

ISIL İŞLEMLER

14. hafta

Çelik, ısının ve ısı akışının değişimi ile etkileri ısıı işlem, malzemelere belirli bir özellik sağlanması için uygulanan bir veya birkaç işlemin bileşimidir.

A. YUMUŐATMA

Yumuőatma işleminden, 600 – 800 °C arası uzun süreli tavlama ve daha sonra yavaş soğutma anlaşılır. Bu durumda takım çeliği oldukça yumuşak, işlenmesi kolay ve sertleştirme için en uygun durumdadır . Yumuőatma, ısıı işlemin temelidir. Genel olarak takım çelikleri yumuşak durumda teslim edilir.

B. GERİLİM GİDERME

Malzeme istenilen Őekle işlenirken, mekanik işlemler sonucu iç yapısında gerilimler meydana gelir. Sertleştirme öncesi bu gerilimleri giderme zorunludur. Gerilim giderme tavaı, malzemeleri 600 – 700 °C arasında tavlayıp genellikle yavaş soğutarak elde edilir.

C. SERTLEŞTİRME

Çeliğın önce 780 – 1250 °C arası tavllanması ve daha sonra soğutulması (su verilmesi) işlemidir. Takım çeliklerinin sertleştirilmesi imalat çeliklerinden farklı olarak bir dizi ısıtma ve soğutma işlemi kapsar.

İlk ısıtma , ön ısıtma olarak adlandırılır. Isıtma sırasında parçada, yüzey ve göbek arasındaki sıcaklık farklılıklarına bağılı olarak çatlakları önlemek için ön ısıtma birkaç aşamada uygulanmalıdır. Özellikle, yüksek alaşımlı ve karmaşık tasarımlara sahip takımlarda çatlama tehlikesi daha da önem kazanır ve ön ısıtma uygulanmadığında ısınma çatlakları ile karşılaşılabilir.

Ön ısıtma, belli bir sıcaklık noktasında eklenerek yüzey göbek arasındaki sıcaklıkları dengelemektir. Bekleme süresi düşük sıcaklıklarda milimetre kalınlık başına yarım dakika, yüksek sıcaklıklarda bir dakika olarak alınır. Son ön ısıtmayı takiben takım sıcaklığı sertleştirme sıcaklığına yükseltilir. Sertleştirme sıcaklığı, bilindiğı gibi ostenit fazına dönüşüm sıcaklığıdır.

Söz konusu kalite ve takım geometrisine göre su verme işlemi su, yağ, hava veya tuz banyosunda yapılır. Genel olarak, alaşımsız çelikler suda, alaşımlılar yağ veya tuz banyosunda, yüksek alaşımlılar havada soğutulur. Su ve yağda yapılan su verme işlemlerinde sıvının veya parçanın çalkalanmasına önem gösterilmelidir. Tuz banyolarında su verme değişik banyo sıcaklıklarında yapılabilir, ancak parça tuz sıcaklığına geldiğinde havada soğutmaya devam edilmelidir. Su verme sonucu parça sıcaklığı 80 °C'ye indikten hemen sonra 100 – 150 °C'deki fırında parça bir müddet yüzey ve göbek arasındaki sıcaklık farkını azaltmak üzere bekletilir. Özellikle büyük hacimli parçalarda bu dengeleme işlemi, çatlakları önlemek ve çarpılmaları en aza indirmek amacıyla kullanılmalıdır. Su verildikten sonra çelik en sert durumuna ulaşır. Bu durumda çeliğin işlemesi zor, tokluğu düşük ve çatlamaya meyillidir.

Menevişleme,

100 – 170 C arasında birkaç defa ısıtma ve daha sonra soğutma işlemidir.

Menevişleme, genel olarak sertleştirme sürecinde oluşan gerilimleri azaltmak amacıyla kullanılır. Ancak takım çeliklerinde menevişlemenin bundan başka amaçları da vardır.

1- Yüksek alaşımlı takım çeliklerinde martenzit tamamlanma sıcaklığı (M_f) oda sıcaklığının altında kaldığından sertleştirme sonunda yapıda önemli oranda artık ostenit kalır. Menevişleme bu artık ostenitin dönüşümünü sağlar.

2- Yüksek alaşımlı çeliklerde ostenit yapıda dağılan karbürler, menevişleme ile, yapıda meneviş sertleşmesine veya ikincil sertleşmeye yol açar.

3- Malzemelerin çatlama tehlikesi azalır ve toklukları yükselir. Sertleştirme sonrası elde edilen birçok özellik daha uygun hale gelir.

