

Evaluation of Surface Roughness Based on Cutting Parameters in Hard Turning of DIN 1.2367 Steel with CBN Tools

Abidin ŞAHİNOĞLU¹  Mehtap YAVUZ²  Mehmet AKKAŞ^{3,*} 

¹Manisa Celal Bayar University, Manisa Technical Sciences Vocational School, 45140 MANİSA

²Çankırı Karatekin University, Vocational School, 18000, ÇANKIRI

³Kastamonu University, Faculty of Engineering and Architecture, 37150, KASTAMONU

Graphical/Tabular Abstract

Article Info:

Research article

Received: 18/10/2020

Revision: 13/11/2020

Accepted: 13/11/2020

Highlights

- Hard turning.
- CBN tools.
- Heat treatment.

Keywords

DIN 1.2367

CBN

Surface Roughness

Hard Turning

In this study, the effect of cutting parameters on the surface roughness of hard turning DIN 1.2367 (55 HRC) steel material was investigated. Three different cutting speeds, feed rates and cut of depths were used in experiments conducted under dry cutting conditions. It was seen that the most effective cutting parameter in the surface roughness value was the feed rate. In addition, a mathematical model was created to estimate the surface roughness.

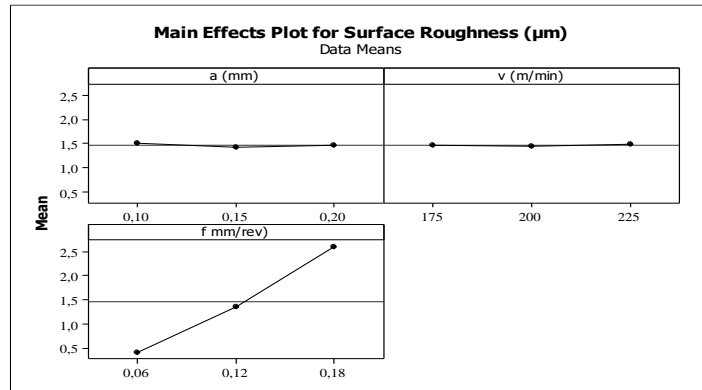


Figure A. Surface roughness main effect plots

Purpose: In this study; The effect of cutting parameters on the surface roughness was examined and DIN 1.2367 steel was used as the 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 pressure die casting production.

Theory and Methods: In this study, to examine the hard turning process, DIN 1.2367 material was cooled suddenly in oil after being heated at 900 °C for 2 hours to reach a hardness value of 55 HRC by heat treatment. After this process, the steel material has reached a very high hardness value. But the fragility of the material has increased. Tempering has been used to reduce the brittleness of the material. In order to remove the stresses in the cooled material, it was heated at 300 °C for 1 hour and cooled in air.

Results: Nine additional tests were conducted to observe the effects of the coolant only. Thus, processing time and cost were limited. There appears to be no noticeable change in surface roughness due to the use of coolant. The reason for this can be shown as the temperature does not increase with the CBN tips used in the experiments. The cutting parameter that most affects the surface roughness is the feed rate. It has been determined that as the amount of advance increases, the surface roughness increases. It is known that the feed rate has a significant effect in reducing the surface roughness.

Conclusion: In this study, characterization study has been done for DIN 1.2367 steel material and detailed information about the mechanical properties of the material was obtained. According to the results obtained in the experimental studies; It has been observed that surface quality can be obtained by using cutting tools with suitable machine tool and optimum cutting parameters suitable for hard turning process.



DIN 1.2367 Çeliğin CBN Takımlarla Sert Tornalanmasında Kesme Parametrelerine Bağlı Olarak Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi

Abidin ŞAHİNOĞLU¹  Mehtap YAVUZ²  Mehmet AKKAŞ^{3,*} 

¹Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, 45140 MANİSA

²Çankırı Karatekin Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, 18000, ÇANKIRI

³Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 37150, KASTAMONU

Öz

Talaş kaldırma işleminde kesme parametrelerinin, işlenen malzemeye göre optimum değerleri vardır. Fakat tezgâhın rijitliği, kesici takım özellikleri, soğutma sıvısı veya kuru kesme şartları da işleme koşullarını oldukça etkiler. Çok değişkenli olan bu imalat sürecinde sert tornalama için en önemli yanıt parametresi de yüzey pürüzlülüğüdür. Bu çalışmada sertleştirilmiş DIN 1.2367 (55 HRC) çelik malzemenin sert tornalanmasında kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi incelenmiştir. Kuru kesme koşullarında yapılan deneylerde üç farklı kesme hızı, ilerleme hızı ve üç kesme derinliği kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü değerinde etkili kesme parametresinin ilerleme hızı olduğu görülmüştür. Ayrıca yüzey pürüzlülüğünün tahmini için matematiksel model oluşturulmuştur. Bu çalışmada ayrıca DIN 1.2367 çelik malzemesi için karakterizasyon çalışması yapılmış ve malzemenin mekanik özellikleriyle ilgili detaylı bir bilgi elde edilmiştir. Deneysel çalışmalarda elde edilen sonuçlara göre; sert tornalama işlemine uygun takımlar kullanılarak, uygun tezgâhlarda ve optimum kesme parametreleri ile taşlama kalitesinde yüzey elde edilebileceği görülmüştür.

