

Sıcak İş Takım Çeliklerine Uygulanan Isıl İşlemler ve Bir Uygulama

Yrd. Doç. Dr. İrfan AY
Öğr. Gör. Güven OKOLDAN
Balıkesir Üniv.

Sıcak iş çelikleri, petrol rafineri kulelerinin direkt alevle temas eden kısımlarındaki borularda, perlit patlama kulelerinde, tünel tipi tav fırını tabanlarındaki raylarda sıkça kullanılırken, sıcak iş takım çelikleri sıcak şekillendirmenin yapıldığı pres ve şahmerdanlardaki, plastik enjeksiyon makinelerindeki kalıplarda, motor ve kompresörlerin piston imalatındaki basınçlı alüminyum dökümlerin yapıldığı kalıplarda ve savurma döküm kalıplarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Giriş

Yüksek çalışma sıcaklıkları olan 400°C ile 650°C arasında çalışan ve bu sıcaklık aralığında mekanik özelliklerini kaybetmeyen, ayrıca alaşımında % C elementi hariç diğer alaşım elementlerinin toplamı %5'ten aşağı düşmeyen çeliklere sıcak iş takım çeligi adını veriyoruz (11). Bu çelikler özel olarak üretilirler. Sıcak şekillendirme yöntemi ile de takım yapımında kullanılırlar. Bu çeliklerin sıcak iş yapı çeliklerinden farkı, çalışma sıcaklığında sertliğinden birşey kaybetmemesi ve aşınma mukavemetinin yüksek olmasıdır. Sıcak iş takım çeliginde kaynaklanma özelliği, özel durumlar hariç pek aranmadığından %C içeriği % 0.3-0.6 arasındadır. Oysa sıcak iş yapı çeligi, kaynak edilebilmesi ve soğuk şekillendirilebilmesi için karbon içeriği % 0.1-0.35 arasında tutulur (5).

Sıcak iş çelikleri, petrol rafineri kulelerinin direkt alevle temas eden kısımlarındaki borularda, perlit patlama kulelerinde, tünel tipi tav fırını tabanlarındaki raylarda sıkça kullanılırken, sıcak iş takım çelikleri sıcak şekillendirmenin yapıldığı pres ve şahmerdanlardaki, plastik enjeksiyon makinelerindeki kalıplarda, motor ve kompresörlerin piston imalatındaki basınçlı alüminyum dökümlerin yapıldığı kalıplarda ve savurma döküm kalıplarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca amaca uygun yapılacak ısıl işlem sayesinde darbeleri karşılamak amacıyla hidrolik şahmerdanlardaki dövme çenelerinde, sürütünme çarklı friksiyon preslerinde, dakikada 600 darbe/dak. vurabilen manipatörlerdeki dövme çenelerinde ve savunma sanayinde top namlusu taslak hazırlama manipatörlerindeki dövme çenelerinde de emniyetle kullanılmaktadır (11).

Bu yazıda, sıcak iş takım çeliklerine uygulanan ısıl işlemlerden, tavlama, soğutma ve menevişleme esnasında dikkat edilecek kritik noktalar örnek malzeme seçilerek anlatılmıştır.

Sıcak İş Takım Çelikleri

Sıcak iş takım çeliklerinden;

- Çalışırken sertliğini koruması,
- Yüksek sıcaklıkta aşınma mukavemetini muhafaza etmesi,
- Darbelere karşı dayanıklı olması,
- Sıcaklık değişmelerine karşı dirençli olması,

istenir. Buna karşılık, kaynak edilebilir olması ve soğuk şekillendirme direncinin yüksek olması istenmez. Yukarıdaki şartların yerine gelebilmesi için sıcak iş takım çeliklerinde;

