

Farklı Talaş Kırıcı Formlarının Esas Kesme Kuvvetlerine Etkisinin Matematiksel Modellenmesi

Hüseyin GÜRBÜZ¹, Fikret SÖNMEZ², Şehmus BADAY³, Ulvi ŞEKER⁴

¹Dr. Öğretim Üyesi, Batman Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Batman, Türkiye

²Dr., Karşıyaka Tüpraş MTAL, Kocaeli, Türkiye, ³Dr. Öğretim Üyesi, Batman Üniversitesi, Teknoloji

Fakültesi, Batman, Türkiye, ⁴Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ankara, Türkiye

huseyin.gurbuz@batman.edu.tr, sonmezfikret@gmail.com, sehmus.baday@batman.edu.tr,

useker@gazi.edu.tr

Geliş Tarihi/Received:

13.07.2018

Kabul Tarihi/Accepted:

23.12.2018

Yayın Tarihi/Published:

27.12.2018

ÖZ

Bu çalışmada, imalat sanayinde sıklıkla kullanılan AISI 1050 çelik malzemesi, farklı talaş kırıcı formlara sahip beş ayrı kesici takım ile işlenmiştir. Farklı kesici takımlarla yapılan tornalama işlemi esnasında oluşan esas kesme kuvvetleri kaydedilmiştir. Farklı formlara sahip kesici takımlar, sabit kesme hızında, üç farklı ilerleme ve iki farklı talaş derinliğinde esas kesme kuvveti üzerindeki etkisi matematiksel olarak analiz edilmiştir. Bu analizlerde, her talaş kırıcı formu için beş farklı matematiksel yöntem ile 10 farklı matematiksel model oluşturulmuştur. Yapılan analizler sonucunda tüm talaş kırıcı formları için gerçekleştirilen matematiksel modellemeler tutarlılık göstermiştir. Tüm deneylerde en yüksek başarımla, Polinom (3) model ile elde edilmiştir. Matematiksel modellemeler arasında Fourier modeli, tüm deneylerde en düşük başarımla sahip model olarak gözlenmiştir. En yüksek R^2 değeri ($R^2=0.9503$) ile en yüksek düzeltilmiş R^2 değerine ($R^2=0.8757$) MS talaş kırıcı form kullanılarak elde edilen model ile ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Talaş kırıcı formlar, Esas kesme kuvveti, İlerleme, Matematiksel analiz.

Mathematical Modeling of the Effect of Chip Breaker Forms on Cutting Forces

ABSTRACT

In this study, AISI 1050 steel materials, which were frequently used in manufacturing industry, were turned with five cutting tools with different chip breaker forms. Main cutting forces were recorded during the machining with different cutting tools. The effect of the cutting tools with five different chip breakers on the main cutting force at different feed rates was mathematically analyzed. In these analyzes, 10 different mathematical models were created for each chip breaker form with five different mathematical methods. As a result of these analysis, all chip breaker forms are modeled with high consistency. The best results in all models were obtained by polynomial modeling with 3 variables. Among the mathematical models, the Fourier model was observed as the least successful model in all experiments. The highest R^2 value ($R^2 = 0.9503$) and the highest adjusted R^2 value ($R^2 = 0.8757$) were achieved with the model obtained using the MS chip breaker form.

Keywords: Chip breaker forms, Main cutting force, Feed, Mathematical analysis.

1. GİRİŞ

Çeşitli iş parçalarının üretiminde talaşlı imalat yöntemi sıklıkla kullanılan metotlardan biridir. Talaşlı imalat, kesici bir takımın iş parçasını şekillendirilmesi esasına dayanır. Kesici takımın iş parçası üzerinden talaş kaldırması sonucunda kesme kuvvetlerini meydana getirmektedir (Stephenson ve Agapiou, 2016). Araştırmacılar kesme kuvvetlerinin daha iyi anlaşılabilmesi için birçok deneysel çalışma yapmışlardır. Bu çalışmalarda, çelik malzemelerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan kesme kuvvetleri ana çalışma konusu olmuştur (Lalwani vd, 2008; Chen, 2000). Kesme kuvvetlerinin oluşumu kesme şartları ile doğrudan ilişkilidir. Kesme kuvvetlerini etkileyen ana parametreler olarak kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği öne çıkmaktadır (Yılmaz vd, 2018; Kratochvíl vd, 2017; Baday vd, 2016; Lotfi vd, 2015; Rao vd, 2013; Gürbüz vd, 2011; Gürbüz vd, 2007). Kesme kuvvetlerinin oluşumunda bir diğer faktörde kesici takım geometrisidir. Kesici takımlar üzerinde bulunan talaş kırıcı geometrileri kesme kuvvetleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Farklı talaş kırıcı geometrilerine sahip kesici takımlarla ile bu kesme kuvvetlerini azaltmak mümkündür (Yılmaz vd, 2018; Kratochvíl vd, 2017; Lotfi vd, 2015; Gürbüz vd, 2012; Mesquita ve Barata Marques, 1992).

