

5140 ÇELİĞİNİN KÜRESELLEŞTİRME ISIL İŞLEMİ VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Yaşar ADALI, Can KURNAZ

Özet- Bu çalışmada 870°C'ye kadar ısıtılıp, daha sonra tavlama ve su verme işlemlerine tabi tutulan AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliği numunelerine 720 ± 5 °C'da 2, 4, 8, 16, 24 saat süreyle küreselleştirme işlemi uygulanmıştır. Bu işlemler sonucu mikroyapı ve mekanik özelliklerden sertlik, çekme, burma değerlerindeki değişimler irdelenmiştir. Yapılan metalografik incelemeler sonunda su verilmiş ve küreselleştirilmiş numunelerde küreselleşme 2. saatte başlamaktadır. 4. saatte yapı tamamen küresel haldedir. Daha yüksek sürelerde yapının bozulmaya başladığı görülmektedir. Tavlanmış ve küreselleştirilmiş numunelerde ise küreselleşme 8. saatte başlamaktadır. Gerçekleştirilen mekanik testler sonucunda, en yüksek sertlik değeri işlem görmemiş numunede görülmüştür. En yüksek çekme mukavemet değeri ıslah işlem görmemiş malzemede elde edilmiştir. Burma testinde görülen en yüksek moment değeri ıslah işlem görmemiş numunede görülmüştür.

Anahtar Kelimeler- Isıl İşlem, tavlama, su verme, küreselleştirme, çekme, burma, sertlik, mikroyapı

Abstract- In this study, the samples for AISI/SAE 5140 steel were heated up to 870°C and then some of them were annealed and others were quenched in water. After that, samples annealed and quenched were spheroidized at 720 ±5 °C for 2 to 24 hrs. Macroscopic examinations were realized on samples untreated and spheroidized. The results shown that spheroidizing was started in second hour of this treatment for quenched samples, both in eighth hour for annealed samples. In addition, on spheroidized samples tensile, impact, fatigue, torsion and hardness tests were performed. Maximum tensile strength and hardness were obtained in samples untreated.

Keywords- Heat treatment of steel, annealing, quenching in water, spheroidizing, tensile, torsion, hardness, microstructure.

C. Kurnaz; Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Md. Yard.
Y. Adalı; Zübeyde Hanım İlköğretim Okulu

I. GİRİŞ

Islah çelikleri, kimyasal bileşimleri ve karbon miktarı bakımından, sertleştirilmeye elverişlidirler. Islah işlemi sonunda belirli bir çekme dayanımında yüksek tokluk gösterirler. Makine imalatında kullanılırlar.

Islah işlemi, sonuçta çelik parçaya yüksek tokluk özelliğinin kazandırılacağı, önce bir sertleştirme ve arkasından menevişleme işlemlerinin bütün olarak tarif edilir. Islah çelikleri, ıslah işlemi sonunda kazandıkları üstün mekanik özelliklerden dolayı, çeşitli makine ve motor parçaları, dövme parçalar, çeşitli civata, somun ve saplamalar, krank milleri, akslar, kumanda ve tahrik parçaları, piston kolları, çeşitli miller, dişliler gibi parçaların imalinde olmak üzere geniş bir alanda kullanılırlar. Bu sebepten, ıslah çelikleri inşaat ve alaşımsız çeliklerden sonra, en yüksek oranda üretilen ve kullanılan çelik türüdür [1].

Uygun ıslah çeliğinin seçimi ve doğru ıslah işleminin uygulanması çok dikkat ve tecrübeyi gerektirir. Islah işleminin iyi sonuç vermesi kullanılan çeliğin iç yapı temizliği ile yakından ilgilidir. İç yapı temizliği, sıvı çeliğin bünyesinde erimiş halde bulunan gazlardan (hidrojen, oksijen ve azot) arındırılması ve oksit, sülfür kalıntılarının temizlenmesi işlemidir [1].

Bugün sanayide en çok kullanılan ıslah çeliklerinden biri de 5140 kalite ıslah çeliğidir.

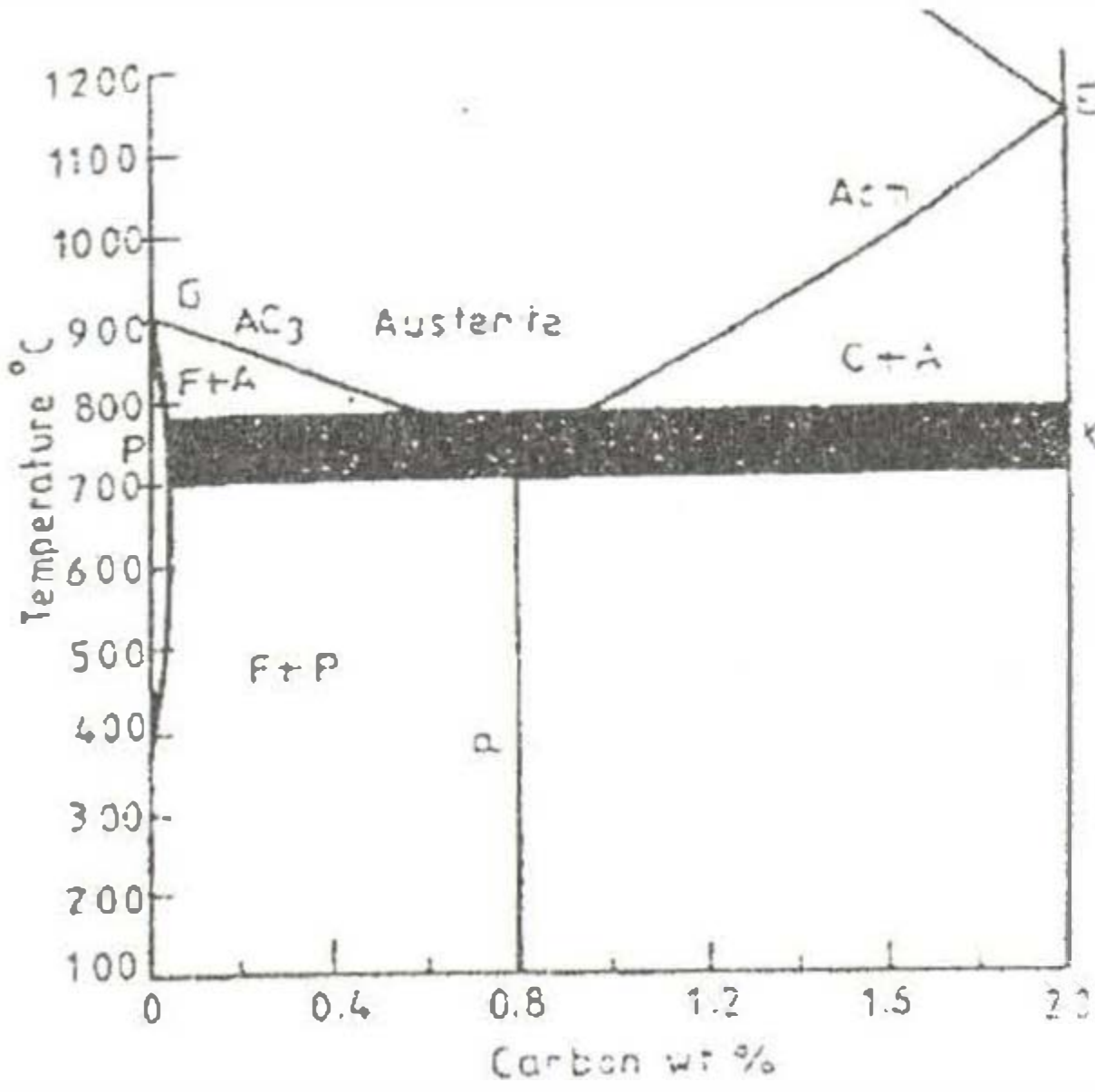
Bu çalışmada işlem görmemiş, tavlanmış ve su verilmiş AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinin 720 ±5 °C'da 2, 4, 8, 16 ve 24 saat küreselleştirilmesi sonucu mikroyapı ve mekanik özelliklerden sertlik, çekme, burma ve yorulma değerlerindeki değişimler irdelenmiştir.

II. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinin numuneleri ıslah işlem fırınına yerleştirilmiş ve 870° C'ye kadar ısıtılmıştır. Bu numunelerin yarısına suda su verilmiş (suya atılmış), diğer yarısına fırında soğutma işlemi uygulanmıştır. Daha sonra bu numunelere 720 ±5°C'deki ıslah işlem fırınında 2, 4, 8, 16, 24 saat süreyle küreselleştirme ıslah

işlemi uygulanmıştır. Numunelerin dekarbürizasyona uğramamaları için üzerleri demir talaşı ile kaplanmıştır. Fırından çıkarılan numuneler oda sıcaklığında havada soğutulmuştur.

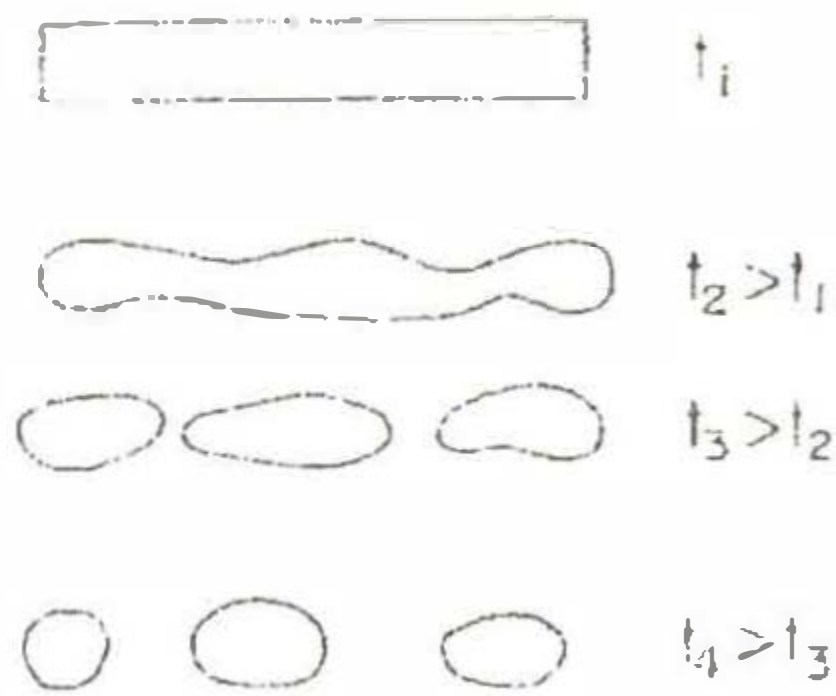
Küreselleştirme işlemi A_{c1} kritik sıcaklığına kadar ısıtılmasıyla başlar. Ardından yapılması gereken işlem çeliğin mümkün olan en iyi yumuşaklığa ulaşması için yavaş yavaş soğutmaktır (Şekil 1.) [2].



Şekil 1. Küreselleştirme tava için demir-karbon denge diyagramında sıcaklık bölgesinin gösterilişi (K Bölgesi) [2].

Genellikle yüksek karbonlu çeliklerin işlenebilirliğini artırmak için uygulanan küreselleştirme tava, sementitin, perlit içinde olduğu gibi levhalar halinde değil, küçük yuvarlağımsı parçalar halinde oluşmasını sağlar [3].

Bu işlem Şekil 2.'de gösterilmiştir [4].



