



AISI 304 paslanmaz sac malzemenin lazerle işlenmesinde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü, kerf genişliği ve çapak yüksekliğine etkisinin araştırılması

Investigation the effect of cutting parameters on surface roughness, kerf width and dross height in laser processing of AISI 304 stainless sheet material

İbrahim Cebeci¹ , Barış Özlü^{2,*} , Halil Demir³ 

¹ Tan Kauçuk San. ve Tic. Limited Şirketi, Organize Sanayi, 54500, Sakarya, Türkiye

² Aksaray Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, 68100, Aksaray, Türkiye

³ Karabük Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, 78050, Karabük, Türkiye

Öz

Yapılan çalışmada, AISI 304 paslanmaz sac malzemenin lazer kesim işleminde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü, kerf genişliği ve çapak yüksekliği üzerine etkileri araştırılmıştır. Lazer kesme işleminde iki farklı gaz basıncı (0.8 bar ve 1 bar), dört farklı kesme hızı (20 mm/sn, 24 mm/sn, 28 mm/sn ve 32 mm/sn) ve dört farklı frekans (3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz ve 5000 Hz) değerleri kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri, değişken kesme parametreleriyle kesilmiş sac malzeme üzerinde yapılmıştır. Dijital mikroskop kullanılarak numunelerin kerf genişlikleri ve çapak yükseklikleri ölçülmüştür. Sonuç olarak, kesme hızının artması ile yüzey pürüzlülüğü, kerf genişliği ve çapak yüksekliğinin azalmasına neden olmuştur. Frekans değerinin artırılması yüzey pürüzlülük ve çapak yüksekliğinin azalmasına ve kerf genişliğinin artmasına neden olmuştur. Frekans değerinin değiştirilmesinin çapak yüksekliği üzerine önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Lazer kesim, AISI 304 paslanmaz sac malzeme, Yüzey pürüzlülüğü, Kerf genişliği, Çapak yüksekliği

1 Giriş

AISI 304 paslanmaz sac malzeme, hijyenik özelliği, korozyon dayanımı, yüksek ve düşük sıcaklıklarda dayanım, imalat kolaylığı ve mekanik dayanım özellikleri nedeniyle günlük hayatta hemen hemen her alanda kullanılmasıyla günlük hayatın bir parçası haline gelmiştir. Ek olarak, farklı ısı işlem prosesleriyle sertleştirme olmadan uygun işlenebilirliğe sahiptir [1-2].

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte gelişen işleme prosesleri arasında lazer kesim, çok farklı malzemelerin işlenmesinde kullanılan en yaygın termal bazlı işleme yöntemlerinden biri olduğu bilinmektedir. Lazer kesme işlemi, lazer ışını iş parçası malzemesinin yüzeyine odaklanarak ergitme veya buharlaştırma ile yapılmaktadır. Karmaşık şekiller üzerinde hızlı çalışma, işleme yapılan parça üzerinde mekanik stres oluşturmaması, malzeme sarfiyatını azaltması, ekolojik olarak temiz teknolojisi olması

Abstract

In the study, laser cutting of AISI 304 stainless sheet material were investigated the effects of cutting parameters on surface roughness, kerf width and dross height. In laser cutting were used two different gas pressures (0.8 bar ve 1 bar), four different cutting speeds (20 mm/sec, 24 mm/sec, 28 mm/sec ve 32 mm/sec) and four different frequency (3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz ve 5000 Hz). Surface roughness measurements were made on the sheet material cut with variable cutting parameters. Kerf widths and dross heights of the samples were measured using a digital microscope. As a result, the increase in cutting speed has caused surface roughness, kerf width and dross height to decrease. Increasing the frequency value has caused the surface roughness and dross height to decrease and kerf width to increase. It has been observed that changing the frequency value does not have a significant effect on the burr height.

Keywords: Laser cutting, AISI 304 stainless sheet material, Surface roughness, Kerf width, Dross height

ve hassas ölçülerde çalışma yeteneğine sahip yüksek enerji yoğunluklu bir işleme yöntemidir [3]. Lazer kesimde, proses performansı üzerinde önemli rol oynayan sayısız parametreye sahip karmaşık bir işleme sürecidir. Özellikle verimlilik, parça kalitesi ve maliyetin en aza indirilmesi lazer kesim teknolojisini kullanan imalatçıların hedef noktasıdır. Bu hedeflere ulaşılabilmesi için genellikle kesme parametreleri ayarlarının doğru ve en optimal değerlerin seçilmesi ile ulaşılabilir. Bununla birlikte bir kalite özelliği için optimum kesme parametre ayarları diğer kalite özelliklerini olumsuz olarak etkilemektedir [4].