Matematiksel modellemeler, talaş kaldırma problemlerinin analizlerinde ve çözümünde etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bu modellemeler, deneysel çalışmalar sonucunda ortaya çıkan verileri kullanarak farklı lineer veya nonlineer fonksiyonlarla, optimum deney sonuçlarını tahmin ederek farklı çözümler önermektedir (Yılmaz vd, 2018; Başak ve Baday, 2016; Baday, 2016; Gürbüz vd, 2012; Montgomery, 2004; Rao, 2011). Bununla birlikte oluşturulan matematiksel modellemeler daha sonra yapılacak olan bilimsel çalışmalarda oluşabilecek problemlerin çözümünde birçok araştırmacıya fikir ve yön vermektedir. Talaşlı imalat için önerilen bu matematiksel modellemeler, giriş parametreleri olan bağımsız değişkenlerin çıkış parametreleri olan bağımlı değişkenler üzerindeki etkisinin belirlenmesinde kullanılan etkin bir yöntemdir (Tebassi vd, 2017). Ancak kesme kuvvetlerinin analizi ve tahmininde de diğer mühendislik problemlerin çözümüne benzer şekilde birçok farklı yöntem kullanılmaktadır. Budak ve arkadaşları titanyum alaşımının frezelenmesi sonucu meydana gelen kesme kuvvetlerini modellenmiş ve bu model ile kesme kuvvetlerini tahmin etmeye çalışmışlardır (Budak vd, 1996). Benzer şekilde başka araştırmacılar, CNC torna ve freze tezgahlarında yapılan talaşlı imalat işlemleri sonucunda meydana gelen kesme kuvvetlerini matematiksel olarak modellemişlerdir (Özlu vd, 2014; Nas vd, 2012). Ayrıca torna ve freze tezgahları kullanılarak yapılan analizlerle birlikte delik delme operasyonları ile ilgili de kesme kuvveti analizi de yapılmıştır. Yapılan analizlerde yüksek R^2 değerleri ile tutarlı tahminler geliştirilmektedir (Meral vd, 2011).

Yapılan bu deneysel ve matematiksel modelleme çalışmasında kesici takımların sahip olduğu talaş kırıcı formların kesme kuvvetleri ile ilişkisi analiz edilmiştir. Bu amaçla beş farklı talaş kırıcı formuna sahip kesici takımlar ile deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Deneylerde sabit kesme hızında farklı ilerleme ve farklı kesme derinliği parametrelerinin etkisi matematiksel olarak modellenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

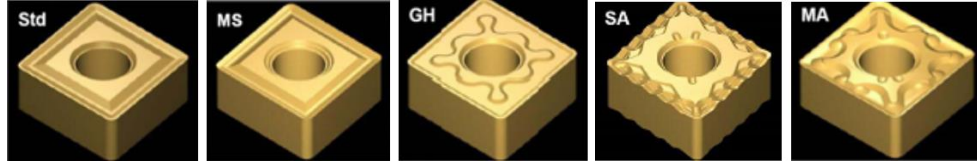
2.1. Deney Malzemesi ve Talaş Kırıcı Formlar

Deneylerde oldukça geniş kullanım alanına sahip ve imalat sanayinde sıklıkla tercih edilen AISI 1050 (DIN 1.1210) malzemesi tercih edilmiştir. Bu malzeme temin edildikten sonra kimyasal içeriğinin doğrulaması için spektral analiz işlemi tabi tutulmuştur. Bu analiz sonucunda elde edilen verilere göre malzemeye ait kimyasal içerik Tablo 1.'de görülmektedir.

Tablo 1. AISI 1050 Malzemeye Ait Analiz Sonuçları

AISI 1050 (DIN 1.1210)								
Kimyasal bileşim	C	Mn	Cu	Si	Al	Ni	Cr	Fe
Ağırlıkça oranı %	0.43	0.73	0.297	0.212	0.011	0.01	0.08	Kalan

Kesme deneyleri 5 farklı talaş kırıcı formu ile gerçekleştirilmiştir. Kesici takımlara ait bu talaş kırıcı formları Şekil 1’de görülmektedir. Şekil 1.’de görülen farklı talaş kırıcı formlarına sahip kesici takımlar Mitsubishi takım firması tarafından temin edilmiştir. Bu kesici takımlara ait talaş kırıcı formlarının isimleri (Std, MS, GH, SA, MA) aşağıdaki Şekil 1’de verilmiştir.