Şekil 2. Küreselleşme esnasında plaka halindeki sementitin şekil değişim şeması [4]

%0,3-0,8 karbonlu çeliklere uygulandığında yapı yumuşak olur ve kesilerek işlenebilir. Kesme esnasında metal, takım ucuna sıvanır. Böylece yüzey bozulur, hem de kesici takım hasar görür. Küreselleştirme tavlama 700°C civarında yapılır. Çelik bu sıcaklıkta 4 saat bekletilir. Küresel hale dönüştürülmüş yapının sünekliği oldukça artar [5].

Deneylerde kullanılan AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliği spektral analize tabi tutulmuş ve kimyasal bileşimi Tablo 1.'de gösterilmiştir.

Tablo 1. AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinin kimyasal bileşimi

Element	C	Si	Mn	P	S	Cr
% Ağırlık	0,40	0,17	0,75	0,035	0,035	0,95

II.1. Metalografik incelemeler

Deneyel çalışmaların bu aşamasında işlem görmemiş, tavllanmış $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 2, 4, 8, 16, 24 saat süreyle küreselleştirilmiş ve su verilmiş ve $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 2, 4, 8, 16, 24 saat süreyle küreselleştirilmiş 5140 kalite ıslah çeliği numunelerinin mikro yapıları Olympus BH2-UMA marka optik mikroskopta incelenmiştir. Optik mikroskopta incelenecek yüzeylerin tespit edilebilmesi için numuneler önce 120, 240, 320, 400, 600 ve 800 numaralı zımparalarla zımparalanmıştır. Sonra incelenecek yüzeyler parlatma çuhasında alümina ve saf su kullanılarak parlatılmıştır. Daha sonra bu numuneler, fazlar arası kontrast farkının oluşturulması için nital ($\%2\text{HNO}_3 + \%98$ alkol) dağlama reaktifi kullanılarak dağlanmıştır. Son aşama olarak dağlanmış numunelerin mikro yapıları optik mikroskop altında X20, X50, X100 büyütmelemlerle incelenmiş ve fotoğrafları çekilmiştir.

II.2. Sertlik deneyi

Sertlik deneyleri işlem görmemiş, tavllanmış küreselleştirilmiş ve su verilmiş $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 2, 4, 8, 16, 24 saat küreselleştirilmiş AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliği numunelerinin herbirinin üzerinden ortalama 3 noktadan sertlik ölçümü yapılmıştır. Wolpert marka Testor H T_{1a} tipi sertlik ölçme aletiyle numunelere önce 10 kg'lık bir ön yükleme yapılmış, sonra 20-25 sn beklenmiş daha sonra uygulanan 187,5 kg'lık yük altında sertlik değerleri Brinell sertlik değeri cinsinden ölçülmüş ve ortalama değerler alınmıştır. Deneyde 2,5 mm çaplı bilya kullanılmıştır.

II.3. Çekme deneyi

Bütün çekme deneyleri 25 ton kapasiteli Dartec Marka çekme cihazı ile arat kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Cihazın çekme hızı 0,2 mm/sn'dir. Deneyde işlem görmemiş, tavllanmış ve su verilmiş $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 2, 4, 8, 16, 24 saat küreselleştirilmiş numuneler kullanılmıştır. Her şart için üç numune çekme işlemine tabi tutulmuştur. Çekme numunelerinin boyu (l_0) 36 mm, çapı (d_0) 8,8 mm'dir.

II.4. Burma deneyi

Bütün burma deneyleri Radicon marka A serisi makine ile gerçekleştirilmiştir. Deneyde AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinin işlem görmemiş, tavllanmış ve su verilmiş $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 2, 4, 8, 16, 24 saat küreselleştirilmiş numunelerin burma dayanımı test edilmiştir. Her şart

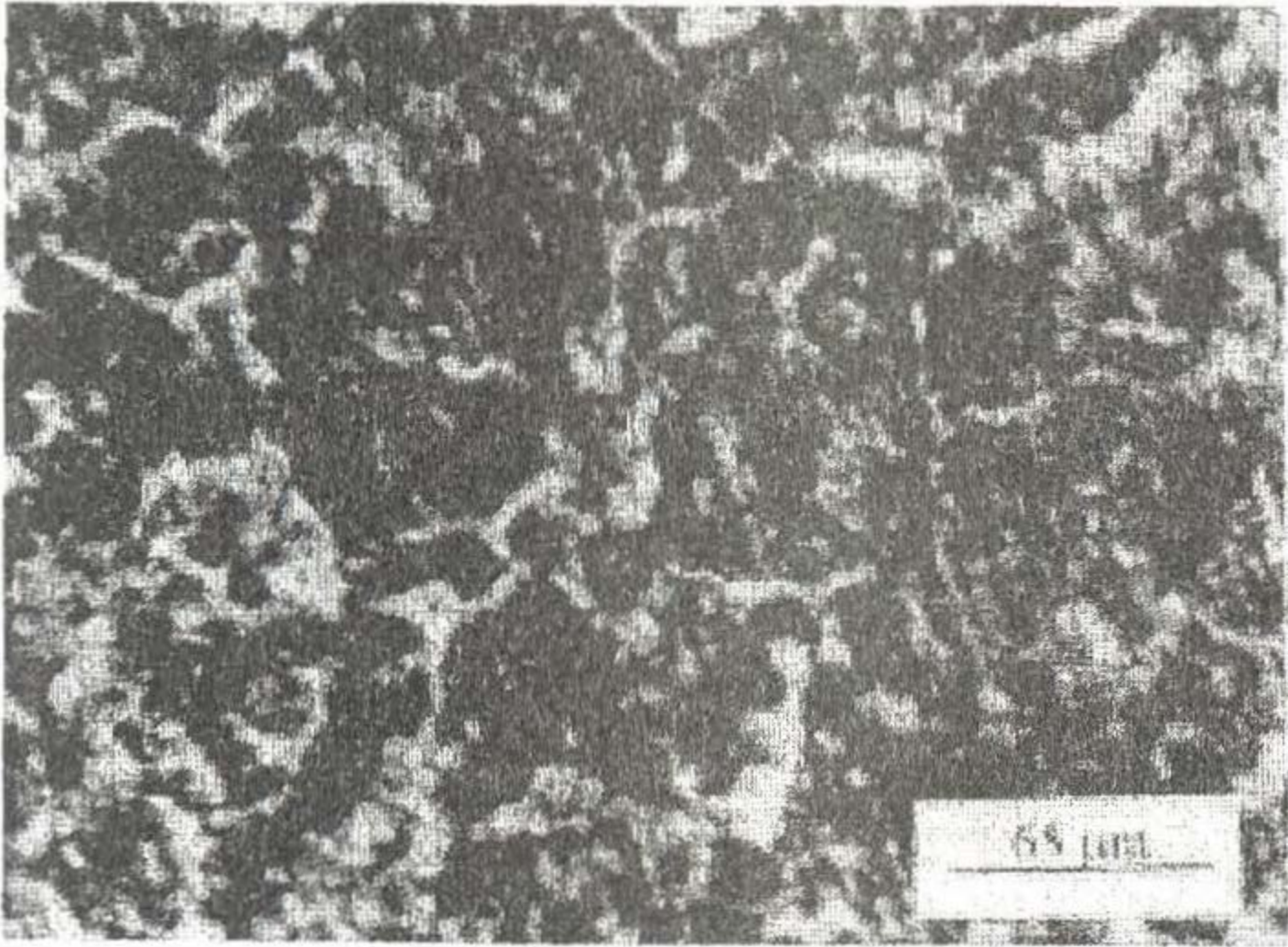
İçin iki numune burma işlemine tabi tutulmuştur..
Numuneni çapı (D) 5,8 mm, boyu (L) 72,9 mm'dir.

III. SONUÇLAR VE İRDELENMESİ

III.1. Metalografik İncelemeler ve Sonuçları

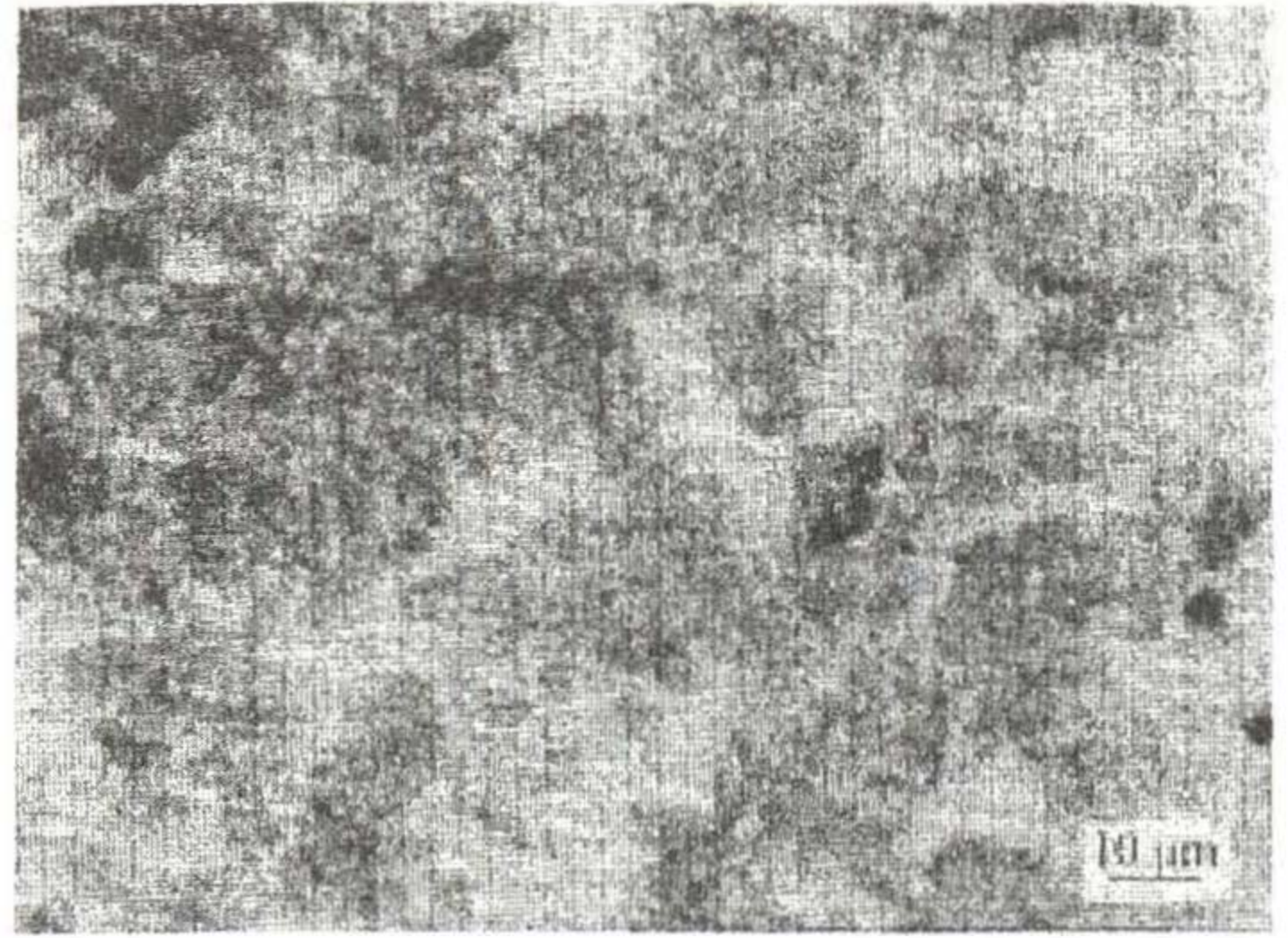
İşlem görmemiş; tavllanmış ve su verilmiş $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 2, 4, 8, 16, 24 saat küreselleştirme ısııl işlemi uygulanmış numunelerinin mikro yapı fotoğrafları değişik büyütmelerde çekilmiş, yapılar incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Tavllanmış, küreselleştirilmiş numunelerin kaba tane yapısına su verilmiş, küreselleştirilmiş numunelerin ince taneli yapıya sahip oldukları görülmüştür. Tane büyüklüğünün malzemelerin mekanik özellikleri üzerinde etkiye sahip olduğu bilinmektedir [6].

