

AISI 4140 Çeliğinin Delinmesinde Kesme Kenar Radyüsü ve Kesme Parametrelerinin Optimizasyonu

Serhan Açıy^{1,*}, Mehmet Kolaç¹, Ozan Ali Atak¹

¹Bosch San. Ve Tic. A.Ş., Bursa, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Alınma: 12.10.2020

Kabul: 18.12.2020

Anahtar Kelimeler:

Parametre

Optimizasyon

Kesme kenarı

ÖZET

Bu çalışmada, bir enjektör gövdesine delik delme işlemi için kullanılan Ø8 mm helisel matkabı için uygun kesme kenarı radyüsü ve kesme parametreleri belirlenmiştir. Deneysel tasarımı Taguchi L/9 yarım dizayn (deneysel sayısını azaltmak için) oluşturulmuş ve sonuçlar MiniTab 17 ile incelenmiştir. Kesme kuvvetinin azaltılması ile takım aşınması %30 azaltılmış ve takım ömrü güvenli bölgede kalınarak %20 artırılmıştır.

Optimization of Cutting Edge Radius and Cutting Parameters During Drilling of AISI 4140 Steel

ARTICLE INFO

Received: 12.10.2020

Accepted: 18.12.2020

Keywords:

Parameter

Optimization

Cutting edge

ABSTRACT

In this study, suitable cutting edge radius and cutting parameters has been defined for Ø8 mm helical drill which is use for drilling an injector body. The design of experiment has been create on Taguchi L/9 half design (to reduce number of test) and results has been investigated with MiniTab 17. By reduction of cutting force the tool wear reduced 30% and tool life increased 20% as stay in safe side.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Bir işletmenin sürdürülebilirliğini ve performansını belirleyen önemli faktörler ürün maliyeti, ürün kalitesi ve teslimattır. Rekabetçiliğin devam ettirilebilmesi için bu faktörlerin iyileştirilmesine yönelik sürekli ve sürdürülebilir iyileştirmeler yapılmaktadır. Özellikle ürün maliyeti ve kalitesi için yapılan aktiviteler kurumsal işletmeler için büyük önem arz etmektedir. Bu iyileştirmelerden sağlanan faydalar dolaylı yönden teslimat adetlerini de iyileştirmektedir.

Üretimdeki bu maliyet kalemlerini ana başlıklar altında toplayacak olursak takım maliyetleri, işletme maliyetleri ve bakım maliyetleri şeklinde olacaktır. Takım maliyetleri, talaşlı imalat için belirlenen işleme yöntemi ve kullanılan takımlara göre değişmektedir.

Makinelerin verimli kullanım oranı ile ilişkili olan kayıplar, takım değişimi ve makine duruşları gibi duraksamalar kesici takımlarda düşük performansa ve düşük takım ömrüne sebep olmaktadır. Bu çalışmada da kesme şartlarının iyileştirilmesi ile kesici takım performansının artırılması ve takım maliyetinin azaltılması amaçlanmaktadır.

Delik delme işlemi sık kullanılan talaşlı imalat yöntemlerinden birisidir. Delme işlemi genellikle helisel matkap, rayba ve derin delik matkabı gibi takımlarla takım tezgahlarında gerçekleştirilir [1].

Tüm delik delme işlemlerinde uygulanan genel kural olarak rijitlik ve hassasiyet için etkin takım uzunluğunun (L) minimize edilmesi önemlidir. Delik işlemede etkin takım uzunluğu delik derinliği olarak belirlenebilir. Rijitlik, takım çapı (D) büyüdükçe artar ancak talaş tahliyesi ve radyal hareketler yönünden delik içerisindeki boşlukta dikkate alınması gerekmektedir. Rijitlik L/D oranı ile tanımlanır ve mümkün olduğunda bu oranın düşük olması istenir [2,3].

