

## Isıl İşlemlere Giriş

Katı haldeki metal ve alaşımlarla, belirli özellikler kazandırmak amacıyla bir veya daha çok sayıda , yerine göre birbiri peşine uygulanan ısıtma ve soğutma işlemleridir . Çeliklerin ısıl işlem sıcaklıklarını saptamak için Fe-Fe<sub>3</sub> faz diyagramından yararlanabileceğini ancak bu yolla bulunan sıcaklıkların yalnız alaşımsız çelikler için yeter yaklaşıklıkta olduğunu , alaşımlı çeliklerde ise çelik üreticilerinin verdiği değerlerin dikkate alınmasını gerektiğini açıklamak uygun olacaktır .

Çeliklerle uygulanan bütün ısıl işlemler östenit fazının dönüşümü ile ilgilidir . çeliğin ısıl işlemine östenitleştirme ile başlanır. Östenitleştirme çeliğin A<sub>c1</sub> sıcaklığı üzerindeki uygun bir sıcaklığa kadar yavaşça ısıtılıp , yapısının tamamen östenite dönüşmesine kadar tavlınması anlamına gelir. ötektoid altı çelikler üst kritik sıcaklık çizgisinin (A<sub>c3</sub>) 40-60°C üzerindeki sıcaklıklarda östenitleştirme işlemine tabi tutulur. A<sub>c3</sub> çizgisinin altındaki sıcaklıklarda ise çelik içerisinde ötektoid dışı ferrit bulunur ve bu fazın oranı çeliğin karbon oranına bağlıdır. Ötektoid dışı ferrit su verme işleminden sonra yapıda aynen kaldığından , çelik içerisinde yumuşak bölgenin oluşmasına neden olur ve böylece malzemenin sertleşmesi engellenir.

## ÇELİKLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ

Demir esaslı malzemelerin endüstride şaşırtıcı bir biçimde yaygın kullanılmasının başlıca nedenleri, doğada diğer metallere nazaran çok bulunması , üretimde diğer malzeme üretimlerine nazaran daha az enerji gerektirmesi ve özelliklerin istekler doğrultusunda ve geniş sınırlar içerisinde yetiştirilebilmesidir. Özellikler şekil verme alaşımlama ve ısıl işlemlerle diğer metal malzemelerde ulaşılamayacak ölçüde değiştirilebilir. Hemen hemen tüm tanınan teknolojik yöntemlerle şekillendirilmesi ve istenilen biçime getirilmesi mümkündür.

Demir esaslı malzemelerde genellikle bulunan ve en önemli olan alaşım elemanı karbondur. Genel olarak, teknikte alışılmış soğuma koşullarına demir-karbon alaşımları Fe-Fe<sub>3</sub>C sisteminde metastabil olarak katılırlar. Fe-C stabil sisteminde katılma yalnızca çok yüksek karbon miktarlarında silisyum gibi grafit teşkil ettirici alaşım elemanlarının etkisi ile ve çok yavaş soğumada meydana gelebilir. Demir-karbon diyagramına göre demir esaslı alaşımsız malzemeler şöyle gruplanabilir.

Dökümden sonra stabil yada metastabil ötekiği içeren demir esaslı malzemeler dökme demir olarak tanımlanır. Karbon miktarının alt sınırı yaklaşık olarak % 2'dir , ancak alaşım elemanlarının etkisi ile daha düşük değerlere kayabilir. Teknikteki kullanımda daha çok ötektik altı alaşımlar önem taşır.Dökümden sonra ilave bir işlem yapılmaksızın dövülebilen demir esaslı malzemenin hepsi çelik olarak tanımlanır. Teknikte alaşımsız olarak kullanılabilen çeliklerde karbon miktarının üst sınırı yaklaşık % 1,5 kadardır. Ancak istisnai olarak yada alaşımlı çeliklerde sınırlı miktarda Fe-Fe<sub>3</sub>C ötekiği (ledeburit) de bulunabilir, örnek olarak, ledeburitik kromlu çelik X210Cr12 yada yüksek alaşımlı hız çelikleri gösterilebilir.

Karbon miktarının biraz değişmesi ile dökme demirde çeşit değişmesi pek söz konusu olmaz iken .. çelik malzemelerde karbon miktarına bağımlı olarak pek çok sayıda çelik türü elde edilir. Karbon miktarının belirli sahalarda belirli kullanıma alanları da mevcuttur.ancak burada bazı özeli durumların olduğunu da belirtmek gerekir.