- Soğuk iş takım çeliklerinde sertlik, alaşımsız olan 1.1545 de daha fazla olmak zere meneviş sıcaklığa bağlı olarak aynı oranda azalır. Bu sebeple soğuk iş takım çelikleri sürekli kullanımda 200 ° C altında bulunmalıdır. Genel olarak takım çelikleri, meneviş sıcaklıkları altında kullanılmalıdır. Sıcak iş ve yüksek hız çeliklerinin sertlikleri 350 ° C üzerinde yükseli ve 550 ° C'de ikincil en yüksek sertliğe ulaşır. Bu durum, i bu çeliklerin neden yüksek kullanım sıcaklıklarında sertlik kaybına uğramadıklarını açıklar.

Tablo: soğuk iş takım çeliklerine uygulanan ısı işlemler

YSSkalite	Yumuşak		Sertleştirme	Temperleme	
	Sıcaklık(°C)	Sertlik (HBW)	Sıcaklık(°C)	Sıcaklık(°C)	Sertlik (HRC)
S-MA GIC	830-880 Yavaş soğutma	≤ 255	1010-1040 Havada su verme	480~530 Havada soğutma	≥ 60
SLD	830-880 Yavaş soğutma	≤ 248	1000-1050 (980-1030) Havada su verme(Yağda su verme)	150~200 Havada soğutma	≥ 58
ARK1	830-880 Yavaş soğutma	≤ 248	1010-1040 Havada su verme	480~530 Havada soğutma	≥ 58
SLD8	830-880 Yavaş soğutma	≤ 248	1020-1040 Air quenching	520~550 Havada soğutma	≥ 60
CFD	830-880	≤ 248	930-980 (950-1000) Yağda su verme (Havda su verme)	150~200 Havada soğutma	≥ 61
YCS3	750-780 Yavaş soğutma	≤ 212	790-850 Yağda su verme	150~200 Havada soğutma	≥ 63
SGT	750-780 Yavaş soğutma	≤ 217	800-850 Yağda su verme	150~200 Havada soğutma	≥ 60
ACD37	750-800 Yavaş soğutma	≤ 235	830-870 Havada su verme	150~200 Havada soğutma	≥ 58
HMD 5/HMD1	825-875 Yavaş soğutma	≤ 235	Alevle sertleştirme		
YXM1	800-880 Yavaş soğutma	≤ 255	(1)1220-1240 (2)1200-1220 Oil quenching	550~570 Havada soğutma	≥ 63
YXM4	800-880 Yavaş soğutma	≤ 277	(1)1230-1250 (2)1210-1230 Yağda su verme	560~580 Havada soğutma	≥ 64
XVC5	820-880 Yavaş soğutma	≤ 285	(1)1230-1250 (2)1210-1230 Yağda su verme	550~580 Havada soğutma	≥ 64
YXF7	800-880 Yavaş soğutma	≤ 241	(1)1160-1180 (2)1120-1160 Yağda su verme	550~580 Havada soğutma	≥ 61
YXF8	800-880 Yavaş soğutma	≤ 241	(1)1150-1170 (2)1130-1150 Yağda su verme	560~590 Havada soğutma	≥ 58
YXR33	800-880 Yavaş soğutma	≤ 241	1080-1160 Yağda su verme	550~600 Havada soğutma	≥ 55
HAP5R	820-870 Yavaş soğutma	≤ 269	1120-1160 Yağda su verme	530~580 Havada soğutma	≤ 58
HAP10	820-870 Yavaş soğutma	≤ 269	(1)1170-1190 (2)1120-1170 Yağda su verme	530~580 Havada soğutma	≥ 61
HAP40	820-870 Yavaş soğutma	≤ 277	(1)1190-1210 (2)1120-1190 Yağda su verme	560~580 Havada soğutma	≥ 64
HAP72	820-870 Yavaş soğutma	≤ 352	1180-1210 Yağda su verme	560~580 Havada soğutma	≥ 68

Sıcak iş takım çeliklerine uygulanan ısıt işlemler

MALZEMENİN FARKLI STANDARTLARDAKİ KARŞILIĞI

AISI / ASTM	DIN	EN	AFNOR	JIS
H11	1.2343	X37CrMoV5-1	Z38CDV5	SKD6

MALZEMENİN KİMYASAL BİLEŞİMİ

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	W	Ni
0,34 - 0,42	0,85 - 1,20	0,20 - 0,50	max 0,025	max 0,005	4,80 - 5,50	1,20 - 1,50	0,40 - 0,50	-	-

