

Küreselleştirme Isıl İşlemleri Uygulanmış Orta Karbonlu Çeliğin Mikroyapı ve Sertlik Değerlerinin İncelenmesi

Şehmus BADAY*, Hüdayim BAŞAK**, Ahmet GÜRAL***

* Şırnak Üniversitesi Şırnak Meslek Yüksekokulu, 73000, Şırnak, TÜRKİYE

** Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Endüstriyel Tasarım Müh. Böl. 06500, Ankara, TÜRKİYE

*** Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Metalürji ve Malzeme Müh. Böl., 06500, Ankara, TÜRKİYE

shmsbdy@hotmail.com

ÖZET

Bu çalışmada, orta karbonlu çeliğe farklı küreselleştirme ısıl işlem çevrimleri uygulanarak elde edilen mikroyapı farklılıkları ve sertlik değerleri araştırılmıştır. Bu amaçla bir grup AISI 1050 malzemeye A_{c1} sıcaklığının altında 700 °C'de 720 dakika tavlansarak klasik yöntemle sementit fazları küreselleştirilmiştir. Diğer grup malzemeye 850 °C'de 15 dakika östenitleme işleminin ardından su verme işlemi uygulanmış ve daha sonra ayrı ayrı 500, 600 ve 700 °C'de 15 ve 60 dakika süre ile ferrit matriste sementitler küreselleştirilmiştir. Yapılan çalışma sonuçlarına bağlı olarak, su verme sonrası mikroyapıda küresel sementit oluşumu klasik küreselleştirme işlemine göre daha kısa sürede gerçekleştirilmiştir. Ancak 500 °C'de ısıl işlem uygulanan numunelerde küresel sementitlere rastlanılmamıştır. Isıl işlem süresi ve sıcaklık değerlerinin artmasına bağlı olarak mikroyapıda oluşan sementitlerin ebatlarında artış gözlemlenmiştir. Bunun aksine sertlik değerlerinde ise bir düşüş görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Küreselleştirme ısıl işlemi, sertlik, mikroyapı, sementit ebatları

Investigating of Microstructure and Hardness Values of Spheroidising Heat Treated Medium Carbon Steel

ABSTRACT

In this study, by applying different spheroidising heat treatment cycles on medium carbon steel obtained with microstructure differenties and hardness values were investigated. For this purpose a group of AISI 1050 materials were annealed at 700 °C below A_{c1} temperature for 720 minutes and cementite phases were spheroidised with the traditional method. Another group of materials were quenched after austenition at 850 °C for 15 minutes and then cementite was spheroidised in ferrite matrix with over-tempering separately at 500, 600 and 700 °C for 15 and 60 minutes. Depending on the result of the study, it was carried out that spheroidising cementite formation in microstructure is in less time than conventional spheroidizing heat treatment. However, samples at 500 °C heat treatment has not been observed in spheroidising cementite. Cementite particles sizes in the microstructure increased depending on the increased spheroidising time and temperature. Contrary to this, hardness values of the samples were found to decrease.

Keywords: Spheroidizing heat treatment, Hardness, Microstructure, Cementite sizes

