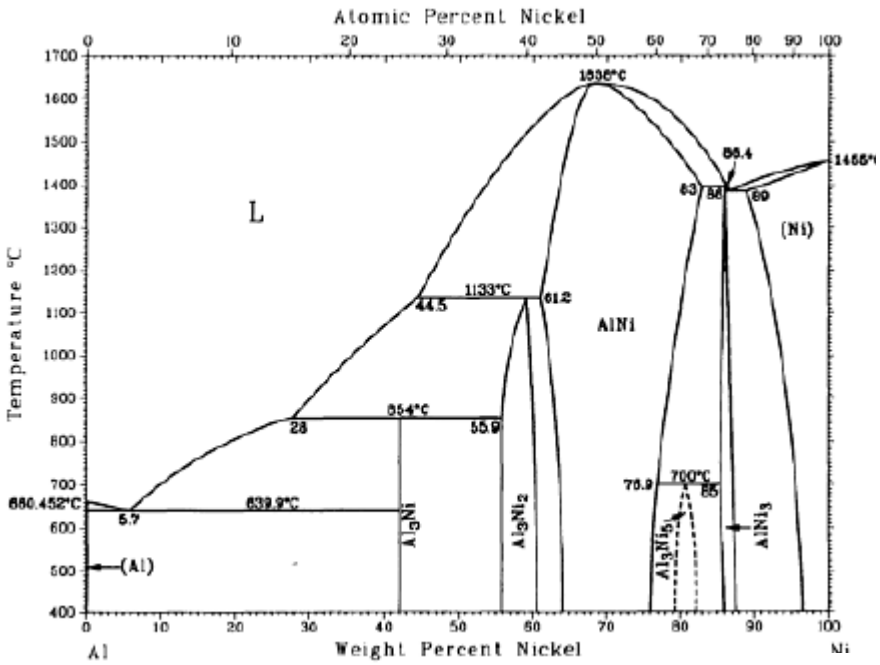
- Stokiometrik oranın dışında intermetaliği oluşturan metallerin birbiri içinde çözünürlüğü olmayan çizgisel (tek bir bileşim noktası olan) intermetaliklerinin, tek fazlı üretimleri oldukça zordur. Belli bir kompozisyon aralığında oluşan katı-hal faz dönüşümlü (birbiri içinde çözünürlüğü olan) intermetalik fazın tokluk özelliği malzemeye önemli bir avantaj sağlamaktadır.


Composition (at% Pb)
0
5
10
20
30
40
70
100
700
600
500
400
300
200
100
0
Temperature (°C)
L
α + L
α
L + Mg2Pb
M
L + Mg2Pb
β + L
β
α + Mg2Pb
β + Mg2Pb
Mg2Pb
1200
1000
800
600
400
200
Temperature (°F)
0
20
40
60
80
100
(Mg)
Composition (wt% Pb)
(Pb)


at % Si
0
20
40
60
80
100
1500
1300
700
500
Temperature (°C)
Liquid
Mg2Si
Liquid + Si
Mg2Si + Liquid
950°C
Liquid + Mg2Si
645°C
Mg2Si + Si
Mg + Mg2Si
w/w % Si