Şekil 3 .'de işlem görmemiş AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinin mikroyapısı görülmektedir. Mikroyapıda beyaz bölgeler ferritik yapıyı, koyu bölgeler ise perlitik yapıyı göstermektedir. Mikroyapı ferrit+perlittir.



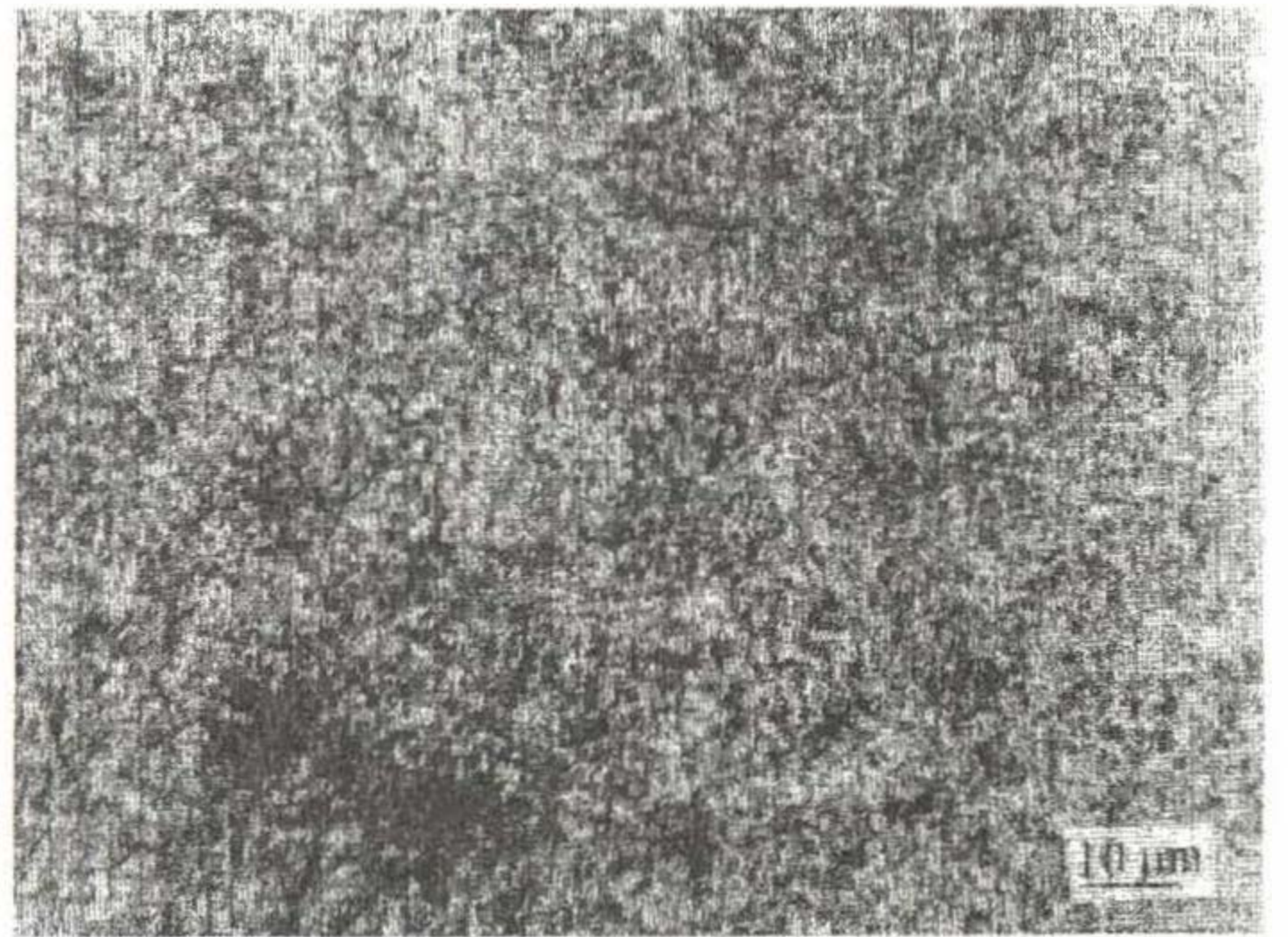
Şekil 3. İşlem görmemiş AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinin mikro yapısı

Şekil 4.'de görüldüğü gibi tavllanmış ve $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 2 saat küreselleştirme ısııl işlemine uğratılmış AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinde küreselleşmenin meydana gelmediği görülmektedir. Ferit tanelerinin orijinal mikroyapıya oranla büyüdüğü gözlenmektedir.



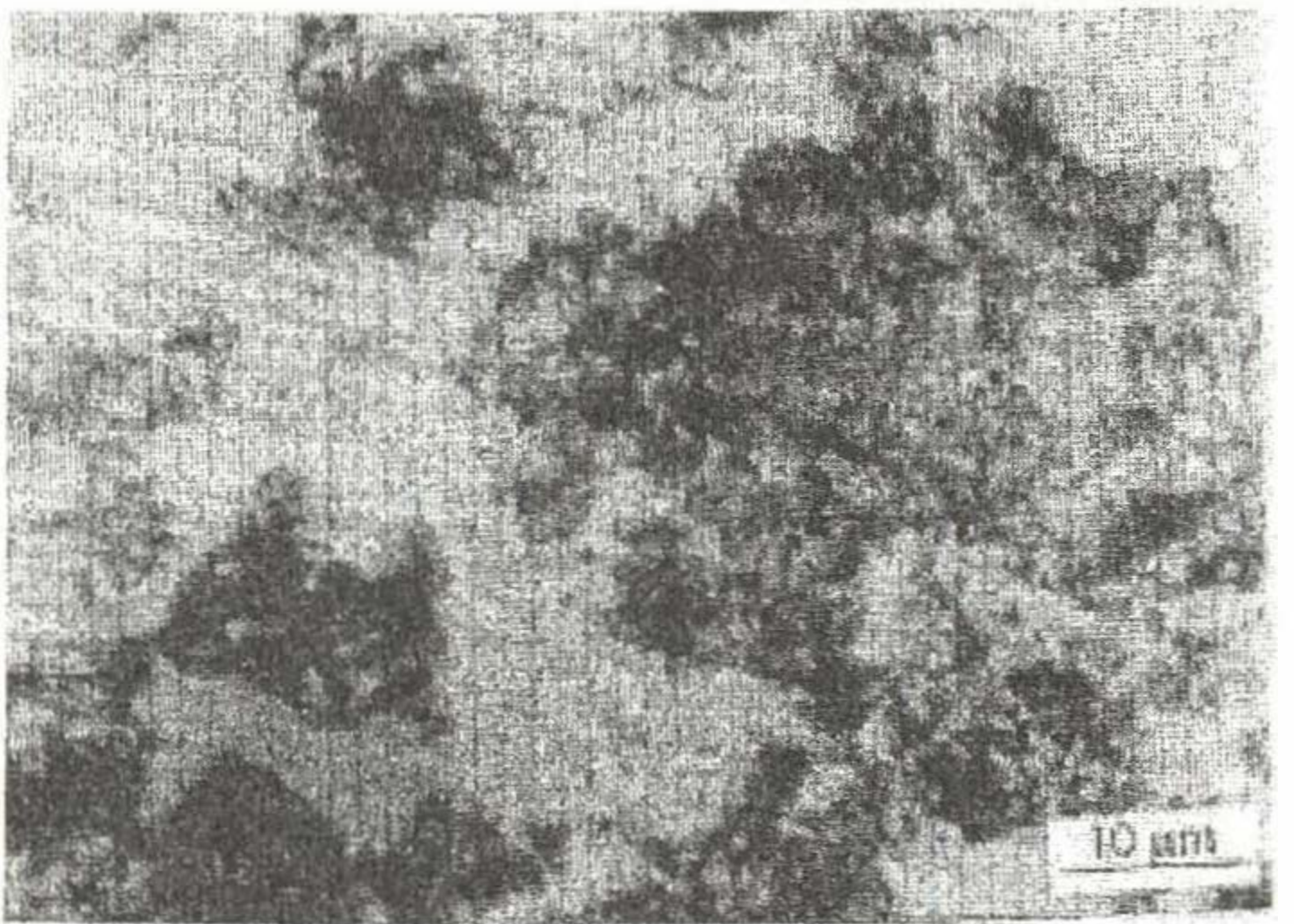
Şekil 4. Tavllanmış $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 2 saat küreselleştirilmiş AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinin mikro yapısı

Şekil 5.'de görüldüğü gibi su verilmiş ve $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 2 saat küreselleştirilmiş AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinde küreselleşmenin başladığı görülmektedir. Küçük tane yapısı mikroyapıya hakim olmaktadır.



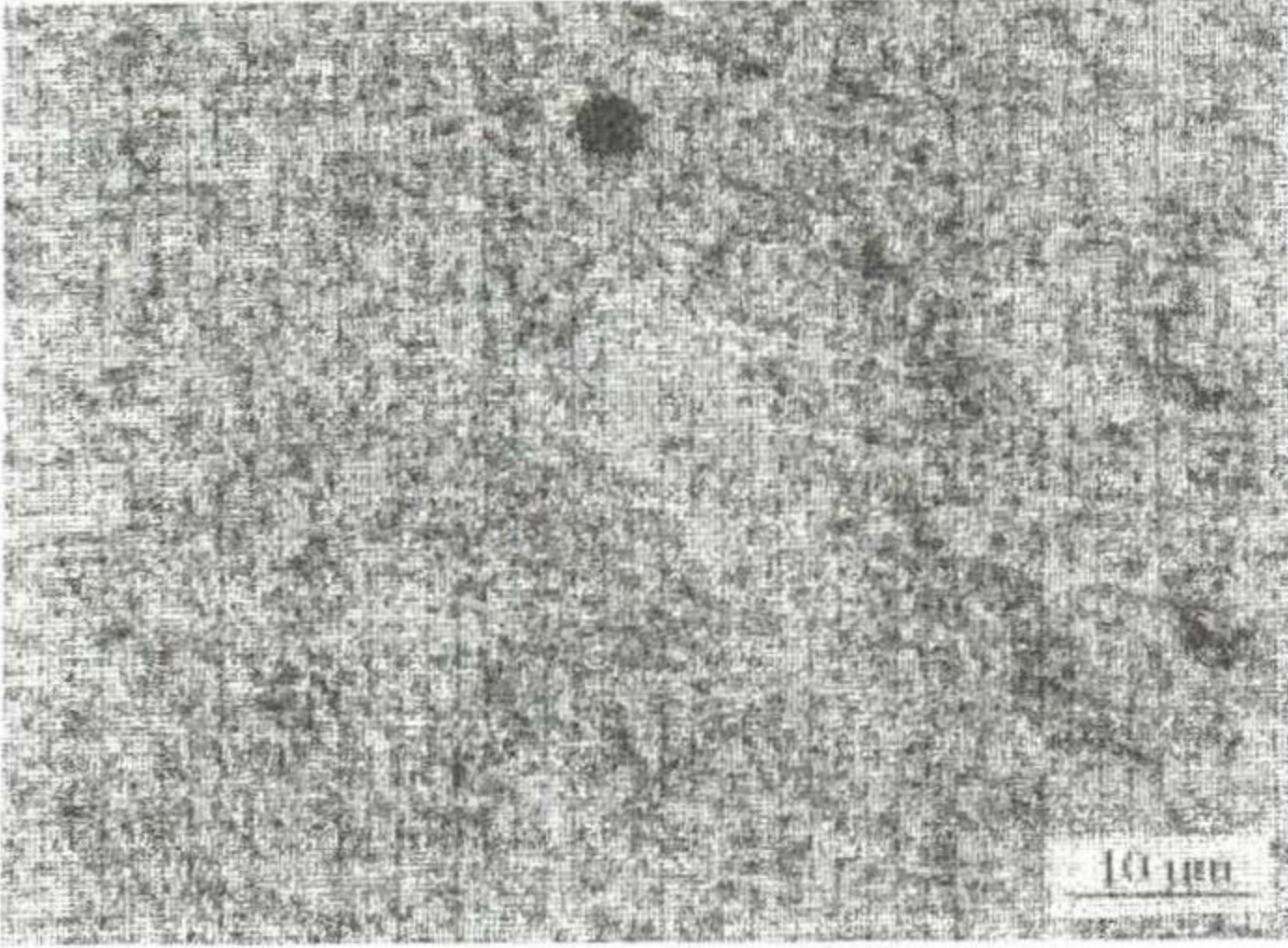
Şekil 5. Su verilmiş $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 2 saat küreselleştirilmiş AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinin mikro yapısı