1. GİRİŞ

Çeliğin mikroyapısında bulunan fazlar malzemenin işlenebilirlik özellikleri üzerinde önemli etkiye sahiptir. Küreselleşmiş perlitik yapı, lamelli perlitik yapıya göre daha iyi işlenebilirlik sonuçları vermektedir [1]. Orta ve yüksek karbonlu çeliklerin işlenebilirliği ve şekillendirilebilirlikleri içerdikleri lamelli sementit fazlarından dolayı oldukça zor ve maliyeti artırmaktadır. Bu nedenle Ac_1 (ötektoid dönüşüm) sıcaklıkları civarında uzun süreli tavlama yapılarak gerçekleşen küreselleştirme ısı işleme işlemiyle süneklikleri, darbe toklukları, yorulma özellikleri ve işleme özellikleri önemli oranda geliştirilebilir [2]. Diğer taraftan sementit fazlarının küreselleştirilmesi, östenitten su vermeyle üretilen martensit fazının yüksek sıcaklıkta aşırı temperlenmesiyle de sağlanabilir [3,4]. Bunun sebebi temperleme sıcaklığı arttıkça, dengesiz martensit çözümlerinde çok sayıda potansiyel çekirdeklenme sağlanarak karbonun hızlı difüzyonuyla kararlı sementit tip karbürlerinin hızla oluşumu sağlanmakta ve yüzey gerilimini düşürmek için küresel biçimde oluşmaktadır. Bu işlem sonucunda çeliğin çekme dayanımı biraz düşer, sünekliği artar ve en önemlisi, çeliğin tokluğu ve işlenebilirliği önemli ölçüde artırılabilir. Orta karbonlu çelikte genelde 700 °C civarında uygulanan temperleme işlemi sonucunda bu küresel sementit parçalar daha rahat oluşturulmaktadır [5]. Birçok araştırmacı tarafından küreselleştirme ısı işleme uygulanan çeliğin mikroyapısı, yüksek sıcaklıklarda aşırı temperlenmiş martensitin mikroyapısı ile benzerlik gösterdiğini bildirmektedirler [6-11]. Temperlenmiş çelikler imalat sektöründe, çeşitli otomobil parçaları olan dişliler, akslar ve direksiyon kolları üretimden yaygın olarak kullanılmaktadır [12,13].

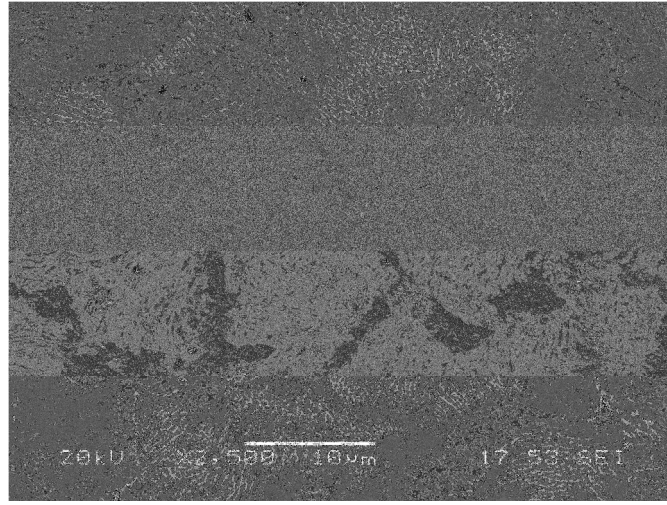
Bu çalışmada AISI 1050 çeliğinin klasik küreselleştirme ısı işleme işlemi ile su verilme sonrası farklı sıcaklık ve sürelerde aşırı temperlenerek küreselleştirilmiş parçaların mikroyapılarında oluşan sementit oluşumunu hızlandırmak ve mikroyapı görüntüleri ve sertlik değerleri farklılıklarını belirlenmeye çalışılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Küreselleştirme çalışmalarına uygun olarak seçilen ve kimyasal bileşimi Tablo 1’de ve mikroyapısı Şekil 1’de verilmiş olan AISI 1050 çeliği kullanılmıştır. Bu malzemenin SEM mikroyapısına göre primer ferritik matriste ortalama 20 µm koloni boyutuna sahip ince lamelli perlitik yapıdan oluşmaktadır. Bu malzemenin işlenebilirlik deneylerinde kullanılacak Ø 30x200 mm boyutlarında numuneler hazırlanmıştır.

Tablo 1. Çalışmalarda kullanılan AISI 1050 malzemesinin kimyasal bileşimi (ağırlıkça %).

C	Si	Mn	P	S	Cr
0.52	0.28	0.81	0.009	0.022	0.08
Mo	Ni	Al	Cu	Sn	Fe
0.02	0.10	0.020	0.17	0.011	Kalan



Şekil 1. Isıl işlem öncesi AISI 1050 malzemesinin başlangıç mikroyapısı.