Ayrıca alaşım elementi içermeyen ve karbon miktarı yaklaşık olarak %0,6 ila 1,2 arasında olan çelikler alaşımsız takım çeliği olarak tanımlanır. %0,6'dan az karbonlu çelikler yapı çelikleri yada konstrüksiyon çelikleri olarak da belirtilir. Genel yapı çelikleri haddelenmiş halde yada yumuşak tavlınmış normal tavlınmış veya benzeri ısıl işlem görmüş olarak alıcıya teslim edilebilirler. Çeliği kullanana gerekli şekillendirme işlemlerinden sonra uygun olan diğer ısıl işlemleri uygulayabilirler. Malzeme seçiminde de bu işlemde uygun tercih öncelikli yapılır. Örneğin sementasyon yapılacaksa karbon miktarı %0,10 ila 0,22 arasında olan sementasyon çeliği yada ıslah yapılacaksa karbon miktarı %0,22 ila 0,60 arasında olan ıslah çeliği tercih edilir. Yapı çeliklerinde %0,04 ila 0,6 arasında değişen karbon miktarı ile özellikle yüksek dayanıklı yüksek süneklik yada iyi şekillendirebilme istenir. Çok az karbon miktarlı çelikler yumuşak demir olarak da adlandırılırlar. Bunlar makine imalatında konstrüksiyon malzemesi olarak pek az kullanılırlar. Daha çok elektro teknikte

örneğin röle demiri olarak önemi vardır.

## **ISIL İŞLEMLERİN ÖNEMİ**

Bir parçaya belirli özellikler kazandırmak üzere katı halde çeşitli sıcaklıklara tatbik edilirse genel olarak buna ısıl işlem diyebiliriz. Çeliklere uygulanan ısıl işlemlerde kimyasal bileşimin önemi büyüktür. Çeşitli ısıl işlem usullerindeki esas gaye malzemenin iç yapı değişikliği üzerinden giderek ona belirli bir işlenme ve kullanıma özelliği kazandırmaktır. Tatbik edilen sıcaklık çevirimi ile iç yapı değişikliğine göre ısıl işlemleri 3 ana gruba ayırabiliriz.

- a- tavlama
- b- sertleştirme
- c- yüzey sertlendirme

üz ana ısıl gruptan tavlama işlemleri oldukça büyüktür. Her ısıl işlemde üç kademe vardır bu kademeleri şöyle sıralayabiliriz.

- a- ısınma kademesi
- b- bekleme kademesi
- c- soğuma kademesi

parçaların belirli bir sıcaklığa ısıtılmasına "ısıtılma" bu sıcaklıkta uygun süre tutma "bekleme" ve belirli bir programa uygun olarak sıcaklığın oda sıcaklığına düşürülmesi "soğutma" ile üç kademede özellik değişmesi sağlanır.

## **Isıl İşleme Değiştirilebilen Özellikler**

Metal malzemenin ısıl işleme özellik değişimleri sağlanırken malzemenin kimyasal bileşiminde değişiklik yapılmadan kristal yada kafes yapısında düzenlemeler yapılabilir. Termik yöntem yada ısıl yöntem adı verilen bu tür ısıl işleme örnek olarak, difüzyon tavlama, kaba tane tavlama, gerilim giderme tavlama, yumuşak tavlama normla tavlama gibi çeliklerdeki tavlama işlemleri sertleştirme ve meneviş işlemleri söylenebilir. Malzemenin tümünde yada yalnızca cidarında kimyasal bileşiminde değişme yaparak özellik değiştirme de olanaklıdır. Kimyasal-termik yöntem yada kimyasal-ısıl yöntem adı verilen bu tür işlemlere örnek olarak sementasyon, nitrasyon, karbonitasyon metal yada metal olmayan element yada bileşiklerin difüzyonu gösterilebilir. Ayrıca teknolojik ve termik işlemler birbiri peşi sıra uygulanarak mekanik-termik yöntem yadamekanik-sısl yöntem ile örneğin rekristalizasyon tavlama, patentleme tavlama ve bazı özel sertleştirme işlemleriyle özellikle iyileştirme yapılabilir. Ana hatları ile belirtilen yöntemler çoğu zaman birbiri peşi sıra uygulanabilmektedir.

