

St 52 Çeliğinin Hava Püskürtmeli Ortamda İşlenmesinde Kesme Sıcaklığı Analizi

Kübra Kaya¹, Üsâme Ali Usca², Rüstem Binali^{1*} ve Mustafa Kuntoğlu¹

¹Makine Mühendisliği/ Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Bingöl Üniversitesi, Türkiye

²Makine Mühendisliği / Teknoloji Fakültesi, Selçuk Üniversitesi, Türkiye

*(rustem.binali@selcuk.edu.tr)

Özet – Talaşlı imalatta yağlama ve soğutma ortamları oldukça yaygın bir uygulama olarak karşımıza çıkmaktadır. Kuru kesme ortamı malzemenin kesilmesi esnasında yüksek kesme sıcaklıklarına, yüksek kesme kuvvetlerine ve düşük yüzey kalitesine sebep olmaktadır. Değinilen negatif etkiler söz konusu olduğunda kesme ortamında kuru kesmeden ziyade daha farklı çözüm yöntemleri aranılmaya devam etmektedir. Bu çalışmada St52 malzemenin frezelenmesinde farklı kesme hızı ve ilerleme değerleri kullanılarak deneysel çalışma gerçekleştirilmiştir. Deneyler hava püskürtmeli kesme ortamında yapılmıştır. Çalışma kapsamında ele alınan farklı parametrelerin kesme sıcaklığı üzerinde en etkilisinin hangisi olduğu ve kesme sıcaklığı için en optimum koşulların elde edildiği parametre kombinasyonunun araştırılması üzerine durulmuştur. Deney sonuçlarının değerlendirilmesiyle beraber yüksek kesme hızının kesme sıcaklığını negatif, yüksek ilerleme hızının ise kesme sıcaklığını pozitif etkilediği ortaya çıkmıştır. Optimum kesme sıcaklığı koşullarını sağlayan parametre kombinasyonu ise kesme hızı 120 m/dk ve ilerleme hızı 0,2 mm/dev olarak bulunmuştur. Çalışmanın sonucunda deneylerin %99,6'lık bir doğruluk payına sahip olduğu ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler – St 52, Kesme Sıcaklığı, Hava Soğutma, ANOVA, Frezeleme

I. GİRİŞ

İşlenebilirlik parça imalatı konusunda üzerine düşünülmesi ve çalışma yapılması gereken başlıca konulardan birisidir. Parçanın özellik olarak uygulanacak olan imalat yöntemine uygun olup olmadığı işlenebilirlik başlığı altında değerlendirilebilir. Bu hususta yapılan deneyler sonucu elde edilen malzeme tepkileri literatüre malzeme işlenebilirliği konusunda katkı sağlamanın en iyi stratejik yollardan birisi olduğu kadar akıllarda bulunan temel soruların cevaplanmasına yardımcı olur [1-3]. Sanayi sektöründe çelik malzemelere olan talep oldukça fazladır. Çeliğin kendi sınıfları arasında farklı özelliklere sahip olması sebebiyle malzemenin çelik olarak seçilmesinden hemen sonra uygulanacak imalat yöntemine ve seçilen kesme parametrelerine uygun çelik sınıflarından hangisinin seçilmesi gerektiği konusu ele alınmalıdır. Çalışma kapsamında kullanılan St 52

çeliği endüstride en çok tercih edilen çeliklerden birisidir. Kullanım alanı olarak en çok otomotiv sektöründe yer almasıyla beraber çalışma süresince değişken ve sabit yüklere maruz kalan iş parçalarında tercih edilebilir [4]. Yapısında 0.2%C, 0.15-0.5%Si, 1.6%Mn, 0.035%P, 0.035%S, 0.02-0.04%Nb, 0.02%Al, 0.009%N bulundurmaktadır [5]. Malzemenin yapısında bulunan karbon miktarının fazla olması aynı zamanda malzemenin mukavemetinin de yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Yüksek mukavemetin işlenebilirlik açısından negatif sonuçlar yarattığı geçmişte yapılan çalışmalarda ortaya konulmuştur. Çelik türlerinden olan CK45 ve C4140 malzemelerinin sırasıyla yapıca içerdikleri karbon miktarı %0,43 ve %0,38 olarak bilinmektedir [6]. St 52 çeliği bu iki malzemeyle karşılaştırıldığında daha düşük karbon miktarı sebebiyle işlenebilirlik açısından oldukça uygundur.