Şekil 6.'da görüldüğü gibi tavllanmış ve $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 4 saat küreselleştirilmiş AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinde perlitik ve ferritik yapı gözlenirken henüz küreselleşmenin oluşmadığı görülmektedir.



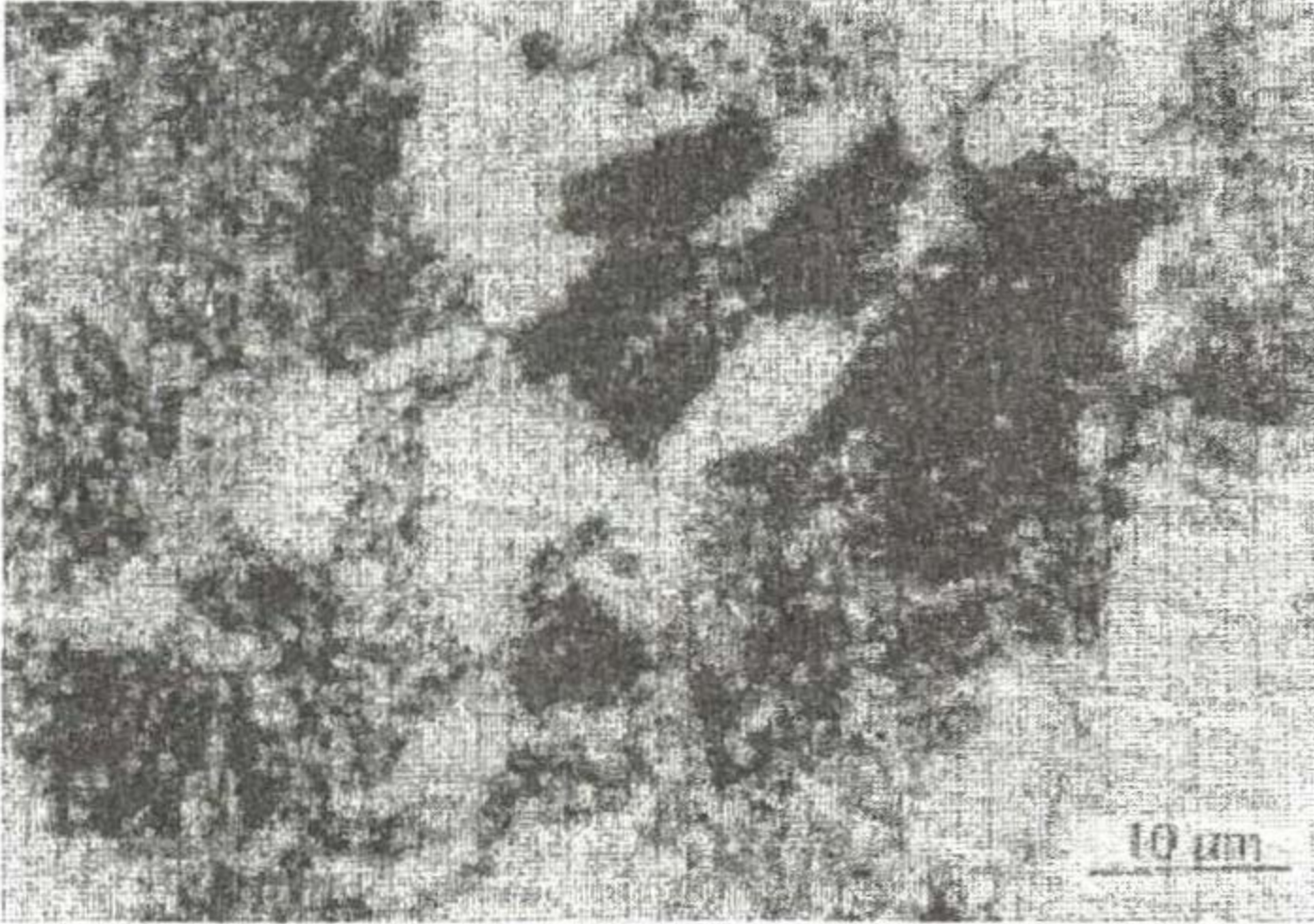
Şekil 6. Tavllanmış $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 4 saat küreselleştirilmiş AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinin mikro yapısı

Şekil 7.'de görüldüğü gibi su verilmiş ve $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 4 saat küreselleştirilmiş AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinde yapı tamamen küreselleşmiştir. Tane yapısı oldukça incedir.



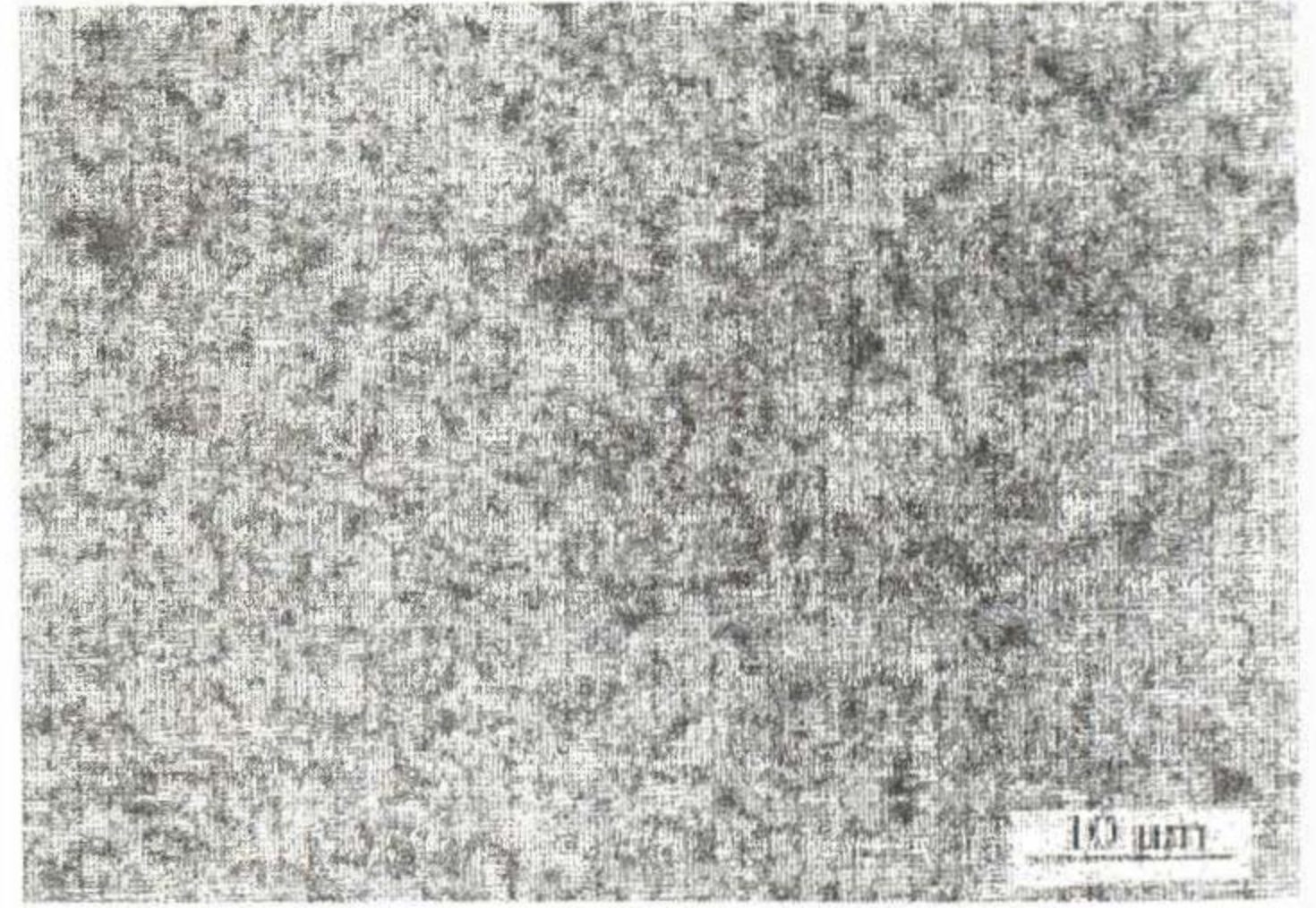
Şekil 7. Su verilmiş $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 4 saat küreselleştirilmiş AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinin mikro yapısı

Şekil 8.'de görüldüğü gibi tavllanmış ve $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 8 saat küreselleştirilmiş AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinde küreselleşme tane sınırlarında kısmen başlamaktadır. Perlitik yapıdaki sementitler yuvarlağımsı şekil almaktadırlar. Ferrit tanelerinin büyüdüğü görülmektedir.