Delik derinliğinin delik çapına oranı (L/D Oranı) delme işleminin türünü de belirler. Derin delik tanımı delik derinliğinin delik çapına oranının 5 ve üzerinde olduğu durumlar için kullanılır. Derin delikler L/D oranı olarak 100 kata kadar çıkabilmektedir [3].

Chou ve Song yüzey pürüzlülüğünde takım uç radyüsünün ve takım aşınmasının güçlü etkisi olduğunu ortaya koymuş ve büyük uç radyüsün iyibir yüzey kalitesi getirmesine rağmen takım aşınmasını artırdığını göstermişlerdir [4].

Fulemova ve Janda da kesme kenarı hazırlama işlemi ve kenar radyüsünün işlenmiş yüzeydeki yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrüne olan etkileri üzerinde çalışmışlardır [5].

Uhlmann ve arkadaşları takım çapının büyümesi veya küçülmesinin işleme çıktılarına etkisinde mikro geometri olan kenar radyüsünün etkisini ortaya koymuşlardır. Mikro takımlarda da mikro geometrinin önemini göstermişlerdir [6].

Delik delmede talaşın kırılması ve işleme bölgesinden tahliyesi önemlidir. Delik derinliği ne kadar fazla olursa işlem kontrolü ve talaş tahliyesi de o kadar zor olur. Delme işlemi esnasındaki talaş oluşumu kesme kuvvetlerini, sıcaklığı ve işlem çıktısı olarak deliğin yüzey kalitesini ve ölçü tamliğini etkilemektedir [3,7].

Yaşar, Sekmen ve Günay sıcak iş takım çeliğinin işlenmesinde kesme hızı ve ilerleme değeri ve kesme derinliği değerlerini optimize etmişler, ayrıca yüzey pürüzlülüğü modeli oluşturmuşlardır. Çalışmalar için deney tasarımı oluşturmuş ve farklı kesme parametrelerinin etkilerini incelemişlerdir. Yüzey pürüzlülüğü için en etken parametrenin ilerleme değeri olduğunu göstermişlerdir [8].

Uysal ve Altan kesici kenarı yuvarlatılmış ve aşınmış takımlarla ortagonal talaş kaldırma için geliştirilen bir kayma düzlemi modeli ile ampirik bir çalışma ile farklı koşullarda kesme kuvveti ve radyal kuvvetlerin itme kuvvetine oranını göstermiş, ayrıca itme kuvvetinin kesme parametreleriyle olan etkileşimini incelemişlerdir. Bu çalışma sonucunda serbest yüzey aşınması arttıkça itme kuvvetlerinin kesme ve radyal kuvvetler üzerindeki etkisinin de arttığını belirlemiş, kesici kenar yuvarlama yarıçapı arttıkça kesici kenarın iş parçasını itmesi için daha fazla kuvvete ihtiyaç duyduğunu, talaş derinliğinin artması ile birlikte itme kuvvetinin de arttığını göstermişlerdir. Kesme hızı ve talaş açısı arttıkça kesme kuvveti ve radyal kuvvet azalmakta iken itme kuvveti fazla etkilenmemiştir [9].

Baytok, Tuna, Toprak, Özlü ve Budak karbür kesici takımların, freze ve delik delme işlemlerindeki performansını incelemişlerdir. Kesme kuvvetleri arasında en büyük farkın %15 'ten az olduğu ve farkların ilk olarak ilerleme değeri yani talaş kalınlığı ile değiştiği, özellikle finiş işlemede kullanılan düşük talaş kalınlığında kesme ağız yuvarlatma çapının daha etkili olduğunu, yüksek yuvarlama yarıçapının kesme kuvvetleri üzerinde etkili bir rolü olduğunu ve takım ile parça esnemelerinde artışa sebebiyet verdiğini belirtmişlerdir [10].