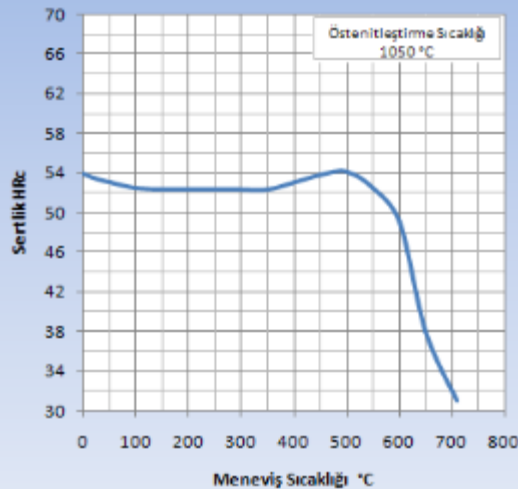
MALZEMENİN ÇEKME DAYANIMI

Sertleşmiş Halde	500 °C	600 °C	700 °C
1960 Mpa	2060 Mpa	1620 Mpa	980 Mpa

MALZEMENİN KULLANIM ALANLARI

- Hafif alaşımların yüksek ve alçak basınçlı dökümünde, gravite dökümünde ve ekstrüzyonunda,
- Hafif ve ağır alaşımların dövülmesinde,
- Boru, profil ve çubuk çekme proseslerinde,
- Plastik enjeksiyon kalıplarında çekirdek ve/veya manifold olarak,
- Sıcak kesme bıçaklarının yapımında tercih edilmektedir.

Menevişte Sertlik Değişimi



ISIL İŞLEM BİLGİLERİ

Sıcak şekil verme sıcaklığı °C	Yumuşak tavlama sıcaklığı °C	Gerilim giderme tavlama sıcaklığı °C	Sertleştirme		MENEVİŞLEME				
			İşlem sıcaklığı °C	Sertlik (HRc)	Sıcaklık °C	400 °C	500 °C	550 °C	600 °C
1100 - 900	760 - 780	600 - 650	1000 - 1040	Yağda	Sertlik HRc	53	54	52	48
				Havada					

H13

Sıcak iş çeliği ailesinin en yaygın kullanılan Cr-Mo-V alaşımlı standart tokluk, termal şok ve meneviş dayanımıyla beraber içerdiği alaşım elementlerinin bir sonucu olarak iyi nitrülenebilme özelliğine sahip takım çeliğidir.

MALZEMENİN FARKLI STANDARTLARDAKİ KARŞILIĞI

AISI / ASTM	DIN	EN	AFNOR	JIS
H13	1.2344	X40CrMoV5	Z40CDV5	SKD61

MALZEMENİN ÇEKME DAYANIMI

Sertleşmiş Halde	500 °C	600 °C	700 °C
2010 Mpa	2060 Mpa	1720 Mpa	1130 Mpa

MALZEMENİN KULLANIM ALANLARI

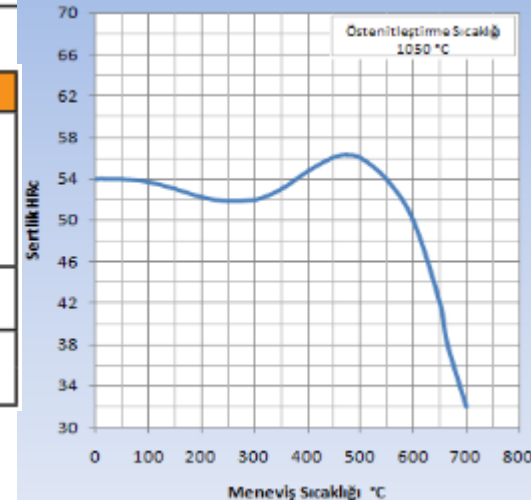
- Hafif alaşımların yüksek ve alçak basınçlı dökümünde, gravite dökümünde ve ekstrüzyonunda,
- Hafif ve ağır alaşımların dövülmesinde,
- Boru, profil ve çubuk çekme proseslerinde,
- Plastik enjeksiyon kalıplarında çekirdek ve/veya manifold olarak,
- Sıcak kesme bıçaklarının yapımında tercih edilmektedir.