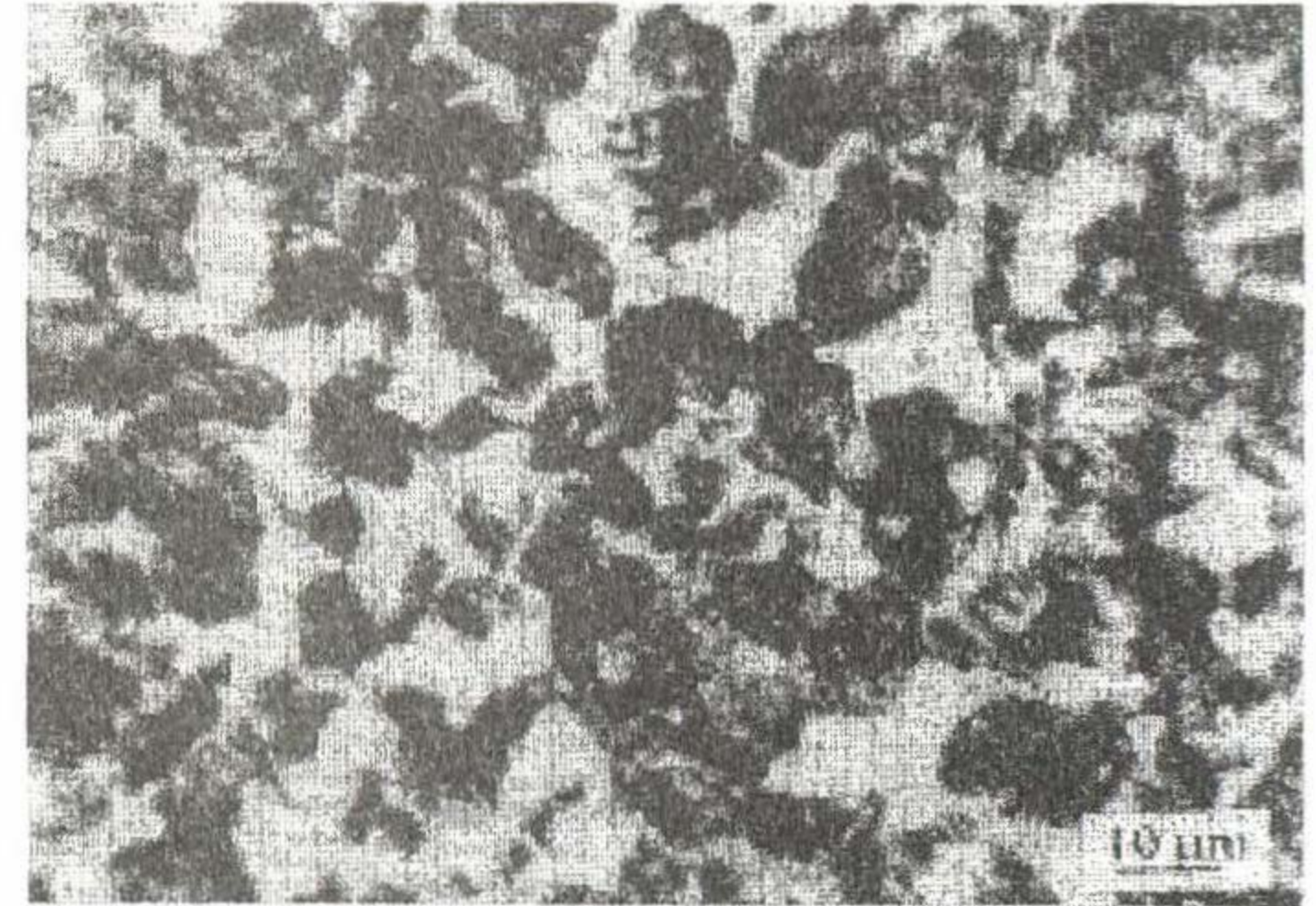
Şekil 8. Tavllanmış $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 8 saat küreselleştirilmiş AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinin mikro yapısı

Şekil 9.'da görüldüğü gibi su verilmiş ve $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 8 saat küreselleştirilmiş AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinde küresel yapı bozulmaya başlamıştır. Sementit kürelerinin büyüdüğü görülmektedir.



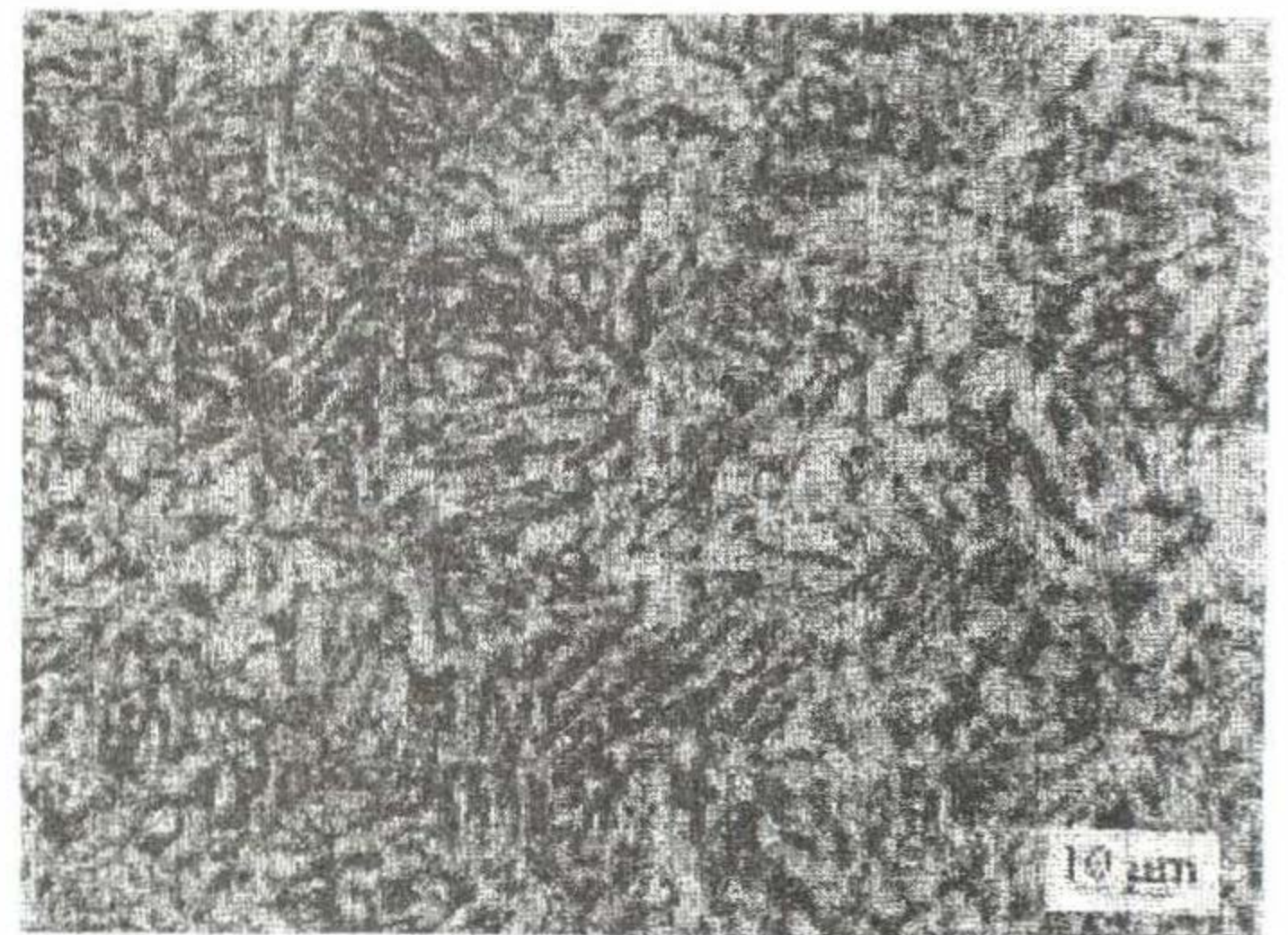
Şekil 9. Su verilmiş $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 8 saat küreselleştirilmiş AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinin mikro yapısı

Şekil 10.'da görüldüğü gibi tavllanmış ve $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 16 saat küreselleştirme işlemine tabi tutulmuş AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinde küreselleşme tane sınırlarında görülmektedir. Ayrıca tane büyümesi meydana gelmiştir.



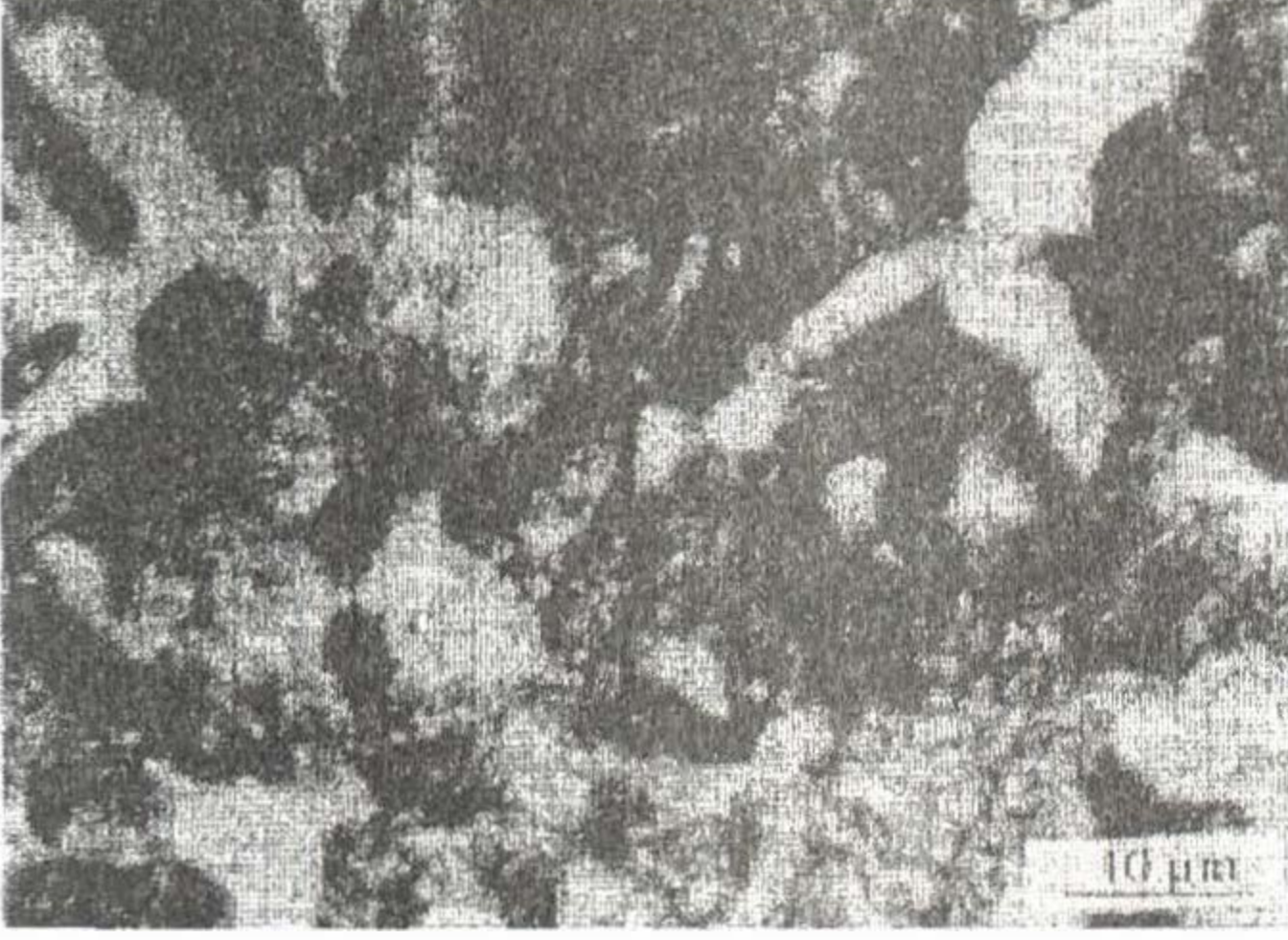
Şekil 10. Tavllanmış $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 16 saat küreselleştirilmiş AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinin mikro yapısı

Şekil 11.'de görüldüğü gibi su verilmiş ve $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 16 saat küreselleştirilmiş AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinde küresel yapının daha da bozulduğu ve önemli ölçüde küreselleşmenin bittiği görülmektedir. Ayrıca yapının dekarburizasyona uğradığı da görülmektedir. Sementit ve ferritler kolonsal şekildedir. Ayrıca tane büyümesi meydana gelmiştir.