Kesici takımlardan beklenen özellikler tokluk değerine sahip olmalarının yanı sıra, yüksek sıcaklıklardaki ısıl direnç ve kimyasal kararlılıktır. Birçok takıma uygulanan kaplama işleminden de beklenen bu özelliklerin iyileştirilmesidir. İyi bir kaplamanın özellikleri yüksek sertlik, iş parçasına düşük ancak kesici takıma yüksek yapışma kabiliyeti, yüksek aşınma direnci, yüksek kimyasal kararlılık ve tokluk, yüksek yük taşıma kapasitesi, düşük ısıl iletim katsayısı şeklinde sıralanabilir. Bu amaçla kullanılan TiN(Titanyum nitrür), TiAlN(Titanyum alüminyum nitrür), TiCN(Titanyum karbo-nitrür), CrN(Krom Nitrür) gibi kaplama türlerine ilaveten kaplama teknolojilerinde eğilim kaplama katmanlarında da değişiklik yaparak tek katmanlı kaplamalardan, nano veya çok kaplamalara doğru olmaktadır [2,11].

Meral, Sarıkaya ve Dilipak delik delme işleminde kesme parametrelerinin Taguchi metoduyla ele alınması ve kesme koşullarının optimizasyonu ile ilgili benzer bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada Taguchi metodu ile değişkenlerin etkisi hızlıca tespit edilebilmiş, zaman ve maliyet azaltılarak ürün

kalitesi arttırılmıştır. Kesme kuvvetlerini etkileyen en etkin faktörlerin ilerleme değeri ve matkap çapı olduğu, kesme hızının ise daha düşük bir etkiye sahip olduğunu göstermişlerdir [12].

Bu çalışmada ele alınan üretim biriminin takım kırılma oranlarını düşürmek için Pareto analizi ile en çok kırılan takımlardan ikincisi olan Ø8 mm helisel matkap seçilmiş ve bu matkabın kesme parametrelerinin iyileştirilerek takım kırılmalarının azaltılması ve takım maliyetlerinin azaltılması amaçlanmıştır.

Güncel durumda çalışmanın gerçekleştirildiği işletmede uygun kesme parametrelerinin belirlenmesinde yapılan denemeler zaman ve iş parçası açısından maliyetli olup, derin bir uzmanlık bilgisi gerektirmekte ve kesme işlemi esnasında oluşan mekanik yükler ölçülemeden takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü gibi işlem çıktıları ile değerlendirilmektedir. Bu çalışma ile delme işlemi esnasındaki mekanik yüklerin sensörlü bir takım tutucu yardımı ile ölçülmesi, optimizasyon çalışmaları için yapılan deneme adedinin azaltılması ve optimizasyon için sistematik bir yaklaşım hedeflenmektedir [13, 14].

2. MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

2.1. İş Parçası ve Kesme Şartları (Work Piece and Cutting Conditions)

Deneylerde kullanılan iş parçası malzemesi 37 ± 3 HRC sertliğinde AISI 4140 (DIN 1.7225) ıslah çeliğidir. Bu çelik otomotiv ve uçak sanayisinde, yüksek süneklikteki parçaların üretiminde kullanılmaktadır. Ø65 x 55 mm ölçülerindeki iş parçasına Ø8 mm matkap ile 20 adet 36 mm efektif derinlikte ve 10 mm ön delme yataklama derinliği olmak üzere toplamda 46 mm derinliğinde delik delinmiştir (Şekil 1). Yataklama için Ø8,02 mm çapında helisel matkap ile 10 mm derinliğinde bir ön delik delinmiştir.



