



**T.C.  
HİTİT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**İNCE ET KALINLIĞINA SAHİP KARE PROFİL  
BORULARDA SIVAMA İLE DELİK DELME VE  
KILAVUZ ÇEKMENİN DENEYSEL İNCELENMESİ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Mehmet KESER**

**Çorum 2019**



**İNCE ET KALINLIĞINA SAHİP KARE PROFİL  
BORULARDA SIVAMA İLE DELİK DELME VE  
KILAVUZ ÇEKMENİN DENEYSEL İNCELENMESİ**

**Mehmet KESER**

**Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Yüksek Lisans Tezi**

**TEZ DANIŞMANI  
Dr. Öğr. Üyesi Mert Şafak TUNALIOĞLU**

**Çorum 2019**

Mehmet Keser tarafından hazırlanan “İnce Et Kalınlığına Sahip Kare Profil Borularda Sıvama ile Delik Delme ve Kılavuz Çekmenin Deneysel İncelenmesi” adlı tez çalışması 22/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Naci KURGAN\*

Dr. Öğr. Üyesi Mert Şafak TUNALIOĞLU\*\*

Dr. Öğr. Üyesi M. Emin ERDİN

Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun 12/09/2019 tarih ve 2019/211.. sayılı kararı ile Mehmet Keser Makina Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans derecesi alması onanmıştır.

Doç. Dr. Cengiz BAYKASOĞLU  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

\* Jüri Başkanı  
\*\* Tez Danışmanı

## **TEZ BEYANI**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını beyan ederim.

Mehmet KESER



**İNCE ET KALINLIĞINA SAHİP KARE PROFİL BORULARDA SIVAMA  
İLE DELİK DELME VE KILAVUZ ÇEKMENİN DENEYSEL  
İNCELENMESİ**

Mehmet KESER

HİTİT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2019

**ÖZET**

İmalat mühendisliğindeki en büyük sorunlardan biri, sac metal, boru ya da ince et kalınlığına sahip profillerin basit, verimli ve uygun maliyetli bir şekilde nasıl birleştirileceğidir.

Diş sayısını artırmak için kullanılan kaynaklı somunlar ve dişli ekler gibi birçok farklı çözüm mevcuttur. Bu çözümler kare profil borularda yetersiz kalmaktadır. Profillerin iç kısımlarına somun kaynatılamayacağından dolayı dış yüzeyine kaynatılmaktadır. Bu sebeple çıkıntılı bir yüzey elde edilmektedir. Bazı proseslerde bu yüzeyin kullanılması gerekebilir. Dışarıdan ek malzeme gerekmeden sıvama ile delik delinip kılavuz çekilebilir.

Bu çalışmada ince et kalınlığına sahip kare profil borulara sıvama yöntemi ve matkap yöntemi ile delik delinerek kılavuz çekilecektir. Delik çaplarına göre devir sayısı değiştirilerek deneyler yapılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Sıvama ile delik delme, kılavuz çekme, paslanmaz çelik, alüminyum

# EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF FLOWDRILL AND FLOWTAP IN SQUARE PROFILE PIPES WITH THINNING TERMINAL

Mehmet KESER

HITIT UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2019

## ABSTRACT

One of the biggest problems in manufacturing engineering is how to combine sheet metal, pipe or thin-walled profiles in a simple, efficient and cost-effective way.

There are many different solutions available, such as welded nuts and threaded inserts used to increase the number of teeth. These solutions are insufficient for square profile pipes. Since the nut can not be welded to the inner parts of the profiles, it is welded to the outer surface. For this reason, a protruding surface is obtained. In some processes this surface may need to be used. It is possible to drill a flowdrill without the necessity of additional material from the outside.

In this study, square profile pipes with thin wall thickness will be flowdrill and flowtap. Experiments will be carried out by changing the number of revolutions according to hole diameters.

**Keywords:** Flowdrill, flowtap, stainless steel, aluminum

## TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla, her zaman desteğini hissettiğim ve kıymetli tecrübelerinden faydalandığım danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Mert Şafak TUNALIOĞLU'na teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca, bana verdikleri emeklerin karşılığını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim değerli annem Nergiz KESER'e, her zaman bana destek ve yanımda olan sevgili eşim Cansu NAKCI KESER'e ve değerli kardeşim ve oğluma teşekkür ederim.

Maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan GENESİS TEKNOLOJİK ÜRÜNLER A.Ş. Genel müdürü Ahmet ÇENESİZ, üretim müdürü Ahmet KESER ve Genesis çalışanlarının her birine teşekkür ederim.



**Bu tez çalışmasına, MUH19001.17.005 numaralı proje kapsamında vermiş oldukları destekten dolayı, Hitit Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüęü'ne teşekkür ederiz.**

**İÇİNDEKİLER**

	<b>Sayfa</b>
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
RESİMLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1.GİRİŞ .....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	2
3. SIVAMA İLE DELİK DELME PROSESİ.....	6
3.1 Sıvama Yöntemi Delik Delme Aşamaları.....	7
3.1.1. Başlangıç aşaması.....	7
3.1.2. Akma aşaması.....	8
3.1.3. Şekillendirme aşaması .....	8
3. 2. Sıvama Ucu Geometrileri.....	9
3.2.1. Uzun tip sıvama uçları.....	10
3.2.2. Kısa tip sıvama uçları .....	10
3.2.3. Kesici boyunlu sıvama uçları .....	11
3.2.4. Kesici ağızlı sıvama uçları.....	11
3.3. Sıvama Ucu Seçimi .....	12
3.4. Delme Parametreleri.....	13

**Sayfa**

3.4.1. Eksenel kuvvet.....	13
3.4.2. Takım ilerlemesi.....	13
3.4.3. Sürtünme açısı .....	14
3.4.4. Devir sayısı .....	14
3.4.5. Tahrik gücü.....	15
3.4.6. Malzeme kalınlığı.....	16
3.5 Kullanım Alanları.....	16
3.6. Sıvama ile Delik Delinen Bölgeye Kılavuz Açma.....	17
3.7. Sıvama Yönteminin Avantajları.....	18
4. MATERYAL VE METOT .....	19
4.1. Sıvama Yöntemi Malzemeleri.....	19
4.1.1 Sıvama yöntemi parametreleri.....	20
4.2. Matkap Yöntemi Malzemeleri .....	22
4.2.1. Matkap yöntemi parametreleri.....	22
4.3. Sıvama Uçları ve Kılavuzları .....	23
4.4. Sıyırma Testi Fikstür Tasarımı.....	24
4.5. CNC Tezgâh Özellikleri.....	25
5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE SONUÇLAR .....	27
5.1. Sıvayarak Delik Delme ve Kılavuz Açma Yöntemi .....	27
5.2. Matkap Ucu ile Delik Delme ve Kılavuz Açma Yöntemi.....	29
5.3. Sıvama Yöntemi Sonucu Kovan Yükseklikleri .....	30
5.4. SY ve MY Kovan Yüksekliği Karşılaştırması .....	33
5.5. Sıyırma Testi .....	34
5.5.1. SY sıyırma testi ve sonuçları.....	36

**Sayfa**

5.5.2. Matkap yöntemi sıyırma testi ve sonuçları.....	38
5.5.3. MY ile SY sıyırma testi sonuçları karşılaştırılması.....	41
5.6. Sertlik Testi .....	43
5.6.1. Sıvama yöntemi sertlik testi sonuçları.....	44
5.6.2. Matkap yöntemi sertlik testi sonuçları.....	46
5.6.3. Sertlik testi sonuçları karşılaştırılması.....	47
5.7. Penetrant Testi.....	48
5.7.1. Sıvama yöntemi penetrant testi sonuçları.....	49
5.7.2. Matkap yöntemi penetrant testi sonuçları.....	52
5.7.3. Penetrant test sonuçları karşılaştırması.....	54
6. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	55
KAYNAKLAR .....	58
ÖZGEÇMİŞ .....	60

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Alternatif yöntemler .....	1
Şekil 3.1. Sıvama ile delik delme aşamaları .....	6
Şekil 3.2. Başlangıç safhasında ilerleme kuvveti ile yol arasındaki ilişki .....	7
Şekil 3.3. Malzeme akışı sırasında ilerleme kuvveti ile yol ilişkisi .....	8
Şekil 3.4. Şekillendirme sırasında ilerleme kuvveti ile yol ilişkisi .....	8
Şekil 3.5. Sıvama ucu geometrisi .....	9
Şekil 3.6. Uzun tip sıvama ucu .....	10
Şekil 3.7. Kısa tip sıvama ucu .....	11
Şekil 3.8. Kesici tip sıvama ucu a) kısa tip b) uzun tip .....	11
Şekil 3.9. Kesici ağızlı sıvama ucu a) kısa tip b) uzun tip .....	12
Şekil 3.10. Malzeme et kalınlığına göre sıvama ucunun belirlenmesi .....	12
Şekil 3.11. Eksenel kuvvetin delik çapına bağlı olarak değişimi .....	13
Şekil 3.12. Sıvama ucu çapına bağlı olarak devir sayısı seçim aralığı .....	15
Şekil 3.13. Tahrik gücü ile delik çapı arasındaki ilişki .....	15
Şekil 3.14. Sıvama ile delik delmede oluşan kovan şekilleri .....	16
Şekil 3.15. Seyahat araçları takograf ve otomatik vites tutucu .....	17
Şekil 3.16. Ovalama kılavuzu .....	17
Şekil 4.1. SY sıyırma testi deney numunesi çizimi .....	20
Şekil 4.2. SY sıyırma testi kesilmiş deney numunesi çizimi .....	20
Şekil 4.3. SY çatlak ve sertlik testi deney numunesi çizimi .....	20
Şekil 4.4. MY ile delinecek numuneler .....	22
Şekil 4.5. Sıyırma testi cihaz bağlantı fikstür teknik resmi .....	25
Şekil 5.1. Devir sayılarına göre kovan yüksekliğinin değişimi .....	31
Şekil 5.2. Devir sayılarına göre kovan yüksekliğinin değişimi .....	32

**Sayfa**

Şekil 5.3. SY ve MY kovan yüksekliği karşılaştırması .....	33
Şekil 5.4. SY ve MY kovan yüksekliği karşılaştırması .....	34
Şekil 5.5. Devir sayılarına göre kuvvet değişimi .....	37
Şekil 5.6. Devir sayılarına göre kuvvet değişimi .....	38
Şekil 5.7. SY ve MY sıyırma testi kuvvet karşılaştırması .....	42
Şekil 5.8. SY ve MY sıyırma testi kuvvet karşılaştırması .....	43
Şekil 5.9. Devir sayısının sertlik değerlerine etkisi.....	45
Şekil 5.10. Devir sayısının sertlik değerlerine etkisi .....	46
Şekil 5.11. SY ve MY paslanamaz numune sertlik testi karşılaştırması.....	47
Şekil 5.12. SY ve MY numune sertlik testi karşılaştırması .....	48

## RESİMLER DİZİNİ

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 4.1. Deneyde kullanılan sıvama uçları.....	23
Resim 4.2. Deneyde kullanılan sıvama kılavuzları.....	24
Resim 4.3. CNC köprü tipi dik işleme merkezi.....	26
Resim 5.1. Deney numunesinin CNC tezgahına bağlantısı.....	27
Resim 5.2. Sıvama ucu ile delik delinirken.....	28
Resim 5.3. Sıvama kılavuzu çekilirken.....	28
Resim 5.4. Sıvama ucu ile delik delinip kılavuz çekilmiş deney numunesi.....	28
Resim 5.5. Matkap ucu ile delik delinirken.....	29
Resim 5.6. Matkap ucu ile delik delinen ve kılavuz çekilen numune.....	29
Resim 5.7. Kovan yüksekliği ölçümü.....	30
Resim 5.8. Sıyırma testi paslanmaz deney numuneleri.....	34
Resim 5.9. Sıyırma testi alüminyum deney numuneleri.....	35
Resim 5.10. Sıyırma testi deneyi.....	35
Resim 5.11. Sıyırma testi yapılmış numune.....	36
Resim 5.12. Matkap ucu yöntemi ile delinmiş sıyırma testi deneyi.....	39
Resim 5.13. Matkap ucu yöntemi ile delinmiş sıyırma testi deneyi.....	40
Resim 5.14. Sertlik testi cihazı.....	43
Resim 5.15. Penetrant test spreyleri.....	49
Resim 5.16. SY penetrant testi uygulanacak numune.....	50
Resim 5.17. SY penetrant testi kovan bölgesine uygulanmış numune.....	50
Resim 5.18. SY penetrant delik üst bölgesine uygulanmış numune.....	51
Resim 5.19. MY Penetrant testi uygulanmış numuneler.....	53

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 4.1. Paslanmaz kare profil yapılacak deney sıralaması.....	21
Çizelge 4.2. Alüminyum kare profil yapılacak deney sıralaması .....	21
Çizelge 4.3. Paslanmaz kare profile matkap ucu ile delinecek deney sıralaması .....	22
Çizelge 4.4. Alüminyum kare profile matkap ucu ile delinecek deney sıralaması ....	23
Çizelge 4.5. Deneylerde kullanılan CNC tezgahı özellikleri .....	26
Çizelge 5.1. Delik çapları ve devir sayılarına göre kovan yükseklikleri .....	31
Çizelge 5.2. Delik çapları ve devir sayılarına göre kovan yükseklikleri .....	32
Çizelge 5.3. Matkap yöntemi kovan yükseklikleri .....	33
Çizelge 5.4. Sıyırma testi sonucu kuvvet değerleri.....	36
Çizelge 5.5. Sıyırma testi sonucu kuvvet değerleri.....	37
Çizelge 5.6. Matkap yöntemi ile sıyırma testi oluşan kuvvet değerleri .....	40
Çizelge 5.7. Matkap yöntemi ile sıyırma testi oluşan kuvvet değerleri .....	41
Çizelge 5.8. MS ve SY sıyırma testi kuvvet değerleri karşılaştırılması.....	41
Çizelge 5.9. MS ve SY sıyırma testi kuvvet değerleri karşılaştırılması.....	42
Çizelge 5.10. Sıvama yöntemi sonucu oluşan sertlik değerleri .....	44
Çizelge 5.11. Sıvama yöntemi sonucu oluşan sertlik değerleri .....	45
Çizelge 5.12. Matkap yöntemi sonucu oluşan sertlik değerleri .....	46
Çizelge 5.13. SY ve MY sertlik testi karşılaştırması .....	47
Çizelge 5.14. SY ve MY sertlik testi karşılaştırması .....	48
Çizelge 5.15. Devir sayısının çatlak oluşumuna etkisi .....	51
Çizelge 5.14. Devir sayısının çatlak oluşumuna etkisi .....	52
Çizelge 5.15. MY penetrant test sonuçları .....	53



**SİMGELER VE KISALTMALAR****Simgeler**

F	İlerleme kuvveti
S	Yol
f	Takım ilerlemesi (mm/dk)
P	Tezgâh gücü (kW)
n	Devir sayısı
h	Malzeme kalınlığı
$f_{max}$	Eksenel kuvvet
d/d	Devir/dakika
mm	Milimetre
kW	Kilowatt
N	Newton
mm/d	Milimetre/dakika

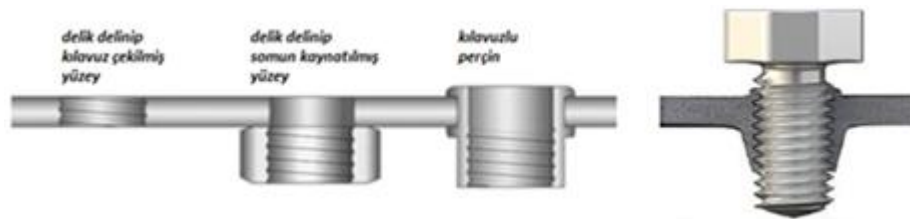
**Kısaltmalar**

SY	Sıvama yöntemi
MY	Matkap yöntemi
M5	Metrik 5 kılavuz
M6	Metrik 6 kılavuz
M8	Metrik 8 kılavuz
HB	Brinell sertlik değeri

## 1.GİRİŞ

Üretim işlemleri, şekillendirme ve montaj olarak iki ayrı sınıfta değerlendirilirse daha düşük işçilik süreleri ve daha az malzeme israfı ile düşük maliyet ve yüksek kalite her üretim tesisinin ana amacıdır (Sözügüzel, 2007).

Sıvayarak delik delme yöntemi üretim süreci olarak bu ana unsurları olumlu yönde etkileyen bir yöntemdir. İnce cidarlı malzemelere cıvata ile montaj yapabilmek amacıyla, malzemedan talaş kaldırmaksızın diş açmak ve daha mukavim bir vida dişi elde etmek adına, önemli bir adımdır. Profillerin yüzeyine kılavuz açmak için birden fazla geleneksel yöntem vardır. Bu yöntemler oldukça zahmetli ve zaman almaktadır. Bu yöntemler; matkap ucu ile malzemedan talaş kaldırarak delik delmek ve kılavuz açmak, delik delinip somun kaynatmak ve kılavuzlu perçin yerleştirmek gibi yöntemlerdir. Malzemeye matkap yöntemi ile talaş kaldırarak delip delinip kılavuz açılabilmesi için malzemenin et kalınlığının fazla olması gerekmektedir. Somun kaynatma yönteminde ise delik delinen bölgenin arka kısmının açık olması gerekmektedir. Somun perçin yönteminde ise ilk olarak malzemenin perçin çapında delik delinmesi ve daha sonra ilave olarak somun perçin malzemesinin açılan deliğe perçinlenmesi gerekmektedir. Tüm bu yöntemlere göre sıvama ile delik delme yöntemi daha pratik ve seri üretimlerde çok tercih edilmesi gereken bir imalat yöntemidir.



Şekil 1.1. Alternatif yöntemler (Anonim, 2017)

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Malzeme üzerine delik delme işlemi makine sektöründe yaygın olarak kullanılmasına rağmen sıvama ile delik delme ve sıvama dışı açma konusunda literatür de çok fazla bilgi mevcut değildir.

Anonim'e (2016) göre sıvama ucu üreten firma kataloglarında, standart kılavuzlara göre farklı çaplarda sıvama uçları belirtmiştir. Bu çaplara göre tavsiye edilen devir sayıları 2 mm malzeme kalınlığı referans alınarak verilmiştir.