Şekil 11. Su verilmiş $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 16 saat küreselleştirilmiş AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinin mikro yapısı

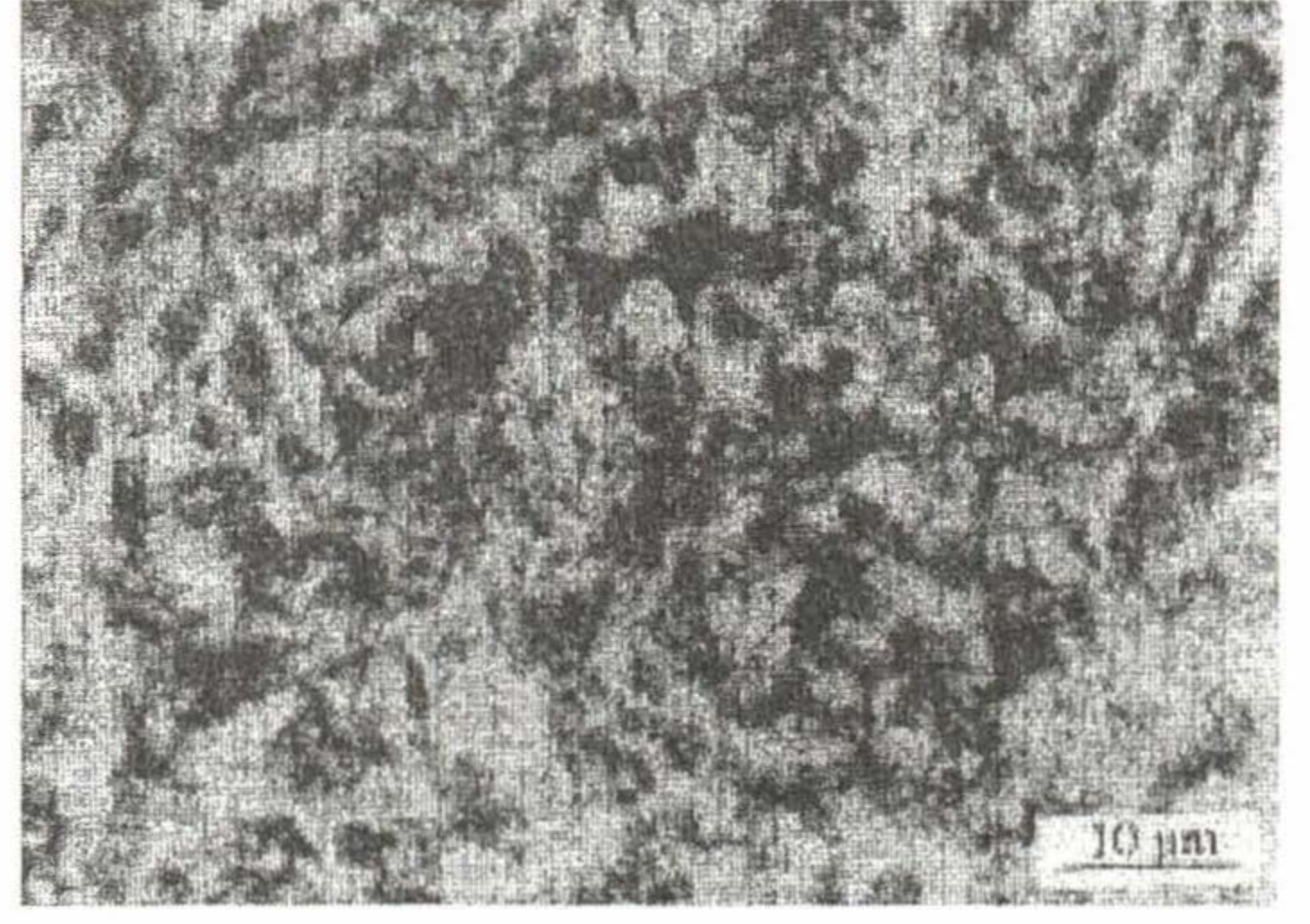
Şekil 12.'de görüldüğü gibi tavlanmış ve $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 24 saat küreselleştirilmiş AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinde küreselleşme ve tane büyümesi görülmektedir.



Şekil 12. Tavlanmış $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 24 saat küreselleştirilmiş AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinin mikro yapısı

Şekil 13.'de görüldüğü gibi su verilmiş ve $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 24 saat küreselleştirilmiş AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinde küresel yapının bozulduğu ve tane

büyümesinin meydana geldiği görülmektedir.



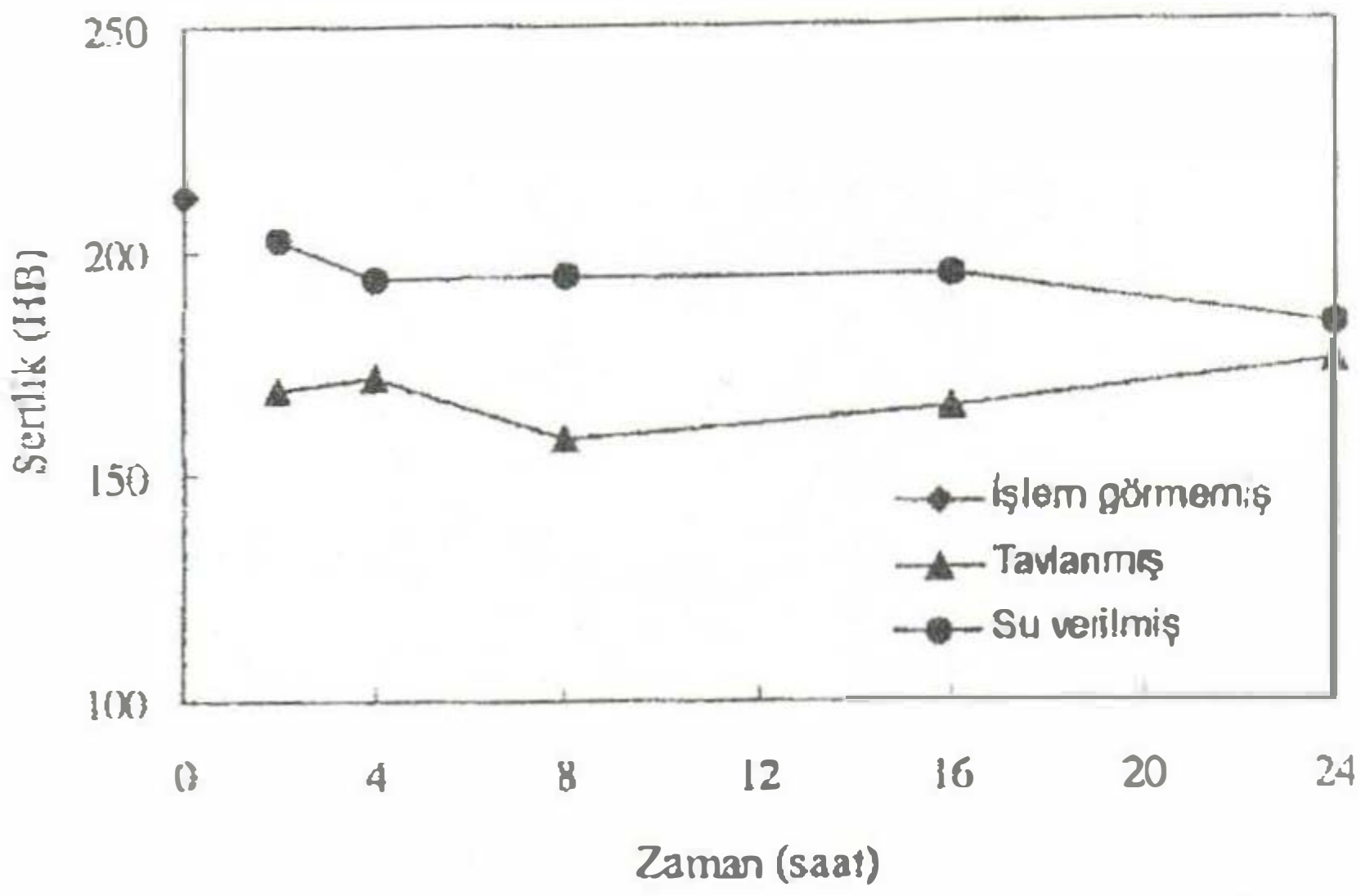
Şekil 13. Su verilmiş $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 24 saat küreselleştirilmiş AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinin mikro yapısı

Tablo 2. Sertlik deneyi sonuçları

NUMUNELER	SERTLİK (HB)
İşlem görmemiş	212
Tavlanmış+2 saat küreselleştirilmiş	169
Tavlanmış+4 saat küreselleştirilmiş	172
Tavlanmış+8 saat küreselleştirilmiş	158
Tavlanmış+16 saat küreselleştirilmiş	165
Tavlanmış+24 saat küreselleştirilmiş	175
Su verilmiş+2 saat küreselleştirilmiş	202,6
Su verilmiş+4 saat küreselleştirilmiş	197,3
Su verilmiş+8 saat küreselleştirilmiş	194,6
Su verilmiş+16 saat küreselleştirilmiş	194,6
Su verilmiş+24 saat küreselleştirilmiş	182,6

III.2. Sertlik deneyi

İşlem görmemiş, tavlanmış ve $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 2, 4, 8, 16, 24 saat küreselleştirilmiş ve su verilmiş ve $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 2, 4, 8, 16, 24 saat küreselleştirilmiş AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliği numunelerinin sertlik değerleri Tablo 2.'de verilmiştir.