Literatür incelemesi sonucu, lazer kesme işleminde parça kalitesini iyileştirmek amacıyla lazer kesme parametrelerinin çıktı parametreleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla birçok çalışma yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir. AISI 304 sac malzemesinin lazer kesim tezgâhlarında kesilmesinde kullanılan işleme parametrelerinin yüzey

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: barisozlu@aksaray.edu.tr (B. Özlü)

Geliş / Received: 06.07.2020 Kabul / Accepted: 21.03.2022 Yayınlanma / Published: 15.04.2022

doi: 10.28948/ngumuh.764983

pürüzlülüğü üzerine etkileri incelenmiştir. Deneylerde ilerleme hızı, güç, basınç ve yardımcı gaz gibi parametreler değişken parametreler olarak kullanılmıştır. Sonuç olarak lazer kesme işleminde, yardımcı gaz olarak azot gazının kullanıldığı, 1700 W kesme gücü, 1600 mm/sn ilerleme hızında ve 9 bar gaz basıncında optimum yüzey pürüzlülüğünü elde edilmiştir. Ayrıca yapılan çalışmada ilerleme hızının artması ile yüzey pürüzlülüğünün kötüleştiği görülmüştür [5]. 1.27 mm kalınlığındaki AISI 4130 sac malzemesinin lazer ile kesilmesinde dört farklı ilerleme hızı ve dört farklı lazer gücü seçilerek yapılan deneylerde, kerf genişliği, yüzey pürüzlülüğü, ısı tesiri altında kalan bölgenin büyüklüğü ve şeritleme frekansı üzerine etkileri incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda kerf genişliği üzerine en etkin parametrenin lazer gücünün olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğü ve şeritleme frekansı üzerine önemli bir etkiye sahip olduğunu görmüşlerdir [6]. 6 mm kalınlığındaki Hardox 400 malzemesinin lazer kesme işleminde üç farklı lazer gücü, gaz basıncı, frekans ve kesme hızı kesme parametresi olarak belirlemişlerdir. Kesme parametrelerinin kerf genişliği üzerine etkisini incelemişlerdir. Deneyler sonucunda, 1000 W düşük lazer gücünde, 0.6 bar gaz basıncı, 200 mm/sn kesme hızında ve 25 Hz frekans değerinde 0.19 mm en düşük kerf genişliği ölçülmüştür. Ayrıca, en yüksek 2000 W lazer gücünde, 0.7 bar gaz basıncı, 600 mm/sn kesme hızında ve 20 Hz frekans değerinde 2.56 mm en yüksek kerf genişliği ölçülmüştür [7]. 3 mm kalınlığındaki AISI 304 paslanmaz çeliği farklı lazer kesme parametreleri ile keserek kesme parametrelerinin kerf genişliği ve kerf açısına etkisini incelemişlerdir. Çalışmada kerf genişliği ve kerf açısı için optimum işleme parametrelerinin bulunması için Taguchi metodu kullanılmıştır. Sonuç olarak, 1.8 kW lazer gücü, 3 mm/sn kesme hızı, 9 bar gaz basıncı ve -0.5 mm odak noktasında 0.312 mm en düşük kerf genişliğini ölçmüşlerdir. 1.6 kW lazer gücü, 2.5 mm/sn kesme hızı, 9 bar gaz basıncı ve -1.5 mm odak noktasında 0.83° kerf koniği ile optimum değerleri tespit etmişlerdir [8]. Araştırmacıların yaptıkları bu çalışmada gelişen lazer işleme teknolojisinde istenilen yüksek ölçü tamlığı, iyi yüzey pürüzlülüğü, daha düzgün ve dar kesim izi aralığı ile daha düşük enerji sarfiyatı gibi çıktılarının elde edilebilmesi için işleme parametrelerinin optimum değerlerinin ayarlanması gerekmektedir. Bu çalışmada işleme parametrelerinin çıktılar üzerindeki etkileri literatürü tarayarak etkilerini ortaya koymuşlardır [9]. Ti6Al4V alaşımının lazer gücü, kesme hızı ve gaz basıncı gibi farklı işleme parametreleriyle kesilmiştir. İşleme parametrelerinin yeniden katılma bölgesi, kerf açısı ve kerf genişliği üzerine etkilerini incelemişlerdir. Lazer gücünün arması ile yeniden katılma bölgesinin kalınlığı artarken kesme hızının artması ile yeniden katılma bölgesinin kalınlığının azaldığı görülmüştür. Lazer gücü ve kesme hızı kerf genişliğinin artmasında önemli rol oynarken gaz basıncının daha az olduğu görülmüştür. Kesme hızının düşük olması, gaz basıncının ve lazer gücünün yüksek olması kerf açısını azalttığını tespit etmişlerdir [10].

