

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ (BAP)
PROJE KESİN RAPORU

PROJE KODU	07/2011-70
PROJE ADI	CNC FREZE TEZGAHLARINDA DELİK BÜYÜLTME YÖNTEMLERİNİN KESME PERFORMANSINA ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ.
PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ	YRD. DOÇ. DR. YUNUS KAYIR
PROJE EKİBİ	Yrd.Doç.Dr. Yunus KAYIR (Yürütücü) Mehmet SÜZGÜNOL (Yüksek Lisans Öğrencisi)
FAKÜLTE/ENSTİTÜ/YÜKSEK OKUL	TEKNİK EĞİTİM FAKÜLTESİ
BÖLÜM/ANABİLİM/BİLİM DALI	MAKİNE EĞİTİMİ
RAPOR TARİHİ	Haziran 2014

45 sayfadan oluşan bu rapordaki bilgilerin/belgelerin doğruluğunu kabul ediyorum.

İmza:

1. PROJE RAPORU.....	
2. PROJE BÜTÇESİ ÖZET BİLGİLERİ.....	
3. PROJE ÇIKTILARI	
4. PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ TARAFINDAN YAPILACAK GENEL DEĞERLENDİRME	
5. EKLER.....	

1. PROJE RAPORU

CNC FREZE TEZGAHLARINDA DELİK BÜYÜLTME YÖNTEMLERİNİN KESME PERFORMANSINA ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

ÖZET

Bu projede, DIN 1.2311 ve 1.2738 plastik hacim kalıp çelikleri kullanılarak CNC freze tezgahında delik büyültme deneyleri yapılmıştır. Delik büyültme işleminin kesme performansına etkileri araştırılmıştır. Deneylerde delik büyültme adaptörü ile sermet kesici uçlar kullanılmıştır. Kesme parametresi olarak, iki farklı uç yarıçapına sahip iki tip kesici, üç farklı kesme hızı, üç farklı talaş derinliği ve üç farklı ilerleme miktarı alınmıştır. Deneyler için Taguchi L₃₆ (2*2 3*3) modeli kullanılmıştır. Deneyler sırasında meydana gelen kesme kuvvetleri ölçülmüştür. Kesme kuvvetlerinin ölçülmesinde Kistler 9272 dinamometresi kullanılmıştır. Deneylerden sonra, yüzey pürüzlülüğü, delik geometrisi, kesici takım aşınmaları incelenmiştir. Taguchi ve ANOVA analizi yapılmıştır. Deney parametrelerinin deney sonuçlarına olan etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak, Delik büyültme operasyonlarında en etkili parametrenin kaldırılan talaş payı olduğu ortaya çıkmıştır. Delik yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerinde artan talaş miktarına bağlı bir artış olduğu görülmüştür.

Bu çalışmalar sonucunda delik büyültme sırasında kullanılan kesme parametrelerinin delik geometrisi, delik yüzeyi, kesme kuvvetleri, kesici, vb. üzerindeki etkileri tespit edilmiştir. Talaş payının artması ile yüzey pürüzlülüğünün ve kesme kuvvetlerinin arttığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler : Delik Büyültme, Delme Barı, Kesme Performansı, CNC Freze Tezgahı

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF CUTTING PERFORMANCE FOR METHODS OF HOLE MAKING ON THE CNC MILLING MACHINE

ABSTRACT

In this project, experiments of boring hole were done by using DIN 1.2311 and 1.2738 die mold steel on the CNC milling machine. Effects of holing process on the cutting performance were investigated. An adapter, called boring head, with coated and uncoated cermets inserts was used in the experimental works. The cutting parameters that are two type cutting tools with two different edge radius, three different cutting speeds, three cutting depths and three different feedrate were selected to determine for the tests. Taguchi L₃₆ (2*2 3*3) was modeled for the tests. The cutting forces were measured in the tests by using a Kistler 9272 dynamometer. After experimental works, surface roughness, wear of cutting tools and geometries of holes were determined. Taguchi and ANOVA analysis were done for the results of the tests.

These studies have identified that the surface roughness and cutting forces increase according of increasing depth of chip on the boring holes processes.

Keywords : Holing, Boring Bar, Cutting Performance, CNC Milling Machine.

1.1 Giriş

Bütün makine gövdelerinin iç ve dış yüzeylerinde, çeşitli amaçlarla kullanılan delikler bulunur. Bunların çoğu milleri taşımak için yuvalar ve montaj delikleridir. İş parçası ne olursa olsun gereken deliğin uygun araçlarla delinmesi ve görevine uygun olarak delik yüzeyinin işlenmesi gerekmektedir.

Makine parçaları üzerindeki deliklerin işlenmesinde, yuvarlak parçalar için torna tezgahları, prizmatik parçalar için ise freze tezgahları kullanılmaktadır. Makine imalat sanayisinde, gövde ve ana iskelet, otomotiv sanayisinde dökülen motor blokları, vb. genelde prizmatik parçalardan oluşmaktadır. Bununla birlikte özellikle kalıp sanayisinde (plastik enjeksiyon, kesme-delme-bükme, hacim, vb.) yapılan kalıpların gövdeleri prizmatik parçalardan oluşmaktadır [1]. Kalıplar için kullanılan çelik malzemeler ise özel alaşımlı pahalı malzemeler kullanılmaktadır. Bu parçalar üzerinde hareketli parçaları tutan kısımlar uygun yüzey kalitesinde ve geometrik toleranslarda işlenmesi gerekmektedir. Yapılan delik işleminde, kullanılan çelik malzemesinin tipi, yöntem ve kesme parametreleri, vb. kriterler kaliteyi etkilemektedir. Prizmatik parçalar üzerindeki delik açma-büyültme işlemleri genelde Freze tezgahlarında yapılmaktadır.

CNC Freze tezgâhları, delik delme ve büyültme işlemlerinde fazlaca kullanılır. Freze tezgâhları üç boyutta (düşey-yatay-enine) hareket etme kabiliyetine sahip olup 0,01 – 0,005 mm toleransında hassas iş yapmaya elverişlidir. Özellikle CNC freze tezgâhlarında 0,001 mm tolerans hassasiyetinde iş yapılmaktadır. CNC dik işleme (freze) tezgâhları ile her türlü delik delme ve büyültme işlemi aynı anda yapılmaktadır. Freze tezgâhlarında tablanın boyuna hareketindeki hassasiyetinden dolayı, frezeleme ile merkezler arası hassas olan deliklerin açılması ve genişletilmesi kolaylıkla yapılır. Freze fener mili yuvasına bir delik kateri bağlanarak veya matkapla, düşey düzlem içindeki eksenler arası hassas olarak işlenebilir. Ayrıca universal başlıkla yatar veya eğik düzlemler üzerindeki delikler de frezelerde hassas olarak işlenir. Freze tezgâhları, özellikle prizmatik döküm parçalar üzerindeki çeşitli operasyonların yapılmasında ilk akla gelen takım tezgâhlarındanır.

1.2. Literatür

Yapılan incelemelerde, dünyada işlenebilirlik alanında çalışmaların oldukça yoğun olarak yapıldığı görülmüştür. Yapılan çalışmalarda ise kullanılan bazı kalıp çeliklerine yönelik ise daha çok tornalama, frezeleme ve delik delme gibi yöntemlerinin kullanıldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, delik büyültme yönteminin kalıp çeliklerine uygulanmasına yönelik işlenebilirlik çalışmalarının az olduğu belirlenmiştir. Aşağıda proje kapsamında kullanılan kalıp çeliklerine yönelik yapılan çalışmalardan ulaşılabilir olanlar aşağıda özetlenmiştir.

Göloğlu ve Arslan, 1.2738 kalıp çeliği kullanarak genetik programlama ile bir yüzey pürüzlülük modeli geliştirmiştir. Bu çalışmada cep frezeleme işlemini spiral metotla yapmışlardır. İşleme sırasında kullanılacak parametreleri (kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği, kesici yanal adımı) ve bu parametrelere ait seviye değerlerinin (dört farklı değer) oluşturduğu kombinasyonların sayısı $4^4 = 256$ olmaktadır. Bu deneylerin yapılması için harcanan zaman ve malzeme maliyetleri göz önünde tutulduğunda Taguchi'nin geliştirdiği, deney sayısında azalma sağlayan yöntemi kullanmışlardır. Sonuç olarak yapılan çalışmada çözüm uzayı oldukça büyük ve karmaşık olan cep imali için yüzey pürüzlülük modeli geliştirilmiştir. Talaşlı imalatla gerçek deney koşullarına göre elde edilen deney veri setleri kullanılarak GP yardımıyla ters probleme %98 üzeri oranda çözüm sağlanmıştır. Elde edilen modelin doğrulaması yapılmış, öğrenme veri seti üzerinde ortalama %1'in altında, doğrulama seti üzerinde ortalama %10'un altında standart sapma değerleri elde edilmiştir. [3]

Sakarya ve Göloğlu, çalışmasında Taguchi yönteminden yararlanarak cep frezelemede farklı işleme tekniklerinin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajlarını saptamışlardır. Deneylerde üç farklı takım yolu işleme yapılmıştır. Bu işleme teknikleri spiral, zigzag ve tek yönlü cep frezelemedir. Bu işlemleri DIN 1.2738 hacim kalıp çeliği le gerçekleştirmişlerdir. Deneylerde dört farklı kesme hızı, talaş derinliği, ilerleme ve kesici yanal adımı kullanmışlardır. Sonuç itibariyle cep frezelemede son talaş kaldırma işleminde deneyleri sonrası elde edilen pürüzlülük değerlerini incelendiklerinde tek yönde ve zigzag takım yolu için en iyi seviye değerleri uygulanarak elde edilen pürüzlülük değeri deneylerdeki değerlerden daha düşük çıktığını fark etmişlerdir. Buna karşın, spiral takım yolu için öngörülen seviyeler sonrası yapılan deneyler neticesinde elde edilen pürüzlülük değerlerinin, deneylerde elde edilen sonuçlar arasında en iyi olmasa da kabul edilebilir bir sonuç verdiği kanısına varmışlardır. Bunun en önemli nedeni ise tek yönlü ve zigzag işleme tekniğinde oluşan talaşın kesici etrafında kalarak yüzey pürüzlülüğünü olumsuz etkilemesi, buna karşın spiral işleme tekniğinde talaşın kesiciden uzaklaşması ve işlenen yüzeyde istenmeyen izleri oluşturmaması ve de kesici üzerinde ekstradan aşınma olmaması spiral işleme tekniğinin avantajını ortaya koymaktadır. [4]

J. Rech ve Calvez, kalıp çeliklerinin işlenebilirlik karakteristiğine yeni bir yaklaşım getirmişlerdir. Bu yaklaşımın temeli kimyasal bileşimin ve kesme parametrelerinin birbirlerine olan etkileridir. Bu metot işleme süresince çeliklerin davranışlarının hassas bir şekilde kıyaslanmasına olanak sağlamaktadır. Kısaca bahsedecek olursak Deneylerinde üç adet farklı kalıp çeliğini ele almışlardır. Bunlar 1.2311, 1.2312 ve SP300 dir. Deneylerinde kullandıkları bu üç farklı malzemenin de Brinell sertlikleri 300 HB dir. Bu malzemelerin sülfür oranları birbirinden farklıdır. En düşük sülfür oranı 1.2311 malzemesinde (%0.0008), en yüksek ise 1.2312 dedir(%0.07). Dört farklı kesme hızı kullanarak (150-200-262-300 m/dak) parametrelerin kıyaslamasını yapmışlardır. Sülfür oranı düşük olan 1.2311 malzemesinde daha iyi yüzey kalitesi elde edildiğini fakat 1.2312 de 1.2311 e göre daha kötü bir yüzey kalitesi olduğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca SP300 de ise daha iyi işlenebilirlik özellikleri olduğunu fakat 1.2311 den nispeten daha kötü son yüzey kalitesine sahip olduğunu fark etmişlerdir. Sonuç olarak kaba ve finish işleme maliyetlerinin çok yüksek olduğu kalıpcılık sektöründeki malzeme seçiminde kimyasal bileşimin işlemeye etkisi ve kesme parametrelerinin birbirlerine olan etkilerini vurgulamışlardır. [5]

Calvez ve Poulachon, kalıp çeliklerinin frezeleme maliyetleri üzerini iyileştirmek için bir takım çalışma yapmışlardır. Bunun için de takım ömrü kriterlerini iyileştirmeyi esas almışlardır. Elde ettikleri sonuçları bilimsel teknolojik ve ekonomik yönden kıyaslamışlardır. Bu çalışmalarda 1.2311,1.2312,SP300 ve SP300+S kalıp çeliklerini kullanmışlardır. Bu malzemeler ile birden farklı kesme hızı, ilerleme radyal kesme derinliği ve eksenel kesme derinliği kullanarak kıyaslama yapmışlardır. Sonuç itibariyle kaba frezeleme işlemlerinde takım ömrünü iyileştirmişlerdir. Kesme parametrelerinin işlemeye olan etkisini onaylamışlardır. Aynı zamanda kesme alanındaki sülfür etkisini de kabul saptamışlardır. Analiz sonuçlarına göre en iyi takım ömrü ve talaş tipi için kesme parametrelerinin işlenen malzemeye göre optimal değerlerde seçilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Bu şartlar sağlandığı takdirde yeni nesil kalıp çelikleri ile işleme maliyetlerinde %25-40 arasında bir kazanım sağlanabileceğini belirtmişlerdir. [6]

Serkan Ateş, 55 HRC ye sertleştirilmiş P20 kalıp çeliğinin CBN kesicilerle frezelenmesi sırasında oluşan aşınma ve yüzey pürüzlülüğüne ilerlemenin etkisini incelemiştir. Çalışmasında iki farklı tip CBN kesici kullanmıştır. Birincisi düşük CBN katkılı seramik bağlayıcılı takım(CBN-DS), ikincisi ise yüksek CBN katkılı metal bağlayıcılı takımdır(CBN-YM). Bu iki farklı takım ile işleme sırasında seramik bağlayıcılı düşük CBN katkılı takımın daha düşük aşınma direncine sahip olduğunu CBN-YM nin ise daha yüksek aşınma direncine sahip olduğunu tespit etmiştir. Bunu ise CBN-YM nin metal bağlayıcılı olmasına ve daha yüksek tokluğa sahip olmasına bağlamıştır. Ölçümler sırasında çelişkili bulgularda elde etmiştir. Aşınma arttıkça yüzey pürüzlülüğünün de artması beklenirken tam aksi sonuçlar elde etmiştir. Bunun nedeni bu çalışmada net anlaşılamamıştır. [7]

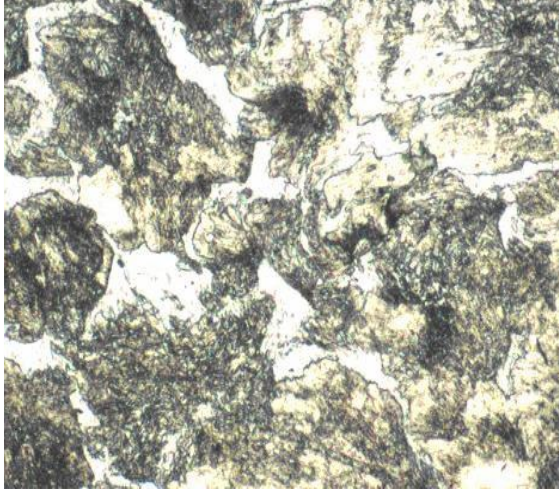
Chang ve Hwang yaptıkları çalışmada, P20 malzeme için ANSYS programında hızlı kalıp yüzeyi ısıtma sistemi geliştirmişlerdir. Bu çalışmada ANSYS in termal analiz bölümünü kullanarak kalıp yüzeyine farklı değerlerde ısı uygulamışlardır. Bu işlemi infrared ısıtıcı kullanarak yapmışlardır. Isıtıcı sayısını farklı bölgelerde farklı sayılarda kullanarak değişik sonuçlar elde etmişlerdir. Kalıp yüzeyi 83 °C (± 1 °C) ısıtılarak enjekte edilen ergiyik plastiğin fiziksel özelliklerini incelemişlerdir. [8]

Uslu ve Cömert, AISI P20 çelik üzerine borlama işlemi yapmışlardır. Ekabor 2 tozunu AISI P20 çelik içerisine 2-4-6 ve 8 saat süre ile 800-875 ve 950 °C de uygulamışlardır. Bu borür tabakası kalınlığı sıcaklık ve proses süresine bağlı olarak 10 ile 180 μ m arasında değişmiştir. Uygulanan borür katmanı kalınlığı ile ilgili tahminlerin endüstriyel uygulamalar için yararlı olduğunu saptamışlardır. [9]

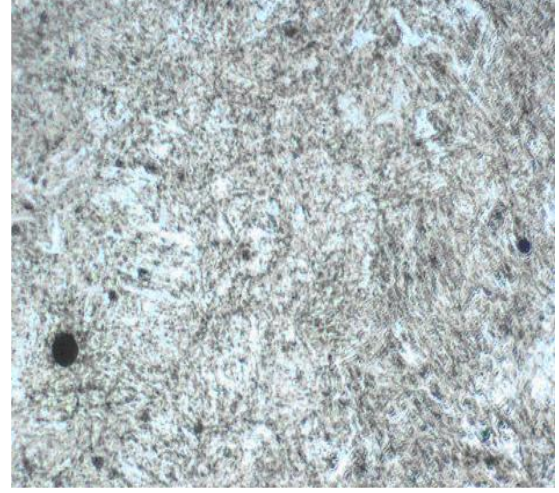
Bergstrom ve Devos, AISI P20+Ni çelikten yapılmış bir hacim kalıbına enjekte edilen malzemenin yapısının kalıp aşınmasına etkisini incelemişlerdir. Bu işlem için tam ölçekli bir polimer plastik enjeksiyon makinasında yüzey aşınması için deneysel bir metodoloji geliştirmişlerdir. Dişi ve erkek kalıp için dört farklı kesici takım kullanarak kıyaslama yapmışlardır. Polimer enjeksiyon koşullarını kalıp boşluk bozulmasını hızlandırmak için seçmişlerdir. Kalıp içerisine ağırlıkça %40 cam elyaf takviyeli Lexan 341R-739 olarak bilinen polikarbonat enjekte etmişlerdir. Deneyler sonucunda polikarbonat içerisindeki cam elyaf takviyesi oranının kalıp aşınmasına etkisini tespit etmişlerdir. Cam elyaf takviyesinin %35 in üzerinde olduğu enjeksiyon işleminde kalıp aşınmasının, %40 cam elyaf takviyesine göre daha fazla aşındığını gözlemlemişlerdir. Ayrıca cam elyaf katkısı arttıkça viskozitenin de düştüğünü tespit etmişlerdir.[10]