- % C oranı 0.3-0.6 arasında olmalı.
- Takım ısıl işlemi esnasında homo-

Sıra No	Alman normuna göre sembol	M. No. DIN ve TS	Amerikan AISI	MKE	Kimyasal Analiz (%)							
					C	Si	Mn	Cr	Mo	V	W	Sair
1. Düşük Alaşımlılar												
1	35 WCrV 7	1.2541	S1	Ç 7243	0.35	1.0	0.3	1.1	-	0.2	2.0	-
2	45 WCrV 7	1.2542	S 7245		0.45	1.0	0.3	1.1	-	0.2	2.0	-
3	45 CrVMoW 5	1.2603			0.45	0.6	0.4	1.5	0.5	0.8	0.5	-
4	45 C-MoV67	1.2323	Typ 225		0.45	0.3	0.7	1.5	0.7	0.3	-	-
5	40 CrMnMo 7	1.2311			0.40	0.3	1.5	2.0	0.2	-	-	-
6	57 NiCrMoV 7	1.2744	Typ 242		0.55	0.3	0.7	1.0	0.8	0.1	-	1.7 Ni
7	56 NiCrMoV 7	1.2714			0.55	0.3	0.7	1.0	0.5	0.1	-	1.7 Ni
8	55 NiCrMoV 6	1.2713	6 F 3		0.55	0.3	0.6	0.7	0.3	0.1	-	1.7 Ni
9	35 NiCrMo 16	1.2760	Typ 352		0.35	0.2	0.5	1.4	0.3	-	-	4.0 Ni
10	60 MnSi 4	1.2826	54		0.60	1.0	1.0	-	-	-	-	-
2. Yüksek Alaşımlılar												
11	X30WCrCoV 9 3	1.2662		Ç 7930	0.30	0.2	0.3	2.5	-	0.3	9	Co
12	X30WCrV 9 3	1.2581	H21/7910		0.30	0.2	0.3	2.5	-	0.4	9	-
13	X30WCrV 5 3	1.2567	7430		0.30	0.2	0.3	2.5	-	0.6	4.5	-
14	X30WCrV 4 1	1.2564			0.70	0.2	0.4	1.0	-	0.2	4.0	-
15	X37CrMoW 5 1	1.2606	H12/AR		0.32	0.9	0.6	4.8	1.5	0.2	1.4	-
16	X32 CrMoV 3 3	1.2365	1110/5330		0.38	0.3	0.3	2.8	2.8	0.5	-	-
17	X38 CrMoV 5 1	1.2343	1111		0.38	1.0	0.4	5.0	1.3	0.5	-	-

Tablo 1. Genel amaçlar için sıcak iş takım çelikleri

Malzeme Sıra No	Sıcak şekil verme sic. (°C)	Tavlama sıcaklığı (°C)	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Sogutma ortamı	Meneviş sıcaklığı (°C)	Çekme mukavemeti (Kp/mm ²)
1	1050-850	710-750	880-920 969-1000	su yağ	450-650	170-190
2	1050-850	710-750	880-920	yağ	450-650	200
3	1100-850	740-780	1000-1050	yağ	550-675	190
4	1100-850	740-780	930-970	yağ	500-650	210
5	1050-850	710-750	830-870 860-900	yağ, hava tazıyıklı hava	450-600	170-200
6	1050-850	660-700	840-880	yağ	350-600	225
7	1050-850	660-700	860-900	hava veya taz.	350-600	200-220
8	1050-850	660-700	840-880	hava, yağ	400-650	210
9	1050-850	620-660	810-850 830-850	yağ hava	350-650	175-180
10	1050-800	680-720	820-860	yağ	450-600	195
11	1100-850	760-800	1130-1180	yağ, tuz ban. hav.	550-700	150-180
12	1100-850	740-780	1050-1100	yağ, tuz ban. hav.	550-700	150-180
13	1100-850	740-780	1050-1100	yağ, tuz ban. hav.	550-680	150-180
14	1100-850	740-780	960-1000 1000-1050	su yağ	450-650	170-190
15	1100-900	800-840	1000-1050	hava, yağ	550-650	210
16	1100-850	710-750	1020-1070	yağ, tuz ban.	550-700	175
17	1100-900	800-840	1000-1050	Hava, yağ, tuz ban.	550-650	200