Ele alınan malzeme işlenebilirliği konusu tek başına malzemenin kimyasal özelliklerine ait bir durum değildir. İşlenebilirliği etkileyen etkenlerden birisi de işlem sırasında soğutma yağlama yöntemlerinden herhangi birisinin kullanılıp kullanılmadığıdır. Literatür araştırması yapıldığında farklı imalat yöntemleri için çok farklı işleme ortamlarının ele alındığı çalışmalar bulunmaktadır. İşleme ortamlarının çalışmalarda karşılaştırmalı olarak yer edinmesi konunun ciddiyeti hakkında bize bilgi vermektedir. Oldukça önem arz eden soğutma yağlama yöntemleri konusunda gelişen teknolojinin çevrede yarattığı negatif durumların göz önüne alınmasıyla kesme sıvılarının daha az kullanımına ya da kuru kesme ortamına doğru çalışmaları evrimleşmektedir. Kuru kesme ortamında gerçekleştirilen işlemlerde sıcaklık oldukça yüksek değerlerde çıkmaktadır [7]. Bundan dolayı ortaya çıkan yüksek sıcaklıkların önüne geçebilmek ve işlenebilirliği arttırabilmek için kesme bölgesine basınçlı hava gönderilmesi oldukça mantıklı bir seçimdir. Hava soğutmalı ortamın ısıyı kesme bölgesinden uzaklaştırma kapasitesinin sıvı soğutma yönteminden daha iyi olduğu bilinmektedir [8]. Bu sebeple ısının üretim esnasında yaratabileceği olumsuz etkilerin önüne geçebilmek için hava soğutmalı ortamda imalat yöntemlerinin gerçekleştirilmesi yanlış bir seçim olmayacaktır. İşlenebilirlik başlığı altında bahsedilen endişelerden dolayı literatürde bu konu üzerine yapılan çalışmalar bulunmakla beraber ilerleyen süreçte daha da artabileceği tahmin edilmektedir. Çalışma kapsamında incelenen literatür çalışmaları aşağıda verilmektedir.

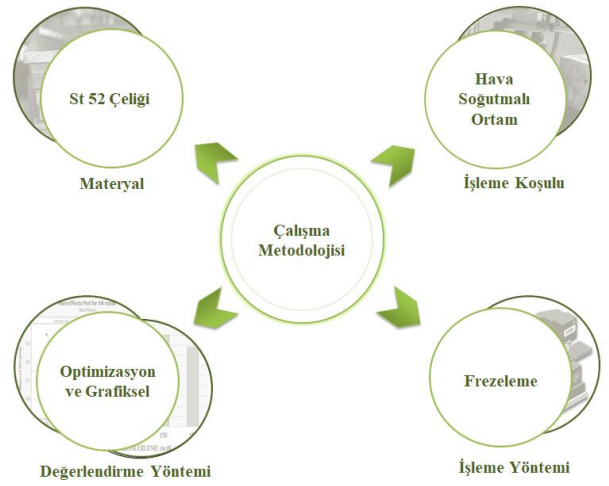
Haşimi çalışmasında cam elyaf takviyeli plastik kompozit malzemelere delme işlemi gerçekleştirilirken işleme kalitesine etki eden soğutma koşullarının araştırılmasını ele aldı. Delme esnasında oluşan deformasyon, sıcaklık ve yüzey pürüzlülüğü konularında soğutma şartlarının etkisinin yanı sıra ilerleme oranı ve iş mili devri üzerine de çalışmalarını gerçekleştirdi. Çalışmasının sonucunda iş mili devrinin ve ilerlemenin arttırılması sıcaklık konusunda artışa sebep olurken kuru, basınçlı hava ve CO₂ gazı ortamında yapılan deneylerde en düşük kesme sıcaklıkları CO₂ gazının kullanıldığı kesme ortamıyla gerçekleştirilen deneyde elde edildi. Aynı zamanda kuru kesme ortamında elde edilen sıcaklık değerleri basınçlı havanın kullanıldığı ortamda elde