- Soğuk şekillendirme, kaynak işlemi, döküm yada sıcak şekillendirme sonucu yapılan soğutma esnasında yada daha önce uygulanmış bir diğer ısıl işlem sonucu oluşmuş iç gerilmeler ısıl işleme azaltılarak malzemenin işlenmesinde yada kullanımında sorun yarayacak seviyeye indirilebilir. Isıl işlem yöntemi ayrımı yapmaksızın genel olarak metal alaşımlarında ısıl işleme değiştirilebilirler.
- Herhangi bir yöntemle sertleştirilmiş yapı yumuşatılabilir. Malzemede talaşlı ve talaşsız işlenebilirlik artırılır.
- Malzemenin iç yapısında daha homojen ve ince yapılı taneler elde edilebilir.

- Ötektik yada ötektoid yapıdaki intermetalik bağlantılar lamel halden küresel forma dönüştürülebilirler.
- Tane sınırlarında bulunan lamel yada plaka formundaki intermetalik bağlantılar parçalanır ve küresel forma dönüştürülebilir.
- Döküm yada haddeleme sonrası yapıda kalabilen alaşım elementlerinin homojen olmayan dağılımı ısıtma işlemiyle büyük ölçüde giderilebilir. Ayrıca daha önceden ayrılmış özellikleri bozan partiküller tavlama ile parçalanarak yapıda homojen faz elde edilir.
- Dökümden sonraki katılaşmadan tane sınırları arasındaki empürütle bağlantılarından belirli bir sıcaklıkta çözülebilenleri tane içerisinde homojen olarak dağıtılabılır. Çözülmeyen empürüteler ise parçalanarak malzemedeki kötü etkileri azaltabilir.
- Talaşlı şekillendirebilmeyi kolaylaştırmak amacıyla tane kabalaşması sağlanabilir.
- Düşük karbonlu çeliklerde östenitik alandan uygun soğutma yapılarak ferrite nazaran perlit oranı azaltılarak yani perlitleştirme yaptırılarak talaşlı şekillendirme iyileştirilebilir.
- Soğuk şekillendirme kaynak işlemi döküm yada sıcak şekillendirme sonucu yapılan soğutma esnasında yada önce uygulanmış bir diğer ısıtma işlemi sonucu oluşmuş iç gerilimlerde sorun yaratmayacak seviyeye indirilebilir.
- Çeliklerde östenit stabilizasyonu yapılmak suretiyle kalite yükselmesi sağlanır, soğukta ve korozyona dayanım artırılabilir.
- Emaye kaplama ve benzer yüzey kaplama işlemleri için malzeme yüzeyini hazırlamak amacıyla parlak yüzey sağlanabilir.
- Yüzeye yabancı atom difüzyonu ile yada dayanıklı bir oksit tabakası oluşturularak atmosfere ve diğer korozyon ortamlarına karşı korozyon direnci artırılabilir.
- Katı halde dönüşüm meydana getirebilen alaşımlarda yavaş soğumada meydana gelebilecek yapıların hızlı soğutma yapılarak engellenmesi ve tamamen farklı yapıların oluşturulmasıyla yüzeyde yada tüm malzeme kesitinde ölçüde sertlik artması sağlanabilir.
- Aşırı doymuş katı çözümleri teşekkül ettirilir ve ardından sertliği yüksek partiküller çökeltılarak çökelme sertleştirilmesi yapılabilir.
- Difüzyon yoluyla malzeme yüzeyinde yeni atomlar nüfuz ettirilerek yüzeylerinde nitrid bağlantıları gibi sert yüzey sağlanabilir. Yada normal koşullarda yeterli sertleşmeyi yapmayan çeliklerde difüzyon karbon nüfuz ettirmek suretiyle yüzeyde yüksek sertlik değerlerine ulaşması sağlanabilir.
- Döküm malzemelerde yapı yeniden düzenlenebilir. Örneğin metastabil sitemde ilk katılaşma yapmış döküm parçaları siyah yada beyaz temper döküm haline gelecek tarzda işlem uygulanarak mekanik ve teknolojik özellikleri çok iyi duruma getirebilir.

## **MUKAVEMET YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRME**

### **Karbon muhtevasının çeliğin mukavemet değerleri üzerindeki tesirleri**

Çeliklerin karbon muhtevası şimdiye kadar bahsedilen bütün mukavemet değerlerine mühim miktarda tesir eder. Mukavemet değerlerinin karbon muhtevasına olan münasebetini inceleyebilmek ve neticeleri birbiriyle mukayese edebilmek için her şeyden önce iki şartın yerine getirilmesi lazımdır.

