

**İNCE CİDARLI ISITMALI TAKIM
TUTUCULARIN PERFORMANSINA
MALZEME ÖZELLİKLERİNİN ETKİSİ**

**2018
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İMALAT MÜHENDİSLİĞİ**

Abdulkadir ÖZTAŞ

**İNCE CİDARLI ISITMALI TAKIM
TUTUCULARIN PERFORMANSINA
MALZEME ÖZELLİKLERİNİN ETKİSİ**

Abdulkadir ÖZTAŞ

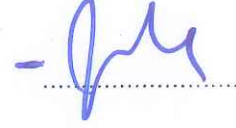
**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü**

**İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Şubat 2018**

Abdulkadir ÖZTAŞ tarafından hazırlanan “İNCE CİDARLI ISITMALI TAKIM TUTUCULARIN PERFORMANSINA MALZEME ÖZELLİKLERİNİN ETKİSİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ
Tez Danışmanı, İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir. 09/02/2018

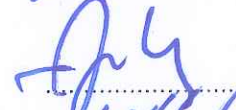
Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Halil DEMİR (KBÜ)



Üye : Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ (ÇAKÜ)



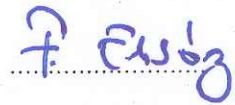
Üye : Doç. Dr. Arif GÖK (AÜ)



...../...../2018

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Filiz ERSÖZ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü V.





“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Abdulkadir ÖZTAŞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İNCE CİDARLI ISITMALI TAKIM TUTUCULARIN PERFORMANSINA MALZEME ÖZELLİKLERİNİN ETKİSİ

Abdulkadir ÖZTAŞ

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ

Şubat 2018, 90 sayfa

Bu çalışmada, üç farklı çelik (1.2343, 1.2344 ve Uddeholm firmasından tedarik edilen özel martenzitik paslanmaz çelik) malzeme kullanılarak ince cidarlı ısıtmalı takım tutucular imal edilmiştir. Bu takım tutucularla belirli sayıda sıkma ve sökme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Üretilen takım tutucuların salgı, tork ve sertlik değişimleri malzeme özelliklerine ve sıkma sayılarına bağlı olarak incelenmiştir. Ayrıca, bu takım tutucular kullanılarak işleme deneyleri yapılmış ve takım tutucuların özelliklerindeki değişimlerin işlenmiş parçaların yüzey pürüzlülüklerine ve işlenmiş parçaların boyutlarına olan etkileri incelenmiştir.

Deneyle neticesinde salgı değeri açısından 1.2343 malzemedan imal edilen tutucunun yüzüncü sıkma sonrasında dahi toleranslar içinde kaldığı ve diğeri iki malzemedan üretilen tutucuların salgı değeri artarak toleransların dışına

çıktıkları görülmüştür. Tork değerleri bakımında da 1.2343 malzemedan imal edilen tutucu haricindeki tutucuların yüzüncü sıkmadan sonra tolerans dışına çıktıkları görülmüştür. Elde edilen sonuçlardan 1.2343 çelik malzemenin en ideal ısıtmalı takım tutucu malzemesi olduğu kanatine varılmıştır.

Anahtar Sözcükler : Isıtmalı Takım Tutucular, Martenzitik Paslanmaz Çelikler, Sıcak İş Takım Çelikleri, Yüzey Pürüzlülüğü

Bilim Kodu : 916.3.028



ABSTRACT

M. Sc. Thesis

EFFECT OF MATERIAL PROPERTIES TO SLIMLINE DESIGN SHRINK CHUCKS PERFORMANCE

Abdulkadir ÖZTAŞ

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Manufacturing Engineering

Thesis Advisor:

Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ

February 2018, 90 pages

In this study, shrink chucks-slimline design tools were produced using three different steel materials (1.2343, 1.2344 and special martensitic stainless steel supplied by Uddeholm). A certain number of tightening and dismounting operations have been performed with these tool holders. The changes in the runout, torque and hardness of the tool holders produced were investigated depending on the material properties and the number of tightening. In addition, machining tests were carried out using these tool holders and the effects of changes in the properties of the tool holders on the surface roughness of the machined workpieces and on the dimensions of the machined workpieces were examined.

As a result of the experiments, it was seen that the manufactured from 1.2343 materials in terms of the runout values remained within the tolerances even after the 100th tightening and the runout values of the holders produced from the other two

materials increased to exceed the tolerances. it was seen that those manufactured from 1.2343 materials in terms of torque values are out of tolerance after 100th tightening. The obtained results showed that 1.2343 steel material was the most ideal tool holder material.

Key Words : Shrink Chucks Tool Holders, Martensitic Stainless Steels, Hot Work Tool Steels, Surface Roughness.

Science Code : 916.3.028



TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının araştırılmasında, planlanmasında, oluşumunda ve yürütülmesinde desteğini ve ilgisini esirgemeyen, insani ve ahlaki değerleri ile de örnek aldığım ve göstermiş olduğu hoşgörü ve sabırdan dolayı Sayın Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ Hocam'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Deney numunelerin hazırlanması, testlerin yapılması, yürütülmesi konusunda desteklerini esirgemeyen EROĞLU MAKİNA SAN. TİC. A.Ş. çalışanlarına, engin tecrübeleri ve ileri görüşü ile sadece bu çalışmama değil bu güne kadar ki tüm başarılarıma ışık tutan ve asla desteğini esirgemeyen Sn. Nusret EROĞLU'na sonsuz teşekkürü bir borç bilir ve minnetlerimi sunarım.

Bu güne kadar maddi ve manevi hiçbir desteğini esirgemedi ve bu günlere gelmemde çok büyük emeği olan annem Fadime ÖZTAŞ'a ve aileme çok teşekkür ederim.

Ve son olarak bu süreçlerin hepsinde yanımda bana sonsuz destek olan ve sabrını asla esirgemeyen eşim Şeyma ÖZTAŞ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	ix
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvi
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	5
LİTARATÜR TARAMASI	5
BÖLÜM 3	9
CNC TAKIM TEZGAHLARINDA KULLANILAN TUTUCU TAKIM SİSTEMLERİ	9
3.1. CNC TEZGAHLARDA KULLANILAN KONİK TİPLERİ	9
3.1.1. SK DIN ISO 7388-1 (DIN 69871)	10
3.1.2. MAS 403 BT (JIS B 6339)	11
3.1.3. HSK DIN 69893-1 Form A (ISO 12164-1)	12
3.1.4. EPS ISO 26623-1	13
3.2. TUTUCU TİPLERİ	15
3.2.1. DIN69882-6; 2005-06 (ISO 15488) ER Tipi Pens Başlıklar	15
3.2.2. DIN69882-4; 2005-06 Veldon Tutucular	18
3.2.3. DIN 69882-7; 2005-06 Hidrolik Takım Tutucular	19
3.2.4. DIN 69882-8; 2005-06 Isıtılmalı Takım Tutucular (Shrinkler)	23

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 4	27
TALAŞLI İMALAT	27
4.1. TALAŞLI İMALAT PRENSİPLERİ.....	27
4.2. YÜKSEK HIZDA İŞLEME.....	29
4.3. İŞLENEBİLİRLİK	31
4.4. TAKIM ÖMRÜ	35
4.5. TAKIM AŞINMASI.....	35
4.5.1. Serbest Yüzey Aşınması	36
4.5.2. Krater Aşınması	37
4.5.3. Çentik Aşınması	38
4.5.4. Isıl ve Mekanik Çatlaklar.....	39
4.5.5. Yığıntı Talaş Oluşumu (BUE).....	40
4.5.6. Plastik Deformasyon.....	40
4.5.7. Takım Kırılması.....	41
4.6. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ	41
4.7. ISITMALI TAKIM TUTUCULARIN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİ.....	44
4.8. KESİCİ TAKIMLAR	44
BÖLÜM 5	46
ÇELİKLER	46
5.1. ÇELİKLERİN SINIFLANDIRILMASI	46
5.1.1. Düşük Karbonlu Çelikler.....	50
5.1.2. Alaşımli Çelikler.....	52
5.1.2.1. Az Alaşımli Çelikler	52
5.1.2.2. Yüksek alaşımli çelikler.....	53
5.1.3. Takım Çelikleri.....	54
5.1.3.1. Sade Karbonlu Çelikler.....	55
5.1.3.2. Alaşımli Çelikler.....	57
5.1.3.3. Paslanmaz Çelikler.....	58
BÖLÜM 6	61

	<u>Sayfa</u>
DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	61
6.1. KULLANILAN MALZEMELER	61
6.2. SALGI ÖLÇÜM DÜZENEGİ	65
6.3. DENEYDE KULLANILAN TORK ÖLÇÜM DÜZENEGİ.....	66
6.4. DENEYDE KULLANILAN MALZEMELERİN MAKROSERTLİK ÖLÇÜMLERİ	67
6.5. ÜÇ FARKLI MALZEMEDEN ÜRETİLEN TUTUCU İLE İŞLENEN YÜZEYLERİN PÜRÜZLÜLÜK DEĞERLERİ ÖLÇÜMLERİ	68
6.6. ÜÇ FARKLI MALZEMEDEN ÜRETİLEN TAKIM TUTUCU İLE İŞLENEN YÜZEYLERİN GENİŞLİK VE DERİNLİK ÖLÇÜMLERİ.....	70
BÖLÜM 7	72
DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	72
7.1. TAKIM TUTUCU MALZEMELERİNİN MAKRO SERTLİK ÖLÇÜM DEĞERLERİ	72
7.2. TAKIM TUTUCULARIN SALGI DEĞERLERİ	74
7.3. TAKIM TUTUCULARIN TORK DEĞERLERİ	76
7.4. İŞLENEN PARÇALARIN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜK DEĞERLERİ	78
7.5. AÇILAN KANALLARIN GENİŞLİK VE DERİNLİK DEĞERLERİ	80
BÖLÜM 8	82
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	82
KAYNAKLAR	85

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. DIN 69871 SK konik tipi şaft ölçüleri.....	10
Şekil 3.2. MAS 403 BT konik tipi şaft ölçüleri.....	11
Şekil 3.3. HSK DIN 69893-1 form A konik tipi şaft ölçüleri.....	12
Şekil 3.4. EPS ISO 26623-1 konik tipi şaft ölçüleri.....	14
Şekil 3.5. ER tipi pens başığı pens ve kapak montajlı teorik görseli.....	15
Şekil 3.6. ER tipi penslerin salgı hassasiyetleri.....	17
Şekil 3.7. Pensin kapağa doğru şekilde bağlanmasının teorik gösterimi.....	17
Şekil 3.8. Standart ve 2° veldon tutucunun teorik gösterimi.....	18
Şekil 3.9. Hidrolik takım tutucunun çalışma prensibinin teorik gösterimi.....	19
Şekil 3.10. Hidrolik takım tutucu salgı kontrolü teorik gösterimi.....	20
Şekil 3.11. Hidrolik Takım Tutucuya Kesici Bağlama Şekilleri.....	21
Şekil 3.12. Schrink makinasının çalışma prensibinin teorik gösterimi.....	24
Şekil 3.13. Tutucu Takımın Doğru Çalışması için Gerekli Isı Diagramı.....	25
Şekil 4.1. İmalat yöntemleri.....	28
Şekil 4.2. Talaş oluşumu.....	34
Şekil 4.3. Talaş Oluşturma Düzlemi.....	35
Şekil 4.4. Serbest Yüzey Aşınması.....	37
Şekil 4.5. Krater Aşınması.....	38
Şekil 4.6. Serbest yüzey aşınması ve krater aşınmasının iki boyutlu çizimi.....	38
Şekil 4.7. Çentik Aşınması.....	39
Şekil 4.8. Tarak dişi şeklinde, Paralel ve Düzensiz Çatlaklar şeklinde üç çeşit olan ısı ve mekanik çatlaklar.....	40
Şekil 4.9. Yüzey pürüzlüğünü etkileyen faktörler.....	42
Şekil 4.10. Yüzey pürüzlük profili.....	43
Şekil 6.1. İmal edilen takım tutucunun teknik resmi.....	62
Şekil 6.2. İmal edilen takım tutucu resmi.....	63
Şekil 6.3. 5 Eksen Mori Seiki MT2000 tornalama merkezi.....	63

Sayfa

Şekil 6.4. Emuge marka otomatik ısıtarak takma sökme (shrink) makinesi ve takım tutucu.	64
Şekil 6.5. HTG firmasından temin edilen karbür parmak frezenin resmi.	65
Şekil 6.6. Salgı ölçüm düzeneğinin şematik gösterimi.....	66
Şekil 6.7. Hazet marka dijital tork ölçüm aleti.	67
Şekil 6.8. Qness Q250 M sertlik ölçme cihazı.	68
Şekil 6.9. İş parçasının teorik gösterimi.	69
Şekil 6.10. MAHR-Perthometer-M1 taşınabilir yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı.....	70
Şekil 6.11. Sylvack dijital mihengir.	71
Şekil 7.1. Sıkma sökme (shrinkleme) sayılarına bağlı sertlik değişim grafiği.	73
Şekil 7.2. Sıkma sökme (shrinkleme) sayılarına bağlı salgı değişim grafiği.	75
Şekil 7.3. Sıkma sökme (shrinkleme) sayılarına bağlı tork değişim grafiği.....	77
Şekil 7.4. Birinci yüzey pürüzlülük ölçüm grafiği.	79
Şekil 7.5. Açılan kanalların genişlik değerleri	80
Şekil 7.6. Açılan kanalların derinlik değerleri.....	81

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. ER tipi başlıkların sıkma kapasitesi ve kullanım torqları tablosu.....	16
Çizelge 3.2. Hidrolik takım tutucuların sıkma çapları, boyları ve maksimum sıkma torqları.	22
Çizelge 3.3. Isıtmalı takım tutucuların sıkma çapları, boyları ve maksimum sıkma torqları.	26
Çizelge 5.1. Sade karbonlu çeliklerin bileşimindeki alaşım elementlerinin üst sınırları.....	47
Çizelge 5.2. Bazı alaşımsız çeliklerin (sade karbonlu çeliklerin) tipik mekanik özellikleri ve kullanım alanları.....	50
Çizelge 5.3. Takım çelikleri kullanım alanları.....	55
Çizelge 6.1. Deneylerde kullanılan malzemelerin kimyasal özellikleri.....	61
Çizelge 6.2. Takım tutucu imalatında kullanılan malzemelerin fiziksel özellikleri. .	61
Çizelge 6.3. HTG firmasından temin edilen parmak frezenin teknik özellikleri.....	65
Çizelge 6.4. Yüzey pürüzlülük cihazının teknik özellikleri.....	69

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

Mg : Magnezyum

Al : Alüminyum

C : Karbon

Mn : Mangan

Si : Silisyum

Cu : Bakır

Mo : Molibden

Ni : Nikel

Cr : Krom

P : Fosfor

S : Kükürt

Nb : Niobyum

V : Vanadyum

Ti : Titanyum

N : Azot

KISALTMALAR

ISO	: International Organization for Standardization (Uluslararası Stanadartlar Örgütü)
DIN	: Deutch Industrie Normen (Alman Endüstri Normları)
JIS	: Japanese Industrial Standart (Japon Endüstri Normları)
TSE	: Türk Standartlar Enstitüsü
CNC	: Computer Numeric Control (Sayısal Denetimli Bilgisayar Sistemi)
CAD	: Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
CAM	: Computer Aided Manufacturing (Bilgisayar Destekli Üretim)
SEM	: Scanning Electron Microscope (Elektron Tarayıcı Mikroskop)
HSS	: High Speed Steel (Yüksek Hız Çeliği)
YMK	: Yüzey Merkezli Kübik
MKE	: Makine ve Kimya Endüstrisi Kurumu
OM	: Optik mikroskop

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Teknolojik gelişmelere paralel olarak her geçen gün imalat sektöründe yeni yöntemlerin ortaya çıktığı görülmektedir. İş parçası üzerinden tabaka kaldırma işlemi olarak adlandırılan talaş kaldırma yöntemi de teknolojinin gelişmesi ile birlikte boyutsal tamlıkla birlikte yüzey kalitesinin ön plana çıkmasına neden olmuştur. Bu gelişmeler ile birlikte birbirleriyle çalışan ya da hatta ilişkisi olmayan yüzeylerin kalitelerinin tespitinde ve yüzey pürüzlülüklerinin incelenmesine ihtiyaç duyulmaya başlanmıştır.

Takım ömrünü arttırmak ve istenilen yüzey kalitesini elde edebilmek için birçok takım tutucu geliştirilmiştir. Bunlardan en iyi bilinenleri Isıtmalı (Shrink) Takım Tutucu, Hidrolik Takım Tutucu, Bilyalı Takım Tutucu, Pens Başlıkları ve Veldon olarak sıralanabilir. Bu takım tutucuların performansları kıyaslanmalı ve optimum kesme şartlarında verimlilikleri belirlenmelidir. Literatürde takım tutucu performansını kıyaslayan yayın sayısı yok denecek kadar az seviyededir. Kitajima ve arkadaşları 2005’de yaptıkları çalışmada ısıtmalı ve pens takım tutucu ile performans çalışması yapmışlardır. Kuru kesme şartlarında yapılan çalışmada deney süresince titreşimleri ve yüzey pürüzlülüklerini kıyasladıklarında ısıtmalı takım tutucunun pens tutucuya oranla yüksek performans sergilediği görülmüştür [1].

Günümüzde özellikle makinalarda kullanılan hareketli parçalar ile yüksek basınçlarda çalışan makinaların sayılarının artması sonucunda bu makinalarda kullanılacak olan parçaların yüzey kalitelerinin de önem kazanmasına neden olmuştur. Talaşlı imalat yöntemi ile üretilen parçalarda, parçaların geometrik ve ölçü toleranslarının yanında yüzey kalitesinin de önem kazandığı görülmektedir. Makinalardaki parçaların mekanik ömrü, dış etkilere karşı direnci ve istenilen tarzda çalışması yüzey kalitesine bağlıdır [2].

Talaşlı imalat yöntemlerinden biri olan Yüksek Hızda Talaşlı İmalat otomotiv, havacılık ve uzay sanayi ve kalıpcılık endüstrilerinde parça işleyen firmalarda kullanılmaya başlanan yeni bir işleme yöntemidir. Bu yöntemin çalışması genel manada yüksek devir ve ilerlemelerde, küçük çaplı takımlar ve düşük talaş derinliklerinde yapılan kesme işlemidir. Yapılan bu işlem yerini az sayıda büyük takım ve pasolar ile yavaşça ancak daha fazla talaş kaldırılmasıyla yapılan kesme işlemine bırakmıştır. Talaşlı yöntemlerden biri olan Yüksek Hızda Talaşlı İmalat teknolojisinde talaş miktarı az olsa da rağmen genel olarak parçanın işlem süresinde % 30 oranında daha hızlı olması ve bazen parçanın polisaj işlemini gerektirmeden CNC tezgâhtan çıkar çıkmaz kullanılabilmesi bu yöntemi ayrıcalıklı yapmaktadır. Yüksek Hızda işleme yapabilmek için gerekli şartlar vardır. Bunlar en genel haliyle gelişmiş bir CNC kontrol sistemi, yüksek hızda işleme için uygun bir CNC takım tezgahı, yüksek hızda frezelemeye uygun takım yolu üretebilecek bir CAM programı ve yüksek devir ilerlemelerde kullanılacak uygunlukta bir kesici takım olarak sıralanabilir [2].

Yüksek hızda işleme için CAM yazılımında gerekli olan yumuşak takım hareketi, sabit talaş hacmi, boştaki hareket alanlarını görebilme kabiliyeti, helisel ve dairesel giriş çıkış makroları, kavis sonrası hızlanma ve kavisli yüzeylerde kavis öncesi yavaşlama ve hareketlerini tanımlama kabiliyetlerinin bulunması gerekir [2].

Talaş kaldırmak için ihtiyaç duyulan hareketi ve gücü sağlayan cihazlara takım tezgâhı denir. Üzerine iş parçası ve takımlar ile takım tutucular bağlanır. İş parçası ve takımın hareket şekline göre takım tezgâhlarının ismi değişmektedir.

Yüksek hızda işlemenin genel çalışma prensibi freze takımlarıyla, yüksek ilerlemeler ve devirle işleme yapılmasıdır. Bu işleme tekniğini diğerlerinden ayıran özellik büyük takımlar ve geniş pasolarla talaş kaldırma yerine küçük takımlar ve düşük pasolarla işleme yapılmasına olanak sağlamasıdır [3].

Talaşlı yöntemlerden biri olan Yüksek Hızda Talaşlı İmalat çoğunlukla freze tezgâhıyla daha fazla metal uzaklaştırma ile uçak endüstrisi, büyük alüminyum bloklardan büyük çerçeve bileşenlerinin talaşlı işlenmesi endüstrisinde, çabuk takım

değişimleri ve takım yolu kontrolü önemli olan otomotiv, bilgisayar ve tıbbi bileşenleri imal etmek alüminyum üzerinde çoklu talaş kaldırma işlemleri yapma endüstrisinde, sert malzemelerden karmaşık geometrilerin imalatı yapılan kalıp ve takım endüstrisinde kullanılır.

Genelde normal CNC tezgâhlara göre yüksek hızda CNC'lerde titreşimler ve ısı yükselmesi daha fazla olması beklenir. Bu yüzden mekanik olarak yüksek hız CNC tezgâhlarının yapılarının normal CNC tezgâhlara göre farklı olması gerekmektedir (Kalaycıoğlu).

Yüksek hız CNC tezgâhların kontrol sistemleri normal tezgâhlara göre blok satırlarının çok ötesindeki satırları daha önce ve hızlı okuyup yorumlayabilmesi gerekir. Bu özellik olursa tezgâh hareketlerinde kesinti yaşanmaz. Eğer bu özellik sağlanamazsa olası hareket kesintilerinde kesici takımların kırılması ve yüzeylerin üstünde pürüzlerin oluşmasına neden olabilir [2,3].

Yüksek hızda işleme yönteminde normal kesme işlemlerine göre kesici takımlarda daha hızlı aşınma görülür. Ölçü hassasiyeti üzerinde yapacağı olumsuz etkilerden dolayı bu tarz aşınmaları önlemek amacıyla yüksek hızda işlemlerde takım ömrü yüksek ve kolay aşınmayan kesici takımlar seçilmesi gerekmektedir. Yüksek hızda işlemede genellikle PCBN (Çok kristalli kübik bor nitrür) kesici takımlar ve kaplamalı sinterlenmiş karbürler kullanılmaktadır.

Teknolojik gelişmeler ile birlikte, imalatın uzun ömürlü, istenilen kalitede, emniyetli ve ekonomik olabilmesi için, etkiyen tüm parametrelerin hassas biçimde belirlenmesi gerekir. Bu parametreler; kesici takım malzemesi, kesme kuvveti, kesme hızı, kesme derinliği, ilerleme, kesici takım malzemesi, kesici takım geometrisi, tezgâh rijitliği, kesici takımın bağlanması vb. gibi etmenler üstünde durularak geçmişten günümüze çok çeşitli araştırmalar yapılmış olup bu çalışmalara hala devam etmektedir.

Bu çalışmada özellikle CNC takım tezgahlarında kullanılan ince cidarlı ısıtılmalı takım tutucuların performansına malzeme özelliklerinin etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla üç farklı malzemedan ince cidarlı ısıtılmalı takım tutucu

imal edilmiştir. Bu takım tutucular belirli sayıda sıkma ve sökme işlmelerine tabi tutulmuştur. Bu sıkma ve sökme işlemleri sonucunda takım tutucuların salgı, tork ve malzemelerinin sertlik değışimleri incelenmiştir.



BÖLÜM 2

LİTARATÜR TARAMASI

İmalat işlemlerinde mühendislerin mevcut kaynakları kullanarak imalat sisteminin performansını maksimum yapmak ve istenilen ürün kalitesine etki eden değişkenleri belirlemek gibi iki temel uygulama problemi ile karşı karşıya kaldıkları görülür. İmalat mühendislerince alınan kararlar kendi uzmanlık ve deneyimlerine dayalı kararlar olmayıp işleme sırasında gerçekleşecek olaylara göre de değişiklik gösterebilirler. İşleme yapılırken yaşanan olayların çoğu çok sayıda faktörün etkileşimi olan oldukça karmaşık sonuçlar ortaya çıkarması nedeniyle işletmenin yüksek işlem performansına ulaşmasını engelleyebilir. Yaşanan bu tarz sorunları absorbe etmek için araştırmacılar çeşitli etmenler ile istenilen ürün özellikleri arasında sebep sonuç ilişkilerini kurulabilmek ve işleme sırasındaki şartları simüle etmek için yeni modeller geliştirmektedirler. Geçmişten bugüne yapılan araştırmaların bir kısmı aşağıda yer almaktadır.

1931 yılında yüzey kalitesi konusunda ilk defa Almanya’da bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların sonucunda yüzey kaliteleri bir düzenlemeye tabi tutulmuştur. Yüzey kaliteleri belli esaslara bağlanarak DIN 140 normu düzenlenmiştir. O dönemde, yüzeyler “talaş kaldırılan ve talaş kaldırılmayan yüzeyler” olarak ifade edilirdi. Ayrıca talaş kaldırılarak işlenecek parçaların tanımında el ve göz tespitleri dikkate alınırdı. Yani yüzeyler elin hissetme, gözün görme kabiliyetine göre tespit edilmiştir. Yüzey kaliteleri kaba, orta, ince ve hassas olmak üzere 4 çeşit olarak belirlenmiştir [4].

1960’lı yıllardan sonra Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO) yüzey kaliteleri konusunda bir çalışma yapmış ve yüzey kaliteleri standartlarını ülkemize tavsiye etmiştir. Türk Standartları Enstitüsü de TS 2040 numaralı standartla yüzey kalitelerini bir esasa bağlamıştır [4].

Pensilvanya üniversitesinde yapılan ve “Optimum Şartların Tayininde Yüzey Kalitesinin Tayini için Regrasyon Analizi ve Uygulamaları” adı verilen bir çalışmada yüzey pürüzlülüğüne etki eden en önemli faktörlerin kesme hızı, ilerleme, takım uç yarıçapı ve iş parçasının sertliği olduğu dikkate alınarak işleme parametrelerinin optimizasyonu yapılmıştır.

Gronovsky., ilerleme, kesme hızı, takım uç yarıçapı ve takım geometrisi (asıl kesme kenar açısı) parametrelerinin yüzey kalitesi ile ilişkisini gösteren bir nomoğraf oluşturmuş ve diğer araştırmacılar da bu nomoogramları kullanmışlardır [5].

Hesegawa, Seireg ve Lindberg, tornalama işlemlerindeki kesme parametrelerinin yüzey kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmışlar ve yaygın olarak kullanılan yumuşak çeliklerde, yüzey kalitesinin önceden kestirilebilmesi için bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Bu model istenilen bir yüzey kalitesi için optimal kesme şartlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Yapılan çalışmada deney şartları, deney yöntemi anlatılmış ve bir model geliştirilmiştir [6].

Bayraktar M., Ç1020, SAE1040 ve 9SMnPb çeliklerinin talaşlı imalatında, yüzey pürüzlülüğünün uzman sistemle hesaplanan değerlerinin deneysel değerlerle karşılaştırılmasını yapmıştır [7].

Özses B., sayısal denetimli takım tezgahlarında değişik işleme koşullarının yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemiştir. Deneylerini bilgisayar destekli bir takım tezgahında yapmıştır. Aynı kesme koşullarında, birbirinin aynı olan parçaları işlemiş ve sonuçta ortaya çıkan yüzey kalitelerini karşılaştırmıştır [8].

Güllü A., silindirik taşlamada istenilen yüzey pürüzlülüğüne elde etmek için taşlama parametrelerinin bilgisayar yardımı ile optimizasyonu konulu bir araştırma yapmıştır. Bu çalışmayla, gerçek taşlama ortamında sekiz bağımsız değişken kullanılarak, yüzey kalitesinin önemli kriterlerinden olan “Ortalama pürüzlülük” (Ra) ve “Max. pürüzlülük” (Rt) değerleri arasında matematiksel modeller ve grafik ilişkiler kurulmuştur. Ayrıca bulunan matematiksel modellerden yararlanılarak standartlaştırılmış, bilinen ve tecrübeye dayalı taşlama verilen kural tabanı alınarak.

bağımsız parametrelerin optimum değerlerini bulan bir bilgisayar programı Turbo Paskal dili kullanılarak yazılmıştır. Önceden bazı parametreler seçilerek yüzeylerin paso sayısı ile Ra ve Rt değerleri arasındaki ilişkiler ortaya konmuştur [9].

Güllü A., alın tornalamada, en uygun kesme koşulları için yapılmış deneysel çalışmaların, yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemiştir. Bu çalışmada, CNC torna tezgahında alın tornalama ile işleme faktörlerinin yüzey kalitesine olan etkileri incelenmiştir. Test malzemesi, kesme hızı, ilerleme, kesici uç yarıçapı ve uç tipi işleme faktörleri olarak alınmıştır. UC6010 kalitede kaplamalı karbür ve TNHC kalitede seramik olmak üzere iki tip kesici ucu 0,4 – 0,8 – 1,2 ve 1,6 mm uç yarıçapları ile on sekiz farklı çelik malzeme test edilmiş olup talaş derinliği 0,1 mm alınarak, yapılmış deneysel çalışmaların sonuçları incelenmiştir [10].