edilen değerlere göre yüksek sonuçlar verdi [9]. Tasdelen ve ark. farklı yağ miktarında emülsiyonla MQL ortamını ve kuru basınçlı havanın kullanıldığı ortamı karşılaştırmak için deneylerini gerçekleştirdiler. Deney sonuçlarını uç aşınması, yüzey kalitesi, kuvvet ve tork analizi başlıkları altında incelediler [10]. Gürkan ve ark. vorteks tüpünün soğutma yöntemi olarak kullanımında hem talaşlı imalat yöntemlerine göre hem de kesme parametrelerine göre incelemesi konusunda çalışmalarını yapmışlardır. Yapılan deneylerin kuru ortam, geleneksel sıvı, geleneksel hava, kriyojenik ve MQL ortamlarında kıyaslanmaları sonucu vorteks tipi soğutmanın kuru ortam, geleneksel sıvı, geleneksel hava ortamlarına göre daha iyi kesme sonuçları verdiğini kriyojenik ve MQL ortamlarına göreyse daha negatif sonuçlar ortaya çıkardığı görülmüştür [11]. Hasçelik ve ark. Inconel ve Ti6Al4V malzemelerinde mikro frezeleme imalat yönteminin kesme koşulları üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Deneylerinde MQL, kuru kesme, CO₂ ile soğutma ve bor yağı kullanımı gerçekleştirerek dört farklı kesme koşulu uygulamışlardır. CO₂'in termokupl kullanımı ile sıcaklığı -10°C'ye ulaşmasının ardından deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Değerlendirmelerini takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri konularında yaparak soğutulmuş CO₂'in kuru kesmeye göre biraz daha iyi sonuçlar verdiği fakat çok belli bir katkı sağlamadığından dolayı işlevinin az olduğu sonucuna varılmıştır [12]. Sohrabpoor ve ark. imalatta oldukça yaygın kullanım alanına sahip AISI 4340 paslanmaz çeliğinin tornalanması sırasında geleneksel ıslak, kuru, hava soğutmalı ve MQL ortamlarında deneylerini gerçekleştirerek takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü konusunu irdelediler. Deneylerin sonucunda MQL yönteminin takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü için oldukça elverişli olduğu sonucuna vardılar [13]. Çakır ve ark. tarafından karbondioksit, nitrojen ve oksijen bazlı gaz soğutucularının frezeleme işleminde etkilerini incelemek ve kuru, ıslak işleme yöntemleri ile kıyaslayabilmek için çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Yüzey pürüzlülüğü konusunda ele alınan gaz uygulamalarının geleneksel sıvı ve kuru işleme ortamlarına göre daha iyi sonuçlar ortaya çıkardığı fakat kesme hızının düşürülmesiyle beraber geleneksel sıvı yönteminin yüzey pürüzlülüğü açısından daha düşük değerler ortaya çıkardığı belirtilmiştir [14].

Literatür araştırmasından da görüldüğü üzere hava soğutmalı ortamda gerçekleştirilen temel talaşlı imalat yöntemlerinin uygulandığı çalışmalar bulunmasına rağmen hava soğutmalı ortamın kullanılması ana konu olarak belirlenmemiştir. Bunun yanında değerlendirmeler yüzey pürüzlülüğü, takım aşınması ya da kuvvet analizi üzerine gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın geçmişte yapılan çalışmalarından farklı olarak hava soğutmalı ortamda gerçekleştirilen frezeleme yönteminde kesme sıcaklığı analizi yaparak literatüre yeni bir bakış açısı kazandırması ve bu konu üzerine ileride yapılacak olan çalışmaların önünü açması planlanmaktadır.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Kullanılan St 52 malzemesinin kesme uzunluğu 40 mm olarak seçilmiştir. Bununla beraber deneyler iki farklı kesme hızı (120, 150 m/dk) ve iki farklı kesme derinliği (0,1, 0,2 mm/dev) değerleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deneylerde kullanılan kesici takım Al-TiN kaplamalı Iscar markalı HM90 APKT 1003PDR dir. Deney sonucunda elde edilen kesme sıcaklıkları 500 mm mesafesinden termal kamera TESTO 885 kullanılarak ölçülmüştür. Deneylerin hepsi Bingöl Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği CNC Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Deneylerin her birinden sonra elde edilen sıcaklık değerleri Excel programından yararlanılarak sonuç değer tablosu oluşturulmuş ve kaydedilmiştir. Daha sonra sonuç değer tablosunda bulunan veriler yeniden Excel programında bulunan özellik kullanılarak sütun grafiği oluşturulmuş ve elde edilen sıcaklık değerleri karşılaştırılmıştır. Aynı zamanda elde edilen sonuçların optimizasyon değerlendirmesi ve Varyans analizi için Minitab uygulaması kullanılmıştır.