Luis ve Shützer, P20 kalıp çeliği kullanarak CNC freze tezgahında farklı üç takım yolunun avantaj ve dezavantajlarını karşılaştırmışlardır. Bunlar lineer, dairesel ve polinomial interpolasyon olarak tanımlanmaktadır. Deneylerde küresel uçlu parmak freze ve P10A insert uç kullanmışlardır. Bilindiği üzere lineer interpolasyon daha sade modellemeler için çok büyük avantaj sağlamaktadır. Ancak modelleme yöntemi karmaşık hale geldikçe lineer interpolasyon ile elde edilen cam programında hata oranı artmaktadır. Yapılan deneyde kalıp modeli 3 farklı alana ayrılmış ve her bir bölge için farklı interpolasyonlar uygulanmıştır. 1. Bölge de lineer interpolasyon uygulanıp cam toleransı 0.005 mm olarak hesaplanmıştır. 2. Bölgedeki modele dairesel interpolasyon uygulanmış ve cam toleransı 0.18mm olarak bulunmuştur. 3. Bölgede ise polinomial interpolasyon uygulanmış ve cam toleransı 0.05 mm olarak hesaplanmıştır. Buradan da anlaşılabileceği gibi lineer interpolasyon ile yapılan kalıp imalatı diğer yöntemlere göre daha az hata oranına sahiptir. [11]

Köse ve Sakin, AISI 1040 ve AISI P20 çeliklerinin alaşım oranları ve mikro yapılarının sertleşme kabiliyeti üzerine etkisini incelemişlerdir. Bu iki çeliğin sertleşebilme kabiliyetlerini ölçmek için standart Jominy testlerini uygulamışlardır. Bu çalışmada karbon oranı her iki çelik için de yaklaşık % 0.385 oranındadır. Östenit faz sıcaklığına kadar (850 °C) ısıtılan numuneler fırında 30 dakika bekletildikten sonra Jominy test cihazına yerleştirilerek alından su verme işlemine tabi tutulmuşlardır. Daha sonra oda sıcaklığına kadar soğutulan numunelerin HRC sertlik değerleri ölçülmüş ve mikro yapı fotoğrafları çekilmiştir. Testler sonucunda başta karbon olmak üzere diğer alaşım elementlerinin de (Cr, Mo, Mn, Si, Ni ve V) sertleşebilme kabiliyetini etkilediği görülmüştür. Ayrıca su verme derinliğinin de sertleşme kabiliyetini etkilediği saptanmıştır. Şekil 1’de çeliklerin ısıtma işlem öncesi sertlikleri ve mikro yapıları görülmektedir. [12]



(a) AISI-1040 (sertlik=9.7 HRC)



(b) AISI P20 (sertlik=38.4 HRC)

Şekil 1. Çeliklerin ısıt işlem öncesi sertlikleri ve mikro yapıları (500x)

Literatürde [14] de belirtildiği gibi alaşım elementleri kullanılarak sertlik tahmini yapmak mümkün olmasına rağmen, Jominy gibi su verme ile setleştirilmede sertlik tahminini ampirik formüllerle yapmak zordur. Ayrıca, test şartları, çelik tipi, karbon oranı, soğutma oranı, mikro yapı ve kimyasal kompozisyon gibi sertlik değerlerini etkileyen birçok faktör bu tahmini oldukça zorlaştırır. AISI P20 çeliğindeki Mn, Cr, Ni, Mo gibi alaşım oranlarının artması literatürde verilen ampirik formüllerle sertleşebilirlik tahminini zorlaştırmıştır [15]. AISI 1040 çeliğin su verme derinliğinin en uzak mesafesi olan 17. noktada (68 mm) sertleşme kaybı yaklaşık %62 iken, AISI P20 çeliğinde bu kaybın %45 olduğu görülmüştür. Dolayısıyla AISI P20 çeliğinin sertleşme kabiliyetinin daha yüksek olduğu net bir şekilde tespit edilmiştir

Hossein ve Kadirgama, AISI P20 kalıp çeliği kullanarak kesme kuvveti tahmin modeli geliştirmişlerdir. Bu model için Response surface methodology (RSM) diye bilinen yüzey tepki yönteminden yararlanmışlardır. RSM modelleme için gerekli giriş (kesme parametreleri) ve çıkış parametreleri arasındaki ilişkileri matematiksel ve istatistiksel teknikler kullanarak tahmin eden bir yaklaşımdır[13]. RSM zaman ve maliyet açısından önemli bir ekonomiklik sağlar. Bu yöntemde doğruluk oranı oldukça da yüksektir. Yaklaşık %95 oranında güvenilirlik sağlamaktadır. Başka birkaç araştırmacı da AISI 1045 çeliğin tornalanmasındaki teğetsel kesme kuvvetini RSM yöntemini kullanarak incelemişlerdir. Bu inceleme sonucunda işlemeye etki eden birinci temel etkenin ilerleme değeri, ikinci etkenin ise yan kesici kenar açısı olduğunu tespit etmişlerdir.

Hossein ve kadirgama, bu çalışmada Kenna metal ürünü 31.75 mm çapında iki uçlu bir parmak freze kullanmıştır. 29 adet deney yapılmıştır ve her bir deneyi üç kez doğrulamak için tekrarlanmıştır. Deneyler OKUMA MX-45 CNC dik işleme tezgahında yapılmıştır. Her bir numune 85 mm kesme uzunluğunda durdurulmuş ve ölçümler bu aralıkta yapılmıştır. Deneylerde 3 farklı kesme hızı (100-140-180 m/dak), 3 farklı ilerleme değeri (0.1-0.15-0.2 mm/dev), 3 farklı aksel kesme derinliği (1-1.5-2 mm) ve 3 farklı radyal kesme derinliği (2-3.5-5 mm) kullanılmıştır. Deneylerde KISTLER dinamometre den kesme kuvvetleri ölçülmüştür. Daha sonra birinci ve ikinci dereceden denklemler yardımıyla MINITAB programında elde edilen kesme kuvveti tahminleri karşılaştırılmış ve yaklaşık % 95 oranında güvenilirlik sağlanmıştır.

MINITAB ile programlamada varyans analizine dayalı en küçük kareler metodu kullanılmıştır. Sonuç itibarıyla yüzey tepki yöntemi (RSM) yardımıyla kesme kuvveti tahminlerinin başarısı kanıtlanmıştır. RSM tarafından MINITAB yardımıyla türetilen birinci ve ikinci derece

denklemler yoluyla elde edilen tahmini kesme kuvvetleri elde edilen gerçek kesme kuvvetleri ile oldukça yakın değerlerdir. Elde edilen gerçek kesme kuvveti değerleri birinci ve ikinci dereceden denklemlerde yerine konarak yeterliliği teorik olarak da kesinleştirilmiştir. Buna ek olarak her iki hesaplamada da kesme kuvvetini en çok etkileyen kesme parametresinin ilerleme hızı olduğu görülmüştür. İlerleme hızından sonra eksenel derinlik radyal kesme derinliği ve kesme hızı elde edilen kesme kuvveti değerlerini etkilemektedir. Dolayısıyla kesme kuvveti ilerleme değeri arttıkça artar, ancak kesme derinliği azaldıkça kesme hızı artmaktadır. Bunun yanı sıra ikinci dereceden modelleme, ilerleme değeri ile eksenel kesme derinliği arasında çok güçlü bir etkileşim olduğunu kanıtlamaktadır.

Falbhömer ve Rodriguez, H13, P20 ve dökme demir malzemeyi yüksek hızda farklı kesme parametreleri ile işlemişlerdir. Kesme hızı yüzey pürüzlülüğü takım aşınması gibi parametreleri incelemişlerdir. Bu çalışmada yüksek hızda kesme (HSC) üzerine üç farklı çalışma yapılmıştır. Birincisi sert malzemelerin yüksek hızda işlenmesi ile oluşan kesici takım ömrü ve kesici takım deformasyonunun incelenmesi, ikincisi yüzey işlemede sabit talaş akışı için gerekli fener mili dönüş hızının ve ilerleme değerinin ayarlanması yoluyla CNC programlarının optimizasyonu üçüncüsü ise kesici takımda oluşan gerilme ve sıcaklık değişimlerinin işleme yüzeyine olan etkileridir. Deneylerde 4 eksen yüksek hızda işleme tezgahı kullanılmıştır. Kesici takım olarak da kaplamalı PCBN uçlar kullanılmıştır [16].

Wilson ve Carlos, AISI P20 ve VP50IM çeliklerden yapılan polimer plastik kalıplarındaki kaynak tamiri proseslerinde en iyi uygulamaları belirlemek için bir çalışma yapmışlardır. Literatürde bulunan bilgilerin büyük çoğunluğu çeliklerin tamiri hakkında kaynak yönlerine odaklanmıştır [17]. Kaynaklarda tel beslemeli TIG kaynağı kullanılmıştır. Çelikler 225 °C (± 25 °C) ön ısıtma işlemine tabi tutulmuştur. Kaynak sürecinde argon gazı kullanılıp TIG teli çapı 1.2 mm dir. Kaynak işlemi tamamlandıktan sonra çelikler üzerinde parlatılabilme davranışları incelenmiştir [18]. Sonuç olarak testler ve analizler göstermiştir ki AISI P20 çelik için taş yerine el zımparası kullanılarak polisaj işlemi yapılırsa yeterli düzgünlükte bir yüzey elde edilebilir. Texturizing yüzeyi üniform bir yapıda değildi. Bunun nedeni ön ısıtma işlemi ve su verilmiş olmasından dolayı mikro yapının ani kimyasal değişimlere uğramış olmasıdır. VP50IM çelik için ise Üniform bir polisaj yüzeyi elde etmek mümkündür. Hatta el zımparası kullanarak ta bunu elde etmek mümkün olabilir. Kaynak dolgusunun VP50IM çelikte tekdüze olmadığı gözlemlenmiştir. Bunun nedeninin ise sertlik ve kimyasal bileşimle ilgili olduğu öne sürülmüştür [19].

Kiyak ve Çakır, geleneksel işleme yöntemlerinin en önemlilerinden biri olan elektro erozyon ile işleme (EDM) tekniğiyle AISI P20+Ni (DIN 1.2738) kalıp çeliğini kullanarak farklı işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve finish yüzey işlemesine etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışmada üç farklı EDM akım değeri (8-16 ve 24A), sekiz farklı dalma süresi (2,3,4,6,12,24,48 ve 100 μ s) ve iki farklı dalma bekleme süresi (2 ve 3 μ s) kullanmışlardır. Bu deneyler sayesinde iş parçası yüzey pürüzlülüğü ve dalma bekleme süresinin işleme kalitesine etkilerini tespit etmişlerdir [20]. Deneylerde AJAN 982 EDM tezgahı kullanılmıştır. Dielektrik sıvı olarak Cuttex Fel Ultra kullanılmıştır. Dielektrik viskozitesi 40 °C de 2.2-2.7 dir. Deney numunelerinin frezeleme işleminden sonraki geometrik ölçüleri 20mm x 70mm x 315mm dir. Silindirik bakır elektrot çapı 22 mm dir. Yüzey pürüzlülüğü ölçümünde ortalama pürüzlülük değeri olan Ra değeri ölçülmüştür. Deneylerin ilk bölümünde iş parçası yüzey kalitesi incelenmiştir. EDM ile 2 μ s dalma süresi için yüzey pürüzlülük değerinin nispeten iyi olduğu gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra dalma akım değerlerinin artırılması yüzey pürüzlülüğü için yükselen bir sonuç ortaya çıkarmıştır. Dalma süresi 6 μ s çıkartıldığında ise daha kötü bir yüzey kalitesi tespit edilmiştir. Dolayısıyla 2 μ s, 3 μ s karşılaştırıldığında 2 μ s için Ra değeri 2-3 μ m, 3 μ s için ise 6 μ m olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak akımın ve dalma süresinin artırılması yüzey pürüzlülüğünü artırmaktadır. Bu nedenle düşük akım ve dalma süresi seçilip dalma bekleme süresinin artırılması iyi bir son yüzey kalitesi ortaya çıkaracaktır [21].

Nagels ve Duflou, DIN 1.2311(AISI P20) ve DIN 1.2312 kalıp çeliğinin lazerle kesim kalitesine kükürt katkısının etkisini incelemişlerdir. Çalışmalarda yüksek kükürt içerikli bir çeliğin daha kararlı bir kesim etkisi yarattığı tespit edilmiştir[22]. Bilindiği üzere lazer ile kesim temassız bir kesim yöntemidir. Bu çalışmada dalga boyu olarak $\lambda = 10.6 \mu\text{m}$ kullanılmıştır. Lazer ışığı metali ergitir ve daha sonra koaksiyel yardımcı gaz ile eriyik metal dışarı atılır. Yardımcı gaz olarak oksijen yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun en önemli avantajı ise demirden oksidasyon süresince üretilen ekzotermik ısıdır. Bu çalışmada iki çelik türünün lazer kesme özellikleri karşılaştırılmıştır. Bu iki çeliğin kompozisyon farklılığı sadece kimyasal yapısında bulunan kükürt miktarıdır [23]. Yapılan çalışmada da bu farklılığın etkisi incelenmiştir. Deneylerde 6 kW lazer kesme tezgahı kullanılmıştır. Kullanılan numunelerin kalınlığı 22 mm dir. Düz kesimler için 900 mm/dak ilerleme hızı kullanılmıştır. Burada en iyi kesim kalitesini bulmak için 12 farklı parametrede kesim yapılmıştır. Değişken olan faktörler kesme gücü (6kW-4,5kW), oksijen gaz basıncıdır(0.2-0.9 bar). Bu farklı parametrelerde ortaya çıkan cüruf miktarı kesim kalitesi incelenmiştir [24]. Sonuç olarak farklı parametrelerde yapılan lazer kesimde oluşan çizgilerin kesim kalitesini olumsuz etkilediği görülmüştür. Bu çizgilerin nedeninin ateşleme ve sönme sırasında oluştuğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra kesim sırasında oluşan cüruf kalitesinin de düşük olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca 1.2311 de yüksek oksijen basıncının kesim kalitesini düşürdüğü tespit edilmiştir. Dolayısıyla oluşan bu çizgilerin sayısı oksijen basıncı arttıkça daha da artmaktadır. Kükürt oranı yüksek olan 1.2312 de ise daha kararlı bir kesimin olduğu tespit edilmiştir. Özetle her iki kesim içinde ideal oksijen basıncının 0.7 bar olduğu belirlenmiştir. Bu konu ile ilgili araştırmalar son yıllarda giderek artmaktadır[25].

Chern ve Liang, yaptıkları çalışmada CNC torna tezgahında delik büyütme takımı ile oluşan titreşimi ve çapak oluşumunu azaltmak için titreşim kesme yöntemini uygulamışlardır. Bu deneysel çalışmada iş parçası olarak düşük karbonlu çelik kullanmışlardır. Delik büyütme katerinde ise kesici uç olarak TPMR221 tungsten karbür uç kullanmışlardır. İşleme sonrası yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için Talyround, series 2 kullanmışlardır. Bu işlem için bir titreşim cihazı geliştirmişlerdir. Taguchi yöntemi ile titreşimin yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmışlardır. Ayrıca sonuçlar üzerinde varyans analizi yapmışlardır. Deney parametreleri olarak üç farklı kesme derinliği, üç farklı frekans ve üç farklı ilerleme miktarı kullanmışlardır. Bu yöntem sayesinde deliklerin yüzeyle kesişen yerlerindeki çapak oluşumunu azalttığını ve yüzey pürüzlülüğünü iyileştirdiğini deney sonuçları ile ortaya koymuşlardır [26].

Cristina ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada kesme işleminin dinamiklerinin yanı sıra kesici takım ve malzemenin de önemli bir rolü olduğunu düşünerek bir inceleme yapmışlardır. İş parçası olarak orta karbon alaşımlı çelik kullanmışlardır. Kesici takım olarak ise ISO VBM 16 04 08 insert uç kullanmışlardır. Bu çalışmada özellikle karmaşık yüzeyli ve ince kalınlıklı parçaların delik büyütme operasyonlarındaki bilgilerini değerlendirmişlerdir. Operasyon sırasında oluşan kesme kuvvetlerinin matematiksel denklemlerini çıkarmışlardır. Parçadaki statik ve dinamik analizleri için ise sonlu elemanlar yöntemini kullanmışlardır. Sonuç olarak delik büyütme operasyonlarında farklı kesme parametreleri için kullanılabilecek matematiksel modeller geliştirmişlerdir [27].

Atabey ve Lazoğlu yaptıkları çalışmada freze tezgahında delik büyütme aparatı ile işleme sırasında oluşan radyal ve aksial kuvvetleri analiz etmişlerdir. Bu incelemelerde iş parçası malzemesi olarak AISI A16061 kullanmışlardır. Kesici takım olarak ise çok kristalli elmas takma uçlar kullanmışlardır. Üç farklı kesme hızı ve ilerleme miktarı ile testler yapmışlardır. Deneyler sonucunda Matlab da kesme kuvvetleri ile ilgili matematiksel denklemler elde etmişlerdir [28].

1.3 Çalışmanın Amacı Ve Önemi

Bu çalışmada belirlenen kalıp çeliklerin (DIN 1.2311 ve 1.2738), CNC freze tezgahında delik büyültme adaptörü ve farklı kesici uçlarla işlenmesinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerini nasıl etkilediği amaçlanmıştır. Kullanılan delik büyültme yönteminin kesme performansına olan olumlu ya da olumsuz etkileri incelenmiştir. Delik büyültme adaptörü kullanılarak sermet (cermet) kesici takımla kalıp çeliğinin işlenebilirliği, yöntemin avantaj ve dezavantajları belirlenmeye çalışılmıştır. Delik büyültme için farklı kesme hızı, ilerleme ve talaş payında ortaya çıkan yüzey pürüzlülük değerleri ve oluşan kesme kuvvetleri de tespit edilmiştir. Deney sonuçlarının olumlu ve olumsuz tarafları değerlendirilmeye çalışılmıştır.

1.4 Proje Planı ve Mevcut Olanaklar

Yapılan bu çalışmada, kalıp sanayisinde yaygın kullanılan kalıp çelikleri üzerine açılan deliklerin, delik büyültme aparatı (bara) ile işlenmesine yönelik deneyler yapılmıştır. Delik büyültme sırasında kullanılan kesme parametrelerinin, kaldırılan talaş derinliğinin, elde edilen yüzey pürüzlülüğüne ve kesme kuvvetlerine etkisi ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Deneylerin yapılmasında ihtiyaç duyulanlar şunlardır:

1. CNC Freze Tezgahı,
2. Çeşitli çaplarda deliklerin açılması için matkaplar
3. Delik büyültme aparatı
4. Kesici uçlar
5. Kalıp çeliği
6. Kuvvet ölçer (dinamometre)
7. Yüzey pürüzlülük cihazı

Bu işlemler için Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği laboratuvarlarından faydalanılmıştır. Projenin yürütülmesi sırasında laboratuvar imkanları açısından hazır olan (proje bütçesi ile alınmayanlar) ihtiyaçlar aşağıda verilmiştir.