Şekil 1. İş parçası (Work piece)

Kesici takım Ø8 x 120 mm ebatlarında içten soğutmalı, komple karbür helisel matkap kullanılmıştır. Seri imalat şartlarında takım ömrü her bilemeye gidiş geliş arası 600 delik olup, karşılığı 27,6 m 'dir. Seri imalat kesme parametreleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Seri imalat kesme parametreleri (Serial production cutting parameters)

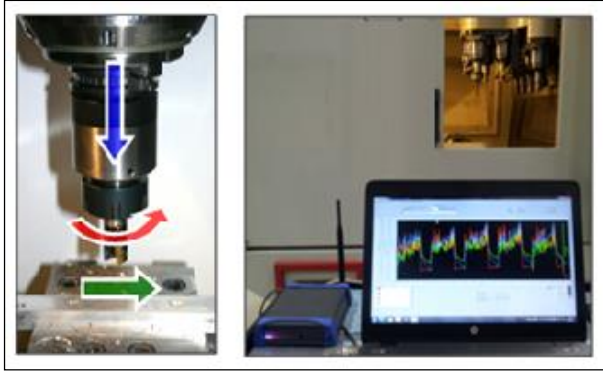
Kesme hızı (Vc)	75 m/dk
Devir sayısı (n)	3000 dev/dk
İlerleme değeri (fn)	0,11 mm/dev
Uç radyüs (r)	5 µm

2.2. Takım Tezgahı ve Kesici Takım Özellikleri (Machine Tool and Cutting Tool Properties)

Deneyler Chiron firmasına ait TBZ 12 W derin delik tezgahında Şekil 3'teki enjektör gövdesi delinerek gerçekleştirilmiştir. Kesme sıvısı olarak katkı maddesi içermeyen yağ kullanılmıştır. Delme işlemi esnasında meydana gelen itme kuvveti, tork ve burulma momenti gibi değerler sensörlü takım tutucu (Şekil 2) yardımı ile ölçülmüştür. Ölçüm değerleri yazılım aracılığıyla incelenmiştir.

Tablo 2. Kesici takım özellikleri (Cutting tool properties)

Karbür kalitesi	K20 – K30 UF
Uç açısı (°)	120
Talaş açısı (°)	10
1.boşluk açısı (°)	14
2.boşluk açısı (°)	20
Helis açısı (°)	30
Kaplama	TiAlN

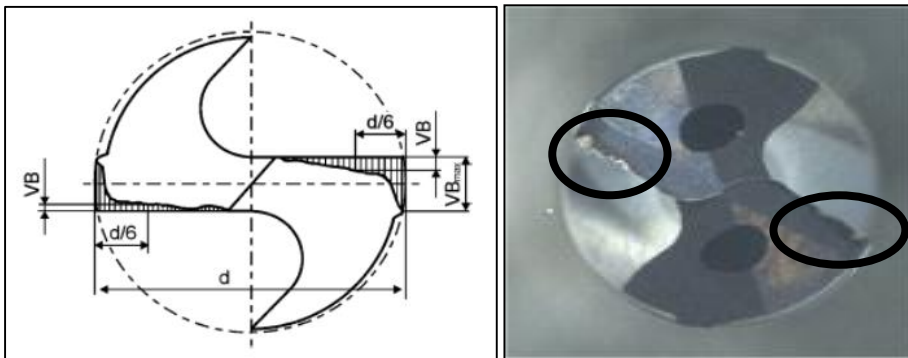


Şekil 2 : Sensörlü Takım Tutucu (Sensory tool holder)



Şekil 3 : Enjektör Gövdesi (Injector body)

Deneyler esnasında sensörlü takım tutucu ile alınan mekanik yük ölçümlerine ek olarak helisel matkapın V_{bmax} serbest yüzey aşınmasına ölçülmüş (Şekil 4) ve seri imalattaki mevcut durum ile karşılaştırılarak seride kullanılan kesici takım ömrünün arttırılmasında ölçüt olarak alınmıştır. V_{bmax} serbest yüzey aşınması için ISO 3685'te verilen, düzensiz aşınma için tanımlanmış maksimum değer olan 0,6 mm değeri referans alınmıştır.



