

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AlMg₃/SiCp KOMPOZİTLERİN İŞLENEBİLİRLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Makine Mühendisi Volkan ÖZYURT

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Yrd. Doç.Dr. Nilhan ÜRKMEZ TAŞKIN

2010
EDİRNE

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AlMg₃/SiCp KOMPOZİTLERİN İŞLENEBİLİRLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI

Makine Mühendisi Volkan ÖZYURT

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Bu tez 16.08.2010 tarihinde Aşağıdaki Jüri Tarafından Kabul Edilmiştir.

Yrd. Doç.Dr.
Nilhan ÜRKMEZ TAŞKIN

(Danışman)

Yrd. Doç.Dr.
Nurşen ÖNTÜRK

Yrd. Doç.Dr
Vedat TAŞKIN

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	i
SİMGE LİSTESİ.....	ii
KISALTMA LİSTESİ.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
TABLO LİSTESİ.....	v
ÖNSÖZ	vi
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1.GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	2
3.KOMPOZİT MALZEMELER.....	7
3.1. Metal Matrisli Kompozitler.....	7
3.1.1.Metal matrisli kompozitlerin sınıflandırılması	9
3.2. Matris.....	11
3.3. Takviye Malzemeleri.....	12
3.4. Alüminyum Metal Matrisli Kompozit Malzemeler.....	14
3.5. İşlenebilirlik.....	14
3.6. Alüminyumun İşlenebilirliği	16
3.7. Alüminyum Metal Matrisli Kompozit Malzemelerin İşlenebilirliği	16
3.8. Frezeleme ile Talaş Kaldırma İşlemi.....	17
3.8.1. Frezelemede kesme kuvvetleri.....	21
3.8.2. Yüzey pürüzlülüğü	22
3.8.2.1 Ra, Rq (Ortalama alan).....	22
3.8.3 Kesme hızı	23
3.8.4 İlerleme	24
3.8.5. Kesme derinliği.....	24
3.9. Kesici Takımları	25
3.10. Talaş Oluşumu.....	26
3.11. Talaş Şekilleri.....	28
3.11.1. Sürekli talaş (Akma talaş).....	29
3.11.2. Süreksiz talaş (Kesintili Talaş)	29
3.11.3. Kaleme yapışan talaş (YT).....	30
4. DENEYSEL ÇALIŞMA	31
4.1. Malzeme Seçimi	31
4.2. Deneysel Çalışmada Kullanılan Tezgâh, Cihaz Ve Aletler	33
4.2.1. CNC freze tezgahı.....	33
4.2.2. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm aleti	34
4.2.3. Kesme kuvvetlerinin ölçülmesi için kullanılan cihazlar	35
4.2.4. Deneysel çalışmada kullanılan kesici uçlar ve kesme parametreleri	37
5. DENEYSEL SONUÇLAR	41
5.1. Kesme Kuvvetleri.....	41
5.2.Yüzey Pürüzlülüğü	46
5.3.Talaş Şekilleri.....	48
5.4.Sonuçlar ve Öneriler.....	52
KAYNAKLAR	

SİMGE LİSTESİ

Al	Alüminyum
Si	Silisyum
Mg	Magnezyum
μm	Mikrometre
F_f	Çevresel Frezeleme Kuvveti
F_r	Radyal Frezeleme Kuvveti
F_t	Teğet Frezeleme Kuvveti
F_n	Normal Frezeleme Kuvvet
θ	Açı (Frezelemede konum açısı)
Rt	Yüzey pürüzlülüğünün derinliği
Rp	Yüzey pürüzlülüğünün düzeltilmiş değeri
Ra	Yüzey pürüzlülüğünün aritmetik ortalama değeri
Vc	Kesme Hızı
N	Kuvvet (Newton)
Vf	Tabla ilerleme hızı
ap	Eksenel talaş derinliği
ae	Kesme genişliği veya radyal talaş derinliği
kc	Özgül kesme kuvveti
hx	En büyük veya bozulmamış talaş kalınlığı
tc	Talaşın kalınlığı
HB30	Brinell Sertliği

KISALTMA LİSTESİ

SiC	Silisyum Karbür
SiC _p	Parçacık Takviyeli Silisyum Karbür
AMK	Alüminyum Matrisli Metal Kompozit
HSS	Yüksek Hız Çelikleri
PCD	Çok Kristalli Elmas
KBN	Kübik Bor Nitrür
WC (K10)	Kobalt Bağlı K10 Kalitesinde
TiC	Titanyum Karbür
TiAlN	Titanyum alüminyum nitrür
TiN	Titanyum nitrür
TiCN	Titanyum karbon-nitrür
MMK	Metal Matrisli Kompozit
YT (BUE)	Yığıntı talaş
Al ₂ O ₃	Alüminyum oksit
Ni	Nikel
NbC	Niyobyum karbür
WC	Wolfran karbür
VB	Yanak aşınması
B ₄ C _p	Bor karbür (parçacıklı)
BUE	Sıvanma
GPa	Giga paskal

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1. Kompozit malzeme üretiminde matris malzeme sınıfları	7
Şekil 3.2 Değişik malzeme sınıflarının çalışma sıcaklıkları ve mukavemet/ağırlık oranlarına göre performans haritaları.	8
Şekil 3.3 Metal matrisli kompozitlerin şematik olarak tanımlanması	9
Şekil 3.4 MMK'lerde matris malzemelerinin sınıflandırılması.....	10
Şekil 3.5 Metal matrisli kompozit malzemelerde takviye örnekleri.....	13
Şekil 3.6 Alın Frezeleme işleminin şematik gösterimi.....	19
Şekil 3.7 Çevresel Frezeleme işleminin şematik gösterimi	19
Şekil 3.8 Ortalama alan.....	23
Şekil 3.9 Kesme kuvvetleri ve ilerleme miktarı arasında ilişki.....	24
Şekil 3.10 Sağ ve Sol Helis Kanallı Silindirik Frezeler.....	26
Şekil 3.11 Takma Uçlu Freze Çakıları	26
Şekil 3.12 Talaş oluşumunda kart modeli ve dik kesmenin şematik gösterimi.....	27
Şekil 3.13 TSE 10329 e göre talaş şekilleri.....	28
Şekil 3.14 Talaş Tipleri.....	29
Şekil 4.1 Deneylerde kullanılan numuneler.....	33
Şekil 4.2. Johnford VMC – 550 Model CNC Freze Tezgahı	34
Şekil 4.3 Yüzey pürüzlüğü ölçüm aleti.....	35
Şekil 4.4. Kistler Dinamometre	36
Şekil 4.5 KISTLER 5019b Tipi Yük Amplifikatörü	36
Şekil 4.6 Kesici takım ucu ve takım tutucu	38
Şekil 5.1 Kesme düzlemi	41
Şekil 5.2 Talaş şekilleri ve işlenebilirlik etkisi.....	49
Şekil 5.3 %0 ve %5 Takviyeli kompozitlerin işlenmesinde oluşan talaşlar	50
Şekil 5.4 %25 Takviyeli kompozitlerin işlenmesinde oluşan talaşlar	50
Şekil 5.5 Takviyesiz matris malzemesinin frezeleme işleminde çıkan talaşlar	51
Şekil 5.6 %5 takviyeli kompozitin işlenmesinde oluşan talaş + SiC parçacıkları ...	51
Şekil 5.7 %25 takviyeli kompozitin işlenmesinde oluşan talaş + SiC parçacıkları ...	51

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1 Matris/takviye kombinasyonları	12
Tablo 3.2 Malzemelerin işlenebilirliğe etki eden özellikleri ve etkileri	16
Tablo 3.3. Farklı talaş kaldırma işlemleri ile elde edilebilen Rt ve Ra yüzey pürüzlülük değerleri.....	23
Tablo 4.1 AA5754'ün fiziksel özellikleri	31
Tablo 4.2 Kompozit üretiminde kullanılan matris malzemesinin kimyasal bileşimi.....	32
Tablo 4.3 Kompozit üretiminde takviye malzemesi olarak kullanılan seramik parçacıkların karakteristik özellikleri.....	32
Tablo 4.4 Kompozit üretiminde takviye malzemesi olarak kullanılan SiC'nin kimyasal bileşimi	32
Tablo 4.5 Deneylerde kullanılan kompozit malzemelerin sertlik değerleri.....	32
Tablo 4.6 CNC Freze Tezgahının Teknik Özellikleri	34
Tablo 4.7 Deneylerde kullanılan kesici takımın (walter) katalogu	39
Tablo 4.8 Deneylerde kullanılan işleme parametreleri	40
Tablo 5.1 Artan takviye Fx kuvvetine etkisi.....	41
Tablo 5.2 Artan ilerlemenin Fx radyal kuvvete etkisi.....	43
Tablo 5.3 Artan takviye oranının Fy kuvvetine etkisi.....	43
Tablo 5.4 Artan ilerlemenin Fy kuvvetine etkisi	44
Tablo 5.5 Artan takviye oranının Fz kuvvetine etkisi.....	45
Tablo 5.6 Artan ilerlemenin Fz kuvvetine etkisi.....	45
Tablo 5.7 Ra değerinin artan takviye oranına bağlı değişimi	46
Tablo 5.8 Ra değerinin artan ilerleme hızlarına bağlı değişimi	47

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim sırasında ve tez çalışmalarım boyunca gösterdiği her türlü destek, yardım ve fedakarlıklarından dolayı çok değerli danışman hocam Yrd. Doç.Dr. Nilhan ÜRKMEZ TAŞKIN'a ve Yrd. Doç. Dr. Vedat TAŞKIN'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Yüksek Lisans çalışmalarımda atölye imkanlarından faydalandığım Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitim Bölümü Başkanlığına ve deney çalışmalarında yardımlarıyla bana destek olan Sn. Prof.Dr. Mustafa Kurt'a ve Sn. Araş. Görevlisi Barkın BAKIR'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans öğrenimim sırasında hayatımı birleştirdiğim eşim Sema'ya ve tez çalışmalarım sırasında dünyaya gözlerini açan oğlum Beyazıt'a manevi desteklerinden dolayı teşekkürü borç bilirim.

Temmuz 2010

Volkan ÖZYURT

ÖZET

Bu çalışmada, “AlMg3/SiCp Kompozitlerinin Üretimi ve Mekanik Özelliklerdeki Değişimlerin İncelenmesi”(ÜRKMEZ, N.), isimli doktora tezinde üretilmiş Al matrisli SiCp takviyeli kompozit malzemelerin işlenebilirliği araştırılmıştır. Deneylede %0, %5 ve %25 hacim oranlarında SiCp takviyeli kompozitler kullanılmıştır. İşlenebilirlik deneyleri freze tezgahında kaplamasız karbür kesici takım kullanarak yapılmıştır. Farklı takviye oranlarına sahip kompozit malzemelerde takviye oranının işlenebilirliğe etkisinin incelenmesi için deneyler sabit hacimde, sabit kesme derinliğinde, farklı kesme hızlarında ve farklı ilerlemeler kullanılarak yapılmıştır. İşlenebilirliğe etki eden parametrelerin değişimi ile kesme kuvvetlerindeki değişim, yüzey pürüzlülük değerleri ve talaş yapısının değişimi incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Alüminyum, Metal Matrisli Kompozit, SiC, talaşlı işleme, işlenebilirlik.

ABSTRACT

In this study, it is investigated that machinability of Al-matrix reinforced composite materials derived from Ph.D thesis (dissertation subject: Examined of Production of AlMg3/SiCp Composites and its mechanical property variations). In tests, it is used SiCp reinforced composites of 0%, 5% and 25% volume ratios. Machinability tests are performed using uncoated carbide cutting tools in the freeze milling. In composite materials having different volume ratios, the tests are performed using different progress in different shear velocities, constant volume, constant shear deep. The changing of parameters of machinability effects with variation of shear forces, surface roughness values and variation chip form are examined.

Key words: Aluminum, metal matrix composite, SiC, chip handling, Machinability

1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte yeni malzemelerin üretilmesine ihtiyaç duyulmuştur. Yeni malzemelerden kasıt dayanımı, iletkenliği, rijitliği, tokluğu ve mekanik sönümleme vb özellikleri artırmak; maliyeti, ağırlığı, sıvı ve gaz geçirgenliğini, termal genleşmeleri azaltmaktır. İnsanların ihtiyaçlarını karşılayacak malzeme çeşitliliği gün geçtikçe artmaktadır. Yukarıda belirtilen malzeme özelliklerinin hepsini doğada tek bir malzemede bulmak mümkün olmayabilir. Kompozit malzeme; iki ya da daha fazla sayıdaki aynı veya farklı gruptaki malzemelerin en iyi özelliklerini, yeni ve tek bir malzemede toplamak amacıyla, makro düzeyde birleştirilmesiyle oluşturulan malzemeler olarak adlandırılır.

Metal matrisli kompozit malzemelerin kullanımı özellikle uzay sanayinde, otomotivde, savunma sanayinde ve yapı sektöründe giderek yaygınlaşmaktadır. MMK üretiminde matris malzemesi olarak genellikle Al ve alaşımları kullanılır. Takviye malzemeleri olarak ise genellikle SiC ve Al₂O₃ kullanılır. Takviye malzemeleri malzeme dayanımlarını artırırken abrasiv özelliğinden dolayı işlenebilirliği azaltır. İşlenebilirlik, bir malzemenin talaş kaldırma işlemini etkileyen özelliklerin tamamı ve talaş kaldırma yöntemleri ile üretimin kolaylığı veya zorluğudur. İşleme maliyetleri talaşlı imalatlarda önemli ölçüde yer alır. Abrasiv özelliği nedeniyle özellikle SiCp takviyeli kompozitlerin işleme maliyetleri yüksektir. Talaşlı imalat işlemini daha düşük maliyetlerde yapmak için kesici takım ve tezgahlar üzerine yapılan çalışmalar devam etmektedir.

Bu çalışmada MMK'lerin talaşlı işlenmesinde artan işleme maliyetlerini en aza indirilebilmek için uygun işleme parametreleri belirlenmeye çalışıldı. %0, %5 ve %25 takviyeli kompozit malzemeler; CNC freze tezgahında kaplamasız karbür takım kullanılarak, sabit kesme derinliğinde, farklı kesme hızlarında ve farklı ilerlemelerde sabit hacimde talaş kaldırılma işlemi yapıldı. Artan takviye oranının kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü ve talaş oluşumuna etkisi incelendi.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürde, metal matrisli kompozit malzemelerin talaşlı işlenebilirliği; genel olarak tornalama, frezeleme ve delme işlemleri yapılarak incelenmiştir. Yapılan çalışmalarda; talaşlı imalat sonrası takım aşınması, kesme kuvvetlerinin ölçülmesi, yüzey pürüzlülüğü, talaşlı işleme maliyetleri ve soğutma sıvısının etkileri değerlendirilmiştir. Talaş kaldırma işlemlerinde, kesici takım olarak HSS, kaplamalı/kaplamasız karbür takımlar, PCD ve KBN takımları kullanılmıştır.

Hooper, vd.'nin (1999) çalışmasında; PCD ve WC (K10) takımlar kullanılarak, SiC takviyeli, alüminyum metal matrisli kompozit malzemelerin talaşlı işlenmesinde kesici takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü incelenmiştir. PCD'lerin WC'e (K10) göre takım ömrünün daha fazla olduğu ve bu takımlar ile yapılan işlemlerde oluşan yüzey pürüzlülük değerlerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Yanming ve Zehua'nın (2000) çalışmasında; PCD ve KBN, TiC-Ti(C,N)-TiN kaplamalı (M30) ve Al₂O₃ kaplamalı TiC takımlar kullanılarak, farklı tane büyüklüğündeki SiC partiküllere sahip AMK'lerin işlenmesi araştırılmıştır. Deneyler 60 m/dk kesme hızı, 0.1 mm/dev ilerleme ve 0.5 mm kesme derinliğinde yapılarak takım ömürleri belirlenmiştir. KBN takımlarının takım ömrü, kullanılan diğer takımlara göre daha fazla olduğu, TiC takımların ise takım ömrü en az olduğu belirlenmiştir. Takım ömürleri; KBN, PCD, K10, M30 ve TiC olarak sıralanmıştır. Takım ömrünü en çok etkileyen parametreler, SiC miktarı, partikül boyutlarının olduğu ve kesme hızının artmasıyla takım ömrünün azaldığı belirlenmiştir.

Xiaoping ve Seah'ın (2001) çalışmasında; ağırlıkça SiC oranı %2,5'dan %15'e kadar ve 15µm'den 75µm'ye kadar değişen Al-SiC kompozit malzemeler kesme hızı 65m/dk, ilerleme 0.1mm/dev ve kesme derinliği 0.5mm de tornada işlenerek, kesici takımın aşınması incelenmiştir. Partikül boyutu, takviye oranı ve takım uç yarıçapının artmasıyla takım aşınmasının arttığı belirlenmiştir.

Sur'un (2002) çalışmasında; ürettiği %10, %20 ağırlık oranlarında 29, 45 ve 110 µm boyutlarında SiC takviyeli alüminyum matrisli kompozit malzemeler torna tezgahında 20, 40, 60 ve 80 m/dk gibi farklı kesme hızlarında 0,6 mm talaş derinliğinde ve 0.08, 0.12 ve 0.16 mm/dev ilerleme hızlarında, değişik özellikteki kesici takımlarla işlenebilirlik testleri yapılmıştır. Kesme hızının, takviye elemanının ve takviye elemanı parçacık boyutlarının artması ile takım ömrünün azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca düşük kesme hızlarında, talaş yapışmasının etkili olduğu belirlenmiştir.

Manna ve Bhattacharaya (2003) çalışmalarında; kaplamasız WC kesici takım kullanılarak, SiC parçacık takviyeli alüminyum kompozitin, tornada farklı kesme hızı, farklı ilerleme hızı ve farklı talaş derinliği parametreleri kullanılarak, oluşan kesme kuvvetleri, yığılma kenar oluşumu ve yüzey pürüzlülüğü incelenmiştir. Kesme kuvvetlerinin, ilerleme kuvvetinden daha büyük olduğu ve aynı işleme şartlarında ilerleme kuvvetinin kesme hızına bağlı olarak çok fazla değişmediği ve kesme kuvvetinin ise kesme hızına bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir.

Çiftçi vd.'nin (2004) çalışmasında; kübik bor nitrür (KBN) takım ile % 16 oranında, ortalama 30, 45 ve 110 µm boyutlarında, SiC takviyeli 2014 alüminyum ana yapılı kompozitin; farklı kesme hızı, sabit ilerleme hızı ve sabit talaş derinliği değerlerinde tornalama işlemi yapılarak, takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü ile yığılma kenar oluşumu incelenmiştir. Yüzey pürüzlülük değeri, en yüksek 110 µm boyutunda SiC takviyeli kompozitin işlenmesi sırasında elde edilmiştir.

Bahçeci (2006) çalışmasında; ağırlıkça %5, %10 ve %15 oranlarında α -Si₃N₄ seramik parçacık takviyeli MMK malzemelerin farklı kesme hızlarında, PCD ve WC kesici takımlar kullanılarak tornalama işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada talaş kökü incelemeleri, kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü ve talaş tipleri karakterize edilmiştir. Artan takviye oranı ile yüzey pürüzlülük değerinin düştüğü ve tornalama kuvvetlerinin azaldığı belirlenmiştir. PCD takım ile yapılan işlemede, yüzey pürüzlülük değerinin ve tornalama kuvvetlerinin minimum olduğu, WC kesici takım ile tornalama işleminde aşırı yığıntı talaşın (YT) oluştuğu ve dolayısıyla yüzey pürüzlülük değerinin fazla olduğu belirlenmiştir.