Makale Bilgisi

Araştırma makalesi
 Başvuru: 18/10/2020
 Düzeltme: 13/11/2020
 Kabul: 13/11/2020

Anahtar Kelimeler

DIN 1.2367
 CBN
 Yüzey Pürüzlülüğü
 Sert Tornalama

Keywords

DIN 1.2367
 CBN
 Surface Roughness
 Hard Turning

Evaluation of Surface Roughness Based on Cutting Parameters in Hard Turning of DIN 1.2367 Steel with CBN Tools

Abstract

In the chip removal process, cutting parameters have optimum values according to the material being processed. However, the rigidity of the machine tool, cutting tool properties, coolant or dry cutting conditions also affect the machining conditions. The most important response parameter for hard turning in this manufacturing process, which has many variables, is the surface roughness. In this study, the effect of cutting parameters on the surface roughness of hard turning DIN 1.2367 (55 HRC) steel material was investigated. Three different cutting speeds, feed rates and cut of depths were used in experiments conducted under dry cutting conditions. It was seen that the most effective cutting parameter in the surface roughness value was the feed rate. In addition, a mathematical model was created to estimate the surface roughness. In this study, characterization study has been done for DIN 1.2367 steel material and detailed information about the mechanical properties of the material was obtained. According to the results obtained in the experimental studies; It has been observed that surface quality can be obtained by using cutting tools with suitable machine tool and optimum cutting parameters suitable for hard turning process.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Sert işleme, 45 ila 65 HRC aralığına sahip sertleştirilmiş çelik numunelerin işlenmesi işlemidir. Sertlik değerindeki artış, malzemenin aşınma, yorulma, sürtünme direncini artırır. 45-65 HRC aralığında malzeme mukavemeti 2-4 kat artar. Bu nedenle makinenin kullanım ömrü uzar. Sert tornalamaya alternatif yöntem ise taşlamadır [1]. Sert tornalama, bir son tornalama işlemidir. Bu nedenle yüzey kalitesinin yüksek olması beklenir ve taşlama düzeyinde bir yüzey kalitesi amaçlanır. Silindirik taşlama ile karşılaştırıldığında sert tornalama, daha az işletme maliyeti ve daha az güç ve enerji tüketimi gibi önemli faydalar sağlar ve kesme

sıvısına gerek olmadan yapılabilmesi yönüyle de çevre dostu bir işlemdir [2]. Zira endüstriler, üretim maliyetinin % 7 ila % 17'sini, sadece soğutma sıvısına harcamaktadırlar [3].

Sert tormalama uygulamasının en önemli yanı yüzey pürüzlülük değerini önemli ölçüde etkilemesidir. Talaş oluşum özellikleri de sert tormalamanın temel araştırma alanıdır. Yüzey kalitesi açısından, kesme hızı ile belirlenen bozukluklar çok kritiktir [1]. Yeni çalışmalar, iş parçası/kesici takım karakteristiklerinin yüzey pürüzlülüğünü etkileyen önemli faktörler olduğunu göstermiştir [4]. Takım malzemesi genellikle dinamik yüklere duyarlı kübik bor nitrürdür (CBN). Bu nedenle, sert tormalama araştırmalarında talaş morfolojisi, takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğünün korelasyonuna çok dikkat edilir. Yüksek takım maliyeti ve işlenebilirlik noktasındaki sınırlılıklar, sert tormalama işleminin önünde duran problemlerdir [1]. Üretim maliyetini eski seviyelerinde tutarak ve çevreyi etkilemeden ürün kalitesini artırmak, bugün için en çok odaklanan mühendislik sorunudur[5]. Durum böyle iken bu iki kriteri yerine getirmek için proses parametrelerinin seçimi oldukça önemlidir. Çalışanların daha önceki deneyimlerinden veya endüstriyel kataloglardan faydalanmak bir çok amacı yerine getirir, ancak imalat sektörlerine dahil olan daha yeni malzemelerde bu deneyimler yetersiz kalır [6].

Sert tormalama işleminde yüzey pürüzlülüğünün araştırıldığı birçok çalışmadan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Das ve diğerleri, hem kriyojenik işlem uygulanmış hem de işlem uygulanmamış sermet uçlarla, sertleştirilmiş çeliğin kuru tormalanmasında, kesme kuvveti, yanak aşınması, krater aşınması, talaş morfolojisi ve yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmişlerdir. Talaş oluşum sürecinin, kriyojenik işlemde büyük ölçüde etkilendiğini ifade etmişlerdir [7]. Jena ve diğerleri, AISI 4340 çeliğinin sert tormalanmasında yüzey pürüzlülüğünün taşlama kalitesine yakın olduğunu ve yüzey pürüzlülüğünü temel olarak aksel ilerleme miktarının etkilediği sonucuna varmışlardır [8]. Subbiah ve diğerleri, silici (wiper) seramik kesme ucunun performansının değerlendirdikleri çalışmada iş parçası sertliğinin yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvveti ve takım aşınması üzerinde önemli istatistiksel etkiye sahip olduğunu ifade etmişlerdir. İlerleme miktarının, yüzey pürüzlülüğünü etkileyen ana kesme parametresi olduğu da çalışmanın sonuçları arasındadır [9]. Elkaseer ve diğerleri, 316L paslanmaz çelik numuneleri ile gerçekleştirmiş oldukları tormalama operasyonunda, geleneksel tormalama işlemlerinin aksine, ilerleme miktarı ile yüzey pürüzlülüğü arasında doğrusal olmayan bir ilişki bulunduğunu ifade etmişlerdir [10]. Umamaheswarrao ve diğerleri, kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği, burun yarıçapı ve negatif eğim açısının yüzey pürüzlülüğü ve iş parçası yüzey sıcaklığı üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmada, ilerleme miktarının, yanıtı kontrol etmede en önemli parametre olduğu ve bunu kesme derinliği, negatif eğim açısı, burun yarıçapı ve kesme hızının izlediği sonucuna varmışlardır [11]. Thangarasu ve diğerleri, kesici takım yanak aşınmasını, yapay sinir ağı kullanılarak, kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü tepkilerine dayanarak tahmin etmişlerdir. Deney malzemesi 255 BHN sertliğe sahip EN8 çeliğidir. Çalışmanın sonucunda, yüzey pürüzlülüğünün, ilerleme miktarı ve kesme derinliği etkileşiminden büyük ölçüde etkilendiği vurgulanmıştır [12]. Vladimirov ve diğerleri, regresyon analizi temelinde, yüzey pürüzlülüğü üzerindeki titreşimli tormalama titreşim parametrelerinin etkisini belirleyen matematiksel bir model geliştirmişlerdir [13]. Chandra ve diğerleri, AISI D2 çeliğini, kuru, soğutma sıvısı ve alümina bazlı nanoparçacıklı MQL ortamında tormalamış ve MQL kesme ortamının, kuru ve ıslak kesme ortamlarından daha iyi sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir [14]. Panda ve diğerleri, AISI 4340 çeliğin (49HRC) kaplamalı seramik takımla kuru sert tormalanmasında yüzey pürüzlülüğünü modellemişlerdir. Aksel ilerleme hızı ve kesme hızının sert tormalama işlemi için en önemli kontrollü kesme parametreleri olduğunu söylemişlerdir [15]. Das ve diğerleri, yaptıkları deneysel çalışmada yaptıkları istatistiksel analizler sonucunda, kesme derinliğinin yüzey pürüzlülüğünü ve ardından ilerleme hızını ve kesme hızını etkileyen baskın işleme parametresi olduğunu ileri sürmüşlerdir [2]. Ambhore ve diğerleri, Sertleştirilmiş AISI52100 çeliğini tormalanmasında, kesme koşullarının titreşim sinyalleri üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuşlardır. Yüzey pürüzlülüğü ilerleme miktarı ve ardından kesme hızından büyük ölçüde etkilenirken, kesme derinliğinden daha az etkilenmiştir [16]. Mir ve diğerleri, AISI D2 çeliğinin sert tormalanması sırasında kaplanmış CBN kesici takımın, takım aşınması ve yüzey kalitesi açısından kaplamalı karbür takımlara kıyasla daha iyi performans gösterdiğini ifade etmişlerdir [17]. Şahinoğlu ve Rafighi, üç farklı sertleştirilmiş AISI 1040 çelik (10, 15, 20 HRC) üzerinde gerçekleştirdikleri tormalama testleri sonucunda, ilerleme hızı değerindeki bir artışın yüzey pürüzlülüğü, ses seviyesi ve güç tüketimi değerlerinde bir artışa neden olduğunu işaret ederken ilerleme