Şekil 14. Tavlanmış ve su verilmiş numunelerinin sertlik değerlerinin küreselleştirme zamanına göre değişimi

Şekil 14.'de görüldüğü gibi maksimum sertlik değeri işlem görmemiş AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinde, en düşük sertlik değeri tavlanmış ve $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 8 saat küreselleştirilmiş AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinde elde edilmiştir. Su verilmiş 4 saat küreselleştirilmiş

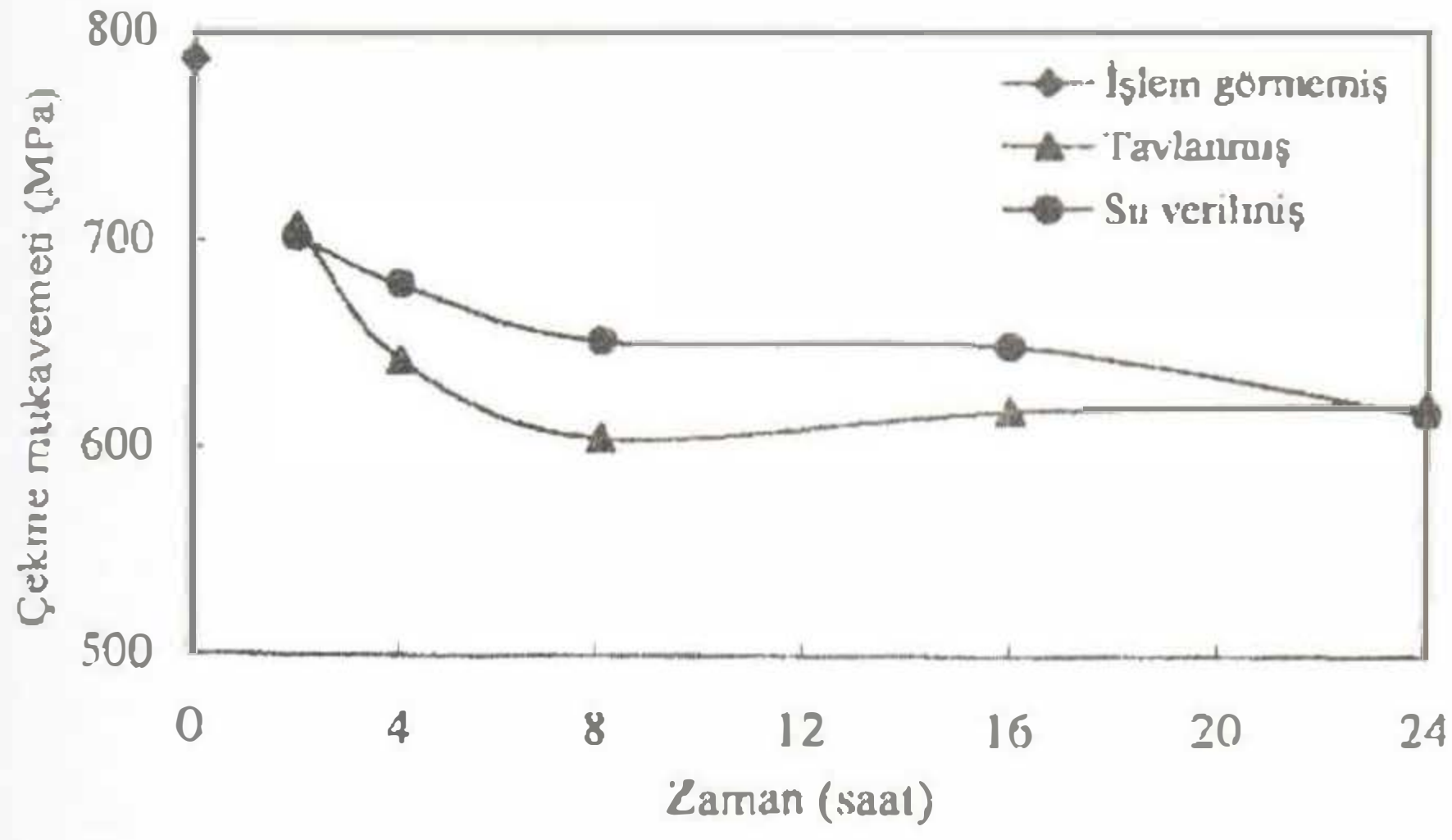
malzemenin mikroyapısı (Şekil 7.) incelendiğinde yapının tamamen küreselleştiği görülmektedir. Buna karşılık tavlanmış 2 saat küreselleştirilmiş numunenin mikroyapısında (Şekil 4.) küreselleşmenin başlamadığı görülmektedir. Su verilmiş ve $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de küreselleştirilmiş AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinde maksimum sertlik 2 saatte elde edilirken, zamanın artmasıyla sertlik değerlerinin düştüğü görülmüştür. 4. saatten sonra, mikroyapıya hakim küresel yapı bozulmaya başlamıştır. Su verilmiş $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 2,4,8,16,24 saat küreselleştirmiş numunelerin sertlikleri tavlanmışlara göre daha yüksektir.

III.3. Çekme Deneyi

İşlem görmemiş, tavlanmış ve su verilmiş $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de küreselleştirilmiş AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinin çekme deneyi sonuçları Tablo 3.'de verilmiştir.

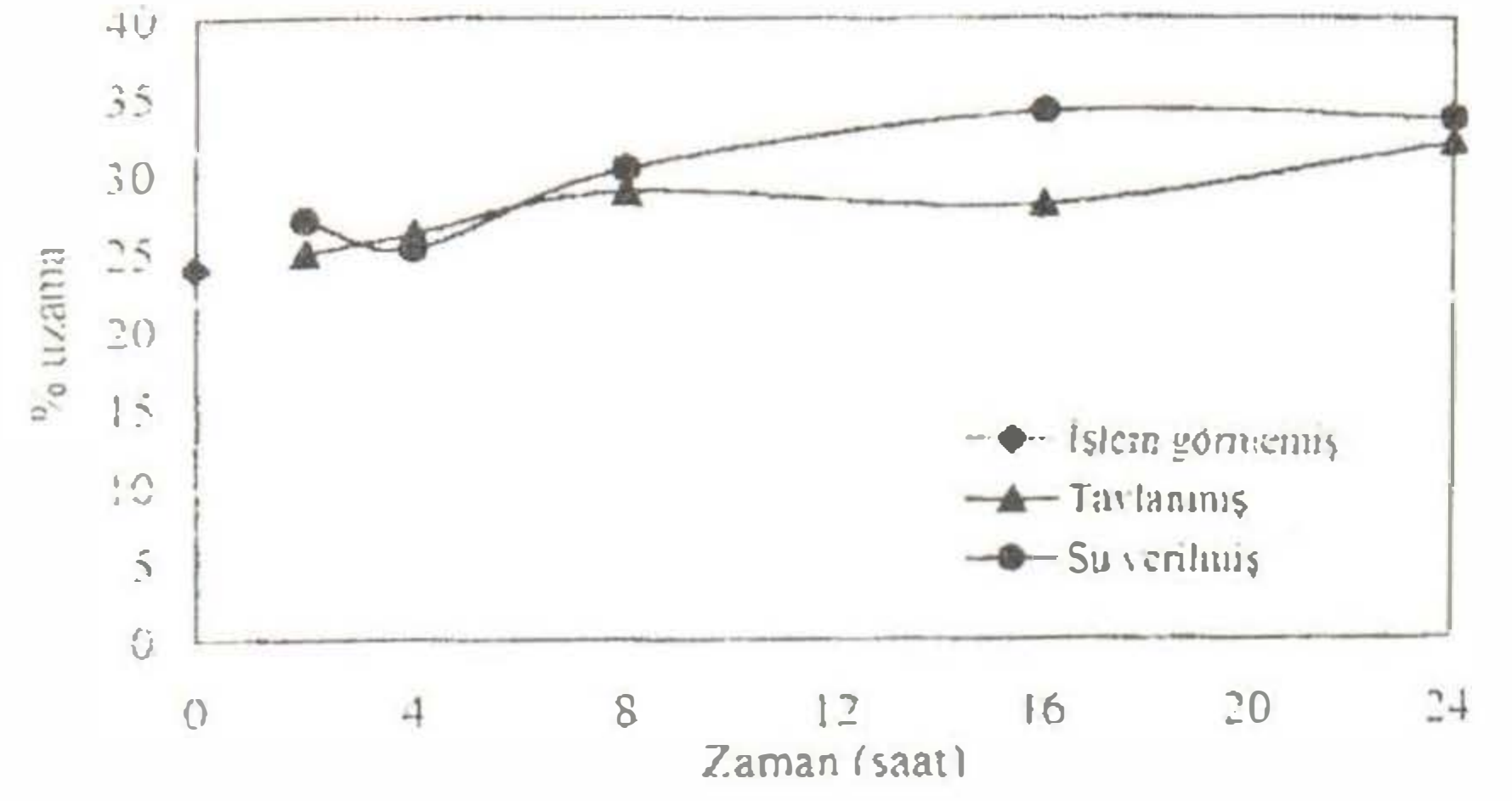
Tablo 3. Çekme deneyi sonuçları

Numuneler 5140 Islah Çeliği	Çekme mukavemeti MPa	Akma mukavemeti MPa	% Kesit daralması	% Uzama	Kopma mukavemeti MPa
İşlem görmemiş	787	489	53	23,95	557
Tavlanmış 2 saat küreselleştirilmiş	707	408	49,96	24,89	572,5
Tavlanmış 4 saat küreselleştirilmiş	642,6	438	48	26,19	526
Tavlanmış 8 saat küreselleştirilmiş	605	349	51,82	28,87	480
Tavlanmış 16 saat küreselleştirilmiş	618	361	60,66	28,08	447
Tavlanmış 24 saat küreselleştirilmiş	621	375	60,59	31,92	443
Su verilmiş 2 saat küreselleştirilmiş	701,67	589,67	65,05	27	443
Su verilmiş 4 saat küreselleştirilmiş	679,67	572	60,93	25,19	449,67
Su verilmiş 8 saat küreselleştirilmiş	651,5	552,5	65,86	30,34	418
Su verilmiş 16 saat küreselleştirilmiş	649	482	66,77	34	423
Su verilmiş 24 saat küreselleştirilmiş	616	464,67	67,79	33,58	432



Şekil 15. Tavlannmış ve su verilmiş numunelerinin çekme mukavemetlerinin küreselleştirme zamanına göre değişimi

Şekil 15.'de görüldüğü gibi en yüksek çekme mukavemeti işlem görmemiş numunede görülmüştür. Küreselleştirme ısıl işleminin ikinci saatinin sonunda tavlannmış numunenin çekme mukavemeti su verilmiş numunenin çekme mukavemetine göre yüksektir. Su verilmiş numunelerin ısıl işlem süreleri arttıkça çekme mukavemetlerinde düşüşler gözlenmiştir. Tavlannmış ve su verilmiş numunelerin çekme mukavemetleri küreselleştirme zamanıyla ters orantılıdır.



Şekil 16. Tavlannmış ve su verilmiş numunelerinin % uzama miktarının küreselleştirme zamanına göre değişimi