Sözgüzel'e (2007) göre ince cidarlı malzemelere sıvayarak delik delme prosesi ile dış açma ve alternatif malzeme analizi isimli yüksek lisans tezini yapmıştır. Tez incelendiği zaman delik çapı ve delik hızı değerleri uygun olarak belirlenmeyip deneme ve yanılma yöntemiyle belirlenen hızlarla deneylerin yapıldığı görülmüştür. Sıvama ile delik delme işlemi plastik şekil değişimi esasına dayandığından farklı kalınlık, farklı delik çapı için uygun delme hızı ve devir seçimi çok önemlidir. Delik çapı için yavaş hızda ve devirde delme işlemi gerçekleştirildiği zaman malzeme üzerinde uygun delik açılmaması söz konusudur. Çok fazla hızda ve devirde delik delme işlemi gerçekleştiği zaman ise yeterli miktarda kovan yüksekliği oluşmamakta ve vida dışı açılmamaktadır.

Doğru'ya (2010) göre AISI 1010 çelik kare profiller sürtünmeli delme yöntemi ile CNC freze tezgâhında delinmiştir. Çalışmada farklı sürtünme açlarına sahip sinterlenmiş karbür uçlar kullanılmış ve farklı delme parametrelerinde (sürtünme açısı, ilerleme ve delme hızı) deneyler yapılmıştır. Deneyler sonucunda delme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne, kovan biçimine ve pul biçimine etkileri incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda yüzey pürüzlülüğüne, kovan biçimine ve pul biçimine kesme hızı ve ilerlemenin çok etkili olduğu görülmüştür. Kesme hızının artmasıyla kovan yüzey pürüzlülük değerleri azalarak pul ve kovan geometrileri iyileşirken, ilerlemenin artması ile yüzey pürüzlülüğü değerleri artarak pul ve kovan geometrisi bozulmuştur.

Demir'e (2012) göre 2 mm, 4 mm ve 6 mm kalınlıklarında, çökeltme sertleşmesi işlemine tabi tutulmuş A7075-T651 alüminyum alaşımına ve St37 çelik malzemeye sürtünmeli delme yöntemiyle 8 mm, 10 mm ve 12 mm çaplarında delikler açılmıştır. Deneysel çalışmalar, 2400 d/d, 3600 d/d ve 4800 d/d devir sayılarında, 50 mm/d, 75 mm/d ve 100 mm/d ilerleme hızları, 240, 360 ve 480 takım koniklik açıları, takım silindirik bölge yüksekliği 8 mm, 16 mm ve 24 mm olan yüksek hız çeliği (HSS) ve tungsten karbür (WC) takımlar kullanılarak yapılmıştır. Deneysel parametrelerinin, yüzey pürüzlülüğü, kovan yüksekliği, kovan dış çapı, sürtünmeli delme yönteminin sağladığı bağlantı uzunluğu, kovan ve pul biçimleri, mikro sertlik ve mikro yapı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Sürtünmeli delme işleminin mikro yapıda meydana getirdiği değişiklikler incelenmiştir.

Miller ve diğerlerine (2005) göre sıvama ile 1,56 mm kalınlığındaki AISI 1020, 1,43 mm kalınlığındaki AISI4130, 1,62 mm kalınlığındaki Al5052 ve 1,59 mm kalınlığındaki CPTi malzemelere Co bağlayıcılı WC takımları kullanarak, 5,3 mm çapında delikler delmişlerdir. AISI 1020 ve 4130 için 2800 d/d, CPTi için 1000 d/d, ve Al5052 için ise 3600 d/d devir sayılarını seçmişlerdir. Çalışmada, mikro yapıda meydana gelen değişiklikleri, çentik, oyuk vb. gibi sertlik değişimine neden olan yapıları, yapının mikro sertliğini, sıcaklık ve deformasyonun sürtünmeli delme işlemi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Mikro yapıyı etkileyen en önemli parametrelerin sıcaklık ve iş parçasının ısı iletkenlik katsayısı olduğu, ısı iletkenlik katsayısı ve sürtünme enerjisine bağlı olarak iletilmeyen bölgesel ısının, malzemenin sertleşmesini engellediğini ve plastik deformasyonu arttırdığını, takımın yüzeyine yapışmış malzemenin sürtünme etkisini arttırdığını tespit etmişlerdir.

Miller ve Shiha'e (2007) göre Ø5,3 mm çapında konik tungsten karbür takım kullanılarak düşük karbonlu AISI 1015 karbon çeliğinden yapılmış profil malzemeye geleneksel bir delme yöntemi olmayan sürtünmeli delme yöntemi uygulanmış ve takım aşınması incelenmiştir. Takım aşınma karakteristikleri, takımın ağırlığındaki değişimlerin ölçülmesi, koordinat ölçme cihazı kullanılarak takımın şeklindeki değişimlerin incelenmesi ve elektron tarama mikroskobu kullanılarak aşınmanın zararının incelenmesi ile belirlenmiştir. Enerji dağılım spektrometresi ile delme

boyunca takım yüzeyinin kimyasal bileşimindeki değişikliklerin analizi yapılmıştır. Bunlara ilaveten delme boyunca takım aşınmasının etkilerini izlemek için itme kuvveti, moment ve delik üzerinde ölçümler yapılmıştır. Bu sonuçlara göre karbür takımın açılan 11000 delik sayısından sonra halen daha dayanıklı bir yapıya sahip olduğu ve takım aşınmasının en düşük seviyede olduğu, ama takım ucunda yapılan incelemelerde ise derin aşınmış izler bulunduğunu ifade etmişlerdir.

Davison ve diğerlerine (1999) göre et kalınlığı 12 mm'den az ince çelik borulara sıvama yöntemiyle delik delmişlerdir. Deneplerinde kaynakla birleştirilmiş somun-cıvata ile sıvama yöntemiyle dış açma yöntemini karşılaştırmışlardır. Deneplerinin sonucunda ince borulara sıvama ile delik delme yöntemiyle plastik şekil değiştirmelerinin arttığını ve kaynakla birleştirilmiş somun-cıvata yöntemine göre daha fazla mukavemetli olduğunu belirtmişlerdir.

Davison ve diğerlerine (1999) göre ince et kalınlığına sahip borulara cıvata takabilmek için yeni bir termal delik delme tekniği olan sıvama ile delik delme yöntemini incelemişlerdir. Yaptıkları deneylerin sonucunda ince et kalınlığına sahip borularda kaynak veya perçinleme yerine en uygun tekniğin sıvama ile delik delme olduğunu belirtmişlerdir.

Wang ve Chen'e (2012) göre çeşitli et kalınlıklarına sahip kare ve dairesel profilli borularda gömme başlı cıvata bağlantıları ve sıvama ile delinip dış açılmış bağlantıları deneysel olarak karşılaştırmışlardır. Deneysel çalışmalarda çekme testi cihazı kullanmışlardır. İnce et kalınlığına sahip profillerde sıvama ile dış açılmış bağlantıların daha mukavemetli olduğunu tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada, mevcut literatürden farklı olarak 40x40x1,5 mm et kalınlığına sahip 304 paslanmaz ve 6060 alüminyum kare profil kullanılacaktır. İnce cidarlı kare profillere Ø4,6 mm, Ø5,4 mm ve Ø7,3 mm çapında sıvama uçları ile delik delinerek sırası ile M5, M6 ve M8 sıvama kılavuzu çekilecektir. Sıvama ile delik delinirken 2000 d/d, 2500 d/d ve 3000 d/d devir sayıları kullanılacaktır. İlerleme hızı sabit tutulup 125 mm/d olarak alınacaktır. Aynı malzemelere matkap ucu ile malzemedan

talaş kaldırarak Ø4,2 mm, Ø5 mm ve Ø6,8 mm çapında delik delinip, sırası ile talaş kaldırarak M5, M6 ve M8 kılavuz açılacaktır. Bu iki yöntemin çekme cihazında sıyırma testi, penetrant testi ve delik üst bölgesine sertlik testi uygulanarak karşılaştırma yapılacaktır.

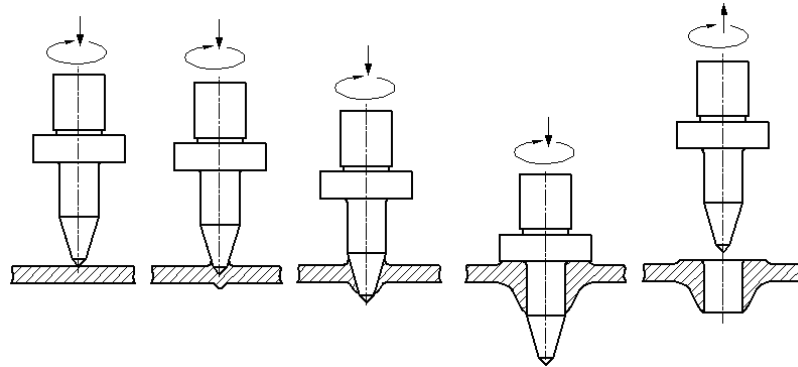


### 3. SIVAMA İLE DELİK DELME PROSESİ

Talaşlı üretim sırasında delik delme prosesi ana faktörlerden biridir. Geleneksel yöntemler ile malzemedan talaş kaldırılarak matkap ucu yardımıyla delik deliniyordu. Sıvama yöntemi ile 12 mm e kadar malzemedan talaş kaldırmaksızın ve soğutma sıvısı uygulamadan delik delme işlemi yapılmaktadır. Ayrıca delik delinen bölgede saç kalınlığının haricinde bir kovan oluşmaktadır. Bu yöntem neredeyse bütün ince duvarlı metallerde kullanılabilir. Örnek olarak bütün Kaynak çelikleri, Paslanmaz çelikler, Alüminyum, Bakır, Pirinç, Bronz, Manyetik materyaller ve Özel alaşımlara uygulanabilir. Bu yöntemin uygulanması için radyal matkap veya CNC dik işlem benzeri bir tezgâha ihtiyaç vardır. Tezgâhın parametrelerinin prosese uygun olması gerekmektedir. Uygulamanın yapılacağı tezgâh gerekli motor gücüne ve yüksek devir sayısına çıkabilmelidir (Anonim, 2017).

Sıvama ile delik delme aşamaları ilk olarak sıvama ucu tezgâha konik sıkma tutucu ile bağlanır. Malzeme cinsine, çekilecek kılavuz çeşidine göre gerekli devir sayısı ve ilerleme miktarı tezgâha girilerek sıvama ucu sürtünmeden kaynaklanan ısı ile malzemeyi sıvayarak deliği oluşturmaktadır. Son olarak da açılan deliğe kılavuz çekilmektedir.

Sıvama ile delik delme yönteminin avantajları; Çok hızlı bir işlemdir, özel bir makine yatırımı gerektirmez, daha az üretim basamakları içerir, ek bileşen yoktur, talaşsız ve bor yağsız temiz çalışma alanı sağlar.



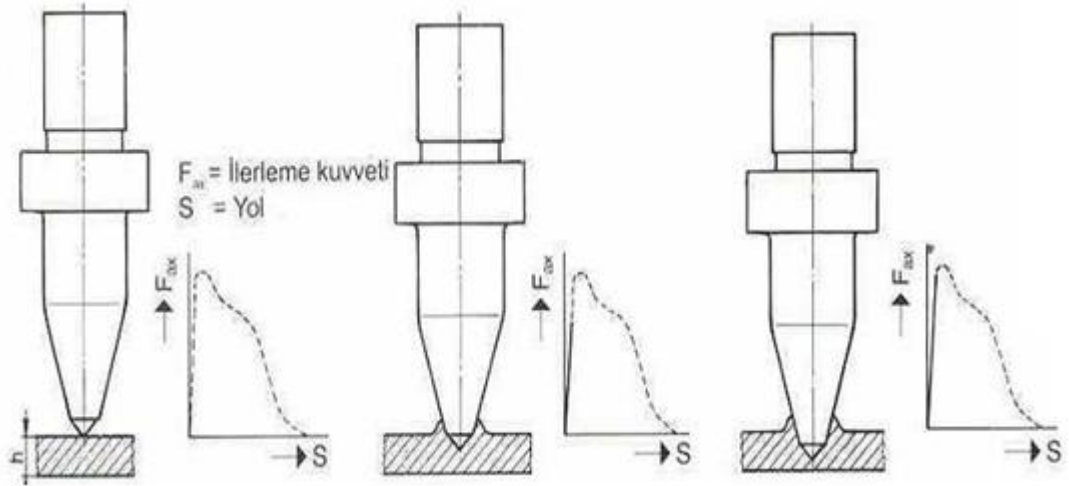
Şekil 3.1. Sıvama ile delik delme aşamaları (Doğru, 2010)

### 3.1 Sıvama Yöntemi Delik Delme Aşamaları

Sıvama yöntemi ile oluşturulan delik kovanının şekli, işleme şartlarına ilaveten delme matkabının çapına, matkabın konik uzunluğuna ve açısına bağlıdır. Delme işlemi 3 aşamada meydana gelmektedir (Doğru, 2010).

#### 3.1.1. Başlangıç aşaması

Sıvama ile delik delme yönteminde yeterli sürtünme enerjisi elde edebilmek için sıvama ucunun oldukça yüksek bir devirde dönmesi ve aynı zamanda yüksek bir ilerleme hızı ile iş parçasına temas etmesi gerekmektedir. Yüksek ilerleme hızı sayesinde yüksek bir ilerleme kuvveti elde edileceğinden takımın iş parçasına temas noktasında yüksek bir ısı enerjisi oluşacak ve ince kesitli malzemenin hızlı bir şekilde yumuşaması sağlanacaktır. Delme başlangıcında takım ilerleme kuvveti maksimum seviyededir (Doğru, 2010).

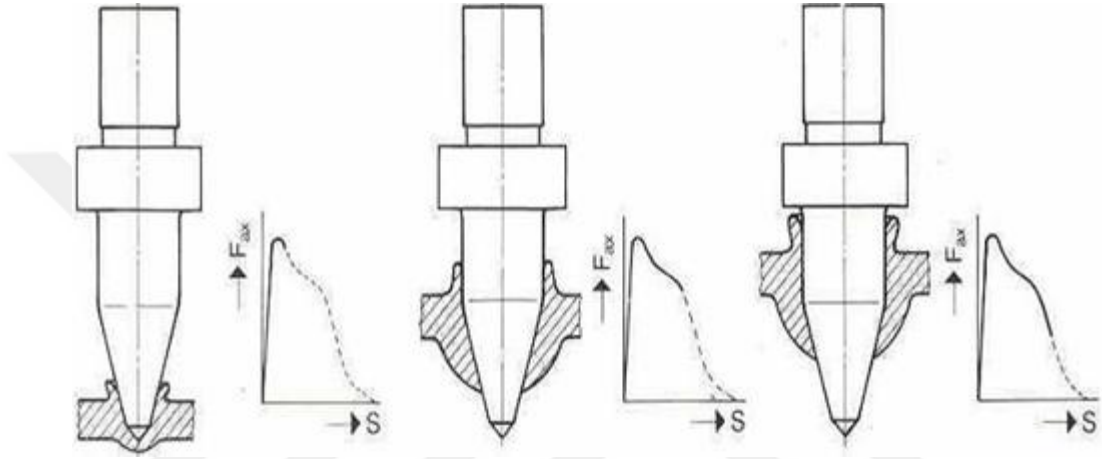


Şekil 3.2. Başlangıçta ilerleme kuvveti ile yol arasındaki ilişki (Doğru, 2010)



### 3.1.2. Akma aşaması

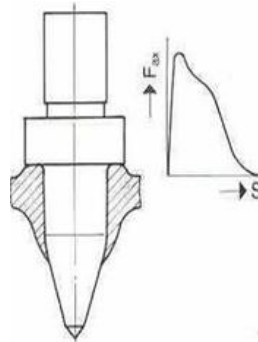
Sıvama ucunun yüksek devir sayısı ile dönerek iş parçasına uyguladığı kuvvet ile oluşan yüksek sıcaklık iş parçasının yumuşamasını sağlar ve ilerleme yönünün tersi yönünde akmaya başlar. Sıvama ucunun iş parçasını deldiği anda akma ilerleme yönünde oluşur (Doğru, 2010).



Şekil 3.3. Malzeme akışı sırasında ilerleme kuvveti ile yol ilişkisi (Doğru, 2010)

### 3.1.3. Şekillendirme aşaması

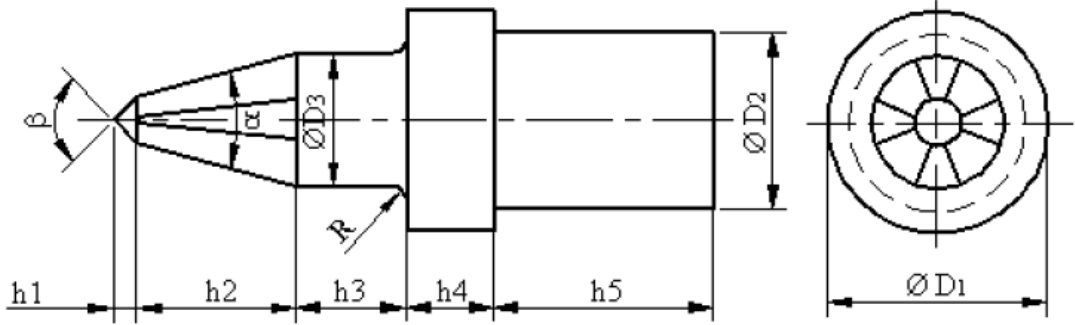
Sıvama ucunun konik ve silindirik kısmının son olarak iş parçasının içine tamamen nüfuz etmesi ile malzeme delinmiş olur. Bu durumda matkabın boyun kısa ilerleme yönünün tersine hareket ederek iş parçasının üst kısmına doğru akan malzemede şekillendirir ve sızdırmazlık halkası oluşur (Doğru, 2010).



Şekil 3.4. Şekillendirme sırasında ilerleme kuvveti ile yol ilişkisi (Doğru, 2010)

### 3. 2. Sıvama Ucu Geometrileri

Sıvama uçları düz boyunlu, kesici boyunlu, kısa tip, uzun tip, kesici ağızlı ve özel tip olmak üzere sınıflandırılır (Doğru, 2010).