hızının yüzey pürüzlülüğünü ve güç tüketimini etkileyen en etkili işleme parametresi olduğunu bildirmişlerdir [18].

Bu çalışmada ise; kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi incelenmiş 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 çalışmada, sert tornalama işlemini incelemek için DIN 1.2367 malzeme, ısıl işlem ile 55 HRC sertlik değerine ulaşması için 900 derecede 2 saat ısıtıldıktan sonra, ani bir şekilde yağda soğutulmuştur. Bu işlemden sonra çelik malzeme çok yüksek sertlik değerine ulaşmıştır. Fakat malzemenin kırılabilirliği artmıştır. Malzemenin kırılabilirliğini azaltmak için temperleme işlemi yapılmıştır. Soğutulan malzemedeki gerginliklerin giderilmesi için 300 derecede 1 saat ısıtılarak, havada soğutulması işlemi gerçekleştirilmiştir. Malzemenin homojen sertleşip sertleşmediğinin anlaşılması için malzeme yüzeyinden 1 mm talaş kaldırılmıştır. Böylelikle yüzeydeki sert tabaka kaldırılmış ve malzemenin heterojen yapısından kaynaklanacak hatalar en aza indirilmiştir. Yüzeydeki Daha sonra farklı noktalarda sertlik değeri ölçülmüştür ± 1 HRC'lik sertlik değeri elde edilmiştir.

İş parçasının boyu çapından 3 kat fazla olduğu ve olabilecek titreşimlerin engellenmesi için iş parçası malzemesi ayna ve punta arasına bağlanmıştır. Böylece parçanın rijit ve salgısız dönmesi sağlanmıştır. Son tornalama işlemlerinde talaş derinliklerinin düşük olması muhtemel salgıların en aza indirilmesini gerekli kılmaktadır. Malzemelerin sert olması, düşük talaş derinliklerinde dahi yüksek kuvvetlerin oluşmasına neden olduğundan, iş parçası bağlanırken ayna ve punta hidrolik basınçlarının 40 bara yakın olmasına dikkat edilmiştir. İş parçasındaki salgı komparatör saati ile kontrol edildikten sonra, yüzeyde 0,2 mm talaş kaldırılarak oluşabilecek salgı en aza indirilmiştir.

İş parçası yüzeyinde 2 mm genişliğinde kanallar açılarak her bir deneysel çalışmanın diğerlerinden ayrılması sağlanmıştır. Kesme parametreleri belirlenirken, öncelikle takım katalog değerleri göz önünde bulundurulmuştur. Bir son tornalama işlemi olduğu ve yüzey kalitesinin yüksek olması için kesme parametreleri literatür çalışmaları göz önünde bulundurulurken belirlenmiştir. Kesme parametrelerinin aralarındaki oranın bir birine yakın olmasına dikkat edilmiştir. İlerleme miktarı, kesme hızı, talaş derinliği aralıklarının olabildiğince geniş bir aralıkta seçildikten sonra ön deneyler yapılarak takım tezgahı, kesici takım ve iş parçası üçlüsünün uyumlu olup olmadığı test edilmiştir.

Kesici takım olarak sert tornalama işlemine uygun Sandvik Coromant firmasına ait DCGW11T304 geometrisine sahip CBN takım ve bu takıma uygun 95 yavaşma ve boşluk açısına sahip kater kullanılmıştır. Takımların ve katerin olabildiğince rijit olması için önerilen değerlerde sıkılmış ve kater mesafesi olabildiğince kısa bağlanmıştır. Sert malzemelerde kopma dayanımının yüksek olması sadece düşük ilerleme ve talaş derinliğinin tercih edilmesini değil aynı zamanda takım, kater, ayna ve punta bağlantısında yeterince rijit olmasını gerekli kılmaktadır.

İşleme deneyleri, Tezmaksan firması tarafından üretilen 20 hp gücünde , 4000 rpm devir sayısına sahip CNC torna tezgahında yapılmıştır.

Ölçüm işlemlerinde kullanılan cihazların kalibrasyonu yapılmış ve alınan üç farklı değer aritmetik ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Akım değeri için UNI-T UT 201 model Pensampermetre 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 LT SL-401 model ses şiddeti ölçüm cihazı talaş kaldırma bölgesinden 50 cm uzağa yerleştirilmiştir. Filtre A ve slow pozisyonundan ölçüm alınmıştır. Yüzey pürüzlülük değeri için işleme deneyi biter bitmez ölçümler 3 ayrı noktada alınmış ve aritmetik ortalaması hesaplanmıştır. Mitutyoyo SJ 201 pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılmıştır.