Bu numunelerin bir kısmına önce 850 °C’de 15 dakika östenitlenmiş ardından martensit fazı üretmek için su verilmiş ve daha sonra sırasıyla ayrı ayrı 500, 600 ve 700 °C’de 15 ve 60 dakika izotermal tavlama yapılarak ferritik matriste farklı ebat ve morfolojilere sahip küresel sementitler üretilmiştir. Diğer numuneler ise klasik yöntem ile küreselleştirme ısıl işlemi uygulanmış ve bunun için A_{c1} ötektoid dönüşüm sıcaklığının hemen altında 700 °C’de 720 dakika izotermal tavlama yapılmış ve daha sonra fırın içinde yavaşça soğutulmuştur. Numunelere uygulanan ısıl işlemlerin özeti Tablo 2’de numune kodları ile birlikte verilmiştir.

Tablo 2. Numunelere uygulanan ısı işlemler

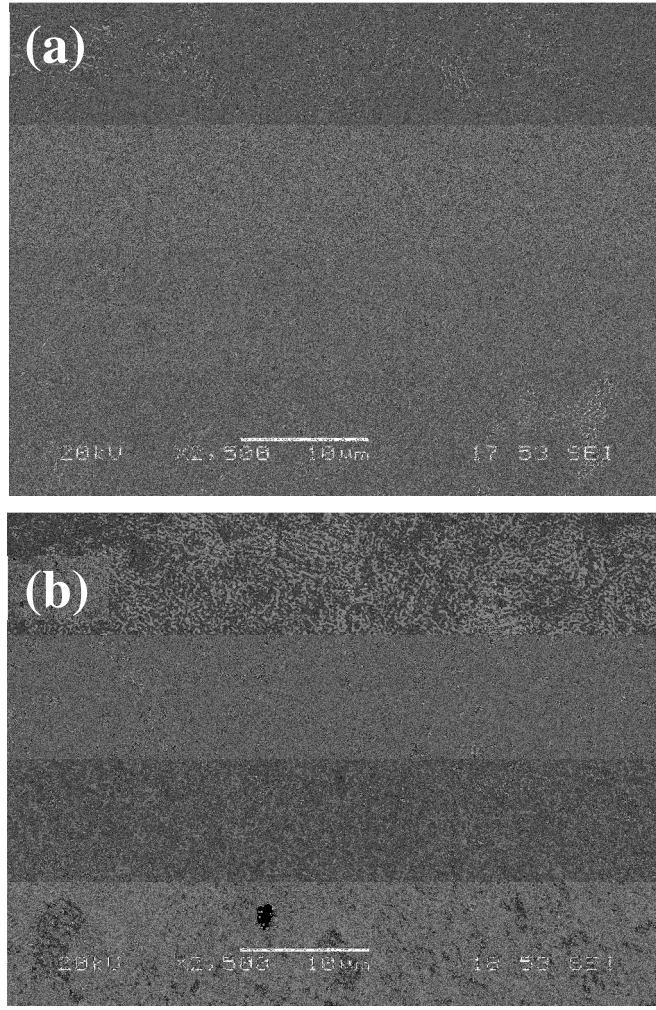
Numune kodları	Isıl işlem parametreleri
T500-15	850 °C'de 15 dak östenitleme + su verme + 500 °C'de 15 dak temperleme
T500-60	850 °C'de 15 dak östenitleme + su verme + 500 °C'de 60 dak temperleme
T600-15	850 °C'de 15 dak östenitleme + su verme + 600 °C'de 15 dak temperleme
T600-60	850 °C'de 15 dak östenitleme + su verme + 600 °C'de 60 dak temperleme
T700-15	850 °C'de 15 dak östenitleme + su verme + 700 °C'de 15 dak temperleme
T700-60	850 °C'de 15 dak östenitleme + su verme + 700 °C'de 60 dak temperleme
K700-720	700 °C'de 720 dak izotermal tavlama

Mikroyapı incelemeleri için numuneler, standart metalografik yöntemlerle metalografik incelemeye hazır hale getirilmiştir. Mikroyapının açığa çıkarılmasında dağlayıcı olarak % 2'lik Nital kullanılmıştır. Mikroyapıların görüntülenmesinde Jeol 6060 JSM-LV Tarama Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılmıştır. Numunelerin sertlik ölçümleri Intron-Wolpert sertlik cihazında 30 kg yük uygulanarak Vickers değerinde belirlenmiştir.

3. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

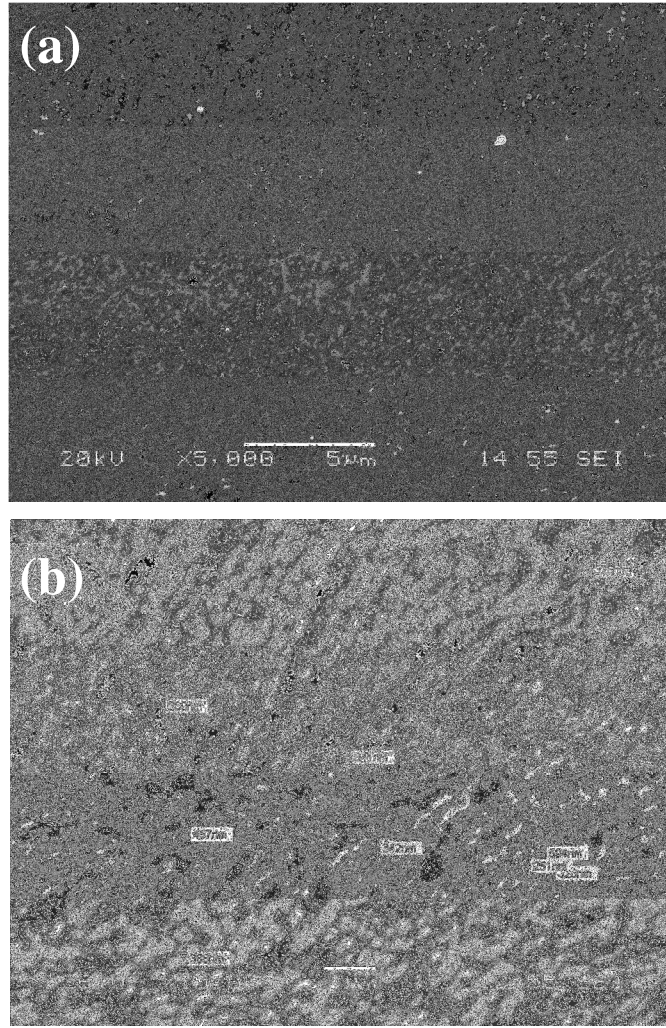
3.1. Mikroyapı

Su verme sonrasında farklı küreselleştirme sıcaklık ve süreleri sonunda *T500, T600, T700* serileri numunelerinde ve klasik yöntemle doğrudan Ac_1 ötektoid dönüşüm sıcaklığının altında 700 °C'de 12 saat izotermal tavlama ile sağlanan K700-720 numunesinde ferritik matriste küreselleştirilmiş sementit mikroyapıları Şekil 2- Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 2. Su verme sonrası küreselleştirme işlemi yapılmış numunelerin SEM mikroyapıları
(a) T500-15, (b) T500-60.