Şekil 3.5. Sıvama ucu geometrisi (Doğru, 2010)

Konik uç ( $h_1$ ): Sürtünmeli delme işleminde sürtünmenin başladığı kısımdır. Delme işleminde  $h_1$  yüksekliği ile  $\beta$  açısı etkili olan parametrelerdir (Doğru, 2010).

Konik kısım ( $h_2$ ): Bu kısım konik uçtan daha küçük açiya sahiptir. Delme yüksekliğinde  $h_2$  ve  $\alpha$  açısı etkili olan bir parametredir (Doğru, 2010).

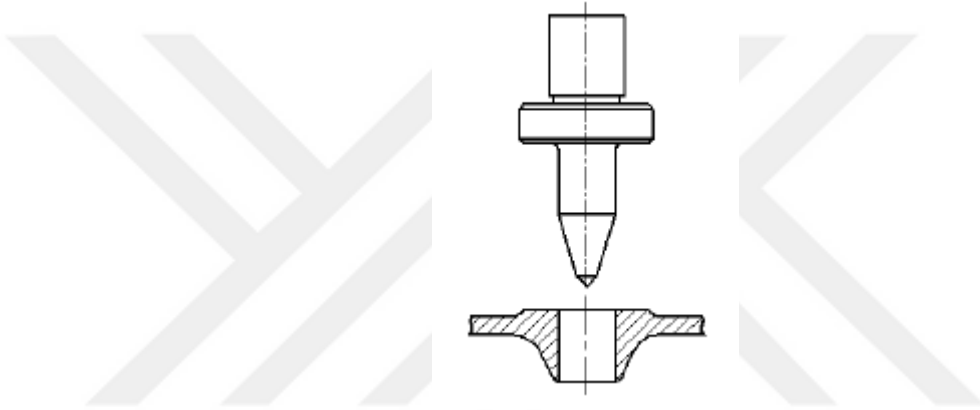
Silindirik kısım ( $h_3$ ): Açılan deliğin geometrisinin oluşturulmasını sağlayan kısımdır (Doğru, 2010).

Boyun ( $h_4$ ): Delme işleminde yumuşayan malzeme delme yönünün tersine, yukarıya doğru bir miktar akar. Bu bölge, yukarıya doğru akan kısmın boru üzerindeki eğimini kompanse ederek bir sızdırmazlık halkası ve sızdırmaz bağlantılar için ideal bir yüz yatak oluşturur (Doğru, 2010).

Bağlama sapı ( $h_5$ ): Bu kısım takımın sap kısmı olup tezgâha bağlanmasını sağlayan kısımdır (Doğru, 2010).

### 3.2.1. Uzun tip sıvama uçları

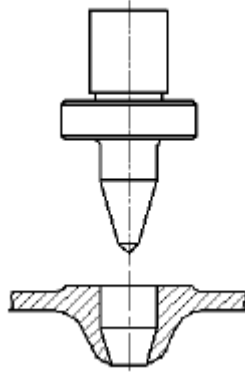
Genellikle düz silindirik deliklerin oluşturulmasında kullanılan sıvama uçlarıdır. Bu tip sıvama delme uçlarının kovan oluşumu sağlayan silindirik kısmı uzundur. 2mm ve üstü kalınlıkta malzemelerde uzun kovan yapısı oluşturmak için kullanılırlar ve aynı zamanda konik kısımları da uzun bir yapıdadır. Ayrıca bu tip matkapların düz boynu sürtünmeli delme yönünün tersine doğru akan malzemeye sızdırmazlık halkası şeklinde bir form verir (Doğru, 2010).



Şekil 3.6. Uzun tip sıvama ucu (Doğru, 2010)

### 3.2.2. Kısa tip sıvama uçları

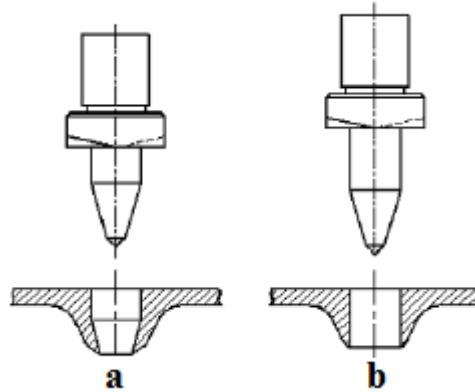
Uzun tipe kıyasla bu matkap tipinde silindirik kısmı boyu daha kısadır. Bu sıvama ucu ile şekillendirilen kovanlar genellikle konik olup, delinen kısımdaki malzemenin kalınlığı bitime doğru indikçe kovan delik çapı daralır. Bu tip sıvama uçları özellikle sıvama delme kılavuzu ile beraber kullanılmak üzere geliştirilmişlerdir. Kovanın bu şekli daha düzgün kılavuz çekme işlemi yapılmasına imkân verir. Bu şekilde deliklere açılan dişlerin formu çok düzgün olup, yüksek bir sıyırma kuvvetine sahiptir. Malzeme kalınlığının daha fazla olduğu hallerde sonradan kılavuz çekilecekse uzun tiplerin kullanılması tavsiye edilir. Ancak bu tür uygulamalarda kısa tipin kullanılması halinde kovanın ucundaki daralma, kılavuzu fazla zorlayabilir (Doğru, 2010).



Şekil 3.7. Kısa tip sıvama ucu (Doğru, 2010)

### 3.2.3. Kesici boyunlu sıvama uçları

Bu tip sıvama uçları iş parçasının üzerinde oluşan boyun kısmını tıraşlayarak temizler. İş parçasının yüzeyinde düz bir yüzey meydana gelir. Uzun ve kısa tipleri vardır (Doğru, 2010).

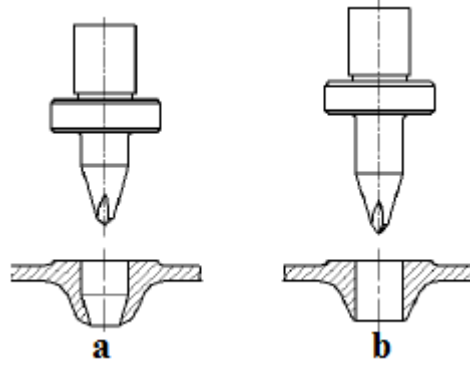


Şekil 3.8. Kesici tip sıvama ucu a) kısa tip b) uzun tip (Doğru, 2010)

### 3.2.4. Kesici ağızlı sıvama uçları

Bu tipte sürtünmeli delme uçlarının konik kısmının her iki tarafından matkabın ucuna doğru inen kesici kenarlar bulunmaktadır. Bu kesici kenarlar sayesinde ilerleme kuvveti yaklaşık 1/3 oranında azaldığı için bu uygulama matkap tezgâhları için çok uygundur. Bu tipin diğer bir uygulama alanı ise galvanizlenmiş yüzeylerdir.

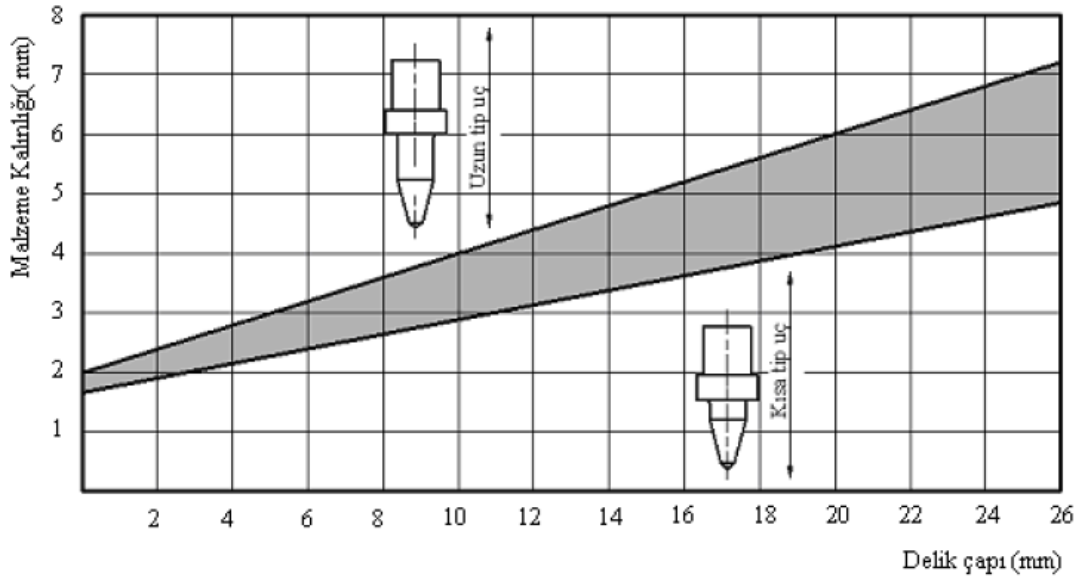
Yüzeydeki kaplamanın ilk safhada ayrıştırmasıyla, bu katmanda yer alan çabuk ergiyen malzemelerin yağlama etkisi önlenmiş olur (Doğru, 2010).



Şekil 3.9. Kesici ağızlı sıvama ucu a) kısa tip b) uzun tip (Doğru, 2010)

### 3.3. Sıvama Ucu Seçimi

Sıvama ile delik delmede kullanılan uçların seçiminde en önemli parametrelerden biri malzeme et kalınlığıdır. Malzeme et kalınlığına göre uzun tip ya da kısa tip sıvama uçları seçilir.



Şekil 3.10. Malzeme et kalınlığına göre sıvama ucunun belirlenmesi (Doğru, 2010)

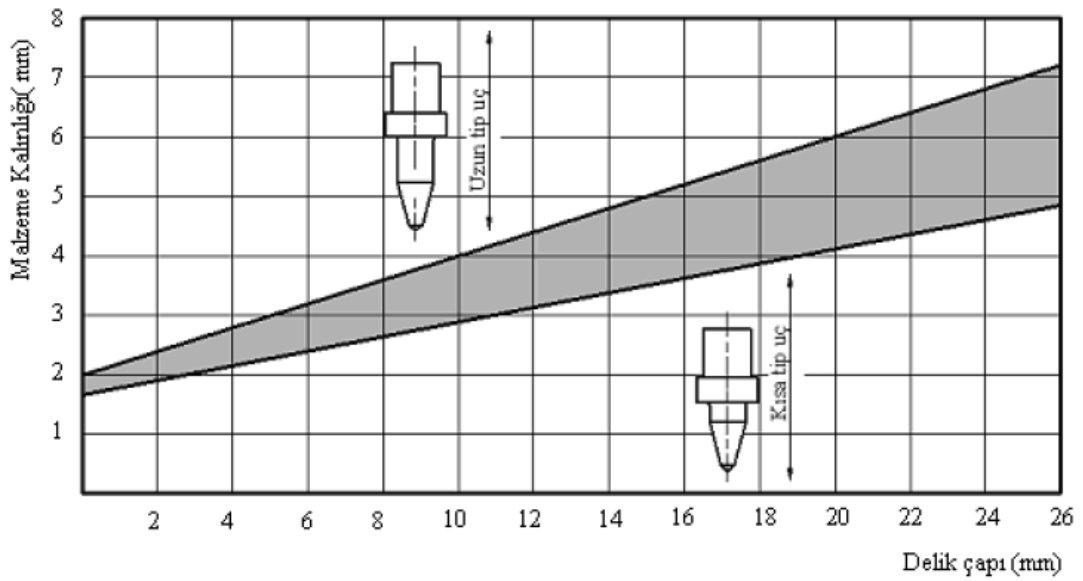
### 3.4. Delme Parametreleri

Sıvama ile delme yönteminde sızdırmazlık halkası, delik kovan biçimi ve yüzey pürüzlülüğüne etkili olan parametreler aşağıdaki gibidir (Doğru, 2010).

1. Eksenel kuvvet,  $F_e$  [N]
2. Takım ilerlemesi,  $f$  [mm/d]
3. Devir sayısı,  $n$  [d/d]
4. Tezgâh gücü,  $P$  [kW]
5. Malzeme kalınlığı,  $h$  [mm]

#### 3.4.1. Eksenel kuvvet

Eksenel kuvvetin değeri sıvama ucu çapına bağlı olarak değişmektedir.



Şekil 3.11. Eksenel kuvvetin delik çapına bağlı olarak değişimi (Doğru, 2010)

#### 3.4.2. Takım ilerlemesi

Sıvama ile delik delme yönteminde takım ilerlemesinin malzemenin yüzey pürüzlülüğü ile takımın aşınması üzerinde önemli derecede etkisi vardır. Yüksek

ilerleme hızları ile yapılan delme işlemlerinde, iş parçasının delik bölgesinde yeterli ergime sıcaklığı elde edilemez ve eriyen malzeme sıvama ucuna yapışır. Bunun sonucunda takım üzerinde derin izler oluşarak yüzey pürüzlülüğü yüksek olan delik meydana gelir. İlerleme hızının çok yavaş olması, sıvama delme işleminin daha uzun sürmesine ve bundan dolayı da iş parçasının delik bölgesinde farklı soğuma bölgelerinin oluşmasına sebep olur. Delik yüzeyi üst katmanı delik yüzeyi alt katmanına göre daha hızlı soğuduğu için delme boyunca sürtünme matkabı metale yapışır ve kötü bir delik yüzey kalitesi elde edilir (Doğru, 2010).

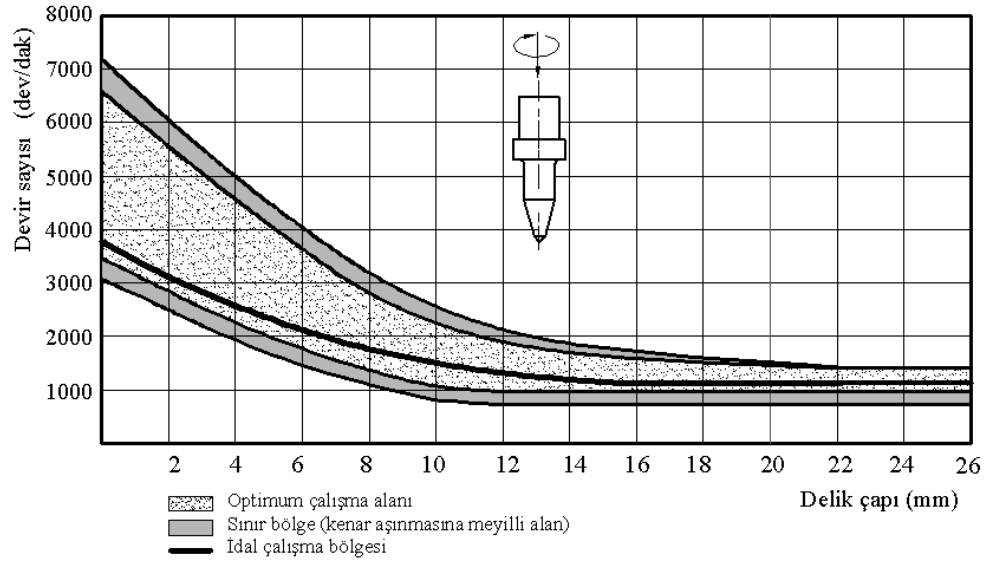
### **3.4.3. Sürtünme açısı**

Sıvama ile delik delme yöntemi sürtünme açısı, sıvama ucunun iş parçası yüzeyine temas miktarını artırarak kovan uzunluğunu değiştirir. Bu açı delik pürüzlülüğünü etkileyen en önemli faktörlerden biridir (Doğru, 2010).

### **3.4.4. Devir sayısı**

İş parçasının malzemesi ve kalınlığına göre uygun seçilen devir sayısı takım ömrünü artırmaktadır. Ayrıca yüzey pürüzlülüğünü etkileyen parametrelerin başında en fazla devir sayısı gelmektedir. Devir sayısı arttıkça malzemenin metal kristalleşme enerjisi artmakta ve tam bir ergime sıcaklığı elde edilmektedir. Bundan dolayı yüzey pürüzlülüğü azalmaktadır (Doğru, 2010).

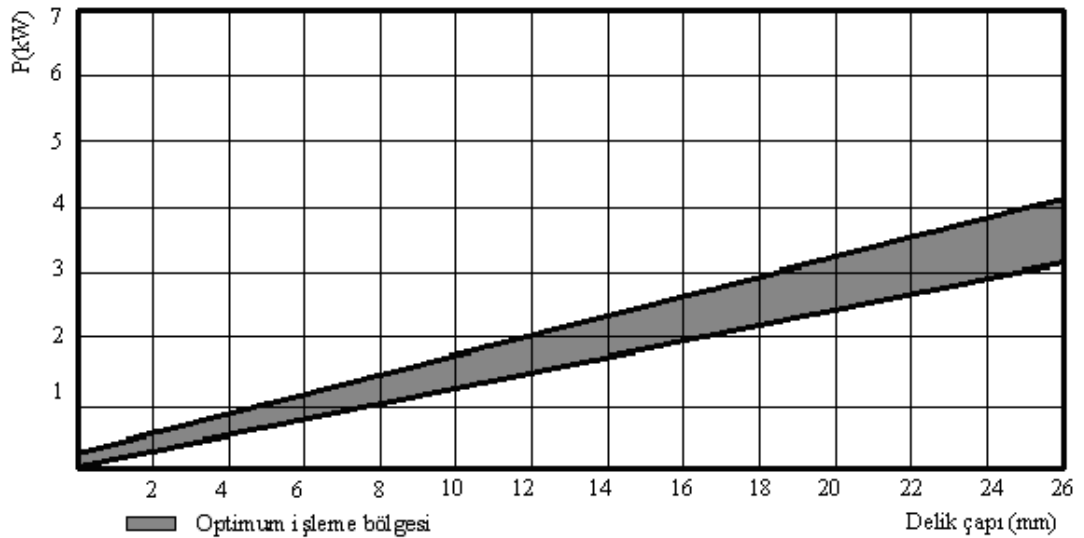
Devir sayısı seçimi öncelikli olarak matkap çapına bağlı olup aynı zamanda iş parçasının kalınlığına ve malzeme cinsine bağlıdır. Demir dışı malzemeler de ise daha yüksek devir sayılarına ihtiyaç duyulur. Eş. 3.12.'de düşük alaşımlı çelik malzemeler için matkap çapına bağlı olarak devir sayısı değişimi gösterilmiştir (Doğru, 2010).



