

## Investigation of the Relationship Between Power Consumption and Noise Level During Hard Turning of CBN Tools and DIN 1.2367 Steel

Abidin ŞAHİNOĞLU<sup>1</sup> , Mehtap YAVUZ<sup>2</sup> , Mehmet AKKAŞ<sup>3,\*</sup> 

<sup>1</sup>Manisa Celal Bayar University, Manisa Technical Sciences Vocational School, 45140 MANİSA

<sup>2</sup>Çankırı Karatekin University, Vocational School, 18000, ÇANKIRI

<sup>3</sup>Kastamonu University, Faculty of Engineering and Architecture, 37150, KASTAMONU

### Graphical/Tabular Abstract

#### Article Info:

Research article  
Received:05/03/2021  
Revision:04/05/2021  
Accepted:06/05/2021

#### Highlights

High Frequency  
Transformer  
Full Bridge Converter  
Solid State Transformer

#### Keywords

DIN 1.2367  
Hard Turning  
Power Consumption  
Sound Level  
CBN

Today, dry hard turning is widely used in the processing of hardened steel due to its advantages such as low cost, high machining efficiency and green environmental protection. In this study, hard turning tests were carried out under dry cutting conditions on hardened DIN 1.2367 (55 HRC) steel material. The effect of the cutting parameters (three different cutting speeds, three feed rates and three cutting depths) on the power consumption and sound level values was investigated.



**Figure A.** Measurement of current value and sound intensity values in the experimental setup

**Purpose:** In this study; The effect of different cutting parameters on sound level and power consumption in hard turning was investigated and DIN 1.2367 steel was used as work piece material. Tool steel 1.2367 is a hot work steel with high wear resistance and heat resistance. This material is often used in large die casting production.

**Theory and Methods:** In this experimental study, DIN 1.2367 material was brought to 55 HRC hardness value by heat treatment to examine the hard turning process. All kinds of precautions have been taken to prevent possible vibrations and the part has been rotated rigidly and without secretions. Each experimental study data was separated from the others by opening 2 mm wide grooves on the work piece surface. While determining the cutting parameters, tool catalog values and literature studies were taken into consideration. The interaction between the machine tool, cutting tool and work piece was tested by conducting preliminary experiments.

**Results:** The instantaneous current value and the total power consumption are inversely proportional to each other. The instantaneous current value increases with the increase in the cutting parameters. Even if the instantaneous current value increases with the increase in the cutting parameters, the total power consumption decreases. Therefore, the total power consumption decreases with increasing cutting parameters.

**Conclusion:** Instantaneous current values also increased with increasing cutting parameters (feed rate, depth of cut, cutting speed). Although the increase in cutting parameters increases the instantaneous current value, it reduces the power consumption as it shortens the processing time. The most effective parameter in power consumption is machining time, as even just operating the machine tool will cause a large portion of energy consumption. Estimated values according to regression analysis; 99.22% for current, 99.11% for power consumption, 90% for volume. It can be said that all of the values are close to the true values above 90%.



## Investigation of the Relationship Between Power Consumption and Noise Level During Hard Turning of CBN Tools and DIN 1.2367 Steel

Abidin ŞAHİNOĞLU<sup>1</sup> , Mehtap YAVUZ<sup>2</sup> , Mehmet AKKAŞ<sup>3,\*</sup> 

<sup>1</sup>Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, 45140 MANISA

<sup>2</sup>Çankırı Karatekin Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, 18000, ÇANKIRI

<sup>3</sup>Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 37150, KASTAMONU

### Abstract

Today, dry hard turning is widely used in the processing of hardened steel due to its advantages such as low cost, high machining efficiency and green environmental protection. In this study, hard turning tests were carried out under dry cutting conditions on hardened DIN 1.2367 (55 HRC) steel material. The effect of the cutting parameters (three different cutting speeds, three feed rates and three cutting depths) on the power consumption and sound level values was investigated. Power consumption and sound intensity were evaluated using statistical approach with analysis of variance (ANOVA). In a study different from the literature, the relationship between power consumption and sound level has been tried to be revealed. According to the experimental results, as the feed rate, depth of cut and cutting speed increase; sound level and instantaneous current value are increasing. The increase in the cutting parameters increases the instantaneous current value, but the total processing time is reduced, thus reducing the total power consumption.

### Makale Bilgisi

*Araştırma makalesi*  
*Başvuru: 05/03/2021*  
*Düzeltilme: 04/05/2021*  
*Kabul: 06/05/2021*

### Keywords

*DIN 1.2367*  
*Hard Turning*  
*Power Consumption*  
*Sound Level*  
*CBN*

### Anahtar Kelimeler

*DIN 1.2367*  
*Sert Torna*  
*Güç Tüketimi*  
*Ses Seviyesi*  
*CBN*

### CBN Takımları ile DIN 1.2367 Çeliğin Sert Tornalanması Sırasında Güç Tüketimi ve Ses Seviyesi Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

#### Öz

Günümüzde kuru sert tornalama, düşük maliyeti, yüksek işleme verimliliği ve yeşil çevre koruması nedeniyle sertleştirilmiş çeliğin işlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, sertleştirilmiş DIN 1.2367 (55 HRC) çelik malzeme üzerinde kuru kesme koşullarında sert tornalama testleri yapılmıştır. Kesme parametrelerinin (Üç farklı kesme hızı, üç ilerleme hızı ve üç kesme derinliği) güç tüketimi ve ses seviyesi değerlerine etkisi incelenmiştir. Varyans analizi (ANOVA) ile istatistiksel yaklaşım kullanılarak güç tüketimi ve ses yoğunluğu değerlendirilmiştir. Literatürden farklı olarak yapılan çalışmada güç tüketimi ile ses seviyesi arasında ilişki ortaya konulmaya çalışılmıştır. Deneysel sonuçlara göre ilerleme hızı, kesme derinliği ve kesme hızı arttıkça; ses seviyesi ve anlık akım değeri artmaktadır. Kesme parametrelerindeki artış anlık akım değerini artırır, ancak toplam işlem süresi azalır, böylece toplam güç tüketimi azalmış olur.

