GU J Sci, Part C, 8(2): 427-438 (2020)

Gazi Üniversitesi

Fen Bilimleri Dergisi

PART C: TASARIM VE TEKNOLOJİ

http://dergipark.gov.tr/gujsc

Effect of Metallographic Sample Preparation Processes on Retained Austenite Volume Fraction in Quenched AISI 52100 Steel

Burak NALÇACI * Volkan KILIÇLI Mehmet ERDOĞAN

Gazi University Faculty of Technology, Department of Metallurgical and Material Engineering, Yenimahalle/ANKARA

Article Info:

Research article
Received: 09/01/2020
Revision 04/05/2020
Accepted: 08/05/2020

Highlights

- *XRD*
- *Phase Transformation*
- *Sample Preparation*
- *Retained Austenite*

Keywords

AISI 52100 Steel, Volume Fraction of Retained Austenite, XRD, Metallographic Sample Preparation.

Graphical/Tabular Abstract

In this study, metallographic examination samples prepared under different loads. In order to investigate the retained austenite transformation X-Ray diffraction used and phase volume fraction calculated according to the direct comparison method.

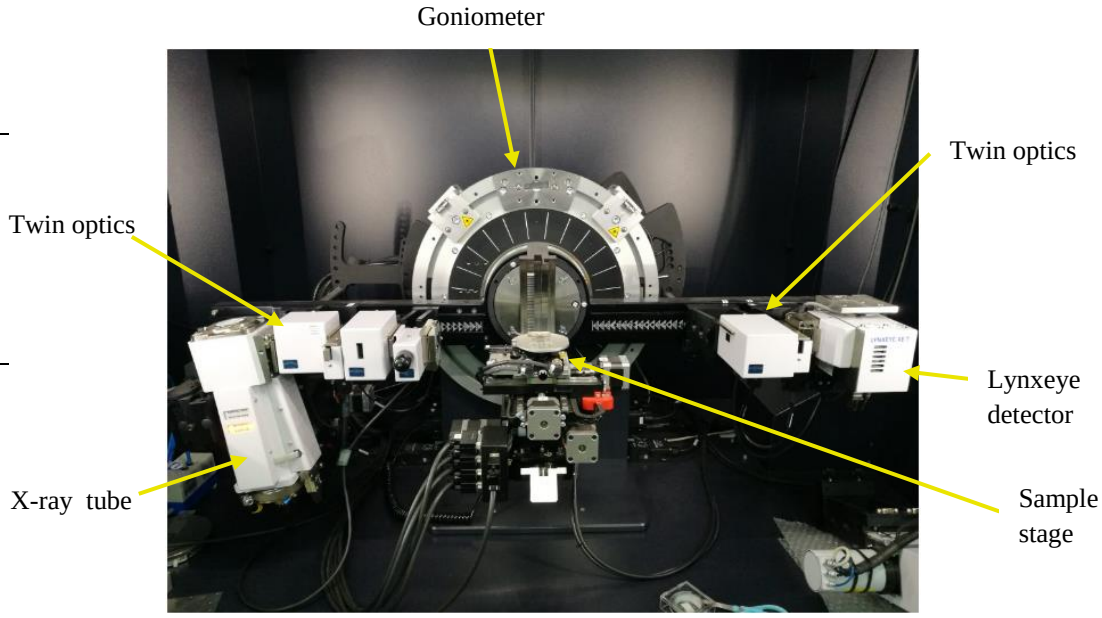


Figure A. Parts of XRD device

Purpose: Metallographic sample preparation is the first step of the microstructural characterization methods. During this process, possible phase transformation might mislead the researchers on performed work. That is why, the aim of this study provides more qualified characterization by determining the effect of load on metallographic sample preparation.

Theory and Methods: In the present study, fully automatic metallographic grinding and polishing machine was used with different loads (20N-40N-80N-100N). Surface roughness was measured because of the effect of surface roughness on the XRD pattern. The retained austenite volume fraction of these samples was calculated via XRD.

Results: The results have shown that XRD pattern of these four samples is quite similar to each other.

Conclusion: It is thought that the high martensite volume fraction prevented the transformation of retained austenite; hence the retained austenite could maintain its stability during the metallographic sample preparation.

*Corresponding author, e-mail: buraknalcaci@gazi.edu.tr
DOI: 10.29109/gujsc.672334

GU J Sci, Part C, 8(2): 427-438 (2020)

Gazi Üniversitesi

Fen Bilimleri Dergisi

PART C: TASARIM VE TEKNOLOJİ

http://dergipark.gov.tr/gujsc

Su Verilmiş AISI 52100 Çeliğinde Metalografik Numune Hazırlama İşlemlerinin Kalıntı Östenit Hacim Oranına Etkisi

Burak NALÇACI * Volkan KILIÇLI Mehmet ERDOĞAN

Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Yenimahalle/ANKARA

Makale Bilgisi

Araştırma makalesi
Başvuru: 09/01/2020
Düzeltme: 04/05/2020
Kabul: 08/05/2020

Anahtar Kelimeler

AISI 52100 Çeliği,
Kalıntı Östenit Hacim Oranı,
XRD,
Metalografik Numune Hazırlığı.

Keywords

AISI 52100 Steel,
Volume Fraction of Retained Austenite,
XRD,
Metallographic Sample Preparation.

Öz

Metalografik incelemelerde numune hazırlama işlemleri malzeme karakterizasyonunda temel basamaklardan biri olup, numune hazırlama işlemlerinin mikroyapıyı oluşturan fazların kararlılığında değişkenliğe sebebiyet vermesi yapılan deneysel çalışmanın yorumlanmasında hatalara neden olabilmektedir. Bu çalışmada, su verilmiş AISI 52100 çeliğinde metalografik numune hazırlama işlemlerinde (zımpara+polisaj) uygulanan yükün kalıntı östenit hacim oranına etkisi araştırılmıştır. Farklı yükler (20N, 40N, 80N, 100N) altında hazırlanan numuneler optik mikroskop, SEM ile incelenmiş ve XRD analizleri yapılmıştır. Kalıntı östenit miktarı XRD analizinin doğrudan karşılaştırılması yöntemiyle hesaplanmıştır. Yüzey pürüzlülüğünün XRD desenlerine etkilerini belirlemek amacıyla yüzey pürüzlülüğü ölçümleri yapılmıştır. Uygulanan yükün kalıntı östeniti martenzite dönüştürme ve bu dönüşüm sonrasında makro sertlikte artış ihtimalini değerlendirmek amacıyla sertlik ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar sonucunda farklı yükler altında hazırlanan metalografi inceleme numunelerinin optik mikroskop, SEM ile mikroyapı incelemeleri ve XRD analizleri kalıntı östenit hacim oranında dikkate değer bir farklılığın oluşmadığını göstermiştir. Kalıntı östenit faz hacim oranında değişimin gözlemlenmemesinin sebebi olarak kalıntı östenit hacim oranının az olması (<%10) sebebiyle fazla miktardaki martenzit hacim oranının östenit üzerine uyguladığı yüksek basma gerilmesi olduğu düşünülmektedir.