Pedersen ve Ramulu (2006) çalışmalarında; TiCN ve TiN kaplamalı WC kesici takımlar kullanılarak, %20 oranında, ortalama 3–4 mm boyutunda SiCp takviyeli magnezyum kompozitin, farklı kesme hızları kullanılmıştır. Tornalamada; oluşan kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması incelenmiştir. Kesme kuvvetinin, ilerleme hızı ve talaş derinliğinin artması ile arttığı belirlenmiştir. Ayrıca kesme kuvvetlerini, kesme hızı ve kesme kenarı açısının çok değiştirmedigi belirlenmiştir. Yüzey pürüzlülük değerine, asıl etkenin ilerleme hızı olduğu vurgulanmıştır.

Acır vd.'nin (2006) çalışmasında; Al-4Cu/B4Cp kompozit malzemenin işlenmesinde, kesici takım kaplamasının, takım aşınmasına etkilerini soğutma sıvısı kullanmadan frezeleme yöntemiyle deneyler yapılmıştır. Çalışmada TiN/TiAlN çok katlı kaplanmış sementit karbür ve kaplanmamış sementit karbür kesici takımlar kullanılmıştır. Deneylerde beş farklı kesme hızı (100,130, 169, 220, 286 m/min) ve sabit ilerleme hızı (0.20 mm/z) ile sabit talaş derinliği (1.5 mm) kullanılmıştır. Frezeleme işleminden sonra kaplamalı ve kaplamasız takımlarda oluşan yanak aşınması incelenmiş, kaplamalı kesici takımın daha az bir yanak aşınmasına uğradığı belirlenmiştir. Kesme hızının takım aşınmasına önemli derecede etkide bulunduğunu gözlemlenmiştir. Ayrıca, artan kesme hızı ile kaplamasız kesici takımın, kaplamalı kesici takıma göre daha fazla aşınmaya uğradığı belirlenmiştir.

Özben vd.'nin (2008) çalışmasında; TiN kaplamalı WC takım ile kesme sıvısı kullanılmadan, %5, %10 ve %15 oranında SiC takviyeli AlSi7Mg2 alüminyum kompozitin farklı kesme şartlarında tornada işlenebilirliği incelenmiştir. Artan takviye oranı ve ilerleme ile yüzey pürüzlülüğünün arttığı belirlenmiştir.

Reddy vd.'nin (2008) çalışmasında; TiAlN kaplı karbür takım ile ağırlıkça %20 SiCp takviyeli 2024 alüminyum kompozitlerin, farklı kesme hızlarında çevresel frezelenerek, yüzey kalitesi ve işlemeden sonra oluşan alt yüzey hasar büyüklükleri incelenmiştir. Artan ilerleme hızı ve kesme hızları ile yüzey pürüzlülüğünün arttığı belirlenmiştir.

Akçay'ın (2008) çalışmasında; sıvı faz sinterleme yöntemi ile hacimce %15 Al₂O₃ parçacık takviyeli Al₆Zn₂Mg₂Cu alüminyum esaslı kompozit üretilmiştir. Kompozit malzemenin, yüzey frezeleme yöntemi ile işlenmesi sırasında oluşan kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü ve yığma kenar yüksekliği ölçülmüştür. Yüzey frezeleme işlemlerinde üç farklı kesici takım (kaplamasız WC, TiN kaplamalı WC, TiCN kaplamalı Al₂O₃), üç farklı kesme hızı (90, 120, 150 m/dk), üç farklı ilerleme hızı (0,08, 0,12, 0,16 mm/z) ve sabit kesme derinliği (1 mm) kullanılmıştır. Kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü ve yığma kenar oluşumu açısından; ilerleme hızının kesme hızından daha etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, ilerleme hızının artmasıyla kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülük değerinin arttığı, yığma kenar yüksekliğinin azaldığı belirlenmiştir.

Kılıçkap vd.'nin (2008) çalışmasında; ağırlıkça %5 oranı ve ortalama 24 µm boyutunda SiC takviyeli alüminyum metal ana yapı kompozitin, kaplamasız ve TiN kaplamalı WC uçlar ile kesme sıvısı kullanılmadan tornalanmasında, oluşan takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü incelenmiştir. Artan kesme hızı ile yüzey pürüzlülüğünün azaldığı, artan ilerleme ile ise yüzey pürüzlülüğünün arttığı belirlenmiştir.

Haq vd.'nin (2008) çalışmasında; TiN kaplamalı YHÇ takım ile %10 oranında, ortalama 25 µm boyutunda SiC takviyeli LM25 alüminyum kompozitin, kesme sıvısı kullanılmadan delik delinmesi ile oluşan, kesme kuvvetleri, tork ve yüzey pürüzlülüğü incelenmiştir. İlerleme hızı ve kesme hızının artması ile kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülük değerinin arttığı belirlenmiştir.

Gökkaya (2009); AA2014 alaşımının işlenmesi sırasında kesme hızı ve ilerlemenin, Yığıntı Katman (Built-Up layer) (YK) ve Yığıntı Talaş (Built-Up Edge) (YT) oluşumu üzerindeki etkileri araştırılmıştır. AA2014 alaşımı, CCGT 120404FN-ALU geometrisine sahip ve değiştirilebilir kaplamasız sementit karbür kesici (WC) takım ile bilgisayarlı sayısal denetimli (BSD) torna tezgahında, kuru olarak işlenmiştir. Deneyleerde, dört farklı kesme hızı (200, 300, 400, 500 m/min), beş farklı ilerleme hızı (0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30 mm/rev) ve sabit talaş derinliği (1,5 mm) işleme

parametreleri kullanılmıştır. Talaş kaldırma işlemleri sonucunda, kesici takım üzerinde en fazla YK ve YT'nin 200 m/min kesme hızı ve 0.30 mm/rev ilerleme hızında yapılan talaş kaldırma işleminde oluştuğu belirlenmiştir. Kesme hızının artırılması YK ve YT oluşumunu azaltmıştır. Fakat YK ve YT oluşumu engellenemediği belirlenmiştir.

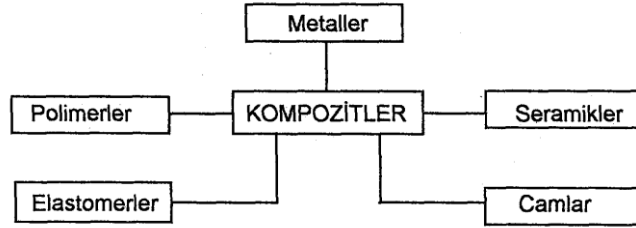
M. Hüseyinoğlu ve N. Tosun; (2009) minimum soğutma sıvısı kullanılarak, 7075 alüminyum alaşımlı bir malzemenin frezelenmesinde; yüzey pürüzlülüğüne etki eden işleme parametrelerinin etkisi, deneysel olarak incelenmiştir. Kesme sıvısı olarak bor yağı ve su karışımı kullanılmıştır. Farklı kesici takımlar, devir sayıları ve ilerleme hızları kullanarak, deneyler yapılmıştır. Deneylerde ilerleme hızı arttıkça; yüzey pürüzlülük değerinin arttığı, fakat devir sayısı arttıkça; yüzey pürüzlülük değerinin azaldığı belirlenmiştir. Buna ek olarak karbür takımlarla yapılan deneylerde ise TiN ve HSS takımlara göre; yüzey pürüzlülük değerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Yapılan çalışmalarda da görüldüğü gibi; MMK malzemelerin, geleneksel imalat yöntemlerinden olan tornalama, delik delme ve frezeleme yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemlerde malzemenin işlenebilirliğin de takviye oranı, kesme hızı ve ilerlemenin artmasıyla kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülük değerlerinin arttığı; takım ömrünün azaldığı belirlenmiştir. Takım geometrisinin uygun seçilmediğinde ise kesme kuvvetleri ile yüzey pürüzlülük değerinin arttığı buna karşın takım ömrünün azaldığı belirlenmiştir. Kullanılan uygun kesme sıvısı ile işlenebilirliğin arttığı belirlenmiştir. Kullanılan kesici takımların ömürleri; PCD, KBN, kaplamalı/kaplamasız Karbür takım, HSS olarak sıralanmıştır. Ayrıca yapılan yukarıda ki çalışmalarda; PCD ve KBN takımların çok pahalı olduklarında belirtilmiştir.

3. KOMPOZİT MALZEMELER

Kompozit malzemeler için birden fazla tanım yapmak mümkündür. Bu tanımlardan biri kompozit malzeme, temel olarak birbiri içerisinde çözünmeyen ve birbirlerinden farklı şekil ve/veya malzeme kompozisyonuna sahip iki veya daha fazla makro bileşenin karışımından veya birleşmesinden oluşan bir malzeme sistemidir.(Schwartz1994)

Kompozitleri meydana getiren bileşen sınıfları çok değişik malzemelerden oluşabilmektedir. Şekil 3.1 kompozit malzeme üretiminde matris olarak kullanılan malzeme sınıflarını gösterilmektedir. Kompozitlerin üretim şartları ve uygulamaları göz önüne alındığında Şekil 3.1 de ki beş sınıf malzemenin yanında daha birçok malzemenin de sayılabilmesi mümkündür. Kompozit sistemlerine bağlı olarak değişik sınıftaki malzemelerden en az iki grup bir araya getirilerek üstün özelliklere sahip malzemeler elde edilebilmektedir. (Ashby,1993).

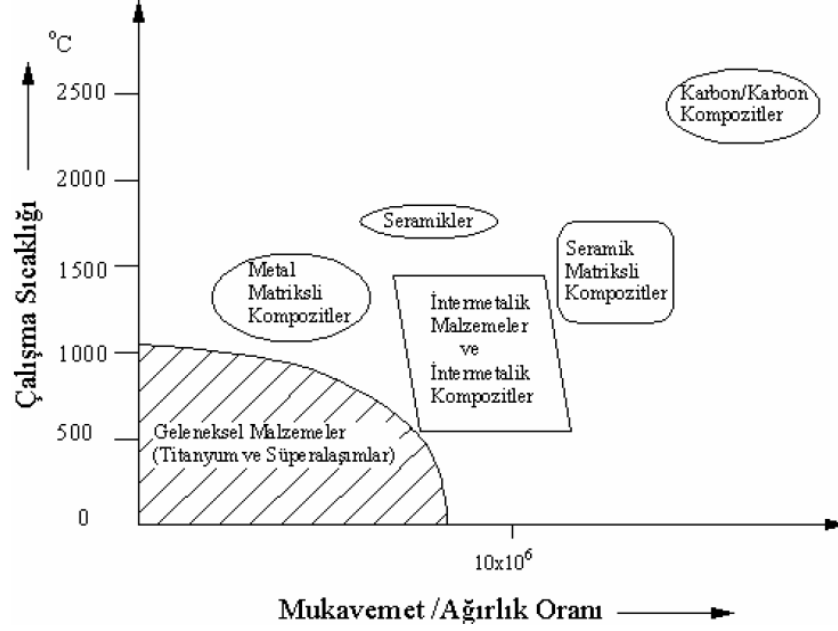


Şekil 3.1. Kompozit malzeme üretiminde matris olarak kullanılan malzeme sınıfları (Ashby, 1993).

3.1. Metal Matrisli Kompozitler

Ana malzemesi metal olan kompozit malzemeler metal matrisli kompozit malzeme olarak adlandırılır. Metal matrisli kompozit malzemelerin üretim zorluğuna karşın; yüksek elastik modülü, dayanım ve tokluğa sahip olup yüksek sıcaklıklardaki özellikleri de daha iyidir. MMK'lerde çok yaygın olarak kullanılan matris malzemesi, düşük yoğunluklu, iyi tokluk ve mekanik özelliklere sahip olan hafif metaller ve alaşımlarıdır. Bu hafif metal alaşımları dayanım ve özgül ağırlık oranlarının iyi olması nedeniyle hafif yapı konstrüksiyonların da tercih edilirler(Taya,1988). Metal matrisli

kompozitlerin değişik malzeme sınıflarının çalışma sıcaklığı ve mukavemet/ağırlık oranlarına göre performans haritaları Şekil 3.2' de görülmektedir.



Şekil 3.2 Değişik malzeme sınıflarının çalışma sıcaklığları ve mukavemet/ağırlık oranlarına göre performans haritaları. (Lilholt,1991)

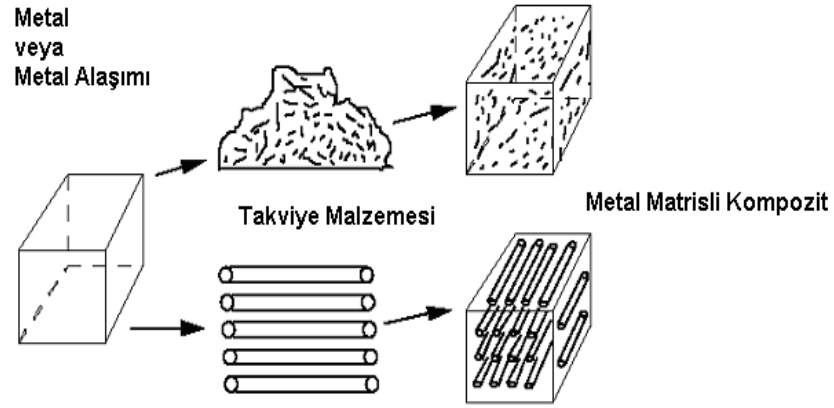
MMK malzemelerin yerlerine kullanıldıkları metal ve diğer bazı malzemelere göre küçümsenmeyecek üstünlükleri mevcuttur. MMK'ler;

- Yüksek elastik modüle sahiptirler,
- Yüksek mukavemet (ekme, basma, aşınma, sürünme dayanımı) gösterirler,
- Daha yüksek sıcaklıklarda çalışırlar,
- Metallerin süneklik ve tokluk, seramiklerin yüksek mukavemet ve yüksek modül özelliklerini birleřtirirler,
- Tekrar retilabilir özelliklere sahiptirler,
- Düşük yoęunluk değerleri verirler,
- Sıcaklık değişiklikleri veya ısıl Őoklara karşı düşük hassasiyet gösterirler,
- Yüksek elektrik ve ısıl iletkenlik özellikleri mevcuttur.(ıtak,1998)

3.1.1.Metal Matrisli Kompozitlerin Sınıflandırılması

Şekil 3.3'de genel tanımı gösterilen MMK'ler pek çok şekilde sınıflandırılabilmelerine rağmen genel olarak süreksiz takviyeli ve sürekli takviyeli olarak sınıflandırılırlar. (NATİBO, 1993)

Takviye boy/çap oranı esas alınarak yapılan sınıflandırmada büyük boy/çap oranına sahip olan takviyeler sürekli (uzun elyaflar, filamentler, vb.), küçük boy /çap oranına sahip takviyeler süreksiz (Kırılmış elyaflar, parçacıklar, whiskerlar, vb.) olarak adlandırılır. Bu sınıflandırma detaylı olarak Şekil 3.3'de gösterilmiştir. (NATİBO, 1993)

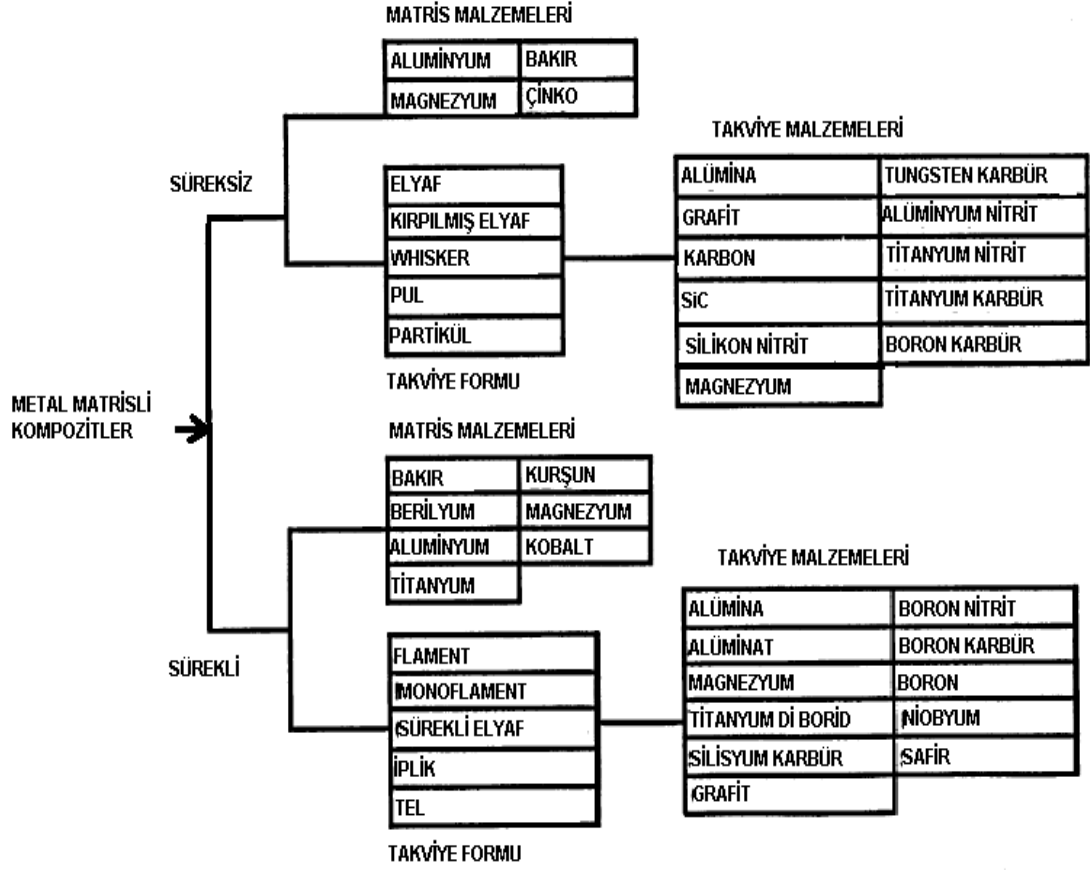


Şekil 3.3 Metal matrisli kompozitlerin şematik olarak tanımlanması.(NATİBO,1993)

Sürekli faz takviyeli MMK'lerin özellikleri takviye olarak kullanılan elyafların yönüne ve dağılımına bağlı olmakta, dağılımın yönlendirilmesi ile isteğe bağlı malzeme üretimi mümkün olmaktadır (DOD, 1999).

Sürekli faz takviyeli MMK'lerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin süreksiz takviyeli MMK'lere göre çok daha iyi olduğu bilinmektedir. Ancak, takviyenin tipi ve matris içindeki yüzdesi, kompozit malzemenin mekanik özelliklerinden üretim maliyetine kadar, hemen hemen bütün özelliklerini oldukça büyük oranda değiştirmekte ve genelde özelliklerin iyileştirilmesi ve maliyet artışı, boy/çap oranının artışıyla doğru

orantılı olmaktadır. Şekil 3.4'te metal matrisli kompozit malzemelerde takviye çeşitlerinden örnekler gösterilmektedir.



Şekil 3.4 MMK'lerde matris malzemelerinin sınıflandırılması (NATİBO, 1993)

Süreksiz faz takviyeli MMK'ler için takviye malzemeleri rekabetçi maliyetlerle elde edilmekte ve metal işleme metotlarına benzer standartlar veya uygulanabilir standartlar bulunabilmektedir. Bu nedenlerle süreksiz faz takviyeli MMK'ler sürekli faz takviyeli MMK'lere oranla daha fazla tercih edilir.