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Artan dünya nüfusu ve yaşam alanlarında daha fazla makinenin kullanılması, daha fazla enerji ve hammadde tüketimine yol açmıştır. Son 100 yılda artan makine sayısı ile beraber daha kaliteli makineler olan ihtiyaçta artmıştır. Kaliteyi artırmak için yüksek mukavemetli makineler üretilmek istenmiş ve bunun için de malzemelere ısı işlem uygulanmıştır. Böylece yüksek mukavemet elde edilmiştir ancak beraberinde artan sertlik değeri malzemenin işlenmesini zorlaştırır. Bu noktada CBN ve seramik uçların geliştirilmesi, sert malzemelerin işlenmesini kolaylaştırırken, yüksek yüzey kalitesine sahip iş parçaları üretilmeye başlanmıştır. Sert Tornalama, 50 HRC'den fazla sertliğe sahip çeliğin tornalanması anlamına gelir

(Rockwell Hardness C). Sertleştirilmiş çeliklerden veya işlenmesi zor çeliklerden talaş kaldırmak için kullanılır [1]. Üretim maliyetini eski seviyelerinde tutarak ve çevreyi etkilemeden ürün kalitesini artırmak, bugün için en çok odaklanan mühendislik sorunudur[2]. Sert tormalama işlemi, genellikle sertleştirilmiş malzemeye uygulanan, işlemin tribolojik koşullarına dayanabilen mekanik özelliklere sahip PCBN veya karışık seramik takımlarla gerçekleştirilir [3]. Sert tormalama işlemi daha çevre dostu bir süreç olarak gösterilmiştir, çünkü kesme sıvısı gerekli değildir [4-6]. Bu çalışma, teknolojideki bu gelişmeleri incelemek ve küresel anlamda çok önemli bir diğer sorun olan enerji sorununa çözüm getirmek amacıyla yapılmıştır. Sertleştirilmiş iş malzemesinin tormalanmasında kaliteden ödün vermeden enerji tüketimini en aza indirmek için, uygun çalışma ortamının seçimi ile girdi ve çıktı faktörleri arasındaki ilişkinin iyileştirilmesi hedeflenmiştir.

Diğer taraftan takım tezgahlarının verimli kullanılması da enerji tüketimi açısından büyük önem arz etmektedir. Takım tezgahı üzerine aşırı bir kuvvet uygulanması, tezgahta bir miktar aşınmaya, yorgunluğa ve makine hassasiyetinin kaybına neden olacaktır. Makinenin çok düşük yükler altında çalışması da aynı şekilde enerji tüketiminde artışa ve işlenen parça sayısında azalmaya sebebiyet verecektir. Bu da verimliliğin azalması anlamına gelir ve daha fazla makine yatırımı gerektirir. Optimum işleme koşullarının belirlenmesi bu bağlamda çok önemlidir. Bunun için kesme kuvvetlerini ölçmek bir yöntemdir. Ancak çok maliyetlidir ve makinenin çalışma kapasitesini sınırlar. Kesme kuvvetlerinin ölçülmesine alternatif olarak, makine tarafından kullanılan akım veya güç değeri ölçülür. Takım tezgahlarının belirli bir akım değerini aşması durumunda sigorta görevi gören röleler sadece elektronik devrelerin güvenliğini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda makine üzerindeki aşırı yüke maruz kalarak hassasiyetlerini kaybetmeleri de engellenir. Bu deneysel çalışmada anlık akım değeri, toplam işlem süresi ve toplam güç tüketimi hesaplanmış ve makine verimi üzerinden incelenmiştir. Çünkü tüketilen enerji miktarı küresel anlamda herkesi ilgilendiren birçok sorunun kaynağıdır. Yükselen enerji fiyatları da daha az enerji kullanımı için bir gerekliliktir. Enerji tasarrufu dikkat çeken en önemli çözümlerden biridir. Ancak takım tezgahları üzerinde detaylı çalışmalara ihtiyaç vardır.