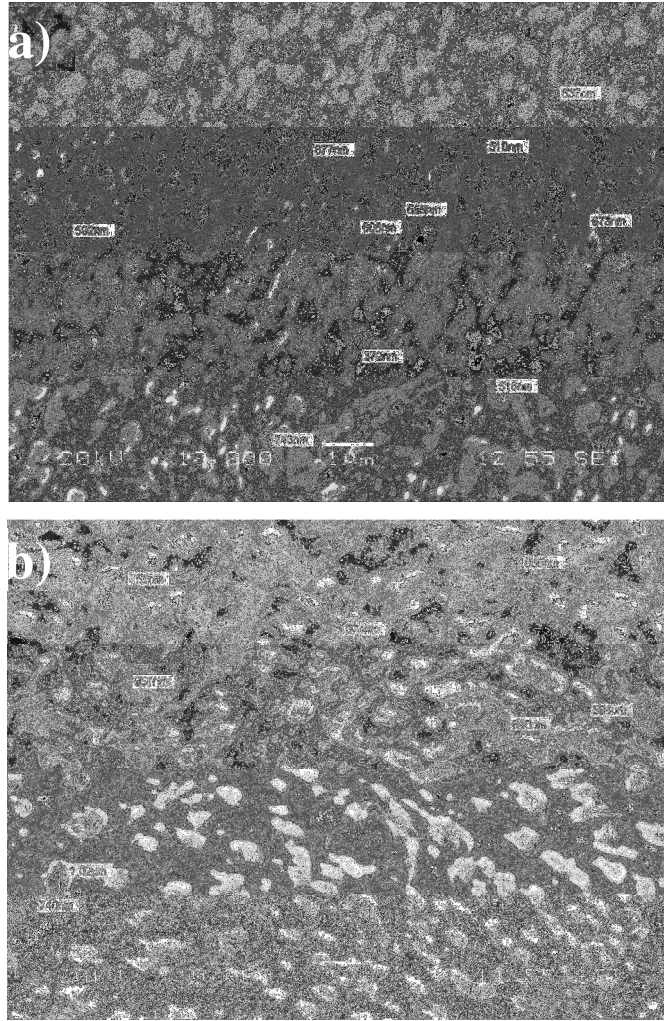
500T-15 numunesinin mikroyapısında Şekil 2a'da her hangi bir küreselleştirme etkisinin meydana gelmediği, mikroyapısında ise halen martensit çıtalarının varlığı açıkça görülmektedir. Bu sıcaklık ve sürede bu numunede küreselleşme etkisinin yetersiz olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 5.2b'de 500T-60 numunesinin mikroyapısındaki martensit fazın çıtalarının yavaş yavaş azaldığı ancak halen küreselleştirme etkisinin olmadığı açıkça söylenebilir. Bu durum küreselleştirmenin enerjiyi ilgilendiren bir ısıl işlem olmasından dolayı hem sıcaklık hem de sürenin küreselleştirme işlemini etkilemesinden kaynaklanmaktadır. Şekil 2'deki iş parçalarının mikroyapısında küreselleşmenin meydana gelmediği ve bunun sebebinin ısıl işlem sürenin yetersiz olması ve mikroyapının küreselleşmesi için yeterli enerjinin elde edilememesinin bir sonucudur.



Şekil 3. Su verme sonrası küreselleştirme işlemi yapılmış numunelerin SEM mikroyapıları (a) T600-15, (b) T600-60.

T600-15 numunesinin mikroyapısında (Şekil 3a) martenzit çita sınırları boyunca uzanan çok küçük boyutlarda çubuksu sementitlerin küreselleşmeye başladığı, ancak küreselleşmenin tamamlanmadığı görülmektedir. Şekil 3 (b)'de ve Şekil 4'te görülebildiği gibi T600-60, T700-15 ve T700-60 numunelerin mikroyapılarında bu küreselleşme etkisinin daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Su verme işleminden sonra küreselleştirme sıcaklık ve zamanının artışıyla mikroyapıda sementit fazlarını daha etkin küreselleştirdiği, ancak ortalama ebatlarının arttığı açıkça Şekil 3 – Şekil 4'den görülmektedir. Su verme işleminden sonra elde edilen martenzit fazı, daha düşük serbest enerjiye sahip ve daha kararlı sementit fazları oluşturma eğilimindedir. Aynı zamanda sementit fazlarının çekirdeklenmesi için martenzit plaka sınırları yüksek dislokasyon yoğunluğundan ve düşük aktivasyon enerjisinden dolayı oldukça uygun yerlerdir. Bu nedenle T600-15 numunesinde oluşan küresel sementit fazlarının morfolojisi