Şekil 3.12. Sıvama ucu çapına bağlı olarak devir sayısı seçim aralığı (Doğru, 2010)

### 3.4.5. Tahrik gücü

Delik çapı ve devir sayısı kombinasyonu güç karakteristiği oluşturur. Eş. 3.13.'de yeterli tahrik gücüne sahip olduğu sürece, piyasada mevcut matkap tezgâhlarının çoğu sürtünmeli delik delme işleminde kullanılabilir (Doğru, 2010).



Şekil 3.13. Tahrik gücü ile delik çapı arasındaki ilişki (Doğru, 2010)



### 3.4.6. Malzeme kalınlığı

Sıvama ile delik delmede kovan oluşumuna en büyük etkiyi malzemenin kalınlığının sıvama ucu takımının çapına oranı ( $h/d$ ) göstermektedir. Bu oranın yükselmesi, delinen deliklerde daha düzgün bir şekilde kovan oluşumunu sağlamaktadır. Malzeme kalınlığının takım çapına oranının ( $h/d$ ) düşmesi ile oluşan delik kovani oluşan delik kovani yonca yaprağı biçimini almakta ve kovanda radyal yırtıklar meydana gelmektedir. Bu durum delinen deliğin kovan biçimi bozarak istenmeyen deliklerin elde edilmesine neden olmaktadır (Doğru, 2010).



Şekil 3.14. Sıvama ile delik delmede oluşan kovan şekilleri (Doğru, 2010)

### 3.5 Kullanım Alanları

Sıvama ile delik delme ve kılavuz çekme imalat yöntemini günümüzde birçok farklı sektörde görmektedir. Bunlardan bazıları aşağıdaki gibidir (Anonim, 2017).

1. İnce et kalınlığına sahip vidalı bağlantılarında,
2. Sızdırmazlık isteyen sıvı, gaz vb. boru bağlantılarında,
3. Otomotiv endüstrisinde,
4. Boru kelepçelerinde,
5. Su ve basınç tanklarında,
6. Soğutma sistemlerinde,
7. Tank Kapaklarında (Demir, 2012).



**Şekil 3.15.** Seyahat araçları takograf ve otomatik vites tutucu (Sözügüzel, 2007)

### 3.6. Sıvama ile Delik Delinen Bölgeye Kılavuz Açma

Sıvama ile delik delinen bölgelere cıvata bağlantısı yapılabilmesi için diş açılması gerekmektedir. Bu yöntem geleneksel talaş kaldıran kılavuzlardan farklıdır. Ovalama kılavuzu olarak da bilinen sıvama kılavuzu, sıvama ile delinen bölgeden talaş kaldırmaksızın diş açmaktadır. Genel olarak kullanılan kılavuz açma makinelerinde çok rahat açılabilir.

Ovalama kılavuzu soğuk şekillendirme ile kılavuz açtığı için kılavuzun yağlanması hem kılavuz ömrünü uzatır hem de daha kaliteli diş elde edilmesini sağlamaktadır (Doğru, 2010).



**Şekil 3.16.** Ovalama kılavuzu (Anonim, 2019)

### 3.7. Sıvama Yönteminin Avantajları

Sıvama yöntemi et kalınlığı ince olan malzemelere dış açılmasında büyük avantaj sağlamaktadır. Üretimde yaygın olarak kullanılmayan bir yöntem olmasına rağmen, kullanılması durumunda üretime katkısı olan bir imalat yöntemidir. Yöntemin avantajları aşağıdaki gibidir (Demir, 2012).

1. Sıvama yöntemi, ince kesitli malzemelerin bağlantılarında oluşan kovan yardımıyla bağlantı uzunluğunu arttırdığından, ek malzeme kaynatma, perçinleme ve puntalama gibi ek işlem gerektirmediğinden, yöntemin imalat maliyetini düşürür ve işlem süresini kısaltır (Demir, 2012).
2. Vida çekme işlemleri seri üretimde zamandan ve maliyetten tasarruf, borularda güvenli bağlantı sağlar (Demir, 2012).
3. Daha yüksek delme hızları ile daha düşük imalat zamanları oluşur. Takım ömürleri geleneksel delmeye göre daha yüksektir. Bununla birlikte bir otomasyon sağlar (Doğru, 2010).

#### 4. MATERYAL VE METOT

Bu araştırmada 1,5 mm et kalınlığına sahip kare profillere sıvama ve matkap ucu ile delik delinip kılavuz çekilmiştir. Deney numuneleri 40x40x1,5 mm 304 paslanmaz ve 6060 alüminyum profildir.

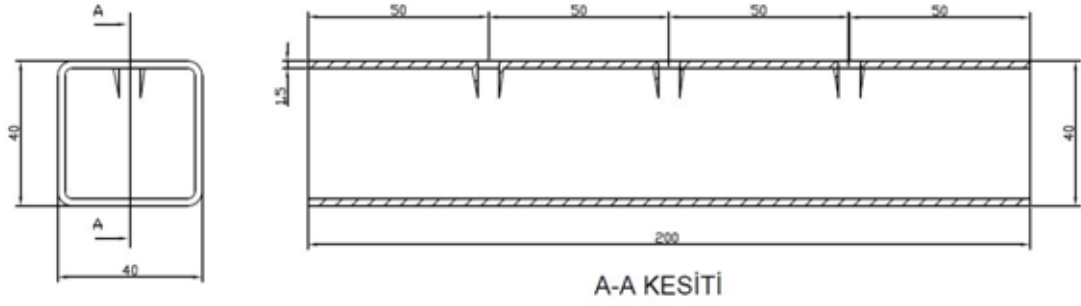
Sıvama yönteminde ilerleme sabit tutulup 125 mm/d olarak alınmıştır. Numunelere sıvama ucu ile Ø4,6 mm, Ø5,5 mm ve Ø7,3 mm çapında farklı devir sayılarında 2000 d/d, 2500 d/d ve 3000 d/d devirde delik delinip, sırası ile M5, M6 ve M8 diş açılmıştır. Sıvama yönteminde devir sayısının sıyırma kuvvetine, çatlak ve delik bölgesinde sertlik oluşumuna etkisi incelenmiştir.

Matkap yönteminde numunelere matkap ucu ile talaş kaldırılarak Ø4,2 mm, Ø5 mm ve Ø6,8 mm çapında delik delinerek sırası ile M5, M6 ve M8 kılavuz çekilmiştir. Matkap yönteminde delinen ve kılavuz çekilen numuneler sıyırma, penetrant ve sertlik testine tabi tutulmuştur.

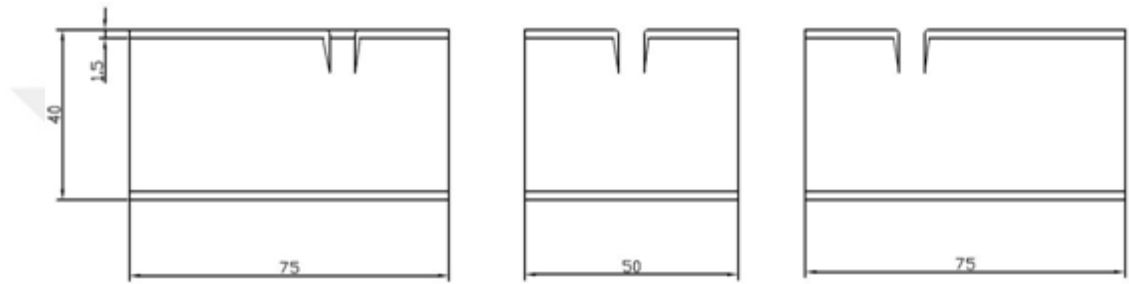
Sıvama ve matkap yöntemi ile delik delinip kılavuz çekilmiş numunelerin sıyırma kuvveti, penetrant testi ve delik bölgesindeki sertlik değerleri karşılaştırılmıştır.

##### 4.1. Sıvama Yöntemi Malzemeleri

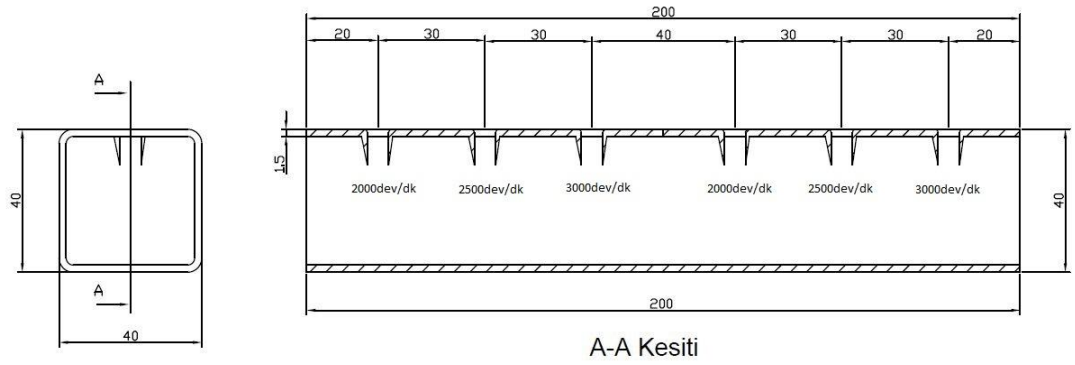
Deneyde kullanılacak profiller 200 mm boyunda ve üzerine 3 delik delinecek şekilde sıyırma testi için hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelerin üzerine her delik ve devir sayısından 3'er delik delinmiştir. Her devir sayısı ve delik çapı sıyırma testi doğruluğu için 3'er adet yapıp aritmetik ortalaması alınmıştır.



Şekil 4.1. SY sıyırma testi deney numunesi çizimi



Şekil 4.2. SY sıyırma testi kesilmiş deney numunesi çizimi



Şekil 4.3. SY çatlak ve sertlik testi deney numunesi çizimi

#### 4.1.1 Sıvama yöntemi parametreleri

Deneyde sıvama yöntemi ile farklı malzemeye toplamda 90 adet delik delinip kılavuz çekilmiştir. Sıyırma testinde herhangi bir yanlışlık ve verilerde hataya sebep olmamak için 3 adet aynı devir sayısı ve sıvama ucu çapında yapılmış ve sonuçların ortalaması alınmıştır. Örneğin numune 1 üzerine 3 adet aynı devir sayıda, aynı çapta ve sabit ilerlemede delik delinmiştir.

**Çizelge 4.1.** Paslanmaz kare profil yapılacak deney sıralaması

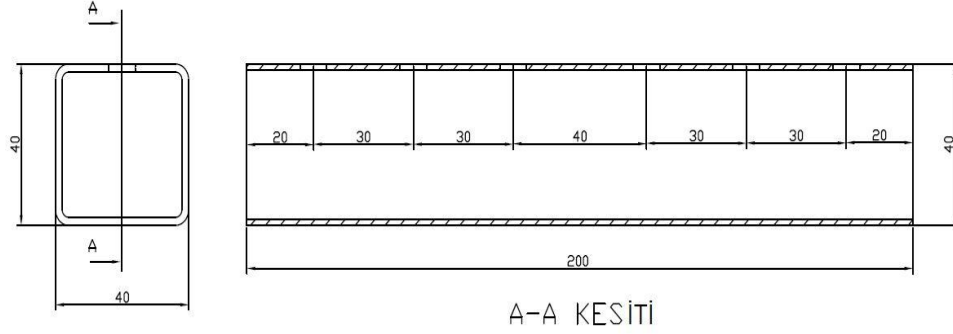
40x40x1,5 mm 304 Paslanmaz Kare Profil					
Numune No	Delik Çapı (mm)	Kılavuz	Devir Sayısı (d/d)	Test	Delik Sayısı
Numune 1	Ø4,6	M5	2000	Çekme (Sıyırma)	3
Numune 2			2500	Çekme (Sıyırma)	3
Numune 3			3000	Çekme (Sıyırma)	3
Numune 4			2000 -2500-3000	Sertlik ve Çatlak	6
Numune 5	Ø5,5	M6	2000	Çekme (Sıyırma)	3
Numune 6			2500	Çekme (Sıyırma)	3
Numune 7			3000	Çekme (Sıyırma)	3
Numune 8			2000 -2500-3000	Sertlik ve Çatlak	6
Numune 9	Ø7,3	M8	2000	Çekme (Sıyırma)	3
Numune 10			2500	Çekme (Sıyırma)	3
Numune 11			3000	Çekme (Sıyırma)	3
Numune 12			2000 -2500-3000	Sertlik ve Çatlak	6
Toplam					45

**Çizelge 4.2.** Alüminyum kare profil yapılacak deney sıralaması

40x40x1,5 mm 6060 Alüminyum Kare Profil					
Numune No	Delik Çapı (mm)	Kılavuz	Devir Sayısı (d/d)	Test	Delik sayısı
Numune 1	Ø4,6	M5	2000	Çekme (Sıyırma)	3
Numune 2			2500	Çekme (Sıyırma)	3
Numune 3			3000	Çekme (Sıyırma)	3
Numune 4			2000 -2500-3000	Sertlik ve Çatlak	6
Numune 5	Ø5,5	M6	2000	Çekme (Sıyırma)	3
Numune 6			2500	Çekme (Sıyırma)	3
Numune 7			3000	Çekme (Sıyırma)	3
Numune 8			2000 -2500-3000	Sertlik ve Çatlak	6
Numune 9	Ø7,3	M8	2000	Çekme (Sıyırma)	3
Numune 10			2500	Çekme (Sıyırma)	3
Numune 11			3000	Çekme (Sıyırma)	3
Numune 12			2000 -2500-3000	Sertlik ve Çatlak	6
Toplam					45

## 4.2. Matkap Yöntemi Malzemeleri

Matkap ucu ile malzemeden talaş kaldırılarak 3 farklı delik çapında deney numunesi olan profillere 5 adet delik delinmiştir.



Şekil 4.4. MY ile delinecek numuneler

### 4.2.1. Matkap yöntemi parametreleri

Matkap yöntemi ile delinecek 2 çeşit malzemeye toplamda 30 adet delik delinmiştir. Bu deliklerden 18 adet çekme testinde, 6 adet çatlak tayininde ve 6 adet de sertlik testinde kullanılmıştır.

Çizelge 4.3. Paslanmaz kare profile matkap ucu ile delinecek deney sıralaması

40x40x1,5 mm 304 Paslanmaz Kare Profil				
Numune No	Delik Çapı (mm)	Kılavuz	Test	Delik Sayısı
Numune 13	Ø4,2	M5	Çekme (Sıyırma), Sertlik, Çatlak	5
Numune 14	Ø5	M6	Çekme (Sıyırma), Sertlik, Çatlak	5
Numune 15	Ø6,8	M8	Çekme (Sıyırma), Sertlik, Çatlak	5
Toplam				15

**Çizelge 4.4.** Alüminyum kare profile matkap ucu ile delinecek deney sıralaması

40x40x1,5 mm 6060 Alüminyum Kare Profil				
Numune No	Delik Çapı (mm)	Kılavuz	Test	Delik Sayısı
Numune 13	Ø4,2	M5	Çekme (Sıyırma), Sertlik, Çatlak	5
Numune 14	Ø5	M6	Çekme (Sıyırma), Sertlik, Çatlak	5
Numune 15	Ø6,8	M8	Çekme (Sıyırma), Sertlik, Çatlak	5
			Toplam	15

### 4.3. Sıvama Uçları ve Kılavuzları

Deneyde uzun boyunlu tip çapları Ø4,6 mm, Ø5,5 mm ve Ø7,3 mm olan sıvama ucu kullanılmıştır.



**Resim 4.1.** Deneyde kullanılan sıvama uçları

Sıvama ucu ile delinen deliğe kılavuz çekebilmek için ovalama tipi M5, M6 ve M8 kılavuzlar kullanılmıştır.

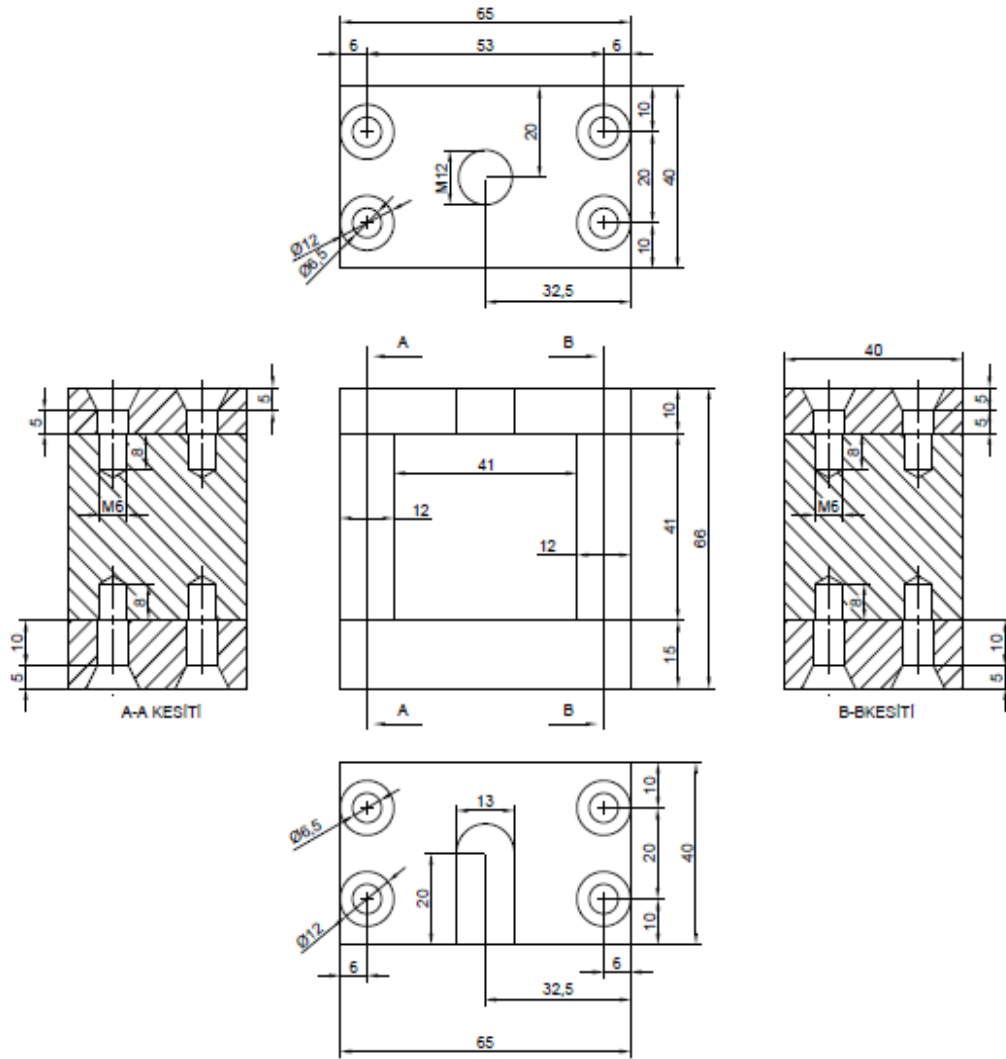




**Resim 4.2.** Deneyde kullanılan sıvama kılavuzları

#### **4.4. Sıyırma Testi Fikstür Tasarımı**

Statik çekme cihazı çenelerine deney numunelerin bağlanmasını sağlamak için deney numunelerini bağlama fikstürü yapılmıştır.