Şekil 1. Çalışma kapsamında ele alınan metodoloji

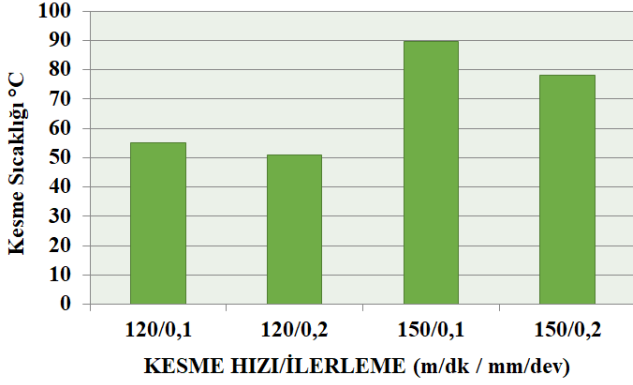
III. BULGULAR

Deneylerin sonucunda elde edilen değerler ilk başta grafiksel değerlendirme yöntemi kullanılarak deney sonuçlarının daha net görülmesi ve yorumlanmasının daha kolay olması amacıyla gerçekleştirilmiştir. İkinci olarak yapılan optimizasyon çalışması ile kesme sıcaklığı için en optimum sonucun hangi kesme parametre değerlerinde elde edildiği tartışılmıştır. Üçüncü değerlendirme yönteminde yapılan ANOVA analizi ile kesme sıcaklığını en çok etkileyen parametre bulunarak yüzdesel katkı oranları hesaplanmıştır. Yapılan üç değerlendirmenin de sonucunda hava soğutmalı ortamda gerçekleştirilen frezeleme deneylerinde kesme sıcaklığı analizi irdelenerek çalışmanın sonuna gelinmiştir.

A. Grafiksel Değerlendirme

Şekil 2’de verilen kesme hızı ve ilerleme hızına göre kesme sıcaklığı değerlerindeki değişim grafiği incelendiği zaman yapılan dört deneyde en düşük kesme sıcaklığı kesme hızının 120 m/dk ve ilerleme hızının 0,2 mm/dev olarak seçildiği deneyde elde edilirken, en yüksek kesme sıcaklığı ise 150 m/dk kesme hızında ve 0,1 mm/dev ilerleme hızının ele alındığı deneyde elde edilmiştir. Aynı zamanda kesme hızının 150 m/dk olduğu deneylerde elde edilen sıcaklık değerlerinin 120 m/dk kesme hızının kullanıldığı deneylere göre daha yüksek değerler verdiği görülmüştür. İlerleme hızının 0,1 mm/dev’ den 0,2 mm/dev’ e çıkarılmasıyla kesme sıcaklığı değerlerinde de düşüş gözlemlenmiştir. İlerleme hızının artışı ile birlikte kullanılan kesici takımın parça ile olan temasının azalmasından ve gerçekleştirilen işlemin toplam süresinin azalmasından dolayı kesme

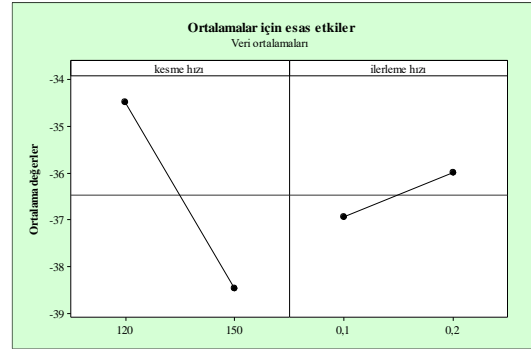
sıcaklığı değerlerinde azalış görülmektedir. Aynı zamanda ilerleme miktarının artışıyla beraber kesme sırasında çıkan talaşların ısının uzaklaştırılmasında aktif rol oynaması göz önüne alınırsa talaşların kesme bölgesinden daha hızlı uzaklaştırılması sonucu kesme sıcaklarında da azalışa neden olması karşılaşılabilecek ve beklenen bir durumdur [15].