Tablo 2. Genel amaçlar için sıcak iş takım çelikleri ve ısıl işlemleri

Sıra No	Alman normuna göre sembol	Malzeme No	Amerikan AISI	SAE	Kimyasal Analiz (%)							
					C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W
1	X 210 Cr 12	1.2080			2.10	0.3	0.3	12	-	-	-	-
2	X 50 NiCrWV 13 13	1.2731			0.50	0.3	0.7	13	-	13	0.5	2.5
3	X 60 WCrMoV 9 4	1.2622			0.60	0.3	0.3	4	0.9	-	0.7	9.0
4	45 W CrV 7 7	1.2547		7250	0.45	1.0	0.3	1.7	-	-	0.2	2.0
5	X 45 NiCrMo 4	1.2767	Typ 382		0.45	0.2	0.5	1.3	0.2	4.0	-	-
6	X 20 Cr 13	1.2082	Typ 384	51420	0.20	0.4	0.3	13	-	-	-	-
7	26 CrMo 7	1.2312			0.26	0.2	0.6	1.5	0.2	-	-	-
8	33 AlCrMo 4	1.2852			0.33	0.2	0.6	1.1	0.2	-	-	-
9	X 12 NiCrSi 36 16	1.2786			0.12	1.8	2.0	16	-	36	-	-
10	X 15 CrNiSi 25 20	1.2782		310	0.15	2.0	2.0	25	-	20	-	-
11	X 15 CrNiSi 20 12	1.2780		302B	0.15	2.0	2.0	20	-	12	-	-
12	X 20 CrNiSi 25 4	1.2789			0.20	1.0	2.0	25	-	4.0	-	-
13	X 22 CrNi 17	1.2787		301	0.22	1.0	1.0	17	-	1.8	-	-
14	28 NiCrMoV 10	1.2740			0.28	0.4	0.3	0.7	0.6	2.5	0.3	-
15	28 NiMo 17	1.2747			0.28	0.3	0.3	0.4	1.2	4.5	0.2	-
16	26 NiCrMoV 5	1.2726			0.26	0.4	0.3	0.7	0.3	1.5	0.2	-
17	28 NiCrV 5	1.2737			0.28	0.4	0.3	0.7	-	1.2	0.2	-
18	44 MnSiV 4	1.2827			0.44	1.0	1.0	-	-	-	0.1	-

Tablo 3. Özel amaçlar için düşük ve yüksek alaşımli sıcak iş takım çelikleri

jen sertliğini koruyabilmesi için % Cr oranı 1,5-9 arasında olmalı,

• Temperleme ile ısıl mukavemetini temin etmek için % V oranı 0.3-0.9 arasında olmalıdır.

• Takımın yüksek ısı mukavemeti ve aşınma dayanımını temin için % W oranı 1.5-9 arasında olmalıdır.

(Bkz. Tablo 1-2-3).

Sıcak İş Takım Çeliklerine Uygulanan Isıl İşlemler

Isıl İşlemin Amacı;

Yüksek sıcaklıklarda çalışan sıcak iş takım çelikleri uzun zaman yük altında kaldığında çok yavaş meydana gelen kalıcı bir deformasyonla karşı karşıya kalırlar. Bu olaya sürünme denir. Sürünme, belli bir zaman sonra kopma ile son bulur. Çalışma ortamında yük ne kadar fazla sıcaklık ne kadar yüksek ise çeliğin statik ömrü de o kadar kısa olur. İşte bu statik ömrü uzatmak için ısıl işlem yapılır. Bu sayede sıcaklık altında akma sınırı da yükseltilecek sürünmeye karşı direnci artırılmış olunur.

Isıl İşlem Uygulaması;

Sıcak iş takım çeliklerine uygulanacak ısıl işlemi örnek vererek açıklamak çok faydalı olacaktır. Örnek olarak, malzeme numarası 1.2365 olan DIN normuna göre sembolü X32 Cr MoV33 olan bir çeliği ele alalım. Bu çelikten sıcak iş takımı yapmak için imalattan önce;

a) *İmalat öncesi gerilim giderme tavlama*
İmalat öncesi gerilim giderme tavlama yapılmalıdır. Bu tav takımın uzun ömürlü olması açısından önemlidir. Çünkü, hammaddenin ilk proses (döküm) aşamasında farklı soğutma neticesi yüzeyde iç giderme tavlama yapılmıştır. Bunun için malzeme yavaş bir şekilde 600-650°C'den malzeme kalınlığına da bağlı olarak 3.5-4 saat süre ile sabit sıcaklıkta malzeme homojen bir ortamda tavlama yapılır. Fırından çıkartılmadan, fırın içinde soğutmaya bırakılır.

b) *İmalat sonrası gerilim giderme tavlama*
Takım işlenmesi sırasında bazı plastik deformasyonlar meydana gelir. Bunlar iç gerilimleri doğururlar. Bu iç gerilimleri gidermek için işlenen parçalar 600-650°C'de daha az bir süre (2,5-3 saat) özel askılara konularak ağırlığı hiçbir zaman parçanın kendi üzerinde çeki gerilmesi oluşturmaya-cak şekilde ve homojen bir ortamda tavlamlarlar. Tavlama sonucu, parçalar fırında soğumaya bırakılır. Fırın kapağı açılmaz. Soğuduktan sonra, fırından çıkartılan takıma son geometrik ölçü kontrolü yapılır.