Yapılan çalışmada AISI 304 paslanmaz çeliğin lazerle işlenmesinde kesme hızının, frekans ve gaz basıncı gibi

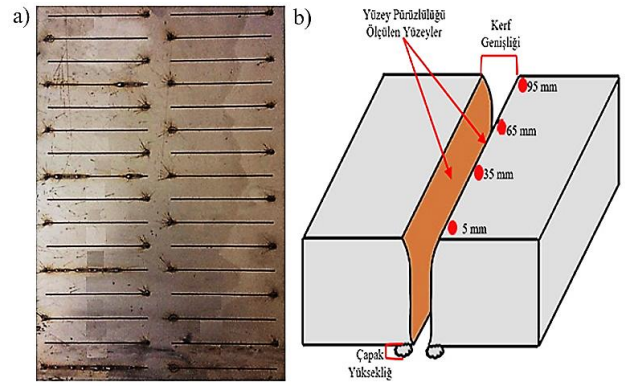
kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü, kerf genişliği ve çapak yüksekliği üzerine etkilerinin deneysel olarak incelenmesi amaçlanmıştır.

2 Materyal ve metot

Yapılan çalışmada, AISI 304 kalite paslanmaz sac malzemesi endüstride en yaygın kullanılan malzemelerden biri olduğu bilinmektedir. Deneylerde kullanılan AISI 304 kalite paslanmaz sac malzemesinin kimyasal kompozisyonu Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Mevcut çalışmada kullanılan AISI 304 kalite paslanmaz sac malzemesinin kimyasal kompozisyonu

Malzeme	Element						
	C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni
AISI 304	0.05	1.537	0.034	0.003	0.572	18.07	8.05



Şekil 1. (a) Lazerde işlenmiş numune, (b) numuneler üzerinden ölçüm yapılan noktalar ve konumlar



Şekil 2. Deneylerde kullanılan SUNTOP ST-FC3015 marka üç eksenli CNC lazer kesim tezgâhı

Lazer ile kesme işlemi yapılan numune ve numune üzerinden ölçümlerin yapılacağı noktalar ile konumları Şekil 1(a) ve (b)'de gösterilmiştir. Lazer kesme işlemlerinin yapılmasında SUNTOP ST-FC3015 marka üç eksenli CNC lazer kesim tezgâhı kullanılmış (Şekil 2) ve kullanılan lazer kesim tezgâhının özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

AISI 304 kalite paslanmaz sac malzemenin lazerle kesme deneylerinde dört farklı kesme hızı, dört farklı frekans ve iki farklı gaz basıncında gerçekleştirilmiştir. Lazer kesme deneylerinde O₂ (Oksijen) gazı, %100 güç yoğunluğu, 5"

lens ve lazer ışınının çıkış noktasında kullanılan ucun çapı (nozzle) 2 mm olarak belirlenmiştir. Lazer kesme deneylerinde kullanılan kesme parametreleri **Tablo 3**'de verilmiştir.

Tablo 2. Deneylerde kullanılan SUNTOP ST-FC3015 marka üç eksenli CNC lazer kesim tezgâhının özellikleri

Özellikler	Parametreleri
Maksimum lazer gücü	800 W
Lazer dalga boyu	1064 nm
Etkili işleme alanı	1500x3000 mm
X/Y eksenli konumlandırma hassasiyeti	± 0.03 mm
X/Y eksenli konumlandırma hassasiyeti	0.05/m
Z eksenli rotası	120 mm
Maksimum kesme kalınlığı	≤10 mm
Tüketilen toplam güç	≤8 KW
Yardımcı gaz	O ₂
Maksimum malzeme kesme kalınlığı (Paslanmaz çelik)	6 mm

Tablo 3. Deneylerde kullanılan kesme parametreleri

Kesme Parametreleri	Seviyeler			
	1	2	3	4
Kesme Hızı (mm/sn)	20	24	28	32
Frekans (Hz)	3500	4000	4500	5000
Basınç (Bar)	0.8	1	-	-

Lazer kesme işlemi sonucu numunelerin yüzey pürüzlülük ölçümlerinde **Şekil 3**'te görülen Mitutoyo Surface SJ-210 model test cihazı kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülüğünün ölçümlerine başlamadan önce yüzey pürüzlülük cihazı, yüzey pürüzlülük değerleri bilinen kalibrasyon bloğu ile kalibrasyonu yapılmıştır.



Şekil 3. Mitutoyo Surface SJ-210 yüzey pürüzlülük test cihazı

Örnekleme uzunluğu 0.8 mm olarak seçilmiş ve yüzey pürüzlülüğü ölçülecek yüzey uzunluğu örnekleme uzunluğunun beş katı (4 mm) olarak belirlenmiştir. Ölçümler lazer kesme yönüne dik konumda 4 farklı noktadan yapılan yüzey pürüzlülük değerinin aritmetik ortalaması hesaplanarak belirlenmiştir.