1. CNC Freze Tezgahı (Şekil 1),
2. Kuvvet ölçer (dinamometre)
3. Yüzey pürüzlülük cihazı



Şekil 2. CNC Freze tezgahı

Diğer ihtiyaçlar ise proje bütçesi ile karşılanmaya çalışılmıştır. Delik büyültme işlemleri sırasında kuvvet ölçümleri, sonrasında ise yüzey pürüzlülüğü, vb. kontroller yapılmıştır. Bu ölçümlerden bazıları için hizmet satın alınmıştır.

1.5. Malzeme ve Ekipmanlar

Projede deneylerin yapılmasında malzeme, kesici ve deney ekipmanları Çizelge de verilmiştir

Çizelge 1. Deneylerde kullanılan cihaz/donanım özellikleri

Cihaz/donanım	Özellik
Malzeme	DIN 1.2311 ve 1.2738 kalıp çeliği
Kesici uç	Kaplamalı/Kaplamasız sermet uç, (DC100T-DC100)
Tezgah	John Ford VMC-550 CNC Dik işleme merkezi
Dinamometre	Kistler 9272, dört bileşenli (Fx, Fy, Fz, Mz)
Amplifier (Yükselteç)	Kistler 5070A
Veri okuma kartı	DAS 1602/12 Kart
Yazılım	Dynoware
Pürüzlülük cihazı	Mitutoyo

1.5.1. Kalıp Çeliği

DIN 1.2311 ve 1.2738 kalıp çelikleri başta Enjeksiyon, Ekstrüzyon, Şişirme ve çeşitli presleme teknikleriyle şekillendirilmesinde olmak üzere bir çok alanda kullanılmaktadır [2]. Satın alınan malzemeler deneylerde kullanılan ana materyaldir. Proje gereği bu malzemeler farklı kesici takımlar ve farklı kesme parametreleri kullanılarak işleme performansına etkileri detaylı olarak incelenmiştir. Bunun içinde uygun boyutlarda kestirilen DIN 1.2311 ve DIN 1.2738 malzemeleri 60x60x35mm ölçülerinde frezelenerek deney numuneleri hazırlanmıştır (Çizelge 2). Hazırlanan deney numuneleri taşlanarak hassas bağlamaya uygun hale getirilmiştir.

Çizelge 2. DIN 1.2311 ve DIN 1.2738 kalıp çeliklerinin kimyasal içeriği

Çelik Türü	%					
	Cr	Mn	Ni	Mo	C	Si
DIN 1.2311	1.90	1.50	-	0.20	0.40	0.20
DIN 1.2738	1.90	1.50	1.00	0.20	0.40	0.30

1.5.2. Hassas Baralama Takımı

Alınan Hassas Baralama Takımı deneylerin yapılmasında kullanılan en önemli takımdır. Delik büyütme başlığı olarak da adlandırılan takım ile matkaplarla açılan delikler, son ölçüsüne (finish machining) getirilmiştir. Bu takım ile Ø6 mm den Ø108 mm ye kadar delik büyütme işlemi yapılabilmektedir. İşleme hassasiyeti 2 mikrondur (0,002 mm). Farklı ölçülerde delik büyütme işlemi yapabilmek için takım kutusunda bulunan farklı ölçülerdeki başlıkları takmak gerekmektedir. Deney aşamasında öncelikle bütün deneyler için Ø8 mm matkap ucu ile ön delik delme işlemi yapılmış, sonrasında ise Ø13 mm matkap ucu ile delikler büyütülmüştür. Daha sonra ise talaş payına göre sırasıyla Ø13.2- Ø13.6 ve Ø13.8 mm matkap uçları ile delik büyütme işlemi yapılmıştır. Daha sonra prizmatik parça üzerindeki delikler ilgili deneyin parametrelerine göre baralama takımı ile son ölçüsü olan Ø14 mm ye işlenmiştir. Bu aralıktaki baralama ucu Dandrea takım setinde B 3.11 (Ø11- Ø17mm) sınıfı içerisinde. Delik işleme deneyleri biri kaplamalı biri kaplamasız olmak üzere iki kesici takımla gerçekleştirilmiştir. Ayrıca daha önce bahsettiğimiz gibi bu kesicilerde iki farklı uç radyüsü (0.2-0.4mm) mevcuttur. Bu işlemler esnasında data logger sayesinde dinamometreye bağlı olan iş parçası üzerinde farklı parametreler sonucu oluşan kesme kuvvetleri değerlendirilmiştir. Şekil 2’de delik büyütme aparatının genel görünümü gösterilmiştir.

ISO	CARBIDE HARTMETALL METAL DURO CARBURE METALLO DURO	CERMET	COATED CERMET CERMET BESCHICHTET CERMET RECUBIERTO CERMET REVÊTU CERMET RIVESTITO	CVD COATED CARBIDE HARTMETALL CVD BESCHICHTET METAL DURO RECUBIERTO CVD CARBURE REVÊTU CVD METALLO DURO RIVESTITO CVD
P01				
P10		DC100	DC100T	DP100R
P20				
P30	DP300			
P40				
K01				
K10	DK100	DC100	DC100T	DP100R
K20	DP300			
K30				

Şekil 4. Kesici uç tipi ve kalitesi







REF.						CARBIDE HARTMETALL METAL DURO CARBURE METALLO DURO		CERMET	COATED CERMET CERMET BESCHICHTET CERMET RECUBIERTO CERMET REVÊTU CERMET RIVESTITO
	d	s	r			DP300	DK100		DC100
TPGX 090200 L10"	5.56	2.38	0	CS250T	TORX T08	*	*	*	*
TPGX 090202 L			0.2			*	*	*	*
TPGX 090204 L			0.4			*	*	*	*
TPGX 110300 L10"	6.35	3.18	0	C-S300890T	TORX T08	*	*	*	*
TPGX 110302 L			0.2			*	*	*	*
TPGX 110304 L			0.4			*	*	*	*

Şekil 5. Kesici uçların şekli ve boyutları

1.5.4. Matkap Uçları

Delik baralama aparatının kullanılabilmesi için ön deliklerin açılmış olması gerekmektedir. Ön deliklerin açılmasında ise matkap uçları kullanılmıştır (Şekil 6). Bu nedenle Ø8mm, Ø13.2, Ø13.6 ve Ø13.8 mm taşlanmış HSS matkap uçları alınmıştır. Matkap uçları DIN 338 standardına göre 118° olarak üretilmiştir. Matkap uçlarının sayısı,(40'er adet) DIN 1.2311 ve DIN 1.2738 malzemelerinin ön deliklerinin açılmasında ve genişletilmesinde takım aşınmalarından kaynaklanan delik ölçüsü farklarının giderilmesi için çok miktarda alınması ön görülmüştür.



Şekil 6. Matkap uçları

1.5.5. Takım bağlama Pensleri

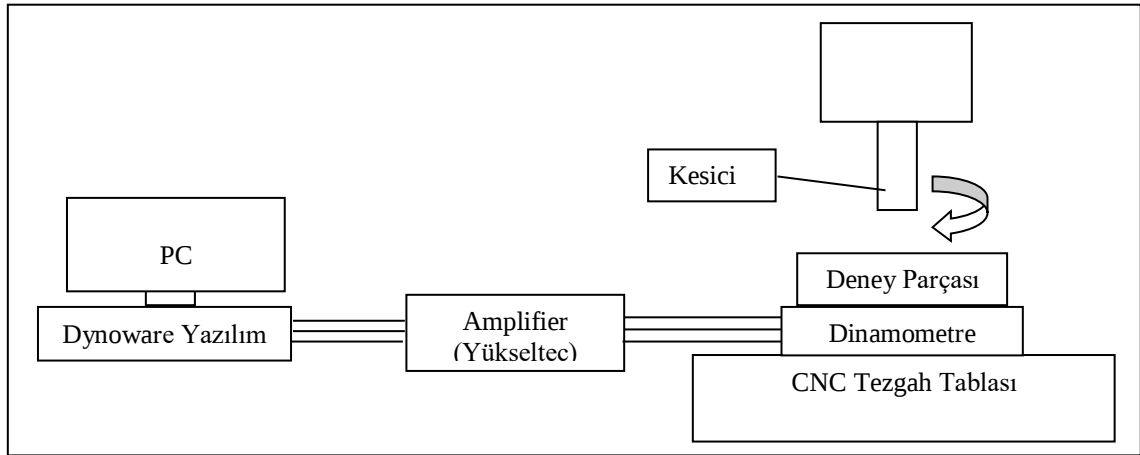
Delik delme işlemlerini hassas baralama takımı için ön işleme olarak düşünebiliriz. Delme işlemlerinde farklı ölçülerde matkap uçları kullanıldığından dolayı bu matkap uçlarını bağlayabilmek için 1'er adet Ø8 ve Ø13 mm pens alımı yapıldı. Bunun yanı sıra 13-14 mm aralığındaki matkap uçlarını bağlamak için 1 adet 13/14 mm pens alımı da yapılmıştır. Bu ürünlerle ilgili detaylar Şekil 7'de yer almaktadır.

ER.. DIN 6499-B				
				
REF.	d	D ₁	D ₂	L
ER 11	0.5 – 7	11	11.5	18
ER 16	0.5 – 10	16	17	27.5
ER 20	1 – 13	20	21	31.5
ER 25	1 – 16	25	26	34
ER 32	2 – 20	32	33	40
ER 40	3 – 26	40	41	46

Şekil 7. Pens bilgileri

1.6. Yöntem

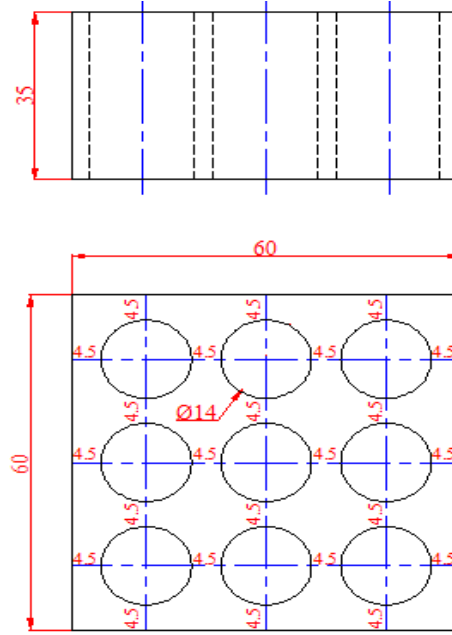
Deneyler, Şekil 8'de şematik olarak gösterilen CNC Freze tezgahına bağlanan dinamometre ve bu dinamometrenin üzerine bağlanan deney parçalarının işlenmesi ile gerçekleştirilmiştir. Deneyler esnasında oluşan kesme kuvveti verileri Dinamometre yardımı ile alınarak Amplifier'e (yükseltec) oradan da veri okuma kartı ve program sayesinde bilgisayara aktarılmıştır.



Şekil 8. Deney düzeneğinin şematik gösterimi

1.6.1 Deney Malzemelerinin Hazırlanması

Deneylerde her iki malzeme için (DIN 1.2311 ve DIN 1.2738) kullanacak olan iş parça ölçülerinin 60x60x35 mm olmasına karar verilmiştir (Şekil 9). Bu boyutların belirlenmesinde kullanılacak olan dinamometrenin (Kistler 9272) çalışma kapasitesi etkili olmuştur. Mevcut ölçülerine göre toplamda dokuz ($3 \times 3 = 9$) farklı deney yapılabilmektedir. İş parçaları öncelikle yüzey frezeleme işlemi ile ölçüsünde ve hassas olarak (Yüzeylerinin birbirine olan paralelliği ve dikliği) düzgün hale getirilmiştir. Parçalar alt (taban) ve üst geniş yüzeylerinden taşlanmıştır.



Şekil 9. Deney Parçası Geometrik Planlaması

1.6.2. Çekme Çubuklarının Hazırlanması

İşlenecek olan DIN 1.2311 ve DIN 1.2738 kalıp malzemelerinden 3'er adet çekme çubukları (Şekil 10) hazırlanmıştır. Çekme çubukları için ASTM standardı kullanılmıştır. Çekme çubukları literatüre uygun olarak belirlenen teknik resim kullanılarak torna tezgahında işlenmiştir. Daha sonra çubuklar Gazi Üniversitesi Malzeme Mühendisliği Bölümü'ndeki makine ve teçhizat kullanılarak çektilirerek kopartılmıştır. Bu işlemler bilgisayar kontrollü olarak yapılmıştır. Her bir malzeme için üç adet olarak hazırlanmıştır. Yapılan işlemler sonucunda malzemelerin kimyasal özellikleri ile doğru orantılı bilgiler elde edilmiştir. Yani 1.2738 malzemesinin uzama miktarı, kimyasal yapısında bulunan % 1 oranındaki Nikel elementinden dolayı daha fazla gerçekleşmiştir. Bunun yanı sıra 1.2738 malzemesi yaklaşık 28.2 kN luk kuvvet sonucunda kopmakta iken, 1.2311 de bu değer 26.5 kN olarak ölçülmüştür. Bu kuvvet farkı % 0.1 oranındaki Silisyum farkından kaynaklanmaktadır. Silisyum elementi işlenebilirliği azaltmakta, sertlik miktarını ise arttırmaktadır. Ancak işlenen çubukların aynı geometrik özelliklere sahip olması oldukça önemlidir. Aksi halde elde edilen değerler gerçekten uzaklaşmaktadır.



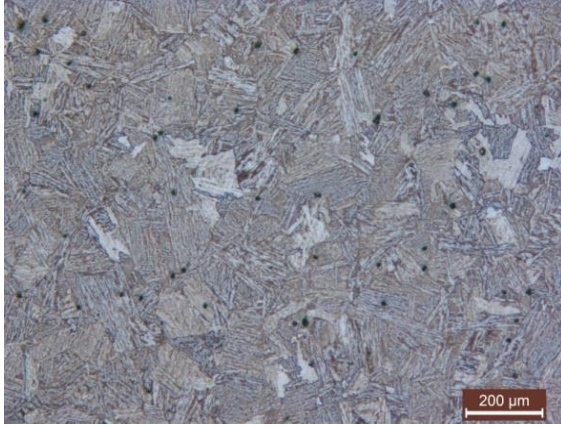
Şekil 10. Hazırlanan çekme çubukları

1.6.3. Malzemelerin Sertlik ve Mikro Yapıların Test Edilmesi

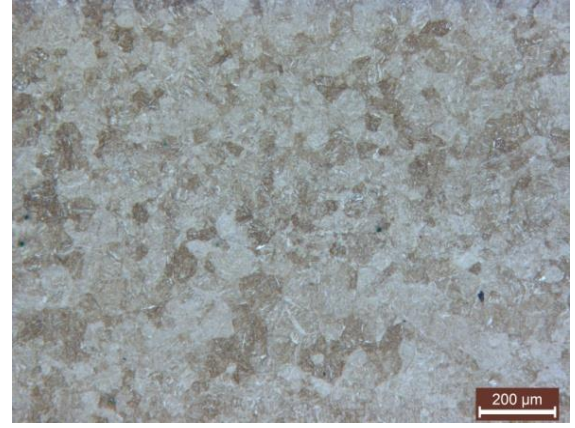
Alımı yapılan deney malzemelerinin sertliklerinin standartlara uygun olup olmadığını belirlemek için 10x10x10mm ölçülerinde, biri 1.2311 diğeri 1.2738 olmak üzere iki adet numune hazırlanmıştır. Bu numuneler Gazi Üniversitesi Malzeme Mühendisliği Bölümünde bazı işlemlerden geçirilerek sertlikleri test edilmiş ve mikro yapıları incelenmiştir. Numuneler öncelikle farklı kalınlıkta zımpara ve polisaj işlemlerine tabi tutulmuştur. Daha sonra sertlik ölçülecek yüzeylere dağlama işlemi yapılmıştır. Sonrasında ise Vickers sertlik ölçme cihazında

farklı noktalardan sertlik değerleri elde edilmiştir. Sertlik değerleri Vickers olarak ölçüldüğü için dönüştürme formülü kullanarak HRC sertlik değerleri bulunmuştur. Sonuçlar karşılaştırıldığında her iki malzeme için yaklaşık olarak aynı sertliğin (35.5 HRC) ölçüldüğü anlaşılmıştır. Bulunan ortalama sertlik değerleri standartlarla kıyaslandığında çok yakın olduğu görülmüştür (36-37).