Daha yavaş bir şekilde 855°C'ye kadar ikinci ısıtma ile tavlama yapılır (seçtiğimiz malzemenin sertleştirme sıcaklığı 1060°C'dir. Birinci ön ısıtma ile 650°C'ye çıkmıştık. 1060-650=410°C kahr. İkinci ön ısıtmanın sıcaklığı 650+410/2= 855°C olur). Burada da parça homojen sıcaklığa ulaşmaya kadar beklenir.

Bu kademelerden sonra 1 mm/dak.lık ısıtma hızı ile nihai hedef olan sertleştirme sıcaklığı 1060°C'ye çıkılır. Buradaki bekleme zamanı pratik olarak şu şekilde hesaplanır.

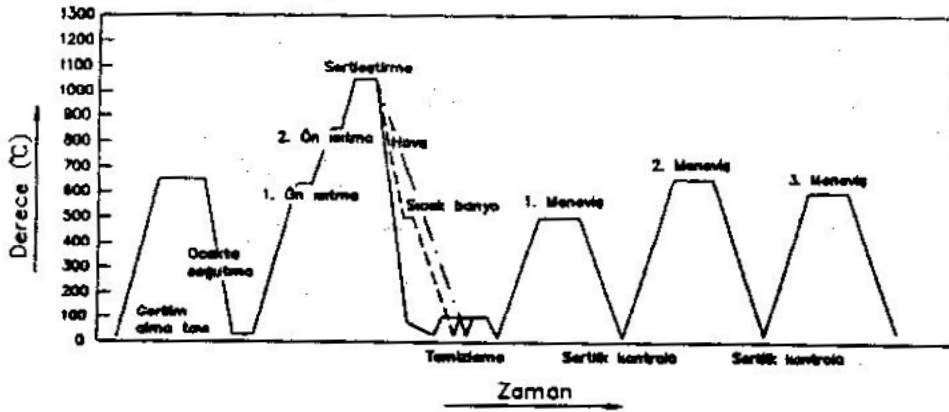
Örnek olarak takım çeliğimizin kalınlığı 60 mm ise bu kademede bekleme zamanımız $t = 60/2 + 20 = 30 + 20 = 50$ dakika olur (2,4,6).

d) Soğutma

Soğutma amacı; Sıcak iş takım çeliklerinin soğutulması iki amaca göre yapılır. Birincisi, eğer takım çeliğinden ısıtma işlem sonunda belli oranda bir yapıya (beynit, martenzit v.s.) yapıya karşılık sertlik isteniyorsa kademeli soğutma yapılmalıdır. İkincisi, eğer takım çeliğinden yalnızca sertlik isteniyorsa sürekli (continue) soğutma yapılmalıdır. Bu ayrıma göre sıcak iş takım çeliğinin TTT (zaman-sıcaklık-dönüşüm) diyagramında yapılacak soğutma eğrisi operasyonuna göre belirlenir.

Kademeli soğutma; Örnek olarak aldığımız 1.2365 malzeme nolu sıcak takım çeliğinin TTT diyagramı çelik üreticisi firmalarca hazırlanmıştır (Bkz Şekil. 2).

Şekil 2'den de görüleceği gibi sıcaklığa ve zamana bağlı soğutma ile elde edilecek iç yapı değişiklikleri sırasıyla ostenit, ferrit, perlit, beynit ve martenzit'tir. 1.2365 nolu malzememiz 1060°C'lik sertleştirme sıcaklığından