Sert tormalama işleminde başta yüzey pürüzlülüğü olmak üzere; kesme kuvveti, takım aşınması, kesme sıvısının etkisi, kriyojenik işlemler, iş parçası ve kesici takım malzemesi, talaş oluşum mekanizmaları gibi birçok faktör değerlendirilmiş ve işlemin verimliliği artırılmaya çalışılmıştır. Sert tormalama operasyonlarında akım, ses ve güç tüketimi üzerinde ise çok fazla çalışma yapılmamıştır. Son zamanlarda yapılan çalışma örneklerinden bazıları ise şöyledir; Rastorguev ve Sevastyanov, yaptıkları çalışmada, 105WCr6'dan yapılmış halka iş parçaları ile sert tormalama deneyleri yapmışlardır. Yüzey kalitesi, talaş tipi ve kesme kuvveti göstergeleri hakkında ana hareket sürücüsündeki akım yükleri şeklinde veriler elde edilmiştir. Elde edilen veri analizine göre, üretilen talaş türü, ana tahrik akımı parametreleri ve yüzey kalitesi arasında bir korelasyon olduğu ifade edilmiştir [7]. Şahinoğlu ve Rafighi, farklı sertliklerdeki AISI 1040 çelik üzerinde tormalama testleri yapmışlar ve kesme parametreleri ve iş parçası sertliğinin yüzey pürüzlülüğü, ses seviyesi ve güç tüketimi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Deneysel sonuçlar, ilerleme hızı değerindeki bir artışın yüzey pürüzlülüğü, ses seviyesi ve güç tüketimi değerlerinde bir artışa neden olduğunu göstermiştir. İlerleme miktarının, yüzey pürüzlülüğünü ve güç tüketimini etkileyen en etkili işleme parametresi olduğunu ifade etmişlerdir [8]. Şahinoğlu ve Rafighi başka bir çalışmalarında ise AISI 4140 çeliğinin tormalanmasında, ilerleme hızının çıktı parametreleri üzerinde en önemli etkiye sahip olduğunu ve bunu kesme derinliğinin izlediğini ifade ederken, ilerleme hızı ve kesme derinliği arttıkça titreşim, ses yoğunluğu, yüzey pürüzlülüğü ve akım değerlerinin de arttığını belirtmişlerdir [9]. Şahinoğlu ve Ulaş, ilerleme hızı düşük, takım yarıçapı yüksek ve işleme süresi kısaltıldığında iyi bir yüzey kalitesi elde edildiğini, kesme hızı, kesme derinliği ve ilerlemedeki artış nedeniyle enerji tüketiminin azaldığını öne sürmüştür [10]. Titreşim etkisinin de gözlemlendiği bir çalışmada Şahinoğlu ve diğerleri, ilerleme hızının iş mili titreşimi ve yüzey pürüzlülüğü üzerinde en etkili kesme parametreleri olduğunu ortaya koymuşlardır [11]. Artan ilerleme hızı ile yüzey pürüzlülüğü değerinin arttığı bir başka çalışma da Karaaslan ve Şahinoğlu'na aittir. Elde edilen deneysel sonuçlara göre ilerleme hızı arttıkça ses şiddetinin de arttığı, artan ilerleme hızı, kesme derinliği ve kesme hızı ile işleme süresinin kısaltıldığı ve böylece toplam güç tüketiminin azaltılacağına vurgu yapılmıştır [12]. İynen ve diğerleri, ilerleme hızının radyal kuvvet ve teğetsel kuvvet üzerinde etkili olduğunu, kesme derinliğinin ise ilerleme kuvvetinde etkili olduğuna dikkat çekmiştir [13]. İynen ve diğerleri, bir başka çalışmalarında ise yüzey pürüzlülüğünü incelemişler ve Ra üzerindeki en etkili parametrelerin sırasıyla büyükten küçüğe ilerleme hızı, kesme hızı ve kesme derinliği olduğunu, Rz üzerinde ise kesme parametrelerinin etkilerinin sırasıyla ilerleme hızı, kesme derinliği, kesme hızı olduğunu

ifade etmişlerdir [14]. Özdemir, yüzey pürüzlülüğü (Ra ve Rz) üzerindeki en etkili parametrelerin ilerleme hızı (f) ve takım ucu yarıçapı (R) olduğunu ortaya koymuştur [15]. Özdemir de çalışmasında benzer şekilde, yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en önemli parametrelerin sırasıyla ilerleme hızı, kesme derinliği ve kesme hızı olduğu sonucuna varmıştır [16].

Bu çalışmada ise; sert tornalamada farklı kesme parametrelerinin ses seviyesi ve güç tüketimi üzerine etkisi araştırılmış ve iş parçası malzemesi olarak da DIN 1.2367 çeliği kullanılmıştır. Takım çeliği 1.2367, yüksek aşınma direncine ve ısı direncine sahip bir sıcak iş çeliğidir. Bu malzeme genellikle büyük basınçlı döküm üretiminde kullanılır. Deneylerde üç farklı kesme derinliği (0,10-0,15-0,20 mm) kesme derinliği, üç farklı kesme hızı (175, 200, 225 m/dak) ve üç farklı ilerleme hızı (0,06-0,12-0,18 mm/dev) kullanılmıştır.

## 2. MALZEME VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

Bu deneysel çalışmada, sert tornalama işlemini incelemek için DIN 1.2367 malzeme ısıl işlem ile 55 HRC sertlik değerine getirilmiştir. Olabilecek titreşimlerin engellenmesi için her türlü önlem alınarak parçanın rijit ve salgısız dönmesi sağlanmıştır. İş parçası yüzeyinde 2 mm genişliğinde kanallar açılarak her bir deneysel çalışma verisi diğerlerinden ayrılmıştır. Kesme parametreleri belirlenirken, takım katalog değerleri ve literatür çalışmaları göz önünde bulundurulmuştur. Ön deneyler yapılarak takım tezgahı, kesici takım ve iş parçası arasındaki etkileşim test edilmiştir.

Kesici takım olarak sert tornalama işlemine uygun Sandvik Coromant firmasına ait DCGW11T304 geometrisine sahip CBN takım kullanılmıştır. Sert malzemelerde kopma dayanımının yüksek olması sadece düşük ilerleme ve talaş derinliğinin tercih edilmesini değil aynı zamanda takım, kater, ayna ve punta bağlantısının da yeterince rijit olmasını gerekli kılmaktadır. Bu nedenle bağlama düzeni bu doğrultuda oluşturulmuştur. İşleme deneyleri Tezmaxsan CNC torna tezgahında (20 hp gücünde, 4000 rpm devir sayısına sahip) yapılmıştır.