- a) Karbon haricindeki diğer refakat maddelerinin muhtevası normal sınırlar içinde kalmalıdır.
- b) Bütün çelikler deneyden evvel aynı ön muameleye tabi tutulmuş olmalıdır.

En emin ön muamele ise karbon muhtevasına uygun ve gerektiği şekilde yapılmış bir normalleştirmedir.

Bu bakımdan bundan sonra yapılacak veriler eğer başka bir ihtarda bulunmamışsa bu şartlara göre yapılacaktır.

Bunun la beraber bu iki şartın mevcut olduğu hallerde aynı karbon muhtevasına sahip çeliklerin aynı mukavemet değerleri vereceği zannetmek lazımdır. Bu tahminin aksine bünyelerinde ihtiva ettikleri refakat maddelerinin farklı olması ve muhtelif yollarda elde edilmiş olmaları mukavemet değerlerine mühim derecede farklar yaratır. Bu bakımdan ileride verilecek ortalama değerler olarak kabul edilmesi lazımdır.

Kopma mukavemeti , ki burada kısaca mukavemet diye bahsedilecektir artan karbon muhtevası ile yükselir yüzde uzama ise pek sürekli olmamakla beraber devamlı olarak artan karbon muhtevası ile düşer. Sonuç olarak alçak karbon muhtevasına ufak mukavemet büyük yüzde uzama yüksek karbon muhtevasına yüksek mukavemet ufak yüzde uzama tekabül eder. Bu görünüş % 0,05 karbonlu bir yumuşak çelik ve % 0,65 karbonlu bir sert çeliğin gerilim yüzde uzama eğrilerini gösteren şekil 1.4.2 den daha açık bir şekilde anlaşılabilir.Çelikhaneden çıkan çelik haddelenmiş veya dövülmüş olması daha yüksek sertlik ısı derecelerine normalizasyona tabi tutulmuş çeliğe nazaran daha yüksek sertlik derecesi ve akma sınırına daha düşük yüzde uzama ve büzülme sahiptir.Normalize edilmiş demirler için karbon muhtevasının Brinell sertliğine tesiri şekil 1.5.1 de verilmiştir. Her iki çelik içinde sertlik derecesi karbon yüzdesi ile birlikte önce hızlı sonra gittikçe daha az oalrak artar ve yukarıda izah edilen sebepten dolayı normalleştirilmiş çeliğin sertliği normalleştirilmemişine nazaran daha düşüktür.

### **Mukavemet değerlerinin makine konstrüksiyonlarındaki önemi**

Makine parçalarının boyutları ve kesitleri hesaplamasında esas olan malzemenin mukavemet değerleridir. Bu yüzden aynı dış tesirleri altında daha yüksek mukavemet değerlerine sahip bir malzeme seçilirse parçanın boyutları küçülür.Müsaade edilecek en büyük yük hiçbir zaman kopma mukavemetine aşağı yukarı eşit olacak kadar seçilmemelidir. Zira bu şartlar altında parça kalıcı bazı değişmeler olur.

Hatta yük altındaki parçanın hiçbir yerinde akma sınırına bile fazlaca yaklaşmamak icap eder. Evvelden hassas olarak bilinmeyerek olan dinamik tesirler kafi derecede göz önünde tutulamayacaklarından hesaplar akma sınırının altında kalabilecek şekilde tutulmalıdır. Müsaade edebilecek maksimal gerilme kopma gerilmesinin ancak çok ufak bir kesri olabilir. Diğer ve daha doğru bir deyişle özel şartlarda bağlı kalmak üzere maksimal gerilme akma sınırının altında kalmalıdır.

Kopma yüzde uzaması büzülme ve darbe mukavemeti doğrudan doğruya hesaplama için kullanılamazlar fakat emin olabilmek bakımından mühim rol oynarlar yüksek bir kopma yüzde uzaması akma sınırı ötesine geçen yüklemelerde ince çatlakların meydana gelmeyeceğini gösterir. Yüksek bir büzülme değeri malzemenin şekil değiştirme kabiliyetini gösteren bir ölçüdür ve kopmaya karşı malzemenin ne derecede emin olduğunu gösterir. Darbeli yüklerde ise bu emniyeti darbe mukavemetini sağlar.