Numunelerin kerf genişlikleri ve çapak yüksekliği numune kesme işlemine başlandığı noktadan başlayarak 5 mm ve daha sonra 30 mm aralıklarla dört farklı noktadan (**Şekil 1(b)**) alınan ölçüler ile belirlenmiştir. Kerf genişliğinin ve çapak yüksekliğinin ölçümünde **Şekil 4**'te

verilen 1600x1200 çözünürlüğe sahip Insize marka ISM-PM200SA dijital mikroskop kullanılmıştır.



Şekil 4. ISM-PM200SA dijital mikroskop

3 Bulgular ve tartışma

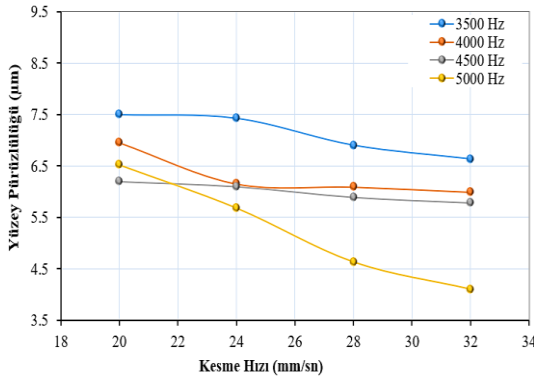
3.1 Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi

İmalat sektöründe yaygın olarak kullanılan AISI 304 paslanmaz sac malzemesini lazer ile kesilmesinde en iyi işleme parametrelerini bulmak ve pürüzsüz bir yüzey elde etmek için, iki farklı gaz basıncında, dört farklı kesme hızında ve dört farklı frekans değerlerinde işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri araştırılmıştır (**Şekil 4**).

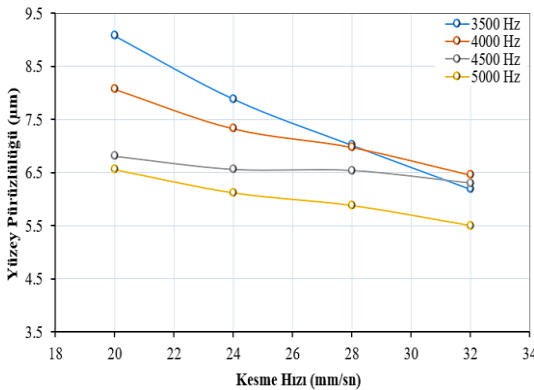
Şekil 5'de AISI 304 paslanmaz sac malzemesini 0,8 bar basınçta, dört farklı kesme hızı (20, 24, 28 ve 32 mm/sn) ve dört farklı frekansta (3500, 4000, 4500 ve 5000 Hz) kesme işlemi sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülük sonuçları verilmiştir. 20 mm/sn kesme hızında ve 3500 Hz frekansta en yüksek yüzey pürüzlülük değerleri 7.5 µm ölçülmüştür. 20 mm/sn kesme hızında frekans değerlerinin yaklaşık %14.3 (4000 Hz), %28.6 (4500 Hz) ve %42.85 (5000 Hz) artırılması ile yüzey pürüzlülük değerleri sırası ile ortalama %7.3 (6.95 µm), %17.3 (6.2 µm) ve %13.1 (6.52 µm) oranlarında azaldığı görülmüştür. Kesme hızının 20 mm/sn'den 32 mm/sn'ye kadar artırılması ile yapılan deneylerde bütün frekans değerlerinde yüzey pürüzlülüğünün azaldığı görülmüştür. Kesme hızını artırarak yapılan deneylerde yüzey pürüzlülük değerlerindeki azalmanın nedeni, lazer kesme işleminin yüksek sıcaklıkta malzemeyi ergiterek gerçekleştiği için kesme hızının düşük olması, kesme anında lazer ışınlarının kesilen malzemeyle etkileşiminin daha uzun süreli olması demektir. Kesme işleminde etkileşim süresinin uzun olması, kesilen malzemeye ısının daha fazla nüfuz etmesi ve kesilen yüzeyi daha fazla olumsuz etkilemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. 0.8 bar basınçta, kesme hızının 32 mm/sn ve frekansın 3500 Hz yapılan kesme işleminde yüzey pürüzlülük değeri 6.63 µm olmuştur. 32 mm/sn kesme hızında frekans değerinin 5000 Hz çıkarılması ile yapılan deneylerde 0.8 bar basınçta 4.1 µm ile en düşük yüzey pürüzlülük değerine ulaşılmıştır.