Süreksiz faz takviyeli MMK'lerde takviye malzemeleri matris içinde genellikle homojen olarak dağılmakta, üretim uygulamalarında ekstrem yükleme veya termal şartlar gerektirmemekte, takviyesiz metallere karşılaştırıldığında dayanım ve rijitlik özelliklerinin önemli ölçüde arttığı ve izotropik özellikler sergilemekte olduğu görülmektedir. Özellikle parçacık takviyeli MMK'ler, whisker takviyeli veya uzun elyaf takviyeli MMK'lerden nispeten daha düşük dayanım özellikleri sağlamasına rağmen,

monolitik malzemelere göre daha iyi ve geliştirilebilir özellikler sergilemesi ve daha düşük maliyetlerle kolay üretilebilir olması nedeniyle tercih edilmektedirler. (Rawal, 2001)

3.2. Matris Malzemesi

Matris metali, birleştirici özellikte olup, takviyeyi bir arada tutmak ve takviye edilmek suretiyle ulaşılan iyileştirilmiş özellikleri, belirtilen bir yönde veya üniform olarak dağıtma görevi görür. Kompozit malzeme üretimi için matris malzemesi seçilirken, öncelikle takviyenin sürekli veya süreksiz olma durumu göz önünde bulundurulur. Sürekli takviye kullanılan uygulamalarda yükün büyük bir kısmının matris tarafından takviyeye transferi söz konusu olduğundan, sürekli takviyenin dayanımı, üretilecek olan kompozit malzemenin dayanımında belirleyici rol oynar. Elyaf takviyeli kompozit malzemelerde kullanılan elyaflar genellikle yüksek dayanım ve yüksek elastiklik modülüne sahip, fakat oldukça gevreklerdir. Bu sebeple kullanılan matris malzemesi elyafları bir arada tutarak kuvvetleri elyafa iletme görevi yaparken aynı zamanda elyafı çevresel etkilerden, darbelerden korumalı ve çatlakları durdurmalıdır. Bu durumda matris malzemesi seçiminde, matris malzemesinin mukavemetinden çok, tokluk ve süneklik özellikleri göz önünde bulundurulur. Süreksiz takviyeli kompozit malzemelerde ise, matris malzemesinin dayanımı, kompozit malzemenin dayanımını belirlemekte olduğundan, gerekli olan kompozit dayanımını sağlamak için matris malzemesinin dayanım değerleri göz önünde bulundurularak seçim yapılır. Matris malzemesi seçimi yapılırken, kompozit performansının düşmesine neden olan, takviye/matris ara yüzey reaksiyonları da göz önünde bulundurulur. MMK uygulamalarında pek çok farklı metal ve metal alaşımları matris malzemesi olarak kullanılır (Tablo 3.1). Kullanılan matris malzemesinin ergime sıcaklıklarına göre de sınıflandırılabilen MMK'ler, yüksek sıcaklık ve düşük sıcaklık kompozitleri olarak sınıflandırılabilirler. Mo, Nb ve W matris alaşımları refrakter olarak adlandırılmakta ve yüksek sıcaklıklara dayanım gerektiren uygulamalarda tercih edilmekte, Fe, Ni ve Cu gibi metaller, daha kolay ergidiklerinden nispeten daha düşük sıcaklık gerektiren uygulamalarda, Al ve Mg alaşımları ise düşük sıcaklık kompozitlerinde tercih edilir.

Alüminyum alaşımlarının büyük bir çoğunluğu MMK üretiminde kullanılır. Alüminyum alaşımlarının özgül ağırlıkları saf alüminyuma oldukça yakındır. Özgül dayanım değerleri açısından diğer metallere oranla çok daha iyi durumda olan Alüminyum ve alaşımları, iyi biçimlendirilebilme özelliğinin yanında, yüksek korozyon dayanımına, elektrik ve ısı iletkenliğine sahiptir.

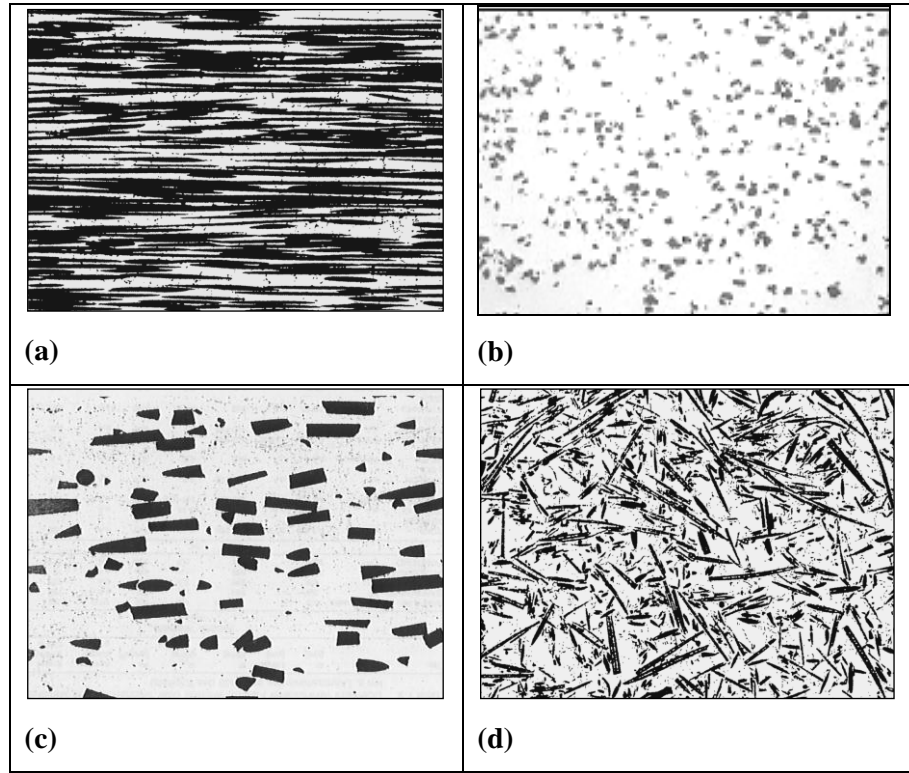
Tablo 3.1 Matris/takviye kombinasyonları .(NATIBO,1993)

MATRİS	TAKVİYE MALZEMESİ														
	Alümina	Alümina/Silika	Boron	Grafit	Molibden	Niobyum	SiC	Si3C4	Çelik	Titanyum	TiB2	TiC	Tungsten	Yttrium	Zr
Alüminyum
Berilidler	
Bakır						
Demir								.							
Demir Alüminat					
Kurşun	.								.						
Magnezyum	.			.				.							
Nikel Alüminat	
Süper Alaşımlar						
Titanyum							
Titanyum Alüminatlar	

3.3. Takviye Malzemeleri

Takviye malzemesi olarak, değişik kimyasal kompozisyonlarda ve yapıda, seramikten grafitte veya karbondan metale, pek çok malzeme çeşidi kullanılır. Takviye malzemeleri, L/D (çap /boy) oranı yaklaşık 1 olan parçacıklar, yaklaşık 50 olan kırılmış elyaf veya whiskerler ve 100 den büyük olan sürekli elyaflar olarak başlıca üç gruba ayrılmaktadır. Sürekli elyaflar takviye yönündeki dayanımı artırır, takviyeye dik yönde ise daha düşük dayanım değerleri elde edilir. Süreksiz takviyeli elyaflarla

üretmiş MMK'ler ise daha izotropik davranış gösterirler. Yapısal MMK'lerde takviyenin rolü, tipine bağlı olmakta, parçacık veya whisker'larla güçlendirilmiş kompozitlerde matris malzemesi yük taşıyıcı bileşeni olur. Takviye olarak seçilen malzemeler iyi özelliklerinin yanında olumsuz özellikleri de olan malzemelerdir. Sahip oldukları yüksek dayanım ve elastiklik modüllerine karşın, oldukça kırılğan bir yapıya sahip olan seramikler örnek olarak verilebilir. MMK'lerde matris malzemesi bu gibi olumsuz özellikleri azaltarak seçilen malzeme kombinasyonundan optimum özelliklerin elde edilmesini sağlar. (Ürkmez,2004)



Şekil 3.5 MMC malzemelerde takviye örnekleri (a)Sürekli elyaf takviye, (b) Parçacık takviye, (c) Whisker takviye, (d) Süreksiz elyaf takviye (Nicoara, 1999)

Üretim yöntemine bağlı olarak takviye fazının seçimi önemlidir. Sıvı faz üretim yöntemlerinde üretim sıcaklığının yüksek olması, matris ve takviye fazı arasında reaksiyonlar meydana getirir. Üretim süresinin uzun olması ara yüzeyde meydana gelen etkileşimi artırır. Ara yüzeydeki reaksiyonlar sonucu meydana gelen fazların özellikleri kompozit malzemelerin mekanik özelliklerini doğrudan etkiler. Eğer kompozit malzeme sıvı faz üretim yöntemleri ile üretilecekse takviye fazının matris alaşımıyla etkileşimi önemlidir ve bu etkileşime bağlı olarak takviye malzemesi seçilir.(Başçı,1999)

Takviye elemanı seçimindeki bir diğer önemli etken, kompozit malzemenin maliyetidir. Ticari olarak üretilen kompozit malzemelerde maliyetin minimum olması istenir. Birçok uygulamalarda takviye elemanı olarak parçacık maliyetlerinin fiberlere göre daha düşük olması nedeniyle tercih edilir. (Başçı,1999)

3.4. Alüminyum Metal Matrisli Kompozit Malzemeler

MMK'ler arasında en dinamik gelişmeyi gösteren kompozit türü alüminyum matrisli kompozit malzemeler (AMK) olmuşlardır. AMK'lerde saf alüminyum ya da alüminyum alaşımları matris fazı olarak kullanılabilir. AlSi, AlSiMg, AlMn, AlFe, AlMnFe, AlNi ve AlZn en fazla kullanılan alüminyum alaşımlarıdır. Takviye fazı olarak da elyaf, parçacık vb. formlarda seramik malzemeler kullanılır. En çok kullanılan seramik takviye türleri Al_2O_3 , SiC, AlN ve B_4C dür. Ekolojik ve ekonomik gereksinimlerden dolayı düşük ağırlık istenen ve yüksek gerilmelere maruz konstrüksiyon ve parçalarda bu malzeme çiftleri çözüm olarak gösterilir.(NATIBO,1993) Alüminyum esaslı kompozit malzemelerin en önemli avantajları aşağıda verilmiştir.

- Düşük özgül ağırlık
- Döküm ve deformasyon işlemlerine uygunluk
- Nispeten düşük işlem maliyeti
- Yüksek korozyon direnci
- Nispeten kolay sağlanabilen ısı ve elektrik iletkenliği gibi fonksiyonel özellikler.(NATIBO,1993)

3.5. İşlenebilirlik

İşlenebilirlik, bir malzemenin talaş kaldırma işlemini etkileyen özelliklerin tamamı ve talaş kaldırma yöntemleri ile üretimin kolaylığı veya zorluğudur. (Smith,1989)

Tüm imalat işlemlerinin en önemli aşamalarından biri iş parçasının işlenmesi için uygun imalat yöntem ve araçlarının belirlenmesidir. Bir parçanın imalatı değişik şekillerde gerçekleştirilebilir. Maliyet, çalışma karakteristikleri, malzeme vb. gibi parametreler imalat yönteminin seçimini etkileyen faktörlerdir. Uygun imalat yönteminin seçimi bir parçanın en uygun koşullarda üretilmesi demek değildir. Parçanın en uygun koşullarda üretilebilmesi için uygun imalat yöntemleri ile birlikte uygun işlem parametrelerinin de belirlenmesi gerekir. Bu parametreler, takım tezgahı, iş parçasının tezgaha bağlanma yöntemi, imalat için kullanılacak kesici takımlar (geometri takım malzemesi vb.) ve işlem parametreleri şeklinde sıralanabilir.(Bakır,2005)

İmalat işlemlerindeki başarı, büyük oranda ilerleme hızı, kesme hızı ve kesme derinliği gibi faktörlere bağlı olarak değişir. Kesme derinliği genellikle iş parçası geometrisi ve işlem sırası nedeniyle önceden belirlenir. Bu nedenle işleme parametrelerinin belirlenebilmesindeki problem kesme hızının ve ilerleme hızının belirlenmesine indirgenir. Bütün veriler genel isimlendirme ile işlenebilirlik olarak ele alınır.

İşlenebilirliğe etki eden birçok faktör vardır. İşlenebilirlik üzerine etkisi olan en önemli etkenlerden biri iş parçası malzemesidir. İş parçası malzemesinin işlenebilirliği etkileyen en önemli özellikleri; kimyasal bileşimleri, mikro yapısı, mekanik özellikleri (sertlik akma gerilmesi vb.), ısıl işlem, yüzeydeki sert tabakanın kalınlığı vb. faktörlerdir.(Bakır,2005)

Tablo 3.2 incelendiğinde işleme hızına etki eden tek etkenin sertlik olmadığı görülür. Farklı iş parçaları aynı sertlik değerine sahip olmasına rağmen, bünyelerinde bulunan katkı elementlerindeki farklılıklar nedeniyle farklı kesme hızlarında işlenebilirler. İşlenebilirliğe etki eden faktörlerden biri de iş parçasının içerdiği katkı malzemesidir. İşlenebilirliğe olumlu etkide bulunan katkı maddeleri; Pb, S, P, C(%0,3–0,6), olumsuz etki eden katkı maddeleri ise; Mn, Ni, Co, C<0.3, C>0.6, Mo, Nb, W gibi elementlerdir.(Oral,2003)

Ayrıca, iş parçasının çeşitli mekanik özellikleri de işlenebilirliğe etki etmektedir. Bunlar kısaca tablo 3.2’de görülmektedir. (Oral,2003)

Tablo 3.2 Malzemelerin işlenebilirliğe etki eden özellikleri ve etkileri (Oral,2003)

Malzeme özelliği	İşlenebilirliğe etkisi
Süneklik ↗	↓-
Sertlik ve dayanım ↗	↓-
Isıl iletkenlik ↗	↑+
Deformasyon sertleşmesi ↗	↓-
İşlemeyi kolaylaştıran katkı maddeleri ↗	↑↑++

3.6. Alüminyumun işlenebilirliği

Saf alüminyum çok yumuşak ve dayanımı düşüktür. Bu sebeplerde kullanım alanı da sınırlıdır. Al’un mekanik özellikleri alaşım yapılarak iyileştirilebilir. Alaşım yapmakla korozyon mukavemeti artırılır ve ısı işlemlerine müsait hale getirilir. Soğuk ve sıcak olarak biçimlendirilmesi kolay olmakla beraber talaş çıkaran işçiliği ve makine işçiliği oldukça zordur. Makine ile işlenmede yüksek hız ve özel takımlar kullanmak gereklidir.

Alüminyumun % 4,55 Cu ve % 0,5 Pb ve % 0,5 Bi bulunan alaşımı işleme kolaylığı bakımından otomat alüminyum adını alır.

3.7. Alüminyum metal matrisli kompozit malzemelerin işlenebilirliği

Alüminyum alaşımları iyi bir işlenebilirliğe sahiptir. İşleme sıcaklıkları genelde düşüktür ve yüksek kesme hızlarının kullanımı söz konusudur. Bazı işlemlerde talaş kontrolü için özel önlemler gerekebilir. Kesme işlemi keskin, artı geometriler gerektirir ve genellikle alüminyum için özel geliştirilmiş takımlarla gerçekleştirilir, ancak alüminyum alaşımlarının birçoğunun modern, genel amaçlı takımlarla uygun bir şekilde işlenebilmesi de mümkündür. Doğru bir kayma işleminin gerçekleştirilebilmesi ve yığılma kenar oluşumunun önüne geçilebilmesi için büyük talaş açılarının gereksinimi vardır.

Alaşımli alüminyum içersinde bulunan büyük, sert silisyum parçacıkları yüksek aşınma hızlarına neden olurlar. Bu alaşımaların işlenmesi için elmas uçlu kesiciler geliştirilmiştir. Çok yüksek kesme hızları ve yüksek ana mil devir sayılarına sahip tezgahlarda yüksek talaş debileri bu alanda etkin olarak kullanılabilir. Kesme hızları genellikle tezgah ile sınırlıdır. Birçok alüminyum işleme uygulamasında özel olarak geliştirilmiş keskin, kaplamasız sinterlenmiş karbür kaliteleri mükemmel bir başarımlı sağlarlar. (Çakır,2006)

Bir diğer etken kesici takım malzemesidir. Kesici takım üretim teknolojisindeki gelişmelerle birlikte ortaya çıkan modern takım malzemeleri ile oldukça yüksek hızlarda talaş kaldırmak mümkündür. Kesici takım malzemesinden beklenen temel özellik, yüksek kesme hızında daha yüksek ilerleme hızlarının sağlanabilmesidir. Bunun sağlanabilmesi için kesici takımın, yüksek aşınma direnci, yüksek tokluk ve yüksek kızıl sertlik değerlerine sahip olması gerekir.

Kesici takım malzemesindeki çeşitliliğe rağmen en çok kullanılan takım malzemeleri HSS ve sinterlenmiş karbürlerdir. Talaşlı imalatın başarısından bahsedilmesi için kesme parametrelerinin (kesme derinliği, kesme hızı ve ilerleme hızı) kesici takım ve iş parçası malzemesi çifti için uygun değerlerde olması sağlanmalıdır.(Oral,2003)

3.8 Frezeleme ile Talaş Kaldırma İşlemi

Frezeleme, ilke olarak dönen bir kesici takım ile iş parçasının doğrusal hareketi sonucunda gerçekleştirilen bir talaş kaldırma işlemidir. Frezede kesici takımın birçok kesici kenarı vardır ve her kenar belirli bir miktar talaş kaldırma kapasitesine sahiptir. Frezelemenin avantajları yüksek işleme verimliliği, iyi yüzey kalitesi, şeklin oluşturulmasındaki esnekliktir. (Çakır,2006)

Frezeleme işlemlerinde ortaya çıkan sorunlar, nedenleri ve çözüm yolları şunlardır; titreşim: Muhtemel sebepler şunlardır;

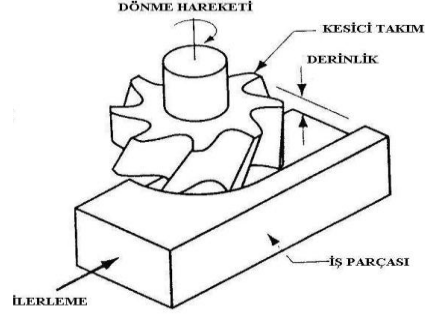
- 1) Makine, takım tutucusu, iş parçası bağlantısında ve milde yetersiz rijitlik
- 2) Çok büyük kesme kuvveti
- 3) Kör takım kullanımı
- 4) Yetersiz yağlama
- 5) Düz dişli takım
- 6) Çok büyük radyal çıkış
- 7) Sürtünme, yetersiz parçayı kurtarma mesafesi

Ortaya çıkan bu sorunları gidermek için aşağıdaki işlemler uygulanabilir;

- 1) Daha büyük millerin kullanımıyla giderilebilir.
- 2) Besleme miktarının azaltılması ve iş parçası ile aynı anda temas eden diş sayısının azaltılması
- 3) Takım bileme ve değiştirme ile giderilebilir.
- 4) Yağlayıcının kesme zonunu tamamen ıslatmasını sağlamak
- 5) Helisel takım kullanımı
- 6) Takım açısının kontrolü

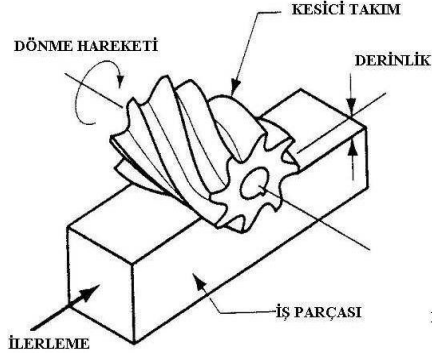
Frezeleme işlemi, iş parçasında yapılacak talaşlı işlemin şekline ve kesici takımın şekline göre çevresel veya alın frezeleme olarak isimlendirilebilir. (Şahin,2000,Akkurt,1996)

Genellikle takımın çevresinde ve bazı durumlarda alın yüzeyinde bulunan kesici kenarlarla gerçekleştirilen bir talaş kaldırma işlemine alın frezeleme denir. (Şekil 3.6) Bu işlemde freze iş parçasının radyal ilerleme yönüne dik açı yapacak şekilde döner.(Çakır,2006)



Şekil 3.6 Alın Frezeleme işleminin şematik gösterimi.