Özdur Z., CNC tel elektro erezyon tezgahında işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü, işleme hızı ve ölçü tamlığına etkilerinin incelenmesi üzerine araştırmalar yapmıştır. İşleme parametrelerinin etkilerini belirlemek amacıyla kalıp imalatında yaygın olarak kullanılan SPK 2080 (AISI standardında, D3) yağ çeliği malzemedan, 0,25 mm çapında (CuZn-37, 900 N/mm²) tel ile toplam 78 adet numune kesmiştir. İşleme parametrelerinin etkileri grafikler halinde elde edilmiş ve ileride bu alanda çalışma yapacak araştırmacılara yardımcı olacak şekilde yorumlanmıştır [11].

Ertürk ve arkadaşları (2005) takım tutucu, iş mili ve takım frekans tepki fonksiyonlarını ele alarak tüm sistem için gerekli olan frekans tepki fonksiyonlarını hesaplanmayı amaçlamışlardır. Eğer frekans tepki fonksiyonlarını hesap edebilirlerse her iş mili, takım tutucu ve takım kombinasyonu için kararlı bölge içerisinde kalacak şekilde en iyi kesme hız ve derinliği belirlemek mümkün olabilecektir. Çalışmada matematik modeller sunulmuş, alt sistemler için bulunan frekans tepki fonksiyonlarına örnekler verilmiştir [12].

Ertürk ve arkadaşları (2005) “takım ucu frekans tepki fonksiyonlarının elde edilmesi ve iş mili – takım tutucu – takım sisteminin dinamik modellemesi için analitik bir modeli literatüre sunmuşlardır. Modelin teorik uygulamaları ise bazı tasarım ve

uygulama parametrelerinin takım ucu frekans tepki fonksiyonları ve dolayısıyla sistem kararlılığına etkilerinin analizi ve rulman ve bağlantı dinamik özelliklerini içermektedir. Budak ve arkadaşları ortaya attıkları bu model sayesinde “bir sistemin kararlılık diyagramının oldukça hassas bir şekilde elde edilebileceği ve elde edilen diyagramın istenilen şekilde değiştirilerek kararlılığın arttırılabileceği” tezgâh üzerinde deneysel olarak göstermişlerdir” [12].

İmalatta yüzey pürüzlülüğü imalat verimliliğini etkileyen en temel faktördür. Makine parçalarının gerçek yüzeyleri; ilerleme, kesme hızı ve kesme miktarı, kesici takımın soğutma ve yağlama sistemi, iş parçasının yapısı ve bağlama durumu, kesici takımın geometrisi ve tespit şekli, takım tezgâhı, yardımcı takım ve aparatlar gibi değişik faktörlere bağlı olarak bir takım pürüz ve düzgünlüklerden oluşur [3].

Yüzey pürüzlülüğü değeri özellikle birbirleriyle temas halinde çalışan makine parçalarının arzu edilen işlevi uzun süreli gerçekleştirmesini etkiler. Talaşlı imalatta yüzey pürüzlülüğünü minimize etmek için işlem parametreleri (kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği, yana kayma mesafesi v.b) optimize edilmelidir. Taguchi metodu en iyi sonuçları minimum sayıda deney ile elde etmek için istatistiki olarak tasarlanmış ortogonal dizinleri kullanır. Böylece deney sayısını azaltarak zaman ve maliyet açısından büyük tasarruf sağlamaktadır. Taguchi yöntemi bu avantajlarından dolayı frezelemede yüzey pürüzlülüğü deneylerinde çok sık kullanılmıştır [4-7].

Yapılan çalışmalar incelendiğinde hepsinin amacı yüzey kalitesini arttırmaya yönelik olmasına rağmen, tutucu takım sıcak sıkı geçme sistemler ve yüksek hızda işleme üzerine çalışma yapılmadığı görülmektedir. Bu sistemlerin performanslarının analiz edilmesi . Hem literatüre hemde sanayi kuruluşlarına çalışmalarını daha bilinçli yapmaları için bir ışık tutacaktır. Bu çalışmada amaçlanan çalışma neticesinde Türk Sanayiine ve literatürüne ekstra fayda ve farkındalık kazanadırır.

BÖLÜM 3

CNC TAKIM TEZGAHLARINDA KULLANILAN TUTUCU TAKIM SİSTEMLERİ

Kesici takımların iş miline takımı bozmadan kolayca, düzgün, sağlam ve emniyetli bir şekilde bağlayan, işlerken takımın sağlıklı şekilde işlemlerini sağlayan parçalara takım tutucu denir. Klasik ve CNC torna tezgâhlarında her tezgâh için standart kesici takım tutucular kullanılmaktadır. Hangi takım tutucusunun kullanılacağı kesici takıma göre belirlenir.

Tezgâhta yapılacak tüm işlerin niteliğine ve kullanılacak kesicinin özelliğine göre takımlandırma yapılır. Genellikle tezgâh yeni alındığında tüm takımları ya yanında verilir ya da satıcı veya üretici firmalardan takımlandırma konusunda destek alınır. Alınacak tutucuların standart olduğu gibi standart olmayanları da mevcuttur. Ayrıca tüm ürünler için firmalar katalog sayfaları oluşturmuş ve bu kataloglara göre ürün seçimimizi kolaylaştırmıştır [13].

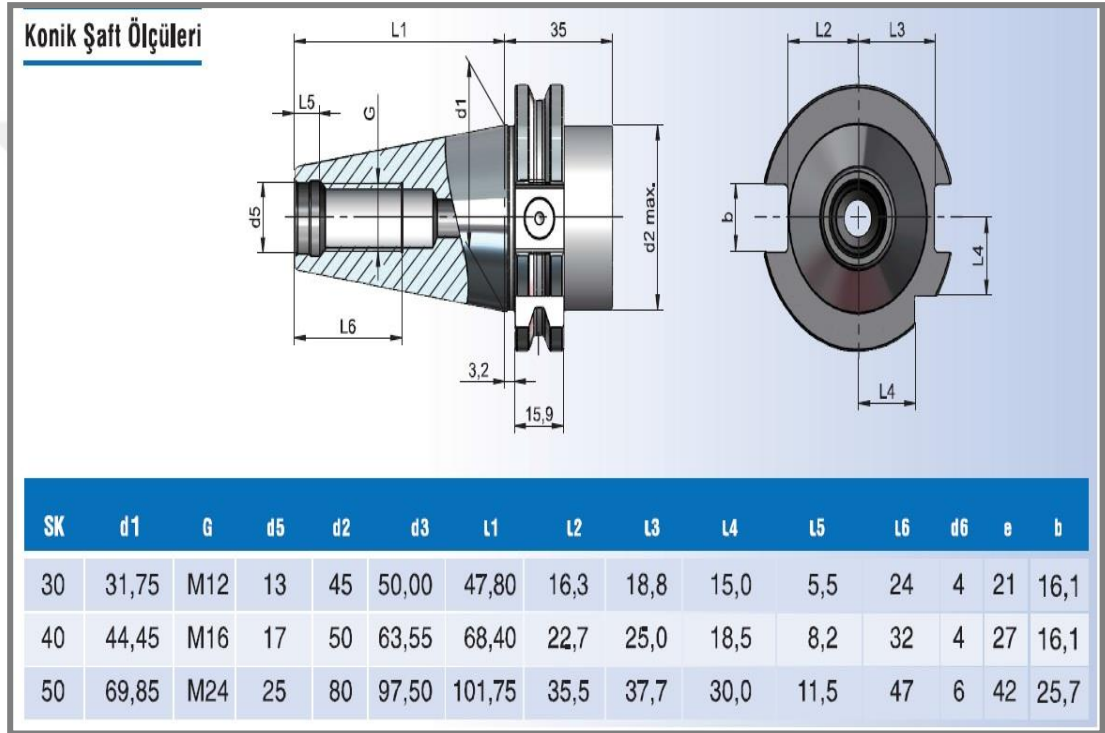
3.1. CNC TEZGAHLARDA KULLANILAN KONİK TİPLERİ

CNC takım tezgahlarında kullanılan konik tipleri tezgahların üretim yıllarına, üretim yerlerine ve işlevselliklerine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Bu değişiklikler tezgah iş miline ve fonksiyonlarına doğru orantılı olarak bağlıdır.

Ayrıca teknolojinin ilerlemesi ile yüksek hızda işleme teknikleri artmış ve bu değişimleri daha mukavemetli ve daha rijit tutucu takımlar üretmeye zorlamıştır.

3.1.1. SK DIN ISO 7388-1 (DIN 69871)

DIN 69871 SK olarak adlandırdığımız konik tipi genel olarak SK30, SK40 ve SK50 olarak 3 farklı ölçüden oluşur. Bu ölçüler konik tipinin şaft kısmının ölçülerine bağlı DIN ve ISO standartlarında belirlenmiş ölçülendirme tablosudur. Konik yüzeyi hassas taşlanmış salgısı alınmış olarak Şekil 3.1'deki ölçüleri sağlayacak şekilde kullanıma teslim edilir.



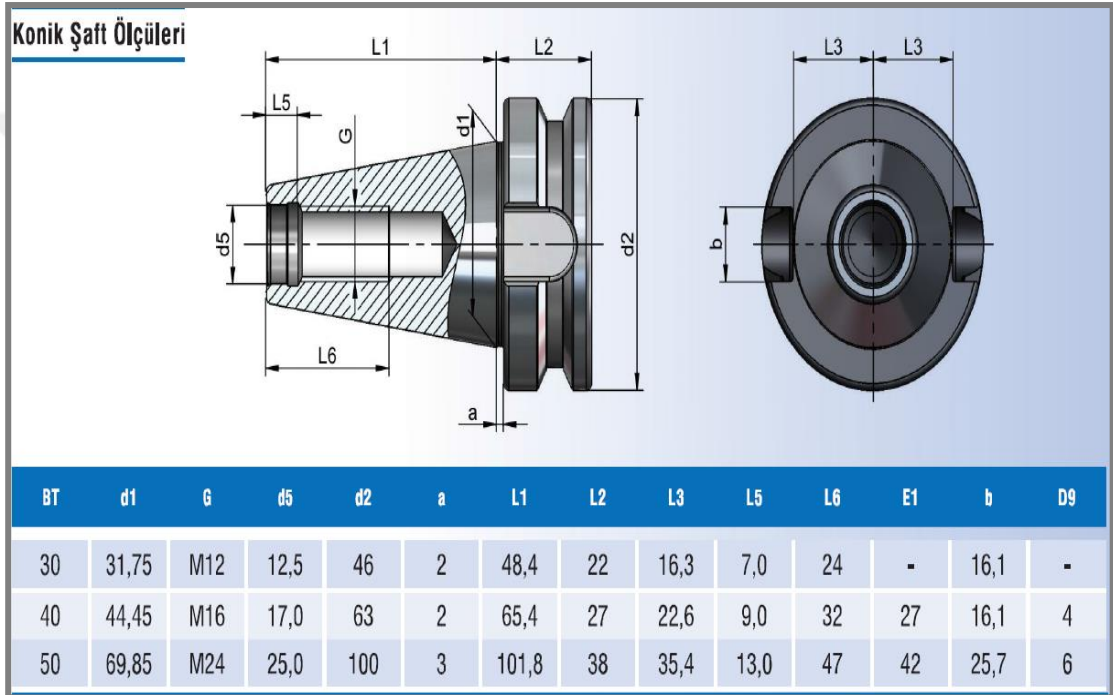
Şekil 3.1. DIN 69871 SK konik tipi şaft ölçüleri.

DIN 69871 SK konik tipleri genellikle Avrupada üretilen CNC takım tezgahlarında yoğun olarak kullanılır. Ayrıca konik açı toleransı DIN2080 normuna göre AT3, yüzey kalitesi Ra 0,2 olacak şekilde üretilmiştir [13].

İlk defa Almanlar tarafından geliştirilmiş olan bu konik tipi esasında yüksek hızda işleme sistemlerinin başlangıcı konumundadır. Bu geliştirmenin ardı sıra tutucu takım sistemleri günden güne geliştirilmeye başlanmıştır. Tutucu takım sistemlerinin ilerlemesi talaşlı imlatın daha kaliteli ve hızlı olmasına büyük katkı sağlamıştır.

3.1.2. MAS 403 BT (JIS B 6339)

MAS 403 BT (JIS B 6339) olarak adlandırdığımız konik tipi genel olarak BT30, BT40 ve BT50 olarak 3 farklı ölçüden oluşur. Bu ölçüler konik tipinin şaft kısmının ölçülerine bağlı Japon JIS standartlarında belirlenmiş ölçülendirme tablosudur. Konik yüzeyi hassas taşlanmış salgısı alınmış olarak Şekil 3.2’de verilen ölçüleri sağlayacak şekilde üretilir.



Şekil 3.2. MAS 403 BT konik tipi şaft ölçüleri.

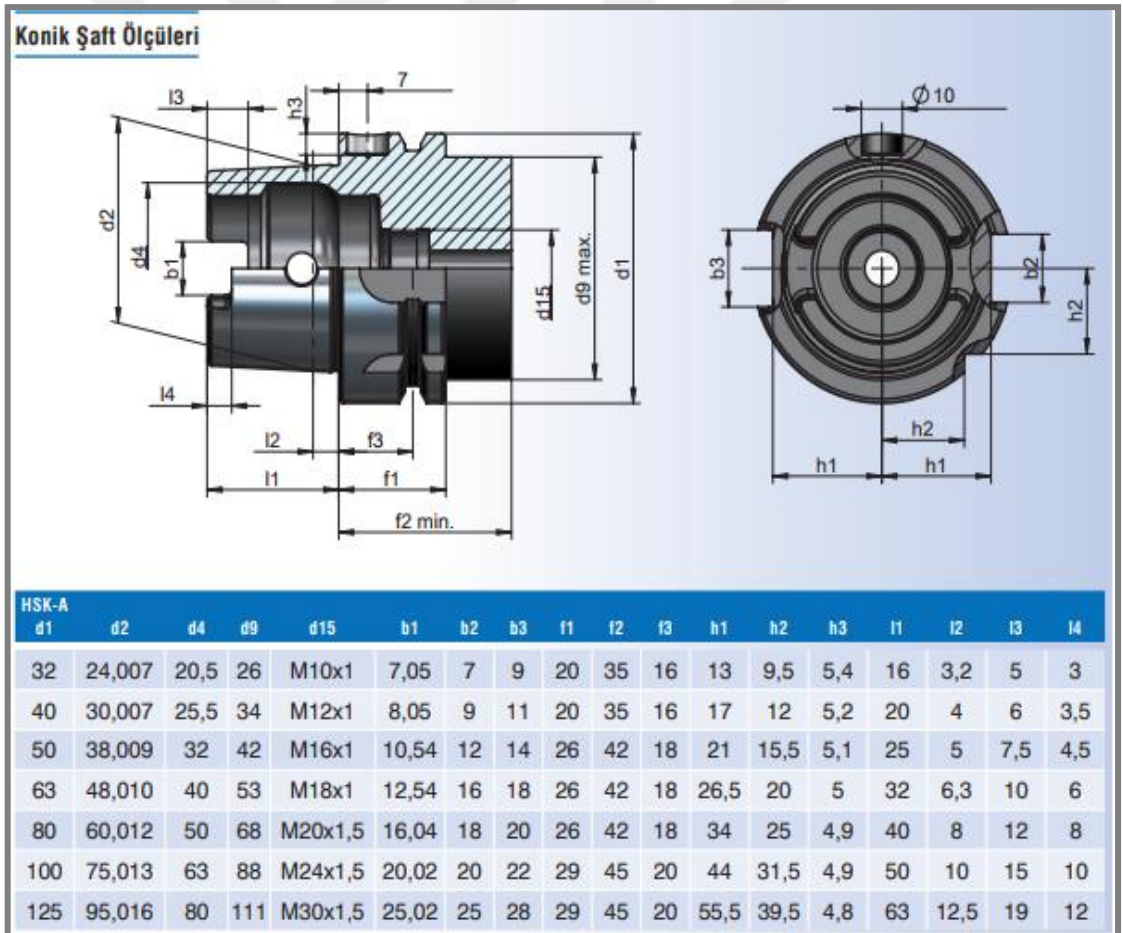
MAS 403 BT (JIS B 6339) konik tipleri genellikle Uzakdoğu olarak adlandırdığımız Tayan, Çin ve Japon menşeli CNC takım tezgahlarında yoğun olarak kullanılır. Ayrıca konik açı toleransı DIN2080 normuna göre AT3, yüzey kalitesi Ra 0,2 olacak şekilde üretilmiştir.

MAS 403 BT (JIS B 6339) konik tipi esasında Japonların Avrupa üretimi yüksek hızda işleme tezgahlarına va konik tiplerine karşı geliştirmiş olduğu bir tutucu tipidir. Bu tutucu tipi ile Avrupada üretilen tezgahlara karşı Uzakdoğu üretimi tezhahların

yoğunlaşması sağlanmıştır. Ayrıca simetrik bir şekilde işlenen MAS 403 BT (JIS B 6339) konik tipi daha yüksek salgı hassasiyetine sahiptir [13].

3.1.3. HSK DIN 69893-1 Form A (ISO 12164-1)

HSK DIN 69893-1 Form A (ISO 12164-1) olarak adlandırdığımız konik tipi genel olarak HSK32, HSK40, HSK50, HSK63, HSK80, HSK100 ve HSK125 olarak 7 farklı ölçüden oluşur. Bu ölçüler konik tipinin şaft kısmının ölçülerine bağlı olarak DIN69893-1 Form A standartlarında belirlenmiş ölçülendirme tablosudur. Konik yüzeyi ve anlı hassas olarak taşlanmış ve balansı alınmış olarak Şekil 3.3’de ki ölçüleri sağlayacak şekilde kullanıma teslim edilir.



Şekil 3.3. HSK DIN 69893-1 form A konik tipi şaft ölçüleri.

HSK DIN 69893-1 Form A konik tipleri genel olarak tornalama merkezleri olarak adlandırdığımız yüksek hassasiyetli ve yüksek hızlı tezgahlar için geliştirilmiştir. Ayrıca konik açı toleransı DIN69823-1 normuna göre yüzey kalitesi Ra 0,2 olacak şekilde üretilmiştir [13].

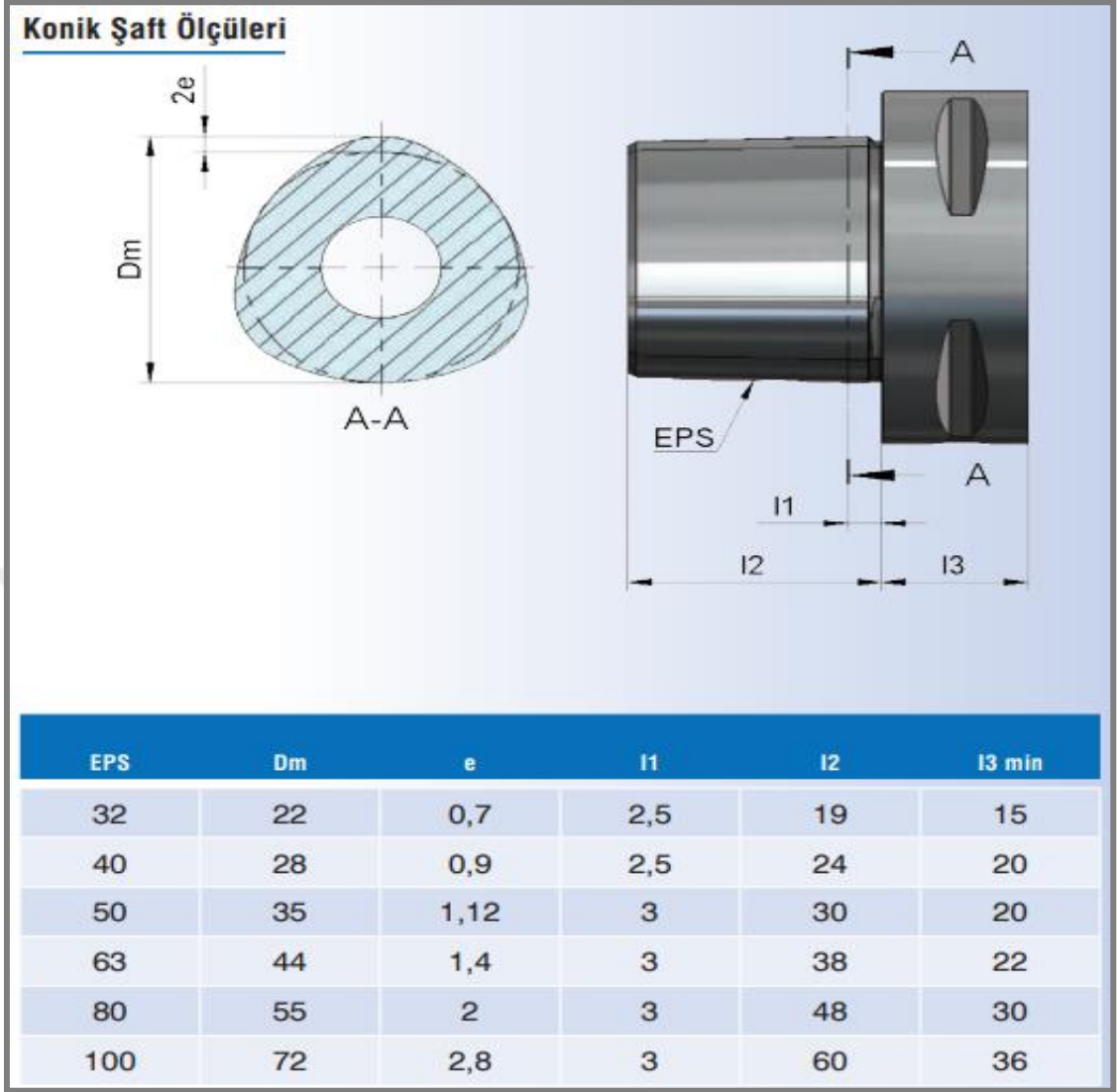
HSK DIN 69893-1 Form A metal işleme sektöründe devrim niteliğinde olan 5 eksen işleme merkezleri ve tornalama merkezlerinde kullanılmaktadır. SK ve BT konik tiplerine göre daha yüksek teknoloji ve işlevsel olarak ta hem tornalama operasyonları için hemde frezeleme operasyonları için kullanılır. SK ve BT koniklerden HSK konikleri ayıran en büyük özellik geometrik toleranslarının daha hassas olması ve taşlanan alın sayesinde hem konik hem alın teması sağlaması bu sayede salgı hassasiyeti SK ve BT konik şaftlarına bakarak çok daha iyi olmasıdır.

3.1.4. EPS ISO 26623-1

EPS ISO 26623-1 olarak adlandırılan konik tipi genel olarak EPS32, EPS40, EPS50, EPS63, EPS80 ve EPS100 olarak 6 farklı ölçüden oluşur. Bu ölçüler konik tipinin şaft kısmının ölçülerine bağlı ISO 26623-1 standartlarında belirlenmiş ölçülendirme tablosudur.

EPS ISO 26623-1 EPS olarak adlandırılan konik tipi tamamen özel bir üründür. Talaşlı imalat için HSK konik tipinden sonra üretilen en kompleks konik tipidir. Şaftının poligon olması ve ayrıca şaft ölçülerindeki poligonun hassas taşlanması sayesinde salgı hassasiyeti konusunda sektördeki lider konik tipidir.

Aynı HSK gibi hassas 5 eksen işleme merkezlerinde ve yüksek hızlı tornalama merkezlerinde kullanılan EPS konik tipi poligonal yapısı sayesinde tezgah işmilinin torkunun yüzde yüz aktarımını ve bu aktarım esnasında poligonal şaft sayesinde fener mili içerisinde kaçırımların önüne geçer. Bu konik tipi yüksek performanslı takım çeliklerinden imal edilir ve 58-60 HRC sertlik değerinde özel taşlama makinaları ile taşlanır. Bu sayede geometrik toleransları HSK koniklerden dahi hassastır. Konik yüzeyi ve anlı hassas olarak taşlanmış ve salgısı alınmış olarak Şekil 3.4'deki ölçüleri sağlayacak şekilde imal edilirler.



Şekil 3.4. EPS ISO 26623-1 konik tipi şaft ölçüleri.

EPS ISO 26623-1 konik tipleri genel olarak tornalama merkezleri olarak adlandırdığımız yüksek hassasiyetli ve yüksek hızlı tezgahlar için geliştirilmiştir. Ayrıca konik açı toleransı ISO 26623-1 normuna göre yüzey kalitesi Ra 0,2 olacak şekilde üretilir [13].

EPS ISO 26623-1 üretimi hassas taşlaması sebebiyle belli başlı ülkeler ve firmalar tarafından üretilmektedir. Ülkemizde de EROGLU Makina San. Tic. A.Ş. tarafından ISO standartları içerisinde üretimi yapılmaktadır.

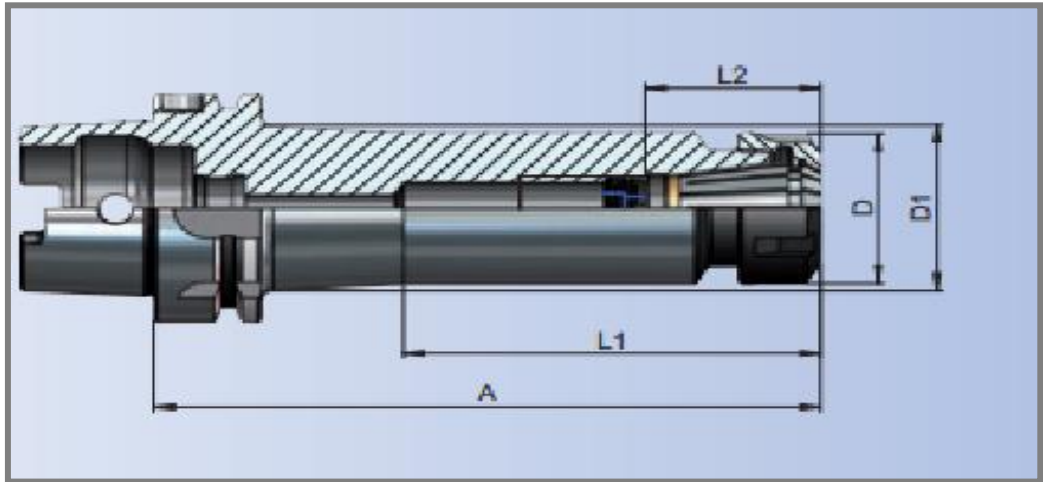
3.2. TUTUCU TİPLERİ

CNC tezgahlarda tezgahın iş mili ile iş parçası arasında ki senkron çalışma kesici takımlarla yapılır. Kesici takım ile CNC arasında ki bağlantı da tutucu takımlar yardımıyla yapılır. Bu kesici takımların da doğru şekilde en yüksek hassasiyet, ömür ve performans ile çalışması için doğru tutucu takımların kullanılması gerekmektedir.

Tutucu takım tipleri bu konuda çeşitlik göstermektedir. Bu çeşitlilikler dikkate alınıp doğru takımlar doğru operasyonlarda kullanılırsa kesici takım ömürlerinin % 90 oranında artışı gözlenebilir [14]. Bu konuda yapılan çalışmalarda işletmelerde en yüksek maliyet kalemlerini kesici takımların oluşturduğunu göstermektedir [15].

3.2.1. DIN69882-6; 2005-06 (ISO 15488) ER Tipi Pens Başlıklar

DIN 69882-6; 2005-06 (ISO 15488) standardına göre imal edilen ER tipi pens başlıkları genel olarak talaşlı imalat söktöründe en yoğun kullanılan tutucu tipidir. ER tipi pens başlıkları kendi içerisinde sıkma kapasitelerine bağlı olarak 7 farklı tipe ayrılmaktadır. Bu sistem genel olarak Şekil 3.5’de görüldüğü gibi tutucu takım, pens ve kapaktan oluşmaktadır [16].



Şekil 3.5 ER tipi pens başlığı pens ve kapak montajlı teorik görseli.

ER Tipi Pens Başlıkları Avrupa'da geliştirilen çok fonksiyonlu tutucu takımlardır. En önemli özellikleri tutucu takım, kapak ve pens ile farklı çaplara sahip kesici shaftlarının montajının yapılabilir olmasıdır. Aşağıda Çizelge 3.1'de sıkma kapasitelerine bağlı isim farklılıkları, maksimum sıkma torkları ve kesiciyi tutabilecekleri maksimum tutma torkları belirtilmiştir.

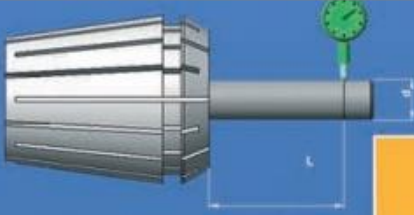
Çizelge 3.1. ER tipi başlıkların sıkma kapasitesi ve kullanım torkları tablosu.

	Sıkma Kapasitesi	Max. Sıkma Torku	Max. Tutma Torku
ER 8	Ø 0.5 mm – Ø 5 mm	12 Nm	10 Nm
ER 11	Ø 1 mm – Ø 7 mm	25 Nm	18 Nm
ER 16	Ø 1 mm – Ø 10 mm	75 Nm	70 Nm
ER 20	Ø 1mm – Ø 13 mm	100 Nm	95 Nm
ER 25	Ø 2 mm – Ø 16 mm	140 Nm	100 Nm
ER 32	Ø 2 mm – Ø 20 mm	150 Nm	110 Nm
ER 40	Ø 3 mm – Ø 26 mm	200 Nm	120 Nm

ER tipi pens başlıkları kullanım alanlarına bakıldığında yoğun olarak CNC İşleme merkezleri ve yüksek devirli matkaplarda kullanılmaktadır. Ayrıca gelişen teknoloji ile çok fonksiyonlu tezgahlar için de ekonomik ve üniversal olması sebebiyle vazgeçilemeyecek bir takım tutucudur.