Şekil 4: Helisel Matkap Serbest Yüzey Aşınması (Helical drill flank wear)

3 faktör ve 3 seviye olarak belirlenmiş olan deney seti girdileri Tablo 3’te verilmiştir. Bu girdilerle Minitab 17’de L/9 ‘Half Design’ düzlemine orta noktaları 3 kez tekrar et komutuna göre oluşturulan deney tasarımı Tablo 4’te verilmiştir. Toplamda 3^3 test gerektiren bu çalışma yarım dizayn ile 8 test’te tahminleme çalışmaları için ampirik sonuçlara yakın çıktılar verebilmektedir. Özellikle test sonuçlarının bir an önce alınıp, çıktılarının kullanılması gereken yerlerde önemli bir zaman ve maliyet kazancı sağlamaktadır.

Tablo 3. Deney Faktörleri ve Seviyeleri (Experiment Factors and Levels)

Seviyeler	1	2	3
Kesme hızı (Vc)	70 m/dk	90 m/dk	110 m/dk
İlerleme değeri (fn)	0,05 mm/dev	0,075 mm/dev	0,10 mm/dev
Uç radyüs (r)	5 μ m	10 μ m	15 μ m

2.2. Kesme Kenarı Hazırlama (Cutting Edge Preperation)

Deneylerde kullanılan değişken parametrelerden biri olan kesme kenarı radyüsü, matkapların kesme kenarı boyunca uzanan radyal formdur (Şekil 5). Takımdaki bu formu değiştirmekteki amaç, formun talaş yönlendirmesi, darbe direnci ve kesme sırasında oluşan mekanik kuvvetlere etki etmesidir. Deney sırasında bu radyüsün mekanik kuvvetlere ve takım aşınmasına olan etkileri gözlenmiştir.



Şekil 5: Helisel Matkap Kesme Ağız Radyüsü (Helical drill cutting edge Radius)

Takım endüstrisinde kesme kenarı radyüsünün değiştirilmesinde fırçalama, drag finiş gibi yöntemler kullanılmaktadır. Deneyler sırasında kullanılan takımların radyüsleri drag finiş metoduyla hazırlanmıştır.

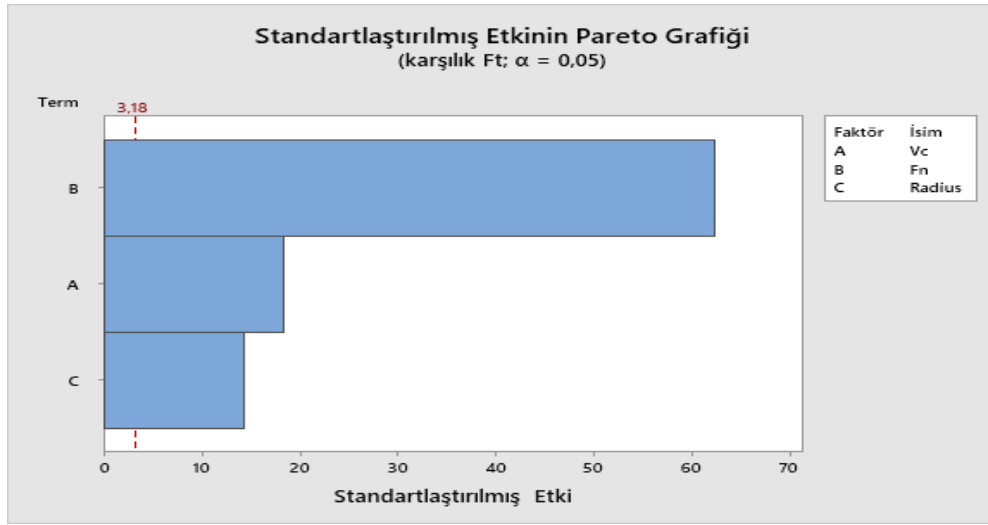
3. DENEY VE OPTİMİZASYON SONUÇLARI (EXPERIMENT AND OPTIMIZATION RESULTS)

Her bir faktör için itme kuvvetindeki etki durumu Şekil 6’da verilmiştir ve en baskın faktör ilerleme değeri olmuştur.