Şekil 4.5. Sıyırma testi cihaz bağlantı fikstür teknik resmi

#### 4.5. CNC Tezgâh Özellikleri

Deneylerde CNC köprü tipi dik işleme merkezi tezgâhı kullanılmıştır. Deneyler Ece Holdingin iştirak şirketi olan Genesis Teknolojik Ürünler A.Ş.'nde yapılmıştır.

**Çizelge 4.5.** Deneylerde kullanılan CNC tezgahı özellikleri

Özellik	Değeri
Tabla ölçüleri	3100x1700 mm
Max. iş parçası ağırlığı	11000 kg
X eksen hareketi	3200 mm
Y eksen hareketi	1600 mm
Z eksen hareketi	900 mm
Boşta hareket hızları X/Y/Z	20/20/15 m/d
Kesme hızı	10 m/d
İş mili motoru	26 kW
Eksen motorları X/Y/Z	7/4/4 kW
Takım sayısı	32
Tekrarlama hassasiyeti	±0.003

**Resim 4.3.** CNC köprü tipi dik işleme merkezi

## 5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE SONUÇLAR

Sıvama yöntemi ile delik delmede 3 adet sıvama ucu, 3 farklı devir sayısı ve 2 çeşit malzeme kullanılmıştır. Matkap ile 2 çeşit malzemeye, 3 farklı çapta delik delinip kılavuz çekilmiştir. Sıvama yöntemi farklı devir sayıları ve farklı çaplardaki sıyırma testi, çatlak testi ve sertlik testi karşılaştırılmıştır. Ayrıca matkap ucu ile delinen deliklere de kılavuz çekilerek aynı testler uygulanarak matkap ve sıvama yöntemi karşılaştırılmıştır.

### 5.1. Sıvayarak Delik Delme ve Kılavuz Açma Yöntemi

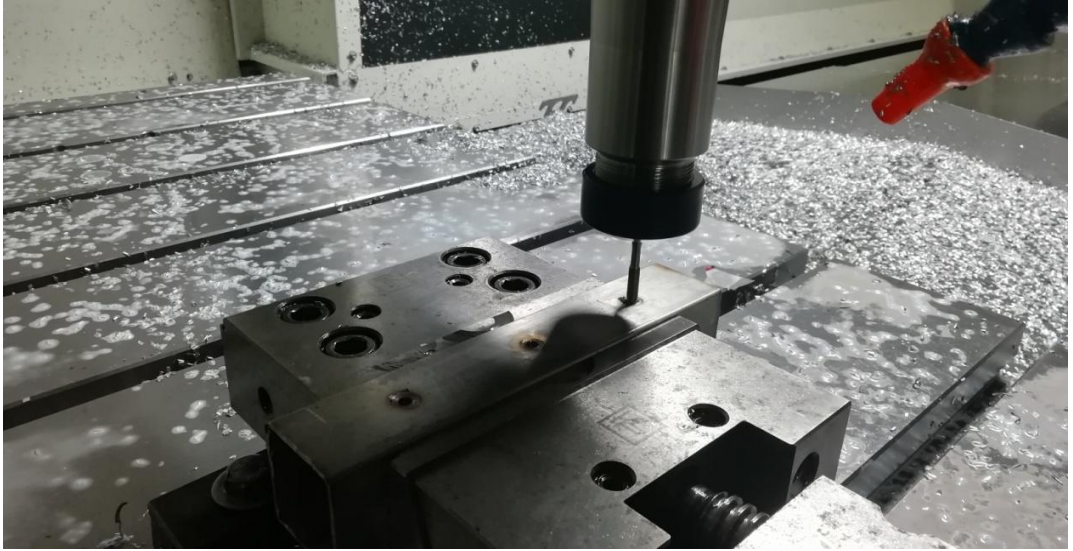
Deney numuneleri CNC tezgâhının tablasına mengene ile bağlanmıştır. Sıvama uçları CNC tezgâhın malafasına pens ile bağlanarak tezgâhın magazinine takım numarası atayarak gönderilmiştir. Deney numuneleri 3 boyutlu çizilmiştir. Parametrelerde değişiklikler için Cam programı yapılmıştır. Parça sıfırlaması yapılarak numunelerin X/Y ve Z eksenleri tezgâha tanıtılmıştır. Sıvama ile delik delme işlemi gerçekleştirilmiştir.



**Resim 5.1.** Deney numunesinin CNC tezgahına bağlantısı



**Resim 5.2.** Sıvama ucu ile delik delinirken



**Resim 5.3.** Sıvama kılavuzu çekilirken



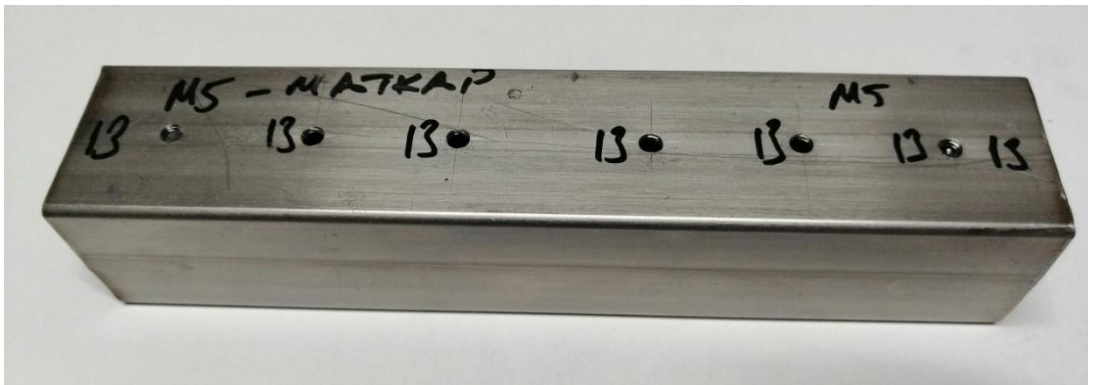
**Resim 5.4.** Sıvama ucu ile delik delinip kılavuz çekilmiş deney numunesi

## 5.2. Matkap Ucu ile Delik Delme ve Kılavuz Açma Yöntemi

Matkap ucu ile malzemeden talaş kaldırılarak matkap tezgâhından deney numunelerine delik açılmış ve kılavuz çekilmiştir.



**Resim 5.5.** Matkap ucu ile delik delinirken



**Resim 5.6.** Matkap ucu ile delik delinen ve kılavuz çekilen numune

### 5.3. Sıvama Yöntemi Sonucu Kovan Yükseklikleri

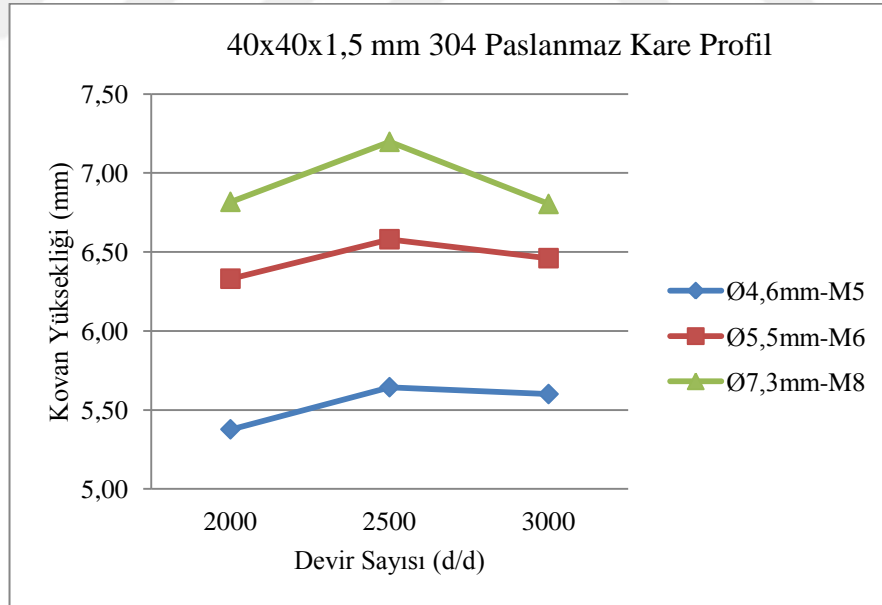
Sıyırma testi öncesinde sıvama yöntemi ile delinen numunelerin kovan yükseklikleri ölçülmüştür. Örneğin 304 paslanmaz 40x40x1,5 mm kare profilden M5, 2000 d/d 3 adet delik delinip 3 ölçüm yapılmıştır.



**Resim 5.7.** Kovan yüksekliği ölçümü

**Çizelge 5.1.** Delik çapları ve devir sayılarına göre kovan yükseklikleri

40x40x1,5 mm 304 Paslanmaz Kare Profil			
Numune No	Delik Çapı ve Kılavuz	Devir Sayısı (d/d)	Kovan Yüksekliği (mm)
Numune 1	Ø4,6 mm-M5	2000	5,38
Numune 2	Ø4,6 mm-M5	2500	5,64
Numune 3	Ø4,6 mm-M5	3000	5,60
Numune 5	Ø5,5 mm-M6	2000	6,33
Numune 6	Ø5,5 mm-M6	2500	6,58
Numune 7	Ø5,5 mm-M6	3000	6,46
Numune 9	Ø7,3 mm-M8	2000	6,82
Numune 10	Ø7,3 mm-M8	2500	7,20
Numune 11	Ø7,3 mm-M8	3000	6,80

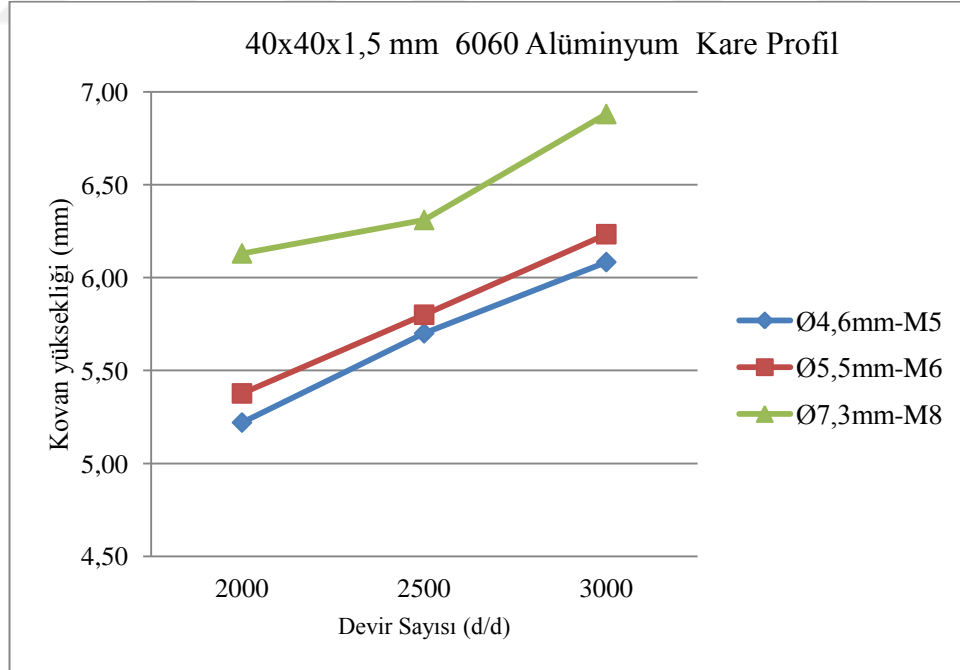


**Şekil 5.1.** Devir sayılarına göre kovan yüksekliğinin değişimi



**Çizelge 5.2.** Delik çapları ve devir sayılarına göre kovan yükseklikleri

40x40x1,5 mm 6060 Alüminyum Kare Profil			
Numune No	Delik Çapı ve Kılavuz	Devir Sayısı (d/d)	Kovan Yüksekliği (mm)
Numune 1	Ø4,6 mm-M5	2000	5,22
Numune 2	Ø4,6 mm-M5	2500	5,70
Numune 3	Ø4,6 mm-M5	3000	6,08
Numune 5	Ø5,5 mm-M6	2000	5,38
Numune 6	Ø5,5 mm-M6	2500	5,80
Numune 7	Ø5,5 mm-M6	3000	6,23
Numune 9	Ø7,3 mm-M8	2000	6,13
Numune 10	Ø7,3 mm-M8	2500	6,31
Numune 11	Ø7,3 mm-M8	3000	6,88

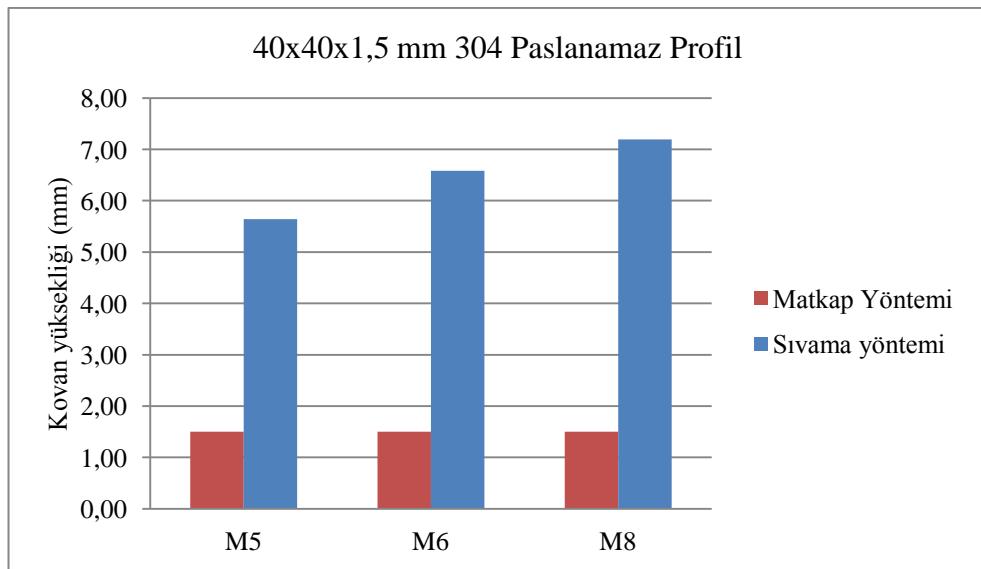
**Şekil 5.2.** Devir sayılarına göre kovan yüksekliğinin değişimi

#### 5.4. SY ve MY Kovan Yüksekliği Karşılaştırması

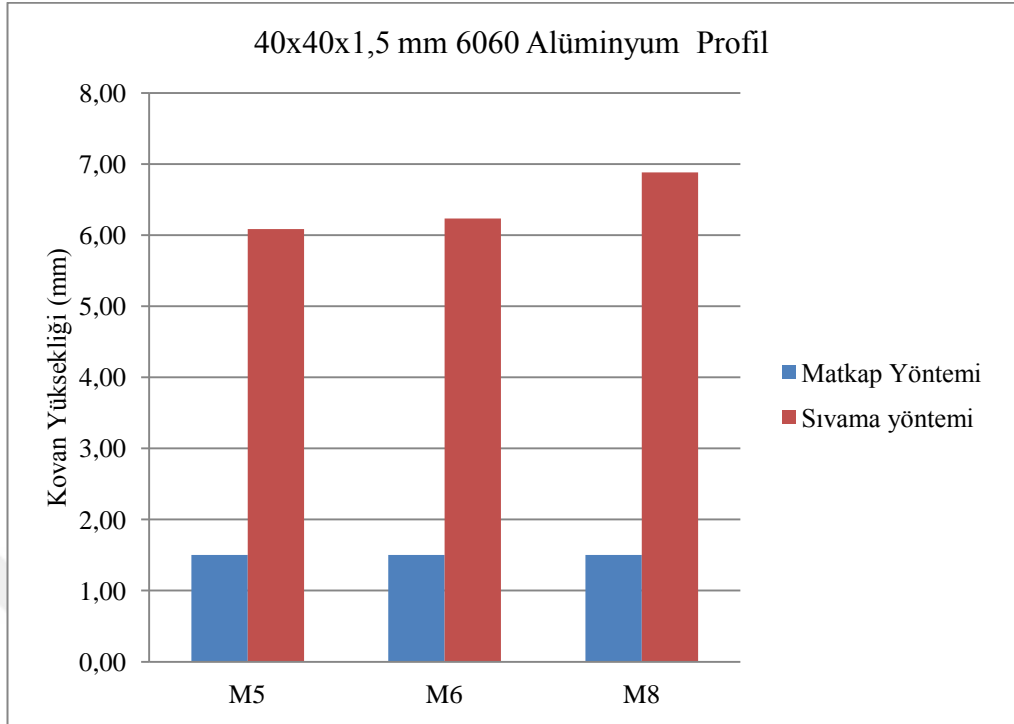
Matkap yönteminde oluşan kovan yüksekliği deneyde kullanılan numunelerin et kalınlığına eşittir. Matkap yöntemiyle delik delinip kılavuz çekilen numunelerin kovan yükseklikleri 1,5 mm dir.