Şekil 1. Şematik olarak sıcak iş takım çelikleri için ısıtma işlem uygulaması

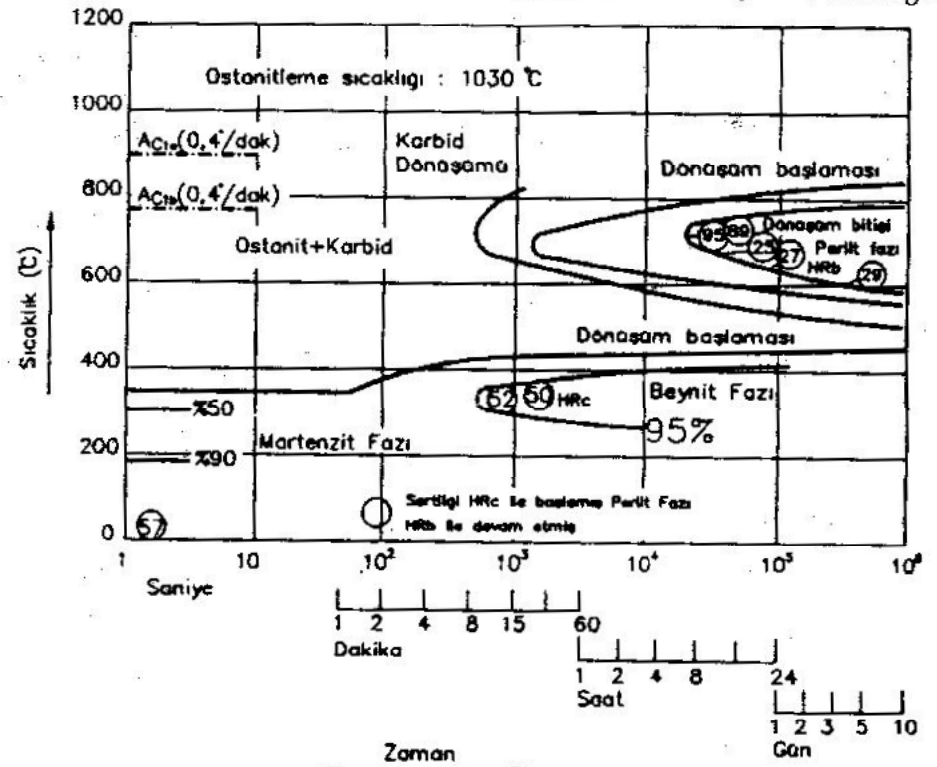
c) Sertlik kazandırmak amacıyla yapılan tavlama

Sıcak iş takım çelikleri için, bu amaçla yapılan tavlama sıcaklığına sertleştirme sıcaklığına seçimine, kataloglardan istifade edilerek karar verilir. Bizim örnek aldığımız 1.2365 malzeme numaralı çeliğimiz için sertleştirme sıcaklığı 1020-1060°C'dir. Bu sıcaklık östenit bölgesi sıcaklığıdır. Sıcak iş takım çeliklerindeki alaşım elementlerinin etkilenecekleri olması sebebiyle östenit sıcaklığına direkt çıkılmaz. Bu ısıtma işlem en az 2 kademede yapılmalıdır. (Bkz. Şekil 1).

Birinci ön ısıtma ile östenit sıcaklığına tavlama; Seçtiğimiz sıcak iş takım çeliğimiz gerilim giderme tavlamasındaki ısıtma hızına eşit hızda (2 mm/dak), 600-650°C'ye kadar tavlamlar. Burada parça homojen sıcaklığa ulaşmaya kadar beklenir.

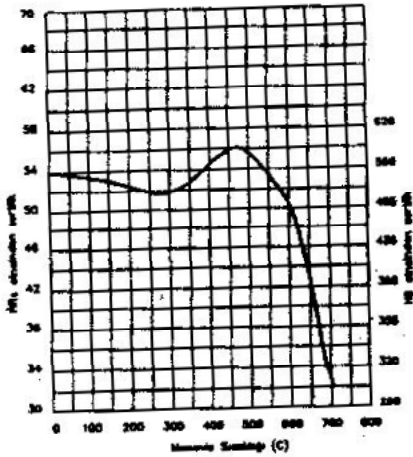
İkinci ön ısıtma ile östenit sıcaklığına tavlama; Bu kademeye çıkarken parçanın ısıtma hızı düşer (1 mm/dak)

$t = \text{takım çeliği kalınlığı yarısı (mm)} + 20 \text{ (dak)}$



Şekil 2. Kademeli soğutma diyagramı (malzeme nosu 1.2365 ve Dın X32CrMoV33 sıcak iş takım çeliği için)

çok kısa zaman aralığında 400 °C'deki tuz banyosuna daldırılırsa 3 dakika içerisinde bir yapı dönüşüm eğrisi ile karşılaşılır. Geçen zamanla ostenit yavaş yavaş dönüşüme uğrar ve 30 dakika sonra dönüşüm tamamlanır. Beynitik bir yapı elde edilir. Bu yapı martenzit ile perlitik yapı arası, arzulanan bir yapıdır. Yaklaşık 50 HRC'lik bir sertlik elde edilir. Daha sonra iş parçası banyodan çıkartılır ve oda sıcaklığında hiç bir değişime uğratmadan soğutulur. Bu yapılan işlem ostemperleme adı verilir. Şayet, yapının martenzit olması isteniyorsa Şekil 2'deki diyagramın Ms sıcaklığının üstünde 400 °C'deki tuz banyosuna çok kısa bir zaman aralığında daldırılıp, yaklaşık 20 saniye içinde de 50-60°C'deki yağ banyosuna atılarak bütün bünyenin hegzogonal martenzit dönüşmesi sağlanmış olacaktır. Yüzeyde kalan artık ostenit, ince talaşla temizlenecek ve hegzogonal martenzit'in sertliği bulunacaktır. Bu sertlik firmaların