Şekil 2. Kesme hızı ve ilerleme hızına göre kesme sıcaklığı değerlerindeki değişim

B. Optimizasyon

Deneyler gerçekleştirilirken kullanılan kesme parametrelerinin optimizasyonu üretim açısından her anlamda daha olumlu sonuçların alınmasında oldukça önemli bir aşamadır. Elde edilecek verimli sonuçların enerji tüketimi, zaman kaybı, emek kaybı gibi konulardaki pozitif etkilerinin doğruluğu tartışılmaz bir gerçektir. Aynı zamanda ekonomik ve çevresel açıdan da optimizasyon çalışmaları muhakkak üzerine durulması gereken konulardandır. Kullanılan Taguchi optimizasyonu frezeleme yöntemi için en iyi parametrelerin seçilmesinde güvenilir ve kabul edilebilir bir yöntem olduğu bilinmektedir [16]. Bu sebeple literatürde de az bulunan hava soğutmalı ortamda frezeleme sonucu kesme sıcaklığı analizi konusu için Taguchi optimizasyonu tercih edilmiştir. Şekil 3’de minimum kesme sıcaklığı için optimum kesme parametre değerleri etki grafiği verilmektedir. Oluşturulan grafik S/N oranları kullanılarak oluşturulmuştur. Bu yüzden grafikteki tepe noktalar en iyi kesme sıcaklığının elde edildiği optimum koşulları vermektedir. Şekil 3 incelendiği zaman kesme sıcaklığı için en optimum değerler kesme hızı 120 m/dk ve ilerleme hızı 0,2 mm/dev olarak seçildiği zaman elde edilmiştir.



Şekil 3. Minimum kesme sıcaklığı için optimum kesme parametre değerleri

C. Varyans Analizi

Deney sonuçlarının ANOVA değerlendirmesinin sonucunda elde edilen istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4’te kesme parametrelerinin ANOVA analizi tablosunda verilmiştir. Varyans analizinde verilen P değerlerinin 0,05 değerinden küçük olması yapılan deneylerin ve seçilen parametrelerin anlamlı olduğunun kanıtıdır. Bulunan F değerlerinin en büyüğü ise ele alınan konu üzerinde en etkili parametrenin hangisi olduğuna karar vermemizde yardımcı olmaktadır. Tablo 4’te ki F değerleri incelendiğinde kesme hızının en yüksek değer olmasından dolayı en etkili parametre olduğu söylenebildiği gibi aynı zamanda tablonun son sütununda yer alan parametrelerin yüzde katkı oranları incelendiğinde kesme hızında %94,4 oranı görülmekte ve F değerlerinden çıkarılan yorumu desteklemektedir. Kesme hızının sıcaklık üzerindeki etkisinin bu kadar yüksek olması şaşırtıcı bir sonuç değildir. Bunun nedeni artan kesme hızı plastik deformasyona bağlı olarak kesme sıcaklığını artırır. Aynı zamanda yüksek sürtünme kuvvetlerine sebep olmasından dolayı da sıcaklık konusunda artışa sebep olmaktadır [17]. Deneylerin sonucunda elde edilen % 0,4’lük hata payı ile deneylerin güvenilirliğinin oldukça fazla olduğu görülmektedir.

Tablo 4. Kesme parametrelerinin ANOVA analizi

Kaynak	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	p	PC(%)
Kesme hızı	1	15.8122	15.8122	15.8122	259.86	0.039	94,4
İlerleme	1	0.8749	0.8749	0.8749	14.38	0.164	5,2
Toplam	1	0.0608	0.0608	0.0608	-	-	0,4
Total	3	16.7479	-	-	-	-	100

IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada St 52 çeliğinin frezelenmesi esnasında hava soğutmalı ortamın kullanılmasının

kesme sıcaklığı üzerine etkileri incelenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda bulunan bulgular aşağıda verilmiştir.