Effect of Metallographic Sample Preparation Processes on Retained Austenite Volume Fraction in Quenched AISI 52100 Steel

Abstract

Sample preparation is one of the main steps in metallographic examinations and the sample preparation processes give rise to changes in the determination of volume fraction of any phases can cause failure at the interpretation of a study. In this study, the effect of applied load during the metallographic sample preparation process on the volume fraction of retained austenite of the quenched AISI 52100 was investigated. Metallographic examination samples were prepared under different loads (20N, 40N, 80N, 100N) were examined by optical and SEM microscopes. The retained austenite volume fraction was calculated by the direct comparison method from the XRD analysis. Surface roughness was determined via a profilometer in order to reveal the effect of surface roughness on XRD patterns. Hardness measurements were performed to determine the probability of applied load that may transform retained austenite into martensite and rise in macro hardness after this transformation. No significant phase transformation was observed in the retained austenite phase volume fraction of metallographic examination samples prepared under different loads on retained austenite volume fraction measurements by the XRD method and. It is thought that a large amount of martensite volume fraction applies compressive stress on the retained austenite owing to low retained austenite volume fraction (<%10) is the reason for not being observed phase transformation

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Çelik ve dökme demir malzemelerde mikro yapıyı oluşturan fazların hacim oranları malzemenin mekanik özelliklerini belirlemede büyük önem taşımaktadır [1-3]. Özellikle bu durum, yapısında

kalıntı östenit içeren düşük alaşımlı yüksek mukavemetli çelikler [4], çift fazlı çelikler [5], TRIP çelikleri [6] gibi malzemelerde ön plana çıkmaktadır.

Çeliklerde martenzit HMT kafeste oktahedral iç boşluklara sıkışmış karbon atomlarının birim kafeste meydana getirdiği distorsiyonlar ve gerilimler sebebiyle oldukça yüksek sertliğe sahiptir [7]. Östenit fazından martenzit fazına dönüşüm hacimce büyüme gerektirmektedir. Bu dönüşüm sırasında kendisini kuşatan sert martenzit plakaları arasında kalan ve hacimce büyümeyi gerçekleştiremeyen ve oda sıcaklığı veya daha düşük sıcaklıklarda varlığını koruyan östenit kalıntı östenit olarak adlandırılmaktadır [8]. Sertleştirilmiş çeliklerde karbon miktarı arttıkça kalıntı östenitin hacim oranı da artmaktadır. Kalıntı östenit yarı kararlı haldedir [9]. Kalıntı östenitin kararlılığı sıcaklığa, karbon içeriğine, tane boyutuna, morfolojisine, kristalografik oryantasyona, çevreleyen fazlara ve kimyasal kompozisyonlar gibi birçok parametreye bağlıdır [10-14]. Yukarıdaki etkenlere bağlı olarak östenitten martenzite dönüşüm için aktivasyon enerjisi değişmekle birlikte oda sıcaklığında yarı kararlı olan kalıntı östenit, gerilim veya ısı enerjisiyle martenzite veya başka yapılara dönüşebilmektedir [7]. Bu dönüşüm sonrası hacimce büyüme nedeniyle boyutsal kararlılıkta bozulma yeni temperlenmemiş martenzitin ortaya çıkmasıyla birlikte gevrekleşmenin ve sertliğin artması sonucu toklukta azalma gibi mekanik özelliklerde önemli değişiklikler yaşanmaktadır [15-17]. Bu nedenlerle kalıntı östenit hacim oranının doğru tespiti mekanik özelliklerin kontrol edilebilmesi açısından önem kazanmaktadır [18-20].

Mikroyapı karakterizasyonunun (Optik, SEM incelemeleri ve XRD analizleri) yapılabilmesi için gerekli metalografik numune, zımparalama+polisaj işlemlerinden geçirilmektedir. Bu işlemler uygulanan yükün oluşturduğu belirli bir gerilim altında gerçekleştirilmektedir. Metalografik numune hazırlığı sırasında oluşan bu gerilmelerin kalıntı östenitin kararlığını değiştirmesi muhtemeldir. Daha önce yapılan çalışmalarda metalografik numune hazırlama işlemlerinin mikro yapıda değişikliğe sebebiyet verebildiği görülmüştür [1,7,21,22]. Mevcut çalışma bu konunun aydınlığa kavuşturulması ve deneysel verilere dayalı bilgilerin üretilmesi hedefiyle kurgulanmıştır. Bu amaçla gerçekleştirilen çalışmada, su verilmiş AISI 52100 çeliğinden hazırlanan metalografi inceleme numunelerinin zımparalama+polisaj işlemleri sırasında farklı oranlarda yüklemeler yapılarak kalıntı östenit hacim oranında oluşabilecek değişim belirlenmeye çalışılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL AND METHOD)

2.1. Malzeme (Material)

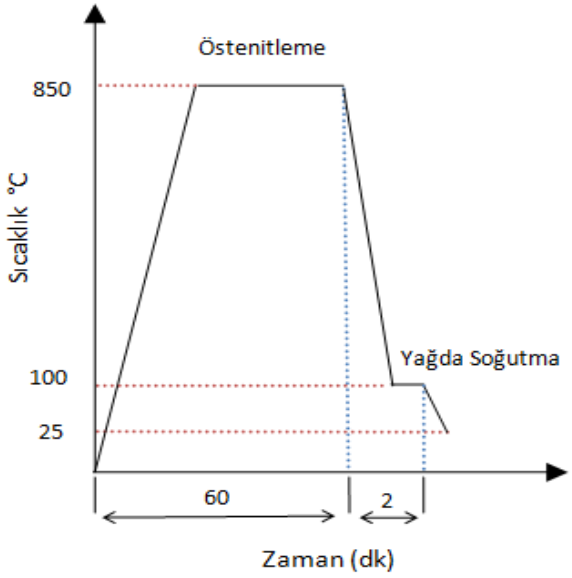
Deneysel çalışmalarda silindirik parçadan kesilen çapı 15 mm yüksekliği 10 mm boyutlarında olan AISI 52100 çeliği kullanılmıştır. Çeliğin kimyasal kompozisyonu Bruker Q4 Tasman model optik emisyon spektrometresiyle (OES) analiz edilmiş olup sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. *Deneysel çalışmalarda kullanılan AISI 52100 çeliğinin kimyasal kompozisyonu (% ağırlık)*