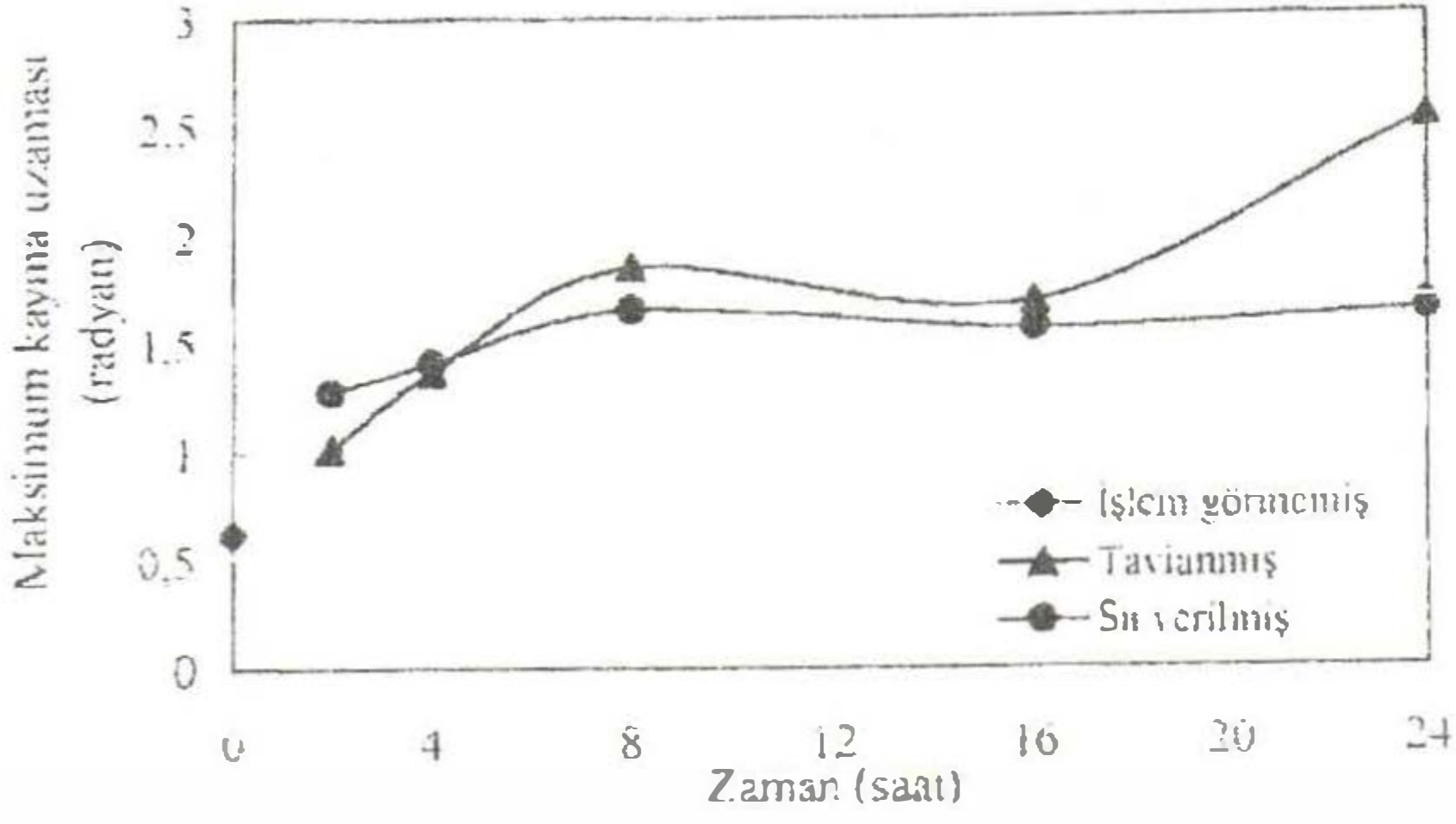
Şekil 16.'da görüldüğü gibi tavlannmış ve 720 ±5°C'de 2, 4, 8, 24 saat süreyle küreselleştirilen numunelerde % uzama miktarları artmıştır. Bu da malzemelerin küreselleştirme süresi arttıkça plastik şekil verilebilirliğinin arttığını göstermektedir. Su verilmiş numunelerde 4. saatte % uzama miktarında azalma mevcuttur. Süre arttıkça % uzama miktarlarının arttığı görülmüştür.

III.4. Burma Deneyi

İşlem görmemiş; tavlannmış, su verilmiş ve 720 ±5°C'de 2, 4, 8, 16, 24 saat küreselleştirilmiş AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliğinin burma deneyi sonuçları Tablo 4.'de verilmiştir.

Tablo 4. Burma deneyi sonuçları

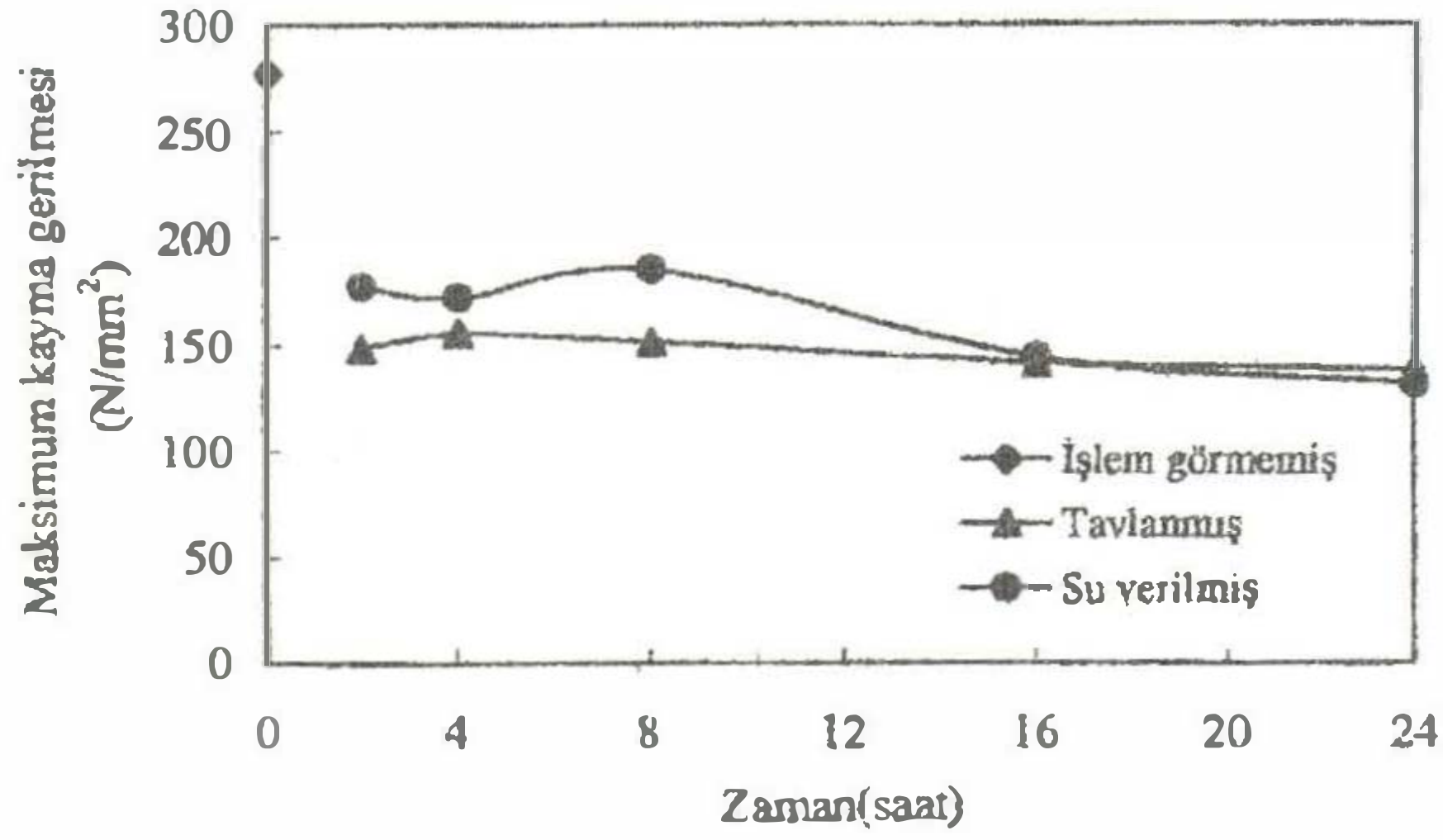
Numuneler 5140 Çeliği	Islah	Maksimum kayma uzaması (Radyan)	Maksimum burma momenti (Nm)	Maksimum kayma gerilmesi (N/mm ²)	Kayma elastik modülü
İşlem görmemiş		0,6287178783	10,6	276,8294048	21325,85284
Tavlannmış 2 saat küreselleştirilmiş		1,015941472	5,7	148,8610951	10035,69545
Tavlannmış 4 saat küreselleştirilmiş		1,370429812	5,8	155,458615	12986,67829
Tavlannmış 8 saat küreselleştirilmiş		1,855141289	6,1	151,3436259	11715,5158
Tavlannmış 16 saat küreselleştirilmiş		1,6899577476	5,7	141,4194537	15230,17056
Tavlannmış 24 saat küreselleştirilmiş		2,532818473	5,6	138,9384107	9372,412468
Su verilmiş 2 saat küreselleştirilmiş		1,278254229	6,8	177,5886748	12544,61932
Su verilmiş 4 saat küreselleştirilmiş		1,411492455	5,6	172,3654785	11290,15738
Su verilmiş 8 saat küreselleştirilmiş		1,657150435	7,1	185,4234693	17562,46703
Su verilmiş 16 saat küreselleştirilmiş		1,567846365	6,1	143,9018637	10953,79123
Su verilmiş 24 saat küreselleştirilmiş		1,6453777229	5,6	132,106629	8763,032986



Şekil 17. Tavllanmış ve su verilmiş numunelerinin maksimum kayma uzamalarının küreselleştirme zamanına göre değişimi

Şekil 17.'de görüldüğü gibi en düşük maksimum kayma uzaması işlem görmemiş numune de görülmüştür. En yüksek kayma uzaması tavllanmış ve $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 24 saat küreselleştirilmiş numunede gözlenmiştir. Tavllanmış numunelerde küreselleştirme zamanına paralel olarak maksimum kayma uzamaları artmıştır.

Su verilmiş numunelerde en yüksek maksimum kayma uzaması su verilmiş ve $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 8 saat küreselleştirilmiş numunede görülmüştür.



Şekil 18. Tavllanmış ve su verilmiş numunelerinin maksimum kayma gerilmelerinin küreselleştirme zamanına göre değişimi

Şekil 18.'de görüldüğü gibi en yüksek maksimum kayma gerilmesi işlem görmemiş numuneye aittir. Tavllanmış ve $720 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de küreselleştirilmiş AISI/SAE 5140 kalite ıslah çeliği numunesinde 4. saatte maksimum kayma gerilmesi en yüksek değere ulaşmıştır. Süre arttıkça maksimum kayma gerilmelerinde düşüşler gözlenmiştir. Su verilmiş numunelerde en yüksek maksimum kayma gerilmesi 8 saat süreyle küreselleştirilmiş numunede görülmüştür. Süre arttıkça maksimum kayma gerilmelerinde düşüşler görülmüştür.

IV. GENEL SONUÇLAR

1. Tavllanmış ve küreselleştirilmiş numunelerde küreselleşme kısmen 8. saatte başlamaktadır. Buna karşılık su verilmiş ve küreselleştirilmiş numunelerde küreselleşme 2. saatte başlamakta, 4. saatte yapı tamamen küreselleşmektedir. Bekletme süresi arttıkça küresel yapı bozulmaktadır.
2. En yüksek sertlik işlem görmemiş numunede, en düşük sertlik ise tavllanmış 8 saat küreselleştirilmiş numunede görülmüştür.
3. Çekme deneyi sonucunda;
 - a) En yüksek çekme mukavemeti işlem görmemiş numunede,
 - b) En yüksek akma mukavemeti su verilmiş ve 2 saat küreselleştirilmiş numunede,
 - c) En yüksek % kesit daralması su verilmiş ve 24 saat küreselleştirilmiş numunede,
 - d) En yüksek % uzama su verilmiş ve 16 saat küreselleştirilmiş numunede görülmüştür.
4. Burma deneyi sonucunda en yüksek burma momenti işlem görmemiş numunede görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] Asil Çelik Teknik Yayınlar, Mayıs 2000.
- [2] PAPHUDEV, K.H., "Handbook of Heat Treatment of Steels", New Delhi, 1988.
- [3] MKE Kurumu Genel Müdürlüğü Seminer Notları, "Çeliğin Isıl İşlemleri", Hizmet Yayınları, No: 19, Ankara, 20-24 Eylül 1982.
- [4] JENA, A.K., Indian Institute of Technology Kanpur, India – CHATURVEDI, M.C., University of Manitoba, Winnipeg, Canada, "Phase Transformation in Materials", Prentice Hall Englewood Cliffs, New Jersey 07632.
- [5] Dr. İPEK, Rasim., "Pratik Malzeme Bilgisi", Cumhuriyet Üniversitesi Yayınları, No: 81, Sivas, 1999.
- [6] KAYALI, E. S., ENSARI C., "Malzemelerin Plastik Deformasyonu, İlke ve Uygulamaları", İ.T.Ü. Yayını, İstanbul 1993.