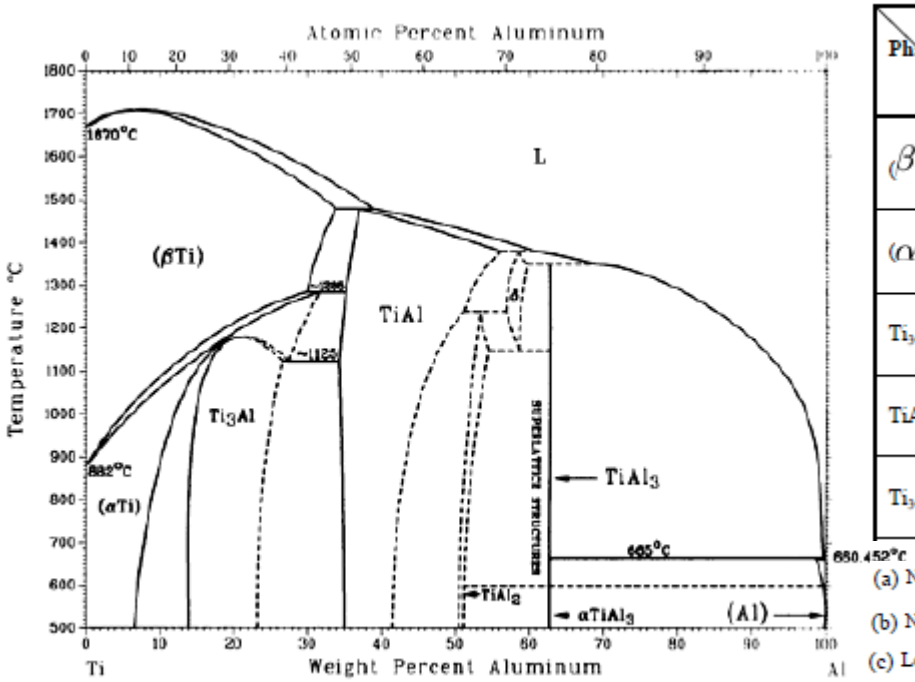

Temperature
Liquid
Au_2Pb
$AuPb_2$
α
β
$\alpha + Au_2Pb$
$Au_2Pb + AuPb_2$
$AuPb_2 + \beta$
Au
Pb
Weight per cent Pb


Cu-La
Atomic Percent Lanthanum
Temperature °C
1084.87°C
873°C
864
18
920°C
800°C
743°C
735°C
42.8
830°C
525°C
475°C
84
918°C
865°C
(γLa)
(βLa)
310°C
(αLa)
L
X
−227°C
(Cu)
βCu6La
αCu6La
Cu5La
Cu4La
Cu2La
CuLa
Cu
La
Weight Percent Lanthanum



Al-Ni crystallographic data

Phase	Composition, wt% Ni	Pearson symbol	Space group
(Al)	0 to 0.24	*cF*4	$Fm\bar{3}m$
Al_3Ni	42	*oP*16	*Pnma*
Al_3Ni_2	55.9 to 60.7	*hP*5	$P\bar{3}m1$
AlNi	61 to 83.0	*cP*2	$Pm\bar{3}m$
Al_3Ni_5	79 to ~82	. . .	*Cmmm*
$AlNi_3$	85 to 87	*cP*4	*Pmvm*
(Ni)	89.0 to 100	*cF*4	$Fm\bar{3}m$



Phase	Composition, wt% Al	Pearson symbol	Space group
(βTi)	0 to 33.8	*cI*2	$Im\bar{3}m$
(αTi)	0 to 32	*hP*2	$P6_3/mmc$
Ti_3Al	14 to 26	*hP*8	$P6_3/mmc$
TiAl	34 to 56.2	*tP*4	*P*4/*mmm*
Ti_3Al_5[a]	44 to 49	*tP*32	*I*4/*mbm*
$TiAl_2$	51 to 54	*tI*24	$I4_1/amd$
$\alpha'TiAl_2$[b]	. . .	*oC*12	*Cmmm*
δ	57 to 59.8	[c]	. . .
$TiAl_3$	63	*tI*8	*I*4/*mmm*
$\alpha'TiAl_2$	63	[d]	. . .
(Al)	98.8 to 100	*cF*4	$Fm\bar{3}m$

(a) Not an equilibrium phase.

(b) Not shown on the assessed diagram.

(c) Long-period superlattice structures.

(d) Tetragonal; a superstructure of the $D0_{22}$ lattice

- Atomlar arası bağlanma normalde metalik karakterdedir ama bileşiği meydana getiren elementler arasındaki elektronegativite farklılığından dolayı iyonik veya kovalent karaktere de sahiptir. Örneğin NiAl bileşiğinde metalik bağın yanı sıra kovalent bağ da tespit edilmiştir.
- Kritik düzenlenme sıcaklığında (T_c<700°C) uzun mesafede düzenli kristal yapılar oluşturan metalik bağlı bir malzeme sınıfı olan intermetalik bileşikler, metalik karakterdedir. Örneğin ışığı yansıtırlar ve iletkendirler
- Son yıllarda yapılan araştırmalarla birlikte yeni yüksek sıcaklık malzemesi olarak düzenli intermetalik malzemeleri işaret etmektedir. Bu bileşiklerin yüksek sıcaklık özellikleri genel olarak umut vericidir, çünkü uzun mesafede düzenli süperlatis yüksek sıcaklıkta zayıf dislokasyon hareketliliği ve difüzyon prosesi göstermektedir.
- Demir aluminid ve Ni_3Al esaslı bazı alaşımlar fırın techizatları gibi bazı alanlarda kullanılmaktadır. Uzay, türbin ve türbin güç motorlarında TiAl esaslı alaşımlar tanımlanmış ve gelişmeler takip edilmektedir. Ayrıca son günlerde özel tip ticari araçlarda TiAl turboşarj türbin tekerleri kullanılmaya başlanmıştır. Bununla birlikte bu malzemelerin en büyük dezavantajları gevrek karakterleridir. Ancak yapısal malzemelerde mukavemetlendirici olarak kullanılmaktadır. Örneğin yüksek sıcaklık malzemesi olan Ni-esaslı süper alaşımlarda sünek matris fazı içine disperse olmuş γ fazı (Ni_3Al) partikülleri ile önemli mukavemet özellikleri kazanmaktadır.