Takımın çevresindeki kesici kenarlarca gerçekleştirilen talaş kaldırma işlemine çevresel frezeleme denir.(Şekil 3.7) Freze teğetsel ilerlemeye paralel bir eksen etrafında döner.(Çakır,2006)



Şekil 3.7 Çevresel Frezeleme işleminin şematik gösterimi.

Ana mil hızı (n – dev/dk): Ana mile bağlı frezenin dakikada yaptığı devir sayısıdır. (Çakır,2006)

Kesme hızı (V_c - m/dk): Kesici kenarın iş parçasından talaş kaldırılması esnasındaki hızını ifade eder.(Çakır,2006)

$$(3.1)$$

Dakikadaki ilerleme veya ilerleme hızı (v_f - mm/dk): Takımın iş parçasına doğru birim zamandaki ilerlemesidir. Bu aynı zamanda tabla ilerlemesi ve tezgah ilerlemesi olarak da adlandırılır.(Çakır,2006)

$$\text{Tabla ilerlemesi (ilerleme hızı mm/dk)} : Vf=V_z \times n \times Z_n \quad (3.2)$$

Devir başına ilerleme ($f - \text{mm/dk}$): Özellikle ilerleme değerinin hesabında ve bir alın frezenin son işlem kapasitesinin belirlenmesi aşamasında kullanılır. Bu değer takımın bir devirdeki hareket miktarına eşit olan yardımcı değerdir.(Çakır,2006)

(3.3)

Kesici uç başına ilerleme ($fz - \text{mm/z}$): Kesici uç başına ilerleme bir kesici kenarın parçaya girişi ile bir sonraki kesici kenarın parçaya girişi arasında geçen sürede tablanın ilerlediği mesafe olarak tanımlanır.(Çakır,2006)

(3.4)

Eksenel talaş derinliği (ap): Takımın iş parçasından alın frezelemede eksenel, çevresel frezelemede radyal yönde (ae) kaldırdığı talaştır. (Çakır,2006)

Kesme genişliği veya radyal talaş derinliği (ae): Takımın alın frezelemede radyal, çevresel frezelemede eksenel yönde (ap) kapladığı iş parçası yüzey uzunluğudur.(Çakır,2006)

Birim zamanda kaldırılan talaş hacmi (V): Bu değer talaş derinliği, talaş genişliği ve takımın birim zamanda aldığı mesafenin çarpımına eşittir. Talaş debisinin birimi $\text{mm}^3/\text{dakika}$ dır.(Çakır,2006)

Özgül kesme kuvveti (kc): Özgül kesme kuvveti 1 mm^2 'lik bir kesite sahip talaşı kaldırmak için gerekli olan kuvvettir. Bu kuvvet gerekli kesme kuvvetinin (F) deforme olmamış talaş alanına (A) bölünmesiyle elde edilir.(Çakır,2006)

En büyük veya bozulmamış talaş kalınlığı (hx): Birbirini izleyen takım yolları arasındaki mesafedir. Bir başka deyişle kesici kenarın temasta olduğu malzemenin

radyal yöndeki maksimum kalınlığıdır ve kenar üzerindeki en yüksek yükün değerlendirilmesi aşamasında belirli bir öneme sahiptir.(Çakır,2006)

3.8.1 Frezelemede kesme kuvvetleri

Kesme kuvvetleri takım tarafından malzemeye talaş kaldırılması için uygulanan kuvvettir. Bu kuvvet, takım tezgahı tarafından uygulandığı için büyüklüğünün bilinmesi tasarımı açısından önemlidir. Kesme kuvveti bir taraftan takım tezgahının gücünü etkilerken bir taraftan da titreşimsiz ve katı olması için gerekli tasarım ölçütüdür. Ayrıca kesme kuvvetleri, kesici takım tasarımını da doğrudan etkilemektedir. Kesici takım tasarımını ve üretimini gerçekleştiren üretici, kesici takıma gelebilecek yükleri bildiği takdirde tasarım ölçütlerini o değerlere göre düzenler (Günay,2003)

Kesme kuvvetlerinin büyüklüğü talaş/takım arasında temas uzunluğuyla ilgilidir. İki fazlı ve kesikli talaş çıkaran malzemelerin işlenmesinde, kesici takım ve talaş arasında daha az temas uzunluğundan dolayı çok düşük kuvvetler meydana gelir. Kesme hızının artırılması, kayma açısını artırdığı, daha ince talaş oluşturduğu ve temas uzunluğunu azalttığı için kesme kuvvetleri de oldukça düşmektedir. Sınırlı temas uzunluğuna sahip takımlarla takım/talaş arasındaki temas uzunluğu sınırlandırılarak kesme kuvvetlerinde belirli düşüşler sağlanabilir. Kesme kuvvetleri kesici uç geometrisine de bağlıdır. Örneğin, talaş açısı değerinde hem artış hem ilerleme hem de kesme kuvvetini düşürür. Ayrıca talaş açısında daha fazla artış takımın dayanımını zayıflattığından aşınmayı artırır. Takım aşındığında da takım kuvvetleri artar.(Şahin,2000)

Kesme kuvvetlerini ölçmek için bir dinamometre kullanılır. Dinamometrelerde temel ilke, kesme kuvveti uygulanan makine elemanlarının yapısında meydana gelen uzamalar ve yer değiştirmelerin ölçülmesi esnasında dayanmasıdır. Dinamometreler kesme sırasında olabilecek yer değiştirmelerden etkilenmeyecek şekilde yeteri derecede sağlam olmalıdır. Titreşimin en aza indirilmesi ve kesme operasyonunda hassas ölçünün elde edilmesi için aygıt yüksek sağlamlığa sahip olmalıdır. Kuvvet dinamometresi tasarımında; civata, pim, menteşe gibi bağlama elemanları kullanımından

kaçınılmalıdır. Çünkü sürtünmenin sebep olduğu sapsmalara yol açabildiği için dinamometre her zaman tüm bir blok malzemeden üretilmelidir.(Şahin,2000)

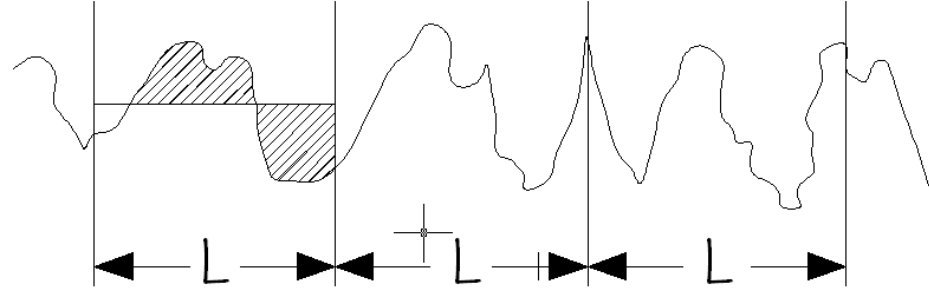
3.8.2 Yüzey pürüzlülüğü

Yüzey pürüzlülüğü; işleyici bir takımın, yüzeyin bir ucunda diğer ucuna gitmesiyle oluşan pek çok çizikli, düzensiz kısa dalga boyu uzunluklarıdır.

Standartlara göre yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi belirli ölçütlerle yapılır. Bu ölçütlere göre pürüzler, yüzeye dik olan bir kesitte, belirli bir numune uzunluğu boyunca, belirli bir referans profiline göre ve profil ortalama çizgisine göre tayin edilir. Referans profil olarak genellikle geometrik profil alınır. Profil ortalama çizgisinin yeri, bu çizginin üstünde ve altında kalan alanların toplamı birbirine eşit olacak şekilde belirlenir. Yüzey pürüzlülüğü, yüzey pürüzlülüğünün derinliği (Rt), yüzey pürüzlülüğünün düzeltilmiş değeri (Rp) ve yüzey pürüzlülüğünün aritmetik ortalama değeri (Ra) gibi ölçütlere göre değerlendirilir. (Rt), referans profiline göre en derin pürüz değeri; (Rp), referans profil ile profilin ortalama çizgisi arasındaki mesafe, (Ra) da ortalama çizgiye göre pürüz yüksekliklerinin veya derinliklerinin mutlak değerlerinin aritmetik ortalamasıdır.(Akkurt,1996)

3.8.2.1 Ra, Rq (Ortalama alan)

Ra bir pürüzlülük parametresidir. Profilin orta çizgisinden ayrılmalarının aritmetik ortalamasıdır ve Şekil 3.8'in incelenmesi ile görüleceği üzere birbiri ardına gelen birkaç L örnekleme uzunluk boyunca meydana gelen tepe ve çukurların oluşturduğu alanların ortalamasının sonucu olarak belirlenir. Grafikteki Ra değerleri yüzey kalitesinin yetersiz göstergeleridir, yalnızca ortalama sapsmayı gösterir ve dalgalılığı içermez. (Dursun,2007)

Şekil 3.8 Ortalama alan (R_a , R_q)

$$\text{Ortalama yüzey pürüzlülüğü: } R_a - R_t \quad (3.5)$$

Ortalama çizgi tepe ve çukurlar boyunca merkezi olarak devam eder. Ortalama çizgi, matematiksel olarak çizginin alt ve üstünde yer alan tepe ile çukurları birbirinden alansal olarak ikiye ayırır.(Sandviken,2003)

Tablo 3.3 Farklı talaş kaldırma işlemleri ile elde edilebilen R_t ve R_a yüzey pürüzlülük değerleri (Şahin,2001)

Yüzey İşlemi	R_t (μm)	R_a (μm)
Çok kaba yüzeyler (döküm vb)	$>10^3$	12500
Orta işleme (izle görülebilir-kaba taşlama)	50-250	10
İnce işleme	5-10	0,8-2,5
Çok ince işleme (tornalanmış)	0,5-5	0,13-0,8
Honlanmış	1-2	0,05-0,3
İnce metallogrif parlatma	0,3	0,03

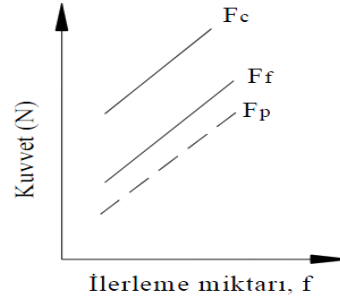
3.8.3 Kesme hızı

Sabit ilerleme hızı ve kesme derinliği değerinde, artan kesme hızı kesme kuvveti değerini düşürür. Yüksek kesme hızlarında açığa çıkan yüksek sıcaklığın takım ömrü üzerinde etkisi büyüktür. Kesme hızı arttığı zaman takım ömrü de azalmaya başlar. En büyük sıcaklık yükselişi kesme hızının artışıyla gerçekleşir. (Özel,2000)

Takım üzerine etkiyen kuvvetler kesici takımların tasarımında düşünülmesi gereken faktörlerden biri olup çok karmaşık ve talaşlı üretim teknolojisinin önemli bir yanını oluşturur. Takım malzemeleri de takım kuvvetlerine etki eder. Belirli bir takım malzemesi diğeri yerine kullanıldığı zaman kesme şartları ve takım geometrisi sabit tutulsa bile keza oluşan kuvvetler hayli değişir. Bu muhtemel sınırlandırılmış takım temas alanındaki değişikliklerden kaynaklanır. (Şahin,2000)

3.8.4 İlerleme

İlerlemenin artışı ile yüksek kesme kuvvetleri açığa çıkar. Çünkü malzemeyi kaldırmak için yüksek güç tüketimi gereklidir. Sonuç olarak kesme bölgesindeki sıcaklık yükselir. Buda takım aşınması açısından istenmeyen bir durumdur.(Ghani,2004)



Şekil 3.9 Kesme kuvvetleri ve ilerleme miktarı arasında ilişki.

Şekil 3.9’da görüldüğü gibi ilerleme miktarı ile kesme kuvveti arasında doğrusal bir ilişki mevcuttur. Bunun anlamı ilerleme miktarı arttıkça kesme kuvvetleri de artış gösterir. (Dursun,2007)

3.8.5 Kesme Derinliği

Yüksek dik kesme derinlikleri kullanıldığı zaman oluşan mekanik yüklemeler, takım aşınmasının kötüleşmesi eğilimini artırır. Çünkü kesme sırasında kesme derinliğinden dolayı sıcaklık olayı gözlenecek ve özellikle frezelemede aralıklı kesmelerde ısıl şoktan dolayı takım aşınması hızlanır. Ayrıca yüksek mekanik

yüklemeler titreşim meydana getirir, titreşimden dolayı da takımın iş parçasına vurması gerçekleşir ve bu etkiden dolayı aşınma artar. Bu vurmalarından dolayı iş parçası yüzey kalitesi de olumsuz etkilenir, boyutsal ölçülerde sapmalar meydana gelir. Kesme derinliği düşük değerlerde tutulduğu zaman yapılan çalışmalarda, kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü değerleri düşük sonuçlar verir. Yüksek kesme derinlikleri takım ömrünü kısaltır.(Ghani,2004)

Frezelemede bitiş işlemlerinin birçoğunda kuvvetleri, sapmaları ve bunlardan dolayı meydana gelen biçim hatalarını azaltmak için yan kesme derinliği çok küçük olur.(Budak,2006)

3.9. Kesici Takımları

Talaş kaldırma işlemlerinde kesici takımlar; diğer malzemelere şekil verme, şekil değiştirme, kesme, koparma ve istenilen toleransta ölçüye getirme işlemi esnasında değişik zorlanmalara maruz kalırlar. Talaş kaldırma esnasında oluşan kuvvetler; basınç, sürtünme, ısı oluşumu ve aşınma vb. olaylar yanında ekonomiklik dikkate alınır, kesici takımın bulunması gereken özellikler şöyle özetlenebilir. (Şahin,2000)

- Yüksek basma, eğme dayanımı
- Yüksek sertlik ve yıpranma direnci
- Yüksek sıcaklıkta aşınmaya karşı dayanıklılık ve iyi kimyasal kararlılık
- Isı birikiminin önlenmesi için yüksek ısı iletim yeteneğine sahip olması
- Ucuz olması yanında darbe etkisine karşı kafi derecede tok olmalıdır (Şahin,2000)

Silindirik biçimli freze takımlara silindirik freze takımlar denir. Dişler çevre dış yüzeyi üzerinde olup düz ve helis kanallar şeklindedir. Helis kanallı frezeler birkaç diş birden kesme yaptığı için düz kanallı freze çakılarına göre daha rahat ve sessiz keserler. Bir freze çakısının ucundan bakıldığı zaman eğer diş kanalı saat akrebi yönünde bükülerek uzaklaşıyorsa, buna Sağ Helis, eğer ters yöne doğru ise buna da Sol Helis

denir. Şekil 3.10'da sağ ve sol helis kanallı freze çakıları görülmektedir. Makine parçalarının yüzeylerinin frezelenmesinde kullanılır.(MEGEP,2007)



Şekil 3.10 Sağ ve Sol Helis Kanallı Silindirik Frezeler

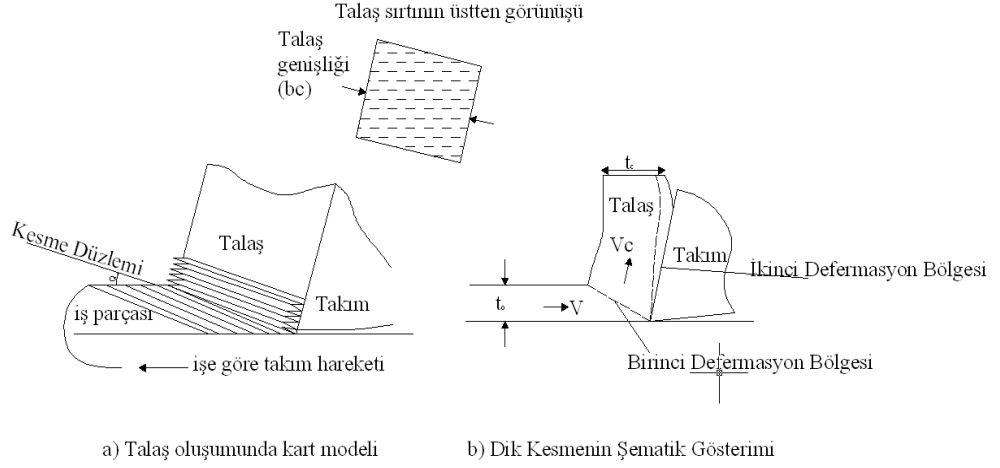
Freze çakıları dişlerin yapılışına göre adlandırılır. En çok kullanılan freze çakıları takma uçlu freze çakılarıdır. Takım çeliği veya dökme çelikten yapılmış bir gövde üzerine sert maden uçların takılmasıyla meydana gelir. Kırılan veya bozulan uçların yenileriyle değiştirilmesi kolaydır. Büyük çaplı frezelerde gövde maliyetini ekonomik oluşunu sağlar. (MEGEP,2007)



Şekil 3.11 Takma uçlu freze çakıları

3.10 Talaş Oluşumu

Talaş oluşumu, Şekil 3.12a'da gösterilen "kart modeli" teorisine göre birincil deformasyon bölgesi içinde oluşan belirli bir kesme düzlemi boyunca meydana gelir. Kesme düzlemine kadar malzeme elastik olarak uzatılır, ilk deformasyon, oluşan bu düzlem üzerinde başlar ve kesme yönüne yönelmiş ardışık kesme düzlemleri boyunca devam eder. Kesme sırasında bu şekilde kaldırılan malzeme tabakasına "talaş" denir (Mills,1993) .



Şekil 3.12 Talaş oluşumunda kart modeli ve dik kesmenin şematik gösterimi.(Özçatalbaş,1996)

Talaş oluşması için;

- Kesici olarak kullanılan bir takımın, iş parçasından daha sert ve aşınmaya karşı daha dirençli olması,
- Belirli bir talaş derinliği ve takım veya iş parçasının ilerleme hareketi ile birlikte, belirtilen iş parçası ve kesici takım arasında dalmayı kolaylaştıran bir kesme uç geometrisine kesici takımın sahip olması,
- İş parçası malzemesinin direncini, kesici takımın yeterli bir kuvvetle yenmesi için, iş parçası ve takım arasında bir kesme hızı veya nispi hareketin olmasıdır.











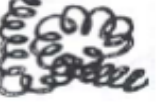




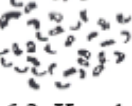


Bu üç şart var olduğu sürece kesici takım, işlenecek malzemeden, talaş yüzeyi aracılığıyla, talaş oluşturmak için malzemenin bir kısmını kaldıracaktır. Böylece bir işleme yerine getirebilmek için birçok faktörler ve bunların bileşimleri bulunmaktadır.(Sur,2002)

Talaşın parça üzerinden ayrıldığı düzleme kesme düzlemi, bu düzlemin kesme yönü ile yaptığı açıya (θ) kesme açısı denir. Kesme düzlemi boyunca parçadan ayrılacak deforme edilmemiş talaşın genişliği (b) kalınlığı (t_0) ile ifade edilirken, oluşan talaşın kalınlığı (t_c) t_0 'dan daha fazladır.