**Şekil 1.** Kesici takımlara ait talaş kırıcı formları

2.2. Deney Parametreleri

Tüm deneyler sabit kesme hızında (V) gerçekleştirilmiştir. Deneylerde üç farklı ilerleme (F) ile iki farklı talaş derinliği (a) parametreleri kullanılmıştır. Deneylerde kesme parametreleri her talaş kırıcı formu için uygulanmış ve yapılan işleme deneyler için deney kodlanması kullanılmıştır. Yapılan deneysel çalışmada kullanılan kesme şartları ve deney kodlamaları Tablo 2.’de verilmiştir.

Tablo 2. Farklı talaş kırıcı formları ile kesme parametreleri

Kesme Parametreleri			Talaş Kırıcı Formu				
V (m/dk.)	F (mm/dev.)	a (mm)	STD	MS	GH	SA	MA
			Deney Adı				
150	0,15	1,6	STD1	MS1	GH1	SA1	MA1
	0,25		STD2	MS2	GH2	SA2	MA2
	0,35		STD3	MS3	GH3	SA3	MA3
	0,15	2,5	STD4	MS4	GH4	SA4	MA4
	0,25		STD5	MS5	GH5	SA5	MA5
	0,35		STD6	MS6	GH6	SA6	MA6

Deneyler CNC torna tezgâhında gerçekleştirilmiş ve tornalama işlemi esnasında soğutma sıvısı kullanılmamıştır. Her bir kesici takımla sadece bir deney gerçekleştirilmiştir. Kesme kuvvetlerinin ölçümünde ise KISTLER marka (Model:9275B) dinamometre kullanılmıştır.

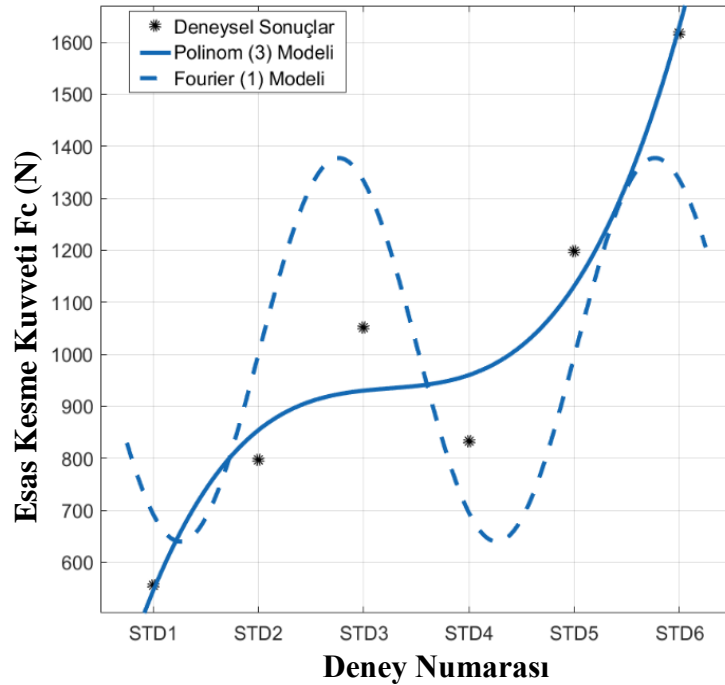
3. MATEMATİKSEL ANALİZ

Yapılan deneysel çalışma sonucunda elde edilen esas kesme kuvveti verileri (Gürbüz, 2006; 2007; 2011; 2012) MATLAB paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Analizlerde eğri uydurma (Curve fitting) yöntemi kullanılmıştır. Bu matematiksel analizde beş farklı yöntem ile toplam 10 adet matematiksel model oluşturulmuştur. Std talaş kırıcı formu ile oluşturulan modellemeler ve bu modellemeler ile elde edilen sonuçlar Tablo 3. de görülmektedir.