- Kısaca mükemmel oksidasyon direnci, düşük yoğunluğu, yüksek mukavemeti ve yüksek rijitlikleri ile özellikle yüksek sıcaklık uygulamalarında, elektrik güç motorlarında ve kimyasal proses endüstrisi için umut vaad etmektedir. Ancak düşük süneklik ve zayıf kırılma tokluk değerleri mühendislik uygulamalarını oldukça sınırlandırmaktadır.

- İntermetaliklerin gevrekliğinin muhtemel nedenleri;
  - Yetersiz kayma sistemi,
  - Yüksek enerjili tane sınırları,
  - Empürite kaynaklı gevreklik,
  - Düşük klivaj mukavemeti veya düşük yüzey enerjisi,
  - Deformasyon sertleşmesi,
  - Yüksek gerilim oranlarına hassasiyet
  - Çevre faktörü

  olarak sıralanabilir.

- İntermetalik bileşiklerin gevreklik özelliğinden dolayı şekillendirilmeleri oldukça zordur. Ayrıca düşük kırılma tokluğu, yüksek çentik hassasiyeti, aşırı yorulmadan kaynaklanan çatlak büyümesi ve düşük süneklik özellikleri bu malzemelerin kullanım alanlarını oldukça sınırlandırmaktadır.

- İntermetalik bileşiklerin mikroyapısal kontrolü sayesinde mukavemet özelliklerinde düşme olmadan sünekliği ve tokluğu geliştirilebilir. Mikroyapısal kontrol; tane boyutu kontrolü, çok fazlı yapı ve kristal yapı değişimi ile yapılmaktadır.

- Tane boyut kontrolü mikron altı seviyeden tane sınırlarının tamamen yok edilmesine kadar geniş bir aralıkta değişmektedir (örneğin; yönlü katılaştırma, tek kristal).

- İki veya çok fazlı mikroyapıların tokluğu tek fazlı yapılara kıyasla daha yüksektir (örneğin; ötektoid çelikler, temperlenmiş martenzitik çelikler).

- Tablo 3'de intermetalik malzemelerin mikroyapısal kontrol ile tokluk ve süneklik değerlerini geliştirme yöntemlerinden örnekler verilmiştir.

Tablo 3. İntermetaliklerin tokluk ve süneklik değerlerinin geliştirilmesi

Mikro alaşımlama	Ni_3Al, Ni_3Si, Pdln'a B Ni_3Al'a Be NiAl'a Fe, Mo, Ga Ni_3Al,'a Ag
Makro alaşımlama	Co_3V'a Fe TiAl'a Mn, V, Cr Ti_3Al'a Nb Al_3Ti'a Mn, Cr Ni_3Al'a Pd
Tane boyutu kontrolü	NiAl
Hidrostatik basınç	Ni_3Al
Martenzit dönüşümü	NiAl'a Fe
Kompozit (fiber takviyesi)	NiAl/304SS Al_3Ta/Al_2O_3 $MoSi_2$/Nb-IZr
Kompozit (sünek partikül takviyesi)	TiAl'a Nb Ni_3Al'a Fe, Mn $MoSi_2$' a Nb

- Bazı durumlara gevreklik dislokasyon hareketine kuvvetli dirençten kaynaklanır. Bu durumda klivaj (ayrılma) veya tanelerarası kırılma gerçekleşir.

- Gevreklik düşük simetrili kristal yapıların istenilen deformasyon için yeterli kayma sistemine sahip olmamasından ve tane sınırları boyunca çatlak ilerlemesine direncin zayıf olmasından kaynaklanır.

- Gevreklik problemi nedeniyle bu bileşiklere olan ilgi 1960'larda azalmıştı çünkü intermetalikler öyle gevreklerdi ki üretilemiyorlardı veya üretilseler bile düşük kırılma toklukları nedeniyle oldukça sınırlandırılmaktaydı. 1970'li yıllarda ise yapılan araştırmalarda üretilebilirlikleri ve süneklik özellikleri iyileştirilmiş ve alaşım dizaynı çabaları sonuç vermiş büyük oranda gelişme sağlanmıştır.