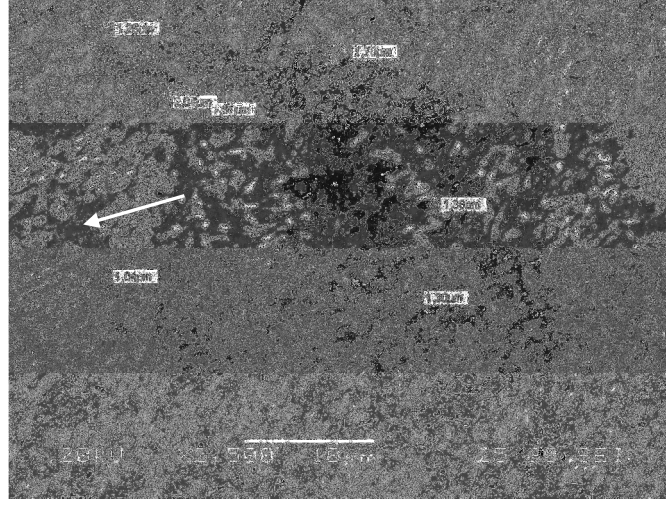
önceki martenzitin çıta sınırlarına benzer ve iğnemsî şeklindedir (Şekil 3a). Şekil 3 – Şekil 4’teki mikro yapılar incelendiğinde T600-60, T700-15 ve T700-60 numunelerinde artan küreselleştirme zamanı ve sıcaklığına bağlı olarak çekirdeklenen iğne biçimli sementit fazları yüzey gerilimini azaltmak için küresel morfoloji biçimini almaya başlamıştır.



Şekil 4. Su verme sonrası küreselleştirme işlemi yapılmış numunelerin SEM mikroyapıları (a) T700-15, (b) T700-60

Şekil 5’de 700 °C’de 12 saat izotermal tavlama ile küreselleştirme ısıl işlemi uygulanmış K700-720 numunesinin mikroyapısı incelendiğinde küreselleşmiş sementit parçacıklarının önceki perlit kolonileri içinde sekonder ferritik alanlarla beraber dağılmış olduğu, primer ferritik alanlarında ise küresel sementitlerin bulunmadığı görülmektedir.

Ayrıca bazı bölgelerde de perlitik kolonilerin içinde sementit fazlarının küreselleşmediği tespit edilmiştir.



Şekil 5. Klasik yöntemle küreselleştirme yapılmış K700-720 numunesinin SEM mikroyapısı.

AISI 1050 malzemesinin farklı ısıl çevrimlerle küreselleştirme işlemleri sonucunda elde edilen küresel sementitlerin ortalama ebatları karşılaştırıldığında, ortalama sementit parçacık boyutu T600 serisi numunelerde 300-400 nm ve T700 serisi numunelerde 500-600 nm civarında iken, K700-720 numunesinde ise 1.5-2 μm aralığında gerçekleşmiştir. T serisi numunelerde K700-720 numunesine oranla daha ince sementit fazlarının oluşumun en temel nedeni, martensitik alanlarda çok sayıda sementit çekirdeklenmesi söz konusu iken, K700-720 numunesinde küresel sementitlerin oluşumu için yeni bir çekirdeklenme olmaksızın sementit lamellerinin yüzey gerilimini azaltmak için parçalanmasıdır. Diğer bir neden olarak T serisi numunelerde küreselleştirme süresinin K700-720 numunesine oranla daha kısa olmasıdır. Mikroyapı içinde sementitlerin dağılımı T serisi numunelerde K700-720 numunesine göre daha homojen dağıldığı görülmektedir.