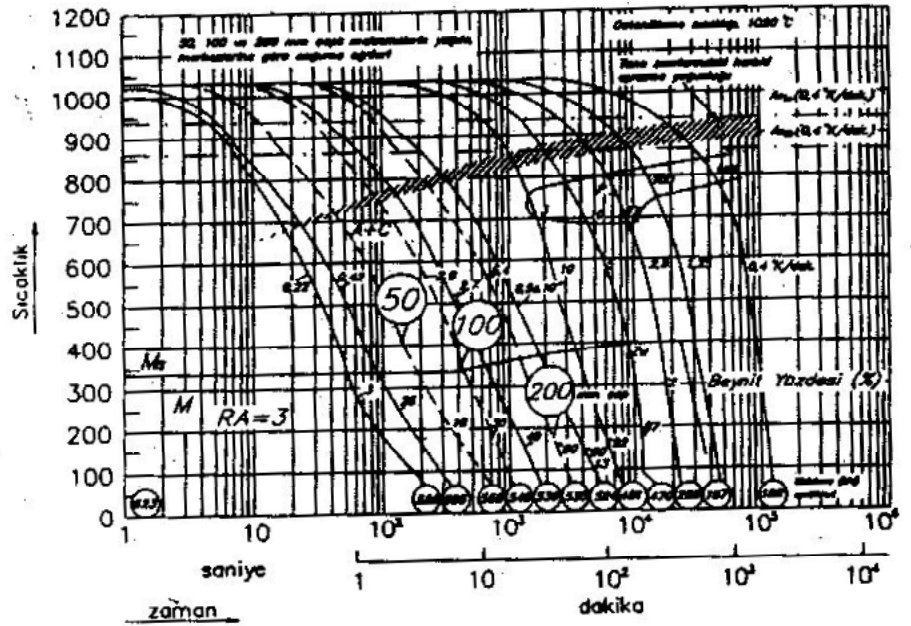


Şekil 3. 1.2365 nolu malzemenin meneviş (temper) diyagramı

malzemeleri için garanti ettikleri sertliktir. (Bkz. Şekil 3).

Şekil 4' den de görüldüğü gibi dönüşüm eğrisi, malzemenin çapına, külesine ve soğutma ortamının (su yağ, hava v.s.) soğutma hızına bağlı olarak hazırlanmıştır. Örnek aldığımız 1.2365 nolu sıcak iş takım çeliğimiz çalışma esnasındaki sertliğimizin HRC 47± 1 istenmiş olsun. Malzeme çapınız ise Ø 200 mm olsun. Soğutma ortamımız yağ'dır. Yağın, çelik malzemenin içine girmeden önceki si-

Sürekli Soğutma; Sürekli soğutmanın TTT diyagramı farklıdır (Bkz. Şekil 4)



Şekil 4. 1.2365 nolu malzemenin Ø50 mm, Ø100 mm ve Ø200 mm çaplarındaki çubuklar için merkezlerine göre yağda yapılan soğutma eğrileri

caklığı 35 °C' dir. Soğutma hızı 8.5×10^{-2} saniye olduğu diyagramdan bulunur. Hızlı dönüşüm sonucu çıkacak olan sertlik $HV 524 \approx 50.5$ HRC dir. Bu tip soğutma ortamlarına örnek olarak, sakın-katıksız su, çalkantılı-katıksız su, özel ısıtılmış yağlar, basınçlı kuru hava, basınçlı ıslak hava, sakın hava ve fırında üflemlenmiş havayı verebiliriz.

e) Menevişleme (temperleme)

Sıcak iş takım çelik üreticileri malzemenin özel olması sebebiyle TTT diyagramının yanında meneviş diyagramını da verirler (Bkz. Şekil 3). Seçtiğimiz sıcak iş takım çeliğimizin çalışma sertliğinin 47 ± 1 HRC olması istenmişti. Firma, bu sertliğe ulaşmak için üç aşamalı meneviş tavi uygulamasını önermektedir.