- Örneğin Co_3V'un sünekliği Fe ile makroalaşımlama yapılarak ortalama elektron konsantrasyonu düşürülerek düzenli latis yapı hekzagonal kristal yapıdan kübik yapıya dönüşmüştür. Kübik $L1_2$ yapılı $(Fe,CoNi)_3V$ düzenli yapısı oda sıcaklığında süneklik özelliği %40 daha iyileştirilmiştir.

- Diğer bir iyileşmede, Ni_3Al'a B ile mikro-alaşımlama yapılarak bileşiğin oda sıcaklığındaki tokluk özelliğini iyileştirilmektedir.
- Bor yüksek ve düşük stokiometrik alaşımların tane sınırlarına segrege olarak tane sınır mukavemetini ve dislokasyon oluşumunu artırıp tane sınırlarında karşılıklı kaymayı kolaylaştırmaktadır. Kırılma şeklini taneler arasından tane içi kırılmaya dönüştürmektedir.
- Karbon kimyasal olarak bora benzemesine karşın süneklik üzerindeki etkisi aynı değildir. Ancak bor elementinin, hidrojen ortamında, tane sınırlarındaki hidrojenin zararlı etkisini gideremediği belirtilmiştir.
- Al-B faz diyagramında bor'un geniş çözünürlük değeri ile sıvı alüminyum faz miktarı arttırabilir. Diğer yandan Ni-B sisteminde 1127 °C'de ergiyen Ni-B ötektiği mevcuttur. Böylece sıvı faz miktarı artarak stokiometrik orandan (Ni:Al=3:1) daha fazla Al bağladığı bildirilmiştir.
- Ayrıca bor tane incelmesini de teşvik etmektedir ve üretim için ergitme yöntemi kullanılıp fazla miktarda bor ilave edildiğinde tane sınırlarında $Ni_{20}Al_3B_6$ fazının oluştuğu belirlenmiştir. Bor'suz Ni_3Al'un kırılma uzaması % 15 iken bor ilave edildiğinde uzama değeri % 27-28'lere çıkmıştır ve gevrek kırılma eğilimi azalmıştır .

- Alaşım elementlerinin atom konumlarına yerleşmede, atom boyutundan çok elektronik yapı, yani elementin periyodik tablodaki yeri daha etkili olmaktadır.

- Kafes çalışmalarıyla, intermetalik bileşiklerin tam tanımlaması yapılarak karbür, nitrür ve borürlerden farkları belirlenmiştir.

- Yapılar genel olarak s, p ve d seviyesindeki elektronlarca kontrol edilen bağlarından dolayı metalik karakter göstermektedir.

- Bu bileşikler genellikle A ve B gibi iki elementten oluşan A_3B, A_2B, A_5B_3, A_7B_6 ve AB şeklinde 5 farklı stokiometrik kombinasyonla sınıflandırılır. Her bir stokiometrik gruptaki intermetalik bileşikler farklı kristal yapıda oluşurlar.

- Genel olarak yüksek sıcaklık intermetalik bileşiklerinin kristal yapıları Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4.
Nikel, Demir ve Titanyum aluminidlerin özellikleri

Stokiometri	Kristal Yapı	Grup ismi	Örnek	Ergime Noktası (°C)	Yoğunluk (gr/cm^3)
A_3B	$L1_2$		Ni_3Al	1397	7.41
		(Geometrik	Pt_3Al	1556	17.47
	DO_{19}	sıkı paket)	Ti_3Sn	1670	5.29
	DO_{22}		Ni_3Al	1547	11.8
			Al_3Nb	1607	4.52
			Al_3Ta	1550	6.9
	A15		Nb_3Al	1960	7.29
			Mo_3Si	2025	8.97
			V_3Si	1925	6.47
			Cr_3Si	1770	6.46
	A12	α-Mn	Re_3Nb	2700	17.6
A_2B	C1	Silisidler	$CoSi_2$	1326	4.98
	$C11_b$		$MoSi_2$	2030	6.31
	C14	Laves fazları	Cr_2Hf	1870	10.24
			Cr_2Nb	1720	7.68
	C15	(Topolojik	W_2Hf	2512	-
		sıkı paket)	Co_2Nb	1520	9.0
			Co_2Zr	1560	8.23
			Fe_2Zr	1645	7.69
	C36		Mo_2Hf	2170	11.4
	$D8_b$	Sigma fazları	Nb_2Al	1871	6.87
A_5B_3	$D8_m$		Mo_5Si_3	2180	8.2
	$D8_8$		Ti_5Si_3	2130	4.38
A_7B_6	$D8_5$	Mü fazları	Nb_6Fe_7	1620	-
			W_6Co_7	1689	-
AB	B2		NiAl	1640	5.88
			CoHf	1640	12.5