AISI 304 paslanmaz sac malzemesini 1 bar basınçta, dört farklı kesme hızı (20, 24, 28 ve 32 mm/sn) ve dört farklı frekansta (3500, 4000, 4500 ve 5000 Hz) kesme işlemi sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri **Şekil 6**'de

görülmektedir. 20 mm/sn kesme hızında ve 3500 Hz frekansta yüzey pürüzlülük değeri 9.08 μm ölçülmüştür. 20 mm/sn kesme hızında frekansın 5000 Hz çıkarılması ile yüzey pürüzlülük değeri % 27.75 oranında azalarak 6.56 μm olmuştur. Kesme hızının 20 mm/sn'den 32 mm/sn'ye kadar artması ile yapılan deneylerde bütün frekans değerlerinde yüzey pürüzlülük değerlerinde azalma olduğu görülmüştür. 3500 Hz frekans değerlerinde kesme hızının 32 mm/sn'ye çıkarılması ile yapılan deneylerde yüzey pürüzlülüğü ortalama %31.8 oranında azalarak 6.19 μm ölçülmüştür. Frekans değerinin %42.85 oranında artırılarak 5000 Hz çıkarılması ile yapılan deneylerde yüzey pürüzlülüğü azalarak 5.5 μm olmuştur. Yapılan çalışmada basıncın artması ile bütün kesme hızlarında ve frekans değerlerinde yüzey pürüzlülüğünün arttığı görülmüştür. Ayrıca lazerle kesme işleminde kesme hızının ve frekans değerlerinin artırılması yüzey pürüzlülüğünün azalmasına neden olmuştur. Özellikle kesme hızının artması ile kesme bölgesindeki ergitilen malzemenin az olduğu için daha kısa zamanda katılaşması daha iyi bir yüzey pürüzlülüğü sağlamaktadır. Bu sonuçlarla literatürde yapılan çalışmaların sonuçları tutarlılık göstermektedir [11].



Şekil 5. 0.8 bar basınçta kesme hızı ve frekansa bağlı yüzey pürüzlülük değişimleri



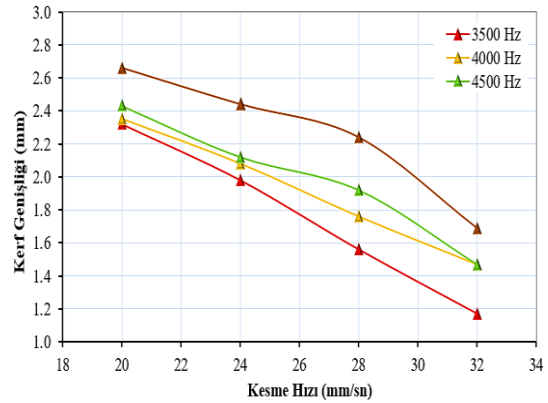
Şekil 6. 1 bar basınçta kesme hızı ve frekansa bağlı yüzey pürüzlülük değişimleri

3.2 Kerf genişliğinin değerlendirilmesi

AISI 304 paslanmaz sac malzemesini lazer ile kesilmesinde kerf genişliğinin ölçümleri, kesme işleminin başlangıç noktasından kesme işleminin son bulduğu noktaya kadar farklı noktalardan alınan ölçümlerin ortalama değerleri

ile belirlenmiştir. Deneyler iki farklı basınçta, dört farklı kesme hızında ve dört farklı frekans değerlerinde gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonucu iki farklı basınçta kesme hızının ve frekansın kerf genişliğine etkisi Şekil 7 ve Şekil 8'de verilmiştir.

AISI 304 paslanmaz sac malzemesini 0.8 bar basınçta, dört farklı kesme hızı (20, 24, 28 ve 32 mm/sn) ve dört farklı frekansta (3500, 4000, 4500 ve 5000 Hz) kesme işlemi sonucunda elde edilen kerf genişliğindeki değişim Şekil 7'da verilmiştir. Şekil 7'da 0.8 bar basınçta 20 mm/sn kesme hızında 3500 Hz frekans değerlerinde kerf genişliği 2.33 mm olmuştur. Frekans değerlerinin 4000, 4500 ve 5000 Hz çıkarılması ile kerf genişlikleri artarak sırası ile 2,35 mm, 2.43 mm ve 2,66 mm değerleri ölçülmüştür. Kesme hızının 32 mm/sn kadar artması ile bütün frekans değerlerinde kerf genişliğinin düzenli bir şekilde azaldığı tespit edilmiştir. 32 mm/sn kesme hızında 3500 Hz frekans değerlerinde kerf genişliği %49.57 azalarak 1.17 mm ile en düşük kerf değeri ölçülmüştür. 32 mm/sn kesme hızında frekans değerlerinin ortalama %14.3 (4000 Hz), %28.6 (4500 Hz) ve %42.85 (5000 Hz) artırılması ile yapılan deneylerde kerf genişliği değerleri artarak sırası ile 1.47 mm, 1.49 mm ve 1.69 mm olmuştur.