Hazırlanmış olan numuneler üzerinde sertlik testi yapıldıktan sonra aynı parçalar kullanılarak deney malzemelerinin mikro yapıları incelenmiştir. Mikro yapı için dört farklı (20-50-100-200 µm) büyütme ile SEM fotoğrafları çekilerek detaylar analiz edilmiştir. Sonuç olarak numunelerde, malzemelerin kimyasal bileşiminde yer alan elementlerin özellikleri gözlenmiştir. şekil 11.te malzemelerin 200 µm olarak çekilmiş SEM fotoğrafları görülmektedir.



a) DIN 1.2311

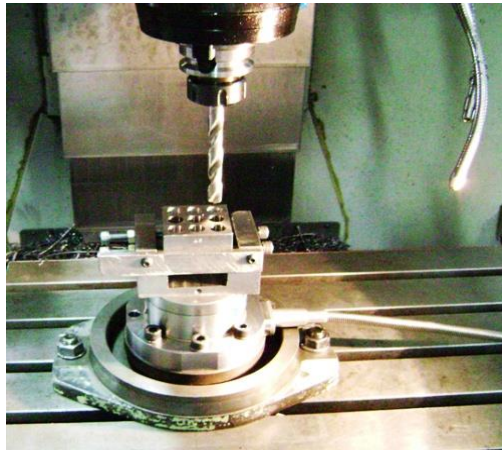


b) DIN.2738

şekil 11. Deney Parçalarının SEM Görüntüleri

1.6.4. Deney Yönteminin Belirlenmesi

Hazırlanan deney numuneleri üzerinde, 9 adet farklı deneyin yapılabilmesine yönelik bir planlama yapılmıştır (şekil 9). Numuneler öncelikle uygun matkap çapları (Ø 8mm) ile delinmiştir (şekil 12.a). Her bir delik için farklı çapta matkapların kullanılmasına çalışılmıştır. Sonrasında ise belirlenen kesme parametreleri kullanılarak delik baralama takımı ile delik büyültme deneyleri yapılmıştır (şekil 12.b). Delikler büyültme takımı ile son ölçüsüne getirilmiştir. Deneyler için CNC Freze tezgahında kullanılmak üzere hem matkapla delik delme ve hem de delik büyültme aparatı için gerekli olan CNC programları ayrı ayrı yazılmıştır. Bu programlar çizelge 3. de gösterilmektedir.



a) Matkapla delme



b) Delik büyültme

şekil 12. Deney Aşamaları

Çizelge 3. Delik Delme ve Delik Büyültme için Gerekli olan CNC Programı

Ø8mm Ön Delik Delme		Ø14 mm Delik Büyültme	
N0010	G56 G90	N0010	G57 G90
N0020	T01	N0020	T01
N0030	G00 X11.5 Y11.5 Z100.	N0030	G00 X0. Y0. Z100.
N0040	S461 M03	N0040	S3683 M03
N0050	M08	N0050	G00 X11.5 Y11.5 Z4.
N0060	G01 Z-3. F41.	N0060	G01 Z-37. F147.
N0070	G00 Z3.	N0070	M30
N0080	G00 Z-2.		
N0090	G01 Z-13.		
N0100	G00 Z3.		
N0110	G00 Z-12.		
N0120	G01 Z-23.		
N0130	G00 Z3.		
N0140	G00 Z-22.		
N0150	G01 Z-33.		
N0160	G00 Z3.		
N0170	G00 Z-32.		
N0180	G00 Z-40.		
N0190	M09		
N0220	M30		

1.6.5. Kesme Parametreleri ve Deney Sayısı

Delik büyültme aparatı ile deneylerin yapılmasında kullanılacak olan kesme parametreleri belirlenmiştir. Çizelge 8’de kaplamasız (DC100) ve kaplamalı (DC100T) Sermet kesici uçlar için belirlene kesme parametreleri yer almaktadır. Deneyler bu parametreler doğrultusunda hem 1.2311 hem de 1.2738 kalıp çelikleri için ayrı ayrı uygulanmıştır (Çizelge 4). Deneyler kuru kesme şartlarında ve soğutma sıvısı kullanılmadan yapılmıştır.

Çizelge 4. Sermet kesici uç için kullanılan kesme parametreleri

DENEY PARAMETRELERİ			PARAMETRE SAYISI
Değişkenler	DIN 1.2311	DIN 1.2738	
Kesme Hızı (V=m/dak)	130 162 203		3
İlerleme (f=mm/dev)	0.04 0.06 0.09		3
Talaş Payı (a=mm)	0.2 0.3 0.5		3
Kesici Uç Radyüsü (R=mm)	0.2 0.4		2
Kesici Uç Tipi	DC100 DC100T		2

Delik büyültme aparatı ile yapılacak olan deneylerde, belirlenen kesme parametrelerinin tümünün kullanılması durumunda, toplam 108 (2 x 3 x 3 x 3 x 2 = 108) adet deney yapılması gerekmektedir. İki tekrarlı yapılması durumunda ise 216 (108 x 2 = 216) olmaktadır. Ancak deney sayısının fazla çıkması sonucu, maliyetler göz önüne alınarak Taguchi yönteminden

yararlanılmış, deney maliyetinin daha ekonomik olması amaçlanmıştır. Taguchi metodu mümkün olan en az deneyle daha objektif veriler etmek için kullanılan bir yöntemdir. Proje çalışması için Taguchi nin L_{36} tasarım metodu kullanılmıştır (Çizelge 5).

Çizelge 5. Tasarlanan Taguchi Modeli

Deney Parametreleri	Kesici tipi	Uç radyüsü (mm)	Kesme hızı (m/dak)	İlerleme (mm/dev)	Talaş payı (mm)
Sayısı	2	2	3	3	3
L_{36} Model					
L ₁	1	1	1	1	1
L ₂	1	1	2	2	2
L ₃	1	1	3	3	3
L ₄	1	1	1	1	1
L ₅	1	1	2	2	2
L ₆	1	1	3	3	3
L ₇	1	1	1	1	2
L ₈	1	1	2	2	3
L ₉	1	1	3	3	1
L ₁₀	1	2	1	1	3
L ₁₁	1	2	2	2	1
L ₁₂	1	2	3	3	2
L ₁₃	1	2	1	2	3
L ₁₄	1	2	2	3	1
L ₁₅	1	2	3	1	2
L ₁₆	1	2	1	2	3
L ₁₇	1	2	2	3	1
L ₁₈	1	2	3	1	2
L ₁₉	2	1	1	2	1
L ₂₀	2	1	2	3	2
L ₂₁	2	1	3	1	3
L ₂₂	2	1	1	2	2
L ₂₃	2	1	2	3	3
L ₂₄	2	1	3	1	1
L ₂₅	2	1	1	3	2
L ₂₆	2	1	2	1	3
L ₂₇	2	1	3	2	1
L ₂₈	2	2	1	3	2
L ₂₉	2	2	2	1	3
L ₃₀	2	2	3	2	1
L ₃₁	2	2	1	3	3
L ₃₂	2	2	2	1	1
L ₃₃	2	2	3	2	2
L ₃₄	2	2	1	3	1
L ₃₅	2	2	2	1	2
L ₃₆	2	2	3	2	3

Taguchi L_{36} sayesinde 216 adet deney sayısı her parça için 36 adete düşürülmüştür. Dolayısıyla toplamda 216 adet deney yerine 72 ($36 \times 2 = 72$) adet deney yapılmıştır. Taguchi L_{36} metodundan alınan parametreler ile daha önce belirlenen kesme parametreleri eşleştirilerek Çizelge 6'daki değerler elde edilmiştir Her iki malzeme için toplam 72 adet deney yapılmıştır. Kesme parametrelerinin belirlenmesinde oransal yerine yüzdesel artış kullanılmıştır. Kesme hızı

değerleri %25 arttırılırken, talaş payı ve ilerleme değerleri %50 arttırılmıştır. Bunun amacı deneyler sonrasında kıyaslama yapılırken daha objektif değerlendirme yapabilmektir.

Çizelge 6. Taguchi L₃₆ için kullanılan kesme parametreleri

Deney No	Kesici Tipi	R (mm)	V (m/dak)	f (mm/dev)	a (mm)	Malzeme
1	DC100	0,2	130	0,04	0,2	DIN 1.2311 ve 1.2738
2	DC100	0,2	162	0,06	0,3	
3	DC100	0,2	203	0,09	0,5	
4	DC100	0,2	130	0,04	0,2	
5	DC100	0,2	162	0,06	0,3	
6	DC100	0,2	203	0,09	0,5	
7	DC100	0,2	130	0,04	0,3	
8	DC100	0,2	162	0,06	0,5	
9	DC100	0,2	203	0,09	0,2	
10	DC100	0,4	130	0,04	0,5	
11	DC100	0,4	162	0,06	0,2	
12	DC100	0,4	203	0,09	0,3	
13	DC100	0,4	130	0,06	0,5	
14	DC100	0,4	162	0,09	0,2	
15	DC100	0,4	203	0,04	0,3	
16	DC100	0,4	130	0,06	0,5	
17	DC100	0,4	162	0,09	0,2	
18	DC100	0,4	203	0,04	0,3	
19	DC100-T	0,2	130	0,06	0,2	
20	DC100-T	0,2	162	0,09	0,3	
21	DC100-T	0,2	203	0,04	0,5	
22	DC100-T	0,2	130	0,06	0,3	
23	DC100-T	0,2	162	0,09	0,5	
24	DC100-T	0,2	203	0,04	0,2	
25	DC100-T	0,2	130	0,09	0,3	
26	DC100-T	0,2	162	0,04	0,5	
27	DC100-T	0,2	203	0,06	0,2	
28	DC100-T	0,4	130	0,09	0,3	
29	DC100-T	0,4	162	0,04	0,5	
30	DC100-T	0,4	203	0,06	0,2	
31	DC100-T	0,4	130	0,09	0,5	
32	DC100-T	0,4	162	0,04	0,2	
33	DC100-T	0,4	203	0,06	0,3	
34	DC100-T	0,4	130	0,09	0,2	
35	DC100-T	0,4	162	0,04	0,3	
36	DC100-T	0,4	203	0,06	0,5	

1.6.6. Deney Setinin Kurulması

Kesme kuvvetlerinin ölçülmesinde kullanılacak olan deney seti, kendi içinde yazılım ve donanım olarak iki ana parçaya ayrılmaktadır. Donanım parçası (Şekil 13) kendi içinde üç parçadan oluşmaktadır. Deneylerde kullanılan deney seti Şekil 13'te gösterilmiştir.



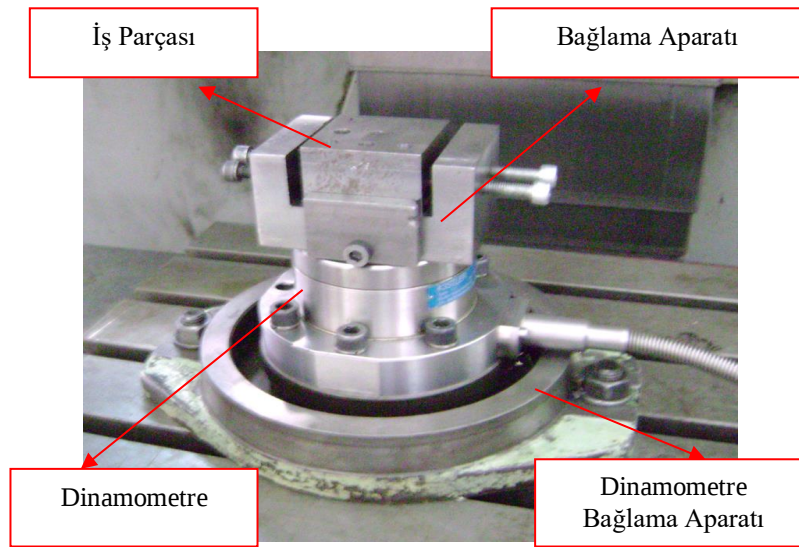
Şekil 13. Deney seti içeriği

Dinamometre olarak dört bileşenli (F_x, F_y, F_z, M_z) Kistlerin 9272 cihazı kullanılmıştır. Kullanılan dinamometre ve teknik bilgileri Çizelge 7’de verilmiştir.

Çizelge 7. Deneylerde kullanılan dinamometre ve teknik özellikleri

Kistler 9272	Teknik Özellikleri			
	Ölçüm aralığı	F_x, F_y	kN	$-5 \dots 5^{1)}$
		F_z	kN	$-5 \dots 20^{2)}$
		M_z	N.m	$-200 \dots 200$
	Kalibreli ölçüm Aralığı	F_x, F_y	kN	$0 \dots 5$
		F_z	kN	$1 \dots 20$
		M_z	N.m	$0 \dots 200$ $1 \dots -200$
	Aşırı yük	F_x, F_y	kN	$-6/6$
		F_z	kN	$-6/24$
		M_z	N.m	$-240/240$

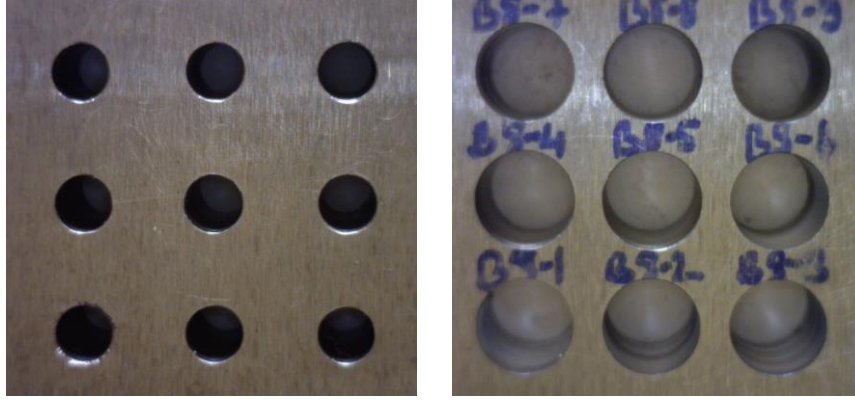
Delik büyültme aparatı ile deneylerin yapılması sırasında hazırlanan iş parçalarının rijit olarak bağlanması için bir bağlama kalıbı tasarlanarak imalatı yapılmıştır (Şekil 14).



Şekil 14. İş parçasının imal edilmiş bağlama kalıbı ile bağlanması

1.6.7. Deneylerin Yapılması

Deney parçaları öncelikle Ø 8mm matkap ucu ile delinmiştir. Sonrasında Ø13mm matkap ucu ile genişletilmiş ve en son ilgili deney parametresindeki talaş payına uygun olan matkap ucu (Ø13.2, Ø13.4 ve Ø13.0) ile delinmiştir. Daha sonra son işlem olarak yüksek kesme hızlarında delik büyültme adaptörü ile son ölçü olan Ø 14mm ölçüsüne taşlama kalitesinde işlenmiştir. Şekil 15. da işlenmiş olan deney parçalarının ön delik ve son işleme resimleri gösterilmektedir.



a) Matkapla ön delik delme b) Baralama yapılan delikler

Şekil 15. Deney öncesi sonrasında iş parçasının işleme görüntüleri

Proje Yönetimi

Projenin yapılmasında ve yürütülmesinde başta iki kişi görev almıştır.

Yürütücü: Yrd.Doç.Dr. Yunus KAYIR

Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü
06500 Teknikokullar / ANKARA

Araştırmacı: Mehmet SÜZGÜNOL

Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Fen Bilimleri Enstitüsü
06500 Teknikokullar / ANKARA

Çalışmalar, ilk başta projede önerilen plana göre (Çizelge 6) yürütülmüştür.

Çizelge 8. Proje çalışma planı

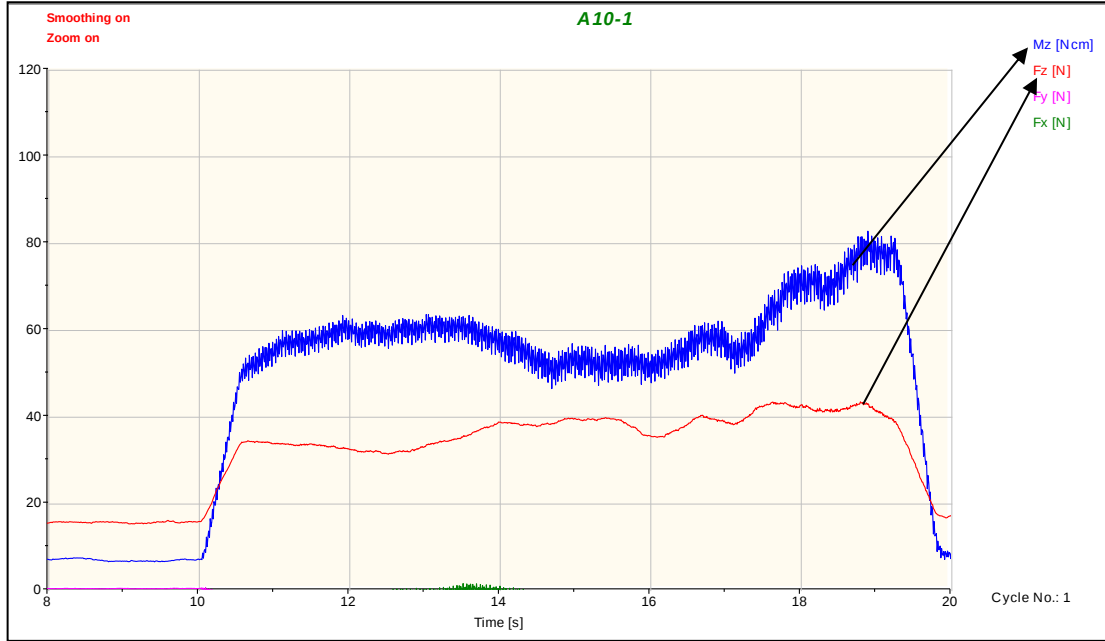
ÇALIŞMA PLANI			
1. Aşama (0-2 ay)	2. Aşama (2-6 ay)	3. Aşama (7-12) Ay	4. Aşama (13-18) Ay
Temel teknolojik bilgilerin yazılı hale getirilmesi	Deney materyallerinin alınması (DIN 1.2311 ve 1.2738 deney malzemesi, kesici takımlar ve takım tutucuların alınması)	Deney düzeneğinin kurulması (Kesme kuvveti ölçüm deneyi düzeneğinin kurulması, takım aşınması deney düzeneğinin kurulması)	Deney verilerinin değerlendirilmesi, tartışılarak yorumlanması, gerekli tablo, şema ve grafikler çıkarılarak yazılı hale getirilmesi
Literatür çalışmalarının incelenerek yazılı hale getirilmesi.	Deneyde kullanılacak olan aparatların yapılması, deney ürün kimlik kartlarının oluşturulması, kullanılacak tezgahların bakım ve onarımlarının yapılması	CNC freze tezgahında DIN 1.2311 ve 1.2738 plastik kalıp çeliği kullanılarak delik büyültme aparatı yardımıyla deneylerin yapılması (Kesme kuvvetleri, takım aşınmaları, yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirilmesi)	Deney verilerinin düzenlenmesi ve çizelge, grafikler ile yorumlanmaya hazır hale getirilmesi. Elde edilen verilerin yorumlanarak kıyaslanması
	I. Raporun Yazılması	II. Raporun Yazılması	Kesin Raporun Yazılması

Fakat, Yüksek Lisan öğrencisi Tezin son döneminde kayıt yaptırmamış ve projenin son aşamasındaki çalışmalara da katılamamıştır. Bu sebeple, projenin sonuçlandırılması ve kesin raporunun yazılması yürütücüsü tarafından gerçekleştirilmiştir. Dolayısı ile proje kesin raporunun yazılmasında bir gecikme söz konusu olmuştur.