Veriler minitap 16 istatistiksel paket programı kullanılarak analiz edilmiş ve 3D grafikler çıkartılmıştır.

3. SONUÇ VE TARTIŞMA (CONCLUSION AND DISCUSSION)

Bir son tornalama işlemi olarak sert tornalamada en önemli işlenebilirlik parametresi yüzey pürüzlülük değeridir. Yüzey pürüzlülük değerinin taşlama kalitesine yakın olması istenir. Yüzey pürüzlülük değerinin böylesine az olması, makinanın verimli çalışmasını sağlar. Sürtünmenin düşük olması makine ömrünün uzun olmasını sağlar. Bundan dolayı önemli bir inceleme konusudur. Tablo 1 de deneylerde kesme parametrelerine bağlı olarak elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerleri verilmiştir.

Tablo 1. Kesme Parametrelerine Bağlı Olarak Yüzey Pürüzlülüğü Sonuçları

| <i>Den. No</i> | <i>a (mm)</i> | <i>v (m/min)</i> | <i>f mm/rev)</i> | <i>Yüzey Pürüzlülüğü (µm)</i> |
|----------------|---------------|------------------|------------------|-------------------------------|
| 1 | 0,1 | 175 | 0,06 | 0,46 |
| 2 | 0,1 | 175 | 0,12 | 1,43 |
| 3 | 0,1 | 175 | 0,18 | 2,51 |
| 4 | 0,1 | 200 | 0,06 | 0,44 |
| 5 | 0,1 | 200 | 0,12 | 1,41 |
| 6 | 0,1 | 200 | 0,18 | 2,6 |
| 7 | 0,1 | 225 | 0,06 | 0,41 |
| 8 | 0,1 | 225 | 0,12 | 1,42 |
| 9 | 0,1 | 225 | 0,18 | 2,84 |
| 10 | 0,15 | 175 | 0,06 | 0,44 |
| 11 | 0,15 | 175 | 0,12 | 1,43 |
| 12 | 0,15 | 175 | 0,18 | 2,46 |
| 13 | 0,15 | 200 | 0,06 | 0,38 |
| 14 | 0,15 | 200 | 0,12 | 1,31 |
| 15 | 0,15 | 200 | 0,18 | 2,44 |
| 16 | 0,15 | 225 | 0,06 | 0,37 |
| 17 | 0,15 | 225 | 0,12 | 1,34 |
| 18 | 0,15 | 225 | 0,18 | 2,61 |
| 19 | 0,2 | 175 | 0,06 | 0,39 |
| 20 | 0,2 | 175 | 0,12 | 1,43 |
| 21 | 0,2 | 175 | 0,18 | 2,64 |
| 22 | 0,2 | 200 | 0,06 | 0,42 |
| 23 | 0,2 | 200 | 0,12 | 1,14 |
| 24 | 0,2 | 200 | 0,18 | 2,74 |
| 25 | 0,2 | 225 | 0,06 | 0,38 |
| 26 | 0,2 | 225 | 0,12 | 1,36 |
| 27 | 0,2 | 225 | 0,18 | 2,57 |

Kesme parametrelerine ve Bor ve su karşışımından oluşan soğutma sıvısı kullanımına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğü değerleri bazı deney şartlarında karşılaştırılmış ve sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir.

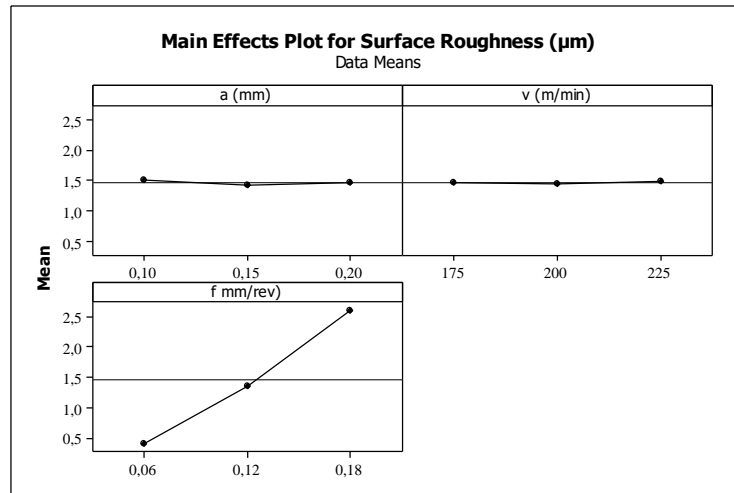
En yüksek talaş derinliği için soğutma sıvısının etkilerinin incelemek üzere, kuru ve soğutma sıvılı kesme deneyleri tekrarlanmıştır.

Tablo 2. Kesme Parametrelerine Ve Soğutma Sıvısı Kullanımına Bağlı Olarak Yüzey Pürüzlülüğündeki Değişim

| Exp. no | a (mm) | v (m/min) | f mm/rev) | Soğutma sıvısız Ra | Soğutma sıvılı Ra |
|---------|--------|-----------|-----------|--------------------|-------------------|
| 19 | 0,2 | 175 | 0,06 | 0,39 | 0,53 |
| 20 | 0,2 | 175 | 0,12 | 1,43 | 1,42 |
| 21 | 0,2 | 175 | 0,18 | 2,64 | 2,46 |
| 22 | 0,2 | 200 | 0,06 | 0,42 | 0,49 |
| 23 | 0,2 | 200 | 0,12 | 1,14 | 1,22 |
| 24 | 0,2 | 200 | 0,18 | 2,74 | 2,48 |
| 25 | 0,2 | 225 | 0,06 | 0,38 | 0,36 |
| 26 | 0,2 | 225 | 0,12 | 1,36 | 1,37 |
| 27 | 0,2 | 225 | 0,18 | 2,57 | 2,59 |