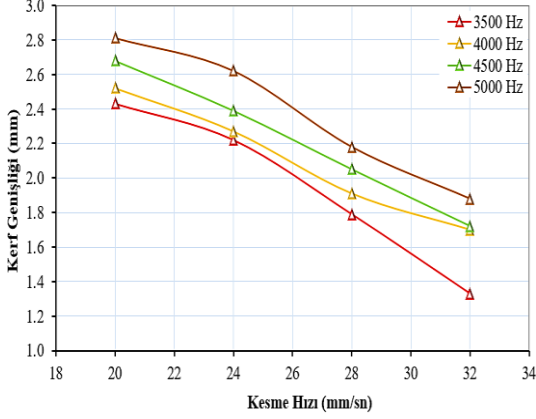


Şekil 7. 0.8 bar basınçta kesme hızı ve frekansa bağlı kerf genişliği değişimleri

Bir bar basınçta, dört farklı kesme hızı (20, 24, 28 ve 32 mm/sn) ve dört farklı frekansta (3500, 4000, 4500 ve 5000 Hz) AISI 304 paslanmaz sac malzemesini kesme işlemi sonucunda elde edilen kerf genişliği değişimi Şekil 8'de sunulmuştur.

Şekil 8'de görüldüğü gibi, bir bar basınçta 20 mm/sn kesme hızında 3500 Hz frekans değerlerinde yapılan kesme işleminde kerf genişliği 2.43 mm ölçülmüştür. 20 mm/sn kesme hızında frekans değerlerinin 4000 Hz, 4500 Hz ve 5000 Hz çıkarılması ile yapılan kesme işlemlerinde kerf genişliklerinde sırası ile %37.7 %10.29 ve %15.64 oranlarında artma görülmüştür. Bütün frekans değerlerinde kesme hızının artması ile kerf genişliklerinin azaldığı görülmüştür. Bir bar basınçta, 32 mm/sn kesme hızında ve 3500 Hz frekans değerinde yapılan kesme işlemlerinde kerf genişliği 1.33 mm ölçülmüştür. 32 mm/sn kesme hızında frekans değerinin 5000 Hz çıkarılması ile yapılan kesme işlemlerinde kerf genişliği 1.88 mm olmuştur. Yapılan deneylerde frekans değerlerinin artırılması daha büyük kerf

genişliğinin oluşmasına ve diğer taraftan kesme hızındaki artışın kerf genişliğinin azalmasına yol açtığı görülmüştür. Kesme hızının artırılması lazer ışını ile iş parçası arasında daha az etkileşim süresine neden olacağından kesilmiş çentik için sağlanan enerjiyi azalacaktır. Buda kesme bölgesinde daha az malzemenin erimesine ve düşük kerf genişliklerinin oluşmasına neden olacaktır [12].



Şekil 8. 1 bar basınçta kesme hızı ve frekansa bağlı kerf genişliği değişimleri

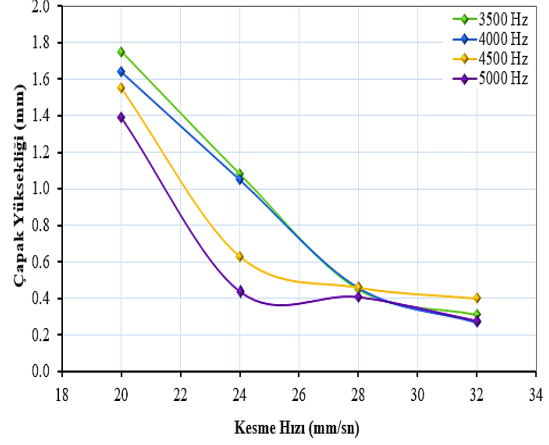
3.3 Çapak yüksekliğinin değerlendirilmesi

Çapak oluşumu ve oluşan çapağın yüksekliği genel olarak talaşlı imalat açısından değerlendirildiğinde ürün kalitesi etkileyen en önemli çıktılardan biri olduğu bilinmektedir. Lazer kesme işleminde de çapak oluşumu ve çapak yüksekliği ürün kalitesi bakımından dikkat edilmesi gereken bir diğer husustur. Çapak oluşumu iş parçasının lazer ile kesilmesinde işleme parametrelerinden ve iş parçasının geometrik özelliklerinden etkilenmektedir. Özellikle imalat açısından çapak oluşumunu etkileyen işleme parametrelerini en iyi şekilde anlayabilmek oldukça karmaşık bir durumdur. Fakat çapak oluşumuna neden olan parametreleri ve nedenlerinin yorumlayabilmek oldukça önemlidir [13]. Bu sebeple, AISI 304 paslanmaz sac malzemesinin iki farklı basınçta, dört farklı kesme hızında ve dört farklı frekans değerlerinde lazer ile kesme işlemi sonrasında numunelerin kenarlarında oluşan çapakların yükseklik değerleri ölçülmüş ve işleme parametrelerinin çapak oluşumlarına etkisi Şekil 9 ve Şekil 10'da verilmiştir.