Tablo 3. Standart talaş kırıcı form ile yapılan modellemeler

Model Türü (Kullanılan Değişken Sayısı)	Matematiksel Model Sonuçları			
	SSE	R ²	R ² (Düzeltilmiş)	RMSE
Exponential (1)	9.979e+04	0.855	0.8188	157.9
Exponential (2)	9.675e+04	0.8594	0.6486	219.9
Fourier (1)	2.789e+05	0.5948	-0.01308	373.4
Polinom (1)	1.231e+05	0.8212	0.7765	175.4
Polinom (2)	1.019e+05	0.852	0.7533	184.3
Polinom (3)	3.88e+04	0.9436	0.8591	139.3
Polinom (4)	3.873e+04	0.9437	0.7187	196.8
Power (1)	1.441e+05	0.7906	0.7383	189.8
Power (2)	1.002e+05	0.8544	0.7573	182.8
Sum of Sine (1)	1.231e+05	0.8212	0.7019	202.6

Şekillerin daha iyi anlaşılabilmesi için tüm matematiksel modellemeler kullanılarak elde edilen eğriler yerine en iyi ve en kötü başarıyı gösteren 2 eğri kullanılmıştır. Tablo 3.'de bulunan en iyi sonucu üreten Polinom (3) modeli ve başarıyı en düşük model olan Fourier (1) modeli kullanılarak elde edilen eğriler Şekil 2'de görülmektedir. Şekil 2'deki grafik incelendiğinde en iyi sonucu veren Polinom (3) eğrisinin deney sonuçlarına en yakın sonuçlar verdiği, en kötü sonucu veren Fourier (1) eğrisinin ise deney sonuçlarına en uzak sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

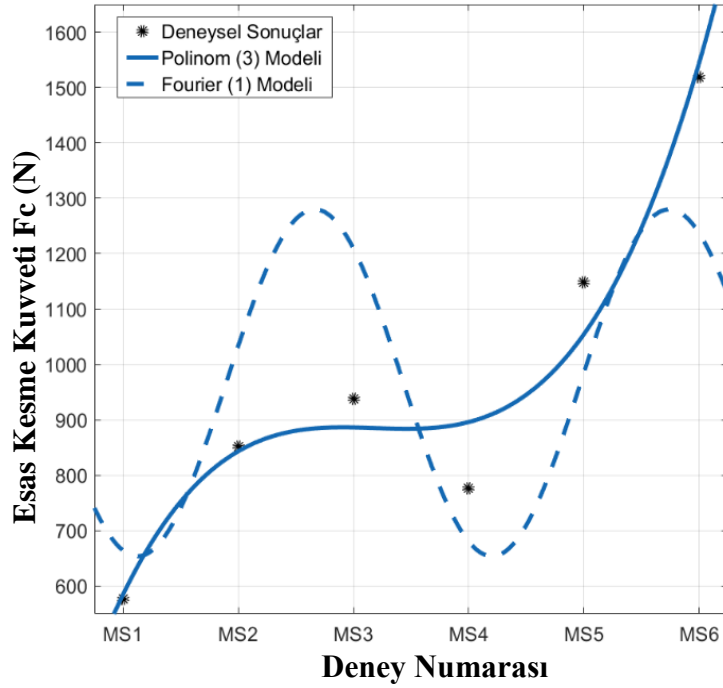
**Şekil 2.** Standart talaş kırıcı form için oluşturulan matematiksel modelleme eğrileri

İkinci talaş kırıcı formu olan MS talaş kırıcı formu ile oluşturulan matematiksel modellemeler ve bu modellemeler ile elde edilen sonuçlar Tablo 4. de görülmektedir. MS talaş kırıcı formu ile elde edilen matematiksel modellemelerin yer aldığı Tablo 4 incelendiğinde Tablo 3'de sunulan verilere büyük ölçüde paralellik gösterdiği söylenebilir. MS talaş kırıcı formunda da Standart talaş kırıcı formunda olduğu gibi en iyi sonuçların üç değişkenli Polinom modeli ile en kötü sonuçların ise Fourier modeli ile elde edilmiştir. Ancak MS talaş kırıcı formu için üç değişkenli Polinom model ile elde edilen R² değeri, standart talaş kırıcı formuna göre daha yüksek çıkmıştır.

Tablo 4. MS Talaş kırıcı formu ile yapılan modellemeler

Model Türü (Kullanılan Değişken Sayısı)	Matematiksel Model Sonuçları			
	SSE	R^2	R^2 (Düzeltilmiş)	RMSE
Exponential (1)	9.283e+04	0.8279	0.7849	152.3
Exponential (2)	5.932e+04	0.89	0.7251	172.2
Fourier (1)	2.29e+05	0.5754	-0.06157	338.4
Polinom (1)	1.175e+05	0.7821	0.7276	171.4
Polinom (2)	8.636e+04	0.8399	0.7331	169.7
Polinom (3)	2.681e+04	0.9503	0.8757	115.8
Polinom (4)	1.858e+04	0.9655	0.8277	136.3
Power (1)	1.426e+05	0.7357	0.6696	188.8
Power (2)	7.433e+04	0.8622	0.7703	157.4
Sum of Sine (1)	1.175e+05	0.7821	0.6368	197.9