## KRİSTAL YAPI

Çeliğin genel kristal yapısının 2 özelliği şunlardır:

- a) Kristaller alaşımın karbon-demir oranından farklı bileşimler sahip birbirinin aynı olmayan bir yapı gösterirler.
- b) Karbon bu alaşıma yalnız kimyasal bir bileşik olan demir karbür  $Fe_3C$  halinde iştirak eder

Karbon muhtevası % 0,9 da düşük çeliklerde iç yapı tamamen alfa-demirden meydana gelir ve bu yapının boşlukları karbon ihtiva eden ikinci bir iç yapı organı yerleşir. Bu ikinci yapı organı saf demir karbür olmayıp aksine demir karbür ve alfa-demir meydana gelmiş ince bir karışımdır. Bu karışımın üst üste birbirlerini takip eden çizgiler halinde ince tabakalardan meydana gelir. Karışımın içindeki demir karbür-demir oranı her yer için karbon muhtevası % 0,9 a eşit olacak şekildedir. Sedefe benzeyen parlaklığından dolayı bu karışıma metalografide perlit adı verilmiştir. Ayrıca iç yapısının ince tabakalar halinde göstermemesi yüzünden lamelli perlit adı da verilir. Metalografide alfa-demirine ferrit demir karbüre sementit adı verilir. Yukarıda verilen isimlendirmeye göre lamelli perlit birbirini takip eden ince sementit ve ferrit tabakalarından meydana gelir denilebilir.

Karbon muhtevası % 0,9 u geçtiğinde iç yapı perlit ve aralarına sıkışmış şekilde serbest sementitten meydana gelir. Yapılan ısı ve şekilde verme işlemlerine göre bu sementit içneli taneli lamelli veya bir ağ şeklinde görülebilir. Karbon yüzdesi ne kadar % 0,9 dan fazla ise çeliğin bünyesinde o kadar daha fazla serbest sementit bulunur. Yalnız perlitten meydana gelen çeliğe ötektik çelik perlit ve sementitten meydana gelene ötektik üstü , perlit ve ferritten meydana gelene ötektik altı çeliği adı verilir. İç yapıyı meydana getiren bu üç madde içinde en sert sementit en yumuşağı ferrittir. Perlit ikisinin de arasında ve ferrite daha yakın bir yer işgal eder.

### Yüksek sıcaklıklarda iç yapı

Isıl işlemlerin iç yapıya gösterdikleri tesirleri anlayabilmek için normal sıcaklıklardaki iç yapıyı tanımak kafi gelmez. Esas olarak iç yapının yüksek ısılarda nelerden meydana geldiğini bilmek icap eder. Bu husus çeliğin soğuma esasında iç yapısını değiştiren bir malzeme olması dolayısıyla çok önemlidir. Bir evvelki bahiste gördüğümüz iç yapı ancak perlit noktası diye adlandırılan  $720^{\circ}C$  in altında görülebilir. Bu iç yapı  $720^{\circ}C$  in altındaki her sıcaklıkta dönüşümünün kararlı sonucu olarak değişmeden görülür. Bu dönüşümün sebebi  $720^{\circ}C$ 'nin üstünde meydana gelen ve önceden de bahsedildiği gibi saf demirin kristal kuruluşunun değişmesi ve buna bağlı olarak beta-demirinin düşen sıcaklıkta kaybettiği karbon çözme kabiliyetidir.

Katı eriyikler: Soğuk çelik tekrardan yüksek sıcaklıklara getirilirse iç yapısı birbirinin yanına yerleşmiş aynı cinsten taneciklerden meydana gelmiş bir şekle dönüşür. Bu iç yapıya östentit adı verilir. Görünüş olarak saf demir ve şekil 1.6.3....1.6.5 teki ferrit iç yapısına benzer olarak çokgenler meydana gelir.

Fark, yeni iç yapının bir karışım olmasından ileri gelir. Östentit her tanesi içinde alaşımın karbon-demir oranına eşit karbon ve demir ihtiva eden bir karışımdır. İkincisi bir fark yada yüksek ısı dolayısıyla östentit içinde alfa-demiri değil beta-demiri vardır. Beta-demiri karbon çözer ve hakikaten de östentit içinde karbon su içinde çözülen şeker gibi çözülmüş durumdadır. Tek fark bu çözeltinin katı olmasıdır. Böyle bir katı eriyiğinin katı olmasından başka sıvı eriyiklerin den hiçbir farkı yoktur ve bu yüzden de östentit içindeki beta-demiri ile karbonu en kuvvetli mikroskopla bile birbirinden ayırt etmeye imkan yoktur.