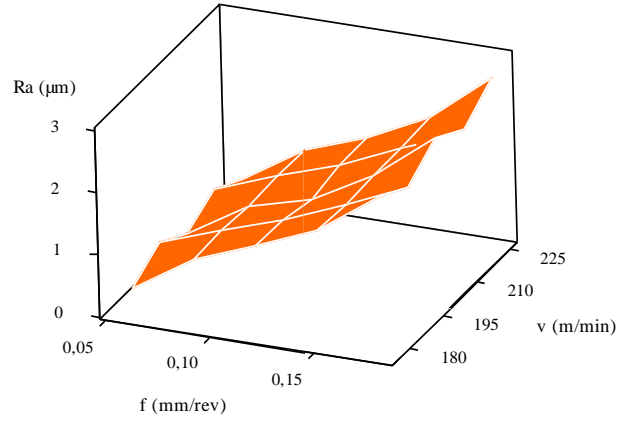
Sadece soğutma sıvısının etkilerinin gözlenmesi için 9 tane ilave deney yapılmıştır. Böylelikle işleme süresi ve maliyeti sınırlandırılmıştır. Tablo 2'ye bakıldığında soğutma sıvısı kullanımına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünde kayda değer bir değişim olmadığı görülmektedir. Bunun sebebi deneylerde kullanılan CBN uçlarla sıcaklığın artmaması olarak gösterilebilir.

Şekil 1'de Taguchi "en küçük en iyi" yaklaşımına göre ana etki grafikleri verilmiştir [19-20]. Tablo 1 ve Tablo 2 de Full faktöriyel deney tasarımı yapılmıştır. Bundan dolayı ortalama değerler alınmıştır. Böylelikle kesme parametrelerinin etkileri açıklanmıştır. Şekil 2'de ise kesme parametrelerine bağlı olarak yüzey pürüzlülüğündeki değişim yüzey grafiği şeklinde verilmiştir.

**Şekil 1.** Yüzey pürüzlülüğü ana etki grafikleri

Şekil 1'deki ana etki grafiklerine göre yüzey pürüzlülüğünü en çok etkileyen kesme parametresi ilerleme hızıdır. S/N grafikleri yerine ortalama etki grafikleri tercih edilmiştir. Böylelikle ortalama değerlerin gösterilmesi sağlanmıştır. S/N grafikleri ile main effect grafikleri aynı değerlerin farklı şekillerde gösterimine karşılık gelmektedir. Şekil 1 ana etki grafiği ve Şekil 2'deki yüzey grafiğine bakıldığında da ilerle miktarı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığı açıkça görülmektedir. İlerleme hızının yüzey pürüzlülüğünün azaltılmasında önemli bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir. [21]–[24]. İlerleme miktarındaki artış ile yüzeydeki helis kanalların derinliğini artar ve helis kanallarındaki derinlik de yüzey pürüzlülük değerinin artmasına neden olur. Talaş derinliğinin ve kesme hızının artmasının yüzey pürüzlülüğü üzerinde çok fazla bir etkisi görülmemiştir. Tezgâhtaki aşınmalara bağlı olarak rijitlik bozulduğu zaman pürüzlülük değeri talaş derinliği ile artar. Kesme hızındaki artışta benzer şekilde

pürüzlülükte önemli bir değişiklik oluşturmamıştır. Çünkü artan devir sayısı tezgâhta önemli bir titreşim oluşturmamıştır. Özellikle yeni tezgâhlarda düşük talaş derinliği ve yüksek kesme hızı tercih edilir. Bunun sebebi artan kesme hızı ile kesme kuvvetlerinin azalması ve daha iyi bir kesme sağlanmasıdır.



Şekil 2. Kesme parametrelerine bağlı olarak yüzey pürüzlülüğündeki değişim

Grafiklerdeki mes aralıkları geniş seçilmiştir. Böylelikle daha lineer bir grafik elde edilmesi amaçlanmıştır. Böylelikle Kesme parametrelerin etkilerinin farkedilmesi anlamında kolaylık sağlamaktadır. Yüzey pürüzlülüğü için matematiksel modele göre hesaplanan değerler ve deneyler sonucunda elde edilen değerler Tablo 3’de verilmiştir. Tüm kesme parametreleri için varyans analizi ve regresyon analizi Tablo 3’te verilmiştir. Tablo 3 te herbir parametrenin etki oranları verilmiştir. %95 (P<0.05) güven aralığına göre parametrelerin önemli bir etkisi olup olmadığı açıklanmıştır. Ra değeri yüzey pürüzlülük değerini göstermektedir.

Tablo 3. Yüzey Pürüzlülüğü İçin Varyans Analizi Sonuçları (µm)

| Source | DF | Seq SS | Adj SS | Adj MS | F | P | % Cont. |
|----------------------------|----|---------|---------|---------|---------|-------|---------|
| Regression | 9 | 21,8074 | 21,8074 | 2,4230 | 312,88 | 0,000 | 99,40 |
| Linear | 3 | 21,6163 | 21,6163 | 7,2054 | 930,43 | 0,000 | 98,53 |
| a (mm) | 1 | 0,0113 | 0,0112 | 0,0112 | 1,45 | 0,245 | 0,05 |
| v (m/min) | 1 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0007 | 0,09 | 0,772 | 0,00 |
| f mm/rev) | 1 | 21,6044 | 21,6044 | 21,6044 | 2789,74 | 0,000 | 98,47 |
| Square | 3 | 0,1509 | 0,1509 | 0,0503 | 6,49 | 0,004 | 0,69 |
| a (mm)*a (mm) | 1 | 0,0196 | 0,0196 | 0,0196 | 2,54 | 0,130 | 0,09 |
| v (m/min)*v (m/min) | 1 | 0,0099 | 0,0099 | 0,0099 | 1,27 | 0,275 | 0,05 |
| f mm/rev)*f mm/rev) | 1 | 0,1214 | 0,1214 | 0,1214 | 15,67 | 0,001 | 0,55 |
| Interaction | 3 | 0,0402 | 0,0402 | 0,0134 | 1,73 | 0,199 | 0,18 |
| a (mm)*v (m/min) | 1 | 0,0147 | 0,0147 | 0,0147 | 1,90 | 0,186 | 0,07 |
| a (mm)*f mm/rev) | 1 | 0,0012 | 0,0012 | 0,0012 | 0,15 | 0,699 | 0,01 |
| v (m/min)*f mm/rev) | 1 | 0,0243 | 0,0243 | 0,0243 | 3,14 | 0,094 | 0,11 |
| Residual Error | 17 | 0,1317 | 0,1317 | 0,0077 | | | 0,60 |
| Total | 26 | 21,9390 | | | | | 100,00 |