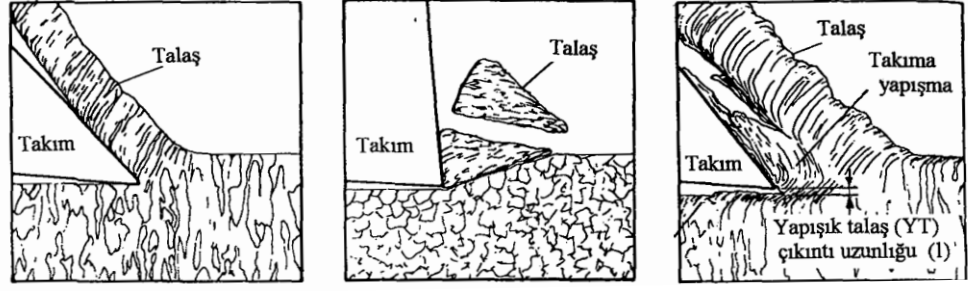
Talaş kaldırma sırasında takım, kesme yönünde (V) kesme hızı ile ilerler ve talaş, parçadan (Vc) hızı ile uzaklaşır. Takım yüzeyi boyunca yapışma ve sürtünme etkisiyle oluşan bölge ikincil deformasyon bölgesini oluşturur. (Şekil 3.12) (Shaw.1984,Akkurt.1996)

3.11 Talaş Şekilleri

Frezeleme işlemlerine elde edilen talaş şekilleri, işlenebilirliğin ölçüsü olarak değerlendirilir. Şekil 3.13'te TSE 10329'a göre talaş tipleri görülmektedir.

1. Şerit Talaş	 1.1. Uzun	 1.2. Kısa	 1.3. Dolaşık
2. Tüp Talaş	 2.1. Uzun	 2.2. Kısa	 2.3. Dolaşık
3. Spiral Talaş	 3.1. Düz	 3.2. Konik	
4. Helis Rondela Biçimli Talaş	 4.1. Uzun	 4.2. Kısa	 4.2. Dolaşık
5. Konik Helis Talaş	 5.1. Uzun	 5.2. Kısa	 5.2. Dolaşık
6. Kavisli Talaş	 6.1. Bitişik	 6.2. Kapak	
7. Kırık Talaş			
8. İğne Biçimli Talaş			

Şekil 3.13 TSE 10329 e göre talaş şekilleri (TSE1992)



a) Sürekli Talaş b) Kesintili Talaş c) Kaleme Yapışan Talaş

Şekil 3.14 Talaş Tipleri (Özçatalbaş,1996)

3.11.1. Sürekli talaş (Akma talaş)

Sürekli talaşlar, bant şeklinde veya spiral ve değişik helisel şekillerde olmalarına rağmen, uzun talaş oluşumu kesme işlemini ve operatörü olumsuz etkilemesi bakımından istenmez.(Şeker,2003) Bu tip talaş, sünek iş parçası, düşük talaş derinliği ve düşük ilerleme miktarı, keskin kesici uçlu takım, büyük talaş açılı kesici uç, yüksek kesme hızları, kesme sıvısı kullanılarak kesici uç ve iş parçasının soğuk tutulması, talaş akma direncinin minimum olduğu durumlarda oluşur.(Şahin,2000)

3.11.2. Süreksiz talaş (Kesintili Talaş)

Talaş oluşumu sırasında malzeme aşırı plastik deformasyona uğrar ve eğer malzeme kırılırsa kısmen şekillenen talaşla birlikte birincil deformasyon bölgesinde kırılma oluşur. Bu şartlar altında talaş dilimlenmiştir ve oluşan talaş kesintilidir. (Şekil 3.14-b) (Özçatalbaş,1996)

Süreksiz talaş;

- Kırılgan iş parçaları işlendiği zaman,
- İş parçası malzemesi oldukça sert kalıntılar içerdiğinde,
- Oldukça düşük ya da yüksek kesme hızları seçildiğinde,
- Yüksek talaş derinliklerinde ve düşük talaş açısına sahip takımlar kullanıldığında,
- Düşük sertliğe sahip makine takımları ve katerleri kullanıldığında,

- Verimli bir kesme sıvısı uygulama aralığı ve ortamının hazırlanmadığı durumlarda oluşur. (Motorcu,2006)

3.11.3. Kaleme yapışan talaş (YT)

Takım - iş parçası ara yüzeyindeki sıcaklığın düşük olduğu kesme hızlarında, kesme düzlemine dik açıdaki bir düzlem boyunca talaştan kopmalar oluşabilir. Takım yüzeyine yapışan kopmuş talaş parçacıkları talaştan ayrılır. Kesici takıma sinterlenerek yığılan bu parçacıklar kaleme yapışan talaş olarak isimlendirilir. (BUE) (Şekil 3.14-c). Kritik bir boyuta ulaşıncaya kadar büyüyen bu yığıntı daha sonra talaşla birlikte ayrılır. Kesme hızındaki artışla birlikte takım-iş parçası ara yüzeyindeki sıcaklık artışı, yapışan talaşın boyutunu küçültür. Talaş gövdesinden ara yüzeye iletilen ısının, akma gerilmesinde azalışa sebep olacak ısı yumuşamayı sağladığı anda yapışma kaybolur.(Özçatalbaş,1996)

Yapışma, kesici takım ucunda kayma gerilmesinin ve etkin talaş açısının artmasına sebep olur. (Rollason,1967) Kaleme yapışan talaşın kalıcı olması durumunda, kesici kenarı aşınmaya karşı korumasıyla birlikte aşırı sertleşmiş bu talaştan kopan parçaların talaşla birlikte akışı sürtünerek aşınmaya sebep olur. Bununla birlikte, temiz olmayan iş yüzeyleri, hatalı işleme ölçüleri, yapışık talaşın kopması sırasında kesici kenarın fazla yüklenmesi ve takımın yapışmayla aşınmasına sebep olur. (William,1956)

4. DENEYSEL ÇALIŞMA

Deneysel çalışmalarda hacimce %0, %5 ve %25 takviyeli AlMg₃/SiCp kompozit malzemelerin CNC Freze tezgahında karbür kesici takımlar ile işlenmesi araştırılmıştır. Deneylede “Al Mg₃/SiCp Kompozitlerinin Üretimi ve Mekanik Özelliklerdeki Değişimlerin İncelenmesi”(ÜRKMEZ, N.), isimli doktora tezinde üretilen Al matrisli SiCp takviyeli kompozit malzemeler kullanıldığından, matris ve takviye elemanın fiziksel ve kimyasal özellikleri verilmiştir.

4.1. Malzeme Seçimi

AlMg₃ (AA5754) alüminyum alaşımı ısı ile işlemle sertleştirilebilme özelliği olmayan, dayanımı yüksek yeni bir alaşım olup, özellikle deniz suyuna karşı mükemmel korozyon dayanımı, çok iyi kaynak edilebilirliği, iyi şekil verilebilme özelliği olan bir alaşımdır. (Spencer, 2002) Bu sebeple AlMg₃ matris malzemesi olarak seçilmiştir. Şekil 4.1’de deneylede kullanılan numunelerin resimleri gösterilmiştir. Tablo 4.1.’de AlMg₃’ün fiziksel özellikleri ve Tablo 4.2.’de AlMg₃’ün kimyasal özellikleri belirtilmiştir.

Tablo 4.1 AA5754’ün fiziksel özellikleri(Ürkmez 2004)

AA5754’ün Fiziksel Özellikleri		
Özgül Ağırlık	2,66	g/cm ³
Elastiklik Modülü	68–72	GPa
Kayma Modülü	27	GPa
Ergime Aralığı	600–620	°C
Özgül Isı (273-373 ⁰ K)	0,97	
Lineer Genleşme Katsayısı (293-373 ⁰ K)	24x10 ⁻⁶	1/ ⁰ K
Termal İletkenlik (373-673 ⁰ K)	147–168	W/m ⁰ k
Direnç (293 ⁰ K)	0,049x10 ⁻⁶	Ωm

Takviye elemanı olarak kullanılan SiC’ nin tane büyüklüğü yaklaşık 15 mikrometre (500 Mesh) dir.

Tablo 4.2 Kompozit üretiminde kullanılan matris malzemesinin kimyasal bileşimi(Ürkmez,2004)

Mg	Si	Fe	Mn	Diğer (Toplam)
2,6-3,2	0,40	0,40	0,5	0,15

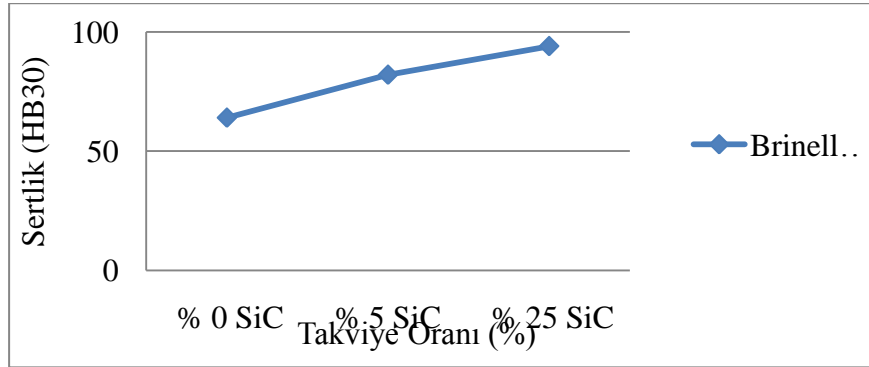
Tablo 4.3 Kompozit üretiminde takviye malzemesi olarak kullanılan seramik parçacıkların karakteristik özellikleri(Ürkmez,2004)

Parçacık Cinsi	Boyut (μm)	Özgül Ağırlık (g/cm^3)	Çekme Dayanımı (GPa)	E-Modülü (GPa)
SiC	15-340	3,2	3	480

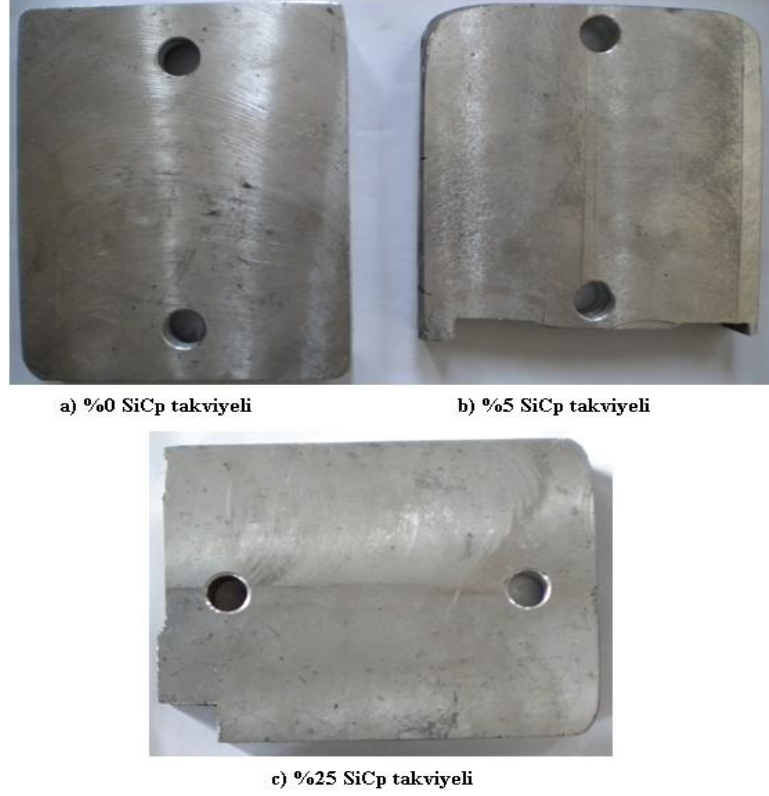
Tablo 4.4 Kompozit üretiminde takviye malzemesi olarak kullanılan SiC'nin kimyasal bileşimi (Ürkmez,2004)

Ürün	Tane İriliği	%SiC	%Serbest C	%Si	%SO ₂	Fe ₂ O ₃
GW Micro	F240-F800	99,5	0,10	0,10	0,10	0,05

Tablo 4.5 Deneylerde kullanılan kompozit malzemelerin sertlik değerleri.



İşlenebilirliği incelenecek olan kompozit malzemeler doğrudan yarı-katı karıştırma ve arkasından sıkıştırma döküm yöntemi uygulanarak (140x110x30) üretilmişlerdir. Deneylerin yapılabilmesi için toz paso kaldırılarak yüzeyleri temizlenmiştir. %5 SiCp ve %25 SiCp (hacimsel) takviyeli kompozit malzemeler kullanılarak deneyler gerçekleştirilmiş ve aynı deneyler kontrol amacı ile takviyesiz AlMg3 alaşımından aynı şartlarda üretilmiş numuneler için de tekrarlanmıştır.



Şekil 4.1 Deneylerde kullanılan AlMg₃/SiCp kompozit numuneler

4.2. Deneysel Çalışmada Kullanılan Tezgah, Cihaz ve Aletler

4.2.1. CNC freze tezgahı

Deneylerde Johnford VMC – 550 Model CNC Freze Tezgahı kullanıldı. Deney düzeneğinde kullanılan CNC tezgahı; üç eksenle lineer ve dairesel enterpolasyon yapabilen, metrik ve inç birimlerinde ISO format programlama yapabilen Fanuc kontrol ünitesi O-M serisi Freze tezgahıdır. (Şekil 4.2)



Şekil 4.2. Johnford VMC – 550 Model CNC Freze Tezgahı

Tablo 4.6 CNC Freze Tezgahının Teknik Özellikleri

Model No	VMC – 850 / 550+APC
Tabla çalışma yüzeyi	40" x 20" (1000 x 500 mm)
Hareket sınırları	X : 31.5" (800 mm) Y : 20" (500 mm) Z : 17.7" (450 mm)
İş mili motor Gücü	10 HP (30 min.) / 7.4 HP
Tabla yükleme kapasitesi	1980 Lbs (900 kg)
Tezgah zemin alanı	92.5" x 98.4" (2350 x 2500)
Makine ağırlığı	12100 Lbs (5500 kg)

4.2.2. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm aleti

Yüzey pürüzlülük değerleri ölçümü için SurfTest 211 Mitutoyo marka elmas uçlu yüzey pürüzlülük cihazı ile ölçüldü. Yüzey pürüzlülük sonuçlarının güvenilirliği için ölçümler en az beş kez tekrarlandı. Ölçümlere başlanmadan önce cihaz kalibrasyonu yapıldı. Kesme uzunluğu 0,8 mm ve örnekleme uzunluğu 4,8 mm olarak seçildi.

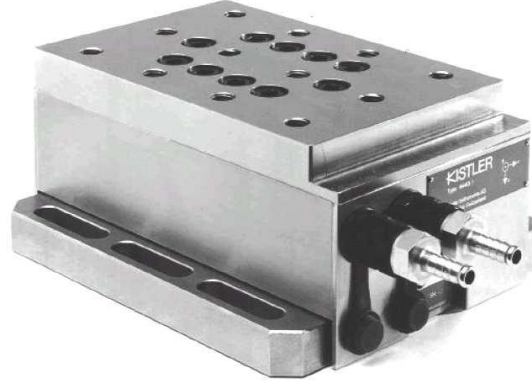


Şekil 4.3 Yüzey pürüzlüğü ölçüm aleti (Surftest 211)

4.2.3. Kesme kuvvetlerinin ölçülmesi için kullanılan cihazlar

Deneyisel çalışmada kesme kuvveti ölçümünü gerçekleştirmek için oluşturulan düzenekte iş parçasının işlenmesi esnasında iş parçasını etkileyen üç- eksenli bileşenlerinin ölçülmesinde ve analizinde kullanıldı. Oluşturulan düzenekteki parçalar; üç boyutlu kuartz dinamometre, üç kanallı charge-amplifikatörü, dinamometreye bağlanabilen uç bağlama aparatı, ölçüm bilgilerinin analizi için program, bilgisayar bağlantısı için ISA tipi A/D kartı ve ara bağlantı kablolarından oluşmaktadır.

Deneylerde Kuartz Dinamometre kullanıldı. Kuartz Dinamometre bir kuvvetin üç eksenli bileşenlerini ölçmede kullanılır, çok rijit bir yapıya sahip olmasında dolayı yüksek tabi frekansa sahiptir. İki metal plaka arasında monte edilmiş dört adet üç eksenli kuvvet sensörü bulunmaktadır. Her sönemde üç çift kuartz plaka vardır ve bunlardan biri Z yönünde basınca, diğer ikisi X ve Y yönlerindeki kesme kuvvetine duyarlıdır. Bu sensörler dinamometre (Şekil 4.4) içinde kendi aralarında uygun şekilde bağlanmış olup, çıkış sinyalleri 9 uçlu bir soket üzerinden dışarı bağlanmıştır. Yük amplifikatörü olarak Kistler 5019b tipi yük amplifikatörü kullanılmıştır. Bu amplifikatör kuvvet sensorundan üç eksende (x,y,z) gelen voltaj sinyallerini ayrı ayrı değerlendirmektedir. (Kutlu, 2009)



Şekil 4.4. Kistler Dinamometre

Yük amplifikatörü olarak Kistler 5019b tipi yük amplifikatörü kullanılmıştır. (Şekil 4.5) Bu amplifikatör kuvvet sensorundan üç eksende (x,y,z) gelen voltaj sinyallerini ayrı ayrı değerlendirmektedir. Üç kanallı ve mikroişlemci kontrollü olan bu amplifikatör, dinamometreden gelen sinyalleri yükselterek volt olarak çıkış vermektedir. Bu datalar RS232 C ve IEEE-488 ara yüz çıkışları sayesinde bilgisayara aktarılmıştır.



Şekil 4.5 KISTLER 5019b Tipi Yük Amplifikatörü

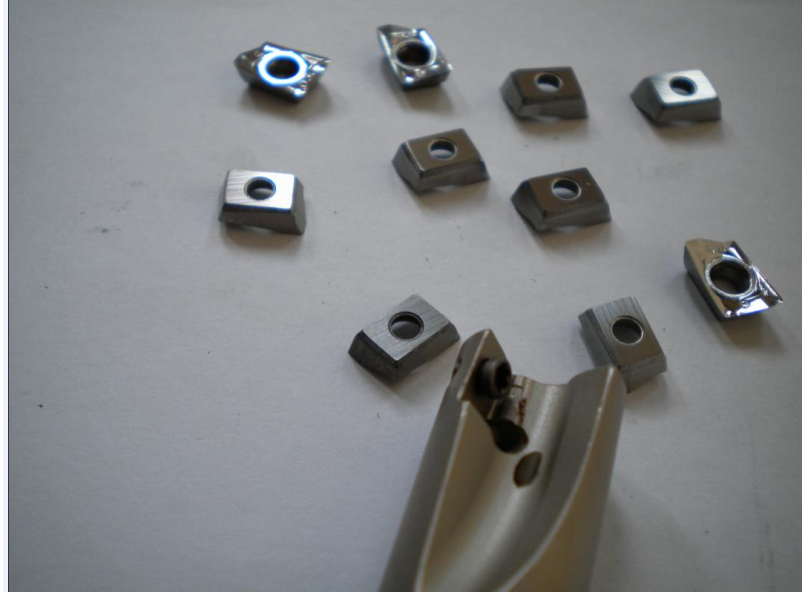
Kistler 5019b yük amplifikatöründen alınan dataların değerlendirilmesi ve grafiksel olarak ifade edilmesi için geliştirilen DynoWare isimli yazılım programı kullanıldı. Bu program sayesinde 3 eksen de iş parçasına etki eden kuvvetler grafiksel olarak görülmekte ve istenildiği takdirde data olarak Microsoft Office Excel programına aktarılabilmektedir.

4.2.4. Deneysel çalışmada kullanılan kesici uçlar ve kesme parametreleri

Alüminyum alaşımları, keskin ve artı geometrili takımlar ile işlenmesi gerekir. Kesici takımlarda helis açılarının yüksek olması istenir. Bu şekilde talaş yapışması engellenir. Sinter karbür kesici takım malzemeleri, WC, TiC, TaC, NbC gibi karbür bileşiklerinin kobalt ile sinterlenmesiyle elde edilir. Belirli geometrik şekillerde 4000–5000 atü basınç altında preslendikten sonra 900°C civarında ön presleme(sinterleme) ve 1400–1600°C civarında son presleme işlemi uygulanarak elde edilirler.