C	Si	Mn	P	S	Cr	Fe
0,979	0,238	0,356	0.026	0.031	1.487	Kalan

2.2. Isıl İşlem (Heat Treatment)

Numuneler Heraeus marka elektrik direnci ile çalışan atmosfer kontrolü olmayan bir fırında 850°C'de 60 dakika süreyle östenitlemiş hızlı soğutma işlemi 100°C sıcaklıkta tutulan yağ banyosunda yapılmış ve yağ banyosunda 2 dakika bekletmenin ardından oda sıcaklığına havada soğutulmuştur. Uygulanan ısıl işlemlerin özeti Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. *Uygulanan ısıl işlemlerin özeti*

Isıl işlem esnasında yüzeyde oluşabilecek dekarbürize tabaka yüzeyden 1 mm abrasiv kesici ile kaldırılmıştır. Metalografi numunesinin zımparalama+polisaj işlemleri ATM Saphire 520 model otomatik zımparalama ve parlatma cihazı kullanılarak yapılmıştır. Bu işlemler sırasında uygulanan yük miktarının kalıntı östenit hacim oranı üzerine etkisini tespit etmek amacıyla 20, 40, 80 ve 100 N olmak üzere dört farklı yükleme yapılmıştır. Dağlayıcı olarak %2 Nital çözeltisi kullanılmıştır [23]. Uygulanan numune hazırlama işlemlerinin özeti, numune adları ve numune hazırlama işlemi sırasında uygulanan yük Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. *Numune adları, uygulanan numune hazırlık işlemleri ve uygulan yük değerleri*

Numune Adı	***Uygulanan Numune Hazırlığı İşlemi***	***Uygulanan Yük (N)***
20 N	Zımpara (120#→320#→600#→800#→1200#)→ Polisaj (6 µm→3 µm→1 µm) → %2 nital çözeltisiyle 10 sn dağlama	20
40 N	Zımpara (120#→320#→600#→800#→1200#)→ Polisaj (6 µm→3 µm→1 µm) → %2 nital çözeltisiyle 10 sn dağlama	40
80 N	Zımpara (120#→320#→600#→800#→1200#)→ Polisaj (6 µm→3 µm→1 µm) → %2 nital çözeltisiyle 10 sn dağlama	80
100 N	Zımpara (120#→320#→600#→800#→1200#)→ Polisaj (6 µm→3 µm→1 µm) → %2 nital çözeltisiyle 10 sn dağlama	100

Dört farklı yük altında hazırlanan numunelerin yüzeyleri Leica DFC 320 dijital kamera bağlantılı Leica DM 4000M marka optik mikroskobunda ve JEOL JSM-6060LV marka elektron mikroskobunda incelenmiştir. Kalıntı östenit hacim oranıı Bruker D8 Advance XRD cihazı kullanılarak elde edilen XRD deseni üzerinden ile hesaplanmıştır. X-ışını kaynağı olarak monokromatik CuKα ışını (λ= 1.54056 A°) kullanılarak 40 kV ve 40mA'da XRD desenleri elde edilmiştir. Numuneler 2θ 40-100° aralığında 0,02 tarama hızında taranmıştır. Kalıntı östenit hacim oranının belirlenmesinde (200), (220) östenit ve (200), (211) ferrit piklerinin tümleşik alanları kullanılmıştır. Kalınıt östenit hacim oranının hesaplanmasında ASTM E975'te belirtilen Eş.1 kullanılmıştır [24] .

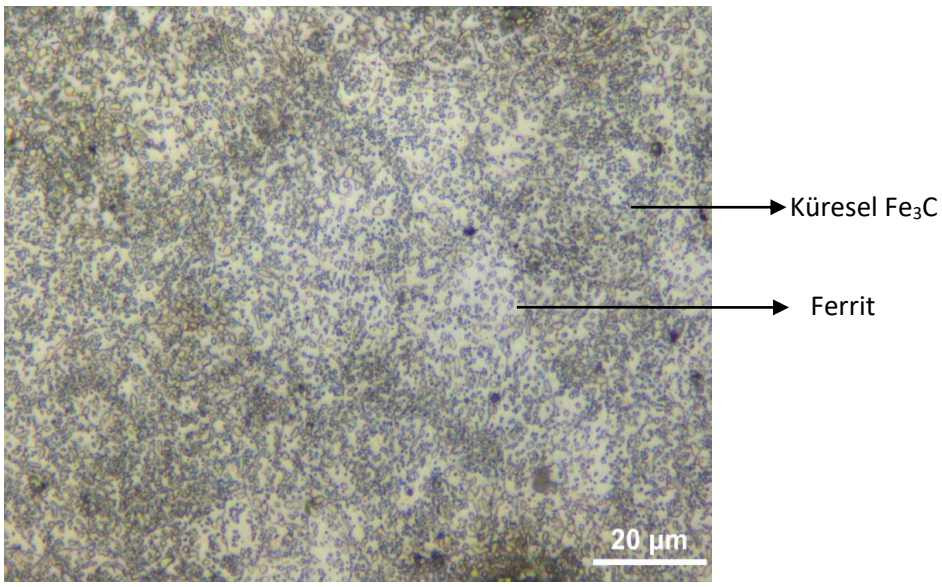
$$V\gamma = \frac{0.5\left[\frac{I_{\gamma(200)}}{R_{\gamma(200)}}+\frac{I_{\gamma(220)}}{R_{\gamma(220)}}\right]}{0.5\left[\frac{I_{\alpha(200)}}{R_{\alpha(200)}}+\frac{I_{\alpha(211)}}{R_{\alpha(211)}}\right]+0.5\left[\frac{I_{\gamma(200)}}{R_{\gamma(200)}}+\frac{I_{\gamma(220)}}{R_{\gamma(220)}}\right]} \quad (1)$$

Burada I; ilgili pikin altında kalan alanı ve R ise her pik için ayrı hesaplanan değerdir.