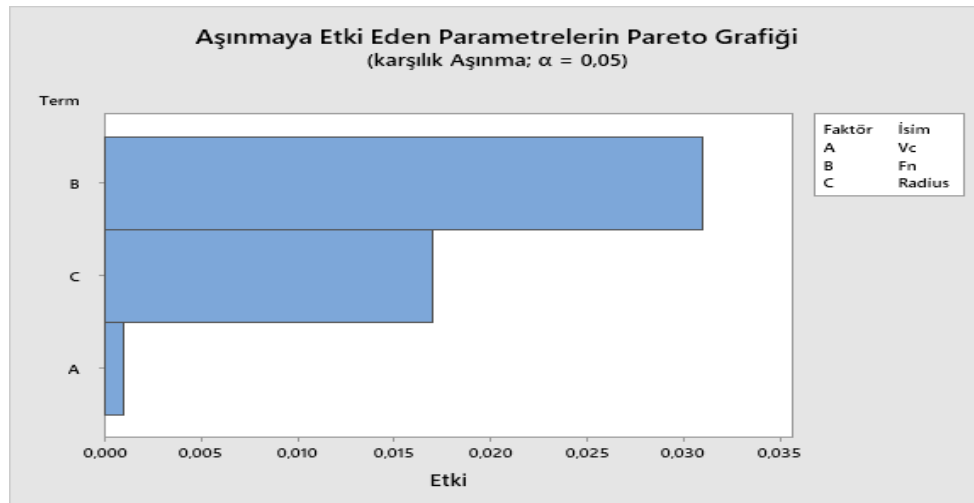
Deneylerde ölçülen tork değerleri ve itme kuvveti sonuçları Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Kesme kuvveti için ölçüm sonuçları (Measurement results for cutting forces)

Test No	Vc(m/dk)	Fn (mm/dev)	Radyüs	Ft – Tork(Nm)	Ff – İtme kuvveti (N)	Fcz Kesme kuvveti (N)
1	90	0,075	10	1,76	891,34	447,27
2	70	0,1	5	2,4	1030,3	609,91
3	90	0,075	10	1,79	900	454,89
4	90	0,075	10	1,74	899,34	442,19
5	110	0,1	15	1,91	1020,4	485,39
6	110	0,05	5	1,19	712,98	302,41
7	70	0,05	15	1,25	612,5	317,66
8	90	0,075	10	1,77	880,34	449,81

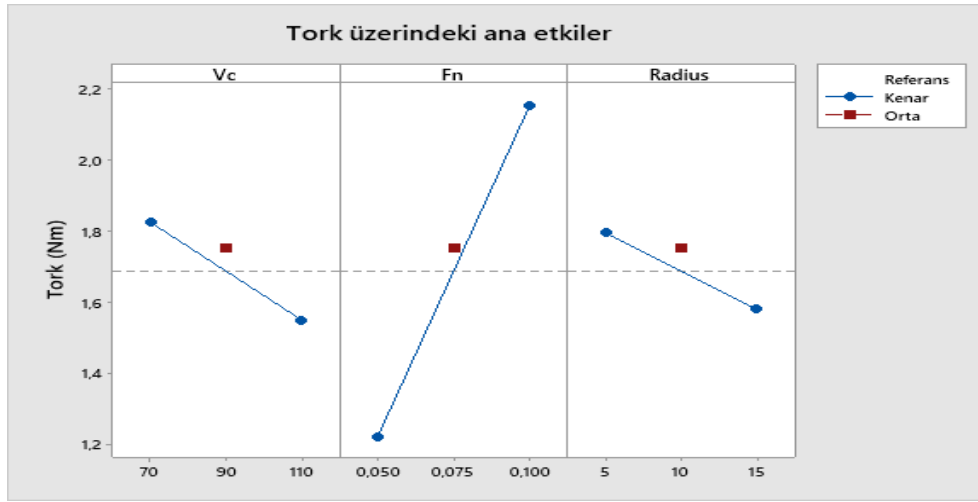


Şekil 6 : Deney Faktörlerinin İtme Kuvvetine Etkileri (Effect of test factors on thrust force)