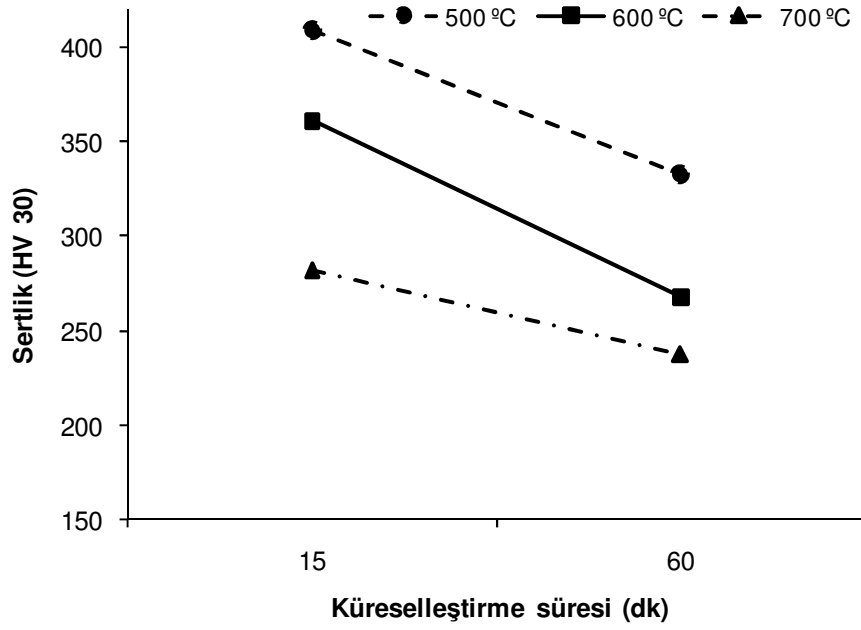
3.2. Sertlik Değerleri

Küreselleştirme ısıl işlemi sonucunda elde edilen sertlik değerlerindeki değişimleri Tablo 2 ve Şekil 6'da verilmiştir. Şekil 6'daki ölçülen sertlik değerleri göz önüne alındığında en sert numunenin 500T-15 olduğu görülmektedir. Bunun sebebi malzeme mikroyapısının (Şekil 2) martenzit yapıda olmasıdır. Su verme sonrası mikroyapısı küreselleştirilen numunelerin sertlik değerleri karşılaştırıldığında en düşük sertlik değerinin 700T-60 numunesinde olduğu Tablo 2'de

görülmektedir. Küreselleştirme sıcaklığı ve süresi artmasına paralel olarak numunelerin sertlik değerleride düşmektedir. Bunun sebebi genelde sade karbonlu çeliklerin küreselleştirmesinde su verme sonrasında martenzit içinde bulunan karbon (C) demir (Fe) ile birleşerek (Fe_3C) sementitlerin çökmesinden kaynaklanmaktadır. Küreselleştirme sürecinde bu düşük termodinamik kararlı evre kabalaşırken martenzitin ferrite dönüşmesiyle de sertliğin düşmesidir. Tablo 2'deki sertlik değerleri incelendiğinde en düşük sertlik değerinin K700-720 numunesinde elde edilmiştir. Klasik küreselleştirme ısıl işlemi sonucunda faz oranlarında bir değişme gerçekleşmezken ısıl işlem süresinin artması sonucunda sementitlerin bir araya gelip büyüyerek daha geniş ferrit alanların oluşmasına olanak tanınmasından kaynaklanmaktadır.

Tablo 2. Sertlik ölçümleri

Parça Tanımı	Ölçümler					Sertlik (HV 30)	Standart Sapma
	1.	2.	3.	4.	5.		
500T-15	392	386	416	421	426	408	18
500T-60	312	331	342	334	345	333	13
600T-15	357	356	357	371	364	361	6
600T-60	265	276	257	268	272	268	7
700T-15	302	278	273	290	264	281	15
700T-60	212	238	255	248	232	237	17
K700-720	201	197	220	217	224	212	12



Şekil 6. Isıl işlem sonrası numunelerin sertlik değerleri.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada AISI 1050 çeliğine uygulanan farklı ısıl çevrimle küreselleştirme ısıl işlemleri sonucunda elde edilen mikroyapı değişimleri ve sertlik değerleri farklılıkları karşılaştırılmış ve sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