Metalografik numune hazırlama işlemi sırasında uygulanan yükün kalıntı östenitin martenzite dönüşebilme etkisini görmek amacıyla numunelerin sertlik değerleri ölçülmüştür. Sertlik değerleri Emcotest Duravision 200 model üniversal sertlik cihazı kullanılarak Rockwell C sertlik ölçme yöntemiyle (120 elmas koni uç, 150kgf yükte) belirlenmiştir. Numunelerin sertlik değerleri, aynı numune üzerinde en az 5 farklı bölgeden alınan sertlik değerlerinin ortalaması alınarak belirlenmiştir. Numunelerin yüzey pürüzlülüğünün kalıntı östenit ölçümlerinde oluşturabileceği etkiyi [25-28] görebilmek amacıyla yüzey pürüzlülüğü ölçümleri yapılmıştır. Yüzey pürüzlülük ölçümleri için Mitutoyo-Surftest-301 taşınabilir yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılmıştır. Her numune üzerinden beş farklı bölgeden ölçüm yapılmış ve ölçümlerin aritmetik ortalaması alınmıştır.

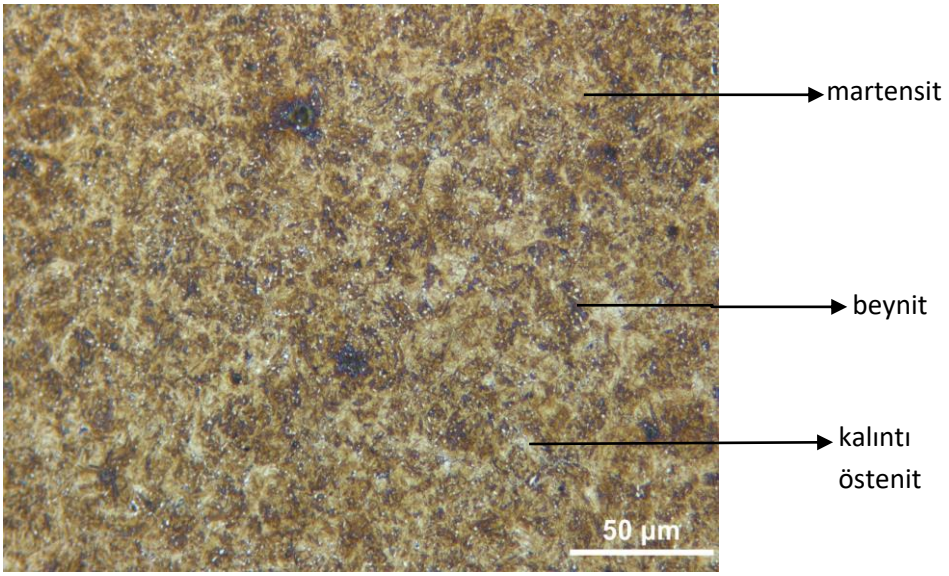
3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Isıl işlem öncesi AISI 52100 çeliğinin mikroyapısının ferrit+küresel sementitten oluştuğu tespit edilmiştir (Şekil 2). 850°C'de 60 dakika östenitlenmiş ardından 100 °C'deki yağda su verilmiş ve oda sıcaklığına havada soğutulmuş AISI 52100 çeliğinin mikroyapısı martenzit, beynit, kalıntı östenit'ten oluşmaktadır (Şekil 3). Faklı yükler altında hazırlanan numunelerin optik mikroskop ve tarama elektron mikroskoplarıyla (SEM) elde edilmiş mikroyapıları sırasıyla Şekil 4 ve Şekil 5'te verilmiştir.