**Şekil 1.** Deney düzeninde akım değeri ve ses şiddeti değerlerinin ölçülmesi

Ölçüm işlemlerinde kullanılan cihazların kalibrasyonu yapılmış ve alınan üç farklı değer aritmetik ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Şekil 1’de görüldüğü üzere akım değeri için UNI-T UT 201 model Pens ampermetre kullanılmıştır. Bir fazdan geçen akım değeri alınmıştır. Bu değer gerilim ve süre ile çarpılarak, belirli bir miktar talaş kaldırması için gereken güç tüketimi hesaplanmıştır. Ses şiddetinin ölçümü için şekil 1 de görüldüğü üzere LT SL-401 model ses şiddeti ölçüm cihazı talaş kaldırma bölgesinden 50 cm uzağa yerleştirilmiştir. Filtre A ve slow pozisyonundan ölçüm alınmıştır. Deney yapılan ortamın oldukça sessiz olduğu zaman dilimleri tercih edilmiştir. Veriler minitap 16 istatistiksel paket programı kullanılarak analiz yapılmıştır. 3D grafikler çıkartılmıştır.

### 3. BİR DEN ÇOK BAĞLANTILI GET TASARIMI VE UYGULAMASI (DESIGN AND APPLICATION OF MULTIPLE-LINK SST)

Sert tornalama performansı parametrelerden, yani kesme hızından, ilerleme hızından ve kesme derinliğinden büyük ölçüde etkilenir. Optimum işleme parametrelerini tahmin ederek güç tüketimini en aza indirmek hem de ses seviyesi ile güç tüketimi arasındaki ilişkiyi araştırmak için yapılan bu deneysel tam faktöriyel deney tasarımı kullanılmış ve sonuçlar Tablo 1’de verilmiştir.

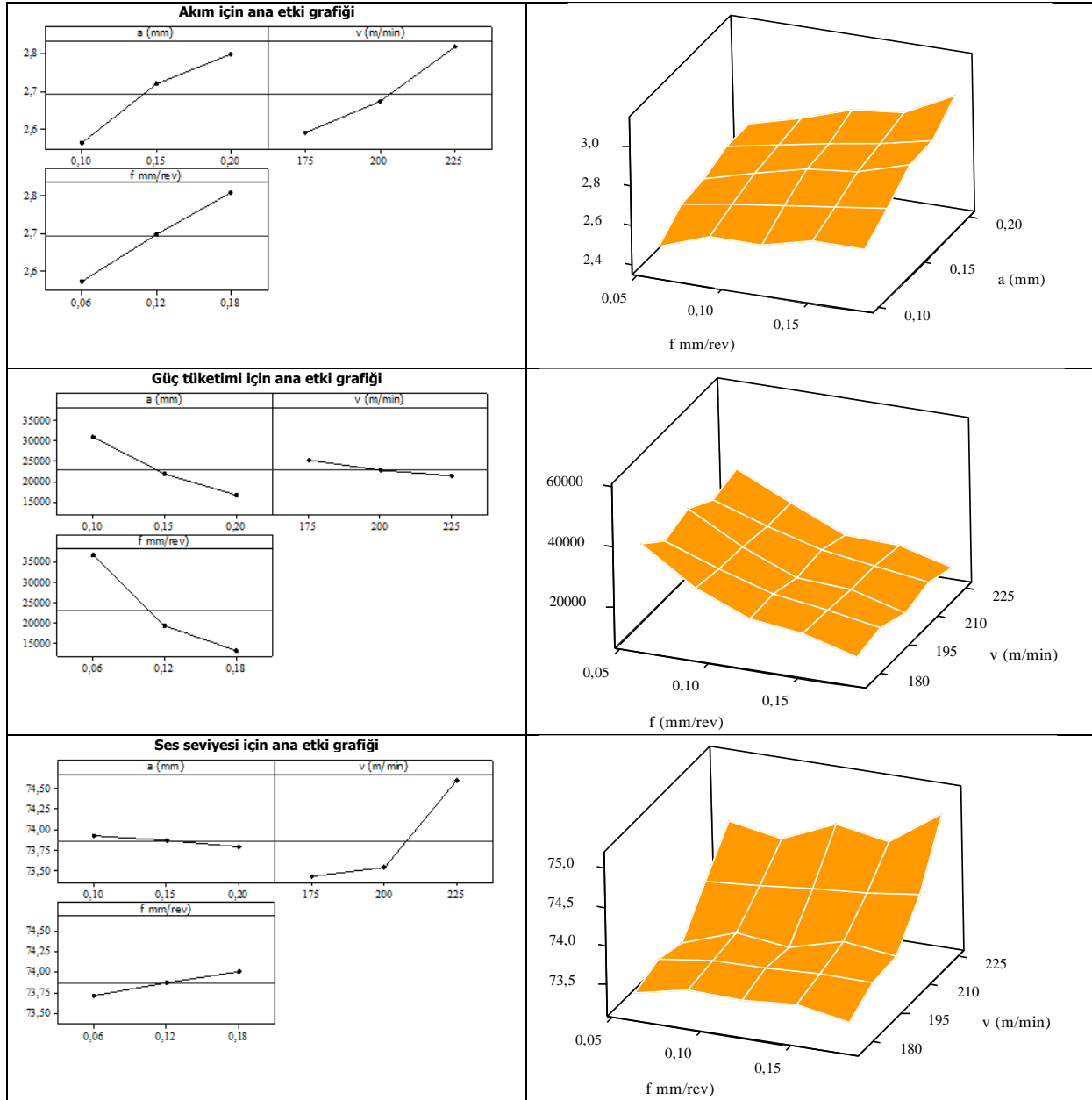
**Tablo 1.** Kesme parametrelerine bağlı olarak anlık akım değeri, güç tüketimi, işlem süresi ve ses seviyesi sonuçları