Birinci meneviş tavi: İleri martenzit yapının bir an evvel durdurulması için soğutmadan en fazla 4 saat içerisinde birinci meneviş tavinin yapılması gereklidir. Bu meneviş sıcaklığı esas sertliği verecek olan sıcaklığın 100 °C altında yapılmalıdır. Örneğimizdeki 47 HRC sertlik için esas meneviş sıcaklığı 625 °C olarak diyagramdan okunur. Ozaman birinci meneviş sıcaklığı 100 °C eksiği 525 °C olur. Bu sıcaklıkta bekleme süresi

ampirik formül olarak şu şekildedir;

$$t = 1 + (\text{malzeme kalınlığı (mm)} / 20) \text{ (saat)} \quad (2)$$

Örnek olarak, malzeme kalınlığımız 60 mm ise, bekleme süresi $t = 1 + 60 / 20 = 4$ saat olur. Bu sürenin sonunda elde edilecek sertlik mutlaka istenilen sertlikten büyük çıkacaktır.

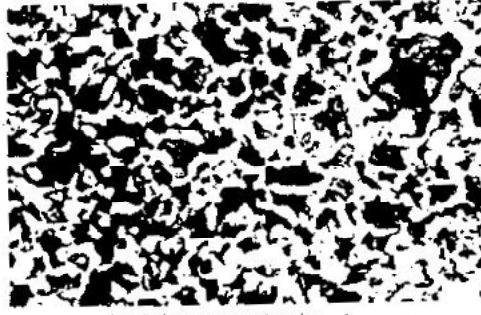
İkinci meneviş tavi: Bu tavidä zaman aynı olup sıcaklık, parçadan beklenen sertliği verecek olan 625 °C'dir. Bekleme süresi sonunda sertlik ölçülmeden önce yüzey zımpara ile temizlenmelidir. Ölçüm sonunda sertlik istenenden yaklaşık 1-1.5 HRC düşük çıkacaktır. Bu, yüzeydeki artık ostenit'in etkisidir. İşleme payı 1 mm ise hakiki sertlik işleme payından sonra muhakkak yakalanır.

Üçüncü meneviş tavi: Bu tavi, malzemenin tokluğu ile ilgili yapılan bir işlemdir. Şayet, takım sabit yükte çalışıyor ise, fazla tokluğa gerek yoktur. Sıcaklık 50 °C aşağıya çekilerek 625 °C - 50 °C = 575 °C olur. Zaman aynı kalır. Şayet takım darbeli yükte çalışıyor ise, sıcaklık 575 °C olur. Fakat zaman 1 saat ilaveli, yani;

$$t = 2 + (\text{malzeme kalınlığı (mm)} / 20) = 2 + 3 = 5 \text{ saat'tir.}$$



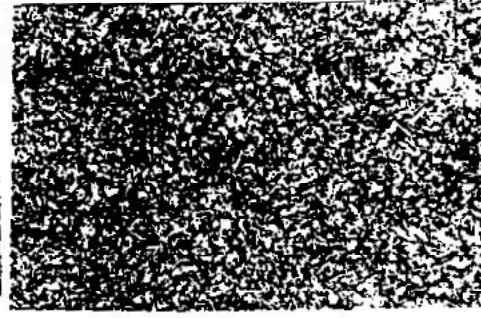
a) Proses'ten (doküman) çıkmış haldeki iç yapı



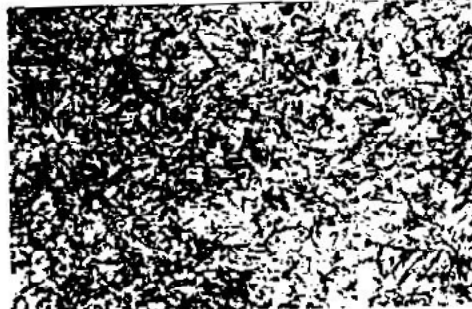
b) Talashi imalat öncesi gerilim giderme tavi uygulanan iç yapı



c) Talashi imalat sonrası gerilim giderme tavi uygulanan iç yapı



d) Soğutma sonu hegzagonal ince martenzitik iç yapı



e) Birinci meneviş tavi sonundaki iç yapı



f) İkinci meneviş tavi sonundaki nihai sertliğin arandığı iç yapı

Şekil 6. Malzemenin nosu 1.2344 ve DIN X40CrMoV51 sembolü sıcak iş takım çeliğinin ısıtım işlemi boyunca iç yapı görüntüleri