Sert metaller, dayanımlı, sert ve aşınma dayanımı ve tokluğu mükemmel olan takım malzemeleridir. PCD, CBN elmas kaplama gibi tabakalar için iyi bir alt yapı oluştururlar. Tek ya da çok tabakalı kaplanmış sert metal plaketer oldukça iyi performans gösterirler. Kaplama PVD ya da CVD yöntemleri uygulanarak gerçekleştirilir. ISO standartlarına göre, özellikle K kalite sert metal plaketer MMK malzemelerin talaşlı şekillendirilmesinde yaygın olarak kullanılır. (Kılıçkap,2003)

Literatür taraması sonucunda seramik parçacık takviyeli kompozit malzemelerin işlenmesinde kullanılan takımlar ve kesici uçlar araştırılarak, kesici takımların kataloglarından SiCp takviyeli alüminyum alaşımlar için uygun takım olarak kaplamasız karbür takım seçildi. Deneylede kesici takım olarak takma uçlu Walter markalı kesici takım ve takım tutucu kullanıldı.(Şekil 4.6)



Şekil 4.6 Kesici takım ucu ve takım tutucu.

Kesici takım ucu olarak ADHT0803PER-G88WK10 kodlu takım katalogdan seçildi. Kesici takım kodunda belirtilen harf ve sayıların anlamları aşağıda listelenmiştir.

A: Kesici ucun açış şeklini gösterir.

D: Boşluk açısı (talaş açısı)

H: İmalat toleransı

T: Kesici uçların takıma bağlama şeklini gösterir. Ucun tek ya da çift taraflı olduğunu gösterir.

08: Ucun kesme kenar boyunun 8 mm olduğunu gösterir.

03: Ucun kalınlığının 3 mm olduğunu gösterir.

P: Kesme işleminin 90° yapıldığını gösterir.

E: Kesici ucun ikinci kesme açısının 20° olduğunu gösterir.

R: Kesici ucun sağ taraflı olduğunu gösterir.

G88: Kesici kenarın hangi kesme işlemlerinde kullanılacağını gösterir.

Tablo 4.7 Deneyleerde kullanılan kesici takımın (walter) katalogu

1 Insert shape

A		M	
B		O	
C		P	
D		R	
E		S	
H		T	
K		V	
L		W	

2 Clearance angle

A		F	
B		G	
C		N	
D		P	
E			

3 Tolerances

Permissible deviation in mm for

	d	m	s
A	± 0.025	± 0.005	± 0.025
C	± 0.025	± 0.013	± 0.025
E	± 0.025	± 0.025	± 0.025
F	± 0.013	± 0.005	± 0.025
G	± 0.025	± 0.025	± 0.130
H	± 0.013	± 0.013	± 0.025
J ¹	± 0.05-0.15 ²	± 0.005	± 0.025
K ¹	± 0.05-0.15 ²	± 0.013	± 0.025
L ¹	± 0.05-0.15 ²	± 0.025	± 0.025
M	± 0.05-0.15 ²	± 0.08-0.20 ²	± 0.130
N	± 0.05-0.15 ²	± 0.08-0.20 ²	± 0.025
U	± 0.08-0.25 ²	± 0.13-0.38 ²	± 0.130

¹ inserts with ground secondary cutting edges
² depending on the insert size (see ISO standard 1832)

4 Machining and fastening features

A		J		T	
B		M		U	
C		N		W	
F		Q		X	Drawing or precise description of insert required)
G		R			
H					

5 Cutting edge length

6 Insert thickness

01	s = 1.59
T1	s = 1.98
02	s = 2.38
T2	s = 2.78
03	s = 3.18
T3	s = 3.97
04	s = 4.76
05	s = 5.56
06	s = 6.35
07	s = 7.94
09	s = 9.52

7 Corner radius

02	r = 0.2
04	r = 0.4
08	r = 0.8
12	r = 1.2
16	r = 1.6
24	r = 2.4

00 for diameters with inch dimensions converted to mm.
 M0 for diameters in metric measurements.

Approach angle γ_r

A	45°
D	60°
E	75°
F	85°
P	90°
Z	other approach angle

Clearance angle to the secondary cutting edge

A	3°
B	5°
C	7°
D	15°
E	20°
F	25°
G	30°
N	0°
P	11°
Z	other clearance angle

8 Cutting edge formation

E	
F	
T	
S	

9 Cutting edge direction

10 Chamfer width

010	0.10 mm
025	0.25 mm
070	0.70 mm
150	1.50 mm
200	2.00 mm

11 Chamfer angle

15	15°
20	20°

12 Manufacturer's specifications

The ISO code includes 9 symbols. The symbols 8 and/or 9 should be only used when required. The manufacturer can add other symbols which can be combined with the ISO code by means of a hyphen (e.g. for the chip breaker shape).

Milling		
A 25	F 57	
A 27	F 57	
A 51	G 56	
A 57	G 85	
A 88	G 88	
D 51	K 85	
D 55	K 88	
D 56	L 55	
D 57		
F 27		
F 55		
F 56		

Deneyisel çalışmalarda kullanılan kesme hızı, ilerleme ve talaş derinlikleri değerleri CNC Freze tezgahının işleme sınırları içerisinde, gerek literatür çalışmaları gerekse kesici takım (Walter) katalogundan belirlendi. Deneylerde kesme sıvısı kullanılmamıştır.

Deney şartları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.8 Deneylerde kullanılan işleme parametreleri.

KESİCİ TAKIM KARBÜR KESİCİ TAKIM İKİ AĞIZLI 90° TAKIM BAĞLAMALI 16 mm ÇAPINDA						
MALZEME	DENEY NO	İŞLEME HIZI	İLERLEME	TALAŞ DERİNLİĞİ	DEVİR	TABLA İLERLEME
AA 5754 + % 0 SiC	1	90 m/dk	0,10 mm	1 mm	1791,4	358,28 mm/dk
AA 5754 + % 5 SiC	2	90 m/dk	0,10 mm	1 mm	1791,4	358,28 mm/dk
AA 5754 + % 25 SiC	3	90 m/dk	0,10 mm	1 mm	1791,4	358,28 mm/dk
AA 5754 + % 0 SiC	4	120 m/dk	0,10 mm	1 mm	2388,53	477,70 mm/dk
AA 5754 + % 5 SiC	5	120 m/dk	0,10 mm	1 mm	2388,53	477,70 mm/dk
AA 5754 + % 25 SiC	6	120 m/dk	0,10 mm	1 mm	2388,53	477,70 mm/dk
AA 5754 + % 0 SiC	7	150 m/dk	0,10 mm	1 mm	2985,66	597,13 mm/dk
AA 5754 + % 5 SiC	8	150 m/dk	0,10 mm	1 mm	2985,66	597,13 mm/dk
AA 5754 + % 25 SiC	9	150 m/dk	0,10 mm	1 mm	2985,66	597,13 mm/dk
AA 5754 + % 0 SiC	10	120 m/dk	0,08 mm	1 mm	2388,53	382,16 mm/dk
AA 5754 + % 5 SiC	11	120 m/dk	0,08 mm	1 mm	2388,53	382,16 mm/dk
AA 5754 + % 25 SiC	12	120 m/dk	0,08 mm	1 mm	2388,53	382,16 mm/dk
AA 5754 + % 0 SiC	13	120 m/dk	0,12 mm	1 mm	2388,53	573,24 mm/dk
AA 5754 + % 5 SiC	14	120 m/dk	0,12 mm	1 mm	2388,53	573,24 mm/dk
AA 5754 + % 25 SiC	15	120 m/dk	0,12 mm	1 mm	2388,53	573,24 mm/dk

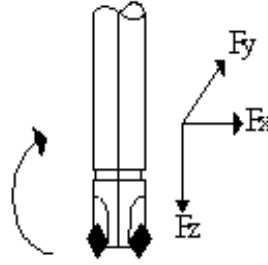
Deney çalışmalarında ilk önce ilerleme (mm) ve talaş derinliği sabit tutulmuş, deney malzemeleri ve işleme hızları (m/dk) değiştirilerek; artan işleme hızı ve takviye oranının yüzey pürüzlülüğüne ve kesme kuvvetlerine etkisi karşılaştırılmış. Daha sonra 120 m/dk sabit kesme hızı (m/dk) ile sabit talaş derinliğinde; artan ilerleme ve takviye oranının yüzey pürüzlülüğüne ve kesme kuvvetine etkisi araştırıldı.

5. DENEYSEL SONUÇLAR

İki farklı takviye oranına sahip AlMg3/SiCp kompozit malzemeler kaplamasız sementit karbür kesici takımlarla frezeleme yöntemi ile işlenerek takviye oranlarının ve işleme parametrelerinin işlenebilirliğe etkileri incelenmiştir. Deneyler sonucu elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

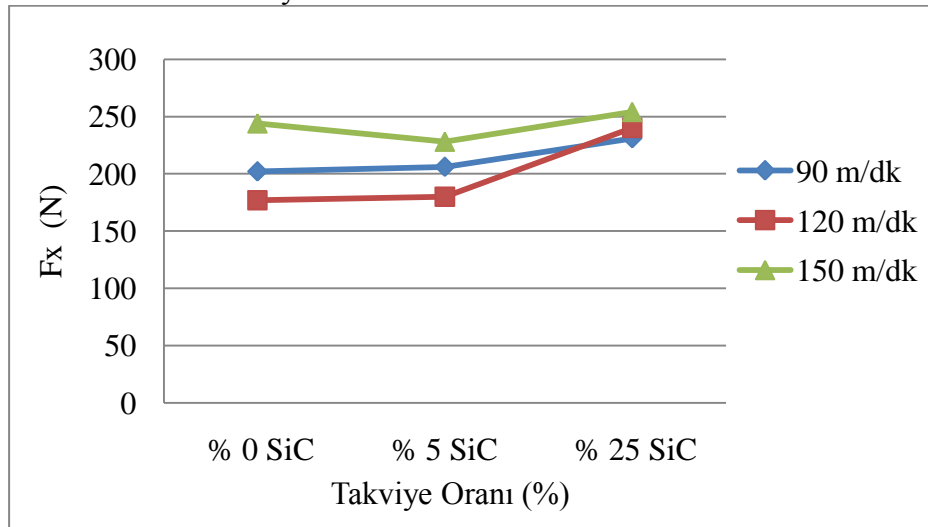
5.1. Kesme Kuvvetleri

Deneyel çalışmalarda hacimce %0, %5 ve %25 takviyeli AlMg3/SiCp malzemeleri dinamometrede farklı kesme hızları ve farklı ilerleme hızlarına göre ölçülen F_y ilerleme kesme kuvveti, F_x radyal kuvvet ve F_z aksel kuvvetin grafikleri oluşturuldu. Grafiklerden elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Şekil 5.1'de deneylerde kullanılan kesme düzlemi gösterilmiştir.



Şekil 5.1 Kesme Düzlemi

Tablo 5.1 Artan takviye oranının F_x kuvvetine etkisi.



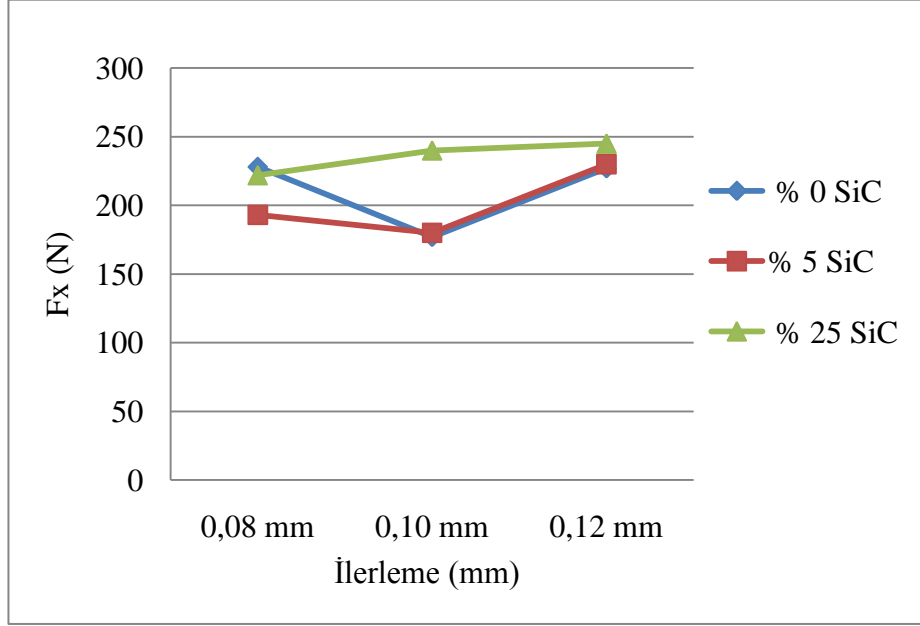
Tablo 5.1’de hacimce %0, %5 ve %25 SiC takviyeli kompozit malzemeler sabit 1 mm talaş kaldırma derinliğinde ve 0,1 mm/z ilerleme hızı, 90m/dk, 120 m/dk ve 150 m/dk’lık kesme hızları kullanılarak 1600 mm³ talaş kaldırılana kadar işlendi. 254 N ile en yüksek ölçülen Fx kuvvet 150 m/dk ile %25 SiC malzemenin işlenmesinde ölçüldü. En düşük Fx kuvveti ise 120 m/dk kesme hızında 177 N ile %0 takviyeli malzemenin işlenmesinde ölçüldü. Kesme hızlarının tümünde %25’lik SiC malzemede Fx radyal kuvveti en yüksek değerde çıktı. %0’lık numenin talaş kaldırma işleminde talaşların kesici takıma yapıştığı gözlemlendi (BUE). Talaşların takıma yapışması sonucu takım geometrisi bozulur, bozulan takım geometrisi ile malzemeden talaş kaldırmak için daha fazla güç gereklidir. Bu nedenle %0 ve %5 de BUE’den dolayı görülen yüksek radyal kuvvetler ölçüldü. %0 ve %5’lik malzemeler talaş kaldırma işleminde kesici takım kesmeden ziyade sıvama işlemi yapmıştır. Bu durum yumuşak malzemelerin düşük kesme ve düşük ilerleme hızlarından işlenmesinde görülür. Kesici takımın sıvama yapmasının artan takviye oranı ile azaldığı görüldü.

BUE’nin oluşmasını engellemek için takviyesiz alüminyum malzemelerin işlenmesinde yüksek hız ve yüksek helis açılı takımlar kullanılır. Kesme kuvvetleri en yüksek değerleri %25’lik malzemede ölçüldü. %25’lik malzemede radyal kuvvetin en yüksek çıkması talaş kaldırma aşamasında SiC’lerin kesici takım tarafından kesilmesinden ziyade koparak malzemeden uzaklaşmasıdır. Bu koparmalar işlenen yüzey kalitesini de etkiler.

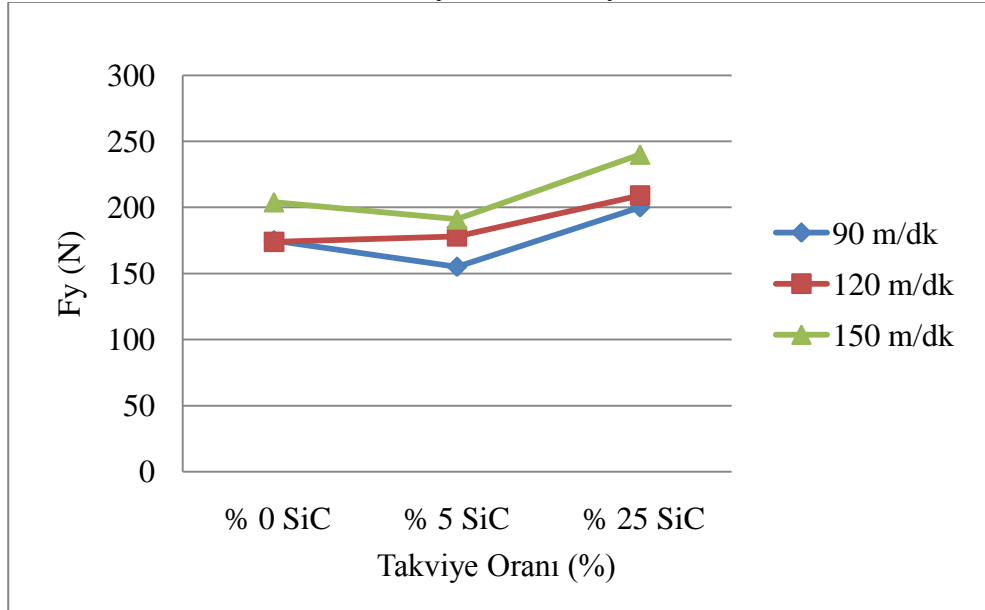
Talaş kaldırma işlemleri sabit 120 m/dk’lık kesme hızında ve sabit 1 mm talaş kaldırma derinliğinde ve 0,08 mm/z, 0,10/z mm ve 0,12 mm/z farklı ilerleme hızlarında 1600 mm³ talaş kaldırılana kadar yapıldı. Tablo 5.2’de görüldüğü gibi Fx radyal kuvvetin en düşük değeri 177 N ile %0 takviyeli malzemenin 0,10 mm ilerlemesinde ölçüldü. En yüksek Fx değeri ise 245 N ile %25 SiC takviyeli malzemenin 0,12 mm ilerlemesinde ölçüldü.

Genel olarak ilerleme artarken Fx radyal kuvvetinin arttığı görüldü. %0 ve %5 takviyeli malzemelerin talaş kaldırma işlemi sırasında talaşın takıma yapışması gözlenmiştir. Takıma yapışan talaş radyal kuvveti arttırdı.

Tablo 5.2 Artan ilerlemenin Fx radyal kuvvete etkisi



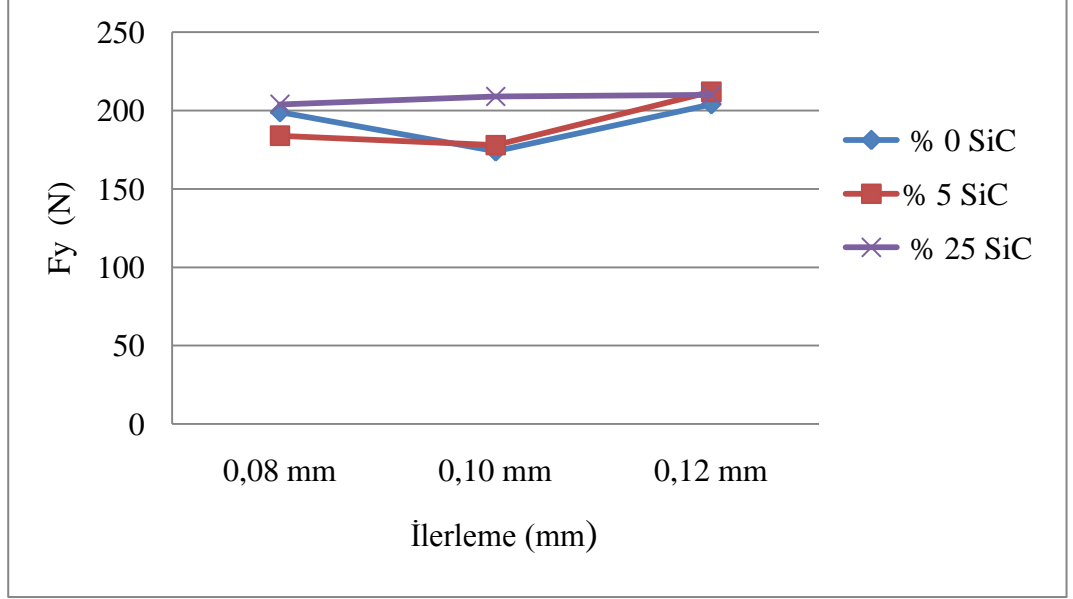
Tablo 5.3 Artan takviye oranının Fy kuvvetine etkisi



Tablo 5.3'de Fy ilerleme kuvveti %25'lik malzemenin 150 m/dk'lık kesme hızında 240 N ile en yüksek değerde ölçüldü. En düşük Fy değeri ise 155 N ile %5'lik malzemenin 90 m/dk'lık kesme hızında ölçüldü. %0'lık malzemenin talaşlı işlemi

sırasında talaşın takıma yapışması (BUE) nedeniyle kesme kuvvetlerinin beklenenden daha çok olduğu görüldü. Bu nedenle %0'lık numunede BUE gözlemlendiğinden ilerleme kuvveti %0'lık numunede %5'e göre daha fazla çıktı. İdeal kesim şartlarında ilerleme kuvveti malzemenin takviye oranı, kesme hızı ve ilerleme ile doğru orantılı olması gerekir.