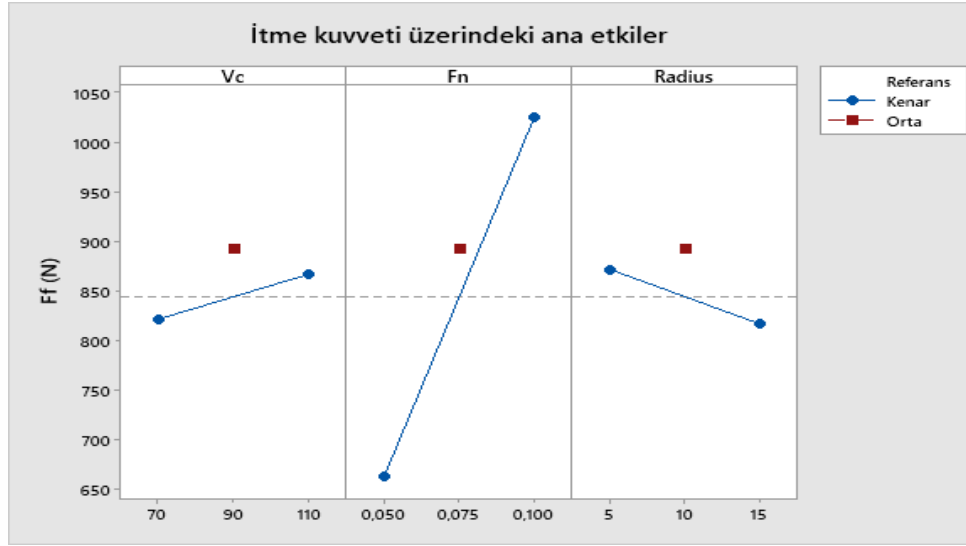


Şekil 7 : Deney Faktörleri Aşınmaya Etkileri (Effect of test factors on wear)

Sinyal/Gürültü oranına minimum tork değeri için bakılacak olup, buna göre “en küçük en iyidir” yaklaşımına göre en baskın faktör ilerleme değeri olmuştur (Şekil 8). İlerleme değerindeki artış ile birlikte tork değeri de artmaktadır. İlerleme değeri sonrasında sırasıyla kesme hızı ve kesme kenarı radyüsünün itme kuvveti üzerinde etkili olduğu Şekil 6’da gösterilmiştir. Aşınma üzerinde de Şekil 7’de gösterildiği üzere ilerleme değeri en etkili parametre olmuştur.



Şekil 8 : Parametrelerin Tork - Ft üzerinde etkileri (Effect of parameters on torque – Ft)



Şekil 9 : Parametrelerin itme kuvveti - Ff üzerinde etkileri (Effect of parameters on thrust force – Ff)

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada matkap ile delme işleminde kenar radyüsünün tork ve itme kuvveti üzerindeki etkisi ve optimum kesme parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmış ve bu doğrultuda deneyler yapılarak çıktılar incelenmiştir. Deneysel çalışmalar neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- İlerleme değeri tork ve itme kuvveti üzerinde en etkili parametre olmuştur (Şekil 6, 8 ve 9),
- Kesme hızının artışı tork'u azaltmış ancak itme kuvvetlerini baskın olmayan şekilde artırmıştır (Şekil 8, 9),
- Kesme kenarı radyüsü literatürlerde yapılan çalışmaların aksine bu çalışma için arttıkça tork ve itme kuvveti değerlerini azaltıcı etki göstermiştir. Bu da kesme kenarı radyüsünün her işlem ve malzeme kombinasyonu için belirlenmesinin ve mikro geometrinin önemini göstermektedir.