ER tipi pens başlıklarının salgı toleransları diğer takım tutuculara kıyasla daha yüksektir bu sebeple bu ürünler daha çok delik delme ve kılavuz çekme operasyonları için kullanılmaktadır.

Bilindiği üzere bu tutucu takım tek başına bir işlem sağlamazken pens yardımıyla operasyona uygun hale gelir. Penslerin salgı kalitesi Şekil 3.6'da ER tipi pens başlıkların da kullanılan pensler için ISO ve DIN normunun uygun gördüğü salgı değerleri belirtilmiştir [13].



Rundlauf toleranz Run out tolerance Précision de concentricité Salgı toleransı					
			DIN Klassen 1	DIN Klassen 2	EROGLU
1	1.6	6	0.010	0.015	0.005
1.6	3	10			
3	6	16			
6	10	25			
10	18	40	0.015	0.020	0.005
18	26	50	0.020	0.025	0.010
26	34	60			

OZ - Spannzangen Rundlauf
OZ - Collet Run Out
OZ - Pincés Concentricité
OZ - Pens Salgı

Eroglu = 6 µm (Typ 467 E = 10 µm)

Şekil 3.6. ER tipi penslerin salgı hassasiyetleri.

Başlık hassasiyeti tamamen sistemin hassasiyetine bağlıdır. Sistem hassasiyeti yüzey pürüzlülükleri ve parça hassasiyetiyle doğrudan ilgilidir. Doğru montajda bu konuda son derece önem arz eder. Şekil 3.7’de pensin kapağa doğru şekilde bağlanmasının teorik gösterimi mevcuttur. Pens’e A yönünde ki işaretli yerden B yönüne doğru baskı uygulandığında pens doğru şekilde yerine oturacaktır.



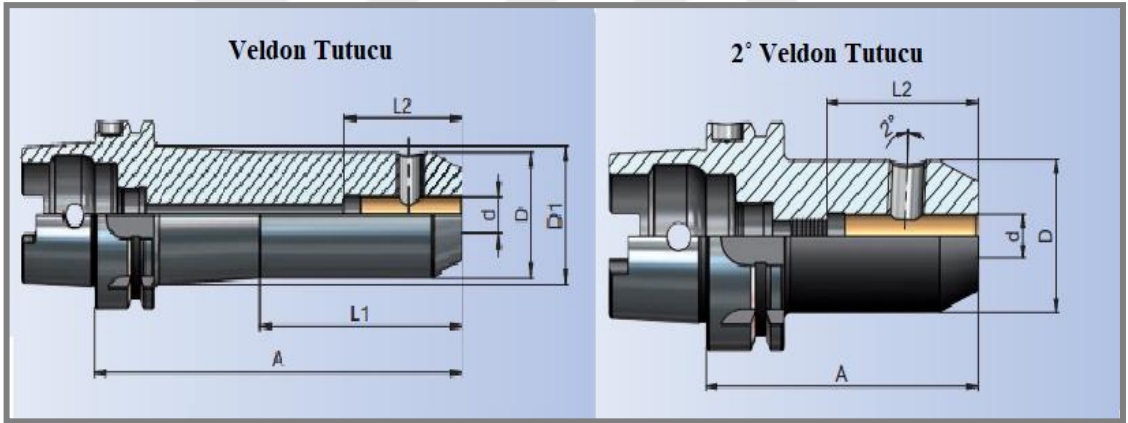
Şekil 3.7. Pensin kapağa doğru şekilde bağlanmasının teorik gösterimi.

Pens başlıkları diğer tutucu takımlara bakarak daha yüksek oranda kullanıma sahiptir. Yüksek teknoloji üretimi için ideal bir takım değildir. Frezeleme operasyonlarının da verimlilikleri diğer tutuculara oranla düşüktür.

3.2.2. DIN69882-4; 2005-06 Veldon Tutucular

DIN69882-4; 2005-06 veldon tutucular DIN 1835-B10 ve DIN 6535-HB normunda kesici şaftları için uygun takım tutuculardır. Genellikle kaba frezeleme operasyonların yüksek performansı ile literatürde kendine yer bulmuştur. Veldon tutucu takımlar DIN 1835-B setskur yardımıyla karşı duvara yaslama mantığıyla sıkma yapmaktadır. Geometrik tolerans cetvelinde H4 delik içi toleransı ile hassas olarak taşlanması sebebiyle salgı hassasiyeti minimum seviyede kalacaktır [13].

Veldon tutucular kullanılacak kesici şaftına bağlı olarak Veldon ve 2° Veldon olarak ikiye ayrılır. Şekil 3.8’de veldon tutucuların teorik gösterimi ve farkları görülebilir. Standart Veldon tutucu DIN1835-B10 kesici şaftları için uygunken, 2° Veldon tutucu olarak tanımlanan tutucu DIN 1835-E normunda ki kesici şaftları için uygundur [13].



Şekil 3.8. Standart ve 2° veldon tutucunun teorik gösterimi.

Veldon tutucuların salgı hassasiyeti ve kullanım yerleri incelendiğinde veldon tutucunun delik içi salgı hassasiyeti DIN normunun belirlediği konik ve alın yüzeyine göre 0.005 mm’dir.

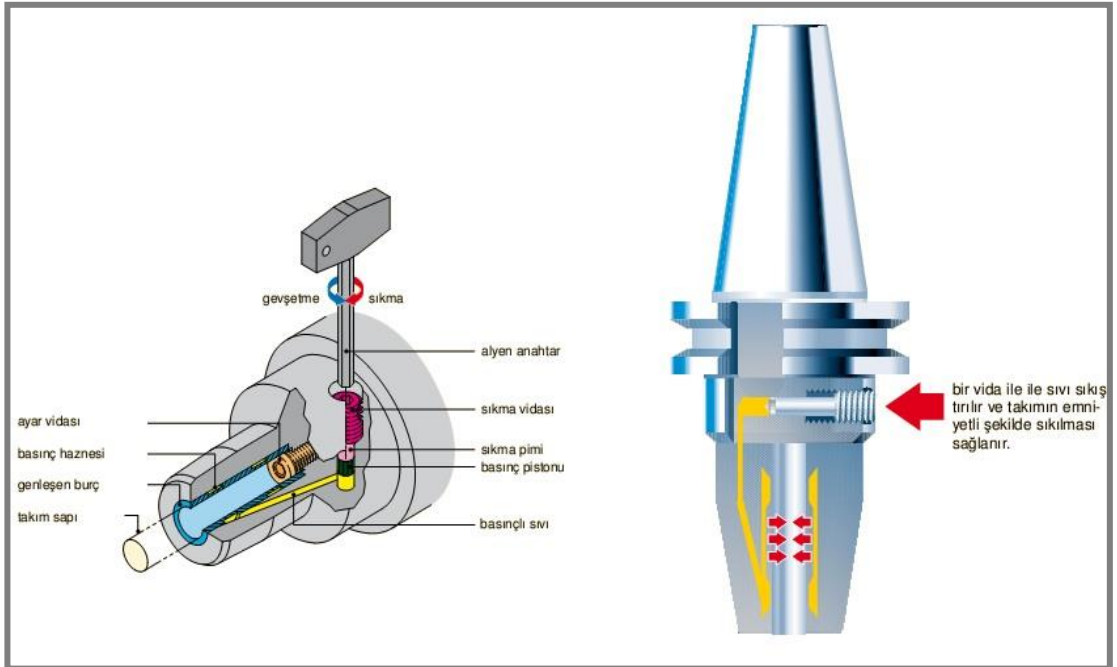
Tek tarafa yaslanma mantığıyla sıkma yaptığı için 0.005 mm’li salgı toleransı eşmerkezlilik kaçıklığına sebebiyet vericek ve bu sebeble delme ve kılavuz çekme operasyonlarında Veldon tutucu olumsuz sonuçlar vericektir. Fakat mekanik sıkma

yapması sebebiyle oluşan yüksek tork sayesinde kaba frezeleme operasyonlarının vazgeçilmez tutucu takımlarındandır.

3.2.3. DIN 69882-7; 2005-06 Hidrolik Takım Tutucular

DIN 69882-7; 2005-06 normuna uygun şekilde üretilen hidrolik takım tutucular standart takım tutuculara bakılarak çok farklı bir sistemle çalışmaktadır. Tamamen yüksek teknoloji ürünü olan bu tutucu takımlar yüksek salgı hassasiyeti ve tekrarlanabilirliğine sahiptir [13].

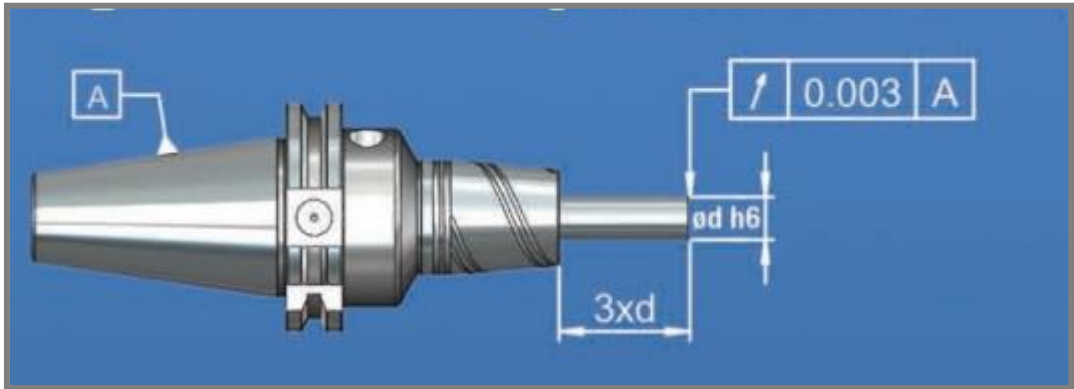
Yüksek mukavemetli Sıcak İş Takım çeliklerinden imal edilen hidrolik takım tutucular. Temel de iki parçadan oluşur ve bu tutucuya ait iki parça özel bir kaynak yöntemi ile birleştirilir. Birleşen iki parça arasına özel bir hidrolik yağ doldurulur. Bir piston ve sıkma cıvatası yardımıyla yağ sistem içerisinde sıkıştırılır. Malzemenin elastik deformasyonundan faydalanarak sıkma işlemi yapılır. Sıkma işleminin çalışma prensibi Şekil 3.9' da görülebilir.



Hidrolik tutucular son yıllarda yaygın olarak kullanılan yüksek hassasiyete sahip tutuculardır. Yüksek tork değeri ve hassasiyeti sayesinde kaba ve finiş operasyonlar için uygun bir takımdır. İçerisinde ki hidrolik yağ yardımıyla sıkma işlemi yaptığı için finiş frezeleme yada raybalama operasyonlarında vibrasyonları sömümleyerek yüksek yüzey hassasiyeti ve mikro çatlakların önlenmesinde önemli rol oynar.

Hidrolik tutucular tek çap sıkabilme özelliklerinin yanında pens yardımı ile tek tutucu ile birçok çapıda sıkabilirler. Tabiki bu salgı hassasiyetini olumsuz yönde etkileyecektir. Tek çap sıkın takımın salgı hassasiyeti üzerine pensin salgısı da eklenecektir. Hassas işlerde bu sistem tercih edilmemekle birlikte üniversal kullanımlarda avantaj sağlamaktadır. Her ne kadar pens ile salgı hassasiyeti düşsede DIN69882-4; 2005-06 veldon tutuculara ve DIN 69882-6; 2005-06 pens başlıklarına bakarak çok daha yüksek salgı hassasiyetine sahiptir [13].

Hidrolik takım tutucuların salgı hassasiyetleri incelendiğinde DIN normunun öngördüğü salgı hassasiyeti 3xD takım boyunda maksimum 0.003 mm'dir. Salgı ölçüm sistemi Şekil 3.10'da teorik olarak gösterilmiştir. Bu tutucu sistemi eşit oranda sıkma yaparak eşmerkezlilik kaçıklığını minimum seviyede tutar.

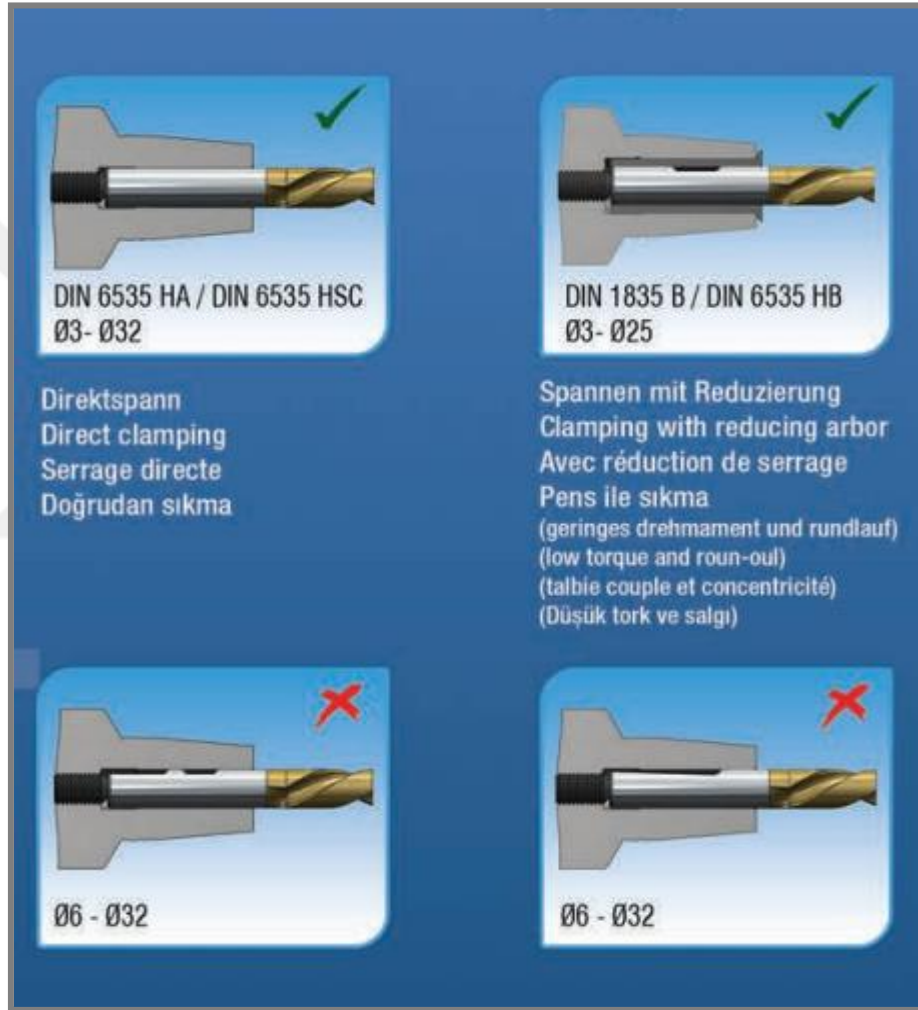


Şekil 3.10. Hidrolik takım tutucu salgı kontrolü teorik gösterimi.

Hidrolik takım tutucuların pens ilavesi olmadan doğru çalışması için kullanılacak kesici şaftının kesinlikle DIN 6535-HA ya da DIN 6535-HCS standartlarında

olmalıdır. Aksi takdirde ürün gerçek performans ile çalışmayacak ve ürünün iç kovani çok kısa sürede plastik deformasyona uğrayacaktır.

Pens ile birlikte kullanımlarda ise DIN1835-B ya da DIN6535-HB standartında kesici bağlamakta mümkün olacaktır fakat tork değerlerinde düşüş gözlenecektir. Şekil 3.11’de doğru bağlantı şekilleri verilmiştir [13].



Şekil 3.11. Hidrolik Takım Tutucuya Kesici Bağlama Şekilleri.

Doğru kesici ve doğru bağlama yöntemi kullanıldığında hidrolik takım tutucular salgı hassasiyetleri ve yüksek torkları sayesinde finiş operasyon olarak tabir ettiğimiz maksimum hassasiyette ki yüzey toleranslarını çok rahat şekilde sağlayabilir. Hidrolik takım tutucuları diğer tutuculardan ayıran en büyük özellik yüksek tork

değerleridir. Tork değerleri ürün çapına göre farklılık göstermektedir Çizelge 3.2’de hidrolik takımların sıkma boyları ve tork değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.2. Hidrolik takım tutucuların sıkma çapları, boyları ve maksimum sıkma torkları.

Sıkma Çapı (mm)	Sıkma Boyu (mm)	Sıkma Torku (Nm)
Ø 6	28	26
Ø 8	28	50
Ø 10	33	65
Ø 12	38	140
Ø 14	38	160
Ø 16	41	220
Ø 18	41	270
Ø 20	43	550
Ø 25	49	650
Ø 32	53	800

Hidrolik takım tutucular ilk olarak maliyetli gibi görünse de yüksek salgı hassasiyetleri ve yüksek sıkma torkları sebebiyle. Doğru kullanımlarda çok performanslı çalışırlar.

Çalışma neticesinde iktisadi olarak birçok işletmede diğer tutucular ile değiştirildiğinde kesici maliyetlerinde %29.2 gibi azalma görülmüştür. Ayrıca gizli maliyet olarak görünen kalite maliyetlerinde tolerans dışı ıskarta parça adedi ve benzeri maliyetlerde ise %38.9 gözlenmiştir. Bu düşüşler hesaplanım birim maliyet hesabına gidildiğinde aslında hidrolik takım tutucunun çok maliyetli bir ürün olmadığı ortaya çıkmaktadır.

Sonuç olarak hidrolik tutucular doğru şartlar altında kullanıldıkları taktirde Hem kaba hemde finiş operasyonlar için yüksek hassasiyetli ve teknolojik bir üründür. Bu

tarz ürünler yüksek hassasiyetleri sebebiyle özellikle Havacılık, Savunma Sanayii ve benzeri yüksek teknoloji üreten üretim tesislerinde yoğun olarak kullanılmaktadır.

3.2.4. DIN 69882-8; 2005-06 Isıtmalı Takım Tutucular (Shrinkler)

DIN 69882-8; 2005-06 normuna uygun şekilde üretilen ısıtmalı takım tutucular çalışma prensibi olarak malzemenin ısıya bağlı genleşme katsayısını kullanarak sıkma ve sökme yapmaktadırlar. Bu takım tutucular ile çalışmak için basit indüksiyon düzeneğine bağlı bir takım, takma ve sökme aparatına ihtiyaç duyulmaktadır.

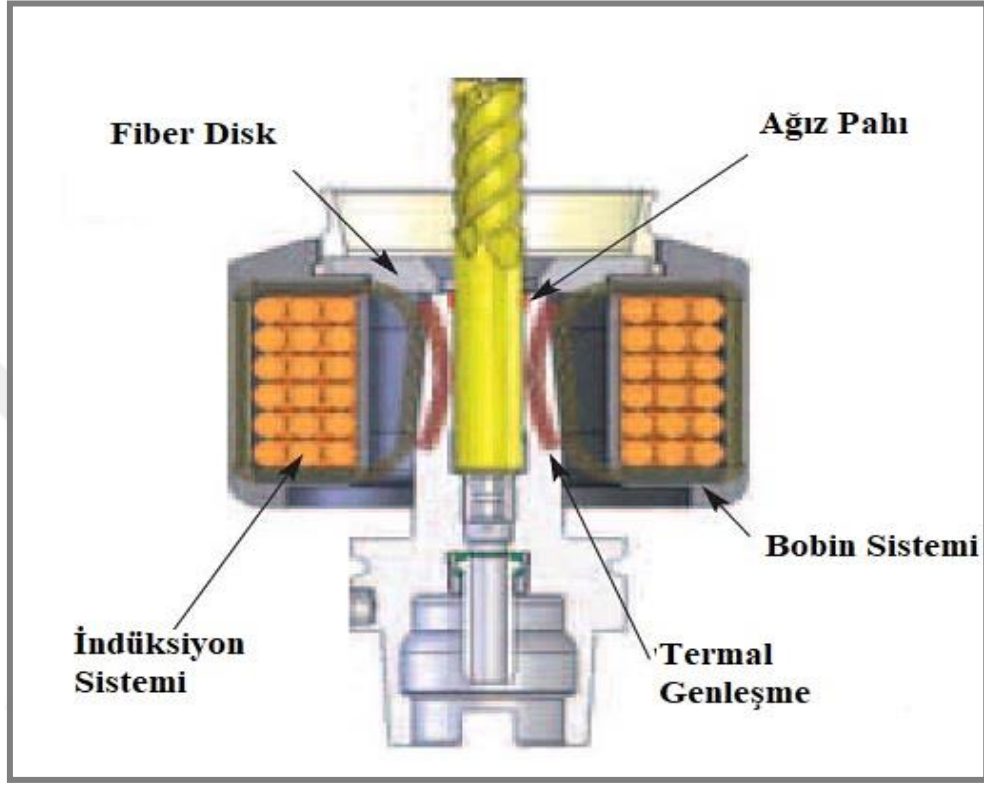
Bu takım tutucular üretilirken özellikle temperleme sıcaklığı yüksek malzemelerden yani sıcak iş takım çeliklerinden üretilmektedir. Bu malzemelerden üretilmesinin en büyük sebebi malzemenin sıcaklığa bağlı genleşme katsayısı ile sıkı geçme mantığında sıkma yapmasıdır. Temperleme sıcaklığı düşük bir malzemedan üretildiği takdirde tutucu takımında sıkma ve sökme esnasında sertlik düşüşü görülür ve bu durum tutucunun kısa sürede bozulmasına sebebiyet verir.

Isıtmalı takım tutucular diğer tutucu takımlar ile kıyaslandığında kesici takım shaftının tamamını kavradığı için muhteşem sıkma yapar ve salgı değerleri sıfır seviyesindedir. Isıl genleşme ile sıkma yaptığı için diğer tutuculara bakarak kesici takım ömrü çok yüksektir.

Özellikle kesici takımını kendine çekme özelliği bulunan düşük sıcaklıklarda ergime gösteren malzemelerin işlenmesinde yoğun olarak kullanılan tutucu takımıdır. Diğer tutucu takımlara bakarak ilk yatırım maliyeti biraz yüksektir.

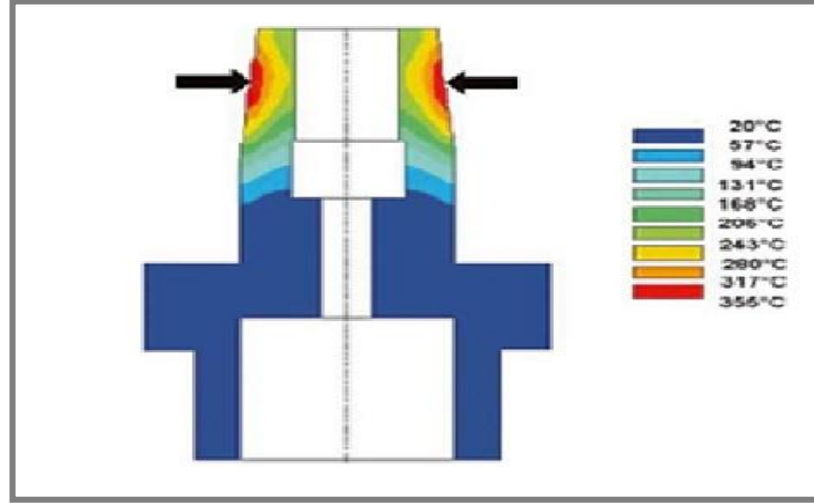
Tutucu takımın çalışma prensibi incelendiğinde Schrink Makinası dediğimiz yardımcı bir ekipmana ihtiyaç duymaktadır. Bu makine basit bir indüksiyon tezgahı gibi çalışır ve mazlemeyi temperleme sıcaklığının altında genleşme katsayısının izin verdiği sıcaklığa kadar ısıtılmasını sağlar. Bu makinada oluşan 250°C ile 350°C arasında ki sıcaklık sayesinde takım tutucu genişir ve kesici tutucuya bağlanarak işlem tamamlanır. Schrink makinasının çalışma prensibi Şekil 3.12'de

gösterilmektedir. Şekilde belirtilen fiber disk kesici takım shaft çapına göre seçilir. Ağız pahı ve fiber disk sayesinde kesici takım tutucu takıma daha rahat montaj yapılır.



Şekil 3.12. Schrink makinasının çalışma prensibinin teorik gösterimi.

Isıtılan takım tutucu kesinlikle temperleme sıcaklığının üstüne çıkartılmalıdır. Aksi takdirde tutucu takım malzemesinin mikro yapısında bozulmalar meydana gelecek ve tutucu takım ömrü %80'lere varan oranlarda azalacaktır. Şekil 3.13'de tutucu takım ısınma diagramı mevcuttur.



Şekil 3.13. Tutucu Takımın Doğru Çalışması için Gerekli Isı Diagramı.

Isıtmalı takım tutucuların en büyük özelliklerinden biri $\varnothing 3$ mm ile $\varnothing 32$ mm arasında hiçbir ekstra bağlantı ekipmanına ihtiyaç duymadan sıkabilme özelliğidir. Diğer tutucu takımlar incelendiğinde, $\varnothing 3$ mm ve $\varnothing 4$ mm şafta sahip kesici takımları kesinlikle bir pens yardımıyla bağlamak gereklidir. Ayrıca yüksek hızlı işleme makinalarında yoğun kullanılan mikro takımlar olarak tabir edilen takımlar da hiçbir ek parça ihtiyacı olmadan montaj yapılabilir.

Ayrıca sıkma ve bağlama için ekstra parçalar kullanılmadığı için ve kesici şaftına tam sıkma yaptığı için çok yüksek balans değerine sahiptir. Kesici ile birlikte balans alındığında G2.5 30000 rpm balanslara çok kolay şekilde ulaşabilir. Bu da kesici takım ömrünün çok yüksek oranlarda artmasına, Parça hassasiyetinin mikron seviyelere inmesini sağlar.

Isıtmalı takım tutuculara doğru kesici takım bağlandığında ve doğru şartlarda ısıtıp soğutulduğunda uzun ömürlü kesici takım montajı diğer tutuculara oranla çok daha kolay ve yüksek torklu takım tutuculardır. Özellikle kesici takım seçimi yapılırken kesici takım şaftının karbür ya da sert metal olmasına dikkat edilmelidir. Kesici takım malzemesi HSS olan ürünlerden kesinlikle uzak durulmalıdır. Aksi takdirde shrinkleme sonrası HSS takım ile tutucu takım arasında kaynak oluşabilir ve takımı sökmek mümkün olmayabilir [13].

Isıtmalı takım tutucular doğru sıcaklıklarda ısıtılıp takım montajı yapıldığında son derece yüksek torklar çıkma özelliğine sahiptir. Yüksek tork ve salgı hassasiyetleri sebebiyle özellikle havacılık ve savunva sanayiinin ilk tercih ettiği takım tutucu tipidir. Isıtmalı takım tutucuların tork değerleri Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Isıtmalı takım tutucuların sıkma çapları, boyları ve maksimum sıkma torkları.

Sıkma Çapı (mm)	Sıkma Boyu (mm)	Sıkma Torku (Nm)
Ø 3	12	4
Ø 4	16	11
Ø 5	20	17
Ø 6	26	30
Ø 8	26	55
Ø 10	31	90
Ø 12	37	155
Ø 14	37	200
Ø 16	40	250
Ø 18	40	320
Ø 20	42	450
Ø 25	48	650
Ø 32	52	850

BÖLÜM 4

TALAŞLI İMALAT

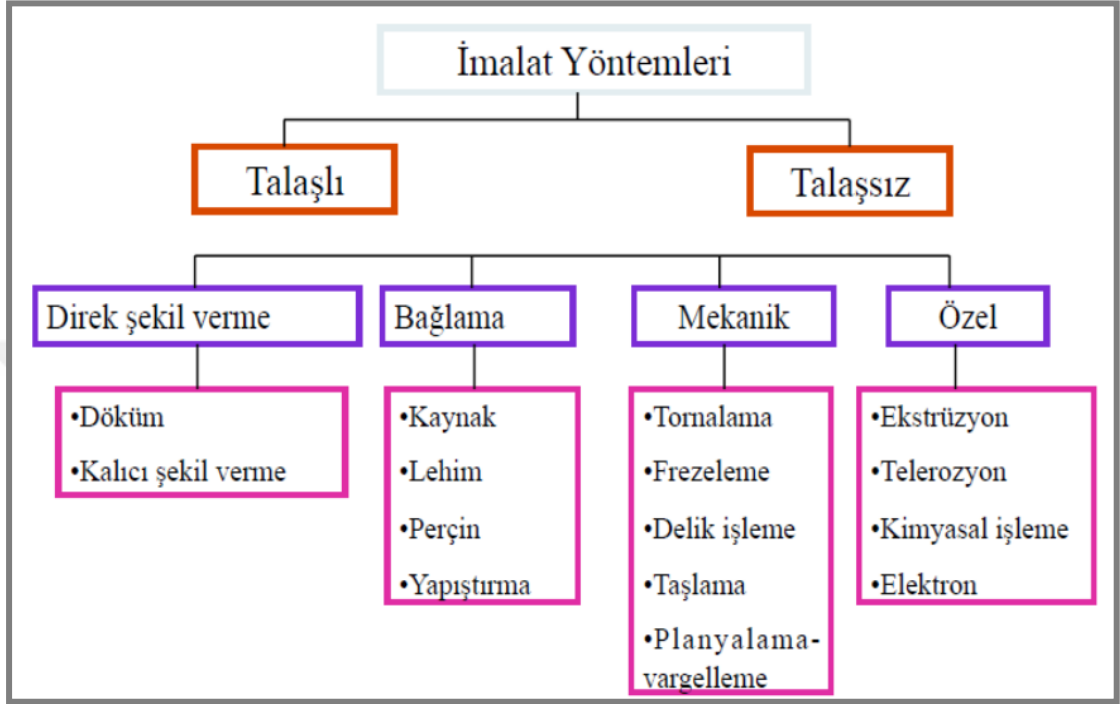
İş parçasının yüzeyinden parça kopartılarak yapılan şekil verme işlemine "talaşlı imalat" denir. Parça yüzeyinden talaş şeklinde parça kaldırılarak üretim gerçekleştiği için bu adı almıştır. Bu işlem için kesici takımlara ihtiyaç bulunmaktadır. İşlem esnasında oluşan talaş tipi çeşitli olmakla beraber, işlenen malzeme çeşidi, uygulanan devir, ilerleme ve kullanılan kesici takım geometrisi ne göre değişir. Yapılan işleme göre kullanılan kesici takım ve tezgâhlar değişmektedir. Talaşlı üretimde yapılan işleme göre ya parça hareketlidir ya da kesici takım hareketlidir.