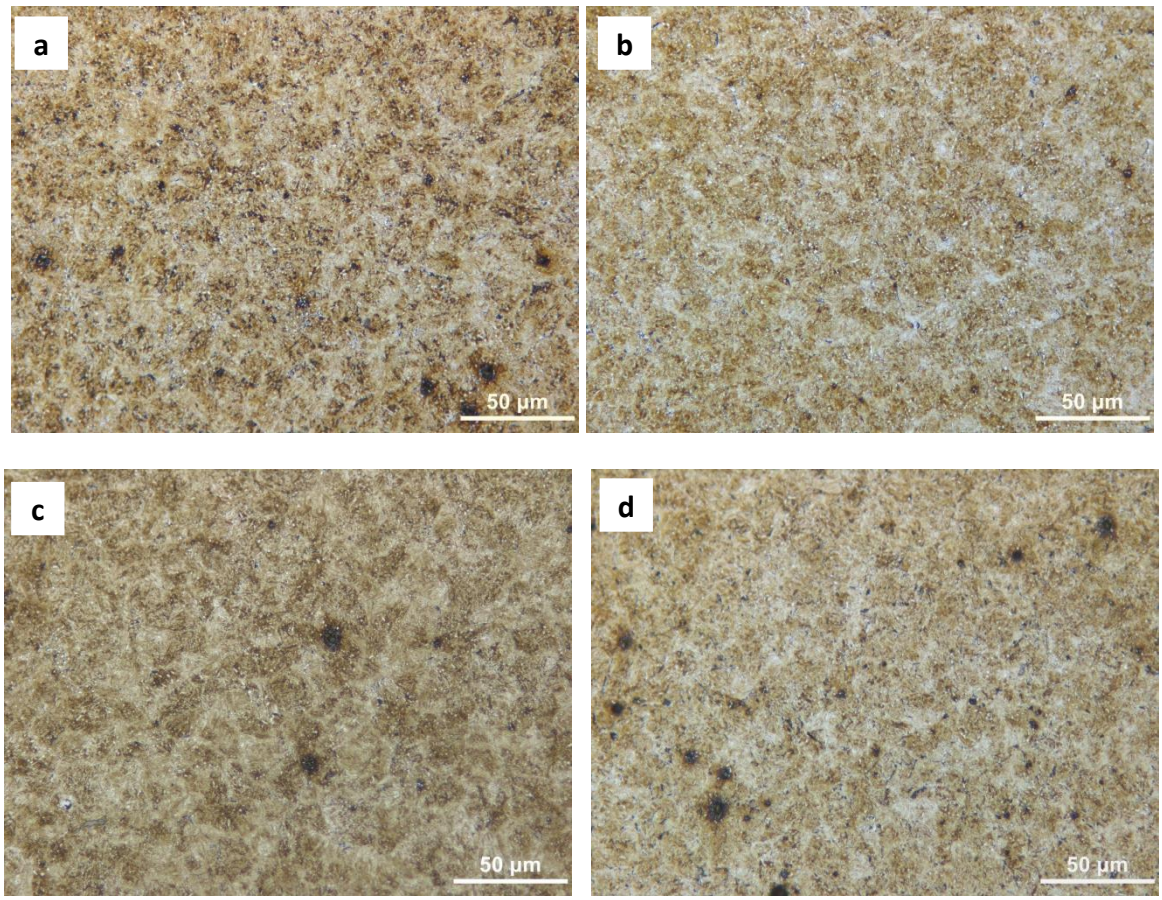


Şekil 2. *Isıl işlem öncesi AISI52100 çeliğinin mikroyapısı*

850°C'de 60 dakika östenitleme ısıl işleminden hemen sonra 100°C'de yağda hızlı soğutma sonucunda mikroyapı martenzit, beynit, kalıntı östenit'ten oluşmaktadır (Şekil 3).



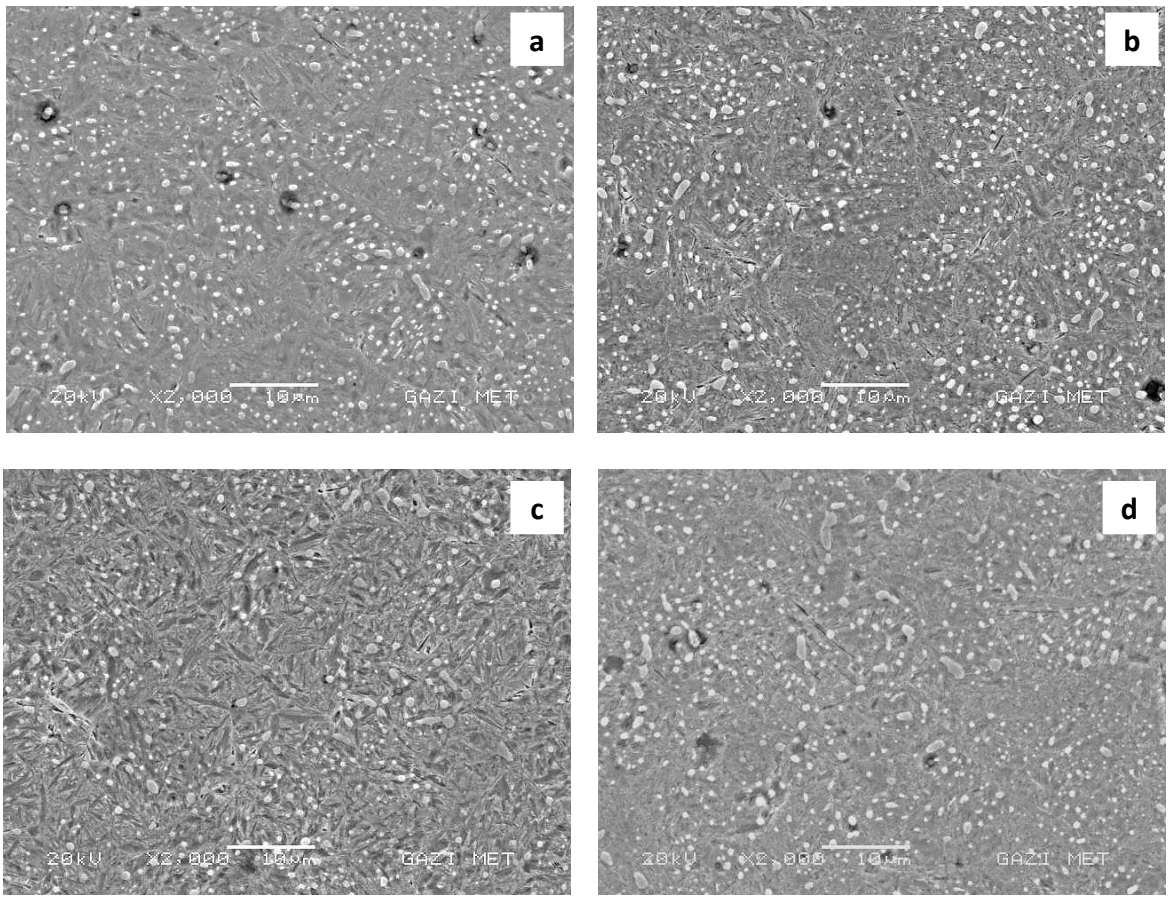
Şekil 3. *850°C'de 60 dakika östenitlenmiş ardından 100 °C'deki yağda su verilmiş ve oda sıcaklığına havada soğutulmuş AISI 52100 çeliğinin mikroyapısı*



Şekil 4. *AISI 52100 çeliğinin farklı yük altında hazırlanan metalografi numunelerinin optik mikroskopta elde edilmiş mikroyapı görüntüleri; a) 20 N, b) 40 N, c) 80 N ve d) 100 N .*

Optik mikroyapılar incelendiğinde 4 farklı yüklemede hazırlanan metalografi numunelerinde belirgin bir fark gözlemlenmemiştir. 20N - 40N - 80N - 100N yükler altında hazırlanan numunelerin mikro

yapısında martenzit, beynit ve kalıntı östenit görülmektedir. Bu numuneler arasında kalıntı östenit hacim oranında herhangi bir farklılık olup olmadığını tespit etmek için XRD analizi yapılmıştır.