- Aşınmalar maks. 0,296 mm seviyesinde kaldığından çalışmayı yalınlaştırmak adına görselleri eklenmemiştir. Elde edilen bu değer kombinasyonu ise $F_n=0,1$ mm/dev, $V_c=70$ m/dk ve $R=5$ μ m ile oluşmuştur.
- En düşük aşınma değeri ise 0,166 mm olarak $F_n=0,1$ mm/dev, $V_c=110$ m/dk ve $R=15$ μ m ile oluşmuştur.
- Aşınmalar üzerinde en büyük etken ilerleme değeri ve kenar radyüsü da ikincil etken olmuştur (Şekil 7),

Yapılan deneyler neticesinde tork değerlerini “en düşük en iyidir” neticesinde değerlendirildiğinde en uygun parametreler $F_n=0,05$ mm/dev, $V_c=110$ m/dk ve $R=15$ μ m olmuştur.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. M. Arafat, CNC Delme İşleminde Delme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğü Açısından Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, Türkiye, 2009.
2. M.C. Çakır, Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri, 2. Baskı, DORA Yayıncılık Ltd. Şti., Bursa, 2010.
3. D. Biermann, M. Heilmann, Tiefbohren mit kleinen Durchmessern WB Werkstatt + Betrieb, pp 54-57, 2010.
4. Y.K. Chou, H. Song, Tool nose radius effects on finish hard turning, J Mater Process Technology 148(2):259–268, 2004.
5. J. Fulemova, Z. Janda, Influence of the cutting edge radius and the cutting edge preparation on tool life and cutting forces at inserts with wiper geometry, Procedia Engineering 69:565–573, 2014.
6. E. Uhlmann, D. Oberschmidt, A. Löwenstein, Y. Kuche, Influence of cutting edge preparation on the performance of micro milling tools, Procedia CIRP, 46: 214-217, 2016.
7. S. Yağmur, A. Acır, U. Şeker, M. Günay, Delik Delme İşlemlerinde Kesme Parametrelerinin Kesme Bölgesindeki Sıcaklığa Etkisinin Deneysel İncelenmesi, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 28 (1): 1-6, 2013.
8. N. Yaşar, M. Sekmen, M. Günay, Sıcak İş Takım Çeliğinin İşlenmesinde Kesme Parametrelerinin Optimizasyonu Ve Yüzey Pürüzlülüğünün Modellenmesi, Beşinci Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 23-25 Ekim 2014, Bursa.
9. A. Uysal, E. Altan, Kesici Kenarı Yuvarlatılmış Aşınmış Takım İle Talaş Kaldırmada İtme Kuvveti, Beşinci Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 23-25 Ekim 2014, Bursa.
10. E. Baytok, B. Tuna, A. Toprak, E. Özlü, E. Budak, Freze Ve Delik Delme İşlemlerinde Kullanılan Karbür Takımların Sistemik Olarak Performans Karşılaştırması, Dördüncü Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 7-9 Kasım 2013, Kuşadası.
11. M. Savaşkan, Y. Taptık, M. Ürgen, Deney Tasarımı Yöntemi İle Matkap Uçlarında Performans Optimizasyonu, İTÜ Dergisi, 3 (6): 117-128, 2004.
12. G. Meral, M. Sarıkaya, H. Dilipak, Delme İşlemlerinde Kesme Parametrelerinin Taguchi Yöntemiyle Optimizasyonu, Erciyes University Journal of the Institute of Science And Technology, 27(4): 332-338, 2011.
13. S. Açay, İslah çeliklerinin (42CrMo4) derin delik matkabı ile delinmesinde işlem değişkenlerinin kesme kuvvetine etkisinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, Türkiye, 2017.
14. İ. Tekaüt, H. Demir, U. Şeker, Experimental Analysis and Theoretical Modelling of Cutting Parameters in the Drilling of AISI H13 Steel with Coated and Uncoated Drills, Transactions of Famena, 42: 83-96, 2018.