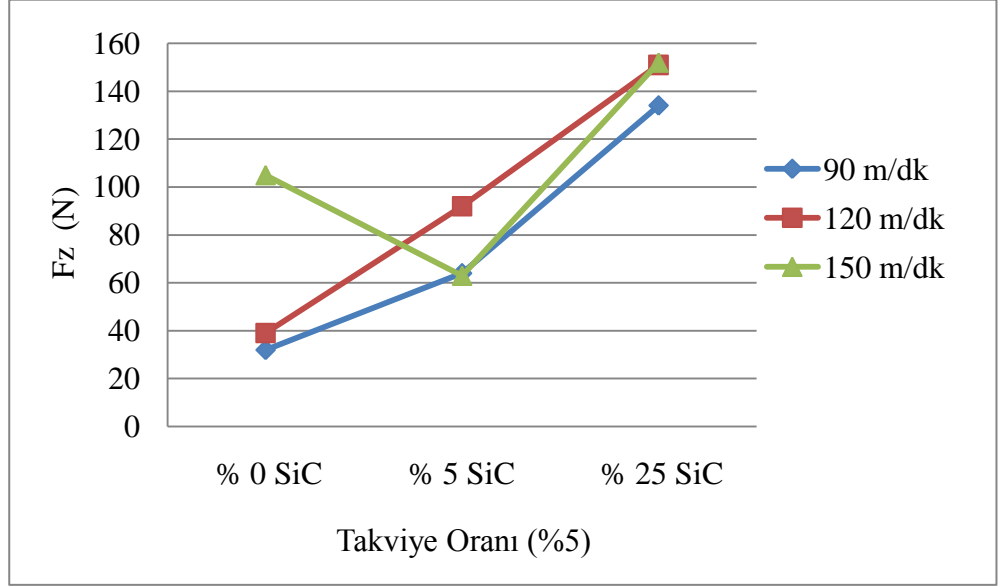
Tablo 5.4 Artan ilerlemenin F_y kuvvetine etkisi



Tablo 5.4'de artan ilerleme ile ilerleme kuvvet F_y 'nin arttığı görülmektedir. En yüksek F_y değeri %25'lik malzemenin 0,12 mm ilerlemesinde 210 N olarak ölçüldü. En düşük ilerleme kuvveti F_y %5'lik malzemenin 0,10 mm ilerlemesi ile 174 N ölçüldü. %0 takviyeli malzemenin talaş kaldırma işleminde gözlenen talaşın takıma yapışması (BUE) F_y kuvvetini etkilediği tablo 5.4 den de anlaşılmaktadır.

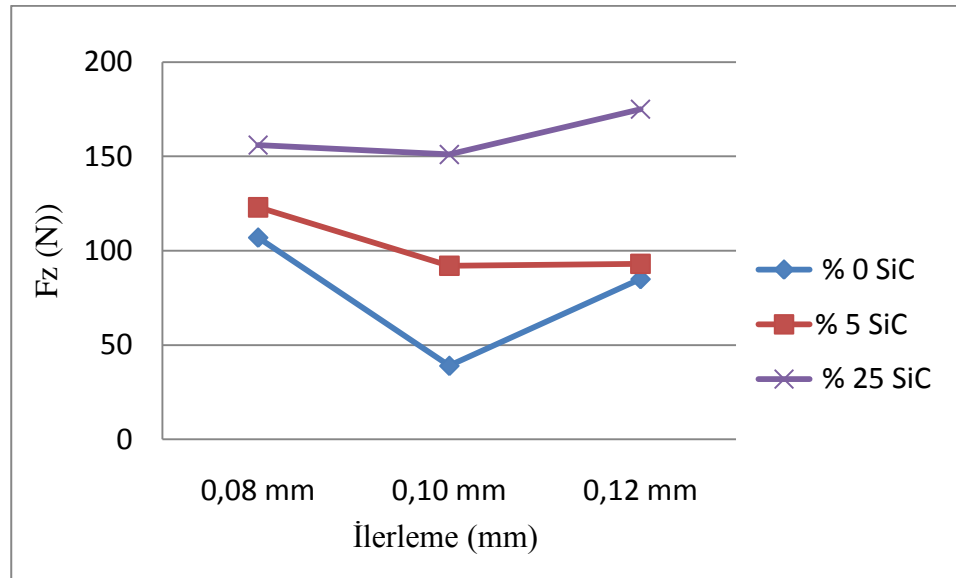
Literatür çalışmalarında düşük ilerleme hızı ve düşük takviye oranlarında ilerleme kuvvetinin de düşük olduğu belirtilmiştir. Burada 0,08 mm/z ilerleme hızında %0'lık malzemenin ilerleme kuvvetinin beklenenden yüksek çıkması takıma yapışan talaş olarak açıklanabilir. Genel olarak baktığımızda artan ilerleme ile F_y kuvvetinin çok fazla artmamakla birlikte grafiğin yükseldiği görülmektedir.

Tablo 5.5 Artan takviye oranının Fz kuvvetine etkisi.



Tablo 5.5’de artan takviye oranı ile eksenel kuvvet F_z ’nin arttığı görülmektedir. En yüksek F_z kuvveti 152 N ile %25’lik malzemenin 150 m/dk kesme hızında ölçüldü. En düşük kuvvet ise 32 N ile %0’lık malzemenin 90 m/dk kesme hızında ölçüldü. Daha önce F_x ve F_y de karşımıza çıkan %0 ve %5 takviyeli malzemelerin işlenmesi aşamasında takıma yapışan talaşın etkisini belirtmiştik. F_z eksenel kuvvetin ise talaşın takıma yapışmasından etkilenmediği görülmektedir. Artan kesme hızıyla genel olarak F_z kuvvetinin de arttığı görülmektedir.

Tablo 5.6 Artan ilerlemenin Fz kuvvetine etkisi

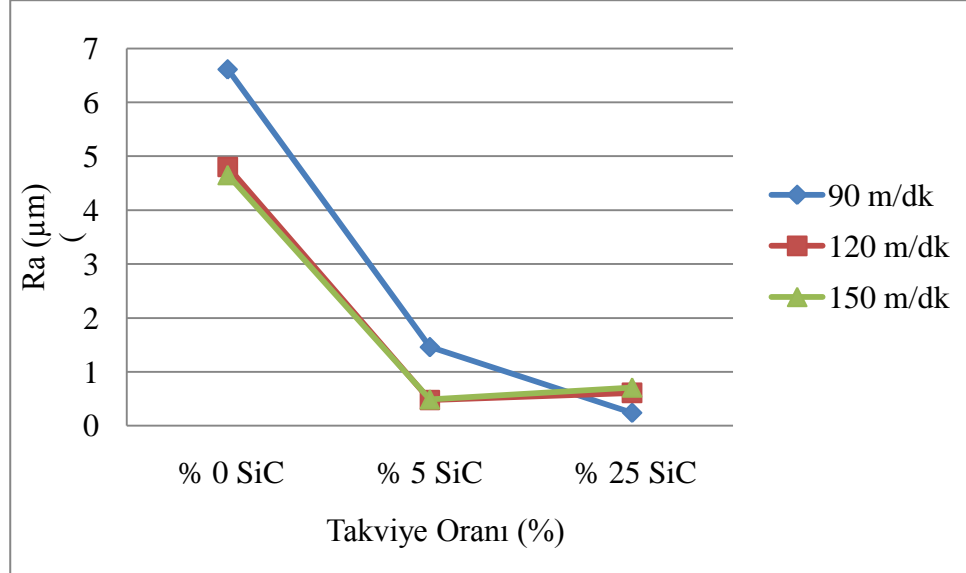


Sabit kesme hızında (120 m/dk) , sabit talaş kaldırmada (1 mm) ve farklı ilerlemelerde artan takviye oranının Fz kuvvetine etkisini tablo 5.6'da görülmekte. 175 N ile en yüksek Fz kuvveti %25'lik malzemenin 0,12 mm/z ilerleme hızı ile işlenmesinde ölçüldü. 39 N ile en düşük değer ise %0'lık malzemenin 0,10 ilerlemesinde ölçüldü. Genel olarak %0 ile %5'lik malzemelerde artan ilerleme ile Fz kuvvetinin düştüğü görüldü. %25'lik malzemede ise artan ilerleme hızı ile Fz kuvvetinin arttığı görüldü. Artan takviye oranı ile farklı ilerlemelerde farklı Fz kuvvetleri görüldü.

5.2.Yüzey pürüzlülüğü

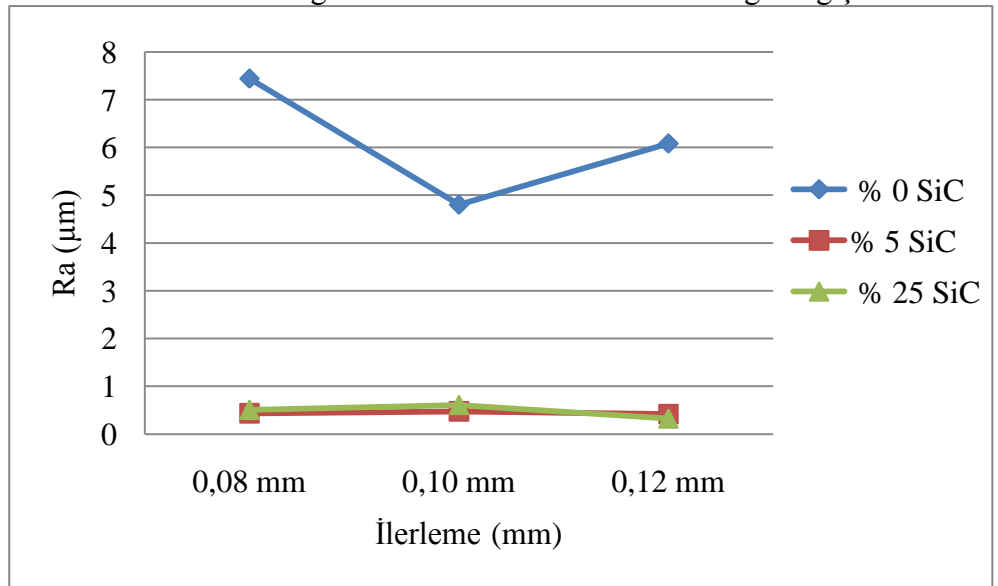
Hacimce %0, %5 ve %25 SiC takviyeli kompozit malzemeler sabit 1 mm talaş kaldırma derinliğinde, farklı kesme hızları ve ilerlemelerde 1600 mm³ talaş kaldırılana kadar frezede talaş kaldırıldı. Her kesme işlemi sonrasında en az beşer defa yüzey pürüzlülüğü ölçülmüş ve aritmetik ortalaması alındı. Malzemelerin yüzey pürüzlük değeri Ra (μm) olarak ölçüldü.

Tablo 5.7 Ra değerinin artan takviye oranına bağlı değişimi



Tablo 5.7’de %0 takviyeli malzemede ölçülen Ra değerleri diğer malzemelere göre çok yüksek çıktı. Bunun nedeni takviyesiz alüminyumun yüksek kesme hızlarında işlenmemesinden kaynaklanmıştır. Daha önceden belirtildiği gibi yumuşak malzemelerin işlenebilirliği için keskin ve büyük helis açılı takımlarla yüksek hızlarda talaş kaldırma işleminin yapılması gerekir. %0 malzemede Ra pürüzlülük değerlerinin yüksek olmasının sebebi, büyük boyutlarda oluşan yığıntı talaş ile ilgilidir. Takıma yapışan talaş kesme düzlemi boyunca takımla birlikte malzemeden talaş kaldırır. Bozulan takım geometrisi istenilen yüzey hasiyetini etkiler. %5’lik malzemenin düşük kesme hızı 90 m/dk kesme hızında yüzey pürüzlülük değeri Ra’nın %25 e göre daha fazla çıkması düşük kesme hızında talaşın takıma yapışmasıdır. En yüksek Ra değeri %0 malzemenin 90 m/dk kesme hızında 6,12 μm ölçüldü. En düşük Ra değeri ise 0,24 μm ile %25’lik malzemenin 90 m/dk kesme hızında ölçüldü. %25’lik malzemede yapılan ölçümlerde Ra değerleri 0,21 μm ile 2,54 μm aralığında ölçülmüştür. %25’lik malzeme de ölçülen Ra band aralığının artan takviye oranı ile artmasının sebebi kesici takım kesme işlemi yaparken SiC parçacıkların malzeme yüzeyinden kesmeden ziyade koparak ayırmasıdır. Bu kopmalardan dolayı %25’lik malzemede ölçülen Ra band aralığı yüksektir. Artan takviye oranının talaş şekillerini etkilediği görüldü. Değişen talaş şekilleri ise bize işlenen yüzeyin kalitesini göstermektedir.

Tablo 5.8 Ra değerinin artan ilerleme hızlarına bağlı değişimi



Sabit kesme hızında (120 m/dk) farklı ilerleme hızı değerlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi Tablo 5.8'de görülmektedir. %5 ve %25 takviyeli kompozit malzemelerde ilerlemenin değişmesiyle yüzey pürüzlülüğünün çok fazla değişmediği görülür. Genel olarak 0,08 mm ilerlemede en düşük yüzey pürüzlülük değerleri ölçüldü. Takviyesiz malzemede ise en düşük yüzey pürüzlülük değerini 0,10 mm de ölçüldü. Bunun muhtemel nedeni 0,08 mm de talaş yapışmasının etkin olduğudur.

5.3.Talaş Şekilleri

Talaş tipleri kesme şartlarını ve malzemenin yüzey kalitesi hakkında bize bilgi verir. İdeal talaş kaldırma işleminin yapılıp yapılmadığını çıkan talaş tipinden anlaşılır. Talaş tipleri; malzeme yapısına, kesici takım malzemesine, kesici takım geometrisine, kesme hızına, kesici takım ilerlemesine, kesme derinliği vb faktörlere bağlıdır. Genel olarak sünek malzemeler ideal kesim şartlarında işlenmesi sonucunda uzun talaş oluşur. Sert malzemelerin ideal kesim şartlarında işlenmesi sonucunda ise kesik talaş oluşur. İmalatta sürekli talaş istenmeyen durumdur. Sürekli talaş, operatöre ve kesilen malzemeye zarar verebilir. İmalatta kapak şeklinde (virgül şekli) talaşlar ideal talaş olarak kabul edilir. Kısa helisel talaşlar da nispeten istenilen talaş tipidir.

Deneyler sonrasında oluşan talaşlar toplandı. Talaşların karışmaması için her deney sonrasında tezgahtan toplanamayan talaşlar temizlendi. Toplanan talaşlardan bazılarının milimetrik kağıt üzerinde fotoğrafları çekildi. Resimlerden de anlaşılacağı üzere talaşlar malzeme de bulunan SiCp oranına ve kesme hızlarına göre çeşitlilik gösterdi.

%0 takviyeli alüminyum ve %5 SiCp takviyeli malzemelerden çıkan talaşlar şekil 5.3'te görülmektedir. Takviyesiz alüminyumdan çıkan talaşlar 90 ve 120 m/dk'lık kesme hızlarında kısa helisel, 150 m/dk'lık kesme hızında ise kapak talaş şeklindedir. %5 SiCp takviyeli kompozit malzemede çıkan talaşlar ise 90 m/dk'lık kesme hızında kısa helisel, 120 ve 150 m/dk'lık kesme hızlarında ise kapak talaş şeklindedir. %25 SiC takviyeli kompozit malzemede çıkan talaşlar şekil 5.4'de görülmektedir. %25 SiC takviyeli kompozitten çıkan talaşlar 90, 120 ve 150 m/dk'lık kesme hızlarında kısa helis talaş şeklindedir.

%0 takviyeli alüminyum malzemenin bütün kesme hızlarında oluşan talaşların kenarlarının düzensiz bir yapıda olduğu gözlemlenmiştir. Alüminyum malzemelerin talaş kaldırma işlemlerinin yüksek kesme hızında olması gerektiği ve kesme kuvvetlerinin ve yüzey pürüzlülüğünün takviyesiz alüminyumda yüksek çıkmasının nedeni düşük kesme hızında malzemeden talaş kaldırılması ile oluşan talaşın takıma yapışması olduğundan, resimlerden takviyesiz alüminyumun işlenmesinde çıkan talaşların diğer takviyeli alüminyumlarda oluşan talaşlardan daha geniş olduğu gözlemlenmiştir. Buradan kesici takımın takviyesiz malzemeden talaş kaldırırken kesmekten çok sıvama işlemi yapmış olduğu görülmektedir. Sıvama işleminin en büyük sebebi yumuşak malzemelerin düşük kesme hızlarında talaş kaldırma işleminin yapılmasıdır.