Den. No	$a$ (mm)	$v$ (m/min)	$f$ (mm/rev)	Akım (A)	Güç Tüketimi (Watt)	Süre (s)	Ses Seviyesi (dB)
1	0,1	175	0,06	2,39	54082,29	34,29	73,4
2	0,1	175	0,12	2,46	27833,14	17,14	73,5
3	0,1	175	0,18	2,5	18857,14	11,43	73,6
4	0,1	200	0,06	2,46	48708	30,00	73,6
5	0,1	200	0,12	2,55	25245	15,00	73,9
6	0,1	200	0,18	2,61	17226	10,00	73,9
7	0,1	225	0,06	2,6	45760	26,67	74,2
8	0,1	225	0,12	2,7	23760	13,33	74,5
9	0,1	225	0,18	2,8	16426,67	8,89	74,7
10	0,15	175	0,06	2,54	38317,71	22,86	73,5
11	0,15	175	0,12	2,64	19913,14	11,43	73,6
12	0,15	175	0,18	2,72	13677,71	7,62	73,3
13	0,15	200	0,06	2,56	33792	20,00	73,3
14	0,15	200	0,12	2,72	17952	10,00	73,4
15	0,15	200	0,18	2,82	12408	6,67	73,5
16	0,15	225	0,06	2,69	31562,67	17,78	74,6
17	0,15	225	0,12	2,82	16544	8,89	74,7
18	0,15	225	0,18	2,97	11616	5,93	74,9
19	0,2	175	0,06	2,55	28851,43	17,14	73,2
20	0,2	175	0,12	2,69	15217,71	8,57	73,4
21	0,2	175	0,18	2,82	10635,43	5,71	73,4
22	0,2	200	0,06	2,62	25938	15,00	73,3
23	0,2	200	0,12	2,78	13761	7,50	73,4
24	0,2	200	0,18	2,93	9669	5,00	73,6
25	0,2	225	0,06	2,75	24200	13,33	74,3

Tablo 1’deki deneysel sonuçlar incelendiğinde, kesme parametrelerindeki artış ile güç tüketimi değerlerinde bir azalma söz konusu iken ses seviyesi; kesme derinliği ile azalmış ancak kesme hızı ve ilerleme miktarı ile artmıştır.

Endüstride artan taleplere kısa sürede cevap verebilmesi bakımından işleme süresi önemli bir yere sahiptir. Birim zamanda üretilen ürün sayısını artıracığı için işletmelerin rekabet şansını artırır. İşleme süresi takım tezgâhının güç tüketimi ile doğrudan ilişkilidir. İşleme süresi ne kadar kısaltılırsa güç tüketimi o oranda azalır. Bu da yüksek kesme parametreleri tercih edilerek sağlanır. İlerleme miktarı, kesme hızı ve talaş derinliğindeki artış işleme süresinin azalmasını sağlar.

Şekil 2’de anlık akım değeri, güç tüketimi ve ses seviyesi için Taguchi “en küçük en iyi” yaklaşımına göre ana etki grafikleri ve kesme parametrelerine bağlı yüzey grafikleri verilmiştir.



**Şekil 2.** Anlık akım değeri, güç tüketimi ve ses seviyesi için Taguchi “en küçük en iyi” yaklaşımına göre ana etki grafikleri ve kesme parametrelerine bağlı yüzey grafikleri

Anlık akım değeri, tezgâhtaki anlık yük miktarının bir göstergesidir ve güç tüketimini doğrudan etkileyen önemli bir parametredir. Kesme parametreleri de anlık akım değerini önemli derecede etkiler. Nitekim Şekil 1 bunun göstergesi niteliğindedir. Artan kesme parametreleri (ilerleme miktarı, kesme derinliği, kesme hızı) ile anlık akım değerleri de artmıştır. Bu parametreler arasında da en ekili olanın ilerleme miktarı olduğunu

grafikteki eğimin daha dik bir eğilim gösterdiğinden anlayabiliriz. Artan ilerleme miktarı ile birim zamanda takım üzerindeki yük miktarı artar ve bu da tezgahtan çekilen akımı artırır. Bu durum anlık talaş kesitinin artmasında da görülmektedir. İlerleme miktarı artınca kesme kuvvetlerinin artmasında bu durumun göstergesidir [17]. Ayrıca ölçümü pahalı ve zahmetli olan kesme kuvvetleri yerine anlık akım değerinin de bir gösterge olduğu bilinmektedir. [7]. Kesme hızındaki artışta akım değerinin bir miktar artmasını sağlar. Çünkü devir sayısındaki artış motorun tükettiği akım değerinin artmasına neden olur. Artan kesme hızı ile kesme kuvvetlerinin düştüğü bilinmektedir[18]. Buna rağmen kesme kuvvetleri bir miktar düşse de motor devir sayısı arttığı için akım değeri bir miktar artmıştır.