Tablo 4’de bulunan modellemelerden iyi sonucu üreten Polinom (3) modeli ve başarımı en düşük olan Fourier (1) modeli kullanılarak elde edilen eğriler Şekil 3’de görülmektedir. Şekil 3’deki MS talaş kırıcı formu için üretilen matematiksel modeller incelendiğinde deney sonuçlarına en yakın değerlerin üç değişkenli Polinom modeliyle elde edilen matematiksel modelin verdiği en uzak değerlerin ise Fourier (1) modeliyle elde edilen matematiksel modelin verdiği görülmektedir.

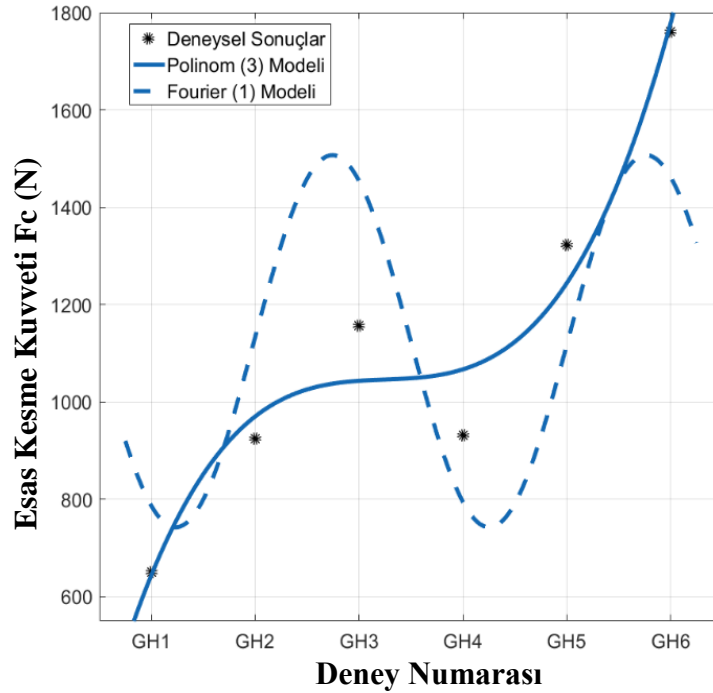
**Şekil 3.** MS Talaş kırıcı formu için oluşturulan matematiksel modelleme eğrileri

GH talaş kırıcı formuna sahip kesici takım için oluşturulan matematiksel modellemeler ve bu modellemeler ile elde edilen sonuçlar Tablo 5. de verilmiştir. GH talaş kırıcı formuyla elde edilen kesme kuvveti değerleri için Tablo 5’de verilen matematiksel modellemelerdeki değerler incelendiğinde, deneysel sonuçlara göre en iyi ve en kötü değerleri veren eğriler Şekil 4’te gösterilmiştir.

Tablo 5. GH talaş kırıcı formu ile yapılan matematiksel modellemeler

Model Türü (Kullanılan Değişken Sayısı)	Matematiksel Model Sonuçları			
	SSE	R ²	R ² (Düzeltilmiş)	RMSE
Exponential (1)	1.137e+05	0.8476	0.8096	168.6
Exponential (2)	8.087e+04	0.8917	0.7292	201.1
Fourier (1)	3.013e+05	0.5964	-0.009034	388.2
Polinom (1)	1.393e+05	0.8134	0.7668	186.6
Polinom (2)	1.139e+05	0.8474	0.7457	194.9
Polinom (3)	3.95e+04	0.9471	0.8677	140.5
Polinom (4)	3.863e+04	0.9483	0.7413	196.5
Power (1)	1.658e+05	0.7779	0.7224	203.6
Power (2)	1.102e+05	0.8523	0.7539	191.7
Sum of Sine (1)	1.393e+05	0.8134	0.689	215.5

Şekil 4'te verilen eğriler ve deney sonuçları incelendiğinde GH talaş kırıcı formu için deney sonuçlarına en yakın değerlerin Polinom (3) modeli en uzak değerlerin ise Fourier (1) modelinin verdiği anlaşılmaktadır.