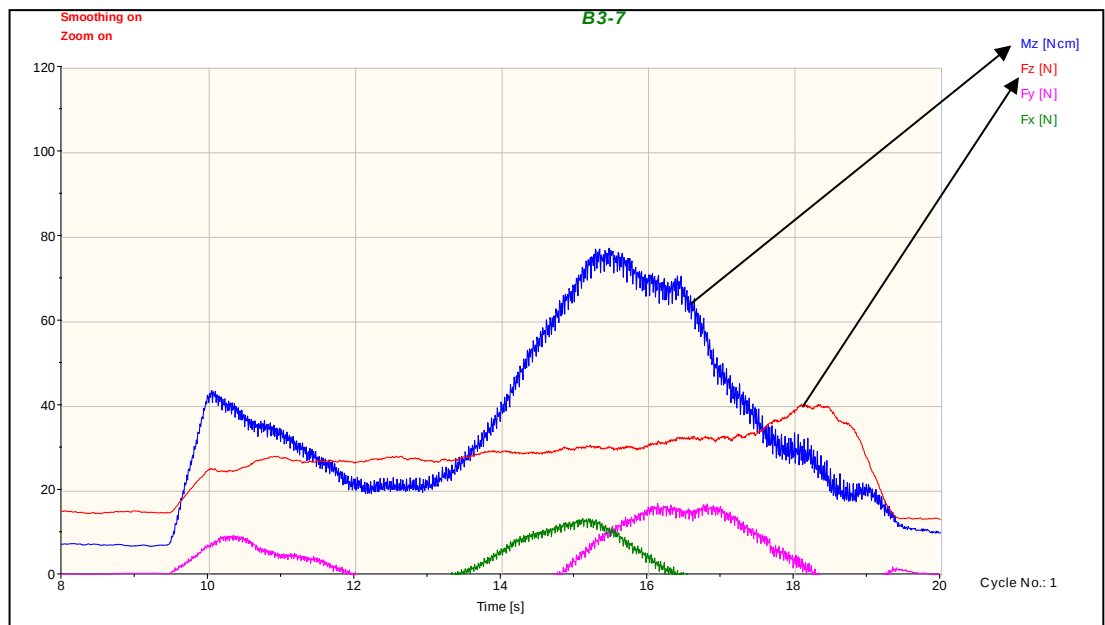
Projenin Sonuçları/Bulguları

1.6.8. Ölçülen Kesme Kuvvetleri ve Moment (F_x , F_y , F_z ve M_z)

Deneyler sırasında oluşan kuvvetler (F_x , F_y ve F_z) ve moment (M_z), dinamometre ile ölçülmüştür. Ölçülen kuvvetler dinamometrenin kendisine ait olan bir program ile kayıt altına alınmıştır. Kullanılan Dynoware programı ile birim zamanda ölçülen kuvvetler ve moment için grafikler çıkarılmıştır (Şekil16 ve 17’de ölçülen kesme kuvvetlerine ve momente ait grafikler verilmiştir). Bununla birlikte, elde edilen bu grafikler üzerinden her bir delik büyütme (baralama) deney için harcanan işleme zamanına bağlı olarak ortalama (mean) değerler hesaplatılmıştır. Hesaplanan değerler, Çizelge 7’de verilmiştir.



Şekil 16. DIN 1.2311 Kalıp çeliğinin; V: 162 m/dak, f: 0.06 mm/dev ve ap: 0.2 mm ile baralanması sırasında elde edilen kesme kuvvetleri



Şekil 17. DIN 1.2738 Kalıp çeliğinin; V: 162 m/dak, f: 0.06 mm/dev ve ap: 0.2 mm ile baralanması sırasında elde edilen kesme kuvvetleri

Delik büyültme deneylerinde ölçülen kesme kuvvetleri incelendiğinde (Çizelge 7), Fz'nin diğer kuvvetlerden (Fx ve Fy) daha büyük olduğu görülmektedir. Bu nedenle, deney sonuçlarının yorumlanmasında en büyük kuvvet (Fz) ve moment (Mz) değerleri dikkate alınmıştır.

Çizelge 7. Deneylerde Oluşan Kuvvet ve Moment Değerleri

DIN 1.2311					DIN 1.2738				
Deney No	Mz (Ncm)	Fz (N)	Fy (N)	Fx (N)	Deney No	Mz (Ncm)	Fz (N)	Fy (N)	Fx (N)
L1	90,37	15,76	20,03	38,71	L1	20,34	30,1	3,02	-8,19
L2	39,63	40,24	1	-7,39	L2	68,04	48,52	-7,05	-0,76
L3	137,87	57,55	-16,43	5,64	L3	114,57	59,32	-27,14	3,84
L4	42,56	48,82	0,1	-1,85	L4	23,99	24,97	-0,22	-10,07
L5	46,09	40,94	0,24	-9,92	L5	64,13	51,86	-5,66	-1,83
L6	45,82	48,27	7,73	5,52	L6	98,13	60,84	-23,06	3,73
L7	74,34	54,25	2,36	-12,13	L7	40,68	43,53	-2,62	-3,77
L8	36,12	48,85	-0,18	6,14	L8	80,95	63,9	-17,3	-3,43
L9	58,61	40,04	-1,87	-7,73	L9	42,94	27	2,77	-12,48
L10	69,38	66,06	1,7	-8,05	L10	43,37	69,47	-1,17	-13,18
L11	58,11	36,9	-5,31	-3,14	L11	42,48	29,31	3,06	-1,61
L12	82,21	38,38	1,2	8,11	L12	57,84	45,18	5,29	-3,2
L13	99,1	75,77	-2,24	3,09	L13	68,01	67,24	-2,42	-18,78
L14	54,12	32,95	-2,23	-3,94	L14	57,65	32,12	8,98	-2,88
L15	46,55	42,25	2,42	0,5	L15	52,95	42,1	3,03	-9,72
L16	77,64	61,54	1,63	-7,33	L16	84,02	58,49	-6,62	-18,08
L17	62,31	30,7	-1,42	-10,36	L17	55,39	30,96	15,12	3,002
L18	51,18	44,46	2,99	-4	L18	58,29	34,81	3,36	4,87
L19	23,57	37,73	1,42	-11,08	L19	32,45	32,48	-0,54	-4,81
L20	58,06	48,22	3,59	-4,26	L20	67,18	46,56	-3,12	1,32
L21	74,9	46,77	0,42	11,79	L21	73,49	62,85	-8,48	7,86
L22	46,84	43,71	2,06	-6,9	L22	39,07	39,05	1,13	-1,49
L23	80,22	60,89	1,57	7,56	L23	52,64	59,42	-21,14	6,41
L24	27,1	33,43	1,31	-7,54	L24	20,49	24,19	0,95	-0,51
L25	64,89	51,03	4,67	-6,71	L25	62,38	49,83	-2,1	-5,56
L26	47,35	72,37	6,79	4,78	L26	77,19	74,05	-13,96	-10,11
L27	40,69	35,68	1,31	-7,57	L27	38,15	26,93	5,35	-5,55
L28	89,01	41,38	-5,88	-0,25	L28	81,72	46,28	13,98	-0,33
L29	67,24	66,53	-0,18	-2,76	L29	89,17	55,84	-14,92	-4,74
L30	51,96	27,91	-8,11	2,28	L30	36,59	34,69	-8,002	-2,75
L31	83,84	59,43	-4,78	8,02	L31	169,68	73,13	-28,1	4,19
L32	32,43	27,52	-1,64	-0,81	L32	34,17	33,6	0,17	-4,62
L33	61,15	45,06	-4,01	-4,81	L33	69,36	61,55	2,36	-6,36
L34	38,53	29,51	3,53	-2,25	L34	43,73	26,08	-1,06	-1,74
L35	51,02	45,15	1,69	-8,58	L35	55,37	41,28	-6,9	-5,19
L36	71,3	58,56	0,71	-4,43	L36	121,92	64,62	-20,34	-2,7

1.6.9. Ölçülen Yüzey Pürüzlülük Değerleri

Yapılan delik büyültme deneylerinin ardından elde edilen delikler üzerinde (Şekil 18a) yüzey pürüzlülüğü ölçümleri yapılmıştır. Delik iç yüzeylerinin pürüzlülük değerleri, taşınabilir bir cihaz ile ölçülmüştür (Şekil 18.b). Yüzey pürüzlülüğü için cihaz, 0,8x5 (cut of length) ile ayarlanmıştır. Ayarlanan ölçüm aralığı içinde ortalama değer sonuçları (Ra) kullanılmıştır. Deney parçaları üzerinde Ra ölçümleri iki farklı şekilde yapılmıştır. Ölçümler delik girişi ve delik çıkışından başlayarak delik içine doğru yapılmıştır. Ölçümler, hemen delik girişi ve delik çıkışından başlatılmamıştır. Yaklaşık delik girişi ve delik çıkışından yaklaşık 3 mm içeriden başlatılmıştır. Burada amaç delik büyültme işleminin ilk başladığı (delik girişi) anda ve son

bittiği (delik çıkışı) anda meydana gelen olumsuzluklardan kurtulmaktır). Böylelikle de her bir delik için iki adet değer (Ra_1 ve Ra_2) elde edilmiştir. Daha sonra ölçülen iki değer ortalama alınarak Ra ortalama yüzey pürüzlülük değeri (Ra_{ort}) elde edilmiştir. Çizelge 8’de oluşturulan yüzey pürüzlülük değerleri tablosu görülmektedir.



a) Elde edilen delikler



b) Yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi

Şekil 18. Deneylerden elde edilen delikler üzerinde yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi

Çizelge 8. Deneyler sonrası elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerleri

DIN 1.2311				DIN 1.2738			
DeneyNo	Ra_1	Ra_2	Ra_{ort}	DeneyNo	Ra_1	Ra_2	Ra_{ort}
L1	0,63	0,78	0,71	L1	0,43	0,59	0,51
L2	0,99	0,98	0,99	L2	0,66	0,71	0,69
L3	1,89	1,66	1,78	L3	1,68	1,49	1,59
L4	0,79	0,72	0,76	L4	0,42	0,69	0,56
L5	0,94	0,99	0,97	L5	0,77	0,86	0,82
L6	1,86	1,89	1,88	L6	1,58	1,47	1,53
L7	0,7	0,78	0,74	L7	0,44	0,42	0,43
L8	1,04	1,02	1,03	L8	0,73	0,83	0,78
L9	1,59	1,32	1,46	L9	1,52	1,53	1,53
L10	0,7	0,77	0,74	L10	0,95	0,77	0,86
L11	0,61	0,73	0,67	L11	0,51	0,45	0,48
L12	1,02	0,79	0,91	L12	1,02	1,06	1,04
L13	0,92	0,93	0,93	L13	0,53	0,48	0,51
L14	0,92	0,94	0,93	L14	0,93	0,95	0,94
L15	1,81	0,96	1,39	L15	0,91	1,47	1,19
L16	0,98	1,05	1,02	L16	0,58	0,57	0,58
L17	0,99	1,09	1,04	L17	0,87	0,81	0,84
L18	1,05	1,26	1,16	L18	1,82	0,58	1,20
L19	0,88	0,84	0,86	L19	0,93	0,78	0,86
L20	1,63	1,6	1,62	L20	1,64	1,61	1,63
L21	0,89	0,87	0,88	L21	1,27	1,55	1,41
L22	0,89	0,9	0,90	L22	0,73	0,77	0,75
L23	1,87	1,46	1,67	L23	1,94	1,83	1,89
L24	0,56	0,5	0,53	L24	2,12	1,85	1,99
L25	1,72	1,59	1,66	L25	1,55	1,62	1,59
L26	0,59	0,86	0,73	L26	1,93	1,89	1,91
L27	0,89	0,83	0,86	L27	0,68	0,64	0,66
L28	1,02	1,08	1,05	L28	0,8	0,74	0,77
L29	1,12	1,15	1,14	L29	0,4	1,49	0,95
L30	1,02	0,66	0,84	L30	2,36	1,15	1,76
L31	1,13	1,36	1,25	L31	1,03	1	1,02
L32	1,65	0,54	1,10	L32	2,16	1,84	2,00
L33	0,64	1,04	0,84	L33	1,12	1,49	1,31
L34	0,87	0,87	0,87	L34	0,86	0,72	0,79
L35	1,05	1,21	1,13	L35	0,52	0,63	0,58
L36	0,73	0,78	0,76	L36	0,53	1,34	0,94

1.6.10. Delik Büyültme Sırasında Çıkan Talaşlar

Deneylerde kullanılan farklı kesme parametrelerinden dolayı delik büyültme sırasında farklı tipte talaşlar oluşmuştur. Her parametrede talaş örneği (Şekil 19 ve 20) alınmıştır.



Şekil 19. DIN 1.2311 Kalıp çeliğinin; V: 162 m/dak, f: 0.06 mm/dev ve ap: 0.2 mm ile baralanması sırasında elde edilen kesme kuvvetleri



Şekil 20. DIN 1.2738 Kalıp çeliğinin; V: 162 m/dak, f: 0.06 mm/dev ve ap: 0.2 mm ile baralanması sırasında elde edilen kesme kuvvetleri

1.7. Deneysel Verilerin Analiz Edilmesi

Deneylerin yapılmasında L_{36} Taguchi modeli kullanıldığından elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde Taguchi analizleri yapılmıştır. Bununla birlikte, deney parametrelerinin deney sonuçlarına olan etkisinin (%) belirlenmesinde de ANOVA analizlerinden faydalanılmıştır. Proje kapsamında Taguchi ve ANOVA analizleri Minitab programı kullanılarak yapılmıştır.

Elde edilen kesme kuvvetleri incelendiğinde (çizelge 7) Fz kuvveti karşısında Fy ve Fx kuvvetleri çok düşük kalmıştır. Çizelge 9’da kesme kuvvetlerine ait ortalamalar verildiğinde bu durum daha açık şekilde ortaya çıkmaktadır. Böylelikle de delik büyültme operasyonlarında elde edilen kesme kuvvetlerinden (Fx, Fy ve Fz) en etkili kuvvetin Fz olduğu görülmektedir. Bu durum literatüre uygundur. Dolayısı ile Taguchi ve ANOVA analizleri, kesme kuvvetlerinden Fz, Mz ve Ra sonuçlarına yönelik yapılmıştır.

Çizelge 9. Elde edilen kuvvetleri ve Moment değerlerinin ortalamaları (Mean)

DIN 1.2311				DIN 1.2738			
Mz	Fz	Fy	Fx	Mz	Fz	Fy	Fx
60,6142	45,9614	0,449722	-1,15694	62,1811	46,4486	-4,25978	-3,58939

1.7.1 TAGUCHI Analizi

Genelde işlenebilirlik deneylerinde, deney parametrelerinin (ilerleme, kesme hızı, kesici tipi, kesici uç yarıçapı, talaş derinliği), deney sonuçlarına (kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü) olan etkisinde, en düşük kesme kuvvetlerinin (Fz, Fy ve Fx), en düşük moment (Mz) ve en düşük yüzey pürüzlülüğünün elde ediliyor olması çok önemlidir. Çünkü, talaş kaldırılarak yapılan işlenebilirlik deneylerinde genelde yüksek kesme kuvvetlerine bağlı olarak, kesici kırılmalarının ve kesici aşınmaların arttığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte de işlenen yüzeyin yüzey kalitesinin bozulduğu, parça geometrisinin kötü yönde etkilendiği görülmüştür.

Talaş kaldırılarak yapılan bu işlenebilirlik çalışmasında da, kesme kuvvetlerinin ve delik yüzey pürüzlülüğünün düşük olması oldukça önemlidir. Çünkü, imalat sanayisinde delik büyültme operasyonları, yüksek devirlerde yapılan oldukça hassas işlemlerdendir. Delik büyültme işlemi, delik ölçü tamlığının, delik eksenli dikliğinin, delik yuvarlaklığının elde edildiği son işlem (finish) gibi kullanılmaktadır. Genelde delik büyültme işlemleri için bırakılan talaş derinliği (0.1-0.5 mm) oldukça azdır. Dolayısı ile yüksek devirlerde oluşacak ve yüksek kesme kuvvetleri, deliğin işlenmesinde istenmeyen problemleri beraberinde getirmektedir. Bununla birlikte yüze pürüzlülüğünün (Ra) düşük değerlerde olması, elde edilen delik içi yüzey kalitesini göstermektedir. Düşük yüzey pürüzlülüğü, yüksek yüzey kalitesi demektir.

Bu gibi etkenleri göz önünde bulundurarak deney sonuçları için, Taguchi analizleri, “en düşük iyidir” (Smaller is beter) yaklaşımına göre yapılmıştır. Yapılan analizlerde “Smaller is beter” için eşitlik 1 kullanılmaktadır.

$$S/N = -10 \cdot \log(S(Y^2)/n) \quad (1)$$

Taguchi analizleri deneylerde kullanılan iki farklı malzeme grubuna göre (DIN 1.2311 ve DIN 1.2738) ayrı ayrı yapılmıştır.

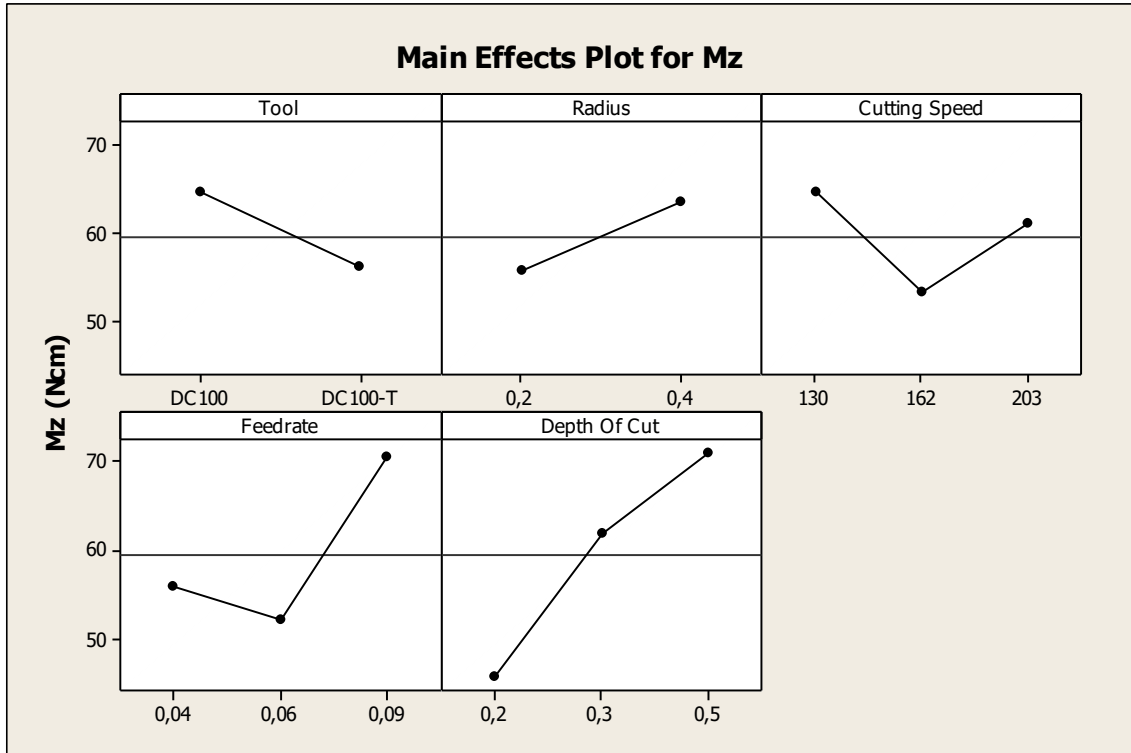
1. DIN 1.2311 Malzemesi

DIN 1.2311 malzemeye yönelik yapılan delik büyültme deneyleri 5 farklı girdi parametresi kullanılarak yapılmış olup 3 farklı çıktı parametresi elde edilmiştir. Taguchi L_{36} modeline göre yapılan deneylerde kullanılan parametreler: Kesme hızı (Cutting Speed), kesici (Tool), kesici uç yarıçapı (Radius), ilerleme (Feedrate) ve talaş derinliği (Depth of Cut) için deney sonuçları: Moment (Mz), kesme kuvveti (Fz) ve yüze pürüzlülüğü (Ra) tek tek irdelenmiştir.