**Çizelge 5.3.** Matkap yöntemi kovan yükseklikleri

Numune No	Delik Çapı ve Kılavuz	Malzeme	Kovan Yüksekliği (mm)
Numune 13	Ø4,2 mm-M5	40x40x1,5 mm 304 Paslanmaz Kare Profil	1,50
Numune 14	Ø5 mm-M6	40x40x1,5 mm 304 Paslanmaz Kare Profil	1,50
Numune 15	Ø6,8 mm-M8	40x40x1,5 mm 304 Paslanmaz Kare Profil	1,50
Numune 13	Ø4,2 mm-M5	40x40x1,5 mm 6060 Alüminyum Kare Profil	1,50
Numune 14	Ø5 mm-M6	40x40x1,5 mm 6060 Alüminyum Kare Profil	1,50
Numune 15	Ø6,8 mm-M8	40x40x1,5 mm 6060 Alüminyum Kare Profil	1,50



**Şekil 5.3.** SY ve MY kovan yüksekliği karşılaştırması



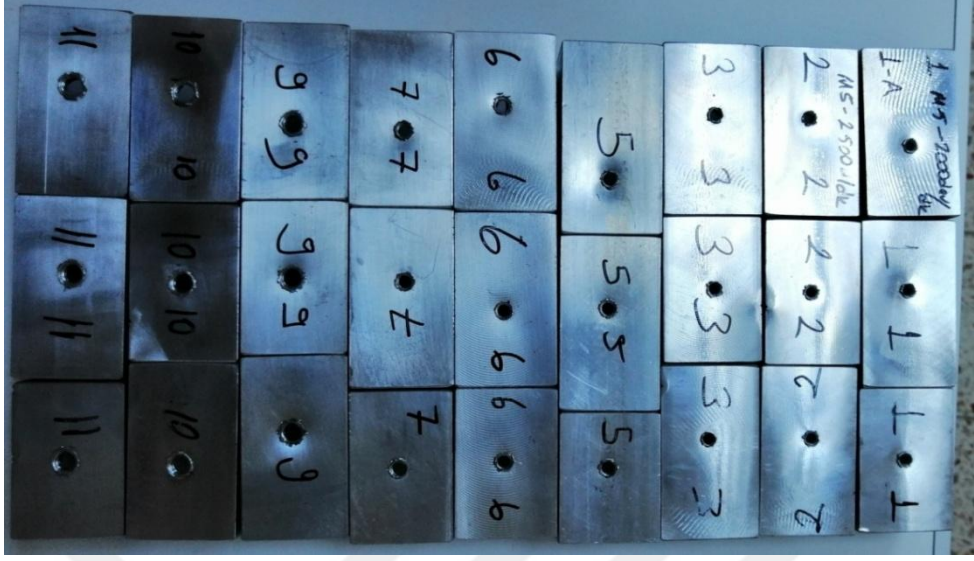
**Şekil 5.4.** SY ve MY kovan yüksekliği karşılaştırması

### 5.5. Sıyırma Testi

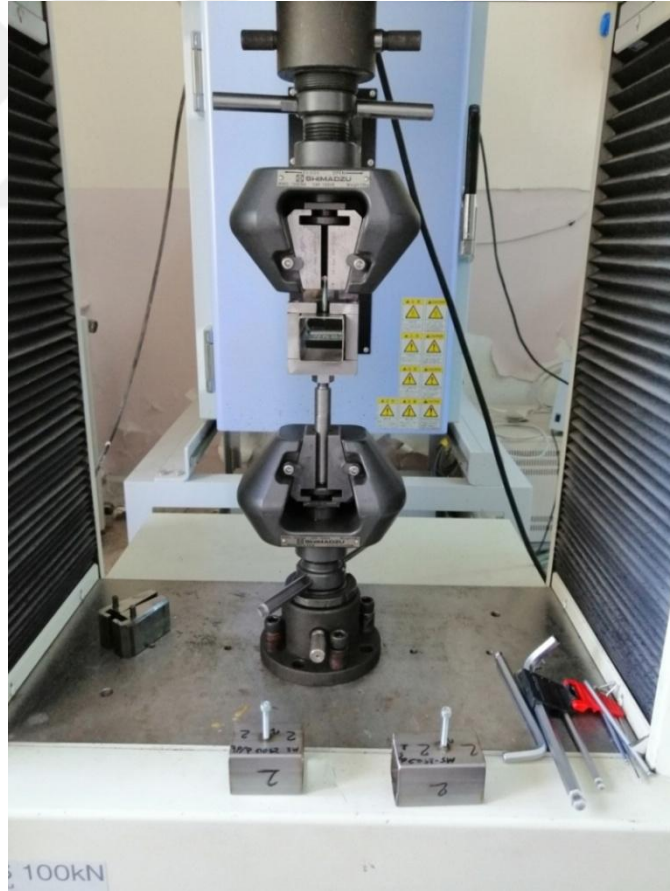
Hitit üniversitesi laboratuvarında bulunan SHIMADZU 100 kN çekme test cihazında sıyırma testi yapılmıştır. Sıvama ve matkap yöntemiyle delikler delindikten sonra kılavuzlar çekilip numuneler sıyırma testi için kesilip hazırlanmıştır.



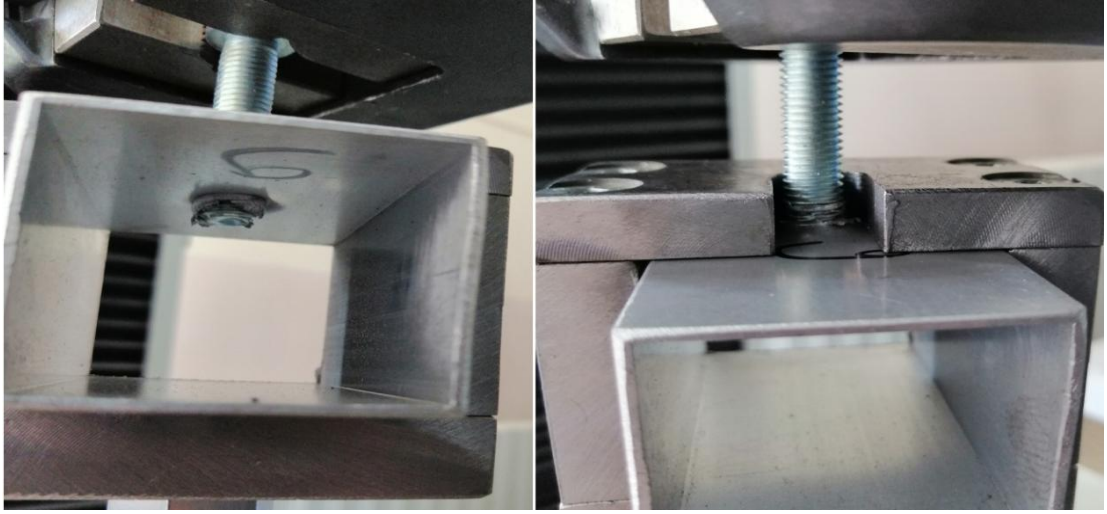
**Resim 5.8.** Sıyırma testi paslanmaz deney numuneleri



**Resim 5.9.** Sıyırma testi alüminyum deney numuneleri



**Resim 5.10.** Sıyırma testi deneyi



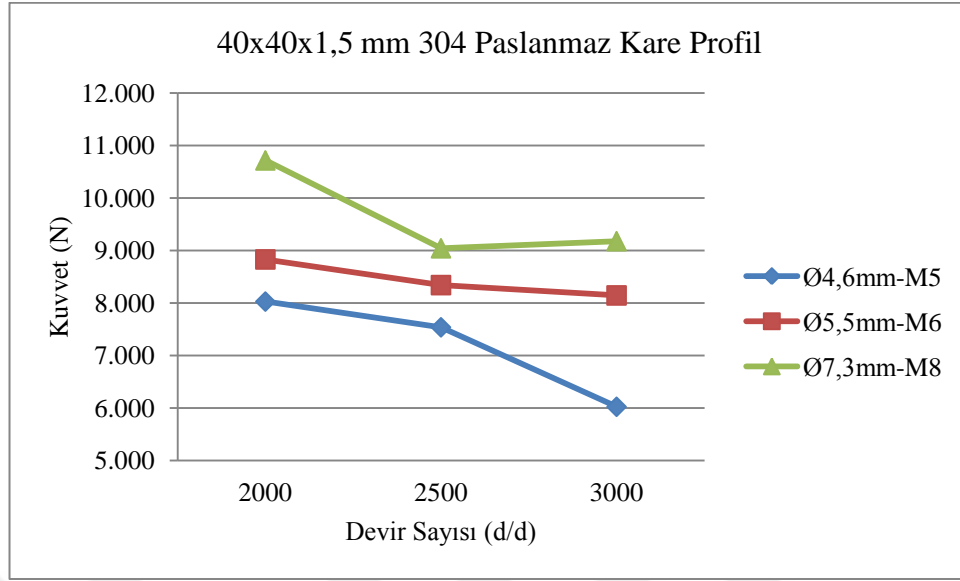
**Resim 5.11.** Sıyırma testi yapılmış numune

### 5.5.1. SY sıyırma testi ve sonuçları

Sıyırma testi sonuçlarının doğruluğu yönünden her test 3 adet yapılmıştır. Bu değerlerin ortalaması alınarak değerler elde edilmiştir.

**Çizelge 5.4.** Sıyırma testi sonucu kuvvet değerleri

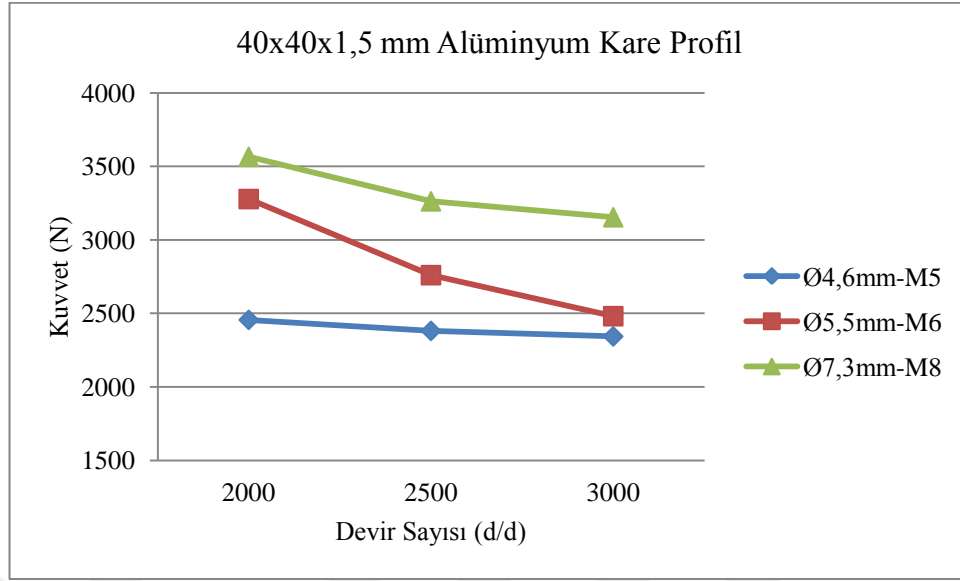
40x40x1,5 mm 304 Paslanmaz Kare Profil			
Numune No	Delik Çapı ve Kılavuz	Devir Sayısı (d/d)	Kuvvet (N)
Numune 1	Ø4,6 mm-M5	2000	8026,04
Numune 2	Ø4,6 mm-M5	2500	7535,42
Numune 3	Ø4,6 mm-M5	3000	6021,88
Numune 5	Ø5,5 mm-M6	2000	8828,13
Numune 6	Ø5,5 mm-M6	2500	8339,59
Numune 7	Ø5,5 mm-M6	3000	8142,71
Numune 9	Ø7,3 mm-M8	2000	10714,60
Numune 10	Ø7,3 mm-M8	2500	9040,62
Numune 11	Ø7,3 mm-M8	3000	9176,05



**Şekil 5.5.** Devir sayılarına göre kuvvet değişimi

**Çizelge 5.5.** Sıyırma testi sonucu kuvvet değerleri

40x40x1,5 mm 6060 Alüminyum Kare Profil			
Numune No	Delik Çapı ve Kılavuz	Devir Sayısı (d/d)	Kuvvet (N)
Numune 1	Ø4,6 mm-M5	2000	2456,25
Numune 2	Ø4,6 mm-M5	2500	2381,25
Numune 3	Ø4,6 mm-M5	3000	2343,75
Numune 5	Ø5,5 mm-M6	2000	3278,13
Numune 6	Ø5,5 mm-M6	2500	2760,42
Numune 7	Ø5,5 mm-M6	3000	2481,25
Numune 9	Ø7,3 mm-M8	2000	3565,63
Numune 10	Ø7,3 mm-M8	2500	3262,50
Numune 11	Ø7,3 mm-M8	3000	3154,17



**Şekil 5.6.** Devir sayılarına göre kuvvet değişimi

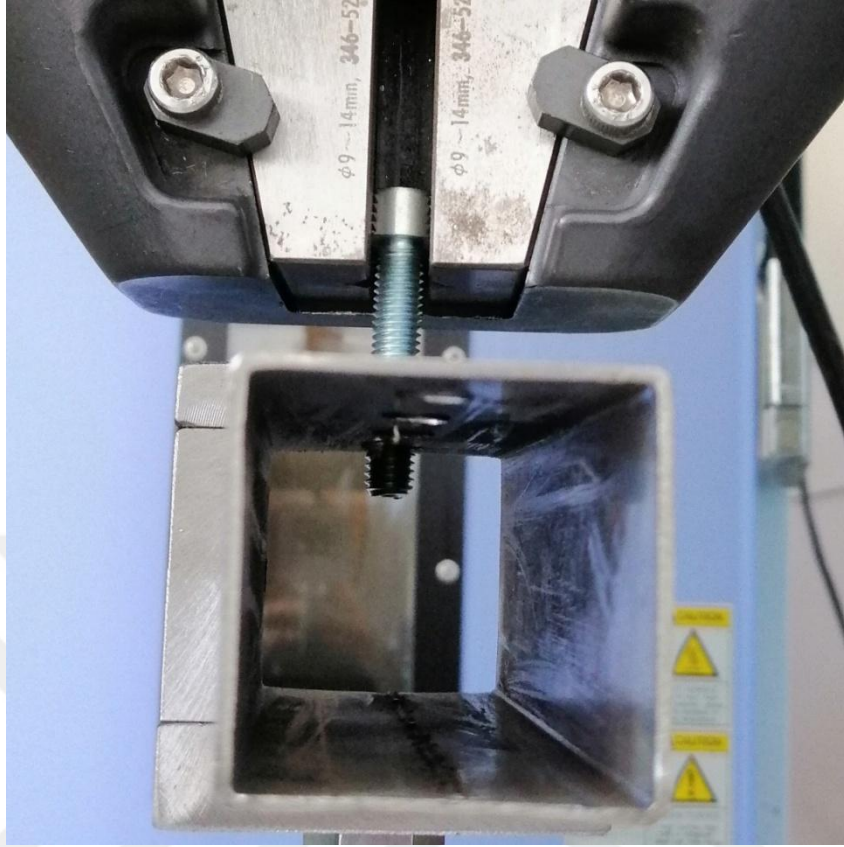
### 5.5.2. Matkap yöntemi sıyırma testi ve sonuçları

Matkap yöntemi ile delik delme ve kılavuz açma yöntemi malzemeden talaş kaldırılarak yapılan bir yöntemdir. Matkap ucu ile malzemeye delik delinmiştir. Daha sonra kılavuz açılmıştır. Bu yöntemde malzeme et kalınlığı, kovan yüksekliği eşittir. Numunelerin et kalınlığı 1,5 mm dir. Sıvama yöntemindeki gibi ergiyen metal aşağıya doğru bir kovan oluşturmamaktadır.



**Resim 5.12.** Matkap ucu yöntemi ile delinmiş sıyrma testi deneyi





**Resim 5.13.** Matkap ucu yöntemi ile delinmiş sıyrma testi deneyi

**Çizelge 5.6.** Matkap yöntemi ile sıyrma testi oluşan kuvvet değerleri

40x40x1,5 mm 304 Paslanmaz Kare Profil		
Numune No	Delik Çapı ve Kılavuz	Kuvvet (N)
Numune 13	Ø4,2 mm-M5	3470,84
Numune 14	Ø5 mm-M6	5211,46
Numune 15	Ø6,8 mm-M8	5747,92

**Çizelge 5.7.** Matkap yöntemi ile sıyırma testi oluşan kuvvet değerleri

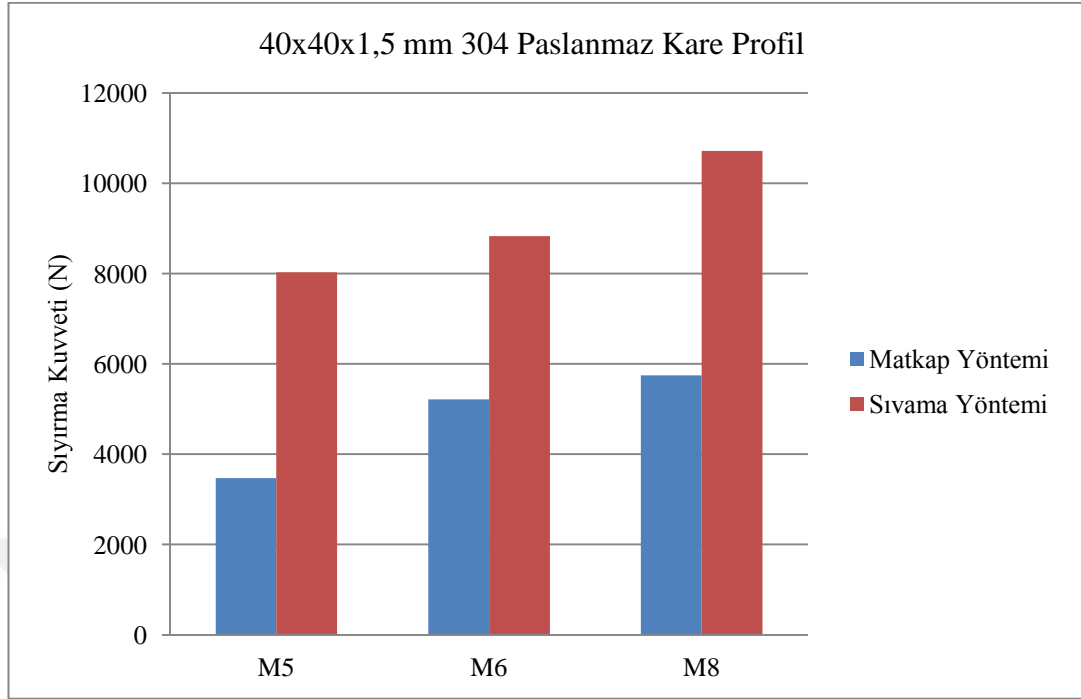
40x40x1,5 mm Alüminyum Kare Profil		
Numune No	Delik Çapı ve Kılavuz	Kuvvet (N)
Numune 13	Ø4,2 mm-M5	1694,79
Numune 14	Ø5 mm-M6	1751,05
Numune 15	Ø6,8 mm-M8	2456,25

### 5.5.3. MY ile SY sıyırma testi sonuçları karşılaştırılması

Matkap ve sıyırma yöntemi ile delinmiş kılavuz çekilmiş numunelerin sıyırma testlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Sıyırma yönteminde malzemede bir kovan yüksekliği olduğundan diş sayısını artırmış olup, matkap yöntemine göre yüksek sıyırma kuvvetleri ile karşılaşılmıştır.