MALZEMENİN KİMYASAL BİLEŞİMİ

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	W	Ni
0,37 - 0,42	0,85 - 1,20	0,20 - 0,50	max 0,025	max 0,005	5,00 - 5,50	1,20 - 1,70	0,85 - 1,20	-	-

ISIL İŞLEM BİLGİLERİ

Sıcak şekil verme sıcaklığı °C	Yumuşak tavlama sıcaklığı °C	Gerilim giderme tavlama sıcaklığı °C	Sertleştirme		MENEVİŞLEME				
			İşlem sıcaklığı °C	Sertlik (HRC)	Sıcaklık °C	400 °C	500 °C	550 °C	600 °C
1050 - 850	680 - 710	650	1020 - 1080	Yağda	Sertlik HRC	54	55	54	50
				Havada					



MALZEMENİN FARKLI STANDARTLARDAKİ KARŞILIĞI

AISI / ASTM	DIN	EN	AFNOR	JIS
H10	1.2365	X32CrMoV12-28	32DCV28	SKD7

MALZEMENİN KULLANIM ALANLARI

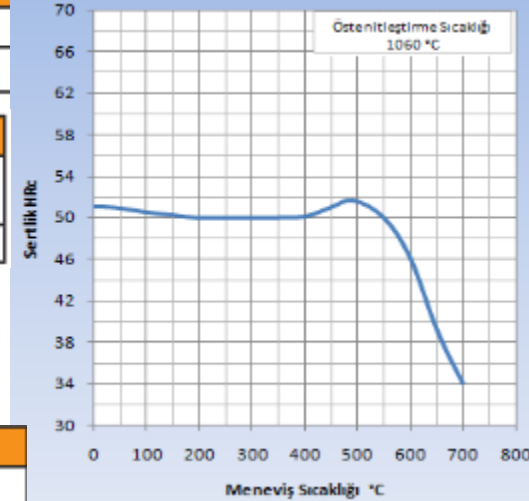
- Hafif metallerin yüksek basınçlı dökümünde,
- Bakır, pirinç ve alüminyum gibi alaşımların ekstrüzyonunda,
- Ağır ve hafif metallerin dövülmesinde kullanılmaktadır.

MALZEMENİN KİMYASAL BİLEŞİMİ

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	W	Ni
0,30 - 0,40	0,60 - 1,00	0,60 - 1,00	max 0,030	max 0,005	2,80 - 3,30	1,90 - 2,30	0,60 - 1,00	-	-

MALZEMENİN ÇEKME DAYANIMI

Sertleşmiş Halde	500 °C	600 °C	700 °C
1720 Mpa	1670 Mpa	1570 Mpa	1030 Mpa



ISIL İŞLEM BİLGİLERİ

Sıcak şekil verme sıcaklığı °C	Yumuşak tavlama sıcaklığı °C	Gerilim giderme tavlama sıcaklığı °C	Sertleştirme		MENEVİŞLEME				
			İşlem sıcaklığı °C	Sertlik (HRC)	Sıcaklık °C	400 °C	500 °C	550 °C	600 °C
1050 - 900	760 - 780	600 - 650	1010 - 1050	Yağda	Sertlik HRC	50	51	52	50
				Havada					

MALZEMENİN FARKLI STANDARTLARDAKİ KARŞILIĞI

AISI / ASTM	DIN	EN	AFNOR	JIS
-	1.2367	X38CrMoV5-3	-	-

MALZEMENİN ÇEKME DAYANIMI

Sertleşmiş Halde	500 °C	600 °C	700 °C
1750 Mpa	1680 Mpa	1580 Mpa	1050 Mpa

MALZEMENİN KULLANIM ALANLARI

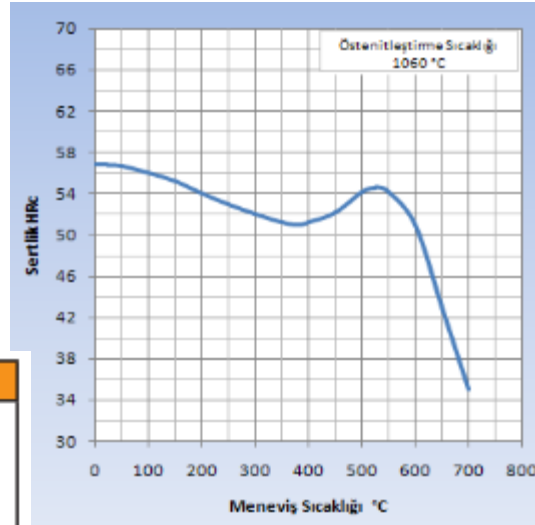
- Hafif ve ağır metallerin basınçlı dökümünde, özellikle hafif metallerin hızlı çevrim süresi istenilen kalıplarında
- Hafif ve ağır metallerin ekstrüzyonunda,
- Ağır metallerin dövülmesinde,
- Sıcak makas malzemesi yapımında, kalıp malzemesi olarak kullanılmaktadır.