Anlık akım değeri ve toplam işleme süresinin bir fonksiyonu olan güç tüketimi, işletme maliyetlerini önemli oranda etkilerken küresel anlamda da enerji kaynaklarının verimli kullanılması açısından dünyada büyük öneme sahiptir. Şekil 1'den de anlaşılacağı üzere kesme parametrelerindeki artış, anlık akım değerini arttırsa da işleme süresini kısalttığı için güç tüketimini azaltmaktadır. Sadece takım tezgâhını çalıştırmak dahi büyük bir enerji sarfiyatının kısmına neden olacağı için güç tüketiminde en etkili parametre işleme süresidir. Bu durumda tezgâhın çalışma süresinin kısaltılması için kesme parametrelerini arttırmak gerekir. Fakat kesme parametrelerinde ilerleme miktarını arttırmak yüzey pürüzlülük değerini arttıracaktır. Dolayısıyla güç tüketimini azaltmak, işleme süresini kısaltmak ve yüzey kalitesini bozmamak için; kesme parametrelerinin iyi seçilmesi gerekir. Akımın ana sürücüde kaydedilmesi, yüzey durumunun ve talaş özelliklerinin oluşumunun çevrimiçi tanısını sağlar. Kesme kuvvetine dönüştürülen akım parametreleri, bu özellikleri karakterize etmek için istatistiksel olarak nasıl gerekçelendirildiği literatürde mevcuttur [7].

Ses seviyesi ile anlık akım değerleri arasında doğru bir orantı varken güç tüketimi ile ters bir orantı söz konusudur. İşleme süresi ile doğrudan ilişkili olan bu durum, kesme derinliğindeki artışla ters yönde etkilenmiştir. Ses seviyesinin de oldukça kolay ve maliyetsiz bir yöntem olmasıyla çalışmalarda kullanılabilmesi daha önce yapılan çalışmalarda da vurgulanmıştı [8,19].

Tüm kesme parametreleri için varyans analizi ve regresyon analizi Tablo 2'de verilmiştir. Tabloya göre regresyon analizine göre tahmin edilen değerler; akım için% 99,22, güç tüketimi için% 99,11, ses seviyesi için % 90'dır. Değerlerin hepsi %90'ın üzerinde gerçek değerlere yakın olduğu söylenebilir.

**Tablo 2.** Anlık akım değeri, güç tüketimi ve ses seviyesi için varyans analizi ve regresyon analizi ve etki oranı

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	% Etkisi
<i>Regression</i>	9	0,774478	0,774478	0,086053	370,18	0,000	99,49231
<i>Linear</i>	3	0,732783	0,732783	0,244261	1050,76	0,000	94,13602
<i>a (mm)</i>	1	0,247339	0,247339	0,247339	1064,00	0,000	31,77408
<i>v (m/min)</i>	1	0,235756	0,235756	0,235756	1014,17	0,000	30,28609
<i>f mm/rev)</i>	1	0,249689	0,249689	0,249689	1074,11	0,000	32,07597
<i>Square</i>	3	0,015928	0,015928	0,005309	22,84	0,000	2,04617
<i>a (mm)*a (mm)</i>	1	0,009335	0,009335	0,009335	40,16	0,000	1,199209
<i>v (m/min)*v (m/min)</i>	1	0,006230	0,006230	0,006230	26,80	0,000	0,800329
<i>f mm/rev)*f mm/rev)</i>	1	0,000363	0,000363	0,000363	1,56	0,228	0,046632
<i>Interaction</i>	3	0,025767	0,025767	0,008589	36,95	0,000	3,310124
<i>a (mm)*v (m/min)</i>	1	0,000033	0,000033	0,000033	0,14	0,710	0,004239
<i>a (mm)*f mm/rev)</i>	1	0,019200	0,019200	0,019200	82,59	0,000	2,466503
<i>v (m/min)*f mm/rev)</i>	1	0,006533	0,006533	0,006533	28,10	0,000	0,839253
<i>Residual Error</i>	17	0,003952	0,003952	0,000232			0,507689
<i>Total</i>	26	0,778430					100
<i>Anlık akım = 3,45037+5,74444*a-0,0177111*v- 2,62963*f -15,7778*a*a +5,15556E-05*v*v-2,16049*f*f-0,00133333*a*v+13,3333*a*f+0,0155556*v*f</i>							
<i>R-Sq = 99,49% R-Sq(pred) = 98,73% R-Sq(adj) = 99,22%</i>							
<i>Source</i>	<i>DF</i>	<i>Seq SS</i>	<i>Adj SS</i>	<i>Adj MS</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>% Etkisi</i>
<i>Regression</i>	9	3889938054	38899380	432215339	321,75	0,000	99,41637
<i>Linear</i>	3	3461570945	34615709	1153856982	858,97	0,000	88,46845
<i>a (mm)</i>	1	904698227	90469822	904698227	673,49	0,000	23,12166
<i>v (m/min)</i>	1	70020567	70020567	70020567	52,13	0,000	1,789538
<i>f mm/rev)</i>	1	2486852150	24868521	2486852150	1851,29	0,000	63,55726
<i>Square</i>	3	229308263	22930826	76436088	56,90	0,000	5,860503
<i>a (mm)*a (mm)</i>	1	24832452	24832452	24832452	18,49	0,000	0,634651
<i>v (m/min)*v (m/min)</i>	1	1804641	1804641	1804641	1,34	0,262	0,046122
<i>f mm/rev)*f mm/rev)</i>	1	202671170	20267117	202671170	150,87	0,000	5,179731
<i>Interaction</i>	3	199058847	19905884	66352949	49,40	0,000	5,087409
<i>a (mm)*v (m/min)</i>	1	3345405	3345405	3345405	2,49	0,133	0,0855
<i>a (mm)*f mm/rev)</i>	1	180018179	18001817	180018179	134,01	0,000	4,600781
<i>v (m/min)*f mm/rev)</i>	1	15695263	15695263	15695263	11,68	0,003	0,401129
<i>Residual Error</i>	17	22836245	22836245	1343309			0,583633
<i>Total</i>	26	3912774299					100
<i>Güç tüketimi için regresyon analizi = 208935-625324*a-584,739*v-929509*f+813756a*a +0,877485v*v+1614425*f*f+422,400*a*v+1291060*a*f+762,434*v*f</i>							
<i>R-Sq = 99,42% R-Sq(pred) = 98,40% R-Sq(adj) = 99,11%</i>							
<i>Source</i>	<i>DF</i>	<i>Seq SS</i>	<i>Adj SS</i>	<i>Adj MS</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>% Etkisi</i>
<i>Regression</i>	9	8,15833	8,15833	0,90648	29,25	0,000	93,93381
<i>Linear</i>	3	6,58056	6,58056	2,19352	70,78	0,000	75,7676
<i>a (mm)</i>	1	0,08000	0,08000	0,08000	2,58	0,127	0,921108
<i>v (m/min)</i>	1	6,12500	6,12500	6,12500	197,64	0,000	70,52235
<i>f mm/rev)</i>	1	0,37556	0,37556	0,37556	12,12	0,003	4,324143
<i>Square</i>	3	1,33944	1,33944	0,44648	14,41	0,000	15,42212
<i>a (mm)*a (mm)</i>	1	0,00074	0,00074	0,00074	0,02	0,879	0,00852
<i>v (m/min)*v (m/min)</i>	1	1,33796	1,33796	1,33796	43,17	0,000	15,40507
<i>f mm/rev)*f mm/rev)</i>	1	0,00074	0,00074	0,00074	0,02	0,879	0,00852
<i>Interaction</i>	3	0,23833	0,23833	0,07944	2,56	0,089	2,744097
<i>a (mm)*v (m/min)</i>	1	0,06750	0,06750	0,06750	2,18	0,158	0,777185
<i>a (mm)*f mm/rev)</i>	1	0,00750	0,00750	0,00750	0,24	0,629	0,086354
<i>v (m/min)*f mm/rev)</i>	1	0,16333	0,16333	0,16333	5,27	0,035	1,880558
<i>Residual Error</i>	17	0,52685	0,52685	0,03099			6,066073
<i>Total</i>	26	8,68519					100
<i>Ses seviyesi için regresyon analizi = 102,698-13,0000*a-0,297222*v-13,6574*f -4,44444*a*a +0,000755556*v*v -3,08642*f*f+0,0600000*a*v+8,33333*a*f+0,0777778*v*f</i>							
<i>R-Sq = 93,93% R-Sq(pred) = 84,61% R-Sq(adj) = 90,72%</i>							