Şekil 7. 1.2344 malzeme nolu sıcak iş takım çeliğinden yapılmış, darbeli dövme yapabilen bir manipulator'ün dövme kalıbı ve iş parçasının fotoğraf görüntüsü

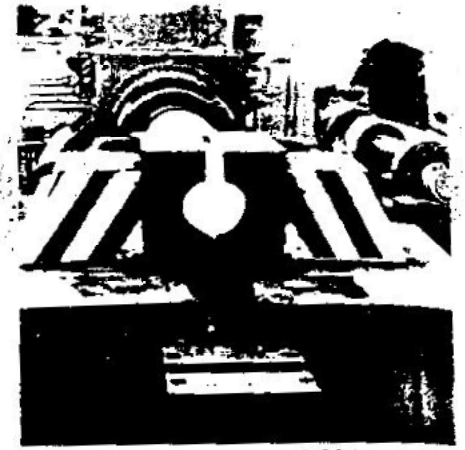
Böylece, 1.2365 nolu sıcak iş takım çeliğimiz, üçüncü meneviş sonunda 47 HRC sertliğinde ve darbelere daya-

nıklı, tok bir malzeme olarak, 100 °C sıcaklık aşağısından 574 °C - 100 = 475 °C' de rahatça çalışabilir.

Aşağıda aynı yol izlenerek ısıtım işlemi görmüş elimizde mevcut 1. 2344 nolu DIN X40CrMoV51 sembolü sıcak iş takım çeliğinin iç yapı fotoğrafları görülmektedir. (Şekil 6) (6).

Sonuç

Sıcak iş takım çelikleri çok özel malzemelerdir. Sanayide çok özel alanlarda kullanılırlar. Çok pahalı malzemelerdir. Bu nedenle işlemleri esnasında ve uygulanacak ısıtım işlemlerinde hata kabul etmezler. Bunu önlemek için çelik üretici firmaların uyarılarına çok dikkat etmek gerekir. Öyleki, esas sıcak iş takım çeliği malzemesinin yanında numune olarak, yaklaşık 25. 4 mm (1") çapında, 5-10 mm ka-



Şekil 8. Malzeme nosu ve 1.2344 ve DIN X40CrMoV51 sembolü sıcak iş takım çeliğinin ısıtım işlemi boyunca dövme kalıbı ile iş parçasının fotoğraf görüntüleri

lınlığında aynı malzemeden alınır. Önce tüm ısıtım işlemleri bu numune üzerinde denir. Sonuçların kontrolü yapılarak, olumlu ise, sonra esas malzeme üzerinde ısıtım işlemleri gerçekleştirilir. Yukarıda anlatılanlardan da görüleceği gibi sıcak iş takım malzemelerinin menevişlemede bekleme zamanları uzun olmaktadır. Bu kontrol ise maliyeti arttırır. Bu nedenle sıcak iş takım çeliklerinin işlenmesinde ve uygulanacak ısıtım işlemlerinde yapılacak tüm uyarılara ve kritik noktalara mutlaka uyulmalıdır.

Kaynakça

1. Demirok, A. İSTAŞ A.Ş. Teknik Yayınları. İzmir, 1991
2. Güventürk, F., "Çelik El Kitabı", Güven Çelik Tic. ve San. Yayını
3. Keskin, I. Malzeme El Kitabı. Dem- Ay Paz. Ltd. Yayınları
4. Malmberg, W. Çev. Tarıkahya, T "Çeliği tavlama, sertleştirilmesi ve treatmenti"
5. Michael A. Çev. Çuhadar, N- Ersümer, A. "Takım Çelikleri" 1969
6. Okoldan, G. "Sıcaklık İş Takım Çeliklerine Uygulanan Isıtım İşlemleri", Seminer Notları, Balıkesir Üniversitesi, Müh- Mim. Fak. Balıkesir. 1997
7. Tanım, K. "Uygulamalı malzeme Seçimi" 1978 .
8. Tekin, E. " Mühendisler İçin Çelik Seçimi", Makina Müh. Odası Yayını. Yay. No. 119, 1986
9. Thelning, K.E. Çev. Tekin, A. "Çelik ve Isıtım İşlemi" 1984
10. Timings, R.L. Malzeme Teknolojisi-3. 1995
11. Tükel, N. "Demir- Karbon Alaşımları". Malzeme III, Sf 254 İstanbul 1979
12. Weissavach. W. Çev. Anık, S-Anık, E.S.- Vural, M. "Malzeme Bilgisi ve Muayenesi" Birsen yayınevi, 1996