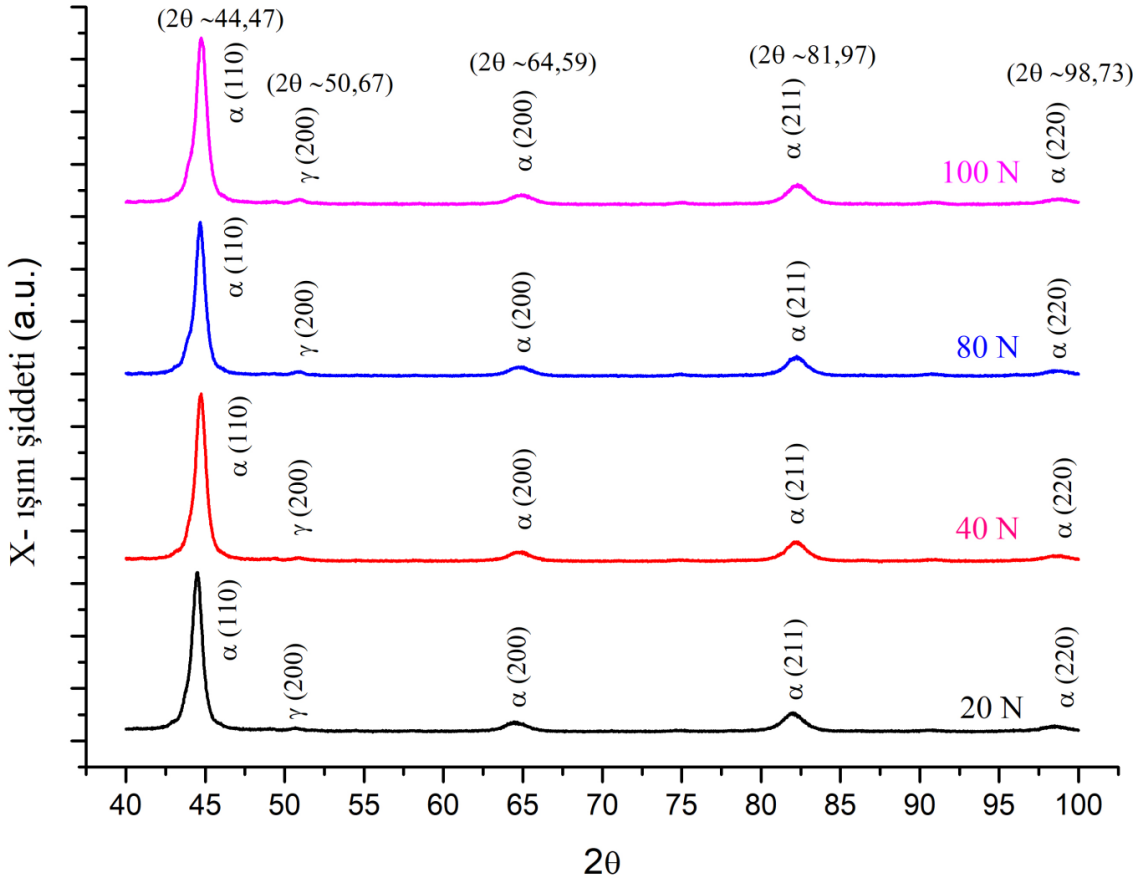


Şekil 5. *AISI 52100 çeliğinin farklı yükler altında hazırlanmış metalografi numunelerinden SEM'de elde edilmiş mikrografileri; a) 20 N, b)40 N, c) 80 N, ve d) 100 N*

Dört farklı yüklemede hazırlanan numunelerin XRD desenleri Şekil 6'da ve uygulanan yük- kalıntı östenit hacim oranları arasındaki ilişki Şekil 7'de verilmiştir. Metalografik numune hazırlama işlemi sırasında 20 N ile 100 N arasındaki yüklemelerin XRD desenlerini önemli ölçüde etkilemediği görülmektedir (Şekil 7). XRD desenlerinde nispi farka yüzey pürüzlülüğünün etkisi olabileceği değerlendirilmektedir. Numunelere uygulanan yüzey hazırlık işlemlerinin özeti, numune adları ve yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. *Numune adları, uygulanan yüzey hazırlık işlemleri ve yüzey pürüzlülük ölçüm değerleri*

Numune Adı	***Uygulanan Yüzey Hazırlığı İşlemi***	***Yüzey Pürüzlülüğü (Ra, µm)***
20N	Zımpara (120#→320#→600#→800#→1200#)→ Polisaj (6 µm→3 µm→1 µm)	0,114±0,024
40N	Zımpara (120#→320#→600#→800#→1200#)→ Polisaj (6 µm→3 µm→1 µm)	0,099±0,009
80N	Zımpara (120#→320#→600#→800#→1200#)→ Polisaj (6 µm→3 µm→1 µm)	0,105±0,005
100N	Zımpara (120#→320#→600#→800#→1200#)→ Polisaj (6 µm→3 µm→1 µm)	0,080±0,008



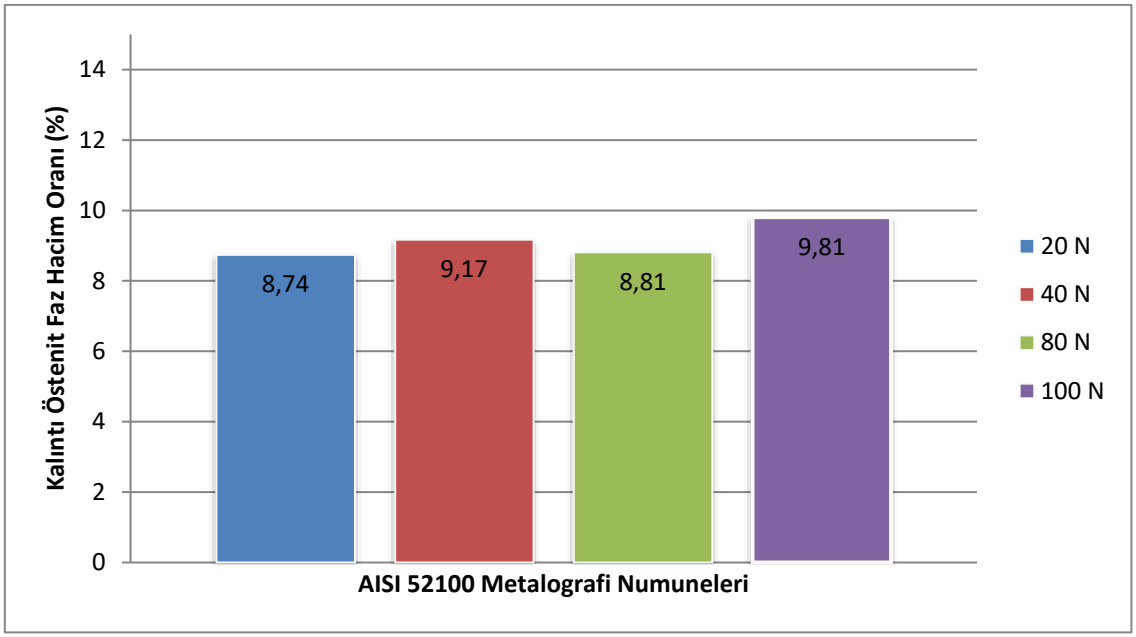
Şekil 6. *Dört farklı yük altında hazırlanmış metalografi numunelerinin XRD desenleri*

Çelik metalografi numunelerini hazırlama işlemleri sırasında zımpara kâğıdı kaynaklı deformasyonun ve aşırı parlatma işleminin kalıntı östenitin martenzite dönüşmesine neden olabileceği ve kalıntı östenit hacim oranının XRD ile belirlenmesinde sonuçlara yansıyabileceği ASTM E975-13 standardında belirtilmektedir [22].