- Genel olarak ilerleme hızının artmasıyla kesme sıcaklığı azalırken kesme hızının artış gösterdiği deneylerde kesme sıcaklığı artış göstermektedir.
- Optimum kesme sıcaklığı için iki seviyeli ele alınan parametrelerin kesme sıcaklığı için birinci seviye ilerleme hızı için ikinci seviye tercih edilmelidir.
- ANOVA analizine göre kesme hızı ve ilerleme hızından kesme sıcaklığı üzerine en az etkiye %5,2'lik oranla ilerleme hızı olmuştur.
- İlerleme hızının 0,1 mm/dev olarak kullanıldığı iki deneyde kesme hızının 120 m/dk' dan 150 m/dk' ya çıkarılmasıyla kesme sıcaklığı değerlerinde %38,5'lik bir artış meydana gelirken ilerleme hızının 0,2 mm/dev olarak kullanıldığı deneylerde aynı şekilde kesme hızının artırılmasıyla %34,9' luk bir artış elde edilmiştir.
- Kesme hızının 120 m/dk' ya sabitlenmesiyle ilerleme hızının 0,2 mm/dev' den 0,1 mm/dev' e indirilmesiyle kesme sıcaklığında %0,7' lik bir artış gerçekleşmekte ve kesme hızının 150 m/dk olduğu deneylerde de ilerleme hızının 0,2 mm/dev' den 0,1 mm/dev' e indirilmesiyle %12,7'lik yükselme gerçekleşmiştir.
- Daha kapsamlı bir inceleme için deney sayısının artırılması ve kullanılan soğutma yöntemine farklı seçenekler eklenerek karşılaştırma yapılması tercih edilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Ahmet, M. and U. Gültekin, Dupleks 1.4462 Paslanmaz çeliğin tornalanmasında kesme parametrelerinin işlenebilirlik üzerine etkisi. Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology, 2017. 5(3): p. 177-184.
- [2] Kuntoğlu, M., K. Kaya, and R. Binali. Investigation of Surface Roughness Changes in The Machining of Carbon Steel Under Sustainable Conditions. in International Conference on Pioneer and Innovative Studies. 2023.
- [3] Kaya, K., R. Binali, and M. Kuntoğlu. Investigation of The Chip Formed as a Result of Machining of GGG50 Casting Material by Turning Method. in International Conference on Recent Academic Studies. 2023.
- [4] Serhat, Ş., Effects on Machinability of Minimum Quantity Lubrication Strategy during Milling of ST52 Steel. Türk Doğa ve Fen Dergisi. 12(1): p. 82-90.
- [5] Ekinovic, S., H. Prcanovic, and E. Begovic, Investigation of influence of MQL machining parameters on cutting forces during MQL turning of carbon steel St52-3. Procedia engineering, 2015. 132: p. 608-614.
- [6] Alvalı, G.T., et al., Selection of Electric Vehicle Chassis Material Using Multi-Criteria Decision Making Techniques. Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology, 2021. 9(4): p. 573-588.
- [7] Yugeswar, C., M. Prasad, and M.V. Ramana, Dry machining of alloy steels—A review. Materials Today: Proceedings, 2023.
- [8] Özçatalbaş, Y. And B. Ali, Tornalamada Hava Püskürtme İle Soğutmanın Kesme Kuvvetleri Ve Takım Ömrüne Etkilerinin Araştırılması. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2013. 21(3).
- [9] Haşimi, A., Cam elyaf takviyeli plastik (CETP) kompozitlerin delinmesinde işleme kalitesi üzerine soğutma şartlarının etkisinin araştırılması. 2018, Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [10] Tasdelen, B., T. Wikblom, and S. Ekered, Studies on minimum quantity lubrication (MQL) and air cooling at drilling. Journal of Materials Processing Technology, 2008. 200(1-3): p. 339-346.
- [11] Gürkan, D., et al., Vorteks Soğutma Yönteminin Talaşlı İmalat Yöntemleri Ve Kesme Parametrelerine Göre İncelenmesi. Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology, 2020. 8(3): p. 730-745.
- [12] Haşçelik, A., K. Aslantaş, And M. Danish, Eklemeli İmalat Teknolojisiyle Üretilmiş Inconel 718 Ve Ti6al4v'nin Mikro Frezelenmesinde Kesme Koşullarının Etkisinin Araştırılması.
- [13] Sohrabpoor, H., S.P. Khanghah, and R. Teimouri, Investigation of lubricant condition and machining parameters while turning of AISI 4340. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2015. 76: p. 2099-2116.
- [14] Çakır, O., M. Kıyak, and E. Altan, Comparison of gases applications to wet and dry cuttings in turning. Journal of Materials Processing Technology, 2004. 153: p. 35-41.
- [15] Yağmur, S., et al., Delik delme işlemlerinde kesme parametrelerinin kesme bölgesindeki sıcaklığa etkisinin deneysel incelenmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2013. 28(1).
- [16] Kuntoğlu, M., Tool flank wear analysis for MQL assisted milling of strenx 1100 structural steel. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2021(25): p. 629-635.
- [17] Binali, R., et al., Machinability investigations based on tool wear, surface roughness, cutting temperature, chip morphology and material removal rate during dry and MQL-assisted milling of Nimax mold steel. Lubricants, 2023. 11(3): p. 101.