MALZEMENİN KİMYASAL BİLEŞİMİ

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	W	Ni
0,34 - 0,42	0,30 - 0,60	0,20 - 0,50	max 0,030	max 0,005	4,80 - 5,50	2,70 - 3,20	0,40 - 0,70	-	-

ISIL İŞLEM BİLGİLERİ

Sıcak şekil verme sıcaklığı °C	Yumuşak tavlama sıcaklığı °C	Gerilim giderme tavlama sıcaklığı °C	Sertleştirme		MENEVİŞLEME				
			İşlem sıcaklığı °C	Sertlik (HRC)	Sıcaklık °C	400 °C	500 °C	550 °C	600 °C
1100- 900	750 - 780	600 - 650	1030 - 1080	Yağda	Sertlik HRc	52	54	53	50
				Havada					



MALZEMENİN FARKLI STANDARTLARDAKİ KARŞILIĞI

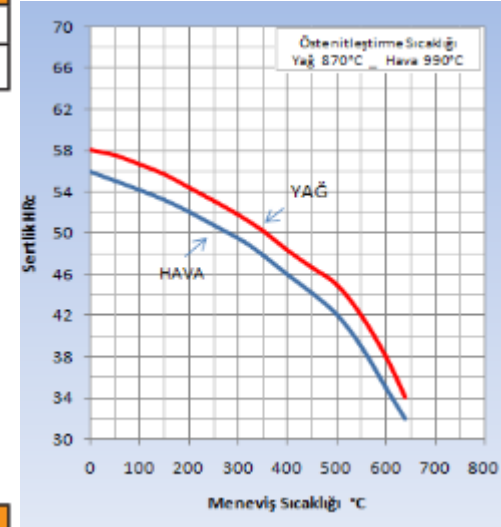
AISI / ASTM	DIN	EN	AFNOR	JIS
L6	1.2714	55NiCrMoV7	-	SKT4

MALZEMENİN KULLANIM ALANLARI

- Demir dövme ve sıcak şekillendirme kalıplarında,
- Dövme kalıpları için hamil yapımında,
- Alüminyum ekstrüzyon kalıplarında bolster ve kalıp desteğinin imalatında,
- Keylos® 2312 ve Keylos® 2738 malzemelerinin sertliğinin yetersiz kaldığı, parlaklığın ön planda olmadığı plastik enjeksiyon kalıplarında kullanılmaktadır.

MALZEMENİN KİMYASAL BİLEŞİMİ

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	W	Ni
0,50 - 0,60	0,10 - 0,40	0,65 - 0,95	max 0,025	max 0,005	0,60 - 1,20	0,25 - 0,55	0,07 - 0,12	-	1,50 - 1,80



ISIL İŞLEM BİLGİLERİ

Sıcak şekil verme sıcaklığı °C	Yumuşak tavlama sıcaklığı °C	Gerilim giderme tavlama sıcaklığı °C	Sertleştirme		MENEVİŞLEME				
			İşlem sıcaklığı °C	Sertlik (HRc)	Sıcaklık °C	400 °C	500 °C	550 °C	600 °C
1050- 850	680 - 710	650	830 - 870 870 - 900	Yağda	Sertlik HRc	50 - 48	46 - 44	43 - 41	40 - 38
				Havada					