Anlık akım değeri ile toplam güç tüketimi bir biri ile ters orantılıdır. Kesme parametrelerdeki artış ile anlık akım değeri artmaktadır. Kesme parametrelerindeki artış ile anlık akım değeri artsa bile toplam güç tüketimi azalmaktadır. Bundan dolayı artan kesme parametreleri ile toplam güç tüketimi azalmaktadır. Düşük akım değeri istenildiği durumlarda düşük kesme parametreleri tercih edilmesi gerekirken, işleme süresi ve toplam güç tüketimini düşük olması istenildiği durumlarda kesme parametrelerinin yüksek seviyeleri tercih edilmesi gerekir. Tercih edilme şartlarına göre düşük akım değeri için düşük kesme parametreleri . Düşük enerji tüketimi için yüksek kesme parametreleri tercih edilmesi gerekir.

#### 4. GENEL SONUÇLAR (GENERAL RESULTS)

İmalat sürecinde sert tormalama için işlenen malzeme, tezgâhın rijitliği, kesici takım özellikleri, parçanın boyutları, soğutma sıvısı veya kuru kesme şartları gibi birçok faktöre göre kesme parametrelerinin optimum seviyeleri vardır. Bu çalışmada da çok değişkenli olan bu sert tormalama sürecinde büyük bir öneme sahip olan kesme parametreleri değerlendirilmiş ve ölçülmesi düşük maliyetli ve pratik olan güç tüketimi ve ses seviyesi de performans kriteri olarak belirlenmiştir. Ayrıca anlık akım değeri, güç tüketimi ve ses seviyesi arasındaki ilişki incelenmiştir.

Elde edilen deneysel çalışmalarda;