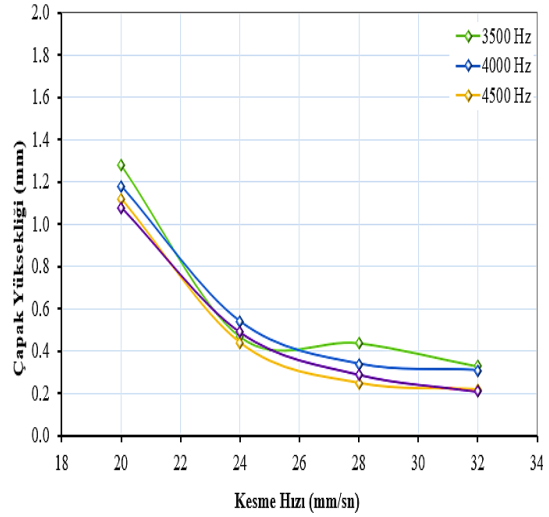
0.8 bar basınçta, dört farklı kesme hızında ve dört farklı frekans değerlerinde yapılan kesme işlemlerinde çapak oluşum miktarına etkileri Şekil 9'de verilmiştir. 20 mm/sn kesme hızında ve 3500 Hz frekans değerlerinde yapılan kesme işlemlerinde 1.75 mm ile en yüksek çapak yüksekliği değeri ölçülmüştür.

Çünkü kesme hızının düşük olması, ısı transfer süresini artırmaktadır. Isının meydana getirdiği hasarın genişliği daha fazla olmasını sağlayacak, ergiyen malzeme miktarının fazla olması ergiyik olarak akan malzemenin de artması ve çapak oluşumunun daha fazla olmasını etkilemektedir. Frekans değerinin 5000 Hz çıkarılması ile yapılan kesme işlemlerinde çapak yükseklikleri ortalama %20.57 oranında azalarak 1.39 mm olmuştur. Özellikle kesme hızının 28 mm/sn ve 32 mm/sn çıkarılması ile yapılan deneylerde çapak yüksekliğine frekans değerlerinin kayda değer bir etkisinin

olmadığı görülmüştür. Ancak kesme hızının 32 mm/sn çıkarılması ile 5000 Hz frekans değerinde yapılan deney sonucunda çapak yüksekliğinin %79.86 azalması ile 0.28 mm ile en düşük değer ölçülmüştür.



Şekil 9. 0.8 bar basınçta kesme hızı ve frekansa bağlı çapak yüksekliği değişimleri



Şekil 10. 1 bar basınçta kesme hızı ve frekansa bağlı çapak yüksekliği değişimleri

Şekil 10'da AISI 304 paslanmaz sac malzemesinin 1 bar basınçta, dört farklı kesme hızında ve dört farklı frekans değerlerinde yapılan kesme işlemlerinde çapak oluşum miktarına etkileri verilmiştir. 20 mm/sn kesme hızında ve 3500 Hz frekans değerinde çapak yüksekliği 1.28 mm ölçülmüştür. Frekans değerinin 5000 Hz çıkarılması ile yapılan kesme işlemlerinde çapak yüksekliği ortalama %15.63 oranında bir azalma olmuştur. Kesme hızının 32 mm/sn kadar çıkarılması ile yapılan kesme işlemlerinde 5000 Hz frekans değerinde çapak yüksekliği ortalama %85.55 oranında azalarak 0.21 mm ölçülmüştür. Yapılan çalışmada frekans değerinin çapak yüksekliği üzerine kayda değer bir etkisi olmazken, kesme hızının artması çapak yüksekliğinin azalmasına neden olmuştur. Kesme hızının artırılması, lazer ışını tarafından çalışma alanına enerji birikimini artırdığı unutulmamalıdır. Çünkü kesme hızının artması, ısı transfer süresini azaltarak ısının meydana

getirdiği hasarın genişliği daha az olmasını sağlayacaktır. Hasarın genişliğinin daha az olması, çapak yüksekliğinin azalmasına yardımcı olacaktır [14].

4 Sonuçlar

Yapılan çalışmada, farklı kesme parametrelerinde AISI 304 paslanmaz sac malzemesi lazer kesme işlemi sonucu kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü değerlerine, kerf genişliğine ve çapak yüksekliği üzerine etkileri değerlendirilmiş, elde edilen çalışmanın sonuçları aşağıda verilmiştir.