**Çizelge 5.8.** MS ve SY sıyırma testi kuvvet değerleri karşılaştırılması

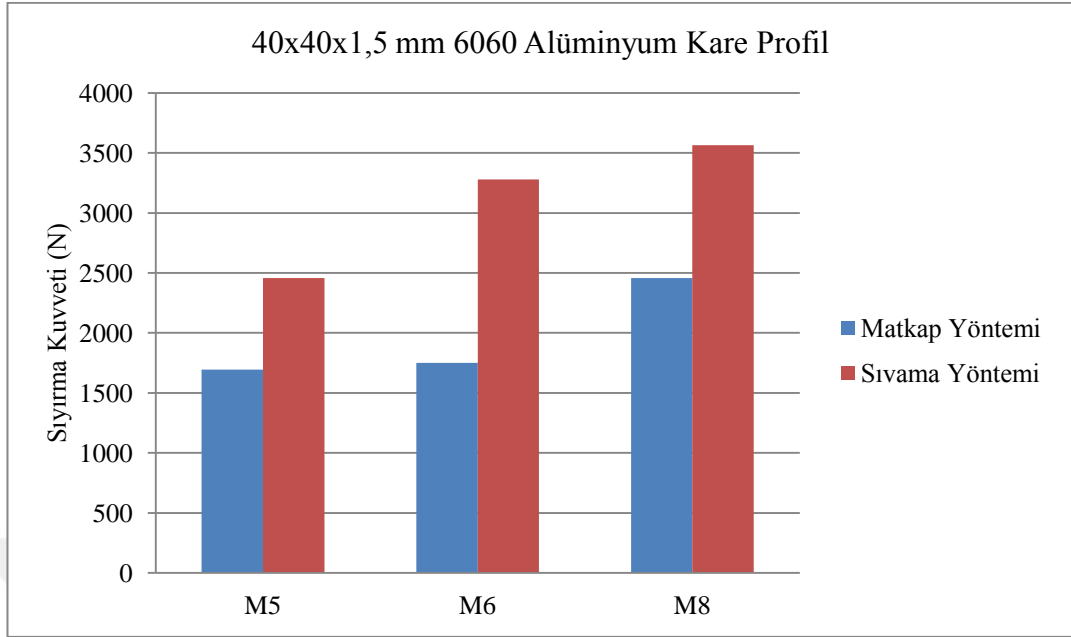
40x40x1,5 mm 304 Paslanmaz Kare Profil				
SY Numune No	MY Numune No	Kılavuz	Matkap Yöntemi Kuvvet (N)	Sıyırma Yöntemi Kuvvet (N)
Numune 1	Numune 13	M5	3470,84	8026,04
Numune 5	Numune 14	M6	5211,46	8828,13
Numune 9	Numune 15	M8	5747,92	10714,60



**Şekil 5.7.** SY ve MY sıyırma testi kuvvet karşılaştırması

**Çizelge 5.9.** MS ve SY sıyırma testi kuvvet değerleri karşılaştırılması

40x40x1,5 mm 6060 Alüminyum Kare Profil				
SY Numune No	MY Numune No	Kılavuz	Matkap Yöntemi Kuvvet (N)	Sıvama Yöntemi Kuvvet (N)
Numune 3	Numune 13	M5	1694,79	2456,25
Numune 5	Numune 14	M6	1751,05	3278,13
Numune 9	Numune 15	M8	2456,25	3565,63



**Şekil 5.8.** SY ve MY sıyrma testi kuvvet karşılaştırması

### 5.6. Sertlik Testi

Sertlik testi cihazı malzemelerin sertlik değerlerini ölçmekte kullanılır. Sıvama ile delik delme ve matkap yöntemi ile delinen deliklerin üst yüzeyinden deliğe yakın bölgeden 3 adet ölçüm yapılmıştır.



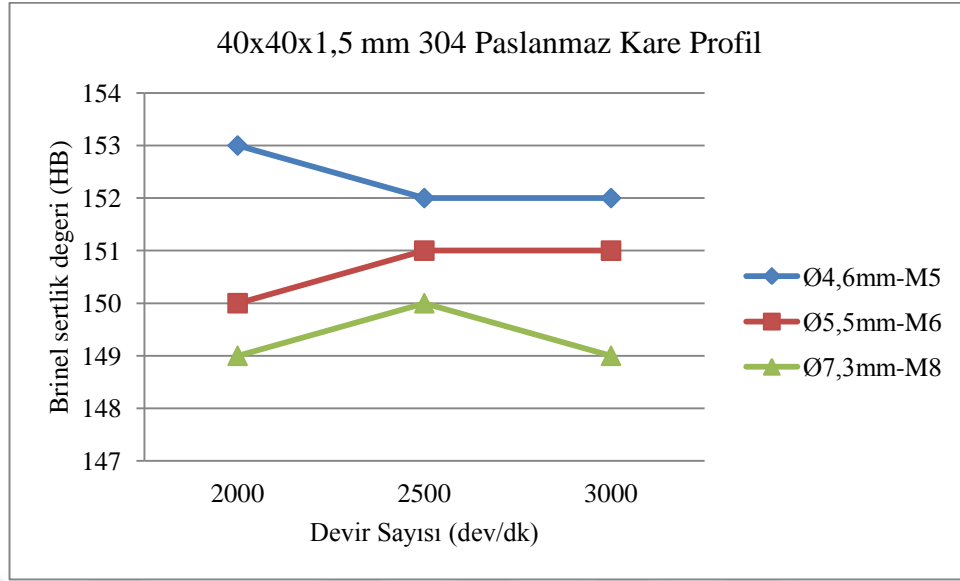
**Resim 5.14.** Sertlik testi cihazı

### 5.6.1. Sıvama yöntemi sertlik testi sonuçları

Sıvama ile delme yapılırken sıvama ucu yüksek devirde malzemenin üzerine bir kuvvet yardımı ile bastırılarak sürtünmeden dolayı yüksek sıcaklıklar meydana gelmektedir. Bu sıcaklık delik bölgesinin sertliğine etki etmiştir.

**Çizelge 5.10.** Sıvama yöntemi sonucu oluşan sertlik değerleri

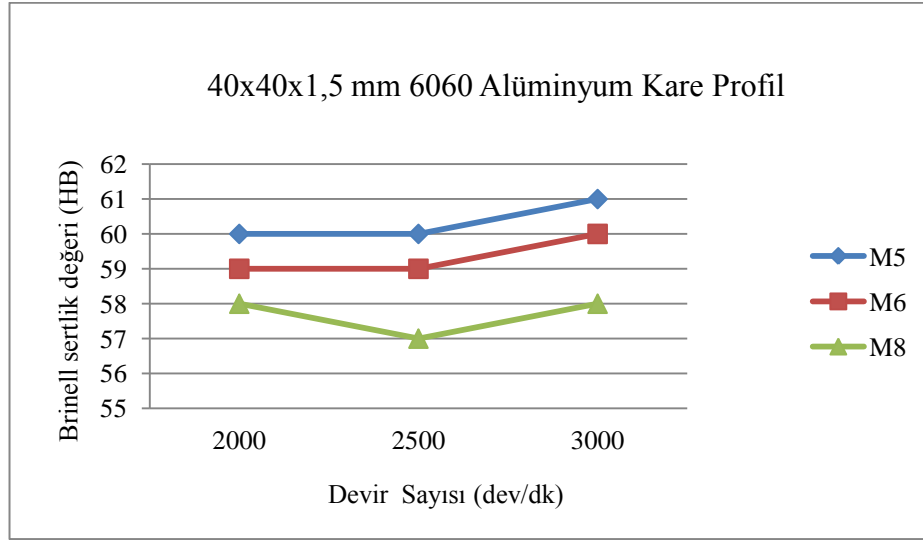
40x40x1,5 mm 304 Paslanmaz Kare Profil			
Numune No	Delik Çapı ve Kılavuz	Devir Sayısı (d/d)	Brinell (HB)
Numune 4	Ø4,6 mm-M5	2000	153
Numune 4	Ø4,6 mm-M5	2500	152
Numune 4	Ø4,6 mm-M5	3000	152
Numune 8	Ø5,5 mm-M6	2000	150
Numune 8	Ø5,5 mm-M6	2500	151
Numune 8	Ø5,5 mm-M6	3000	151
Numune 12	Ø7,3 mm-M8	2000	149
Numune 12	Ø7,3 mm-M8	2500	150
Numune 12	Ø7,3 mm-M8	3000	149



**Şekil 5.9.** Devir sayısının sertlik değerlerine etkisi

**Çizelge 5.11.** Sıvama yöntemi sonucu oluşan sertlik değerleri

40x40x1,5 mm 6060 Alüminyum Kare Profil			
Numune No	Delik Çapı ve Kılavuz	Devir Sayısı (d/d)	Brinell (HB)
Numune 4	Ø4,6 mm-M5	2000	60
Numune 4	Ø4,6 mm-M5	2500	60
Numune 4	Ø4,6 mm-M5	3000	61
Numune 8	Ø5,5 mm-M6	2000	59
Numune 8	Ø5,5 mm-M6	2500	59
Numune 8	Ø5,5 mm-M6	3000	60
Numune 12	Ø7,3 mm-M8	2000	58
Numune 12	Ø7,3 mm-M8	2500	57
Numune 12	Ø7,3 mm-M8	3000	58



**Şekil 5.10.** Devir sayısının sertlik değerlerine etkisi

### 5.6.2. Matkap yöntemi sertlik testi sonuçları

Matkap ucu ile numunelere delik delinerek kılavuz çekilmiştir. Deliğin kenarlarından sertlik ölçümü yapılmıştır. Malzemede ısı sıvama yönteminde olduğu gibi çok yükselmediğinden malzemenin sertliğine çok yakın sonuçlar vermiştir.

**Çizelge 5.12.** Matkap yöntemi sonucu oluşan sertlik değerleri

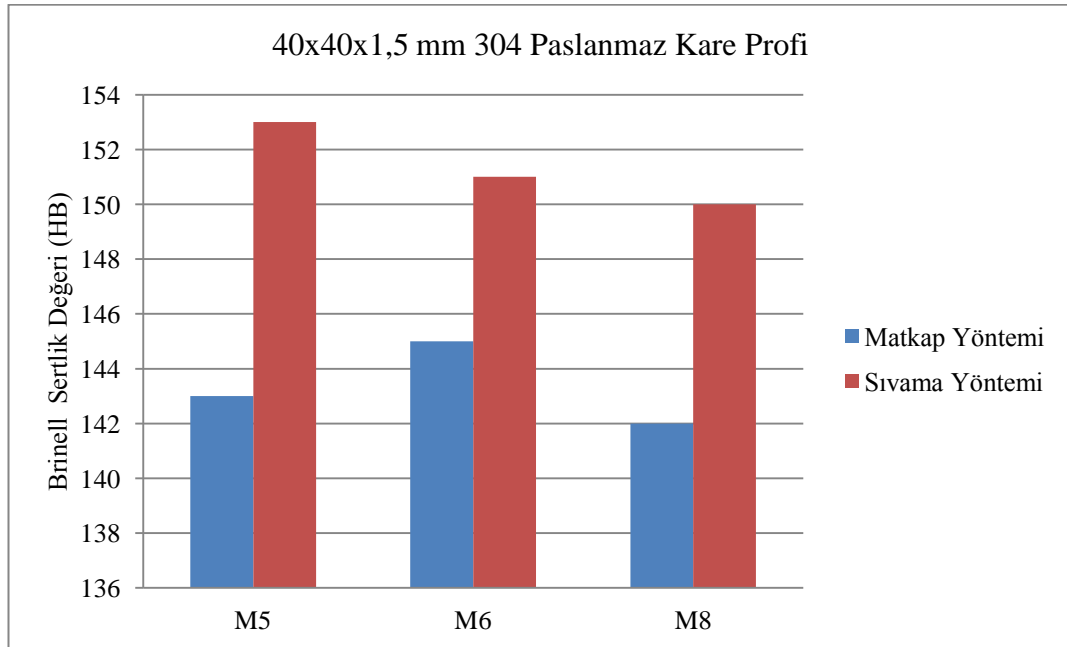
Numune No	Delik Çapı ve Kılavuz	Malzeme	Brinell (HB)
Numune 13	Ø4,2 mm-M5	40x40x1,5 mm 304 Paslanmaz Kare Profil	143
Numune 14	Ø5 mm-M6	40x40x1,5 mm 304 Paslanmaz Kare Profil	145
Numune 15	Ø6,8 mm-M8	40x40x1,5 mm 304 Paslanmaz Kare Profil	142
Numune 13	Ø4,2 mm-M5	40x40x1,5 mm 6060 Alüminyum Kare Profil	58
Numune 14	Ø5 mm-M6	40x40x1,5 mm 6060 Alüminyum Kare Profil	59
Numune 15	Ø6,8 mm-M8	40x40x1,5 mm 6060 Alüminyum Kare Profil	57

### 5.6.3. Sertlik testi sonuçları karşılaştırılması

Paslanmaz ve alüminyum numunelerinin sıvama yöntemi sertlik sonuçlarının, matkap yöntemi ile delinen deliklerin sertlik sonuçları ile karşılaştırılması aşağıdaki gibidir. Paslanmaz malzemelerin devir sayısı ile sertliğin bir miktar arttığı gözlenmiştir. Alüminyum numunelerde devir sayısı ile sertlik değerlerinde dikkate değer bir artış gözlemlenmemiştir.

**Çizelge 5.13.** SY ve MY sertlik testi karşılaştırması

40x40x1,5 mm 304 Paslanmaz Kare Profil				
SY Numune No	MY Numune No	Kılavuz	Matkap Yöntemi Sertli Brinell (HB)	Sıvama Yöntemi Sertli Brinell (HB)
Numune 4	Numune 13	M5	143	153
Numune 8	Numune 14	M6	145	151
Numune 12	Numune 15	M8	142	152

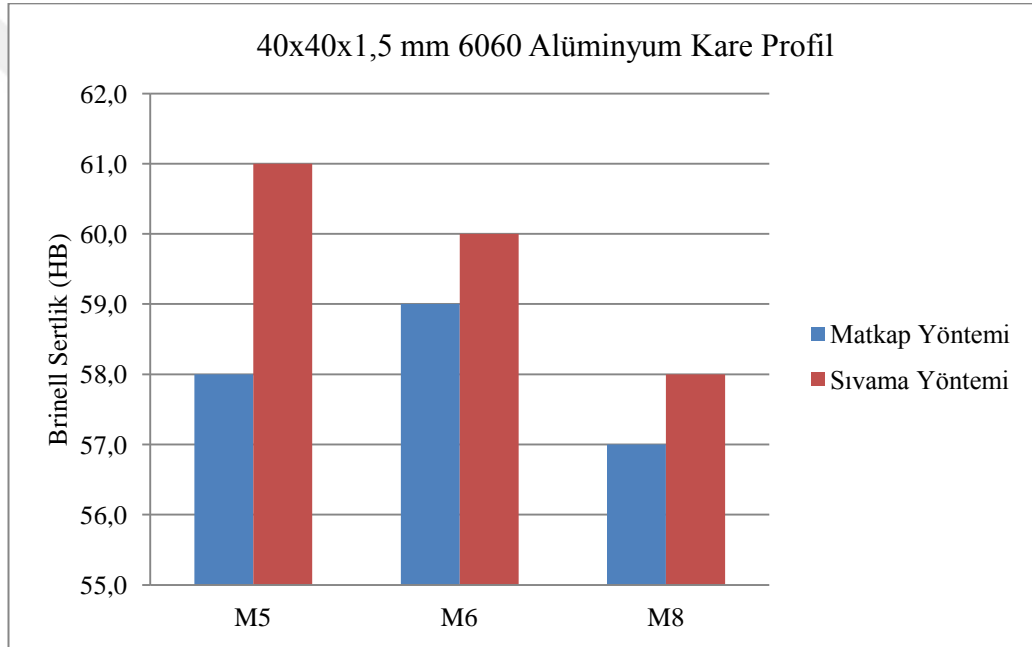


**Şekil 5.11.** SY ve MY paslanmaz numune sertlik testi karşılaştırması



**Çizelge 5.14.** SY ve MY sertlik testi karşılaştırması

40x40x1,5 mm 6060 Alüminyum Kare Profil				
SY Numune No	MY Numune No	Kılavuz	Matkap Yöntemi Sertlik Brinell (HB)	Sıvama Yöntemi Sertlik Brinell (HB)
Numune 4	Numune 13	M5	58	61
Numune 8	Numune 14	M6	59	60
Numune 12	Numune 15	M8	57	58

**Şekil 5.12.** SY ve MY numune sertlik testi karşılaştırması

### 5.7. Penetrant Testi

Penetrant testi, günümüzde yüzey hatalarının tespitinde kullanılan yöntemlerin başında gelen bir tahribatsız muayene yöntemidir.