Östentitin özellikleri içinde en mühimleri yumuşak olması akma sınırının düşük ve perlitin aksine manyetik olmamasıdır. Östentik iç yapı mıknatıs iğnesi saptırmaz. Bunun sebebi beta-demirinin manyetik olmamasıdır.

## Yavaş ısıtma ve soğutmada iç yapı dönüşümleri

İlk olarak % 0,9 karbonlu katı eriyik halindeki ötektik çeliği göz önüne alalım. Bu katı eriyik, 720°C a kadar soğutulmada bir değişim göstermez. Fakat soğutma devam ederse bir dönüşüm başlar. Katı eriyiğin ince tabakalar halinde sementit ve ferrite ayrışır. Bu yapı soğutma devam etse bile bundan sonra değişmeden kalır. Fakat eğer katı eriyiğin karbon muhtevası %0,9 dan farklı ise bu dönüşüm ayrı bir gidiş gösterir.

- a) Karbon muhtevası % 0,9 dan ne kadar farklı ise dönüşüm 720°C dan o kadar daha önce başlar.
- b) Katı eriyik belirli bir sıcaklık aralığında yavaş yavaş ve ilk olarak ufak bir iç yapı nüvesinden başlayarak dönüşür.

Bu iç yapı nüvesi karbonun %0,9 dan az olduğu hallerde ferrit çok olduğu hallerde sementittir. Bu ayrışım düşen sıcaklık ile artar ve neticede itibarıyla geri kalan katı eriyik bileşimini değiştirir. Bu görünüş bir şeker çözeltisinin soğutulması ile şekerin ayrılması ve çözeltinin şeker muhtevasının değişimi ile karşılaştırılabilir. Karbon muhtevası % 0,9 un üstündeki demirlere ise sementittin ayrılması neticesinde katı eriyiğin karbon muhtevası düşer. Yani her iki halde de sıcaklık 720°C a eriştiğinde eriyik ötektik bileşimine sahiptir.

Bu noktada ise evvelce gördüğümüz gibi eriyik lamelli perlitte dönüşür. Buna göre havada yavaş yavaş soğuyan çelikler için 720°C un altında evvelce de bahsedilen sı iç yapılar meydana gelir. % 0,9 C lu çelikte perlit % 0,9 dan daha ufak karbon muhtevalarında perlit ve ferrit daha yüksek karbon muhtevalarında sementit ve perlit.

Eğer yatay eksenin herhangi bir noktasından bir dikme çizilirse bu dikme dönüşüm eğrilerini noktada keser. Dönüşüm noktaları olarak da adlandırılan bu noktalar dönüşümün başladığı ve bitişi noktaları tespit ederler. Misal olarak % 0,5 karbonlu bir çelik üst dönüşüm eğrisini 1 noktasından keser. 820°C a tekabül eden bu nokta ferrit ayrışımın başladığını ifade eder. Dikmenin alt doğruyu kestiği nokta 2 ferrit ayrılmasının durduğu ve geri kalan katı eriyin bozunduğu 720°C u gösterir. % 0,9 Karbonlu çelik için dikme diğer eğrileri bir daha kesemeden S noktasından geçer.

Buda önceden bahsedildiği gibi katı eriyiğin doğrudan doğruya perlitte dönüşmesini açılar. % 1,25 karbonlu çelik için dikme eğrileri gene 2 noktada keser. 1 no`lu noktada sementit ayrılması başlar. 2 nolu noktada sementit ayrılması biter ve geri kalan katı eriyik bozunur.

GSE eğrisi üst dönüşüm noktaları PSK doğrusu alt dönüşüm noktaları tarafından meydana getirilir. Bu noktalar çok zaman kısaltılarak şöyle de isimlendirilir: Üst dönüşüm noktaları A<sub>3</sub> alt dönüşüm noktaları A<sub>1</sub>. Ayrıca ısıtılma veya soğutulma öngörülüyorsa c ve r harfleri de ilave edilir. Buna göre ısıtmada alt ve üst dönüşümün noktaları Ac<sub>3</sub> ve Ac<sub>1</sub> soğutmada Ar<sub>3</sub> ve Ar<sub>1</sub> şeklinde yazılırlar.