Uygulama şekli, farklı sertlikte iki malzemenin yani iş parçasıyla kesici takımın farklı sertlikte olması ve iş parçasını aşındırması olayıdır. Kullanılan kesicinin sertliğine göre her türlü malzemeye talaşlı imalat uygulanabilir. Örnek olarak bıçakla ağacın kesilip, işlenebilmesi verilebilir. Bu işlem yardımıyla malzemeler istenilen ölçü ve şekilde işlenirken; üzerinde delik delme, boşaltma ve kanal açma işlemleri yapılır. Talaşlı imalatın değişkenleri temel olarak iş parçası, takım ve takım tezgâhlarıdır. Takım tezgâhı olmadan da el yordamıyla talaş kaldırma gerçekleştirilebilir. Eğeleme yapmak buna örnektir.

4.1. TALAŞLI İMALAT PRENSİPLERİ

Bir parçada belirli bir şekil, yüzey ve boyut kalitesine ulaşmak için güç kullanarak ucu keskin bir takımla iş parçası üzerinden tabakaya benzer bir şekilde malzeme kaldırma işlemine talaş kaldırma işlemi denir. Talaş kaldırma işlemi fiziksel bakımdan, sürtünme ısı oluşumu, elastik ve plastik şekil değiştirmeye dayanıklı, takım ucunun aşınması, işlenen parça yüzeyinin sertleşmesi, talaşın kırılması ve büzülmesi gibi olayların meydana geldiği karmaşık bir işlemdir. Bir parçanın üstünden belirli bir miktar malzemeyi kaldırabilmek için takımın o parçaya nüfuz

etmesi gerekmektedir. Bu ise ancak takım malzemesinin parça malzemesinden daha sert ve takıma uygulanan kuvvetlerin yeterli olması durumunda gerçekleşmektedir [14].



Şekil 4.1. İmalat yöntemleri.

Talaşlı imalatın önemi:

- İşlenebilen parça malzemesinin çeşitlilik artar.
- Talaşlı imalat genellikle metalleri kesmek için kullanılmaktadır.
- Özel geometrik formlar ve parça şekillerinin çeşitliliği artar.
 - Vida dişleri
 - Hassas yuvarlak delikler
 - Çok düz kenar ve yüzeyler
- Yüzey kalitesi ve yüksek boyutsal doğruluk artar.

Talaşlı İmalatın Zayıflıkları:

- Malzeme sarfiyatı artar.
 - Talaşlı imalatta üretilen talaşlar, en azından tek bir operasyonda atık malzemedir
- Zaman alıcı
- Talaş kaldırma işlemi belirli bir parça için toz metalürjisi, döküm veya PŞV gibi yöntemlere nazaran daha fazla sürede yapılır.

Talaşlı imalat işlemlerinde en önemli husus, işlemin mümkün olan en düşük maliyetle, arzu edilen kalitede gerçekleşmesidir. Tüm talaşlı imalat yöntemlerinde işleme parametreleri seçimi birçok faktörden etkilenmekte ve standart haliyle işlenmesi kolay olan bir malzeme, bu faktörlerin biri veya birkaçının etkili olmasıyla zorlaşabilmektedir. Uygun olmayan işleme parametreleri, iş parçasının ve yüzey kalitesinin bozulmasının yanı sıra, kesici takımların hızlı aşınması ve kırılması kesme performansına etki etmesi ile birlikte ekonomik kayıplara da neden olmaktadır.

Talaş kaldırmayı etkileyen önemli faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Birim dakikada birim metredeki Kesme hızı (V)
- Birim dakikadaki Takım ömrü (T)
- Birim devirdeki birim mm İlerleme miktarı (f)
- Kesme derinliği (a), mm
- Takım Geometrisi
- Takım ve iş parçasının gereci
- Titreşim durumu
- Soğutma (kesme) sıvısı [15].

4.2. YÜKSEK HIZDA İŞLEME

Talaşlı imalat yönteminden biri olan yüksek hızda işleme (high speed machining) küçük çaplı kesici takımlar yardımıyla 10.000 dev/dak'ın üzerinde bir devir sayısı,

5.000 mm/dak dan fazla bir ilerleme değeri ve düşük talaş derinliği veren bir yöntemdir [1].

High Speed (Yüksek Hız) CNC tezgâhlarının kontrol sisteminin performansı çoğunlukla program dasetindeki bir sütunu işleme alabilme süresi ile ölçülebilir. Biğre bir değişle performansı tezgâhta harekete dönüştürme süresi de verir diyebiliriz. CNC tezgâhın standart ivmesi 1m/s^2 olunca bir satır bloğu işleme alma süresi 10 milisaniye olduğı zaman 5-10 mikron tolerans bandı içinde kalarak doğru koordinatlarda pozisyonlama yapabilmesini gerekmektedir. Günümüzde yüksek hızda işleme yapan yeni nesil CNC tezgâhlarda ivmelenme değeri 3 veya 4 katna çıktığı görülmektedir. Bu yeni nesil tezgâhlar ile bir satır bloğun işleme süresi 4 milisaniyeye kadar azalmakta ve aynı toleranslarda parça işlenebilmektedir [2].

High Speed (Yüksek Hızlı) CNC tezgâhların normal tezgâhlara göre kontrol sistemlerinin işlenen blok satırının ilerisindeki satırları da okuyup yorumlaması gerekir ki tezgâh hareketlerinde aksaklık yaşanmasın. Eğer bu okuma bu şekilde hızlı olmazsa bu durumda kısa süreli de olsa hareket kesintileri ortaya çıkabilmekte ve yüzey üzerinde pürüzler oluşmasına neden olabilmektedir [2].

Yüksek hızlarda metal kesimi işlemlerinde eksen sürücü motorlar, tezgâh mili (spindle), kontrol ünitesi, feedback sensorleri, soğutma sıvısı, kesici takım, tezgâh rijitliği gibi tüm elemanların bir sinerji oluşturması durumunda işleme süresi azalır, kesici takım üzerine gelen kesme kuvvetleri azalır, yüzey kalitesi ayrıca bir finiş işlemine gerek kalmayacak kadar düzgün olur ve takım ömrü artar [2].

Yüksek hızda işleme yapılacağı zaman model ve kalıp işleme yöntemlerinde, programlanmış olan kesici takım yolları üzerindeki olası ani yön değışikliğı tezgâhın üzerinde aşırı yüklenmeye sebep olabilir. Bu durum ise işlenecek olan parçanın ölçü toleranslarının dışına çıkmasına neden olur. Yüksek hızda işlemedeki bu tarz sorunlar farklı yöntemler ile giderilmeye çalışılmalıdır. Bu sorunu gidermek için önerilen uygulamalardan biri CNC kontrol sistemidir. Bu sistem işlenmekte olan program bloğundan daha sonraki blokları kontrol etmektedir. Eğer bu programda keskin dönüş hareketleri mevcut ise bloklara gelmeden önce aşamalı olarak

ilerlemelerde düşmeler sağlayarak servo sisteme kendini ayarlayabilmesi için yeterli zaman sağlar. Bu tarzda (look-ahead) kontrol sistemleri olmayan tezgâhlarda verilebilecek maksimum ilerlemelerin dakikada 2000 milimetreyi geçmemesi tavsiye edilmektedir. Eğer bu sınır aşılsa parça üzerinde gerekli ölçü hassasiyeti tutturmak mümkün olamayacaktır. Ayrıca B-spline eğrileri formunda program yazılabilmek özelliklerinden dolayı yeni nesil CNC tezgâhlarında CAM sistemleri (NCL, EdgeCAM gibi) yardımıyla CNC programlarda dairesel ve lineer hareketlere ek olarak eğri formatında hareketleri içeren kodlar ile keskin takım yolu hareketleri en az hale getirilerek, tezgâhın keskin dönüş hareketlerini azaltmak ve kesici takım üzerine gelen yükleri en aza indirme sağlanabilir [2].

CNC tezgâhların hareket sistemleri farklı çap ve adımda imal edilen bilyalı yataklar ile sağlanmaktadır. Adım ve çaptaki farklılık tork, dönme hızı ve eksen motorunun da etkisiyle tezgâh tablasının itme kuvvetini ve istenilen ilerleme değerlerinde ilerlemesini belirler. Küçük adımlı bilyalı yatağa göre büyük adımlı bilyalı yatak aynı mesafeyi gitmesi için eksen motorunun küçük adımlı bilyalı yatağın eksen motoruna göre daha az dönmesi ile olur. Ancak büyük adımlı bilyalı yatağın eksen motorunun daha güçlü bir motor olması gerekir [2].

Dönme sayılarındaki artış yataklarda daha fazla sürtünme oluşturacağından yatakta ısı birikimi ortaya çıkacaktır. Tezgâh yataklarındaki bu ısı birikimleri ise istenilmeyen bir genleşmeye neden olur [2].

4.3. İŞLENEBİLİRLİK

İşlenebilirlik malzemenin üzerinden talaş kaldırılmasına olan yatkınlığı olarak tanımlanabilir. Bu kavram ve özellikleri ile ilgili literatürde farklı açıklamalar mevcuttur.

Kılıçlı ve arkadaşları (2004) “Dövme, dökme, haddeleme vb. yöntemlerle üretilen metal parçaların % 80’inden fazlası son biçim ve boyutlarına talaşlı üretim yöntemleriyle getirilirler. Talaşlı üretim esnasında uygun seçilmeyen işleme parametreleri, kesici takımların kırılması, hızlı aşınması ve deformasyonu gibi

sebeplerle kısa sürede kullanılamaz duruma gelmelerine neden olmaktadır. Bu durum; tezgâh boş zamanının artması, iş parçası boyutlarının bozulması veya işin yüzey kalitesinin ikinci bir işlem gerektirecek derecede yetersizliği gibi bir dizi ekonomik kayıplara sebep olmaktadır. Malzemenin işlenebilirlik özelliklerini önceden iyi tespit edilmemişse yukarıdaki kayıplar kaçınılmazdır” [16].

Çini A., “Talaşlı imalat endüstrisinde çözülmeye çalışılan başlıca problemlerden biriside “işlenebilirlik” tir. Her iyi imalatçı üretmek istediği ürünü nasıl daha hızlı, daha ucuz ve daha kaliteli üretebilir sorularına cevap aramaya çalışır. İşlenebilirliğin kesin bir tanımı yapılmamakla birlikte, literatürde çeşitli tanımlar yapılmıştır. Bu tanımlamalara paralel olarak bir yorum getirecek olursak; Bir üretim sürecinde işlenebilirlik; kesici takımın iş parçasını kesebilme ve iş parçasının da kesilebilme yeteneklerinin bileşimidir” [17].

Bhattacharyya ve arkadaşları (1969) “İşlenebilirliğin standardize edilmiş bazı özelliklere göre tanımlanması oldukça zor olduğunu belirterek, İşlenebilirliğin genellikle iş parçası malzemesinin, kesici bir takımla istenilen biçime getirilmesindeki işlenebilme yeteneği olarak tanımlamışlardır. Metal bir malzemenin metalürjisi, ısıl işlemi, katkı elemanları, kalıntı gerilmeler, yüzey tabakası vb. malzeme özelliklerinin yanı sıra; kullanılan kesici takımın kesici kenar özellikleri, takım bağlama biçimi, kullanılan takım tezgâhı ve tezgâhın rijitliği, işleme yöntemi, işleme şartları da önemli etkiye sahiptir. Talaşlı işlenebilirlik, bir malzemeyi nihai ürün haline getirilmesi esnasında malzemedan talaş kaldırma kolaylığı veya zorluğudur” [18].

Mills ve Redford (1983) “Değişik özellikteki çok çeşitli malzemeler üzerinde kesici takımların geometrik performanslarının ölçümü, takım tasarımı ve geliştirilmesi açısından çok önemlidir. Modern işleme metotları, takım değiştirme zamanını ve maliyetini en aza indirmeyi ve seri üretim alanlarında çok yönlü kullanmayı gerektirmektedir. Deneysel testlerin büyük bir bölümü bu hedefe ulaşmak için gerçekleştirilmekte ve işlenebilirlik deneyleri ile olay anlaşılmaya çalışılmaktadır. Bu testler; iş parçası malzemelerini, kesici takımları ve onların karakteristiklerini kapsamaktadır” [19].

Sandvik C., “İşlenebilirlik uygun kesici takım ve kesme parametreleri kullanılarak, bir malzemeyi (genellikle metal) talaşlı imalat yöntemleriyle şekillendirebilmenin nispi kolaylığı veya zorluğudur” [20].

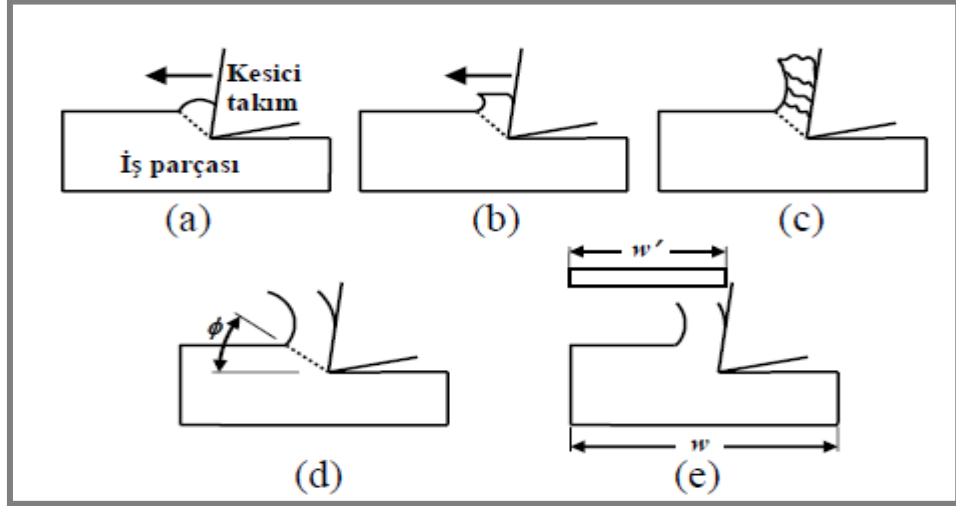
De Garmo ve arkadaşları (1997) “İşlenebilirlik çoğunlukla malzemenin özgül bir özelliği olarak algılansa da, sadece işlenen malzemeye bağlı olmayıp aynı zamanda işleme yöntemi ve işleme parametrelerine de bağlıdır” [21].

İşlenebilirlik en geniş anlamda aşağıdaki kriterlere göre tanımlanmaktadır:

- Talaşın oluşumu
- Kaldırılan talaş miktarı
- Yüzey kalitesi
- Kesme kuvvetleri
- Takım aşınması (veya takım ömrü)
- Yığıntılı talaş (BUE-Built Up Edge) eğilimi [22].

Talaş oluşumu, kesici takım ve iş parçası arasındaki termo-mekanik etkileşime bağlı oluşan bir plastik deformasyon sürecidir. Talaşlı imalat işleminde talaşın oluşumu, parçanın kesici takım önündeki bölgesel şekil bozukluğu (deformasyon) ile gerçekleşmektedir. Kesici takım ve iş parçası arasındaki bağıntılı hareket sonucunda parçada oluşan gerilme parçanın birinci şekil bozukluğu olan bölgede plastik şekil bozukluğuna uğratarak talaş oluşumunu gerçekleştirmektedir. kesici takımın talaş yüzeyi üzerinden oluşan talaşlar atılmaktadır. Birinci deformasyon bölgesi içinde oluşan talaş, kesici takımın talaş yüzeyi üstünden geçmesi sırasında yapışma veya kayma sonucunda ikinci kez deformasyona (ikinci deformasyon bölgesi) uğramaktadır. İkinci kez deformasyona uğrayan talaş yine bu kesme bölgesinden atılmaktadır [23].

Kesme işlemi sırasında gerçekleşen talaş oluşum safhaları aşağıdaki şekilde verilmiştir.

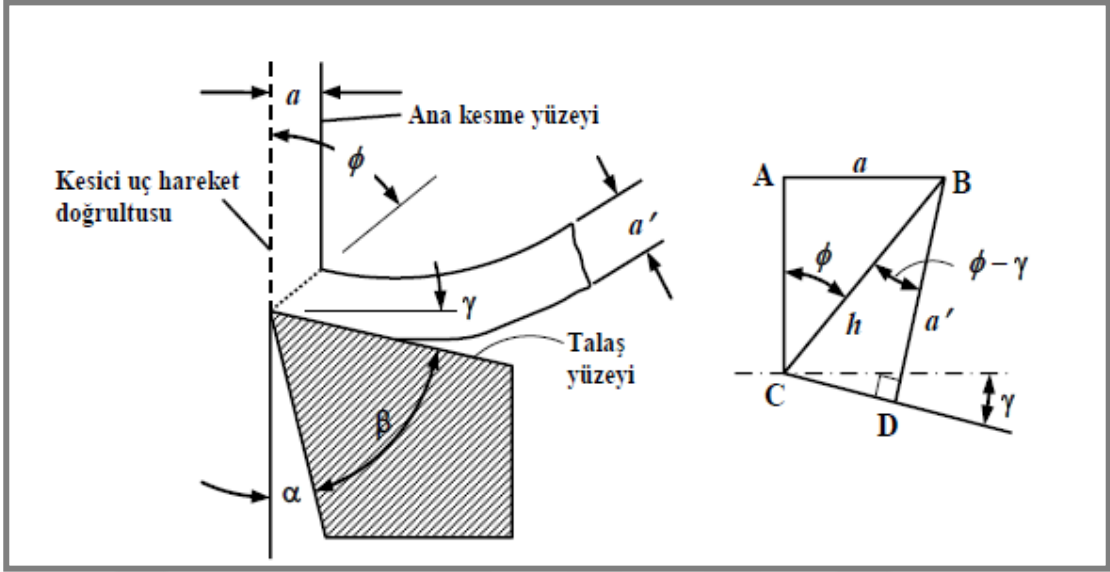


Şekil 4.2. Talaş oluşumu.

Şekilde ;

- (a): Takımın iş parçasına dalması,
- (b): Kesme işleminin başlaması (yığılma),
- (c): Talaşın akışı,
- (d): Talaşın parçadan ayrılması,
- (e): Çıkan talaş uzunluğunu göstermektedir.

Talaşlı üretim sisteminde ham malzemenin işlendiği sırada elde edilen talaşın tipi genelde kesme hızına, işlenen malzemenin cinsine, talaş açısına, ilerleme/kesme derinliğine vb. faktörlere bağlı olarak değişmektedir. En genel haliyle bir tanımlama yapıldığında farklı etmenlerin sonucu olarak yığılma, akma (sürekli) ve kopuk (süreksiz) talaş olmak üzere üç tip talaş söz konusudur [24]. Aşağıdaki şekilde de görüldüğü üzere talaş kaldırma talaşın oluşturulduğu bölgeden alınan kesici kenardaki düzlemsel kesitle açıklanmaktadır.



Şekil 4.3. Talaş Oluşturma Düzlemi.

4.4. TAKIM ÖMRÜ

Takım ömrü; iki bileme arasındaki efektif çalışma süresidir. İşleme şartlarının belirlenmesinde takım ömrü çok önemli rol oynamaktadır [15]. Ayrıca talaş, sıcaklık takım aşınmasına ve kaldırma sırasında meydana gelen sürtünmelere neden olmaktadır.

Talaş kaldırma sırasında doğru seçilen kesici takımlar sayesinde işletme en yüksek verimliliği sağlayacaktır. Özellikle takım malzemesi ve kesme geometrisi seçimi çok önemlidir. Ancak takım doğru seçilmiş olsa bile işleme koşulları standart dışı ise optimum takım ömrü elde edilemez. Modern kesici takım malzemelerinin doğru kullanımları halinde talaş kaldırma işlemi sadece çok daha verimli ve ekonomik olmakla kalmayacak, çok daha güvenilir ve sürekli bir işlem haline alacaktır [25].

4.5. TAKIM AŞINMASI

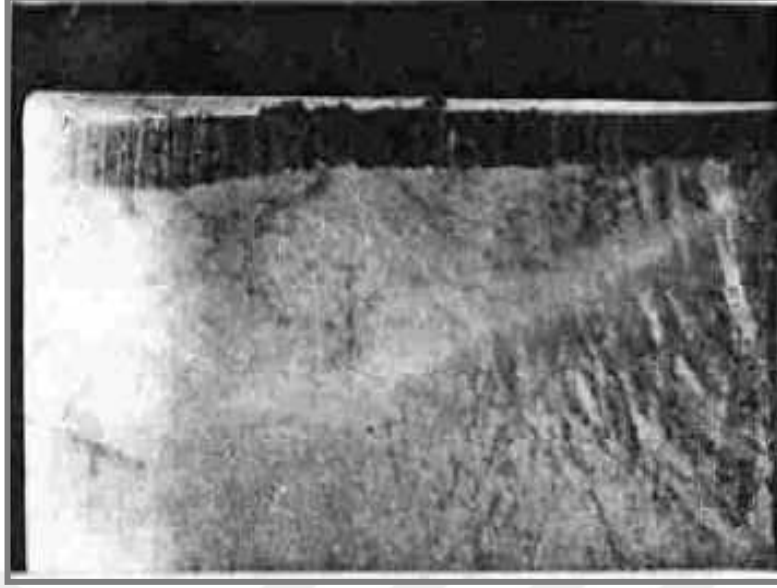
Plastik deformasyon, kırılma ve aşınma sebebiyle takımlarda takım hasarı (aşınması) meydana gelmektedir [26]. Takım aşınması, takımın iş parçasıyla ve talaşla temas halinde olan yüzeylerinde meydana gelen bozukluk durumuna veya aşınmayı

meydana getiren fiziksel mekanizmaya göre sınıflandırılabilir. Aşınma mekanizmaları; takım malzemesi, iş parçası malzemesi, kesme parametreleri, talaş kaldırma yöntemi ve takım geometrisine büyük ölçüde bağlıdır [27,28]. Takım aşınma tipleri, iş parçası ve takım arasındaki malzemenin uyumluluk değişkenlerinden dolayı farklılık gösterir. Takım aşınmasıyla ilgili yapılan çalışmalarda baskın olarak gözlenen bozukluk mekanizmaları; krater aşınması, serbest yüzey aşınması, çatlama, çentik ve kırılma olmaktadır. Talaş kaldırma ile ilgili çalışmalardaki en temel amaç ele alınan takım hasar mekanizması incelenerek takım ömrünü belirleyecek metotlar geliştirmektir [28,29].

Kesici takımlar maruz kaldıkları kuvvet oranlarına, kimyasal ve fiziksel özelliklerine, kullanıldıkları şartlara göre farklı aşınma türleriyle karşı karşıya kalırlar.

4.5.1. Serbest Yüzey Aşınması

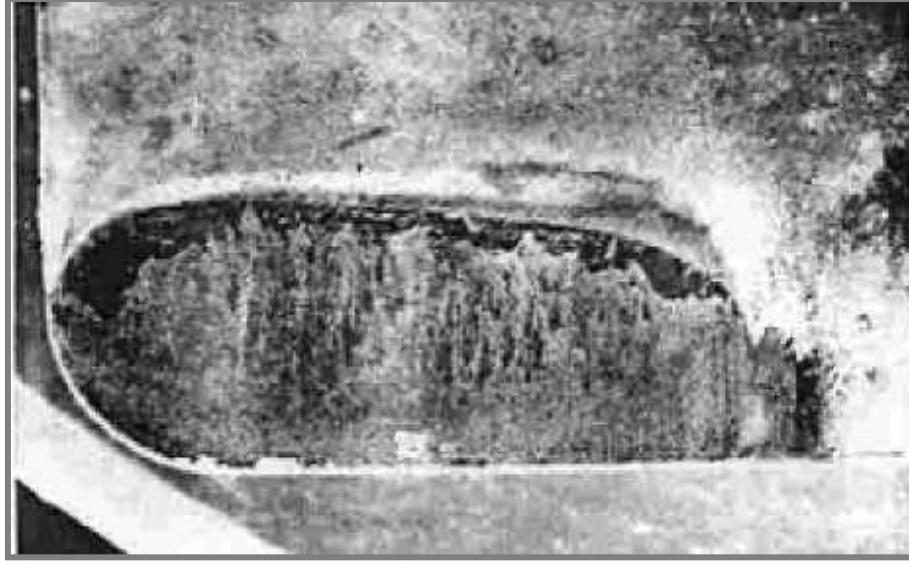
Takımın işlenmiş iş parçası yüzeyi ile temas halinde olan yan kenar yüzeyinin sürtünmesinden dolayı oluşan aşınma biçimidir. Sürtünmeden dolayı takım yan kenarında oluşan aşınma bölgesinin genişliği, serbest yüzey aşınmasının miktarı olarak alınır. Serbest yüzey aşınması belirli bir değere ulaştığında, takım kesme işlemini yerine getiremez ve titreşimlere neden olur. Bu titreşimler iş parçasının yüzey kalitesini olumsuz etkiler. Ayrıca aşınmadan dolayı meydana gelen sürtünmeden dolayı yüksek ısı açığa çıkar. Kesme kenarında, sıcaklığın yükselmesi takımda meydana gelen deformasyonu hızlandıracaktır. Serbest yüzey aşınmasının oluşma nedeni abrazyon aşınmasıdır. Serbest yüzey aşınma bölgesi aşağıdaki Şekil 4.4'de görüldüğü gibi genellikle kenara yakın bölgede oluşup üniform genişliktedir [26,27].



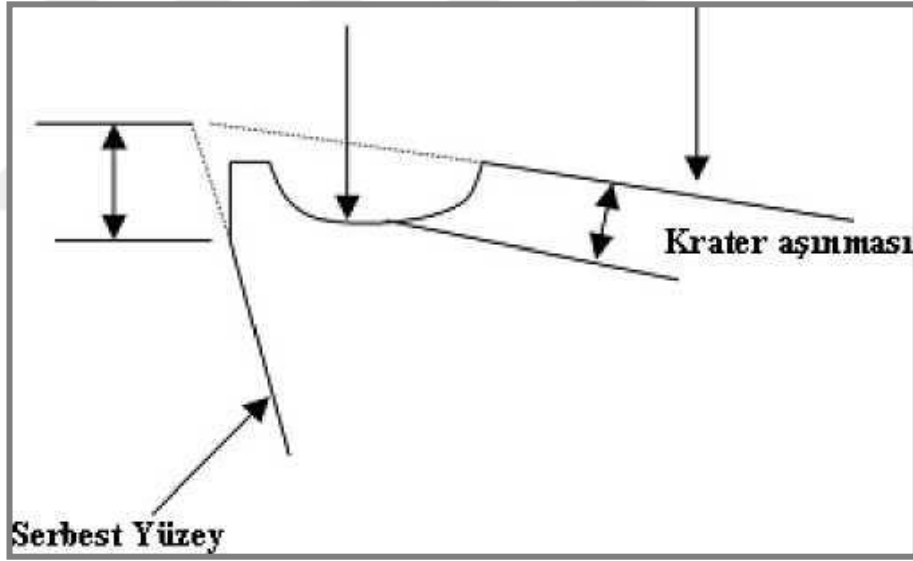
Şekil 4.4. Serbest Yüzey Aşınması.

4.5.2. Krater Aşınması

Krater aşınması, takım - talaş ara yüzeyinde, talaşın takım ile temasta olduğu alanda ortaya çıkan talaş yüzeyi aşınmasıdır. Krater aşınması, iş parçasından kaldırılan talaşın takım üzerinden kayarken temasta bulunduğu alanda oluşturduğu baskıyla ve/veya talaş altındaki aşırı kazıma ile oluşmaktadır. Talaş yüzeyinde aşınma sonucunda oluşan krater aşağıdaki Şekil 4.5. ve Şekil 4.6'da görüldüğü gibi takımın kesici kenarının bir miktar gerisinde oluşmaktadır. Krater aşınmasının küçük değerleri takım ömrünü sınırlamaz fakat krater aşınmasının ilerlemesi ile aşınma bölgesi, takım kesme kenarına yaklaşacağı için kesme kenarlarında zayıflama görülmesine ve takımda hızlı bir şekilde kırılma olayı gerçekleşmesine sebep olur. Krater aşınması takım bozukluk durumunun oluşma nedeni abrazyon, difüzyon veya kimyasal aşınmalardır [29]. Bu aşınmaların oluşmasında; takım - talaş ara yüzeyindeki yüksek sıcaklıklar önemli rol oynamaktadır [26,27].



Şekil 4.5. Krater Aşınması.