Yüksek hız çeliklerine uygulanan ısı işlemler

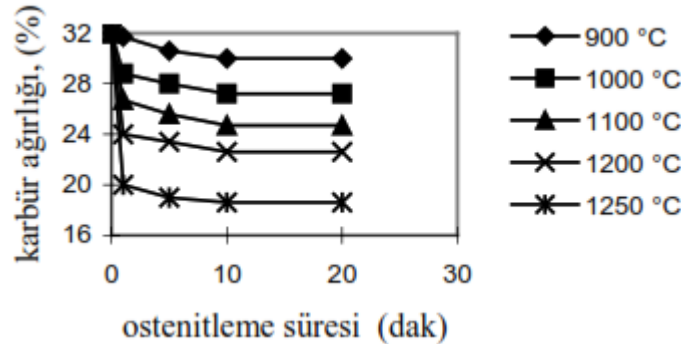
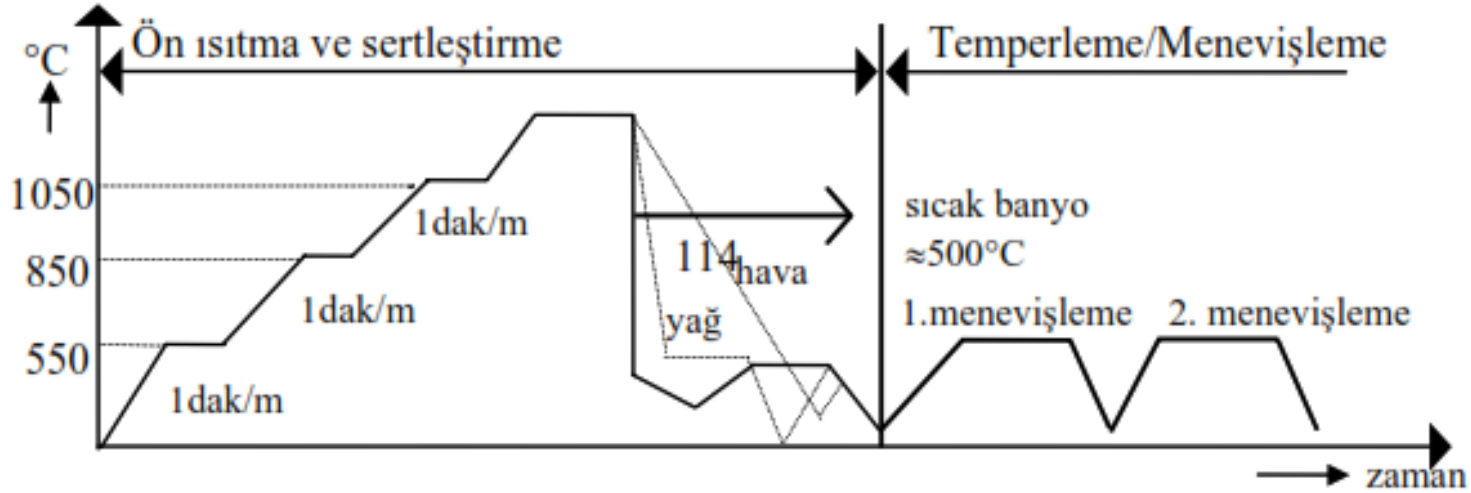
- Isıl işlemler malzemeyi uygun sıcaklığa ısıtıp belirli miktar bu sıcaklıklarda tutarak ve çeşitli ortamlarda soğutmak suretiyle iç yapı ve özellikleri iyileştirmek amacıyla yapılır. Isıl işlemler takımların performansını büyük ölçüde etkiler. Genelde ısı işlemler takım imalatında son veya sondan bir önceki işlemler olarak uygulandılarından takım kalitesi için son derece önemli bir etkendirler.

Tavlama Ve Sertleştirme

- Şekil verme işleminden ve sertleştirmeden önce bütün yüksek hız çelikleri bileşimlerine göre 760-850°C arasında 2-4 saat tavlama ile yumuşatılırlar, daha sonra fırında 600°C sıcaklığa kadar çok yavaş soğutulur. Bunu takiben havada veya fırında ortam sıcaklığına kadar soğutulurlar. Bu esnada çelik oksidasyona karşı korunmalıdır. Tavlanmış yapı perlit matrisi içinde dağılmış karbür küreciklerinden ibarettir

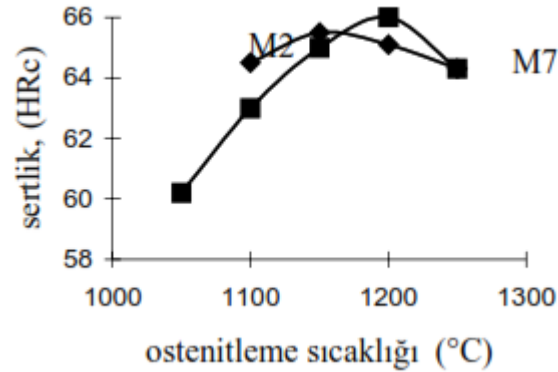
- Yüksek hız çeliğinin yapısında bulunan kararlı karbürlerin su vermeden önce yeteri kadar çözünmesi gerektiği için su verme sıcaklığı solidüs çizgisinin hemen altında 1200-1320°C olarak seçilir.
- Diğer taraftan bu çeliklerin yüksek alaşımlı olmaları çeliğin ısı iletim katsayısını düşürür. Çeliğin 1200°C gibi yüksek sıcaklığa hızla ısıtılması düşük ısı iletim katsayısı nedeniyle çarpılma ve çatlamalara sebep olur. Ayrıca yüksek sertleştirme sıcaklıklarında tane büyümesi ve oksidasyon meydana gelir. Bu nedenle çelik bu yüksek sıcaklığa çok yavaş veya kademeli olarak ve çoğunlukla kontrollü tuz banyosunda ısıtılır.