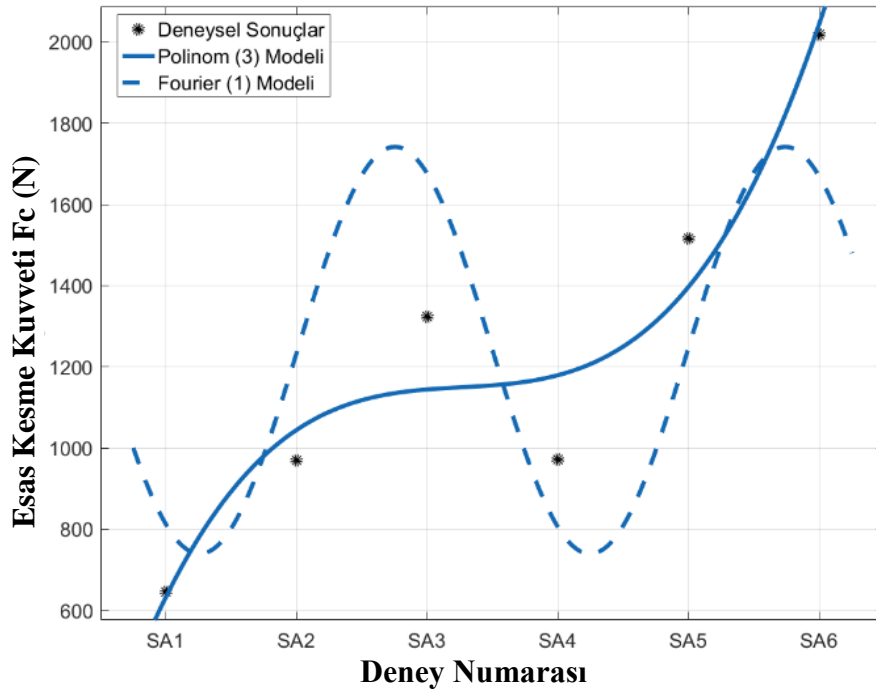
Şekil 4. GH Talaş kırıcı formu için oluşturulan matematiksel modelleme eğrileri

Bir diğer talaş kırıcı formu olan SA talaş kırıcı formu için oluşturulan matematiksel modellemeler ve bu modellemelere ile elde edilen sonuçlar Tablo 6. da verilmiştir. Tablo 6'de en yüksek başarımlı Polinom (3) modeli ile elde edilmiştir. Bununla birlikte bu matematiksel modelde bile düzeltilmiş R² değeri 0.8 sınırında şekillenmektedir. Sağlıklı sonuçlar için bu matematiksel modellemelerin bir miktar daha geliştirilmesi gerekmektedir.

Tablo 6. SA Talaş kırıcı formu için yapılan modellemeler

Model Türü (Kullanılan Değişken Sayısı)	Matematiksel Model Sonuçları			
	SSE	R^2	R^2 (Düzeltilmiş)	RMSE
Exponential (1)	2.006e+05	0.8314	0.7892	224
Exponential (2)	1.64e+05	0.8622	0.6554	286.4
Fourier (1)	4.44e+05	0.6268	0.06711	471.2
Polinom (1)	2.391e+05	0.799	0.7488	244.5
Polinom (2)	2.065e+05	0.8264	0.7107	262.4
Polinom (3)	9.637e+04	0.919	0.7975	219.5
Polinom (4)	9.493e+04	0.9202	0.6011	308.1
Power (1)	2.69e+05	0.774	0.7174	259.3
Power (2)	2.05e+05	0.8277	0.7129	261.4
Sum of Sine (1)	2.392e+05	0.799	0.665	282.4

Diğer talaş kırıcı formları için oluşturulan matematiksel model sonuçlarına paralel şekilde en düşük başarımlı Fourier (1) modeli ile elde edilmiştir. Bu iki matematiksel modele ait eğriler Şekil 5'te görülmektedir.

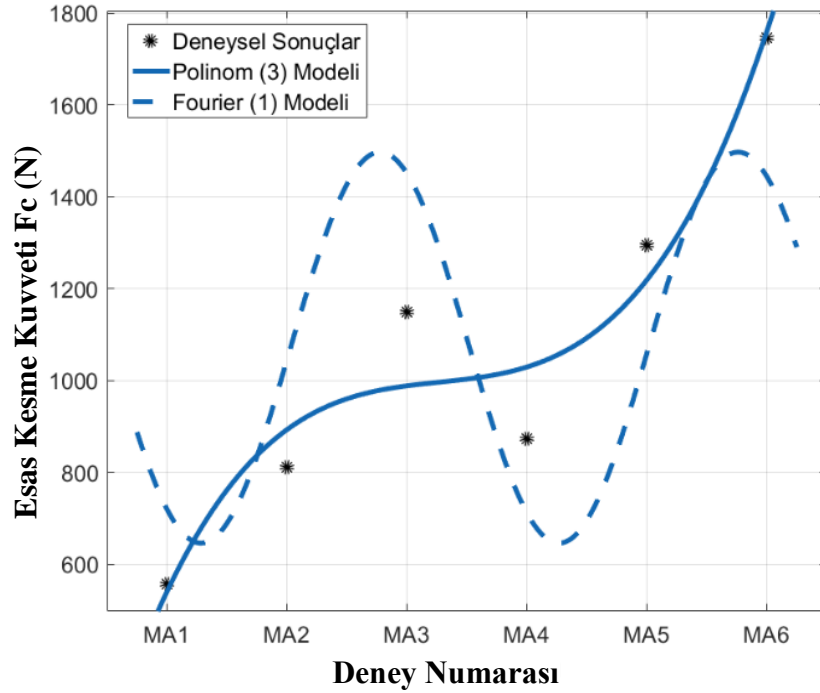
**Şekil 5.** SA Talaş kırıcı formu için oluşturulan modelleme eğrileri