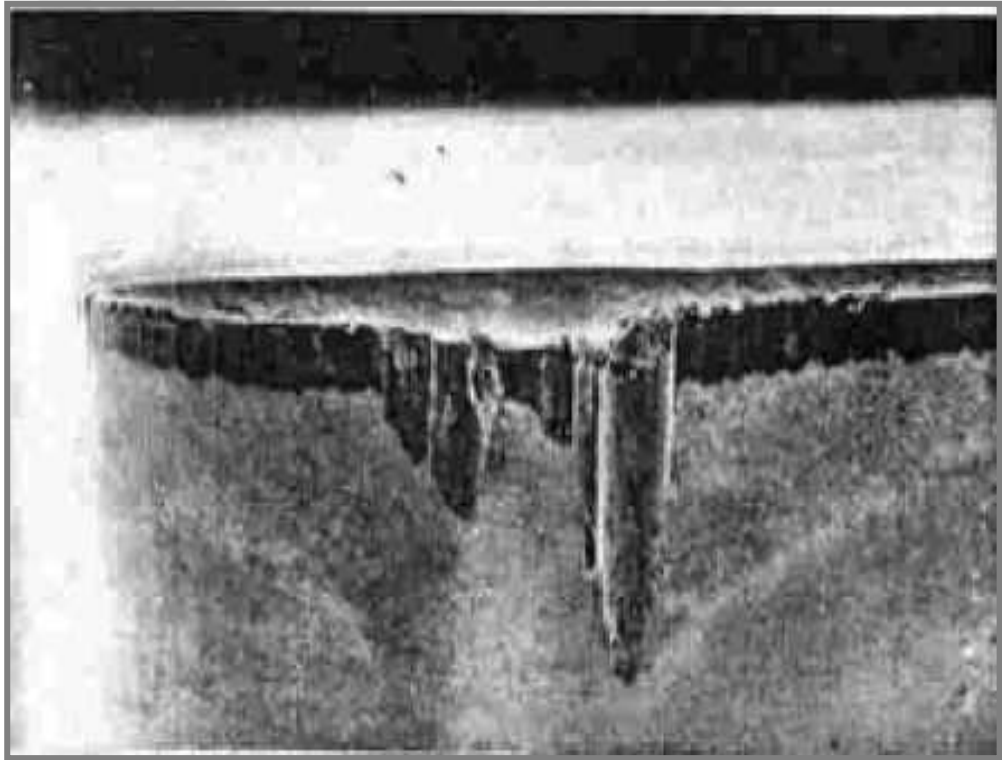
Şekil 4.6. Serbest yüzey aşınması ve krater aşınmasının iki boyutlu çizimi.

4.5.3. Çentik Aşınması

Çentik aşınması, takım kesme kenarlarından küçük parçaların kırılmasıdır. Çentik aşınması, metal kesme işlemi sırasında, takım ile iş parçasının temas ettiği kesme derinliği mesafesinin bitimine yakın bölgelerde, takım üzerinde oluşur. Aşağıdaki şekilde çentik aşınması gösterilmektedir. Çentik aşınması, takımın talaş ve yan kenar yüzeyini aynı zamanda etkiler. Çentik aşınması takım bozukluk durumunun oluşma

nedenleri; mekanik gerilmeler, ısıl gerilmeler ve işlenen parçanın kendi sertliğinden dolayı oluşan talaşın özelliklerinden kaynaklanan abrazyon aşınması veya iş parçasının sert bir yüzey tabakasına sahip olmasıdır. Çentik aşınması, takım malzemesinin yüksek sıcaklık sertliği ve gerilmelere karşı deformasyon direncini artırılarak, azaltılabilir.

Çentik aşınması sert ya da abraziv parçacıklar içeren metal matrisli kompozitler gibi malzemelerin işlenmesi durumunda veya seramik gibi gevrek takımlarla yapılan metal kesme işlemlerinde sıklıkla görülmektedir. Kesme sırasında oluşan değişken kesme kuvvetleri veya sistem rijitliğinin düzgün olmaması sebebiyle oluşan titreşimler de kenar çentiklemesine sebep olmaktadır [26,27].

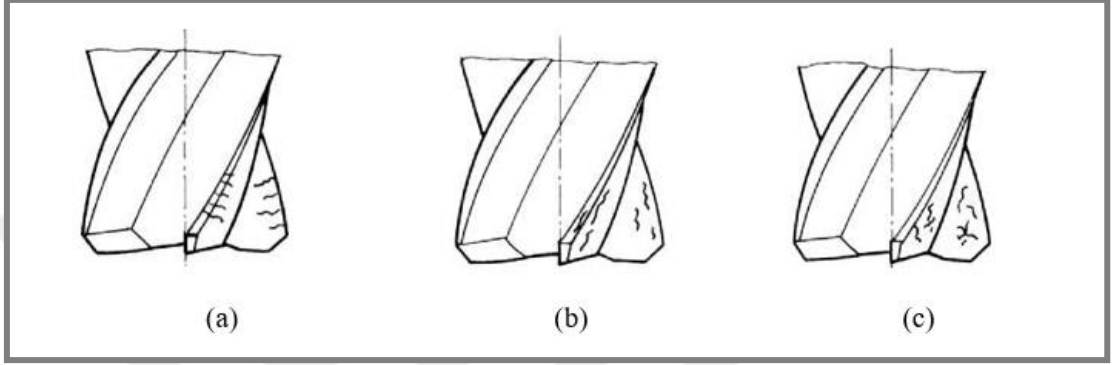


Şekil 4.7. Çentik Aşınması.

4.5.4. Isıl ve Mekanik Çatlaklar

Mekanik çatlaklar, talaş kaldırma sırasında oluşan değişken kesme kuvvetlerinin, kesici takım üzerinde oluşturduğu takım bozukluk durumudur. Mekanik çatlaklar,

takım üzerinde malzeme kaybına yol açmaz ancak takım kırılmasını hızlandırırlar. Isıl çatlaklar, talaş kaldırma sırasında oluşan yüksek takım-talaş sıcaklıkları nedeni ile takımın genleşmesi ve kesici takım soğuduğunda takımda meydana gelen büzülme etkisiyle oluşur. Takımın hızlıca hasara uğramasına da çatlak oluşumu sebep olmaktadır [26,27].



Şekil 4.8. Tarak dişi şeklinde, Paralel ve Düzensiz Çatlaklar şeklinde üç çeşit olan ısıl ve mekanik çatlaklar.

- a) Tarak Dişi Şeklinde Çatlaklar
- b) Paralel Çatlaklar
- c) Düzensiz Çatlaklar

4.5.5. Yiğintı Talaş Oluşumu (BUE)

Kesici takımın kesme kenarına iş parçası malzemesinin yapışması sonucunda oluşan takım bozukluk durumudur. Ağız birikimi oluşumu takım bozukluk durumunun oluşma nedeni adhezyon aşınmasıdır. Ağız birikimi oluşumu genellikle düşük kesme ve ilerleme hızları ile yumuşak malzemelerin işlenmesi sonucu oluşur. Takım kesme kenarına yapışan talaşın, işleme sırasında ayrılması, beraberinde takım malzemesinden de küçük zerrecikler uzaklaştırır ve aşınmaya sebep olur [26,27].

4.5.6. Plastik Deformasyon

Metal kesme işlemi sırasında, takım - talaş ara yüzeyinde, takım ve talaşın birbirine

temas ettiği alan üzerinde, basma gerilmelerinden dolayı takımın deforme olmasıdır. Plastik deformasyon, takım bozukluk durumunun oluşma nedeni yüksek mekanik gerilmeler ve yüksek sıcaklıklardır. Genellikle yüksek kesme kuvvetlerinin olduğu yüksek ilerleme değerlerinde ve işleme sırasında yüksek sıcaklıkların oluşmasına neden olan ve sıcaklığa bağlı olarak da takımın sertliğini kaybetmesine sebep olan yüksek kesme hızı değerlerinde, takımın kesme kenarlarında deformasyon oluşur ve talaş kaldırma işlemi sınırlanır [26,27].

4.5.7. Takım Kırılması

Kesici takımın kesme ucunun veya bozukluk mekanizmalarına bağlı olarak kesme kenarlarının kırılması, takım kırılması olarak adlandırılır. Takım kırılması genellikle seramik esaslı takımlarda, takım bozukluk mekanizmalarının çok fazla etkisi olmadan gerçekleşir. Çünkü yüksek sertliğe sahip takımlar, yüksek sertliklerinden dolayı süneklikleri az olmakla birlikte gevrektiler. Takım kırılması hasarını önlemek ve takım ömrünü yükseltmek için kırılma tokluğu artırılmış takımların kullanılması, sağlam ve daha rijit takım tertibatlarının kullanılması ve kesme kuvvetlerinin azaltılması gerekmektedir [26,27].

4.6. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

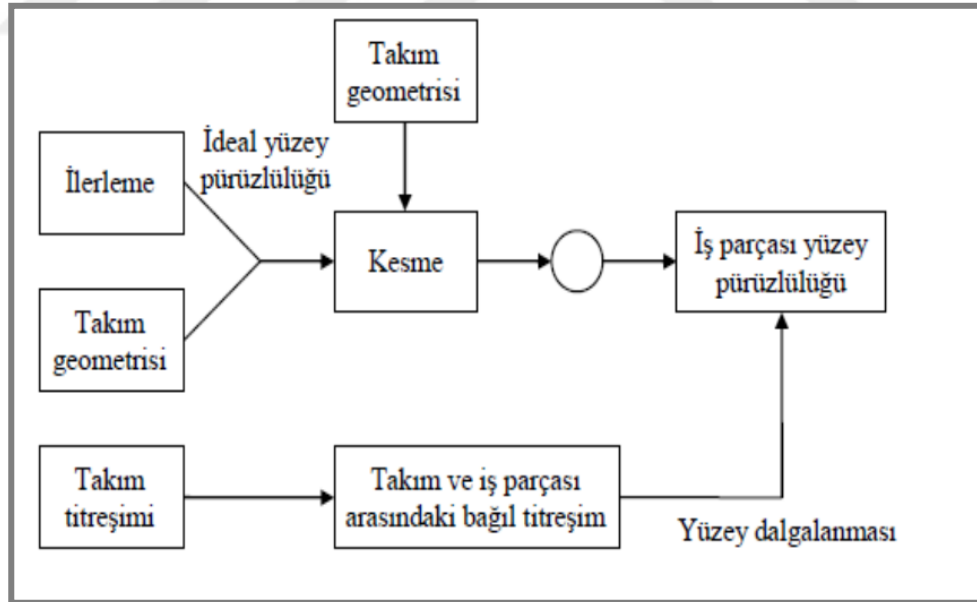
Talaşlı imalat aşamasında iş parçası yüzeylerinde istenilmeyen izler oluşmaktadır. İşlenen malzeme ve kesme parametreleri, kesicinin cinsi, İşleme metodu, ısı, fiziksel ve kimyasal etmenler ile birlikte kesilen ile kesen arasında mekanik hareketlerden kaynaklı nominal (anma) yüzey çizgisinin üstünde ya da altında düzensiz sapmalar vb. gibi unsur ya da unsurların oluşturduğu durum sonucu iş parçası üzerinde yaşanan problemlere yüzey pürüzlülüğü (YP) denir [9].

Parçanın işlenmesinde kullanılan taşlama, lepleme, tornalama vb. metotlardan hangisi olursa olsun talaş kaldırılan yüzeyin üzerinde YP'nin oluşması kaçınılmaz bir durumdur. Aynı malzemeler farklı metotlar ile işlense dahi YP'leri sayısal değer olarak aynı olmaktadır. Ancak buna rağmen aynı malzemeler farklı metotlar ile işlense de ortaya çıkan malzemelerin korozyon, aşınma, yorulma ve sürtünme

dirençlerinde farklılıklar görülmektedir. Bunun nedeni yüzey üzerindeki işleme izlerinin dağılımları ve yönleri performansı etkilemesindedir. Bu sebeple işlenen parçaların YP değeri ne kadar önemli ise işleme metotları da o kadar önemlidir. Alıcılar artık bu özellikleri inceleyerek ürünü almaktadır. Kaliteli işlenmiş bir yüzey; sürtünme ömrünü, yorulma mukavemetini ve korozyon direncini önemli oranlarda artırmaktadır. Pürüzlülük ise yüzey sürtünmesine neden olan temas, ışık yansıtma, aşınma, yağ filminin tutulması ve dağıtılması kabiliyeti, ısı iletimi, kaplama veya direnç ömrü gibi parçaların çeşitli fonksiyonel özelliklerini de etkilemektedir.

İş malzemesinin yapısındaki hasarlar ile takım tezgâhındaki titreşimler ve tırlamalar işleme anında yüzeyin bozulmasına ve talaş oluşumunda ve takım aşınmasında düzensizliklere neden olurlar [30].

Şekil 4.9’da YP’ye etki eden faktörlerin diyagramı aşağıdaki şekilde ele alınmıştır.

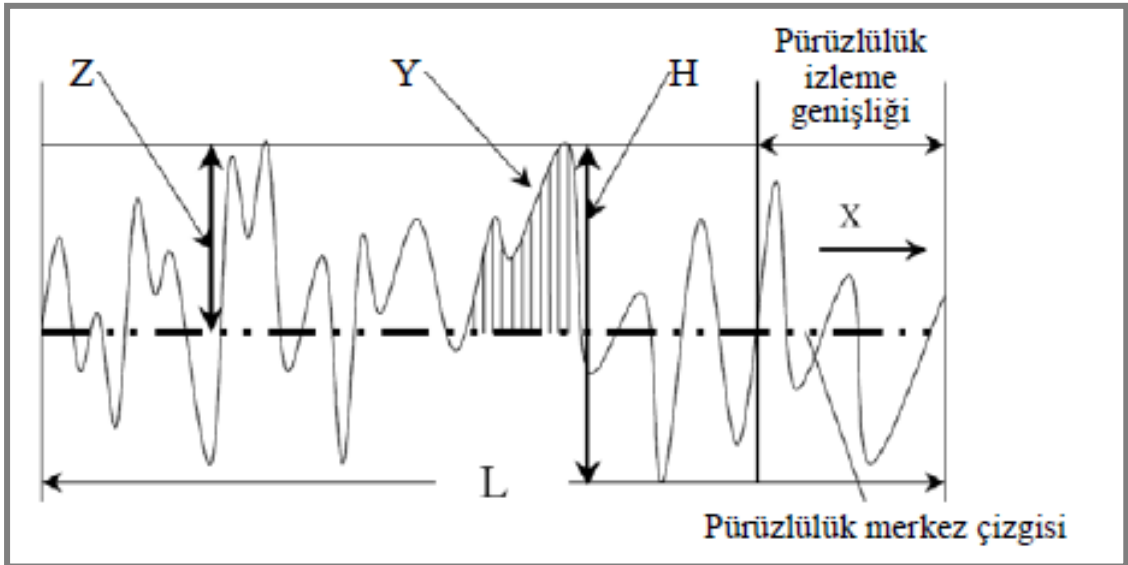


Şekil 4.9. Yüzey pürüzlüğünü etkileyen faktörler.

Şekil 4.9'a göre iş parçasının bitmiş yüzey pürüzlüğünü etkileyen faktörler; takım-iş parçası arasında kendiliğinden meydana gelen titreşim, ilerleme ve takım geometrisi olmak üzere üç kısma ayrılmaktadır.

Genelde yüzey kalitesine etki eden faktörler; tezgâhın kinematik mekanizması, takım tezgâhlarının yeterli rijitlikte olmaması, takım konumlama ve bağlama hataları, takım aşınmasından kaynaklanan hatalar, takım ucu ve takım tutucunun rijit olmamasından kaynaklanan imalat hataları, yataklama sisteminden kaynaklanan tezgâh hataları ve çevrenin etkisi ile oluşan hatalar şeklinde özetlenebilir.

İşlenme süreci biten yüzey üç boyutlu olduğundan yüzeyi hatasız olan yüzeylere göre karşılaştırma problemi üç boyutlu bir problemdir. Üç boyutlu bu problem yüzeye dik alınan düzlem kesitinin üzerindeki hata profillerinin incelenmesi ile ancak iki boyuta indirgenir. İki boyutta artık seçilen bu düzlemin konumuna bağlı olarak pürüzlülüğün derecesi değişmektedir. Aşağıdaki Şekil 4.10'da yüzey pürüzlülüğü profilinde genelde meydana gelecek pürüzlülük ve dalgalığın iki boyuta indirgenmiş hali yer almaktadır [31].



Şekil 4.10. Yüzey pürüzlük profili.

Bu grafikte; ortalama pürüzlülük yüksekliğini Z, profil eğrisini Y, profil yüksekliğini H, profil yönünü X ve örnekleme uzunluğunu ise L göstermektedir.

4.7. ISITMALI TAKIM TUTUCULARIN YÜZEY PRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİ

Genel olarak takım tutucu sistemleri incelendiğinde bağlama rijitliği açısından ısıtılmalı takım tutucular ön plana çıkmaktadır. Yapılan çalışmalarda kesici takım ömrüne en yoğun etkinin tutucu takım hassasiyetinde olduğu görülmüştür [32].

Babür ve arkadaşları yaptıkları çalışma neticesinde ısıtılmalı takım tutucuların veldon ve pens başlığı tutuculara bakarak daha hassas ve rijit bağlanmasından dolayı en iyi yüzey prüzlülüğü sonucunu almışlardır [33].

Taguchi yöntemi ile yapılan yüzey pürüzlülük çalışmalarının sonuçları da ısıtılmalı takım tutucularda sonucun diğerlerinden çok daha iyi olduğu kanaatindedir.

4.8. KESİCİ TAKIMLAR

Kendi maddesine göre daha yumuşak olan malzemeye biçim vermek ve talaş kaldırma işlemi uygulamak için kullanılan özel profil ve biçimde bilenmiş takımlara kesici takımlar denir. Kesici takımın tanımını freze takımları için yapacak olursak: Freze tezgahının tablasında sabit duran iş parçasına yüksek devirle özel bir geometri ile bilenmiş ve kaplanmış karbür çubuğa parmak freze diyebiliriz.

İyi bir kesici takım malzemesinden beklenen özellikler şunlardır [34]:

Sıcaklıkla Değişmeyen Mekanik Davranış: Talaş kaldırma işlemi sırasında kesici takım ve işlenen parça ısınmaktadır. Talaş derinliği, kesme hızı ve ilerlemeye bağlı olarak sıcaklık değişmektedir. Bu yüzden kesici takım malzemesi mümkün olduğunca yüksek sıcaklıklarda mukavemet ve sertlik özelliklerine sahip olmalıdır.

Sertlik: Takım sertliğinin kesilen malzemenin sertliğine oranı kesici takımın kesme kabiliyetini vermektedir. Bu yüzden kesici takımın sertliği ne kadar artarsa kesme kabiliyeti de o kadar artmaktadır.

Elastiklik modülü yüksek olmalıdır: Kesme aşamasında takım, sürekli olarak eğilmeye ve basmaya zorlanır. Bu yüzden mümkün olduğunca kesici takımın elastiklik modülü yüksek olmalıdır. Eğer elastiklik modülü yüksek olursa kuvvet altında çok az elastik şekil değiştirir.

Aşınmaya Dayanıklılık: Kesit takımın malzemesinin aşınmaya dayanıklı olması için uzun süre tahrip olmadan ve körülenmeden kullanılabilmesi gerekmektedir. Aşınmaya karşı dayanıklılık deyince ilk akla gelen sertlik olarak algılsa da kesme işleminde aşınmanın asgari düzeyde tutulabilmesi için setliğin yanında kesilen malzeme ile takım malzemesi arasında difüzyon meylinin fazla olmaması ve işlenen parçanın takımın yüzeyine yapışmaması gerekmektedir.

Tokluk: Takım malzemesi kolayca kırılmamalı ve darbeye dayanıklı olmalıdır.

İyi Isıl iletkenlik: Kesme aşamasında talaş ile kesici takımın sürtünmesi sonucu oluşan ısıdan dolayı takım sürekli olarak ısınmaktadır. Bu ıyıyı kontrol altına alabilmek için ısının takım malzemesi tarafından takım tutucuya veya takıma kolaylıkla iletilmesi sağlanmalıdır.

Küçük ısıl genleşme katsayısı: Kesme aşamasında takım ısınmadan dolayı çok az da olsa bir boyutlarında değişiklik yaşanacak ve bunun sonucunda iş parçasının da boyutlarında az da olsa bir değişiklik yaşatacaklardır. Bu sebeple seçilen takımın ısıl genleşme katsayısının küçük olmasına özen gösterilmelidir.

Kolaylıkla Şekil Verilebilme Özelliği: Takım malzemesinin şekillendirilme yöntemi kolay ve basit olmalıdır.

Ekonomiklik: Kesici Takım Malzemesi mümkün olduğunca kolay ve ucuza temin edilebilmelidir.

BÖLÜM 5

ÇELİKLER

Çeliğin gelişimi yaklaşık 4000 yıl önceye yani Demir Çağı'na dayanıyor. 200 yıl öncesine kadar yalnız silah ve eşyalarda kullanılıyordu. Hititler'de demircilerin tavlama yöntemi ile kömür ateşinde demiri döverek çelik elde ettiğine dair bazı bilgiler mevcut. Rönesans'tan önce çelik üretiminde çeşitli etkisiz metotlar kullanıldı. 17. yüzyılda bu metotlar geliştirilerek çelik üretiminde daha etkili yöntemler kullanılmaya başlandı. Bu dönemde Almanya ve İngiltere'de pik demir içeriğindeki karbon miktarının sementasyon adı verilen yüzey sertleştirme işlemi uygulanarak artırılması yöntemi ile üretilmeye başlandı.

Çelik; dikiş iğnesinden uzay araçlarına kadar kullanılan ve insan hayatının vazgeçilmez bir parçası olan demir alaşımı metaldir. Kullandığımız aletlerden taktığımız saate, araç motorlarından oyun parklarına, bilgisayarlardan cep telefonlarına, tencerelerden spor aletlerine kadar sayamayacağımız üründe kullanılan bir metal olan çelik, belki de insanlık tarihinde en çok ihtiyaç duyduğumuz metal. Özellikleri sebebiyle her alanda kullanılabilir veya istenen özellikler kazandırılabilir. Paslanmazlığı ve yüksek dayanıklılığı sebebiyle demirden ayrılan çeliğin dünyasına göz atalım.

5.1. ÇELİKLERİN SINIFLANDIRILMASI

TS 1111 (DIN 17 007)'e göre çelikler altı gruba ayrılmıştır. Bunlar [35]:

1) Kütle Çelikleri: Çekme mukavemeti ile tanımlanan, bileşimi esas alınmayan ve genellikle içindeki fosfor (P) ve kükürt (S) miktarları % 0.05'den daha fazla olan ve genel maksatlar için kullanılan çeliklerdir.

2) Sade Karbonlu Çelikler (Alaşimsız çelikler): Bileşiminde karbona ek olarak aşağıdaki tabloda üst sınırları ile verilen elementler bulunan ve içerisinde özel maksatlar için başka elementler içermeyen çeliklerdir.

Çizelge 5.1. Sade karbonlu çeliklerin bileşimindeki alaşım elementlerinin üst sınırları.

Elementler	%
Silisyum	0,5
Mangan	0,8
Alüminyum	0,1
Bakır	0,25
Fosfor	0,09
Kükürt	0,06

3) Kalite Çelikleri: İçeriğinde genellikle fosfor ve kükürt miktarlarının her biri % 0,050'den az olan (otomat çelikleri hariç), kimyasal bileşimi ile beraber mekanik özellikleri esas alınan ve sıcak şekillendirildikten sonra gerektiğinde ısıl işlem uygulanabilen çeliklerdir.

4) Asal çelikler: İstenen mekanik özellikleri ısıl işlemden sonra kazanan ve bileşiminde fosfor ve kükürt miktarları genellikle % 0,035 ve daha az olan çeliklerdir. Asal çelikler ise, alaşimsız, az alaşımlı ve yüksek alaşımlı; kalite çelikleri ise alaşimsız (sade karbonlu) ve az alaşımlı olabilirler.

5) Alaşımli Çelikler: Bileşiminde sade karbonlu çeliklerde belirtilen oranları aşan veya özel maksatla bünyesinde diğer alaşım elementlerinden bir veya birden fazla bulunan çeliklerdir. Bileşimindeki alaşım elementlerinin toplamı %5'i geçmeyen çelikler az alaşımli, %5'i aşan çelikler yüksek alaşımli çeliklerdir.

6) Otomat Çelikleri: bileşimine fosfor, kurşun ve genellikle % 0,1 den daha çok kükürt katılarak talaş kaldırma işlemini kolaylaştırmak için kullanılan çeliklerdir.

Ayrıca hızlı talaş alma işlemlerinde işlenebilirliği kolaylaştırır, talaşları kırar bu yüzden seri imalata uygundurlar.

Otomat Çeliklerinin Kullanım Alanları ise [35];

- İnşaat sektörü ile teçhizat ve makina üreten endüstri kollarında
- Pim, aparat, otomobil endüstrisi, vs. gibi seri imal edilen parçaların üretiminde
- Konstrüksiyon elemanları üretiminde.
- Hassas mekanik parçalar üreten endüstri kollarında. (ölçü cihazları parçaları ve optik cihaz)

TS 1111 (DIN 17 007)'in gruplamasının yanında çelikler birde çelikler [36];

a) Kullanım alanlarına göre,

- Genel imalat (yapı),
- Takım yapım işleri
- Soğuk ve sıcak işlerde: Soğuk iş
- Makine imalat (yapı),
- Rulman
- Hızlı kesme işlerinde kullanılacak çelikler
- Akım,
- Yay,
- Yüksek sıcaklıkların bulunduğu ortamlarda kullanılacak çelikler
- Dış etkilere maruz yerlerde ve deniz ortamında kullanılacak çelikler

b) Fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre

- Sıcaklığa dayanıklı
- Yüksek sıcaklığa dayanıklı
- Aşınmaya dayanıklı
- Paslanmaz
- Manyetik

c) Isıl işlemlere göre;

- Nitrürasyon
- Islah,
- Sementasyon,

d) İmalat şekline göre;

- Bazık oksijen fırını çeliği,
- Thomas ve Bassemmer çeliği,
- Oksijenli konverter çeliği
- Siemens Martin çeliği,
- Vakum çelik
- Elektrik endüksiyon ve elektrik ark ocağı çeliği vb.

e) Alaşım durumlarına göre;

- Sade karbonlu çelikler
- Düşük ve orta alaşımlı çelikler
- Yüksek alaşımlı çelikler

f) Ana katkı maddesine göre;

- Krom Nikel çelikler
- Volframli çelikler
- Vanadyumlu çelikler
- Karbonlu çelikler
- Manganlı çelikler
- Kromlu çelikler
- Nikel çelikler

g) Dokusal durum ve metalografik yapılarına göre çelikler;

- Martenzitik çelikler
- Ledeburitik çelikler
- Beynitik çelikler
- Ferritik çelikler
- Ferritik ve Perlitik çelikler
- Perlittik çelikler
- Östenit çelikler

5.1.1. Düşük Karbonlu Çelikler

Dünya çelik üretiminin en büyük kısmını az karbonlu veya yumuşak çelikler oluştururlar. Özellikle yassı ürünler ile inşaat sektörü ve temel yapılar için kullanılan profil ve çelik çubuklar az karbonlu çeliklerdir. Düşük karbon içeriklerinden dolayı az karbonlu çelikler ısı ile kütlesel olarak sertleştirilememektedir. Ancak nitrasyon, sementasyon vb. işlemleriyle yüzeyleri sertleştirilebilir. Az karbonlu çeliklerin sertleştirilmeleri genellikle soğuk işlemle yapılmaktadır.

Az karbonlu çeliklerin (özellikle çok düşük karbon içerenler), mekanik özelliklerinde yaşlanma nedeniyle önemli değişimler meydana gelebilmektedir. Düşük karbonlu çeliklerde iki tip yaşlanma görülebilir. Birincisi çökme tipi yaşlanmadır. Karbon ve azotun ferrit içinde çözünürlüğü artan sıcaklıkla artar. Bu özellikten yararlanılarak; solüsyona alma işlemi sonunda aşırı doymuş ferrit fazında karbür ve/veya nitrür çökmesi olur. Böylece çeliğin mekanik özelliklerinde değişimler meydana gelir. İkinci tip yaşlanma deformasyon yaşlanmasıdır ve çeliklerde çökme yaşlanmasından daha önemlidir. Ferrit içinde çözünen karbon ve azot plastik deformasyona neden olan dislokasyon merkezlerinin hareketini engeller. Süreksiz akma görülür. Bu durumda malzemenin mekanik özelliklerinde değişimler gözlemlenebilir. Çeliğe süreksiz akma gerilmesini aşacak bir gerilme uygulanıp yüklemeye sifıra indirilirse sürekli akma tekrar görülmeye başlar [37-39]. Bazı alaşımsız çeliklerin (sade karbonlu çeliklerin) tipik mekanik özellikleri ve kullanım alanları aşağıdaki Çizelge 5.2’de verilmektedir.

Çizelge 5.2. Bazı alaşımsız çeliklerin (sade karbonlu çeliklerin) tipik mekanik özellikleri ve kullanım alanları.