Witte ve Lesch [1] metalografi numunelerini hazırlama sırasında kalıntı östenit miktarındaki değişimi gözlemek amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmalarında en az % 2 manganlı sıcak haddelenmiş çelik levha malzeme kullanılmıştır. Deneysel çalışma sonuçları numune hazırlama işleminde yaklaşık %45 olan kalıntı östenit hacim oranının % 20 bandına düştüğünü göstermiştir [1].

Molkeri ve arkadaşları [7] yaptıkları çalışmada % 28.8 ve %54.8 kalıntı östenit hacim oranlarına sahip iki farklı yüksek karbonlu çok fazlı çeliklerde numune hazırlama sırasındaki abrasiv etkinin kalıntı östenitin martenzite dönüşmesine neden olabileceğini, malzemenin 100°C-500°C arasında uzun süre beklemesinin kalıntı östenitin tamamının martenzite dönüştüreceğini ve nano indentasyon testinde kalıntı östenitin 70 nN yük altında martenzite dönüştüğünü gözlemişlerdir [7].

Qiao ve arkadaşlarının kalıntı östenitin mekanik kararlılığının nano indentasyonla tespit edilmesi çalışmasında su verilmiş yüksek karbonlu çelikte % 29 kalıntı östenit aynı çeliğin temperlenmesinden sonra %11 kalıntı östenit elde etmişlerdir. Farklı kalıntı östenit hacim oranlarına sahip bu çeliklerde kalıntı östenit üzerinde nano-indentasyon uygulamışlardır. Nano-indentasyonlu bu çeliklerininn geçirimli elektron mikroskobuyla yapılan incelemelerinde %29 kalıntı östenit hacim oranına sahip çeliğin indentöre sınır olan kısımda indentörün oluşturduğu gerilim kaynaklı martenzit dönüşümü gözlenirken %11 kalıntı östenit içeren numunede gözlenmemiştir. Qiao ve arkadaşları bu duruma martenzit hacim oranının fazla olmasının daha fazla gerilim yaratması sebebiyle kalıntı östeniti daha kararlı hale getirdiğini ifade etmişlerdir [21].



Şekil 7. *Dört farklı yük altında hazırlanmış metalografi numunelerinde kalıntı östenit hacim oranı (%)*

Gerçekleştirilen mevcut çalışmada elde edilen kalıntı östenit hacim oranı dikkate alındığında (yaklaşık % 9) metalografik numune hazırlama sırasında kalıntı östenit kararlılığının Qiao ve arkadaşlarının [21] yaptığı çalışmadaki % 11 kalıntı östenit içeren numunede gözlenen kararlılığa paralellik gösterdiği görülmektedir. Hali hazırdaki çalışmada literatürdeki çalışmalardan farklı olarak dört faklı yükleme yapılmış ve yükün artmasına rağmen kalıntı östenitin kararlılığında kayde değer bir değişim gözlenmemiştir. Bu sonuç kalıntı östenit hacim oranı azalırken martenzit hacim oranının artmasının kalıntı östenit üzerinde daha fazla baskı oluşturarak kararlılığı artırmasına ve bu durumda mekanik zorlamalarda da bu kararlılığı sürdürebilmesine atfedilebilir.

Tablo 3 ve şekil 7'deki sonuçlar incelendiğinde literatüre [25-28] benzer şekilde yüzey pürüzlülüğünün XRD desenlerini etkilediği yüzey pürüzlülüğü arttıkça XRD piklerinin şiddetinde azalma meydana geldiği görülmüştür. Bu sebeple XRD piklerindeki minimal değişime yüzey pürüzlülüğünün neden olduğu düşünülmektedir.

Dört farklı yük altında hazırlanmış metalografi numunelerin sertlik ölçüm sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. *Sertlik Sonuçları*

Numune	***Sertlik (HRC)***
20N	65,03 ± 0,12
40N	65,14 ± 0,26
80N	65,48 ± 0,14
100N	65,37 ± 0,13

Tablo 4'teki sertlik sonuçları incelendiğinde numunelerin sertlik değerleri arasında neredeyse hiç fark gözlemlenmemiştir. Bu sonuç AISI 52100 çeliğinde yaklaşık % 9 olan kalıntı östenit hacim oranına 100 N'a kadar uygulanan yüklerin herhangi bir faz dönüşümüne sebebiyet vermediğinin göstergesi olarak düşünülebilir.

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada su verilmiş yaklaşık % 9 kalıntı östenit hacim oranına sahip AISI 52100 çeliğinden metalografi numune hazırlama işleminde uygulanan dört farklı yüklemenin (20-100 N) kalıntı östenit hacim oranı üzerine etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir;

1- Su verilmiş AISI52100 çeliğinin mikroyapısı martenzit, beynit, ve yaklaşık % 9 kalıntı östenit'ten oluşmuştur.
2- 20-100 N arasında yapılan yüklemelerde kalıntı östenit kararlılığını korumuştur.
3- XRD analizleri sonucunda kalıntı östenit hacim oranındaki minimal farka (% 8,74 - % 9.81) yüzey pürüzlülüğünün etki ettiği tespit edilmiştir.
4- Sertlik sonuçları arasında belirgin bir fark gözlemlenmemiştir. Bu durum kalıntı östenitin martenzite dönüşmediğinin bir işareti olduğu düşünülebilir.
5- Düşük kalıntı östenit hacim oranlarında martenzit hacim oranının fazla olmasının kalıntı östenit üzerinde daha fazla baskı oluşturarak kararlılığı artırdığı ve bu durumda mekanik zorlamalarda da östenitin bu kararlılığını sürdürebildiği değerlendirilmiştir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENTS)

Çalışmamızın gerçekleştirilmesinde kullanmış olduğumuz alt yapı ve laboratuvar imkânlarının kurulmasını sağlayan Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

[1] Witte M., Lesch C., On the improvement of measurement accuracy of retained austenite in steel with X-ray diffraction, Materials. Characterization, 139 (111–115), (2018).