Şekil 5'teki grafik incelendiğinde deney sonuçlarına en yakın değerlerin polinom (3) modelinin oluşturmuş olduğu eğri, deney sonuçlarına en uzak değerlerin ise Fourier (1) modeliyle oluşturulan eğri olduğu anlaşılmaktadır. Son talaş kırıcı formu olan MA talaş kırıcı formu kullanılarak yapılan talaşlı imalat işlemleri sonucu elde edilen kesme kuvvetleri için oluşturulan matematiksel modellemelere ait sonuçlar Tablo 7'de verilmiştir. MA talaş kırıcı formu için oluşturulan matematiksel modellemeler ile elde edilen en iyi ve en kötü sonuçları veren eğriler ile daha önce verilen farklı talaş kırıcı formları için oluşturulan matematiksel model eğrilerinin sonuçları benzer çıkmıştır. Tablo 7'de görüldüğü gibi en iyi sonuçları Polinom (3) modeli en düşük sonuçları ise Fourier (1) matematiksel modeli kullanılarak elde edilmiştir. Bu matematiksel modellemelere ait eğriler Şekil 6'da görülmektedir.

Tablo 7. MA Talaş Kırıcı Formu ile Yapılan Modellemeler

Model Türü (Kullanılan Değişken Sayısı)	Matematiksel Model Sonuçları			
	SSE	R^2	R^2 (Düzeltilmiş)	RMSE
Exponential (1)	1.32e+05	0.8503	0.8128	181.6
Exponential (2)	1.073e+05	0.8783	0.6956	231.6
Fourier (1)	3.45e+05	0.6086	0.02144	415.3
Polinom (1)	1.578e+05	0.821	0.7762	198.6
Polinom (2)	1.37e+05	0.8445	0.7409	213.7
Polinom (3)	6.295e+04	0.9286	0.8215	177.4
Polinom (4)	6.292e+04	0.9286	0.643	250.8
Power (1)	1.786e+05	0.7973	0.7467	211.3
Power (2)	1.379e+05	0.8435	0.7392	214.4
Sum of Sine (1)	1.578e+05	0.821	0.7016	229.3

Şekil 6'daki MA talaş kırıcı formu için oluşturulan matematiksel modellemeler grafiği incelendiğinde diğer talaş kırıcı formları için elde edilen eğrilere benzer şekilde en iyi ve en kötü sonuçları sırasıyla Polinom (3) ve Fourier modeliyle elde edildiği tespit edilmiştir.

**Şekil 6.** MA Talaş Kırıcı Formu için oluşturulan modelleme eğrileri

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Farklı talaş kırıcı formuna sahip kesici takımlar kullanılarak yapılan tornalama işlemleri sonrasında elde edilen esas kesme kuvvetleri verileri matematiksel olarak modellenmiştir. Tüm talaş kırıcı formları için yapılan 10 farklı matematiksel model incelendiğinde şu çıkarımlar yapılabilir.

- Oluşturulan matematiksel modellemeler ile elde edilen R^2 değerleri genel olarak yüksek tutarlılık göstermektedir.
- Fourier modeli dışındaki tüm modellemelerde yüksek R^2 değerlerine ulaşılmaktadır.
- Matematiksel modelleme sonuçlarının daha tutarlı yorumlanmasında kullanılan düzeltilmiş R^2 değerleri ise R^2 değerlerine kıyasla düşüş göstermiştir.
- Genel olarak düzeltilmiş R^2 değeri 0.8 - 0.9 aralığında şekillenmektedir.