Penetrant test işlemi 4 aşamadan meydana gelmektedir. İlk işlem test uygulanacak bölgenin temizleyici sprey ile pas ve yağdan arındırılmasıdır, ikinci işlem ise penetrant sıvısının yüzeye uygulanarak çatlaklara nüfuz etmesi için 20-25 dakika

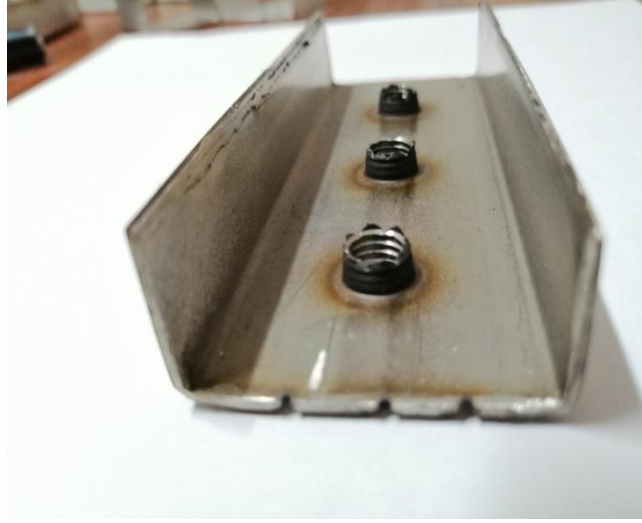
beklenmesidir. Üçüncü işlem olarak yüzey temizleyici sprej bezle sıkılarak fazla penetrant sıvısı malzemenin üzerinden silinir. Son işlem olarak da çatlak arayıcı sprej numunenin üzerine sıkılarak beklenir. Bu işlem malzemede çatlak var ise çatlağın içine nüfuz eden penetrant sıvısını yüzeye çıkartır.



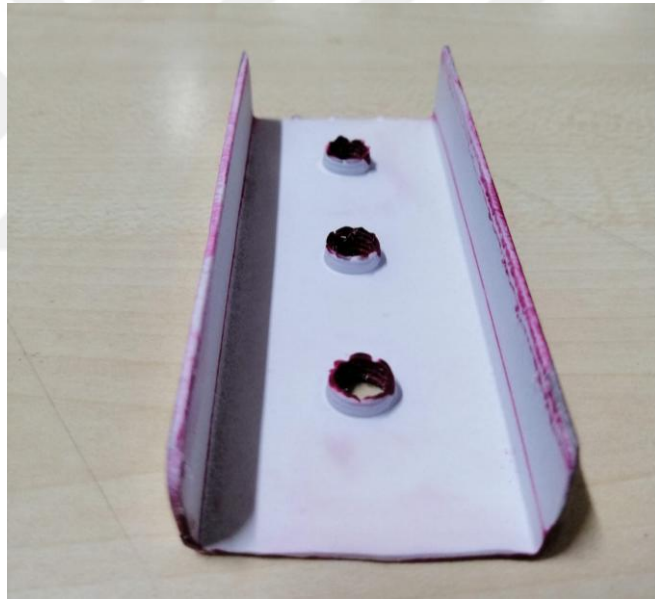
**Resim 5.15.** Penetrant test sprejleri

### 5.7.1. Sıvama yöntemi penetrant testi sonuçları

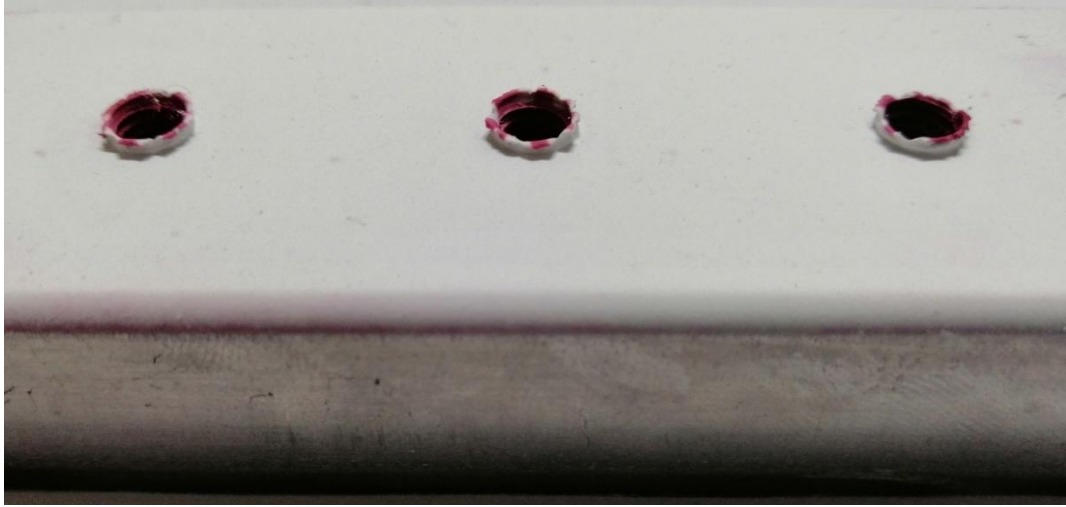
Sıvama yöntemi uygulanan numunelerin kovan dış bölgelerine ve kovan kök bölgesine penetrant test uygulanmıştır. Ayrıca sızdırmazlık halkası etrafına da test uygulanmıştır.



**Resim 5.16.** SY penetrant testi uygulanacak numune



**Resim 5.17.** SY penetrant testi kovan bölgesine uygulanmış numune



**Resim 5.18.** SY penetrant delik üst bölgesine uygulanmış numune

**Çizelge 5.15.** Devir sayısının çatlak oluşumuna etkisi

40x40x1,5 mm 304 paslanmaz Profil			
Numune No	Delik Çapı ve Kılavuz	Devir Sayısı (d/d)	Penetrant Testi Sonucu
Numune 4	Ø4,6 mm-M5	2000	Çatlak tespit edilmemiştir.
Numune 4	Ø4,6 mm-M5	2500	Çatlak tespit edilmemiştir.
Numune 4	Ø4,6 mm-M5	3000	Çatlak tespit edilmemiştir.
Numune 8	Ø5,5 mm-M6	2000	Çatlak tespit edilmemiştir.
Numune 8	Ø5,5 mm-M6	2500	Çatlak tespit edilmemiştir.
Numune 8	Ø5,5 mm-M6	3000	Çatlak tespit edilmemiştir.
Numune 12	Ø7,3 mm-M8	2000	Çatlak tespit edilmemiştir.
Numune 12	Ø7,3 mm-M8	2500	Çatlak tespit edilmemiştir.
Numune 12	Ø7,3 mm-M8	3000	Çatlak tespit edilmemiştir.

**Çizelge 5.14.** Devir sayısının çatlak oluşumuna etkisi

40x40x1,5 mm Alüminyum Profil			
Numune No	Delik Çapı ve Kılavuz	Devir Sayısı (d/d)	Penetrant Testi Sonucu
Numune 4	Ø4,6 mm-M5	2000	Çatlak tespit edilmemiştir.
Numune 4	Ø4,6 mm-M5	2500	Çatlak tespit edilmemiştir.
Numune 4	Ø4,6 mm-M5	3000	Çatlak tespit edilmemiştir.
Numune 8	Ø5,5 mm-M6	2000	Çatlak tespit edilmemiştir.
Numune 8	Ø5,5 mm-M6	2500	Çatlak tespit edilmemiştir.
Numune 8	Ø5,5 mm-M6	3000	Çatlak tespit edilmemiştir.
Numune 12	Ø7,3 mm-M8	2000	Çatlak tespit edilmemiştir.
Numune 12	Ø7,3 mm-M8	2500	Çatlak tespit edilmemiştir.
Numune 12	Ø7,3 mm-M8	3000	Çatlak tespit edilmemiştir.

### 5.7.2. Matkap yöntemi penetrant testi sonuçları

Geleneksel yöntem ile delinip kılavuz çekilen numunelere penetrant test uygulanmıştır. Numune 14, Ø5 mm matkap ucu ile delinip M6 kılavuz çekilen 304 paslanmaz numunede kılavuzun başlangıç bölgesinde çatlak tespit edilmiştir. Numune 15, Ø6,8 mm matkap ucu ile delinip M8 kılavuz çekilen 304 paslanmaz numunede kılavuzun başlangıç bölgesinde çatlak tespit edilmiştir. Numune no 15, Ø6,8 mm matkap ucu ile delinip M8 kılavuz çekilen 6060 Alüminyum numunede kılavuzun başlangıç bölgesinde çatlak tespit edilmiştir.

Çizelge 5.15. MY penetrant test sonuçları

Numune No	Delik Çapı ve Kılavuz	Malzeme	Penetrant Testi Sonucu
Numune 13	Ø4,2 mm-M5	40x40x1,5 mm 304 Paslanmaz Kare Profil	Çatlak tespit edilmemiştir.
Numune 14	Ø5 mm-M6	40x40x1,5 mm 304 Paslanmaz Kare Profil	Çatlak tespit edilmiştir.
Numune 15	Ø6,8 mm-M8	40x40x1,5 mm 304 Paslanmaz Kare Profil	Çatlak tespit edilmiştir.
Numune 13	Ø4,2 mm-M5	40x40x1,5 mm 6060 Alüminyum Kare Profil	Çatlak tespit edilmemiştir.
Numune 14	Ø5 mm-M6	40x40x1,5 mm 6060 Alüminyum Kare Profil	Çatlak tespit edilmemiştir.
Numune 15	Ø6,8 mm-M8	40x40x1,5 mm 6060 Alüminyum Kare Profil	Çatlak tespit edilmiştir.



Resim 5.19. MY Penetrant testi uygulanmış numuneler

### 5.7.3. Penetrant test sonuçları karşılaştırması

Sıvama yöntemi ile delik delinip kılavuz çekilen numunelerde çatlak görülmemiştir. Matkap yöntemi ile delik delinip kılavuz çekilen numunelerde 304 paslanmaz malzemede M6 ve M8 dişlerde kılavuz başlangıcında çatlığa rastlanılmıştır. 6060 alüminyum malzemede M8 diş başlangıcında çatlak tespit edilmiştir.



## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada 1,5 mm kalınlığında 40x40 mm 304 Paslanmaz ve 6060 Alüminyum malzemelere sıvama ile delik delme ve kılavuz açma yöntemine etkisi olan parametreler incelenmiştir. Aynı malzemelere matkap yöntemi ile delik delinip kılavuz açılarak sıvama yöntemi ile karşılaştırılmıştır.

1. 304 paslanmaz numunede matkap yöntemi ile sıvama yönteminin kovan yükseklikleri karşılaştırıldığında matkap yönteminin kovan yüksekliği malzeme kalınlığı ile aynıdır. Matkap yöntemi kovan yüksekliği M5, M6 ve M8'de 1,5 mm dir. Sıvama yönteminde en uzun kovan yükseklikleri; M5, 2500 d/d'da 5,64 mm, M6, 2500 d/d'da 6,58 mm ve M8, 2500 d/d 7,20 mm olduğu tespit edilmiştir.
2. 6060 alüminyum numunede matkap yöntemi ile sıvama yönteminin kovan yükseklikleri karşılaştırıldığında matkap yönteminin kovan yüksekliği malzeme kalınlığı ile aynıdır. Matkap yöntemi kovan yüksekliği en uzun kovan yükseklikleri; M5, M6 ve M8'de 1,5 mm dir. Sıvama yönteminde M5, 3000 d/d'da 6,08 mm, M6, 3000 d/d'da 6,23 mm ve M8, 3000 d/d'da 6,88 mm olduğu tespit edilmiştir.
3. 304 paslanmaz malzemede sıvama yönteminde devir sayısı değiştiğinde sıyırma kuvvetinin değişimi görülmüştür. Ø4,6 mm-M5, Ø5,5 mm-M6 ve Ø7,3 mm-M8'de 2500 d/d ve 3000 d/d göre 2000 d/d'da daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.
4. 6060 alüminyum malzemede sıvama yönteminde devir sayısı değiştiğinde sıyırma kuvvetinin değişimi görülmüştür. Ø4,6 mm-M5, Ø5,5 mm-M6 ve Ø7,3 mm-M8'de 2000 d/d ve 2500 d/d göre 3000 d/d'da daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.



5. 304 paslanmaz malzemede matkap yöntemi ile sıvama yönteminin sıyırma kuvvetleri karşılaştırılmış M5, M6 ve M8'de sırası ile sıvama yönteminde 8026,04 N; 8828,13 N ve 10714,60 N olarak sıyırma kuvvetleri ölçülmüştür. Matkap yönteminde M5, M6 ve M8'de sırası ile 3470,84 N; 5211,46 N ve 5747,92 N olarak sıyırma kuvvetleri ölçülmüştür. Sıvama yönteminde sıyırma kuvveti matkap yöntemine göre M5'de %131,24; M6'da %69,39 ve M8'de %86,40 artış görülmüştür.
6. 6060 alüminyum malzemede matkap yöntemi ile sıvama yönteminin sıyırma kuvvetleri karşılaştırılmış M5, M6 ve M8'de sırası ile sıvama yönteminde 2456,25 N; 3278,13 N ve 3565,63 N olarak sıyırma kuvvetleri ölçülmüştür. Matkap yönteminde M5, M6 ve M8 de sırası ile 1694,79 N; 1751,05 N ve 2456,25 N olarak sıyırma kuvvetleri ölçülmüştür. Sıvama yönteminde sıyırma kuvveti matkap yöntemine göre M5'de %44,93; M6'da %87,21 ve M8 de %45,16 artış görülmüştür.
7. 304 paslanmaz ve 6060 alüminyum malzemede sıvama yöntemi ile oluşturulan deliklerin kovan yüksekliği ile diş sayısı arttığından, matkap yöntemi ile oluşturulup kılavuz çekilen deliklere göre daha mukavim olduğu tespit edilmiştir.
8. Sıvama yönteminde sürtünme ile deliklerin oluşturulmasından dolayı meydana bir ısı çıkmaktadır. Bu ısıdan dolayı uygulanan malzemelerin yapısal özelliklerine göre malzemelerin deliğe yakın bölgelerinde sertlik değerlerinde değişimler olmaktadır. 304 paslanmaz numunede 10 HB kadar arttığı, 6060 alüminyum numunede ise fazla değişimin olmadığı tespit edilmiştir.
9. 304 paslanmaz ve 6060 alüminyum malzemede sıvama yöntemi ile oluşturulan deliklerin kovan alt kısmı ve delik üst kısım bölgelerinde herhangi bir çatlığa rastlanılmamıştır.

10. 304 paslanmaz malzemede matkap yöntemi ile oluşturulan M6 ve M8 kılavuz çekilen numunenin başlangıç kısımlarında bir çatlğa rastlanılmamıştır.

11. 6060 alüminyum malzemede matkap yöntemi ile oluşturulan M8 kılavuz çekilen numunenin başlangıç kısımlarında bir çatlğa rastlanılmamıştır.



## KAYNAKLAR

- Anonim, 1980, Katalog, [http://www.flowdrill.com/eu\\_en/](http://www.flowdrill.com/eu_en/) (10.02.2019).
- Anonim, 1999. Katalog, <http://www.centerdrill.de/english/> (20.03.2018).
- Anonim, 2009. Katalog, <http://www.formdrill.com/english/> (10.01.2019).
- Anonim, 2009. Farklı Tip İnce Cidarlı Malzemeler İçin Sıvayarak Delik Delme Prosesi İle Diş Açma Yöntemi, <https://docplayer.biz.tr/24112649-Farkli-tip-ince-cidarli-malzemeler-icin-sivayarak-delik-delme-prosesi-ile-dis-acma-yontemi.html> (04.04.2019)
- Calister, W. D., Rethwisch D. G., 2013. Malzeme Bilimi ve Mühendisliği. Nobel Yayıncılık, Ankara, 971.
- Chow, H. M., Lee, S. M., Yang, L. D., 2008. Machinig Characteristics Study of Friction Driling on AISI 304 Stainless Steel. Journal of Materials Processing Technology, 207, 180-186.
- Çakır, M. C., 2006. Modern Talaşlı İmalatın Esasları. Nobel Yayıncılık, Ankara, 257.
- Çakır, M. C., 2000. Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın, Bursa, 527.
- Davison, J. B., France, J. E., Kirby, P. A., 1999. Strength and Rotational Stiffness of Simple Connections to Tubular Columns Using Flowdrill Connector. Journal of Constructional Steel Research, 50, 15-34.
- Demir, Z., 2012. A7075-T651 Alüminyum Alaşımının ve St37 Çelik Malzemesinin Sürtünmeli Delme Yöntemi İle Delinmesinin Deneysel İncelenmesi. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Doğru, N., 2010. AISI 1010 Çelik Malzemenin Sürtünmeli Delme Yöntemiyle Delinmesinde İşleme Karakteristiklerinin Araştırılması. Y. Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Miller, S. F., Blau, P., Shiha, A. J., 2005. Microstructural Alterations Associated with Friction Drilling of Steel, Aluminum and Titanium. Journal of Materials Engineering and Performance, 14, 647–653.
- Miller, S. F., Blaub P. J., Shiha A. J., 2006. Tool Wear in Friction Drilling. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 47, 1636–1645.
- Miller, S. F., Shiha, A. J., 2007. Thermo-Mechanical Finite Element Modeling of the Friction Drilling Process. Department of Mechanical Engineering, University of Michigan, Ann Arbor MI 48109, 129, 531-538.

Sonstabo, J. K., Morin, D., Langseth M., 2016. Macroscopic Modelling of Flow-drill Screw Connections in Thin-walled Aluminium Structures. *Thin-Walled Structures*. 105, 185-206.

Sonstabo, J. K., Holmstrom, P. H., Morin, D., 2014. Macroscopic Strength and Failure Properties of Flow-drill Screw Connections. *Journal of Materials Processing Technology*, 222, 1-12.

Sözügüzel, D., 2007. İnce Cidarlı CM22NBK Malzemesi İçin Sıvayarak Delik Delme (Flowdrill) Prosesi ile Dış Açma ve Alternatif Malzeme Seçimi. Y. Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Wang, J., Chen, L., 2012. Experimental Investigation of Extended end Plate Joint to Concrete-filled Steel Tubular Columns. *Journal of Constructional Steel Research*, 79, 56-70.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel bilgiler

Soyadı, Adı : KESER, Mehmet  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : Çorum  
Medeni hali : Evli  
Telefon : 0(531) 498 08 19  
e-posta : [mehmetkeser26@gmail.com](mailto:mehmetkeser26@gmail.com)

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Makine Mühendisliği	2014
Lise	Çorum Eti Lisesi	2006

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2014-2015	Taç Makine – Çorum	Makine İmalat Sorumlusu
2015-	Genesis Teknolojik Ürünler A.Ş.	Makine İmalat Sorumlusu

### Yabancı Dil

İngilizce