- ✓ AISI 304 paslanmaz sac malzemesini 32 mm/sn kesme hızında, 5000 Hz frekans, 0.8 bar ve bir bar basınç değerlerinde yapılan lazer kesme işlemi sonucu en düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri sırası ile 4.1 µm ve 5.5 µm olmuştur.
- ✓ 20 mm/sn kesme hızında, 3500 Hz frekans, 0.8 bar ve bir bar basınç değerlerinde yapılan lazer kesme işlemi sonucu en yüksek yüzey pürüzlülüğü değerleri sırası ile 7.5 µm ve 9.08 µm ölçülmüştür.
- ✓ 0.8 bar ve bir bar basınçta 32 mm/sn kesme hızında, 3500 Hz frekans değerlerinde yapılan deneylerde en düşük kerf genişliği sırası ile 1.17 mm ve 1.33 mm olarak tespit edilmiştir.
- ✓ 20 mm/sn kesme hızında, 5000 Hz frekans, 0,8 bar ve bir bar basınçta yapılan deneylerde en yüksek kerf genişliği sırası ile 2.66 mm ve 2.81 mm olmuştur.
- ✓ Yapılan deneylerde 32 mm/sn kesme hızında, 5000 Hz frekans, 0.8 bar ve bir bar basınçta sırası ile 0.28 mm ve 0.21 mm ile en düşük çapak yüksekliğinin oluştuğu görülmüştür.
- ✓ 20 mm/sn kesme hızında, 3500 Hz frekans, 0.8 bar ve bir bar basınç değerlerinde yapılan lazer kesme işlemi sonucu en yüksek çapak yüksekliği sırası ile 1.75 mm ve 1.28 mm olarak belirlenmiştir.
- ✓ Çapak yüksekliğinde frekans değerlerinin kayda değer bir etkisi olmadığı görülmüştür.
- ✓ Kesme hızının artırılması yüzey pürüzlülüğünü, kerf genişliğini ve çapak yüksekliğinin azalmasına neden olmuştur.

Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Benzerlik oranı (iThenticate): %17

Kaynaklar

- [1] A. Parthibana, M. Chandrasekaranb, V. Muthuramanc and S. Sathishd, Optimization of CO2 laser cutting of stainless steel sheet for curved profile. *Materials Today: Proceedings*, 5 (6), 14531-14538, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.03.042>
- [2] Y. Zhang, L. Zhang, K. Luo, G. Sun, J. Lu, F. Dai and J. Zhong, Effects of laser shock processing on mechanical properties of laser welded ANSI 304 stainless steel joint. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 25, 285-292, 2012. <https://doi.org/10.3901/CJME.2012.02.285>

- [3] R. Biswas, A. S. Kuar, S. K. Biswas and S. Mitra, Artificial neural network modelling of Nd:YAG laser microdrilling on titanium nitride-alumina composite. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 224, 473-482, 2010. <https://doi.org/10.1243/09544054JEM1576>
- [4] M. Madic and M. Radovanovic, Investigation into the effect of the cutting parameters on the burr height in CO2 laser nitrogen cutting of AISI 304 stainless steel. *Metalurgia International*, 17 (7), 74-78, 2012.
- [5] F. Mert, M. Tunç ve G. Sur, AISI 304 çeliğinin lazer ile kesilmesinde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisinin incelenmesi. 5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, sayfa 189-198, Baku, Azerbaijan, 29-30 September 2017.
- [6] N. Rajaram, J. Sheikh-Ahmad and S. H. Cheraghi, CO2 laser cut quality of 4130 steel. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 43 (4), 351-358, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0890-6955\(02\)00270-5](https://doi.org/10.1016/S0890-6955(02)00270-5)
- [7] J. M. Patel and D. M. Patel, Parametric investigation in CO2 laser cutting quality of Hardox 400 materials. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 3, 5979-5984, 2011.
- [8] M. Madić, V. Marinković and M. Radovanović, Optimization of the kerf quality characteristics in CO2 laser cutting of AISI 304 stainless steel based on taguchi method. *Mechanical Technologies*, 19, 580-587, 2013. <https://doi.org/10.5755/j01.mech.19.5.5529>
- [9] M. Ürgüplü ve S. Köksal, Lazer ile kesme işlemlerinde kesim kalitesine etki eden parametreler. 3rd International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, sayfa 865-874, Valencia, Spain, 03-05 June 2015.
- [10] M. Ay ve F. Yücelişli, Ti-6Al-4V alaşımının fiber lazer ile kesilmesinde işlem parametrelerinin kesim kalitesine etkisinin araştırılması. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 30 (2), 215-223, 2018.
- [11] R. Neimeyer, R. N. Smith and D.A. Kaminski, Effects of operating parameters on surface quality for laser cutting of mild steel. *Journal of Engineering for Industry*, 115, 359-362, 1993.
- [12] N. Muhammad, D. Whitehead, A. Boor and L. Li, Comparison of dry and wet fibre laser profile cutting of thin 316L stainless steel tubes for medical device applications. *Journal of Materials Processing Technology*, 210 (15), 2261-2267, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2010.08.015>
- [13] E. Bahçe, E. Kılıçkap ve C. Özel, Al-5005'in delinmesinde delme parametrelerinin çapak oluşumuna etkisinin araştırılması. 2. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi, sayfa 242-250, Balıkesir, Türkiye, 11-12 Kasım 2010.
- [14] A. Sen, B. Doloi and B. Bhattacharyya, Experimental studies on fibre laser micro machining of Ti-6Al -4V. 5th International & 26th All India Manufacturing Technology, Design and Research Conference, sayfa 1-7, Assam, India, 1-14 December 2014.