Elde edilen Mz etki grafiğinde (Şekil 21) Delik büyültme işlemi sırasında kesici üzerinde momentin meydana gelmesinde genel olarak tüm girdi parametrelerinin etkili olduğu görülmektedir. Çünkü tüm grafiklerde bir değişim vardır.

Değişim, ortalama çizgisinin (60 Ncm) altında ve üstünde gerçekleşmektedir. Değişimin ortalama çizgisinin altına seyretmesi, Mz' momentini azaltan etkiyi, üstünde seyretmesi ise Mz momentini artıran etkiyi ifade etmektedir.

Kesici kırılmaları, işlenen delik geometrisinin ölçü tamlığının bozulması gibi etkileri olan momentin düşürülmesinde: Kaplamalı (DC100-T) ve uç yarıçapı küçük ($R=0.2$ mm) olan bir kesicinin, ortalama bir kesme hızında ($V=162$ m/dak), ortalama bir ilerleme (0.06 mm/dev) ve düşük talaş derinliğinde (0.2 mm) kullanılması gerektiği ortaya çıkmaktadır.



Şekil 21. Mz için en etkili deney parametrelerin belirlenmesine yönelik elde edilen grafik.

Mz için en etkili parametreler, Taguchi analiz değerlerinden oluşan tabloda da (Çizelge 10) verilmiştir. “Rank” satırında, Mz için en etkili parametreler sıralanmaktadır. “Rank” değerleri, parametrelerin etki sıralamasını 1’den başlayarak vermektedir. “Rank” değerleri etkinin büyükten küçüğe doğru olan sıralamasıdır. Diğer bir deyişle “Rank =1”, Ra için en etkili birinci parametreyi ifade etmektedir. “Rank” sıralaması, Çizelgede bulunan “Delta” değerleri ile belirlenmektedir. “Delta” değerlerinin büyükten küçüğe doğru sıralanması ile “Rank” değerleri elde edilmektedir.

Kullanılan parametrelerin seviyeleri (Level) incelendiğinde ise, şekil 21’de verilen etki grafiğinde olduğu gibi Mz’deki artışa sebep olan seviyeler değerce en büyük olanlardır.

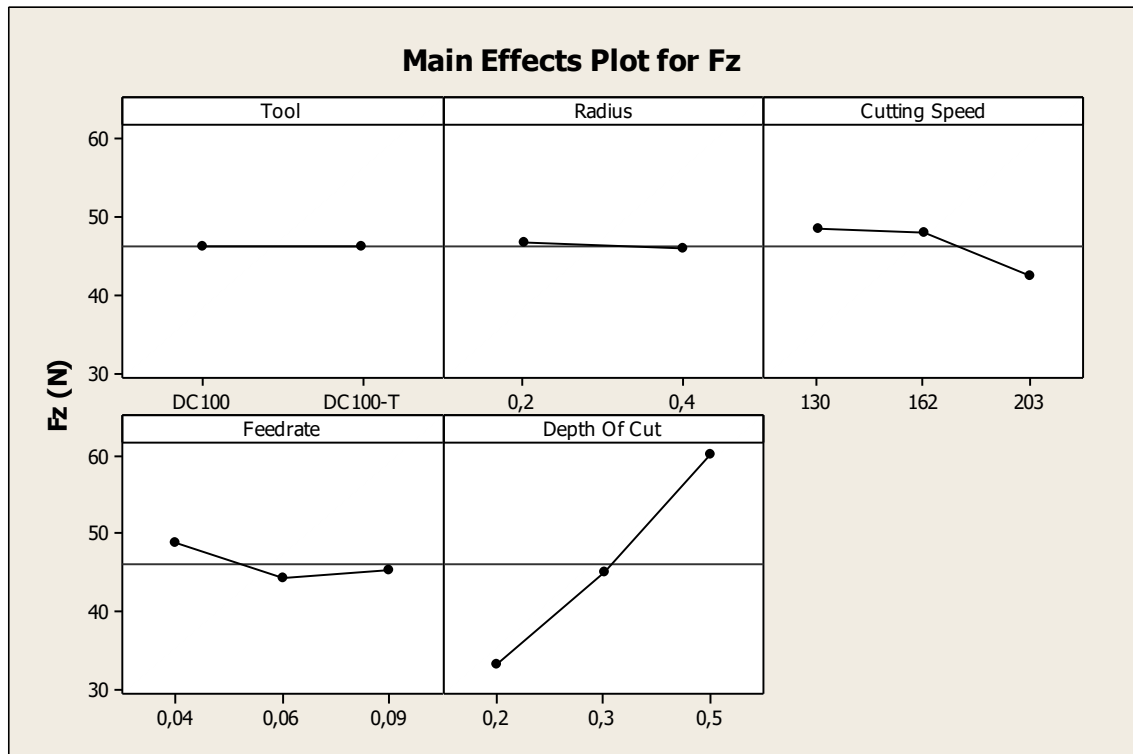
Çizelge 10’da. Mz için “Rank” sıralamasına göre, en etkili parametrelerin sırası ile talaş derinliği (Dept of Cut), ilerleme (Feedrate), kesme hızı (Cutting Speed) şeklinde olduğu görülmektedir. En etkili parametre olan “Dept of Cut”ın “Delta” değeri 25.49 olup diğerlerinden daha büyüktür.

En etkili parametrelerin Mz’deki artışa sebep olan seviyeleri ise değerce en büyük olanlardır. (Çizelgede bu değerlerin olduğu satırlar boyanmıştır). Bu seviyeler, şekil 21’de verilen etki grafiğinde de görülmektedir.

Çizelge 10. Mz için elde edilen Taguchi analizi değerleri

Level	Tool	Radius	Cutting Speed	Feedrate	Depth Of Cut
1	64,62	55,59	64,52	55,91	45,57
2	56,12	63,44	53,16	52,10	61,92
3			60,86	70,54	71,06
Delta	8,50	7,85	11,36	18,45	25,49
Rank	4	5	3	2	1

Şekil 22’de verilen Fz etki grafiğinde, kesici tipinin (DC100 ve DC100-T) ve kesici uç yarı çapının (R = 0.2 mm ve 0.4 mm) etkili olmadığı görülmektedir (grafikte artış yoktur). Dolayısı ile Fz’e kuvveti üzerinde en etkili parametreler, “Cutting Speed”, “Feedrate” ve “Depth of Cut” olduğu söylenebilir. Bu parametrelerin grafik seyrine göre, DIN 1.2311 kalıp malzemesi üzerinde yapılacak olan delik büyültme işlemlerinde Fz kuvvetinin düşürülmesinde, kesme hızının (V= 203 m/dak) ve ilerlemenin artırılması (f = 0.09 mm/dev), talaş derinliğinin düşürülmesi (0.2 mm) gerektiği anlaşılmaktadır.



Şekil 22. Fz için en etkili deney parametrelerinin belirlenmesine yönelik elde edilen grafik.

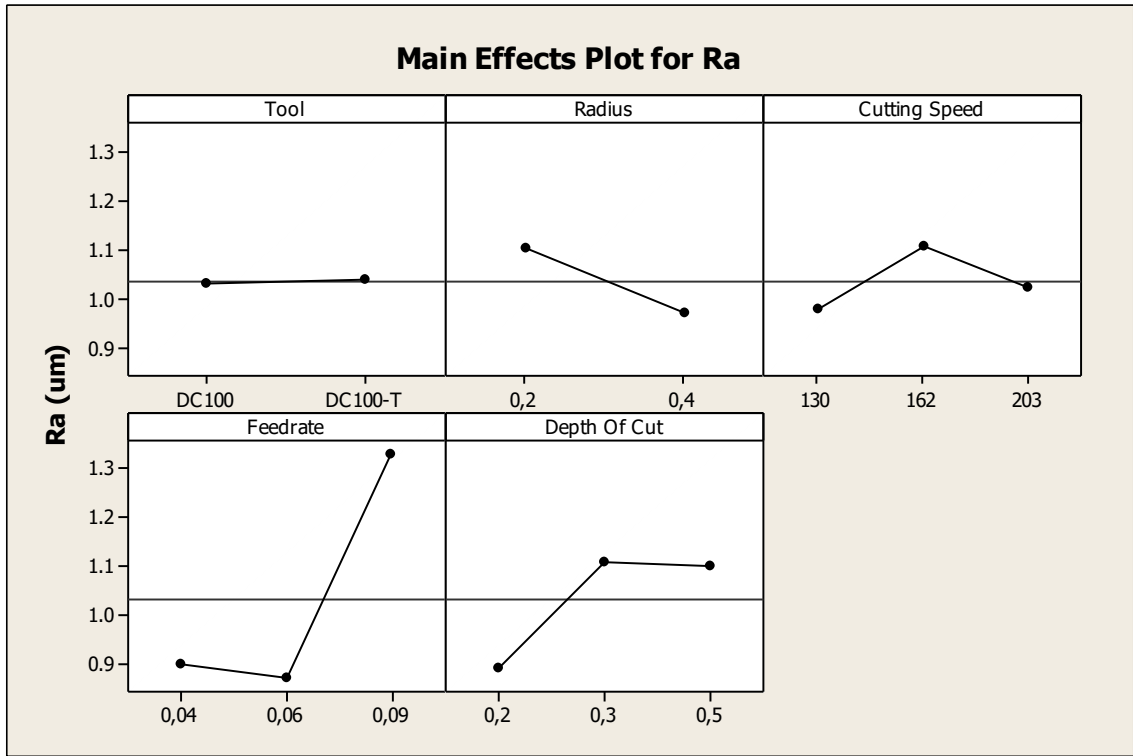
Fz için en etkili parametreler, Taguchi analiz değerlerinden oluşan tabloda da (Çizelge 11) verilmiştir. Çizelge 11’de “Rank” satırında, Fz için en etkili parametrenin talaş derinliği (Dept of Cut) olduğu görülmektedir. En etkili parametre olan Dept of Cut’ın “Delta” değeri 26.82 olup

diğerlerinden daha büyüktür. Etkili parametrelerin seviyelerine bakıldığında en büyük değere sahip seviyelerin, Fz kuvvetinde artışa sebep olduğu anlaşılmaktadır. (Çizelgede bu değerlerin olduğu satırlar boyanmıştır).

Çizelge 11. Fz için elde edilen Taguchi analizi değerleri

Level	Tool	Radius	Cutting Speed	Feedrate	Depth Of Cut
1	46,18	46,58	48,40	48,77	33,28
2	46,16	45,75	47,88	44,36	45,11
3			42,21	45,36	60,10
Delta	0,02	0,84	6,19	4,41	26,82
Rank	5	4	2	3	1

DIN 1.2311 malzemesinin işlenmesinde elde edilen Ra sonuçları yapılan Taguchi analizi grafiğinde (Şekil 23) ise, kesici tipinin (DC100 ve DC100-T) etkili olmadığı görülmektedir. Ra değerinin düşürülmesinde, kesici uç yarıçapı büyük ($R = 0.4$ mm) olan bir kesicinin kullanılması, kesme hızının (Cutting Speed) yüksek tutulması ($V = 203$ m/dak), ilerlemenin düşük tutulması ($F = 0.06$ mm/dev) ve talaş payının az olması gerektiği ortaya çıkmaktadır.



Şekil 23. Ra için en etkili deney parametrelerinin belirlenmesine yönelik elde edilen grafik.

Ra için etkili parametrelerin etki sıralaması, Çizelge 12’de verilmiştir. Çizelgede verilen Taguchi analiz sonuçlarında, Ra için en etkili parametrenin “Feedrate” olduğu görülmektedir. Etkili olan parametrelerin Ra üzerinde artışa sebep olan seviyeleri ise çizelge üzerinde boyanmıştır.

Çizelge 12. Ra için elde edilen Taguchi analizi değerleri

Level	Tool	Radius	Cutting Speed	Feedrate	Depth Of Cut
1	1,03	1,10	0,98	0,90	0,89
2	1,04	0,97	1,11	0,87	1,11
3			1,02	1,33	1,10
Delta	0,01	0,13	0,13	0,46	0,22
Rank	5	3	4	1	2

Deneylerde kullanılan girdi parametrelerinin (kesici, kesici uç yarıçapı, ilerleme, kesme hızı, vb.) elde edilen Mz, Fz ve Ra deney sonuçları üzerinde etkili olanlarının belirlenmesine yönelik yapılan Taguchi analizlerinin ardından bu etkinin % oranlarının çıkarılması için de ANOVA analizlerinin yapılması gerekmiştir.

Çizelge 13’de verilen Mz % etki oranlarında, talaş derinliğinin (Depth of Cut) etki oranının % 29.2, ilerlemenin (Feedrate) ise %13.16 olduğu görülmektedir (Çizelgede bu değerlerin olduğu satırlar boyanmıştır). Mz için en etkili olan “Depth of Cut” ve “Feedrate” parametrelerin etki oranları toplamı %42.6 olmaktadır. Diğer bir deyişle, yapılan deneylerde elde edilen Mz için kullanılan kesme parametrelerinden sadece “Feedrate” ve “Depth Of Cut” etkisi toplamda %42.6 olduğu söylenebilir.

Çizelge 13. Mz için ANOVA Analizi

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	%
Tool	1	685,2	685,2	685,2	1,15	0,294	2,27
Radius	1	90,2	90,3	90,3	0,15	0,701	0,30
Cutting Speed	2	485,5	485,5	242,7	0,41	0,670	1,61
Feedrate	2	3975,2	3975,2	1987,6	3,32	0,051	13,16
Depth Of Cut	2	8821,3	8821,3	4410,6	7,37	0,003	29,20
Error	27	16148,1	16148,1	598,1			53,46
Total	35	30205,6					100,00

$$S = 24,4557 \quad R\text{-Sq} = 46,54\% \quad R\text{-Sq(adj)} = 30,70\%$$

Fz için Çizelge 14’te elde edilen ANOVA analiz değerleri incelendiğinde, en etkili parametrenin % 55.93 ile “Depth of Cut” olduğu görülmektedir (Çizelgede bu değerlerin olduğu satırlar boyanmıştır). İkinci en etkili parametrenin ise %9.51 ile “Cutting Speed” olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu iki parametrenin birlikte etkisi toplamda %65.44 olmaktadır.

Çizelge 14. Fz için ANOVA Analizi

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	%
Tool	1	549,7	549,70	549,7	2,37	0,135	2,30
Radius	1	727,3	727,30	727,3	3,14	0,088	3,04
Cutting Speed	2	2274	2274,00	1137	4,9	0,015	9,51
Feedrate	2	719,9	719,90	360	1,55	0,23	3,01
Depth Of Cut	2	13367,6	13367,60	6683,8	28,81	0	55,93
Error	27	6263	6263,00	232			26,20
Total	35	23901,5					100,00

$$S = 15,2304 \quad R\text{-Sq} = 73,80\% \quad R\text{-Sq(adj)} = 66,03\%$$

Çizelge 15’te Ra için oluşturulan ANOVA analizleri sonuçlarına göre; etkili parametrelerin, “Feedrate” ve “Depth of Cut” olduğu görülmektedir (Çizelgede bu değerlerin olduğu satırlar boyanmıştır). “Feedrate” etkisi %39.30 ve “Depth of Cut” etkisi ise %12.48 olarak elde edilmiştir. İki parametrenin etki toplamı ise %51.78’dir.

Çizelge 15. Ra için ANOVA Analizi

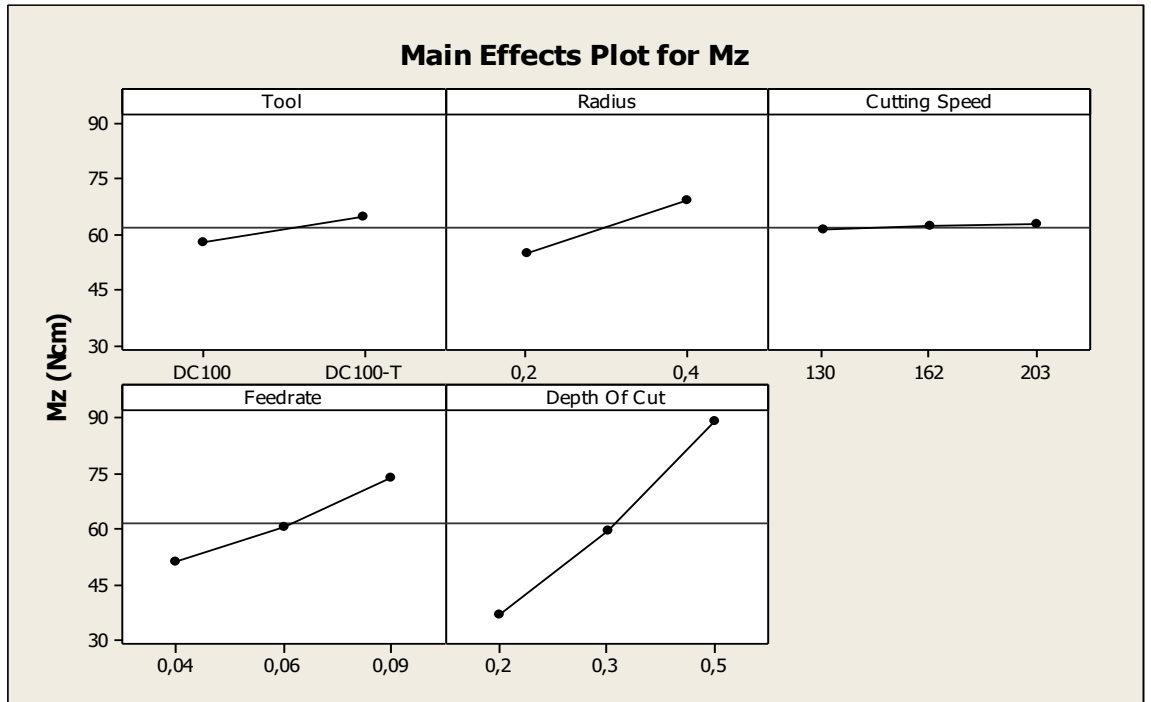
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	%
Tool	1	0,00	0,00	0,00	0,08	0,78	0,12
Radius	1	0,14	0,14	0,14	2,39	0,13	3,59
Cutting Speed	2	0,16	0,16	0,08	1,32	0,28	3,97
Feedrate	2	1,55	1,55	0,78	13,09	0,00	39,30
Depth Of Cut	2	0,49	0,49	0,25	4,16	0,03	12,48
Error	27	1,60	1,60	0,06			40,53
Total	35	3,95					100,00

S = 0,243600 R-Sq = 59,47% R-Sq(adj) = 47,46%

2. DIN 1.2738 Malzemesi

DIN 1.2738 malzemeye yönelik yapılan delik büyültme deneyleri, DIN 1.2311 malzemesine uygulandığı şekilde yapılmıştır. Taguchi L₃₆ modeline göre: Kesme hızı (Cutting Speed), kesici (Tool), kesici uç yarıçapı (Radius), ilerleme (Feedrate) ve talaş derinliğinin (Depth of Cut), Moment (Mz), kesme kuvveti (Fz) ve yüze pürüzlülüğü (Ra) üzerindeki etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

DIN 1.2738 malzemesi üzerinde yapılan delik büyültme işlemi sırasında, elde edilen Mz etki grafiği (Şekil 24) incelendiğinde kesici üzerinde moment oluşumunda genel olarak tüm girdi parametrelerinin etkili olduğu söylenebilir. Sadece “Cutting Speed” parametresinin etkisinin çok az olduğu görülmektedir. Bununla birlikte momentin düşürülmesinde ise: kaplamasız (DC100) ve uç yarıçapı küçük (R= 0.2 mm) olan bir kesicinin, herhangi bir kesme hızında, en düşük ilerleme (0.04 mm/dev) ve en düşük talaş derinliğinde (0.2 mm) kullanılması gerektiği anlaşılmaktadır.