AISE/S AE Singesi	Nominal Bileşim % ağı.	İşlem Durumu	Akma Gerilmesi MPa	Çekme Dayanımı MPa	Kopma Uzaması %	Tipik Kullanma Alanı
1010	0.10 C 0.45 Mn	Sıcak hadde. Soğuk hadde.	170 - 310 159 - 262	276 - 414 290 - 400	28 - 47 30 - 45	Sac, şerit, tel, vida, çivi
1020	0.20 C 0.45 Mn	Hadde. halde Tavlanmış (870 °C)	330 295	450 395	36 37	Levha ve yapı elem., dişli
1040	0.40 C 0.75 Mn	Hadde. halde Tavlanmış (790 °C) Su+Temp (650°C)	415 355 495	620 520 670	25 30 28	Şaft, dişli, dingil, cer kancası, boru, çivi
1060	0.60 C 0.75 Mn	Hadde. halde Tavlanmış (790 °C) Su+Temper (650°C)	480 370 525	815 625 800	17 23 23	Yay, dişli, dövme kalıpları, vagon tekerlekleri
1080	0.80 C 0.75 Mn	Hadde. halde Tavlanmış (790 °C) Su+Temper (650°C)	585 375 600	965 615 890	12 25 21	Zimba, yaylı çalgı teli, makas bıçağı, hel. yaylar
1095	0.95 C 0.40 Mn	Hadde. halde Tavlanmış (790 °C) Su+Temper (650°C)	570 380 550	965 655 895	9 13 21	Tel, matkap freze bıçakları, kesme bıçakları

Soğuk çekilmiş ince çelik saclarda temper haddesi yapılarak süreksiz akma giderilir. Ancak yaşlanma süresi içinde kullanılmayan bu tip malzemeler, özellikle presleme ve derin çekme işlemlerinde kullanıldıklarında malzemede tekrar süreksiz akma görüleceğinden yüzey buruşuklarına sahip hatalı ürünler ortaya çıkar. Bu hataları önlemek için yaşlanmayan çelik üretmek amacıyla özellikle, azotu bağlamak için çeliklere Alüminyum ilave edilerek söndürülmüş çelikler veya yaşlanmayan çelikler

üretilir.

Deformasyon yaşanmasının bir diğer şekli de 200 °C gibi yüksek sıcaklıklarda yapılan deformasyon sırasında görülür. Buna da dinamik deformasyon yaşanması denir.

5.1.2. Alaşımli Çelikler

Alaşımli çeliklere nazaran daha fazla oranda alaşım elementini içerisinde barındıran çelik türüdür. Miktarına ve türüne bağlı olarak alaşım elementinin çelik ile alaşımın sertliği, katı eriyik sertleşmesi ve/veya sementitten daha kararlı alaşım karbürlerin çökmesi ile artırılmakta, sertleşme kabiliyeti ve korozyon direnci gibi çeşitli özellikleri de geliştirilmektedir. Alaşımli çeliklerin yapısında bir veya daha fazla alaşım elementleri belirlenmiş aralıklarda ya da karbon çeliklerinin yapısındaki değerlerin üstünde silisyum, manganez veya bakır bulunur bulunur. Bulundurdukları temel alaşım elementine veya elementlerine göre yüksek alaşımli çelikler sınıflara ayrılır [39,40]. Bu sınıflamalara örnek olarak krom çelikleri, nikel çelikleri, molibden çelikleri, krom - vanadyum çelikleri v.b. verilebilir.

Alaşım elementleri çeliklerin mekanik ve işleme özelliklerini geliştirir. Alaşımli çelikler, karbonun dışında;

- a) Az alaşımli çelikler: % 2 - 5 oranları arası alaşım elementi içerir
- b) Yüksek alaşımli çelikler: % 5 'den daha fazla alaşım elementi içerir
- c) Mikroalaşımli (Yüksek Dayanımlı Düşük Alaşımli çelikler) olarak sınıflandırılırlar.

5.1.2.1. Az Alaşımli Çelikler

Alaşımli çelikler genelde su verilip temperlendikten sonra (ıslah edilmiş durumda) kullanılan ve içerisindeki alaşım elementlerinin toplamının % 5'den az olan çeliklerdir. Alaşımli çeliklerin tercih sebebi korozyon direnci, tokluk, mukavemet, gibi özelliklerin ön plana çıkması ve ucuz olmasıdır. Kalın kesitli yapı ve makine

elemanlarının az alaşımlı çeliklerden imal edilmesi, ısıl işlem kolaylığı da sağlamaktadır. Alaşım çeliklerine kıyasla az alaşımlı çelikler daha düşük çarpılma eğiliminde olması, ısıl işlem anında daha düşük oranda çatlama yaşanması ve sertleşme kabiliyetlerinin daha yüksek olması daha tercih edilir kılınmıştır. Az alaşımlı çeliklerde içerik olarak yer alan alaşım elementleri ise volfram (tungsten), nikel, manganez, molibden ve kromdur. Bu çeliklere ek olarak eklenen alaşım elenebilen alaşım elementleri ise bakır, alüminyum, kobalt, niyobyum, bor, vanadyum, kurşun ve titanyumdur.

5.1.2.2. Yüksek alaşımlı çelikler

Yüksek alaşımlı çelikler içeriğinde alaşım elementlerinin toplamının % 5'den yüksek olduğu çeliklerdir. Bu gruba giren en önemli çelik türlerine ise takım çelikler ve paslanmaz çelikler verilebilir.

5.1.2.3. Mikroalaşımlı (Yüksek Dayanımlı Düşük Alaşımlı) çelikler

Mikroalaşımlı çelikler son yıllarda yapı çeliklerinin dayanım kapasitelerinin yetersizliği sebebiyle üretim miktarı açısından en önemli gelişimi göstermiş ve geliştirilmiştir. Yüksek akma mukavemetlerinden dolayı mikroalaşımlı çelikler, yapı ağırlıkları büyük oranlarda azaltılmıştır. Mikroalaşımlama ifadesi ise çok az oranlarda V, Nb ve Ti ilavesi edilmesi anlamına gelmektedir [41,42].

Genellikle yassı mamul üretiminde kullanılan ve bileşiminde düşük oranlarda alaşım elementi bulunan mikroalaşımlı çelikler, çift fazlı (DF) çelikler, arayer atomsuz (IF) çelikler ve yüksek mukavemetli az alaşımlı (HSLA) çelikler bu çelik tipine örnek olarak verilebilir.

Genellikle sade karbonlu çeliklere oranla yüksek dayanımlı düşük alaşımlı çelikler daha yüksek dayanımlı modern yapı çelikleri olarak tanınırlar. Bu çelikler yüksek dayanım ve diğer özelliklerini etkili bir alaşımlama ve kontrollü haddeleme ile kazanırlar. Nb, V ve Ti gibi mikroalaşım ilaveleri ve kontrolü haddeleme ve dayanımları, kalıntı denetimi ile toklukları artırılmıştır [43]. Bu mikroalaşım elementlerine alüminyumu da dahil edebiliriz. Çünkü alüminyum nitrür normalize

edilmiş ve sıcak işlenmiş çeliklerde tane boyutu kontrolü için kullanılıyor. Başlangıçta bu çelikler haddelenmiş veya normalleştirilmiş olarak kullanılmakta iken, bugün bu çelikler dövme ürünleri olan çubuklar, profiller, levhalar, kontrollü haddelenmiş plakalarda kullanılmaktadır [44,45].

Sıvı gazların depolanmasında (-55 °C'ye kadar) ve taşınmasında, boru donanımı, basınçlı kapların yapımında ve diğer konstrüksiyon elemanlarının üretiminde, düşük karbonlu (C en fazla % 0,15) çelikler ve yaklaşık % 0,03 Nb, % 0,7 Ni ve % 1,4 Mn içeren mikroalaşımli yapı çelikleri kullanımı daha uygundur. Bu çeliklerin kullanım sebeplerinden biri normal tavllanmış halde iyi süneklik karakteristiği göstermesidir [46].

Termomekanik haddelenmiş mikroalaşımli çeliklerden üretilen büyük çaplı borulara tokluk ve mukavemetlerinden dolayı talep son yıllarda artış göstermiştir. Mekanik özellikleri bakımından bu borular iyi kaynaklanabilme özelliği, düşük darbe geçiş sıcaklığı ve yüksek mukavemet ile kullanımları ve kaliteleri açısından avantajlarından dolayı oldukça önemli hale gelmiştir [47].

5.1.3. Takım Çelikleri

Çelik demir-karbon alaşımı olup içerisinde %2,06'ya kadar karbon bulunmaktadır. Isıl işlem (su verme) ile sertleşebilen takım çeliklerinin karbon miktarları su verme yoluyla sertleşmeyi sağlayacak miktarlarda olmalıdır. Takım imalatında kullanılan çelikler alaşımli ve sade karbonlu olmak üzere iki gruba ayrılmaktadırlar [34]. Bu gruplamanın yanında birde takım çelikleri Sıcak Hız çelikleri, iş takım çelikleri ve soğuk iş takım çelikleri olarak da gruplanabilir. Aşağıdaki Çizelge 5.3'te bu çelik türlerinin kullanım alanlarına yer verilmiştir.

Çizelge 5.3. Takım çelikleri kullanım alanları.

ÇELİK TİPİ	KULLANIM ALANLARI	ÖRNEKLER
Soğuk iş takım çelikleri (Özelliklerini 200°C'ye kadar koruyabilirler.)	Yarı mamullerin şekillendirilmesi ve ayrılması Toz malzemelerin soğuk presi	Derin çekme, ekstrüzyon, soğuk baskı, kesme ve delme, sinter parçaların preslenmesi, el aletleri
Sıcak iş takım çelikleri (500-550°C'ye kadar sertlik özelliklerini kaybetmeden çalışabilirler.)	Sıvı halden şekillendirme, ısıtılmış metallerin ve camların şekillendirilmesi	Basıncılı döküm kalıpları, ekstruder, cam şekillendirme, dövme kalıpları
Alaşımli (Hız) çelikleri (Seri üretim yapan pek çok makinede kesici takım malzemesi olarak kullanılmaktadır.)	Geometrisi belli kesici uçlar ile kesme işlemi	Matkap, freze, diş açıcı uçlar, metal testereleme, broşlama

5.1.3.1. Sade Karbonlu Çelikler

1860 yıllarına kadar kesici takımların imalinde kullanılan yegâne takım malzemesi sade karbonlu çelikler olmuştur. Bu çelikler bugün de ekonomik oluşlarından dolayı raspa, eğe, keski ve testere gibi el aletleri ile, ağaç işleyen takımların bazılarının imalinde geniş çapta kullanılmaktadır [34].

Sade karbonlu takım çelikleri içerisinde yaklaşık olarak % 0,8-1,5 arasında C (karbon) bulundurlar.

Su verme işleminden sonra ortaya çıkan aşırı gevreklik 150-260oC arasında yapılan bir temperleme ile giderilir. Temperleme neticesinde sertlikten biraz fedakarlık yapılarak aşırı gevreklik ortadan kaldırılır. Bu çelikler çalışma esnasında 300 °C ye kadar sertliklerini korurlar; bu özellik bunların kullanma alanını daraltmaktadır. Çünkü takımın aşınmasına en büyük etken kesme hızıdır. Dolayısı ile bu çeliklerden mamul takımlarla ancak düşük hızlarda kesme yapmak mümkün olabilmektedir.

Sade karbonlu takım çelikleri su içine daldırılarak (çok hızlı soğutma ile) sertleştirildiklerinden aniden soğumadan dolayı çarpılmalar meydana gelmekte bu yüzden de çatlama tehlikesi oraya çıkabilmektedir. Bu ise karışık şekilli ve kesiti üniform olmayan takımların imaline imkan vermemektedir. Sade karbonlu takım çeliklerinin kritik çapları küçüktür. Bu bakımdan büyük kesitli takımları tamamıyla bütün kesit boyunca sertleştirilebilmelerine imkân yoktur. Bu çeliklerin aşınmaya dayanıklılığı, sertliklerinin yanı sıra iç yapılarındaki karbür parçacıklarının miktar büyüklük ve dağılıma şekline bağlıdır. İki ayrı sade karbonlu çeliğin sertlikleri aynı olsa dahi karbon miktarı fazla olan çelik daha fazla demir karbür ihtiva edeceğinden aşınmaya karşı daha dayanıklı olur. Sade karbonlu çeliklerde kritik çap 15 mm'dir [34].

Hız çeliklerine göre:

- Aşınmaya karşı dayanıklılığı düşüktür,
- 300°C de sertliklerini kaybederler
- Su alma kabiliyetleri daha azdır. (Kalın kesitlerin iç kısmı yumuşak kalır)
- Sertleştirme sonrası çarpılma ve çatlama olur.
- Kesme hızlar düşüktür.

Yukarıda sayılan mahzurlarına rağmen ucuz olmaları nedeni ile günümüzde halen kullanılmaktadır [34].

5.1.3.2. Alaşımli Çelikler

Alaşımli takım çeliklerinin bulunuşu 1860 yılından sonra İngiliz Robert Mushet tarafından olmuştur. Çeliğe karbondan başka Tungsten (volfram) ve krom katarak havada sertleşebilen takım çeliğini bulmuştur. Nihayet F. W. Taylor, talaş kaldırma deneyimleri sırasında havada sertleşebilen alaşımli çeliği ve ısıl işleminin nasıl yapılacağı bulmuştur. Bu çeliklerin kesme hızı ve kabiliyetleri sade karbonlu takım çeliğine göre daha mükemmeldir. Bu nedenle "Hız Çelikleri" adı verilen bu çelikler 1900 yılı Paris milletler arası fuarında sergilenmiştir [34].

Çeliğe ısıl işlemin öncesi ve sonrasında kimyasal, mekanik ve fiziksel özelliklerini ve ısıl işlem sırasındaki davranışlarını geliştirmek amacıyla alaşım elamanları ilave edilmektedir. Alaşım elamanlarının miktar ve türlerine göre çeliğin soğutma hızları (sertleştirme ortamları) ve karakteristikleri değişir. Çeliğe ilave edilen alaşım elementlerinin büyük bir çoğunluğu kritik su verme hızını düşürmektedir. Bu yüzden daha az şiddetli soğutma yapan ortamlar içinde kesici takımı sertleştirmek daha mümkün olur. Sertleştirme işleminde soğumanın yavaş bir hızda oluşu [34]:

Deformasyon (çarpılma, eğilme vb) ve çatlama ihtimalini azaltır.

Çeliğin kritik yarıçapını artırır. Dolayısıyla bu cins çeliklerden yapılmış olan takımlar bütün kesitleri boyunca sertleşirler. Bu özelliğinden dolayı da sertleştirme sonrası boyut değişikliği lineer olmaktadır. Bütün kesitin sertleşmesi iç gerginlikleri minimuma indirir. Boyut değişimininde önceden tahmin edilebilmesi sertleştirme sonrası tekrar işlenmesine ihtiyaç göstermez. Sertleştirme sonrası işlenmesi zor olan karışık profilli takımlar için bu özellik önem taşır. (Modül çakıları, özel profil çakıları vb)

Uygun bir şekilde tatbik edilmiş bir sertleştirme işleminden sonra sade karbonlu takım Çelikleri ile alaşımli takım çeliklerinin sertliklerinde bariz bir fark yoktur. Her iki çelikte 66 Kc sertliğine çıkabilir. Alaşımli çeliklerde alaşım elementlerinin karbür teşkil ederek, iç yapıya gayet ince zerrecikler halinde düzgün bir şekilde dağılması aşınma dayanıklılığını artırır. Karbür miktarı ne denli artarsa ve zerrecikler halinde

iç yapıya ne denli düzgün dağılırsa, takımın aşınmaya olan dayanıklılığı da o denli artar.

Alaşımli çeliklerde kesici takım yapımında kullanılan Hız Çeliği (HSS) adı verilmiştir [34].

Hız çelikleri yüksek miktarlarda alaşım elementi içeren asil çelikler olarak görülür. Hız çeliklerindeki alaşım elementlerinin miktarları %30'a kadar çıkabilmektedir. Alaşım elementi olarak karbonun yanı sıra wolfram (tungsten), krom, kobalt, vanadyum ve molibden kullanılmaktadır.

Hız çelikleri ise dört gruba ayrılır [34]:

1. Yüksek Wolfram ve kobalt içeren;

- a) %18 oranında Yüksek Wolfram içeren
- b) %18 oranında Yüksek Wolfram ve %3-5-10-15 oranlarında Kobalt içeren

2. Düşük Wolfram ve kobalt içeren;

- a) %12 oranında Düşük Wolfram içeren
- b) %12 oranında Düşük Wolfram ve %5 oranında Kobalt içeren

3. Wolfram ve molibden içeren;

- a) %6,5 oranında Wolfram ve %5 oranında Molibden içeren
- b) %6,5 oranında Wolfram, %5 oranında Molibden ve %5 oranında Kobalt içeren

4. Yüksek Molibden ve kobalt içeren;

- a) %9 oranında Yüksek Molibdenli ve %2 oranında Wolfram içeren

5.1.3.3. Paslanmaz Çelikler

Paslanmaz çelik, içinde birçok organik ve madeni agresif etkenlerin bulunduğu sulu

ortamda korozyona direnç gösteren çeliklerdir. Atmosferik etkenlerin korozyonuna mukavemet, bunun özel bir durumudur. Paslanmaz çelik deyimi gazlı veya içinde ısının bulunduğu ortamda yüksek sıcaklıkta korozyona dayanıklı çelikleri de kapsar. Paslanmaz çelikler esas itibariyle demir, krom ve çoğu zaman da nikel içeren alaşımlar olup başlıca özelliklerini kroma borçludurlar. Çeliğin içerisindeki kromun koruyucu kabiliyeti, krom ile oksijen arasındaki afiniteden ileri gelmektedir. Kromun miktarı yeter derecede büyük olduğu zaman çeliğin yüzeyinde ince bir oksit tabakası meydana gelir. Bu oksit tabakası yüzeyi aktif olmayan bir hale getirir ve etkilere karşı korur. Korozyona karşı dayanıklılığın gerçekleşebilmesi için, yüzeyin oksijenle temas etmesi şarttır. Yüzeyi koruyan ve tabaka teşekkül eden madde krom oksittir. İçerdikleri diğer katkı elementlerine göre değişen ve tamamen östenitik ile tamamen ferritik özellikler aralığında sıralanan beş farklı çeşit paslanmaz çelik türü vardır [4-6].

Bunlar sırası ile;

1. Östenitik Paslanmaz Çelikler
2. Ferritik Paslanmaz Çelikler
3. Martenzitik Paslanmaz Çelikler
4. Çift Fazlı (Dupleks) Paslanmaz Çelikler
5. Çökelme Yoluyla Sertleşebilen Paslanmaz Çeliklerdir.

Östenitik paslanmaz çelikler, 200 ve 300 serilerini içerirler ve 304 bunların içinde en yoğun olarak kullanılanıdır. Temel alaşım elementi krom ve nikelidir. Bu çelikler %12 ile %25 krom ve %8 ile %25 nikel içerirler. Nikel kuvvetli bir östenit yapıcı olduğundan, bu tip çeliklerde katılaşma esnasında östenit meydana gelir ve oda sıcaklığının altında dahi östenitik yapı devam eder. Soğuma esnasında faz değişimi olmadığından bunlar sertleştirilemezler. Bu grup içerisinde en fazla tanınanı 18/8 çeliği diye adlandırılan %18 krom ve %8 nikel içeren tipidir. Bazı hallerde korozyon mukavemetini arttırmak amacıyla bir miktar da molibden ilave edilir.

Ferritik paslanmaz çelikler, sertleştirilemeyen demir-krom alaşımlarıdır. 405, 409, 430, 422 ve 446 bu grupta yer alan en tipik ürünlerdir. Bu grup çelikler %16'dan

fazla krom ihtiva eder. Aynı zamanda %0,05 ile %0,25 karbon da ihtiva ederler. Bu çeliklerde katılaşma esnasında östenitin ferrite dönüşmesi yoktur. Ferrit yüksek sıcaklıklarda da kararlı bir faz seklindedir. Soğuma veya ısıtma anında faz dönüşümü bu alaşımda meydana gelmez. Bu sebepten ötürü de bu çelikler normal olarak ısıt işleme sertleştirilemezler.

Çift fazlı (dubleks) paslanmaz çelikler, hemen hemen eşit miktarda östenit ve ferrit içeren bir mikro yapının oluşturulması ile elde edilirler. Bu çelikler tam olarak %24 krom ve %5 nikel içerirler. Numaralama sistemi 200, 300 veya 400 ile tanımlanan grupların hiçbirisine girmez.

Çökeltme yoluyla sertleşebilen paslanmaz çelikler, alüminyum gibi katı çözeltiliye girme ve yaşlandırma (çökeltme) ısıt işleme ile çeliğe sertleşebilme olanağı sağlayan alaşım elementleri içerirler. Bu çelikler ayrıca; martenzitik, yarı östenitik ve östenitik tip çökeltme yoluyla sertleşebilen paslanmaz çelikler olmak üzere alt gruplara ayrılırlar.

Martenzitik paslanmaz çelikler %16'dan az krom ihtiva ederler. Bu yapıda martenzit teşekkülü, çok yavaş bir soğuma halinde bile meydana gelir. Yüksek sıcaklıklarda östenitik yapıda olana martenzitik paslanmaz çelikler ısıt işleme yoluyla sertleştirilerek mukavemetleri iyileştirilebilir.

BÖLÜM 6

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

6.1. Kullanılan Malzemeler

Bu çalışmada, üç farklı malzeme kullanılarak takım tutucu takım imalatı gerçekleştirilmiştir. Kullanılan üç farklı malzemenin kimyasal bileşimi Çizelge 6.1'de verilmektedir. Bu malzemelerden iki tanesi 1.2343 ve 1.2344 çelik malzemeler olup sırasıyla AISI H11 ve AISI H13 sıcak iş takım çeliklerine karşılık gelmektedir. Üçüncü malzeme ise Uddeholm Firmasından temin edilen patentli paslanmaz çeliktir. Çizelge 6.2'de bu malzemelerin çeşitli fiziksel özellikleri verilmektedir.

Çizelge 6.1. Deneylerde kullanılan malzemelerin kimyasal özellikleri.

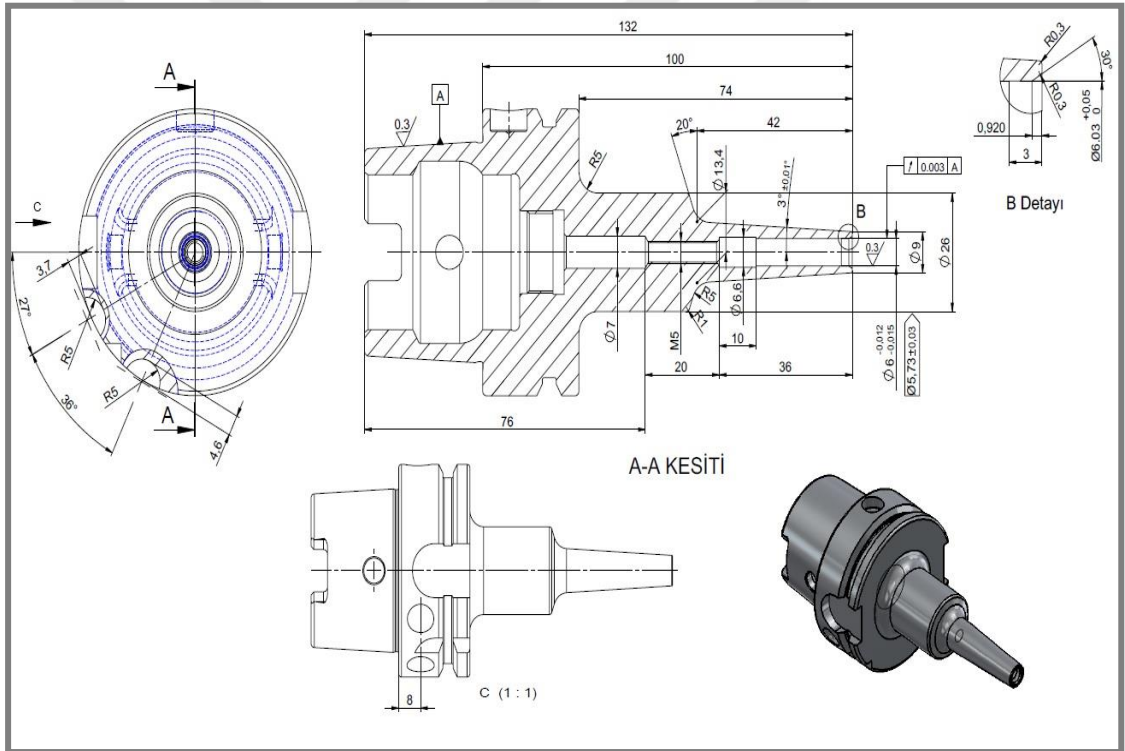
	C	Si	Cr	V	Mo
1.2343	0,37	1.00	5,30	0,40	1,30
1.2344	0,37	1.00	5,30	0,40	1,30
Uddeholm	0,24	0,95	12,9	0,23	0.22

Çizelge 6.2. Takım tutucu imalatında kullanılan malzemelerin fiziksel özellikleri.

	Özgül Ağırlık 20 °C'de (kg/dm ³)	Isıl İletkenlik 20 °C'de W/(m.K)	Isıl Genleşme 20 °C'den 400°C'ye kadar, 10 ⁻⁶ m/(mK)
1.2343 Malzeme	7.8	25	12.5
1.2344 Malzeme	7.8	25	12.5
Özel Paslanmaz	7.7	18	12.3

Herbir çelik malzemeden DIN 69893-1 Form A (ISO 12164-1) standardına uygun olarak üçer adet Ø 6 mm HSK63-A ısıtmalı takım tutucu imal edilmiştir ve bu takım tutucular kullanılarak deneyler yapılmıştır. İmal edilen takım tutucunun resmi Şekil 6.1'de görülmektedir.

Takım tutucular, EROĞLU Makine San. Tic. A.Ş. Bursa tesislerinde firmanın standard imalat yöntemlerine tabi olarak üretilmiştir. İmal edilen takım tutucularla belirli sayıda sıkma ve sökme işlemleri yapılmıştır. Belirli sayıdaki sıkma ve sökme işlemleri sonucu takım tutucuların salgı ve tork değerlerindeki değişimler incelenmiştir. Ayrıca, herbir malzeme grubundaki bir tane takım tutucu da sertlik değişimini incelemek için kullanılmıştır.



Şekil 6.1. İmal edilen takım tutucunun teknik resmi.



Şekil 6.2. İmal edilen takım tutucu resmi.

Şekil 6.2’de resmi görülen takım tutucuların performanslarını deneye tabi tutmak için EROGLU Makine TİC. A.Ş., Bursa tesislerinde bulunan ve Şekil 6.3’te görülen 5 eksen Mori Seiki MT2000 tornalama merkezi yardımıyla testler yapılmıştır.



Şekil 6.3. 5 Eksen Mori Seiki MT2000 tornalama merkezi.

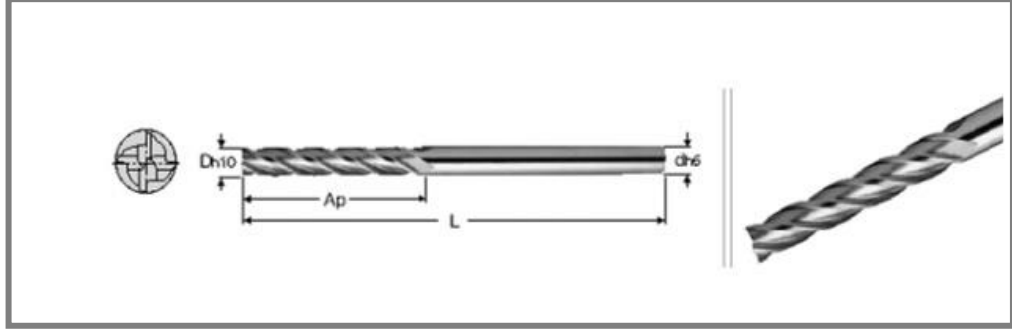
İmal edilen takım tutuculara 6 mm çapında kesici takımı ısıtarak takma ve sökme işlemi (shrink fit) için EROGLU Makina Bursa tesisinde bulunan EMUGE Shrink Master HL-2 marka takma sökme (shrink) makinesi kullanılmıştır, Şekil 6.4. Shrink

makinası ince cidarlı tutucu için 6 mm çapa göre programlanmış ve takma işlemi sonrası takım tutucu sıcaklığı ortalama 280 °C civarında ölçülmüştür.



Şekil 6.4. Emuge marka otomatik ısıtarak takma sökme (shrink) makinesi ve takım tutucu.

İmal edilen takım tutucularla CNC tezgahta işleme yapmak ve işlenmiş parçaların yüzey pürüzlülüklerini ölçmek için Bursa HTG Firmasından 6 mm çapında EM5-0604C-T110 kodlu parmak frezeler temin edilmiştir. Şekil 6.5 parmak frezenin resmini ve Çizelge 6.3'te çeşitli özelliklerini vermektedir.



Şekil 6.5. HTG firmasından temin edilen karbür parmak frezenin resmi.