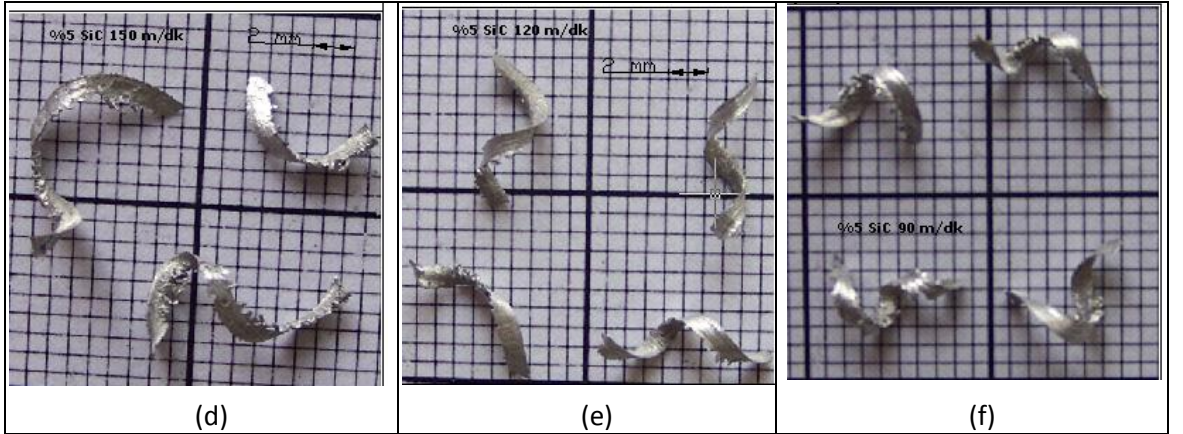
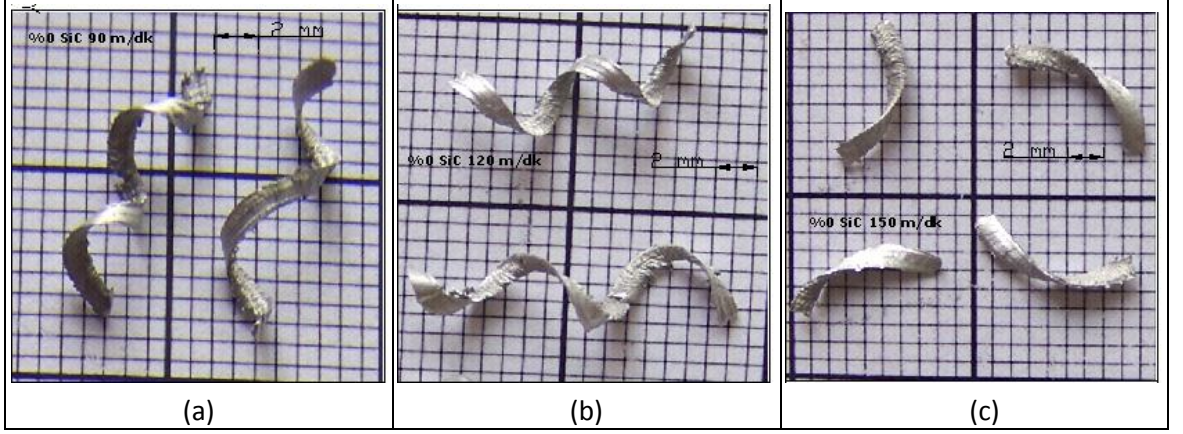
Sürekli, karmaşık ve yassı helisel talaşlar.	Uzun helisel talaş.	Kısa helisel talaş.	Çok kısa talaşlar.
OLUMSUZ	IYI		
KULLANILABİLİR			

Şekil 5.2 Talaş şekilleri ve işlenebilirlik üzerine etkisi

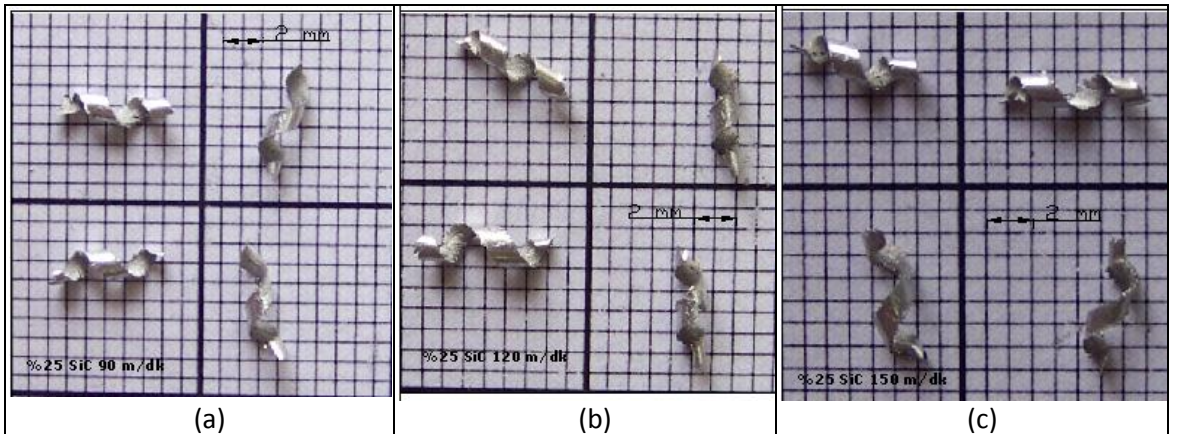
Ayrıca kesme işlemi sırasında takıma yapışan talaşın takım geometrisini bozması ve sürtünmenin artmasıyla birlikte takımın ideal kesme işlemini yapamamasıdır. Takviyesiz alüminyumunda kesme hızı ve takviye oranı arttıkça talaşların kenarında ki düzensizliğin azaldığı resimlerden görülmektedir. Ayrıca şekil 5.3' ve 5.4'te de artan takviye oranı ile talaş boyunun kısaldığı, genişliğinin azaldığı görülmektedir.

Yüzey pürüzlülük değeri en düşük olan %25 SiC takviyeli kompozit malzemenin 90 m/dk'lık kesme hızı ile işlenmesinden çıkan talaşları incelediğimizde imalat sanayinde istenilen talaş şekline yakın bir talaştır. % 25 SiC takviyeli kompozitin 90 m/dk'lık kesme hızı ile işlenmesinden çıkan talaşı incelendiğinde talaş kenarlarının diğer

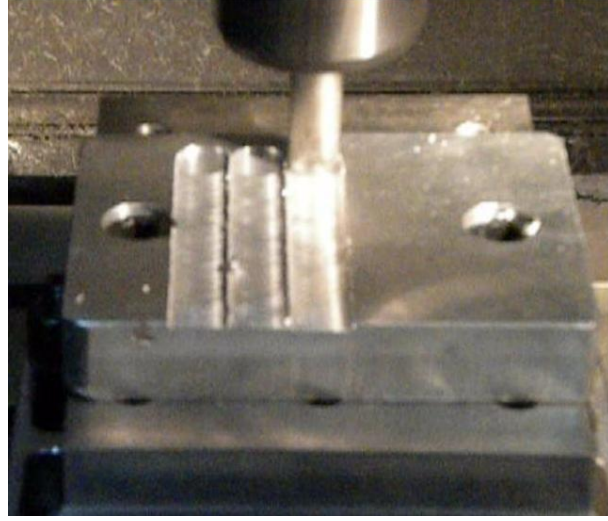
talaşlara göre daha düzenli olduğu görülmektedir. Buradan kesici takım sıvamadan ziyade kesme işlemini yaptığı anlaşılır.



Şekil 5.3 %0 ve %5 Takviyeli kompozitlerin işlenmesinde oluşan talaşlar



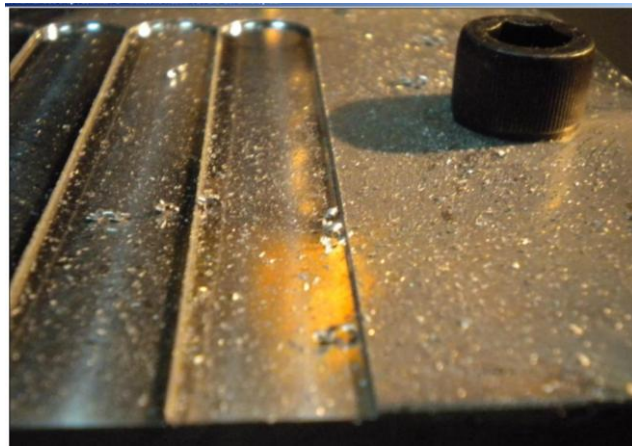
Şekil 5.4 %25 Takviyeli kompozitlerin işlenmesinde oluşan talaşlar



Şekil 5.5 Takviyesiz matris malzemesinin frezeleme işleminde çıkan talaşlar



Şekil 5.6 %5 takviyeli kompozit malzemenin frezeleme işleminde çıkan talaş + SiCp parçacıkları



Şekil 5.7 %25 takviyeli kompozit malzemenin frezelenmesinde çıkan talaş + SiCp parçacıkları

Artan kesme hızlarıyla birlikte talaşlarda oluşan talaş kıvrım çapının da arttığı görüldü. Sabit kesme hızında, artan SiCp oranı ile çıkan talaşların heliselliği arttığı görüldü.

Şekil 5.5, 5.6 ve 5.7’de %0, %5 ve %25 takviyeli kompozit malzemelerin frezelenmesinde oluşan talaş + SiC parçacıkları görülmektedir.

Şekil 5.5’de takviyesiz malzemenin işlenmesinde talaş tozlarının oluşmadığını görülmekte. Artan takviye oranı ile frezeleme işlemi sırasında talaşlarla beraber ortaya çıkan SiCp parçacıklarının miktarında artış gözlenmiştir.

5.4. Sonuçlar ve Öneriler

- Kaplamasız sinterlenmiş karbür kesici uçlarla %5 SiCp ve %25 SiCp takviyeli kompozit malzemeler işlenebilmiştir.
- Artan takviye oranları ile farklı kesme ve ilerleme hızlarında yapılan işlemlerde kesme kuvvetlerinin arttığı görülmüştür. Takviyesiz ve %5 takviyeli kompozitlerde önemli bir kuvvet artışı olmamış ancak %25 SiCp takviyeli kompozitlerin işlenmesinde kesme kuvvetleri önemli ölçüde artmıştır.
- Düşük oranda takviyeli (%5 SiCp) kompozitler ile Takviyesiz matris malzemesinin işlenmesinde talaşların takıma yapıştığı, %25 SiC takviyeli alüminyum kompozitlerin işlenmesinde ise talaşın takıma yapışmadığı gözlenmiştir.
- Artan takviye oranı ile kesme kuvvetleri artış göstermiştir.
- Artan takviye oranı ile yüzey pürüzlülüğü azalmıştır.
- Takviyesiz ve %5 SiCp takviyeli kompozit malzemelerin işlenmesinden açığa çıkan talaş kenarlarının düzensiz olduğu görüldü. Kesici takımın malzemeyi kesmeden ziyade sıvama yapması nedeniyle talaş kenarlarında düzensiz bir yapı oluşmuş kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü artmıştır.

- Artan takviye oranı ile malzemelerin frezelenmesinde oluşan talaş tozlarının arttığı malzemelerin işlenmesinde kesici takımın SiCp parçacıklarını malzemeden kesmeden ziyade kopararak ayırdığı görülmüştür.
- %5 ve %25 SiCp takviyei kompozit malzemelerin yüzey pürüzlülüğü ilerleme hızının artması ile pek fazla değişmemiştir. Ancak, kesme hızı arttıkça yüzey pürüzlülüğü azalmıştır. Takviyesiz alüminyum ve düşük miktarda SiCp takviyeli kompozit malzemelerin işlenmesinde deneylerde kullanılan kesme hızlarından (90–120 ve 150 m/dk) daha yüksek kesme hızı parametreleri seçilmesinin daha uygun olduğu görülmüştür.
- Talaşın takıma yapışmasının önüne geçebilmek için kesme hızının artırılması gerektiği, bu şekilde kesici takım ömrü ve yüzey kalitesi artarken kesme kuvvetlerinin de düşeceği gözlenmiştir.
- Takviye oranlarının artması ile talaş boyları kısalmış, talaşın takıma yapışmadığı ve talaş yapısı anlamında işlenebilirliğinin iyileştiği görülmüştür.

Bu çalışmada incelenmeyen, takviye oranlarının artışı ile takım aşınması arasındaki ilişkilerin incelenmesi AlMg3/SiCp kompozitlerinin işlenebilirliği hakkında daha detaylı bilgiye sahip olunmasını sağlayacağından bir sonraki çalışmada araştırılacaktır. Ayrıca, farklı kesici takımlar kullanılarak kesici takımların takım ömürleri karşılaştırılabilir. Geleneksel olmayan imalat yöntemleri ile alüminyum esaslı SiC parçacık takviyeli kompozit malzemelerin işlenebilirliği araştırılabilir. Geleneksel imalat yöntemleri ile geleneksel olmayan imalat yöntemlerinin işleme maliyetleri hesaplanıp bir karşılaştırma yapılabilir.

KAYNAKLAR

A. Acır, M. S. Karakaş, M. Übeyli, Ö. Asal; “Metal matrisli kompozitlerin işlenmesinde kesici takım kaplamasının aşınmaya etkisinin deneysel incelenmesi”, Tasarım İmalat Analiz Kongresi, Balıkesir (2006)

Akçay C.E., “Alümina takviyeli alüminyum esaslı kompozitlerin frezelenmesinde kesme parametrelerinin işleme performansına etkisi”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, (2008)

Akkurt, M., “Talas kaldırma yöntemleri ve takım tezgahları”, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1-245 (1996)

ASHBY, M.F., Overview No:106 Criteria For Selecting the Component of Composites, Acta Metall. Mater Vol:41 No: 5 1993

Aydın, M. “SiC Parçacık Takviyeli 7075 Alüminyum Alaşım Matrisli Kompozit Malzemelerin Difüzyon Kaynağı” Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, (2003)

Bahçeci E. Al Matrisli α -Si₃N₄ takviyeli kompozit malzeme üretimi ve işlenebilirliğinin karakterizasyonu; Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi; (2006)

Bakır B., “CNC Freze tezgahlarında kullanılan karbür parmak freze takımı geometrisinin işlenebilirliğe etkilerinin incelenmesi”, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, (2005)

Başçı Ü.G., “Al₂O₃ Partikül Takviyeli Al- Cu Esaslı Metal Matrisli Kompozit Malzeme Üretimi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul (1999)

Budak E.. “Analytical models for high performance milling Part I: Cutting forces, structural deformations and tolerance integrity”. International Journal of Machine Tools & Manufacture (2006)

Çakır, M.C. “Modern Metal Cutting”, , Sandvik Coromant Technical Editorial Department, Sweden, (2006)

Çıtak, R., "Metalik baryum-alüminyum başlangıç tozlarının düşük sıcaklıkta oksidasyonu ile alüminyum matrisli kompozit üretimi", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara , (1998)

Çiftçi D., Türker M., Seker U., “CBN cutting tool wear during machining of particulate reinforced MMCs”, (2004).

DOD, 1999 D.O.D., Department of Defense Handbook, Composite Materials Handbook, Metal Matrix Composites, Vol.4. (1999)

- Dursun M, "Titanyum ve İnconel 718 malzemelerin frezelenmesinde takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğünün araştırılması" Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknolojisi Enstitüsü Mühendislik Fakültesi ve Fen Bilimleri Enstitüsü, (2007)
- Ghani J. A., Choudhury A., "Masjuki H. H. Performance of P10 TiN coated carbide tools when end milling AISI H13 tool steel at high cutting speed", *Journal of Materials Processing Technology* (2004)
- Gökkaya, H. "AA2014 alaşımının işlenmesi sırasında işleme parametrelerinin yığıntı katman (YK) ve yığıntı talaş (YT) oluşumu üzerindeki etkilerinin SEM ile incelenmesi", 5.Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Mayıs (2009)
- Haq A. N., Marimuthu P., Jeyapaul R., "Multi response optimization of machining parameters of drilling Al/SiC metal matrix composite using grey relational analysis in the Taguchi method" *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, (2008)
- Hooper, R.M., Henshall J.L., Klopfer A., "The wear of polycrystalline diamond tools used in the cutting of metal matrix composites", *International Journal of Refractory Metals & Hard Materials*, (1999).
- Kılıçkap, E, "AlSi7Mg2/SiCp Metal matrisli kompozitlerin talaşlı işlenmesinin araştırılması", Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2003)
- Kutlu, L. "Al 2024 T4 Alüminyum Elmas benzeri karbon (DCC) kaplanmış matkaplarla delinmesinde kesme parametrelerinin deneysel incelenmesi ve Taguchi Yöntemiyle optimizasyonu" Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2009)
- Lilholt, H., "Aspect of Deformation of Metal Matrix Composites", *Materials Science and Engineering*, (1991).
- Hüseyinoğlu, M. ve Tosun, N. "7075 Al alaşımının frezelenmesinde minimum soğutma sıvısının yüzey pürüzlülüğünün etkisi" 5.Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), (2009)
- Manna A., Bhattacharyya B., "A study on Machinability of Al/SiC-MMC", *Journal of Materials Processing Technology*, (2003).
- M. Günay, "Talaş Kaldırma işlemlerinde Kesici Takım Talaş Açısının Kesme Kuvvetlerine Etkisinin Deneysel Olarak incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2003)
- Mills, B., Redford, A.H., "Machinability of Engineering Materials", *Applied Science Publishers Ltd. New York*, 1993
- Motorcu, A.R. "Ç1050, Ç4140 ve Ç52100 Çeliklerinin işlenebilirliği ve modeller geliştirilmesi", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2006)

NATIBO, "Metal Matrix Composites- Sector Study", The North American Defense Industrial Base Organization,(1993)

Oral, A; Gerger, N; CNC Frezeleme İşlemleri İçin İşlenebilirlik Veri Tabanı Yazılımı, International XII. Turkish Symposium on Artificial Intelligence and Neural Networks-TAINN, (2003).

Özben T, Kılıçkap E, Çakır O, "Investigation of mechanical and Machinability properties of SiC particle reinforced Al-MMC", Journal of Materials Processing Technology, (2008).

Özel T., ve Taylan A., "Process simulation using finite element method - prediction of cutting forces, tool stresses and temperatures in high speed flat end milling." International Journal of Machine Tools & Manufacture (2000)

Özçatalbaş, Y. "1050, 4140 ve 8620 Çeliklerin ısıtma işlemle değişen mikroyapı ve mekanik özelliklerine bağlı işlenebilirlikleri", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (1996)

Pedersen, W. Ramulu M., "Facing SiCp/Mg metal matrix composites with carbide tools", Journal of Materials Processing Technology, (2006)

Rollason, E.C., "Metallurgical Research on Machining at the University of Birmingham", Iron and Steel Inst. (Prod.Conf.) Machinability, (1967).

Reddy N.S.K., Sup S.K., Yang M., "Experimental study of surface integrity during end milling of Al/SiC particulate metal-matrix composites", Journal of Materials Processing Technology, (2008).

Spencer, K., Corbin, S.F., Llyod, D.J., ,, "The Influence of Iron Content on the Plane Strain Fracture Behaviour of AA 5754 Al-Mg Sheet Alloys", Materials Science and Engineering A325, (2002).

Sandvik Coromant. Frezeleme Takımları., Sandviken, Sweden (2003).

Sağlam H, "Frezelemede kesme parametreleri ile kesme kuvvetlerinin değişimi ve bunların takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerinin deneysel incelenmesi", Selçuk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Konya

Shaw, M.C., "Metal Cutting Principles", Oxford Science Publications, (1984).

Smith, T.G, "Advanced Machining The Handbook of Cutting Technology", IFS Publications LTD UK.,(1989)

Schwartz M.M., "Composites Materials Handbook", Mc Graw- Hill BookCompany, New York (1984).

- Sur, G.; “Alüminyum esaslı kompozitlerin üretimi ve işlenebilirliğinin incelenmesi”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, (2002)
- Şahin, Y, “Kompozit malzemelere giriş”, Gazi Kitapevi, Ankara (2000).
- Şahin, Y. “Talaş Kaldırma Prensipleri -1” Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, (2000).
- Şahin, Y. “Talaş Kaldırma Prensipleri - 2”, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, (2001)
- Şeker, U, “Takım tasarımı”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Bölümü, (2003)
- TS 10329, “Torna kalemleri-ömür deneyi“, Türk Standartları Enstitüsü, (1992).
- Taya, M. and Arsenault, R. J., “Metal Matrix Composites- Thermal and Mechanical Behavior”, Pergamon Pres, New York (1988).
- MEGEP, Temel Frezeleme İşlemleri -1 (2007)
- Ürkmez, N, “Al Mg₃/SiCp Kompozitlerinin Üretimi ve Mekanik Özelliklerdeki Değişimlerin İncelenmesi”, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, (2004).
- Yanming,Q. ve Zehua, Z.,, “Tool wear and its mechanism for cutting SiC particle-reinforced aluminum matrix composites”, Journal of Materials Processing Technology, (2000)
- William, O., Metal Processing, New York , (1956)
- Xiaoping Li, Seah W.K.H., “Tool wears acceleration in relation to work piece reinforcement percentage in cutting of metal matrix composites”, (2001).

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Ankara'da doğdu. İlköğretimini ve lise öğrenimini Ankara'da tamamladı. 2001 yılında başladığı Gazi Üniversitesi Çorum Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünden 2005 yılında mezun oldu. 2006 yılında Trakya Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimine başlamıştır. 2005-2006 yıllarında Altek Doğalgaz Isı Ltd Şti'de Makine Mühendisi olarak çalıştı. 2006 yılında başlamış olduğu İstanbul Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığında Makine Mühendisi olarak halen devam etmektedir.