- Su verme sonrası küreselleştirme ile elde edilen ferritik matriste küresel sementitlerin oluşumu klasik küreselleştirme işlemlerine göre daha kısa zamanda gerçekleşmiş ve artan küreselleştirme sıcaklık ve zamanına bağlı olarak sementit parçacıklarını ebatları da artmıştır.
- Klasik küreselleştirme işlemi uygulanmış malzemede 700 °C'de 720 dak bekletme süresinde bile küreselleşmemiş perlitik alanlar görülmüştür.
- 500°C'de küreselleştirme sıcaklığında 500T15 ve 500T60 numunelerinde yapılan ısıl işlemin mikroyapıyı küreselleştirmek için yeterli olmadığı gözlemlenmiştir.
- Mikroyapı içinde sementitlerin dağılımı T serisi numunelerde K700-720 numunesine göre daha homojen dağıldı görülmüştür.

- Küreselleştirme sıcaklığı ve süresinin artmasıyla numunelerin sertlik değerlerinde düşüş gerçekleşmiştir.

KAYNAKÇA

- [1]. Okushima K., Iwata K., Kurimoto T., 1964. A study of machinability of metals, The Japan Society of Mechanical Engineers, 7 (25): 14-17.
- [2]. Can A.Ç., 2006. Tasarımcı Mühendisler için Malzeme Bilgisi, Birsen Yayınevi, İstanbul, s. 124,128, 136-137, 145-147.
- [3]. Hoseiny H., Klement U., Sotkovszki P., Andersson J., 2011. Comparison of the microstructures in continuous-cooled and quench-tempered pre-hardened mould steels, Materials and Design, 32: 21-28.
- [4]. Podder A. S., Bhadeshia H.K.D.H., 2010. Thermal stability of austenite retained in bainitic steels, Materials Science and Engineering A, 527: 2121-2128.
- [5]. Andres C.G., Caruana G., Alvarez L.F., 1998. Control of M₂₃C₆ carbides in 0.45C–13Cr martensitic stainlesssteel by means of three representative heat treatment parameters, Materials Science and Engineering A, 241: 211-215.
- [6]. Andrew J.H., Lee H., Chang, P.L., Fang B., Guenot R., Brookes P.E., Bourne L., Wilson D.V., Bhat U.V. And Lloyd H.K., 1950. The effect of cold work on steel, Journal of the Iron and Steel Institute, London, 165: 145-84.
- [7]. Rosen A., Taub A., 1962. The kinetics of graphitization in steel at subcritical temperatures, Acta Metallurgica, 10 (5): 501-509.
- [8]. Sueyoshi H., Suenaga K., 1978. Effects of pre-treatment on the graphitization behaviour in hypoeutectoid low alloy steel, Journal of Japan Institute Metals, 42 (7): 676-682.
- [9]. Wells M.G.H., 1964. An electron transmission study of the tempering of martensite in an Fe-Ni-C alloy, Acta Metallurgica, 12 (4): 389-399.
- [10]. Speich G.R., Leslie W.C., 1972. Tempering of steel, Metallurgy Transaction A, 3: 1043-1054.
- [11]. Zhang M.X., Kelly P.M., 1998. Crystallography of spheroidite and tempered martensite, Acta Materialia., 46 (11): 408-4091.
- [12]. Gao W., Dong L., Hu F., Tan, B., 2008. Analysis of quenching cracking and improvement of heat treatment process for steel 40Cr axle vehicle, Journal of Human Institute of Technology, 18 (4): 33-36.

[13].Zheng Y., Wu Y., Liu Y., Huang X., Zhang X., Xu G., Wang W., Wu S., 2004. Study on technology of forging-remnant-heat hardening of 40Cr automobile turning junctio, Hot Working Technology, 33 (3): 47-48.

Hüdayim BAŞAK, hbasak@gazi.edu.tr

Ahmet GÜRAL, agural@gazi.edu.tr