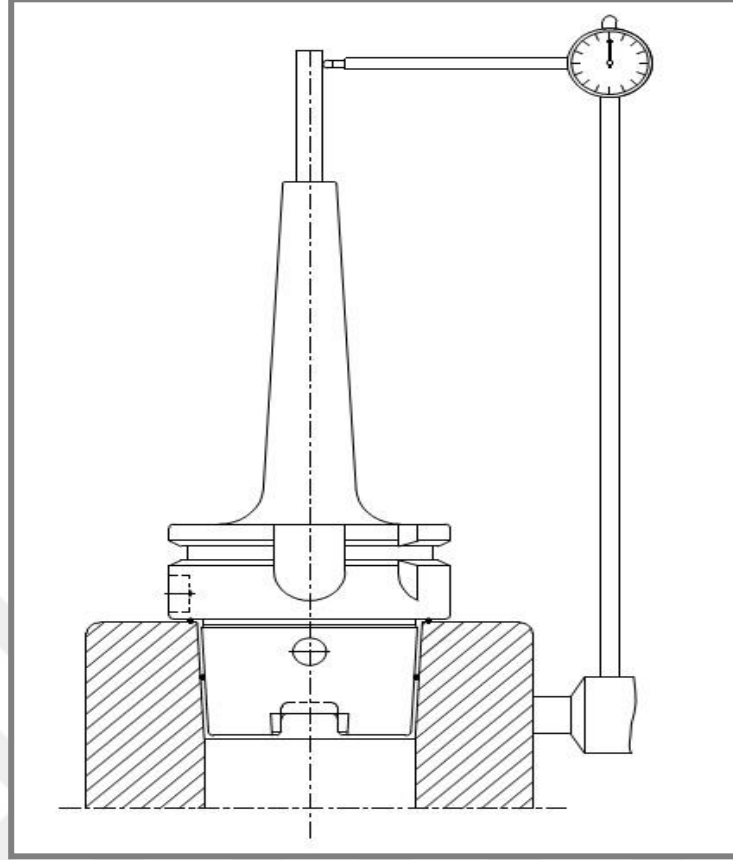
Çizelge 6.3. HTG firmasından temin edilen parmak frezenin teknik özellikleri.

Dönme Yönü	Sağ
Kesici Kenar Sayısı	4 Kesici Kenar
Çapı	Ø 6 mm
Takım Uzunluğu (L)	58 mm
Helis Açısı	30°
Maksimum Talaş Derinliği (ap)	16 mm
Köşe Radüsü	0,4 mm

6.2. Salgı Ölçüm Düzenegi

Bilindiği üzere günümüzde yüksek hızlı işleme makinalarında en önemli konu salgı hassasiyeti. Esasında salgı eşmerkez kaçıklığı anlamına da gelmektedir. Genel olarak takım tutucular da en çok aranan özellik salgı tekrarlanabilirliğidir.

Üretimi yapılan takım tutucular üretimin her aşamasında salgı kontrolünden geçmiş özel aparatlar yardımıyla Şekil 6.6'da gösterildiği gibi salgı kontrollerine tabi tutulmuştur. Sonrasında işlem yapılan her takım tutucu sırasıyla birinci, ellinci, altmışıncı, yetmişinci, sekseninci, doksanıncı ve yüzüncü takma sökme operasyonu sonrasında salgı kontrolünden geçirilmiş ve malzeme farklılıklarının salgıya etkileri etraflıca incelenmiştir.



Şekil 6.6. Salgı ölçüm düzeneğinin şematik gösterimi.

6.3. Deneyde Kullanılan Tork Ölçüm Düzeneği

Takım tutucu ve kesici takımlarda tork değerleri yüksek hızda işlemler için son derece önemlidir. Yetersiz tork değerinde bağlama yapan takım tutucu kesici %100 ömrü üzerinde etkili olması sebebiyle işletmelerin kesici takım maliyetlerini de önemli derecede etkilemektedir [13].

Tork aslında döndürme momentidir. Torkun ölçü birimi Nm'dir (Newton*metre). (İngiliz ölçü standartlarında (lbf.ft) pound.feet). Tork bir kol yardımı ile sabitlenmiş, dönen bir noktaya kuvvet etki ettiğinde oluşturulur. Sabitlenmiş, dönen bir noktaya 1 metre uzunluğunda bir kol yardımı ile 1 Newton (1/9.8 kg veya 9.8 N = 1 kg) kuvvet uyguladığımızda 1 Nm tork oluşur.

Bu çalışmada farklı takma sökme işlemlerinden sonra kesici bağlanmış ve sonrasında Şekil 6.7’de görülen Hazet marka 5 Nm ile 100 Nm arasında % 1 hata payı ile ölçüm yapabilen dijital tork anahtarı yardımıyla ölçülüp kayıt altına alınmıştır.

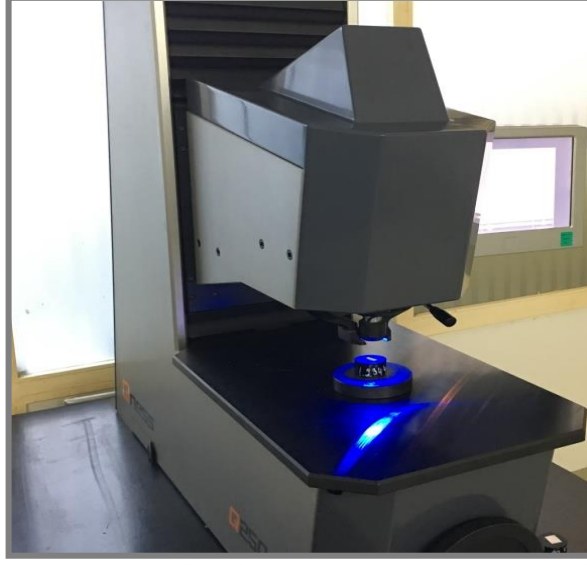


Şekil 6.7. Hazet marka dijital tork ölçüm aleti.

6.4. Deneyde Kullanılan Malzemelerin Makrosertlik Ölçümleri

Isıl işlem öncesi ve sonrasında her numune üzerinde farklı beş noktadan makrosertlik ölçümü yapılmıştır. Makrosertlik ölçümü EROĞLU Makina metalografi laboratuvarında bulunan QNESS Q250M marka dijital sertlik ölçme cihazıyla Rockwell C (HRC ölçeğinde ölçülmüştür.

Ön yükleme olarak 10 kg uygulanmıştır. Akabinde toplam 150 kg yük uygulanmıştır. QNESS Q250M marka dijital sertlik ölçme cihazı Şekil 6.8’de gösterilmiştir. Sertlik ölçün sonucu beş ölçümün ortalaması istatistiksel hataları minimize etmek için kullanılmıştır.

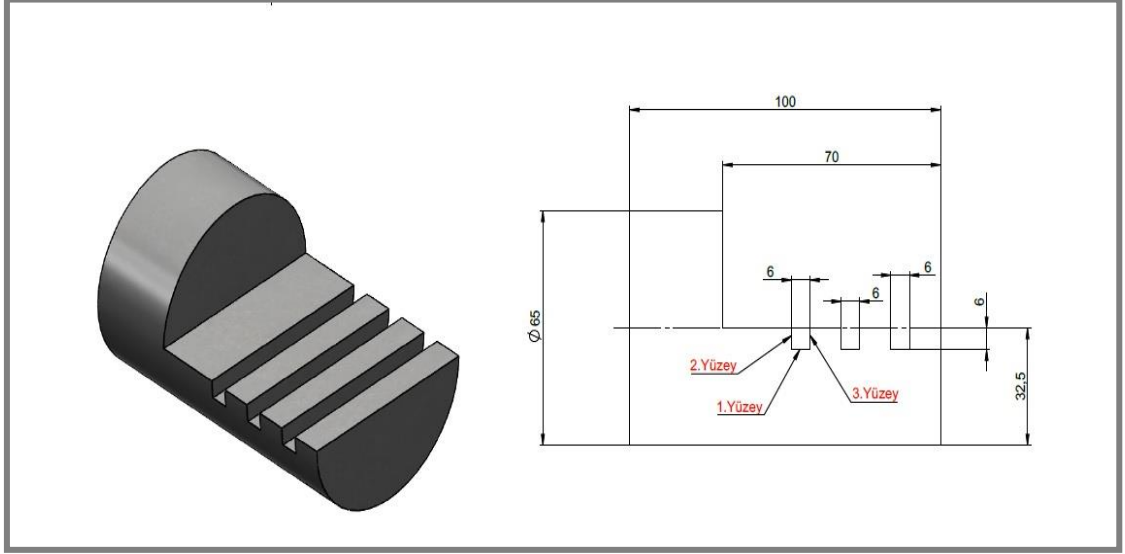


Şekil 6.8. Qness Q250 M sertlik ölçme cihazı.

6.5. Üç Farklı Malzemedan Üretilen Tutucu ile İşlenen Yüzeylerin Pürüzlülük Değerleri Ölçümleri

Üretilen dokuz adet ince cidarlı ısıtılmalı takım tutucu kullanılarak kanal açma şeklinde işleme deneyleri yapılmıştır. Isıtma ile takma sökme işleminin işlenmiş parça yüzey pürüzlülük değeri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu amaçla temin edilen kesici takımlar kullanılarak ilk, ellinci ve yüzüncü takma sökme işlemlerinde kanal açma işlemleri yapılmıştır.

Kanal açma işlemleri 200 HV sertliğindeki 16MnCrS5 malzeme üzerinde 5 eksen CNC tornalama merkezinde gerçekleştirilmiştir. Kanal açma işlemleri için kullanılacak iş parçası malzemeleri 65 mm çapında ve 100 mm boyundaki malzemedan üretilmiştir. Şekil 6.9'da iş parçası malzemesinin kanal açma işlemleri sonrası görüntüsü verilmektedir.



Şekil 6.9. İş parçasının teorik gösterimi.

Toplamda dokuz farklı takım tutucu ile üç farklı iş parçası işlenmiştir. Herbir iş parçası üzerinde de 6 mm genişliğinde ve 6 mm derinliğinde 3 kanal açılmıştır. İşlemeler sonrasında EROĞLU Makine Bursa tesisleri kalite kontrol laboratuvarında bulunan ve teknik özellikleri Çizelge 6.4'te mevcut olan MAHR-Perthometer-M1 taşınabilir yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı (Şekil 6.10) yardımı ile birinci, ikinci ve üçüncü yüzeylerden sapmaları minimize etmek amacıyla 3 farklı ölçüm yapılmıştır.

Çizelge 6.4. Yüzey pürüzlülük cihazının teknik özellikleri.

MODEL	MAHR-Perthometer-M1
Ölçme Hızı	150 $\mu\text{m/s}$
Ölçme Kuvveti	0,7 mN
Uç Malzemesi	Elmas
Ölçüm Uzunluğu	5.6 mm



Şekil 6.10. MAHR-Perthometer-M1 taşınabilir yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı.

6.6. Üç Farklı Malzemeden Üretilen Takım Tutucu ile İşlenen Yüzeylerin Genişlik ve Derinlik Ölçümleri

5 eksen CNC tornalama merkezinde yardımıyla işlenen 3 iş parçasına sırasıyla birinci, ellinci ve yüzüncü takma sökme işlemlerinde karbür parmak freze yardımıyla kanallar açılmıştır. Herbir kanalın genişliği ve deriniği EROĞLU Makina Bursa tesislerinde bulunan kalite laboratuvarında Sylvack marka (Şekil 6.11) dijital mihengir yardımıyla ölçülmüştür. Takım tutucu salgısının ve tork değişiminin açılan kanal derinliğine etkisini daha sağlıklı incelemek için kanal açma işlemleri öncesinde takım sıfırlama işlemlerinde prop kullanılmıştır.



Şekil 6.11. Sylvack dijital mihengir.

İşlenen parçanın üzerindeki kanalların boyutları takım tutucuların ömrünün tayin edilmesi hakkında bilgi vereceği gibi salgı ve tork farklılıklarının iş parçası kalitesi üzerindeki etkilerini hakkında da fikir verecektir.

BÖLÜM 7

DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

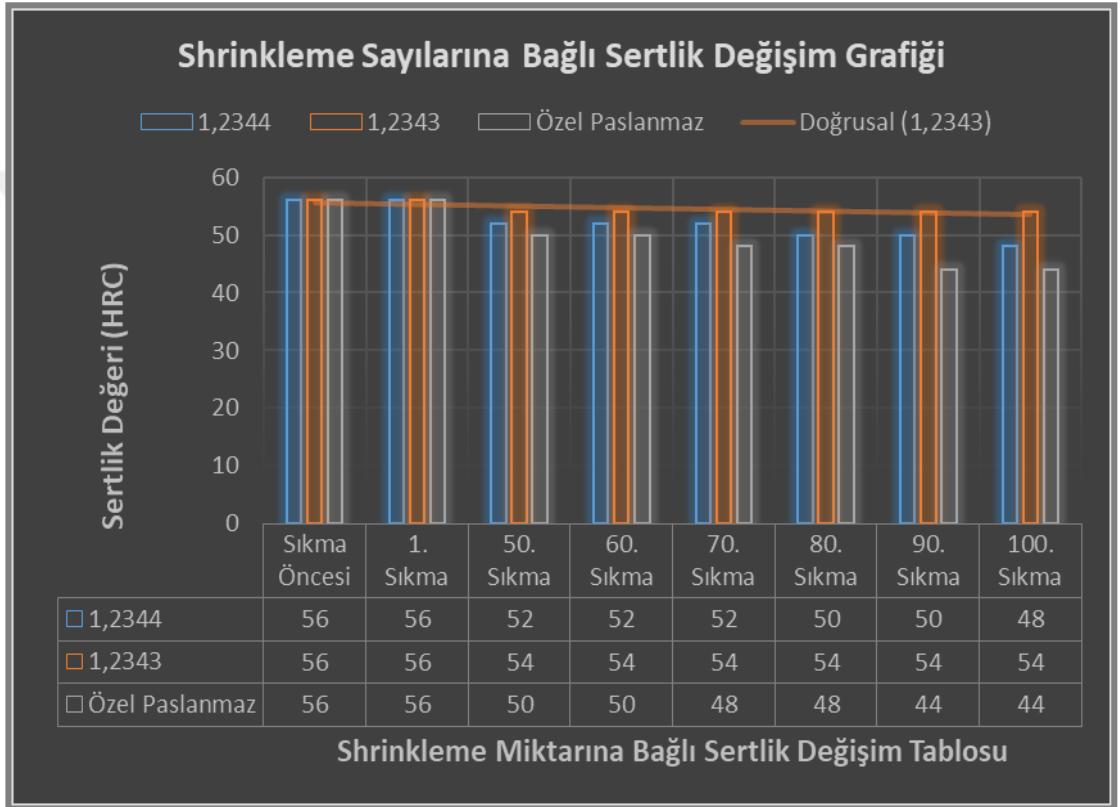
Üç farklı özellikteki malzemenin her birinden üçer adet olmak üzere toplamda dokuz adet olarak imal edilen takım tutucular ilk aşamada salgı tekrarlanabilirliği, tork₇ ve ısıl etkilenmelerini incelemek amacıyla makro sertlik deneylerine tabi tutulmuştur.

İkinci aşamada ise imal edilen takım tutucular kullanılarak parmak freze ile kanal açma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Herbir malzemedan yapılan takım tutucu ile üçer adet olmak üzere toplamda dokuz adet kanal açılmıştır. Kanal açma işlemleri birinci takma (shrinkleme), ellinci takma ve yüzüncü takma işlemlerinden sonra yapılmıştır. Birinci kanal açma işleminden sonra parmak freze sökülmiş ve akabinde de bu takma ve sökme işlemleri kırk dokuz defa tekrarlanmıştır. Ellinci takma işleminden sonra ikinci kanal açılmış ve daha sonra kırk dokuz defa daha takma ve sökme işlemi gerçekleştirilip yüzüncü defa takma işlemi sonrası üçüncü kanal açılarak işlem tamamlanmıştır. Açılan kanalların yüzey pürüzlülük değerleri, derinlikleri ve genişlikleri ölçülmüştür.

7.1. Takım Tutucu Malzemelerinin Makro Sertlik Ölçüm Değerleri

Takım tutucularda sertlik en önemli malzeme özelliklerinin başında gelir. Malzemelerin sertlik değerinin artışıyla genellikle dayanımları, rijitlikleri ve aşınma dirençleri de artar. Ancak ısıtma ile takma ve sökme işlemine maruz kalan takım tutucuların sıcaklığın etkisi ile zamanla özelliklerinde düşüşler görülür. Özellikle kesici takım ile takım tutucu arayüzeyindeki yüksek gerilme nedeniyle sertlik ve dayanım kaybına uğrarlar. Şekil 7.3 takım tutucu yapımında kullanılan malzemeye ve takma ve sökme sayısına bağlı olarak sertlik değişimlerini göstermektedir.

Üç farklı malzeme ile yapılan ince tip ısıtmalı takım tutucuların sırası ile ısıtarak takma ve sökme öncesi, ilk, ellinci, atmışıncı, yetmişinci, sekseninci, doksanıncı ve yüzüncü takma ve sökme işlemleri sonrasında sertlik değerleri ölçülmüştür. Ölçümler ölçüm belirsizliğini ortadan kaldırmak adına beşer kez tekrarlanmıştır. Elde edilen sonuçların aritmetik ortalaması alınmıştır. Shrinkleme (sıkma ve sökme) sayılarına bağlı sertlik ölçüm sonuçları Şekil 7.1’de verilmiştir.



Şekil 7.1. Sıkma sökme (shrinkleme) sayılarına bağlı sertlik değişim grafiği.

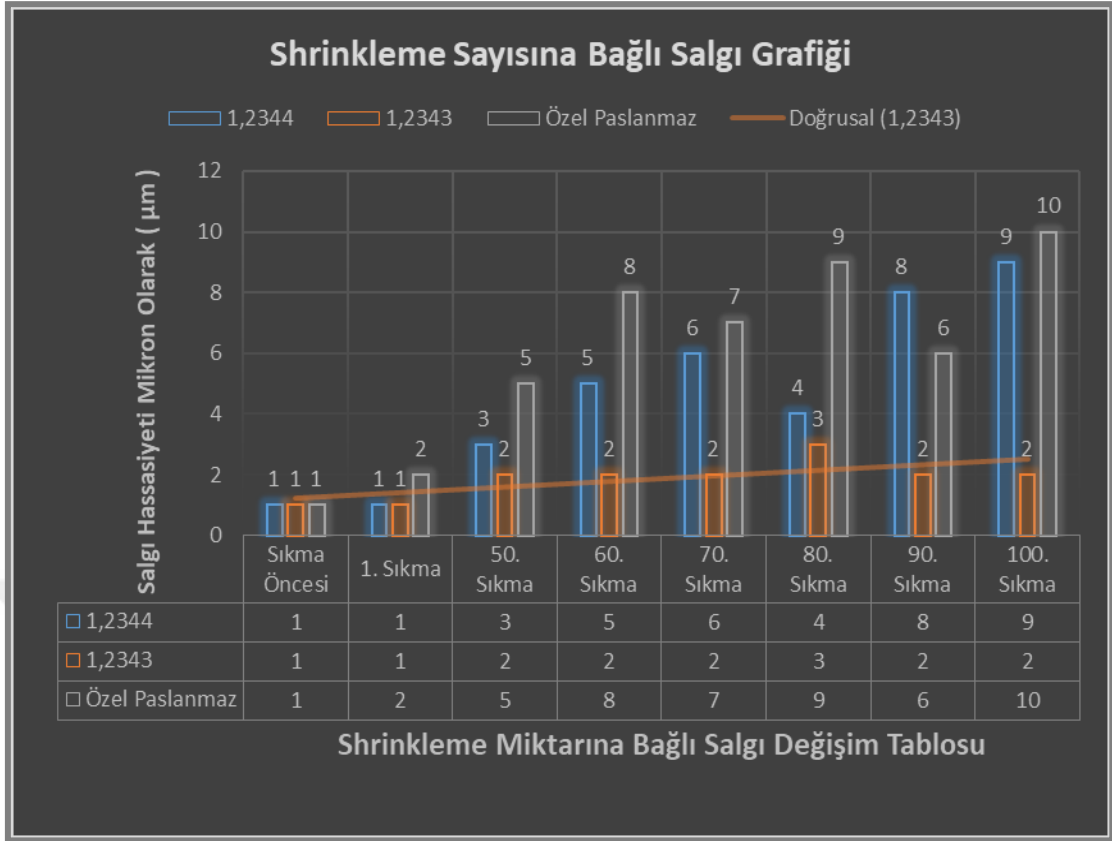
1.2343 malzemeden yapılan takım tutucunun sıkma sökme sayılarına bağlı sertlik değerleri incelendiğinde sıkma öncesi ve ilk sıkma sonrası sertlik değerinin 56 HRC olduğu görülmektedir. Ellinci takma ve sökme sonrasında sertlik değerinde 2 HRC’lik bir düşüş ile 54 HRC’lik bir sertlik değeri elde edilmiştir. Bu malzemeden imal edilen takım tutucu kararlılığını koruyarak yüzüncü takma ve sökme işleminden sonra dahi aynı sertlik değerinde kalmıştır.

Karbon oranı 1.2343 malzemeden daha yüksek olmasına rağmen 1.2344 malzemeden üretilen takım tutucunun sertlik değerinde daha fazla bir düşüş gözlenmiştir. Sertlik değerleri incelendiğinde, sıkma ve sökme öncesi ve ilk sıkma ve sökme sonrası ölçülen sertlik değeri 56 HRC iken ellinci sıkma ve sökme sonrası sertlik değerinin 52 HRC'lere düştüğü gözlenmektedir. Yüzüncü takma ve sökme sonrası ise sertlik değeri 48 HRC'ye düşmüştür.

Martenzitik paslanmaz çelikten üretilen takım tutucuların sertlik değerleri incelendiğinde sıkma ve sökme öncesi ve ilk sıkma ve sökme sonrası 56 HRC gelen sertlik değerinin ellinci sıkma ve sökme sonrası ölçüldüğünde 50 HRC'lere kadar düştüğü gözlenmiştir. Sıkma ve sökme ve ölçümler devam ederken yüzüncü sıkma ve sökme sonrasında sertlik değeri 44 HRC olarak ölçülmüştür. Bu malzemeden imal edilen takım tutucu diğer iki takım çeliğinden imal edilenlere göre daha fazla bir sertlik düşüşüne maruz kalmıştır. Martenzitik paslanmaz çeliğin düşük ısı iletkenlik katsayısı, ısı genleşme katsayısı ve temperleme sıcaklığının sıcak iş takım çeliklerine oranla daha düşük olmasının daha fazla sertlik kaybına neden olduğu kanısına varılmıştır.

7.2. Takım Tutucuların Salgı Değerleri

Salgı değeri kesici takım ömrü ve nihai ürün kalitesinde üzerinde önemli etkilere sahiptir. Takım tutucu sistemlerinde salgı değerinin mümkün olduğunca düşük olması istenir. Artan salgı değeri ile takım ömrü ve ürün kalitesi azalır. Üç farklı malzemeden yapılan ince tip ısıtmalı takım tutucuların sırası ile ilk, ellinci, atmışıncı, yetmişinci, sekseninci, doksanıncı ve yüzüncü ısıtarak takma işlemlerinden sonra salgı değerleri özel salgı aparatları yardımıyla ölçülmüştür. Ölçüm sapmalarını minimize etmek amacıyla her parametrede beşer kez ölçüm yapılmış ve ölçümlerin aritmetik ortalaması alınmıştır Şekil 7.2'de salgı ölçüm değerleri gösterilmektedir.



Şekil 7.2. Sıkma sökme (shrinkleme) sayılarına bağlı salgı değişim grafiği.

Şekil 7.2’de verilen değerler incelendiğinde 1.2343 malzemeden yapılan takım tutucunun takma ve sökme sayısına bağlı olarak salgı değerlerindeki değişimin 3 μm değerini geçmediği görülmektedir. Diğer malzemelerden yapılan takım tutucuların salgı değerlerinin ise takma ve sökme sayısına bağlı olarak ciddi miktarlarda arttığı görülmektedir. Yüzüncü takma işlemi sonucunda 1.2344 çelik malzeme ve özel paslanmaz çelikten yapılan takım tutucular sırasıyla 9 ve 10 μm salgı değerleri sergilemişlerdir.

DIN 2768 standardının bu tür takım tutucular için 3xD (18 mm) boyda müsaade ettiği salgı değeri 3 μm [22]. Dolayısıyla yüz defa takma ve sökme işleminden sonra bu üç malzeme arasında en iyi ve kabul edilebilir performansı 1.2343 çelik malzemenin sağladığı görülmektedir. 1.2344 malzemeden yapılan takım tutucunun ise elli takma ve sökme işlemine kadar 3 μm salgı değeri sınırında kaldığı Şekil 7.1’den görülmektedir. Özel paslanmaz çelikten yapılan takım tutucu ise elli takma

ve sökme işleminde dahi ilgili standart tarafından kabul edilen salgı değerinden daha yüksek salgı değeri sergilemiştir.

Elde edilen salgı değerleri sonuçları sertlik değerleri sonuçları ile paralellik göstermektedir. 1.2343 malzemedan yapılan ve en düşük sertlik kaybına uğarayan takım tutucu aynı zamanda en düşük salgı değeri sergilemiştir. Martenizitik paslanmaz çelik malzemedan yapılan ve en fazla sertlik kaybına uğrayan takım tutucu da en fazla salgı değeri sergilemiştir. Takma sökme işlemleri sonucu maruz kalınan ısı ve gerilmeler sonucu takım tutucuların özelliklerinde düşüşler meydana gelmiştir. Bu düşüşler de takım tutucuların geometrik özelliklerini değiştirdiği için başlangıçta elde edilen salgı değerlerinden daha yüksek salgı değerleri elde edilmesine neden olmuştur.

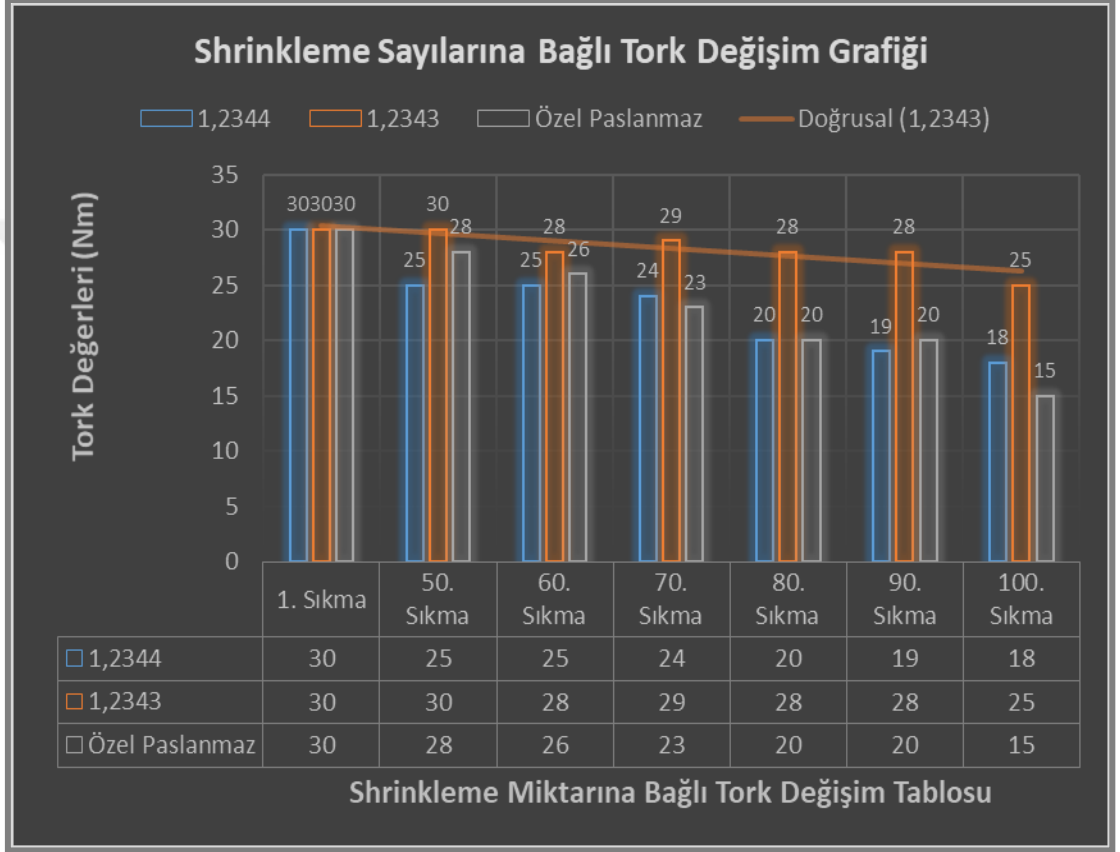
7.3. Takım Tutucuların Tork Değerleri

Talaşlı imalat işlemleri esnasında kesici takımlar (özellikle silindirik saplı olanlar) maruz kaldığı kuvvetler ve gerilmeler sonucu dönmeye zorlanırlar. Başarılı bir talaşlı imalat işlemi için kesici takım rijit bir şekilde bağlanması ve konumundan sapmaması gerekir. Dolayısıyla kesici takımların sap kısımlarına yüksek sıkma basınçlarının uygulanması gerekir. Kesici takımını sökmeye ve konumundan hareket ettirmeye çalışan kuvvet tork olarak isimlendirilir. Takım tutucu sistemlerinde mümkün olduğu kadar torkun yüksek olması istenir.

Üç farklı malzeme ile yapılan ince tip ısıtılmalı takım tutucular sırası ile ilk, ellinci, atmışıncı, yetmişinci, sekseninci, doksanıncı ve yüzüncü shrinkleme sonrasında tutucu takımların tork değerleri ölçülmüştür. Ölçümler ölçüm belirsizliğini ortadan kaldırmak adına beş'er kez tekrarlandı ve sonrasında alınan sonuçların aritmetik ortalaması hesaplandı. Tork ölçüm sonuçları Şekil 7.3'de verilmiştir.