$$Ra = +2,75259 - 2,16667*a - 0,0251111*v + 2,27778*f + 22,8889*a*a + 6,48889E-05*v*v + 39,5062*f*f - 0,0280000*a*v + 3,33333*a*f + 0,0300000*v*f$$

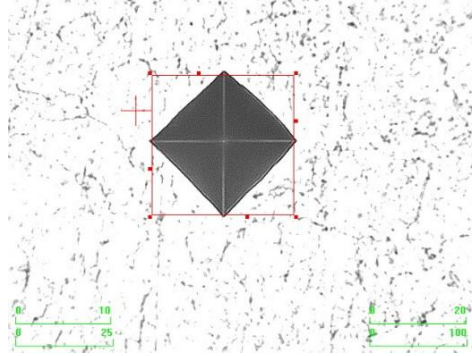
$$S = 0,0880013 \quad PRESS = 0,339870$$

$$R-Sq = 99,40\% \quad R-Sq(pred) = 98,45\% \quad R-Sq(adj) = 99,08\%$$

4. KARAKTERİZASYON ÇALIŞMALARI (CHARACTERIZATION STUDIES)

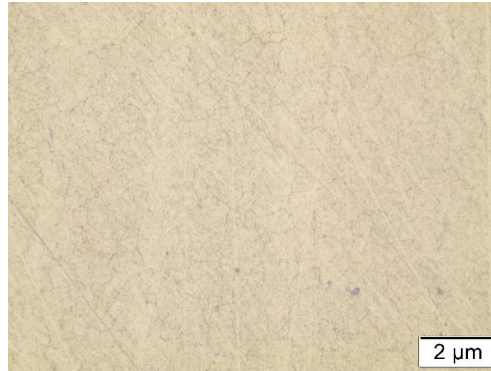
Bu çalışmada ayrıca DIN 1.2367 çelik malzemesi için karakterizasyon çalışması yapılmış ve malzemenin mekanik özellikleriyle ilgili detaylı bir bilgi elde edilmiştir. Bu bilgiler sert tornalama sürecinde parametreleri belirlerken oldukça büyük bir öneme arz eder.

DIN 1.2367 çelik malzemesinin yüzeyinden alınan mikrosertlik ölçüm izi görüntüsü Şekil 3'te verilmiştir.



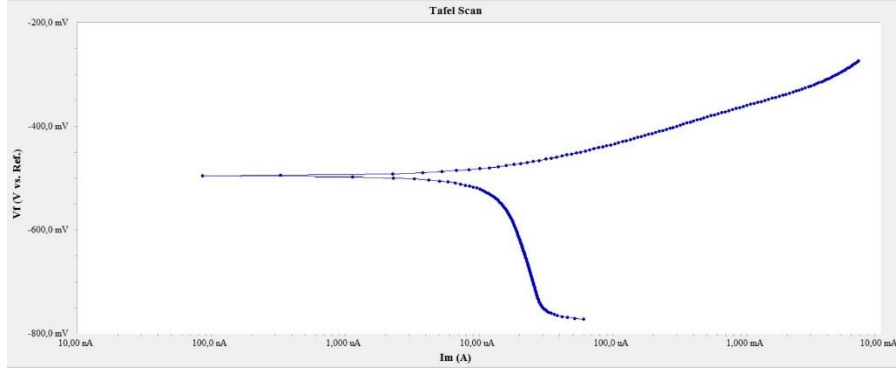
Şekil 3. DIN 1.2367 çelik malzemesinin mikrosertlik ölçüm izi

DIN 1.2367 çelik malzemesinin sertlik değeri yaklaşık olarak 715 HV_{0.5} olarak ölçülmüştür. DIN 1.2367 çelik malzemesinin mikrosertlik ölçümleri beşer farklı sertlik değeri elde edilmiş ve bu verilerin ortalaması alınarak sertlik değeri tespit edilmiştir. Malzemeye uygulanan ısıl işlemden sonra yapılan yağda soğutma işlemi DIN 1.2367 çeliğinin sertliğinde yüksek oranda artış meydana getirmiştir. Yağda soğutma işlemin ani olarak yapılması malzeme martenzit bir yapı ortaya çıkarmıştır (Şekil 4) ve bu yapı sertlikte artış meydana getirmiştir. Buna ek olarak, 1.2367 malzemesinin çekme ve aşınma muakavemeti oldukça yüksektir. Bu malzeme genel olarak sıcaklıkta sertliğini korur ve yüksek tokluğa sahip olan bir çeliktir. 1.2367 çeliği, tane sınırlarında karbür çökeltisi meydana getirmez ve Şekil 4'te verilen optik mikroskop görüntüsünde belirtildiği gibi ince taneli mikro yapıya sahip çeliktir [25].