5. KAYNAKÇA

- Baday, Ş., (2016). Küreselleştirme Isıl İşlemi Uygulanmış AISI 1050 Çeliğin Tornalanmasında Esas Kesme Kuvvetlerinin Yapay Sinir Ağları İle Modellenmesi. *Technological Applied Sciences*, 11(1), 1-9.
- Baday, Ş., Başak, H., ve Güral, A. (2016). Analysis of spheroidized AISI 1050 steel in terms of cutting forces and surface quality. *Kovove Mater.*, 54, 315-320.
- Başak, H., ve Baday, Ş. (2016). Küreselleştirilmiş orta karbonlu bir çeliğin işlenmesinde, kesme parametrelerinin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin regresyon analizi ile modellenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(4), 253-258.
- Budak, E., Altıntaş, Y., ve Armarego, E.J.A. (1996). Prediction of Milling Force Coefficients From Orthogonal Cutting Data. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 118 (2), 216-224.
- Chen, W. (2000). Cutting forces and surface finish when machining medium hardness steel using CBN tools. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. 40, 455-466.
- Gürbüz, H., Kurt, A., ve Şeker, U. (2012). Investigation of the effects of different chip breaker forms on the cutting forces using artificial neural networks. *Gazi University Journal of Science*, 25(3), 803-814.
- Gürbüz, H., Kurt, A., Çiftçi, İ., ve Şeker, U. (2011). The influence of chip breaker geometry on tool stresses in turning. *Strojniški vestnik-Journal of Mechanical Engineering*, 57(2), 91-99.
- Gürbüz, H., Kurt, A., Korkut, İ., ve Şeker, U. (2007). The experimental investigation of the effects of different chip breaker forms on the cutting forces. *Advanced Materials Research*, 23, 191-194.
- Gürbüz, H. (2006). *Tornalamada talaş kırıcı geometrisinin takım gerilmelerine etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Hamid, Y., Mohamed, A., Meddour, I., Girardin, F., ve Mabrouki, T. (2017) On the Modeling of Surface Roughness and Cutting Force when Turning of Inconel 718 Using Artificial Neural Network and Response Surface Methodology: Accuracy and Benefit. *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering* , Vol. 61 (1), 1-11.
- Kratochvíl, J., Petrů, J., Pagáč, M., Holubják, ve J., Mrazík J. (2017). Effect of Chip Breakers on The Cutting Force During The Machining of Steel C45. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 11 (1), 173-178.
- Lalwani, D.I., Mehta, N.K., ve Jain, P.K. (2008). Experimental investigations of cutting parameters influence on cutting forces and surface roughness in finish hard turning of MDN250 steel. *Journal of Materials Processing Technology*, 206, 167-179.
- Lotfi, M., Farid, A.A., ve Soleimanimehr, H. (2015). The effect of chip breaker geometry on chip shape, bending moment, and cutting force: FE analysis and experimental study. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 78, (5-8), 917-925.
- Meral, G., Dilipak, H., ve Sarıkaya, M. (2011). AISI 1050 malzemenin delinmesinde ilerleme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğünün regresyon analiziyle modellenmesi. *Tünav Bilim Dergisi*, 4(1), 31-41.
- Mesquita, R.M.D., ve Barata Marques, M.J.M. (1992). Effect of chip-breaker geometries on cutting forces. *Journal of Materials Processing Technology*. 31 (1-2), 317-325.
- Montgomery, D.C. (2012). *Design and Analysis of Experiments Sixth Edition*, John Wiley & Sons,
- Nas, E., Samtaş G., ve Demir, H. (2012). CNC Frezelemede Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Parametrelerin Matematiksel Olarak Modellenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18(1), 47-59.
- Özlu, B., Demir, H. ve Nas, E. (2014). Cnc Tornalama İşleminde Yüzey Pürüzlülüğü ve Kesme Kuvvetlerine Etki Eden Parametrelerin Matematiksel Olarak Modellenmesi. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 3, 75-86.
- Rao, C.J., Nageswara, R.D., ve Sriharic Chen, P. (2013). Influence of Cutting Parameters on Cutting Force and Surface Finish in Turning Operation. *Procedia Engineering*. 64, 1405-1415.
- Rao, R.V. (2011). *Advanced Modeling and Optimization of Manufacturing Processes*, Springer.
- Stephenson, D.A., ve Agapiou, J.S.(2016). *Metal Cutting Theory and Practice Third Edition*, CRC Press.
- Yılmaz, B., Karabulut, Ş., ve Güllü, A. (2018). Performance analysis of new external chip breaker for efficient machining of Inconel 718 and optimization of the cutting parameters. *Journal of Manufacturing Processes*, 553-563.