Şekil 24. Mz üzerinde etkili olan deney parametreleri etki grafiği

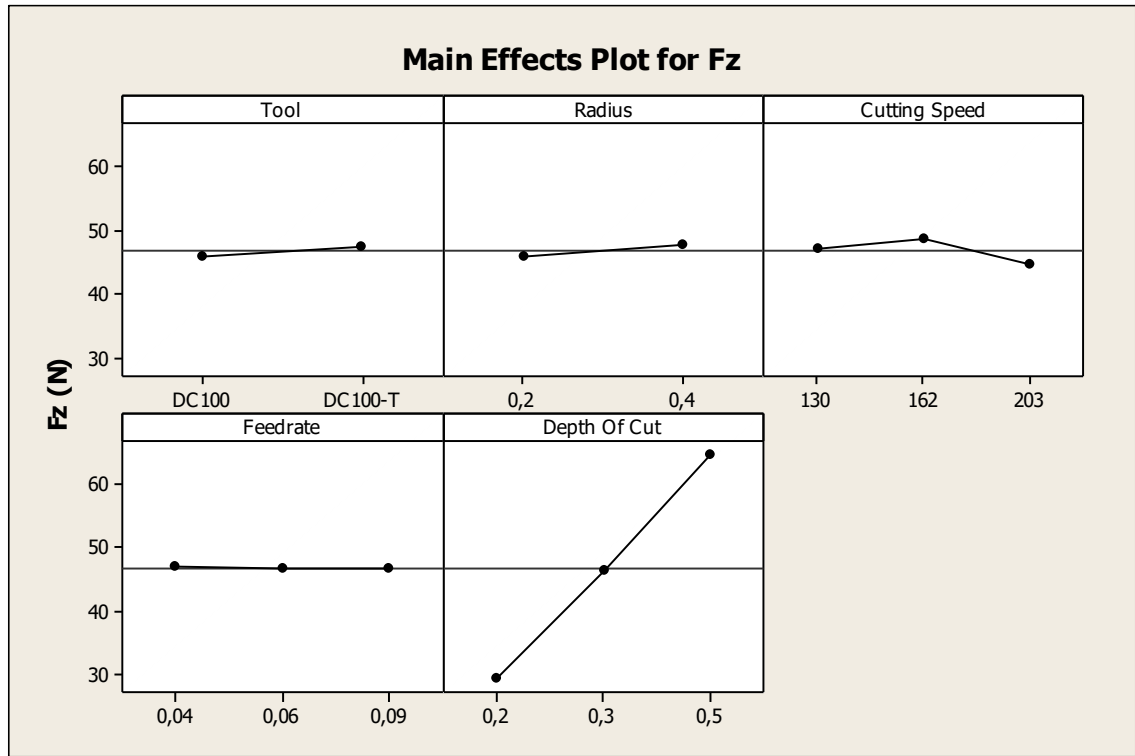
Mz için en etkili parametreler, Taguchi analiz değerlerinden oluşan Çizelge 16’da verilmiştir. “Rank” sıralamasına göre, en etkili parametreler: “Depth of Cut” (1), “Feedrate” (2) ve “Radius”

(3) olduğu görülmektedir. En etkili parametre olan “Dept of Cut”ın “Delta” değeri 52.11 olup diğerlerinden daha büyüktür. Etkili olan deney parametrelerine ait seviyeleri (Level) ele aldığımızda ise, Mz’deki artışa sebep olan seviyeler, en büyük değerlerden oluşmaktadır. Mz’nin artışında “Depth of Cut” 3. (level 3) seviyesinin etki değeri 89.08’dir. Çizelgede bu değerlerin olduğu satırlar boyanmıştır.

Çizelge 16. Mz için elde edilen Taguchi analizi değerleri

Level	Tool	Radius	Cutting Speed	Feedrate	Depth Of Cut
1	57,58	54,81	61,13	51,17	36,97
2	64,71	68,9	62,18	60,31	59,53
3			62,27	74,1	89,08
Delta	7,12	14,09	1,15	22,93	52,11
Rank	4	3	5	2	1

Şekil 25’te verilen Fz etki grafiğinde etkisinin en az olduğu parametreler; “Tool”, “Radius” ve “Feedrate”, en çok etkili parametrenin ise “Depth Of Cut” olduğu görülmektedir. DIN 1.2738 malzemesi üzerinde yapılacak olan delik büyültme işlemlerinde en düşük Fz kuvveti isteniyor ise; “Cutting Speed” yüksek ($V = 203$ m/dak) ve “Depth Of Cut” ise düşük tutulması gerektiği anlaşılmaktadır.



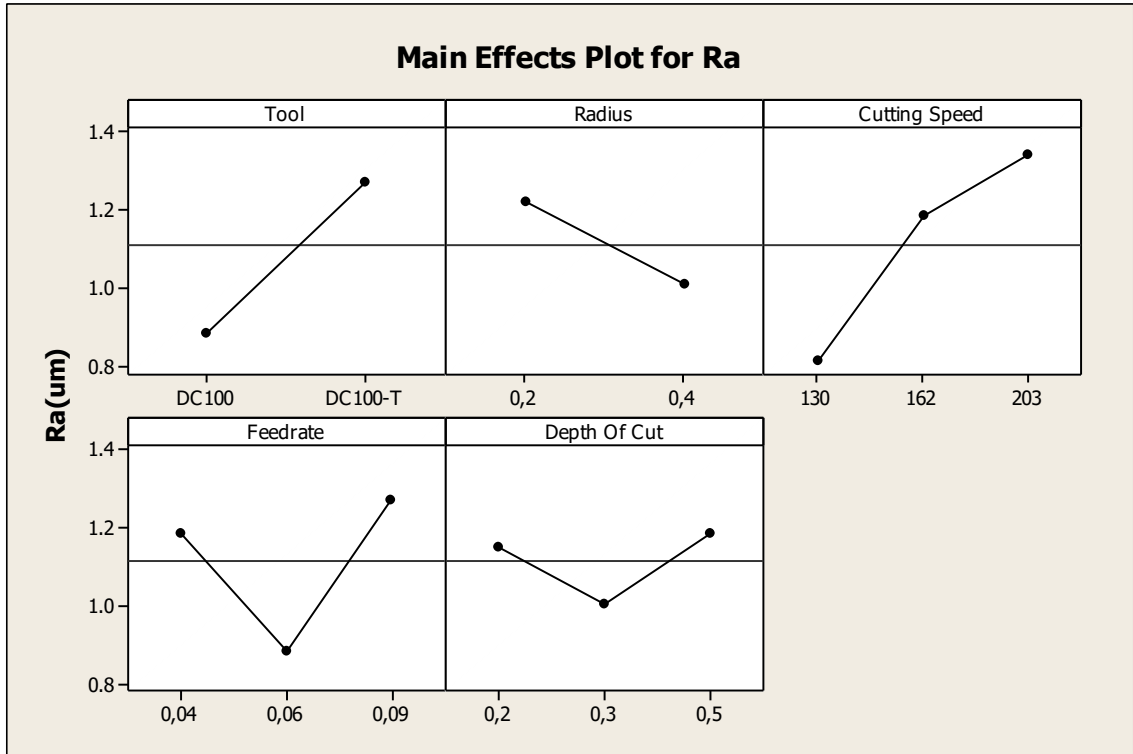
Şekil 25. Fz üzerinde etkili olan deney parametreleri etki grafiği

Fz için en etkili parametrelerin sıralaması, Taguchi analiz değerleri Çizelge 17’de verilmiştir. “Rank” satırında, Fz için en etkili parametreler 1’den başlayarak sıralanmıştır. “Rank” sıralamasına göre, en etkili parametrenin “Dept of Cut” olduğu görülmektedir. Dept of Cut’ın “Delta” değeri 35.29 olup diğerlerinden daha büyüktür. Etkili olan deney parametrelerine ait seviyeleri (Level) ele aldığımızda ise, Fz’de artışa sebep olan seviyeler (en büyük değerlerden oluşmaktadır) boyanmıştır.

Çizelge 17. Fz için elde edilen Taguchi analizi değerleri

Level	Tool	Radius	Cutting Speed	Feedrate	Depth Of Cut
1	45,75	45,84	47,02	47,08	29,34
2	47,36	47,59	48,57	46,56	46,19
3			44,55	46,51	64,62
Delta	1,6	1,75	4,01	0,57	35,29
Rank	4	3	2	5	1

DIN 1.2738 malzemesinin delik barası ile işlenmesinde kesme parametrelerin Ra üzerindeki etkileri için elde edilen Taguchi analizi grafiği Şekil 26’da verilmiştir. Grafikte, tüm parametrelerin Ra üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Bununla birlikte en düşük Ra’nın elde edilmesinde ise, kaplamasız (DC100) ve uç yarıçapı büyük ($R = 0.4$ mm) olan bir kesicinin kullanılması, kesme hızının (Cutting Speed) düşürülmesi ($V = 130$ m/dak), ortalama bir ilerlemenin ($F = 0.06$ mm/dev) ve talaş derinliğinin az olması gerektiği ortaya çıkmaktadır.



Şekil 26. Ra üzerinde etkili olan deney parametreleri etki grafiği

Ra için etkili parametrelerin etki sıralaması, Çizelge 18’de verilmiştir. Çizelgede verilen Taguchi analiz sonuçlarında, “Rank” sıralamasına göre Ra üzerinde en etkili parametrelerin “Cutting Speed”, “Feedrate”, “Tool” olduğu görülmektedir. Çizelge de etkili olan deney parametrelerine ait seviyelere (Level) bakıldığında ise, Ra’da artışa sebep olan seviyeler (en büyük değerlerden oluşmaktadır) boyanmıştır.

Çizelge 18. Ra için elde edilen Taguchi analizi değerleri

Level	Tool	Radius	Cutting Speed	Feedrate	Depth Of Cut
1	0,88	1,22	0,82	1,19	1,15
2	1,27	1,01	1,19	0,88	1,01
3			1,34	1,27	1,19
Delta	0,38	0,21	0,52	0,39	0,18
Rank	3	4	1	2	5

Deneylerde kullanılan girdi parametrelerinin (kesici, kesici uç yarıçapı, ilerleme, kesme hızı, vb.) elde edilen Mz, Fz ve Ra deney sonuçları üzerinde etkili olanlarının belirlenmesine yönelik yapılan Taguchi analizlerinin ardından etkinin % kaç olduğunun belirlenmesi için de ANOVA analizlerinin yapılması gerekmiştir.

Çizelge 19’da verilen sonuçlarda, Mz üzerinde, “Depth of Cut” etkisinin çok yüksek olduğu ortaya çıkmaktadır. Etki oranları: “Depth of Cut” % 50.80, “Feedrate” %12.78 şeklinde gerçekleşmiştir. Bununla birlikte “Radius” parametresinin az da olsa bir etkisinin olduğu (%3.62) görülmektedir (Çizelgede bu değerlerin olduğu satırlar boyanmıştır). Bu üç parametrenin Mz üzerindeki toplam etkisi yaklaşık %67 civarındadır.

Çizelge 19. Mz için ANOVA Analizi

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	%
Tool	1	229,9	229,9	229,9	0,61	0,44	0,71
Radius	1	1166,2	1166,2	1166,2	3,12	0,09	3,62
Cutting Speed	2	236,5	236,5	118,3	0,32	0,73	0,73
Feedrate	2	4117,5	4117,5	2058,7	5,5	0,01	12,78
Depth Of Cut	2	16370,4	16370,4	8185,2	21,87	0,00	50,80
Error	27	10103	10103	374,2			31,35
Total	35	32223,6					100

S = 19,3439 R-Sq = 68,65% R-Sq(adj) = 59,36%

Çizelge 20’de verilen sonuçlarda, Fz üzerinde, “Depth of Cut” etkisinin çok yüksek olduğu ortaya çıkmaktadır. Etki oranı %87.59 düzeyindedir. Bununla birlikte diğer parametrelere kıyasla “Feedrate” parametresinin az da olsa bir etkisinin olduğu (%0.88) görülmektedir (Çizelgede bu değerlerin olduğu satırlar boyanmıştır).

Çizelge 20. Fz için ANOVA Analizi

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	%
Tool	1	29,72	29,72	29,72	0,9	0,35	0,36
Radius	1	12,66	12,66	12,66	0,39	0,54	0,15
Cutting Speed	2	24,03	24,03	12,02	0,37	0,70	0,29
Feedrate	2	73,03	73,03	36,52	1,11	0,34	0,88
Depth Of Cut	2	7242,18	7242,18	3621,09	110,23	0	87,59
Error	27	886,99	886,99	32,85			10,73
Total	35	8268,61					100,00

S = 5,73161 R-Sq = 89,27% R-Sq(adj) = 86,09%

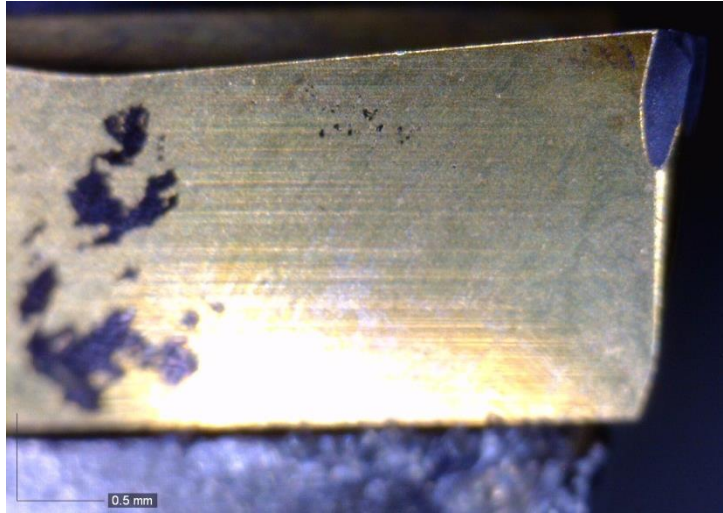
Çizelge 21’de verilen sonuçlarda, Ra üzerinde en etkili parametrlardan, “Cutting Speed” etkisinin % 25.12, “Feedrate” etkisinin %13.58 ve “Tool” etkisinin ise % 15.55 olduğu belirlenmiştir. (Çizelgede bu değerlerin olduğu satırlar boyanmıştır). Bu üç parametrenin Ra üzerindeki toplam etkisi yaklaşık %54.25 civarındadır.

Çizelge 21. Ra için ANOVA Analizi

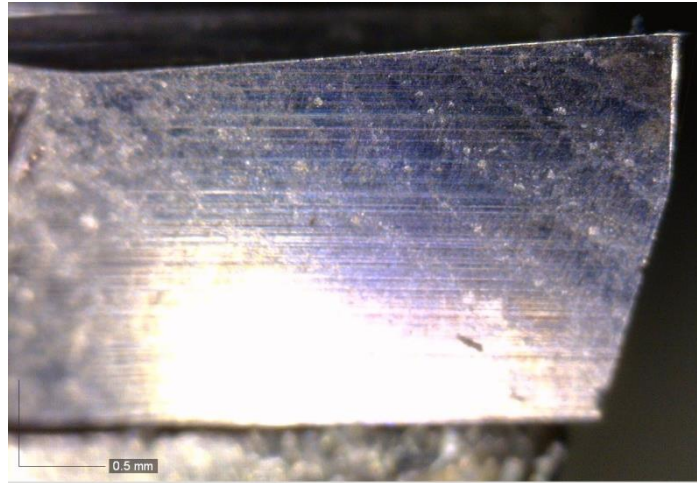
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	%
Tool	1	1,26	1,26	1,26	10,54	0,00	15,55
Radius	1	0,32	0,32	0,32	2,64	0,12	3,90
Cutting Speed	2	2,03	2,03	1,02	8,51	0,00	25,12
Feedrate	2	1,10	1,10	0,55	4,60	0,02	13,58
Depth Of Cut	2	0,16	0,16	0,08	0,68	0,52	2,00
Error	27	3,22	3,22	0,12			39,85
Total	35	8,09					100,00

S = 0,345566 R-Sq = 60,15% R-Sq(adj) = 48,35%

1.8 Kesiciler



Şekil 27. Kesici uç yarı çapı R:0.4 mm kesicinin DIN 1.2738 malzemesini 0.5 mm talaş derinliğinde 0.09 mm/dev ilerleme ile DC100-T kesici ile işlenmesi.



Şekil 28. Kesici uç yarı çapı R:0.2 kesicinin DIN 1.2311 malzemesini 0.3 mm talaş derinliğinde 0.06 mm/dev ilerleme ile DC100 kesici ile işlenmesi.

SONUÇLAR

Yapılan deneyler ve analizler sonucunda iki farklı kalıp çeliğinin (DIN 1.2311 ve DIN 1.2738) farklı kesme parametrelerinde kaplamalı ve kaplamasız sermet kesici uçlarla işlenmesi sonucunda birtakım bulgular elde edilmiştir. Yapılmış olan deneylerde kesme parametrelerinin kesme kuvveti, kesme momenti yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınmasına olan etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak elde edilen bilgileri birkaç özetleyebiliriz.