Yüksek Hız Çeliklerinin Kademeli Isıtılıp Sertleştirilmesi ve Menevişleme



Hız Çeliklerinde Karbür Çözünmesinin Ostenitleme Sıcaklık ve Süresi ile İlişkisi

Ostenitleme sıcaklığı tane büyümesine ostenitleme süresinden daha fazla etki eder; şöyle ki çeliğin erime sıcaklığının 40°C altına gelinceye dek zaman pek önemli bir rol oynamaz. Ancak 1290°C'nin üstüne çıkıldıkça sıcaklık ve zaman tane büyümesine neden olur.



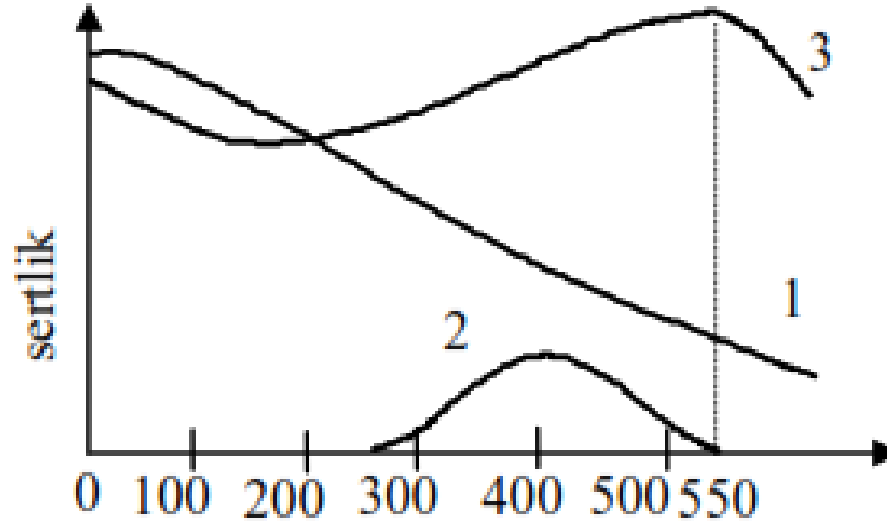
Kontrollü atmosfer fırınında ostenitlenmiş ve yağda su verilmiş M2 ve M7 çeliklerinin ostenitleme sıcaklığına bağlı olarak sertlik değişimleri

M7, M2'den daha düşük bir sıcaklıkta ostenitlenir. Bunun sebebi; M7'nin daha fazla karbon yüzdesine sahip olmasıdır. Çeliklerde karbon miktarı arttıkça ostenitleme sıcaklığı düşer.

Soğutma Ortamı ve Menevişleme

İdeal su verme ortamı çeliği Ms sıcaklığına kadar hızlı soğutmalı ve sonra oda sıcaklığına veya banyo sıcaklığına kadar oldukça yavaş soğutmalıdır. Yüksek hız çelikleri havada, yağda veya tuz banyolarında soğutulabilir fakat distorsiyona girmemeleri için plakalar arasında havada soğutulan çok ince takımlar dışında, fırında ısıtılan takımlar yağda, tuz banyosunda ısıtılanlar da ergimiş tuzda soğutulurlar. Sıcaklığı soğutucu tuzda dengelenen takım daha sonra havada soğutulur. Fırında ısıtılan büyük kesici takımlar, çatlama önlemek üzere birkaç kademede olmak şartıyla yağda soğutulurlar. Bu metotta takım 550°C'ye kadar yağda, sonra da havada soğutulur.