- ✓ Sert tormalama performansı parametrelerden, yani kesme hızından, ilerleme hızından ve kesme derinliğinden büyük ölçüde etkilenir.
- ✓ İşleme süresi takım tezgâhının güç tüketimi ile doğrudan ilişkilidir. İşleme süresi ne kadar kısaltılırsa güç tüketimi o oranda azalır. Bu da yüksek kesme parametreleri tercih edilerek sağlanır. İlerleme miktarı, kesme hızı ve talaş derinliğindeki artış işleme süresinin azalmasını sağlar.
- ✓ Artan kesme parametreleri (ilerleme miktarı, kesme derinliği, kesme hızı) ile anlık akım değerleri de artmıştır. Bu parametreler arasında da en etkili olanın ilerleme miktarı olduğunu grafikteki eğimin daha dik bir eğilim gösterdiğinden anlayabiliriz. Artan ilerleme miktarı ile birim zamanda takım üzerindeki yük miktarı artar ve bu da tezgâhtan çekilen akımı artırır.
- ✓ Kesme parametrelerindeki artış, anlık akım değerini arttırsa da işleme süresini kısalttığı için güç tüketimini azaltmaktadır. Sadece takım tezgâhını çalıştırmak dahi büyük bir enerji sarfiyatının kısmına neden olacağı için güç tüketiminde en etkili parametre işleme süresidir. Bu durumda tezgâhın çalışma süresinin kısalması için kesme parametrelerini arttırmak gerekir. Fakat kesme parametrelerinde ilerleme miktarını arttırmak yüzey pürüzlülük değerini arttıracaktır. Dolayısıyla güç tüketimini azaltmak, işleme süresini kısaltmak ve yüzey kalitesini bozmamak için; kesme parametrelerinin iyi seçilmesi gerekir.
- ✓ Ses seviyesi ile anlık akım değerleri arasında doğru bir orantı varken güç tüketimi ile ters bir orantı söz konusudur. İşleme süresi ile doğrudan ilişkili olan bu durum, kesme derinliğindeki artışla ters yönde etkilenmiştir. Ses seviyesi oldukça kolay ve maliyetsiz bir yöntemdir ve çalışmalarda başarılı bir şekilde kullanılabilir.
- ✓ Regresyon analizine göre tahmin edilen değerler; akım için% 99,22, güç tüketimi için% 99,11, ses seviyesi için % 90'dır. Değerlerin hepsi %90'ın üzerinde gerçek değerlere yakın olduğu söylenebilir.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Gupta, N., Agrawal, A. K., & Walia, R. S. (2019, May). Soft Modeling Approach in Predicting Surface Roughness, Temperature, Cutting Forces in Hard Turning Process Using Artificial Neural Network: An Empirical Study. In International Conference on Information, Communication and Computing Technology (pp. 206-215). Springer, Singapore.
- [2] Das, A., Tirkey, N., Patel, S. K., Das, S. R., & Biswal, B. B. (2019). A comparison of machinability in hard turning of EN-24 alloy steel under mist cooled and dry cutting environments with a coated cermet tool. Journal of Failure Analysis and Prevention, 19(1), 115-130.

- [3] Boing, D., Zilli, L., Fries, C. E., & Schroeter, R. B. (2019). Tool wear rate of the PCBN, mixed ceramic, and coated cemented carbide in the hard turning of the AISI 52100 steel. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 104(9), 4697-4704.
- [4] Klocke, F., Brinksmeier, E., & Weinert, K. (2005). Capability profile of hard cutting and grinding processes. *CIRP annals*, 54(2), 22-45.
- [5] Tönshoff, H. K., Arendt, C., & Amor, R. B. (2000). Cutting of hardened steel. *Cirp Annals*, 49(2), 547-566.
- [6] Chinchankar, S., & Choudhury, S. K. (2015). Machining of hardened steel—experimental investigations, performance modeling and cooling techniques: a review. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 89, 95-109.
- [7] Rastorguev, D., & Sevastyanov, A. (2019). Diagnostics of chip formation and surface quality by parameters of the main drive current in the hard turning. *Materials Today: Proceedings*, 19, 1845-1851.
- [8] Şahinoğlu, A., & Rafighi, M. (2020). Optimization of cutting parameters with respect to roughness for machining of hardened AISI 1040 steel. *Materials Testing*, 62(1), 85-95.
- [9] Şahinoğlu, A., & Rafighi, M. (2020). Investigation of vibration, sound intensity, machine current and surface roughness values of AISI 4140 during machining on the lathe. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 45(2), 765-778.
- [10] Şahinoğlu, A., & Ulas, E. (2020). An investigation of cutting parameters effect on sound level, surface roughness, and power consumption during machining of hardened AISI 4140. *Mechanics & Industry*, 21(5), 523.
- [11] Şahinoğlu, A., Karabulut, Ş., & Güllü, A. (2017). Study on spindle vibration and surface finish in turning of Al 7075. In *Solid State Phenomena* (Vol. 261, pp. 321-327). Trans Tech Publications Ltd.
- [12] Karaaslan, F., & Şahinoğlu, A. (2020). Determination of ideal cutting conditions for maximum surface quality and minimum power consumption during hard turning of AISI 4140 steel using TOPSIS method based on fuzzy distance. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 45(11), 9145-9157.
- [13] İynen, O., Şahinoğlu, A., Özdemir, M., & Yılmaz, V. (2020). Optimization of the Effect of Cutting Parameters on the Cutting Force in the Gradual Turning Process by Taguchi Method. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(3), 1909-1918.
- [14] İynen, O., Şahinoğlu, A., Özdemir, M., & Yılmaz, V. (2020). Investigation of the Effect of Cutting Parameters on the Surface Roughness Value in the Machining of AISI 4140 Steel with Taguchi Method. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(4), 2840-2849.
- [15] Özdemir, M. (2020). Modelling and prediction of effect of machining parameters on surface roughness in turning operations. *Tehnički vjesnik*, 27(3), 751-760.
- [16] Özdemir, M. (2019). Optimization with Taguchi method of influences on surface roughness of cutting parameters in CNC turning processing. *Mechanics*, 25(5), 397-405.
- [17] Subbaiah, K. V., Raju, C., Pawade, R. S., & Suresh, C. (2019). Machinability investigation with wiper ceramic insert and optimization during the hard turning of AISI 4340 steel. *Materials Today: Proceedings*, 18, 445-454.
- [18] Alok, A., & Das, M. (2019). Multi-objective optimization of cutting parameters during sustainable dry hard turning of AISI 52100 steel with newly developed HSN2-coated carbide insert. *Measurement*, 133, 288-302.
- [19] Papandrea, P. J., Frigieri, E. P., Maia, P. R., Oliveira, L. G., & Paiva, A. P. (2020). Surface roughness diagnosis in hard turning using acoustic signals and support vector machine: A PCA-based approach. *Applied Acoustics*, 159, 107102.