[2] Mark A.F., Wang X., Essadiqi E., Embury J.D., Boyd J.D., Development and characterization of model TRIP steel microstructures, Mater. Sci. Eng. A, vol. 576, pp. 108–117, 2013.

[3] E. Oktay, V. Kılıçlı, M. Erdoğan, Östemperlenmiş Küresel Grafitli Dökme Demirlerde İndüksiyonla Yüzey Sertleştirmenin Yorulma Sınırı Üzerine Etkisi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji, 6(668–679), (2018).

[4] Lai J., Huang H., and Buising W., Effects of microstructure and surface roughness on the fatigue strength of high-strength steels, Procedia Struct. Integr., 2(1213–1220), (2016).

[5] Dutta T., Das D., Banerjee S., Saha S.K., Datta S., An automated morphological classification of ferrite-martensite dual-phase microstructures, Meas. J. Int. Meas. Confed., 137(595–603), (2019).

[6] Azizi G., Mirzadeh H., Parsa M.H., The effect of primary thermo-mechanical treatment on TRIP steel microstructure and mechanical properties, Mater. Sci. Eng. A, 639(402–406), (2015).

[7] Molkeri A., Pahlevani F., Emmanuelawati I., Sahajwalla V., Thermal and mechanical stability of retained austenite in high carbon steel: An in-situ investigation, Mater. Lett., 163(209–213), (2016).

[8] Nishiyama Z. (1978), Martensitic Transformation, London: Academic Press Inc., 476.

[9] Smith W.F. (Çev.: M. Erdoğan). (2000), Mühendislik Alaşımlarının Yapı ve Özellikleri, Ankara: Nobel Yayınları, 34.

[10] Tang Z.Y., Huang J.N., Ding H., Cai Z.H., and Misra R.D.K., Austenite stability and mechanical properties of a low-alloyed ECAPed TRIP-aided steel, Mater. Sci. Eng. A, 724(95–102), (2018).

[11] Järvenpää A., Jaskari M., Man J., and Karjalainen L.P., Austenite stability in reversion-treated structures of a 301LN steel under tensile loading, Mater. Charact., 127(12–26), (2017).

[12] R.D.K. Misra, Zhang Z., Jia Z., Somani M.C., and Karjalainen L.P., Probing deformation processes in near-defect free volume in high strength–high ductility nanograined/ultrafine-grained (NG/UFG) metastable austenitic stainless steels, Scr. Mater., 63(1057–1060), (2010).

[13] Leal R.H., Guimarães J.R.C., Microstructure evolution during mechanically induced martensitic transformation in Fe-33%Ni-0.1%C, Mater. Sci. Eng.,48(249–254), (1981).

[14] Li Z.C., Misra R.D.K., Cai Z.H., Li H.X., Ding H., Mechanical properties and deformation behavior in hot-rolled 0.2C-1.5/3Al-8.5Mn-Fe TRIP steel: The discontinuous TRIP effect, Mater. Sci. Eng. A, 673(63–72), (2016).

[15] García-Mateo C., Caballero F.G., The role of retained austenite on tensile properties of steels with bainitic microstructures, Mater. Trans., 46(1839–1846), (2005).

[16] Sierra R., Nemes J.A., Investigation of the mechanical behaviour of multi-phase TRIP steels using finite element methods, Int. J. Mech. Sci., 50(649–665), (2008).

[17] Cheng X., Petrov R., Zhao L., Janssen M., Fatigue crack growth in TRIP steel under positive R-ratios, Eng. Fract. Mech., 75(739–749), (2008).

[18] Shen Y.F., Qiu L.N., Sun X., Zuo L., Liaw P.K.,Raabe D., Effects of retained austenite volume fraction, morphology, and carbon content on strength and ductility of nanostructured TRIP-assisted steels, Mater. Sci. Eng. A, 636(551–564), (2015).

[19] Wang M.M., Tasan C.C., Ponge D., Kostka A., Raabe D., Smaller is less stable: Size effects on twinning vs. transformation of reverted austenite in TRIP-maraging steels, Acta Mater., 79(268–281), (2014).

[20] Choi K.S., Soulami A., Liu W.N., Sun X., Khaleel M.A., Influence of various material design parameters on deformation behaviors of TRIP steels, Comput. Mater. Sci., vol. 50, no. 2, pp. 720–730, Dec. 2010.

[21] Qiao X., Han L., Zhang W., Gu J., Nano-indentation investigation on the mechanical stability of individual austenite in high-carbon steel, Mater. Charact., vol. 110, pp. 86–93, Dec. 2015.

[22] ASTM E-975, (2013), Standard Practice for X-Ray Determination of Retained Austenite in Steel with Near Random Crystallographic Orientation, ASTM, USA.

[23] Vander Voort, G. F. (1999). Metallography, Principles and Practice. USA: ASM International, 655.

[24] Roberts C.S. Effect of carbon on the volume fractions and lattice parameters of retained austenite and martensite, Trans. AIME, 197(203-204), 1953.

[25] Kaynak Y., Tascioglu E., Finish machining-induced surface roughness, microhardness and XRD analysis of selective laser melted Inconel 718 alloy, Procedia CIRP, 71(500–504), (2018).

[26] Pitschke W., Hermann H., Mattern N., The influence of surface roughness on diffracted X-ray intensities in Bragg–Brentano geometry and its effect on the structure determination by means of Rietveld analysis, Powder Diffraction, 8(74-83), (1993).

[27] Suortti P., Effects of porosity and surface roughness on the X-ray intensity reflected from a powder specimen, J. Appl. Cryst., 5(325-331), (1972).

[28] Zhang M.X., Kelly P.M., Bekessy L.K., Gates J.D., Determination of retained austenite using an X-ray texture goniometer, Mater. Charact., 45(39–49), 2000.