Menevişleme sırasında hız çeliğinin sertliği zayıf alaşımlandırılmış demir-karbürün ayrışması sonucu biraz azalır. 450°C sıcaklığın üzerinde Mo₂C ve W₂C karbürleri ayrışır ve sertliği önemli ölçüde arttırlar. 500-Menevişleme sırasında karbürler sadece sertleştirme ile elde edilen martenzit fazından değil aynı zamanda artık ostenitten de ayrışır. Alaşım elemanı ve karbon oranları azalan artık ostenitin martenzit oluşumu başlama sıcaklığı (M_s) yükselir. Menevişleme sonucu artık ostenitin temperlenmemiş martenzite dönüşmesi yeniden menevişlemeyi gerektirebilir. İşlem sonunda iç yapı, ince iğneli martenzit içinde dağılmış ince karbürlerden oluşur.600°C sıcaklığında ayrışma (çökelme) sertliği meydana geldiğinden sertlik en yüksek değerine ulaşır. Bu olaya sekonder veya ikincil sertleşme denir

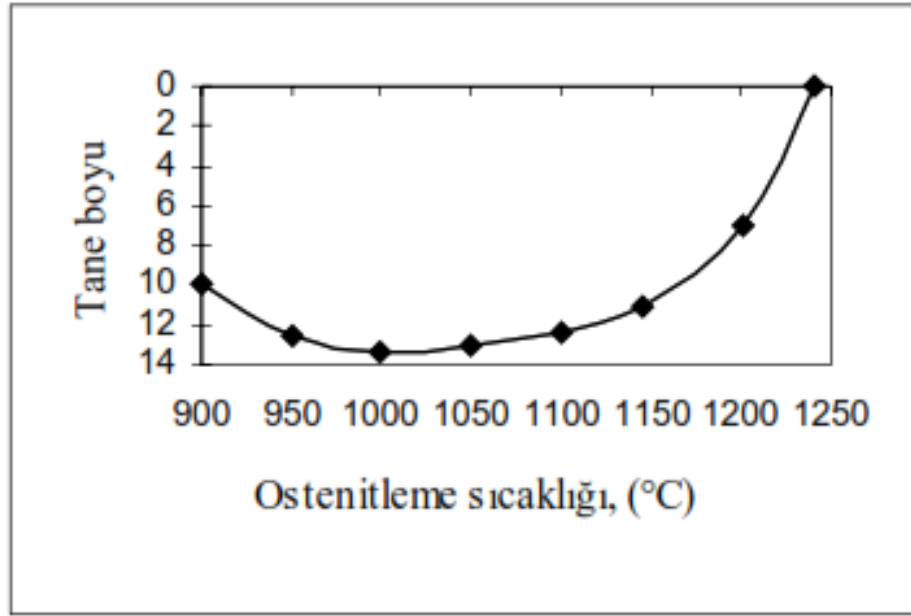


Şekil: yüksek hız çeliklerine ait menevişleme sıcaklığı ile sertliğin değişimi

1 ile belirtilen eğri martenzitin Fe_3C ve benzeri karbürler ile ferrite ayrışması sonucu sertliğin düştüğünü gösterir. 2 nolu eğride ise ostenitleme sırasında çözünen özel karbürlerin yeniden oluşup çökmesi ile sertlik artmaktadır. 3 nolu eğri, 1 ve 2 eğrilerinin toplam etkisini, yani menevişleme sıcaklıkları için çeliğin sertliğinin değişimini göstermektedir.

Çifte Su Verme

- Hız çeliğine iki defa üst üste su verilmesi anlamında kullanılan çifte su verme işlemi son yıllarda uygulanmaya başlanmış yeni bir yöntem olup, tane büyümesini denetim altında tutmak ve ostenitleme işleminden en uygun şekilde yararlanıp karbür büyüklüğünü ve dağılımını denetlemek için uygulanır.



Şekil 1 İkinci ostenitleme sıcaklığının M2 hız çeliğinin tane boyuna etkisi

Gerilim Giderme ve Dövme

Yüksek hız çelikleri içerdikleri yüksek alaşım elemanları yüzünden yapılarında çok fazla özel karbür bulundururlar. Bu yüzden şekil değiştirme dirençleri büyüktür. Ancak 1150-900°C gibi yüksek sıcaklıklara ısıtıldıklarında dövülebilirler. Dövme sıcaklığına ısıtma kademeli yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- <http://www.ekol-celik.com/>
- <https://www.ayhansteel.com/>
- Mustafa TAYANÇ, Gülcan ZEYTİN, YÜKSEK HIZ ÇELİKLERİNİN İÇ YAPI VE ISIL İŞLEM ÖZELLİKLERİ, BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (2000) 2 (1).