Şekil 4. DIN 1.2367 çelik malzemesinin optik mikroskop görüntüsü

DIN 1.2367 çelik malzemesinin korozyon deneyi hazırlanan % 3.5 NaCl çözeltisinde yapılmıştır. Deneyler sonucunda oluşan potansiyodinamik polarizasyon eğrisi, Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. DIN 1.2367 çelik malzemesinin tafel eğrisi

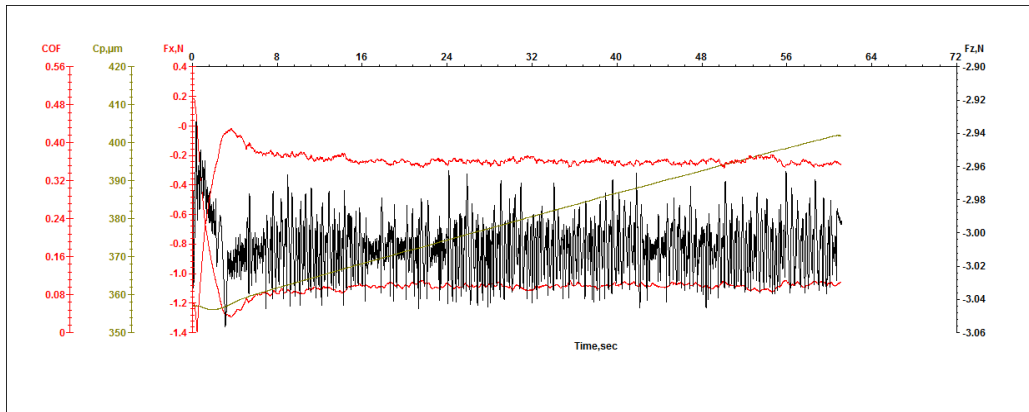
Potansiyel, -0.50 mV ile 0.50 mV sonrasında açık devre potansiyeline karşı uygulanmıştır. 30 dakika daldırma süresi uygulanmıştır. E_{corr} (korozyon potansiyeli), I_{corr} (korozyon akımı), β_a (anodik tafel eğrisi), β_c (katodik tafel eğrisi) ve korozyon hızı tafel eğrilerinden tespit edilmiştir. R_p (korozyon direnci) ise Stern ve Geary denklemi (denklem 1) kullanılarak hesaplanmıştır [26].

Tablo 4. DIN 1.2367 çelik malzemesinin korozyon sonrası elektrokimyasal sonuçları

| Materials | E_{corr} (mV) | I_{corr} ($\mu A cm^{-2}$) | B_a (mV) | B_c (mV) | Corrosion rate (mpy) | Korozyon direnci ($k\Omega.cm^2$) |
|------------|--------------------|-----------------------------------|---------------|---------------|-------------------------|--|
| DIN 1.2367 | -495 | 18,5 | 80,6 | 148,9 | 4,219 | 1,2273 |

Tablo 4'te verilen veriler incelendiğinde DIN 1.2367 çelik malzemesinin korozyon direnci -495 mV değere sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca, R_p (korozyon direnci) 1,2273 $k\Omega.cm^2$ olarak hesaplanmıştır. Elde edilen verilerden, DIN 1.2367 çelik malzemesinin korozyon direnci arttığı açıkça görülmektedir. DIN 1.2367 çelik malzemesi için literatürde benzer sonuçlara rastlanılmaktadır [27].

Yağda ani sertleştirilmiş DIN 1.2367 çelik malzemesinin aşınmaya karşı davranışını ve mekanik özelliklerini tespit edebilmek amacıyla malzemeye çizik testi uygulanmıştır. 1.2367 çeliğinin çizik testi grafiği Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. DIN 1.2367 çelik malzemesinin çizik testi grafiği

Şekil 6'da verilen çizik testi grafik incelendiğinde DIN 1.2367 çelik malzemesinin sürtünme katsayısı ~ 0.35 olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum sert fazların mikroyapıda bulunmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. DIN 1.2367 çelik malzemesinin mikroyapısında oluşan bu sert fazlar dispersiyon mukavemeti ile malzemeye mukavemet kazandırmıştır. Tüm bu değerlendirmeler sonucunda DIN 1.2367 çelik malzemesinin aşınma karşı dirençli olduğu açıkça söylenebilir.

4. GENEL SONUÇLAR (GENERAL RESULTS)

Deneyisel çalışmalarda elde edilen sonuçlara göre;

- Sert tormalama işlemine uygun takımlar kullanılarak, uygun tezgâhlarda ve optimum kesme parametreleri ile taşlama kalitesinde yüzey elde edilebileceği görülmüştür.
- Yüzey pürüzlülüğünü en çok etkileyen kesme parametresi ilerleme hızıdır ve ilerleme miktarı arttıkça yüzey pürüzlülüğü artmıştır. İlerleme miktarındaki artış ile yüzey pürüzlülük değerinin artması, yüzeydeki helis kanalların derinliğini ilerleme hızındaki artış ile artması ile açıklanabilir. Düşük bir yüzey pürüzlülük değeri için düşük ilerleme miktarı tercih edilir.
- Talaş derinliğinin ve kesme hızının artmasının yüzey pürüzlülüğü üzerinde çok fazla bir etkisi görülmemiştir. Tezgâhtaki aşınmalara bağlı olarak rijitlik bozulduğu zaman pürüzlülük değeri, talaş derinliği ile artar. Bu bağlamda deneylerde kullanılan tezgâhın rijit bir tezgâh olduğu ve yüzey kalitesini bozmadığı söylenebilir.
- Kesme hızındaki artışta benzer şekilde pürüzlülükte önemli bir değişiklik oluşturmamıştır. Çünkü artan devir sayısı tezgâhta önemli bir titreşim oluşturmamıştır. Özellikle yeni tezgâhlarda düşük talaş derinliği ve yüksek kesme hızı tercih edilir. Bunun sebebi artan kesme hızı ile kesme kuvvetlerinin azalması ve daha iyi bir kesme sağlanmasıdır.
- Kesme hızı ve talaş derinliği bir miktar artırılarak işleme süresi azaltılırken, ilerleme miktarı azaltılarak yüzey kalitesi artırılabilir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] D. Rastorguev, A. Sevastyanov, Diagnostics of chip formation and surface quality by parameters of the main drive current in the hard turning. *Materials Today: Proceedings*, 19 (2019) 1845-1851.
- [2] A. Das, S. K. Patel, T. K. Hotta, B. B. Biswal, Statistical analysis of different machining characteristics of EN-24 alloy steel during dry hard turning with multilayer coated cermet inserts. *Measurement*, 134 (2019) 123-141.
- [3] A. Attanasio, M. Gelfi, C. Giardini, C. Remino, Minimal quantity lubrication in turning: Effect on tool wear. *Wear*, 260: 3 (2006) 333-338.
- [4] K. He, M. Gao, Z. Zhao, Soft computing techniques for surface roughness prediction in hard turning: A literature review. *IEEE Access*, 7 (2019) 89556-89569.
- [5] A. Das, N. Tirkey, S. K. Patel, S. R. Das, B. B. Biswal, 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 (2019) 115-130.
- [6] N. S. Narayanan, N. Baskar, M. Ganesan, Multi Objective Optimization of Machining Parameters for Hard Turning OHNS/AISI H13 Material, Using Genetic Algorithm. *Materials Today: Proceedings*, 5: 2 (2018) 6897-6905.
- [7] A. Das, S. K. Patel, B. B. Biswal, S. R. Das, Machinability investigation and cost estimation during finish dry hard turning of AISI 4340 steel with untreated and cryo treated cermet inserts. *Journal of Superhard Materials*, 41: 4 (2019) 247-264.
- [8] A. Panda, S. R. Das, D. Dhupal, Surface roughness analysis for economical feasibility study of coated ceramic tool in hard turning operation. *Process Integration and Optimization for Sustainability*, 1: 4 (2017) 237-249.
- [9] K. V. Subbaiah, C. Raju, R. S. Pawade, C. Suresh, Machinability investigation with wiper ceramic insert and optimization during the hard turning of AISI 4340 steel. *Materials Today: Proceedings*, 18 (2019) 445-454.
- [10] A. Elkaseer, A. Abdelaziz, M. Saber, A. Nassef, FEM-Based Study of precision hard turning of stainless steel 316L. *Materials*, 12: 16 (2019) 2522.