Şekil detaylı şekilde incelendiğinde tork değerlerinde genel olarak bir düşüş olduğu görülmektedir. 1.2343 malzemenin tork değerlerine bakıldığında ilk sıkma sökme işleminde 30 Nm ile başlayan tork değerinin yüzüncü sıkma işlemi sonrasında 25 Nm'ye düştüğü görülmektedir. Sertlik ve salgı sonuçlarına benzer şekilde 1.2343

malzemeden yapılan takım tutucunun ilk takma ve sökme işleminden sonra en yüksek tork değeri sağladığı görülmektedir. Her üç malzemeden yapılan takım tutucular için de tork değerinin düşmesi takım tutucunun takımı tutan kısmının genişlemesi ile açıklanabilir. Isıtarak takma ve sökme işlemleri sonucunda takım tutucunun maruz kaldığı ısı ve gerilme takımı tutan kısmın genişlemesine neden olur.



Şekil 7.3. Sıkma sökme (shrinkleme) sayılarına bağlı tork değişim grafiği.

Martenzitik paslanmaz çelik malzemeden üretilen takım tutucunun tork değerleri incelendiğinde ilk sıkma sonrası yapılan ölçüm neticesinde 30 Nm tork elde edilmiştir. Yüzüncü sıkma sonrasında tork değeri % 50 gibi bir düşüşle 15 Nm olarak ölçülmüştür. Bu yüksek düşüş değeri martenzitik paslanmaz çelik malzemenin düşük ısı iletkenliği ile açıklanabilir. Düşük ısı iletkenlik değeri takım tutucunun daha fazla ısıya maruz kalmasına ve bölgesel gerilim farklılıklarının artmasına neden olur. Bu durum da daha fazla deformasyona neden olduğu için tork değerinde yüksek

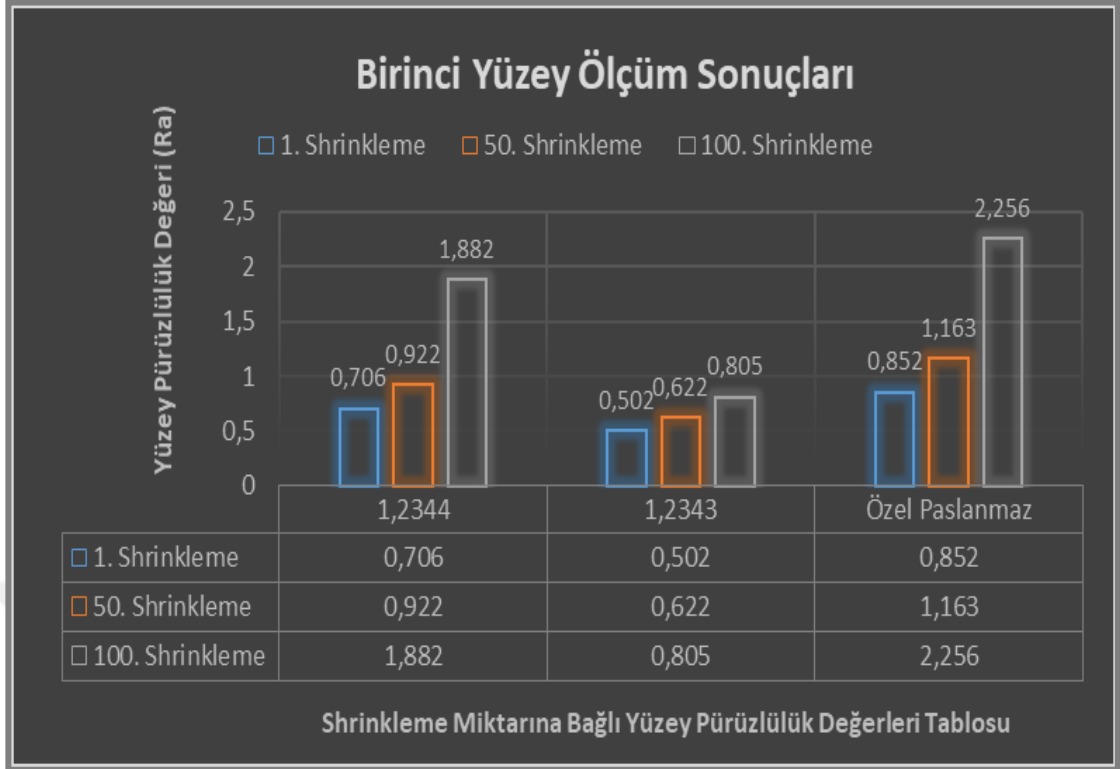
düşüşler görülür. Tork değerinin bu denli düşmesi talaşlı imalat esnasında kalite bozukluklarına ve kesici takım ömrünün ciddi olarak kısalmasına neden olur.

Genel olarak tork değişim değerleri incelendiğinde yüzüncü sıkma sonrası en iyi performansı- 1.2343 malzemedan imal edilen takım tutucunun sağladığı (25 Nm) ve bunu sırasıyla 1.2344 malzemedan imal edilen takım tutucunun (18 Nm) ve martenzitik paslanmaz çelikten imal edilen takım tutucunun (15 Nm) takip ettiği görülmektedir.

7.4. İşlenen Parçaların Yüzey Pürüzlülük Değerleri

Kesici takımın rijit bir şekilde bağlanması ve işlem esnasındaki salgısı işlenmiş parçaların yüzey pürüzlülük değerlerini etkileyen önemli bağımsız değişkenlerindendir. Yüksek rijitlik ve düşük salgı değerleri yüzey pürüzlülük değerlerini düşürür.

Deneyle için her bir malzemden imal edilmiş üçer adet takım takım tutucu kullanılarak ilk ısıtarak takma, ellinci ısıtarak takma ve yüzüncü ısıtarak takma işlemleri sonrasında kanal açma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Toplamda dokuz farklı kanal açılmıştır ve dokuz adet aynı özellikte parmak freze kullanılmıştır. Açılan kanalların yüzey pürüzlülük değeri Şekil 7.4'te verilmektedir.

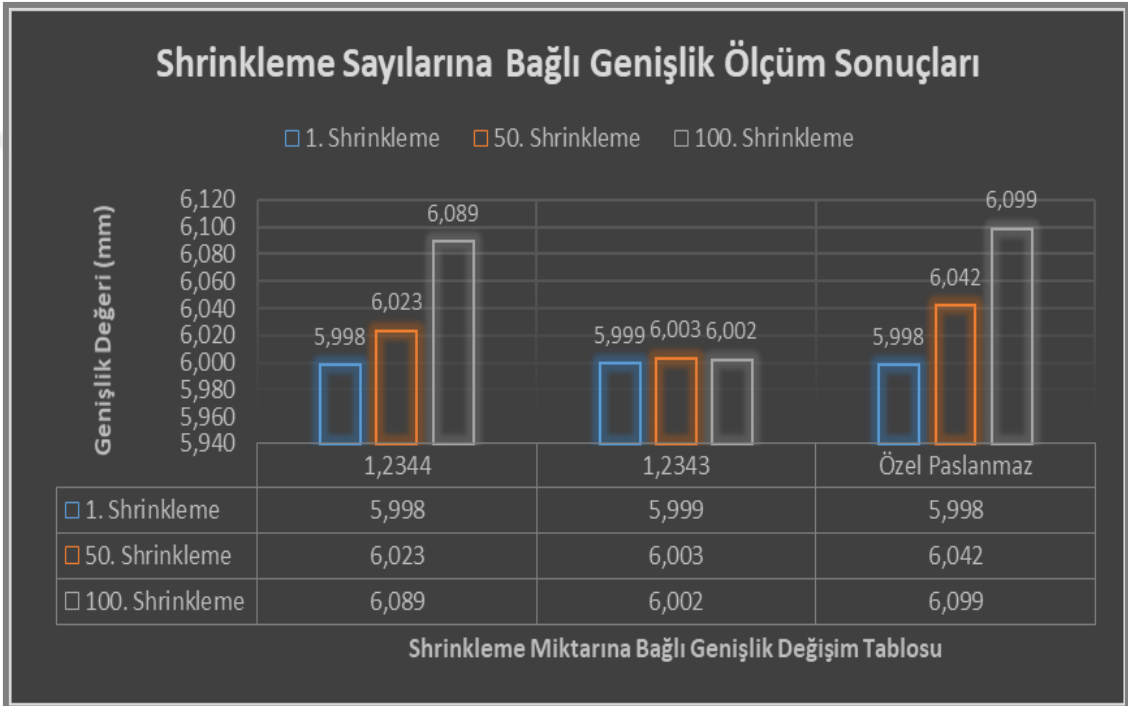


Şekil 7.4. Birinci yüzey pürüzlülük ölçüm grafiği.

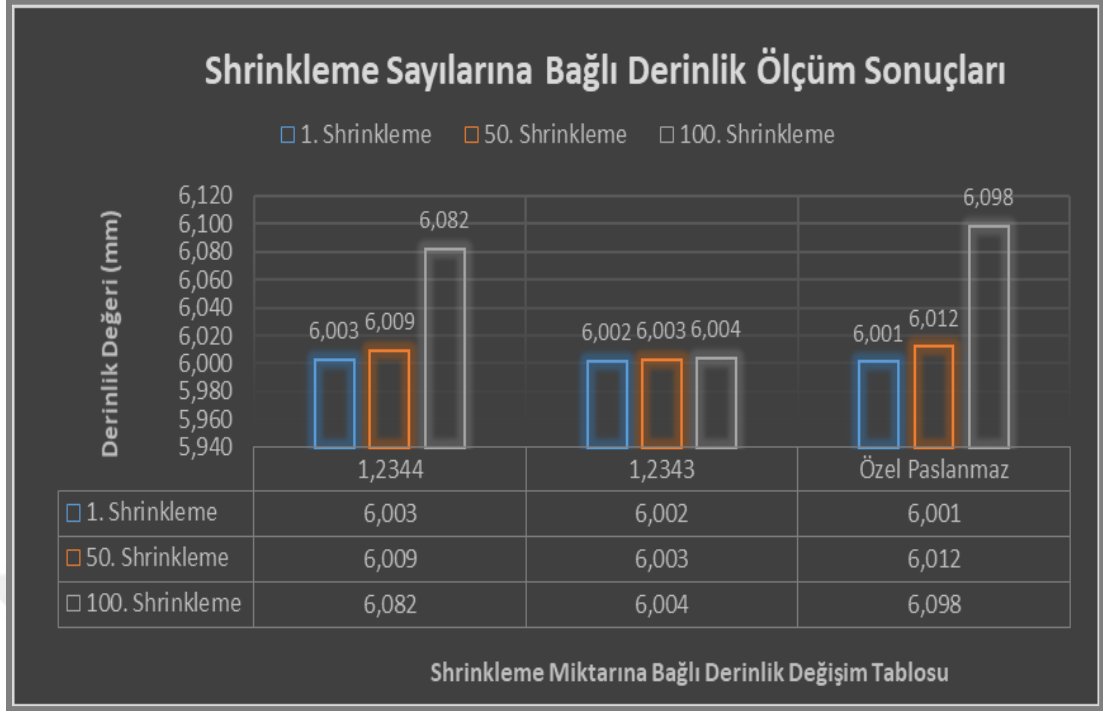
Şekil 7.4'ten ısıtarak takma ve sökme sayısının artması ile her üç malzemeden yapılan takım tutucularla elde edilen yüzeylerin pürüzlülük değerlerinin arttığı görülmektedir. Bu durum artan takma ve sökme sayısı ile takım tutucunun rijit bir şekilde bağlama kabiliyetinin düşmesi ve salgı değerinin artması ile açıklanabilir. 1.2343 malzemeden imal edilen takım tutucu ile elde edilen yüzeylerin pürüzlülük değerlerindeki artış takma ve sökme sayısına bağlı olarak oldukça az seviyede olmuştur. Ancak diğer takım tutucularla elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinde takma ve sökme sayısına bağlı olarak çok ciddi artışlar görülmektedir. Yüzey pürüzlülük değerlerindeki en fazla artış sertlik düşüşü, salgı artışı ve tork düşüşünün en fazla görüldüğü martenzitik paslanmaz çelikten imal edilen takım tutucular tarafından sergilenmiştir.

7.5. Açılan Kanalların Genişlik ve Derinlik Değerleri

Takım tutucu salgı değerinin parmak freze ile açılan kanalların genişlik ve derinlikleri üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla genişlik ve derinlik ölçümleri yapılmıştır. Üç farklı takım tutucu ve farklı ısıtarak takma v sökme sayılarına bağlı olarak elde edilen kanal genişlik ve derinlik değerleri sırasıyla Şekil 7.5 ve Şekil 7.6'da verilmektedir.



Şekil 7.5. Açılan kanalların genişlik değerleri



Şekil 7.6. Açılan kanalların derinlik değerleri

Ölçülen genişlik ve derinlik değerlerinin salgı değerleri ile örtüştüğü görülmektedir. Salgı değerinin artması ile açılan kanalların genişlik ve derinlik değerlerinin de arttığı görülmektedir.

BÖLÜM 8

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada üç farklı malzemedan üretilmiş Isıtmalı Takım Tutucunun malzeme özelliklerinin çalışma performansına etkileri etraflıca incelenmiştir. İncelemeler ilk olarak sıkma sökme sayılarına bağlı salgı hassasiyetiyle başlamış ve sırasıyla tork değişimleri, sertlik değişimleri, yüzey pürüzlülük değerleri, genişlik ve derinlik ölçümleri ile sonuçlanmıştır. Tüm bu sonuçlar ve öneriler aşağıda belirtilmiştir.

- İmalat sonrası yapılan salgı testleri neticesinde 1.2344 malzeme ile yapılan tutucuların salgı hassasiyetleri atmışıncı sıkma sökme işleminden sonra tolerans dışına çıkmıştır. Martenzitik paslanmaz çelikten üretilen tutucu takımın salgı hassasiyeti incelendiğinde tutucu takımın salgı değeri ellinci sıkma sökme işleminden sonra tolerans dışına çıkmıştır. 1.2343 malzemedan üretilen tutucu takım incelendiğinde yüzüncü sıkma sonrası dahi tolerans içinde kalmış ve testler neticesinde en iyi sonucu vermiştir. Isıtmalı takım tutucuların salgı tekrarlanabilirliği açısından 1.2343 sıcak iş takım çeliği en iyi performansı vermesinden dolayı tercih edilecek tutucu takım malzemesi olarak ön görülebilir.
- Hazırlanan numunelerin tork değerleri incelenmiş ve çıkan sonuçlar kıyaslandığında DIN normunun öngördüğü tork değeri 30 Nm ile 20 Nm arasındadır. Yapılan işlemler neticesinde 1.2344 malzemenin tork ölçümleri ilk sıkmada 30 Nm gelirken atmışıncı sıkma sonrası düşüşe geçmiş ve yüzüncü sıkma sonucunda tork değeri 18 Nm olarak ölçülmüş ve norm değerlerinin dışına çıkmıştır. 1.2343 malzemenin tork ölçümleri yapıldığında ilk sıkma sonrasında 30 Nm gelen tork değeri yüzüncü sıkma sonrasında 25 Nm olarak ölçülmüş ve norm toleransları içinde kalmıştır. Martenzitik paslanmaz çelikten üretilen ısıtmalı takım tutucunun tork değeri ilk sıkma sonrası 30 Nm'iken doksanıncı sıkma sonrasında 20 Nm'ye düşmüş ve yüzüncü sıkma sonrasında 15 Nm ölçülmüştür. Bu ölçüm değerleri

neticesinde paslanmaz çelikten üretilen tutucu takımın tork düşüşünün ısı genleşme katsayısına bağlı olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca tork değerlerinin düşüşü salgı hassasiyetlerini de etkilemiş ve tork değerleri ile doğru orantılı olarak salgı tekrarlanabilirlikleri düşmüştür. Bu sonuçlarda bu tutucu takım için en iyi malzemenin 1.2343 malzeme olduğu kanısına varmamıza ışık tutmuştur.

- Üretilen tutucu takımlara her her sıkma sökme işlemi sonrası sertlik ölçümü yapılmış ve sonuçlar incelenmiştir. 1.2343 malzemede sertlik değerlerinde kayda değer bir değişiklik olmamasına rağmen onunla aynı fiziksel özelliklere sahip 1.2344 ve martenzitik paslanmaz malzemede kayda değer sertlik düşüşü görülmüştür. Sertlik düşüşü ile salgı ve tork değerleri ilişkilendirildiğinde tork değerlerinin düşüş nedeni olarak sertlik düşüşünü göstermek çokta yanlış bir kanı olmayacaktır. Fakat martenzitik paslanmaz çelik malzemede sertlik düşüşünün ısı genleşme ve ısı iletkenlik katsayılarının düşük olmasında bağlamak mümkündür. Sonuç olarak tork, salgı ve sertlik değerleri birbirine paralel olarak şekillenmiştir. Bu sonuçlarda bizleri ısıtılmalı takım tutucu imalatında kullanılması gereken en ideal malzemenin 1.2343 olduğu kanısında tetiklemiştir.
- Dokuz farklı takım tutucuya, dokuz farklı karbür parmak freze bağlanarak işlem yapılmış ve yüzey pürüzlülükleri ölçülmüştür yapılan ölçümler neticesinde salgı tork ve sertlik değerleri ile yüzey pürüzlülük değerleri ilişkilendirildiğinde. Salgı değerinin yüksekliğinin yüzey pürüzlülüğüne son derece olumsuz yönde etkileri olduğu kanısı deneyler ile netleşmiştir. Tork değerlerindeki düşüş tutucu takımın kesiciyi stabil tutamadığını göstermiş ve yüzey pürüzlülüğü değerleri tork değeri düşük olan tutucu takımda tork değeri yüksek olana oranla yüksek çıkmıştır. Sertlik değerinin doğrudan tork ve salgı değerine etkili olduğunu bildirmiştik. Sonuç olarak en iyi yüzey pürüzlülük değeri salgı, tork ve sertlikte olduğu gibi 1.2343 malzemenin üretilen tutucu takım ile elde edilmiştir.
- Tutucu takımlar yardımı ile işlenen slotların genişlikleri ölçüldüğünde genişliklerin salgı değerlerinin artış oranına bağlı arttığı gözlenmiş ve sonuçlar incelendiğinde kalite açısından en hassas genişlik değeri 1.2343 malzemenin

yapılan tutucu takım ile elde edilmiştir. Tutucu takımların hassasiyeti son kullanıcıda nihai ürün hassasiyetine doğrudan etkilidir bu kesinlikle unutulmamalıdır.

- Genişlik ölçümüne paralel olarak yapılan derinlik ölçümleri neticesinde imal edilen slotların derinliklerinin doğrudan tutucu takım torkları ile ilişkili olduğu neticesine varılmıştır. En hassas derinlik ölçüsü yüzüncü sıkma sonrası 25 Nm ile en yüksek torka sahip 1.2343 malzemedan üretilen tutucu takım ile elde edilmiştir. Sonrasında sırasıyla 18 Nm torka sahip 1.2344 malzeme ile yapılan tutucu takım ve en son olarak 15 Nm tork ile martenzitik paslanmaz çelikten üretilen tutucu takım ile açılan slotlardan alınmıştır. Derinlik hassasiyetinin torkla doğrudan bağlantısı olmasının asıl nedeni kesici takımı istenen kuvvette sıkamaması sonucunda kesici takımın kesme gücünü yenerek durması ile oluşmaktadır. Bu durumun yüzey pürüzlülüğüne de olumsuz etkileri son derece yüksektir.
- Sonuç olarak çalışmada incelen üç farklı tür malzemenin nihai ürün kalitesine etkileri incelenmiş ve netice olarak ısıtılmalı tutucu takım imalatında 1.2343 kullanılmasının doğru olacağı testler ve çalışmalarla sonuçlandırılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Şahin Y., “Talaş Kaldırma Prensipleri 1”, *Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti.*, Ankara, 39 (2000).
2. Kalaycıoğlu, B., “CNC tezgahlarda yüksek hızda işleme (HSM, High Speed Machining)”, Altar Teknoloji Ltd. Şti., <http://www.turkcadcam.net/rapor/hsm-altar/index.html>, (25.07.2017).
3. Mertoğlu, T., “CNC tezgahlarda yüksek hızda talaşlı imalat (High Speed Machining)”, Tezmaksan A.Ş., (2006). <http://www.turkcadcam.net/rapor/CNC-HSM/index.html>, (25.07.2017).
4. Şen Z., Çilingiroğlu N., “Teknik Resim Cilt 1” *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 42 (1994).
5. Granovsky G. I., Grudov P. P., Kryvoujov V. A., Laryn M. N., Malkyn A., “Theory of Metal Cutting”, *Mashqiz*, Moscow, 185 (1954).
6. Hasegawa, M., Seireg, A., & Lindberg, R. A., “Surface roughness model for turning” *Tribology international*, 9(6), 285-289 (1976).
7. Bayraktar, M., “Ç1020, SAE1040 ve 9SMnPb çeliklerinin talaşlı işleminde, yüzey pürüzlülüğünün uzman sistemle hesaplanan değerlerinin, deneysel değerlerle karşılaştırılması.”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 12-49 (2002).
8. Özses, B., “Bilgisayar Destekli Takım Tezgahlarında Değişik işleme Koşullarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi.”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 9-23 (2002).
9. Güllü, A., “Silindirik taslamada istenen yüzey pürüzlülüğünü elde etmek için taslama parametrelerinin bilgisayar yardımıyla optimizasyonu”, Doktora Tezi *Gazi, Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-30 (1995).
10. Güllü, A., “Alın tornalamada, en uygun kesme koşulları için yapılmış deneysel çalışmaların, yüzey pürüzlülüğüne etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 85 (1990).

11. Özduz Z., “CNC Tel Elektro Erezyon Tezghasında İşleme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğü, İşleme Hızı Ve Ölçü Tamlığına Etkilerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 58 (2002).
12. Ertürk, A., Budak, E., ve Özgüven H. N., “İşleme Merkezlerinde İş Mili–Takım Tutucu–Takım Sisteminin Dinamik Modellenmesi”, **12. Ulusal Makina Teorisi Sempozyumu UMTS2005**, Erciyes Üniversitesi, Kayseri 9 - 11 (2005)
13. Eroğlu Makina 2016 Ürün Kataloğu, <http://www.eroglumakina.com.tr/onlinecatalog.pdf>, (28.07.2017).
14. Akdoğan, A.E., “Paslanmaz Çelikler Ve Paslanmaz Çeliklerin Korozyonu”, http://www.yildiz.edu.tr/~akdogan/lessons/korozyonvekoruma/Paslanmaz_Celik_Korozyonu_soon.pdf, (29.07.2017).
15. Mendi, F., “Takım Tezghaları Teori ve Hesapları”, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, **Gazi Kitabevi**, Ankara, ISBN:975-96008-0-3 (1996).
16. Kılıçlı, V., Motorcu, A. R., Erdoğan, M., Şahin, Y., “Martensit Morfolojisinin Çift Fazlı A1sı 4140 Çeliğinin Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisi”, **13th International Metallurgy & Materials Congress, 13. Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi**, Antalya (2004).
17. Çini, A., “Inconel 718 Malzemesinin Tornalama İşlemlerinde Yüksek Basıncılı Jet Soğutmanın Yüzey Pürüzlülüğü ve Kesme Kuvvetlerine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, **Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Isparta (2010).
18. Bhattacharyya, A., Ham, I., "Design of cutting tools use of metal cutting theory", **American Society of Tool and Mech. Engineers, Dearborn, Michigan**, 12-26, 48-56 (1969)
19. Mills, B., Redford, A. H., “Machinability of Engineering Materials”, **Applied Science Publishers**, London (1983)
20. Sandvik, C., “Stainless Steel Turning”, Application Guide. Trent, **E.M., Metal Cutting, 3rd ed.**, Butterworths, London (1996).
21. De Garmo, E.P., Black, J.T., Kohser, R.A., “Materials and Processes in Manufacturing”, **Prentice Hall**, New York (1997).

22. DIN Taschenbuch 14 “Werkzeugspanner Normen (Spannzeugel)” **II. Auflage Stand der abgedruckten Normen; Marz 2006**, Beuth Berlin 67-78, 124-128, 149-156, 187-191, 221-270 (2006)
23. Groover M.P., “Fundamentals of Modern Manufacturing – Materials Prozesse and Systems Edition”, **John Wiley & Sons, Inc.**, Hoboken, New Jersey, 220- 639 (2007).
24. Şeker, U., “Takım Tasarımı Ders Notları”, **Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi**, Ankara, 5-11, 33-44, 47-72 (1997).
25. Çakır, M.C., “An Expert System Approach for Solving Problems in Metal Cutting, Swiss Conference of CAD/CAM ‘99”, **Neuchatel University**, Switzerland (1999).
26. Özdemir U., Erten M., “Talaşlı İmalat Sırasında Kesici Takımda Meydana Gelen Hasar Mekanizmaları ve Takım Hasarlarını Azaltma Yöntemleri”, **Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi Cilt1 Sayı 1**, 37-50 (2003).
27. Şahin Y., “Talaş Kaldırma Prensipleri 2”, **Nobel Yayın Dağıtım** 78-125 (2001).
28. Aslan E., “Experimental investigation of cutting tool performance in high speed cutting of hardened X210 Cr12 cold-work tool steel 62 HRC”, **Materials and Design**, 26 21-27 (2005).
29. Dursun M., “Titanyum ve conel 718 malzemelerin frezelenmesinde takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğünün araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Gebze İleri teknoloji Enstitüsü** 1-13 (2007).
30. Sert, A., “Farklı Takım Tutuculara Bağlanan Parmak Frezenin Düzlem Yüzey Frezelemedeki Performansının Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Ve Fen Bilimleri Enstitüsü** 62-66 (2008).
31. Boothroyd, G., Knight, W.A., “Fundamentals of Machining and Machine Tools”, Second edition, **Marcel Dekker Inc.**, New York, 78-88 (1989).
32. Cheung, C.F., Lee, W.B., “A Theoretical and Experimental Investigation of Surface Roughness Formation in Ultra-Precision Diamond Turning”, **International Jurnal of Machine Tools & Manufacture**, C: 40, 979-1002 (2000).

33. B., Özçelik, E., Kuram, A. Sert, J.C., “Düzlem Yüzey Frezelemede Takım Tutucuları ve Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi”, *MakineTehnolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 8, No: 1, 2011 (1-13)*, 17 (2): 2-8 (2001).
34. Altınok, Y., “Talaşlı İmalat Kesici Takımları”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 39-42 İstanbul (1986).
35. Sakarya Üniversitesi, http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/49865/42830/4_hafta.pdf, (22.07.2017).
36. Madentürk, Çeliklerin Sınıflandırılması, <http://madenturk.org/forum/index.php?topic=702.0>, (22.07.2017).
37. Topbaş, A., “Çelik ve Isıl İşlem”, *İTÜ*, İstanbul, 1-102 (1998).
38. Smith, W.F., “Mühendislik Alaşımlarının Yapı ve Özellikleri”, Erdoğan, M., *Nobel Yayıncılık*, Ankara, 30-150 (2000).
39. Şavaşkan, T., “Malzeme Bilgisi ve Muayenesi”, Makine Mühendisliği, KTÜ, *Derya Kitabevi*, Trabzon, 132-168 (1999).
40. Kazdal Z. H., “Demir ve Çelik Malzemelerin Mikroyapısı”, *TÜBİTAK MAM Eğitim Notları*, Gebze, 88-118 (2007).
41. Deardo, A.J., “New developments in the alloy design of microalloyed and other modern HSLA steels”, *Metals & Materials*, 118-129 USA (1992).
42. Koltuk, F., Bakkaloğlu, A., “Yüksek dayanımlı düşük alaşımlı çeliklerde mikroalaşım elementlerinin dönüşüm ve yapı üzerindeki etkisi”, *Metal Dünyası*, İstanbul, 19-22 (1998).
43. Korchynsky, M., “A new role for microalloyed steels-adding economic value”, *Consultant in Metallurgy*, Pittsburgh, 1-5 (1993).
44. Sage, A. E., “An overview of the use of microalloys in HSLA steels with particular reference to vanadium and titanium”, *Metals & Materials*, 51-56 (1992).
45. Mavropoulos, T., Jonas, J. J., “Effect of boron on dynamic and static recrystallization in ultra low-carbon Nb steels”, *Metallurgy and Applications*, China, 229-235 (1985).
46. Taş, Z., “Nb-V alaşımlı borlu çeliklerinde mikroyapı - mekanik özelliklerin ilişkisi”, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Kayseri, 22, 152-160 (2006).

47. Engl, B., Fuchs, A., "Möglichkeiten einer zusätzlichen
zähigkeitssteigerung an TM-gewalzten warmbreitband für grossrohre",
Stahl u. Eisen, Germany, 25-30 (1981).



ÖZGEÇMİŞ

1988 yılında Konya'nın Karatay ilçesinde doğdu. İlk öğretim ve orta öğretimini Bursa'nın çeşitli okullarında tamamladı. Lise eğitimini Bursa'nın Osmangazi ilçesindeki Ali Osman Sönmez Teknik Lisesi'nde tamamladı. Liseden sonra iki yıl boyunca tutucu takım imalatı ve talaşlı imalat üzerine çalıştı. 2008 yılında Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Öğretmenliği bölümüne başladı. 2013 yılında mezun olduktan hemen sonra Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği bölümünde Talaşlı İmalat üzerine yüksek lisans çalışmasına başladı. Yüksek lisans eğitimi sürecinde Bursa Eroğlu Makina Hassas Tutucu Takım Fabrikasında Üretim, Metot, Ar-Ge gibi bölümlerde çalıştı. 2016 yılından bu yana Eroğlu Makina Hassas Tutucu Takım Fabrikasında Fabrika Müdürü olarak çalışmaktadır.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Görükle Mahallesi Selvi Cad. Koza 2 Sitesi C Blok D.2. No; 31/C
Niüfer/BURSA

Tel : 0(554) 333 23 63

E-posta : kadiroztas@hotmail.com.tr