1. Genel olarak:

- Genel olarak DIN 1.2311 malzemesinin işlenebilirliğinin DIN 1.2738 e göre daha iyi olduğunu deneysel veriler doğrultusunda söylenebilir.
- Malzemelerinin işlenmesinde kesme hızı arttıkça (162 m/dak ve 203 m/dak) buna bağlı olarak Fz kesme kuvvetinin azaldığı belirlenmiştir. Bu durum literatürdeki deneysel çalışmalara uygundur.
- İlerlemenin düşürülmesi ile (0.04 mm/dev) Mz, Fz ve Ra sonuçlarının iyileştiği (düştüğü), ilerleme miktarının artırılması durumunda ise Mz Fz ve Ra sonuçlarının kötüleştiği (arttığı) görülmüştür.
- Kaplamasız takımların (DC100) DIN 1.2738 malzemesinin işlenmesinde, kaplamalı takımların ise (DC100-T) takımların ise DIN 1.2311 malzemesinin işlenmesinde daha uygun olduğu tespit edilmiştir.
- Artan talaş derinliğinin deney sonuçlarını olumsuz etkilediği, Mz, Fz ve Ra değerlerini arttırdığı gözlenmiştir.
- Malzemelerin işlenmesinde kullanılan küçük kesici uç yarı çapına sahip takımlar Mz ve Fz'nin düşürülmesinde olumlu etki yaparken Ra sonuçlarında ise büyük kesici uç radyüslü takımlar olumlu etki yapmıştır.

2. Kullanılan Deney parametreleri açısından:

- İlerleme miktarının artması moment (Mz) değerlerini olumsuz etkilerken ilerleme miktarının daha düşük miktarlarda olması (0,04 mm/dev) moment değerlerini olumlu etkilemektedir. Bununla birlikte genel olarak DIN 1.2738 deneylerinde 1.2311 e göre Mz moment ve Fz kuvvet değerlerinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu durum DIN 1.2738 malzemesinin kimyasal bileşiminde yer alan krom ve kükürt oranlarından kaynaklandığı düşünülmektedir.
- Kaplamasız R0.2 mm uç yarıçaplı kesicilerle yapılan işlemlerde kesme hızı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün azaldığı tespit edilmiştir. Ancak ilerleme miktarı ile yüzey pürüzlülüğü arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Tabi bu durumda kesici kaplamalı olduğunda ve uç radyüsü R0.4 mm olduğunda değişkenlik göstermektedir.
- Kaplamalı ve kaplamasız kesici uçlarla yapılan deneyler neticesinde, kaplamalı kesici uçların kaplamasız kesici uçlara göre daha zor aşındıkları saptanmıştır. Ayrıca yüksek talaş payı ile yapılan DIN 1.2738 deneylerinde R0,2 mm uç radyüslü kesicilerin bazılarının zorlanmadan dolayı kırıldıkları tespit edilmiştir.

3. Yapılan ANOVA analizleri açısından:

- Mz sonuçları üzerinde en etkili parametrenin ilerleme ve talaş derinliği olduğu ortaya çıkmıştır. İlerlemenin (Feedrate) etkisi yaklaşık %13 olurken talaş derinliğinin (Deth of Cut) etkisi yaklaşık % 29 olarak hesaplanmıştır.
- Fz sonuçları üzerinde ise, kesme hızının (Cut of Speed) etkisi % 9.5 kalırken talaş derinliğinin (Depth of Cut) etkisi % 87 gibi yüksek değerlere çıkmıştır.
- Ra sonuçları açısından ise: ilerlemenin etkisi DIN 1.2311 malzemesinin işlenmesinde %35 ve talaş derinliğinin etkisi ise %12 civarlarındadır. Bununla birlikte DIN 1.2738 malzemesinin işlenmesinde kesme hızının etkisinin %25 düzeylerde etkisinin bulunduğu ortaya çıkmıştır.

2. PROJE BÜTÇESİ ÖZET BİLGİLERİ

Yürütülen proje ile ilgili olarak başlama tarihi ve süresi ile ilgili bilgiler Çizelge 22’de verilmiştir. Projenin toplam bütçesi, harcama bilgileri ise Çizelge 23’de verilmiştir.

Çizelge 22. Proje başlama tarihi

Proje Süresi: 18 (Ay)				
Başlama Tarihi	Bitiş Tarihi	Ek Süre (Ay)	Bitiş Tarihi	Toplam Proje Süresi
7 Temmuz 2011	Haziran 2013	-	Haziran 2013	18

Çizelge 23. Proje bütçesi

Proje Bütçesi: 7960 TL		
Harcanan	Kalan	Ek Bütçe
7111	850	-

2.1. Proje Bütçesi ve Ayrıntılı Gider Listesi

Proje kapsamında öngörülen çalışmaların yapılabilmesi için Çizelge 24’de verilen bütçe (10.000,00 TL) önerilmiş ve bütçe kapsamında alınacaklar Çizelge 25’deki gibi ayrıntılı olarak belirlenmişti. Proje çalışma planı Çizelge 4’teki gibi önerilmişti. Fakat yapılan proje değerlendirilmesi ile Proje, 7.960,00 TL bütçe ile kabul edilmiştir.

Çizelge 24. Bütçe İcmali

ANALİTİK BÜTÇE KODU	EKONOMİK SINIFLANDIRMA	PROJE YÖNETİCİSİ			UZMANLAR GRUBU			BAP KOMİSYONU		
		1. YIL	2. YIL	TOPLAM	1. YIL	2. YIL	TOPLAM	1. YIL	2. YIL	TOPLAM
03-2	TÜKETİME YÖNELİK MAL VE MALZEME ALIMLARI	8200		8200						
03-3	YOLLUKLAR		500	500						
03-5	HİZMET ALIMLARI	500	800	1300						
06-1	MAMUL MAL ALIMLARI									
06-3	PATENT ALIMLARI									
	GENEL TOPLAM	10000		10000						

Çizelge 25. Proje kapsamında alınanların listesi

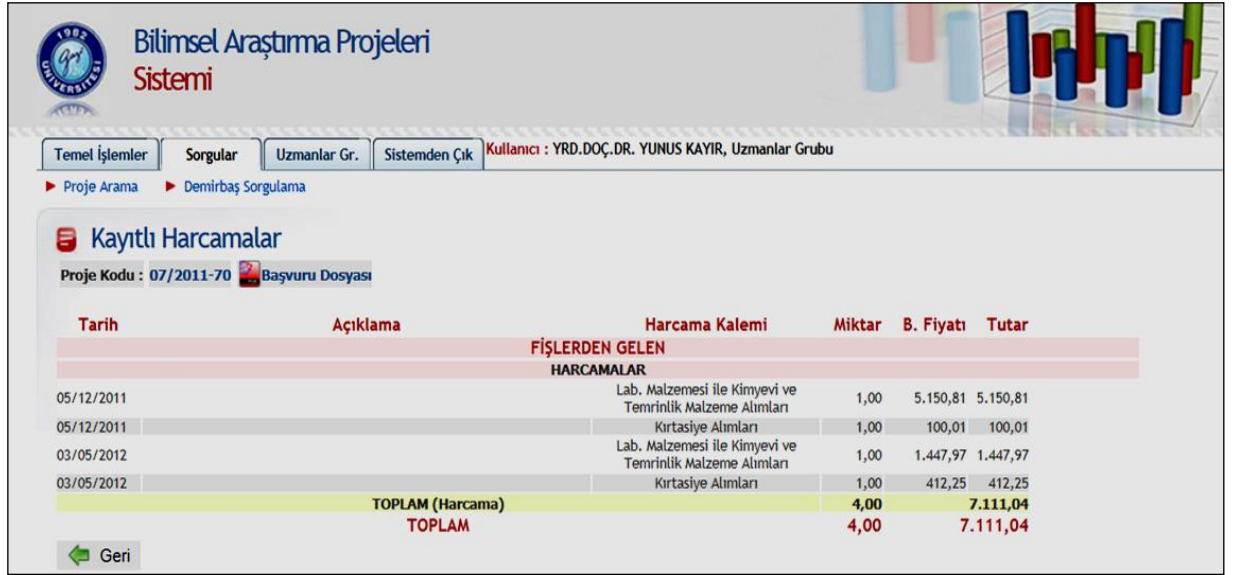
SIRA NO	MALZEME ADI	MALZEME MİKTARI (1)	MALZEME ÖLÇÜ BİRİMİ (Kg., Adet, Top, vb.)	TAHMİNİ BEDELİ (KDV DAHİL)		ANALİTİK BÜTÇE KODU
				BİRİM FİYATI (2)	TOPLAM FİYATI (1X2)	
1	Kalıp Çeliği	140	Kg	10	1400	03.2.6.01
2	Hassas Bara seti	1	Adet	3000	3000	03.5.9.90
3	Kesici uç (kaplamalı karbür uç)	50	Adet	17	850	03.2.6.01
4	Ø10 HSS Matkap	40	Adet	5	200	03.2.6.01
5	Ø 15 HSS Matkap	40	Adet	10	400	03.2.6.01
6	Ø 20 HSS Matkap	40	Adet	20	800	03.2.6.01
7	Ø 10 mm pens tutucu	1	Adet	40	40	03.2.6.01
8	Ø 15 mm pens tutucu	1	Adet	45	45	03.2.6.01
9	Ø 20 mm pens tutucu	1	Adet	45	45	03.2.6.01
10	SEM Fotoğraflarının çekimi	5	Adet	175	875	03.5.9.90
11	CMM ile çeşitli geometrik ölçümler	50	Adet	20	1000	03.5.9.90
12	Cilt	4	Adet	15	60	03.2.1.05
13	A4 Fotokopi kağıdı (80 gr/m2)	10	Adet	7	70	03.2.1.01
14	HP 49A Siyah Lazer Kartuş	1	Adet	150	150	03.2.1.05
15	Samsung 351 XL Lazer Kartuş	1	Adet	150	150	03.2.1.05
16	16 Gb flash bellek	2	Adet	80	160	03.3.1

2.2. Alımı Yapılan Malzemeler

Proje kapsamında Çizelge 26’da verilen malzemelerin alımı yapılmıştır. Alınan malzemelere yönelik proje bütçesinden ödenen miktar, Şekil 26’da (Rektörlüğün BAP sisteminden alınmıştır) verilmiştir.

Çizelge 26. Proje için alınan malzemelerin ayrıntılı listesi

SIRA NO	MALZEME ADI	MALZEME MİKTARI	MALZEME ÖLÇÜ BİRİMİ
1	Kalıp Çeliği(1.2311-1.2738)	100	Kg
2	Hassas Baralama Takımı	1	Adet
3	Kesici Uç	50	Adet
4	Ø10 mm HSS Matkap	40	Adet
5	Ø15 mm HSS Matkap	40	Adet
6	Ø20 mm HSS Matkap	40	Adet
7	Ø10 mm Pens tutucu	1	Adet
7	Ø15 mm Pens tutucu	1	Adet
7	Ø20 mm Pens tutucu	1	Adet
8	HP 49A Lazer Toner	1	Adet
9	16 Gb flash bellek	2	Adet
10	Samsung Lazer Toner	1	Adet
11	A4 Top Kağıt	10	Adet



Şekil 26. Proje bütçesinin kullanımı

3. PROJE ÇIKTILARI

(Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönergesi'nde istenilen hususlar dikkate alınarak aşağıdaki başlıklar açıklanmalı ve yönergede belirtilen belgeler eklenmelidir.)

3.1 Yazılı Ürünler

Yapılan proje kapsamında, şu ana kadar 1 (bir) adet makale yayınlanmıştır. Gelecekte hali hazırda üç (3) adet makale daha yayınlanabileceği planlanmaktadır. Yayınlanan makale ve yayınlanması düşünülen makaleler aşağıda Çizelge 27'de verilmiştir.

Çizelge 27. Yayınlanan makale ve yayınlanması düşünülen makaleler

Yayınlanan Makaleler	Yayın Adı	Yayınlandığı Yer	Katılımcılar	Yayın Yılı
	DIN 1.2311 ve DIN 1.2738 Kalıp Çeliklerinin İşlenebilirliği	3. Uluslararası Talaşlı İmalat Sempozyumu, Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Ankara, Sayfa: 132-142	Yunus KAYIR ve Mehmet SÜZGÜNOL	2012
Yayınlanması Düşünülen Makaleler	1. DIN 1.2311 Kalıp Çeliklerinin Baralanmasında Kesme Parametrelerinin Taguchi Metodu ile değerlendirilmesi 2. DIN 1.2738 Kalıp Çeliklerinin Baralanmasında Kesme Parametrelerinin Taguchi Metodu ile Analizi 3. DIN 1.2311 ve 1.2738 Kalıp Çeliklerinin Baralanmasında Kesme Parametrelerinin Optimizasyonu			

3.2 Proje Konusu Olarak Yüksek Lisans veya Doktora Konusu Olan Tezler

Yapılan bu çalışma, 07/2011-70 kodlu BAP projesi olup, Gazi Üniversitesi tarafından desteklenmiştir. Proje konusu, aynı zamanda; bir tez konusudur (Çizelge 28). Tez çalışması sonlandırılmış olup, adı geçen öğrenci kendi isteği (ailevi sebepler) ile kaydını yapmamıştır.

Çizelge 28. Tez çalışması bilgileri

Adı ve Soyadı	Öğrenci No:	Sınıf	Enstitüsü	Durum
Mehmet SÜZGÜNOL		Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri	Bıraktı

3.3 Yazılım ve Donanım Ürünleri;

Proje deneysel bir çalışma olduğundan, proje kapsamında demirbaş kaydına girecek herhangi bir makine, cihaz, bilgisayar programı, vb. alınmamıştır. Proje bütçesinden yapılan harcamalar, “Tüketime yönelik mal ve malzeme” alımında kullanılmıştır.

3.4 Patent(ler) / Faydalı Model(ler)

Proje kapsamında alınan yada alınması planlanan herhangi patent bulunamamaktadır.

3.5 Proje Sonunda Ortaya Çıkan Ürün Hakkında Bilgiler

Proje, deneysel bir çalışmaya olduğundan ortaya çıkan deneysel sonuçlar, önceki bölümlerde (1.6 ve 1.7) detaylı bir şekilde verilmiştir.

3.6 Üniversiteye, Ülkeye ve/veya Bilime Sağlanan Katkılar

Gazi Üniversitesi BAP merkezi tarafından desteklenen bu proje kapsamında, DIN 1.2311 ve DIN 1.2738 kalıp çeliklerinin işlenmesine yönelik yapılması gereken deneyler için gerekli olan malzeme ve ekipmanlarını alımı gerçekleştirilmiştir.

Projenin gerçekleştirilmesinde ve deneylerin yapılmasında Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi CNC tezgahları laboratuvarı ve gerekli diğer alt yapı imkanları kullanılmıştır. Proje kapsamında delik delme ve delik büyültme çalışmalarında yapılacak olan deneysel çalışmalara yol açılmıştır.

Teknoloji fakültesi bünyesinde delik delme ve delik büyültme çalışmalarına yönelik yapılacak olan deneysel araştırmalarına yönelik eksikleri de olsa bir alt yapının oluşması sağlanmıştır.

Proje sayesinde, delik delme ve delik büyültme alanında ülkemizde az olan akademik çalışmalara bir yenisi daha eklenmiştir.

Proje kapsamında yapılacak olan ilave Türkçe ve yabancı yayınlarla, üniversitenin adı bir kez daha duyurulacaktır.

4. ROJE YÜRÜTÜCÜSÜ TARAFINDAN YAPILACAK GENEL DEĞERLENDİRME

Öncelikle, Gazi Üniversitesi Rektörlüğü BAP birimi tarafından projemin desteklenmesinde, yürütülmesi ve değerlendirilmesi esnasında emeği geçen herkese teşekkür ederim.

Genelde, üniversite bünyesindeki yapılacak olan Yüksek lisans ve Doktora çalışmalarına yönelik desteklenen BAP projelerinde, yetenekli ve ciddi çalışacak öğrencilerin bulunması günden güne oldukça zorlaşmaktadır. Özellikle, üniversite bünyesinde çalışamayan (Araştırma görevlisi, uzman, vb.) dışarıdan Yüksek Lisans ve Doktora yapan öğrenciler ile proje çalışmalarının yürütülmesi sırasında birçok sıkıntı oluşmaktadır. Bunların en başında maddi problemler gelmektedir. Mezun olup herhangi bir geliri olmayan öğrencilerin proje çalışmalarındaki verimleri oldukça düşüktür. Bunula birlikte dışarıda bir işte çalışan ve bir gelire sahip olan öğrencilerin ise proje çalışmalarına zaman ayırması iş yerinin tutumuna, öğrencinin yorgunluğu ve isteğine kalmaktadır. Dışarıdan Yüksek lisans yapmaya çalışan öğrencilerin önemli olan bir diğer sorunu kalacak yer sıkıntısıdır. Okuldan mezun olan öğrencilerin uygun bir yerde kalması oldukça kısıtlıdır.

Yüksek lisans ve Doktora çalışmalarını BAP projeleri üzerinden yürüten ve herhangi bir işte çalışmayan öğrenciler için, Üniversite bünyesinde aynı ve nakdi bir fon oluşturulabilir. Bunun için sunulan projelerin bütçelerine, burs, yemek, kalacak yer, vb. kalemler eklenebilir. Danışmanlar öğrencileri ile projelerini hazırlarken çalışma planlarını daha gerçekçi öngörebilirler.

BAP projeleri için öngörülen bütçelerin, üniversitenin toplam proje bütçesinin kabul edilen proje sayısına bölünmesi ile elde edilmesi yerine, proje konusu, proje kapsamı, patent, makale, vb. kriterler üzerinden değerlendirilmesinin daha uygun olacağı kanaatindeyim. Çünkü, önerilenin altında kabul edilen düşük proje bütçeleri, yapılacak proje çalışmalarını zayıflatmaktadır.

BAP projeleri kapsamında alt yapının iyileştirilmesi, eksiklerin giderilmesine yönelik çalışmalara öncelik verilmesi daha uygun olacaktır. Üniversitelerin mevcut fakültelerinde ilgili birkaç bölümün beraber ortak kullanabileceği araştırma yüksek lisans ve doktora öğrencileri için araştırma laboratuvarlarının kurulmasına yönelik destekler sağlanabilir. Bu amaçla, disiplinler arası projelere öncelik verilebilir.

5. EKLER

Proje ile ilgili her türlü çizim, resim, fotoğraf, plan vb. gibi dokümanlar var ise bu bölüme eklenmelidir.