- [11] P. Umamaheswarrao, D. R. Raju, K. Suman, B. R. Sankar, TOPSIS Based Optimization of Process Parameters While Hard Turning of AISI 52100 Steel. *Acta Mechanica Malaysia (AMM)*, 2: 2 (2019) 28-31.
- [12] S. K. Thangarasu, S. Shankar, Tool wear prediction in hard turning of EN8 steel using cutting force and surface roughness with artificial neural network. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 234: 1 (2020) 329-342.
- [13] A. A. Vladimirov, A. V. Makarov, E. M. Martynov, Using vibration cutting for finish turning hard materials. In *Journal of Physics: Conference Series*, 1399: 4 (2019) 044013.
- [14] V. Chandra, S. Ghosh, P. V. Rao, Investigation on Machining Responses during Hard Turning of AISI D2 Steel under Dry, Wet and Nano-based MQL Conditions. In *Advances in Forming, Machining and Automation* (2019) 495-504.
- [15] A. Panda, S. R. Das, D. Dhupal, Statistical Analysis of Surface Roughness Using RSM in Hard Turning of AISI 4340 Steel with Ceramic Tool. In *Advances in Industrial and Production Engineering* (2019) 17-26.
- [16] N. Ambhore, D. Kamble, S. Chinchankar, Evaluation of Cutting Tool Vibration and Surface Roughness in Hard Turning of AISI 52100 Steel: An Experimental and ANN Approach. *Journal of Vibration Engineering & Technologies*, (2019) 1-8.
- [17] M. J. Mir, M. F. Wani, S. Banday, S. Mushtaq, J. Khan, J. Singh, S. S. Saleem, Comparative assessment of coated CBN and multilayer coated carbide tools on tool wear in hard turning AISI D2 steel. In *Proceedings of TRIBOINDIA-2018 An International Conference on Tribology* (2018).
- [18] A. Şahinoğlu, M. Rafighi, Optimization of cutting parameters with respect to roughness for machining of hardened AISI 1040 steel. *Materials Testing*, 62: 1 (2020) 85-95.
- [19] B. Gür, A. K., Yildiz, T., Icen, Theoretical evaluation of abrasive wear behavior of B4C/FeCrC coating layer evaluated by a Taguchi approach. *Mater. Test.*, 62:7, (2020) 733–738.
- [20] B. Gür, A. K., Özyay, C., Icen, Evaluation of B4c/Ti Coating Layer, Investigation of Abrasive Wear Behaviors Using Taguchi Technique and Response Surface Methodology. *Surf. Rev. Lett.*, 27:10, (2020) 19502251.
- [21] M. Elbah, M. A. Yallese, H. Aouici, T. Mabrouki, J. F. Rigal, Comparative assessment of wiper and conventional ceramic tools on surface roughness in hard turning AISI 4140 steel. *Measurement*, 46: 9 (2013) 3041-3056.
- [22] E. Aslan, N. Camuşcu, B. Birgören, Design optimization of cutting parameters when turning hardened AISI 4140 steel (63 HRC) with Al₂O₃+ TiCN mixed ceramic tool. *Materials & design*, 28: 5 (2007) 1618-1622.
- [23] I. Asiltürk, H. Akkuş, Determining the effect of cutting parameters on surface roughness in hard turning using the Taguchi method. *Measurement*, 44: 9 (2011) 1697-1704.
- [24] S. R. Das, D. Dhupal, A. Kumar, Experimental investigation into machinability of hardened AISI 4140 steel using TiN coated ceramic tool. *Measurement*, 62 (2015) 108-126.
- [25] X. Chuangwen, X. Ting, L. Huaiyuan, S. Zhicheng, J. Hongbing, L. Mandong, Friction, wear, and cutting tests on 022Cr17Ni12Mo2 stainless steel under minimum quantity lubrication conditions. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 90: 1-4 (2017) 677-689.
- [26] M. Stern, A. L. Geary, Electrochemical polarization I. A theoretical analysis of the shape of polarization curves. *Journal of the electrochemical society*. 104: 1 (1957) 56-63.
- [27] B. Yalçın, B. Ergene, S. Nar, 1.2367 Takım Çeliğinden İmal Edilmiş Enjeksiyon Yolluk Burcunda Hasar Analizi ve Geometrik Tasarımda İyileştirme ile Hasarı Önleme. *SDU International Journal of Technological Science*, 11: 3 (2019)